



**МЕХАНИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА
для начинающих**

Автор: Кип Хэнсон

dummies
A Wiley Brand

**МЕХАНИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА ДЛЯ
НАЧИНАЮЩИХ**

Автор: Кип Хэнсон

WILEY

Механическая обработка для начинающих®

Под издательством: **Корп. Джон Уайли и Сыновья**, 111 Ривер Стрит, Хобокен, Нью-Джерси, 07030-5774, www.wiley.com

Авторское право: Авторские права © 2018 Джон Уайли и Сыновья, 111 Ривер Стрит, Хобокен, Нью-Джерси.

Одновременная публикация в Канаде.

Настоящая публикация не может воспроизводиться, храниться в поисковой системе, либо передаваться частично или полностью в какой бы то ни было форме и какими бы, то ни было способами, включая электронное, механическое воспроизведение, фотокопирование, выполнение записей, сканирования и другие способы воспроизведения, за исключением тех случаев, которые предусмотрены в разделах 107 или 108 Закона об авторских правах от 1976 года, без предварительного письменного разрешения Издательства. Запросы в Издательство для получения разрешения следует направлять в Отдел по выдаче разрешений по адресу: Джон Уайли и Сыновья, 111 Ривер Стрит, Хобокен, НД 07030, (201) 748-6011, факс (201) 748-6008, либо размещать онлайн по указанной ссылке: <http://www.wiley.com/go/permissions>.

Торговые знаки: Wiley, For Dummies («для чайников»), логотип с изображением человечка для пособий для «чайников», Dummies.com, выражение «делая все проще» («Making Everything Easier»), а также относимое оформление издания являются торговыми знаками или зарегистрированными торговыми знаками издательства Джон Уайли и Сыновья. и не могут быть использованы без письменного разрешения. Все другие торговые знаки являются собственностью своих владельцев. Издательство Джон Уайли и Сыновья. не связано с какими-либо продуктами или поставщиками, упомянутыми в этой книге..

ПРЕДЕЛ ОТВЕТСТВЕННОСТИ / ОТКАЗ ОТ ГАРАНТИИ: ИЗДАТЕЛЬСТВО И АВТОР НЕ ПРЕДОСТАВЛЯЮТ КАКИХ-ЛИБО ЗАЯВЛЕНИЙ ИЛИ ГАРАНТИЙ В ОТНОШЕНИИ ТОЧНОСТИ ИЛИ ПОЛНОТЫ СОДЕРЖАНИЯ ДАННОЙ КНИГИ И, В ЧАСТНОСТИ, ОТКАЗЫВАЮТСЯ ОТ ВСЕХ ГАРАНТИЙ, ВКЛЮЧАЯ, СРЕДИ ПРОЧЕГО, ГАРАНТИИ ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕННОЙ ЦЕЛИ. МАТЕРИАЛЫ ПРОДАЖ ИЛИ РЕКЛАМЫ НЕ СОЗДАЮТ ИЛИ НЕ ПРОДЛЕВАЮТ КАКИЕ-ЛИБО ГАРАНТИИ. РЕКОМЕНДАЦИИ И СТРАТЕГИИ, СОДЕРЖАЩИЕСЯ В НАСТОЯЩЕМ ДОКУМЕНТЕ, НЕ ПРЕДУСМАТРИВАЮТ ВСЕ СИТУАЦИИ. ПРОДАЖА ДАННОЙ КНИГИ ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ С ЯВНЫМ ПРЕДСТАВЛЕНИЕМ ТОГО, ЧТО ИЗДАТЕЛЬСТВО НЕ ОКАЗЫВАЕТ ЮРИДИЧЕСКИХ, БУХГАЛТЕРСКИХ ИЛИ ИНЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УСЛУГ. В СЛУЧАЕ ЕСЛИ НЕОБХОДИМО ПОЛУЧИТЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНУЮ ПОМОЩЬ, ОБРАТИТЕСЬ К КОМПЕТЕНТНОМУ СПЕЦИАЛИСТУ. ИЗДАТЕЛЬСТВО И АВТОР НЕ НЕСУТ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА ПРИЧИНЕННЫЙ УЩЕРБ. ФАКТ ТОГО, ЧТО КАКОЕ-ЛИБО УЧРЕЖДЕНИЕ ИЛИ ВЕБ-САЙТ УПОМИНАЮТСЯ В ЭТОЙ КНИГЕ, ССЫЛАЯСЬ НА ЦИТАТУ И(ИЛИ) ВОЗМОЖНЫЙ ИСТОЧНИК ПОЛУЧЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ, НЕ ОЗНАЧАЕТ, ЧТО АВТОР ИЛИ ИЗДАТЕЛЬСТВО РЕКЛАМИРУЮТ ИНФОРМАЦИЮ, КОТОРУЮ МОЖЕТ ПРЕДОСТАВИТЬ УЧРЕЖДЕНИЕ ИЛИ ВЕБ-САЙТ, ЛИБО ПОДДЕРЖИВАЮТ ИХ ВОЗМОЖНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ. КРОМЕ ЭТОГО, ЧИТАТЕЛЮ СЛЕДУЕТ ЗНАТЬ, ЧТО ИНТЕРНЕТ-САЙТЫ, ПЕРЕЧИСЛЕННЫЕ В ДАННОЙ КНИГЕ, МОГЛИ ИЗМЕНИТЬСЯ, ЛИБО ПРЕКРАТИТЬ СВОЮ АКТИВНОСТЬ ВО ВРЕМЯ НАПИСАНИЯ И ПРИ ПРОЧТЕНИИ КНИГИ.

Основная информация о других продуктах и услугах может быть представлена Вам нашим Отделом по работе с клиентами: в пределах США по номеру телефона: 877-762-2974, за пределами США: 317-572-3993, или по факсу: 317-572-4002. Техническую поддержку Вы можете получить, пройдя по ссылке: <https://hub.wiley.com/community/support/dummies>.

Издательство «Уайли» осуществляет публикации в различных печатных и электронных форматах, а также на заказ. Некоторые материалы, содержащиеся в стандартной печатной версии этой книги, могут быть не включены в электронные книги или в издания, напечатанные на заказ. Если в книге упоминается ссылка на CD или DVD, материалы, которые не содержатся в приобретенной Вами версии, Вы можете скачать этот материал на сайте: <http://booksupport.wiley.com>. Более подробную информацию о продуктах издательства «Уайли» Вы можете найти на сайте: www.wiley.com.

Учетный номер библиотеки Конгресса: 2017955613

ISBN 978-1-119-42613-4 (pbk); ISBN 978-1-119-42649-3 (ebk); ISBN 978-1-119-42650-9 (ebk)

Произведено в Соединенных Штатах Америки
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

Оглавление

Механическая обработка металлов для начинающих	2
Оглавление	4
Введение	9
Об этой книге.....	10
Нелепые предположения.....	10
Иконки, используемые в книге.....	11
Помимо этой книги	12
Куда идем дальше	12
ЧАСТЬ 1: ДЕРГАЕМ РЫЧАГИ И ВЕРТИМ РУЧКИ.....	13
Глава 1. Карабканье по производственным канатам.....	14
Пещерный человек: Каким был мир без механической обработки.....	15
Почему это зовется производством стружки.....	15
Кем Вы работаете?	17
Знакомьтесь: наши отцы-основатели	17
Кто начал процесс механической обработки?.....	18
Другие инструменты в арсенале	21
Охват основ механической обработки.....	22
О моторизации	22
Пути и средства.....	23
Шкивы и шестерни	25
Револьверные головки и устройства смены инструментов.....	25
Время для шпинделя	26
Подшипники идут	27
Азы движения.....	28
Глава 2. Развеиваем мифы о станках	29
Автоматизация станков	30
Замудренные станки с кулачковым управлением	30
Многошпиндельное безумие	31
Фрезеровочный	31
Путеводитель по цифровому управлению	32
Разрезание красной ленты.....	32
Компьютерное управление.....	33
На половине пути	34
О фрезеровании: фрезы и многоцелевые станки.....	35
Выдержать вахту.....	36
Всестороннее изучение вопроса.....	36
Продольное фрезерование	39
Преимущества горизонтальности	40
Простите, эта часть скучновата	41
Токарное ремесло: изучение токарных станков.....	41
Токарно-винторезные станки.....	42
Токарно-револьверные станки	43
Вдвойне хороши.....	43
Вертикальные токарные станки	44
По гангста понятиям	45
Подвижная бабка	45
Это фреза, это токарный станок . . . Это суперстанок!	46
Фрезерно-токарный или токарно-фрезерный.....	46
И швец, и жнец, и на дуде игрец	47
Глава 3. Завершаем остальными процессами механообработки.....	49
Тур по инструментальной промышленности	49
Резка без резцов: электроэрозионные станки (ЭЭО).....	50
Шлифование.....	53
Резка	54
Хонингование	56

Нарезание червячной фрезой, шевингование и зубофрезерование	56
Глубокое сверление	57
Взгляд в узкоспециальные секторы	58
Электронно-лучевая обработка	58
От ЭХО к ИЭХО	59
Ультразвуковая обработка	59
Отдаем должное альтернативам	59
Цеха по изготовлению металлоконструкций	60
Сварка 101	62
Глава 4. Будем материалистами	64
Разбираемся с элементами	64
Медитируем на тему удаления металла	66
Механообрабатываемость согласно AISI	66
Как резка наждачкой	67
Тверже чем Диккенс	67
Волокнистый как спагетти	68
Липкий как Juicy Fruit	68
Изучаем металлы	68
Железо: Сглаживаем углы	69
Плавный переход к стали	70
Обзор суперсплавов	74
Закругляемся легкими темами	75
От компрессоров до банок с содовой	75
Красные металлы	75
Магний и цинк	76
Заглянем к полимерам	76
ЧАСТЬ 2 ОСНАЩЕНИЕ ИНСТРУМЕНТАМИ	80
Глава 5. Новейшие технологии: осторожно, остро!	81
Перед лицом суровых фактов	81
Решительные действия с быстрорежущей сталью	83
Двойной форсаж: карбид	84
Знакомство с полиэтиленгликолем	84
Чудеса микрзернистости	85
Керамика: технические особенности	85
Загадки покрытия	85
Круглые резцы: индексирование при вращении	86
Сверление отверстий 101	87
Все о сверлах	87
Как выбрать подходящее сверло	89
О продуктивности	90
Отверстия тоже нуждаются в помощи	91
Тук, тук, резьбонарезные устройства	92
Фрезерные резцы	93
Ни с места! Не вращающиеся инструменты	95
Не изменяем рычажным инструментам	96
Большие грузоподъемники	96
Попасть в колею	97
Тонкие нити	98
Уже не так скучно	99
Советы по резке	100
Глава 6. Зажимные устройства: держим крепко	101
Патронные токарные станки	101
Решаем какие кулачки использовать и сколько	103
Эй, цанга!	104
Валы	106
Пишите правильно тиски, а не тизки: перпендикулярные зажимные устройства ...	107
Идти ва-банк	108

Не так быстро.....	109
В пять раз лучше.....	110
Горизонтальный держатель	111
Причудливые зажимные устройства	111
Глава 7. Проникая в зону зажимных устройств без вращения	114
В кругу буровых режущих инструментов.....	114
Конус Тайм	115
Почему 7/24 это не дата в календаре.....	116
Быстрее, быстрее!.....	118
Круиз по каталогу держателей	119
Удар в торец	119
Встречайте, младший брат Чака*	119
Предупреждая отрыв	121
Невероятные обжимные держатели	122
Разные мелочи держателей инструментов.....	122
Поворот на 180: Честная игра.....	124
Ускоряя процессы с быстросменными инструментами	127
Глава 8. Снабжение инструментами успеха.....	129
Детали на поддонах	129
Покупаем многоцелевой станок с устройством смены поддонов	130
Добавление устройства смены поддонов к существующему станку.....	131
Укладывание поддонов на поддоны	131
Вращение поворотных столов	132
Ура, неужели разница	132
Круг за кругом	133
Время для цапфы	134
Поднятие прутка устройством подачи прутка	134
Заступить к прутку.....	136
О стук в время работы	136
Счастливая гидравлика	137
Сотрудничество с R2D2	138
Выполнение замеров	139
Передать эстафету	140
В поисках дома	141
В автономном режиме	142
Элементы Предварительной настройки.....	142
Достижение оптимального баланса	144
Давать слабину	145
Распределительные ЭВМ	145
Выбор правильного станка и опций	146
Охлаждение под высоким давлением.....	148
Как выполнить работу легче (и безопаснее).....	148
Системы удаления стружки	149
Неспроста это называют смогом.....	149
ЧАСТЬ 3. СЛОЖИТЬ ВСЕ ВОЕДИНО: КОМПОНОВКА ДЕТАЛЕЙ	150
Глава 9. Достижение успеха с программным обеспечением	151
Расшифровка аббревиатур ПО	151
Вот что значит САПР!	153
Экспериментируем с моделями	155
Диковинные каркасы	155
Окажи мне услугу.....	155
АСУПицируй это: системы АСУП	156
Моделирование реальности	158
Содержательные беседы.....	159
Изучение файловых форматов	160
К производству годен.....	161
DFM и DFMA	161

АМКЭ	162
Управление производством	162
ПИС	163
СУИ	163
Глава 10. Выполнение измерений	165
Рисуем красивые картинки	166
Допустимые значения – это хорошо	166
Вводим GD&T	167
Характеристики	168
Блокировка и захват: жесткие калибры	169
Эксперименты с калибрами	171
Штихмасы	171
Калибры, калибры повсюду	172
Встречайте Мик(рометр)	173
Заполняем тележку для покупок	175
Тактильная поверхность	175
Проверка отверстий	176
Вздрагиваем, видя тени	177
Круговая проверка	177
Измерение с помощью станков	178
Держим путь на качество	180
Глава 11. Раскрываем тайну G-кода	181
Алфавитный суп ЧПУ: приятного аппетита!	182
Продолжаем про G-код	184
Поехали!	184
Выравнивание	184
Круг по часовой	185
Координирование координат	186
Возврат в исходную позицию	187
Мыслим абсолютно	187
Поправка на размер (и местоположение)	188
Успех коррекции	188
Налево или направо?	189
Цикличность: постоянные и многократные повторные циклы	191
Одна линия или две	191
Убить двух зайцев	192
Включение с M-кодом	193
Достижение цели с макросами	195
Глава 12. Путешествие в мир станочных операций	196
Счастливого сверления отверстий	197
Нарезание резьбы	198
Внутренняя резьба	199
Наружная резьба	200
Нужный поворот	201
Чем все обернется	202
Фрезерное безумие	203
Торцовое фрезерование	203
Глубокие выемки	203
Отделка поверхности	204
Прорезание пазов	205
Улучшение расточки	205
Укрощение интерполяции	206
Снимаем заусенцы	207
Сомнения при выборе	208
Под зарядом	208
Глава 13. Стремиться в будущее	209
Тушите свет	210

Охватываем FMS.....	211
На пути к гибкости.....	212
Дистанционный мониторинг станков.....	213
«Да» беспроводным технологиям.....	214
Бездефектная система.....	215
Делаем инструменты умнее.....	217
Подавление вибрации.....	218
Маркировка.....	219
ЧАСТЬ 4. ЧАСТЬ ДЕСЯТКОВ.....	220
Глава 14. Десять способов сделать процессы предсказуемыми.....	221
Мыслить научно.....	222
Изучаем подачи и скорости.....	223
Скорость резки.....	223
Режимы подачи.....	225
Глубина разреза.....	225
Контроль износа инструментов.....	226
Ведение записи.....	227
Охлаждение.....	227
Уход за станками.....	228
Крутящий момент.....	229
Принцип нулевой ошибки.....	230
Покупаем правильно.....	230
Под один стандарт.....	230
Глава 15. Десять потрясающих инструментов, подсказок и технологий.....	232
Добавим сюда аддитивное производство.....	233
Бороздим Интернет вещей.....	234
Облачный взгляд.....	235
Автоматизация всего.....	237
Прокатиться на виртуальных американских горках.....	238
Переход на экологичное производство.....	238
Облегчая мир.....	239
Избавляемся от бумажек.....	240
Гибридное веселье.....	241
Тенденция к уменьшению: устройства МЭМС и другие крошечные элементы.....	242
Глава 16. Десять подсказок для успешной механической обработки.....	244
Обработка – это не ругательство.....	244
Назад в школу: сертификация.....	245
Оставаться экономичным.....	247
Развитие вертикальных рынков.....	248
Использование инструментов быстрее и дольше.....	249
Хранение деталей и инструментов.....	250
Создание условий для станков (и людей): температурный режим, чистота и безопасность.....	251
Успешная настройка.....	253
Снимаем перчатки (и надеваем защитные очки).....	254
Встречаем изменения с радостью.....	255
Алфавитный указатель.....	257
Выражение признательности автора.....	264
Об авторе.....	265
Посвящение.....	266

Введение

С тех пор, как некоторые умные Homo Sapiens впервые использовали камень для заточки ветвей деревьев, дабы не быть съеденными стаей доисторических динго, люди стали мастерить себе вещи. Начиная с древесных и каменных инструментов, стремление человечества к производству рано или поздно привело бы к изобретению колеса, сельского хозяйства, архитектуры и, к сожалению, к организованному ведению войны.

За это время, мы узнали, как выплавлять и лить такие металлы, как бронза и железо. Люди стали производить печатные машины, текстильные станки, механические часы и счетные машины. Но только после производства стали, а в последующем и металлорежущего оборудования, современное производство буквально набрало обороты.

Без резки металла, процесса, ныне известном как механическая обработка, мы застряли бы в веке лошадиных повозок. Это фундамент промышленной революции. Механизация была бы невозможна без точно обработанных деталей, а без механизации не было бы заводов, пароходов, локомотивов, автомобилей или самолетов.

Сегодня мы стоим на пороге очередной промышленной революции. Несмотря на то, что современное металлорежущее оборудование не является этому причиной, безусловно, оно сыграло свою важную роль и привело нас к тому, что имеем сейчас. Конечно, речь идет о промышленной революции в ее цифровом обличье, инструментами которой являются данные, компьютеры и высокоскоростные глобальные сети. И аналогично другим промышленным революциям, эта тоже изменит все.

Какое отношение все вышесказанное имеет к этой книге? Большое. Механическая обработка и другие виды производственных технологий — это мелкие игроки в нынешней гонке за мобильностью и глобализацией, которые, определенно, тоже являются участниками всей ситуации. Можно утверждать о важности больших данных и Интернета вещей, но без механической обработки многое было бы невозможным, также, как и современный транспорт: самолеты не стали бы летать, корабли бы тонули, легковые и грузовые автомобили не смогли бы завестись без механически обработанных деталей.

Как насчет других вещей, которые делают нашу повседневную жизнь комфортной? Техника, которая сохраняет нашу еду в холодном виде и делает нашу одежду чистой? Если не использовать механическую обработку, то такие приборы невозможно будет собрать в то, чем они сейчас являются. Любителям смотреть фильмы пришлось бы посещать театр (с участием живых актеров и при свечах), потому что DVD-плееры и 65-дюймовые телевизоры с плоским экраном не существовали бы вообще.

А как же медицинские препараты? Забудьте про это. Бабушке пришлось бы хромать без нового тазобедренного имплантата, на который она надеялась, потому что не было бы никакого механического протезирования, не говоря уже о компьютерной томографии, рентгена, отпускаемых по рецепту лекарствах или хирургическом оборудовании. Рак и другие болезни были бы нашими постоянными "друзьями", а простая операция на желчный пузырь была бы смертельной.

Производство продуктов питания и энергии, строительство жилья и инфраструктуры, и почти все мыслимые потребительские товары - я мог бы целый день рассказывать о технологиях, которые стали возможными благодаря механической обработке, но Вы,

вероятно, уже уловили идею. Проще говоря, механическая обработка приносит в нашу жизнь богатство, которое мало кто ценит.

Думаю, сказано достаточно. Даже если Вы являетесь простым любознательным потребителем, потенциальным любителем или (я надеюсь) думаете, о карьере на производстве или только начинаете, эта книга определенно поможет Вам стать немного более осведомленным в этой важной области.

Об этой книге

Если Вы прочтете надпись на обложке книги, Вы и без моего пояснения узнаете (и все же я скажу), что эта книга о механической обработке. «Что это?» - спросите Вы. Простыми словами, *механическая обработка* - это процесс преобразования металла, пластика и других материалов в точные детали, используемые во всех отраслях промышленности, упомянутых выше.

Это сложный процесс, поэтому "*Механическая обработка для «чайников»*" разбивается на небольшие Главы. Книга начинается с небольшой истории (потому что, если Вы так же, как и я спали на школьных занятиях), затем плавно переходит к инструментам - станочным инструментам, режущим инструментам и инструментам для удерживания заготовок (соответственно называемых *зажимными приспособлениями*).

В данной книге описывается некоторое программирование и столь необходимые обсуждения второстепенных вопросов, так же, как и вопросов безопасности производственного помещения. В конце книги Вам (совершенно бесплатно) будут предоставлены ценные советы о том, как стать лучшим инженером-механиком, а также подробная техническая информация о тенденциях в отрасли. Так что читайте и пополняйте свой багаж знаний.

Итак, пришло время отложить в сторону неуверенность и тревогу, отнести книгу на кассу или же добавить в корзину для оплаты и свайпнуть кредитной картой. Далее можете сесть и насладиться чтением. Механическая обработка - это круто, и я уверен, что Вам понравится изучать ее.

Нелепые предположения

Чтение этой книги предполагает, что Вы заинтересованы в изучении механической обработки. И все. Никаких глубоких познаний в области металлургии абсолютно не требуется. Нет необходимости наличия ученой степени в области машиностроения. Если Вам доводилось видеть фрезерный станок или токарный станок, или однажды, во время занятий по труду в школе, Вы просверлили несколько отверстий, то это здорово, но ни одно из перечисленных не является обязательным условием для чтения этой книги.

Также справедливо предположить, что Вы хотели бы знать больше о механической обработке, хотя бы потому, что Вы листаете книгу по этой теме, стоя в центре переполненного книжного магазина, пока Ваш ребенок дергает за рубашку и ноет о том, что он хочет уже уйти. Или же тот факт, что Вы торопливо скачали образец электронной книги

на работе, нервничая как политик во время избирательного сезона, что интернет-контроллер компании может стоять за Вашей спиной и заглядывать через плечо, контролируя Ваш трафик.

Вероятнее всего Вы знаете, что такое компьютер и также Вы знаете и понимаете, что автомобили собираются на заводах и изготавливаются из металла и пластика (механическая обработка очень важна для автопроизводителей). Если Вы работаете с автомашинами, это еще лучше, так как Вы наверняка можете оценить точность обрабатываемых деталей и работу, связанную с их изготовлением.

Но даже удачная сборка предмета мебели от ИКЕА будет огромным преимуществом, потому что Вы будете знать, как минимум, что такое винт, и будете мудро кивать, когда услышите фразу «направо - затягиваешь, налево - ослабляешь».

Иконки, используемые в книге



СОВЕТ

СОВЕТ. В каждой отрасли есть свои хитрости, и механическая обработка ничем не отличается. Купите бывалому инженеру - механику бутерброд или пиво, и он обязательно расскажет Вам много полезного. В Вашем окружении нет таких все ведающих людей? Нет проблем. Просто следите за значком «Подсказка». И очень скоро Вы поразите всех друзей и коллег своими обширными знаниями великих секретов механической обработки.



ТЕХНИЧЕСКАЯ
ИНФОРМАЦИЯ

ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ. Эксплуатация компьютеризированной техники, которая, как правило, стоит больше, чем Ваш дом, по своей природе является технической задачей. И если Вы хотите понять, как работает станок, или знать особенности того, почему метод попутного фрезерования лучше, чем метод встречного фрезерования, обратите внимание на значки «Техническая информация».



ПОМНИТЕ

ПОМНИТЕ. Как правило, инженеры-механики много думают, поэтому иногда они забывают некоторые вещи, ведь никто не идеален. Хотя, даже не инженеры теряют ключи от машины или забывают покормить собаку утром перед уходом на работу. Благодаря наличию значков «Помните», разбросанных по всей книге, у ее читателей не будет причин что-либо забывать, никогда.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

ВНИМАНИЕ. Механическая обработка - это круто, но также и опасно тем, что ваши неосторожные пальцы могут наткнуться на летающие куски металла или угодить в точку заземления, кругом острые режущие инструменты, работающие в бешеном ритме. Обратите внимание на значки «Внимание», если Вы хотите избежать поездки в отделение неотложной помощи.



ВАЖНЫЕ
ДЕТАЛИ

ВАЖНЫЕ ДЕТАЛИ. Наверняка Вы помните тот пропущенный урок химии или лекцию об атомных структурах и дуальности волновых частиц? В итоге Вы не смогли сдать тест, не так ли? Значки «Важные детали» напомнят Вам о том давнем дне, предоставляя справочную информацию, которая поможет разобраться в различных темах книги.

Помимо этой книги

В дополнение к тому, что Вы сейчас читаете, эта книга также доступна в ее кратком изложении, где Вы найдете еще больше советов по фрезерному, токарному, режущему инструменту, обрабатываемому оборудованию и дополнительным устройствам, а также информацию о том, как стать лучшим инженером-механиком. Чтобы получить такую шпаргалку, просто зайдите на www.dummies.com и введите «Механическая обработка для «чайников», Шпаргалки» в поле поиска.

Куда идем дальше

Ответ на этот вопрос зависит от одного: кем Вы хотите стать? Однажды, прочитав книгу, Вы вдруг решите отказаться от работы стоматологом или инвестиционным брокером и продолжить свою высокооплачиваемую карьеру в области механической обработки. Если Вас посетило такое незнакомое чувство, то Вам повезло, так как существует множество ресурсов в помощь людям, однажды решившихся на такой шаг. Вы можете начать с просмотра веб-сайтов производителей режущего инструмента и оборудования. Купите «Руководство по использованию механического оборудования» (после прочтения этой книги, конечно), которую многие опытные механики называют «Библия»

А если серьезно? Записаться в местную профессиональную школу, пройти вечерние занятия в местном колледже или убедить какого-нибудь щедрого владельца механического производственного цеха дать Вам шанс подняться по карьерной лестнице (как это сделал я). Все эти дороги ведут к мастерству в области механической обработки.

Возможно, Вам не нужна карьера, а Вы просто хотите, вместо коллекционирования марок, заняться более значимым делом, позволяющее создавать что-то более полезное. Приобретите подержанный токарный станок или фрезерную установку, и вскоре Вы сможете производить собственные подсвечники и металлические скворечники, и Вам больше не придется беспокоиться о том, что подарить друзьям и близким на день рождения. Если заинтересовало, то эта книга поможет Вам.

ЧАСТЬ 1: ДЕРГАЕМ РЫЧАГИ И ВЕРТИМ РУЧКИ

В ЭТОЙ ЧАСТИ...

- ✓ Узнаем все об истории станков, не засыпая, как в студенческие годы.
- ✓ Разберем токарные станки, фрезы и другие станки и узнаем, как они работают.
- ✓ Получим понятие о некоторых основных механических принципах – и можно будет добавить этот пункт в список Ваших любимых дел.
- ✓ Послушаем интересные факты про сборку и сварку, и узнаем, почему они почти так же важны, как механическая обработка.
- ✓ Изучим металлы и пластик, используемые в поездах, самолетах и автомобилях, после чего Вы уже не сможете смотреть на них так, как раньше

В этой главе:

1. Понимание того, почему механическая обработка лучше, чем торт и мороженое;
2. Производство чипсов (не тех, которые Вы едите на диване, за просмотром ситкомов) (*здесь игра слов, "chips" - с англ. - стружка, чипсы);
3. Определение вашей следующей должности;
4. "Воскрешение" всех людей, о которых Вам не рассказывали на уроках истории;
5. Разбираемся в шкивах, шестернях и других механических штуках.

Глава 1. Карабканье по производственным канатам

«Отличительной чертой хорошего искусства является не то, что все сделано точно или идеально, хотя техника может делать намного больше, а то, что это сделано с умом и сердцем человека».

- Оскар Уайльд

И все-таки, почему же мы так интересуемся механической обработкой? Всем известно, что это тяжелый труд, выполняемый на темных, грязных складах за весьма небольшую плату. Более того, это опасно - помните, дядю Боба, который однажды просверлил себе палец? Молодые люди, закончив учебу, сейчас думают, что гораздо лучше найти хороший, безопасный офис или работу в магазине, где самый большой риск - порезы бумагой или боль в животе от еды, которую Вы съели в кафетерии. Кроме того, все производство ушло за границу, верно? Как сказал Брюс Уиллис своему ученику Бену Аффлеку в фильме-катастрофе "Армагеддон" - «Неправильный ответ!».

Вы скоро поймете, что любой, кто знает что-либо о механической обработке, скажет Вам, что это очень крутая профессия, как эксперт по сносу зданий и профессиональная каскадерша. В конце концов, какая еще профессия предлагает настолько достойную оплату, к счастью, и возможность управлять высокотехнологичным оборудованием (которое стоит дороже хорошего дома в пригороде), благодаря которому существует возможность делать важные вещи и спасать чьи-то жизни.

Более того, механическая обработка гораздо менее опасна, чем только что упомянутые рискованные профессии, поэтому Ваша мама не будет беспокоиться о вашей безопасности, а будет звонить Вам в любое время дня и ночи, чтобы поинтересоваться вашими делами. Конечно, есть вероятность, что однажды Вы порежете палец или какая-нибудь металлическая стружка может попасть Вам в глаз, и это неприятные ситуации, которые заканчиваются поездкой в отделение неотложной помощи (у меня когда-то там было даже свое парковочное место), но именно поэтому лучшие инженеры-механики являются самыми аккуратными инженерами-механиками. Давайте посмотрим на некоторые тонкости механики, начав с того, какой будет жизнь без нее.

ПЕЩЕРНЫЙ ЧЕЛОВЕК: КАКИМ БЫЛ МИР БЕЗ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Представьте на миг мир без загрязнения воздуха, без пролетающих над головой самолетов, без назойливых смартфонов, или без яркого света, который не дает нам спать по ночам, т.е. мир, в котором каждый выращивает и собирает себе еду, не беспокоясь о токсичных химикатах или пестицидах. Община слаженно работает, строя дома друг другу, и взращивая детей общими усилиями. Там нет технологий. Только мы и природа.

Умиротворенная безмятежная сцена. Конечно, нам будет холодно зимой и жарко летом. Не будет отпусков в Диснейленд. К врачу будем ездить верхом на лошадях. Но есть и хорошая сторона ситуации в том, что Вам не придется задумываться о том, как поживают ваши родители во Флориде, потому что они будут жить в соседней комнате. А продолжительность нашей жизни? Примерно половина того, что сегодня. Вот на что был бы похож мир без механической обработки.

Все еще думаете, что это то, без чего Вы можете жить, бездействуя и наслаждаясь плодами механической работы других людей, и не хотите быть в рядах первых, кто узнает об этом? Подумайте еще раз.



ТЕХНИЧЕСКАЯ
ИНФОРМАЦИЯ

Большинство продаваемых сегодня станков являются станками с ЧПУ. В отличие от ручных станков, которые приводятся в действие с помощью ручных механизмов, колес и рычагов, станки с ЧПУ приводятся в действие автоматическими «серводвигателями», которые получают инструкции от программного обеспечения на бортовом компьютере станка и в свою очередь управляются чрезвычайно точными системами позиционирования. По сравнению со всеми этими поворотами (от чего могут уставать ваши руки), ЧПУ - это бомба.

Почему это зовется производством стружки

Что представляет собой механическая обработка? И чем она отличается от сборки, сварки и всех других производственных процессов? С технической точки зрения, механическая обработка - это субтрактивный процесс металлообработки, при котором используются режущие инструменты (чрезвычайно твердые куски металла) для удаления материала из кусков чуть менее твердого алюминия, стали и суперсплава.



РИСУНОК 1-1: Если Вы не умеете делать стружку, значит, Вы не умеете обрабатывать детали.
С разрешения: Аутодеск (Autodesk)

А маникюр и шлифовка ногтевой пластины? По сути это та же обработка (что гораздо лучше, чем кусать их, о чем однажды меня поругала моя мама). И этот процесс схож с механической обработкой, так как при ней удаляются небольшие кусочки металла, которые называются сколами, стружкой (см. Рис. 1-1). И поэтому опытные механики называют свою профессию изготовители стружки.

Какие еще существуют виды обработки? Сверление, пожалуй, самая распространенная из всех операций механической обработки, хоть Вы и не можете претендовать на звание инженера-механика только потому, что на прошлых выходных Вы просверлили несколько отверстий в стене гостиной с помощью ручной дрели. Есть также:

- Расточка;
- Фрезерование поверхностей;
- Обдирка;
- Накатка;
- Развертывание (райбирование);
- Распиливание;
- Выштамповывание;
- Нарезка;
- Обточка.

Фактически, инженеры-механики выполняют эти и буквально десятки других процессов металлообработки каждый день. Если Вы хотите знать о некоторых из них, ознакомьтесь с Главой 12.



ВАЖНЫЕ
ДЕТАЛИ

Осторожно! В Производственном городке появился новый "ребенок", который трясет деревья вдоль всего механического проспекта. И зовут его "Аддитивная технология", более известная как трехмерная печать (3D-печать). Там, где механическая обработка подобна скульптору, нет необходимости удалять лишний материал в конечном продукте, т.е. трехмерная печать больше похожа на каменщика, который кладет детали по одному раз за разом (как показано на Рис. 1-2). Процесс менее затратный, чем механическая обработка, не требует режущих инструментов и позволяет получать сложные геометрические формы гораздо проще, чем его продуцирующий стружку "двоюродный брат".

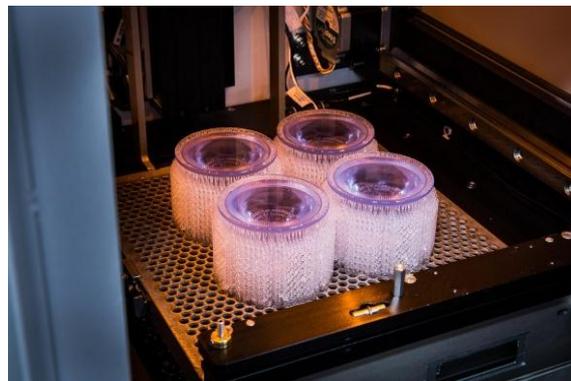


РИСУНОК 1-2: Трехмерная печать производит металлические и пластиковые детали непосредственно из файла САПР.

С разрешения: Прото Лабс (Proto Labs)

Кем Вы работаете?

Обычно механиком называют такого человека, который работает со станком. Довольно просто, правда? Но, как и в медицинской профессии, где есть свой врач для каждой части вашего тела, механики также специализируются на различных аспектах своей профессии. К ним относятся станкостроители и штамповщики, производители пресс-форм и, конечно, операторы станков с ЧПУ. Как правило, тип станка, перед которым Вы работаете каждый день, долгое время был определяющим фактором того, кем Вы являетесь:

» Парни и девушки, которые занимаются наладкой и работой токарных станков и те, которые весь день стоят перед фрезерными станками, соответственно называются фрезеровщиками. Однако между ними есть простое различие: на токарном станке заготовка вращается, а инструменты остаются неподвижными. На фрезерном станке все наоборот. Не волнуйтесь, если Вы пока не уловили сути. Я освещаю эту тему очень подробно в Главе 2.

» Если Вы работаете с цилиндрической или бесцентровой шлифовальной машиной, значит Вы "шлифовщик" (например, «Привет, я Гэри, шлифовщик»). И если Вы один из тех, кто считает, что такие абразивные процессы технически не являются «механической обработкой», хотим напомнить, что шлифовальные круги производят стружку, хотя и очень маленькую. Как-то так.

» То же самое можно сказать и об электроэрозионной обработке, или ЭЭО, поскольку медные или графитовые электроды, используемые в этом процессе, взрывают крошечные частицы металла, таким образом происходит явление, всем известное как эрозия. Никто не называет ЭЭО-механиков «ЭЭО-щики», только сами механики ЭЭО. Проверьте Крейгслист (прим. сайт электронных объявлений, пользующийся большой популярностью у американских пользователей Интернета), и убедитесь.

В Главе 2 описывается множество разных типов станков (и, следовательно, множество разных типов процессов обработки). Расточные станки, винтовые станки, формовочные машины, строгальные станки и фрезерные станки - вот лишь несколько примеров.

Также в Главе 2 Вы узнаете, что новейшие станки (и люди, которые с ними работают) не вписываются в узкие аккуратные рамочки. Многофункциональные и многоцелевые токарные станки выполняют фрезерные и токарные операции на одном станке, как и токарные станки швейцарского типа. Пятиосевые фрезерные станки сочетают в себе лучшее от вертикальных и горизонтальных многоцелевых станков, а так называемые гибридные станки выполняют шлифование, сварку, фрезерование (процесс изготовления зубчатых колес) и даже лазерную резку на одном станке.

ЗНАКОМЬТЕСЬ: НАШИ ОТЦЫ-ОСНОВАТЕЛИ

Трудно сказать, откуда берет свое начало механическая обработка. Одно ясно, что никто из нас тогда еще не жил, и следовательно открыв утреннюю газету мы не можем прочитать, что «Первый в мире фрезерный станок был изобретен тогда-то» или подобные заголовки, также как и события, которые изменили мир посредством механической

обработки, кроме тех, о которых мы узнали на уроках естествознания в средней школе, например, когда Александр Грэхэм Белл позвонил в свой прототип телефонного передатчика для того, чтобы его помощник Уотсон пришел помочь ему после того, как тот случайно пролил кислоту на штаны (некоторые историки считают, что последний факт не соответствует действительности), или тот день, когда Бен Франклин запустил своего, теперь уже известного, воздушного змея (и ему посчастливилось избежать удара электрическим током).

Нет, развитие станков, и технологий обработки было постепенным, тысячелетним процессом. Со дня, когда кто-то выкопал первый кусок меди или золота, мы выстукивали эти металлы в нужные нам формы. Со временем мы научились резать и фальцевать металл и дерево с невероятной точностью (учитывая доступные ручные средства), что привело к появлению механических часов, печатных машин, паровых машин и даже телескопов задолго до того, как была изготовлена первая металлообрабатывающая машина.

Но когда станки наконец-то появились в общей доступности (время, которое в значительной степени совпадает и определяет начало первой промышленной революции), они навсегда изменили наш мир. С помощью точных и логичным образом обработанных изделий, промышленники начали создавать другие типы машин, увеличивая производство всего, от текстиля до бумаги и оружия, используя при этом меньше рабочей силы.

Станки также служили для порождения новых технологий или значительного улучшения существующих. Сельскохозяйственная техника процветала во время промышленной революции, как и железнодорожные перевозки, производство энергии и металлургия. И поскольку машины теперь выполняли большую часть работы (а не квалифицированные мастера), стоимость производимой продукции снизилась, в то время как качество и особенно непрерывность производства улучшились.

Кто начал процесс механической обработки?

За последние два столетия появилось такое большое разнообразие типов и марок станков, что невозможно назвать кого-то вроде Генри Форда, человека, который отвечает за «изобретение» отрасли. (Конечно, Генри Форд не изобрел ни конвейер, ни автомобиль, хотя вряд ли автомобильная промышленность была бы такой, какой она сейчас является, без него)

СОКРУШИТЕЛЬНЫЙ УСПЕХ

Не всех восхищали изменения промышленной революции. Обеспокоенная воздействием машин на жизнь, группа английских работников текстильной промышленности приступила к уничтожению ткацких станков и другого оборудования, которое, по сути, отняло у них работу. Вскоре их прозвали «луддиты» (прим. противник всякой механизации и автоматизации) в честь Неда Лудду, ткача, который, как сообщается, разбил пару ткацких станков в гневе несколькими десятилетиями ранее из-за его предполагаемого притеснения станками. Этот термин все еще используется сегодня для обозначения любого, кто против

технологии или механизации, так что в следующий раз, когда Ваш лучший друг откажется обновлять свой старый раскладной телефон или убрать телевизионную антенну с верхней части своего дома, смело называйте его «луддит»».

Как и в случае с большинством технологий, производители станков продвигают дело своих предшественников, постоянно совершенствуя свои изделия, замещая другие и, как правило, движут отрасль вперед. Пройдитесь по любому складу подержанного оборудования и прочитайте таблички, прикрепленные к оборудованию: Вы увидите такие имена, как Лэндис, ЛеБлонд, Ингерсоль, Дэйвенпорт, Буллард, Блисс, Суэйси и др. Это имена людей, которые оставили после себя долговременное наследие станков и коллективно привели нас туда, где мы находимся сегодня. Вот несколько их историй

» **Винторезная машина:** я неравнодушен к токарным станкам, поэтому мы начнем этой информации. Изобретателем первого настоящего токарно-винторезного станка считался британский инженер-механик Генри Модслей, который запатентовал свое открытие где-то в 1799 году (см. Рис. 1-3). Однако, американец Дэвид Уилкинсон разработал аналогичное устройство пятью годами ранее, как и его коллега-англичанин и производитель инструментов Джесси Рамсден в 1775 году. Как бы то ни было, устройство Модслей запомнилось своими «идеальными винтами», и, следовательно, проложило путь для одного из самых важных из всех механических компонентов: точного и многоразового резьбового соединения.

» **Коннектикутские эксперты:** большинство производителей станков называют свои изобретения своими именами. Но не Рудольф Бэнноу. В 1936 году он и его деловой партнер Магнус Уолстром изобрели, пожалуй, самый известный из всех станков - консольно-фрезерный станок Бриджпорт (см. Рис. 1-4). В любом механическом или производственном цеху Вы обязательно найдете хотя бы один Бриджпорт; зачастую такое оборудование всегда покупается первым. Так откуда пришло название? Завод, где Бэнноу и Уолстром впервые начали производить свои машины, находился в Бриджпорте, штат Коннектикут. К сожалению, **он был снесен в 2010 году.**

» Из Чикаго в Нью-Йорк: Спросите любого опытного механика назвать его любимый токарный станок или цанговый патрон (зажимное устройство для обрабатываемых деталей), и вероятней всего Вы услышите «Хардинг». Начиная с 1890 года братья Франклин Хардинг и Генри Хардинг стали создавать часовое оборудование и небольшие ножные токарные станки в Чикаго. Двенадцать лет спустя они приобрели линейку токарных станков у Катаракт Тул (Cataract Tool) и Оптикал Ко (Optical Co). и в какой-то момент в истории компании зарегистрировали торговую марку SUPER PRECISION (особо высокая точность), термин, который сохраняется до сих пор.

» Размышление о правде: американский изобретатель Эли Уитни в основном известен как изобретатель фрезерного станка, хотя ясно, что в то же время над ним работали и другие. Многие историки считают таковым производителя оружия Роберта Джонсона из Коннектикута, хотя новаторы в области станкостроения Роббинс и Лоуренс почти наверняка тоже сыграли свою роль. Самыми ранними фрезерными станками были в основном модифицированные токарные станки, в которых концевая фреза (тип режущего инструмента) помещалась в шпиндель станка, а заготовка устанавливалась на поперечном суппорте токарного станка.

РИСУНОК 1-3: Несмотря на его продвинутые особенности, Генри Модслей признал бы этот современный токарный станок прямым потомком своего теперь многовекового изобретения.



РИСУНОК 1-4: За последние 80 лет были изготовлены десятки тысяч консольно-фрезерных станков Бриджпорт и почти идентичные дубликаты. Данный станок находится в коллекции Американского музея, серийный номер 1.



Сделав быстрый поиск в Гугл (Google), Вы найдете много дополнительных имен людей, оставивших след в истории обработки и станков. Например, изобретение бурового станка - "Железного Мастера" Джона Уилкинсона в 1774 году сделало паровой двигатель коммерчески выполнимым, заложив основу промышленной революции.

В 1818 году Томас Бланшард дал нам токарный станок; в 1836 году Джеймс Насмит изобрел шейпер. Двадцать два года спустя Эбенезер Лэмсон приобрел активы компании Роббинс и Лоуренс, проложив путь к созданию одного из самых известных в мире производителей станков, Джонс и Лэмсон. Инженер Джордж Гридли некоторое время работал там, а затем ушел, чтобы разработать собственную автоматическую винтовую машину - теперь уже не менее известную марку Акме Гридли (Acme-Gridley).

Начиная примерно с 1850 года, Джозеф Браун и Люсьен Шарп объединили свои имена для создания компании, которая работала над разработкой широкого спектра станков и инструментов, включая автоматические винтовые станки с кулачковым приводом, токарно-револьверные станки и контрольно-проверочное оборудование. Браун и Шарп также изобрели универсальный фрезерный станок, который добавил третью ось к ранее двухкоординатным фрезам.

Уильям Дэйвенпорт проработал там 12 лет (и, вероятно, разработал первую винтовую машину компании), прежде чем уйти, чтобы основать свою собственную компанию. Затем он разработал пятишпindelный винтовой станок, который он, конечно же, назвал в честь

себя. Если Вы сможете посетить дом-музей винторезных станков, Вы увидите один из его серых многошпиндельных станков Дэйвенпорт, который до сих пор в рабочем состоянии.

Другие инструменты в арсенале

Безусловно, механические станки важны, но не будем забывать и о режущих инструментах, держателях инструментов и оборудовании для крепления деталей, которые являются частью таких станков, а также всех металлообрабатывающих станков, действительно способных выполнять полезную работу:

» Задолго до того, как Модслэй изобрел токарно-винторезный станок, английский астроном Уильям Гаскойн установил регулировочный винт в секстант и использовал его для измерения положения и размеров небесных тел. Его работы были первыми в серии разработок, которые в конечном итоге дали нам микрометр, устройство, используемое для измерения деталей в механических цехах повсюду.

» Сверление отверстий было бы намного сложнее, если бы Стефан Морс не изобрел спиральное сверло. Получив патент, он открыл двери компании «Твист-сверла и станки Морзе» (Morse Twist Drill and Machine) в 1864 году. Несколько лет спустя он также изобрел конус Морзе, стандарт хвостовика инструмента, который используется и сегодня

» Однажды в 1902 году Артур Джейкобс, получив травму колена, работая со сверлильным станком, решил, что должен существовать более удобный способ захвата сверл. Через несколько дней он изобрел сверлильный патрон с ключом и через несколько месяцев после этого основал компанию по производству патронов Джейкобса (Jacobs Chuck Manufacturing Company). Сегодня большинство вращающихся инструментов зажимается в патроны без ключа или в цанговые патроны, но патрон Джейкобса остается универсальным устройством для надежного удерживания сверл в электроинструментах и сверлах.

» Станки не могут резать металл без резцов. В 1938 году металлург Филип МакКенна разработал запатентованный сплав карбида вольфрама, который значительно превзошел имеющиеся в то время материалы для режущего инструмента. Его компания Кеннаметл (Kennametal) в последствии станет мировым лидером в производстве твердосплавных режущих инструментов.

» Незадолго до начала участия США во Второй мировой войне чешский эмигрант Хью Вогл изобрел новый способ захвата деталей. Он назвал его «40S станочные тиски» («40S Machinist Vise») и назвал свое новое предприятие Компания по производству тисков Уилтона («Wilton Vise Company») в честь улицы, на которой находилось здание. Его дизайн был настолько важен, что до тех пор, пока четыре года спустя война не закончилась, его тиски продавались только правительству США



ПОМНИТЕ

Сегодня мы не задумываемся над тем, как было изобретено колесо для вашего мотоцикла, чехол для смартфона вашего ребенка или запасная часть кухонной плиты. Это называется взаимозаменяемостью, и это важный аспект современной инженерной практики. Однако до станков взаимозаменяемость была невозможна; металлические и деревянные детали изготавливались вручную, и каждый компонент был уникальным. Если во время американской революции ломался курок на Вашем мушкете, шансы найти запасную часть для его замены были невелики. Эта печальная ситуация с гражданской войной осталась в прошлом. В 1848 году Роббинс и Лоуренс заключили свой первый контракт с правительством США по производству винтовок со сменными деталями. Благодаря широкой доступности прецизионных токарных станков, фрез, рубанков, формовщиков и нарезных машин мастера теперь могли изготавливать

компоненты оружия (и другие обработанные детали) на десятки тысяч, каждая последующая часть практически идентична другим.

Охват основ механической обработки

Неважно, с каким станком Вы работаете с токарным станком или фрезерным, с компьютерным или ручным управлением, все станки имеют некоторые основные механические сходства. У всех есть вращающийся шпиндель и двигатель. У всех есть какой-нибудь стол или суппорт, который движется вперед и назад, из стороны в сторону, вверх и вниз (некоторые способны на большее конечно). Такие движущиеся части называются осями станка.

В зависимости от типа станка, перед которым Вы стоите, Вы прикрепляете заготовку к столу перед тем, как приступить к его обработке режущим инструментом (в этом случае Вы используете фрезерный станок), либо прикрепляете заготовку и начинаете вращать ее как самую быструю в мире карусель, при этом режущий инструмент, пролетая, обязательно будет посвистывать. Это называется токарной операцией.

В станках находится сотни, а иногда и тысячи деталей. К ним относятся гайки и болты, подшипники и штифты, корпуса из листового металла, ремни, уплотнительные кольца, валы и уплотнения. Большинство машин изготавливаются на основе отливки - основания машины - или сварной металлической конструкции в виде коробки. Некоторые из них заполнены бетоном или бетон подобным полимером для устойчивости машины и снижения вибрации.

Если Вы когда-либо собирали детский велосипед или ездили на Шевроле Бел Эйр 1957 года светло-голубого цвета, тогда Вы определенно узнаете некоторые из этих компонентов. И те, кто из Вас является гением-механиком и много лет проектирует машины, не стесняйтесь пропустить оставшуюся часть этой главы (хотя я советую дочитать). В любом случае, Вы должны знать, что современные станки - это действительно чудеса техники. Некоторые способны производить детали, обработанные с точностью до миллионных долей дюйма, и делают это самостоятельно, днем и ночью, без человека.

О моторизации

До прихода в нашу жизнь электричества, люди вертели шпиндели с помощью водяных или паровых систем привода верхнего вала. Помимо того, что это довольно опасная работа (достаточно просто обернуть руку движущимся кожаным ремнем по неосторожности), этот подход был сложным. Сложные системы шкивов были необходимы для достижения правильных рабочих скоростей, и после установки машины стало трудно перемещать или переназначать ее для следующей партии деталей.

Однако, благодаря разработке электродвигателя, станки и другие виды заводского оборудования теперь можно размещать практически в любом месте производственного цеха. Каждый из них стал автономным устройством, способным работать с любыми «подачами и скоростями» (см. «Подставки и станки с ЧПУ»), которые требовались для выполнения поставленной задачи.

Большинство современных станков с ЧПУ используют высокоэффективные электродвигатели переменного тока для привода шпинделя станка, а также его подвижных направляющих. Как правило, они имеют хорошее вращение на низких скоростях, что позволяет им делать тяжелые разрезы, но они по-прежнему способны выполнять высокие обороты и резку с высокой подачей. Некоторые многоцелевые станки вращают режущие инструменты при 40000 об / мин или более, хотя большинство станков общего назначения работают примерно на четверть этой скорости. Напротив, шпиндели токарных станков с ЧПУ обычно вращаются не быстрее, чем 5000 оборотов в минуту, хотя некоторые токарные

станки швейцарского типа (токарные станки продольного точения) идут выше. Если Вы хотите узнать больше, ознакомьтесь со следующей главой.

ЧТО ОБЩЕГО МЕЖДУ АМЕРИКАНСКИМИ ГОРКАМИ И СТАНКАМИ С ЧПУ?

Если Вы планируете в ближайшее время проехать по американскому Среднему Западу, советую Вам отправиться в парк развлечений Сидар Пойнт в Огайо и прокатиться на Мэйверик. Это представитель сравнительно нового поколения американских горок, использующих линейные двигатели с высоким ускорением для подъема пассажиров по крутым холмам, благодаря крутящимся поворотным штопорам на скорости, значительно превышающей традиционные методы передвижения. См. следующий рисунок:



Однако не только строители аттракционов используют такую многолетнюю, но все более популярную технологию управления движением. Военно-морской флот США начали использовать линейные двигатели для выталкивания истребителей с палуб авианосцев, и НАСА рассматривает возможность их использования для запуска космических кораблей.

Станкостроители используют линейные двигатели для замены традиционного механизма шарико-винтовой передачи и вращающегося двигателя, отвечающего за движение оси с момента рождения станков с ЧПУ. Линейные двигатели обеспечивают высокую скорость и ускорение, и особенно хорошо подходят для очень больших или длинных станков, где использование шарикового винта может быть проблематичным. Но поскольку линейные двигатели содержат мощные магниты, они представляют проблему для рабочих, носящих кардиостимуляторы, и имеют тенденцию притягивать стружку, создаваемую при обработке черных и других магнитных металлов. Они также выделяют значительное количество тепла, хотя эта проблема в значительной степени устранена благодаря использованию специальных охлаждающих каналов и кожухов, окружающих двигатель.

Пути и средства

«Пути» станка - это сверх гладкие, чрезвычайно точные гусеницы, по которым скользит каретка станка. Существуют два типа - прямоугольная направляющая и линейная направляющая (также известная как линейный подшипник движения). Дорожка, используемая на раздвижной стеклянной двери вашего внутреннего дворика, очень похожа на линейную направляющую. Этот гаджет опирается на серию шарикоподшипников, содержащихся в «грузовике», который движется по отрезку прецизионного грунта, скользя вперед и назад, как самый точный локомотив в мире.

Производители станков с ЧПУ любят линейные направляющие, потому что их легко устанавливать, и они могут работать при высокой скорости без нагревания. Но линейные направляющие обычно критикуют за то, что они менее жесткие и, следовательно, более склонны к шуму (постукиванию), чем их гораздо более старые "коллеги" - прямоугольные направляющие. В тех случаях, когда производитель использовал нижние линейные направляющие или направляющие слишком малы, такая критика была бы заслуженной.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

В какой-то момент работы у станка однажды Вы схватитесь за голову от ужасного шума, доносящегося изнутри станка. Нет, там нет никакого дикого животного, пойманного в ловушку - этот ужасный шум называется скрежетом. и такого звука будет достаточно для того, чтобы даже самые слабо слышащие из нас заткнули уши. Такой шум имеет несколько источников, но чаще всего он вызван слишком длинным режущим инструментом (например, при обработке глубокого кармана) или при попытке обработать тонкостенную заготовку. Оставленный без присмотра станок с таким шумом приведет к поломанным деталям, инструментам, а иногда и к повреждению самого станка. Режущие инструменты и производители станков в равной степени сделали все возможное, чтобы устранить это проклятие механиков, но при правильных (или неправильных) условиях такой скрежет все еще может время от времени заставлять Вас хвататься за голову.

Прямоугольные направляющие так же стары, как и сама промышленная революция. Практически все ручные станки используют их, как и многие «сверхмощные» ЧПУ. Они известны своей способностью переносить тяжелые грузы, поглощать тяжелые силы разреза и снижать вибрацию. Вот почему некоторые производители станков избегают линейных направляющих.

Но сторонники линейных направляющих указывают на микроскопическое «проскальзывание», которое иногда происходит с их прямоугольными собратьями, и утверждают, что линейные пути, следовательно, более точны. Для прямоугольных направляющих требуется мастер, который зачастую тратит несколько дней или даже недель на тщательную «чистку» сопряженных поверхностей. Еще более усложняя обсуждение, некоторые производители применяют «турсит» или аналогичный антифрикционный материал к прямоугольным направляющим для их гидростатики, что достигается путем нанесения масла под давлением на систему путей и, таким образом, создавая смазывающую пленку между сопряженными металлическими поверхностями.

ПОДАЧИ И СКОРОСТИ: ПОЕХАЛИ!

В этой книге я также расскажу Вам о скорости подачи и скорости резания, а в главе 14 есть целый раздел, посвященный этой теме. От самого мягкого, клейкого пластика до самого гранитоподобного металла - каждому материалу необходима своя определенная «скорость резки». Если сравнить механическую обработку с вождением автомобиля, то можно представить, что Вы ведете свой автомобиль (режущий инструмент) по Алюминиевой авеню с довольно хорошим сцеплением, потому что алюминий допускает высокие скорости резания (то есть быстрые обороты шпинделя); с точки зрения механической обработки это похоже на вождение по автобану. Стальная улица немного более ограничена в скорости, в то время как суперсплавная супертрасса почти такая же быстрая, как пешеходы; нарушив ограничение скорости на любой из этих металлических автомагистралей, Вы, вероятнее всего, сожжете свой автомобиль.

Тип автомобиля, которым Вы управляете, также имеет значение. Режущий инструмент, изготовленный из быстрорежущей стали (подробнее об этом в Главе 5), может развивать одну четвертую скорости, инструмента, изготовленного из карбида. Алмазные и керамические машины могут ехать еще быстрее, но им нет доступа на многих дорогах.

А что если пойдет снег? Используйте снегоочиститель, чтобы очистить весь тротуар за один проход, и Вам не только понадобится много энергии, но также могут возникнуть проблемы с достаточно быстрым очищением от снега - при обработке это эквивалентно резке на всю ширину. В большинстве случаев лучше делать небольшие зазоры с помощью снегоочистителя (несколько проходов на меньшей глубине разреза) и делать это быстрее. Мало того, что Ваш снегоочиститель (режущий инструмент) прослужит дольше при более высокой скорости подачи, Вы также оставите проезжую часть (заготовку) в лучшей форме (то есть более точной и с лучшей обработкой поверхности).

Таким образом, что лучше? Ответ довольно прост: по ситуации. Обе технологии могут быть чрезвычайно точными. Подходящие и правильно установленные, обе могут выдерживать очень большие нагрузки. Покупатели станков могут встретиться с обеими технологиями, будь то покупка сверхточного сверлильного станка или недорогие универсальные многоцелевые станки. Лучший способ определить, какой из них наиболее подходит для данной работы - это попросить дилера сделать несколько пробных срезов, имитирующих Ваш сценарий обработки. Как говорила бабушка: «Доказательство в пудинге».

Шкивы и шестерни

Шестерни применяются для поднятия больших тяжелых грузов маленькими моторами. Например, шлюзовые ворота на плотине Гувера остались бы навсегда закрытыми, если бы не механизмы. То же самое можно сказать и о выдвижной крыше на многих спортивных стадионах. Шестерни - это зубчатые виджеты, передающие мощность, изменяющие направление или скорость источника питания или (в случае крыш стадиона) обеспечивающие механическое преимущество относительно небольшого источника энергии, позволяя ему выполнять больше работы.

Шкивы выполняют аналогичную функцию, обеспечивая рычаг и регулируя выходную скорость электродвигателей и двигателей внутреннего сгорания. Тем не менее, немного сложнее регулировать скорости и передаточные отношения «на лету», используя систему ремней и шкивов, чем с трансмиссией с редуктором. Вот почему Ваш Шевроле Бел Эйр 1963 года выпускался с трехступенчатой механической коробкой передач (известной как «трое на дереве»), и поэтому многие грузовики и спортивные автомобили продолжают использовать механические коробки передач: они надежные, недорогие и эффективные.

Традиционные токарные станки уже давно используют одинаково сложные зубчатые передачи для привода кареток и скольжения станка с точной скоростью, необходимой для нарезания резьбы или проталкивания режущего инструмента с правильной скоростью подачи. Шпиндели на этих станках также зачастую «зубчатые», как и многие токарные станки с ЧПУ и многоцелевые станки, что дает намного больший крутящий момент на низких скоростях шпинделя, чем было бы возможно в противном случае.

Револьверные головки и устройства смены инструментов

Операторы токарных станков в начале 1800-х годов должны были иметь сильное предплечье. Это связано с тем, что в то время замены инструмента производились вручную: нужно было ослабить зажим держателя инструмента, установить новый инструмент для ручной резки, затянуть его, сделать срез, повторить. К счастью, в 1861 году появился ранний токарно-револьверный станок производства Лэмсон Гудноу и Ко. (Lamson Goodnow and

Companу) (см. Рис. 1-5), который в то время работал в старом оружейном комплексе Роббинса и Лоуренса в Виндзоре, штат Вермонт. Его новый механизм сделал смену инструмента намного быстрее и проще, чем в предыдущих конструкциях токарного станка. Спустя почти 30 лет Джеймс Хартнесс спроектировал плоский токарно-револьверный станок, который значительно увеличил эффективность токарных операций.

Сегодня практически каждый токарный станок с ЧПУ - и некоторые ручные токарные станки - имеют револьверную головку, способную вмещать 8, 10, 12 или более режущих инструментов. Если Ваш станок так не может, не беспокойтесь: просто замените стандартную «поворотную часть суппорта» на быстросменный держатель с клиновым фиксатором (например, Алорис (Aloris)) для быстрой и точной замены инструмента.

Вы можете оснастить свой ручной фрезерный станок аналогичным устройством: тяговым стержнем, который устраняет утомительное вращение гаечного ключа, которое в противном случае необходимо для установления держателей инструмента к шпинделю фрезы. А многоцелевые станки? Почему автоматическое устройство смены инструмента, или АУСИ, является одной из определяющих характеристик этих машин? Большинство из них могут держать дюжину или более инструментов в карусели, установленной рядом со шпинделем, хотя некоторые несут сотни инструментов в «улейном» или цепном отсеке. Дайте машине правильную команду и наблюдайте за тем, как рука берет старый инструмент и вставляет замену быстрее, чем Вы проговорите: «Я люблю автоматические устройства смены инструмента».



РИСУНОК 1-5: Этот токарно-револьверный станок 1861 года от Лэмсон Гудноу и Ко. имеет много общего с оригинальной конструкцией токарно-винторезного станка Модслей. Если Вы хотите увидеть это лично, отправляйтесь в Американский музей точности в Виндзоре, штат Вермонт и скажите, что Вас послал Кип.

Время для шпинделя

Гончарные колеса (круг). Миксер на кухонной стойке. Колеса вашего гольфкара Кадиллак Клон. Каждый из перечисленного оснащен одним или несколькими вращающимися шпинделями. Таким образом, делаете ли Вы набросок дизайна цветочного горшка или выпекаете свежую порцию печенья с шоколадной крошкой, шпиндели выполняют работу, которая без их помощи достаточно трудоемка. В аналогии с Вашим гольфкаром без шпинделей Вам пришлось бы плестись пешком до 18-ой лунки.

Они ничем не отличаются от станка, чей шпиндель содержит различные компоненты, включая подшипники, ремни и двигатель, содержащийся в металлическом корпусе, которые в совокупности известны как шпиндельная бабка. Сходные по функции (они оба вращаются), шпиндельные бабки, используемые на токарных и фрезерных станках, имеют некоторые существенные различия:

» Стандартная головка токарного станка представляет собой полую трубу, окруженную рядом подшипников на каждом конце и рядом ремней где-то посередине. Они проходят вокруг шпинделя вниз к двигателю, как ремни вентилятора в Вашем автомобиле. На одном конце шпинделя Вы найдете монтажное приспособление, обычно с коротким установочным конусом и рядом отверстий под болты. В зависимости от размера токарного станка это может быть шпиндельный носик А2-5 или А2-6, но некоторые токарные станки имеют плоский кулачковый замок или резьбовой носик.

Каким бы ни был стиль вашего токарного станка, его шпиндельный носик обеспечивает способ установки патрона или цангового механизма. А поскольку большинство шпинделей имеют полую трубку внутри, Вы можете пропустить отрезок материала заготовки - чаще называемый «пруток» - через шпиндель в зажимной механизм. Это называется токарным станком с подпружиненной подачей, хотя ничто не мешает Вам также использовать станок в качестве «патрона», а это означает, что Вы можете зажать заготовку в патроне и легко превратить ее в подставку для напитков или пепельницу.

Поскольку шпиндель на фрезерном станке или многоцелевом станке захватывает режущий инструмент, а не заготовку, расположение полых труб на большинстве токарных станков, было заменено на «затяжную штангу». Как видно из названия, в них используется набор механических пальцев или аналогичных захватный механизм для «затягивания» державки в шпиндель.

В большинстве случаев отверстие шпинделя фрезерного станка имеет точную шлифованную конусную поверхность, которая точно позиционирует соответствующую конусную часть держателя инструмента - нарисуйте конус мороженого (держатель инструмента), вставленный в руку ребенка (шпиндель). В течение последних нескольких десятилетий держатели инструментов в стиле «САТ» и «ВТ» доминировали на рынке обрабатывающих центров с ЧПУ. Ознакомьтесь с Главой 7 для получения дополнительной информации.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Большинство токарных станков являются «правосторонними» («праворежущие»), что означает, что зажимной патрон или другое приспособление для крепления на рабочем месте расположены с правой стороны передней шпиндельной бабки (даже если сама шпиндельная бабка фактически находится на левой стороне станка). Если Вы правша, у Вас не возникнет проблем с получением или измерением заготовки. Однако на многих токарных станках швейцарского типа и станков по изготовлению часов (подробнее об этом в Главе 2) ситуация совершенно противоположная - устройство удержания рабочего места (часто называемое направляющей втулкой) находится на левой стороне шпиндельной бабки, которая расположена на правой стороне машины. Смущены? Не волнуйтесь, все это будет иметь смысл, когда Вы действительно будете стоять перед машиной. До тех пор, продолжайте читать.

Подшипники идут

Подшипники бывают разных форм и размеров. Роликовые подшипники похожи на пару соответствующих металлических пончиков - один сидит внутри другого - с рядом шариковых подшипников, которые позволяют вращаться независимо друг от друга. Игольчатые подшипники и радиально-упорные подшипники имеют одинаковое расположение. Независимо от стиля подшипники необходимы везде, где механический компонент должен вращаться внутри (или вокруг) другого механического компонента. Если Вы купили один из тех колесных роликов для отжиманий, которые обещают твердый пресс

(это нормально, я тоже не использую свой), не стесняйтесь разобрать его - внутри Вы найдете подшипник, который позволяет устройству свободно вращаться.

Подшипники повсюду в станках. Например, на токарном станке с ЧПУ револьверный механизм опирается на прецизионные подшипники для плавного индексного движения. И я уже обсуждал шпиндели станка и шпиндельные бабки, которые переполнены подшипниками. Так же, как и приводные валы, которые перемещают стол назад и вперед, двигатели насосов, которые подают масло и смазочно-охлаждающую жидкость к машине, линейные направляющие, которые обеспечивают плавное и точное движение... Думаю, Вы поняли мысль.

Азы движения

Винты передают движение. Это в равной степени относится и к серповидному гаечному ключу или к домкрату. И кроме гидравлических или камуфляжных токарных и фрезерных станков, в станках также используются винты для преобразования вращательного движения диска или двигателя в линейное движение, необходимое для резки пазов, плоских фрез и сверлений.

На ручном оборудовании они называются ходовыми винтами, и на первый взгляд они выглядят как не что иное, как сверхдлинные болты. Разберите машину, и Вы увидите, что ее ходовые винты ввинчены в сопряженные гайки, которые в свою очередь прикреплены к нижней части каретки станка или поперечному смещению. Поверните ходовой винт, и Вы увидите линейное движение.

К сожалению, ходовые винты в основном несовершенны: независимо от того, насколько сильно Вы затянете гайку ходового винта, всегда остается небольшой «зазор», появляющийся между сопряженными частями; без этого они слипнутся плотнее, чем бумажник Дедушки Теда в Ваш день рождения. Проблема здесь заключается в потере точности - независимо от того, управляется ли это человеком или компьютером, зазор должен компенсироваться с каждым изменением направления, что становится все труднее по мере износа механических компонентов.

Вот почему станки с ЧПУ используют рециркуляционный шариковый винт, а не ходовой винт. Шариковые винты изготавливаются со специальной резьбой круглой формы, в которую входит гайка с шарикоподшипниками. Когда винт вращается, шарики рециркулируют через паз, вокруг гайки и снова возвращаются. Эта технология практически исключает зазор, снижает износ и значительно увеличивает скорость, с которой может вращаться шнек - важный момент на современном чрезвычайно быстром металлорежущем оборудовании.

В этой главе:

1. *Контроль над процессом: от бумажной ленты до ЧПУ;*
2. *Секреты многоцелевых станков;*
3. *Секреты токарных станков;*
4. *Преимущества многозадачного выполнения.*

Глава 2. Развеиваем мифы о станках

«Если мы хотим уменьшить бедность и страдания, если мы хотим дать каждому достойному человеку то, что необходимо для безопасного существования разумного существа, мы разрабатываем оборудование и хотим большей силы, так как сила - наша опора, основной источник наших разносторонних энергий».

НИКОЛА ТЕСЛА

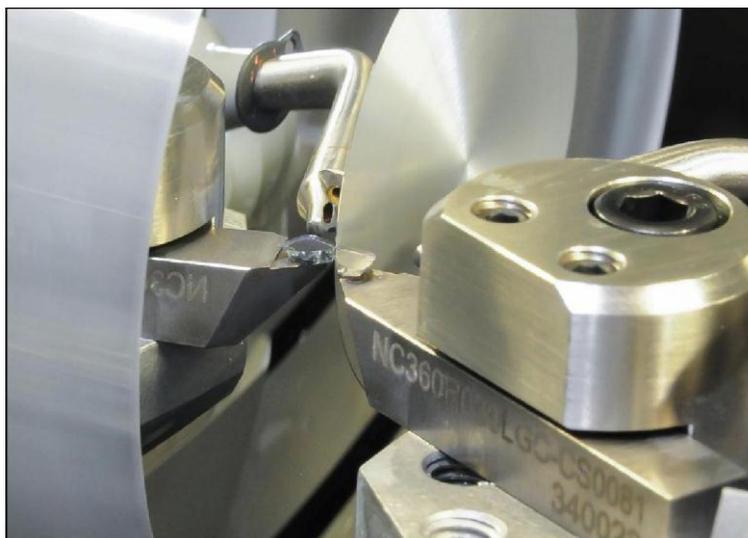
Если Вы прочитали предыдущую Главу, теперь Вы знаете все - ну, почти все - что нужно знать об истории механических станков. И даже если Вы уже не являетесь инженером-механиком или опытным механиком, Вы все равно также, а может и гораздо лучше, разбираетесь в зубчатых передачах, шкивах, системах привода и других устройствах, необходимых для того, чтобы станки выполняли свои функции.

Если Вы не читали предыдущую Главу, ничего страшного. Вам не нужно знать, кто изобрел телевизор, чтобы насладиться субботними повторными показами Сайнфелд (кстати, телевизоры изобрел Фило Тэйлор Фарнсуорт в 1927 г.), и тем более Вам не нужно знать, как они работают (телевизоры трубчатого типа содержали электронные пушки, которые сегодня используются для высокоскоростного бурения металла. Процесс известный как электронно-лучевая обработка). Нет, что важно при прочтении этой Главы, так это умение ценить удивительную современность станкостроения.

Хорошим примером этой удивительности является разрешение станка с ЧПУ (Числовое Программное Управление) или наименьшее движение, которое может сделать станок. Одна коммерчески доступная марка сверхточных токарных станков с «алмазной обточкой» (они на самом деле не режут алмазы, а используют алмазный режущий инструмент), имеет разрешение серво-петли всего в 8 пикометров, или 0,000000003 дюйма.

Подумайте об этом: восемь триллионов метра. Это примерно одна десятая радиуса атома криптона. Иными словами, если бы человеческий волос был с диаметром планеты Земля, оператор токарного станка с алмазным режущим инструментом мог бы запрограммировать станок на сверление отверстия глубиной всего в 3 фута. Та же самая машина достигает точности формы в пределах 0,05 мкм (размером с вирус полиомиелита) и чистоты поверхности в пределах 0,87 нм, что настолько гладко, что невозможно спрятать углеродистый шарик в его крошечных пиках и впадинах (см. Рис. 2-1).

РИСУНОК 2-1: Алмазные токарные станки, широко используемые в оптической промышленности, известны своей исключительной точностью и способностью выполнять чистовую обработку. С разрешения: Системы Нанотехнологии Мур (Moore Nanotechnology Systems)



Конечно, большинство станков не такие точные. Один популярный бренд многоцелевого станка рекламирует точность позиционирования до $\pm 0,000060$ дюймов (0,0015 мм) и повторяемость $\pm 0,000040$ дюймов (0,001 мм). Другой может похвастаться скоростью подачи 1181 дюймов в минуту, или примерно 13 миль в час. Это может показаться медленным, пока Вы не осознаете, что эти металлические балерины могут маневрировать заготовкой весом в полтонны при этих скоростях, перемещаясь по узким углам и проходя через сложные профили деталей в нескольких направлениях одновременно, и мгновенно меняют направление без потери точности.

Автоматизация станков

Стоять перед станком по 16 часов в день было в моде еще в середине девятнадцатого века, но большинство из нас согласились бы с тем, что гораздо лучше пойти куда-нибудь выпить прохладительного напитка и позволить машине работать. И это именно то, что люди пытались сделать с начала промышленной революции: разработка более быстрого, точного и все более автоматизированного оборудования. Это постепенное изменение началось в механическом стиле, но вскоре превратилось в гидравлически управляемые, управляемые бумажной лентой и, в конечном итоге, компьютеризированные станки или станки с ЧПУ.

Сложные станки с кулачковым управлением

Изобретение многопозиционной токарной револьверной головки сделало производство токарных деталей более быстрым и легким, но только после того, как разработчики станка начали ставить кулачки на токарные станки с револьверной головкой, производительность действительно набрала обороты. Как они работают? Если у Вас есть старомодная музыкальная шкатулка, разберите ее (думаю, Ваш ребенок не будет против). Видите, ту металлическую втулку внутри, на которой есть мелкие неровности? Если бы эта музыкальная шкатулка представляла собой токарный станок с кулачковым управлением, эти выступы служили бы приводами для различных режущих инструментов на токарной револьверной головке или на направляющих, расположенных вокруг шпинделя станка.

По мере того, как вращается втулка (на винтонарезном станке втулка представляет собой плоскую металлическую пластину неправильной формы), толкатель кулачка проезжает свои выпуклости и изгибы, передавая это движение режущему инструменту - при каждом повороте на 360 градусов производится одна готовая деталь (или играемая

мелодия, в случае музыкальной шкатулки. Вам стоит запланировать покупку новой шкатулки дочке или сыну).

Несмотря на свое название, винтонарезные станки делают гораздо больше, чем просто винты. Если бы это был фильм «Назад в будущее», и Вы могли бы зайти в хозяйственный магазин Хилл Вэллей (Hill Valley), каждый найденный там сантехнический прибор, газонокосилка, ручной инструмент или что-то другое содержал бы детали, сделанные на винтонарезных станках. И если бы не революция в электронике, которая превратила механический станок в станок с ЧПУ, винтонарезные станки с винтовым приводом были бы по-прежнему основным производителем практически всех прецизионных деталей большого объема, выпуская их сотнями тысяч.

Но они есть. С одной стороны, токарные станки с кулачковым управлением почти полностью механические, поэтому они вечны, за исключением небольшого технического ремонта, которая требует любая вещь, некоторые работают еще дольше. Большинство мастеров, которым нужно было проектировать и придавать форму металлическим кулачкам, необходимым для управления движением станка, давно вышли на пенсию, но это нормально - они заслужили отдых, а кулачки теперь легко проектируются с использованием специального программного обеспечения, а их формы обрабатываются на станках с ЧПУ.

Многошпиндельное безумие

Чем больше, тем лучше, верно? Такое изречение подходит и к миру станкостроения, как и ко всему остальному в жизни. Производители станков всегда это понимали, поэтому многие из них превратили токарные станки с кулачковым управлением в многошпиндельные винтовые машины с кулачковым приводом. На вид такие же, как пистолет Гатлинга, эти токарные станки экстремального производства производят детали, в четыре-восемь раз быстрее (в зависимости от количества шпинделей), чем их двоюродные братья с одним шпинделем, и способны производить готовую заготовку с каждой индексацией шпиндельной бабки.

Большинство строителей токарных станков с кулачковым управлением либо прекратили свою деятельность, либо перешли на ЧПУ, но в мире многошпиндельных технологий некоторые оставались на плаву и даже процветали. Однако даже здесь большинство предлагают один или несколько слайдов с ЧПУ в дополнение к кулачкам, что делает их изделия более точными, гибкими и более простыми в настройке.

Фрезеровочный

Чтобы не отставать, ряд строителей выпускали фрезерные станки с кулачковым приводом на протяжении многих лет. В основном они были оснащены настольными принадлежностями, такими как делительные головки и поворотные столы, а также копировальными или насадочными роликами, которые позволяли этим станкам фрезеровать сложные формы. У некоторых были возможности «подъема и спуска», а это означает, что вертикальное перемещение головки шпинделя можно синхронизировать с перемещением стола, что обеспечивает большую свободу при изготовлении деталей. Как и большинство токарных или гидравлически управляемых токарных станков, эти машины в настоящее время являются пережитками прошлого, неспособными идти в ногу с точностью, гибкостью и простотой использования, предлагаемыми современным оборудованием с ЧПУ.

Путеводитель по цифровому управлению

Замените заводные рукоятки на любом ручном фрезерном станке, токарном станке или шлифовальном станке двигателями с компьютерным управлением, обеспечьте механизм обратной связи, который непрерывно сообщает компьютеру точное местоположение каждой оси, и научите человека, который ранее поворачивал вал вручную, языку, которым можно запрограммировать компьютер. Угадайте, что? Вы только что создали станок с ЧПУ.

Конечно, современные ЧПУ намного сложнее, чем описанная простая система позиционирования. Скорость, точность и производительность современных станков выходят далеко за рамки того, что почти наверняка предполагали изобретатели числового управления, а затем и технологии ЧПУ.

Это видение началось с Джона Т. Парсонса, который оформил патент и собрал все лавры за изобретение компьютеризированного управления станками, хотя, вероятно, сотрудник Парсонса, Франк Стулен, выполнил большую часть тяжелой работы. Несмотря на это, оба получили в 1985 году Национальную медаль за технологии и инновации за свои усилия.

И ВСЕ-ТАКИ, ЧТО ТАКОЕ ВИНТОВОЙ ЗАЖИМ?

Некоторые из нас начали свою карьеру в области механической обработки. Помимо неловкости, при объяснении вашей будущей свекрови, что именно Вы делаете весь день, выдерживая ее косые взгляды и хихиканья по телефону со своими друзьям, ручные винты - отличный способ научиться токарной обработке. Вторая операционная машина Хардинг DV-59 (Hardinge DV-59) не имеет электропитания или градуированных циферблатов: Ваша правая рука управляет шестиступенчатой револьверной головкой, оснащенной сверлами, токарными и расточными инструментами, а также резьбонарезными и штамповочными головками, а левая управляет скольжением с помощью инструментов, используемых для обработки детали по длине, резкой внешней канавки и фаски или даже вырезкой сложных форм с помощью инструмента формы.

В конце каждого цикла просто потяните ползунок на себя, используя лезвие, установленное на задней стороне, чтобы отрезать готовую заготовку (это называется операцией отрезания). Затем дайте рукоятке в дальнем левом углу хороший рывок, чтобы открыть цангу, подав дополнительный материал к упору, установленному на башне для повторения процесса. Конечно, Хардинг также предложила автоматическую версию ручного винта - DSM-A - более простую альтернативу гидравлическим приводам с винтовым приводом, работающую от кулачка. К сожалению, ручные винты пошли по пути 8-дорожечных лент - Хардинг больше не отображает DV-59 или DSM-A на своем веб-сайте, а поиск в Гугле (Google) по ручному винту возвращает в основном к зажимам для деревообработки.

Интересно, что первый управляемый компьютером станок в действительности требовал, чтобы люди позиционировали его оси - компьютер просто говорил им, как далеко поворачивать рукоятки. Лишь после разработки управляемых компьютером двигателей или серводвигателей люди получили возможность заниматься более важными делами.

Разрезание красной ленты

Задолго до того, как появилось современное суперумное, сетевое, управляемое компьютером оборудование, с резидентными программными системами, способными генерировать самые сложные мыслимые траектории инструмента и выполнять команды

точнее, чем самая обученная охотничья собака, станки программировались на телетайпах и их программы хранились на перфорированной бумаге (см. рис. 2-2) или майларовой ленте (в более ранних машинах использовались перфокарты). Это были бурные дни станков с ЧУ.

Если Вам повезло настраивать один из этих станков - возможно, «ленточный патрон» или ленточный фрезерный станок – мастер бы протянул Вам рулон бумаги с розовыми, черными или желтыми отверстиями (нет, она не липкая), затем Вы загрузили бы ее в устройство чтения ленты либо внутри дверцы станка, либо рядом с ним на колесном устройстве. Самые ранние версии станков с ЧУ должны были «считывать» ленту по одному разу для каждого цикла, но вскоре станки оснастили пузырьковой памятью и аналогичными устройствами хранения, что позволило считывать ленту один раз, после чего ее возвращали в отдел подготовки УП до следующего раза.

Несколько ленточных станков, вероятно, все еще находятся в производстве, но большинство либо были модифицированы компьютерным управлением или проданы на металлолом. Тем не менее, «G-код», используемый станками с ЧУ (также известный как RS-274), разработанный в начале 1950-х годов, остается стандартом, на котором программируется большинство станков сегодня.

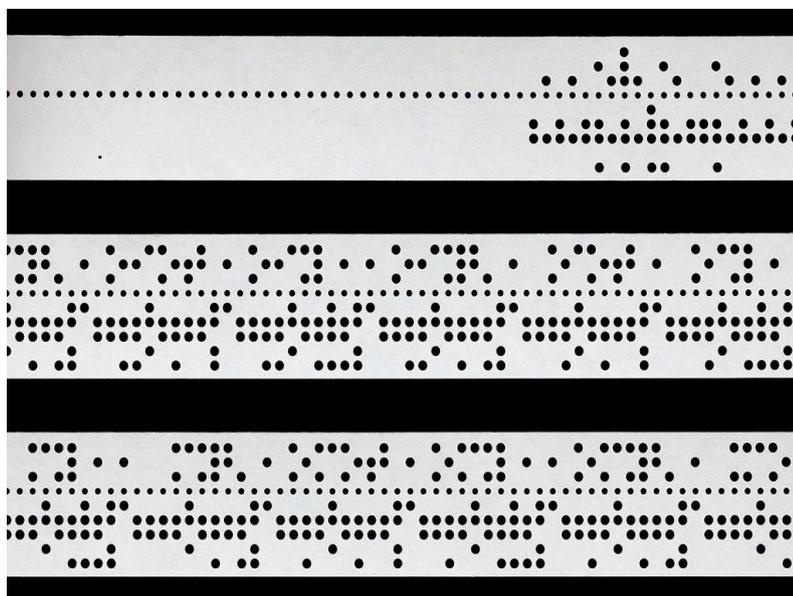


РИСУНОК 2-2: Перфорированная бумажная лента бывает двух размеров и нескольких цветов. Каждый ряд отверстий обозначает отдельный символ в программе ЧУ, который был бы похож на чтение инструкции по одной букве за раз

Компьютерное управление

Компьютер – это устройство, которое получает исходные данные, хранит эти данные, манипулирует ими или обрабатывает их и, в свою очередь, представляет результаты (еще данные) своему, теряющему терпение пользователю – чаще всего человеку, но часто другому компьютеру. Компьютерные умники любят спорить о том, какой из компьютеров был первым настоящим компьютером, но все сходятся во мнении, что компьютеры существуют давно в той или иной форме:

» Англичанин Чарльз Бэббидж начал возиться со своей «Разностной Машиной» в 1822 году, а 15 лет спустя уже с «Аналитическим двигателем».

» Z1 эпохи 30-х годов немецкого ученого Конрада Цузе (который он построил в гостиниой своих родителей,- прости за бардак, Мама) считается первым двоичным компьютером в мире.

» Если Вы смотрели фильм об английском компьютерном учёном Алане Тьюринге «Игра в Имитацию», Вы знаете, что его работа с дешифровальными компьютерами помогла союзникам выиграть войну.

» Электронный цифровой интегратор и вычислитель (Electronic Numerical Integrator and Calculator, ENIAC) Пенсильванского университета содержал 18 000 вакуумных трубок и по размерам был больше, чем многие загородные дома. Он был завершён в 1946 году, слишком поздно для военных действий, но все же стал важной вехой в компьютерной истории.

Существуют десятки других примеров, в том числе электронно-счётная машина с запоминающим устройством на линиях задержки (Electronic Delay Storage Automatic Computer, EDSAC), универсальная автоматическая ЭВМ "Унивак" (universal automatic computer, UNIVAC), "Whirl-wind" (Вирл-винд, или завихрение) Массачусетского Института Технологий и многие другие. Тем не менее, до момента выпуска персональных компьютеров (personal computer, PC) от "IBM" (International Business Machines) жизни среднестатистических Джо и Джоанн не были так кардинально затронуты компьютерами

В наши дни сложно представить, где был бы мир без них? Помимо очевидных примеров компьютеров, рабочих или тех, что мы носим в своих рюкзаках в школу, компьютеры также можно найти в наших автомобилях, наших цифровых камерах, наших весах, наших телевизорах и в смартфонах, в наших карманах (мой смартфон не помещается в карман – пришлось купить переносной чехол). Но, поскольку, Вы читаете эту книгу, Вы должны согласиться с тем, что наиболее важные компьютеры – это те которые управляют станками.

В начале 1980-х годов ЧПУ стало заменять ЧУ в большинстве станочных цехов. В течение следующих нескольких десятилетий большинство этих станков использовали специализированное компьютерное оборудование от производителей систем управления, таких как Фанук (FANUC) и Сименс (SIEMENS), которые были предварительно загружены программным обеспечением собственного производства, которое считывает «код ПУ» для управления режущими инструментами и шпинделем (-ями) станка. Это называется траекторией инструмента и обсуждается в Главе 11 более подробно.

Сегодня большинство станков с ЧПУ имеют системы управления на базе ПК. Они способны работать в сети, предлагают надежные возможности хранения программ (смотри, Мама, больше никаких лент!), могут легко взаимодействовать с роботами и другими формами автоматизации (подробнее об этом в Главе 8), и их легко оснастить системой автоматизированного управления производством (АСУП) и моделирующими программными средствами. И что самое главное, они чертовски быстрые и чрезвычайно производительные.

На половине пути

Вы еще не готовы работать с ЧПУ (числовое программное управление)? Для сомневающихся клиентов, кто не может решиться насчет G-кодирования, некоторые производители оборудования предлагают так называемые комбинированные или «полу-ЧПУ» станки. Если Вам хочется работать в ручном режиме на Вашем комбинированном фрезерном или токарном станке, вперед - комбинированные машины одинаково хорошо работают в ручном режиме. Необходимо обработать сложный профиль вала или просверлить 19-луночное расположение болтов в опорном кронштейне? Сообщите

устройству управления станком, что Вам нужно, загрузите соответствующий режущий инструмент и просто нажмите на кнопку Пуск.

Например, комбинированные токарные станки облегчают работу с резьбой однолезвийным инструментом, одной из наиболее сложных из всех резьбовых операций (подробнее об этом см. Главу 12).

Шлифование вала или вырезание большого отверстия - это вопрос внедрения данных о длине, форме, а также начального и конечного диаметров, после чего можно отойти выпить чашку кофе или рассказать анекдот приятелю с соседнего станка. Многие из этих устройств (станков) также оснащены программируемой револьверной головкой, поэтому нет необходимости весь день стоять у станка, меняя инструменты вручную.

Комбинированные станки предлагают аналогичные функции. Базовые варианты предлагают только двухосное позиционирование станочного стола – следовательно, от оператора станка зависит управление осью-Z (вертикальной гильзой), которая используется для сверления отверстий или позиционирования фрезы для профилирования и фрезерования глубоких карманов. Некоторые комбо-станки могут выполнять всевозможные операции: одновременное трехосное управление, то, что нужно, если Вы желаете изготовить фигурку мастера Йоды и украсить ею стол в гостиной, или Вам просто лень целыми днями двигать гильзой вверх-вниз.

Комбо-станки часто бывают «обучаемыми». Это удобно, когда Вам нужно изготовить много копий одной и той же детали: просто установите токарный станок или фрезу в режим обучения, обработайте одну деталь как пример, после чего станок будет подражать вашим действиям с рвением 5-летнего ребенка.

Для тех, кто не хочет изучать программирование или вводить какие-либо данные в станочный центр управления, обучающий режим намного предпочтительней ручного режима обработки. Также если Вы не хотите отдавать кучу денег за новый комбинированный станок, многие поставщики могут модернизировать Ваш имеющийся ручной фрезерный или токарный станок с помощью умной системы управления и приводом подачи, оснащенным сервомоторным двигателем, сделав его таким же (или почти таким же) функциональным как изготовленный с нуля.



СОВЕТ

Не в обиду станкам с ручным управлением будет сказано, однако правильно оборудованный станок с ЧПУ намного превосходит свой кривошипный аналог по всем показателям. Это утверждение верно для станков, изготавливающих все что угодно кроме простейших заготовок, даже если эти детали производятся поштучно. Причина, по которой некоторые цеха готовы тратить часы на установку и настройку станков с ЧПУ, заключается в том, что они либо не оснащены, ни организованы должным образом, чтобы сделать переналадку рентабельной для мелкомасштабного производства (подробнее об этом в Главе 16).

О фрезеровании: фрезы и многоцелевые станки

Несмотря на то, как дразнили Вас дети в школьные годы, быть занудой нормально (прим. пер. square – в англ. квадрат, или зануда). В самом деле. А также прямоугольным или ортогональным, или любой другой геометрической формы, по желанию, но только не круглой. Это потому, что круглые детали производятся на токарных станках, а не круглые детали изготавливаются на фрезерных. Все это знают. Однако ближе к концу этой главы Вы поймете, что это необоснованное обобщение лишь частично верно и становится менее верным с каждым прожитым днем.

ГОВОРЯ О ПЛОСКОСТИ

Многие станочные инструменты прошли путь обручей и тупель на платформе. Один из них строгально-фрезерный станок, который на самом деле совсем не фрезерный (хотя выглядит как один из них). Строгально-фрезерные станки имеют подвижной стол, к которому крепится заготовка. Режущий инструмент (который не вращается и очень напоминает долото-стамеску) затем продвигается через верхнюю часть детали, удаляя материал по ходу дела. После каждого последующего прохода инструмент опускается на небольшую величину и процесс повторяется. Это как, если бы Вы привязали лопату к бамперу Вашего автомобиля и ездили взад-вперед по своей лужайке, выпуская небольшое количество воздуха из шин по ходу движения, Вы, по сути, «сформировали» бы траншею в грязи (что правда может не понравиться ассоциации домовладельцев)

Начнем с того, что фрезерные станки могут легко производить круглые детали; они просто не очень хороши в изготовлении длинных круглых деталей, таких как валы и крепежи. Но грань между этими двумя давними соперниками постепенно стирается, все больше токарных станков выпускаются с функциями фрезерования, а многоцелевые станки способны выполнять все больше токарных функций. Может наступить день - и довольно скоро - когда современные двухкоординатные токарные станки с ЧПУ и трехкоординатные фрезерные станки также устареют, как и копировальные токарные и строгально-фрезерные станки.



ПОМНИТЕ

Что в имени твоём? Это зависит от того, кого Вы спросите, но на протяжении всей этой книги Вы увидите, что термины фрезерный станок и многоцелевой станок, используются взаимозаменяемо. Это не обязательно так, но это моя книга, и если это сошло мне с рук с редактором, то я могу использовать термины по своему желанию. Кроме того, спросите у любого работника цеха название того большого помещения, знаете, ну того где находятся все многоцелевые станки. Он или она скажут, что это фрезерный отдел. Однако, если Вы один из сторонников точной терминологии, то фрезерный станок - это ручная измельчительная машина - скорее всего консольно-фрезерный станок в стиле Бриджпорт, в то время как многоцелевой станок - это его аналог с ЧПУ, тот, у которого 99,9% времени имеется металлический корпус, автоматическое устройство смены инструмента, более высокие шпиндельные скорости и во всем превосходит своего ручного предшественника.

Выдержать вахту

Как видно далее из главы, можно много говорить о горизонтальных многоцелевых станках. Но факт остается фактом: львиная доля фрезерных работ выполняется на вертикальных многоцелевых станках или ВМС. Они дешевле, чем их горизонтальные братья, и обычно не требуют наличия множества креплений и держателей инструментов. В среднем они могут вместить больше заготовок по площади занимаемой станком. Также поскольку, ВМС больше напоминают консольно-фрезерные станки с точки зрения движения станка и резки металла, они более знакомы среднестатистическому оператору.

Трудно поставить метку на «типичном» ВМС оборудовании (как показано на рисунке 2-3). Некоторые держатели для инструментов не больше двух кулаков в диаметре, имеют больше лошадиных сил, чем автомобиль марки Смарт (“Smart”), и достаточно велики, чтобы обработать корпус рыбацкой лодки. Другие используют держатели инструментов, которые ненамного больше, чем Ваш указательный палец и могут легко поместиться на обеденном столе. Однако, из уважения к обсуждению, надо отметить, что средний ВМС имеет около 3-х футов перемещения по оси X (из стороны в сторону), использует фланцевую оправку по

типу «САТ» или «ВТ» (подробнее в Главе 7), и шпиндель на 8000-10000 об/мин. И, как и Бриджпорт прошедших дней, ВМС пользуются успехом у начинающих владельцев станочных цехов в качестве первых станков с ЧПУ.

У большинства ВМС машин есть стол с пазами, аналогичный столу строгально-фрезерного станка. Такие станки имеют Т-образный болт для присоединения тисков, креплений, поворотных столов, вакуумных зажимных патронов и т.д. Опытные цеха устанавливают так называемые системы нулевой точки (zero point system, ZPS) на поворотные столы своих многоцелевых станков для быстрой и точной замены держателей инструментов (см. Главу 6 для более подробной информации на данную важную тему).



РИСУНОК 2-3: ВМС представлены в широком диапазоне размеров. Этот небольшой, но очень производительный тип ВМС известен как сверлильно – резьбонарезной станок. С разрешения: Корп. ФАНУК Америка (FANUC America Corp)

Конечно, это сильно упрощенное описание вертикальных многоцелевых станков. Некоторые весьма узкоспециализированные: очень популярны ВМС, спроектированные для высокоскоростной облицовки упрочненной инструментальной стали, также как и те, произведенные для обработки графитовых электродов. А также там, где ВМС общего назначения развивают максимально около 12 000 об / мин, все большее число высокопроизводительных машин предлагают 20 000 и более оборотов в минуту (иногда намного больше), что требует тщательной балансировки держателей инструментов, чтобы избежать вибрации и следующего за этим повреждения шпинделя станка, а также сверхбыстрых систем управления и позиционирования, чтобы справляться с требованиями обработки с высокоскоростными траекториями.

Всестороннее изучение вопроса

ВМС станки ограничены в том, что они могут обрабатывать только верхнюю часть заготовки - если Вам нужно просверлить отверстие во всех шести сторонах квадратного блока, Вам придется просверлить первое отверстие, затем переверачивать деталь еще пять раз. Однако если оснастить ВМС станки специальным приспособлением, называемым делительно-поворотным столом, Вы можете захватить один конец этого блока и «перемещать» его под определенным углом, чтобы просверлить отверстия в четырех сторонах блока, значительно уменьшая количество манипуляций.

Продолжайте эту мысль дальше. Скажем, Вам нужно вырезать спиральную канавку вдоль длины вала, например, или хотите обработать скульптурную поверхность (например,

фигурку мастера Йоды). Для этого типа работы Вам понадобится поворотный стол, который не останавливается, переместившись до определенной фиксированной позиции, но может непрерывно вращаться в координации с одной или более осями станка.

Цеха десятилетиями устанавливают поворотные столы и шаговые механизмы на свои вертикальные многоцелевые станки, что позволяет им производить все более сложные детали, сокращая количество операций необходимых для их выполнения. Однако, в какой-то момент, один умный механик, накатавшись на выходных на аттракционе Tilt-a-Whirl на ярмарке, решил прикрутить один поворотный стол поверх другого поворотного стола, и, таким образом, изобрел наклонно-поворотный стол.

3 + 2 ≠ 5

Закройте дверь для этой демонстрации, чтобы никто не смеялся над Вами. Теперь возьмите банку кока-колы, держа ее вдоль нижнего края прямо перед лицом, так чтобы Вы могли прочитать логотип, затем направьте указательный палец другой руки вертикально на верхнюю часть банки. Наклоните банку на 90 градусов влево и вправо, вперед и назад, имитируя оси A и B пятикоординатного многоцелевого станка. Другие оси симулируются вашей свободной рукой, когда она движется в сторону (ось X), вперед и назад (ось Y) и вверх и вниз (как Вы уже догадались, ось Z).

Переместите все пять осей одновременно (при этом не стесняйтесь издавать звуки типичные для механической обработки). Так выглядит пятикоординатная одновременная обработка. Отлично подходит для резки сложных форм, таких как гребные винты, коленные имплантаты или копий черепов тиранозавра. Однако если бы Вам приходилось удерживать оси A и B неподвижными в любой точке, а затем использовать фрезерную головку, чтобы вырезать выемку или просверлить несколько отверстий в заготовке, то это называется 3 + 2 обработкой.

Цапфы позволяют операторам станка захватить кусок металла вдоль его нижнего края и обработать верх и все примыкающие четыре стороны заготовки. Затем закончить деталь перевернув ее и отфрезеровав основание; вместо шести отдельных операций, всего за две. При наличии трех осей ВМС можно двигаться одновременно с двумя осями цапфы, производя действительно некоторую сложную работу. Это и есть суть пятикоординатной обработки.

Пятикоординатная обработка не только позволяет Вам изготавливать более сложные детали, но и больше работы может быть выполнено за одну обработку, таким образом снижая затраты. А поскольку требуется меньше операций, детали неизбежным образом будут более точными, меньше рабочей силы требуется для их перемещения, сокращается длительность цикла изготовления изделия, а количество необходимых цеху крепежей и держателей кардинально уменьшается.



СОВЕТ

Незатейливое это дело - оборудовать большинство ВМС поворотным столом (см. Рис. 2-4). Все, что нужно, это пара электрических соединений и программное обеспечение для управления дополнительными осями (интерфейсы четвертой и пятой осей). Тем не менее, многие производители станков предлагают настоящие, пятикоординатные многоцелевые станки, разработанные специально для этого типа обработки. Они доступны в различных конфигурациях с разными возможностями, и быстро становятся новой альфой в стае многоцелевых станков.



РИСУНОК 2-4: Поворотный стол – второе лучшее изобретение к пятикоординатному многоцелевому станку. Обратите внимание на дизайн «поворотный стол на поворотном столе» осей A и B. С разрешения: Корп. ФАНУК Америка (FANUC America Corp)

Несмотря на свои принципиально новые возможности, пятикоординатные многоцелевые станки имеют недостатки (даже несколько): они сложные в эксплуатации (потому что детали, которые они производят, как правило, такие же сложные); им требуются специальный держатель, который поднимает детали достаточно высоко, чтобы избежать помех между шпинделем станка и столом; и они ограничены в количестве деталей, которые можно произвести за один процессорный цикл - одну за раз - норма, четыре за цикл - не слишком сложно, шесть – вполне возможно. Как бы то ни было, у Вас не выйдет загрузить деталями стол пятикоординатного станка и спокойно уйти домой как Вы это делаете с трехкоординатным ВМС.

Продольное фрезерование

Еще одно заметное упоминание в категории вертикальной обработки - это продольно-фрезерный станок с подвижным порталом. Если Вы не знаете, как выглядит подвижный портал, отправляйтесь на местную верфь. Видите, большие краны, используемые для погрузки и разгрузки груза? Продольно-фрезерные станки с подвижным порталом аналогичные, кроме того, что шпиндель станка находится в нижней части горизонтальной перекладины, а заготовка находится под ним, а не на морском судне.

Станки с подвижным порталом тоже не настолько большие, но факт остается фактом, что многие из них прямо-таки огромные в плане станочных инструментов, с подвижными столами размером с дом и осью X, способной двигаться на 100 и более футов, достаточно чтобы вырезать профиль самолетного крыла или обработать локомотивный вагон целиком. Некоторые из них оснащены «качающимися» головками, которые могут обрабатывать под прямым и составным углами (аналогично пятикоординатным многоцелевым станкам), в то время как другие имеют два или более шпинделей для резки нескольких деталей одновременно.

Называя вещи своими именами

Благодаря тому, что многие цеха бьются над решением проблемы как втиснуть побольше дополнительных инструментов на свои уже довольно стесненные производственные площадки, еще один тип ВМС обретает популярность – сверлильно-резьбонарезные станки. Это меньшие по величине, облегченные версии их более крупных родственников были первыми оснащены технологией «жесткое нарезание резьбы», технологией нарезания резьбы, которая не требует специальных плавающих держателей или держателей с обратимым ходом. Большинство сверлильно-резьбонарезных станков имеют конус шпинделя ВТ-30 или меньше и очень быстро разгоняются - некоторые могут перейти от мертвого упора к резке металла через 2 секунды или меньше. Они не могут справляться с большой боковой нагрузкой как обычные ВМС, и, при этом, инструментов у них не так много (обычно около 10-12), но сверлильно-резьбонарезные станки являются отличным вариантом для цехов, которые обрабатывают широкий спектр мелких деталей, и их часто можно встретить у многих производителей медицинской техники и электроники.



ТЕХНИЧЕСКАЯ
ИНФОРМАЦИЯ

Большинство в отрасли считают держатели инструментов типа «САТ» или оправку с фланцем, имеющим V-образную форму американским стандартом, в то время как ВТ-фланцевые держатели обычно можно встретить на многоцелевых станках производства Японии, Китая или Кореи. Оба держателя используют один и тот же свободно-отпускающий 7/24 конус, который фактически был запатентован в 1927 году, задолго до того, как появились инструменты станков с ЧПУ. Однако, оба типа инструментов постепенно устаревают, вытесняемые более жесткими держателями инструментов «HSK», «BIG-PLUS» и «Capto»-типа (подробнее см. в Главе 7).

Преимущества горизонтальности

Наклоните вертикальный многоцелевой станок на бок, и получите горизонтальный многоцелевой станок, правильно? На самом деле, нет. Горизонтальный многоцелевой станок, или ГМС, долгое время считался более подходящим для работы с большими объемами, чем ВМС. Они почти всегда имели больше станций с режущими инструментами - некоторые могут иметь сотни инструментов - и почти всегда оснащены поворотным столом, к которому (почти всегда) прикреплена «многоместная зажимная стойка» (или «надгробие» - tombstone) или другой тип крепежного приспособления.

В случае многоместной зажимной стойки (и да, она действительно напоминает надгробие, которое однажды украсит мое последнее пристанище, кроме того, что стойка производится из чугуна), можно установить несколько тисков или зажимов на каждую из четырех или шести сторон, не только позволяя оператору загружать стол в беспорядке деталями и спокойно идти домой (часто также зовется полностью автоматизированным производством), но также обеспечивает доступ к передней части и сторонам заготовки. Это то, что нельзя сделать на ВМС без делительного или поворотного стола.

Кроме того, большинство ГМС стандартно поставляются с автоматическим устройством смены поддонов, которое позволяет оператору стоять у станка и загружать детали на одну многоместную зажимную стойку, пока станок занят изготовлением деталей на другой - это немного похоже на окошко у автокафе, где Вы с одной стороны заняты подсчетом сдачи, пока работник внутри готовит Ваш чизбургер и картошку фри. Опять же, это еще один аксессуар, который часто добавляется в ВМС, чтобы приблизить его к

горизонтальному, но к тому времени как Вы добавите все эти опции, цена такого станка обычно уже приближается к таковой как у более продуктивного ГМС.

Что подводит нас к одному качеству, которым могут похвастаться все горизонтальные многоцелевые станки - улучшенный поток стружки. Это потому, что ориентация шпинделя на ГМС позволяет гравитации выполнять свою работу, способствуя удалению стружки. Тогда как на ВМС, стружка временами падает обратно на заготовку, создавая неприятную проблему, которую механики называют расточкой, ответственной за частые поломки инструментов. Наконец, поскольку горизонтальные станки не используют классическую конструкцию «С-образная рама», встречающуюся во многих вертикальных, они часто (как правило) более жесткие и точные чем их вертикальные сверстники.

Простите, эта часть скучновата

Если Вы читали немного о станках с подвижным порталом на странице или двумя выше, вот эквивалент ГМС: фрезерно-расточный станок («boring mill», “boring” – с англ. «скучный»). Как и станок с подвижным порталом, горизонтальные фрезерно-расточные станки довольно большие и часто используются для обработки кузовов тракторов и других землеройных машин - посетите завод John Deere или Caterpillar, и Вы увидите множество фрезерно-расточных станков (вам, вероятно, стоит сначала записаться на прием).

Фрезерно-расточные станки выглядят и производятся во многом как ГМС, за исключением двух важных моментов:

1. Из-за их большого размера Вы не увидите слишком много фрезерно-расточных станков с устройством смены поддонов
2. Все фрезерно-расточные станки оснащены «пером» (аналогичным перу Бриджпортского консольно-фрезерного станка), которое можно использовать для проникновения глубоко внутрь заготовки.

Известное ЧПУ программистам как W - ось, перо движется внутри основного корпуса шпинделя и, после того как ось Z приводится в положение, вводит режущий инструмент в обрабатываемую заготовку, позволяя придавать детали свойства в противном случае недоступные, и производя очень прямые, точные отверстия.



**ВАЖНЫЕ
ДЕТАЛИ**

В то время как горизонтальные фрезерно-расточные станки все еще являются важной частью станочного производства, их вертикальные коллеги по большей части уходят на пенсию. Когда-то широко доступные в версиях с подвижным порталом и консольного типа, самые точные из этих реликвий прошлого известны как координатно-сверлильные станки, благодаря их использованию (опять же, до ЧПУ) в супер-точной обработке сверл, крепежей и других потребностях изготовления инструментов. Координатно-сверлильные станки и вертикальные фрезерно-расточные станки все еще используются сегодня, но в значительной степени были заменены сверхточными многоцелевыми станками с ЧПУ и проводными «ЭЭО» станками (подробнее в Главе 3).

Токарное ремесло: изучение токарных станков

Если Вы посещали занятия по труду в средней школе (в мое время они назывались – Прикладным Искусством), Вы, вероятно, вырезали деревянную миску или набор подсвечников в качестве подарка ко Дню Матери. И знаете, что: это делает Вас - оператором токарного станка. Но что из себя представляет собой токарный станок и как он работает?

Взгляд украдкой в карманный словарь выдает следующее определение для токарного станка: станок, в котором заготовка вращается вокруг горизонтальной оси, а фиксированный инструмент придает ему форму. Ну, в целом верно. Но для начала, не все токарные станки горизонтальные - некоторые токарные станки вертикальные и вращают заготовку как ленивая Сьюзен за обеденным столом.

И говорить, что инструмент зафиксирован не совсем верно — резец (который на токарном станке называется токарным резцом, кстати говоря) действительно фиксируется на резцедержателе, револьверной головке, или крестовом суппорте, но имеет возможность двигаться вперед и назад, а также из стороны в сторону. И наконец, на многих токарных станках с ЧПУ устанавливаются полноразмерные фрезерные инструменты для обработки желобов, карманов и поперечных отверстий.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Однажды, я услышал, как одна заблудшая душа назвала работу на токарном станке «обрешеткой». Давайте расставим все точки над и прямо сейчас: изготовление деталей на токарном станке не зовется обрешеткой; правильное слово - обточка. Токарные станки и операторы токарных станков обтачивают, выполняют токарную обработку, изготавливают обточенные детали – выбирайте сами как называть; просто не говорите «обрешетка». Обрешетка - это действие присоединения тонких деревянных планок к стене перед нанесением штукатурки, метод отделки, который нынче вытеснен гипсокартоном (или по-другому панелями для внутренних стен, если угодно). Возможно, Вы также называете человека, который монтирует металлические сетки под штукатурку «отделочником» (хотя он скорее всего предпочел бы чтобы его называли Гарри или Джо). Так что, давайте договоримся, чтобы больше никакой обрешеточной ерунды.

Также как в случае с мельницами и механическими станками, дюжины или даже сотни различных видов токарных станков существовали на протяжении последних пару веков.

Многие из них применяются и в наши дни. При желании, Вы можете хоть сегодня съездить к соседнему дилеру станочной техники и выбрать вполне приличный токарно-винторезный станок. Черт возьми, да Вы можете заказать один с Амазон (Amazon)! Как правило, токарные станки с ручным управлением бывают двух категорий: токарно-винторезные станки либо токарно-револьверные станки.

Токарно-винторезные станки

Несмотря на название, токарно-винторезные станки не делают винты (хотя они могут делать компоненты двигателей). Некоторые из ранних токарных станков (а также все станочные приспособления) были связаны с паровым двигателем чередой конвейерных лент и шкивов, видимо поэтому в их английском названии присутствует слово двигатель (engine).

Современные токарно-винторезные станки характеризуются наличием подвижной шпиндельной бабки,двигающейся в продольном направлении, на которой находится поперечный суппорт для радиальной обработки (обточка и вырезание) и поворотная часть, которая используется для заострения и нарезания резьбы однолезвийным инструментом. Многие станки используют комплексную зубчатую передачу для управления шпинделем и направляющими и обеспечения достаточного вращения на низких скоростях, а также больше оборотов в минуту для меньших диаметров и финишной обработки.

Токарно-винторезные станки, в большинстве, имеют упорную бабку и вращающийся центр для поддержания длинных заготовок (некоторые ребята зовут их центровыми токарными станками). Также можно убрать вращающийся центр из задней бабки и заменить на перовое сверло для сверления дыр на концах заготовок. Инструментальный токарный станок это облегченная, более точная версия токарно-винторезного станка. Он тоже имеет редуктор и ходовой винт которые используются для нарезания резьбы резцом и вращения суппортов, кроме этого имеет различные дополнительные приспособления такие как неподвижный люнет (для обработки очень длинных заготовок как валы) и радиусные фрезы.



СОВЕТ

Хотите нарезать несколько крошечных деталей для модели Биг Бена масштабом в 1/1000 о которой Вы давно мечтали? Токарный станок ювелира или часовых дел мастера как раз то, что вам нужно. Достаточно небольшие, чтобы уместиться на кухонной столешнице, эти миниатюрные станки имеют большую скорость вращения и оснащены инструментами и креплениями для изготовления деталей микроскопических размеров.

.Токарно-револьверные станки

Если убрать заднюю бабку с токарно-винторезного станка и заменить ее револьверной головкой для операций по обработке концов, таких как сверление и нарезка, в итоге Вы получите токарно-револьверный станок. Наличие револьверной головки позволяет механику устанавливать инструменты на нескольких позициях и поворачивает ручку в зависимости от того, что нужно, увеличивая производительность во много раз в сравнении с одноинструментным токарно-винторезным станком.

Аналогичный, но совершенно отличный от токарно-револьверного станка - патронный токарный станок. Вместо револьверной головки для концевой обработки и независимого поперечного суппорта, в патронном токарном станке используется горизонтальная револьверная головка с плоским верхом, присоединенная к двухосевой шпиндельной бабке. Инструменты крепятся вдоль периметра револьверной головки и регистрируются за любой производственной установкой на усмотрение слесаря.

Почему такое смешное название? Поскольку у них нет задней бабки, патронные токарные станки издадут квохчущие звуки при работе. К тому же, тогда как токарно-револьверные станки классифицируются как "прутковые" станки, что означает наличие у них приспособления для подачи прутка через бабку, патронные станки задуманы для нарезки подпиленных коротких заготовок, которые затем «заглатываются» трехкулачковым патроном или аналогичным зажимным устройством.

Вдвойне хороши

Если конечно Вы не планируете открыть музей станочной техники, большинство из того, что Вы только что прочитали не имеет значения. Конечно, токарно-винторезные станки и инструментальные токарные станки до сих пор используются в аналоговых и ремонтных цехах, но патронные токарные станки ручного управления и токарно-револьверные станки являются пережитками далекой эпохи и были в значительной степени вытеснены токарными станками с ЧПУ. Типичный двухкоординатный токарный станок с ЧПУ (см. Рис. 2-5) сочетает в себе особенности патронного токарного станка и револьверного станка в равной степени. У большинства есть разделительная револьверная головка, оснащенная 8-12 инструментальными станциями, программируемая задняя бабка, и возможность легко выполнять как прутковую, так и патронную обработку. Нередко, частота вращения шпинделя

достигает 5000 об / мин, как у 6 и 8 дюймовых патронов. Некоторые токарные станки оснащены шпиндельной бабкой, имеющей зубчатый редуктор с двумя диапазонами для большего крутящего момента при низких оборотах, но благодаря современным мощным шпиндельным двигателям с приводом переменного тока, установка шпиндельной бабки с коробкой скоростей в основном не требуется, за исключением очень больших машин.



РИСУНОК 2-5: Этот двухкоординатный токарный станок снабжен контршпинделем вместо задней бабки, что позволяет обрабатывать оба конца детали в одной настройке. С разрешения: Накамура-Томе (Nakamura-Tome)

Как Вы сами убедитесь в следующей Главе, изготовители станков находятся в непрерывной гонке делая свои изделия все более и более эффективными. Именно поэтому описанные выше базовые модели станков скоро возможно последуют за своими предшественниками в музей станочных изделий — все возрастающее число токарных станков с ЧПУ оборудуются фрезерными инструментами, несколькими шпинделями и двумя и более револьверными головками, что делает их двухкоординатные аналоги неконкурентными, кроме как, для выполнения простой, мелкосерийной работы.

Вертикальные токарные станки

Также как вертикальные многоцелевые станки имеют свои горизонтальные копии, у токарных станков тоже есть вертикальные двойники (помните, что большинство токарных станков с ЧПУ горизонтальные, хоть никто и не зовет их горизонтальными станками). Вертикальные токарно-револьверные станки («VTL») часто используются для обработки больших, но коротких деталей, например, колес, опорных колец, и корпусов турбин и двигателей. Многие имеют расположение шпинделя «лицевой стороной вверх». В таких детали просто вставляются в патрон, зажимаются и обрабатываются. Это особенно удобно для обработки очень тяжелых заготовок, чей вес может осложнить захват в горизонтальных токарных станках. В вертикальных станках естественная гравитация помогает удерживать деталь на месте. Однако, на некоторых станках вертикального типа шпиндель перевернут и патрон можно использовать чтобы подцеплять изделия с конвейерной ленты, что дает этому

относительно новому виду станков название – захватывающий (“pick-up”) токарный станок, весьма популярный среди машиностроителей и других крупносерийных производителей.

По гангста понятиям

После того как вам неоднократно заявляли, что револьверная головка и токарный станок — это идеальное сочетание, держитесь за свои кнопки пуска цикла: некоторые станки с ЧПУ совсем не имеют револьверных установок, от чего они только выиграли в результате. Многолезцовые токарные станки («gang-style lathe»), ласково прозванные гангстерами, работающими на них людьми, имеют длинный плоский суппорт, к которому крепятся инструменты. Вместо перемещения к новой станции для выполнения следующего цикла обточки, гангстер просто двигается в сторону и продолжает работу. Благодаря этому такие станки очень быстрые в работе. И поскольку у них нет делительного механизма (что значит меньше двигающихся деталей) гангстеры, как правило, более точные чем токарные станки револьверного типа. Оба этих качества делают гангстеров популярными среди крупносерийных производителей мелких изделий, таких как электронные устройства и крепежные детали, которые часто оборудуют свои станки системами автоматической загрузки и разгрузки.

Подвижная бабка

Ни одно обсуждение токарных станков не будет полным без упоминания токарных станков с ЧПУ продольного точения (см. Рис. 2-6). Там, где все токарные станки используют патрон или цанговый зажим для захвата материала, станки продольного точения помимо этого имеют направляющую втулку прямо перед патроном для удержания и направления материала. Прутковые заготовки (токарные станки с ЧПУ продольного точения практически всегда имеют прутковый питатель) захватываются патроном и проталкиваются через втулку для соприкосновения с резцом, который находится перед направляющей втулкой. Поэтому токарные станки с ЧПУ продольного точения также называют токарными станками с подвижной бабкой.

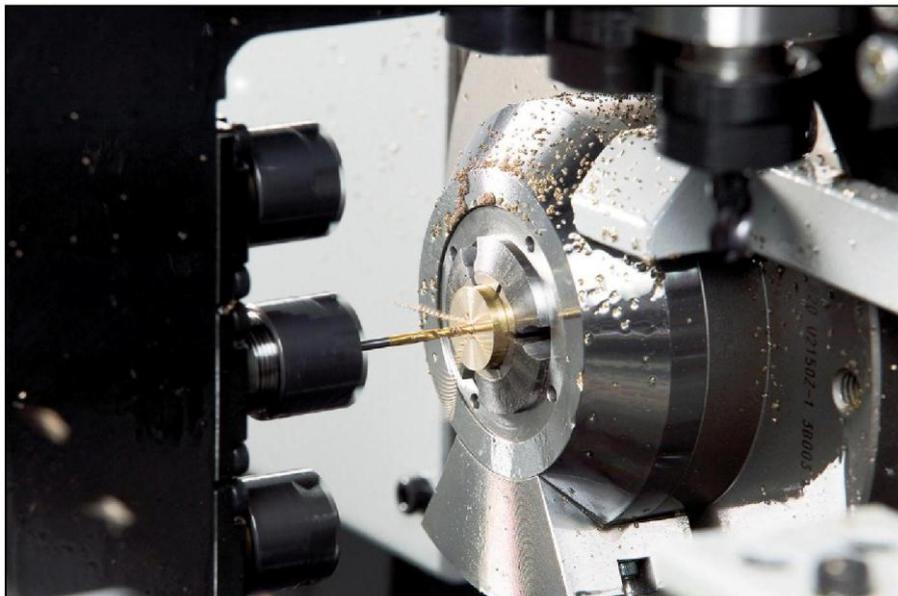


РИСУНОК 2-6: Токарные станки с ЧПУ продольного точения имеют огромное значение для производства изделий медицинского назначения и электроники, поскольку способны производить маленькие, и чрезвычайно сложные детали за одну операцию. С разрешения: Сандвик Коромант (Sandvik Coromant)

Вне зависимости от названия, станки продольного точения способны производить очень длинные, тонкие изделия. Там, где традиционному токарному станку нужна задняя бабка и, возможно, люнет для удерживания заготовок, станкам продольного точения такие устройства не нужны, детали выталкиваются непосредственно из направляющей втулки. Вот почему токарные станки с ЧПУ продольного точения часто используются в различных отраслях промышленности, таких как производители медицинских изделий, которые применяют эти станки для изготовления костных винтов и направляющих штифтов; гидравлические компании, для изготовления золотников и компонентов измерительных приборов; и производители электроники, для производства электрических датчиков и контактов.

Многие из современных станков с ЧПУ продольного точения представляют собой довольно сложные штуки, сочетающие в себе несколько шпинделей, суппорты, и револьверные головки, дюжины инструментов и полноценные фрезеровочные возможности. Их возможности, однако, ограничены малым размером деталей — самый большой станок может работать с заготовками не более 42 мм (1.65 дюйма) в диаметре, в то время как большинство станков продольного точения работают в диапазоне 16-20-мм (от 0.629 до 0.787 дюймов). Все больше станков с ЧПУ продольного точения становятся «конвертируемыми», что означает их направляющие втулки можно заменить на традиционный зажимный патрон или цанговый зажимный механизм, и превращая то, что ранее было станком для «обработки прутковых заготовок» в токарный станок, пригодный для обработки изделий в патроне.

Это фреза, это токарный станок . . . Это суперстанок!

Для тех из нас, кто овладел ремеслом на станках ручного управления, и кто позже удивлялся возможностям гидравлических ручных винтов и фрезеров, управляемых от перфоленты, современные токарные инструменты все чаще кажутся, ну...странными. В старые добрые времена токарные станки были токарными станками, а фрезеры были фрезерами, вот и все дела. Мир механообработки был простым и понятным. Но многие из нынешних станков не вписываются ни в какую категорию. Токарные станки имеют фрезерные инструменты и лазерные головки, а многоцелевые станки крутят детали в неистовом цикле обработки. А есть еще эти новомодные трехмерные принтеры (загляните в Главу 15, если вам интересно), что не только обещает заставить нас переосмыслить все что мы знаем о механообработке, но медленно и верно прокладывает революционный путь к гибридным токарным станкам и другой многоцелевой технике.

Фрезерно-токарный или токарно-фрезерный

Тенденция началась достаточно просто: какой-то башковитый механик установил фрезерное приспособление на револьверную головку двухосного токарного станка, настроил шпинделю простые возможности индексации и применил «приводной инструмент» для сверления поперечных отверстий и фрезерования пазов. Следующий шаг был логичен сам по себе – добавить еще один шпиндель (на месте, где ранее полагалось быть задней бабке) для того чтобы Вы могли обработать оба конца детали за одну операцию. И поскольку продолжительность циклов левого шпинделя и правого никогда не бывает одинаковым, имело смысл добавить еще одну револьверную головку внизу, которая может работать на обе стороны, таким образом, уравнивая продолжительность циклов.

Но погодите: нам требуются еще более хорошие фрезеровочные свойства, поэтому давайте дадим станку ось Y, как настоящему многоцелевому станку. И нам нужен способ

поворачивать деталь во время фрезерования, поэтому возможно, нужно добавить ось С к каждому шпинделю. И наконец, добавление третьей револьверной головки также имеет смысл так как продолжительность цикла все еще немного больше, чем хотелось бы.

Это все звучит ужасно сложно, но это именно та конфигурация, которой могут похвастаться сегодня множество токарно-фрезеровочных станков с ЧПУ, которые могут обрабатывать обе стороны детали одновременно, обрабатывая детали быстрее и точнее, чем это возможно на традиционном оборудовании с ЧПУ. Единственным недостатком этих суперстанков является их высокая стоимость - полмиллиона долларов или больше на один станок. И поскольку, программирование такого станка сродни высокоскоростному жонглированию острыми металлическими предметами, требуются опытные операторы, а также специализированное программное обеспечение для моделирования сложных траекторий станка (о чем я расскажу подробнее в Главе 9).

И швец, и жнец, и на дуде игрец

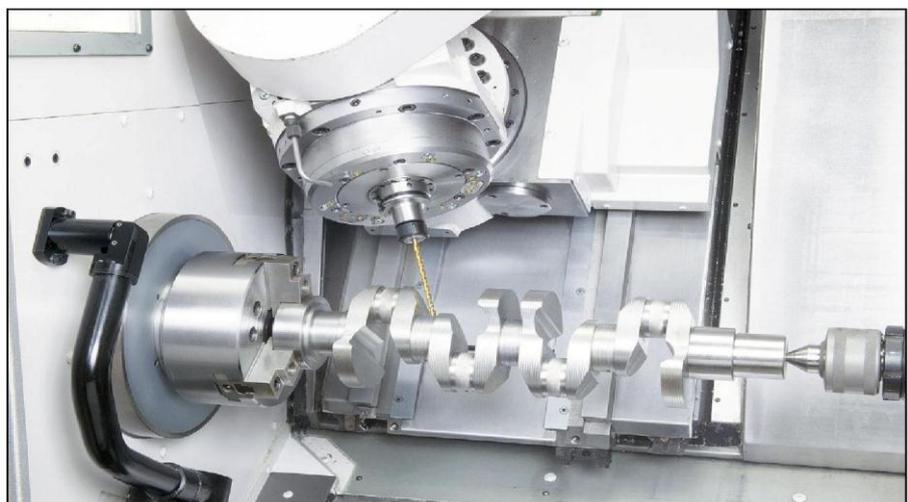
Погодите, дальше – больше. Загвоздка в том, что даже у самого эффективного токарно-фрезерного станка ограниченное количество инструментальных станций - даже на трех-револьверный станок довольно трудно втиснуть больше нескольких десятков резцов. Это число может показаться большим, но для предприятий, желающих перейти на автоматическую обработку или тех, кто хотел бы настраивать несколько операций одновременно и выполнять их на постоянной основе в данном станке, решение довольно простое: снабдить токарный станок устройством смены инструментов и магазином инструментов, с теми же функциональными возможностями что и у многоцелевых станков.

Токарно-фрезерные станки страдают и другим недостатком: их ограниченная способность к обработке угловых деталей – в качестве примера можно привести отверстия в камбузе на коленчатых валах двигателя. Конечно, можно присоединить специальную сверлильную или фрезерную насадку (называется универсальной угловой головкой), но это далеко не идеальное решение. Также фрезерные возможности токарно-фрезерного станка не сравнятся с таковыми у вертикального многоцелевого станка (VMC или VMC). Как замечательно было бы, если токарно-фрезерный станок можно было оснастить полноразмерной фрезерной головкой, которую можно наклонять под любым углом и имеющую такие же скорости шпинделя и мощности как у VMC, стоящего там в углу?

Это не какая-то научная фантастика в мире токарных станков. Такие станки существуют в наши дни и называются многофункциональными станками. Многофункциональный станок с ЧПУ (см. Рис. 2-7) является частично вертикальным многоцелевым станком, представляющим собой частично цапфу и двухшпиндельный токарный станок.

РИСУНОК 2-7:

Многофункциональные станки оборудованы полноразмерной фрезерной головкой и устройством смены инструментов, что обеспечивает станку функционал токарного станка с ЧПУ.



*С разрешения: Корп. Окума Америка
(Okuma America Corp.)*

Это идеальное решение для цехов, которым нужно обрабатывать самые различные детали, сократить время настройки и повысить их способность удовлетворять изменяющиеся клиентские запросы клиентов. Как и в случае с любым другим станком, сокращение операций при обработке деталей, значительно улучшает качество деталей и окупаемость благодаря многозадачности.

В этой главе:

1. *Выйти за рамки токарных станков и многоцелевых станков*
2. *Взгляд на изготовление инструментов*
3. *Вырезаем и улучшаем отверстия*
4. *Упоминания о некоторых поощрительных премиях*
5. *Не забываем про листовую металл*

Глава 3. Завершаем остальными процессами механообработки

О нервы, нервы! Тайны машины, называемой человеком! О, как мало нужно, чтобы нарушить ее ход, - несчастные мы создания!
— Чарльз Диккенс (*Рождественские повести*)

При всей их невероятной улётности, мало кто будет утверждать, что фрезерные и токарные станки единственные инструменты в инструментальной кладовой механической обработки. На самом деле, многие обработанные детали не были бы произведены без вспомогательных процессов, таких как распиливание, нарезание червячной фрезой и обработка абразивным бруском. А такие изделия как прогрессивные штампы и пресс-формы для литья под давлением не могут производиться без электроэрозионной обработки («Electrical Discharge Machining») и шлифования, ключевых элементов любого инструментального склада и помещения для мойки и хранения матриц. Без них не было бы штампованных зажимов и скоб, моделированным зубных щеток и пластиковых пасхальных яиц. После всех аплодисментов, которые я расточал токарным и фрезерным станкам в последних двух Главах, пора отдать дань и некоторым другим важным технологиям обработки.

Тур по инструментальной промышленности

Минуточку. Что конкретно имеется ввиду под механической обработкой? Сядьте на автобус до университета и войдите в первый попавшийся кабинет с табличкой Доктор Промышленности: где вам прочитают лекцию со всевозможными высокими терминами о передаче силы резания и факторах сдвига, и металлургическом смещении. Тьфу. Если Вы зададите этот же вопрос в баре за углом, ваши приятели механики могут начать ворчать: «О, только не снова!». Но они же будут понимающе кивать головой Вашему определению станочной обработки как процесса, посредством которого материал контролируемым образом удаляется из куска металла или пластика, чтобы создать точную заготовку, процесс, который многие называют обработкой со снятием стружки. (И здесь у Вас мелькает мысль: разве мы уже не обсуждали это в Главе 1?) Затем они закажут еще пива. А Вы присаживайтесь ближе, и давайте рассмотрим несколько станочных технологий которые многие могут не посчитать «обработкой со снятием стружки».

Резка без резцов: электроэрозионные станки (ЭЭО)

Теперь, когда у Вас есть понимание того, что подразумевается под механической обработкой, то менее ясно, что определять, как *стружку*. Конечно, Вы можете вернуться и спросить профессора университета, но намного быстрее просто открыть крышку на токарном станке с ЧПУ или многоцелевом станке, в то время, когда он обдирает кусок стального материала (лучше сначала наденьте защитные очки). Чувствуете, как острые кусочки металла осыпают ваше тело? Это и есть металлическая стружка.

Но некоторые процессы обработки производят такую мелкую стружку, что она выглядит не больше черного шлама, который, Вы будете выгребать из отстойного резервуара в субботу днем, в то время как ваши друзья играют в софтбол в парке, если снова опоздаете на работу.

Одним из таких процессов с шламоподобными отходами является электроэрозионная обработка, или «ЭЭО». Принцип действия этого метода в электрическом импульсе, который проходит через электрод, расположенный в непосредственной близости -

На расстоянии волоса или двух от электропроводящей заготовки (то есть металл, карбид, алмаз и некоторые виды керамики). Между ними находится изолирующее «диэлектрическое» масло или деионизированная вода, которая постоянно циркулирует вокруг и иногда через электрод, чтобы смыть отходы. С каждым импульсом искра, превышающая 20 000 ° F, проскакивает как миниатюрная молния от электрода к заготовке, плавя или испаряя крошечное количество материала. Этот процесс повторяется каждые несколько десятков микросекунд, постепенно «подтачивая» заготовки до нужной формы.



ТЕХНИЧЕСКАЯ
ИНФОРМАЦИЯ

Примерно до середины 90-х годов ЭЭО был нежелательным гостем на вечеринке инструментальной промышленности для аэрокосмической отрасли. Это потому, что в те годы процесс электроэрозионной обработки создавал то, что известно в ЭЭО кругах как оплавленный слой, белый слой, или зона термического влияния (HAZ). Сокращенно от зоны термического влияния, ЗТВ представляет собой хрупкий слой «переплавленного» материала, вызванный плавлением и последующим охлаждением целевого металла. В наши дни — это больше не проблема - современные технологии ЭЭО используют специальную схему, которая производит ЗТВ не более 0,0001 дюйма толщиной (0,0025 мм) – что превращает электроэрозионную обработку в сложившуюся и принятую технологию для практически всех видов промышленности.

ЭЭО - чрезвычайно сложная тема, полная обсуждений о длительности импульса, полярности, пиковых значений тока, и других, которые специалисты ЭЭО обсуждают на своих секретных полуночных вечеринках. Пока что, достаточно знать, что электроэрозионная обработка - это супергерой инструментальной промышленности, без которой существование этой чрезвычайно необходимой промышленности было бы почти невозможно (и неважно, что говорит ваш дедушка, который когда-то делал формы и прогрессивные штампы «и без всей этой новомодной электрической ерунды»).

Также было бы невозможно производить и более традиционные детали; медицинская промышленность использует ЭЭО для обработки стентов и других изделий, которые используются для вживления в организм человека, а аэрокосмическая и энергетическая промышленности, помимо другого, используют электроэрозионную обработку для изготовления компонентов газовых турбин. Независимо от отрасли, существуют три типа

ЭЭО процессов, каждый из которых имеет свои области применения.

Прародитель всех ЭЭО: Электроэрозионный копировально-прошивочный станок также известный как станок с ползунковой бабкой, станок для выемок и традиционный ЭЭО (см. Рис. 3-1), электроэрозионные копировально-прошивочные станки используют электрод, который был предварительно обработан и превращен в зеркальную копию желаемой формы будущей детали. Это идеальный способ обработки полостей для литья под давлением, чеканочных штампов, и придания сложных форм заготовкам, которые не могут быть изготовлены другими способами - квадратные внутренние углы в заготовке, например, или крошечные углубления, слишком маленькие или слишком глубокие для обычного реза.

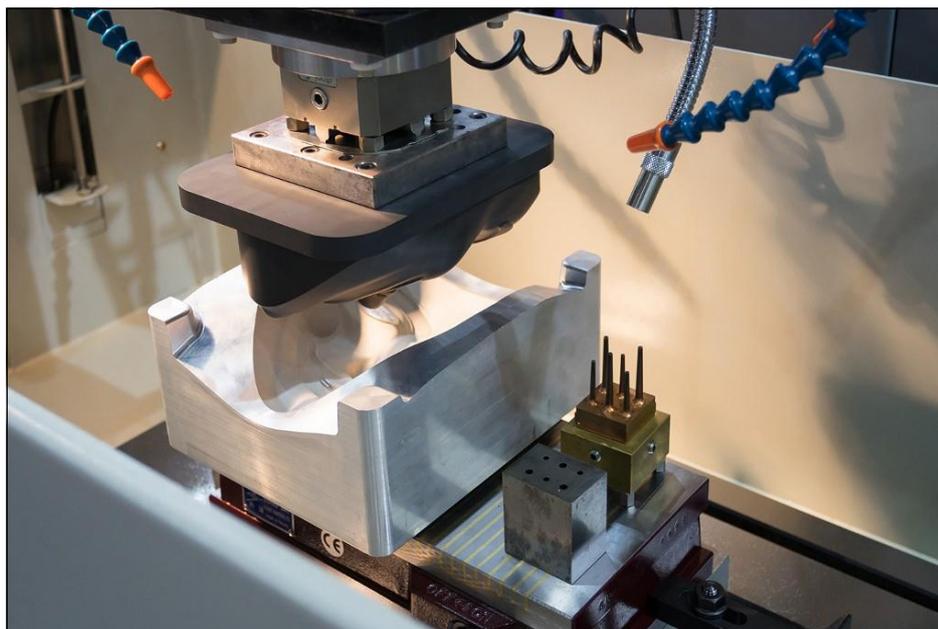


РИСУНОК 3-1: Электроэрозионный станок с графитным электродом используется для обработки алюминиевой формообразующей полости.

Помимо высокочастотного потока искр, что является общей характеристикой для всех ЭЭО, копировально-прошивочные станки также используют «эпициклическое движение» для удаления металла. В этом случае, электрод погружается в заготовку с помощью возвратно-поступательного движения вверх и вниз, а затем перемещается вокруг для формирования полости, часто по нескольким осям одновременно. Это обеспечивает улучшенный контроль размера врезания и позволяет даже простым электродам вырезать сложные формы.

Электроэрозионный вырезной станок (ЭЭВС): не называйте его ленточной пилой

Я еще не говорил о ленточных пилах (но скоро буду), но электроэрозионные вырезные станки (ЭЭВС) имеют некоторые сходства с ними (см. Рис. 3-2). Оба используют постоянно движущийся гибкий кусок металла, который удерживается между двумя направляющими для отслеживания формы детали. Оба дают узкий «пропил», который, как знает любой лесоруб, является узкой щелью, появляющейся позади лезвия, когда оно проходит сквозь дерево. И оба могут генерировать сложные формы, хотя вырезной станок явно опережает своего ленточного соперника в этом вопросе.

Электроэрозионный вырезной станок использует катушку расходуемого провода - электрод, который проходит сквозь извилистый ряд колес и роликов, через электрический контакт, через направляющую тороидальной формы или V-образную направляющую, сквозь

заготовку в следующий набор направляющих на противоположной стороне, через противоположную точку контакта, и далее в мусороприемник или приемную катушку для утилизации отработанного уже электрода. Разве я не говорил, что ЭЭВС - довольно сложный инструмент?

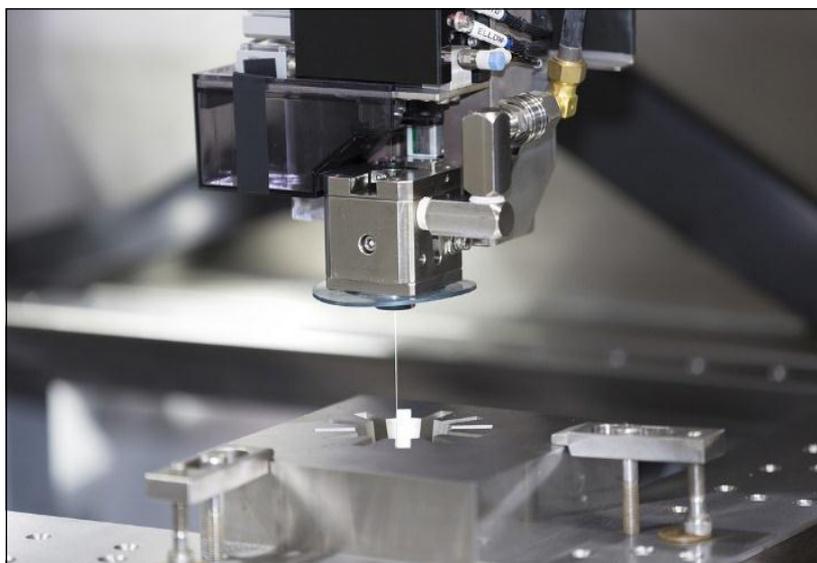


РИСУНОК 3-2: Проволока из латуни или вольфрама может использоваться для резки практически любого профиля, даже через закаленную сталь толщиной в фут или более.

Основная роль электроэрозионного вырезного станка заключается в изготовлении штампов и матриц, но он также используется для резки разнообразных углублений, канавок, отверстий и несимметричных элементов во всех изделиях, начиная от медицинских изделий, шлицевых шестерен до лопаток газотурбинных установок. Красота электроэрозионных вырезных станков, да и в целом всех процессов ЭЭО, это их способность резать очень твердые материалы без вреда для себя.

Вырезная электроэрозионная обработка или ВЭЭО чрезвычайно точная, способная выдерживать допуски $\pm 0,0001$ дюйма (0,002 мм) или еще точнее, а отделка поверхности более гладкая, чем у пресловутой кожи младенческой попки. А поскольку электрод, используемый с «передвижным ЭЭВС», очень тонкий (около 0,008 дюйма, плюс-минус), отходы материала чрезвычайно малы.

Можно изготавливать конусы до 45 градусов или около того, как и кривые, более плавные, чем на выставке современного искусства.



ТЕХНИЧЕСКАЯ
ИНФОРМАЦИЯ

Несмотря на лихие возможности электроэрозионных вырезных станков, они не очень быстрые, по крайней мере, по сравнению с другими процессами обработки. Когда ЭЭВС впервые появился, он был способен обтачивать металл со скоростью около 1 «квадратного» дюйма в час, что означало, что Вы можете проходить всего один дюйм через стальной блок толщиной 1 дюйм каждый час. Сегодня эти скорости увеличились примерно до 25 дюймов в квадрате (25 дюймов в материале толщиной 1 дюйм) с гораздо лучшей точностью. Лучше всего то, что ЭЭВС теперь настолько предсказуем, что не требует контролирующего оператора (наблюдать даже за самым быстрым станком с ЭЭО - все равно, что наблюдать за сохнувшей краской). Просто загрузите катушку с проволокой и делайте что-нибудь более интересное.

В поле зрения – выбивание отверстий

Очередной функцией электроэрозионных станков является электроэрозионное сверление отверстий или выбивание отверстий. Первоначально спроектированные для создания «начальных отверстий» для вырезных электроэрозионных станков (отверстие, через которое проходит проволока при запуске процесса обработки ВЭЭ станком), устройства для выбивания отверстий работают так же, как прошивочный станок, за исключением того, что они ограничены отверстиями размером с грифельную головку или еще меньше.

Как и в случае с другими процессами ЭЭО, устройства для выбивания отверстий вышли за пределы возможностей инструмента, и становятся все более популярными в создании отверстий в топливных форсунках, отверстий охлаждения в лопатках турбины, вентиляционных отверстий в пластиковых пресс-формах и везде, где требуются точные и часто отверстия «сложных форм» в сложных материалах.

Шлифование

Как и ЭЭО, шлифование заслуживает отдельной главы или двух, но давайте все равно приложим смелые усилия, чтобы описать его. *Шлифование* - это процесс обработки при помощи абразивного инструмента. При использовании шлифовального круга отрываются куски материала, получаются кусочки (хотя и очень маленькие), зерна абразивного материала ломаются и удаляются. Это звучит не очень точно, но шлифовка на самом деле (или может быть) один из самых точных из всех процессов металлообработки, второй после притирки и, возможно, хонингования (отточки).

Шлифовальные круги бывают всех форм и размеров, но, как правило, имеют форму диска с отверстием в центре для крепления колеса к вращающемуся шпинделю. Материалы, используемые для изготовления шлифовальных кругов, варьируются от оксида алюминия до карбида кремния и оксида алюминия - оксида циркония. Все они содержат крошечные кусочки по существу очень крошечных, очень острых камней, скрепленных связующим веществом - фенольная смола встречается часто, хотя некоторые используют металлические или даже резиновые связующие вещества. В целом шлифование бывает следующих разновидностей:

» **Шлифовка поверхности:** Как следует из названия, шлифование поверхности используется для шлифования плоских поверхностей. Довольно часто встречаемый в большинстве инструментальных помещений, типовой плоскошлифовальный станок имеет зажимной патрон, на который помещают кусок стали или аналогичного магнитного материала и затем шлифуют через верхнее возвратно-поступательное колесо. Это также довольно медленный процесс, обычно удаляющий всего несколько десятых тысячных дюйма за проход, но, как и все процессы шлифования, он способен выдерживать жесткие допуски и чистовую обработку.

» **Цилиндрическое шлифование:** Многие обработанные изделия покидают токарный станок и отправляются к цилиндрической шлифовальной машине для чистовой обработки (обычно после закаливания путем термообработки). Здесь они устанавливаются между двумя станками и вращаются через «приводную собачку», после чего оператор шлифовального станка подает колесо, примерно равное размеру колеса трехколесного мотоцикла, в сторону заготовки (см. Рис. 3-3). Цилиндрическое шлифование долгое время использовалось для изготовления опорных шеек и аналогичных элементов с цилиндрическими деталями с жесткими допусками, но постепенно заменяется «твердым

точением» на токарных станках с ЧПУ с использованием КНБ (кубический нитрид бора) или керамических режущих инструментов. (Подробнее об этом в Главе 5.)

» **Бесцентровое шлифование:** Довольно часто длинные валы и стержни шлифуются на бесцентровой шлифовальной машине. Бесцентровое шлифовальное устройство содержит лезвие для упора для поддержки стержня или заготовки, регулировочное колесо для его вращения и, конечно, шлифовальный круг, который расположен напротив регулятора и удаляет материал с довольно хорошим зажимом по сравнению с другими процессами шлифования. Будьте осторожны: цилиндрическое шлифование может вызвать образование выступов или триангуляцию заданного диаметра, состояние, которого можно избежать благодаря тщательной настройке станка и джедайским навыкам шлифования.



РИСУНОК 3-3: Цилиндрическое шлифование является одним из наиболее точных процессов обработки.

Существует много других видов шлифования. Шлифовка с ползучей подачей удаляет большое количество материала за один проход, а в некоторых случаях конкурирует с фрезерными и токарными станками. Двухдисковое шлифование одновременно шлифует две стороны заготовки, делая обе очень плоскими. Внутренняя шлифовка используется для отделки отверстий и подготовки отверстий для хонингования. Электрохимическая шлифовка использует электрический ток и химический электролит в процессе, аналогичном ЭО. В Вашем гараже может быть верстак или напольный заточной станок, который Вы используете для заточки лезвия газонокосилки - их можно найти в большинстве станочных цехах. А ручные электроинструменты часто оснащены шлифовальными дисками или точильными камнями для полировки поверхностей или подготовки их к последующим сварочным операциям.

Резка

Ни один станочный цех не будет полным без пилы. Пилы используются для распиливания прутковых и листовых заготовок для фрезерного цеха, цилиндрических прутков для токарных станков или для распила деревянных поддонов вечеринки у костра на парковке. Как, практически во всех процессах обработки, смазочно-охлаждающая жидкость используется для смазки и отвода тепла. Эта смазка обычно представляет собой водорастворимую или эмульсионную жидкость (подробнее об этом в Главе 14), хотя капли

смазочного масла часто бывает достаточно для небольшой ситуативной работы на вертикальной ленточной пиле.

Большая часть производственного распила выполняется на горизонтальной ленточной пиле (см. Рис. 3-4). Эти пилы имеют гибкий металлический нож, который проходит вокруг двух противоположных колес, установленных на С-образной раме, при этом одно колесо приводит в движение лезвие. Между двумя дисками находятся тиски для зажима материала и набор регулируемых направляющих для поддержки лезвия. Поднимите головку вверх, сдвиньте зажимную стержень или тарелку снизу и потяните на себя. Многие горизонтальные пилы - особенно те, которые предназначены для производственной распиловки - программируемые, с точно управляемым механизмом вертикальной подачи, автоматическим зажимом / разжимом и механизмами подачи заготовки.

Переверните весь механизм на бок, и Вы получите вертикальную ленточную пилу, устройство, которое обычно - но не всегда – резервируется для неспецифических задач цеха. Программируемые тиски более не используются, они заменены простым столом, через центр которого проходит теперь вертикальное лезвие. В большинстве случаев этот тип пилы используется для ручной распиловки плоских пластин произвольной формы - например, для черновой обработки формы перед фрезерной операцией или для нарезки инструментальной стали для закрепленной детали.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Даже если у Вас такие же бицепсы, как у Арнольда Шварценеггера, никогда не пытайтесь пилить кусок круглой заготовки на вертикальной ленточной пиле, предварительно не закрепив ее в тисках. Пила почти наверняка схватит материал и начнет его вращать, попутно зажимая Ваши пальцы и, вполне вероятно, отрывая зубья дорожкой ленточной пилы.

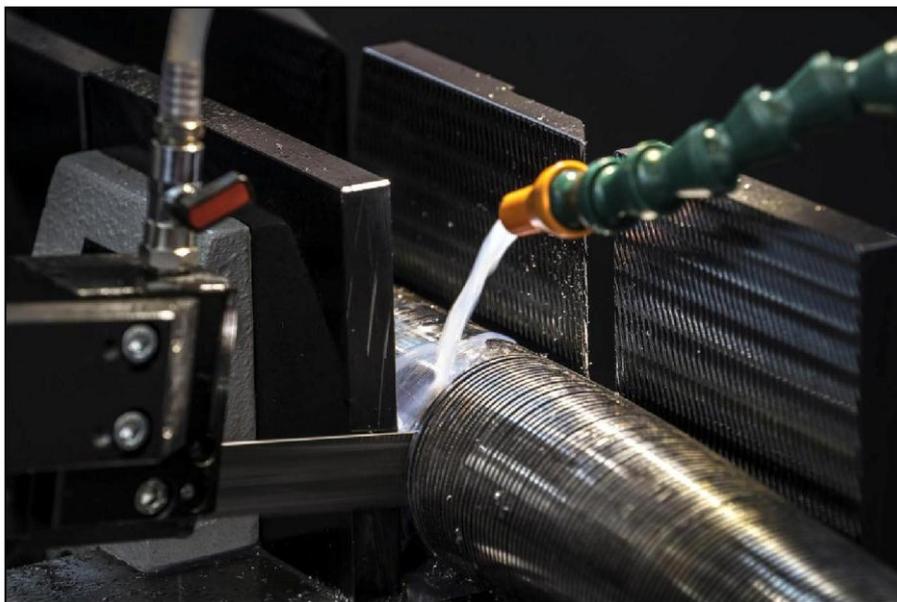


РИСУНОК 3-4: Горизонтальная ленточная пила для подготовки заготовок к шлифовке двойным диском

Пилы холодной резки очень похожи на радиальные ручные пилы, которые Вы использовали чтобы смастерить скворечник в стиле ар деко, и подарили родственникам жены в прошлом году. Разница в том, что лезвие пилы холодной резки вращается гораздо

медленнее (в конце концов, Вы режете металл) и поворачивается вверх и вниз, а не скользит вперед и назад. Пилы холодной резки - это еще один отличный метод для универсального распиливания материала, хотя некоторые автоматизированные модели достаточно точны и дают достаточно гладкую поверхность, чтобы минимизировать последующие операции обработки.



СОВЕТ

Как и другие станочные инструменты, пилы бывают разных конфигураций и размеров. Некоторые выполняют угловую резку под углом, некоторые могут разрезать несколько кусков материала одновременно, некоторые достаточно большие, чтобы разрезать машину пополам. Какой бы тип пилы у Вас бы ни был, важно поддерживать ее в чистоте и хорошем состоянии. Это применимо для любого оборудования, но по какой-то причине пилы – нелюбимое дитя большинства токарных цехов, и к ним чаще относятся пренебрежительно. Один из моих бывших работодателей однажды сказал мне: «Никогда не недооценивай хорошую пилу, сынок». (Да, он и вправду назвал меня «сынком».) Я не хочу это признавать, но он был прав.

Хонингование

Если Вы когда-нибудь загоняли свой автомобиль на проверку тормозной системы, Вы, возможно, слышали об этом важном автомобильном процессе. Хонингование (отточка) создает сверхгладкие и «функциональные» поверхности внутри обработанных отверстий, таких как тормозные цилиндры, блоки двигателя, шатуны и многое другое. Хонингование не ограничивается деталями для вашего семейного авто - оно также используется для сглаживания внутренних частей гидравлических цилиндров, для завершающей обработки отверстий в коллекторах для контроля потока масла в строительном оборудовании, и в любом месте, где поршень должен свободно скользить внутри другого механического компонента.

Физика хонингования очень похожа на шлифовку. Ряд абразивных камней монтируется на гибкую оправку, которая плавает в предварительно обработанном отверстии, осевая линия которого (в большинстве случаев) просто следует за фрезой. По мере того, как хон совершает возвратно-поступательное движение вверх и вниз по длине отверстия, он расширяется, «выравнивая» отверстие и улучшая его поверхность. Потери материала при этом минимальны, а точность исключительна, что делает хонингование частым выбором для последнего этапа обработки многих деталей.

Нарезание червячной фрезой, шевингование и зубофрезерование

Зубофрезерование- это еще одна из тех технических тем, требующих нескольких глав для объяснения. Однако я не могу просто проигнорировать ее, потому что механикам, особенно токарям, часто поручают производство заготовок шестерен, и вообще, что за удовольствие делать что-то целыми днями, не зная для чего оно будет использоваться?

Даже если Вы никогда не видели шестерню, то Вы наверняка ездили с помощью нее: шестерни передают мощность в автомобилях и поездах, они поднимают шасси на самолетах, они перемещают маленькую руку в ледогенераторе, когда поднос заполняется. Они, однако, не используются на велосипедах: там используются звездочки, и я не буду рассказывать о них в этой книге.

Как только заготовка шестерни покидает токарный станок с ЧПУ, она чаще всего отправляется на зубофрезерный станок (см. Рис. 3-5). Там она крепится к вращающемуся шпинделю, который, в зависимости от типа изготавливаемой шестерни (наиболее

распространены прямозубая и спиральная), затем наклоняется под небольшим углом. Червячная фреза - это режущий инструмент, который выглядит как большой зазубренный болт - устанавливается на отдельном шпинделе (также с режущей кромкой) и приводит в движение заготовку точно контролируемым движением, тем самым придавая форму будущей шестерни.

Нарезание червячной фрезой -наиболее распространенный из всех методов резки шестерен, но шестерни также могут быть обструганы, обработаны, отточены, заточены, отшлифованы, отлиты, откованы и отфрезерованы. Наше рассмотрение может быть усложнено еще многими типами шестерен, производимых сегодня, от червячных и конических шестерен до реечных, гипоидных и коронных. Если бы не существовали шестерни, то Вам пришлось бы ходить на работу пешком и обрабатывать детали долотом и наждачной бумагой. Шестерни повсюду.

Глубокое сверление

Даже если Вы не стрелок, Вы наверняка видели ружье и довольно хорошо представляете, как оно работает. Вы никогда не задумывались, как изготавливается ствол ружья? Глубокое сверление ружейными сверлами выполняется на специальном станке, который, в отличие от традиционных операций сверления, вращает и сверло, и заготовку – техника, которая зовется контрвращением.



РИСУНОК 3-5: Нарезание червячной фрезой является важным процессом при производстве высокоточных шестерен

Кроме того, сверло поддерживается и точно направляется на протяжении всего процесса обработки серией направляющих втулок по всей его длине. Само ружейное сверло полая внутри, и, как правило, имеет только одну канавку (в большинстве сверл их два). Затем рабочая жидкость под давлением проталкивается по длине сверла и выходит из наконечника, унося стружку обратно из отверстия при его выходе.

Там, где глубина отверстий, изготавливаемых с помощью обычных сверл, обычно ограничена в 10 раз или, возможно, в 30 раз диаметром сверла, ружейные сверла способны углубиться в 100 и более раз - один из ведущих производителей ружейных сверл предполагает, что глубина отверстий может быть глубже в 400 раз. Что позволяет использовать глубокое сверление ружейными сверлами далеко не только для изготовления

ружейных стволов. Метод используется практически везде, где требуется ровное прямое отверстие.

ОПТИЧЕСКАЯ УЛЬТРАТОЧНОСТЬ

Этот процесс получил краткое упоминание в Главе 2. Давайте теперь рассмотрим его немного подробнее, потому что это действительно один из самых важных (но малоизвестных) процессов обработки, используемых сегодня. Без него не было бы одноразовых контактных линз, ни камеры высокого разрешения в Вашем смартфоне, ни космического телескопа Джеймса Уэбба. Этот процесс – алмазная обточка или, точнее, ультраточная механическая обработка (УМО). Не вдаваясь во все мелочи, следует сказать, что станки УМО настолько разнообразны, насколько они точны. Некоторые из них такие же простые, как двухкоординатные многорезцовые токарные станки (хотя, и они исключительно точные), в то время как другие более похожи на многоцелевые станки, или многокоординатные гибриды, которые обладают возможностями шлифования. Вы также услышите термины «медленное скольжение» и «быстрое серво», широко используемые в помещениях УМО, две технологии благодаря которым УМО лучший в обработке оптических поверхностей. Как правило, используются алмазные инструменты (именно, так эти станки и получили свое название), хотя ничто не мешает Вам использовать карбид, за исключением того, что это все равно, что установить низкосортные шины на свой Мазерати ГранТуризмо (Maserati GranTurismo).



ПОМНИТЕ

Ружейные сверла - бесспорные короли при обработке длинных прямых отверстий. В самом деле, некоторые цеха с ружейными сверлами обещают отклонение не более чем в 0,001 дюйма (0,025 мм) на каждый 1 дюйм (25,4 мм) глубины отверстия. Это необычайно точно. Однако ружейное сверло ограничено диаметром отверстий от 0,04 до 2,00 дюймов (от 1 до 50 мм). При необходимости используются так называемые однотрубные и двухтрубные системы сверления.

Взгляд в узкоспециальные секторы

Некоторые детали либо настолько уникальны, либо их трудно резать, либо имеют настолько большой объем, что их невозможно изготовить (по крайней мере, экономически эффективным способом) с использованием традиционных процессов обработки. Они требуют решений «нестандартного мышления», которые во многих случаях становятся мейнстримом. Гидроабразивная и лазерная резка (о которой я расскажу чуть позже в этой Главе) - это два примера, как и ЭЗО, процесс, который когда-то использовался исключительно для удаления сломанных метчиков с заготовок. Вот несколько других, которые могут однажды стать столь же распространенными.

Электронно-лучевая обработка

В следующий раз, когда Вы будете утеплять чердак, подумайте об аббревиатуре ЭЛО («ЭЛО» - *электронно-лучевая обработка*). Без нее стекловолоконная изоляция обойдется Вам намного дороже. Аббревиатура расшифровывается как электронно-лучевая обработка, эзотерический процесс обработки, в котором используется та же технология, что когда-то использовалась в ламповых телевизорах. Однако, если бы Ваш телевизор был оснащен одним из этих генераторов электронных лучей, Вы бы умерли еще до того, как взяли пульт управления в руки.

Сверление с помощью ЭЛО было изобретено в 1949 году, когда немецкий физик Карл Штайгервальд случайно прожег дыру в своем электронном микроскопе. EBM работает,

ускоряя поток электронов примерно до двух третей скорости света, испаряя все на своем пути, в данном случае - металл. ЭЛО используется для скоростного сверления множества крошечных отверстий - одним из примеров являются «фильтры», используемые для изготовления стекловолоконной изоляции, а также сита из нержавеющей стали для пищевой промышленности. В любом случае, сверло ЭЛО может легко производить миллионы отверстий размером с человеческий волос каждый час, а также фасонные, конические или раструбные отверстия диаметром примерно до четверти дюйма при соотношении сторон (длина к диаметру) 25: 1 или больше.

От ЭХО к ИЭХО

Если Вы когда-либо получали ожог на уроке химии или оставляли на слишком долгое время состав для прочистки труб в раковине с заткнутой пробкой, Вы знаете о силе кислоты. Теперь приложите немного электрического тока к смеси. В этом суть электрохимической обработки, или ЭХО. Она имеет историю почти такую же длинную, как ЭЭО, и имеет много общих черт, но где ЭЭО полагается исключительно на искровую эрозию, ЭХО использует химический импульс для выполнения «анодного растворения» металла.

В зависимости от того, кого Вы спросите, Вы услышите, что современные ЭХО, называют «ИЭХО» (импульсная электрохимическая обработка) или ПЭО (прецизионная электролитическая обработка), оба метода используются для изготовления штампов для отточки и тиснения, лопаток турбин и других деталей, изготовленных из сложных (и для электропроводящих) материалов. Сторонники ЭХО называют его ЭЭО на стероидах, поскольку ЭХО обрабатывает детали гораздо быстрее и с меньшими побочными эффектами по сравнению с более популярным конкурентом.

Ультразвуковая обработка

Посыпьте немного пылевидного песка на кусок листового стекла, добавьте немного воды, а затем слегка постучите по нему молотком. Делая это достаточно быстро и достаточно долго, Вы обнаружите, что форма стекла изменилась. В принципе, именно так работает ультразвуковая обработка, за исключением того, что молоток (то есть ультразвуковой инструмент) ударяет по абразивной суспензии со скоростью 20000 раз в секунду, осторожно вдавливая ее в заготовку и удаляя в процессе лишний материал. Хотя мало таких вещей, которые ультразвуковой инструмент не смог бы обработать, обычно ультразвук используется для труднообрабатываемых материалов, таких как стекло, кварц, алмаз и сверхтвердая керамика. Ультразвуковая обработка особенно эффективна в придании тонких форм пластинам, используемым для изготовления МЭМС-устройств (микроэлектромеханических систем) и электронных полупроводников.

Отдаем должное альтернативам

Давайте вкратце поговорим о том, чем механическая обработка НЕ является. В отличие от большинства производственных процессов, механическая обработка не соединяет металл, а разделяет его на части.

То, что начинается со стальной заготовки или слитка алюминия, вскоре нарезается и обстругивается в ротор ветряной мельницы, велосипедную ось или спасительный сердечный клапан. Вот почему механическую обработку часто называют *субтрактивным производственным процессом*, поскольку она вычитает или удаляет материал.

Конечно, многие детали, которые стали возможными благодаря механической обработке, могут быть изготовлены и другими способами. Кронштейны, которые

удерживают вашу лестницу на стене гаража, были отлиты под давлением или штампованы в прогрессивной матрице, в то время как кронштейны, используемые для обеспечения безопасности места пилота F-18 на Mach 5, почти наверняка были коваными, а затем обработаны окончательной обработкой. Именно такие соображения обработки делают науку о производстве настолько интересной.

Сделайте шаг или два по золотому пути производства, и вскоре Вы откроете для себя десятки важных и взаимодополняющих технологий, только некоторые из которых можно отнести к категории обработки. Литье под давлением, электронно-лучевое сверление, литье по выплавляемым моделям, горячее изостатическое прессование - это лишь некоторые из способов обработки металлов и других материалов. У каждого есть свой набор правил и способы его применения. Так же, как и изготовление листового металла.

Цеха по изготовлению металлоконструкций

Производство металлоконструкций по важности находится в одном ряду с механической обработкой. Это словосочетание определяется как: сгибание, формование, штамповка и соединение металла. Если Вы когда-либо складывали бумажный самолетик, Вы что-то изготовили, и складывание металла ничем не отличается от него (даже если Вам понадобятся гораздо более сильные руки). Корпуса компьютеров изготавливаются так же, как и панели кузова в Вашем винтажном Крайслер Себринг (Chrysler Sebring), полозья из листового металла, на которых вверх и вниз скользит металлическая дверь Вашего гаража (также обработанная давлением), дверцы Ваших кухонных приборов и многое другое. Хотя производство металлоконструкций - это не так круто, как механическая обработка, она все же является важным методом производства. Вот несколько наиболее распространенных процессов:

» **Гибка:** Как и в нашем примере с бумажным самолетиком, львиная доля деталей листового металла сгибаются или складываются рано, или поздно. Большая часть этой работы выполняется на полуавтоматических или роботизированных прессовых тормозах и гибочных станках (см. Рис. 3-6).

» **Перфорирование:** Перфораторы работают так же, как те с тремя отверстиями, которые Вы используете для добавления бумаги в блокнот, за исключением того, что эти автоматические машины могут штамповать круглые, квадратные, продолговатые или прямоугольные формы и делать это быстрее, чем Ваша тетьа Салли может раскатать тесто с шоколадной крошкой.

» **Срезка:** по другой бумажной аналогии, ножницы по металлу - это просто гигантские ножницы, только для металла. Это все, что они делают, нарезают большие листы металла на более мелкие кусочки, которые обычно затем отправляются в отдел штамповки или сгибания для дальнейшей обработки.

» **Штамповка:** помните, про рекламу инструментов и штампов несколько абзацев назад? Здесь их функции очень высоко ценятся. Штамповочные машины, такие как те, что показаны на Рисунке 3-7, были бы ничем иным, как большими, тупыми молотками без инструментов, производимых в инструментальных и штамповочных цехах. Плашки (особенно прогрессивные) комбинируют штамповку, изгиб и формование в одном процессе, часто производя сотни или даже тысячи деталей в час. Поскольку инструменты, необходимые для этого, относительно дороги в изготовлении, большинство операций штамповки выполняются на крупномасштабных производствах.

» **Лазерная резка:** до примерно 1980-х годов, большинство деталей изготавливали, используя один или несколько из четырех процессов, перечисленных ранее. Все изменилось, когда лазерные резаки стали более мощными и менее дорогими. Сегодня Вам

было бы нелегко найти цех металлоконструкций, не использующий лазерную резку, и многие детали теперь обходят ножницы по металлу и штамповальные прессы в целом в пользу лазерного резака. Положите кусочек листового металла толщиной около 1 дюйма на стол, введите в машину, какую форму (ы) Вы хотите, и лазер сделает все остальное.



РИСУНОК 3-6: Гибочный пресс производит сложные изгибы в листе металла.



РИСУНОК 3-7: Штамповочные машины, подобные этим, используются для обрезки и формирования частей



ПОМНИТЕ

ЗАПОМИНАЛКА. Цеха металлоконструкций обычно не любят признавать, но их работа не существовала бы без механической обработки. Это связано с тем, что ударники, ножницы и другие инструменты, необходимы для обработки листового металла, - в действительности даже самого оборудования, - должны быть обработаны, изогнуты и отшлифованы с помощью ЭЗО до нужного размера. Существует даже специальный класс механиков, которые занимаются исключительно высокой точностью и сложными металлами, необходимыми для изготовления этого инструментария: их называют инструментальными мастерами и штамповщиками, и без них у изготовителей металлоконструкций не было бы работы.

ВОДОСТРУЙНЫЕ СТАНКИ

Выйдите на задний двор, высыпьте кучу песка и гравия в конец садового шланга, затем поднимите давление воды до предела. Это суть гидроабразивной резки. Промышленные водоструйные машины, подобные показанной на следующем рисунке, используют поток воды и абразивной среды под высоким давлением, чтобы отрывать небольшие куски материала, когда он проходит через заготовку. Формы, толщины и типы материалов, которые могут обрабатываться на гидроабразивной основе, совпадают с возможностями лазерного резака, но гидроабразивные станки, как правило, менее дорогие и могут разрезать металлы гораздо большей толщины, а также стекло, пластик, алмаз и др. другие материалы, которые невозможно разрезать лазером.



Сварка 101

Сварка - это соединение двух или более кусков металла, которое обычно осуществляется путем подачи тепла с помощью электрической дуги или газовой сварочной горелки. (Пластик также можно сваривать, но для него используют другой процесс.) Нужно построить металлический скворечник? Вы можете использовать кислородно-ацетиленовую горелку, чтобы нарезать стены, крышу и пол из большого куска металла, немного отрегулировать газовую смесь и снова сварить все вместе (вам также понадобятся специальные стержни для «присадочного» металла). А затем, поскольку Вы хотите, чтобы ваши пернатые друзья не страдали от зноя жарким летом, включите снова горелку и вырежьте дверцы и несколько окон для скворечника.

Однако кислородно-топливную сварку в значительной степени заменили электродуговой сваркой. Существует много ее типов, в том числе сварка вольфрамовым электродом в газовой среде (GTAW), дуговая сварка с флюсовой сердцевинкой (FCAW), дуговая сварка под флюсом (SAW) и самый популярный тип дуговой сварки - дуговая сварка в защитном металле (SMAW). Все они используют расходуемый металлический электрод (присадочный металл), через который подается электрический ток.

При удерживании электрода на небольшом расстоянии от заготовки, образуется дуга, создавая достаточно тепла, для плавления присадочного металла и соединения двух металлов.

В некоторых случаях для защиты зоны сварного шва необходим инертный «защитный» газ, такой как гелий или аргон, хотя некоторые электроды - например, те, что используются с SMAW - покрыты специальным материалом, называемым флюсом, который при сжигании выделяет диоксид углерода, экранируя области сварки. А так называемая газо-металлическая дуговая сварка (GMAW), также известная как сварочный аппарат с подачей проволоки или сварка MIG, использует катушку электродного материала, которая автоматически проталкивается в зону сварки, что делает процесс, который обычно требует высококвалифицированного сварщика, достаточно легким даже для таких Вы и я.



ТЕХНИЧЕСКАЯ
ИНФОРМАЦИЯ

Металлы - не единственные кандидаты для сварки. Вы также можете сваривать вместе многие полимеры (причудливое название для пластика), осторожно нагревая их с помощью специального аппарата для сварки горячим воздухом и одновременно нанося валик из расплавленного пластика, подобно тому, как Вы устанавливали крышку для своей швейной машины в прошлые выходные с помощью пистолета для горячего клея. Пластмассы также можно сваривать ультразвуком (как и некоторые металлы), применяя акустическую вибрацию, создаваемую с помощью устройства, называемого хоботом или сонотродом, таким образом нагревая материал заготовки, пока не произойдет слияние.

ЭЙ, Я ДУМАЛ, ЭТА КНИГА ПРО ОБРАБОТКУ!

Почему я трачу время на сварку и изготовление, когда могу говорить о гораздо более захватывающей теме - механической обработке? Есть несколько веских причин. Во-первых, это правда, что сварка и изготовление идут вместе, как горох и морковь. Фактически, многие детали идут от гибочного пресса или ударного механизма непосредственно к сварочному отделу, где они соединяются с похожими деталями, чтобы сделать изящный ящик для инструментов, некоторые электрические корпуса или набор домкратов для подъема вашего пикапа.

Довольно часто, тем не менее, эти сопрягаемые детали приходят из совершенно другого направления: цеха механической обработки. Да, это правда - многие производственные предприятия имеют несколько фрезерных и токарных станков, спрятанных в самом дальнем углу цеха, где-то там, где производителям металлоконструкций не приходится смотреть на эти грязные станки, производящие стружку.

Это потому, что оборудование для изготовления металлоконструкций может (как правило) обрабатывать материал толщиной не более пары дюймов. Оно также не может производить шторки и расточки, шестерни и наружную резьбу, валы, гайки и другие круглые детали. Механическая обработка делает все это и многое другое с легкостью. Как упоминалось ранее, изготовление металлоконструкций было бы ничем без механической обработки. Поймите это, Вы, льстивые работники цехов по производству металлоконструкций.

В этой главе:

1. *Изучение элементов*
2. *Основные правила удаления металла*
3. *От сталей до суперсплавов: Изучение металлов*

Глава 4. Будем материалистами

Также можно сказать, что, поскольку мы не знаем законов, по которым производятся металлы и развиваются деревья, мы ничего не можем знать о происхождении паровозов и железных дорог.

— АЛЬФРЕД РАССЕЛ УОЛЛЕС (ALFRED RUSSEL WALLACE)

Прочтите любую профессиональную публикацию, посетите любой семинар, и Вы скоро обнаружите, что обработка объединяет все, что касается удаления материала. Но что такое материал? Если Вы строитель, Вы можете найти свой строительный материал на складе древесины. Швеи ходят в магазины тканей за своим материалом.

Погрузочно-разгрузочное оборудование поднимает тяжелые грузы, а погрузчики просто заполняют полки и оформляют заказы.

В мире обработки слово «материал» чаще всего относится к металлу. Ржавый шезлонг из низкоуглеродистой стали, на котором Вы сидели во время барбекю на прошлых выходных, является одним из примеров металлического материала, как и тостер из нержавеющей стали 303 на вашей кухонной стойке.

Пластик также важен, и становится все более важным, поскольку мир пытается все сделать более легким и дешевым. Подобно металлу, пластмассы (химики называют их полимерами) бывают разных форм, размеров и сортов: от полиэтиленовой ледянки, на которой Вы когда-то на коленях съезжали по заснеженному склону, до полипропиленовой соломки, через которую Вы потягивали прохладительный напиток в кинотеатре. В этой Главе рассматриваются свойства как металлов, так и пластмасс, их сортов и классов, а также помогает подготовить Вас к их обработке.

Разбираемся с элементами

У операторов станков не было бы работы без материалов. Не нужно делать никаких деталей, не нужно жаловаться на затупившиеся режущие инструменты, не о чем болтать за обеденным столом со своими семьями. Вот почему так важно знать все, что Вы можете знать о материалах, которые Вы режете - о том, из чего они сделаны, как они реагируют на физические силы и о наиболее эффективных способах их резки. В конце этой главы я расскажу о том, почему пластик столь важен, но сейчас давайте начнем с элементов, используемых для изготовления сталей, нержавеющей сталей и суперсплавов:

» **Углерод:** Иронично, но одним из наиболее важных элементов в большинстве металлов является неметаллическое вещество. Углерод, материал, из которого состоят люди и любые другие формы жизни на этой планете, играет решающую роль в поведении чугуна, стали и нержавеющей стали. Фактически, только когда металлурги смогли точно

контролировать углерод, производство стали стало возможным, событие, которое прочно посадило железо - некогда короля индустриального общества - на заднее сиденье.

» **Хром:** Без хрома нержавеющая сталь будет ржаветь. Без хрома не было бы хромированных колпаков или ярко-желтых школьных автобусов (хром также используется в покраске). Номер 24 в таблице Менделеева говорит о том, что хром чрезвычайно тверд и устойчив к коррозии, что является одной из основных причин его широкого применения в нержавеющих сталях и суперсплавах. Это также важный микроэлемент для человека, хотя слишком много вредно для Вас (что верно и для большинства других веществ).

» **Кобальт:** Месопотамцы использовали его для окрашивания стекла в красивый синий цвет, но кобальт не был идентифицирован как элемент до 1735 года. Его название происходит от слова «Кобальд», что в переводе с немецкого означает «злой дух». Он получил свою нехорошую репутацию благодаря присутствию мышьяка в кобальтовой руде, которая имела тенденцию вызывать отвращение или убивать рабочих, добывающих его. Помимо сохраняющейся роли пигмента в стекле и краске, кобальт широко используется в режущих инструментах (которые обсуждаются в Главе 5), магнитах и многих суперсплавах. Он также играет важную роль в лучевой терапии для борьбы с раком.

» **Марганец:** Если Вы недавно открыли банку с газировкой или сделали какую-то доисторическую наскальную живопись, Вы прикоснулись к марганцу. Этот богатый минерал улучшает устойчивость к коррозии при воздействии алюминия, повышает прочность и обрабатываемость стали, используется в качестве сырья для сохранения здоровья коров и в удобрениях для сохранения растений зелеными. Между прочим, высокомарганцевая сталь довольно износостойкая и ее трудно обрабатывать. Держитесь подальше от нее, если это возможно, поскольку есть намного более легкие вещи для обработки.

» **Молибден:** Когда элементы собираются вместе на ежегодное собрание, и остряки окликают молибден: «Привет, Мо!». Но этот молибден - жесткое вещество. Он также тяжелый. Фактически, его первооткрыватель, Карл Уильям Шееле (который также открыл вольфрам), думал, что образцы, над которыми он работал, содержал свинец, и назвал минерал «молибдос», греческое слово «свинец». Большая часть молибдена в мире используется для производства конструкционной, нержавеющей и инструментальной стали, хотя молибден одинаково значимый для нефтепереработки и в качестве промышленной смазки.

» **Вольфрам:** Загляните в старомодную лампочку (лучше сначала выключите ее).

Видите, ту крошечную нить в форме катушки, ту вещь, которая светится, как миниатюрное солнце, когда через него течет электричество? Это вольфрам. Извлеченный из минералов вольфрамита и шеелита, вольфрам является чрезвычайно твердым, хрупким металлом, используемым во всем, от сопел ракеты до микроволновых печей. Это также ключевой компонент многих режущих инструментов.

» **Ванадий:** В какой-то момент большинство механиков получают радостную возможность изготавливать детали из Ti-6Al-4V, наиболее распространенной формы титанового сплава. Мерзкая вещь! Угадайте, что означает «4V»? Вы уже догадались: ванадий, твердый, но пластичный металл, названный в честь Ванадиса, одно из многих древненорвежских имен богини Фрейи. Небольшое количество ванадия имеет большое значение в режущих инструментах, и большинству требуется не более нескольких процентов по массе, чтобы значительно увеличить их прочность и твердость.

Но и это еще не все. Небольшое количество фосфора делает сталь более прочной и улучшает обрабатываемость. Кремний используется для щелочного восстановления стали и удаления пузырьков кислорода во время производства. Небольшое количество серы делает сталь мягкой, как масло, но слишком большое количество снижает ее прочность. Добавлять никель в сталь - это все равно, что отправлять слабого здоровьем ребенка в летний

атлетический лагерь, для закалки. И давайте не будем забывать про такие элементы, как медь, алюминий (см. Рис. 4-1) и титан, которые используются как сами по себе, так и часто используемые в качестве легирующих элементов в сталях.



РИСУНОК 4-1: Алюминий - самый распространенный минерал в земной коре

Медитируем на тему удаления металла

Некоторые металлы и даже несколько видов пластиков чертовски трудно обрабатывать. Описывая относительную сложность этих материалов, Вы могли просто сказать: «Та инструментальная сталь Т-15, над которой я работал вчера, была хуже, чем свидание с вашей сестрой» или «Чувак, тефлон режет металл как теплое масло». Тем не менее, если это возможно, было бы неплохо изложить более техническую терминологию удаления металла, прежде чем обсуждать относительные преимущества обработки материалов, которые должны появиться в будущем.

Механообрабатываемость согласно AISI

Обрабатываемость - субъективный термин. Согласно Американскому институту железа и стали (AISI), обрабатываемость определяется как «легкость, с которой данный материал может обрабатываться режущим инструментом». Например, AISI определил, что 1212 низкоуглеродистая сталь при твердости 160 по Бринеллю на 100 процентов поддается механической обработке. Для сравнения, кусок чрезвычайно сложного суперсплава Хателой (Hastelloy) X имеет степень обрабатываемости всего 19 процентов (избегайте его любой ценой), в то время как магниевые отливки могут похвастаться обрабатываемостью в 480 процентов. Йе-ху!

Общее определение обрабатываемости кажется достаточно очевидным, но оно, как правило, чересчур упрощает вещи. Например, даже самые обрабатываемые материалы могут доставить немало горя, если используются неправильные подачи и скорости (то, что я обсуждаю в этой книге). Хлипкие зажимы и чрезмерно длинные инструменты сводят на нет преимущества обрабатываемости материала, как и неправильные траектории. И кованный металл режет немного иначе, чем литой или вальцованный материал, так же, как и закаленный.

В следующих Главах описываются некоторые из многих соображений, которые влияют на то, насколько хорошо или плохо можно резать металл. Гораздо лучше рассмотреть эти факторы индивидуально, чем беспокоиться о каком-то едином индексе обрабатываемости.



СОВЕТ

Тип используемого режущего инструмента наряду с его маркой, покрытием и геометрией также оказывает огромное влияние на обрабатываемость, и

правильный выбор может «укротить» даже самый грубый из суперсплавов (в то время как неправильный выбор может привести к поиску новой работы). Мысли здесь простые: учитывайте обрабатываемость при выборе работы - особенно с материалами, которые Вы никогда не вырезали раньше – в противном же случае обрабатываемость - это просто академическое понятие.

Как резка наждачкой

Этот термин использовался в те времена для описания серого чугуна и порошкообразной стали, двух металлов, которые способны в самое короткое время довести твердосплавный режущий инструмент до износа. Существуют и многие другие. На самом деле, большинство металлов в некоторой степени абразивные. Это одна из причин, по которой производители режущего инструмента покрывают свои инструменты; это промышленный эквивалент накрывания обеденного стола скатертью, чтобы он не поцарапался (по этой причине, а еще это выглядит красиво). Например, нитрид титана (TiN) и нитрид титано-алюминия (AlTiN) - это два твердых, но хорошо смазывающие (модное словечко для простого «скользящий») инструментальные покрытия, часто наносимые на режущие инструменты.

Покрытия защищают, но для обработки действительно абразивных материалов требуется что-то более твердое, чем карбид. Одним из вариантов является керамика, материал, который хорош не только на стене ванной комнаты. Режущие инструменты из керамики очень износостойкие, как и керметы (смесь карбида и керамики), за которыми следует матерьял всех стойких к истиранию материалов - кубический нитрид бора (CBN)-синтезированный сверхтвердый материал. Все методы хороши, когда сталкиваешься с железом и другими абразивными материалами.

Тверже чем Диккенс

Это еще один термин, который используется (тверже чем гвозди тоже говорят) для описания таких материалов, как закаленная инструментальная сталь и белое железо. Металлы закаляют в результате термообработки, а проистекающая твердость измеряется несколькими способами. Наиболее распространенным является метод Роквелла, но есть также Бринелл, Виккерс, Кнуп и еще парочка человек, возжелавших увековечить свои имена в печати. Большинство из них сводится к сбрасыванию шара или предмета формы алмаза с известным весом с известной высоты на испытуемый образец и измерение размера и глубины вмятины.

CBN и керамика так же эффективны при обработке закаленных материалов, как и абразивных. Но с большей твердостью приходит повышенная хрупкость. Поэтому и CBN, и керамика зависят от очень жесткой настройки и правильных траекторий инструмента, так как любое сотрясение убивает инструменты при обработке твердых металлов. Хорошая новость заключается в том, что, слишком твердые металлы, скажем, намного выше 65 Rc (С шкала Роквелла), обычно отправляют в отдел шлифовки и больше не беспокоятся о них.



ТЕХНИЧЕСКАЯ
ИНФОРМАЦИЯ

Не слишком волнуйтесь о таких понятиях жесткости как Кноор, Brinell и так далее. Большинство деталей из закаленной стали измеряются по С-шкале Роквелла, которая варьируется от 20 (сверхмягкие) до 68 (твердые, как камни). Если требуется другая шкала твердости, не страшно. Просто поместите деталь на твердомер (о котором я вкратце расскажу в Главе 10), установите циферблат в соответствии с тем масштабом, который требуется

для чертежа, и позвольте машине выполнить тест. Оставьте остальное металлургам, не знающим житейских забот.

Волокнистый как спагетти

Некоторые механики использовали этот термин, но остальные обычно просто ругались. Технический термин для волокнистости (некоторые называют их материалами, производящими «длинную стружку») - *пластичность*. Большая часть алюминия пластична, как и многие нержавеющие стали, суперсплавы и практически все пластмассы. Как бы то ни было, они могут стать самым настоящим кошмаром, особенно на токарном станке, где стружка гнётся, но не ломается и оборачивается вокруг патрона, револьверной головки и других инструментов, нанося ущерб как времени цикла, так и пальцам.



СОВЕТ

Друзья не позволят друзьям производить длинную, волокнистую стружку. Лучшая защита от них - хороший стружколом (маленькие комочки и ямочки на верхней части режущей пластины), а также умеренно высокие скорости подачи - если вашей машине не хватает мощности, Вам, возможно, придется отступить по глубине резки. Смазочно-охлаждающая жидкость под высоким давлением также довольно эффективна (об этом и о других принадлежностях для станков я расскажу в Главе 8.)

Липкий как Juicy Fruit

Извините за это клише. Механики вообще то так не говорят. Хотя им нравится ворчать по поводу липких материалов. Металлы с высоким содержанием хрома или никеля тягучие. Так же, как и низкоуглеродистые стали и «мягкий» алюминий. Проблема, по крайней мере, для жаропрочных сплавов, заключается в «наросте на режущей кромке» (называемым «BUE» - built-up edge в журналах и веб-сайтах по обработке), который образуется, когда материал прилипает к верхней части инструмента. Когда этот маленький кусочек прилипшего металла неизбежно отваливается, обычно он тянет с собой кусочек инструмента. Плохие новости.



ТЕХНИЧЕСКАЯ
ИНФОРМАЦИЯ

Если Вам так понравилась эта книга, что Вы решили получить степень в области машиностроения или производства, поздравляю. Пока Вы сидите в классе, уставившись в окно и размышляя, как скоро пойдет дождь и успеете ли насладиться солнечной ванной в парке, Вы можете услышать размышления профессора о таких вещах, как предел текучести и предел прочности, модуль упругости, теплопроводность, микроструктура и множество других металлургических терминов. Большинство из них связаны с условиями, которые влияют на обрабатываемость, которая только что обсуждалась. Если Вам случится заснуть во время лекции, не беспокойтесь об этом; Есть много ресурсов, доступных на веб-сайтах AISI, «SAE International» (некогда Общество инженеров-автомобилестроителей) и «ASTM International» (ранее Американское общество испытаний и материалов) (а также в этой книге).

Изучаем металлы

Теперь, когда Вы знаете, что это значит, когда механик хвастается: «Я вырезал много материалов в свое время» и начинает жаловаться на то, какими твердыми, грубыми или липкими они были, давайте углубимся в некоторые из этих материалов. И поскольку в

третьем камне от солнца его содержится больше, чем любого другого металла, я начну с железа.

Железо: Сглаживаем углы

Как раз перед тем, как звезда превращается в сверхновую, оно начинает производить железо. Надеемся, что мы не увидим этого при нашей жизни, но без железа у нас не было бы ни стальных мостов, ни небоскребов, ни морских судов (см. Рис. 4-2).

В то время, как алюминий является самым распространенным минералом в земной коре, железо - наиболее распространенный элемент на всей нашей планете. Вопреки тому, что Вы читали в книге Жюль Верная «Путешествие к центру Земли», в Центре Земли находится горячий шарик диаметром около 700 миль, а не какой-то подземный океан, наполненный ихтиозаврами.

Литейный чугун и ковкое железо - предпочтительные металлы для автомобильной трансмиссии и компонентов двигателя, хотя они постепенно уступают место более легким металлам, таким как алюминий, или металлам, которые могут весить столько же, но гораздо прочнее (что означает, можно использовать их в меньших количествах для одних и тех же целей). Вот четыре типа железа, с которыми Вы можете столкнуться как механик:

» **Серый чугун:** хрупкий и с низким пределом прочности, серый чугун легко лить. Он ударопрочный, но его внутренняя структура подобна структуре графита (материал сердцевин карандашей), которая делает его склонным к разрушению. Если Вы наступили на крышку люка или заменили водяной насос в своей машине, Вы прикоснулись к серому чугуну. Он также широко используется в основах для станков.

» **Белый чугун:** Белый чугун не имеет свободного графита, поэтому он более твердый и хрупкий, чем серый чугун. Как таковой, он часто легируется никелем и хромом. При отливке толстых срезов железа наружная оболочка охлаждается быстрее и часто образует твердое белое железо, а внутренняя поверхность остается ударопрочной серой.

» **Ковкий чугун:** Также называемый - чугун с шаровидным графитом, ковкий чугун образует узлы из свободного графита, а не чешуйчатое вещество, содержащееся в сером чугуне. Это делает его более прочным и менее подверженным растрескиванию. Поэтому он подходит для ряда высокоэффективных компонентов, включая валы и роторы, зубчатые колеса и коленчатые валы, часто превосходя сталь в этой области применения.

» **Пластичный чугун:** Близкий родственник ковкого чугуна, пластичный чугун имеет зерна графита шаровидной формы, которые создают прочный, износостойкий и обрабатываемый металл. Он выполняет многие из тех же функций, что и ковкий чугун, но предпочтительнее для деталей с тонким поперечным сечением.

Из чугунов, перечисленных здесь, белый чугун считается наиболее сложным для обработки, хотя важно отметить, что железо легко легируется другими материалами. Изменяя количество углерода, корректируя производственный процесс или добавляя немного молибдена или меди в смесь, металлурги могут производить широкий ассортимент по свойствам материала..



ТЕХНИЧЕСКАЯ
ИНФОРМАЦИЯ

Поскольку автопроизводители прилагают усилия, чтобы делать двигатели меньше, но мощнее, им нужны более прочные материалы. Одним из них является уплотненный графитовый чугун («CGI» - compacted graphite iron), который имеет примерно вдвое больший предел усталости, большую жесткость и лучшие характеристики износа по сравнению с обычными серыми чугунными блоками двигателя и головками цилиндров. Все же при

этом станок не на пикнике, и ему требуются режущие инструменты, оптимизированные для CGI.



РИСУНОК 4-2: Эйфелева башня построена из 7300 тонн кованого железа, класса низкоуглеродистого железа, который, как правило, вдальбливают в форму в горячем виде, а не отливают.

Плавный переход к стали

В основе стали железо с примесями, и большая часть углерода удаляется с помощью процесса, известного как обезуглероживание. Люди производили и железо, и сталь в течение тысячелетий, но только в 1855 году английский изобретатель Генри Бессемер разработал первый коммерчески выполнимый процесс производства стали. Он обнаружил, что продувка воздуха через расплавленное железо намного эффективнее снижает уровень углерода, чем существующие методы.

Процесс Бессемера, бессемерование (см. Рис. 4-3) совершенствовались на протяжении многих лет благодаря использованию дуговых печей и прямого впрыска чистого кислорода в расплавленный чугун, но производство стали сегодня остается основанным на его первоначальном изобретении. Тем не менее, термин «сталь» стал несколько более широким за десятилетия и теперь охватывает буквально сотни различных сплавов. На самом деле их так много, что AISI группирует сталь по четырем категориям, в основном по химическому составу:

- » Легированная сталь
- » Углеродистая сталь
- » Нержавеющая сталь
- » Инструментальная сталь

Химический состав важен, но еще важнее предполагаемые цели использования металла. Например, инструментальные стали обладают превосходной прочностью и закаляемостью, идеально подходят для изготовления пресс-форм, штампов, штампов и режущих инструментов. А в нержавеющей сталях содержится большое количество хрома, что делает их устойчивыми к ржавчине и коррозии. Давайте взглянем на самую большую

группу, легированную сталь, которая используется во всем, от гоночных колен валов до колес для скейтборда.



РИСУНОК 4-3: Сегодня процесс изготовления стали эффективнее, чем когда-либо, но базовые принципы процесса практически не изменились за последние 150 лет.

Вот это замес: легированные стали

Легированная сталь - это просто углеродистая сталь, к которой добавлено небольшое количество молибдена, вольфрама или других легирующих элементов. Углеродистые и легированные стали попадают под одну и ту же четырехзначную систему нумерации, причем первая цифра обозначает тип стали:

- » 1XXX Углеродистые стали
- » 2XXX Никелевые стали
- » 3XXX Никель-хромовые стали
- » 4XXX Молибденовые стали
- » 5XXX Хромистые стали
- » 6XXX Вольфрам-хромистые стали
- » 7XXX Вольфрам-хромистые стали
- » 8XXX Никель-хром-молибденовые стали
- » 9XXX Кремний-марганцевые стали и различные другие марки SAE

Вторая цифра относится к приблизительному процентному содержанию основного легирующего элемента, а две последние цифры описывают количество присутствующего углерода, выраженное в сотых долях процента. Например, сталь 5140 содержит примерно 1 процент хрома и 0,40 процента углерода, а сталь 9260 содержит около 2 процентов кремния и 0,60 процента углерода. К сожалению, существует множество исключений, и лучший способ определить, сколько именно данного элемента содержится в сплаве - это посмотреть его по таблице.

Прочь ржавчина: Углеродистая сталь

Углеродистая сталь определяется как не имеющая минимального содержания для различных легирующих элементов и не содержащая больше установленного процента

кремния, меди или марганца. Углеродистые стали подразделяются на категории с низким, средним и высоким содержанием углерода. Низкоуглеродистые стали - те, которые содержат до 0,25 процента углерода. Например, сталь 1018 содержит 0,18% углерода, и ее часто называют мягкой сталью. На другом конце спектра - сталь 1095, высокоуглеродистая сталь, используемая для пружин и лезвий из-за своей прочности и закаливаемости. Она содержит 0,95 процента углерода.

Вопреки сказанному, углеродистые стали во время обработки часто получают дозу различных элементов для улучшения обрабатываемости. Например, примесь свинца в 12L14 делает эту сталь популярной во всех цехах. Так же, как и добавление серы. И фосфор, и марганец улучшают холодостойкость углеродистой стали.

Как правило, когда содержание углерода увеличивается, обрабатываемость уменьшается. Высокоуглеродистые стали легко подвергаются термической обработке и могут быть достаточно твердыми (и, следовательно, сложными для обработки). Углеродистая сталь также обычно поставляется в горячекатаной или холоднокатаной видах, что значительно меняет ее механические свойства.

Без пятен: Нержавеющая сталь

Нержавеющая сталь - ответ металлургической промышленности на ржавые автомобильные бамперы. Добавьте 10,5 процента или более хрома в углеродистую сталь и вуаля! Теперь она устойчива к дождю, снегу, мокрому снегу и дорожной соли. Преимущества нержавеющей стали не ограничиваются непогодой, хотя - в зависимости от типа нержавеющей стали она также может быть устойчивой к коррозии морской водой, поэтому ее можно использовать для изготовления гребных винтов. Устойчивость к биологическим жидкостям и процедурам стерилизации? Нет проблем, так как ряд нержавеющей сталей биосовместимы и превращаются в имплантаты и хирургические инструменты. То же самое касается нержавеющей стали, используемой для изготовления ювелирных изделий, кухонных приборов, архитектурных компонентов, оборудования для химической обработки и многого другого.

Нержавеющие стали обычно обозначают трехзначной системой нумерации, но здесь условные обозначения даже более условные чем те, которые описывают легированные стали. Класс, к которому сталь относится важнее, чем ее номер, и таких существует пять:

- » Аустенитный
- » Двухфазные сплавы
- » Ферритный
- » Мартенситный
- » дисперсионно-твердеющий

Не вдаваясь в скучные металлургические подробности, ключевые различия между этими классами заключаются в количестве хрома и никеля, которые они содержат, могут ли они быть закалены, магнитные или нет, и как они были обработаны - именно эта последняя часть определяет кристаллическую структуру сплава на атомном уровне (феррит, перлит или аустенит и т.п.), что, в свою очередь, определяет, как ведет себя металл. Например, добавление никеля стабилизирует кристаллическую структуру аустенита стали и делает ее немагнитной и менее хрупкой. Если Вы механик, производящий детали из нержавеющей стали, велики шансы, что это аустенит, который составляет почти три четверти всего производства нержавеющей стали.

Пробираясь через складскую стойку в любом цеху, Вы можете встретить 303, 304, 309S, 316, 316L, 321, 347, «NITRONIC» и другие нержавеющей стали. Они все аустенитные, и большинство из них жесткие. Нержавеющие стали серии 400 (ферритные и мартенситные), такие как 416 и 440C, намного легче обрабатывать, кроме как после

термообработки. После термообработки они становятся твердыми, как скалы (упс, другая метафора).

То же самое относится и к нержавеющей стали ДТ (сокращение от «дисперсионно-твердеющий»). Например, 15-5ДТ и 17-4ДТ не очень интересно обрабатывать сами по себе, но при термообработке до низко-40s Rc Вы можете захотеть уйти домой пораньше. Хотя они и не совсем из категории суперсплавов (скоро и о них), они чертовски близки к ним и являются хорошим выбором для высокотемпературных авиационных, нефтехимических и энергетических применений.

Наконец, есть двухфазные стали. Они имеют структуру, которая превосходит структуру ферритной и аустенитной нержавеющей стали (извините за все металлургические термины), что делает их примерно вдвое прочнее, чем любая из них, и почти такими же жесткими, как аустенитная нержавеющая сталь. Но поскольку двухфазная сталь содержит меньше никеля и молибдена, чем ее кузены из нержавеющей стали серии 300, ее производство обходится дешевле, делая двухфазную и супер-двухфазную стали, привлекательными для ряда отраслей промышленности (особенно в нефтегазовой отрасли, которая закладывает километры двухфазных стальных труб).

Оснастка: Инструментальная сталь

Последней на пьедестал хит-парада взошла инструментальная сталь. Как следует из названия, этот жесткий сплав используется для изготовления таких инструментов, как пластиковые литые формы, штампы с прогрессивной штамповкой, штамповочные инструменты для револьверных прессов, сверл и пил, и везде, где требуется стабильный по размерам, износостойкий и чрезвычайно отверждаемый материал. Зайдите в любой инструментальный цех или красильную, и Вы услышите все об А-2 и О-1, лишь парочке из многих типов инструментальной стали, используемых сегодня. Конечно, инструментальные стали также имеют свои уникальные и одинаково запутанные правила нумерации:

- » Воздушное отверждение (класс А)
- » Тип D (класс D)
- » Горячая обработка (H-классы)
- » Отверждение маслом (O-классы)
- » Ударопрочные типы (S-классы)
- » Водное твердение (W-классы)

Неважно как вы их назовете, что действительно важно это относительные количества хрома, молибдена, вольфрама и ванадия, которые они содержат. Это основные легирующие элементы в инструментальной стали, которые в значительной степени определяют их обрабатываемость. Это и вызывает досаду при их нелегкой обработке.

В отличие от большинства работ в цеху, где оператор станка обязан работать с любым материалом, который указан в чертеже или файле CAD, производители инструментов обычно сами проектируют и создают свои собственные продукты и имеют некоторую свободу выбора материала, который они решают использовать.

Все же факторы, влияющие на выбор инструментальной стали, являются сложными. Инструменты, изготовленные из этих материалов, могут просто стоить дороже, чем новый автомобиль, а материал, который отлично подходит для ковочного штампа, может оказаться непригодным при использовании в инструменте с холодным напором и в итоге стоит Вам тысячи долларов. Соображение здесь простое: всегда консультируйтесь со специалистом в этой области, прежде чем приступать к какому-либо инструментальному проекту.

Обзор суперсплавов

Я коснусь этого несколькими параграфами позже, посвященных нержавеющей стали ДТ, но эти металлы далеко не так сложны в обработке, как суперсплавы, которые я собираюсь обсудить, некоторые из которых несговорчивее, чем подпольные кредиторы в день выплаты жалованья.

Сын Земли

Титан был открыт в 1791 году священнослужителем и геологом-любителем преподобным Уильямом Грегором. Он назвал его «манакканит» в честь близлежащей деревни Манаккан в Корнуолле, Англия. Четыре года спустя немецкий ученый Мартин Клапрот сделал подобное открытие, за исключением того, что он назвал свой новый металл в честь Титанов, богов древней Греции, когда-то считавшихся детьми Земли. Оказалось, что это тот самый элемент, которым Грегор недавно хвастался, и, хотя Клапроту выпало дать название, именно Грегор считается открывателем титана.

Большая часть титана в мире используется в качестве пигмента краски. То, что остается, обычно легируется такими веществами, как цирконий и молибден, для получения Ti-6Al-4V, Ti-555-3 и других титановых сплавов, что важно для широкого спектра аэрокосмических и медицинских применений. Поскольку он обладает одним из самых высоких соотношений прочности и веса среди всех металлов, он широко используется в авиации - например, Boeing 787 Dreamliner содержит около 40 000 фунтов титана на самолет. Он также является биосовместимым и используется для широкого спектра операций по замене костей, включая тазобедренные и коленные суставы, винты и другие ортопедические имплантаты (см. Следующий Рис., если Вы мне не верите).



«Подумайте о самой горячей, противной и самой едкой среде, какой только можно себе представить - возможно, внутри завода по производству серной кислоты или зонда, направляющегося на планету Венера.» Скорее всего, Вы найдете там Инконель. Изготовленный в основном из никеля (который сам по себе достаточно прочный), Инконель типа 625, 718 и X-750, к сожалению, являются обычным явлением во многих аэрокосмических цехах.»

Если Вам нужно новое бедро, Вы конечно хотите, чтобы оно служило Вам всю вашу жизнь. Сверхтвердый Инконель был бы хорошим выбором, за исключением того, что он содержит большое количество никеля, металла, который, как известно, вызывает иммунную реакцию у некоторых людей. Лучшей альтернативой является

кобальтовый хром или сплав Co-Cr. Он такой же износостойкий, как и Инконель, почти такой же устойчивый к разрушению и одинаково хорошо подходит для реактивных двигателей и космических кораблей. Сложная задача для станка.

Слишком много марок суперсплавов, чтобы всех их перечислить здесь. Большинство из них запатентованы такими загадочными именами, как Веспаллоу (Waspalloy), Хастеллой (Hastelloy), Рене 41 (René 41) и «MP98T». Как и другие суперсплавы, они используются в экстремальных условиях, таких как лопасти турбины и носовые обтекатели ракет, и заполнены легирующими элементами, такими как молибден, вольфрам, тантал, цирконий, ниобий и рений. Если Ваш босс положит эти или любые другие суперсплавы на ваш стол, бегите.

Шутки в сторону, даже самого дикого суперсплавного монстра можно приручить, если выбрать правильный режущий инструмент и жесткую настройку. Используйте параметры резки, рекомендованные вашим поставщиком инструментов, документируйте, что работает, а что нет, и наберитесь терпения. После того, как Вы освоите суперсплавы, все остальное в механической обработке будет легче.

Закругляемся легкими темами

Теперь, когда весь сложный материал позади, давайте закончим обсуждение металлов на позитивной ноте. В конце концов, в жизни механического цеха есть не только стали и суперсплавы, есть материалы, которые намного проще поддаются резке. Главным среди них является алюминий, хотя британцы в Великобритании и Австралии называют его «al-oo-tin-ee-um». Несмотря на то, что впервые он был идентифицирован как металл в 1808 году, потребовалось еще 80 лет, чтобы разработать экономически эффективный способ производства алюминия. Компания, которая сделала это, теперь известна как «Alcoa».

От компрессоров до банок с содовой

Подумайте, где можно встретить алюминий. Все больше автомобильных деталей изготавливаются из алюминия, а также корпуса ноутбуков, самолеты, небоскребы, бейсбольные биты и даже ракетное топливо. Алюминий есть везде и не зря. Для начала, это третий самый распространенный элемент в земной коре по весу. Он легкий и крепкий; может быть легко отлит, прокатан, отформован, обработан и экструдирован; он устойчив к коррозии и легко перерабатывается; и никому не будет стоить руки или ноги при производстве. Алюминий действительно удивительный металл.

Согласно нумерации, аналогично стали, алюминий легируется медью, магнием, марганцем, кремнием и цинком. Некоторые из наиболее распространенных сплавов, которые можно найти в стандартном механическом цехе (если так можно сказать), это 2024, 6061 и 7075. Алюминий также доступен в диапазоне «степеней твердости» от –T1 до –T10, которые определяют то, какой последующей обработке материал был подвергнут после извлечения из печи.

Красные металлы

На этих выходных исследуйте холмы, и Вам может повезти найти кусок меди, готовый к тому, чтобы его можно пустить в ход в абажур или маскарадную маску. Это свойство «поднять и использовать» насчитывает примерно восемь тысячелетий использования меди людьми, поскольку это один из немногих металлов, которые не требуют плавки или извлечения из руды. Красновато-оранжевого цвета, медь не самый электропроводящий

металл (это серебро), но без нее Вы бы читали эту книгу при свечах. С точки зрения механической обработки, большая часть меди мягкая и тягучая, и создает жесткие, волокнистые стружки, которые почти невозможно разбивать.

Медь мягкая. Используйте ее, чтобы сделать топор, и Вы потратите больше времени на заточку, чем на рубку деревьев. Вероятно, именно это привело к тому, что древние люди стали разрабатывать бронзу, добавляя немного олова, марганца или фосфора, каждый из которых послужил поводом меди оказаться на высоте. Бронза используется для изготовления втулок, судового оборудования, насосов и клапанов. В отличие от меди, обрабатывать бронзу – сплошное удовольствие.

Поменяйте олово в бронзе на цинк, и Вы получите латунь. Труба, в которую Вы трубили в старшей школе, была сделана из латуни, и вполне вероятно, что в Вашей ванной комнате тоже есть фурнитура, а также колокола в церкви в центре города из латуни. Как и в случае большинства металлов, латунь легко подгоняется путем регулировки легирующих элементов в ее составе. Добавление небольшого количества свинца придает ей божественную обрабатываемость (хотя обработка латуни легка уже сама по себе). Добавьте немного алюминия, и Вы получите скандинавское золото, которое использовалось для изготовления монет евро и шведских крон. Металл «Muntz» - латунь с небольшим количеством железа, когда-то использовался для выравнивания днищ военных кораблей, но сегодня используется в архитектурных целях. Независимо от сплава, латунь является желанным гостем в большинстве механических цехов, где режущие инструменты делятся вечно, а металлом платят за кофе в комнате отдыха.

Магний и цинк

Алюминий может и бесспорный чемпион в легком весе, однако у него есть несколько соперников. Одним из них является магний, самый легкий из всех конструкционных металлов. Хотя он не такой прочный, как алюминий, он легко усиливается при легировании и является фаворитом для литых компонентов. Однако есть одна проблема - магний огнеопасен. Фактически, некоторые автопроизводители прекратили использование магния в двигательных блоках из-за случайного, но весьма веселого, и почти неугасаемого пламени, возникающего при их воспламенении. Если Вам когда-нибудь придется иметь дело с магнием в цеху Вас, держите станки чистыми от стружки и пыли, и убедитесь, в наличии правильного огнетушителя у Вас под рукой (один из тех, что рассчитаны на магний). И самое главное, никогда не тушите пожар в составе, которого есть магний водой - кислород в H₂O только усугубит ситуацию.

Еще один любимец пресс-литейной братии - цинк. Нанесите немного оксида цинка на нос перед тем, как заняться виндсерфингом, и Вы обязательно избежите солнечных ожогов. Употребляйте слишком мало цинка в своем рационе, и Вы будете более подвержены респираторным инфекциям и ночной слепоте. Цинк устойчив к коррозии, его наносят в виде покрытия на железо и сталь. Он в четыре раза тяжелее магния, но его также легко обрабатывать, и поскольку он исключительно хорошо протекает через полость пресс-формы, его можно использовать для производства сложных, тонкостенных и очень точных комплектующих.

Заглянем к полимерам

Если представить сталь как пожилого человека, то по данной аналогии пластик - это еще подросток. Тем не менее, несмотря на свою молодость, пластик уже заменил сталь и другие металлы во многих областях применения. Металлические мусорные баки,

металлические роликовые коньки, металлические лопасти вентилятора и впускные коллекторы - все это и многое другое теперь производится из пластика. Это потому, что пластик легкий и прочный. С помощью нескольких манипуляций в химической лаборатории, пластик можно сделать гибким, как ива, или же жестким, как дуб. Пластик не ржавеет, имеет низкую термическую и электрическую проводимость и может быть окрашен во все цвета радуги. Извините за все это многословие, но от пластика никуда не деться.

РЕЖУЩИЙ ПЕСОК

Возможности керамики не исчерпываются лишь цветочными горшками и плиткой для ванной. Фактически, так называемая техническая керамика, состоящая из оксида алюминия и карбида кремния используется в сверхпроводниках и высокоскоростных подшипниках, газовых турбинах и синтетической кости. Некоторые режущие инструменты изготовлены из керамики (подробнее см. Главу 5), что одна из причин, по которой «каленая» керамика (обработанная в печи), как правило, обрабатывается только с помощью шлифования, ультразвука, а в некоторых случаях, электроэрозионной обработкой (ЭЭО). Из-за своей чрезвычайной твердости и износостойкости техническая керамика используется там, где невозможно использовать металл, работая эффективно даже при сверхвысоких температурах.

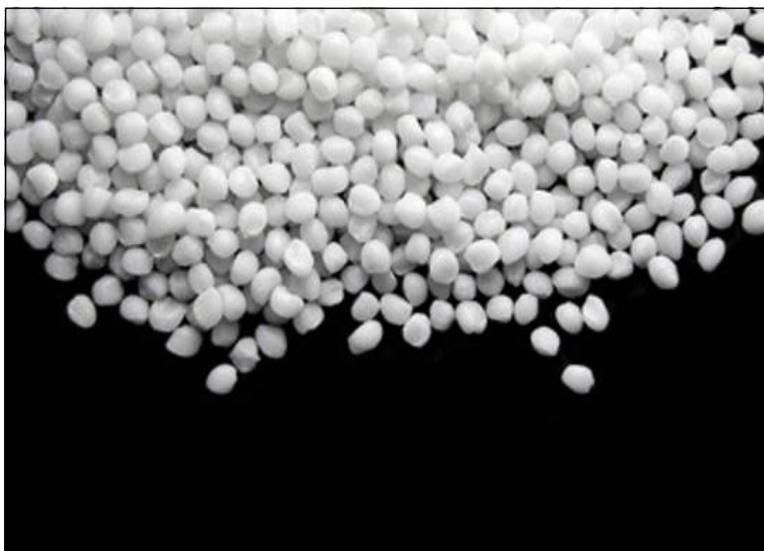


РИСУНОК 4-4: Большинство полимерных деталей начинают свой жизненный путь так: пластиковые шарики, нагревают до температуры плавления перед тем, как залить в пресс-форму.

Термин «пластик», хоть и популярен, но не совсем точен. Правильный термин - полимер, который охватывает дюжину или около того различных классов материалов и, возможно, тысячи уникальных молекулярных структур (то есть категорий пластика), включая полиэфир, силиконовый каучук, фтор полимер, винил, фенол, полиолефин и многое другое. Из перечисленного механики чаще всего сталкиваются со следующими классами и марками пластмасс:

» **ABS**: Акрилонитрил-бутадиен-стирол прочен и ударопрочен. Из него сделаны LEGO, трубы для ванной и чемодан, который Вы взяли с собой в Канкун в прошлом году. Даже возможно в Вашей татуировке которую Вы сделали в Канкуне. АБС - важная штука, но держите его подальше от огня, так как он может выделять канцерогены при нагревании.

» **Ацеталь**. Ученые называют это полиоксиметиленом (ПОМ), но большинство людей просто называют его Делрином. Существуют два типа - гомополимер и

сополимер - и в большинстве случаев они взаимозаменяемы. Будьте осторожны при обработке Делрина, поскольку от него исходят неприятный запах и пар, который может обожечь глаза и легкие.

» **Нейлон:** Вполне возможно, что союзные державы проиграли бы вторую мировую войну без нейлона (полиамида), несмотря на то, что он был изобретен всего несколькими годами ранее. Разработанный для замены шелка в женских чулках, он быстро стал предпочтительным полимером для парашютов и бронежилетов. Сегодня нейлон используется повсюду: от посуды до комплектующих станков (и тканей, конечно).

» **РЕЕК:** Там, где титан часто используется для восстановления черепов жертв травмы, полиэфирэфиркетон (РЕЕК) может составить ему конкуренцию. Этот биосовместимый полимер обладает отличной механической прочностью и стабильностью. Помимо правления сломанных голов, РЕЕК используется в различных сложных условиях и способен выдерживать температуру, достаточно высокую, чтобы приготовить пиццу-полуфабрикат.

» **Поликарбонат:** Из него сделано окно, за которым сидит кассир банка, а также ветровые стекла для глав государств. Большинство окон из поликарбоната на самом деле не пуленепробиваемые, но они чертовски хорошо справляются с замедлением пуль. Поликарбонат также используется для изготовления DVD-дисков, солнцезащитных очков и линзованной оптики Вашего автомобиля.

» **PTFE:** Если у Вас есть кастрюли с антипригарным покрытием, они, скорее всего, покрыты политетрафторэтиленом, более известным под торговой маркой Teflon. Он чрезвычайно устойчив в химической защите, смазке, а также превосходный изолятор, что делает его безусловным фаворитом во всем, от поверхностей подшипников до покрытий куполов стадиона.

» **ПВХ:** Вы когда-нибудь пытались открыть один из таких «легко вскрываемых» пакетов-раскладушек? Это был, вероятно, ПВХ, сокращение от поливинилхлорида. Помимо вызывания упаковочного бешенства, он конкурирует с АБС за использование в канализационных трубах, хотя ПВХ может создавать опасные пары при сжигании (как и многие пластмассы).

Я говорил Вам, что их много. Другие, которые Вы можете увидеть в цеху, включают полипропилен (используется для ковровых покрытий, колпачков с защитой от детей и автомобильных бамперов) и его тяжеловесный двойник, «UHMW» (сокращение от сверхвысокомолекулярного полиэтилена, «ultra-high-molecular-weight polyethylene» присутствующего в лесках и коленных суставах), акрил (он же плексиглас) и фенольные смолы (бильярдные шары).

Большинство из этих полимеров являются термопластиками, определяемыми как полимеры, которые плавятся при нагревании, затвердевают при охлаждении и могут плавиться обратно в жидкость. Терморезистивные пластмассы, с другой стороны, становятся твердыми при воздействии химического катализатора или света и остаются твердыми при нагревании. Некоторые полимеры могут относиться и к тем и к другим в зависимости от того, что взбрело в головы волшебников в лабораторных халатах тем днем. Наконец, многие полимеры могут быть заполнены стекловолокном или армированы металлом для улучшения их прочности и износостойкости. Это также усложняет их обработку.

Как правило, все пластмассы легкообрабатываемые, но они представляют другие проблемы. Поскольку большинство полимеров мягкие, иногда их трудно схватить – стоит сжать их слишком сильно, и деталь полетит через весь станок. Стружка от полимеров, как правило, длинная и твердая, как кошмарный аэрозольный серпантин. Как уже упоминалось ранее, пары часто бывают неприятными - убедитесь, в наличии у Вас достаточной вентиляции.



СОВЕТ

При обработке пластмасс экологический контроль - это все. Это связано с тем, что многие пластмассы поглощают воду, поэтому возникает вопрос влажности при обработке деталей с жесткими допусками - в этих случаях смазочно-охлаждающие жидкости лучше всего заменить струей сжатого воздуха. Температурные колебания также могут привести к изменению размеров деталей; Вашему боссу это может не понравиться, но летом может потребоваться кондиционер (хорошая идея для любого цеха). Поддерживайте низкие скорости шпинделя, чтобы избежать расплавления пластика, и максимально увеличьте скорость подачи, чтобы предотвратить трение инструмента.

ЧАСТЬ 2 ОСНАЩЕНИЕ ИНСТРУМЕНТАМИ

В этой части...

- ✓ Когда-либо строили скворечник? Скоро Вы узнаете о сверхтвердых металлах, из которых делают сверла и режущие диски.
- ✓ Получите надежное представление о методах надежного и безопасного крепления заготовок во время обработки.
- ✓ Важность надежных держателей инструментов. Не имея соответствующий держатель, можно наблюдать как острый как бритва инструмент летит через весь цех
- ✓ Надежные режущие инструменты также важны. Ниже описано, как выбирать и обращаться с инструментами.
- ✓ Изучите все современные дополнительные приспособления, которые делают работу на станках более увлекательной и производительной

В этой главе:

1. *Перед лицом суровых фактов*
2. *Разбор элементов*
3. *Решительные действия с быстрорежущей сталью*
4. *Двойной форсаж: Карбид*
5. *Круглые резцы: Индексирование и вращение» Незаменяемые рычажные инструменты*

Глава 5. Новейшие технологии: осторожно, остро!

Если у меня есть тысяча идей и только одна оказывается плодотворной, я доволен.

—АЛЬФРЕД НОБЕЛЬ

Если Вы смотрели романтическую комедию «Золотой лед» 1992 г., где бывший хоккеист и избалованная фигуристка влюбляются во время тренировки на зимних олимпийских играх, то не слишком радуйтесь: данная часть не имеет отношение к тому кинематографическому шедевру и не является его сиквелом. (Если Вы не видели этот фильм, то приношу извинения за то, что преждевременно рассказал о сюжете.) Все потому, что в данной части говорится о гораздо более захватывающем, чем любовная история между парнем и девушкой, а именно, о режущих инструментах.

В конце концов, без сверл, расширителей, концевых фрез, поворотных резцов, расточных оправок и фрезерных резцов, описанных в этой части, камеры и оборудование для съемок фильмов невозможно было бы сделать. Лезвия на фигурных коньках были бы из костей или дерева, Международные Олимпийские игры были бы локальным мероприятием (из-за отсутствия машин или самолетов для путешествий куда-либо) и торговые палатки продавали бы только фрукты и орехи (невозможно сделать хот-доги, пиво или картофельные чипсы без оборудования). Теперь Вы понимаете важность режущих инструментов?

Перед лицом суровых фактов

Режущие инструменты работают путем обтачивания блоков металла до получения готового изделия. Ими сверлят отверстия, обрабатывают валы, вытачивают полости и придают формы, указанные на чертеже детали или в электронном файле в формате САПР (CAD). После изготовления эти выточенные детали используются в самолетах, автомобилях и практически во всех единицах оборудования, приборах и механических инструментах по всему миру.

Однако, режущие инструменты на самом деле не режут. Режущие инструменты продвигаются в металле в результате процесса под названием «пластическая деформация», что очень похоже на то, как Вы толкаете ложку в замёрзшем йогурте. Достаньте контейнер вашего любимого йогурта и попробуйте. Вы видите, как на ложке образуются завитки из карамельного пралине или вишневого шоколада? Это похоже на образование стружек во время обработки, тех мелких острых частиц металла, которые Вам

придется выгребать из своей рабочей обуви, если Вы решите выбрать увлекательную и хорошо оплачиваемую профессию оператора станка.

Повторите эксперимент с замороженным йогуртом, используя ложку из пластика, угадайте, что, Вам придется искать новую ложку потому что эта будет лежать сломанная на столе. По этой причине, режущие инструменты всегда должны быть тверже чем обрабатываемый металл, в противном случае они быстро ломаются. Большинство из них довольно крепкие, предназначенные справляться с любыми материалами будь то колотый орех или стручки ванили в «йогурте».

Но, что придает режущим инструментам их суперспособности срывать слои стали и алюминия безо всякого вреда для себя? Как они противостоят износу и избегают сколов и деформации, неизбежных при подвергании металла экстремальному нагреву и давлению?

МЕХАНИКА РЕЗКИ МЕТАЛЛА

С образованием стружки все не так просто как с удалением материала. На самом деле существует целая наука, которая описывает физические принципы образования стружки, полным-полно заумных концепций, таких как, прямоугольное или наклонное резание, касательные или радиальные усилия, зоны резания, углы наклона, векторы скорости и много других скучных научных терминов, которые металлурги обсуждают в послеобеденное время. Для наших целей наиболее важны цвет и форма стружки, и то куда они падают (т.е. режет ли резец правильно, и соблюдаются ли меры по удалению стружки).

На самом деле они не противостоят износу. Печально, но факт, что все инструменты так или иначе подвержены износу во время обработки и со временем им потребуется заточка или замена. Однако, производители инструментов и команда их предприимчивых металлургов имеют большой опыт в смешивании различных материалов – известных как легирующие элементы, чтобы добиться свойств, необходимых для эффективной обработки, и по возможности, продления срока службы инструментов.



ПОМНИТЕ

Для производства режущих инструментов требуется сортамент легирующих добавок. Одна из наиболее важных - карбид вольфрама, смесь, состоящая из одинакового количества углерода и вольфрама. При смешивании, эти элементы создают твердый, устойчивый и теплопроводный продукт идеальный для использования в режущих инструментах. К счастью, углерод не щепетильный элемент и легко смешивается с другими элементами, и существует целый ряд дополнительных карбидов, наиболее известный TiC (карбид титана), обычно используемый для устойчивого к износу покрытия режущих инструментов, и SiC (карбид кремния) – ключевой компонент абразивных инструментов.

Парадоксально то, что режущие инструменты содержат много тех же элементов, что и обрабатываемый металл, что более подробно описывается в Главе 4. Чтобы освежить ваши воспоминания таблице 5-1 приведена мини периодическая таблица наиболее важных элементов. Не стесняйтесь поместить ее в рамочку и повесить рядом с фотографиями Ваших детей в ящике для инструментов.

ТАБЛИЦА 5-1

Ключевые элементы в режущих инструментах

Хром	24	Cr
Кобальт	27	Co
Марганец	25	Mn
Молибден	42	Mo
Вольфрам	74	W
Ванадий	23	V

Решительные действия с быстрорежущей сталью

Один из самых твердых материалов для режущих инструментов это быстрорежущая сталь (БРС). Она также одна из самых первых сплавов, полученных в начале двадцатого века в качестве замены инструментов из высокоуглеродистой стали, у которой, к сожалению имеется тенденция к быстрому износу и потере прочности при экстремальных температурах обработки.

Несмотря на свое величественное название, БРС далеко не быстрорежущая. Если режущие инструменты были бы гоночными автомобилями, то БРС финишировала бы почти последней, не видать тебе подиума. При наименьшей устойчивости к нагреву и истиранию, ее выбирают за твердость и большую способность амортизировать, в сравнении с более твердыми режущими инструментами.

За это, и, еще за то, что БРС гораздо дешевле, чем ее ближайший соперник карбид вольфрама, пожалуй, это главная причина, почему БРС остается основным выбором для режущих инструментов во многих случаях. Также, если немного увеличить концентрацию кобальта в БРС можно сделать ее более устойчивой к нагреву. К тому же на режущие инструменты из БРС можно наносить покрытие, что существенно увеличивает ее термоустойчивость (более подробно об этом дальше в этой части).

Тут начинается небольшая путаница. БРС, фактически, - это один из видов инструментальной стали, и используется в ковочных и чеканочных штампах и пластиковых пресс-формах, и практически во всех типах инструментов, где требуется твердый, износостойкий металл. Молоток в Вашем гараже сделан из инструментальной стали, как и набор зубил, который Вам подарили на день рождения в прошлом году.

Все инструментальные стали изготавливаются в основном из железа. В зависимости от конкретного сплава, смесь различных элементов (в основном перечисленных в таблице 5-1) и железо помещают в волшебный тигель в количестве от доли процента до 10 процентов и более. В случае с БРС, львиная доля этих элементов приходится на молибден и вольфрам, в соответствующих сериях М и Т инструментальной стали, которую отливают, вытягивают, прокатывают, выковывают в заготовки, готовые для последующей выточки в различные режущие инструменты, включая:

- » Сверла
- » Торцовые фрезы
- » Фасонные резцы
- » Ручные напильники
- » Переносные инструменты
- » Расширители
- » Фасонные фрезы
- » Дисковые пилы

БРС также иногда используется для поворотных и отрезных сверл, которые до сих пор используются на ручных станках. Во многих цехах механообработки инструменты из БРС в основном заменили на карбид, но они все еще играют важную роль для мелкомасштабного производства или, когда цена на инструменты является основным критерием.



ТЕХНИЧЕСКАЯ
ИНФОРМАЦИЯ

Для более подробной информации об инструментальной стали и БРС, можете приобрести копию «Технические характеристики быстрорежущих инструментальных сталей ASTM A600» на международном сайте Американского общества по испытаниям и материалам (www.astm.org), организация несет ответственность за этот и другие стандарты производства и материалов. Требуется много времени для обсуждения «семи типов сплавов с вольфрамом (типы T1, T2, T4, T5, T6, T8 и T15) и девятнадцати сплавов быстрорежущей стали с молибденом (типы M1, M2, M3, M4, M6, M7, M10, M30, M33, M34, M36, M41, M42, M43, M44, M46, M47, M48 и M62). Но, если Вы по этой части, то вперед за работу.

Двойной форсаж: карбид

Карбид вольфрама – это Рокки Бальбоа среди режущих инструментов. Из-за прочности, твердости и износостойкости, он наиболее используемый из всех материалов для режущих инструментов, работающих на оборотах в (как минимум) четыре раз больше, чем БРС. Несмотря на то, что он не самый прочный, - это звание по праву принадлежит алмазу, кубическому нитриду бора (КНБ) и некоторым керамическим сплавам -, тем не менее он предлагает отличный компромисс между производительностью и стоимостью, что делает его предпочтительным материалом для индексируемых режущих пластин, твердосплавных торцовых фрез и сверл, зуборезных червячных фрез, принадлежностей штапмального прессы и т.д.

Знакомство с полиэтиленгликолем

Но это еще не все о карбиде (впрочем, как и всегда?). В начале данной главы Я писал о вольфраме и о том как он любит соединяться с углеродом для получения химического соединения называемымсякак Вы верно догадались, карбидом вольфрама. Но карбид вольфрама бесполезен без связывающего элемента. В мире режущих инструментов таковым является кобальт. Производство карбида - это глубоко технический процесс, и у каждого поставщика инструментов есть своя секретная смесь, но карбидные режущие инструменты производят приблизительно так:

1. Засыпьте примерно семь частей порошка карбида вольфрама, перемешанного с одной частью порошка кобальта в станок под названием шаровая мельница.
2. Добавьте немного карбида титана (TiC) и/или карбида тантала (TaC) для улучшения различных механических свойств, одно из них устойчивость к «образованию воронок».
3. После нескольких часов в мельнице, извлеките получившуюся смесь и высушите азотом, затем смешайте с небольшим количеством ПЭГ, или полиэтиленгликоля, то же химическое соединение используется для производства лубрикантов и слабительных. ПЭГ работает как клей во время следующего шага: давление прессом.
4. Поместите это ведьмовское варево в несколько пресс-форм, похожих на миниатюрные лотки для кубиков льда, надавите с усилием в несколько тонн и вытряхните полученные формы на противень.
5. После непродолжительного нахождения в вакуумной печи эти карбидные печенья достигают температуры в 1495°C (точка плавления кобальта), при которой происходит что-то магическое: в мгновение ока вся форма дает усадку на 60 процентов от первоначального размера.

Поэтому твердосплавные режущие инструменты часто называют резцами из цементированного карбида, так как смесь как бы «цементируется» связывающим элементом – кобальтом. После извлечения из печи полученных вставок, форм и заготовок: они готовы для обработки на станках, а затем для использования в цехах металлообработки по всему миру.

Чудеса микрзернистости

Несмотря на довольно простой процесс получения, цементированный карбид (часто упоминаемого как просто карбид) имеет свойства подобно хамелеону. Путем варьирования пропорций связывающего кобальта и вольфрама, или путем регулирования размеров частиц вольфрама, металлурги могут придать ему широкий ряд свойств. Например, карбид с повышенным содержанием кобальта имеет более «мягкие», ударостойкие свойства, однако изнашивается быстрее. Использование более крупных зерен приводит к аналогичным результатам. С другой стороны, так называемые микро и нанозернистые карбиды твердые и износостойкие, но менее ударопрочные. Как правило, чем меньше гранулы, тем лучше такой вид карбида подходит для обработки (за исключением, возможно, тяжелой черновой обработки). Как уже упоминалось ранее, добавки, такие, как TiC и TaC могут серьезно повлиять на характеристики карбида.

Керамика: технические особенности

Скорее всего, в Вашем доме полным-полно изделий из керамики. Душевая кабинка, сервиз бабушки из тонкого фарфора, покрытие на чугунной посуде, все это примеры использования керамики, группы материалов от искусственных (фарфоровая ваза, купленная на распродаже на прошлых выходных) до высокотехнологических (кремниевые пластины и сверхпроводники). Керамика играет не менее важную роль в режущих инструментах, так как она подходит для обработки ряда материалов, которые иначе быстро притупили бы твердосплавный резец, до состояния ножа для масла. Полимер, армированный углеводородным волокном (углепластик) широко используемый при строительстве самолетов – один из примеров. Другие примеры – это термостойкие жаропрочные сплавы, такие как Инконель (Inconel) и Хастеллой (Hastelloy), часто встречающиеся в газовых турбинах и АЭС.

Как и с другими типами материалов для режущих инструментов, существует много разных керамических сплавов, но большинство из них изготавливается либо на основе оксида алюминия либо нитрита кремния. Многие усилены карбидами титана или используют «нитевидные кристаллы» карбида кремния для дополнительной прочности (керамика от природы довольно хрупкая). В дополнение к перечисленным способам применения, керамика широко используется для обработки изделий из чугуна, а также закаленной стали. Все керамические сплавы крайне термостойкие, могут выдерживать более высокие обороты обработки, чем карбид, почти всегда работают всухую (без СОЖ), и по разумной цене в придачу. Для определенных областей применения, керамика – это идеальный выбор.

Загадки покрытия

Готовы к новым сокращениям? Производители режущих инструментов используют покрытия такие как, TiC (карбид титана), TiN (нитрид титана), TiCN (карбонитрид титана), TiAlN (нитрид титано-алюминия), и CrN (нитрид хрома) для сделать цементированный

карбид, БРС, и некоторые режущие инструменты из керамики более долговечными и пригодными для работы на более высоких оборотах.

Существует намного больше сплавов, и кажется, что каждый день какой-нибудь ученый, тайно работая на одного из крупных производителей (и не очень крупных), придумывает очередную комбинацию сплава. Вне зависимости от производителя, все покрытия чрезвычайно тонкие, часто не более одного микрона в толщину (примерно 1/100 человеческого волоса) и наносятся после финального процесса шлифования.

Если опустить целый ряд сбивающих с толку наименований, существует всего два основных типа нанесения покрытия: химическое парофазное осаждение (ХПО) и физическое парофазное осаждение (ФПО). ХПО более древний способ, и «толще» чем второй тип, но ненамного. ФПО отличается более заостренными краями, но опять ненамного. Чтобы внести еще больше сумятицы, производители режущих инструментов применяют «мультифазные» покрытия, чтобы воспользоваться преимуществами сразу нескольких покрытий.

ЛУЧШИЙ ДРУГ МЕХАНИКА

Какой материал для режущего инструмента еще тверже чем керамика или карбид? На самом деле их даже два

- **Поликристаллический материал (ПКА):** Природный алмаз, камень, красующийся на обручальных кольцах, является отличным инструментом для резки алюминия, меди и композита. Однако, большинство промышленных алмазов на самом деле из поликристаллического материала или ПКА, искусственного и гораздо более дешевого в сравнении со своим блестящим кузенком. Если Вам необходимо обработать тысячи деталей из литого алюминия с высоким содержанием кремния, но не надо экономить: приобретите резцы с ПКА.
- **Поликристаллический КНД (КПНБ):** Смешайте немного бора и азота, подвергните экстремальному нагреву и давлению (условиям, аналогичным при производстве алмазов), и Вы получите поликристаллический КНБ (КПНБ). Технически классифицирующиеся как керамика, режущие инструменты из КПНБ способны легко резать закаленную сталь, не хуже, чем ПКА способные резать абразивный алюминий, и часто используются для устранения необходимости в повторном шлифовании.

ПЕРЕСЕКАТЬ ЧЕРТУ: МЕТАЛЛОКЕРАМИКА

По названию Вы могли догадаться, что металлокерамика - это комбинация керамики и металла. Полученная вскоре после Второй Мировой Войны для использования в реактивных двигателях (применение, которое в буквальном смысле не взлетело), с тех пор эволюционировала в весьма уважаемый материал для режущих инструментов. Разные производители описывают металлокерамику как износостойкий материал для чистовой обработки нержавеющей и низкоуглеродистой стали, в то время, как другие могут сказать, что металлокерамика пригодна для полу-чистового точения и прерывистой резки широкого ряда материалов, включая литейный чугун, инструментальную сталь и даже алюминий. Покрытие металлокерамики, как правило, рекомендуется, также, как и отключение охлаждающей смазки, так как металлокерамика несклонна к термическим ударам.

Круглые резцы: индексирование при вращении

Самый простой способ классификации режущих инструментов – их перемещение по отношению к заготовке: некоторые инструменты вращаются, а другие стационарные. По большей части, это также относится к станкам, где используется инструмент. В целом, вращающиеся режущие инструменты, такие как торцовые шлицевые фрезы, связаны с

обработкой, также известной как фрезерование. В этом случае, инструмент вращается, в то время как заготовка перемещается вдоль него, тем самым резец снимает слой во время прохода. При обточке же все с точностью наоборот, инструмент стационарный, а заготовка вращается вокруг него.

Запутанно? Представьте, что Вы потеряли консервный нож, и нужно сделать отверстие на дне консервы с супом. Если Вы достаточно умелый, можете взять сверло и аккумуляторную дрель из гаража, затянуть сверло в патроне, и вскоре будете наслаждаться вкусной куриной лапшой. Угадайте-ка? Вы только что выполнили обработку вращающимся инструментом.

Однако, при наличии достаточно большой аккумуляторной дрели, возможно сделать отверстие в той банке путем зажима ее в патроне (при условии, что у Вас мощный автоматический инструмент), закрепите сверло на верстаке и подайте вращающуюся банку вперед к стационарной дрели. Это друзья мои, и есть суть обточки, для которой, как правило, используют стационарные инструменты (даже если они находятся в разделе вращающихся инструментов в некоторых тупых каталогах).

Сверление отверстий 101

Сверление отверстий – наиболее распространенный из всех способов обработки металлов. Это выполняется на фрезях и токарных станках, а также на сверлильных станках, электроэрозионных станках, аппаратах лазерной резки и штамповальных прессах. На первых трех станках, по крайней мере, используется бурильное сверло (далее - сверло) для сверления отверстий, а также ряд других инструментов, рассмотренных в этой части.



ПОМНИТЕ

Многие эксперты относят сверла к вращающимся инструментами. Они конечно правы, но сверла также важны и на токарных станках, где сверло стационарно, а заготовка вращается вокруг нее. В любом случае, сверла доступны во любых формах и размерах, и сверление отверстий представляет собой незамысловатый (хотя и не всегда легкий) процесс механической обработки.

Все о сверлах

Давайте поговорим о сверлах. Они немного похожи на карандаши, но с более тупым концом (обычно с углом от 118° до 140°) и без ластика (см. Рис. 5-1). У большинства сверл два «желоба», длинные спиральные канавки, на поверхности сверла и похожи на спиральные бело-красные полоски на вывеске у парикмахера, хотя многие «сверла с многогранными режущими пластинами» имеют прямые канавки — не спрашивайте почему (не торопитесь: описание этого вида сверл приводится далее в параграфе «О продуктивности»). У некоторых сверл три канавки, и их часто называют колонковыми бурами или полыми сверлами, из-за того, что они «выбирают сердцевину» или разбуривают ранее просверленное отверстие.

Большинство сверл оборудовано долотчатой головкой (за исключением опять-таки сверл с многогранными режущими пластинами), и так как это первая точка контакта с заготовками, она ответственна за работу сверла без уводов. Также есть спинка сверла или «ленточка» сверла вдоль каждой канавки, которые укрепляют кромку и помогают направлять сверло. Наконец, у практически всех сверл есть небольшая обратная конусность, что означает они больше у рабочего конца, чем у хвоста, (части, которая крепится в патроне). Это предотвращает трение между сверлом и заготовкой, тем самым уменьшая нагрев.



Рис 5-1: Универсальные сверла из БРС с покрытием из TiN, для широкого пользования.



СОВЕТ

Если используете сверло из БРС или кобальта и хотите высверлить ровное отверстие (конечно, хотите), следует начать с короткого инструмента, называемого центровочное сверло. Головка центровочного сверла обычно имеет скос в 90° или 120° и используется для сверления неглубокой выемки на поверхности заготовки, что помогает направлять длинные сверла и предотвращает «увод сверла» во время сверления отверстий в заготовке.

Производители сверл постоянно улучшают свои изделия и изобретают лучшие способы сверления отверстий в заготовках, особенно там, где предусмотрено высокопроизводительное сверление отверстий (по большей части, твердосплавные сверла, а также сверла с карбидными наконечниками). Благодаря этому, существует множество разных типов сверл, форм и размеров, большинство из них предназначено для специфических способов сверления отверстий. Ниже приведены несколько часто встречающихся типов сверл:

» **Сверло с удлинённым хвостовиком:** пройдите по отделу инструментов в строительном магазине. Большинство сверл, которые вы там увидите, называются «сверлами с удлинённым хвостовиком», возможно наиболее часто используемым типом сверла. В зависимости от производителя и размера сверла: сверла с удлинённым хвостовиком бывают в длину примерно от 9 до 14 своего диаметра и являются хорошими универсальными сверлами. Однако, они не самый лучший выбор для высокоэффективной обработки.

» **Прутковые токарные автоматы:** предназначенные обычно для работы в стесненных пространствах на прутковых автоматах, эти сверла гораздо короче сверл с удлинённым хвостовиком. Это, конечно, делает их более жесткими, и часто используются для сверления без предварительных отверстий и при более высоких скоростях подачи, чем сверла с удлинённым хвостовиком.

» **Коническое сверло:** необходимо более глубокое отверстие? Коническое сверло получило свое название от аналогичного сверла «с коническим хвостовиком», которое использует конический переходник для крепления инструмента, а не обычный патрон, и в основном используется на токарно-винторезных станках и крупном переносном оборудовании. Оба доступны в длину 8-30 от диаметра.



ТЕХНИЧЕСКАЯ
ИНФОРМАЦИЯ

Большинство сверл доступны в размерах в соответствии с таблицами ANSI (имперские) и ISO (метрические). По стандарту ANSI, они варьируются от сверл #80 (0,0135 дюйма) до #1 (0,228 дюйма), с последующим буквенным обозначением от A до Z (0,234 до 0,413 дюйма) и дробными размерами от 1/64 до 1 дюйма в диаметре. В метрической системе несколько проще, размеры сверл от 0,35 до 25 мм с увеличением в 0,05-мм. Эта система немного бестолкова, поэтому спросите у продавца «таблицу соответствий сверл» для краткого руководства по размерам наиболее часто встречаемых сверл.

Как выбрать подходящее сверло

Несмотря на важную роль, которую выполняют сверла в мире механической обработки, их слишком много видов, следовательно, их невозможно подробно описать в этой части. Тем не менее, чтобы помочь Вам выбрать подходящий инструмент для работы, следует обратить внимание на несколько важных пунктов при выборе сверла:

» **Покрyтия:** обычно сверла доступны в двух видах - блестящие (без покрытия) или черные с покрытием из оксида или нитрида титана. Некоторые производители предлагают дополнительные покрытия, включая TiAlN, ZrN, AlTiN и тп. Проверьте по каталогу или на веб-сайте производителя для выбора подходящего.

» **Длина:** Как ранее упоминалось в этой части, сверла с удлинённым хвостовиком, конические, прутковые токарные автоматы – наиболее распространённые по длине, но есть и другие, включая удлинительное сверло для самолетов, длинные и сверхдлинные, короткие и др. Главное помните, что всегда нужно использовать наиболее короткое возможное сверло для Вашей области применения.

» **Тип хвостовика:** у большинства сверл круглые хвостовики, которые только чуточку меньше, но в сущности такого же размера как диаметр самого сверла. На сверлах крупнее чем примерно 1/2 дюйма, хвостовик иногда размером уменьшены до 1/2 или 3/8 дюйма в диаметре для использования в зажимном патроне дрели из-за ограниченного диапазона захвата (их также называют сверла Silver и Deming). Такие сверла можно использовать в крайнем случае, но имейте в виду, что существуют инструменты получше.

Угол между режущей кромкой и осью вращения: в течении нескольких десятилетий угол в 118° был золотым стандартом для универсальной работы, тогда как угол в 135° использовался для более твердых материалов. Однако, все больше производителей начали производить сверла на свое усмотрение, увеличивая угол до 140° и более. Они крайне эффективны для очень твердых металлов.

» **Тип канавок:** У некоторых сверл крутые спиральные канавки, у некоторых параболические, тогда как у третьих они покатые или вовсе нет канавок. Каждый вид предназначен для удаления стружки наиболее эффективным способом, но, как правило, крутые спиральные канавки предназначены для мягких материалов, например, алюминий, а покатые для закаленной стали и суперсплавов.

» **Тип наконечника:** Раньше механики часто использовали шлифовальный круг для «разделения» наконечника сверла, уменьшая давление во время сверления. Сейчас производители предлагают такой подход по умолчанию, часто на сверлах с наконечником в 135°.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Несмотря на то, что название подразумевает, центровочные сверла (известные также как комбинированное сверло и конический зенкер) не следует использовать для предварительного отверстия в заготовке. Это специализированные инструменты, используемые для придачи

конической формы на концах вала или другой длинной детали, которые принимают заднюю бабку или шлифовальный станок (отсюда и название) для опоры заготовки. Несмотря на их важную функцию, центровочные сверла очень хрупкие и легко ломаются, превращая изделие в бракованное изделие, а начальника в недовольного начальника.



СОВЕТ

Раньше большинство токарей точили сверла вручную, тщательно маневрируя ими по отношению к шлифовальному кругу настольного типа. Некоторые токари со стажем были в этом чертовски хороши, но для остальных в лучшем случае, достижение успеха было случайным. Практически все ветераны, вручную точившие сверла давно вышли на пенсию и уехали во Флориду, поэтому будет лучше доверить заточку использованных сверл экспертам в этом деле. Отправьте сверла в надежный цех по заточке инструментов или даже обратно производителю, особенно если используете эти новомодные высокопроизводительные сверла (или торцовые фрезы).

БОЛЕЕ ПОДРОБНО

Может быть, Вы решили, что было бы здорово создать свою собственную пушку или оригинальный ствол для пневматического ружья. Для этого вам нужен способ для сверления очень глубоких и очень прямых отверстий. К счастью, ружейные сверла - это как раз то, что нужно. Этот специализированный сверлильный станок использует набор точных втулок, расположенных возле поверхности заготовки, которые поддерживают конец длинного, полого одноканавочного сверла. Заготовка и сверло вращаются встречно по отношению друг другу, в то время как на центровочное отверстие под высоким давлением подается масло, тем самым смывая стружки металла из отверстия. Другие способы глубокого сверления, включают систему охлаждения инструмента и удаления стружки через шпиндель (СОИУС), которая подает СОЖ вдоль внешней поверхности сверла и обратно через центровочное отверстие. Система охлаждения инструмента и удаления стружки через шпиндель и внутреннюю трубку или эжекторная системы работают аналогично, но представляют собой трубку в трубке для удаления стружки и охлаждающей смазки. Все они работают точно и способны сверлить глубокие отверстия разного диаметра, для всевозможных целей от опоры шасси самолета до отверстий для подачи СОЖ в пресс-формы для пластмассовых изделий, огнестрельного оружия, медицинских компонентов, паровых турбин и т.п.

О продуктивности

Обратите внимание: большинство цехов механической обработки стремятся проводить операции по сверлению отверстий по возможности быстро и с меньшими затратами. Это часто подразумевает использование твердосплавных сверл, но их стоимость соизмерима их высокой производительности, и тот, кто отвечает за финансовые ресурсы цеха может заартачиться такой цене. Но не нужно беспокоиться, производители режущих инструментов спешат предложить несколько виртуозных альтернатив:

» **Съемные или заменяемые сверла:** для этих сверл используют цельный твердосплавный резец, крепящийся на стальном хвостовике. Это дает качественное сверление отверстий и производительность цельного твердосплавного изделия (почти) при недорогой стоимости. После затупления, наконечник сверла можно отправить на заточку и использовать повторно несколько раз.

» **Сверла с многогранными режущими пластинами:** для этих сверл используются два, четыре или шесть цементированных твердосплавных пластин, которые ввинчиваются на конец сверлообразного стального корпуса. Не в обиду производителям будет сказано, однако эти изделия менее точные и выдают низкое качество обработки поверхности, в сравнении с твердосплавными аналогами. Тем не менее, они все еще очень хороши в сверлении отверстий быстро и недорого.

Стоит отметить, что эти изделия (а также многие другие режущие инструменты) позволяют использовать подачу СОЖ через инструмент. При совместном использовании с системой перекачки под высоким давлением, производительность сверления и срок службы инструмента значительно увеличиваются. Более подробно об этом в Главе 8.

Отверстия тоже нуждаются в помощи

Каждый был бы не прочь сверлить отверстия до необходимых размеров и чистовой обработки за один проход, но зачастую требуется дополнительная чистовая обработка отверстий. При диаметральных допусках менее тысячной дюйма всегда требуется некоторая чистовая отделка, это также верно для почти каждого отверстия, которому требуется гладкая отделка.

Расширение отверстий

Расширители отверстий – это многоканавочные режущие инструменты для отделки отверстий. Скорее всего, Вы используете аналогичный прибор на кухне, когда выжимаете сок из лимонов. В отличие от соковыжималки, расширителю, пригодному для работы в цеху, требуется предварительное отверстие, так как он может снять относительно небольшой слой материала. Самый распространенный вид - это патронная развёрстка, хотя ручные развертки, развертки для прорезания канавок, станочные развертки и другие доступны. Особенно используются регулируемые развертки, которые позволяют оператору повернуть маленький винт, чтобы отрегулировать размер отверстия после затупления инструмента. Во время развертки удаление стружки может быть проблематичным, поэтому производители предлагают лево и праворежущие винтовые развертки. Леворежущие развертки выталкивают стружку вперед инструмента, поэтому должны использоваться для сквозного отверстия. Праворежущие развертки выталкивают стружку из отверстия, тем самым они подходят для «глухих» отверстий (несквозное)

Раскатка

Присмотритесь внимательно к механически обработанным поверхностям и увидите волнообразность, почти как миниатюрные горные хребты. Раскатывание убирает эти волны, сглаживает до полного выравнивания. Самый простой способ - это протолкнуть шарик из закалённой стали или твердого сплава чуть большего размера, чем диаметр отверстия в заготовке (не пытайтесь проделать эту операцию с глухими отверстиями, в противном случае вытащить шарик не удастся). Этот способ называется шаровая полировка, иногда обработка дробью и является отличным способом для получения точных и гладких отверстий.

Другой способ - это раскатывание роликом, которые обычно доступны в виде регулируемых инструментов. Они похожи на серию длинных, тонких игольчатых подшипников, плавающих в круглой металлической клетке. Всю эту сборную солянку вклинивают в немного меньшее отверстие (с обильной смазкой), тем самым снимая и

выравнивая все те мелкие волнистости. Одно важное замечание о раскатке: раскатка работает лучше с отверстиями, просверленными однолезвийным режущим инструментом (более подробно в параграфе «уже не так скучно» ближе к концу данной Главы), так как в этом случае обеспечивается волнистая поверхность.



ТЕХНИЧЕСКАЯ
ИНФОРМАЦИЯ

Есть много способов сгладить грубую поверхность отверстий. Это включает хонингование, притирку, внутреннюю шлифовку и конечно, сверление. Первые три – абразивные процессы, иногда подробно не описывается в данном документе (несмотря на то, что все они относятся к обработке), но следует помнить, что подавляющее большинство прецизионных отверстий доводятся одним из этих альтернативных способов.

Тук, тук, резьбонарезные устройства

Помимо сверления и расширения, часто в отверстиях «нарезают резьбу», не очень оригинально, но другими словами, таким образом отверстия готовят под шурупы и винты. На самом деле нарезание резьбы в отверстиях очень похоже на ввинчивание винтоверта, только в данном случае, у винтоверта имеются острые зубцы, которые нарезают сопряженную резьбу в заготовке (см. Рис. 5-2). Эти магические инструменты называются резьбонарезными метчиками, и выпускаются в двух основных типах: метчики для нарезания внутренней резьбы и плашки (или прогонки).

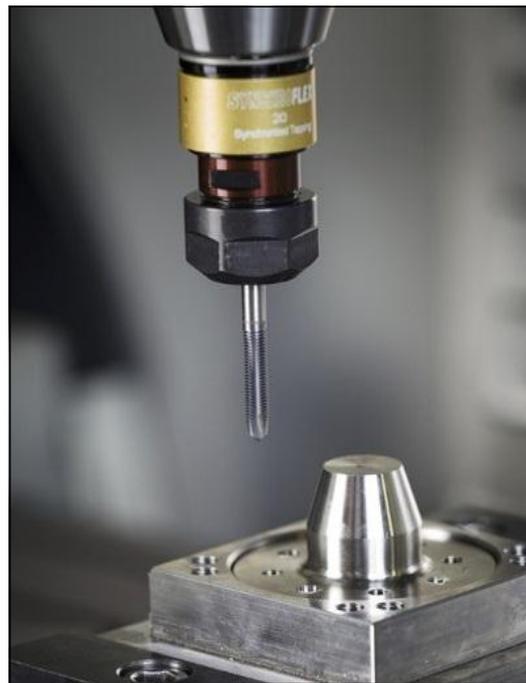


РИСУНОК 5-2: Использование метчика один из обычных способов нарезания резьбы.

К счастью, запомнить разницу между двумя типами легко: режущие метчики нарезают, а накатывающие метчики накатывают. Вот и все. Но, что означает «накатывать»? Накатывание резьбы очень похоже на гибку металла – обычный процесс обработки металла (поэтому накатывающие метчик и также называют безстружечными метчиками).

Как это работает? Возьмите кусок пластилина, и нанесите вокруг болта или винта. Видите, как эта силиконовая полимерная игрушка наматывается поверх резьбы, тем самым создавая зеркальное отображение? Металлурги называют это пластичность (ковкость), свойство на котором основывается изготовление всевозможного от автомобильных бамперов до горшков и кастрюль (и конечно, накатанной резьбы).

Режущие метчики намного менее хитроумные. Они нарезают резьбу просто путем снятия материала. В любом случае, режущие метчики изготавливают двух типов: средний метчик и чистовой, разница в том, что первый не нарезает резьбу до дна отверстия. Более того, средние метчики нарезают (профилируют) аккуратнее, чем чистовые, следовательно, являются наиболее предпочтительным вариантом при соответствии технической спецификации детали. Ниже следует дополнительная информация:

» По возможности рекомендуется использование метчика с винтовыми канавками, особенно с вязкими материалами, как например, нержавеющая сталь. Винтовые канавки способствуют выталкиванию стружки из отверстия наружу, таким образом, это большое подспорье в удалении стружки.

» Метчики выпускают под разными пределами H, например: H1, H2 и т.д до H7. Каждый ровно на 0,0005 дюйма меньше, чем последующий. Всегда старайтесь использовать метчик с большим числом H, если надо нарезать более крупную резьбу (или меньшим, если зажим маленького размера; это случается).

» Метчикам требуется специальный тип «плавающего» патрона. Разве что Ваш станок оснащен оборудованием для жесткого нарезания резьбы, прикольная особенность, которую я описал в Главе программирование, или специальным типом саморевверсивной резьбонарезной головки (о ней я иногда упоминаю в Главе об аксессуарах). Плавающие патроны на самом деле не плавают конечно, а дают шпинделю станка достаточно времени для изменения направления у дна отверстия, тем самым позволяя вытащить метчик из заготовки. Без такого патрона Ваш метчик просто-напросто сломается.

» Поскольку накатывающие метчики замещают материал, им требуется большее по размерам предварительное отверстие, в сравнении с отверстиями для режущих метчиков, которые точно соответствуют «внутреннему диаметру» резьбы. Сверьтесь с производителем метчиков или руководством по эксплуатации станка для правильного размера отверстия.



ТЕХНИЧЕСКАЯ
ИНФОРМАЦИЯ

Резьбовые отверстия измеряются приборами, именуемыми «предельные калибры». Эти калибры очень похожи на пару блестящих болтов, прикрепленные к рукояти. Возможно, Вы догадались, что проходной калибр должен ввинчиваться в отверстие, а непроходной не должен. Если имеется проблема, то попробуйте использовать другой метчик, или просто отправляйтесь домой пораньше.

Фрезерные резцы

Когда многие люди слышат термин «помол», то думают, что речь идет о перемалывании зерна в муку, толочься после шоу или о том, что кто-то собрался покупать следующего лучшего друга из щенячьей фабрики (прим. С англ. “puppy mill” – щенячья фабрика, питомник. «Mill» - молот). Но по какой-то причине, какой-то башковитый инженер-механик решил, что было бы неплохо назвать эту важную технологию металлообработки, тем же названием. Как это ни прискорбно, теперь это не изменить так как люди называют этот процесс «помолом» (или фрезерованием) вот уже в течении 200 лет, с тех самых пор как был изобретен первый фрезерный станок (некоторые говорят, что это сделал Эли Уитни, прославленный изобретатель хлопкоочистительной машины).

В результате, фрезерные станки – альтер-эго токарных станков, - эволюционировали из ручных фрез и расточных станков в многоцелевые станки с ЧПУ, представленные в горизонтальной или вертикальной конфигурации. И благодаря современным возможностям

управления движением сейчас существуют пятикоординатные многоцелевые станки, новый элемент фрезеровочного цеха, который обещает навсегда изменить мир обработки.

Кто бы ни изобрел их, все фрезерные станки нуждаются в фрезах, которые кроме тех, о которых Вы прямо сейчас и узнаете, также включают в себя странной формы, но не менее важные шлицевые фрезы, однозубные фрезы, зуборезные и червячные, для обработки пазов сегментных шпонов, шпоночные, шипорезные и Т-образные фрезы.

Главные среди них - концевые фрезы. Концевые фрезы с квадратной режущей кромкой, концевые сферические фрезы, концевые фрезы для обработки конусов, и закругленные концевые фрезы, концевые обдирочные фрезы и концевая фреза для обработки радиусных поверхностей - список длинный, и может быть еще длиннее благодаря наличию односторонних и двусторонних концевых фрез, а также твердосплавных, из БРС, кобальта, и даже уплотненного порошкообразного металла или ЦП. Есть из чего выбирать.

Концевые фрезы используются для обработки пазов, чистовой обработки выступов и боковин, «сглаживании» поверхности (используя сферические концевые фрезы), прорезания пазов и кромок фаски или радиальных краев. По форме они напоминает сверло, и режут вдоль внешних краев инструмента, хотя некоторые также режут на концах (см. боковую панель, «прямо по центру»).

Концевые фрезы с двумя или четырьмя канавками самые распространенные (см. Рис. 5-3), несмотря на то, что производители внедрили концевые фрезы с 5, 7 и даже 11 канавками. Большинство из них предназначены для «спиральных» проходов инструмента (см. параграф «программирование») и для титана и суперсплавов, применение коих значительно увеличилось в аэрокосмической, медицинской и энергетической промышленности.



РИСУНОК 5-3: Концевая фреза с 4-канавками нарезает паз в заготовке из углеродистой стали.

Так называемые обдирочные концевые фрезы, как правило, имеют зубчатые кромки, за что их прозвали неофициальным, но крутым названием фрезы типа «кукурузного початка». Эти кромки нужны, чтобы ломать стружку при удалении толстого слоя металла. Ряд производителей, режущих инструментов также начали варьировать угол наклона винтовой резьбы и расстояние между канавками своих изделий. Такие концевые фрезы достаточно эффективны для снижения вибрации и стука, которые могут возникнуть во время современных высокоскоростных технологиях обработки с высокой подачей.

Конечно, концевые фрезы не могут выполнять все фрезеровочные операции, поэтому есть несколько других важных типов фрез:

» **Торцовые фрезы:** обработанные изделия часто начинают свой путь как большие блоки распиленного металла. В этом случае, первая операция состоит в том, чтобы «подготовить» поверхность фрезерованием до плоского состояния, то, с чем очень хорошо справляются торцовые фрезы. А поскольку режущие кромки на торцовой фрезе, как правило, имеют положительный угол подъема, таким образом увеличивается срок службы инструмента, а усилие резания направляется вверх и в сторону шпинделя - предпочтительные условия для почти любой операции механической обработки.

» **Фрезы для обработки уступов:** их используют для обработки вдоль наружной поверхности заготовки, обдирая уступы и края заготовки. Они - старшие братья, вышеупомянутым фрезам типа кукурузных початков. К сожалению, фрезы для обработки уступов оставляют шероховатую поверхность, поэтому почти всегда требуется чистовая операция с использованием концевых фрез.

» **Копировально-фрезерные станки:** в основном, это просто торцовые фрезы, которые используют круглые вставные резцы. Они в основном известны, что они легко справляются с черновой обработкой больших пазов, что делает их фаворитом среди производителей пресс-форм и всех, кому нужно выполнять операции «черновой обработки».

» **Резьбовые фрезы:** Если у Вас есть многоцелевой станок с ЧПУ, и Вам не нужны трудности с нарезанием резьбы, то Вам повезло. Резьбовые фрезы используются для обработки резьбовых отверстий, и они справляются с этим более быстро и точно, чем режущие и накатывающие метчики. Если Вы не начинали использовать их, самое время начать с программы (подробно о программировании резьбовых фрез в Главе 12).



ТЕХНИЧЕСКАЯ
ИНФОРМАЦИЯ

Фрезы торцовые, для обработки уступов, копировально-фрезерные и некоторые (более крупные по габаритам) концевые фрезы обычно используют индексируемые твердосплавные пластины. Поскольку маленькие куски твердого сплава дешевле, чем большие, это значительно снижает стоимость обработки. Кроме того, производители режущего инструмента постоянно создают очень крутые вставки со сложной геометрией, которые служат для уменьшения давления инструмента и увеличения срока службы инструмента. Это хорошее время, чтобы быть фрезеровщиком (или фрезеровщицей).

ПРЯМО ПО ЦЕНТРУ

Почему бы Вам не использовать специальный тип концевых фрез – тот, с мистическими центрорежущими способностями -для сверления отверстий. Он может вставляться в паз для сверления неглубокого отверстия с квадратным дном или раззенковки. В любом случае, концевая фреза действует как сверло и тем самым экономит драгоценное время. Однако не стоит увлекаться, поскольку концевые фрезы не так эффективны при сверлении отверстий, как сверла. Вдобавок, в таком использовании концевые фрезы имеют.

Ни с места! Не вращающиеся инструменты

Ранее в этой Главе я рассказывал о способах применения вращающихся инструментов на фрезерных станках и о том, что стационарные инструменты предназначены только для токарных станков. В основном это правда, или по крайней мере, раньше было. Это связано с тем, что все больше токарных станков с ЧПУ оснащаются «приводными инструментами», а иногда даже полноценными фрезерными шпинделями. Аналогично, многоцелевые станки также отступают от правил, особенно те, которые предназначены для обработки деталей размером с чемодан и более, и часто продаются с «токарными» функциями. Поэтому, не

стоит беспокоиться и пытаться определить инструменты в какие-то узкие категории. Просто используйте любой инструмент, который Вам нужен, который подходит к Вашему оборудованию, и в итоге все получится.

Не изменяем рычажным инструментам

Стационарные режущие инструменты иногда называют рычажными инструментами. Они конечно не похожи на рычаги на самом деле, но обычно они идут с квадратным хвостовиком, который крепится болтами или зажимами к револьверной головке станка, резцедержателю или каретке (в зависимости от типа токарного станка).

За исключением вставных резцов из БРС или токарных резцов с напайными твердосплавными пластинами (в наши дни они редко используются), практически все токарные инструменты индексируемые, то есть они имеют резьбовую или зажимную твердосплавную пластину. Как и в случае с фрезерными инструментами, индексируемые пластины часто бывают двусторонними и имеют несколько режущих кромок на одной поверхности, что обеспечивает экономичное использование и высокую производительность. Используйте их, везде где можете.

В произвольном порядке, здесь представлены наиболее часто используемые токарные инструменты. Конечно, эти искусные производители режущих инструментов постоянно разрабатывают новые, поэтому всегда следите за этими и другими способами повышения эффективности обработки:

Большие грузоподъемники

Также называемые «фасонными» резцами (нет, это тот фасон, о котором Вы подумали), эти индексируемые вставные резцы доступны в различных формах – квадратные и в виде параллелограмм (т.е. в виде алмазов) и отвечают за львиную долю работы по удалению металла во время обточки. Например, при обработке и облицовке вала можно использовать алмазный вставной резец с углом поворота 80, 55 или 35°, где разница в угле профиля резьбы режущей кромки (см. Рис. 5-4). Независимо от угла, эти инструменты обычно наклонены назад на 5°, для зазора как перед передней частью детали, так и перед любыми уступами.

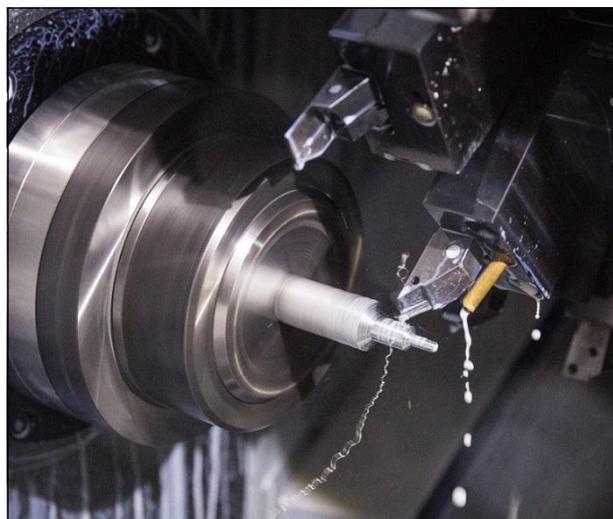


РИСУНОК 5-4: 35° градусный алмазный токарный резец производящий фасонную обработку на двусосном станке с ЧПУ.

Как правило, один вставной резец (называемый обдирочным резцом разумеется) используется для обдирки детали, затем чистовой резец используется для придания окончательной формы, снимая лишь небольшое количество материала. В случаях, когда требуется подрез где-то вдоль длины вала, то используется вставной резец 35° для снятия и удаления этой зоны - это обычная операция для многих метчиков, которым требуется «проточка для выхода резьбонарезного инструмента» сразу за резьбовой зоной. Если подрезы не требуются, то лучше всего использовать алмазный резец 80° или «тригон», с трехгранными режущими пластинами, а не эти жалкие двухгранные пластины как у ромбовидных вставных резцов.



ТЕХНИЧЕСКАЯ
ИНФОРМАЦИЯ

Режущие пластинки немного отклонены назад, чтобы можно было облицовывать квадратные уступы, процессе также известном как обточка торцевой поверхности. У производителей инструментов это называется углом обратного вывода (угол боковой подрезки), и хотя это наиболее широко используемый из всех конфигураций токарных инструментов, это отрицательно сказывается на сроке службы инструмента. Вот почему, тяжелая токарная обработка (и фрезерная) работает лучше всего, когда режущие инструменты имеют положительные углы подъема, чего можно добиться, наклонив алмазный или даже квадратный вставной резец (90°) вперед в резцедержателе. Для этих целей также хорошо подходят круглые вставные резцы (помните копировально-фрезерные станки?). Так или иначе, Вы существенно улучшите срок службы инструмента за счет положительного угла подъема, хотя давление резания несколько выше, поэтому убедитесь, что все жестко закреплено во избежание вибрации.

Попасть в колею

Канавки еще одна особенность деталей. Они используются для установки резиновых уплотнительных колец или сальников, обжимных колец для крепления сопряженных деталей на месте, или «уменьшить» соседний канавке диаметр, создавая острый внутренний угол у уступа (см. Рис. 5-5).

«Резцы для проточки канавок» можно классифицировать по типу проточки на резцы для наружных, внутренних и торцовых канавок, так называемое трепанированием. Из-за разной ширины, формы и глубины, не говоря уже составе материалов заготовки, существуют много резцов для нарезания канавок.

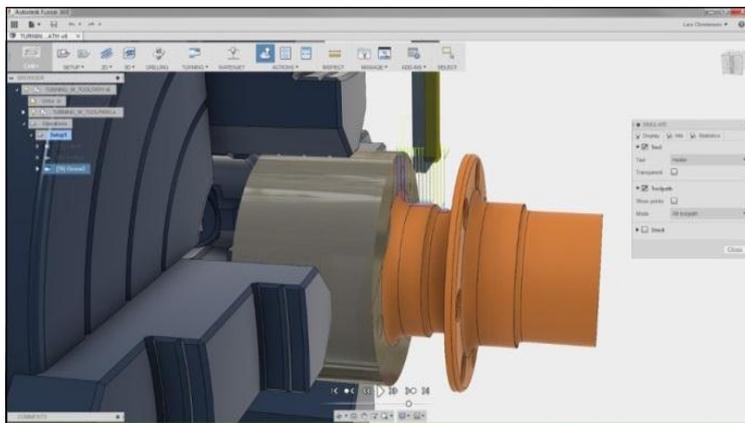


РИСУНОК 5-5: Нарезание канавок с обратной стороны заготовки с помощью ЭВМ.

Большинство станков для точения канавок погружается в заготовку в радиальном направлении резки (т.е. перпендикулярно длинной оси токарного станка). В случае нарезания внешних канавок инструмент движется к центральной линии; а внутренних канавок наоборот, от центра к внешней части детали. Некоторые станки также могут поглощать боковое давление инструмента, что делает их пригодными для ограниченной обточке. Они, соответственно, известны как вставные резцы для точения канавок.

Трепанирующие резцы - это особый тип резцов для нарезания канавок, которые используются для выточки кольцевых канавок на поверхности заготовки или уступе детали. Поскольку трепанирующие резцы довольно хрупкие, многие производители трепанирующих инструментов используют тонкие циркулярные лезвия формой напоминающие нижнюю половину буквы С для поддержки твёрдосплавного вставного резца.

Резцы для внутренних канавок, которые чаще называют прутками для прорезания канавок, должны вставляться в предварительно просверленные отверстия (более подробно об этом далее), и поэтому часто имеют слишком маленький диаметр для размещения индексируемой режущей пластины. В таких случаях твердосплавные прутки, имеющие форму инструмента для проточки канавок на одном конце – это именно то, что нужно (напоминают перевернутую букву L).



ТЕХНИЧЕСКАЯ
ИНФОРМАЦИЯ

Большинство токарных станков оснащаются автоматическим устройством подачи прутка, т.е. длинный стержень заготовки может проходить через шпиндель станка. Такая «прутковая» заготовка зажимается патроном токарного станка на одном конце и поддерживается прикольным устройством, называемым прутковым питателем на другом. В этом сценарии, специальный резец для канавок, называемый «отрезным резцом», используется для удаления заготовки из прутка после завершения токарной обработки, словно нарезание пепперони на ломтики.

Тонкие нити

Известно, что на токарных станках нарезают резьбу. На самом деле, некоторые токарные станки до сих пор называют винтонарезными станками, что относится к механическим токарным станкам с кулачковым приводом, предшественникам современных токарных станков с ЧПУ.

Старомодные винтонарезные станки нарезают наружную резьбу (например, болты и винты) с помощью резьбонарезных штампов (противоположных метчику) или с помощью резьбовых «плашек», небольших навесных приспособлений, которые работают так же, как резьбонакатный инструмент, но не требуют перестановки шпинделя. На них также может использоваться аналогичное крепление станка, резьбонакатный ролик для наружной резьбы.

К счастью, эти старые способы нарезания резьбы в значительной мере остались механическими винтонарезными станками. Метчики, по-прежнему, часто используют на токарных станках с ЧПУ, особенно когда у резьбовых отверстий размеры примерно 1/2 дюйма и меньше, но большинство наружной резьбы нарезается во время процесса, известного как нарезание резьбы однолезвийным инструментом.

Как это работает? Если Вам не терпится узнать, прочтите Главу 11, где это описывается в подробностях, а также другие вопросы программирования. Сейчас Я хочу сказать, что для нарезания резьбы одним лезвием требуется однолезвийный инструмент-требуется резьбонарезающий резец. Вкратце – для того, чтобы выполнять свои функции.

Существует несколько типов однолезвийных резцов. Все они похожи на резцы для канавок, но с классической V-образной формой для нарезания резьбы, а не с прямоугольным профилем, как у резцов для канавок. Полнопрофильный резец одновременно нарезает верх, низ и боковые стороны резьбы. V-профильный резец срезает дно и боковые поверхности, и вероятно, является наиболее популярным инструментом для нарезания резьбы, поскольку обеспечивает лучший контроль размеров резьбы.

Инженеры-технологи разработали озадачивающее разнообразие видов резьбы: метрические и имперские, резьба Витворта, трапецеидальная, лево и правосторонняя, тонкая и крупная, упорная, трубная, велосипедная резьба, не говоря уже о всех различных видах резьбы, использующихся в костных винтах и других имплантируемых приспособлениях.

Хорошая новость в том, что большинство всех видов резьбы, которые сегодня можно найти в цехах механической обработки, можно нарезать с помощью относительно небольшого количества вставных резцов, и довольно легко программируются стоит в этом разобраться. Продолжайте читать, если хотите понимать, как это делается.



СОВЕТ

Еще один режущий инструмент, обычно используемый на механических винтонарезных станках, - это фасонный резец. Поскольку этим простым станкам были недоступны многокоординатные движения как на станках с ЧПУ, профили деталей обычно шлифовали прямо на поверхности режущего инструмента. Полученный в результате фасонный резец затем врезался в заготовку при соответствующей скорости подачи, таким образом «формируя» желаемую форму детали.

Ничто не мешает Вам выполнить это действие на токарном станке с ЧПУ, но тогда зачем вообще нужны станки с ЧПУ? Можно ведь легко сэкономить приблизительно сто тысяч долларов, купив подержанный винтонарезной станок. Конечно, если найдете человека способного его настроить или заточить необходимые фасонные резцы. Многие из этих людей уже на пенсии.

Уже не так скучно

Расточку оставили напоследок, поскольку она может относиться, как и к токарным операциям, так и к фрезеровочным. Независимо от конструкции станка, для операции расточки требуется расточная оправка. Это можно сделать одним из нескольких способов: путем пайки (что-то типа сварки) куска из твердого сплава к хвостовику расточной оправки, также шлифовкой расточной оправки из куска твердого сплава (предпочтительный метод) или покупкой индексируемой расточной оправки в Вашем местном магазине инструментов.

Рассматриваемую расточную оправку затем можно прикрепить болтами к одной из позиций револьверной головки токарного станка (или к резцедержателю, если Вы работаете на токарном станке с ручным управлением) и использовать почти так же, как и внешний токарный резец. На самом деле, некоторые люди называют расточку «протачиванием». По моим скромным соображениям, они не правы, но это совсем другой разговор.

Этот процесс немного сложнее на многоцелевом станке. Здесь необходима регулируемая расточная головка. Вставьте расточную оправку в расточную головку (иногда одновременно используются две оправки сразу), затяните ее, затем поместите всю установку в шпиндель многоцелевого станка. Размер полученного отверстия достигается путем вращения небольшого регулировочного винта на боковой части расточной головки, пока заготовка не примет соответствующие характеристики. Такая конструкция далеко не

такая жесткая, как у токарного станка, поэтому на многоцелевых станках расточка используется исключительно для чистовой обработки. Но, иногда Вы просто должны делать то, что должны делать как механик.

Советы по резке

Выбор лучшего режущего инструмента (и его покрытия) для обработки зависит от множества факторов, включая тип материала, необходимого обработать, сколько его нужно удалить, как быстро его нужно удалить, и сколько деталей нужно произвести. Добавьте к этому необходимость выбирать из буквально десятка поставщиков режущих инструментов, многие из которых будут утверждать, что предлагают самое лучшее оборудование, смотрите, Вам, не сломайте голову. Лучший совет - выбрать одну или две компании, которые предлагают хорошую сервисную поддержку, и узнать все, что Вы можете узнать у них и их отдела продаж (и, конечно же, закончить чтение этой книги).



СОВЕТ

Такие материалы, как нержавеющая сталь и алюминий, имеют тенденцию образовывать длинные, волокнистые стружки. Будьте осторожны, это может быть довольно опасно, если стружка обернется вокруг пальца, то Вам, возможно, придется отказаться от игры на пианино или научиться ловить мяч левой рукой. Идеально сформированные стружки С и 9-образной формы (или 6-образной, если пожелаете). Нет никакого секрета в достижении хорошего контроля над удалением стружки. Для этого требуются правильные рабочие параметры (известные в цеху как подачи и скорости), режущие инструменты с хорошими характеристиками разбивания стружки, правильное нанесение смазочно-охлаждающей жидкости и различные другие магические приемы, практикуемые опытными токарями. Изучите эти уловки. Ваши пальцы скажут Вам спасибо.

В этой главе:

1. *Привет патрону*
2. *Как правильно: тиски или тизки*
3. *Приспособления из ванной комнаты*
4. *Быстрое обнуление*
5. *Магнитные и вакуумные патроны*

Глава 6. Зажимные устройства: держим крепко

Лучшая награда в нашей жизни – это заниматься делом, которое того стоит.

—ТЕОДОР РУЗВЕЛЬТ

Попробуйте поднять свою машину, не заклинив предварительно колеса, и Вы станете свидетелем того, как она покатится по дороге (или просто упадет на Вас). Правильная фиксация деталей для обработки не менее важна не только для обеспечения высокого качества деталей, но и для обеспечения Вашей безопасности. К счастью, доступно множество зажимных устройств; большинство из них хороши, некоторые даже превосходны, некоторые же изменяют весь бизнес Вашего цеха.

подавляющее большинство зажимных устройств попадает в одну из двух категорий: патроны или тиски. Как правило, они соответствуют типу станка, на котором они используются, и форме деталей, которые удерживают. Например, на передней бабке типичного двуосного токарного станка установлен патрон, который используется для обработки круглых деталей (или для округления круглых элементов, таких как отверстия и шейки, на некруглых деталях). Большинство многоцелевых станков оснащены тисками или группой тисков, идеально подходящих для крепления квадратных или прямоугольных заготовок.

Но (и это довольно большое, но) патроны можно легко изготовить для крепления прямоугольных деталей, так же, как круглые детали можно поместить в тиски. Кроме того, токарные станки и фрезы могут быть оснащены зажимными приспособлениями и выверочными плитами, магнитными или вакуумными патронами, зажимными патронами и даже двухсторонней лентой. Как существует бесконечное разнообразие заготовок, столько же и способов их крепления. Так что держитесь крепче - мы рассмотрим самые распространенные (да, даже ленту), расчищая путь к безопасной, надежной и точной обработке.

Патронные токарные станки

Зажимной патрон на токарном станке, как Арнольд Палмер в гольф-клубе. И точно так же, как Король гольфа схватил свою любимую клюшку, чтобы выбить мячик из песка, механик мог бы использовать двух-кулачковый патрон, для захвата квадратной заготовки, или пневматический патрон, способный схватить тонкостенное кольцо. Если Вы никогда не видели его раньше, то патрон - это большой, тяжелый кусок металла, похожий на круглую форму для запекания или банку с краской (см. Рис. 6-1). Один конец патрона либо прикреплен болтами к шпинделю токарного станка, либо привинчен к нему, а другой конец состоит из группы съемных металлических кусков, называемых кулачками, которые

захватывают деталь при ее вращении. Прежде чем начать рассказ о различных типах кулачков и патронов, давайте рассмотрим, как они работают:

» **Механический патрон:** Посмотрите на любой токарно-винторезный станок, и наверняка увидите универсальный патрон с тремя кулачками, установленный на передней бабке. Многие из них оснащены Т-образным гаечным ключом с квадратным ключом на одном конце, который вставляется в совмещающееся отверстие на боковой поверхности патрона. Поверните гаечный ключ, и он направит шестерню к сопряженному спиральному диску (у некоторых патронов червячная шестерня) внутри патрона, в результате чего кулачки открываются или закрываются.

» **Гидравлический патрон:** Есть одна небольшая проблема с патронами - центробежная сила стремится открыть их. Это не очень большое основание для тревоги на ручных станках с их ограниченным числом оборотов, но на шпинделе токарного станка с ЧПУ скорость может легко достигать 4000 об/мин и более. Если воспользуетесь механическим патроном на этих оборотах, и Вам, возможно, придется внезапно пригнуться, когда Ваша заготовка пролетит через помещение цеха. Производители станков значительно уменьшили эту проблему с помощью патронов с гидравлическим управлением (также известных как механизированные патроны), в которых находится механизм клинового типа, а не зубчатая передача, и оказывается постоянное давление на заготовку, которая противодействует центробежной силе. А поскольку нет ключа для поворота (только ножная педаль), зажим и разжим происходит намного быстрее, что повышает производительность.

» **Пневматический патрон:** Сжатый воздух - еще один хороший способ управления патроном. Хотя Вам будет сложно найти производителя станка с ЧПУ, предлагающего пневматический патрон в качестве стандартного оборудования, любой токарный станок легко им оборудовать дополнительно. Также называемые мембранными патронами, они, как правило, более точные, чем их аналоги с гидравлическим управлением, и могут устанавливаться до очень низких зажимных давлений, что делает их идеальными для зажима хрупких деталей или там, где важна concentricity между первым и вторым рабочими диаметрами



СОВЕТ

Патроны тяжелые. 8-дюймовый патрон вместе с кулачками весит около 25 фунтов. Может показаться, что это не так уж много, но, когда Вы стоите, наклонившись над токарным станком, на протяжении 5-ти минут, пытаетесь вставить проклятую вещь в тубус, Вам возможно понадобится горячая ванна с английской солью, когда Вы вернетесь домой. При наличии, используйте подъемник и крюк с проушиной, чтобы поднять патрон; если нет, возьмите брусы 2 x 4 и соберите опорную раму внутри установки, затем используйте ее для поддержки патрона (и своих рук) во время его монтажа.

Все перечисленные зажимные методы могут время от времени использоваться и на многоцелевых станках; однако, как Вы узнаете чуть позже в этой Главе, подавляющее большинство тисков фрезерных станков - механические, то есть зажимаются вручную. При операциях фрезерования, и патроны и тиски, как мы надеемся, остаются неподвижными, следовательно центробежные силы здесь не доставляют таких проблем как на токарном станке, хотя все еще можно утверждать, что оснащение многоцелевого станка тисками с воздушным или гидравлическим управлением обеспечивает более предсказуемый и безопасный метод зажима по сравнению с ручным, вдобавок оператор будет меньше уставать.



РИСУНОК 6-1: Трехкулачковый патрон на станке с ЧПУ. «Мягкие» кулачки на конце были обточены для крепления круглых заготовок.



ВАЖНЫЕ
ДЕТАЛИ

Что будет если слишком сильно затянуть трехкулачковый патрон? Ваша заготовка может легко стать треугольной или «триангулированной». К сожалению, триангуляцию часто упускают из виду. Ее нельзя обнаружить с помощью двухточечного измерительного устройства, такого как микрометр, потому что «границы» треугольной детали прямо противоположны друг другу, и деталь кажется совершенно круглой, но на самом деле она извращенная, как политик (здесь «crooked» с англ. – и «продажный» и «неровный»). Решение состоит в том, чтобы всегда перепроверять отверстия и наружные диаметры с помощью координатно-измерительной машины (КИМ), кругломера или трехточечного микрометра (подробнее в Главе 10).



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Это называется гистерезис. Когда вращающийся патрон внезапно замедляется или начинает крутиться в обратную сторону - это происходит регулярно на токарных станках с ЧПУ – то имеется тенденция к увеличению давления в кулачках. Это может деформировать или даже сломать заготовку, особенно с тонкими стенками или из мягкого материала, такого как алюминий. Некоторые производители патронов компенсируют гистерезис с помощью противовесов внутри корпуса патрона, которые оказывают давление в противоположном направлении во время замедления, тотчас же останавливая гистерезис.

Решаем какие кулачки использовать и сколько

Большинство токарных станков с ЧПУ поставляются с завода с трехкулачковым механизированным патроном. Их легко устанавливать, они мощные, и, при условии использования подходящих кулачков, отлично способны удерживать большинство деталей токарного станка. Как уже упоминалось ранее, иногда требуется иной подход. Например, двухкулачковые патроны прекрасно справляются с захватом квадратных или прямоугольных деталей - небольшие гидравлические коллекторы, для которых требуется, например, резьбовое отверстие с одной стороны, или детали странной формы, например, коленчатый патрубок.

У некоторых патронов четыре или даже шесть кулачков, хотя они чаще используются на ручных токарно-винторезных станках. В большинстве случаев зажимные кулачки двигаются в унисон (так называемые универсальные патроны), но четырехкулачковые патроны часто рассчитаны на независимую работу, позволяя легко захватывать

прямоугольные заготовки или смещенные от центра заготовки неправильной формы. И поскольку каждый кулачок регулируется независимо, сторонники утверждают, что патроны с четырьмя кулачками могут быть «введены» более точно, чем универсальные патроны.

Кулачки на большинстве патронов токарных станков с ЧПУ имеют зубчатое дно 1,5 мм х 60 градусов, которое устанавливается на сопряженную подвижную направляющую на лицевой поверхности патрона и крепится с помощью пары болтов и Т-образной гайки. Однако, как и для большинства всего остального в мире обработки, существует ряд различных стандартов, от кулачков с крестообразным креплением до кулачков с квадратным мелкозубчатым соединением.

Независимо от типа патрона или его монтажного исполнения, цехам рекомендуется оборудовать каждый токарный станок набором закаленных и заточенных верхних кулачков. Они используются для удержания прутковой заготовки и материалов, распиленных для токарных работ, и имеют небольшие зубцы на зажимной поверхности, которые врезаются в материал. Для вспомогательных работ, обычно используют обрабатываемые мягкие кулачки из стали 1018 или даже алюминия, которые крепятся болтами к зажимному патрону и расточены, под заготовку.

Мягкие кулачки удобны для мелкомасштабного производства, но важно отметить, что металл со временем устает и может деформироваться, что приводит к потере точности и способности зажима. Кроме того, металлическая стружка и мелкие фракции могут попасть в кулачки и привести к небольшим вмятинам на заготовке. Внимательно следите за обоими этими состояниями и при необходимости переточите кулачки. А для массовой или повторяющейся работы, будет неплохо закалить и заточить кулачки под специфические заготовки. Иногда лучше захватить всю окружность заготовки, избегая, таким образом, такой неприятной ситуации, как триангуляция. Это также увеличивает площадь поверхности захвата, и детали становятся более устойчивыми в патроне. В этом случае можно использовать патрон с шестью кулачками (шестикулачковый патрон), хотя, вероятно, легче просто сделать «секторные кулачки» в форме пирога из двух трехкулачковых патронов. Как Вы уже могли догадаться, секторные кулачки по форме напоминают упомянутый всеми любимый десерт и полностью обхватывают заготовку.



СОВЕТ

Как и в большинстве механических систем, патроны подвергаются небольшому зазору между сопряженными компонентами. Это называется люфт, и для достижения лучшей точности при расточке мягких кулачков, необходимо устранить люфт, сначала зажав что-то твердое в патроне. Подойдет кусок металлолома или старая деталь, завалившаяся на дне Вашего ящика для инструментов, но набор колец для устранения люфта, регулируемое расточное кольцо или инструмент для расточки - более элегантное и предсказуемое решение.

Эй, цанга!

О цанговых патронах и других типах крепления инструментов Я подробно рассказываю в Главе 7, сейчас же Вы должны знать, что цанговые патроны также можно использовать для удержания деталей. Фактически, на многих токарных станках меньшего размера, таких как многорезцовый токарный станок и токарный автомат продольного течения, редко, если вообще используется традиционный кулачковый патрон, вместо этого они используют цанговые патроны. Кроме того, большинство токарных станков, патронов и винтовых зажимов оснащены цанговыми патронами, которые к тому же разжимаются и зажимаются с помощью ручного рычага, а не гаечного ключа.

Что же такое цанговый патрон? Для наглядности, возьмите один из одноразовых красных стаканчиков, оставшихся с конкурса литрбола, на прошлых выходных. Поставьте

его на кухонный стол и аккуратно порежьте примерно полдюжины вертикальных прорезей вдоль его края, примерно до середины. Теперь обхватите руками верхнюю часть и сожмите - посмотрите, как легко этот, когда-то жесткий стаканчик смялся? Убедите своего друга засунуть туда свою руку, и он будет чертовски долго вытаскивать ее обратно.

Это основная идея цангового патрона, за исключением того, что патроны сделаны из стали или железа разумеется, а вместо Ваших рук представьте тщательно отшлифованную наклонную поверхность. При вытягивании цангового патрона назад по отношению к конусу (некоторые патроны выдвигаются вперед), металлический цанговый патрон немного сжимается, надежно фиксируя все, что находится внутри, в данном случае, заготовку.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Большинство цанговых зажимов навинчиваются на резьбовой направляющий тубус. Когда этот тубус и прикрепленный к нему цанговый патрон отодвигаются к конусу, заготовка движется вместе с ней. Однако, это может создать проблемы. Например, одна из типичных токарных операций - это вставление детали в цанговый патрон и торцевание по длине. Но поскольку патрон не перестает двигаться, пока он плотно не прижмется к заготовке, любые изменения диаметра заготовки приводят к несогласованности длины детали (т.е. меньшая заготовка позволяет цанговому патрону отодвинуться дальше, а большая - меньше). Чтобы избежать этой ситуации, диаметр заготовки должен быть постоянным или должен использоваться патрон с «неподвижной в осевом направлении цангой». Они предназначены для устранения отката, который имеется на других цанговых механизмах, но они создают меньшее усилие зажима и в основном используются для резки со снятием тонкой стружки и чистовой обработки.

Два наиболее популярных типа цанговых патронов, используемых сегодня, это 5С и 16С типа Хардинг (Hardinge) (см. Рис. 6-2), хотя еще целая куча таких по-прежнему используются на винтонарезных и токарно-револьверных станках. Браун и Шарп, Индекс, Дэвенпорт, Лодж и Шипли - каждый тогда хотел иметь цанговый патрон своего собственного производства. Если бы это касалось автомобилей, то сегодня шины стоили бы в десять раз дороже, своих нынешних, и без того непомерных цен, а склады шин были бы больше, чем футбольные стадионы.



РИСУНОК 6-2: Цанговый патрон 5С – один из широко используемых зажимных устройств для небольших станков. Только остерегайтесь эффекта отката.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

В результате этой многолетней индустриальной неразберихи, существуют, в буквальном смысле, десятки типов цанговых патронов и сотни размеров и форм, хотя многие из тех, кто отвечал за их дизайн, давно прекратили свою деятельность. Хорошей новостью в том, что большая часть «пыли»,

связанной с запатентованными цанговыми патронами осела, несмотря на это некоторые поставщики инструментов продолжают разрабатывать новые системы крепления деталей (некоторые из которых, по общему признанию, довольно хороши), в результате чего механические цеха ломают голову над тем, в каком направлении двигаться.

Как и секторные кулачки, цанговый патрон обхватывает заготовки по всей периферии. Доступны мягкие цанги (также известные как цанговые патроны для единичных работ), которые должны быть обработаны в соответствии с конкретным типом заготовки. Также предлагаются стандартные размеры закаленных и обточенных цанговых патронов для практически всех обычно выпускаемых круглых, шестигранных и квадратных прутковых заготовок. А поскольку цанговые патроны обычно ограничены диаметром направляющего тубуса станка, доступны так называемые ступенчатые цанговые патроны, которые значительно увеличивают доступный диаметр и длину цанговых патронов типа 5С, 16С и др.

До сих пор я говорил только о захвате внешней поверхности деталей. Имейте в виду, что патроны с гидравлическим, пневматическим и даже механическим управлением прекрасно работают в любом направлении, и их можно проектировать так, чтобы они зажимали деталь как снаружи, так и изнутри. Кроме того, доступны различные встроенные цанговые патроны. Иногда их называют разжимными оправками или оправками для закрепления деталей, все они должны быть обработаны, чтобы подходить заготовке, или изготовлены спецзаказом у производителя.

Валы

Это основное правило обработки. Детали должны быть надлежащим образом закреплены, иначе их отбросит от режущего инструмента и это приведет к сокращению срока службы и браку детали. Хорошее правило для большинства металлов - иметь вылет не более 2:1, что означает, что прутковая заготовка диаметром в 1 дюйм должна выступать из патрона не более чем на пару дюймов. Как и большинство рекомендаций, эта не более чем рекомендация и деталь может выступать немного больше особенно если с другой стороны она надежно закреплена. Но стоит превысить соотношение 4:1, и Вы наприситесь на неприятности.

И все же многие обрабатываемые детали довольно длинные и тонкие. Они называются валами, и используются везде, от автомобильных осей до печатных машин (см. Рис. 6-3). Нет ничего необычного в том, чтобы вращать вал диаметром один или два дюйма и пару футов в длину. Другой вопрос, как обрабатывать такие заготовки, не разбивая все вокруг?

Как обернулось (оцените игру слов), это довольно легко. С тех пор как люди строят токарные станки, они устанавливали на них задние бабки именно для такой работы. Посмотрите на любой станок с ЧПУ или на токарно-винторезный станок - видите этот большой кусок железа с правой стороны, который скользит взад-вперед и с коническим отверстием на своем конце, прямо напротив патрона? Это отверстие принимает принадлежность, под названием вращающийся центр, который выглядит как большой, толстый карандаш. (На ручных токарных станках задние бабки также используются для удерживания сверла для проделывания отверстий). Вращающиеся центры включают ряд вращающихся подшипников, которые позволяют остроконечному концу вращаться вместе с заготовкой, поддерживая ее во время токарной обработки.



Рисунок 6-3: Вал на двуосном станке с ЧПУ. Слева трехкулачковый механизированный патрон с закаленными верхними кулачками, зажимает заготовку, удерживаемую задней бабкой.

Однако остается еще одна проблема. А как насчет сечения вала, который все еще внутри патрона - как Вы собираетесь обработать эту часть? Опять же, есть простое решение. Торцовые поводки похожие на вращающиеся центры, но имеют ряд острых выступов, которые врезаются в конец заготовки. Установите один в патрон, установите левый конец детали против него, поднимите вращающийся центр, чтобы поддержать правый конец, и начните обрабатывать. И поскольку при это задействована лишь поверхность заготовки, то весь наружный диаметр становится доступен для токарной обработки.



ПОМНИТЕ

Поскольку Вы не можете просто засовывать металлический предмет в форме карандаша в конец заготовки и ожидать хороших результатов, для работы задней бабки и торцового поводка требуется небольшая подготовка. Вот почему Вы должны сначала сделать небольшое отверстие на поверхности заготовки с помощью - как Вы уже догадались - центровочного сверла, которое представляет собой инструмент, разработанный специально для проделывания отверстий специфических форм на концах деталей, которые в последствии будут обрабатываться или шлифовать между центрами.

Пишите правильно тиски, а не тизки: перпендикулярные зажимные устройства

Достаточно о станках. Давайте поговорим о зажимных устройствах на многоцелевых станках, начиная с тисков. Но сначала, позвольте спросить, прочитали ли Вы о механическом, пневматическом и гидравлическом креплениях несколько страниц назад? Это в равной степени применимо и здесь. Как и токарные и цанговые патроны, фрезеровочные тиски можно открывать и закрывать вручную или нажатием кнопки. (см. экскурс «Почему такой разболтанный?» для небольшого одностороннего разглагольствования о механических тисках).

Если конечно у Вас нет тисков в Вашем гараже (а у меня есть), далее по порядку пойдут некоторые описания. Взгляните на рисунок 6-4. На нем показаны обычные тиски, СОЖ и все. Он работает по тому же принципу, что и винты, которыми крепится большой

дверной молоток в виде головы льва к вашей входной двери, или те, которые скрепляют Ваш деревянный парусник. Поворачивая большой винт, который проходит по центру тисков, подвижная губка выдвигается к неподвижной губке сзади, зажимая заготовку между ними и надежно удерживая ее на месте.

Как и в случае с токарными патронами, на рынке доступно большое количество губок для тисков. Некоторые из них закаленные и обточенные «ступенчатые» губки с небольшими выступами для установки детали, и удерживания ее вдоль нижнего края. Некоторые из них поддаются механической обработке и могут быть изготовлены для установки деталей неправильной формы, таких как отливки, или даже для захвата круглых деталей. А для самых простых губок (которые идут «бесплатно» в комплекте с тисками) требуется использование «параллельных подкладок» (тонкие пластины из листового проката точного шлифования) для поддержки заготовки и поднятия ее на нужную высоту в губках тисков. Они, однако, не рекомендуются для производственных работ.



РИСУНОК 6-4:Тиски токаря в действии

Почему такой разболтанный?

Когда в цеху получают свой первый многоцелевой станок с ЧПУ, многие выбирают путь наименьшего сопротивления и шлепают на верстак несколько проверенных и истинно шестидюймовых токарных тисков, зажимное устройство, которое они использовали годами на своем ручном консольно-фрезерном станке. Эх. Но в чем проблема, спросите вы? На самом деле их несколько. Если заготовка даже слегка скользит в механических тисках, то вероятно, продолжит движение и, возможно, окажется висящей в воздухе; механизированные тиски (при условии, что Вы подаете правильное давление), как правило, более безопасны. Гидравлические и пневматические тиски более устойчивы, чем механические, что обеспечивает лучшее качество деталей. А поскольку нажимать кнопку легче, чем запускать гаечный ключ, утомляемость оператора является меньшей проблемой при ограничении мощности, и, следовательно, эффективность выше. Мало кто будет утверждать, что правильно обслуживаемые механические тиски выполняют свою работу и стоят намного дешевле, чем полуавтоматическая зажимная система. Тем не менее, Вы бы предпочли вертеть ручку, чтобы опустить окно в Вашем автомобиле или нажать кнопку?

Идти ва-банк

В отличие от токарных станков с ЧПУ, которые не могут производить более одной детали за цикл, многоцелевые станки с ЧПУ могут производить столько деталей, сколько Вы можете уместить на верстаке. Однако никакие тиски токаря не могут надежно удерживать более двух частей одновременно, по одной на каждом конце тисков; попытайтесь удержать больше, и другие в конечном счете ослабятся. Это важный момент при обработке сотен

деталей, так как верстаки на многих многоцелевых станках достаточно велики, чтобы вмещать два или три токарных тисков.

Есть несколько способов обойти это, самый простой из которых - использовать двойные тиски. Как следует из названия, двойные тиски имеют фиксированную губку в центре и подвижные губки на обоих концах, что удваивает количество деталей за цикл. Такая конфигурация также позволяет механику завершить первую операцию по фрезеровке на одной стороне тисков, затем перевернуть деталь и обработать деталь сзади (при условии, что деталь может быть закончена за две операции).

Для по-настоящему высокопроизводительных работ, что в современных условиях обработки означает более 1000 с лишним деталей, - требуется втиснуть как можно больше деталей на верстак многоцелевого станка. Это позволяет станку работать часами, пока Вы играете в карты в офисе или, что еще лучше, настраиваете следующий станок (все это предполагает, что Ваш цех оборудован для автоматической обработки, о чем я расскажу далее в Главе 13). Одним из способов достижения этой цели является использование уплотненного зажимного устройства - обычно это небольшие зажимы или миниатюрные тиски, прикрепленные к съемной верхней пластине, что позволяет обрабатывать сотни или даже тысячи деталей за один проход.

Это один из примеров зажимного приспособления, изготовленного на заказ устройства для зажима одной или нескольких заготовок. Зажимные приспособления часто предназначены для вторичной обработки деталей, которые либо слишком хрупкие, чтобы их можно было удерживать в тисках, либо там, где точность тисков не соответствует допускам на детали.

В многие цеха проектируют и делают свои собственные зажимные приспособления, хотя некоторые могут отправить свои требования в специализированный цех с запросом: «Вот, изготовьте мне зажимное приспособление, я слишком занят». Также можно построить зажимное приспособление в стиле комплекта установочного оборудования, используя модульные, предварительно собранные инструменты, хотя это часто лучше всего подходит для работы с малыми объемами и прототипами.

Не так быстро

Давайте на минуту вернемся в токарный цех. Представьте, что Вам нужно обработать коническую или сферическую форму на одном конце прямоугольного стального блока. Это было бы трудно сделать на многоцелевом станке, но обработка таких форм - сущий пустяк на токарном станке с ЧПУ. Тем не менее, Вам понадобятся две вещи: зажимное приспособление, способное надежно удерживать заготовку и планшайба для ее крепления, которая, в свою очередь, прикреплена к шпинделю токарного станка.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Смещенный от центра прямоугольный стальной блок, вращающийся со скоростью более нескольких сотен оборотов в минуту, может качаться так сильно, что заставит станок танцевать на полу (и, вероятно, в процессе повредит подшипники шпинделя). Любые зажимные приспособления, предназначенные для использования на токарном станке с ЧПУ, должны быть разработаны с учетом этого «фактора вращения» и, вероятно, также отправлены на балансировку.



СОВЕТ

Чтобы максимально увеличить производительность станка с уплотненным зажимным устройством, Вам необходимо сконструировать два зажимных приспособления. Одно будет находиться внутри многоцелевого станка, надежно удерживая детали, другое - настольный (или, что еще лучше, в

устройстве автоматической смены поддонов) снаружи станка. Это позволяет оператору убирать готовые детали, с предыдущего цикла станка, и загружать освободившееся зажимное приспособление сырыми заготовками, сокращая время простоя и избегая нагрузки на спину оператора, возникающей из-за необходимости тянуться внутрь станка для загрузки и разгрузки деталей.

В пять раз лучше

Как я обсуждал в Главе 2, пятикоординатные многоцелевые станки - это новинка во фрезеровании. Благодаря их способности выполнять намного больше работы за одну операцию, чем их трехкоординатные коллеги, они меняют способы изготовления деталей в цехах. Но хотя пятикоординатные станки обладают потрясающими возможностями, есть одна маленькая деталь (на самом деле их несколько), которую следует рассмотреть, прежде чем инвестировать в нее. Вы бы также лучше планировали инвестиции в тиски.

Это потому, что пятикоординатным станкам нужно много места в помещении (см. рисунок 6-5). Там, где режущий инструмент на стандартных трехкоординатных многоцелевых станках всегда перпендикулярен верхней поверхности заготовки (ограничивая работу, которую можно выполнить по бокам детали), у пятикоординатных станков легкий доступ ко всем сторонам заготовки, кроме нижней. Однако, это создает потенциальные проблемы с зазором между концом шпинделя, верстаком станка, держателями инструмента и зажимными устройствами, ситуация, легко устраняемая, путем поднятия заготовки выше верстака, чем это было бы необходимо на трехкоординатном станке.



РИСУНОК 6-5: Пятикоординатным многоцелевым станкам необходимы тиски и зажимные приспособления для обеспечения достаточного зазора.

Производители инструментов прислушались к этой потребности, и ассортимент высоких, тонких, но прочных специальных тисков и промежуточных плиток теперь легко доступен. Большинство из них рассчитаны только на одну деталь и требуют предварительной обработки заготовок с помощью специальной направляющей типа «ласточкин хвост» или аналогичной формы, используемой для зажима, которая отфрезеровывается после обработки детали. Однако, некоторые тиски могут захватывать несколько деталей одновременно. Некоторые являются «самоцентрирующимися» и

зажимают детали с обеих сторон (важная особенность для выполнения чистовой обработки). Некоторые сделаны полностью из инструментальной стали, в то время как другие изготовлены из инструментального алюминия (но с губками из закаленной стали).

Горизонтальный держатель

В Главе 2, я упоминал зажимные устройства для горизонтальных многоцелевых станков, поворотных столов и цапф, а теперь немного подробнее о них. Зажим деталей на этих станках и их приспособлениях поднимает вопрос о некоторых важных аспектах. Для начала Вам, вероятно, понадобится многоместная зажимная стойка или даже две- это большие чугунные блоки, к которым прикреплены тиски или другой тип зажимного приспособления. Поскольку у многоместной зажимной стойки обычно, по меньшей мере, две стороны, а чаще четыре или более, стоимость оснащения такой стойки инструментами значительно возрастает - четыре тисков, четыре зажимных приспособления, четыре комплекта уплотненных зажимных устройств.

ОБНУЛЯЕМ ВРЕМЯ ПРОСТОЯ

В прошлом бездействие станка в течение нескольких часов, пока готовилась следующая работа, было обычным делом. Уже нет. Если цеха не делают все возможное, чтобы сократить время наладки, то им не придется долго беспокоиться о таких вещах, как прибыльность или качество деталей, потому что они, вероятно, скоро прекратят свою деятельность. Одним из лучших мер, чтобы избежать это - быстросменный держатель инструмента. О том, как быстро сменить держатель инструмента я расскажу в следующей главе, а в области зажимных устройств Вам нужно знать только одно: нулевая точка.

У нулевой точки много синонимов и много итераций. Во многих зажимных устройствах используется точно отшлифованный вали втулка, вместе с каким-нибудь замковым механизмом. Тут я не буду вдаваться в подробности, потому что большинство систем с нулевой точкой являются запатентованными, и я не хочу ничего слышать от какого-либо юриста. Просто найдите, что установка набора зажимов с нулевой точкой на тиски, вакуумный патрон, крепеж или любое другое приспособление для крепления, которое в настоящее время используется в Вашем цеху, может сократить время переключения с нескольких часов до нескольких минут - ослабьте пару винтов, снимите тиски (или что-то еще) со станка, установите новые на это место, и Вы снова в седле. Нет больше затяжки болтов, наборов кода, подбора краев или других мучительно медленных процедур настройки.

Во-вторых, многие горизонтальные станки оснащены устройством автоматической смены поддонов, которое при использовании в полной мере требует еще одного полного комплекта зажимных приспособлений для второй многоместной зажимной стойки. А некоторые горизонтальные станки прикреплены к накопителю поддонов или линейным системам поддонов, что позволяет легко увеличить количество поддонов до 6, 16 или даже 60. Это значит очень много зажимных приспособлений. Хорошая новость то, что дополнительная производительность, полученная на горизонтальных многоцелевых станках - и в некоторой степени на поворотных столах и цапфах вертикальных станков - с лихвой компенсирует дополнительные затраты на оснащение.

Причудливые зажимные устройства

Предположим, Вы хотите напугать своих соседей на Хеллоуин тыквой в виде точной копии головы Дарта Вейдера, . Как насчет титановой тиары для вашего ценного бигля для

предстоящего регионального конкурса собак? Эти и тысячи других деталей очень трудно удерживать для обработки. Тиски могут раздавить или исказить их, и даже если возможно построить специальное зажимное приспособление, это будет очень дорого.

К счастью, есть множество инструментов, которые Вы можете использовать для фиксирования хрупких или сложных деталей (см. Рис. 6-6), некоторые из которых могут найтись у Вас дома:

» **Липкие:** Мои коллеги - механики сразу прятались, стоило мне вытащить рулон двустороннего скотча, но на самом деле это довольно хороший способ удерживать большие, тонкие детали. Нужно выгравировать свои инициалы на формах для печенья, потому что сосед продолжает «одалживать» их? Приклейте ленту на верстак многоцелевого станка, приклейте форму и начните фрезеровку. Вам больше никогда не придется покупать формы для выпечки.

» **Вакуум:** Гораздо лучше, чем лента - вакуум, настолько, что он, вероятно, не относится к категории «странных». Вакуумные патроны широко используются в мебельной и корпусной промышленности для установки фанерных листов на фрезерные станки с ЧПУ. Они также используются для обработки алюминиевых крыльев самолетов, для захвата углеродных и пластиковых панелей в электронной промышленности, и везде, где требуется надежная фиксация тонкой детали с относительно большой площадью поверхности.

» **Клейкий:** Это может звучать глупо, но клей также может быть использован для закрепления заготовок. Нет, мы не имеем в виду клей Элмер (Elmer) или Горилла (Gorilla). По крайней мере, одна компания, занимающаяся производством зажимных устройств, разработала фотоотверждаемую клеевую зажимную систему, которая фиксируется за считанные секунды и надежно удерживает даже самые деликатные или странные детали.

» **г-н Мороз:** Если когда-либо пытались переместить свое рыбное хранилище в последний день сезона подледной рыбалки и находили это невозможным, то Вам знакома сила замороженной воды. Несколько поставщиков зажимных устройств, нажили себе капитал на этом феномене, используя «пластины для обледенения», которые, как Вы, возможно, уже догадались, быстро охлаждают тонкий слой воды до температуры ниже нуля, удерживая детали на месте до оттаивания после механической обработки.

» **Животный магнетизм:** Нет, симпатичная внешность не привлечет заготовку к станку, но магниты навверняка. Магнитные патроны, пожалуй, наиболее распространенный способ удержания деталей на шлифовальных станках. При условии, что материал является магнитным и обеспечивает достаточную площадь поверхности для хорошего сцепления, магнитные патроны также подходят для фрезерных и даже токарных работ.

» **Залить в форму:** Последний претендент в странном хит-параде зажимных устройств - легкоплавкий герметизирующий материал. Подобно припою, используемому для фиксации негерметичных труб, этот свинцово-оловянный сплав плавится при температурах кофе, подаваемом в автокафе и может легко заливаться в форму, содержащую заготовку. Затем его охлаждают в течение минуты или двух и вытаскивают для механической обработки. Когда закончите обработку, нагрейте деталь достаточно для того, чтобы расплавить сплав и начать снова. Это не высокие технологии конечно, но работа будет выполнена.



СОВЕТ

Вакуумные патроны для производства, полагаются на специальные насосы для создания вакуума, словно в космосе, и засасывает не хуже, чем ежегодный чемпионат США по бейсболу. Однако существуют более дешевые альтернативы для облегченной и эпизодической вакуумной обработки. Вакуумные устройства типа Вентури, хоть и немного шумят, способны, тем не менее, генерировать достаточно сильный вакуум для удерживания деталей, сжимая воздух в цехе, и стоят намного дешевле, чем

специальный вакуумный насос. Просто помните, что воздушные компрессоры не бесплатные - если Вы планируете выполнять вакуумную обработку в больших объемах, любыми способами купите специальный насос.



РИСУНОК 6-6: Иногда самое простое решение - самое целесообразное. В этом случае заготовка была прикреплена непосредственно к верстаку станка, что исключало необходимость в тисках или зажимном устройстве. С разрешения: Биг Кайзер (BIG KAISER)

В этой главе:

1. *Вращающиеся инструменты*
2. *Правда о конусах*
3. *Не тянуть: термоусадка и гидравлические держатели*
4. *Увеличение производительности держателей инструментов*
5. *Обточка с помощью рычажных инструментов*
6. *Быстрая замена инструментов*

Глава 7. Проникая в зону зажимных устройств без вращения

Прежде всего, подготовка является ключом к успеху.

—АЛЕКСАНДР ГРЭХАМ БЕЛЛ

Высококачественные режущие инструменты важная и необходимая часть любой успешной стратегии обработки. То, как Вы их держите, не менее важно и во многом определяет, насколько хорошо они работают, как долго они будут работать, и когда одна из них внезапно сорвется и уничтожит аэрокосмическую деталь за 20 000 долларов. Такое случается.

Для начала инструменты многоцелевого станка должны надежно удерживаться с минимально возможным выбегом. Что это означает? Если шина вашего Понтиак ГТО (Pontiac GTO) 1964 г. разбалансировалась, то это выбег. Выбег приводит к износу автомобилей, а также режущих инструментов. Что касается их надежного крепления, само собой разумеется - Вы бы не ездили по городу с отсутствующими гайками, не так ли? Возникает вопрос: какой лучший способ достичь захвата без скольжения для токарной обработки и фрезерования?

В этой Главе Вы найдете обзор многих доступных в наши дни технологий держателей инструментов. Рассматриваются шпиндельные инструменты многоцелевых станков с ЧПУ и держатели инструментов с квадратным хвостовиком для токарных станков с ЧПУ. Рассматриваются цанговые патроны, втулки и держатели с коническим хвостовиком. Наконец, предлагаются полезные советы о том, как сократить время наладки и избежать распространенных ошибок, вселяя надежду что Вы будете менять инструменты быстрее, чем пит-стоп на Индианаполисе 500.

В кругу буровых режущих инструментов

Я начал предыдущую главу – зажимные приспособления - с приспособлений для токарного станка, поэтому будет справедливо начать эту главу с обзора держателей инструмента, используемых на фрезерных станках и многоцелевых станках. Есть некоторые совпадения. Токарные станки с ЧПУ тоже делают отверстия; поэтому они используют сверла, развертки и расточные оправки и используют одни и те же держатели инструмента.

С другой стороны, режущие инструменты на многоцелевых станках, только вращаются и (почти) всегда круглые с несколькими канавками. Они включают в себя сверла и развертки, а также концевые фрезы, торцовые фрезы и тому подобное, все из которых должны быть надежными и концентричными. Вот семь основных категорий вращающихся держателей инструментов:

- » Держатели замка шатуна
- » Цанговые патроны
- » Сверлильные патроны
- » Гидравлические держатели инструментов
- » Термообжимные оправки
- » Фрезерные патроны
- » Держатели торцово-цилиндрической фрезы

Как Вы могли догадаться из названий, многие из них предназначены для крепления определенных типов режущих инструментов - фрезерные патроны часто являются предпочтительным вариантом для концевых фрез, в то время как торцово-цилиндрические фрезы, конечно, лучше всего работают с держателями торцово-цилиндрических фрез. Здесь, опять же, существует некоторое совпадение. Например, цанговые патроны могут использоваться для удержания концевых фрез, а держатели замков шатуна часто используются для удерживания больших индексируемых сверл.

Однако ни одной из этих практик не нужно всенепременно следовать, точно так же как использование серповидного гаечного ключа для затягивания болта гораздо менее эффективно, чем использование трещотки. О деталях Я расскажу на следующих нескольких страницах, но сначала давайте поговорим о конусной обработке.

Конус Тайм

У фрезерных и многоцелевых станков (и нескольких токарных станков) конические шпиндельные торцы. Наподобие того, как на праздничном столе свечи плотно сидят в любимых бабушкиных серебряных подсвечниках, так каждый вращающийся инструмент с коническим хвостовиком или держатель инструмента сопрягается с одним из стандартных инструментальных конусов, разработанных за последние пару веков. Многих из них постигла та же участь, что и различные держатели цанговых патронов, о которых говорилось в предыдущей Главе. Теперь Вы найдете лишь упоминания о них в каких-нибудь скучных книгах про обработку – Вы же не назвали мою книгу скучной прямо сейчас? -, однако, некоторые из них все еще используются на бурильных прессах, задних бабках токарных станков и переходниках для буровых долот:

» **Конусы Морзе:** После того, как Стивен Морзе изобрел спиральные сверла, он обнаружил, что они имеют тенденцию выскакивать из держателя, и наводят беспредел. Он понял, что без эффективного крепления, его новомодный режущий инструмент никогда не достигнет того безумного успеха, на который он надеялся. Конус Морзе появился в 1864 г. и остается одним из самых популярных буровых хвостовиков, используемых сегодня. Он даже был адаптирован для ортопедии, если у Вас была замена тазобедренного сустава, велики шансы, что Ваш имплантат был изготовлен не без участия конуса Морзе.

» **Конусы Джейкобса:** Аналогичным образом, когда в 1902 г Артур Джейкобс изобрел сверлильный патрон под своим именем, конечно ему пришлось разработать свой запатентованный патрон в придачу. Спустя столетие, конусы Джейкобса используются для установки сверлильных патронов на вертикально-сверлильных станках, часто с переходниками, которые, по иронии судьбы, имеют конус Морзе на одном конце и Джейкобс на другом.

» **Конусы Брауна и Шарпа:** Подобно многим в то время, Браун и Шарп (те же самые ребята, что изобрели винтовые станки, американский проволочный калибр, и когда-то владели крупнейшей станкостроительной компанией в мире), также изобрели свой собственный конус. Их конус очень похож на конус Морзе, за исключением того, что конусность на фут (угол сходимости) немного меньше - примерно 1/2 дюйма на фут, по сравнению с 5/8 дюйма у Морзе.

Эти и другие конусы варьируются по размеру начиная от тех, в которых может застрять Ваш мизинец, до нескольких дюймов в диаметре, достаточно больших для рожка мороженого. У каждого своя собственная серия нумерации, такая как MT1 или JT # 6 (которая на самом деле меньше, чем JT # 5, см. рисунок). И все они считаются медленными (с малым углом скольжения) или «самотормозящими» конусами. Это означает, что Вы можете засунуть инструмент в гнездо, слегка повернуть его, и при условии, что обе поверхности чистые, будьте уверенными, что он останется там, до бесконечности (или пока работа не будет выполнена, в зависимости от того, что наступит раньше).



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Чем медленнее конус, тем больше вероятность, что инструмент «прилипнет» к сопряженному держателю. Фактически, значительные усилия резания могут сделать внутренние и внешние конусы более моногамными, чем Люси и Рики, Арчи и Эдит, Гомер и Мардж. Если Вы обнаружите, что вашу дрель безвозвратно заклинило в задней бабке, не беритесь за лом. Вам понадобится оправка, клинообразный кусок металла, который помещается между инструментом и сопряженным держателем. Стукните слегка по ней, и две части разойдутся быстрее, чем Вы успеете произнести «Развод в Лас-Вегасе».

Почему 7/24 это не дата в календаре

Со временем станки стали работать быстрее, а производственные требования возросли, и производители станков стали искать способы отбраковки своих самотормозящих конусов, которые позволили бы быстро и легко выпустить инструмент. В 1927 году три известных конкурента, Браун и Шарп, Цинциннати Миллинг Машин, а также Кирни и Трекер, наконец пришли в чем-то к согласию и подали совместный патент на конус 7/24, самораскрепляющийся, 3 1 / 2- дюйма на фут (или 7 дюймов на 24, отсюда и название) конус шпинделя, использующий механизм зажима для крепления инструмента на месте и установленные на шпинделе ключи управления. Таким образом, на свет явился конус НСА (Национальной Станкостроительной Ассоциации).

Его существуют три типа: первоначальный НСА, метрический фланец «BT» (широко используемый в Японии и Европе) и V-образный фланец (также известный как «CAT», благодаря производителю тракторов «Caterpillar», который модифицировал фланец для своих производственных потребностей). Все доступны в различных размерах и имеют одинаковый базовый конус, но различаются в зависимости от размеров фланца и механизма зажима концевой инструмента.

Большинство станков с ЧПУ сегодня используют V-образные фланцы или держатели типа BT (сокращение от «Bonsai Tree», так как стандарт был разработан в Японии (см. Рис. 7-1)). Для этого требуется захватная головка или «штревель», которые входят в зацепление с механизмами зажима станка. В отличие от первоначальных фрезерных станков с НСА, в которых используется длинный резьбовой механизм зажима, ввинчиваемый в конец держателя инструмента, у современных механизмов зажима с ЧПУ есть несколько закаленных металлических шариков на конце, которые вставляются в сопряженную канавку на захватной головке, и ряд дисковых пружин по всей длине, которые втягивают инструмент в конус.



РИСУНОК 7-1: Слева индексируемая торцевая фреза, окруженная сверлильным патроном без ключа. Каждая монтируется на держатель типа CAT 40. Сверху справа показана захватная головка, крепящая инструмента в шпинделе станка.

ПРАВДА О КОНУСАХ

Несмотря на огромную популярность держателей инструментов CAT и BT, они не идеальны. Уже хотя бы потому, что конусы держателя инструмента и станочного редко совпадают. Это может вызвать незначительное смещение держателя инструмента в шпинделе, что ведет к вибрации и снижению срока службы инструмента. К тому же, эти держатели инструмента не предназначены для тяжелых боковых нагрузок. Перегрузка может вызвать «истирание» или коррозию конуса из-за осевой вибрации, а высокие скорости шпинделя создают проблемы со стабильностью позиционирования оси Z из-за расширения шпинделя.

Ничто из этого не говорит о том, что Вам следует начать распродажу в своем цеху, заполненного многоцелевыми станками с CAT 40, но это означает, что необходимо предпринять несколько шагов для уменьшения потенциальных проблем. По возможности всегда покупайте, высококачественные держатели инструмента и захватные головки, так как они более точны и могут увеличить контакт между станком и конусами шпинделя. Не перетягивайте захватные головки, это может привести к тому, что маленький конец конуса заклинит, что еще больше уменьшит контакт. Держите держатели инструментов и шпиндели в чистоте и регулярно проверяйте их на износ и истирание. (Хорошее правило, заменять держатели инструмента каждые пару лет.) Наконец, приобретите датчик для регулярной проверки усилия механизма зажима силы, поскольку пакет пружин и стопорные шарики имеют тенденцию со временем изнашиваться, и весь механизм должен периодически ремонтироваться.



ВАЖНЫЕ
ДЕТАЛИ

Из-за конструкции большинства держателей инструмента 7/24 остается небольшой зазор между фланцем и поверхностью шпинделя, обеспечивая контакт только вдоль конуса. Некоторым производителям удалось устранить этот пробел, разработав «двойные контакты» держателей инструментов, которые одновременно прилегают к конусу и фланцу. Это требует предельной точности, как в держателе инструментов, так и в конусе станка, и полагается на некоторую небольшую деформацию шпинделя, когда держатель инструментов втягивается в конус вверх и к поверхности. Одним из них является система шпинделей «BIG-PLUS», которая обещает уменьшенную вибрацию, меньшую коррозию из-за истирания и большую жесткость, чем у традиционных «только конических» держателей инструментов.



СОВЕТ

Чуть не забыл упомянуть один из самых распространенных конусов. Если Вы планируете приобрести консольно-фрезерный станок типа Бриджпорт (во многих цехах есть хотя бы один), Вам понадобятся цанговые патроны R8, держатель торцово-цилиндрической фрезы R8 и несколько сверлильных патронов R8. Конус R8 был изобретен теми же людьми, -Рудольфом Бэнноу и Магнусом Уолстромом, которые подарили нам консольно-фрезерный станок, - вскоре после того, как их дизайн станков приобрел популярность. Пока Вы заказываете все эти цанговые патроны R8, сделайте себе одолжение и закажите механизированный затяжной винт. Это клевое устройство исключает необходимость бесконечно вращать гаечный ключ, для затяжки цангового патрона R8, а также стремянки, без которой нам, невысоким, сложно достать до верхней части механизма зажима.

Быстрее, быстрее!

Конусы, разработанные до появления станков с ЧПУ, не могут конкурировать в мире высоких скоростей. При достижении скорости более 8000 об / мин, центробежная сила приводит к расширению традиционных конусов шпинделя станка, позволяя механизму зажима тянуть держатель инструмента дальше в шпиндель. Это создает проблемы с высотой оси Z и может даже привести к заклиниванию держателя инструментов.

Как уже упоминалось, производители держателей инструментов и инструментов для станков отреагировали на это разработкой двухконтактных держателей, которые одновременно цепляются к торцу и конусу. За прошедшие годы было разработано несколько версий этих держателей, в том числе Биг Плас (BIG PLUS), Сандвик Коромант (Carv Sandvik Coromant) и Кеннаметал (KM Kennametal). Возможно, наиболее признанным из них является HSK (Hohl Schaft Kegel, что в переводе с немецкого означает «конус с полым хвостовиком»), незапатентованный стандарт, разработанный в Германии, но весьма популярный в Соединенных Штатах и в других странах.

HSK доступен в типах от А до F, каждый из которых рассчитан на конкретные требования к крутящему моменту и скорости вращения, а также с размерами фланцев от 25 до 125 мм. HSK имеет короткий угол конусности 1:10 (в отличие от более распространенного конуса 7:24), а сам корпус держателя инструмента -полый. Это позволяет ему расширяться вместе с конусом станка по мере увеличения скорости шпинделя, поддерживая жесткость и точность даже при 25000 об/мин и более. (Некоторые производители рекламируют шпиндели HSK с частотой вращения 60 000 об/мин, при этом планка постоянно растет) Поскольку HSK двухконтактный, он устраняет все проблемы с отклонением от оси Z, и его сторонники предполагают, что его более короткий конус обеспечивает также гораздо более быструю смену инструмента.



СОВЕТ

Даже если в Вашем цеху не помышляют о высокоскоростной обработке и никогда не планировали превысить среднюю и большую скорость вращения шпинделя, то 90-летний конус 7/24 может оказаться не самым конкурентоспособным выбором для крепления инструментов. Если Вы думаете о новой системе держателей инструментов, HSK, безусловно, является одним из вариантов; просто знайте, что это не единственная возможность. Существует ряд конкурирующих систем (некоторые из них перечислены ранее), каждая из которых имеет свои плюсы, и ни одна из них не может похвастаться отсутствием минуса или даже двух. Прежде выбором системы держателей инструмента, которую Вы могли бы использовать десятилетиями, обязательно оцените все варианты, попросите вашего дистрибьютора(-ов) станков продемонстрировать множество

пробных срезов и загляните в свой хрустальный шар, чтобы предвидеть будущие потребности в инструментах.

Круиз по каталогу держателей

Независимо от того, какой конус используется и как держатель инструмента крепится к шпинделю станка, Вам все равно нужен способ закрепления режущего инструмента внутри держателя инструмента. Как и в случае с креплением заготовки, это может быть достигнуто с помощью винтов или тисков, цанговых патронов или оправки, или, возможно, с помощью гидравлического давления, - того самого, которое используют землеройные машины для рытья глубоких траншей, и мусоровозы, чтобы опорожнять контейнеры каждое утро в понедельник. Давайте подробно рассмотрим семь типов держателей инструментов, перечисленных в начале этой Главы.

Удар в торец

Когда в 1918 году Карл Бергстром изобрел концевую фрезу со спиральной канавкой, он вскоре понял, что у него большие проблемы. Его фреза резала сталь так, словно другой возможности уже не будет, но ее спираль постоянно норовила вытаскивать резак из держателя. (Ему следовало усвоить урок на примере Стивена Морзе, который обнаружил то же самое явление после изобретения спиральных сверл.)

Не упавший духом, Бергстром предпринял наиболее удачное действие из возможных, он обточил небольшую плоскую поверхность на боковой поверхности концевой фрезы, затем просверлил и врезал отверстие для сопрягающегося установочного винта в держателе инструмента. Бергстром только что изобрел хвостовик Вельдона, приспособление которое принесло ему больше известности чем даже его дизайн инновационных концевых фрез.

Хвостовики Вельдона для замков шатуна держателя концевой фрезы, то же самое, что и торт для мороженого. Почти сто лет их использовали вместе, чтобы предотвратить вывод концевой фрезы. К сожалению, у обоих имеются недостатки, особенно на более высоких скоростях шпинделя и при обработке жестких материалов. Проблема проста, давление установочного винта, толкающего хвостовик Вельдона, заставляет концевую фрезу смещаться от центра.

Смещение не очень большое - всего лишь «десятые доли» в большинстве случаев (от 0,0002 до 0,0003 дюйма), но каждый миллиметр имеет значение, когда Вы вращаете инструмент на скорости 10 000 об/мин или пытаетесь продлить срок службы инструмента при обработке титана. Кроме того, держатели замков шатуна изначально несбалансированные. Это не так важно, если Вы вращаете концевую фрезу из быстрорежущей стали (БРС) диаметром 1 дюйм при скорости вращения 1000 об/мин, но при скорости вращения в 10 или 15 раз больше несбалансированный держатель инструмента может сгенерировать достаточно вибрации, чтобы заставить Вас в срочном порядке хвататься за большую красную кнопку остановки станка.

Встречайте, младший брат Чака*

Я рассказывал о цанговых патронах в Главе 6 (вы, возможно, помните крутую аналогию с одноразовым стаканчиком), но, если Вы все еще не можете представить себе цанговый патрон, взгляните на рисунок 7-2. Это цанговые патроны типа «ER», изобретенные в 1972 году швейцарским производителем инструментов Фрицем Вебером, и одно из наиболее широко используемых на сегодняшний день держателей для крепления инструментов. Название? Ходят слухи, что Вебер модифицировал цанговый патрон типа E (европейский стандарт) и добавил в конец букву R для обозначения названия своей компании «Rego-Fix».

*Chuck – с англ. – и патрон, и мужское имя - Чак

Как и большинство цанговых патронов, ER защелкиваются в специальной гайке, называемой колпачком, которая ввинчивается в торец держателя инструмента и прижимает цанговый патрон к сопрягаемому конусу, таким образом, толкая в хвостовик режущего инструмента. Цанговые патроны ER имеют одинаковый ориентирующий конус 8° , как и многие шпиндели многоцелевых станков с ЧПУ (блесните своей начитанностью на следующем корпоративном обеде) и доступны в широком диапазоне размеров и типов. Вся система от ER8 до ER50 охватывает хвостовики инструмента от 1 до 34 мм (от 0,039 до 1,383 дюйма).



Рисунок 7-2: Патрон ER 4-х десятилетней давности – один из наиболее используемых систем крепления инструментов

При должном уровне обслуживания и применения правильного крутящего момента при настройке инструмента, цанговый патрон ER обеспечивают превосходную точность и жесткость, подходящие для сверления и снятия тонкого слоя материала. Если Вы ищете что-то здоровенное (как в первом примере ниже) или более бюджетное (второй пример), вот несколько достойных внимания альтернатив ER:

» **Грандиозный захват:** не уверен насчет грандиозности, но цанговые патроны TG имеют конус с малым уклоном в 4° , напоминающий держатели хвостовика Морзе и Джейкобса. Сторонники утверждают, что патроны TG более жесткие и точные, чем патроны ER, а критики указывают на громоздкость и высокую стоимость TG.

» **Двухугловой патрон:** как следует из названия, двухугловые патроны состоят из пары противоположных конусов, один на кончике патрона, другой немного позади, - для прижимания патрона. Они являются одним из наименее дорогих из всех комплектов инструментов, фактор, который помогает объяснить их популярность. Тем не менее, некоторые предполагают, что короткая длина конуса ограничивает точность двухуглового патрона.



СОВЕТ

Как применимо почти ко всему в этом мире, Вы получаете то, за что платите. Покупая цанговые патроны, всегда приобретайте лучшие из имеющихся, всегда содержите их в чистоте и всегда затягивайте цанговые гайки в соответствии с рекомендациями производителя. Некоторые предлагают «высокоточные» версии своих цанговых патронов, в то время как другие рекомендуют зажимную гайку типа шарикоподшипника, которая обещает исключить потенциальное скручивание цанги во время затяжки. Может быть и так, но эти гайки довольно дорогие, тогда как опытные механики скажут, что капля масла на резьбе и торце конуса сделает то же самое.

Предупреждая отрыв

Поскольку у многих используемых сегодня концевых фрез, выполненных из твердого сплава и, в отличие от их собратьев из быстрорежущей стали, нет хвостовиков типа Вельдона, они, как правило, создают ту же проблему, что когда-то преследовала Карла Бергстрема и Стивена Морзе: отрыв инструмента. Производители инструментов ответили на это рядом запатентованных систем держателей инструментов.

Например, в механических фрезерных патронах используется ряд игольчатых подшипников или запрессованное устройство для прижимания цангового патрона или втулки, некоторые обещают, что прижимное усилие в пять раз больше, чем у традиционных держателей концевых фрез. А у гидравлических держателей инструментов есть винт, который при затягивании оказывает давление на оседающий цилиндр, вокруг инструмента.

По иронии судьбы, несколько производителей инструментов пошли по стопам Бергстрема, дополнив его конструкцию резьбовыми вставками, которые вставляются в специально подготовленную выемку на хвостовике инструмента, или используя спиральную канавку (как показано на рисунке 7-3), чтобы зафиксировать инструмент в гидравлически зажатом держателе инструмента. Независимо от того, какую систему Вы рассматриваете, все обещают отсутствие раскручивания, отсутствие отрыва и практическое отсутствие выбега, утверждения, которые еще нужно тщательно проверить на Вашем предприятии, прежде чем вкладывать большие деньги в новые держатели инструментов.



Рисунок 7-3: Вид в разрезе: держатель инструмента HSK с запорной системой безопасности против отрыва. С разрешения: Хаймер США (Haimer USA)

СОХРАНЯЕМ НЕПРЕДВЗЯТОСТЬ

Цанги, да и все инструментальные держатели являются предметом спора в мире станочной обработки. Одни говорят, что оправки бокового крепления лучше, другие осваивают цанги, в то время как многие указывают на более современные решения, такие, как горячая обсадка и гидравлические держатели (о котором я расскажу в ближайшее время) как о величайших находках после арахисового масла и бананов, разумеется.

Данная книга не принимает чью-либо сторону, за исключением того, что инструменты должны работать таким образом, чтобы минимизировать износ и вибрацию, а также обеспечить большую безопасность, чем ваше любимое уютное одеяло. Кроме того, каждая обработка уникальна - тип станка, материалов, резцов, траекторий движения инструмента и фиксаций, то, что может работать в одних условиях, может полностью потерпеть неудачу в других. Важно сохранять непредвзятость касательно новых возможностей держателей инструментов и применять аналитический подход при их оценке.

Невероятные обжимные держатели

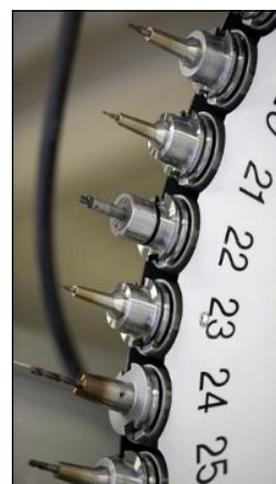
Столкнувшись с липким болтом или замерзшей гайкой, большинство механиков зажигают горелку и раскаляют деталь докрасна. Это потому, что тепло расширяет металл - свойство, которое многие производители инструментов используют в своих интересах и интересах своих клиентов.

Принцип термического обжима инструмента работает путем установки держателя инструментов в режим индукционного нагрева, считая «один Миссисипи», «два Миссисипи» и т.д., может быть, 15 раз, в результате чего держатель инструмента расширится достаточно, чтобы Вы могли установить в него резец, который до нагревания был больше, чем отверстие. Дайте еще около 15-ти секунд, для остывания и этот резец уже никуда не сдвинется (см. Рис. 7-4 для примера).

Это не требует много вмешательства. Например, хвостовик на концевой фрезе диаметром 1/2 дюйма всего на 0,0015 дюйма больше, чем отверстие в держателе инструментов. Но этого достаточно, чтобы произвести примерно 10000 фунтов силы зажима. А поскольку посадка термическим обжимом не имеет движущихся частей, то держатель инструмента может быть симметричным, это идеальное решение для операций обработки с высокими оборотами, где баланс имеет решающее значение.

Конечно, для замены инструментов термическим обжимом требуется немного больше времени, чем для обычных держателей инструментов. Посадка обжимом сочетается только с твердосплавными резцами - здесь нет индексируемых или концевых фрез БРС. Также производители не раздаривают приспособления для сжатия, а хороший инструмент может легко стоить тысячи долларов. И если Вы не будете осторожны, Вы можете получить больше обожженных пальцев, чем на блинном завтраке в клубе Kiwanis. Но преимущества посадки обжимом, а это более высокая скорость подачи, улучшенный ресурс стойкости инструмента и качество детали, а также отсутствие возможности отрыва, заслуживают того, чтобы рискнуть. Только убедитесь, что припасли достаточное количество лейкопластырей.

РИСУНОК 7-4: Ассортимент инструментальных держателей инструментов CAT40 в карусели станочного центра. Обратите внимание на термически обесцвеченные концы, что определяет их как термообжимные инструменты.



Разные мелочи держателей инструментов

Если Вы можете надежно и точно удерживать концевые фрезерные головки и сверла, то значит, Вы расправились с самым лакомым куском пирога. Осталось подобрать последние крошки прежде чем переходить к мороженому. Фрезерные головки бывают всех форм и размеров, а гидравлические держатели, в которые Вы только что инвестировали, и они просто потрясающие, но не помогут Вам провести большую фрезерную обработку.

Аналогичным образом, даже самые крошечные цанговые патроны ER не могут прицепиться к сверлу меньше самого маленького, и Вам не следует использовать цанговые патроны для таких инструментов, как метчики других резцов с большим усилием, поскольку они обязательно будут вращаться. Убедитесь, что Вы оставили место на инструментальном складе для таких вспомогательных деталей и частей:

» Зажимные патроны для дрели просто безупречны для вашей механической дрели и более чем достаточны для удержания резцов, необходимых для подвешивания телевизора или для строительства нового навеса, но большинство из них не слишком подходят для обработки с большой точностью. Тем не менее, некоторые поставщики инструментов предлагают высококачественные бесключевые сверлильные патроны со встроенным хвостовиком, которые вставляются непосредственно в шпиндель станка CAT или BT. Они недорогие и их не следует использовать для концевых фрез или других резцов радиальной силы, но они отлично справляются с закреплением буравчиков и предлагают гораздо более удобную замену инструмента, чем цанговые патроны.

Довольно часто первая работа над любой деталью механической обработки – это торцовое фрезерование. Вторая – это предварительная обработка больших кармашков с помощью многогранной торцово-цилиндрической фрезы. В обоих случаях инструменты, как правило, крепятся болтами к держателю инструментов с коническим хвостовиком в виде оправки. Эти инструменты требуют значительной мощности шпинделя- будьте осторожны, не используйте инструмент, который превышает технологические возможности Вашего станка, иначе Вы можете рассчитывать на неожиданное обращение в сервисную службу от Вашего дистрибьютора станков

» Благодаря широкой доступности жесткого нарезания резьбы на многооперационных станках, плавающие резьбонарезные патроны в значительной степени ушли в прошлое. Но это не значит, что Вы должны использовать ER или аналогичный тип цангового патрона для удержания метчика. Большинство производителей инструментов предлагают профильные патроны для закрепления метчиков и специальные цанги для жесткого нарезания резьбы (см. Рис. 7-5), которые захватывают квадратный привод, имеющийся на концах всех метчиков, обеспечивая более надежный способ управления ими.

» Теперь, когда Вам известен лучший способ управления метчиком во время жесткого нарезания резьбы, Вы можете рассмотреть обмен на более быструю технологию нарезания резьбы. Не называя имен, существует по крайней мере, один производитель, предлагающий так называемые резьбонарезные головки ЧПУ типа CNC. Для этого не требуется переворачивать шпиндель у основания отверстия, уменьшая износ станка, одновременно увеличивая объем выпуска продукции. Если Вы создаете большое количество гаечной резьбы, это пойдет на пользу Вашей итоговой прибыльности.

» В Главе 6, я детально рассказал о пятикоординатных держателях заготовок, но я еще не говорил о пятикоординатных держателях инструментов. По тем же причинам, по которым тиски должны находиться так же высоко как Пол Баньян на пятикоординатных многоцелевых станках, в каталоге инструментов фрезерные тиски и цанговые патроны, часто приводятся в разделе «увеличенной досягаемости». И поскольку трудно механически зажать режущий инструмент на конце длинного, тонкого держателя инструментов, а также потому, что длина выбега - чувствительная проблема при обточке с увеличенной досягаемостью (поскольку заготовка при этом выступает дальше из шпинделя, усиливая любую неточность держателя инструментов), то термообжим и HSK – две наиболее распространенные технологии крепления инструмента для использования на пятикоординатных станках.

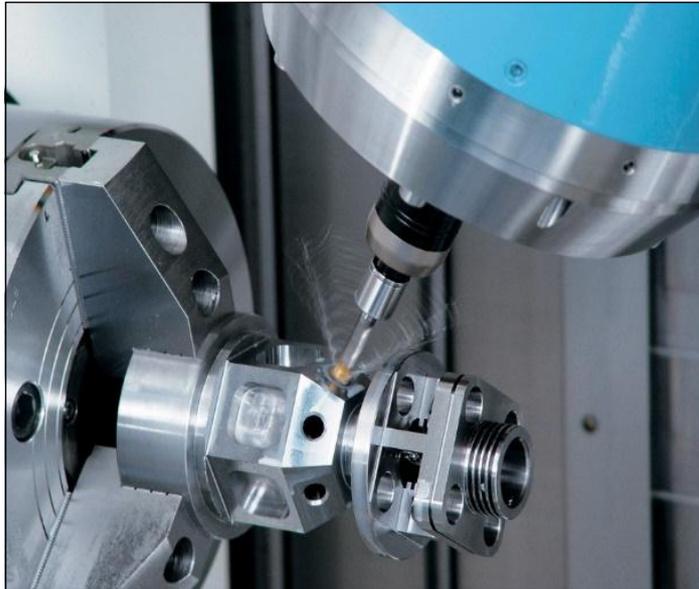


РИСУНОК 7-5: Никогда не экономьте время во время нарезки резьбы. Всегда используйте правильный держатель инструментов, или переходите к резьбовому приспособлению с ЧПУ для высокообъемной нарезки резьбы

ЗАЧЕМ НЕОБХОДИМ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ СКЛАД

Регулярное техническое обслуживание очень важно, как для автомобилей, так и для компьютеров. Это касается и инструментальной оправки, за исключением того, что ставки намного выше. Если Вы забудете почистить гнездо под режущую пластину или смазать гайки, это может повлечь за собой простои станков, которые будут дороже стоимости дома. Микроскопический кусочек крошки, прилипший к держателю инструмента, быстро застряв в стали, может не только вызвать выбег, вибрацию и сломанные детали, но может также повредить шпиндель станка, и другие держатели инструментов. Соблюдение чистоты в цехе помогает минимизировать эти проблемы, но этого недостаточно.

После каждой работы инструменты следует возвращать на специальный инструментальный склад, где назначенное лицо затем производит разборку каждого из них. Поскольку инструментальный склад оснащен станком для ультразвуковой очистки, компоненты можно чистить и проверять на предмет износа. Концевые фрезы и сверла следует вернуть производителю для переточки. Втулки должны быть отправлены на утилизацию. Перед тем, как поместить очищенные держатели инструментов в шкаф для хранения инструментов, на них следует нанести небольшое количество пропиточного масла.

Вдобавок, менеджер инструментального склада должен вести формуляры об инструментах и держателях инструментов (желательно с использованием программного обеспечения для управления инструментами, о чем я расскажу далее в Главе 8). Когда появляется новое задание, этот же человек собирает инструменты в соответствии с таблицей настроек и следит за тем, чтобы они оставались чистыми до момента использования. Инструменты - это большие инвестиции, но, если о них не заботиться должным образом, это приведет к еще большему снижению производительности.

Поворот на 180: Честная игра

После всего этого разговора о вращающихся инструментах пришло время признать, что высококачественные, правильно налаженные держатели инструментов для токарных станков с ЧПУ так же важны для успешной работы цеха механической обработки. Большинство токарных работ выполняется с помощью индексированных инструментов с цилиндрическим хвостовиком, используемых для черновой обработки, окончательной обработки, проточки канавок и отсечки, на токарных станках также используются сверла и развертки с

цилиндрическим хвостовиком, борштанги и головки для нарезания резьбы метчиком, которые должны быть такими же надежными и точными, как и используемые на многоцелевых станках с ЧПУ.

На самом деле с появлением токарных станков с ЧПУ и многозадачных станков, оснащенных приводным инструментом, грань между токарными и фрезерными инструментами становится все более размытой. Независимо от того, выполняется операция фрезерования выемок на токарном станке с осью Y или на пятикоординатном многоцелевом станке, одинаково применимы вопросы отрыва инструмента и выбег. Если Вы оператор токарного станка и предполагали, что можете пропустить предыдущую Главу, пришло время вернуться и прочитать. Если нет, давайте идти напролом на территорию цилиндрического хвостовика.

Дать толчок токарному станку

На самом деле они не похожи на рычаги, но так их называют все (см. Рис. 7-6 для доказательства). Рычажные инструменты - это паяные или твердосплавные фрезы с многогранными режущими пластинами, используемые для обточки наружной стороны заготовки. Большинство из них имеют цилиндрические хвостовики 3/4 дюйма или 1 дюйм, хотя на токарных станках ювелира мог бы использоваться инструмент хвостовика 3/8 дюйма, в то время как на токарных станках, подходящих для деталей трактора, можно легко разместить инструменты размером 1 и 1/2 дюйма или более.

В Главе 5 я рассказываю об инструментах для обточки до потери пульса, поэтому я не буду сейчас вдаваться в подробности, за исключением того, что скажу, что независимо от функции рычажные инструменты либо крепятся к револьверной головке с помощью механизма с клиновым зажимом, либо удерживаются на месте двумя или более болтами вдоль верхней грани инструмента. Узкие резцы для проточки торцовых канавок, борштанги и дрели с цилиндрическим хвостовиком обычно устанавливаются на внешней поверхности револьверной головки в съемных держателях блочного типа, в то время, как все остальное устанавливается внутри квадратных калибров непосредственно на лицевой поверхности револьверной головки. Применительно к револьверным головкам типа многошпиндельных и патронных автоматов используются болтовые держатели, к которым крепится стержень или круглый инструмент с помощью установочных болтов.



РИСУНОК 7-6: 0-градусный алмазный токарный резец. Как и все прецизионные инструменты, рычажным инструментам следует дать немного любви и заботы для лучших результатов обработки. С разрешения: Сандвик Коромант (Sandvik Coromant)

Что касается всех инструментов и держателей инструментов, при затягивании инструмента всегда следуйте рекомендациям производителя: установочные поверхности должны быть чистыми и сухими, а

динамометрический ключ должен использоваться для предотвращения слишком большого или слишком малого усилия зажима. И чтобы не повредить поверхность зажима, поместите немного латунной прокладки между болтом и рукояткой.

Токарные станки печально известны своим недостатком станций настройки инструмента- если у Вас восьми ступенчатая револьверная головка, Вам обязательно понадобятся девять инструментов. Это можно облегчить благодаря использованию специальных монтажных стоек и многоцелевых держателей инструментов. Например, Вы можете купить несколько держателей расточных оправок с двумя отверстиями или комбинируемый инструмент, который может сверлить, растачивать и вращать. Конечно, успех здесь во многом зависит от материала заготовки, поскольку то что сойдет с рук при обточке латуни или алюминия, может не сойти при обточке титана.

Клиренс также может стать проблемой при забивании нескольких инструментов в револьвер. Непреднамеренное подрезание зажимных тисков примыкающим держателем инструментов слишком распространенное (и довольно шумное) явление, и оно наверняка вызовет восторженные аплодисменты Ваших коллег. К счастью, существуют средства программирования при моделировании траектории движения инструмента, которые могут виртуально проверять наличие наложений до того, как будет вырезана первая стружка (см. Главу 9 для получения дополнительной информации).

Немного о втулках

Подберите типичный крепежный держатель шпинделя с болтовым креплением. Видите, это отверстие диаметром 1 или 1 и 1/4 дюйма по всей длине? Именно туда Вы собираетесь устанавливать Ваши цанговые держатели инструментов, борштанги, сверла со сменным наконечником и другие инструменты для обработки концов. Есть только одна проблема. Хвостовик на Вашем расточном станке имеет диаметр всего 3/4 дюйма - слишком мал для держателя. К счастью, есть простое решение. Купите втулку (или сделайте ее, если нужно). Раз уж Вы собрались, купите несколько, потому что втулки и гильзы - обычные элементы большинства токарных станков.

Существует два типа. Втулки суппортного держателя инструментов токарного станка похожи на трубы из толстого металла, наружная сторона которых плотно прилегает к держателю трубчатой оправки для сверления, а внутренний диаметр соответствует диаметру трубчатой оправки для сверления или фрезерного сверла, которое туда входит. Вдоль одной стороны втулки имеется паз или ряд отверстий, которые позволяют проходить предохранительным винтам для фиксации инструмента внутри втулки.

Некоторые втулки больше похожи на цанги, в которых сделали узкую прорезь через втулку по большей части ее длины. Прямо напротив канавки вдоль одной стороны находится обработанная лыска - подтяните установочный болт к этой плоскости, и втулка будет плотно зажата, надежно закрепляя любой инструмент внутри.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Никогда не затягивайте установочный винт непосредственно вокруг сверла из быстрорежущей стали или хвостовика сверла для разворачивания отверстий. Сила может повредить его и даже вытеснить достаточно металла, чтобы инструмент и втулка стали неразделимой парой. Если Вам непременно нужно использовать втулку, отшлифуйте плоскость вдоль одной стороны сверла и затяните установочный винт вокруг нее. А еще лучше использовать цангу - для этого они и нужны.

Ускоряя процессы с быстросменными держателями

Самые преуспевающие механические цеха - это те, которые непрерывно совершенствуются. Это означает ускоренную резку металла, лучшее качество деталей, увеличение ресурса стойкости инструмента и сокращение времени установки и выверки изделия. Именно последнее из упомянутого особенно актуально в цехах, где многократные установки в неделю или даже за день являются нормой.

Я рассказывал о быстросменных держателях заготовки в Главе 6. Системы зажимных приспособлений с нулевой точкой и шариковым замком исключают утомительную затяжку болтов и центрирование, необходимые для монтажа традиционных тисков и методов зажима с помощью Т-гайки, спасая тех, кто применял на практике бесконечные простои таких систем. Подобные решения существуют для держателей инструментов, предоставляя множество возможностей для увеличения прибыльности. Вот несколько наиболее распространенных зажимных решений:

» **Capto**: Разработанный компанией Сандвик Коромант, Capto подходит как для фрезерных, так и для токарных работ. Он имеет соединительную поверхность с тремя выступами и кулачковый валик с активированным распределением для удержания инструмента, и шпиндели Capto доступны на многих многоцелевых станках, а некоторые производители токарных станков предлагают интерфейс Capto Disc Interface (CDI). Если у Вас такого нет, можете выбирать из широкого ассортимента зажимных устройств и адаптеров шпинделей.

» **KM**: Дабы не отставать, Кеннаметал разработала собственную систему быстрой замены, доступной для токарных станков, многоцелевых станков и многозадачников. Стандарт KM и KM4X имеет полый конус, который похож на тот, который имеется на инструментальных держателях HSK, но он использует ряд шариковых подшипников для захвата держателя инструментов. KM - более старая из двух систем и предлагает широкий выбор инструментов, а KM4X рекламируется как «следующее поколение» KM.

» **VDI**: сокращенно от Verein Deutscher Ingenieure (Ассоциация немецких инженеров), VDI - это система зажима с цилиндрическим хвостовиком, управляемая кулачковым приводом, используемая на многих токарных станках с ЧПУ для удержания приводных инструментов, а также держателей с прямым и круглым хвостовиком. Некоторые производители токарных станков предлагают дополнительные револьверные головки VDI на своих станках, что устраняет необходимость в зажимных узлах с болтовым креплением, как в других системах.

Существуют другие марки и типы быстросменных систем, каждая со своим уникальным зажимным механизмом и конфигурацией установочной поверхности. Все уверяют, что смену инструмента лучше всего измерять в секундах, а не в минутах. Все обещают жесткость и точность. Как и в случае с перечисленным здесь, некоторые предлагают широкий диапазон размеров интерфейсов и различных адаптеров, что позволяет реализовать стандартизированное решение для инструментов в масштабах всего цеха.

ПРИДЕРЖИВАЕМСЯ ЗОЛОТОЙ СЕРЕДИНЫ

Вас много раз предупреждали об опасности выбега инструмента на фрезе и многоцелевых станках. И хотя эти рекомендации в равной степени применимы и к вращающимся инструментам на станках с поворотной фрезой, это не имеет отношения к простым двухкоординатным токарным многоцелевым станкам с ЧПУ, потому что единственное, что вращается, это заготовка. Это то, что делает токарный станок токарным станком, а фрезерные станки фрезерными станками, помните? Однако в чашах токарного инструмента прячется не менее опасный зверь - он называется осевой линией и может

вызывать столько же проблем, что и сместившийся от центра инструмент на многоцелевом станке.

Как ни посмотри, добиться безупречной осевой линии на токарном станке с ЧПУ еще труднее, чем нулевого выбега на вращающемся инструменте. Неправильное выравнивание станка (как и плохая конструкция машины) может привести к геометрическим неточностям. И одна авария даже на лучшем токарном станке с ЧПУ может привести к необратимому отключению револьверной головки.

Это означает, что осевая линия любых инструментов на этой револьверной головке может немного отличаться от осевой линии заготовки. При сверлении это вызывает искривленные отверстия и стирание канавки. Обточка детали может оставить небольшой кусочек металла в центре. Нахождение выше или ниже центра на маленьких расточных планках вызывает отклонение, вибрацию и конические отверстия.

Допустим, Ваш сервисный специалист перенастроил станок как можно лучше, тогда единственный план действий при этом - это использовать регулируемый держатель или инструменты, имеющие критически важное значение для прокладки, чтобы вернуть их в многоцелевой станок. Вы могли бы также рассмотреть возможность изменения процесса механической обработки для компенсации смещения револьверной головки (например, развернуть отверстие, а не расточить его, или выбрать другой режущий инструмент). В любом случае, периодически проверяйте держатели инструмента индикаторными часами, чтобы убедиться, что все верно.

В этой главе:

1. *Детали на поддонах*
2. *Тестирование делительно-поворотного стола*
3. *Подача прутка на станок*
4. *Лучшие друзья с роботом навеки*
5. *Переход в автономный режим с устройством предварительной настройки*
6. *Охлаждение под давлением*

Глава 8. Снабжение инструментами успеха

«Делать обыкновенные вещи необыкновенно хорошо – вот самый короткий путь к успеху».

ГЕНРИ ДЖОН ХАЙНЦ

Хорошие машины и хорошие инструменты... что ж, это хорошо, но поиск способов сделать их более продуктивными - это не просто хорошо, это здорово. Первым шагом на этом пути является использование разумных практик механической обработки, но на этом далеко не уедешь. Независимо от того, насколько хорошо организован цех и насколько квалифицированы механики, большинство цехов тратят часы, чтобы наладить работу. Остановка машины каждые несколько минут для загрузки деталей - огромная трата времени, но она остается широко распространенной. И разве не было бы хорошо, если бы Вы могли выключить свет в пять часов и идти домой, а на следующий день получить кучу готовых деталей? Но как много цехов так поступает?

Подобные и другие методы повышения производительности находятся в пределах досягаемости, но сначала Вам нужно инвестировать: и время, и деньги. Станочные приспособления, такие как устройства автоматической смены поддонов, устройства подачи прутков, предварительная offline-настройка инструментов и множество вариантов компьютерного числового программного управления (ЧПУ) являются производственным эквивалентом добавления высокоэффективной системы отопления и охлаждения к Вашему двойному бунгалу в стиле ранчо. Окупаемость может занять годы, но это по-прежнему верный шаг.

Все станочные принадлежности, рассмотренные в этой Главе, обещают быстрый возврат инвестиций. Все они предлагают большую гибкость для удовлетворения меняющегося потребительского спроса и остаются в зоне прибыльности при мелкосерийных партиях. Самое главное, все это помогает улучшить итоговую прибыльность компании. Чего же Вы ждете? Все в порядке.

Детали на поддонах

В сознании большинства людей поддоны - это те большие деревянные предметы, которые ландшафтные дизайнеры, используют для доставки Вашего дерна, или

самодельная кровать, на которой злая тетя Сара заставила Вас спать, пока ваши родители отдыхали на Бермудских островах. Но есть менее известный тип поддонов, который мог бы заставить Вас отложить покупку вашего будущего вертикального многоцелевого станка (ВМС), потому что теперь у Вас есть избыточная мощность.

Приспособления - спутники с устройством фиксации деталей представляют собой плоские куски из алюминия или железа, платформы, на которые можно устанавливать крепления, тиски и патроны. В своей самой простой версии поддон довольно маленький и достаточно легкий, чтобы его можно было поднять и установить внутри машины, где он затем зажимается на месте с помощью нулевой точки или аналогичной системой для быстрой смены инструментов.

Вместо того, чтобы тянуться внутрь станка к рукоятке тисков или ослаблять кучи болтов для освобождения обработанной детали, чтобы затем полностью повторить процесс в обратном порядке для загрузки новой партии сырья, легче использовать поддон, с которым загружать сырье и разгружать готовые детали несравнимо легче. Поддон с деталями убирается, а новый заходит на его место поворотом винта или нажатием кнопки. Затем за деталью можно просто наблюдать, пока шпиндель вращается, а станок приносит доход.



ТЕХНИЧЕСКАЯ
ИНФОРМАЦИЯ

Допустим, что для замены детали традиционным способом требуется 60 секунд (оптимистичная цифра), а деталь на поддоне может быть загружена за 10 секунд, то время холостого хода на одну деталь сокращается более, чем на 80 процентов. При коэффициенте использования цеховых мощностей 100 долларов в час это означает снижение затрат на каждую деталь на 1,39 доллара. С другой стороны, если бы станок производил в среднем 10 штук в час, внедрение поддонов позволяет производить дополнительно 3225 штук в год (при условии работы в одну смену и 250 рабочих дней в году), или более 32 000 долларов в виде дополнительного дохода.

Это только верхушка айсберга. Применение поддонов дает возможность сократить время переналадки, сокращение времени простоя во время техосмотра и возможности выполнять обработку в автономном режиме. Хочешь что-нибудь из этого? В следующих Главах я обсуждаю несколько способов как это сделать.

Покупаем многоцелевой станок с устройством смены поддонов

Учитывая многие преимущества устройства автоматической смены поддонов (УАСП), можно предположить, что они станут стандартом для всех новых горизонтальных многоцелевых станков (ГМС). Увы, это не так. На самом деле, некоторые брендовые станкостроители даже и не предлагают их и рекомендуют заказчикам вместо этого приобретать УАСП вторичного рынка. Их нельзя винить. Как и все остальные в бизнесе, станкостроители создают то, что продается, и это печальный факт, что большинство цехов не используют эту технологию должным образом

Если предпочитаемый Вами станкостроительный бренд предлагает вертикальный многоцелевой станок (ВМС) со встроенным устройством автоматической смены поддонов, любой ценой купите его. Это исключает вариации тонколистового металла, интерфейсы и опции управления, и день-два простоя, которые возникают при послепродажной установке. Помимо оснащения инструментами, станок поставляется уже готовым для изготовления деталей.



ВАЖНЫЕ
ДЕТАЛИ

В отличие от ВМС, большинство горизонтальных многоцелевых станков (ГМС) оснащено устройством автоматической смены поддонов и поворотными столами. Имейте это обстоятельство в виду, пока Вы ходите по магазинам станков, особенно если Вы хотите сделать Ваш цех адаптированным для устройств смены поддонов. К тому времени, когда Вы добавите эти мощности в ВМС, его цена может оказаться вровень с новыми ГМС.

Добавление устройства смены поддонов к существующему станку

Проще простого! На одном конце станка вырежьте отверстие или освободите место перед ним, установите несколько направляющих и зажимов, и подключите устройство к блоку управления станком. В зависимости от того, с какой версией Вы работаете, многие устройства смены поддонов послепродажного обслуживания могут работать вручную - просто откройте дверь, выдвиньте старый поддон и новый поддон, затем заблокируйте его и нажмите кнопку запуска цикла (не забудьте закрыть дверцу).

С другой стороны, некоторые устройства смены поддонов могут быть разработаны в offline-режиме, как те, которые поставляет станкостроительное предприятие. Вы заплатите чуть больше (возможно, много больше), но это легко компенсируется тем фактом, что Вам не понадобится присутствие оператора. Даже если Вы не собираетесь переходить на полностью автономное производство в ближайшее время, это поможет устранить простои, такие как остановка по окончании цикла, возникающие из-за оператора, ушедшего на обеденный перерыв или занятого работой на других станках.

Укладывание поддонов на поддоны

Будь то ручное или автоматическое, послепродажное или оригинальное оборудование, внедрение программы установки поддонов требует тщательного обдумывания и немалых обязательств. Если Ваш цех похож на большинство цехов, у Вас, вероятно, уже есть множество зажимных патронов и приспособлений - все они должны быть установлены на поддоны, что затрудняет их использование на любых горизонтальных многоцелевых станках, у которых еще нет устройства смены поддонов.

Необходимо все тщательно спланировать, чтобы убедиться, что Ваша система поддонов отвечает текущим и перспективным потребностям, а результаты задокументированы, чтобы Вы не столкнулись с несоответствующими «стандартами» на своих различных механизмах. А также следует учитывать, как будут использоваться поддоны (помимо загрузки их деталями). Вот несколько примеров:

» В большинстве цехов общепринято, что после того, как задание настроено, станок должен ждать, пока контролер отдела технического задания проверит работу. Но с устройством смены поддонов переключиться на другую, предварительно одобренную к применению работу легко, пока Вы ожидаете проверки. Скажите им, что они могут не торопиться.

» Предположим, Ваш лучший клиент звонит со срочным заказом. Если в Вашем цеху есть устройства смены поддонов, текущее производство, чтобы выцарапать несколько деталей, - это детская игра - просто поменяйте поддоны, переключите программу и приступайте к работе. Самое лучшее, что Вы можете сказать своим клиентам, это то, что они должны доплатить за аварийный демонтаж и настройку (хи-хи). Никто не должен знать, что это заняло у Вас всего несколько минут.

» После того, как задание запрограммировано, а станок настроен и проверен, обязательно запишите соответствующие рабочие координаты. Их можно использовать в следующий раз, когда поступит такое же задание (подробнее об этом в Главе 11), что делает перестройку на повторную работу не только быстрой, но и защищенной от случайных ошибок.

У многих людей устройства смены поддонов ассоциируются с крупносерийным производством. И хотя это, безусловно, справедливо (крепление заготовок с высокой плотностью идеально для оснащения поддонами), даже мелкосерийные цеха и прототипные цеха могут ощутить значительные преимущества устройств смены поддонов.

Например, если каждый заказ настроен на калиброванном поддоне, то должно быть легко, установить его на любой доступный станок и начать резку. Поскольку в этом случае все станки имеют одинаковые заданные координаты станка X-Y, и поскольку программирование, настройка инструмента и моделирование траектории движения инструмента выполнялись в автономном режиме, время установки и выверки изделия должно быть близким к нулю (за исключением каких-либо сюрпризов).

Вращение поворотных столов

Раз уж мы завели разговор о вертикальных многоцелевых станках, давайте обсудим один из их недочетов: без угловой головки (приспособление, о котором я расскажу чуть позже), ВМС может обрабатывать только верхнюю поверхность заготовки. При этом нет возможности просверлить несколько отверстий на боку или фрезеровать даже самые маленькие из угловых выемок. Эти отдельные элементы детали требуют их собственной наладки, влекут за собой дополнительные затраты на приспособления, больше работы в процессе и повышенную вероятность того, что Вы можете запороть всю работу, потому что Вы сглупили в последней операции и теперь должны начать все сначала.

Люди боролись с этой проблемой в течение всего времени, пока существуют фрезерные станки, и поэтому один предприимчивый ум изобрел первую делительную головку (различные конкурирующие патенты были поданы в начале 1900-х годов). Индексирующие и делительные головки

позволяют точно поворачивать детали для высокоточного позиционирования. Если Вы хотите просверлить ряд отверстий по периметру в форме колеса, вырезать шестерню или спираль, или обработать четыре стороны шестигранного блока, делительная головка - это то, что надо! Просто установите деталь на ее поверхность, сделайте соответствующие вычисления и получите периодическое продвижение на заданную длину.

Введите имя «Джин Хаас». Если Вы механик, возможно, Вы слышали о его компании, поскольку в настоящее время она является крупнейшим станкостроителем в США. В 1980 году Хаас владел и управлял небольшим механическим цехом в Калифорнии. Наблюдая за одним из своих сотрудников, он понял, что должен быть способ получше, чтобы индексировать детали. Вскоре он разработал индексирующую головку HBI-5C, приводимую в действие программируемым шаговым двигателем, и в 1986 году он был награжден патентом США № 4576530 за свою разработку.

Ура, неужели разница

Необходимо отметить, что делительно-поворотные столы заметно отличаются от своего второго «я», поворотных столов. Что это за большая разница? Все просто: поворотные столы способны непрерывно двигаться, пока режущий инструмент приспособлен к заготовке (см. Рис. 8-1), тогда как делительно-поворотные столы быстро

перемещаются до позиции и останавливаются - забудете отозвать его перед индексацией, и Вы сломаете резец.



РИСУНОК 8-1: Поворотные столы – один из самых популярных из всех приспособлений ВМС.

Это означает, что поворотные столы могут использоваться для резки сложных форм, таких как косозубые зубчатые передачи или рабочие колеса насоса. А с другой стороны, станок с делительно-поворотным столом отлично подойдет для фрезерования пазов и шестиугольников в алюминиевых шахматах, которые Вы в последний раз обрабатывали на Вашем токарном станке.

Также знайте, что потребуется специальный интерфейс с четвертой управляемой координатой, если Вы захотите установить поворотный стол на свой ВМС, в то время как для запуска станка с делительно-поворотным столом требуется только простой сигнал и «М-код» (я объясняю про М-коды и G-коды в Главе 11.)

Круг за кругом

Подумайте немного о поворотных столах, и Вы скоро поймете, что они тоже ограничены в том, что имеют доступ только до боковых сторон обрабатываемой детали. Что если Вы хотите поднять деталь, чтобы обработать ее лицевую сторону на станке, или даже фрезеровать под углом? Для этого Вам необходимо установить поворотный стол под прямым углом поверх другого поворотного стола. Вуаля, теперь это наклонно-поворотный стол.

Тем не менее, наклонно-поворотные столы гораздо элегантнее, нежели только что описанные неуклюжие станки из подручных средств. Собственно, они являются концептуальным эквивалентом чрезвычайно крутых пятикоординатных многоцелевых станков (подробности см. в Главе 2). Если Вы не можете позволить себе пятикоординатный вертикальный многоцелевой станок (ВМС), то наклонно-поворотный стол - это лучшее решение из оставшихся.



ПОМНИТЕ

Если Вам трудно вспомнить все изящные способы закрепления деталей на индекляторах, наклонно-поворотных столах и центрах пятикоординатной обработки, ненадолго вернитесь к Главе 6. Там Вы можете прочитать все о многоместных зажимных стойках, высококлассных тисках и системах с нулевой точкой, лишь некоторые из методов крепления, которые Вы можете использовать для успешной обработки вращающимся инструментом.

Время для цапфы

Вы когда-нибудь качались в ленивый летний день в гамаке? Цапфы работают так же, за исключением того, что кровать металлическая, и Вы разгонитесь быстрее карусели. Цапфы могут быть использованы для поддержки длинной заготовки, поддона с деталями или другого поворотного стола (той целостной наклонно-поворотной штуки, о чем я только что говорил). Вы также можете заменить опорную сторону цапфы задней бабкой, затем надеть зажимной патрон или цангу на ведущий хвостовик и использовать его для обработки валов (подход, который также работает делительно-поворотными устройствами).



СОВЕТ

Все еще не готовы перейти к пятикоординатной обработке? Не беспокойтесь, есть простой способ сверлить эти отверстия под углом 34 градуса без отрыва от работы, за которую Вы уже назначили цену. Способ называется угловой шпиндельный носик, и он доступен как для многоцелевых станков, так и для токарных станков. Установите необходимый угол наклона, вставьте его в револьверную головку или устройство смены инструмента и вытаскивайте книгу по тригонометрии для определения траектории движения инструмента (или просто используйте свою автоматизированную систему управления производством [АСУП]). Вы обточите угловые детали в два счета. А, установив головку на 90 градусов, Вы также можете достичь боковых сторон детали, возможно, устраняя необходимость второстепенных операций

Поднятие прутка устройством подачи прутка

Пожалуй, устройства подачи прутка - это самый эффективный способ повысить производительность токарного станка. Они работают, подавая кусок материала в хвостовую часть станка. Когда каждая часть завершена, втулка или патрон открываются, материал продвигается, патрон закрывается, и цикл начинается снова. Больше не нужно тратить деньги на ленточно-отрезной станок и ленточные пилы, тратить время на распиловку и удаление заусенцев материала, нет необходимости растачивать специальные челюсти или цанги, или платить оператору за то, чтобы он стоял там, вручную загружая заготовки в механизм. Просто загрузите кусок сырья в устройство и через час или два вернитесь к ящику, наполненному готовыми деталями.

Конечно, Вам нужно проверить еще несколько моментов, прежде чем это чудесное видение станет реальностью. Во-первых, заготовки должны подходить к передней бабке токарного станка. Диаметр обрабатываемого прутка на большинстве токарных станках с ЧПУ начинается от 1 до 5/8 дюймов и увеличивается с увеличением размера патрона - некоторые токарные станки «с большим диаметром» имеют диаметр шпинделя более 6 дюймов в диаметре (хотя будет сложно найти такое большое устройство подачи прутка).

Если большая часть работы вашего цеха больше сквозного отверстия в Вашем токарном станке с ЧПУ, извините, Вам лучше продолжать пилить. Если нет, поздравляю, но есть еще несколько вещей, на которые следует обратить внимание, прежде чем покупать устройство подачи прутка:



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Отрезные инструменты: это самая простая часть. Позвоните представителю отрезных инструментов и спросите ее, какой отрезной инструмент она рекомендует (она может называть его отрезным штампом). После того, как она задаст Вам кучу вопросов, велики шансы, что она предложит Вам использовать одностороннюю режущую пластину, которая вставляется в

верхнюю часть лезвийного держателя инструмента. Она могла бы предложить двустороннюю вставку с верхним зажимом или даже ту, которая выглядит как миниатюрная метательная звездочка кун-фу. Что бы Вы ни выбрали, убедитесь, что это предлагает широкий выбор геометрии стружколома, ширины вставки и классов твердого сплава.

Когда-то единственные в семействе отрезных штампов, быстрорежущие стальные (БРС) и твердосплавные режущие лезвия лучше всего запомнились как старые, добрые друзья, время которых прошло. Они блуждают при глубокой резке, склонны к поломкам и требуют от Вас ручного шлифования стружковой канавки в верхней части, если Вы хотите иметь какой-либо шанс контролировать стружку. Учитывая широкую доступность превосходных отрезных штампов, просто нет оснований использовать эту стародавнюю технологию. В общем, Вас предупредили.

» **Размеры помещения:** Устройства подачи прутка большие. Если Вы хотите обрабатывать 12-футовые полноразмерные прутки, Вам понадобится достаточно места для установки оборудования шириной примерно 3 фута и длиной 16 футов или более. Если прутки в половину или четверть длины Вас устроят, то «коротышка» сэкономит Вам немного недвижимости, но за счет дополнительных прутковых обрезков (маленьких кусков остатков материала с конца каждого прутка). Что бы Вы ни выбрали, Вам лучше убедиться, что есть достаточно места.

» **Интерфейс станка:** если Вы хотите купить новый токарный станок, но немного стеснены в средствах, Вы всегда можете подождать с покупкой устройства подачи прутка; просто обязательно закажите станок с соответствующим интерфейсом. Этот пучок проводов и электроники – и есть то, что позволяет устройству управления станком и подачи прутка сообщаться друг с другом. Покупка токарного станка без него - это все равно, что купить пикап без буксировочного пакета, когда Вы знаете, что поедете в путешествие в жилом автофургоне следующим летом. Его можно добавить позже, но за дополнительную цену.

» **Улавливатель готовых деталей:** не так просто добавить это постфактум, поскольку для этого требуется модификация листового металла станка. Улавливатели готовых деталей - это программируемые рычаги, которые вытягивают деталь и ловят ее в корзине, а затем бросают через дверцу в передней части станка. Без него Вам придется нацепить дождевик и залезть внутрь станка чтобы ловить детали с помощью сита для спагетти (при условии, что Вы сможете отключить модуль безопасности двери, действие, которое никто, связанный с этой книгой не одобряет).

» **Вкладыши для шпинделя:** вот еще один простой способ, хотя, возможно, Вам следует сначала выбрать устройство подачи прутка, прежде чем покупать их (видите ли, для некоторых требуются специальные вкладыши). Вкладыши для шпинделя являются важной частью «уравнения» подачи прутка.

Как правило, изготовленные из полиуретана или стали, они сводят к минимуму «прутковую обметку», возможную благодаря зазору между прутковым стволом и диаметром отверстия шпинделя - большинство экспертов рекомендуют не более 1/16 дюйма, хотя меньше (обычно) еще лучше. Без правильно выровненного шпинделя обязательно произойдет повреждение прутковой заготовки и даже станка, и будет трудно поддерживать допуск деталей и качество поверхности. Того хуже то обстоятельство, что высоких скоростей шпинделя не достичь пока прутки болтаются туда-сюда, что негативно влияет на производительность.



СОВЕТ

Решающее значение имеет регулировка промежутка между шпинделем токарного станка и устройством подачи прутка. После того, как Вы подготовитесь к инсталляции, сделайте себе одолжение и возьмите в

аренду бурильный молоток за несколько дней до его прибытия, затем закрепите свой токарный станок с ЧПУ на полу. Подождите минутку, Вы думаете, если эта штука тяжелее моей машины, почему я должен прикручивать ее к полу? Хотите, верьте, хотите, нет, но малейшее движение прутков вместе с давлением со стороны «толкателя» подачи прутка будет постепенно, но неизбежно смещать даже самые тяжелые токарные станки относительно оси.

Заступить к прутку

Теперь, когда все подготовительные работы проведены, пришло время выбрать ваше новое, как с конвейера, блестящее устройство подачи прутка. И есть из чего выбирать. Прежде, чем Вы начнете прицениваться.

Будет неплохо потратить несколько минут на определение текущих и будущих производственных потребностей.

Если объемы деталей невелики, а допуски не слишком строгие, может потребоваться простой недорогой механизм подачи. Если Вы хотите запускать детали с жестким допуском всю ночь напролет, сидя дома и смотря «Судью Джуди», Вам лучше искать устройства подачи прутка магазинного типа, а заодно иметь хорошую кредитную историю. Также нужно знать, что независимо от выбранной марки устройства подачи прутка, существует несколько типов технологии толкателя и многочисленные способы поддержки прутка во время обработки.

О стуке во время работы

Некоторые устройства подачи прутка вовсе не предлагают никакой поддержки. Если Вы экономите на всем и хотите построить самодельное устройство подачи прутка, смело можете сварить пару стоек и закрепить на полу кусок толстостенной трубы. Загрузите пруток в дальний конец, вставьте его в патрон и поехали. Это будет чертовски шумно, и Вы можете в конечном итоге потратить на слуховые аппараты больше, чем на устройства подачи прутка, но все работает, верно?

Разумеется, Вам понадобится способ продвинуть материал после изготовления каждой детали (если Вы не хотите стоять там весь день, подпирая конец прутка шваброй, что отчасти разрушает весь смысл подачи прутков). Вам повезло, устройства подачи прутка - это пружинные устройства, смонтированные в револьверной головке, которые захватывают конец прутка и вытягивают его вперед после открытия цанги.

Таким же образом, устройства подачи прутка пневматического и барабанного типа (иногда называемые гравитационными питателями) просто позволяют прутку болтаться и грохотать в металлической трубе. Когда приходит время подачи большего количества материала, цанга открывается, и пневматический или механический толкатель прикладывает давление к концу стержня, проталкивая его через шпиндель и к револьверной головке, установленной внутри станка. Хотя в наше время они редко используются, когда-то они были в моде в цехах по производству винтовых машин, но после того, как все мы стали плохо слышать, руководство решило, что было бы хорошей идеей инвестировать в более тихие, устройства подачи прутка, работающие на гидроприводе.

Счастливая гидравлика

Примерно в то же время, когда Ричард Никсон подумал, что было бы неплохо замаскировать несколько микрофонов в отеле Уотергэйт, швейцарскому механику Филиппу Шойреру пришла столь же новая идея - использовать гидравлическое масло для приведения поршня в трубку устройства подачи прутка, позволив части этого масла просочиться в саму трубку, обволакивая стержень маслом, тем самым защищая его от биения и вибрации. Шойрер на самом деле изобрел гидродинамическое устройство подачи прутка, или Гидробар.

ВЫ НАДО МНОЙ ИЗДЕВАЕТЕСЬ

Шутки в сторону насчет потери слуха, прутковые питатели - низко технологичная альтернатива дорогостоящему для многих цехов оборудованию. Выровняйте шпиндель токарного станка к прутковой заготовке любого размера, которую Вы хотите запустить, нарежьте прутки на куски длиной со шпиндель (другими словами, то, что может быть полностью укомплектовано в шпинделе), и используйте устройство для продвижения прутка, чтобы продвигать материал для каждой новой детали. Вам нужно также запрограммировать машину на остановку до того, как закончится материал (в противном случае Вы закончите резкой воздуха), но этот подход устраняет проблемы с шумом и прутковой обметкой, которые сопутствуют грохочущей трубке, и является недорогим способом для короткого периода автономного производства.

Некоторые производители устройств подачи прутков взяли эту концепцию на вооружение и развивают ее. Пневматические питатели с магазином для коротких прутков подают прутки длиной со шпиндель к ограничителю, установленному у башенки (выталкиватель не требуется). Для них требуется шпиндель с накладками, но они чувствуют, когда стержень израсходован, и автоматически загружают новый прутковый материал из стойки на устройстве подачи прутков.

С тех пор было разработано много версий. Одной из них является гидростатическое устройство подачи прутка, который использует серию «направляющих каналов» в форме раскладушки по длине прутка. Во время работы гидравлическое масло закачивается в эти каналы, смазывая брусек и амортизируя его так же, как и Гидробар. Сам толкатель обычно приводится в действие сервомотором, а не гидравлически.

Как и коротышки - устройства подачи прутка, описанные в отдельной вставке «Вы надо мной, издеваетесь», оба способа могут быть оснащены магазином устройства автоматической смены инструментов для автономного производства. Обе модели доступны различной длины, а также в версиях с подвижной и неподвижной бабкой (см. Главу 2, если Вы забыли, что такое подвижная бабка). Некоторым нужна небольшая фаска для резки на конце толкателя каждого прутка, в то время как другим требуется поворот короткой цапфы для зажима в цанге толкателя (для этого есть специальные станки). Все они позволяют более высокие скорости вращения шпинделя, лучшее качество поверхности и большую производительность, чем было бы возможно без нее.



ВАЖНЫЕ
ДЕТАЛИ

Вот одно из последних соображений по подаче прутка, и оно очень важно. При зажиме распиленной заготовки материала невозможно обработать деталь по всей длине, потому что некоторая ее часть обязательно должна оставаться внутри патрона. Это означает, что для завершения детали требуется дополнительная операция. С другой стороны, подача прутков позволяет захватывать материал за пределами заготовки - вся длина детали находится за пределами патрона, что позволяет легко выпустить

деталь целиком за одну операцию. Кроме того, поскольку при подаче прутка Вы захватываете гораздо больше материала, нет никакой возможности вытащить деталь из патрона, как при использовании распиленных заготовок, что обеспечивает более агрессивную глубину резания и более высокие скорости подачи.

Сотрудничество с R2D2

Механизмы подачи прутка хороши, если только Ваш цех не обрабатывает только мелкие детали, которые всегда могут быть запитаны прутком и всегда выполняются за одну операцию (многие цеха со станками продольного точения так делают), рано или поздно Вы столкнетесь с ручной загрузкой деталей. Отливки и заготовки, болванки, распиленные на запчасти, слишком большие для подающего устройства, или обратная сторона вышеупомянутых деталей, запитанные прутком, - все они требуют времени и денег для загрузки. Токарные станки не единственные станки, которые требуют такого внимания. А как насчет Ваших многоцелевых станков? Если у Вас нет дяди-пенсионера, который просится добровольно поработать в цехе механообработки, Вам лучше всего найти бюджетный вариант ухода за вашим оборудованием.

Это конечно дерзкий шаг, но Вы рассматривали покупку робота? (см. Рис. 8-2.) Вы можете назвать его как угодно - Эндрю Мартин, ВАЛЛ-И, К-9 или Бендер Бендинг Родригез (прим. пер. – «bend» с англ. – гнуть). Роботу не нужно отлучаться в туалет или семейный отдых, а также не будет слоняться по цеху хвастаясь о том, сколько рыбы он наловил в прошлые выходные. Он не будет жаловаться, что Вы даете ему скучную работу, или бояться, что Вы выключаете свет и отправляетесь играть в боулинг. Он будет сидеть всю ночь напролет, загружая детали на станок с ЧПУ, рассказывая истории Айзека Азимова, счастливый, как электромеханический «моллюск». При наличии соответствующих возможностей, робот может быть просто вашим новым лучшим другом навеки.

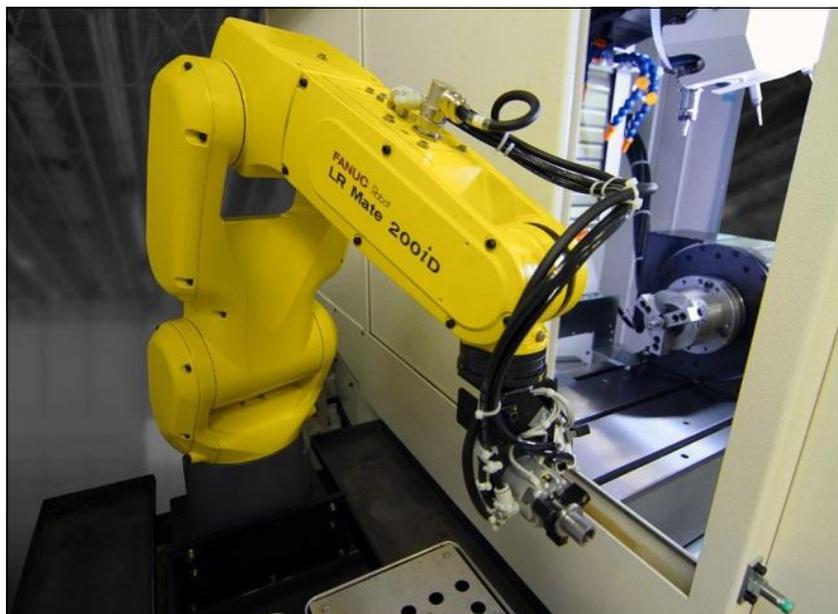


РИСУНОК 8-2: Роботы становятся годными машинами механических цехов по всему миру, уже не ограничиваясь крупномасштабной автотранспортной работой

С разрешения: Корп. Фанук Америка (FANUC America Corp.)

ЧЕТЫРЕ СПОСОБА ПОЛАДИТЬ С РОБОТАМИ

Там, где большинство роботов-помощников, или ко-ботов (collaborative robot) используют технологию «ограничения мощности и силы» для обеспечения безопасности находящихся поблизости людей (то есть они двигаются медленнее по сравнению с «промышленными» роботами, и Вы не пострадаете от столкновения с ними), некоторые используют «мониторинг скорости и разделения», работая на полной скорости, пока рабочий не пересекает заранее заданный порог. Оба предназначены для нашей безопасности, но последний требует некоторого типа «зонирования», такого как лазерная или световая завеса.

Также имеется мониторинг «с рейтингом безопасности», который позволяет оператору взаимодействовать с роботом, когда он остановлен (для смены инструмента, возможно, или выгрузки детали), но затем автоматически возобновляет работу, когда человек покидает рабочую зону. И есть роботы с «ручным управлением», предназначенные для помощи в подъеме тяжелых грузов или там, где робот нуждается в дополнительном руководстве.

Однако прежде чем Вы побежите покупать их, Вам нужно знать пару вещей. За последнее время многое изменилось в мире робототехники. В отличие от безжалостных автоматов, которые использовались для сварки каркаса отцовского лимонно-зеленого Шевроле Вега 1975 года, современные роботы проще в управлении, дешевле и гораздо более дружелюбны. На поверку, они очень коллаборативные.

Коллаборативные роботы, или ко-боты (именно так их называют), созданы чтобы работать рядом с человеком. В защитных ограждениях или световых завесах безопасности между ними и операторами нет необходимости. Ко-боты замедляются при приближении и останавливаются, если Вы попадаетесь на их пути. Покажите ему, как вставить деталь в токарный патрон или поместить ее на конвейер, и он запомнит и подхватит, способный справляться с беспорядочно ориентированными деталями и обходить препятствия. Хотя они не такие умные, как Ваша охотничья собака Джордж, они довольно хорошо додумываются и гораздо лучше реагируют на «апорт!».

Выполнение замеров

Одна из вещей, которую Вы в первую очередь изучаете в профессионально-техническом колледже, - это как инициировать инструмент. Это достигается путем медленного приведения режущего инструмента в контакт с куском бумаги, прилипшим к поверхности заготовки - просто «прижимая» его, а затем записывая положение. После этого Вы узнаете, как прихватывать край с помощью устройства на шпинделе, называемого вигглером или кромкоискателем (см. Рис. 8-3). Опять же нужно слегка коснуться детали - нажмете слишком сильно, и у Вас повсюду будут маленькие кусочки кромкоискателя.



Рисунок 8.3. Этот трехмерный универсальный датчик разделал в пух и прах устаревший вигглер, и может использоваться для сбора рабочих координат, измерений размера деталей, проверок плоскостности и прямолинейности, и т.д.

С разрешения: Хаймер США (Haimer USA)

На станке с ЧПУ первое действие определяет коррекцию на длину инструмента (и должно повторяться для каждого инструмента), а второе используется для нахождения нулевых координат заготовки (один раз для каждой детали на столе). После того, как Вы сделаете это пару сотен раз, Вы перестанете хвалиться тем, насколько хорошо Вы разбираетесь в этих базовых навыках, и понимаете, что есть гораздо более быстрые, более автоматизированные способы выбора длины инструмента и рабочих координат.

Передать эстафету

Несомненно, проектировщикам станочных систем так же надоело инициировать инструменты, с учетом того, что вскоре после появления первых станков с ЧПУ в списке опций появились устройства для предварительной наладки инструмента. Всем операторам токарного станка, кому посчастливилось иметь его (а в современном мире это почти все), инициирование инструмента - это демонтаж промежуточного манипулятора (эта штука находится перед головкой), и затем использование ручного импульсного генератора (серебряное колесо на передней панели устройства управления станком), с заводом каждого инструмента в устройство предварительной настройки до звукового сигнала.

Вам придется делать это для каждой оси и инструмента. Крутость в том, что после того, как Вы инициировали инструмент, большинство токарных станков с ЧПУ позволяют Вам ударять им по лицевой стороне детали, нажимать кнопку и также фиксировать рабочую координату оси Z. Принимая во внимание, что все эти запуски рукояткой, прилипание листов и плющение все еще занимают много времени, но нет никакого шанса записать что-то неправильно и разбить машину.

Производителям многоцелевых станков с ЧПУ потребовалось немного больше времени, чтобы понять это, но теперь многие предлагают похожее устройство предварительной настройки, устанавливаемое на одной стороне стола станка (см. Рис. 8-4). Вызовите инструмент, переместите его к устройству предварительной настройки, ударьте его один раз, чтобы зафиксировать длину инструмента, и еще раз, чтобы зафиксировать радиальное смещение (на половину его диаметра), и повторите процесс 20 или 30 раз, один раз для каждого инструмента в конвейере. Легко.

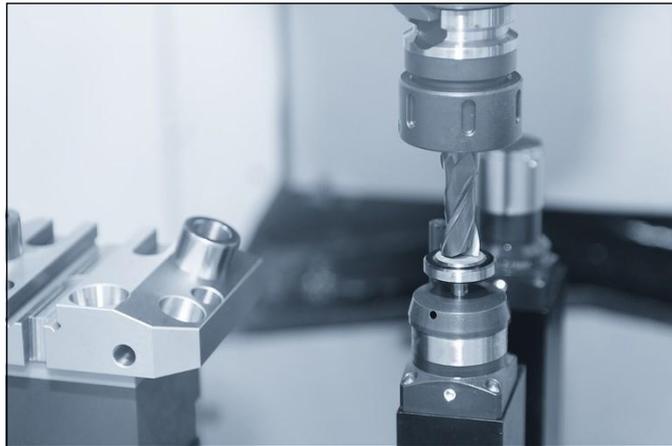


РИСУНОК 8-4: Даже если на Вашем станке нет устройства предварительной настройки, установка вторичной версии не слишком сложна



СОВЕТ

Большинство устройств предварительной настройки инструментов также можно использовать в автономном режиме. Это дает операторам возможность проверять износ инструмента и сломанные инструменты непосредственно из программы обработки деталей с ЧПУ. Будь то токарный станок или многоцелевой станок, вызовите макропрограмму (об этом я подробнее расскажу в Главе 11), и станок отрегулирует длину инструмента и радиальные смещения, убедившись, что износ инструмента находится в пределах заданного допуска.

В поисках дома

Другая часть трудной задачи измерений - это измерение датчиком, установленном в шпинделе (используется на многоцелевых станках с ЧПУ) и зондирование револьверной головки (для токарных станков с ЧПУ). И тот, и другой могут быть использованы для:

- » Измерения качества деталей во время работы станка.
- » Проверки первой детали и записи результатов.
- » Обновления смещений работы и длину инструмента в зависимости от износа инструмента.
- » Проверки, правильности креплений заготовки
- » Проверки на поломки инструментов, и обращения за помощью

Все эти функции (и даже больше), как правило, могут выполняться в ручном режиме путем поворота рукоятки, в автономном режиме нажатием нескольких кнопок или по команде в самой программе обработки детали. Как и при предварительной настройке инструмента на размер, требуется некоторое программирование с использованием макрокоманд (не волнуйтесь, это не так страшно, как звучит), а также необходимые параметры управления, такие как высокоскоростной шаг, макрос В, а также дополнительные смещения и переменные. Вам не о чем беспокоиться при покупке нового станка с возможностью измерения, но если Вы добавляете контактный датчик к существующему фрезерному станку или токарному станку, то Вам необходимо выяснить, установлено ли на Вашем станке соответствующее программное обеспечение (обратитесь к дилеру, если необходимо).

В автономном режиме

Все эти контактные измерения и предварительные настройки - довольно круто, но не забывайте, что на это все еще требуется время, и в отношении станка с ЧПУ действует старая поговорка о том, что «время – деньги». Конечно, автоматическое измерение - это бесценный и необходимый инструмент для автономного производства. И даже в присутствии оператора способность автоматически проверять наличие сломанных инструментов или неправильно зафиксированных деталей спасает.

В любом случае, мысль об использовании станочной системы стоимостью 100 000 долларов (или больше ... иногда намного больше) для инициирования инструментов и задания рабочих координат должна быть более непопулярной, чем приглашение Клинтона на вечеринку по случаю дня рождения капитана Кирка. Нет, лучшее место для настройки инструментов - это инструментальный склад, а лучший способ установить рабочие координаты - это использовать заранее заданные местоположения с системой с нулевой точкой или аналогичным зажимным устройством для обрабатываемых деталей, одобренных САПР-ТПП компании и программное обеспечение для моделирования траектории (об этом я расскажу далее в Главе 9).

Элементы предварительной настройки

Оффлайн-системы предварительной настройки инструмента и измерения могут и не быть первым шагом к сокращению времени настройки, но они, безусловно, одни из самых простых и зачастую наименее дорогих (см. Рис. 8-5). Бюджетную модель можно купить за пару тысяч долларов (а некоторые цеха даже строят свои собственные примерно за половину этого), тогда как полностью автоматизированная модель, включающая все-все-все может стоить столько же, сколько новый станок с ЧПУ.

В действительности, высокая цена некоторых систем привела к тому, что несколько владельцев цехов отказались от инвестиций - если мы уже отстаем от графика, не лучше ли нам потратить деньги на новый станок и избегать всех сбоев, возникающих при любой новой технологической инициативой?

Может и так, если судить только по времени, требуемому для настройки, но что насчет потерянных 5 минут при каждом процессе смены инструментов. Если Вы меняете инструмент раз в час – это составит в итоге 8% простоя станка. А как насчет последствий ошибок ввода значений смещения? Катастрофическая авария станка может легко привести к дням или даже неделям простоя, не говоря уже о возможности потерять клиента из-за просроченной доставки.



РИСУНОК 8-5: Оффлайн-инструмент предварительной настройки - один наилучших способов уменьшить время простоя и снизить риск аварий на станке

С разрешения: Хаймер США (Haimer USA)

Уверены? Подумайте над этими вопросами, прежде чем взять трубку:

» **Контактные против бесконтактных?** Устройства предварительной настройки инструмента, использующие циферблатный индикатор для нахождения режущей кромки инструмента, менее затратные, но также менее точные, чем те, которые оснащены автономными системами технического зрения, и могут не подходить для небольших или деликатных инструментов.

» **Какая точность настройки инструмента требуется?** Устройство предварительной настройки инструмента должно быть в десять раз точнее, чем ваши детали. Если Вам необходимо поддерживать погрешность допуска +/- 0,002 дюйма в течение всего дня, Вам, вероятно, лучше искать более продвинутую систему обработки данных визуального контроля.

» **Где Вы собираетесь разместить его?** Некоторые цеха держат устройство предварительной настройки на инструментальном складе и поручают обслуживающему персоналу настроить инструмент. Другие размещают устройства предварительной настройки в центральных местах по всему цеху и позволяют самим устанавливать свои собственные инструменты. Какой подход будет лучшим для Вас?

» **Как доставлять информацию об инструменте на станок?** Более мощные системы обеспечивают автоматическую передачу уровней смещений на станки с ЧПУ, в то время как с других нужно считывать информацию о смещениях и вводить их в станок вручную, - но помните, что один день ввода неверных данных может легко уничтожить все преимущества предварительной настройки, наработанные за целый год.

» **Сколько инструментов Вы будете устанавливать каждый день?** Если ответ-сотни, то действительно ли Вы хотите крутить колеса и нажимать кнопки? Вам лучше всего обратить внимание на автоматическое устройство предварительной настройки

» **Что Вы настраиваете?** Токарный многоцелевой станок, многоцелевой станок с 50 конусами, 20-конические сверлильные станки? Планируете ли Вы покупать какую-либо из перечисленных станков в ближайшие пять лет? Каждому понадобится собственный адаптер для устройства предварительной настройки.



ВАЖНЫЕ
ДЕТАЛИ

Чаще всего offline-предварительная настройка является гораздо менее дорогим предложением для многоцелевого станка, чем для токарного станка. Почему? Поскольку держатели фрезерного инструмента по своей

сути являются быстросменными, Вы можете вставлять их в шпиндель или конвейерную систему станка карусельного типа примерно за две секунды, а для замены стандартного токарного инструмента требуется ослабить и затянуть несколько болтов или гаек цанги (если только Вы не просто меняете вкладыш). Если Вы хотите выполнить предварительную настройку на токарном станке в автономном режиме, лучше всего сперва запланировать инвестиции в систему быстросменных инструментов (о чем я расскажу в Главе 7).

Достижение оптимального баланса

В Главе 7 Вы узнали много нового об износе, и вполне обоснованно. Во время неправильного вращения режущих инструментов, канавка, выдвигаясь дальше, вынуждена делать больше работы. Поэтому достижение биения, близкого к нулю, имеет решающее значение для увеличения срока службы инструмента и его предсказуемости, чего гораздо проще достичь с устройством предварительной настройки (см. Рис. 8-6), чем тянуться в станок с индикаторными часами и латунным молотком.

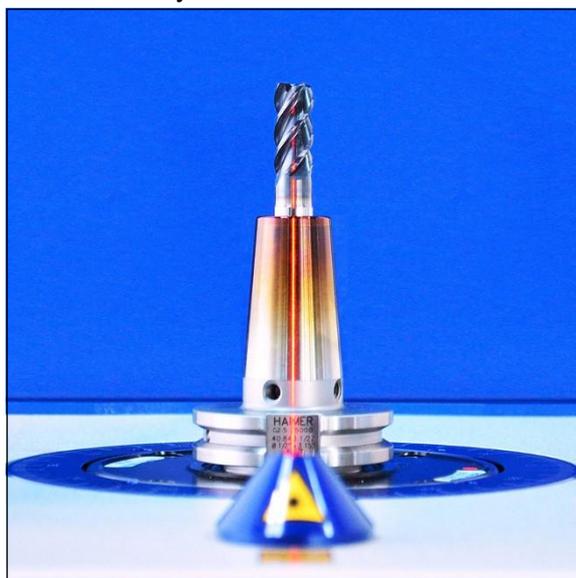


РИСУНОК 8-6: Балансировка держателя инструмента важный, но часто упускаемый из виду аспект передового опыта многоцелевого станка

С разрешения: Хаймер США (Haimer USA)

Пока Вы перебираете свои варианты, учтите следующее: нарушение балансировки инструмента столь же плохо, как и биение, и также сильно влияет на шпиндель станка. Вы можете подумать, что сбалансированные держатели инструмента нужны только для высокоскоростных шпинделей, но многие эксперты в области производства полагают, что балансировка необходима на скоростях шпинделя 8000 об/ мин и выше, что эквивалентно механической обработке при спокойном движении в транспорте со скоростью 45 миль в час в воскресное утро. Решением является устройство предварительной настройки инструмента, которое выполняет двойную работу, настраивая длину и диаметр инструмента в offline-режиме, а также предлагает возможность балансировки.



Если у Вас есть возможности балансировки инструментов, не факт, что ваши инструментальные державки справятся с этой задачей. Хотя теоретически возможно сбалансировать любой держатель, просверлив

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

небольшие отверстия в стратегических местах вокруг его корпуса, более целесообразным решением является инвестирование в «сбалансированные» держатели инструмента, которые имеют эксцентричные регулировочные кольца или винты на периферии.



СОВЕТ

Если Вам нужно 40000 оборотов в минуту, но доступно только 10000, нет причин вымещать на ком-то свое плохое настроение. Скоростные головки используют воздух или электроэнергию (или даже давление охлаждающей жидкости), чтобы вращать инструменты гораздо быстрее, чем это было бы возможно - некоторые могут достигать 100 000 об / мин или более. Помимо инвестиций в саму головку регулятора скорости (не волнуйтесь, они стоят намного дешевле, чем новый снегоход), Вам, вероятно, придется купить некоторые специальные цанги, и Вам может понадобиться установить адаптер привода на машину, но оба не проблема достать. Если Вам нужно просверлить отверстия размером с крикетную палочку в некоторых деталях титанового сердечного клапана, то все, что Вам может понадобиться – это головка регулятора скорости.

Давать слабину

Если у Вас в планах инвестировать средства в автономные устройства предварительной настройки инструментов и балансировочные устройства (или уже имеете их), то подумайте о дополнительных инвестициях в программное обеспечение для управления данными инструмента. Система управления инструментами, или СУИ (tool management system, TMS), - это централизованное место для хранения всего, что Вы хотите знать о держателях инструментов и режущих инструментах Вашего цеха. Нет необходимости искать в каталогах запасные части или входить в планирование ресурсов предприятия, ПРП (enterprise resource planning, ERP), чтобы увидеть, что заказывается - у Вас будет одно место, где можно найти все размеры, местоположения, уровни запасов и историю их потребления, а также знать, какие инструменты необходимы на рабочих местах и когда. А поскольку практически все системы управления инструментами напрямую связаны с программным обеспечением САПР-ТПП и ПРП, оборудованием для предварительной настройки инструментов и станками, то данный запрограммированный поток данных непрерывный, в единственно правильной версии. Проще говоря, СУИ связывает все это вместе.

Распределительные ЭВМ

Прежде чем мы оставим тему инструментального склада и программного обеспечения СУИ, давайте рассмотрим расширение для обоих: распределительные ЭВМ (электронно-вычислительные машины). Это не те торговые автоматы, выдающие пакетики с чипсами для Вашего бутерброда с колбасой, о которых Вы подумали. Распределительные ЭВМ контролируют использование инструмента, распределяют затраты на расходные материалы по центрам механической обработки, управляют инвентарем, и избавляют Вас от необходимости топтать в другой конец здания за парой перчаток.

Кто-то, возможно, начнет ворчать, увидев появление первой распределительной ЭВМ на приемной платформе, думая, что это всего лишь еще один пример корпоративного крохоборства, но на самом деле они помогают сэкономить время, а цехам стать более эффективными и прибыльными.

Поднесите карточку к считывающему устройству, введите пин-код или отсканируйте большой палец, и автомат выдаст все, что нужно для выполнения Вашей работы, спасая Вас от очередной глупой шутки оператора инструментального склада. А поскольку распределительная ЭВМ напрямую связана с Вашим поставщиком или даже с Вашей СУИ, Вы больше никогда не будете беспокоиться о том, что истощится запас сверл или втулок (или у Вас возникнет соблазн накапливать их в глубине инструментального склада).



ПОМНИТЕ

Одним из основных принципов экономичного производства является быстрая замена пресс-форм (Single Minute Exchange of Dies, SMED). Он был разработан японским промышленным инженером-технологом Шигео Синго, который использовал его, чтобы сократить время настройки штамповочного пресса с часов до минут. Цель SMED - сделать как можно больше шагов переключения вне станка пока он работает, и упростить все остальное. И хотя токарные станки с ЧПУ и многоцелевые станки не используют штампы, и здесь применимы принципы SMED (и экономичного производства, в этом отношении) в равной степени, как и на штамповочных прессах.

Выбор правильного станка и опций

Покупка нового станка может показаться покупкой нового автомобиля. Конечно, Вам не придется выбирать между карамельно-яблочным красным или лунно-белым, или агонизировать по поводу апгрейда стерео-звуковой системы Bose с шестью динамиками, но Вам, тем не менее, необходимо принять некоторые важные решения. Однако, в отличие от нового автомобиля, где ожидаемые потребности в течение следующих пяти лет вполне предсказуемы: работа, продукты, школа, торговый центр и, возможно, поездка на побережье, которую Вы откладывали, - сомнительно, что детали, которые Вы вытачиваете сегодня будут чем-то похожими на те, которые Вы будете обрабатывать через пять лет.

Имея в виду данное обстоятельство, очень важно относиться объективно к часто длинному перечню параметров механизма и его управления и как можно лучше предвидеть свои будущие потребности (см. Рисунок 8-7). Вот несколько наиболее распространенных параметров (некоторые из которых просто необходимы), которые Вы должны рассмотреть:

» **Дополнительные М-функции:** я подробно обсуждаю эту тему в Главе 11, но, простыми словами, М-коды - это программируемые переключатели для включения и выключения. Например, M08 пускает охлаждающую жидкость, а M03 поворачивает шпиндель. Зачем Вам необходимо иметь их как можно больше? Представьте, что Вы сломали руку катаясь на лыжах, и Вам нужен способ автоматически открыть дверцу станка. Это конечно не китайская грамота, прикрутить соленоид и пневматический поршень, но как Вы собираетесь его активировать? А вот если у Вас есть дополнительные М-функции, Вы можете запрограммировать их на это.

» **Предотвращение столкновений:** Как и в случае ряда offline-пакетов программного обеспечения, некоторые сборщики токарных станков и станков с ЧПУ предлагают варианты управления, которые имитируют траектории движения инструмента и предупреждают о возможных столкновениях, до того, как Вы нажмете кнопку запуска цикла, а некоторые даже защищают от столкновений во время изготовления деталей. По словам Джорджа Х.В. Буша, не принимать какую-либо технологию предотвращения столкновений, попросту «неблагоразумно».

» **Управление ресурсом стойкости инструмента:** режущие инструменты не дешевые, и, поскольку их производители разрабатывают все более совершенные изделия, их цены только ползут вверх. Одним из способов получить максимальную отдачу от

концевых фрез, сверл и даже втулок является управление ресурсом стойкости инструмента, которое отслеживает использование инструмента и сообщает оператору, что пришло время для нового инструмента (даже если инструмент использовался в нескольких заданиях или неоднократно забирался из станка). Это не только снижает затраты на инструмент, но и позволяет избежать необходимости звонить заказчице, чтобы сообщить ей, что кто-то слишком долго не менял инструменты, и поэтому ее заказ теперь находится в мусорном баке.

» **Интерфейс Ethernet:** Если Ваш новый, как с конвейера, станок с ЧПУ не поддерживает Ethernet, Вам придется использовать 50-летний (и гораздо более медленный) протокол связи RS-232 для связи с вашим устройством управления. Выбирайте: это, или вытаскивайте программу на флешке. Извините, но, принимая во внимание, что все сегодня интегрировано в сети, это опция, без которой Вы не можете жить.

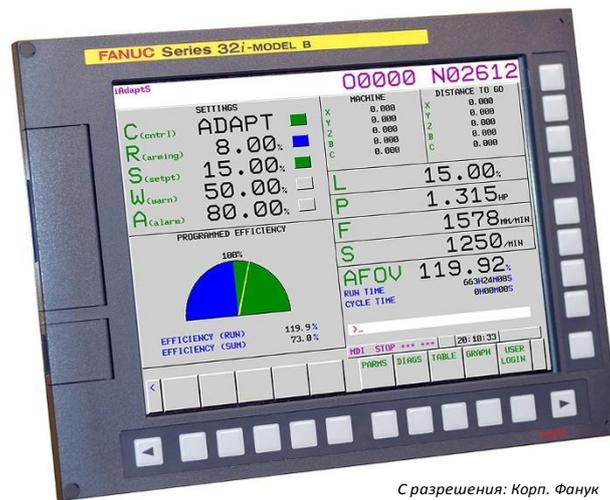
» **Дополнительная память:** если Ваш станок с ЧПУ подключен к корпоративной сети, вполне возможно хранить программы в автономном режиме и при необходимости загружать их для контроля. А программы, которые слишком велики для памяти вашего станка с ЧПУ, при необходимости могут быть «залиты». Однако ни один из подходов не удобен, и в случае покадровой отработки УП могут возникнуть проблемы с производительностью. Вы увеличили память своего смартфона, чтобы хранить больше музыки и фотографий, не так ли? Имеет смысл делать то же самое и на станках с ЧПУ.

» **Дистанционная ручка:** а именно, на большом многоцелевом станке, возможность захватить ручку с собой на дальнюю сторону стола значительно упрощает настройку. Некоторые дистанционные ручки позволяют даже выполнять смену инструмента, активировать датчики шпинделя, устанавливать рабочие координаты и многое другое, без необходимости идти обратно к элементу управления.

» **Определяемые пользователем макросы** (также называемые макросами В): если Вы заказали станочное зондирование, пользовательские макросы уже должны быть включены. Если нет, Вы можете рассмотреть возможность их получения в любом случае. Макрос В, например, позволяет умным программистам писать «параметрические» подпрограммы, которые позволяют менее опытным операторам отвечать на ряд вопросов о детали - ее длине и ширине, или, например, где просверлить серию отверстий - и управлять ими соответствующим образом.

» **Защита от вирусов:** сегодня преобладающее большинство станков с ЧПУ имеют УЧПУ на базе ПК с поддержкой Интернета. К сожалению, это означает, что они уязвимы для вирусов, троянов, вредоносных программ и другого программного обеспечения, созданного малокомпетентными технофриками. Без антивирусной и сетевой защиты, (о которых я говорю в Главе 13), Вы оставляете не только свой станок с ЧПУ открытым для атаки, но и свою корпоративную сеть.

Пересчет масштаба и ротация координат. Динамические рабочие смещения. Вторая исходная позиция. Высокоскоростная механообработка (обычно используется для обработки пресс-форм из закаленной стали). Минимальное количество смазки или МКС. Есть масса дополнительных параметров. Некоторые могут быть добавлены по факту (за дополнительную плату), в то время как другие могут заставить Вас кусать локти годика через два. В любом случае, сделайте домашнее задание и загляните глубоко в свой хрустальный шар, прежде чем подписываться на что-то.



С разрешения: Корп. Фанук
Америка (FANUC America Corp.)

РИСУНОК 8-7: Работайте в тесном контакте с вашим дистрибьютором оборудования, чтобы определить, какие варианты управления необходимы сегодня, а также через пять лет

Охлаждение под высоким давлением

В течение всего времени, пока существовали режущие инструменты, люди что-нибудь да брызгали на них. Смазочно-охлаждающие жидкости на масляной и водной основе помогают охлаждать режущие инструменты и заготовки. Они обеспечивают износостойкость и способствуют удалению стружки. И во многих случаях они улучшают чистоту поверхности детали и предотвращают коррозию. Но до недавнего времени единственным способом применения смазочно-охлаждающей жидкости было заполнение ею всей рабочей зоны что-то вроде поливки всей подъездной дорожки из садового шланга ради удаления одной соринки.

Но, как все знают, при зажиме кончика шланга большим пальцем работа идет намного быстрее. Возможно, именно поэтому Реджинальд Пиготт, башковитый инженер, работающий в «Gulf Research Development Company», в 1951 году подал патент, предполагая, что тонкий высокоскоростной поток масла под давлением, направленный на режущий инструмент, увеличит ресурс стойкости инструмента, отделку деталей и точность.

Пиготт знал всю мощь садового шланга, но его открытие не приобрело широкого применения в станочной промышленности до недавнего времени. Сегодня доступен широкий ассортимент систем смазочно-охлаждающей жидкости, подаваемой под высоким давлением (СОЖ), а также охлаждающей жидкости через шпиндель на многоцелевых станках и охлаждающая жидкость через револьверную головку на токарных станках, которые поддерживают давление 1000 фунтов на квадратный дюйм или более.

Звучит великолепно, но Вам также понадобятся соответствующие режущие инструменты и держатели инструментов, и Вы захотите инвестировать в систему фильтрации охлаждающей жидкости (ну конечно, если Ваш блок высокопроизводительных вычислений (ВПВ) еще не оборудован упомянутым образом). Независимо от довольно значительных инвестиций, ВПВ является следующим лучшим выбором для твердых сплавов. Если Ваш цех не пользуется этим преимуществом, Вы упускаете шанс.

Как выполнить работу легче (и безопаснее)

Мы все работали на боссов, чьи характеры заставили нас задуматься, как они умудрились оставаться в бизнесе все эти годы. Дефицит ли сострадания или отсутствие

здорового смысла, некоторые работодатели не будут тратить и пяти центов на то, чтобы сделать вашу работу легче или безопаснее. К счастью для Вас, есть много работодателей, которые заботятся об обоих факторах. Вот пара станочных принадлежностей, которые по достоинству оценят Ваша спина и легкие, и помогут держать инспекторов АПБЗ (администрации профессиональной безопасности и здоровья) за пределами компании.

Системы удаления стружки

Если Вы когда-либо тратили значительную часть своего дня, выгребая стружку из фрезерного станка или токарного станка с ЧПУ, Вы, вероятно, отправившись вечером домой, искали объявления о поиске помощников (аналоги Monster и Dice.com прошлых лет). Поскольку они поднимают стружку и выводят из станка, транспортеры для удаления стружки позволяют смазочно-охлаждающим жидкостям стечь обратно в механизм, снижая затраты и повышая цену на металлолом. Ввиду того, что рабочие не вытягивают руками острые стружки, не наклоняются внутрь станка с лопатой, ненароком разбрасывая повсюду жирный абразивный шлам, транспортеры для удаления стружки делают рабочее место более безопасным. А поскольку эти работники не очень заботятся о какой-либо, из упомянутых выше операций, транспортеры для удаления стружки являются необходимым шагом к их удержанию. Отсутствие такого на любом станке просто бред.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Вот еще одна, часто упускаемая из виду, необходимость, и это при том, что было бы преувеличением называть это аксессуаром. Резиновый настил пола стоит меньше, чем пара предсезонных билетов в НФЛ на галерку. Они уменьшают боль в спине и ногах, предотвращают повреждение микрометров и датчиков и делают долгий рабочий день немного короче. Даже если Вы носите самые лучшие защитные ботинки с металлическим носком, которые только можно купить за деньги, просто нет веской причины стоять на бетоне целый день.

Неспроста это называют смогом

Принимая во внимание, что Вы не обрабатываете всухую, вы, вероятно, используете масло или смазочно-охлаждающую жидкость на водной основе. Когда эта жидкость касается режущего инструмента или токарного патрона, который вращается со скоростью несколько тысяч оборотов в минуту, она разбрызгивается не хуже, чем вода от грязной собаки в ванной. И когда она вступает в контакт с зачастую докрасна раскаленной зоной стружкообразования, она превращается в пар или маслянистое вонючее испарение, заполняя корпус станка. И что происходит, когда Вы открываете дверь? Все эти отходы идут в Ваши легкие, мой друг. Я все время говорил, что механическая обработка - это потрясающее ремесло, более безопасное, чем вождение на обычном автомобиле и профессиональный бобслей, но только в том случае, если станок оснащен должным образом. Как бы Вы не называли это «MistBuster», «Smog Hog» или «Filtermist», не скупитесь на защитные маски.

ЧАСТЬ 3. СЛОЖИТЬ ВСЕ ВОЕДИНО: КОМПОНОВКА ДЕТАЛЕЙ

В ЭТОЙ ЧАСТИ...

- ✓ Проявите энтузиазм в изучении всех различных программных инструментов, доступных механикам и программистам.
- ✓ Узнайте все о датчиках, разметочных машинах и осмотре деталей, так что Вы не будете склонны насмехаться над инспектором.
- ✓ Подружитесь с роботами, затем переходите на автономное производство с помощью прогрессивной производственной техники.
- ✓ Ух! Программирование. Впрочем, ничего страшного: изучать G-код, используемый для программирования компьютеризированных станков, даже забавно.
- ✓ Представьте, что Вы только что открыли цех по производству велосипедов и наняли напористого дизайнера изделий по имени Джейн. Теперь Вам просто нужно выяснить, как запустить все станки

В этой главе:

1. *Разъяснение программных сокращений*
2. *Распутывание автоматизированного производства*
3. *Моделирование Ваших деталей*
4. *Имитация Ваших программ*
5. *Выбор параметров по отдельности*
6. *Определение форматов файлов*

Глава 9. Достижение успеха с программным обеспечением

«Я иду медленно, но никогда не сворачиваю с пути»

АВРААМ ЛИНКОЛЬН

Если Вы похожи на меня, Вы просто пропустите любое обсуждение компьютеров или программного обеспечения и вместо этого поговорите о станках с компьютерным числовым программным управлением (ЧПУ), режущих инструментах и инструментах для удаления металла. К сожалению, мы не можем этого сделать. Как ни крути, информационные технологии (компьютерные фанатики гордо называют ее I.T., медленно выделяя каждую букву) является важной частью производственного пирога; если Вы не откусите жирный кусок, Ваш успех в механической обработке будет меньше, чем Вы ожидали.

На самом деле, тема довольно крутая. Программное обеспечение помогает Вам проектировать детали, создавать траектории перемещения режущего инструмента и управлять ресурсом стойкости инструмента и циклом обработки на станке. Оно позволяет Вам узнать, скоро ли у Вас сломается шпиндель на токарном станке с ЧПУ стоимостью 250 000 долларов, и хватит ли у Вас денег, чтобы совершить платеж в этом месяце (или заплатить, чтобы отремонтировать его). Проще говоря, программное обеспечение (и, соответственно, компьютер, на котором он находится) является важным инструментом в Вашем наборе инструментов для обработки, без которого Вам будет сложно конкурировать.

Так что не беспокойтесь о синем экране выхода из строя, который Вы видели этим утром. Перестаньте беспокоиться по поводу отвратительных технических терминов, таких как биты и байты, скорости передачи, загрузочные сектора и ширина пропуска. Отложите Ваши компьютерные работы, отложите свою книгу «Windows для «чайников» и добро пожаловать на борт Программа Экспресс. Это будет дикая (но мягкая) поездка.

Расшифровка аббревиатур ПО

Программное обеспечение - сложная тема. Вы не можете просто погрузиться в это, не имея понятия о том, что вам предстоит. Эта Глава похожа на секретное кольцо декодера, которое некоторые из нас, читатели старшего возраста, имели в детстве, и поможет Вам расшифровать все разные трех- и четырехбуквенные слова, которые Вы скоро услышите.

Не переживайте, Ваша мама не заставит Вас мыть рот с мылом, если Вы повторите любое из них, что Вы обязательно сделаете, если будете работать в механическом цехе, отделе программирования или в инженерном отделе. Я углублюсь в скучные технические подробности о многих из них чуть позже в этой Главе. На данный момент, вот некоторые из терминов, которые Вы можете услышать в большинстве компаний-производителей:

- » **САПР**: система автоматизированного проектирования (computer-aided design, CAD)
- » **САК**: системы автоматизированного конструирования (computer-aided engineering, CAE)
- » **АСУП**: автоматизированная система управления производством (computer-aided management, CAM)
- **ПУМПП**: проектирование с учётом пригодности для массового производства (Design for manufacturability, DFM)
- » **ПРП**: планирование ресурсов предприятия (Enterprise resource planning ERP)
- » **АМКЭ**: анализ методом конечных элементов (Finite element analysis FEA)
- » **АХПО**: анализ характера и последствий отказов (Failure mode and effects analysis FMEA)
- » **ПИС**: производственные исполнительные системы (Manufacturing Execution System, MES)
- » **ППР**: планирование производственных потребностей (Manufacturing resource planning MRP)
- » **УЖЦП**: управление жизненным циклом продукта (Product lifecycle management PLM)
- » **УВЦП**: управление выполнением цепочки поставок (Supply chain execution management SCEM)
- » **СУИ**: система управления инструментами (Tool management system TMS)
- » **СУС**: система управления склада (Warehouse management system WMS)

Их множество. При правильном применении эти и другие типы программного обеспечения для производства помогают компаниям использовать решение проблем, ориентированных на команду (Team Oriented Problem Solving TOPS) для достижения улучшения валовой прибыли (Total Profit Improvement TPI), поставки детали в срок (Just in Time JIT) и возможно, достижения системы всестороннего управления качеством (Total Quality Control TQC) вместе. Кстати, все это необходимые шаги для того, чтобы стать компанией производителем мирового класса (World Class Manufacturing WCM). Вы в самом деле не любите аббревиатуры?



ТЕХНИЧЕСКАЯ
ИНФОРМАЦИЯ

Если бы это была книга о программном обеспечении для планирования ресурсов предприятия (ERP), было бы множество дополнительных сокращений, таких как долгосрочное планирование (advanced planning and scheduling APS), управление взаимодействием с клиентами (customer relationship management, CRM), электронный интерфейс данных (electronic data interface, EDI), планирование производственных потребностей (manufacturing resource planning, MRP), планирование продаж и операций (sales and operations planning, SOP) и многое другое. Как механик или инженер, работающий в современной производственной компании, Вы можете столкнуться с этими и другими аббревиатурами, но они вряд ли повлияют на Вашу повседневную деятельность, если Вас не попросят принять участие в веселом проекте внедрения ПРП. Тем не менее, не грех узнать, что они имеют в виду - это даст Вам возможность поговорить об этом в комнате отдыха, пока Вы ждете в очереди, чтобы воспользоваться микроволновой печью.

Я БЕРУ НОМЕР ДВА

В списке сокращений в первом разделе этой главы имеется небольшая ошибочка. С технической точки зрения, ППП – правильное было бы планирование потребностей в материалах, изобретенное в 1964 году инженером IBM Джозефом Орлицким в качестве способа «взорвать» ведомость материалов BOM (bills of material) для запланированных производственных заданий и сравнить полученный список материалов с итоговым, что было уже на складе или под заказ, тем самым обеспечивая людей, занимающихся закупками, списком покупок. Спустя почти двадцать лет бизнес-консультант Оливер Уайт (Олли для его друзей) признал, что своевременно доставленный материал бесполезен без станка, для которого его закупали, и выдал мировое планирование производственных потребностей, или ППП II. Сегодня все системы ППП на самом деле являются системами ППП II, и единственные, кто действительно заботится о разнице, - это группа высокооплачиваемых консультантов по ПРП, которые любят удивлять всех своими знаниями технических подробностей.

Как бы то ни было, почему Вам, механикам, должно быть безразлично? Есть несколько причин. Во-первых, без ППП Ваши материалы не будут доставлены вовремя, и Вашему менеджеру придется отправлять Вас домой пораньше (а если Вы менеджер, это может означать, что вскоре в Вашем кресле будет сидеть новый менеджер). Может быть, у Вас все в порядке со всем этим, но суть в том, что ППП- это то, что заставляет двигаться весь цех.

Во-вторых, ППП является частью гораздо более распространенной программы под названием ПРП (да, это тоже есть в списке), которая помогает человеку в большом, удобном офисе выяснить, сколько денег компания уже заработала в этом году, и хватит ли на бонусы. ПРП управляет планированием работы, графиками торговой и маркетинговой деятельности, проектированием и управлением запасами, а также определяет, оплачиваются ли счета (включая расчет заработной платы). И вряд ли Ваша компания будет работать долго без отлаженных систем ПРП и ППП.

Вот что значит САПР!

Хотите верьте, хотите нет, но когда-то люди сидели, сгорбившись над чертежными досками (см. Рис. 9-1), чтобы проектировать детали, кропотливо рисуя каждую линию, стрелку и обозначение на листе бумаги. Когда они допускали ошибку, не было ни Ctrl + Z, ни функции отмены, чтобы избавить их от неприятностей, и только резиновый ластик позаботился об их маленьком промахе, и все начиналось сначала у чертежной доски (простите за каламбур). Система автоматизированного проектирования (САПР) устранило всю эту глупость.

В идеале механики не стали бы разбираться в системах САПР. Они могли бы просто пропустить эту Главу и перейти к более актуальным частям книги. Это потому, что САПР используется для проектирования деталей и сборки частей, что, строго говоря, не имеет никакого отношения к их фактическому изготовлению.

Механики, однако, часто должны проектировать приспособления и рабочие места. Программистам необходимо преобразовать непонятный формат файла, который клиент только что отправил, в то, что может понять Ваша автоматизированная система управления производством (АСУП). Инженеры-технологи должны делать эскизы или модели, представляющие заготовку на каждом этапе производственного процесса (занятие, которое, если Вы еще этого не делаете, весьма ценное). Без функциональных возможностей САПР ни одно из этих действий не было бы возможным.

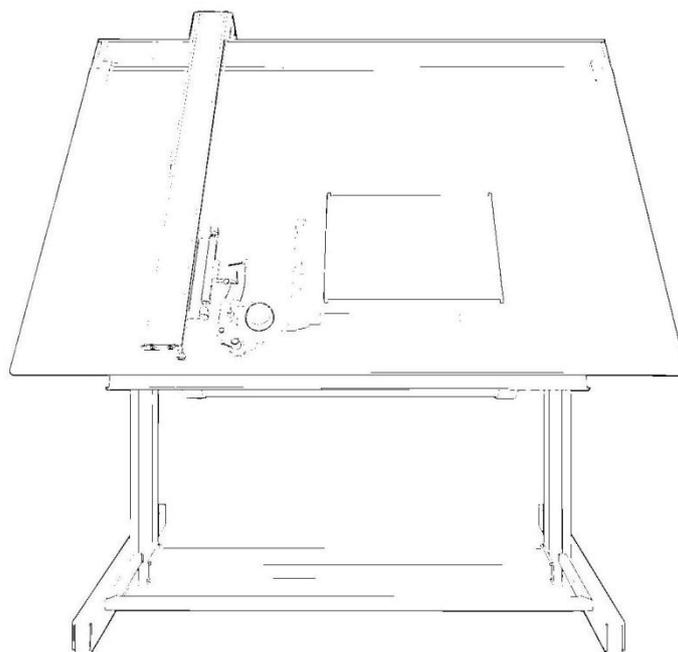


РИСУНОК 9-1: Универсальный чертежный прибор был в значительной степени заменен компьютерами и программным обеспечением САПР

ПОЧЕМУ ОНИ НАЗЫВАЮТСЯ «СИНЬКАМИ»

В любом случае еще осталось несколько штук вокруг, погребенных глубоко в файловых шкафах технического помещения, ожидая, когда их извлекут, когда ломаются детали десятилетней давности, и необходимо произвести замену. Они называются «синьками», и когда-то они были единственным способом для воспроизведения рисунков, не копируя их вручную путем отслеживания, они синие не потому, что это красивый цвет, или потому, что голубая бумага дешевле, чем белая, а потому, что в то время в «копировальную бумагу» были добавлены неприятные химические вещества - феррицианид калия и цитрат аммония железа (III). Они синеют под воздействием ультрафиолетового света, оставляя за собой изображение белой линии полупрозрачного главного рисунка, который был помещен поверх бумаги до экспонирования. Этот процесс называется цианотипия, он был разработан в 1842 году сэром Джоном Гершелем (чей еще более известный отец, сэр Уильям Гершель, открыл Уран.) Подобный процесс - диазобумага - все еще используется сегодня, но постепенно исчезает, уступая крупномасштабным лазерным принтерам и копировальным машинам.

Но как все это работает? Где заканчивается САПР (CAD) и начинается АСУП (CAM)? Нужно ли мне изучать и управлять двумя разными программами? Почему у нас не может быть только одного - универсального, производственного программного обеспечения «все поют кумбая»? Все это хорошие вопросы, но поскольку это не книга о программном обеспечении, а книга о механической обработке, я не буду углубляться в многолетнюю историю разработки программного обеспечения (ну, может быть, немного). К счастью, для цехов, желающих оценить новые технологии (и которые не занимаются сумасшедшим количеством способов развития продукта, а скорее сосредотачивают свои усилия на обработке деталей других людей), доступен ряд комплексных решений.



использование в реальной жизни и устранять потенциальные проблемы, что в конечном итоге приводит к созданию оптимизированных, экономически эффективных и надежных продуктов. CAE – это как правило, часть более широкого набора продуктов под названием управление жизненным циклом продукта, который включает в себя АМКЭ (FEA) и гидродинамическое моделирование (CFD).

Экспериментируем с моделями

В детстве у большинства из нас был «Etch A Sketch» (некоторые из нас все еще используют свой). Исходя из нашего художественного таланта и уровня терпения, мы могли бы использовать его для рисования неприличных человечков, контуров домашнего питомца или подробных имитаций «Страшного суда» Микеланджело. В большинстве своем, системы САПР работают таким же образом, позволяя пользователям соединять точки, линии и дуги для создания произведений механического искусства. И хотя оба используют рабочие плоскости для описания объектов, этот красный флажок ограничен одним безразмерным двумерным пространством, в то время как коммерческие системы САПР могут генерировать чрезвычайно сложные и точные с точки зрения размеров трехмерные представления практически любого мыслимого объекта.

Диковинные каркасы

Нарисуйте в своем воображении каноэ, которое Вы построили в школьной мастерской. Если бы Вы построили каркасную модель этого подросткового проекта в вашей САПР-системе, это было бы очень похоже на скелет из деревянной полосы, который Вы так тщательно склеивали и скручивали вместе, прежде чем натянуть холст на него. На самом деле, вполне возможно применить аналогичную оболочку к Вашей каркасной модели САПР, известной в инженерии, как поверхность. Моделирование поверхности и каркасное моделирование очень хорошо сочетаются - при нанесении оболочки на каркасную модель Вы лучше почувствуете внешний вид конечной детали. И наоборот, это легко настолько, что достаточно отогнуть эту поверхность, чтобы узреть, что же под ней или для более быстрой «визуализации» сложных деталей.



ТЕХНИЧЕСКАЯ
ИНФОРМАЦИЯ

В мире САПР существует множество типов объектов, включая цилиндры, сферы, плоскости и торы (которые выглядят как припудренные пончики, которые Вы ели на завтрак этим утром). Разработчики САПР имеют особый способ описания этих и других, гораздо более сложных форм в трехмерном пространстве. Он называется NURBS, сокращенное название для «неравномерного рационального B-сплайна» (nonuniform rational basis spline). Для тех из нас, кто изо всех сил старался не заснуть на уроках математики, наука, стоящая за ним, чрезвычайно сложна, полна скучных вещей с заглавной буквы B, таких как коэффициенты и переменные и стыковочные функции. К счастью, Вам не нужно много знать обо всем этом, чтобы использовать его, так как большинство программ САПР в наши дни позаботились обо всей тяжелой работе NURBS.

Окажи мне услугу

Если в Etch A Sketches используются волнистые линии для изображения реальности, то большинство современных САПР -систем больше похожи на машины Плэй-До (Play-Doh),

которые позволяют выдавливать, резать и нарезать твердые фигуры в трехмерном пространстве без необходимости рисования полых каркасов. Это называется твердотельным моделированием, и это лучшее, что может произойти в производственном сообществе, со времен электрической точилки для карандашей.

Твердотельные модели обеспечивают более реальное представление деталей и сборных изделий, чем каркасные. Их можно использовать для определения объема и массы. Твердые детали можно легче проверить на предмет прилегания и задевания, а также на предмет монтирования образца строительных блоков. Наиболее важные твердотельные модели являются «параметрическими», что упрощает настройку размеров и элементов деталей на лету без необходимости повторять более ранние этапы, как в случае с каркасами. По общему признанию, твердые модели более требовательны к аппаратному и программному обеспечению, чем их проволочные аналоги, что требует все более надежных систем по мере усложнения деталей, но это не такая большая проблема, как раньше, благодаря облачным вычислениям и дешевым, но мощным рабочим станциям.

САПР-ТПП И ВИДЕОИГРЫ

Прошло не так много времени с тех пор, как были изобретены компьютеры, прежде чем люди начали возлагать на них важную и полезную работу. Например, профессор Кембриджского университета Александр Дуглас разработал первую компьютерную игру в крестики-нолики в 1952 году. Десять лет спустя сотрудник Гарварда Стив Рассел использовал мини-компьютер Массачусетского Института Технологий PDP-1 стоимостью 120 000 долларов (который стоил примерно 1 миллион долларов в сегодняшних долларах), чтобы поставлять Spasewar!, доказывая теорию моего внука, что видеоигры важнее образования.

Где-то между этими потрясающими событиями в истории программного обеспечения, ветеран Корейской войны доктор Патрик Ханратти разработал PRONTO (Программа для операций с числовыми инструментами), работая в Дженерал Электрик (General Electric), первое в мире ПО для программирования станков. Однако потребовалось бы еще несколько лет, прежде чем Иван Сазерленд, докторант Массачусетского Института Технологий, изобрел первую систему САПР, дополняющую PRONTO, программу под названием Скetchпад (Sketchpad). Обе программы послужили основой для будущих разработок САПР-ТПП, хотя потребуются десятилетия, чтобы две программные технологии превратились в одну.



ВАЖНЫЕ
ДЕТАЛИ

Подумайте еще раз, если Вам кажется, что «облако» - это пушистые фигуры, которые парят над головой, похожие на кокер-спаниелей и профили Чарли Шина. Облачные вычисления - это причудливый способ сказать «доставка размещенных услуг через Интернет», а облако - это совокупность всех тех серверов и центров обработки данных, которые используются для предоставления таких услуг. Испугались? Не надо пугаться. Если Вы поделились фотографиями празднования 78-летия тети Джорджины со своими родственниками на Google Photos, Вы использовали облако. Поточная музыка? Netflix? Да, все это облачные сервисы. Посмотрите раздел об облачных пространствах в Главе 15, если Вы хотите узнать больше.

АСУПицируй это: системы АСУП

Представьте себе, раньше люди программировали станки вручную, набирая цифры и символы на телетайпе или даже стоя на пульте управления станка. И хотя все это еще

возможно (при условии, что Вы можете найти Телетайп - возможно, Вы захотите проверить на Ибэй (eBay)), сегодня большинство программ генерируется с автоматизированной системой управления производством или АСУП.

АСУП берет каркасную или твердотельную модель из САПР (которая часто является неотъемлемой частью самой АСУП) и позволяют технологу-программисту станка с ЧПУ применять виртуальные режущие инструменты к модели детали (см. Рис. 9-2). Эти инструменты сами по себе были предварительно смоделированы, что облегчает возможность визуализировать процесс резания металла по мере его разворачивания. Во время всего этого рассказа и показа в фоновом режиме формируются траектории движения инструмента, которые затем преобразуются в машиночитаемый G-код или аналогичный язык программирования ЧПУ с помощью процесса, известного как постобработка.

Стоп, а что такое G-код? Вы узнаете об этом в Главе 11, но вкратце, G-код - это язык большинства станков, с помощью которого им говорят, что надо делать. Конечно, некоторые станки с ЧПУ говорят на совершенно другом языке (одним из них является станкостроительная компания Мазак (Mazak), которая разработала систему управления MAZATROL в 1981 году), но язык программирования EIA/ ISO (Ассоциация электронной промышленности/ Международная организация по стандартизации) является эквивалентом английского языка для станка ЧПУ, он не идеален или не всегда легко понятен, но большинство говорит на нем.

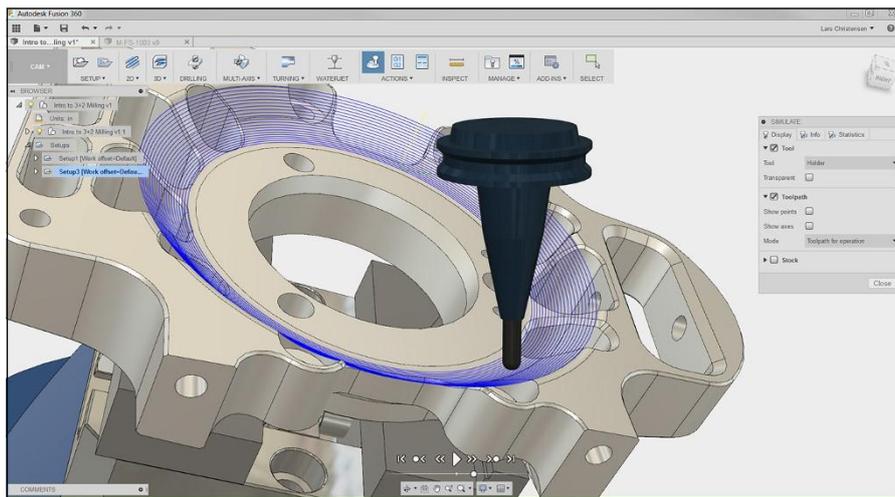


РИСУНОК 9-2: Autodesk's Fusion 360 является одним из примеров универсального САПР / АСУП / САК на основе подписки Продукт SaaS

С разрешения: Autodesk (Autodesk)



СОВЕТ

При приобретении новой автоматизированной системы АСУП, важно выбрать такую, которая будет не только хорошо работать на современных деталях, но и на тех, которые Вы будете обрабатывать через пять лет. Программирование двухкоординатного токарного станка намного проще, чем создание G-кода для вспомогательного шпинделя, осей Y, с приводного инструмента многозадачного режима, не говоря уже о сложности пятикоординатной обработки поверхности. Главное - убедиться, что Ваша система АСУП работает с любыми деталями и станками.

Независимо от языка и программируемых станков, существуют буквально десятки коммерческих АСУП-систем, способных программировать все - от водоструйных и лазерных режущих инструментов до токарных и фрезерных станков с девятью осями. Большинство из них довольно эффективны и просты в использовании (после того, как Вы прошли

соответствующую подготовку), а при условии, что Вы купите подходящий постпроцессор (или создадите свой собственный) для своего станка, все будет хорошо.

Получите SaaS

Вот еще одна аббревиатура. Он называется SaaS и означает «программное обеспечение как услуга» (software as a service). Это эквивалент магазина технических товаров по аренде электроинструмента вместо его покупки. Прежде чем сказать «забудьте об этом», мне бы хотелось приобрести и обслуживать свое собственное оборудование (и программное обеспечение), лучше подумай о следующем: SaaS означает, что больше не нужно платить IT-специалисту за исправление ошибок или обновление программного обеспечения. SaaS означает, что на Вашем предприятии можно использовать менее дорогие компьютеры, поскольку все (или большая часть) вычислений выполняются удаленно, в сервисном центре, управляемом IT-специалистами. Программное обеспечение всегда находится в текущей версии, нет риска вирусов или вредоносного ПО (во всяком случае, на хост-компьютерах SaaS), а стоимость владения зачастую значительно меньше, чем у локального программного обеспечения. Самое главное, что большинство систем программных средств организации производства и бизнеса сегодня поддерживают модель SaaS (а некоторые предлагают только SaaS). Просто купите подписку, войдите на удаленный сервер и приступайте к работе. Вот если бы электроинструменты были такими простыми.

Моделирование реальности

Моделирование траектории движения инструмента - лучший друг оператора АСУП (см. Рис. 9-3). Без этого программирование станка с ЧПУ похоже на вождение автомобиля с опущенной солнцезащитной шторкой (или с неубранным с лобового стекла снегом у северян).

Существует несколько программ моделирования траектории движения инструмента. Они не только проверяют траектории движения инструмента, используя фактический G-код станка, но также моделируют эргономическую среду станка вплоть до последней гайки, болта и винта. Потенциальные помехи (хорошее слово для сбоев) между державками инструментов, режущими инструментами, закреплением заготовки и деталями станка хорошо видны, что дает программисту возможность изменить программу перед катастрофой.

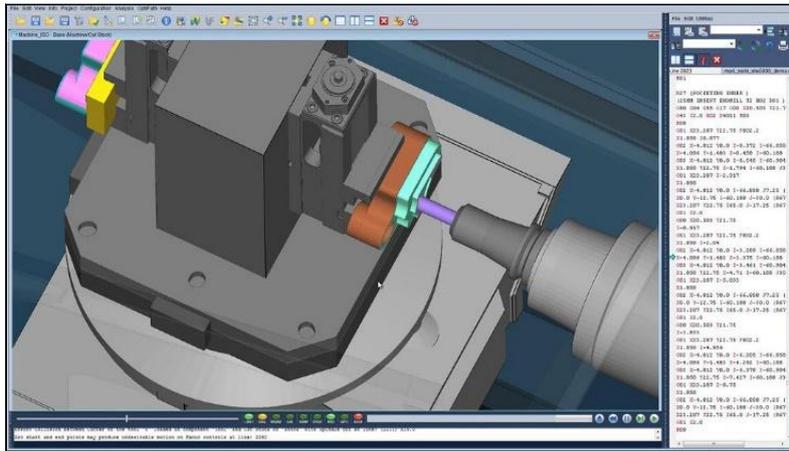
Некоторые инструменты проверки траектории движения инструмента также помогают оптимизировать саму управляющую программу, устраняя ненужное движение и ускоряя траектории, где это возможно, в то время как другие ищут различия между «намеченной» моделью детали и «обработанной» виртуальной деталью. Это помогает определить перебеги инструмента и остатки заготовки, а также ошибки в разработке САПР.



ВАЖНЫЕ
ДЕТАЛИ

Большинство систем АСУП обеспечивает некоторый уровень моделирования траектории движения инструмента, поскольку они позволяют увидеть взаимодействие режущего инструмента с виртуальной заготовкой, но они, как правило, не принимают во внимание различные части станка и не читают фактический G-код управления, используемый для привода осей шпинделя и станка. С деталями сложной формы или в тех случаях, когда ошибки непозволительны, это все равно, что доверять

автосалону проверку подержанного автомобиля, который Вы запланировали купить.



другой стороны, с хорошей АСУП-системой и опытным программистом один человек может программировать все станки в цехе.

Большинство цехов находятся где-то посередине, со смесью диалогового и автономного компьютерного программирования АСУП. Срочные задания и заказы на прототипы легче вклинивать там, где существуют возможности диалогового программирования. Диалог облегчает спрос на перегруженный отдел программирования. И большинство диалоговых элементов управления могут считывать G-код или программы, сгенерированные АСУП, обеспечивая гибкость в соответствии с изменяющимися требованиями.



ВАЖНЫЕ
ДЕТАЛИ

Сегодня ряд станкостроителей установили партнерские отношения с АСУП-провайдерами, чтобы предлагать полностью функциональные системы встроенного программирования на своих устройствах управления. Это обеспечивает обоюдovыгодное решение, исключая любые споры по поводу воспринимаемых ограничений диалогового программирования, а также некоторые жалобы на инфраструктуру информационных технологий, которая идет со специально сформированной автономной средой АСУП.

Изучение файловых форматов

За последние два столетия так же, как и станкостроители и производители инструментов разработали и продвигали свои собственные конусы режущих инструментов, хвостовики шпинделей, механизмы зажима инструмента и конструкции револьверных головок, компании-разработчики программного обеспечения разработали свои собственные форматы файлов, с помощью которых их изделия взаимодействуют друг с другом. Я не обвиняю людей САПР и АСУП, потому что все в индустрии программного обеспечения делают это. Майкрософт имеет .xls, .doc и .bat; Мак (Mac) имеет .dmg и .pkg; и у Адоби (Adobe) есть файлы .pdf. Однако если разработчики программного обеспечения будут продолжать в том же духе, нам понадобится новый алфавит.

Вот некоторые из наиболее распространенных расширений файлов, с которыми Вы можете столкнуться. Есть еще масса. Некоторые из них не зависят от поставщика, что равно заказу бутербродов с арахисовым маслом и желе - все знают, как их делать. Что касается собственных форматов, то они похожи на Вуперс (Whoppers) и Биг Мак (Big Mac): сначала Вам нужно ехать в правильный ресторан быстрого питания, чтобы получить его.

» **.dwg**: сокращение от DraWinG, .dwg - это собственный формат файлов для AutoCAD, который был впервые разработан в 1982 году. Несмотря на то, что он является собственностью, .dwg, пожалуй, наиболее широко используемый из всех форматов двумерного и трехмерного рисования, и является «родным» для ряда других систем САПР. Для полной информации посетите веб-сайт Аутодеск (Autodesk).

» **.dxf**: это двумерный формат обмена рисунками, разработанный Autodesk и предназначенный для обеспечения взаимодействия между системами САПР и другими программными пакетами. С тех пор он стал стандартом де-факто для двумерного обмена данными. Хотите использовать .dxf в своем новейшем дизайне программного обеспечения? Загрузите бесплатно стандарт разработки с Аутодеск.

» **.iges или .igs**: сокращение от начальной спецификации графического обмена, .igs был разработан ВВС США для использования в его проекте ИАСУП (интегрированное автоматизированное производство). опередив, .dwg и .dxf на несколько лет, .igs является нейтральным стандартом и поддерживает трехмерные базовые данные, но он не обновлялся с 1996 года. Я не могу говорить за всех, но .iges считается устаревшим среди большинства пользователей в пределах сообщества САПР.

» **.prt**: .prt - это собственный формат файлов для Pro/ ENGINEER, пакета программного обеспечения для разработки продуктов компании PTC. Известный во

всей отрасли просто как Pro/ E, он был недавно переименован в Creo Parametric, как часть набора инструментов компании Creo для разработки продуктов.

» **.sldprt**: Как и многие современные форматы САПР, .sldprt описывает модели трехмерных тел, но в случае данного расширения имени файла эти модели были построены в Solidworks. Начиная с 1995 года, одноименная компания начала использовать формат .sldprt для своих проектов САПР. С тех пор Solidworks была приобретена другой компанией-разработчиком программного обеспечения, Dassault Systèmes, но формат файла остается таким же популярным, как и прежде.

» **.step**: Коммерчески нейтральный формат, поддерживаемый Международной организацией по стандартизации (ISO), .step широко используется для обмена трехмерными моделями и сборками между САПР. Он существует почти столько же, сколько и .iges, поэтому он достаточно зрелый и поддерживает то, о чем .iges может только мечтать. О, что означает STEP? Это стандарт для обмена данными модели продукта. Ну, теперь Вы знаете.

» **.stl**: .stl вошел в эксплуатацию в сети примерно в то же время, что и первые коммерческие трехмерные принтеры. Фактически, этот формат файлов был разработан Чарльзом Халлом как средство программирования его нового изобретения - устройства стереолитографии. Расширение .stl - это сокращение от стандартного языка тесселирования (не стереолитография, как полагают некоторые).

К производству годен

Механикам как правило, предлагается сделать малый вклад в конструирование изделия, но они без сомнения испытывают боль, когда появляется плохо сконструированная деталь. Не в обиду инженерам, но любой ветеран-механик может написать книгу о почти невозможных деталях, которые ему предлагалось производить годами, конструкции, которые часто можно улучшить с помощью нескольких простых настроек.

DFM и DFMA

Проектирование с учётом пригодности для массового производства, или DFM (Design for manufacturability), является в равной степени концепцией наилучшей инженерной практики, как и программным инструментом (см. Рис. 9-4). Что касается первого, то вполне логично, что немного здравого смысла и практических знаний имеют большое значение для снижения стоимости изготовления деталей.

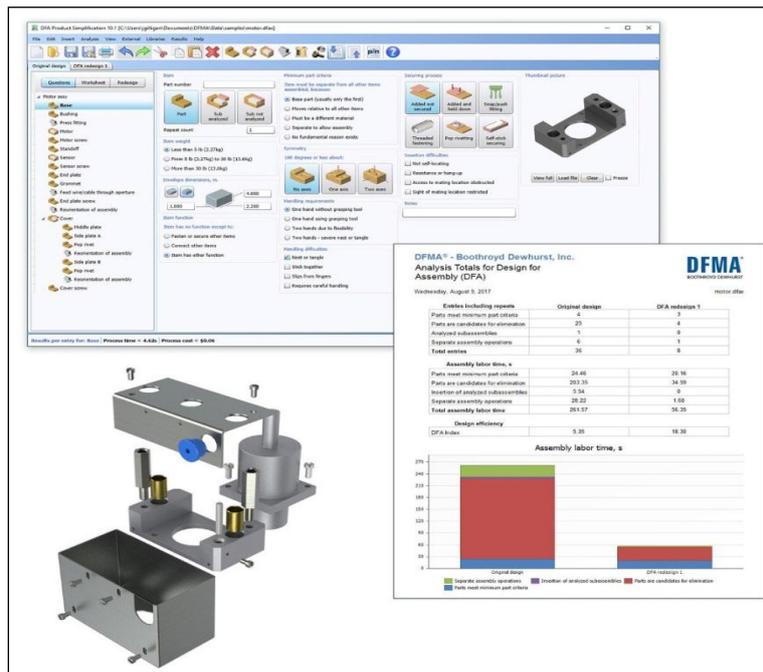


РИСУНОК 9-4: Если Ваш цех занимается проектированием и сборкой продукции, программное обеспечение DFMA может помочь сократить производственные затраты
С разрешения: Корп. Буттройд Дьюорст (Boothroyd Dewhurst, Inc.)

В дополнение к этим знаниям (а подчас, и взамен их) идет набор пакетов DFM, предназначенных для того, чтобы помочь инженерам и дизайнерам анализировать конструкции деталей и искать такие вещи, как квадратные отверстия, чрезмерно жесткие допуски, сверхглубокие отверстия и ребра, и другие функции, которые невозможно реализовать на станке, которые увеличивают производственные затраты и увеличивают время разработки. Некоторые серии DFM даже анализируют драйверы стоимости монтажа (аккуратно изменяя трехбуквенную аббревиатуру на DFMA) слишком сложных сборок или деталей, трудных для соединения вместе, и определяют участки, где можно уменьшить количество деталей.

АМКЭ

Программное обеспечение для анализа методом конечных элементов АМКЭ часто является лишь частью решения для управления жизненным циклом продукта (УЖЦП). Необходимо понять, какой кусок вашей новой формы гриля для барбекю, скорее всего, сорвется? Как насчет шасси для нового пассажирского самолета, над которым работает Ваша команда? В любом случае, АМКЭ дает ценную информацию о потенциальной производительности и надежности производимой продукции.

Свойства материалов, точки напряжения, структурная нагрузка и цикличность, температура, влажность и давление - АМКЭ позволяет моделировать эти переменные и многое другое, предоставляя дизайнерам возможность улучшать свои изделия задолго до того, как они попадут в цех. В результате получается более сильный, безопасный и - во многих случаях - более экономичный способ изготовления деталей.

Управление производством

Самая запоминающаяся инвестиция всех владельцев бизнеса - это программное обеспечение для планирования ресурсов предприятия, вне зависимости от того, любят ли

они свою нынешнюю систему или ненавидят ее. Мать всех пакетов бухгалтерского учета, ПРП управляет гораздо больше, чем книги. Управление запасами, закупки, планирование производства, продажи и маркетинг, доставка и получение - ПРП всегда во всем.

Многие компании считают, что ПРП «достаточно хорош» для управления цехом. До тех пор, пока каждый отмечает время ухода и прихода на работу так, как они и должны, сырье выдается, готовые детали поступают в ТМЗ (и, как мы надеемся, отправляется заказчику), и график производства соблюдается, и это все, чего можно ожидать от любой системы, верно?

Возможно, и нет. Это все необходимые мероприятия в любой ПРП-системе, без которых правило вычислений «какие вводные, такой и результат» наверняка укусит компанию за ее корпоративный зад. Но даже в самой хорошо отлаженной среде ПРП существуют бесконечные возможности для непрерывного улучшения в управлении цехов, которые нельзя использовать без дополнительной функциональности программного обеспечения. Вот пара инструментов, без которых не должно быть ни одного цеха.

ПИС

Некоторые поставщики ПРП рекламируют модуль управления производственным процессом своего продукта в качестве производственной исполнительной системы, но это часто только половина правды. Производственные исполнительные системы, ПИС (MES) являются основным, конечным решением для проблем, стоящих перед цехом. Она постоянно отслеживает деятельность в цехах, представляет рабочую документацию, помогает в планировании ресурсов и материалов и многое другое. Некоторые ПИС даже подключаются непосредственно к контроллеру оборудования, чтобы отслеживать время простоя, помогая улучшить общую эффективность оборудования ОЭО (уПС, есть еще одно сокращение).

Например, предположим, что Вы хотите в режиме реального времени посмотреть, что в настоящее время делает каждая машина. Вращается ли шпиндель? Когда в последний раз проводилось профилактическое обслуживание, а когда - следующее? Какова была причина остановки производства в 3:47 сегодня утром? Какой сотрудник работает на станке, и какая работа выполняется? Это лишь некоторые из деталей производства, предоставляемых ПИС.



ТЕХНИЧЕСКАЯ
ИНФОРМАЦИЯ

Сравнение так себе, но можете представить себе, что ПИС это уменьшенная версия управления производственными операциями, УПО (manufacturing operations management или MOM). Как и настоящие мамы во всем мире, УПО контролирует весь процесс обработки, уделяя особое внимание соответствию требованиям и учету. Система управления производством ПИС также связана, как минимум, в меньшем смысле, с системами SCADA (системой контроля и сбора данных). Используемая в крупных производственных компаниях, на химических заводах, электростанциях и везде, где необходим мониторинг критических процессов, SCADA является идеальной системой управления производством «старший брат следит за нами».

СУИ

В главе 8 я слегка затрагиваю вопрос систем управления инструментами, но эта тема заслуживает более глубокого рассмотрения. СУИ управляет данными режущего инструмента и устройства предварительной настройки (см. Рис. 9-5). Она предлагает график профилактического обслуживания инструментов и станков, а также отслеживает запасные

части, использование инструмента и ресурс стойкости инструмента. При таком оснащении, она может сообщить Вам, в каком цехе находится любой инструмент и какую работу выполняет (или в каком углу инструментального склада его можно найти). Самое главное, система СУИ устраняет любой вопрос касательно информации об инструментах, в котором она превосходит все остальные программные системы компании.

Многие устройства предварительной автономной настройки инструмента (также в главе 8) предлагают некоторую форму программного обеспечения СУИ, которую можно использовать для отслеживания номеров и размеров деталей инструмента. Только после перехода на более высокий уровень или перехода на автономную СУИ становятся возможными такие высокопроизводительные функции, как интеграция в системы САПР и ПРП.

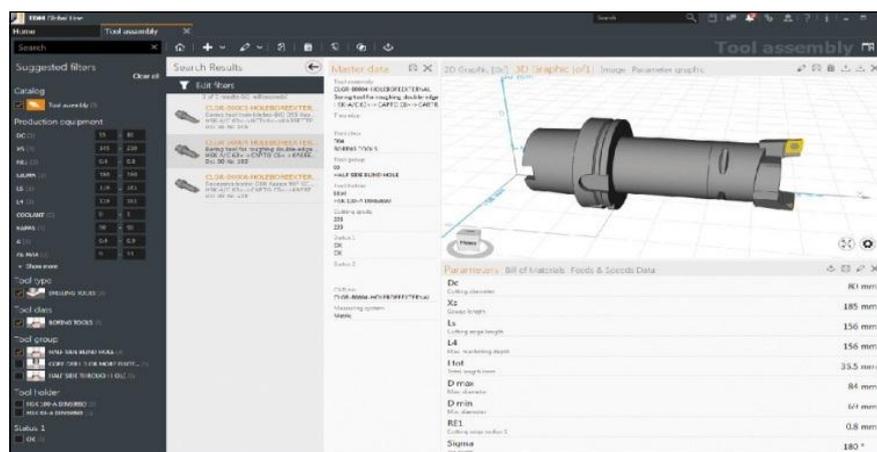


РИСУНОК 9-5: Предоставляя единый источник для информации по всем инструментам, программное обеспечение для управления инструментообеспечением снижает ошибки и неэффективность

С разрешения: TDM Системс (TDM Systems)

Например, управление ресурсом стойкости инструмента может быть достигнуто в некоторой степени с помощью системы СУИ, но определенно, должно быть некоторое взаимодействие между программным обеспечением и станком с ЧПУ в цехе - если элементы управления не способны контролировать срок службы инструмента (или Вы забыли купить опцию), как СУИ узнает, когда, где и как долго использовался каждый инструмент? И как СУИ будет взаимодействовать с системой АСУП и программой имитационного моделирования, которые требуют точных данных о размерах? Все эти факторы подают хорошую идею тщательного анализа любой инициативы системы СУИ, прежде чем бежать и покупать устройство предварительной настройки или программное обеспечение. Существует масса сопутствующих деталей.

В этой главе:

1. *Изучение умных способов измерения деталей*
2. *Вычисление плюса и минуса*
3. *Блокировка и остановка: Измерительные плитки и штифты*
4. *Калибровка резьбы*
5. *Выбор измерительной машины*

Глава 10. Выполнение измерений

«Если Вы в состоянии измерить и выразить то, о чём Вы говорите, в числах, то Вы кое-что об этом знаете, но, если Вы не можете измерить это и выразить в числах, Ваши знания скудны и неудовлетворительны»

УИЛЬЯМ ТОМПСОН (ЛОРД КЕЛВИН)

В Главе 1 я обсуждаю важность взаимозаменяемости деталей. Без этого каждый компонент в автомобиле, стиральной машине, космическом челноке или детских качелях был бы уникальным и сочетался бы только с деталями, которые были специально изготовлены для этой специальной сборки. К счастью, разработка прецизионных станков - наряду с некоторыми гениальными проектами, разработанными пару веков назад, - устранила эту нетерпимую ситуацию, дав человечеству детали, всегда сочетающиеся друг с другом, независимо от того, где, когда или кем они были изготовлены.

Однако, главные действующие лица данной статьи - не точность и аккуратность станка (хотя это, безусловно, помогает), а скорее методы, с помощью которых измеряются такие части.

Станочные системы смещаются, а режущие инструменты изнашиваются. Без возможности контролировать эти переменные, не имеет значения, насколько надежен дизайн продукта или насколько точен механизм, используемый для его производства: объекты, не будут соответствовать друг другу.

Наука об измерении вещей называется метрологией (от греческого слова *metron*, что означает «измерить», что также обозначает этимологию поэтического метра, метрического метра длиной 39,3 дюйма и персонажа комиксов «Метрон», который может путешествовать в пространстве времени по желанию). Те, кто изучает метрологию, называются, соответственно, метрологами, но в большинстве цехов люди, отвечающие за качество деталей, известны как инспекторы, специалисты по контролю качества, инженеры службы технического контроля, или «тот придурок, который выбраковал мои детали».

По аналогии с автоматизированной подготовкой УП для станков с ЧПУ, обсуждаемой в следующей Главе, размерная метрология является глубокой и узкоспециализированной темой. Мало того, что существует множество различных методов и средств для измерения деталей, обработанных на станке (некоторые более точные, чем другие), но и разных наук о

трассируемости, калибровке, стандартах, документации и других метрологических сучках, достаточно, чтобы у большинства из нас разболелась голова. Данная Глава рассматривает только самые важные детали для механиков и операторов станка: что означают эти забавные символы по всему чертежу и какие инструменты следует использовать для проверки наших деталей

НЕМНОГО О ПОВТОРЯЕМОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ (GAGE R&R)

R&R означает повторяемость и воспроизводимость измерительного устройства. Это способ проверки того, что датчик, метод или процесс, который Вы собираетесь использовать для проверки партии деталей, именно тот, который требуется. Иными словами, R & R - это измерение самой измерительной системы, выявление и устранение переменных, которые могут привести к тому, что она сойдет с рельсов. Эти переменные могут включать в себя человеческую переменную (Вы сжимаете микрометр немного сильнее, чем оператор рядом с Вами), инструментальную переменную (один нутромер немного менее точен, чем другой), переменную окружающей среды (в помещении контролера слишком жарко летом) и т.п. Как и многое другое, метрологическая оценка повторяемости использования средств измерений наполнена таинственными терминами, такими как «сцепленный» и «пересеченный», а также «уклон» и «линейность», которые предназначены для того, чтобы сбить с толку тех из нас, кто не является членом клуба метрологов. Несмотря на несправедливость вышеуказанного, R & R является важной частью любой метрологической программы, и если Вы не докажете, что Ваша измерительная система дает ошибку менее 10 процентов от отклонений общего процесса, то этот сертификат качества, аккуратно висящий на входе, не обновится во время ежегодной аудиторской проверки.

Рисуем красивые картинки

Скорость воздуха в торнадо, объем океана, расстояние до Луны - метрологи считают, что все должно быть измерено, и для этого должны быть разработаны четко определенные и повторяемые способы. Это все хорошо, но для тех из нас, кто заинтересован в изготовлении точно обработанных изделий, нашей главной заботой должна быть метрология размеров, то есть измерение деталей.

Однако, прежде чем делать, нам необходимо ознакомиться с геометрией, различными размерами детали и то, насколько эти размеры могут отклоняться от того, что намеревался сделать инженер. Обычно это делается с помощью трехмерной модели САПР (автоматизированного проектирования) или двухмерного чертежа, которые обсуждаются в Главе 9. Оба они предоставляют людям, ответственным за производство конечного продукта - технологам, программистам, механикам и инспекторам - все, что им нужно знать о детали, ее размерах и допустимых отклонениях. Затем они сами ищут пути выполнения данных требований.

Допустимые значения – это хорошо

Мама считала допустимым, когда я не возвращался домой после оговоренного часа. Мой учитель естествознания в средней школе, мистер Шеффилд, считал мои проказы в пределах допустимых, когда я приклеил табличку «Ударь меня» на спине Майки Мерфи (в который раз). Мой босс допустил меня к работе, несмотря на то, что однажды я сломал станок, потому что ввел слишком много нулей при старте. Оказывается, допуски – это хорошо.

То же можно сказать и о размерах деталей. Без допусков размеры были бы бессмысленными - мы бы не знали, готова ли деталь к отправке, или ей пора в мусорный

бак, независимо от того, насколько точен микрометр или датчик. И все же допуски можно определить различными способами, которые могут варьироваться в зависимости от геометрии детали и ее различных характеристик, а также от того, кто занимается определением. Например, вот несколько способов определить допуск для типичного диаметра отверстия:

- » $\varnothing .500 \pm .005$ (плюс минус допустимого предела)
- » $\varnothing .495 - .505$ (предельный допуск)
- » $\varnothing .495 + .010 / - .000$ (плюс минус допустимого предела)
- » $\varnothing .497 + .008 / - .002$ (плюс минус допустимого предела)
- » $\varnothing 0.500$ (блок допуска)



ВАЖНЫЕ
ДЕТАЛИ

Забавный символ \varnothing обозначает диаметр. Я не уверен, кто это изобрел, и в интернете бушуют споры о множествах символов, которые мы используем для обозначения глупых вещей, и действительно ли это греческая буква «фи» или норвежская буква «О» или математический символ для пустого множества. Честно говоря, меня это не волнует, и я не беспокоюсь о том, чтобы запомнить, какое сочетание клавиш использовать - я просто копирую и вставляю его из моего основного списка треклятых символов.

В последнем примере механик будет искать в нижнем правом разделе чертежа детали блок допусков (который находится слева от поля, содержащего номер детали и описание детали), где указываются допуски по умолчанию, если иным способом не определено. Предполагая, что допуск блока $\pm .005$ (довольно распространенный допуск блока), общий допуск в каждом из этих случаев составляет 0,010, это примерно ширина двух волосков. Это не так много, но любой, кто знаком с современными станками с ЧПУ, согласится, это все равно, что стрелять в золотую рыбку в бочке (что на самом деле проще).

Это простой, но широко распространенный способ применения допусков на размеры деталей. Его можно использовать для определения диаметра отверстия, как в этом примере, расстояния от отверстия до отверстия или осевой линии отверстия до края детали. Длина, ширина и толщина детали, вероятно, будут измеряться таким же образом, как и ширина пазов и кармашков, длины и диаметры цапф, канавки, прорезанные круглые заготовки, в общем, любой элемент детали, который должен быть привязан к трехмерному пространству (каковыми в значительной степени являются все из них).

Вводим GD&T

Более точный и общепризнанный способ описания требований соблюдения размеров детали - это назначение геометрических размеров и допусков (geometric dimensioning and tolerancing, GD & T), определенных стандартом Американского общества инженеров-механиков (American Society of Mechanical Engineers, ASME) Y14.5-2009. Как и большинство подобных стандартов, этот стандарт долог и скучен для чтения (и кроме того, стоит двести баксов), но, если Ваш цех планирует изготавливать хорошие детали, то Вам нужно заказать его копию.

Если бы эта книга называлась «Метрология для новичков» (которая была бы гораздо более читабельной, чем ASME Y14.5-2009), я бы потратил много времени на анализ таких величавых атрибутов «Назначения геометрических размеров и допусков» (GD & T), как:

- » Исходные характеристики и цели
- » Основные размеры
- » MMC (предел максимума материала)
- » LMC (предел минимума материала)

- » RFS (независимо от размера элемента)
- » Свободное состояние

... и десятки подобных заумных терминов. А сейчас Вам придется ограничиться следующей таблицей (см. Рис.10-1). В ней описываются наиболее распространенные характеристики GD&T (замысловатый термин для допустимого предела), и подходит для вывешивания на стене участка технического контроля рядом с портретом президента компании. Наряду с вышеупомянутыми характеристиками и модификаторами, этого должно быть достаточно для того, чтобы Вы почесали голову и задались вопросом, где найти курсы обучения по всем этим вещам.

Хотя, не стоит отчаиваться. Как только у Вас появится возможность вырезать таблицу из книги, Вы можете приклеить ее на стену и стоять в течение нескольких минут, любясь ее загадочными иероглифическими символами. Я здесь рассматриваю некоторые из наиболее характеристики часто используемых символов GD & T и обсуждаю, что они обозначают.

Тип допуска	Характеристика	Символ
ФОРМА	Прямолинейность	
	Плоскопараллельность	
	Круглость	
	Цилиндричность	
Профиль	Допуск на лекало	
	Допуск формы заданной поверхности	
Ориентация	Наклон/уклон	
	Перпендикулярность	
	Параллельность	
Местоположение	Положение	
	Соосность	
	Симметрия	
Биение	Радиальное биение	
	Полное биение	

РИСУНОК 10-1: Символы и Характеристики GD&T

Характеристики

Все эти символы интригуют, но что они обозначают? Во-первых, обратите внимание, что они сгруппированы в пять типов элементов: форма, профиль, ориентация,

местоположение и отклонение. Они описывают тип измерения, каждый из которых может использоваться для контроля. Примите во внимание плоскостность - сноска 0,005 означает, что указанная поверхность нигде не должна отклоняться больше, чем на эту величину. Также заметьте, что это характеристика без привязки, поскольку ее не нужно измерять со ссылкой на другой элемент детали или данные. То же самое относится к круглости (некоторые называют это округлостью) и цилиндричности, оба распространенные способы определения отверстий и валов.

Положение является одним характерным свойством, для которого требуются справочные данные. Вместо того, чтобы определять +/- допуски в каждом направлении для данного элемента детали, положение просто сообщает: «Вы можете отклониться от этой конечной величины», как установка неизменного времени для сна у ребенка. Не вставая, выпить воды, как в истории о Любопытном Джордже. Эта заповедь может быть улучшена с помощью условий MMC, LMC и RFS (вернитесь на пару страниц, если Вы забыли, что они означают), и все это может оказать решающее влияние на сложность достижения номинального положения.



ВАЖНЫЕ
ДЕТАЛИ

Метрическая система существовала веками. Она известна во всем мире как Международная система единиц, или СИ, и является официальным стандартом измерения практически в каждой стране на планете. За исключением Либерии, Бирмы и США (которые используют британскую имперскую систему мер). Причины являются как политическими, так и техническими, и нет смысла разглагольствовать о глупости всего этого. Суть дела проста: Вы, как механик, всегда должны быть начеку при переходе с метрической системы на британскую имперскую систему мер. Если нет, то могут произойти и произойдут чрезвычайно плохие вещи (просто спросите НАСА, которое из-за ошибки преобразования метрики разбила космический корабль стоимостью 125 миллионов долларов на поверхности Марса.)

ЗА СТЭНЛИ, ШОТЛАНДСКОГО СОЗДАТЕЛЯ TORPEDO

Глядя на все эти классные значки «GD & T» и углубляясь в их краткие описания, Вы можете подумать, что это относительно новый способ применения допуска вещам: в конце концов, он выглядит современным, и, как и другие аспекты современной жизни, он сбивает с толку. Тем не менее, GD & T на самом деле старше вашего отца, и, возможно, даже вашего деда. Хотя детали скудны, промышленная легенда гласит, что позиционный контроль допуска (корни GD & T) был впервые разработан инженером Стэнли Паркером, когда он работал на Royal Torpedo Factory в Шотландии. Это был 1938 год, и книга, которая скоро будет опубликована, «Примечания по проектированию и проверке инженерных работ в массовом производстве», окажет глубокое влияние на производство вооружений во время Второй мировой войны и почти наверняка поможет союзникам победить Германию. После войны его идеи стали частью британского стандарта 308 «Практика технического рисования», а затем были включены в различные стандарты США, Канады и Европы.

Блокировка и захват: жесткие калибры

Теперь, имея хотя бы немного представления о размерах и допусках, давайте обсудим, как их измерять. По своей сути метрология в основном связана с приборами и датчиками. Пробковые и резьбовые калибры, радиусомеры, шаровые, мерные плитки - это

всего лишь несколько примеров различных жестких датчиков, используемых для проверки деталей.

Жесткие датчики не имеют движущихся частей, но, как и все другие контрольные инструменты, они должны регулярно калиброваться. Это означает, что их проверяют на предмет износа и измеряют, чтобы убедиться, что они все еще находятся в пределах допуска изготовителя, а также приклеивается стикер с указанием даты, номера датчика и того, кто проводил проверку. Там, где это не практично, как в случае с выдвижным ящиком шкафа, заполненным штекерными приборами, вся партия должна быть откалибрована как набор, а результаты записаны в динамическую электронную таблицу или специальную программу. То же самое относится и к первому участнику хит-парада жестких датчиков: калибренным плиткам (см. Рис. 10-2).

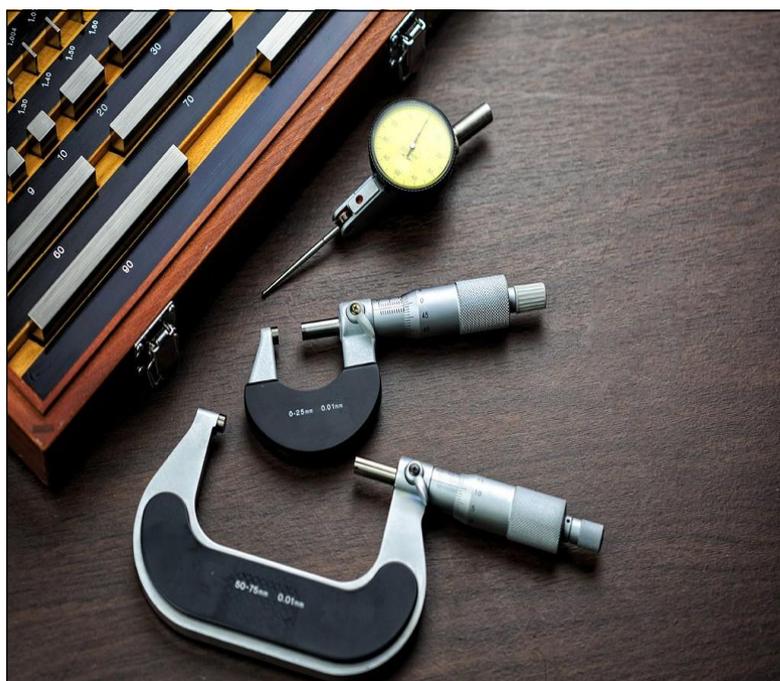


РИСУНОК 10-2: Наружные микрометры, циферблатные индикаторы, плиточные калибры — это только часть метрологического оборудования, которые можно найти в любом механическом цехе

Правильно «gage» (калибр) или «gauge» (измерительная скоба)? Мерриам-Вебстер определяет «gage» как символ непокорности, а gauge - как инструмент измерения. На первый взгляд кажется, что старым лексикографам следует сказать последнее слово - кто будет спорить со словарем, в конце концов? Но металлообрабатывающая промышленность в большинстве своем не согласна. Например, поиск в Google слова «gage pin» (измерительный наконечник) дает гораздо больше запросов, чем «gauge pin».

Именитые производители контрольно-измерительного оборудования перечисляют свои изделия в мерных плитках (gage blocks), Глубиномеров (depth gages), калибренной скобы (snap gages) и т. п. Поставщики метрологических услуг предлагают калибровку датчиков (gage calibration), в то время как разработчики программного обеспечения предлагают программное обеспечение для управления датчиками (gage management software). Наконец - и вот самый решающий аргумент - 30-е издание Руководства по использованию механического оборудования безоговорочно использует слово gage. Поэтому, пожалуйста, давайте больше не будем спорить на эту тему.

Эксперименты с калибрами

Калиберные плитки представляют собой куски из карбида, керамики или закаленной стали, концы которых были точно отшлифованы и притерты для идеальной параллельности и общепризнанного размера, они имеют квадратную или прямоугольную форму и часто продаются в наборах. Мой инструментальный ящик состоял из 81 предмета, охватывал диапазон размеров от 0,05 до 4,0 дюймов и был предметом зависти других механиков.



ТЕХНИЧЕСКАЯ
ИНФОРМАЦИЯ

Калиберные плитки также известны как плитки Веббера (Webber), Кроблокс (Croblox), Джо (Jo), или Йоханссона (Johansson), последние в знак признания Карла Эдварда Йоханссона, известного как «Мастер измерений». Легенда гласит, что в конце 1800-х годов шведский инженер модифицировал швейную машину своей жены и использовал ее для изготовления прототипов своего изобретения на семейной кухне.

Никто на самом деле не знает точную причину, но, при том, что они чистые и в хорошем состоянии, калиберные плитки могут склеиваться друг с другом через явление, известное как притирка - просто соедините концы вместе и поверните их, и они прижмутся сильнее, чем влюбленные подростки на выпускном балу.

Это не какой-то дешевый фокус для того, чтобы произвести впечатление на своих друзей во время перерыва – притирка - важный шаг для обеспечения точных измерений, поскольку калиберные плитки обычно располагаются один за другим, чтобы соответствовать размеру любой детали, которую Вам пришлось случайно измерять. Они могут быть помещены в держатель измерительных плиток и использованы в качестве средства для калибровки кругломера, или помещены на поверхностную пластину для установки индикатора положения. Они также могут использоваться отдельно для калибровки внешних микрометров и глубиномеров.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Всем нравится иметь свои собственные вещи, но практика механиков, владеющих и использующих свои собственные калиберные плитки, калибры и аналогичные контрольные приборы, вероятно, не самая лучшая идея. Конечно, у каждого рабочего у станка имеется некоторое базовое метрологическое оборудование: 6-дюймовый цифровой штангенциркуль, микрометры до 3 дюймов, один тестовый индикатор или два с магнитной стойкой и микрометр-глубиномер 0-6 дюймов. Этого достаточно, чтобы настроить станок с ЧПУ, после чего деталь доставляется для экспертизы, одобряется ответственным лицом, а затем используются откалиброванные, пригодные для контроля, измерительные инструменты продукции собственного производства.

Штихмасы

Как в случае с калиберными плитками, пробковые калибры представляют собой идеально круглые и цилиндрические версии своих массивных братьев и идеально подходят для проверки диаметров отверстий и ширины пазов. Те, которые намного меньше карандаша, часто именуется штихмасы, в то время как те, что размером с сардельку или больше, обычно оснащены трехсторонним или коническим крепежным приспособлением для прикрепления к рукоятке, которая затем выглядит как гантель. Эти большие пробковые

калибры называются GO, NO-GO, каждый конец которых соответствует верхнему и нижнему пределам указанного размера отверстия.

Такая схема GO, NO-GO - удобный способ проверить практически любое отверстие диаметром менее нескольких дюймов (стоит пойти дальше и все станет слишком трудным). Для простых (не монтируемых) пробковых калибров и штихмасов предусмотрены, специальные красные и зеленые ручки - просто приклейте верхний ограничитель в красный конец, нижний - в зеленый, и проверка отверстия становится не сложнее, чем остановка на свет светофора.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Какого бы типа ни был жесткий датчик, все они бывают разных классов. Нет, это не первый класс по сравнению с бизнес-классом на самолете, а точность, с которой был изготовлен датчик. Пробковые калибры, например, могут быть приобретены как класс ZZ (с точностью до 0,0002 дюйма, что делает их пригодными для использования в цехах общего назначения), класс XX (в десять раз точнее, чем у ZZ) и несколько классов между ними. Мерные плитки имеют размеры 0,5, 1, 2 и 3 дюйма, и в метрической системе отсчета - 00, 0, 1, 2. Само собой разумеется, что, чем точнее датчик, тем больше он стоит, поэтому не забудьте выбрать свой класс датчика с умом.

ПОГРЕШНОСТЬ ПРОТИВ ТОЧНОСТИ

По этой теме очень много путаницы. На деле многим людям трудно понять, что Международная организация по стандартизации (ISO) сочла необходимым создать специальный стандарт ISO 5725-1, чтобы определить его. Что за туманная тема? Точность. Или если сказать точнее, погрешность против точности. Многие люди используют термины взаимозаменяемо, но это некорректно (или неаккуратно?). С риском плагиата всех хорошеньких лупоглазых диаграмм, плавающих в океане интернета, точность равна стабильности. Если Вы стрелок с плохим прицелом, Вы все еще можете быть точным стрелком, потому что Вы неоднократно поражаете одно и то же место на цели (даже если выстрелы не очень точные). С другой стороны, точность, означает попадание в яблочко, но она ничего не стоит, если Вы не можете делать это раз за разом. Итак, что важнее? Относительно производства деталей, вам нужна и прецизионность и аккуратность; без этого у Вас будет предостаточно времени для стрельбы по мишеням, потому что Вы скоро станете банкротом. Погуглите, если вам необходимо собственное яблоко мишени в качестве напоминания.

Калибры, калибры повсюду

Обойдите любые метрологические супермаркеты, и Вы увидите, что существует множество других типов измерительных приборов. Цилиндрические измерительные кольца - это инь для янь пробкового калибра, это отличный способ выполнить быстрые проверки «годен - не годен» по наружному диаметру. Принимая во внимание их достаточную точность, кольцевые калибры также могут использоваться в качестве контрольных измерительных приборов для установки микрометров внутренних диаметров, нутромеров и воздушных манометров (измерительных инструментов, которые обсуждаются чуть позже в этой Главе).

Резьбомеры - как внутренние, так и внешние - являются предпочтительным (и часто единственным) способом проверки большинства резьбовых деталей. В отличие от других жестких манометров, резьбомеры могут быть несколько отрегулированы, чтобы компенсировать износ. Калиберная скоба - это другой тип GO, NO-GO, который

используется для проверки наружных диаметров, особенно в производственных условиях, где скорость является приоритетом. С-образные, они могут иметь неподвижные упорные стержни с обеих сторон, или на одной стороне может быть подвижный упорный стержень, прикрепленный к индикатору циферблата, предлагая более четкое представление, чем простая оценка о пригодности/ непригодности.

Это объясняет львиную долю жестких манометров, хотя есть также радиусомеры, толщиномеры, шариковые манометры, манометры с конической пробкой и, возможно, некоторые другие, которые я не могу вспомнить. Какие бы из них Вы ни использовали, важно признать главное ограничение жестких манометров в целом: поскольку они на самом деле ничего не измеряют (мы возвращаемся к этим вещам GO, NO-GO), они предоставляют ограниченные показания о том, насколько характеристика детали находится в пределах ее диапазона допуска, или же выходит за пределы допуска. Для этого необходимо провести измерения различными способами.



ВАЖНЫЕ
ДЕТАЛИ

Прежде чем говорить о микрометрах и какие они классные, давайте поговорим о лучшем друге механика: штангенциркуле с нониусом. Прогуляйтесь по проходам любого механического цеха, и Вы увидите их там: настойчиво проверяющих детали, висящих из заднего кармана механика, налаживающих станок, или терпеливо ожидающих на лавочке. Как и навороченная 6-дюймовая шкала, штангенциркули способны измерять внешние диаметры, внутренние диаметры, глубину отверстия, ширину канавок и многое другое. Так откуда взялся термин верньер? В 1631, французский математик Пьер Верньер опубликовал документ, описывающий данное изобретение, пару градуированных шкал – одна зафиксированная, другая подвижная, что предоставляет более точный способ измерения вещей, нежели просто традиционная шкала. К сожалению, с появлением штангенциркулей и современных электронных штангенциркулей его изобретение в значительной степени устарело. Прости, Пьер.

Встречайте Мик(рометр)

Главными среди класса регулируемых измерительных приоров являются микрометры. Они бывают разных форм и размеров и в зависимости от типа микрометра они способны измерять внутренние и внешний диаметры, пазы, насечки, резьбу и глубину. Все держится на резьбовом шпинделе, который прокатывается внутри гильзы. На внешней стороне гильзы — и прикрепленный к одному концу шпинделя - сидит наконечник, который имеет градуированные маркировки, которые соответствуют аналогичной маркировке на корпусе рукава.

По мере того как наконечник поворачивает, вал движется вверх или вниз по втулке до тех пор, пока противоположный конец не будет контактировать с деталью, после чего, кто бы ни держал микрометр, читает маркировки, делает небольшое добавление в уме, затем гордо объявляет измеренный размер. Конечно, большинство микрометров сегодня электронные - необходимость суммирования значения втулки и наперстка вместе,- это как прошлое, как сидеть перед телевизором в ярко-розовом спандексе во время просмотра передачи «Breakfast Club» и пить Hi-C Ecto Cooler (извините за этот возврат к 1980-м годам).

Что не устарело, так это их важность — когда дело доходит до повседневного измерения деталей, микрометры - это ручные инструменты. Вот некоторые из тех, с которыми вы, вероятно, столкнетесь на производстве:

- Наружные микрометры: если над вашим верстаком в гараже висит с-зажим, Вы уже знакомы с формой внешнего микрометра, за исключением того, что винт зажима теперь называется наконечником, а ручка затяжки была заменена градуированным наконечником и втулкой. Они оба работают примерно одинаково, и я даже видел 2-дюймовый внешний микрометр, используемый в качестве специального с-зажима (парень, который сделал это, был уволен в тот день).
- Внутренние микрометры: Существует несколько стилей внутренних микрометров. Один использует пару булавчатых упорных стержней, чтобы проникнуть внутрь и измерить отверстие, но так как упорные стержни по длине только 1/4-дюймовые или вроде того, они ограничены по глубине. То же самое относится и к трубчатым внутренним микрометрам, поскольку нужен человек, чтобы проникнуть внутрь отверстия и повернуть наконечник, чтобы измерить (здесь полезны проворные пальцы пианиста). Наконец, есть тройной микрометр, которые, как следует из их названия, имеют набор из трех упорных стержней, установленных под углом 120 ° друг к другу (см. Рис. 10-3). Это бомба.
- Микрометры глубины: Очень похожие на перевернутую букву Т, микрометры глубины обычно идут с комплектом заменимых измерительных наконечников, которые обеспечивают диапазон измерения до 6 дюймов с интервалом в 1 дюйм. Специальные измерительные наконечники с дисками точного шлифования на концах также имеющиеся для проверки положения и ширины паза на внутренней или наружной части детали, или измерительные наконечники как пункты карандаша для измерения.
- Микрометры для измерения резьбы: также известные как микрометры шага, микрометры резьбы отлично подходят для измерения диаметра шага внешней резьбы - середину между верхней частью и дном V-формы — но они никогда не должны быть использованы самостоятельно для проверки качества резьбы. Всегда проверяйте резьбовые детали с помощью соответствующего штекера (для внутренней резьбы) или кольцевой калибр (для внешней резьбы).

Этот список далеко не полный. Виртуальная флотилия микрометров намного шире, включая фланцевые микрометры, штыревые микрометры, шаровые микрометры, точечные микрометры, зубцовые микрометры, а для тех, кто не может выбрать, универсальные микрометры, которые имеют ассортимент взаимозаменяемых стержней.



Рисунок 10-3: Из всех видов внутренних микрометров тройной, показанный на этом рисунке, является наиболее гибким и простым в использовании.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Большинство микрометров обеспечивают только две точки измерения, непосредственно напротив друг друга (помните наш пример с-зажим). Это обычно подходит для перпендикулярных деталей, сделанных в центрах механической обработки, но они не могут обнаружить триангуляцию и другие отклонения от округлости характеристик, обычные при ситуациях, когда материал зажимают в трехкулачковом гидравлическом токарном патроне. Всегда перепроверяйте повернутые части с тройным микрометром или кругломером, способным обнаружить этот параметр, или же измерить их на координатно-измерительной машине (КИМ). Подробнее об этом будет написано ниже.



СОВЕТ

Хотите проверить диаметр шага внешней резьбы (что Вы наверняка сделаете в какой-то момент), но не имеете толстой пачки денег для микрометра шага? За небольшие деньги, Вы можете приобрести набор резьбовых проводов. Внутри маленького пластикового корпуса Вы найдете несколько тройных совмещаемых проводов, каждый из которых сгруппирован в соответствии с шагом резьбы. Они немного неудобны в обращении (будет легче если вставить один конец в кусок пенопласта или глины), но, поместив два провода с одной стороны резьбы и третий провод напротив них, Вы можете использовать внешний микрометр для измерения комбинированных диаметров резьбы плюс ее провода, а затем рассчитать диаметр шага на основе этого измерения.

Заполняем тележку для покупок

Давайте представим, что Вы только что были наняты в качестве старшего инспектора в начинающей токарной компании. Это большое достижение, учитывая, что все, что Вы знаете о метрологии, вы узнали из этой книги. Но не волнуйтесь — Вы быстро учитесь, и уверены, что сделаете все хорошо.

Ваш новый начальник поручил Вам купить все метрологическое оборудование, необходимое для ускорения работы цеха. И хотя всегда весело тратить чужие деньги, Вы действительно понятия не имеете, что еще купить, кроме микрометров и жесткого измерения, о которых только что говорили. К счастью, следующие Главы предлагают некоторые рекомендации, чтобы Вам помочь.

Тактильная поверхность

Войдя в любое помещение контролёра-приемщика, вы, скорее всего, увидите посреди комнаты большой кусок гранита. Нет, это не будущий надгробный камень владельца цех — это поверхностная плита. Более плоские, чем пресловутый блин, поверхностные пластины похожи на верстак системы управления, используемый в качестве сверхточной платформы для измерения с датчиками высоты и индикаторами набора (следующие вещи в списке). Хотя КИМ-ы сделали поверхностные пластины несколько менее важными, чем когда-то, Вы все равно должны получить такую хорошего размера и тяжелую подставку для ее размещения. По крайней мере, это произведет впечатление на клиентов.

Попутно, Вам понадобятся некоторые аксессуары, чтобы установить сверху. Первым в списке появляется высококачественный высотомер, также известный как Кадиллак или датчик триак с МОП-структурой. В дополнение Вы также кладете в тележку комплект контрольно-измерительных блоков, этот датчик будет “решающим” при любых

сомнительных измерениях детали. Не стесняйтесь называть его Судья Джуди, Судья Дредд или Тургуд Маршалл. Вы также захотите:

- Два или три уголкового пластины разного размера для зажима деталей во время измерения. Не забудьте зажимы.
- Некоторые блоки 1-2-3 для установки деталей и других датчиков (да, они имеют 1 x 2 x 3 дюйма в поперечнике) и несколько наборов V-блоков для круглых деталей.
- Цифровой или электронный датчик высоты (или два, если Вы можете его повесить) для измерения расстояний между деталями, диаметрами отверстий и т. д. (см. Рис.10-4).
- Синусоидальная пластина, используемая для измерения углового отклонения. Если у Вас есть КИМ, вы, вероятно, никогда не будете использовать ее, так как она включает в себя все виды сложных математических уравнений, но это будет выглядеть круто для клиентов. Тем не менее, она должна быть во всех участках контроля.
- Набор индикаторов в ассортименте одной десятой (0,0001 дюйма) и пяти десятых (0,0005 дюйма), некоторые индикаторы перемещения, а также прочные основания для их установки.

Когда-то это были инструменты, на основе которых работали участки контроля, и их использование вызывало боль в спине у тех, кто проводил свои дни, сгорбившись над поверхностью пластины. Теперь многие функции, выполняемые с помощью этих инструментов, можно выполнять более эффективно — а в некоторых случаях и более точно — на автоматизированных КИМ-ах, зрительных аппаратах и аналогичных высокотехнологичных измерительных приборах. Значит ли это, что Вам не нужны все эти старомодные вещи? Нисколько. Любой хорошо оборудованный участок контроля должен иметь эти инструменты и даже больше, независимо от того, какие функции выполняет другое оборудование.



Рисунок 10-4. Цифровые манометры являются важным компонентом любой метрологической лаборатории.

С разрешения: Митутойо Канада (Mitutoyo Canada)

Проверка отверстий

Лучше толкайте тележку, Вы еще не закончил с покупками. Хорошо иметь датчики штепсельной вилки и внутренние микрометры, но они ограничены по глубине. Тройные

микрометры лучше в этом отношении, но с большинством всех процессов обработки, попадающих в категории сверления, развертки, расточки и хонингования, механикам нужно много вариантов для точной проверки отверстий. Вот некоторые из наиболее распространенных.

- Датчик воздуха: датчик воздуха - неконтактный метод измерять механически точно обработанные скважины и ступицы. Он использует небольшое количество сжатого воздуха, который проходит между измеряющим зондом и деталью, чей размер определяем. Поскольку между ними нет контакта, нет риска повреждения тонких поверхностей. К сожалению, диапазон измерения ограничен примерно 0,003 дюйма, поэтому его применение ограничено.
- Циферблатный нутромер: циферблатный нутромер работает совсем как трубчатый внутренний микрометр, за исключением длинной ручки, прикрепленной в середину с индикатором шкалы на одном конце (все это выглядит как перевернутая T). Нет необходимости глубоко засовывать палец в отверстие — просто вставьте нутромер и слегка качайте его взад и вперед, чтобы найти наименьшее значение (это и есть размер отверстия). Одно небольшое предупреждение: циферблатные нутромеры могут оставить небольшие бороздки на тонко обработанной поверхности, особенно когда прибор слишком большой для отверстия - отрегулируйте их как следует, если Вы хотите избежать этой проблемы.
- Электронный нутромер: электронные нутромеры - вариант как цифровые версии внутренних тройных микрометров, упомянутых ранее. По внешнему виду и по функциональности они похожи на датчики воздуха, но используют электронный датчик, а не сжатый воздух. Оба должны быть установлены с помощью калибровочного кольца, и оба довольно ограничены в диапазоне измерений, но предлагают особую точность (для измерения в десятичных долях).
- Выдвижной нутромер: выдвижные нутромеры - это пружинные приспособления, которые действуют как циферблатный нутромер, но должны быть измерены с помощью внешнего микрометра после удаления из отверстия. Набор из них можно приобрести за пару сотен баксов (долларов США), и они способны покрывать диаметры от мизинца до ширины вашей руки. Они хороши в крайнем случае, если у Вас нет нужного размера нутромера.

Взрагиваем, видя тени

Как и большая гудящая выверочная плита, проекционные приборы являются еще одним заметным и необходимым резидентом любого участка контроля. Правильное название - оптический компаратор. Он проецирует изображение измеряемой детали на большом экране, что облегчает подбор кромки, радиусов, отверстия и других элементов. Ручной оптический компаратор работает путем поворота ручки для сдвига части взад и вперед, вверх и вниз, принимая измерения поочередно. Автоматизированные версии, с другой стороны, имеют моторизованные уровни, и могут захватить края и даже сфокусировать оптику полностью самостоятельно, что позволяет измерить быстро и эффективно даже сложные части.

Круговая проверка

Вот некоторые дорогостоящие вещи, которые, в зависимости от вашего бюджета и того, какие детали делает Ваш цех, Вам, возможно, придется подождать. Помните, что некоторые из Ваших метрологических потребностей (калибровка, для стартеров) могут быть перепоручены специализирующимся лабораториям.

- Настольный микрометр: большинство людей просто называют их супер

микрометрами. Как следует из названия, они чрезвычайно точны (думаю, миллионные доли) и в основном используются для калибровки штекерных датчиков и блоков датчиков (хотя ничто не мешает Вам проверять детали с его помощью, если допуск позволяет).

- Твердомер: некоторые цеха делают твердые части. Твердый, не в смысле как трудно, а твердый, как камень. Это вызвано нагревом металла до температур суб-расплавленных состояний и сбросом его в масляную или соленую водяную ванну (это один из способов). Наиболее распространенная шкала, используемая для измерения итоговой твердости - это число твердости по Роквеллу, но некоторые производители указывают твердость по Бринеллю, Виккерсу и Кнупу. Если Ваш цех не делает свою собственную термическую обработку, стоит приобрести твердомер.
- Профилометр: некоторые инженеры любят гладкие вещи. Другим нравятся шершавые. В любом случае, профилометр можно использовать для измерения шероховатости поверхности, что является важным атрибутом для любой детали, но особенно для поверхностей с уплотнением или износом (которых довольно много). Обязательно приобретите профилометр, способный измерять Ra (среднюю шероховатость), Rz (среднюю глубину шероховатости), RMS (среднеквадратическое значение) и аналогичные стандарты, а также волнистость.
- Прибор определения округлости: части могут получиться неровно круглыми, из-за плохих фрезерных станков, неправильного зажима, чрезмерного давления резки, а иногда без причины. Величина часто очень мала и часто трудно определить без специального прибора, который называется, достаточно соответствующе, прибором определения округлости. Учитывая, что они хороши только для одной вещи, приборы определения округлости довольно дорогие и обычно излишни, за исключением цехов, производящих фрезерные станки или ультра-круглые валы.



ВАЖНЫЕ
ДЕТАЛИ

Если Вы собираетесь стать успешным метрологом по размерам (более скромно известным как контролёр ОТК механического цеха), Вам нужно освоить статистическое управление процессами или СУП. Основываясь в основном на работе статистика Уолтера Шухарта в начале 1920-х годов, СУП и его более современное прозвище СКК (статистический контроль качества) связаны с измерением и анализом общих и специальных вариаций процесса и помогают определить, когда процесс собирается выйти из-под контроля (или уже вышел из-под контроля). Многие считают Шухарта отцом современного контроля качества.

Измерение с помощью станков

Вот большая шишка. Выбор КИМ (см. Рис. 10-5) - как выбор металлорежущего станка — это большие инвестиции, и ваше решение будет долгосрочным. Выберете неправильный, и он может в конечном итоге пылиться, потому что а.) программное обеспечение слишком сложное в использовании, или б.) человек, которого Вы отправили на обучение, ушел из компании, и никто больше не знает, как управлять этой штукой:



Рисунок 10-5. Для большинства цехов, КИМ являются инструментом для измерения общего назначения.

С разрешения: Митутойо Канада (Mitutoyo Canada)

В любом случае, хорошая КИМ должна быть проста в использовании с известным и хорошо поддерживаемым языком программирования. Эта часть решения КИМ является злостной для многих в мире метрологии, с накалом страстей и руководствами пользователя КИМ, летающими через всю метрологическую лабораторию, поэтому я не собираюсь выразить свое мнение о ней здесь, кроме как рекомендовать Вам поговорить с большим количеством людей, сделать домашнюю работу и заглянуть в будущее, чтобы убедиться, что механизм будет соответствовать вашим будущим требованиям и Вашему бюджету (В отличие от станка, большинство КИМ-ов поставляются с ежегодными и иногда дорогими соглашениями о техническом обслуживании программного обеспечения).



ТЕХНИЧЕСКАЯ
ИНФОРМАЦИЯ

КИМ нужны зонды для измерения деталей. На ручной машине это может быть так же просто, как штырь датчика, зажатый в точном сверлильном патроне. Обычно, однако, используется датчик касания, оборудованный с рубиновой иглой. При контакте с частью он слегка отклоняется, посылая сигнал – пусковой сигнал - к компьютеру КИМ-а. По мере измерения каждой точки в трехмерном пространстве значения сравниваются с CAD-моделью детали, и производится определение отклонения от ее номинальных размеров. Доступны прямые и звездообразные стили, а также диски, шары, полусферы и указатели. Сама головка зонда также является важным фактором при покупке КИМ, так как это во многих отношениях сердце машины.

Кроме традиционного, дизайна в- форме- якобы -вертикального- центра механической обработки (некоторые даже имеют возможности автоматического изменения инструмента), существуют несколько вариантов КИМ. Портативные КИМы как длинные, многосоставные рукоятки, которые можно передвигать по всему цеху, для измерения больших частей размером с автомобиль и более. Механизмы с видеоконтролем используют камеры и иногда лазерные сканеры для измерения частей «без рук», и во многом являются жизнеспособной альтернативой к контактному измерению. Ручные КИМы умные ружье-подобные приборы, использующие LED или лазерный луч для определения местонахождения измерительного наконечника в трехмерном пространстве, таким образом, позволяет измерить части без использования механического моста, как с обычными станками с ручным управлением. Также необходимо вытащить КИМ из инспекционной лаборатории в цех. Имеются несколько защищённых от неблагоприятных производственных условий моделей, с простой в использовании системой программирования, работающей в режиме меню, с по-прежнему достойными восхищения показателями точности, предназначенных для универсального измерения.

Держим путь на качество

Теперь, когда Ваша тележка для метрологических приборов переполнена, я чуть не забыл одну из самых важных вещей: хороший участок контроля. Идеальное рабочее место, должно содержаться очень чистым (как и пол в цеху), также должно быть оборудовано высококачественной системой фильтрации воздуха, с постоянным уровнем влажности 55 процентов, и контролем температуры в пределах 68° F +/-3° F (или согласно метрическому эквиваленту, 20°C). Обратитесь к странице 4 ASME Y14.5-2009, если Вы мне не верите.

У Вашего поставщика метрологического оборудования может быть еще несколько предложений, но это главный вопрос. Как только у Вас все это будет, Вам понадобятся прочные, запирающиеся шкафы для хранения всего этого. Каждый отдельный прибор должен быть откалиброван перед использованием (и регулярно калиброваться в течении последующих периодов, в соответствии с Вашими процедурами качества), с соответствующей маркировкой, также нужна отработанная система приемки и списания вещей, вносимых в и выносимых из цеха. Ох, и Вам нужно прочитать много руководств пользователей, чтобы понять, как все это работает. Вам будет чем заняться поздними ночами.

Возможно, у Вас есть все нужные вещи, но управление отделом качества - это гораздо больше, чем покупка отличного оборудования. Как упоминалось в начале этой главы, хорошая метрология означает хорошее ведение учета, разработку стандартов измерения и калибровки звука и поддержание учета, не говоря уже о постоянном контроле за помещением контролера-приемщика и ее оборудованием (никаких вечеринок в помещении).

В этой главе:

1. Заявления с буквами G, M, S, и T;
2. Знакомство с программой: Подпрограммы, макросы, компенсация резака и многое другое;
3. Цикл: зафиксированный и многократный повторные циклы;
4. Отображение вещей с помощью декартовой системы координат.

Глава 11. Раскрываем тайну G-кода

Дважды меня спрашивали: "Скажите, мистер Бэббидж, если Вы введете в машину неверные цифры, выйдут ли правильные ответы?" Я не в состоянии правильно понять путаницу идей, которая может привести к такому вопросу.

- ЧАРЛЬЗ БЭББИДЖ

Как ни крути, но дни ручного управления станком — все эти вращения ручек и рычагов, о которых я несколько раз упоминал в этой книге, — мертвое динозавров и Доджа Де Сото. Конечно, многие из тех ручных токарных станков и консольно-фрезерных станков, о которых я говорю в Главах 1 и 2, все еще существуют. В действительности, изрядное их количество все еще изготавливается и продается каждый год, используясь главным образом в инструментальных цехах и цехах для личного хобби. Но мало кто в отрасли будет спорить, что их расцвет закончился, и шансы на их возвращение меньше, чем клонирование Тираннозавра Рекса (или увидеть, как блестящий новый Де Сото вырывается с конвейера).

Вместо этого станочное оборудование с числовым программным управлением (ЧПУ) (и их обучаемые младшие братья - полу-ЧПУ) стали достаточно доступными и настолько простыми в эксплуатации, что нет причин соглашаться на более низкую эффективность ручного оборудования. Имея это в виду, неплохо было бы знать, что заставляет ЧПУ инструменты работать — это их язык программирования.

Тема программирования с ЧПУ слишком глубока и сложна, чтобы охватить ее в одной Главе. Я, однако, вникну глубже в некоторые из более важных G-и M-кодов, объясню, что такое "режимы" и "смещения", и рассмотрю вопрос программирования с ЧПУ в целом. Этого для начала должно быть достаточно для Вас.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Все, что Вы собираетесь прочитать, относится к «FANUC» и «FANUC»-совместимым элементам управления (большинство из них). Это потому, что, проще говоря, «FANUC» для управления ЧПУ, как Майкрософт для персональных компьютеров (что не является утверждением). Даже те производители станков, которые решительно не ориентированы на «FANUC» (такие как «Mazak» и несколько других с диалоговым управлением), как правило, предлагают вариант "ISO/EIA" для чтения G-

кода. Тем не менее, среди производителей станков и систем управления существует много вариантов того, как они интерпретируют почти универсальный язык программирования ЧПУ, называемый G-code. Здесь важно относиться ко всему скептически и всегда обращаться к Вашему руководству для оператора за последним словом.

Алфавитный суп ЧПУ: приятного аппетита!

Рассмотрим следующий набор команд: дойти до конца улицы. Повернуть направо. Остановиться на пять секунд. Бежать домой. Если бы Вы были станком с ЧПУ, каждое из этих предложений было бы блоком, состоящим из ряда слов. Однако вместо понятных английских слов, как в этом примере, станочное управление понимает только программные слова, такие как G, M, X, Y, F, S, T и т. д., за каждым из которых следует число или ряд чисел, известных как адреса. Итак, если я скажу машине G01 X5.0 F2.0, я только что предоставил ему эквивалент ходьбы (G01) до конца улицы (местоположение X5.0) и как быстро нужно идти (F2.0). В следующих Главах будет больше, но это суть программирования G-кода, языка (большинства) станков с ЧПУ.

Если у вас нет намерения стать программистом станков (достойная и хорошо оплачиваемая карьера), или если Вы никогда не собираетесь использовать что-либо, кроме диалогового программирования, то у Вас может возникнуть соблазн сэкономить час или около того и пропустить эту часть книги. Хотя я бы не советовал. Программирование с ЧПУ-это круто, и, как гласит заявление для общественности, с которым многие из нас выросли: "чем больше Вы знаете . . ." с милой маленькой звездочкой, промелькнувшей в сторону, знание - ценный инструмент.

Вот фрагмент программного кода ЧПУ, чтобы начать свой краткий путь программирования. Он для многоцелевого станка и может использоваться для фрезерования краев 4-дюймового квадратного куска материала. Обратите внимание на G-и M-коды, разбросанные по всей программе; координаты X, Y, Z; и другие слова, такие как D, F, H и S:

```
%
O0001
N1(ROUGH OUTSIDE)
T01 M06 (3/4 DIA. 2-FLUTE END MILL)
G90 G54 G00 X-2.5 Y2.5 S1600 M03
G43 H01 Z0.1 M08
G01 Z-0.75 F75.
G41 Y2.0 D01 F15.
X2.0
Y-2.0
X-2.0
Y2.5
G40 X-2.5 Y2.5 M09
G28 G91 Z0. M05
M30
%
```

Вот еще один фрагмент кода, показывающий типичный цикл черновой обработки на токарном станке с ЧПУ. Токарный станок облицовывает 4-дюймовый диаметр пули, а затем производит грубую расточку 1-дюймовой ступицы длиной 3,5 дюйма. Посмотрите внимательно и Вы увидите, что многие коды одинаковые:

```

%
O0001
N1(ROUGH OD)
G28 U0 W0
T0101
G50 S3000
G96 S400 M03
G00 X4.1 Z0.01 M08
G01 X-0.063 F0.005
G00 X4.0 W.05
G71 P100 Q101 U0.01 W0.005 D0.1 F0.01
N100 G00 X1.
G01 Z-3.5
N101 X4.0
G28 U0 W0 M09
M30
%
```

Что означают эти коды? Вот краткий справочник на некоторые из них, прежде чем начнем вникать в детали систем координат, подпрограмм и постоянных циклов:

- **G-коды могут быть модалными или немодальными.** Если модалные, они устанавливают определенные условия в станке, которые остаются такими до изменения (например, дюймы [G20] против миллиметров [G21]). Немодальные коды говорят станку выполнить специфическую, одноразовую деятельность, такие как приостанавливать движение временно с интервальной командой G04.
- **M-коды как переключатели.** Они ничем не отличаются от настенного выключателя, который Вы используете, чтобы включить лампу для чтения каждый вечер или включить утренние новости с помощью универсального пульта дистанционного управления. Нужна охлаждающая жидкость? Используйте M08. Хотите запустить вал? M03 сделает это. Хотите закончить программу? Обычно это делается с помощью M30. Просто, правда же? Как правило, в строке программы можно задавать только один M-код, в противном случае Вы получите сообщение об ошибке.
- **S-коды обозначают скорость вала.** Они должны использоваться вместе с командой для включения вала: M03 S4000 получает многоцелевой станок, вращающийся по часовой стрелке при 4000 об / мин. Просто имейте в виду, что скорость вала может означать что-то другое для токарного станка, который использует постоянную скорость поверхности (constant surface speed, CSS) для большинства токарных операций или непрерывную скорость вращения для сверления и нарезания резьбы.

Несмотря на кажущуюся запутанность, программирование на самом деле не такое сложное дело. Вы можете начать с загрузки справочной диаграммы кода G и M из Интернета (они повсюду). А лучше, руководства, которые поставляются с Вашим станком с ЧПУ, довольно хорошо помогают писать коды, и если у Вас нет желания делать ручное программирование (которое я не рекомендую), Ваша АСУП в любом случае позаботится обо всех разных кодах. В большинстве случаев Ваша единственная задача - знать об этом достаточно, чтобы понять, что делает станок и почему, а также знать, где лежит руководство (или кому звонить), если Вам нужно устранить проблему.



ТЕХНИЧЕСКАЯ
ИНФОРМАЦИЯ

Вернитесь назад и посмотрите на примеры кода в течение минуты. Видите знаки процента в начале и в конце? Первый говорит аппарату управления: «Эй, мы собираемся отправить вам некоторую информацию.» За этим следует: «Мы закончили на данный момент, продолжайте и держите «пять»», по окончании программы. Оба возвращают нас к истокам дней бумажной ленты, когда системы управления были гораздо менее умны, чем сегодня, но даже не думайте о том, чтобы избавиться от них. Иначе станок не будет работать. А это O0001? Это номер программы - еще одна обязательная команда управления станком.

Продолжаем про G-код

Среднестатистическое управление станком с ЧПУ легко узнает более 100 G-кодов. Большинство из них универсальны для различных марок и типов элементов управления. Однако существуют некоторые существенные различия между токарными станками и многоцелевыми станками, ситуация, которые будут приносить все больше неудобств, по мере изменений токарных станков с ЧПУ в сторону фрезерных, и наоборот. На данный момент, по крайней мере, все вполне управляемо, и быстрая проверка Вашего руководства по программированию должна решить любые насущные вопросы. Давайте посмотрим на более важные G-коды, начиная с тех, которые контролируют движение.



ВАЖНЫЕ
ДЕТАЛИ

Чувствуете необходимость быть лаконичным? Ведущие нули обычно не нужны при программировании с ЧПУ. Остановка шпинделя с M5 ничем не отличается от остановки шпинделя с M05. Использование кода смещения длины инструмента H07 обеспечивает тот же эффект, что и H7, а если Вы управляете вручную, вводить T202 в токарный станок немного быстрее, чем T0202. То же самое касается конечных нулей: X2.0 равно X2.00 (или даже X20000, если разрешение элемента управления установлено в четыре знака после запятой). Что важно, так это последовательность - всегда задавайте формат программы ЧПУ одинаковым образом, во всех механизмах в цехе. Если нет, то вероятность ошибок будет большой.

Поехали!

Проще говоря, G00 означает GO! (Поехали!) В режиме G00, все команды оси устанавливают движение, и ответственные моторы оси немедленно ускоряют ход к их максимальной скорости, или ускоряют скорость подачи; стоит убедиться, что режущий инструмент свободен от заготовки, или будет громкий шум и Вам придется пойти домой пораньше. Еще одно важное замечание заключается в том, что команды G00 часто не перемещаются "по прямой" из точки A в точку B. При переходе от X0 Y0 к X2.0 Y1. в примере с шахматной доской, о котором я расскажу позже в этой Главе, ферзь может сначала сделать крутой поворот, двигаясь под углом 45 градусов к верхнему правому краю, пока не достигнет X1.0 Y1.0, а затем продолжать по прямой до позиции X2.0.

Выравнивание

В отличие от G00, движения G01 всегда линейны, и скорость каждого мотора оси, получившего команду, контролируется таким образом, что обеспечивает возврат всех осей на правильное положение одновременно. G01 также использует любое значение скорости подачи, которое было недавно задано (используя слово F), чтобы определить, как быстро подача движется по запрограммированному пути. На многоцелевых станках центрах слово F излагается в дюймах в минуту или миллиметрах в минуту, определяемых значением параметра в элементе управления. Токарные станки также могут работать в метрических или дюймовых значениях, но режим скорости подачи в таких случаях определяется G98 (дюймы или миллиметры в минуту) или G99 (скорость подачи за оборот). Практически во всех случаях (кроме случаев использования фрезы на токарном станке с приводным инструментом) токарная обработка выполняется в режиме G99.



СОВЕТ

При обработке детали со стороны заготовки - например, фрезерование паза на токарном станке или сверление отверстий с прямоугольной головкой на

многоцелевом станке - программирование будет намного проще с выбором плоскости. Используйте команды G17 для выбора плоскости X-Y, G18 для X-Z, и G19 для Y-Z, но убедитесь в выборе правильной плоскости (X-Y - по умолчанию для многоцелевого станка, а X-Z - для токарных станков) при завершении данной конкретной операции, или получите неприятный сюрприз.

Круг по часовой

Команды G02 и G03 используются для вырезания дуг. Это могут быть частичные дуги, дуга для округления угла 90 градусов, полный круг и все, что между ними. G02 обозначен дугой по часовой стрелке и G03 против часовой стрелки, а может и наоборот для операторов токарного станка, где инструмент режет на задней стороне вала и часто перевернут. Обе команды являются модальными, поэтому, если Вы не хотите, чтобы машина выдавала ошибку при переключении с дуговой резки на прямую линию, Вам лучше всего использовать G01 на линии после G02 или G03. Возможно, Вам также потребуется определить расстояние до центра дуги в начале разреза — это называется значением I, J и/или K (соответствующее расстоянию X, Y и Z) и часто требуется наряду с координатами назначения.

Вот пример:

```
G01 Y1.5 F10.(FEED TO SIDE OF PART)
X1.5 (MOVE TO X START POINT)
G02 X2.25 Y0.75 I0. J-0.75 (MACHINE 90-DEGREE ARC)
G01 Y0 (CONTINUE IN STRAIGHT LINE)
```

На большинстве новых систем управления I и J можно исключить в пользу R-значения, равного желаемому радиусу, хотя некоторые могут утверждать, что это может привести к неточным дугам. И на углах 90 градусов, где требуется простой разрыв кромки, G02 или G03 можно опустить, как в этом примере токарного станка:

```
G00 X0.3 Z0.1(POSITION TOOL IN FRONT OF PART)
G01 Z0 F0.01(FEED TO ZERO)
X0.5 R-0.05 (FACE TO 1/2" DIAMETER WITH ROUNDING)
Z-0.5 (TURN OUTER DIAMETER)
```

Это называется округлением G01, а также может использоваться для применения 45-градусных желобков путем замены R на I или K. Для получения дополнительной информации см. руководство по эксплуатации.



ВАЖНЫЕ
ДЕТАЛИ

Если Вам нравятся все эти комментарии в скобках, которые я добавил к примерам кода, не стесняйтесь добавлять аналогичный текст в свои собственные программы с ЧПУ. Обычно в этом нет необходимости, так как любой хорошо слаженный цех отправит любую необходимую информацию о настройке в сопроводительной рабочей инструкции. Тем не менее, несколько комментариев местами (какой инструмент, например) могут быть полезны, особенно новичкам, которые пока все еще разбираются.

Координирование координат

Вы, вероятно, задаетесь сейчас вопросом о X, Y и Z. Это оси станка, и это средства, с помощью которых все станочные инструменты ЧПУ говорят станку, в каком направлении двигаться, как далеко и, конечно, как быстро. Это Декартова система координат (см. рис. 11-1), стандартная система координат для практически всех станков. (Хотя многие могут также использовать полярное позиционирование, это наилучшим образом подходит для таких вещей, как система болтовых отверстий и цилиндрических свойств деталей.)

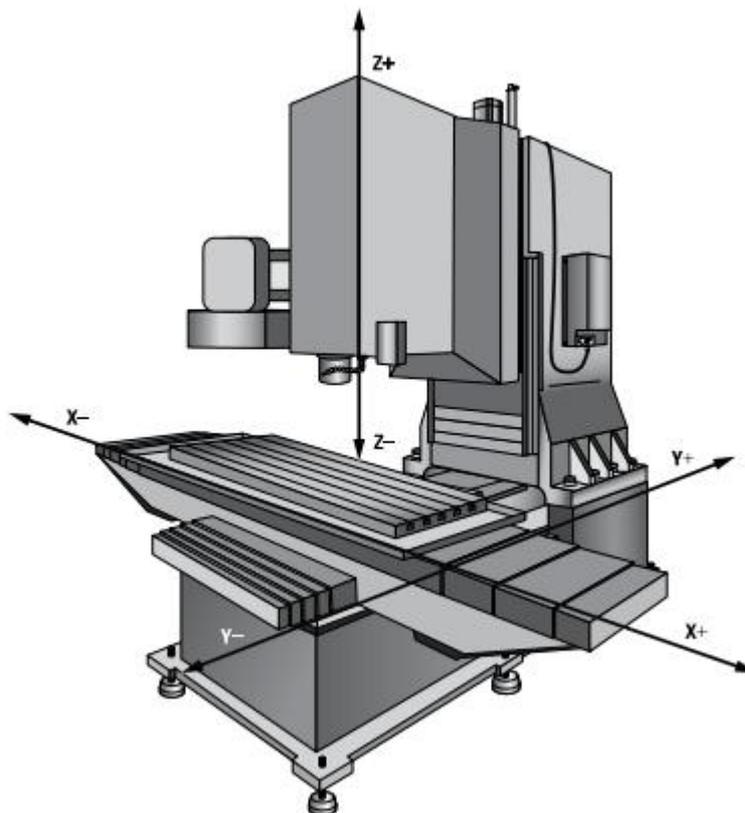


Рисунок 11-1: Типичный трехосный вертикальный многоцелевой станок, иллюстрирующий 400-летнюю декартову систему координат, используемую практически на всех станках с ЧПУ.

С разрешения: Хаас Аутомэйшн, Инк. (Haas Automation Inc.)

Хотя, по крайней мере, несколько механиков задремали во время урока геометрии, большинство из них знакомы с декартовой системой координат. Его изобретатель, Рене Декарт, перешел в альтернативную плоскость существования почти четыре столетия назад, но прежде чем покинуть нас, описал систему, в которой любая точка трехмерного пространства может быть определена расстоянием и направлением от пересечения трех перпендикулярных плоскостей, которые он назвал осями X, Y и Z.

Буквы француза «прижились». Оператор двухосного токарного станка сегодня вносит изменения в диаметр детали, изменяя значения оси X программы или делая корректировку смещения инструмента оси X. (О смещениях я расскажу позже в этой Главе.) Деталь может быть сделана короче или длиннее, или глубина отверстий регулироваться путем изменения смещений оси Z или ее запрограммированных значений. И кто-то, кто работает с трехосным вертикальным многоцелевым станком, может думать о длине и ширине детали с точки зрения ее значений оси X и оси Y; ее толщина и отверстия определяются осью Z.

Возврат в исходную позицию

Одной из особенностей декартовой системы координат и станков в целом является необходимость исходного положения или начала координат. На языке геометрии, это означает, кстати, слишком очевидную букву О (от слова origin - происхождение). Это место в пространстве, где пересекаются три декартовых плоскости. Это также отправная точка для всего движения механизма - отправьте все оси в их нулевое положение, и окажется, что Вы вернули механизм «в исходную позицию». При риске поспешного введения G-кода, на большинстве токарных станков с ЧПУ это достигается с использованием команды:

```
G28 U0 W0
```

и на большинстве многоцелевых станков:

```
G91 G28 X0 Y0 Z0
```



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Команда G28 на самом деле «два в одном», поскольку она сначала перемещается в запрограммированное положение, а затем возвращается в исходную. Вы узнаете об абсолютных и инкрементных режимах в следующей Главе, но, если Вы забудете программировать пошагово (используя U и W для токарного станка и G91 X Y на многоцелевом станке), станок быстро перейдет в нулевое положение заготовки — вполне возможно, врезавшись в нее — перед тем, как отправиться в нулевое положение. Ох!

Нулевую позицию можно перемещать по частям, используя одну из команд рабочей системы координат G54-G59 (у некоторых машин их намного больше). Представьте себе команду G54 или G55 как о назначении временной исходной позиции для детали, как собраться и поехать в гостиничный номер на ночь. Например, Вы можете командовать станку перейти в верхний правый угол первой детали на столе с помощью команды G54 X0 Y0 Z0. Вторая деталь, всего на несколько дюймов выше, находится в G55 X0 Y0.

Z0 и так далее. Когда Вы закончите обработку этих деталей, Вы можете отправить все оси в исходное положение (исходное положение станка) с помощью команды G53 X0 Y0 Z0, отменив временную рабочую координату.

Раньше многоцелевые станки были единственными станками с ЧПУ, которые нуждались в рабочих координатах, потому что они были единственными, способными делать несколько деталей в одной установке, каждая из которых нуждается в своем нулевом положении. Все изменилось, когда люди начали скреплять болтами кондршпиндели на токарных станках, а затем, вскоре после этого, инструменты фрезерования. На фрезерных и многозадачных станках, таких как эти, рабочие координаты так же необходимы, как и на фрезерных станках, хотя и не в таком количестве. Хорошей новостью — это то, что разработчики управления, к счастью, использовали один и тот же набор G-кодов (в основном) для обоих.

Мыслим абсолютно

Еще одна особенность декартовых координат — или любой системы позиционирования, если уж говорить, — это то, как в ней совершаются движения. На многоцелевом станке эти движения определяются как абсолютные (G90) или поэтапные (G91). Для иллюстрации, возьмите шахматный набор с полки в шкафу в прихожей. Поместите ферзя (она единственная фигура, которому дозволено двигаться в любом направлении) в левом нижнем углу доски. Это нулевое местоположение. Теперь

переместите Ее Высочество на два квадрата вправо и один квадрат вверх. В коде ЧПУ команда будет G90 G00 X2.0 Y1.0.

Поскольку строка кода содержит G90, Вы только что выполнили абсолютное позиционирование. Повторите команду, и королева не двинется с места. Уберите G90, повторите команду, и королева не двинется с места. G90 – модальная команда, поэтому станок останется в режиме абсолютного позиционирования до тех пор, пока не будет получен приказ об обратном.

Теперь дайте ту же команду, но используйте поэтапный код G91. И как Вы думаете - эта упрямая Королева двинется на два квадрата вправо и один квадрат вверх. Повторите это, и она будет двигаться снова и снова, пока совсем не покинет игровое поле. (На станочном языке это называется "переход за установленную позицию". Это плохо.) Но установите G91 обратно в G90, нажмите начало цикла, и королева вернется к исходной позиции X2.0 Y1.0.



ВАЖНЫЕ
ДЕТАЛИ

Декартова система координат и, следовательно, станки с ЧПУ предполагают, что координаты станка положительны, если не указано иное. Поэтому любое поэтапное или абсолютное перемещение позиционирования всегда будет в положительном направлении, если только слову оси не предшествует знак минус. На самом деле, нет никакого способа даже поместить знак плюс перед координатой, поэтому и не пытайтесь.

Токарные станки намного проще. Всякий раз, когда элемент управления “Т” (Т для «turning» - обработка) совместимый с FANUC видит команду X, Y или Z, он принимает ее за абсолютное движение. Поэтапные перемещения выполняются с элементами управления U, V и W соответственно. Команда G90 на токарном станке - это редко используемый цикл черновой токарной обработки, а G91 даже не существует.

Прелесть этого подхода заключается в том, что Вы можете смешивать поэтапные и абсолютные движения в одной и той же линии, что особенно полезно в подпрограммах (о чем Вы узнаете немного дальше в этой Главе).

Поправка на размер (и местоположение)

Режущие инструменты и инструментальный патрон бывают всех форм и размеров. Они имеют различные длины, диаметры, и радиусы вершины резца. Они также немного изнашиваются при резке, требуя регулярной регулировки (и после этого замены) для поддержания одного размера деталей и шероховатости поверхности. Поскольку было бы практически невозможно напрямую компенсировать эти переменные в коде ЧПУ, производители системы управления предоставили клиентам удобное, но мощное решение: коррекция инструмента.

Успех коррекции

Еще в дни бумажной ленты операторы токарного станка устанавливали длину инструмента и значения радиального смещения, приводя наконечник инструмента в заданное положение детали (например, её грань и известный диаметр) и используя набор значений G92 для указания относительных положений станка X и Z. Будучи все еще доступной на многих многоцелевых станках, координирующие параметры G92 с тех пор стали использоваться как команда для одноточечного резьбонарезания на большинстве токарных станков — значения G92 X и Z когда-то встроенные в управляемую перфолентой

токарную программу теперь часть коррекции инструмента, и, как правило, вносятся путем инициации инструмента на смонтированном на станке устройстве предварительной настройки. Из-за чего жизнь токарного станка стала намного проще, чем была когда-то.

Это не значит, что коррекции инструмента надежны. Токарные станки и фрезы с ЧПУ полагаются на смещения геометрии для установки длины инструмента (ось Z) и радиального (ось X) смещения, а также смещения износа, чтобы компенсировать, как Вы догадались, износ инструмента. Однако то, как они читают эти смещения, существенно отличается. Например, T0303 индексирует башенку токарного станка на станцию 3 и одновременно применяет любые геометрические и износостойкие значения, находящиеся в регистре смещения 3. Но эта же команда бессмысленна на многоцелевом станке (если нет 303 позиций инструмента), потому что на многоцелевом станке:

- T-код должен сопровождаться командой M06 для активации цикла смены инструмента.
- Смещение длины фрезерного инструмента применяется с H-кодом, соответствующим номеру инструмента.
- H-код, в свою очередь, требует команду G43 или G44 для определения направления смещения (см. рис. 11-2).
- D-код используется для обозначения величины радиального смещения и применяется вместе с G41 или G42 для компенсации резца влево или вправо (подробнее об этом далее).

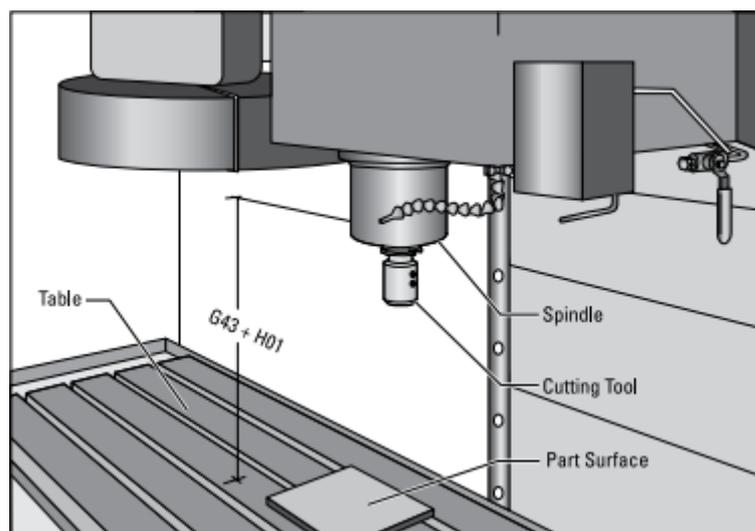


Рисунок 11-2: G43 (положительное смещение) и G44 (отрицательное смещение) используются вместе с командой H-кода для компенсации длины инструмента на многоцелевом станке.

С разрешения: Корп. Хаас Аутомэйшн (Haas Automation, Inc.)

Налево или направо?

Я старый токарь, поэтому я никогда не был большим поклонником коррекции на фрезу. Мне всегда казалось, что проще открыть книгу по тригонометрии и настроить запрограммированные радиусы и углы, чем иметь дело с нюансами G41 и G42. Это, или я просто не разобрался. В любом случае, я бы никогда не стал спорить о важности коррекции на фрезу на многоцелевом станке, где это необходимо для контроля размеров пазов, углублений, интерполированных отверстий и других деталей.

Как следует из названия, коррекция на фрезу регулирует фактическую траекторию движения инструмента (по сравнению с запрограммированной траекторией движения

инструмента) основанную на радиусе или диаметре фрезы. Команда G41 вместе со значением D сдвигает инструмент на эту величину влево от запрограммированного пути инструмента (как видно, если смотреть в направлении движения фрезы), в то время как G42 сдвигает его вправо. Большинство машин также поддерживают использование сумм износа и смещения геометрии, которые при сложении составляют общее смещение, обозначаемое D. Вот пример кода фрезерования (также см. Рис. 11-3):

```
%
O10064 (PART PROGRAM USING CUTTER COMPENSATION)
N1 T1 M06(1/2 DIA. 4 FLT END MILL)
N2 G90 G54 G00 X-0.475 Y-0.1 (POSITION TOOL AT EDGE)
N3 S1275 M03
N4 G43 H01 Z0.1 M08
N5 G01 Z-0.25 F50.
```

```
N6 G41 X0. D01 F12. (FEED TO EDGE, CUTTER COMP ON)
N7 Y0.75
N8 X1.25 Y1.5
N9 X2.6
N10 G40 X2.7 Y2. (CLEAR PART, CUTTER COMP OFF)
N11 G00 Z1. M09
N12 G53 G49 Y0. Z0. M05
M30
%
```

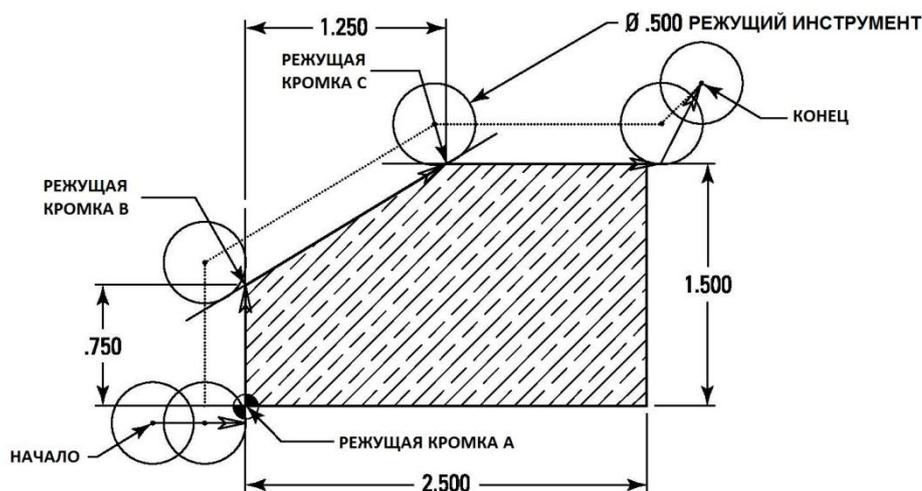


Рисунок 11-3. Пример коррекции на фрезу с торцевой фрезой диаметром 1/2 дюйма на многоцелевом станке с ЧПУ.

С разрешения: Корп. Хаас Аутотомэйшн (Haas Automation, Inc.)

Важно при использовании коррекции на фрезу расположить инструмент на расстоянии, немного большем, чем значение D от детали (строка N2), подойти к детали в одном направлении, как указано (строка № 6) при ее включении, и очистить коррекцию на фрезу с помощью команды G40 (строка N10), когда операция завершена.

Прошу прощения, возвращаюсь к токарным станкам. G40, G41 и G42 работают так же хорошо на токарных станках, как и на многоцелевых станках, за исключением того, что работа, которую они делают, называется коррекцией на радиус вершины резца вместо коррекции на фрезу. Правила в основном те же самые. Позиционирование инструмента, начало обработки, изящный выход— все это так же необходимо. Отличие в том, что радиусы вершины резца автоматически включаются при вызове токарного инструмента и связанного с ним смещения.



СОВЕТ

Как и в комментариях к программе, используйте номера строк, если это упрощает Вам задачу. Станку с ЧПУ они интересны только когда на них ссылается подпрограмма (рассмотрим ниже в этой Главе). Однако номера строк — это еще один пережиток эпохи бумажных лент, и многие цеха предпочитают использовать их умеренно - при каждой смене инструмента, например, для обозначения новой операции.

Цикличность: постоянные и многократные повторные циклы

Функция станков с ЧПУ - удаление металла, в связи с чем конструкторы управления оборудовали их множеством функций программирования (или командами), для более эффективного фрезерования и обточки. Сверление отверстия, нарезка резьбы метчиком, расточка, проточка канавок, нарезание резьбы однолезвийным инструментом, обдирка и чистовая обточка - это только видимая часть G-кодového айсберга, с большим количеством постоянно разрабатываемых функций. К сожалению, это означает, что существует слишком много этих “зафиксированных” и “многократно повторяющихся” циклов, чтобы углубляться в их изучение здесь, особенно учитывая их многочисленные нюансы от контроля к контролю. Давайте посмотрим, что делают некоторые из этих циклов и как они структурированы.

Одна линия или две

Как четырехступенчатая, так и пятиступенчатая коробки передач обе доставят Вас домой, но есть некоторые важные различия в работе каждой из них. То же самое относится и к программированию нескольких повторяющихся циклов. В зависимости от типа элемента управления, установленного на Вашем станке, различные циклы будут структурированы по-разному, с помощью одноблочных или двухблочных команд (и разных способов структурирования слов), как показано в следующих двух примерах G76 нарезания резьбы однолезвийным инструментом для токарного станка:

```
G00 X1.2 Z0.3 (POSITION THE TOOL)
G76 X0.896 Z-1.5 I0 K.05 D0.02 A60 F0.0833 P1
```

или

```
G00 X1.2 Z0.3 (POSITION THE TOOL)
G76P010060 Q100 R.01
G76 X0.896 Z-1.5 P500 Q200 F.0833 R0
```

Оба цикла делают одно и то же: нарезают резьбу однолезвийным инструментом с параметрами 1 дюйм x 13 витков на дюйм внешней резьбы, но для их достижения используются совершенно разные способы. Откройте руководство по программированию, если Вы хотите понять, что означают все эти слова P, Q, A и R, но самое большое отличие состоит в том, что второй пример (используемый на FANUC 0-T-совместимых элементах управления) устанавливает такие значения, как минимальная глубина среза и количество прохода пружины непосредственно в код, тогда как первый пример (элементы управления в стиле 10-T) опирается на станочные параметры для таких настроек.

Убить двух зайцев

В дополнение к увеличению числа циклов и большей гибкости, производители станков с ЧПУ и систем управления постоянно улучшают свою продукцию для удобства пользователя.

Одним из примеров этого является увеличение доступности циклов фрезерования на токарных станках. Рассмотрим сверление отверстий, наиболее часто выполняемую из всех операций по металлообработке. Раньше операторам токарного станка приходилось полагаться на не слишком удачный цикл G74, но так как токарные станки и многоцелевые станки во многом становились все более похожими (и фирмы-изготовители средств управления стали лучше понимать потребности своих клиентов), доступные циклы программирования, так сказать, «вышли за рамки». В результате, длинный цикл сверления глубоких отверстий G83 теперь доступен на большинстве токарных станков с ЧПУ. Вот как это выглядит при сверлении 1-дюймового глубокого отверстия в центре с величиной пека 1/8 дюйма и скоростью подачи 0,01 дюйма на оборот:

Теперь, если он используется в многоцелевом станке, тот же цикл может иметь серию координат X-Y сразу после первоначального вызова, как этот шаблон с четырьмя отверстиями на поверхности фрезерной детали:



СОВЕТ

Цикл глубоких отверстий G83 используется для «клепания» сверла (сверление с периодическим выводом сверла), втягивания до точки R после каждого значения Q для дробления стружки. Величина за пек может быть изменена путем замены значения Q на значения I, J и K. Несмотря на гибкость, лучший способ сверления отверстий (в большинстве случаев) - это высокопроизводительное сверло из твердого карбида с подачей охлаждающей жидкости на станке, оборудованном смазочно-охлаждающей жидкостью под высоким давлением. Это устраняет необходимость в ключевом движении, которое отнимает время и обеспечивает лучшее отверстие для загрузки.

Не забывайте отменять

Это поднимает вопрос об еще одном важном различии между так называемыми многократными повторяющимися циклами (G70-G76) и зафиксированными циклами (G80-G89). Повторяющиеся циклы серии G70 не нужно отменять - просто вызовите их, позвольте им делать свое дело и переходите к следующей операции. Они узкоспециальные, способные сверлить, обтачивать начерно, нарезать канавки или нарезать резьбы в одной детали. С другой стороны, постоянные циклы серии G80 будут продолжать сверлить, постукивать или растачивать в любом координатном положении после первоначального вызова. Но не забывайте их отменять командой G80 не то будет худо.

ВАЖНЫЙ ОТКАЗ ОТ ОТВЕТСТВЕННОСТИ

Не в обиду тем юристам, которые, прочитав эту книгу, теперь мечтают о менее напряженной карьере механика, но я бы не хотел стать объектом их внимания. Поэтому, прежде чем мы перейдем к M-кодам, пожалуйста, внимательно прочитайте следующее заявление от автора этих строк:

- Некоторые или все циклы, упомянутые в этой книге, могут быть доступны на Вашем компьютере, но Вам, возможно, придется заплатить за них. Обратитесь к руководству по программированию или, что еще лучше, спросите своего дистрибьютора, что входит в

комплект поставки.

- Эти циклы (и все остальные коды) могут работать на Вашем компьютере по-разному, использовать разные буквы, могут нуждаться или не нуждаться в десятичных знаках, или вообще не работать. Прочтите руководство.

- При неправильном использовании эти циклы почти наверняка запустят аварийную сигнализацию, но также могут просто привести к поломке станка. Не вините меня, если это произойдет. Опять-таки, читайте руководство.

Наконец, Вы должны понимать, что, помимо зафиксированных и повторяющихся циклов, предоставляемых компоновщиком элементов управления (некоторые из которых могут быть опционными), многие производители станков добавляют свое собственное программное обеспечение и циклы программирования. Они могут использоваться для расширения функциональных возможностей станка, упрощения использования сложных токарных станков и многозадачных станков продольного точения или для обеспечения специальных функций, таких как шлифование или чеканка. Хорошей новостью в том, что они могут быть мощными инструментами, которые добавляют продуктивности. Плохие новости? Теперь Вам придется прочитать два руководства: одно от поставщика управления, а другое от производителя станка.

Включение с M-кодом

Как я уже упоминал в начале этой главы, M-коды можно рассматривать как переключатели, не отличающиеся от кнопки, которую Вы нажимаете чтобы открыть дверь гаража. На самом деле, многие станки имеют M-код только для этого - открывания двери, что является опцией, необходимой независимо от наличия робота или устройства автоматической смены поддонов. M-коды имеют тенденцию варьироваться от одной марки станка к другой даже больше, чем G-коды, но многие универсальны. Вот несколько самых распространенных.

Следующие M-коды представляют собой различные способы остановки машины:

- M00: Это абсолютная пауза, как остановка на красный свет на перекрестке. Обычно он используется, когда Вы хотите стряхнуть деталь, измерить отверстие или проверить, что сверло не сломалось, прежде чем начать нарезку резьбы. Нажмите цикл запуска, когда станок будет готов, и станок продолжит свой веселый путь.
- M01: это условная остановка. Этот переключатель на панели управления вашего станка - вероятно, называется OPT STOP (OPT - сокращение от опциональный) - и сообщает станку об остановке, когда он видит M01. Это позволяет Вам проверять наличие забившейся стружки или исследовать источник забавного шума. Оставьте OPT STOP выключенным, и станок пролетит мимо M01, как лихач, мимо незаведенной машины.
- M02: M02 означает «конец программы». В прошлом, когда в моде были перфоленты, M02 показывал, что программа подошла к концу, после чего станок сидел, как собака, терпеливо ожидающая угощения. Если концы ленты были соединены, образуя непрерывную петлю (что и делали умные цеха, чтобы избежать износа при перематке ленты), оператор просто нажимал на запуск цикла, и программа начиналась с начала. В противном случае оператору приходилось вручную перематывать ленту перед началом цикла.
- M30: M30 означает «конец и перематка». Мнения могут быть разными, но большинство цехов используют эту команду вместо M02 для завершения своих программ ЧПУ. M30 отменяет все текущие режимы и устанавливает для них значения по умолчанию, очищает все макропеременные, уничтожает коррекцию на фрезу и смещения активного инструмента, и, если Вы все еще используете перфоленту (я полагаю, Вас осталось несколько), автоматически перематывает ленту к началу.

Эти M-коды управляют шпинделем:

- M03: Ничем не отличается от нажатия кнопки запуска на вашей беспроводной дрели, код M03 запускает шпиндель. Вы должны всегда использовать S-код для любой необходимой скорости, а на токарном станке указать G96 для постоянной скорости поверхности или G97 для оборотов в минуту.
- M04: многие люди слепо верят в это, в то время как другие говорят, что это не имеет значения, но использование леворезущих инструментов на токарном станке и запуск шпинделя задним ходом (M04), как полагают, обеспечивает большую жесткость, поскольку силы резания направлены вниз на поверхность токарного станка, несущую нагрузку.
- M05: M05 останавливает шпиндель. Давая команду M05 остановить шпиндель в той же строке, что и команда G91 G28 Z0, тем самым ускоряя немного смену инструмента на многоцелевом станке. В противном случае M05 используется редко, поскольку M00, M01, M02, M06 и M30 все (по идее) делают то же самое.
- M41: на более крупных машинах часто используются шпиндельные бабки с коробкой скоростей, и большинство из них признают M41 как команду для низкого диапазона. Констатируя очевидное, используйте это для больших деталей и/или тяжелых фрезеров, чтобы избежать остановки шпинделя.
- M42: То же самое относится к станкам со шпиндельными бабками с коробкой скоростей, M42 обычно обозначает большой диапазон. Может быть, я старый глупец, но я рекомендую остановить шпиндель с помощью M05 или, по крайней мере, существенно замедлить его, прежде чем переключать передачи. Узнайте у своего завода-изготовителя, что они порекомендуют.



ВАЖНЫЕ
ДЕТАЛИ

Будучи включенной, кнопка BLOCK SKIP на Вашем устройстве управления (она может читать по-разному) говорит программе игнорировать любые строки, начинающиеся с косой черты (/). Это полезно для токарных станков или многоцелевых станков, оснащенных роботом, которые должны работать непрерывно – помещению черты / перед командой M30 в конце программы. Станок возвращается к началу программы и начинает все снова без необходимости каждый раз нажимать кнопку запуска цикла.

Эти M-коды вызывают другие программы:

- M98: Подпрограммы не входят в эту книгу, но их стоит упомянуть для дальнейшего исследования. Когда элемент управления видит команду M98, это для него является сигналом для перехода к другой программе - подпрограмме. Другая программа обычно обозначается буквой P для номера программы и буквой L для того, сколько раз она должна выполняться. Подпрограммы имеют множество применений: повторение контура обработки, например, шаг вниз по оси Z между каждым вызовом программы, или для настройки модальных состояний (G40 G90 G00 G17) до или сразу после смены инструмента, что часто упоминается в качестве строки «безопасного запуска».
- M99: все подпрограммы заканчиваются на M99. Если значение L, больше чем 1, использовалось в предыдущей команде M98, подпрограмма будет повторяться до тех пор, пока это значение не станет равным нулю. В противном случае M99 сообщает элементу управления возобновить основную программу на строке сразу после команды M98.



СОВЕТ

Большинство элементов управления поставляются с набором определяемых пользователем M-кодов. Если Вы сообразительны (а большинство механиков такие), их можно использовать для настройки реле для ручного устройства открывания дверей, нестандартного улавливателя деталей, воздушного зажима или гидравлического зажима, диско-шара

после окончания цикла или же где угодно, куда бы Ваше воображение не понесло Вас.

Достижение цели с макросами

Вместо ввода жестких команд, таких как G00 X8.5, Вы, возможно, захотите «заполнить пробелы» позже, как в G00 X # 121. Это говорит станку, ссылаться на значение по переменному адресу 121, и переместить ось X в это место. Это известно, как параметрическое программирование - на станках с ЧПУ это обычно называется пользовательским макросом или макросом B, - и оно дает Вам возможность передавать переменные в совершенно другой тип подпрограммы (тот, который вызывается с помощью G65, а не M98), предоставляя Вам возможность создавать гибкие, простые в использовании процедуры для обработки схем болтовых отверстий, пазов, зубострогание и т.д.

После того, как макропрограмма запущена, даже неопытный оператор может ответить на несколько вопросов (так называемая «передача переменных» в макропространстве), а макрос сделает все остальное. Это полезно для сокращения времени программирования для семейств деталей -например, различных размеров обрабатываемых заготовок штампов - или для аналогичных функций деталей, которые Вы будете программировать снова и снова. Любой станок с зондом шпинделя или устройством предварительной настройки инструмента уже имеет какую-то макропрограмму; если нет, обратитесь к дилеру станка и попросите его включить таковую. Затем прочтите руководство и загрузите несколько примеров макросов из Интернета, чтобы начать работу. Это сильное вуду.



СОВЕТ

Аппаратные или программные симуляторы управления (см. Рис. 11-4) - отличный способ изучить программирование и работу ЧПУ без риска поломки ценной части оборудования. Они доступны практически для всех видов и моделей управления и позволяют новичкам освоиться с управлением станка и программированием, прежде чем подняться на борт.



Рисунок 11-4. Программные симуляторы управления.

С разрешения: Корп. Хаас Аутомэйшн (Haas Automation, Inc.)

В этой главе:

1. Добиваемся, чтобы сверло сверлило ровно и выверено;
2. Выбор метода нарезания резьбы;
3. Поворачивание кругом и вырезание канавок;
4. Глубокое фрезерование;
5. Сглаживание.

Глава 12. Путешествие в мир станочных операций

Сконцентрируйте все свои мысли на работе. Солнечные лучи не зажгут огонь, пока не сфокусированы.

- АЛЕКСАНДР ГРЭХЕМ БЕЛЛ

Многие из операций обработки, которые я обсуждаю в этой Главе, были невозможны даже 50 лет назад. И те, которые были возможны, делались гораздо медленнее и менее точно, чем сегодня. Операции профилирования, о которых Вы скоро услышите, выполнялись на траассировочных станах, что не сильно отличались от пластиковых трафаретов, которые Ваш дошкольник использует для отслеживания жуков и цветов. И то, что не могло быть прослежено, часто врезалось, используя зеркальное отображение желаемой формы, которое было заточено в инструментальный наконечник из высокоскоростной стали (БРС).

Огромное количество различных операций, возможных на современном оборудовании, также изменилось. То, что раньше занимало несколько обработок, теперь можно сделать за одну. Это снижает производственные затраты, сокращает время выполнения заказа и, самое главное, улучшает качество детали. Недостатком всех этих передовых технологий является стоимость - тратить полмиллиона долларов и больше на машину, более способную, чем швейцарский армейский нож, - решение, с которым сталкивается все большее количество цехов по всему миру. Еще сложнее найти людей, которые могут программировать и эксплуатировать эти супермашины, ситуация, которая скорее всего будет лишь ухудшаться, разве что эта книга убедит молодежь десятками тысячами делать карьеру в производстве.

Помимо нехватки механиков, предположим, что Вы решили оставить свою работу в качестве дейтрейдера и открыть компанию по производству высококачественных горных велосипедов. Вы узнали так много из этой книги, что чувствуете себя уверенно, и убеждаете свою маму заложить дом второй раз. Вы покупаете токарный станок с ЧПУ, многоцелевой станок и грузовик или два комплектующих, а затем нанимаете дизайнера по имени Джейн. И пока она занята чертежами велосипедных деталей, которые бы Вы производили (см. Рис.

12-1), Вы не можете понять, как управлять всем оборудованием, на которое Вы только что потратили свое наследство.



12-1. Сложные детали, подобные этим, работа одного дня, будь то горные велосипеды или спасательные медицинские приборы.

С разрешения: Thomson Bike Products

Предполагая, что Вы читали предыдущие главы, у Вас есть хотя бы поверхностное понимание о режущих инструментах, тисках и патронах, держателях инструментов, станках с ЧПУ и том, как они запрограммированы. Для тех из Вас, кто любит перескакивать к лучшим частям книги, это тоже круто - если что-то непонятно, просто возвращайтесь на досуге к другим частям книги, которые их объясняют. Теперь давайте взглянем на некоторые части, которые Джейн скоро отправит вам. Я укажу на некоторые операции, которые Вы будете выполнять, и опишу, как иметь с ними дело.

Счастливого сверления отверстий

Будь то отверстие для велосипедной части, почтового ящика или для похорон умершего попугая, большинство из Вас знакомо с изготовлением отверстий. В мире металлообработки - это наиболее часто выполняемая операция. Кроме тех, которые перфорированы, выбиты с помощью лазерного или электронного луча или получены путем эрозии на электроэрозионном станке (ЭЭО), практически все отверстия сделаны с помощью какого-либо сверла, после чего они обычно увеличиваются и улучшаются тем или иным способом (результат работы сверла часто оставляет желать лучшего). Не вдаваясь во все доступные типы сверл (тема, которую я рассматриваю в Главе 5), давайте рассмотрим несколько способов как сделать так, чтобы сверло сверлило ровно и выверено:

- **Инвестируйте в хороший инструмент.** Мой дедушка обычно говорил: «Если сверло кривое с самого начала, как Вы можете ожидать, что она сделает прямую дыру, болваны?», а затем качал головой по поводу невежества юности. Как и во многих других вещах, старик был прав, поэтому Вы, как механик, должны обращать особое внимание на выбег сверла. Этого лучше всего избежать с помощью высококачественного держателя инструмента, и я буду повторять эту поговорку,

пока все не поймут: никогда не экономьте на инструментах. И после того, как Вы вложили деньги в хороший инструмент, поддерживайте его должным образом.

- **Избегайте увода сверла.** Довольно часто длинным сверлам нужно короткое, прочное сверло, чтобы начать работать, желательно на одну чуть большую (тысячная часть дюйма) и с немного более плоским углом наклона. Это делается только для того, чтобы начать отверстие, просверлив глубину на один или два диаметра, прежде чем вводить более длинный инструмент. Без этой вспомогательной руки сверла имеют тенденцию блуждать больше, чем хотелось бы, явление, известное как увод сверла - если оно заходит слишком далеко, сверло сломается, если конечно оно не сломалось уже в начале. Это зависит от производителя сверла, но большинство скажет Вам, что твердосплавное сверло может достигать примерно в десять раз диаметра сверла (10xD) без только что описанного пилотного отверстия, хотя возможно это преувеличение, особенно на более сложных материалах, таких как нержавеющая сталь. Это, совершенно точно преувеличение для перовых сверл из БРС - здесь Вы должны стремиться к не более чем 5xD, а лучше меньше, если важна прямолинейность.
- **Используйте смазочно-охлаждающую жидкость под высоким давлением (СОЖ).** Глава 11 подробно описывает программирование сверла и важность циклов клевания, которые разбивают стружку и выпускают охлаждающую жидкость в отверстие. Однако, если у Вас умный цех, Вы можете забыть обо всем этом, потому что Вы используете охлаждающую жидкость под высоким давлением и сквозные инструменты или подачу охлаждающей жидкости. В этом случае, сверление даже самой глубокой скважины не требует никакого глупого ключющего действия. Твердосплавные сверла конечно лучшие, хотя часто достаточно сверла со сменным наконечником или даже сверла со сменными режущими пластинами, особенно если позже отверстие будет обработано с помощью сверлильного бруса или расширителя.



СОВЕТ

Нужно сделать отверстие очень прямым, круглым и гладким? Наберите в Google поиске «хонингование в моем районе». Если Вы живете в достаточно большом городе, то должен быть хотя бы один цех с возможностями хонингования. Хонингование - это абразивный процесс, используемый для улучшения качества отверстий в блоках двигателя, тормозных цилиндрах, гидравлических коллекторах и во многих других областях применения, где требуется уплотняющая поверхность. Большинство механических цехов передоверяют процесс специальным шлифовальным и хонинговальным цехам, но некоторые предпочитают вкладывать средства в необходимое оборудование и делают это сами. Как и в случае с любым другим производством, решение о том, стоит ли делать это самостоятельно, зависит от четырех факторов: количества, качества, сроков поставки и цены.

Нарезание резьбы

Сверление - это процесс равных возможностей. Он равной степени выполняется как на токарных станках с ЧПУ, так и на многоцелевых станках и использует широкий спектр инструментов и методологий для достижения своих целей в проделывании отверстий. То же самое относится и к нарезанию резьбы, которое предлагает еще больше способов. Выбор

способа зависит от размера резьбы, количества операций, материала заготовки, а иногда и личных предпочтений, и уровня опыта.

Первая деталь горного велосипеда, которую Джейн отправляет Вам, это - крепление амортизатора. В ней полным-полно отверстий с жесткими допусками, но поскольку Вы только что прочитали предыдущую Главу про сверление отверстий, в Вас не должно возникнуть проблем со сверлением, развертыванием и, в некоторых случаях, расточкой их до необходимого размера. Но несколько отверстий амортизатора требуют резьбы 3 / 8-16 UNC 3В. Как Вы собираетесь это проверить?

Внутренняя резьба

В большинстве случаев было бы раз плюнуть установить пробку в держатель метчика и использовать функцию жесткого резбонарезания на новом блестящем многоцелевом станке, чтобы нарезать резьбу (для получения более подробной информации см. Главы 5, 7 и 11). Вы можете даже использовать формовой метчик, чтобы сделать резьбу немного сильнее. Джейн, однако, указала резьбу класса 3 (жесткие допуски), глухое отверстие (меньше места для стружки), и, поскольку она требует, чтобы деталь была изготовлена из прочной кобальтовой хромовой, стали (Джейн любит, чтобы ее велосипеды были крепкими), у Вас мало шансов нарезать их успешно метчиком. И что теперь?

КРАСИВАЯ РЕЗЬБА

Основной и вспомогательный допуски, как и допуски шага резьбы и ее размеры определяются классом ее типов – внутренняя и наружная. Например, только что упомянутый 3 / 8-16 UNC 3В указывает основной диаметр 3/8 дюйма, 16 витков на дюйм, форму резьбы United National Coarse (UNC), класс 3, наружную резьбу. Зайдите в магазин бытовой техники, и Вы увидите, что мусорные баки заполнены до отказа болтами класса 1А и гайками класса 1В. Крепеж класса 2 - это те, которые находятся в маленьких пластиковых ящиках дальше по проходу - они более точные (и более дорогие) и поэтому подходят для большинства коммерческих и автомобильных применений. Если Вы делаете самолеты или высокотехнологичные горные велосипеды, Вы, скорее всего, смотрите на витки класса 3, так как они имеют самый жесткий допуск. И давайте не будем забывать метрические крепежные элементы, которые имеют свою собственную систему – 4h, 8g, 5H и т. Д. (Возьмите копию «Руководства по резьбе в мире», если Вам это действительно нужно). В любом случае, обязательно используйте соответствующие резьбовые калибры, иначе Вы обязательно увидите некоторые отклонения позже.

К счастью, резьбовое фрезерование с помощью твердосплавного резца легко справляется со всеми этими проблемами (см. Рис. 12-2). Резьбовая фреза работает так же, как и любая другая фреза, за исключением того, что она перемещается по оси Z, поскольку интерполирует диаметр отверстия, завершая всю резьбу за один или два прохода. Я знаю, что здесь есть много новой терминологии, но это не так сложно, как кажется, и, надеюсь, Вы приобрели хорошую автоматизированную систему управления производством (АСУП) или машину с диалоговым управлением, любая из которых способна создавать траектории фрезерования резьбы. Если нет, у вашего поставщика режущего инструмента почти наверняка есть калькулятор, который поможет Вам разобраться (это было бы хорошим местом для подпрограммы, что я уже обсудил в главе 11).



РИСУНОК 12-2: Фрезерование резьбы является отличным способом получения точной резьбы на станке с ЧПУ.

Наружная резьба

Джейн не закончила. Ей нужны некоторые левые и правые титановые крепления педалей - валы размером и формой примерно с Ваш палец с левой или правой резьбой 1 / 2-20 UNF 2B на одном конце (0,500 дюйма, United National Fine, класс 2, 20 витков на дюйм), плечо с другой стороны, и несколько запрессованных опорных шеек между ними. Так как теперь Вы чувствуете себя комфортно используя фрезерование, а многоцелевой станок все равно уже грязный, у Вас может возникнуть соблазн фрезеровать их (фрезерование также применяется для нарезания наружной резьбы), но детали круглые и их в любом случае придется обтачивать. Время запускать токарный станок.

Если бы Вам нужно было сделать несколько миллиардов педалей, у Вас был бы трудный выбор:

» **Вы могли бы очищать резьбу.** Вы можете сделать это с помощью расширяющейся головки (см. подзаголовок «Теневая рентгенография и винтовая резьба») или утолщенного резака. Оба обычно используются на механических винтовых станках для производства резьбы, хотя дни их процветания давно в прошлом благодаря станкам с ЧПУ.

» **Вы могли бы накатывать резьбу.** Джейн была бы счастлива, потому что накатывание резьбы сжимает металл, создавая, таким образом, очень прочные витки (точно так же как постукивание по форме). К сожалению, у Вас нет специального навесного оборудования, необходимого для намотки резьбы, и, поскольку Джейн детали нужны уже завтра, у Вас нет времени исследовать его.

» **Вы могли бы раскручивать резьбу.** Процесс, подобный резьбовому фрезерованию, использует круглую режущую головку, которая вращается, когда заготовка подается через центр, быстро создавая точные резьбы. К сожалению, для этого требуется вращающееся навесное оборудование, и, поскольку Вы финансировали свою велосипедную компанию с помощью фамильного маминного дома, токарного станка с ЧПУ с приводными инструментами не было в списке покупок.

Похоже, что Вы будете делать то, что делают большинство операторов токарных станков с ЧПУ: одноточечная резьба. Это нормально, хотя - одноточечная нарезка резьбы не очень быстра, но она является одним из самых точных процессов нарезки резьбы, и Вы все равно производите небольшие партии в настоящее время (на самом деле, Вы даже не продали свой первый велосипед - возможно, Вам нужно попросить Джейн притормозить).

Вам потребуется держатель для резьбонарезного инструмента и несколько индексируемых твердосплавных пластин. Затем Вам нужно разобраться с ПО. (Глава 11 предлагает краткий учебник по G-кодам.) Здесь также существует несколько вариантов:

» G32: Самая сложная из многопоточных команд, G32 требует четыре строки кода для каждого прохода. На 1 / 2-13 витков в титане это может легко означать от 50 до 60 строк.

ТЕНЕВАЯ РЕНТГЕНОГРАФИЯ И ВИНТОВАЯ РЕЗЬБА

Я обсуждаю оптические компараторы в Главе 10, но не был упомянут тот факт, что один из соавторов этого важного измерительного инструмента - Джеймс Хартнесс - также был ответственным за изобретение ряда других устройств механического цеха, включая питатели для круглой заготовки, плоские токарно-револьверные станки и самооткрывающиеся винторезные головки, длинные резьбонарезные станки для шнековых станков. В то же время, Хартнесс также управлял компанией Джоунз, Лэмсон и Компания. (ныне Дж и Л Метрология), производитель с богатой историей, которую можно проследить до Производственной Компании Виндзор, ранее И.Дж. Лэмсон и Компания, а еще раньше Роббинс и Лоуренс Компания. Последний упомянутый производитель был ответственным за разработку технологий массового производства винтовок задолго до гражданской войны в США.

» **G92:** Эта команда немного короче с одной строкой за проход, но это все равно означает дюжину строк кода. Кроме того, не всегда легко определить, сколько проходов нужно сделать или как далеко они должны находиться друг от друга.

» **G76:** самой мощной из одноточечных команд нарезания резьбы, G76 требуется всего одна или две строки для любого потока, независимо от его размера, формы или шага. Несмотря на сложность, она, безусловно, является предпочтительным методом для всех операций с одноточечными потоками. Если Вы хотите стать успешным программистом токарных станков, самое время освоить его.

Нужный поворот

Вы не можете закрепить крепления педалей, пока не закончите их обтачивать. Для этого Вам понадобится инструмент для грубой токарной обработки, чтобы удалить большую часть материала - обычно это 80 градусный алмаз, еще лучше, трехгранная режущая пластина - с последующим инструментом для чистовой отделки аналогичной формы, чтобы довести деталь до ее окончательного размера и отделки поверхности. Вот несколько других инструментов, которые Вам нужно будет установить в токарной револьверной головке:

» **Канавочный резец:** Как и во многих резьбовых деталях, непосредственно за резьбовой частью находится резьбовой рельеф. Это узкая канавка, которая позволяет сопрягаемой части (в данном случае кривошипу) надежно прижиматься к плечу витка.

» **Профильный инструмент:** Несмотря на то, что титан – самый легкий из всех суперсплавов, Джейн просила сделать углубление в середине вала, чтобы исключить дополнительный вес. Его можно легко обточить с помощью 35-градусного профилирующего инструмента или пластины с поворотной канавкой. Просто убедитесь, что Вы используете эту функцию в самом конце операции, иначе деталь будет слишком хрупкой (возможно придется использовать заднюю бабку для поддержки одного конца).

» **Финишный инструмент:** обработку двух шеек подшипников в принципе можно завершить вместе с остальной частью, но, поскольку допуск составляет всего + 0,0000 / - 0,0002 дюйма, Вам, вероятно, понадобится второй инструмент, чтобы обточить именно эту часть. Это сделает процесс более предсказуемым и увеличит срок службы обоих чистовых инструментов.

» **Обрезной инструмент:** решение о том, чтобы подать деталь в виде целого прутка или разрезать ее на заготовки для токарной обработки в несколько операций, зависит от ряда факторов, включая длину детали, геометрию и от того, будет ли исходный материал проходить через шпиндель. В случае наших креплений для педалей, их полный сброс является хорошим вариантом, поэтому Вам понадобится индексированный инструмент

обрезки или отрезной штамп. Купите тот, где СОЖ подается через инструмент чтобы улучшить срок службы и производительность инструмента (см. Рис. 12-3).



РИСУНОК 12-3: Отдавайте предпочтение инструментам, где СОЖ (желательно под высоким давлением) подается через инструмент, когда это возможно

Чем все обернется

Несмотря на то, что Вы смогли выполнить большую часть крепления педали за одну операцию, Джейн запросила на задней стороне зенковку диаметром 5/8 дюйма, а также торцевое гнездо для шестигранного ключа на 1/4 дюйма. Ничего страшного, ведь отрезной инструмент оставил небольшой кусочек остаточного материала на задней стороне, который в любом случае пришлось бы удалить (как это обычно бывает при подаче заготовок на токарный станок).

Вы должны начать с подрезки торца на заданном расстоянии по длине. Нет необходимости в черновой обдирке, но отрезной наконечник будет действовать как лежащий полицейский, так что Вам нужно будет замедлиться, чтобы избежать сколов инструмента по мере приближения к центру. Зону расточки можно обработать с помощью инструмента для трепана, более известного как резец для проточки торцовых канавок. Он имеет достаточный радиальный зазор, чтобы его можно было врезать непосредственно в поверхность обрабатываемой детали, и обычно используется для резки канавок под уплотнительные кольца в гидравлических деталях.

Нет резца для проточки торцовых канавок под рукой? Ничего страшного, просто подойдите к инструментальному складу и возьмите твердосплавную концевую центрорежущую фрезу (это означает, что она может действовать как сверло). Несмотря на то, что крепление педали выполнено из титана, жесткого материала, просто немного снизьте скорость подачи, и все будет отлично работать для обдирки расточенного отверстия. Конечно, Вам нужно будет обработать деталь вчистую используя расточную оправку. Так как Вам все равно нужно просверлить отверстие для шестигранного протяжного отверстия, не беспокойтесь об идеальном выравнивании расточной оправки или о центрорежущих способностях концевой фрезы. Просто используйте твердосплавное сверло, чтобы сделать отверстие для протяжки, затем обработайте его концевой фрезой для обдирки расточенного отверстия,



СОВЕТ

затем отследите неисправности расточенного отверстия и отверстия для протяжки с помощью расточной оправки.

К этому времени Вы можете задаться вопросом: что такое протяжка? Я затрагиваю этот вопрос в Главе 3, но этот вид протяжки немного отличается. Для оператора токарного станка протяжка - это процесс введения острого инструмента в форме шестиугольника в предварительно просверленное или расточенное отверстие, таким образом, вырезая достаточно материала, чтобы оставить отверстие, подходящее для шестигранного гаечного ключа (возможны также квадратные и звездчатые формы). Это можно сделать мягким способом - с помощью специального приспособления, называемого вибрационным протяжным устройством, которое вращается, когда инструмент вдавливается в заготовку, - или принудительно, швыряя протяжку в исходное положение. По понятным причинам предпочтительнее первый метод – управляя протяжкой слишком быстро (или любым другим инструментом), можно испортить ее.

Фрезерное безумие

Джейн только что выдала свой последний и самый лучший дизайн. Это ствол руля, и, поскольку Джейн обладает художественным уклоном, она наполнила его извилистыми поверхностями, которые наверняка привлекут внимание любителей горных велосипедов повсюду. В центре также есть квадратный карман для всякой электроники, несколько прецизионно-обработанных отверстий и желоб, проходящий через всю часть, а также несколько резьбовых отверстий под винты с головкой для зажима на месте. Вернемся к многоцелевому станку.

Торцовое фрезерование

Одной из первых операций, выполняемых на многих фрезерованных деталях, является определение толщины с помощью фрезы. Это выявляет бескосный торец для последующих операций бурения и устраняет отклонения, которые возникают при использовании заготовок или отливок.

Фрезы часто используют квадратные или восьмиугольные пластины, ориентированные с положительным углом поворота, что означает, что передний край пластины наклоняется в разрез под углом 45 градусов или около того. Это увеличивает срок службы инструмента и направляет силы резания в шпиндель многоцелевого станка, где им и надлежит быть.

В тех случаях, когда важно провести чистовую обработку поверхности, некоторые оправки для закрепления торцовых фрез предоставляют опцию замены одной или нескольких вставок скребком - специальной вставкой с относительно большим плоским сечением, которая устанавливается немного ниже чем соседние вставки, что позволяет ему протирать поверхность после того, как большая часть металла была удалена. Помимо сверх гладкой обработки поверхности, скребки также обеспечивают значительно более высокую скорость подачи.

Глубокие выемки

В классическом фэнтези-романе Дж. Р. Р. Толкиена «Хоббит» Бильбо Бэггинс хранил кольца власти в своем кармане. Однако Вам не понадобится такая сила для кармана, который Вы собираетесь обрабатывать в центре стержня ручки Джейн. Это связано с тем, что для черновой обдирки кармана Вы будете использовать обдирочную концевую фрезу и

серию трохойдальных траекторий, а затем очищать карман с помощью высокопроизводительного концевой фрезерного станка.

Трохойдальная резка - это один из нескольких стратегий высокоскоростной обработки (ВСО), которые удаляют материал быстро, но с меньшими усилиями резания, чем традиционные подходы фрезерной обработки - вместо кольцевой траектории движения инструмента трохойдальная траектория использует кривые петли, будто начерченные спирографом. Такая резка использует небольшие радиальные глубины резания и полное осевое зацепление, где это возможно (по всей длине резца), и стремится поддерживать постоянную нагрузку на стружку при ее утончении. Это увеличивает срок службы инструмента, снижает вибрации при резке и максимально увеличивает удаление металла.

Если бы в нашем случае карман был немного больше, Вы могли бы выбрать индексированную черновую фрезу или ленточную фрезу для его обработки, так как они, как правило, более экономичны, чем твердосплавные инструменты (диаметр которых не превышает 1 дюйм в диаметре так или иначе). Некоторые из них имеют вставки, которые могут проходить по всей длине и могут использоваться для обработки глубоких пазов или чернового фрезерования периферии высокой заготовки (см. Рис. 12-4). Для нашей штанги руля, быстрое жужжание с внешней стороны с помощью двухканавочной фрезой для обработки уступов - это все, что нужно, потому что для плавных поверхностей, которые Джейн спроектировала в детали, требуется совершенно другой тип фрезы: концевая фреза.

Отделка поверхности

Если бы Вам пришлось обрабатывать бюст вашей любимой исторической фигуры - может быть, Эйба Линкольна или Альберта Эйнштейна - Вы бы использовали фрезерный подход, известный как формирование поверхностей. Формирование поверхностей обычно используется для изготовления инструментов, штампов и литейных форм, действует путем приведения в движение шарообразного резца или резца с закругленным ребром через серию высокоскоростных траекторий, часто состоящих из коротких сквозных линейных перемещений по осям XYZ.



РИСУНОК 12-4: При наличии свободного места фрезерный станок - это экономичный способ быстрого удаления большого количества материала.

С разрешения: Кеннаметл

Поверхностная обработка занимает много времени - большая сложная поверхность может занять несколько часов или даже дней - и редко, если когда-либо будет выполнена на крупносерийной производственной детали. Это также требует надежной АСУП, эффективной генерации многих тысяч строк кода, необходимых для обработки даже относительно простой поверхности. Поскольку Вы надеетесь в один прекрасный день продать тысячи горных велосипедов, Вам, возможно, захочется поговорить с Джейн о

переделке стержня руля, иначе ваши затраты на механическую обработку могут привести к снижению прибыли вашей компании.

Прорезание пазов

Одной особенностью, о которой можно не беспокоиться, является прорезь, проходящая вдоль ствола. Она предназначена для того, чтобы сделать деталь достаточно гибкой, чтобы, затянув пару болтов с обеих сторон, ее можно было надежно закрепить на руле. Некоторые прорези достаточно широки и достаточно мелкие, чтобы можно было использовать концевую фрезу, но значительно превышают соотношение глубины к диаметру 4: 1, так что Вам лучше воспользоваться специальной пазовой фрезой.

Опять же, на рынке доступны разнообразные пазовые пилы и шлицевые фрезы - как из быстрорежущей стали, так и твердосплавные, а также индексируемые пазовые дисковые фрезы. Вам понадобится держатель инструмента, называемый оправкой, на который они крепятся, который проходит через центр фрезы и обычно имеет квадратный ключ для приведения в движение.

Поскольку фрезы обычно имеют диаметр в несколько дюймов, требования к крутящему моменту шпинделя могут быть довольно высокими - убедитесь, что Ваша машина соответствует поставленной задаче. Кроме того, всегда держите хотя бы один зуб в прорези, следите чтобы стружка не застревала в очень глубоких или узких пазах и сделайте настройку максимально жесткой (как обычно).



СОВЕТ

Порядок, в котором Вы выполняете операции обработки, важен. Как и в случае утопленной канавки в более раннем примере с валом педали, вырезание паза по длине детали почти наверняка сделает ее хрупкой. Если это последняя операция, и Вам не нужно беспокоиться о жесткости, это может не иметь большого значения; в противном случае Вам следует подумать, как стабилизировать деталь, пока она не будет завершена. В этом случае Вы можете запрограммировать команду M00 для остановки станка (см. Главу 11, если Вы не знаете, что это значит), и зафиксировать немного присадочного материала в слоте, для прочности. Этот подход, однако, исключит любые шансы на автоматическую обработку, когда Вы перейдете на полную мощность.

Улучшение расточки

Расточка на токарном станке сильно отличается - и во многих отношениях гораздо эффективнее - чем на многоцелевом станке. Все, что нужно, - это набор прочных расточных оправок: один для черновой обработки, а другой для чистовой обработки. Если отверстие имеет глубину более примерно четырех диаметров (в зависимости от материала), Вам определенно понадобится сверлильный инструмент с твердосплавным хвостовиком или даже девибратор для устранения вибрации. И если Вы освоили цикл токарной обработки G71 на Вашем ЧПУ, Вам повезло, потому что он работает точно так же и при расточке на токарном станке. Единственным сложным моментом для токарного станка является удаление стружки из отверстия. Как и при большинстве токарных и фрезерных операций, охлаждающая жидкость, подаваемая через инструмент - спасательный круг, как и вставка с хорошей геометрией стружколома.

Многоцелевые станки - это отдельная история. При черновой расточке обычно используется двухсторонний регулируемый расточный инструмент, который можно настроить для работы одним из двух способов. При пошаговом растяжении одна вставка

устанавливается непосредственно перед другой, но на меньшем диаметре, а вторая вставка следует немного позади и удаляет дополнительный материал (см. Рис. 12-5). Другой вариант - разместить обе пластины одинакового диаметра, удаляя меньше материала за проход, но обеспечивая более высокую скорость подачи.

Для чистовой обработки используются так называемые инструменты для точной расточки, в которых используется одна вставка, установленная в регулируемой головке. Как и в случае с инструментами с двумя головками, они обычно устанавливаются в автономном режиме, но их можно отрегулировать вручную во время производства, чтобы приспособиться к износу инструмента (некоторые новые марки расточных инструментов можно контролировать с помощью приложения на Вашем смартфоне). В отличие от сверления на токарном станке, где одним и тем же инструментом можно нарезать несколько диаметров и форм, расточные головки фиксируются - какой бы размер Вы ни установили, это тот диаметр, который будет обрабатываться. Если требуется несколько диаметров или необходимо удалить большое количество материала, необходимы две или более расточные головки.

Возвращаясь к примеру, с горным велосипедом, помните, что канал для стержня руля проходит прямо по всей длине детали? Все, что нужно, это просверлить его в пределах 0,010 дюйма и сделать один проход с помощью расточного инструмента. К сожалению, часть ориентирована таким образом, что у Вас нет доступа к концам. В этом случае, будет умно закрепить заготовку для руля на наклонно-поворотном столе и переворачивая ее, обрабатывать любую поверхность. Иначе, Вам придется выполнять несколько операций.



РИСУНОК 12-5: Шаговая расточка с помощью регулируемого инструмента с двумя головками. Обратите внимание, что общее количество материала, подлежащего удалению одной вставкой, сокращается примерно пополам

Укрощение интерполяции

Многие цеха предпочитают совсем не использовать расточку, а интерполировать дыры. Это одна из тех операций, которые были невозможны до ЧПУ, но современные станки делают возможной чрезвычайно точную интерполяцию (фактически, интерполяция - это все, что делают станки с ЧПУ).

Что такое интерполяция? Технически говоря, интерполяция - это акт одновременного управления несколькими осями станка. Линейная интерполяция углового элемента детали

так же проста, как позиционирование инструмента на одном конце детали, а затем команда окончательных координат X-Y (или X-Z на токарном станке) вместе с командой скорости подачи. Программирование элементов круговой детали работает аналогично, за исключением того, что команда G02 или G03 используется вместе с любым радиусом (язык программирования R).

Есть одно предостережение: поскольку круговая интерполяция выполняется с помощью концевой фрезы, очень длинные отверстия (глубиной более нескольких диаметров) будут затруднены из-за отклонения инструмента. И округлость отверстия может пострадать, если машина старая или не отрегулирована. Тем не менее, интерполяция с точностью до 0,0005 дюйма не такая уж китайская грамота для большинства предприятий.



ПОМНИТЕ

Многие детали для горного велосипеда (или медицинские и аэрокосмические компоненты аналогичного размера и сложности) могут быть легко обработаны за одну операцию, если Вы купили многозадачный токарный/фрезерный станок, вместо станка с ЧПУ или многоцелевого станка.

Многозадачный станок позволит избежать нагромождения частично законченных изделий, ожидающих следующей операции, сократит количество необходимых Вам приспособлений и позволит лучше реагировать на меняющиеся требования клиентов (не говоря уже о требованиях Джейн). Однако многозадачные станки не производят детали так же быстро, как их более простые двух- и трехосные аналоги, что является важным фактором при увеличении объемов производства.

Снимаем заусенцы

Вот еще одно важное различие между фрезерованием и точением. Так как токарный станок может легко трассировать весь профиль детали, закругление углов по ходу, заусенцы и острые кромки обычно не проблема при такой обработке. Это не так на фрезерном станке, где каждый край должен быть зачищен тем или иным образом. Самое простое решение для многих цехов - позволить оператору делать это вручную, обводя каждый край абразивным кругом, установленным на опоре, или снимая фаски с помощью перфоратора, пока станок изготавливает детали.

Конечно, хорошо держать людей занятыми. Также хорошо, чтобы оператор (он или она) отвечал за свои детали, что часто означает производство готовой к отправке продукции. Однако, ручное удаление заусенцев – традиционная техника по ряду причин. Главной из них является то, что это непредсказуемый процесс – не одна партия деталей была таким образом превращена в кучу лома излишне усердным оператором, который слишком сильно надавил на колесо. Лучше нанять работа для такой нудной работы, а механик пусть делает что-то более производительное, например, готовится к следующей работе или находит способы улучшить производственные процессы.

Если Вы еще не готовы поручить снятие заусенцев Си-три-пи-о (робот из вымышленной вселенной «Звездные Войны»), возможно, Вы захотите запрограммировать специальный инструмент для закругления кромок или снятия фаски, чтобы обкатывать деталь, пока она еще находится в станке - хотя это может, в свою очередь, привести к образованию заусенцев, когда инструмент затупится. Это также отнимает много времени, требуя дополнительного программирования и настройки. По большей части это не имеет большого значения, но, возможно, лучше взглянуть на некоторые альтернативы для удаления заусенцев.

Сомнения при выборе

Существует множество разновидностей вибрационного и центробежного удаления заусенцев. Самый простой - положить детали в чашу, заполненную средой для удаления заусенцев (небольшими заостренными камнями), добавить немного мыльной воды, и пусть болтаются в течении получаса или около того, таким образом сбивая все острые края. Детали можно также запечатать в контейнер с резиновым покрытием с абразивной средой и переворачивать, это как пинать консервную банку, заполненную камешками, по всему цеху.

Наиболее агрессивный (но эффективный) метод обработки во вращающемся барабане называется Харперизация, который заключается в использовании ряда вращающихся в противоположных направлениях барабанов внутри одного большого барабана. Удивительно, но все эти скачки не повреждают даже тонкие заготовки, и оба эти метода удаления заусенцев широко распространены в отрасли.

Под зарядом

Другим распространенным методом удаления заусенцев является электрохимическая обработка, или ЭХО. Для этого нужно поместить отрицательно заряженный инструмент в непосредственной близости от положительно заряженной заготовки, оба при этом погружены в электролитический раствор. При подаче небольшого количества постоянного тока происходит диссоциация поверхностного слоя металла заготовки, (представьте, что он растворяется), попадая в электролит, где он впоследствии отфильтровывается. Звучит грубо, но на самом деле это эффективный способ быстрого (в течении секунд) и последовательного удаления заусенцев со сложных деталей. Единственное требование - материал заготовки должен быть электропроводящим (то есть никакого пластика).

Существует множество других методов удаления заусенцев, в том числе абразивный поток, термический шок, струя воды, ультразвук и многое другое. При таком большом количестве вариантов иногда лучший совет - заключить контракт на удаление заусенцев в специализированном цехе и сосредоточиться на том, что Вы делаете лучше всего: на станках с ЧПУ.

В этой главе:

1. Своевременное удовлетворение потребностей клиентов;
2. Зарабатывать больше денег с меньшими усилиями;
3. Диванный управляющий;
4. Обеспечение безопасности сети;
5. Предоставление инструментов с интеллектom;
6. Анализ производительности.

Глава 13. Стремиться в будущее

*Если я видел дальше, чем другие, это потому что я стоял на плечах гигантов.
— ИСААК НЬЮТОН*

В этой книге я обсуждаю много интересных вещей. Такие вещи, как режущий инструмент и чугуны, компьютеризированные станки, дружелюбные роботы, которые работают вместе с людьми, и то, что значит обрабатывать детали с целью заработать на жизнь. По крайней мере, некоторые из этих тем имеют мало общего с реальной механикой резки металла, но лучше обсудить способы сделать процессы обработки более эффективными (и приятными).

Я надеюсь, что Вы ухватитесь за некоторые из этих идей и поработаете с ними. Если Ваш цех (или цех будущего работодателя) похож на большинство, то есть много легких мишеней, и Вам не нужно вкладывать целое состояние в быстро меняющиеся инструменты или программное обеспечение для управления цехом, чтобы максимально улучшить итоговый результат производственных компаний. Немного планирования, некоторая организация цеха и применение нескольких принципов бережливого производства - это часто все, что необходимо для постоянного совершенствования.

И для тех, у кого есть финансовые возможности для внедрения новейших и самых совершенных технологий обработки, крепления деталей, крепления инструментов и программирования, и которые могут сделать это разумно и эффективно, Вы заслуживаете шквал аплодисментов. Вы сделали большой шаг, чтобы оставаться в бизнесе всерьез и надолго. Теперь поделитесь тем, что Вы узнали, чтобы другие могли принять участие в Вашем успехе. Мы же все заодно.

В этой главе Вы узнаете, что будет дальше в концепции «давайте сделаем наш цех как можно лучше». Как только коэффициент использования каждого станка в цехе взлетит до 95-процентной отметки безотказной работы, Ваши показатели удовлетворения потребностей клиентов и своевременной доставки, надеюсь, на несколько пунктов выше, чем этот, и все в компании гордятся тем, что Вы там делаете, пришло время перейти к новым территориям. Конечно, кое-что из того, что Вы собираетесь прочитать - например,

беспроводные сети - может быть уже имеются, но достаточно ли они безопасны и надежны для того, что будет дальше? Давайте разберемся.



ТЕХНИЧЕСКАЯ
ИНФОРМАЦИЯ

Существует несколько способов его измерения, но на самом базовом уровне общая эффективность оборудования (overall equipment effectiveness, OEE) - это процент времени, в течение которого станок действительно что-то производит. Некоторые описывают это как эксплуатационную пригодность станка, измеренной эффективностью и процента хороших деталей, произведенных в течение определенного времени. Другие говорят, что это число деталей, умноженное на идеальное время цикла, деленное на запланированное время производства. Не стесняйтесь спорить с вашим консультантом OEE или поставщиком программного обеспечения, но важно оценить его и использовать доброкачественный, согласованный метод для этого.

Тушите свет

Представьте, что Вы управляете или владеете типичным механическим цехом. Вдоль одной из стен производственного цеха стоит ряд из полдюжины вертикальных многоцелевых станков с ЧПУ. Напротив, расположены токарные станки с ЧПУ, к нескольким из которых подсоединены устройства подачи прутков. Возможно, есть токарные автоматы продольного точения, проволочная электроэрозионная обработка или сверло, а также различное шлифовальное оборудование. Если у Вас прогрессивная компания (и при условии, что у Вас идут заказы), возможно, есть пара пятиосевых станков в одном углу цеха или многозадачный токарный станок. Вы можете обрабатывать все что угодно.

Если Ваш цех похож на многие цеха, то оператор будет стоять перед каждым станком или парой станков, терпеливо загружая и разгружая детали, попутно проверяя их и зачищая кромки (см. Рис. 13-1). Довольно часто машина бездействует, пока оператор проверяет или меняет инструмент, берет перерыв на обед, идет в комнату технического контроля, чтобы посмотреть деталь на оптическом компараторе, или идет, чтобы спросить приятеля о его предстоящей рыбалке.



РИСУНОК 13-1: Выглядит знакомо? Возможно, в этом традиционном подходе к механической обработке нет ничего плохого, но некоторые будут утверждать, что определенно есть место для улучшения

Когда каждое задание выполнено - один раз в день или несколько раз в неделю, в зависимости от количества заданий - аппарат будет недоступен, пока кто-то тратит где-то час, половину рабочего дня или более, настраивая следующее задание. В течение этого времени специалист по настройке (возможно, это Вы) установит режущий инструмент в машину и иницирует его, поменяет тиски или зажимные кулачки, загрузит программы и опробует их, а также произведет первую деталь на пробу, после чего Вы либо ждете приемки (делая попутно что-нибудь полезное), либо скрещиваете пальцы и производите весь заказ без приемки первой детали.

Охватываем FMS

Теперь представьте себе тот же цех ... на стероидах. Каждый автономный вертикальный многоцелевой станок был заменен его горизонтальным эквивалентом (если Вы не знаете, что это значит, то горизонтальные многоцелевые станки обсуждаются в Главе 2). Перед каждым станком (или, в зависимости от поставщика станков, позади него или вдоль него) находятся рельсы похожие на железнодорожные, по которому движется устройство автоматической смены поддонов, которое курсирует от станка к станку, подбирая наполненные поддоны с деталями и складывая их в ряды складских стеллажей, расположенных рядом, а невыработанные поддоны с деталями или сырьем размещая на следующем доступном станке.

Такая система называется гибкой производственной системой или гибким производственным модулем (ГПС либо ГПМ), лучшее изобретение в станочных цехах со времен твердосплавных режущих инструментов. Помимо робота-штабелера для грузовых поддонов и ряда стеллажей, которые он обслуживает, ГПМ также несколькими загрузочными станциями - местом, где оператор станка (или робот) загружает и выгружает детали на подвижные поддоны, а также устройством управления, которое является ядром любого ГПМ. Именно здесь происходит сложное программирование и принимаются решения «что идет куда», которые, в свою очередь, основаны на предопределенных правилах, задаваемых операторами ГПМ.

ГПМ доступны в ошеломляющем разнообразии конфигураций. Традиционный ряд горизонтальных многоцелевых станков, каждый со своей стойкой из четырех (или более) опорных поверхностей и поворотным столом, может быть легко дополнен другими типами оборудования. К ним могут относиться электроэрозионные станки, шлифовальные станки, зубофрезерные станки, станции мойки деталей или контроля, токарные станки с ЧПУ и даже вертикальные многоцелевые станки, вытесненные в нашем примере (хотя горизонтальные, по ряду причин, как правило, больше подходят для автоматизации). Помимо перемещения деталей к каждому из этих различных станков и их операций, современные ГПМ технологии позволяют совместное использование режущих инструментов и держателей (при необходимости) между станками с ЧПУ или инструментальным складом, интегрированным в ГПМ. Если система распознает, что условный инструмент № 254 затупился, она может подать сигнал на инструментальный склад для замены или позаимствовать эквивалентный инструмент у одного из соседних станков



РИСУНОК 13-2: Даже одношпиндельные ГПМ дают увеличенную прибыль и широкие возможности для производителей любых масштабов.

Если Вы думаете, что это отличная система для производителя автомобильной техники или цеха, штампующего миллионы единиц сантехники ежегодно, Вы будете правы (хотя предприятия крупносерийного производства часто прибегают к использованию других технологий станочной обработки, таким как автоматические линии и гибкое автоматизированное производство - см. следующие главы). Однако, ГПМ умеет гораздо больше, чем просто выдавать много деталей быстро и с оптимальными затратами. Поскольку, буквально сотни различных деталей можно производить одновременно, а также благодаря оснащенным поддонам, установленным на складских стеллажах для будущего использования, ГПМ также является отличным вариантом для предприятий с небольшим объемом, чьим клиентам требуются частые и своевременные поставки всего одной или двух деталей. Это также позволяет цехам пробиваться в масштабы серийного производства по спецзаказам или настроить станок на операцию и вернуться к обработке чего-либо другого, пока деталь ожидает испытаний.

Внедрение таких систем требует больших усилий, первоклассной организации, а также – учитывая ценники, переваливающие за миллионы – наличие значительно толстых кошельков. Дополнительные системы, такие как автономная предварительная настройка инструмента, управление сроком службы инструмента, измерение датчиком шпинделя, программное обеспечение для моделирования траектории движения инструмента и аналогичные технологии (которые в любом случае понадобятся цехам) также должны быть в наличии. Тем не менее, использование таких технологий является необходимым условием для достижения святого Грааля станочных работ: полностью автоматизированного производства не требующего присутствия человека.

На пути к гибкости

Одним из преимуществ ГПМ является его способность выполнять больше операций с меньшим количеством манипуляций. Аналогичной, но зачастую более дешевой альтернативой этому является гибкое автоматизированное производство. Соберите вместе пару многоцелевых станков, токарный станок и несколько фаскоснимателей в круг, поместите оператора или робота на середину, и прогоните детали одновременно через несколько операций согласно парадигме станочных работ, которая гласит «на входе -

сырье, на выходе - готовая деталь».

Такого подхода долгое время придерживались предприятия крупносерийного производства где один модуль месяцами или даже годами вырабатывал одну деталь за раз. В этом случае, важно сбалансировать операции по всему модулю (добиваясь того, чтобы каждая операция имела приблизительно одинаковую длительность), сводя к минимуму количество времени, когда один шпиндель простаивает в ожидании освобождения следующего шпинделя. Тем не менее, с быстродействующей - или, по крайней мере, продуманной – фиксацией, наряду с правильным ассортиментом продукции, один модуль может быть использован для производства горстки деталей в экономичных объемах и с минимальным временем переключения между операциями.

Если Вам действительно требуется производить миллионы деталей, и Вас не смущает продолжительное время, требуемое для настройки (речь идет о днях или неделях) и специализированный инструмент, автоматическая станочная линия или агрегатный станок с делительно-поворотным столом может быть верным решением. Основываясь на тех же принципах, что и автомобильный конвейер, детали автоматически перемещаются от станка к станку с заданной скоростью (часто круговым способом, известным как агрегатный станок с делительно-поворотным столом). Такие модули недешевы, и определенно требуют больших объемов производства (в миллионах), чтобы окупить расходы, но если Вы открываете фабрику по производству шариковых ручек или хотите заняться продажей гидравлических фитингов, то такой тип станков именно то, что нужно.

Дистанционный мониторинг станков

Что может быть лучше, чем выключить свет, запереть дверь и пойти домой к семье и друзьям в конце долгого рабочего дня? А было бы еще лучше, если бы Вы знали, что, когда Вы вернетесь на следующий день или вернетесь в понедельник утром после отдыха на озере Вас будут ждать большие стопки готовых деталей?

Такое полностью автоматизированное производство стало возможным благодаря ГПМ, но даже самая функциональная автоматизированная система подвержена капризам неожиданных поломок инструментов, или же попадет непропорциональный кусок сырья, который исчерпывает возможности многомиллионной техники. Пока ГПМ не имеет возможности сделать звонок кому-нибудь среди ночи и сказать этому человеку: «Эй, есть проблема, Вам лучше натянуть какие-нибудь штаны и спешить сюда», перспектива полностью автоматического производства в целом сводится к скрещиванию пальцев и надежды на лучший исход.

Такой тип оповещения называется дистанционной системой контроля над станочным оборудованием. Это не ракетостроение, и не требует дорогущих многооперационных станков или парка, или роботов, чтобы окупаться. Фактически, за какую-то тысячу долларов (или меньше) и за сумму стоимости подключения к Интернету, практически любой ЧПУ в цехе можно превратить в монстра по изготовлению деталей в ночную смену и без оператора.

Разумеется, если время цикла не очень большое (некоторым пресс-формам для литья под давлением требуются дни на изготовление) или у Вас есть токарный станок,

оборудованный устройством подачи прутка (довольно распространены во многих предприятиях, и чаще всего могут поддерживать работу станка на протяжении многих часов без присутствия оператора), вы, вероятно, захотите какую-нибудь разновидность автоматизированного устройства загрузки-разгрузки материалов - робот или устройство для смены поддонов - для обеспечения непрерывной подачи сырья работающему станку в то время как персонал уходит домой. Вам также (вероятно) понадобится транспортер для удаления стружки, превосходный отвод стружки, устройство контроля ресурса стойкости инструмента, измерение датчиком шпинделя и прогнозируемые процессы. Смотрите Главу 8 подробнее об этих и других важных станочных принадлежностях.

Подхвати меня лучом, Скотти

В телесериале «Звездный путь» экипаж неустрашимого корабля «Энтерпрайз» применял универсальные переводчики для общения с инопланетными видами. То же самое делал доктор Кто, чей космический корабль ТАРДИС не только перевозил своих обитателей через пространство и время, но и позволял людям говорить с Сикораксами, Селахиами и другими формами жизни. Простите за научно-фантастический переход, но суть здесь в том, что до недавнего времени, станки и вспомогательное оборудование, такие как роботы и устройства подачи прутка, не имели общего языка и были способны к общению не больше чем Клингоны и шотландцы.

Заведите MTConnect. Это не универсальный переводчик или даже язык как таковой, а скорее протокол, по которому промышленное оборудование может обмениваться данными. Как и все, что связано с ИТ, технический стандарт, описывающий MTConnect, забит всевозможными хитроумными аббревиатурами, такими как HTTP, LDAP и XML. Для Вас как для механика важно только то, что (а) каждый станок нуждается в программном интерфейсе, прежде чем он сможет использовать MTConnect, и (б) связь только односторонняя: Вы не можете использовать MTConnect, чтобы сообщить своему оборудованию, что делать, только принимать сообщения от него. Тем не менее, такие переводчики являются значимой частью того, что делает дистанционное управление производством и Промышленный Интернет Вещей (IIoT) возможным в наши дни.

«Да» беспроводным технологиям

В проводах нет ничего веселого. Вы спотыкаетесь о них, они всегда на несколько дюймов короче, чем необходимо, и они отсоединяются в самый неподходящий момент. Быть обесточенным - это здорово, если Вы Эрик Клэптон*, но, если Вы сетевое устройство, это может означать только одно: Вы в тупике. К сожалению, электроэнергия может снабжаться только через медные провода, по крайней мере, в обозримом будущем, но есть мало причин, почему сеть вашего цеха не может быть беспроводной.

Как я упоминаю в Главе 15, беспроводная сеть является важным первым шагом к устранению вагона и маленькой тележки бумажных документов, занимающих ценное пространство в любом предприятии. Что еще более важно, беспроводная связь обеспечивает свободу перемещения компьютеров и станков без необходимости перенаправления локальной сети или RS-232 кабелей. Многие из современных станков с ЧПУ либо поставляются в стандартной комплектации с возможностью беспроводного

соединения или предлагают ее как дополнительную опцию. Но даже если Ваш станок был произведен до того, как Билл Гейтс изобрел Windows (кстати ему помогли), существует целый ряд устройств на рынке запасных частей, которые можно подключить к порту связи станка с ЧПУ, делая его таким же Wi-Fi-совместимым, как и Ваш ноутбук.

**примечание переводчика – здесь игра слов – unplugged в музыке означает что артист не использует электроинструменты на своих концертах.*

Интерфейс данных RS-232 был введен в 1962 году, примерно в то время, когда Президент Соединенных Штатов Джон Ф. Кеннеди мерился силами с советским премьер министром Никитой Хрущевым из-за нескольких площадок с баллистическими ракетами на Кубе. И хотя оба лидера уже давно вышли на большую политическую арену в небе, RS-232 остается, и доступен практически на каждом оборудовании с ЧПУ, которое продается сегодня. Для их применения, Вам необходимо изучить схемы расположения выводов и разъемах D-оболочки, а также о разнице между DTE и DCE, но все это недорогая, медленная, и несколько менее предсказуемая альтернатива локальным сетям Ethernet и беспроводным сетям.

Бездефектная система

Беспроводные или нет, все компьютерные сети должны быть защищены. Если я могу одолжить стереотип у известного магната недвижимости, все, что нужно, это какой-нибудь плохой чувак, проживающий в цоколе у своих родителей, имея слишком много свободного времени, чтобы нанести ущерб Вашему дому, работе или заводу. Это может быть достигнуто с безобидного на вид письма, содержащего вирус во вложении, взлом компьютера или сервера поздней ночью, либо обход плохо обслуживаемого брандмауэра, все для того, чтобы атаковать интернет-совместимый станок. Вот несколько наиболее распространенных типов компьютерных вредоносных программ плохого парня (или плохой девочки):

»» **Рекламное ПО:** Вы когда-нибудь видели эти надоедливые всплывающие окна, рекламирующие низкие процентные ставки или шанс выиграть бесплатную поездку в Дисней Лэнд? Некоторые сайты генерируют эти бесполезные отвлечения самостоятельно, но это также может быть рекламное ПО, которое Вы случайно установили на прошлой неделе вместе с бесплатной программой для чистки ПК.

»» **Вирус-вымогатель:** Вы видели истории в вечерних новостях. У некоторых обычных людей таких же, как Вы и я (вы обычный, правда же?) взламывают компьютеры, и вся их личная информация попадает в заложники, пока поганец-взломщик на другом конце не получает четыреста долларов. Эти печальные случаи относятся и к компаниям тоже.

»» **Шпионское ПО:** Вышеописанное раздражающее рекламное ПО часто сопровождается программой, которое имеет более гнусное назначение. Шпионское ПО, как следует из его названия, тихо сидит на заднем плане рекламного ПО, собирая пароли и номера кредитных карт и отправляя их злому человеку на другом конце.

»» **Троянский конь:** Получив свое название от массивного деревянного коня которого когда-то использовали греческие воины для получения доступа к городу Троя, троянские кони маскируют себя под дружественную компьютерную программу, но затем крадут

банковскую информацию, блокируют антивирусные программы, и причиняют всевозможные подобные беспорядки, оказавшись внутри вашей системы.

»» **Вирус:** также, как и человеческие вирусы, они распространяются от носителя к носителю, сея хаос и разруху на своем пути. Одним из наиболее распространенных методов передачи является присоединение вируса к документу Microsoft Word или файлу Excel, который затем заражает компьютер или файловый сервер получателя при открытии документа.

»» **Червь:** Сеть кажется немного медленной сегодня? Загрузка файлов будто длится вечность, а веб-страницы не открываются как раньше? Это может быть программа-червь, которая существует через многократное копирование самого себя и распространяется по сети, потребляя пропускную способность и перегружая компьютеры-носители.

Sirefef, Petya, CryptoLocker, Locky, Zeus - список вредоносных программ можно продолжать и продолжать. Несмотря на это, большинство из нас выполняют свои ежедневные рутины, думая, что это никогда не произойдет с нами... до тех пор, пока это не случается с нами. В этот момент критические данные могли быть украдены, уничтожены или задержаны с целью получения выкупа. Просто сегодня не Ваш день.

Однако, как бы заманчивым ни казалось, дни отключения от внешнего мира далеко в прошлом (если конечно они когда-либо существовали). Даже если учитывать жизнь без просмотра электронной почты и веб-страниц - действий, без которых мало какой бизнес способен функционировать - программные системы все еще требуют регулярных исправлений, как и станки нуждаются в периодических обновлениях прошивки. Это обычно делается через загрузку таких цифровых активов из Интернета. И даже без таких корректировок ПО, Интернет становится в большей степени излюбленным и предпочитаемым методом для наведения справок о трехмерных моделях деталей и инструментов, данных о режущих инструментах, для сотрудничества с клиентами и поставщиками, и так далее.

ИТ-потребности многих предприятий удовлетворяются специалистом-программистом, ребенком владельца или компьютерным консультантом, нанятым на неполный рабочий день, который приходит только тогда, когда все уже очень плохо. В связи с растущей зависимостью от компьютеров, программного обеспечения и сетевых технологий повсюду на производстве, любой цех с более чем несколькими компьютерами в наличии (в том числе теми, что в станках с ЧПУ) должны иметь четко определенную ИТ-стратегию, которая включает регулярные обновления и мониторинг систем компании. Если Вы не можете позволить себе квалифицированного специалиста, на полный рабочий день, сотрудничайте с ИТ-фирмой, которая специализируется на таком сервисе.

Есть несколько шагов, которые Вы можете предпринять, чтобы удержать этих гнусных людей с их мерзкими забавами на расстоянии. Самое очевидное начинается с установки хорошего антивирусного программного обеспечения на все станки с последующим обучением пользователей, которое учит людей не кликать по ссылкам или писать пароли на стикерах, и клеить их на свои мониторы. Оба метода помогут предотвратить распространение вирусов и вредоносных программ по сети.

Во-вторых, все предприятия, имеющие выход в интернет должны иметь аппаратный брандмауэр, предназначенный для отделения оборудования с компьютерным управлением от других компьютеров предприятия и компьютеров офисных помещений. Некоторые из

них теперь доступны от производителей станков, которые объединились с производителями оборудования для сетевой безопасности, и вместе предлагают мощные и простые в использовании устройства, которые надежно подключают станки с поддержкой IIoT к Интернету. Если Ваш цех планирует безопасный серфинг в просторах Интернета, Вам лучше рассмотреть эти или аналогичные формы защиты.

Делаем инструменты умнее

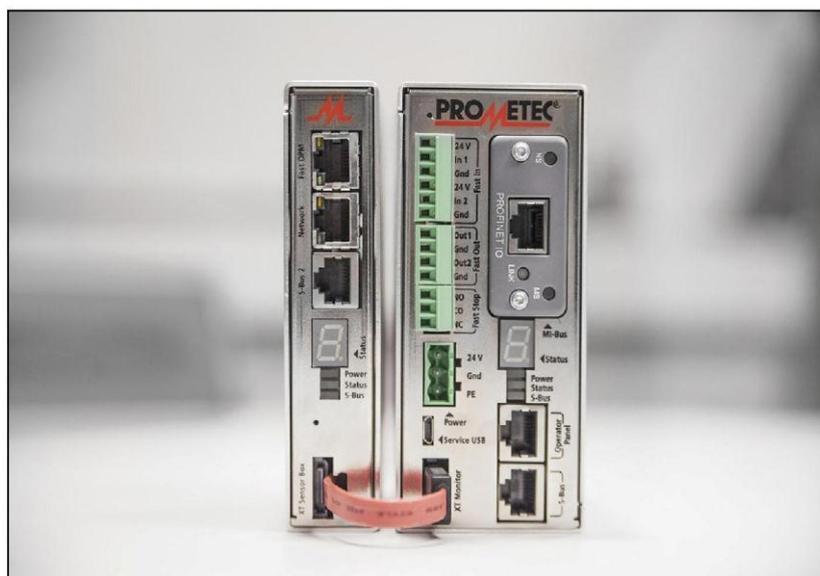
Умные телефоны, умные автомобили, умные питомцы и дети. Все эти полезные вещи делают нашу жизнь проще, а в некоторых случаях, и более удобной. Для станочного предприятия, умные станки и режущие инструменты обещают большую производительность и соразмерно более высокую прибыль. Но как на самом деле сделать сверло или кусок карбида умным?

Некоторые отраслевые эксперты предполагают, что держатели инструментов скоро будут оснащены датчиками, которые смогут, к примеру, отслеживать уровень хладагента и отмечать его потерю или измерять усилие реза и уведомлять соседний регулятор или даже сам станок о потенциальной проблеме. В то же время, ряд станков с ЧПУ и роботов доступны с бортовыми датчиками, которые контролируют нагрузки на шпиндель, температуру подшипников, скорости двигателя, и другие данные о работе станка, затем отправляют свои наблюдения в устройство сбора информации (см. Рис. 13-3) или на компьютерный сервер, оснащенный ПО анализа либо передают данные в эквивалентные облачные системы.

Автопроизводители толпами отдают дань этой цифровой моде, обеспечивая себе и своим поставщикам более хороший контроль за техническим обслуживанием и потенциальными сбоями в работе оборудования. Но время придет - и, вероятно, раньше, чем все ожидают - когда станочные операции будут регулярно и автоматически контролироваться на все, начиная с того какие инструменты затупились, и до того какая часть программы ЧПУ выдает низкую эффективность обработки, и сколько раз Боб останавливал вчера станок и почему.

РИСУНОК 13-3:
Устройства мониторинга станочных автоматизированных систем обеспечивают безопасность операций с помощью обнаружения износа инструментов, поломок инструментов и столкновений, останавливая станок и не допуская дальнейшего ущерба.

С разрешения: Sandvik Coromant



Подавление вибрации

Еще один пример разработки умных инструментов - в области уменьшения уровня вибрации и шума. Спросите любого, кто слышал визг, возникающий при обработке большого тонкостенного алюминиевого компонента: вибрация не доставляет удовольствия. Она создает волнистую рябь на обрабатываемых поверхностях, повреждает режущие инструменты и отправляет всех в цеху бежать в поисках берушей.

Производители режущих инструментов приложили большие усилия, чтобы заглушить эту вибрацию в расточных прутках и других длинноходных режущих инструментах. Помимо сложных механизмов против вибрации в самом хвостовике инструмента, некоторые производители устанавливают электронные инструменты внутри, которые способны контролировать условия резки и отправлять информацию по беспроводной связи в сопутствующее приложение управления на мобильном устройстве. В некоторых случаях те же инструменты могут быть настроены дистанционно с тем же приложением, избавляя от необходимости останавливать машину чтобы измерить деталь и повернуть регулировочный винт на четверть оборота.

Но что, если гармоники, вызывающие вибрацию, могут быть остановлены до их запуска? По крайней мере один поставщик решений решил этот вопрос, разработав технологию, которая анализирует частоту станка, держателя инструмента и режущего инструмента вместе как единую систему, а затем отображает «золотую середину», при которой данные инструменты дают наиболее оптимальные показатели как целое (см. Рис. 13-4). Этот подход не только уменьшает или даже устраняет раздражающую вибрацию, но также увеличивает срок службы инструмента и обеспечивает скорость подачи и скорости шпинделя, которые ранее были недостижимы.

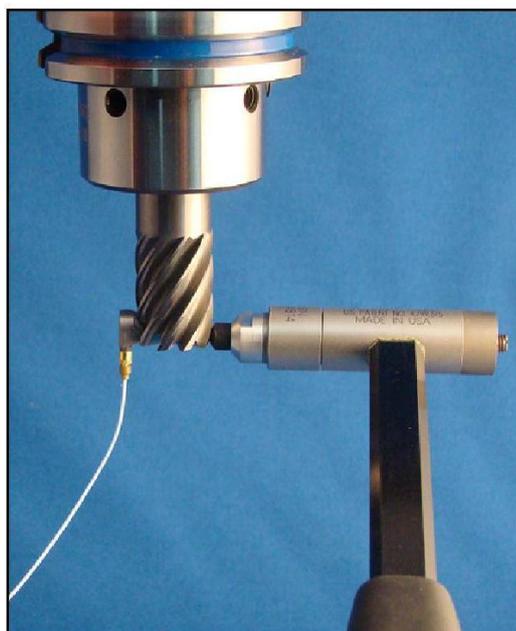


РИСУНОК 13-4: Так называемая «проверка постукиванием» станка, держателя инструментов и режущего инструмента определяет скорости шпинделя при которых возникает наименьший уровень вибрации, что приводит к уменьшению вибрации и увеличению эксплуатационных сроков инструмента.

С разрешения: BlueSwarf

Маркировка

Одна из последних не очень футуристических технологий – это использование метки радиочастотной идентификации (RFID) для держателей инструментов. Так же, как идентификационный чип, который Вы записали в шею Вашего домашнего чихуахуа во время первого визита к ветеринару (это не больно, на самом деле), в метки RFID может быть закодирована любая информация. В случае с Лулу это было ваше имя, адрес, и номер телефона, но, когда речь идет об инструменте прикрепленном к держателю инструментов, который связан с многоцелевым станком, вполне очевидно записывать номер инструмента, длину инструмента и коррекцию на диаметр, когда инструмент использовался в последний раз и сколько ему осталось служить, информацию о скорости подачи, где он находится на инструментальном складе, где можно купить еще...практически все что хотите.

RFID-совместимые ЧПУ (и вспомогательные считыватели, подключенные к менее мощным станкам) могут впоследствии считывать эти значения, когда инструмент присоединяют к станку, обновляя элемент управления соответственно новым данным. Это устраняет важные, и ранее неизбежные критические точки во время настроек станков: оператор случайно установил инструмент в неправильное гнездо магазина или поворотного барабана, что приводит к катастрофической аварии станка. А когда инструмент покидает станок, его данные об использовании и другая информация могут автоматически обновляться, устраняя дальнейшие потенциальные точки отказа.



ТЕХНИЧЕСКАЯ
ИНФОРМАЦИЯ

RFID доступна в пассивной или активной конфигурации. Последняя требует наличия RFID-чипов батарейного питания, плюс к этому антенн стратегически расположенных по всему цеху, для отслеживания местоположения каждого чипа RFID, и, как правило, используется для контроля ценных подвижных активов - например, вильчатых подъемников или портативных систем измерения координат (СММ). С другой стороны, пассивную RFID, проще и дешевле реализовать - прикрепить метку, внести информацию, прочесть и вписать еще немного.

RFID далеко не так широко распространены. Для стартеров предварительная настройка автономного инструмента является обязательным условием. Все держатели инструментов должны быть изменены, для совместимости с метками RFID, либо необходимо заказывать новые у компании, которая предоставляет их (число быстро растет), что требует дополнительных инвестиций. На каждом станке, который еще не RFID-продвинутый, должен быть установлен считыватель, включены соответствующие опции управления (инструментообеспечение и возможности макросов, скорее всего – см. Главу 8, если Вы не знаете, что это такое), а также считыватель и RFID-ПО должны быть установлены на складе. Далее необходимо провести тестирование, обучение операторов и прийти к утвердившемуся процессу, уважающим новую парадигму настройки инструментов. Так или иначе, RFID это достойный проект для предприятий, желающих пожинать плоды непрерывного совершенствования.

ЧАСТЬ 4. ЧАСТЬ ДЕСЯТКОВ

В ЭТОЙ ЧАСТИ...

- ✓ Удивите друзей своими знаниями технологий производства
- ✓ Станьте машиностроителем в полном понимании и возможно получите хорошую прибавку к заработной плате в результате
- ✓ Погрузитесь в Big Data, Industry 4.0 и IoT. Это не так страшно, как звучит
- ✓ Вглядитесь в машины размером с муравья и узнайте, что означает МЭМС
- ✓ Делайте вещи быстрее уменьшая вес
- ✓ Перейдите на безбумажное производство, автоматизируйте все, и встречайте изменения с радостью
- ✓ Подавайте быстрее, ускоряйтесь умнее
- ✓ Делайте большие шаги к большей рентабельности

В этой главе:

1. *Предотвращение ошибок*
2. *Правильные покупки*
3. *Подачи и скорости*
4. *Соблюдение однородности продукции*
5. *Регулировка расхода жидкости*
6. *Техническое обслуживание станка*

Глава 14. Десять способов сделать процессы предсказуемыми

«Поскольку мы не можем знать всего, что нужно знать о чем-либо, мы должны знать немного обо всем».

БЛЭЙЗ ПАСКАЛЬ

Все хотели бы знать, что произойдет в конце. Точно так же, как менеджеры фонда хеджирования на Нью-Йоркской фондовой бирже задаются вопросом - какие компании будут активно форсировать на этой неделе, словно студенты, которые готовятся к следующему семестру, надеясь попасть на курс по Передовой Журналистике. Люди просто хотят, чтобы их жизнь была предсказуемой.

Для оператора непредсказуемость означает высокий уровень шума и сломанные инструменты, а также объяснение менеджеру по закупкам, почему нужно заказать больше материала для работы, которую Вы только что запероли. А это означает поздние поставки и никаких пончиков в четверг утром, потому что босс все еще злится на Вас. Это может означать отсутствие повышения этой осенью, или вообще поиск новой работы, поскольку цех, по Вашей милости, потерял большого клиента. В механической обработке, предсказуемость - это не скучно, это добродетель и необходимость. В этой Главе Вы найдете десять способов достижения согласованности и надежности во всем, что Вы делаете. (Рис. 14-1 является одним из примеров.)

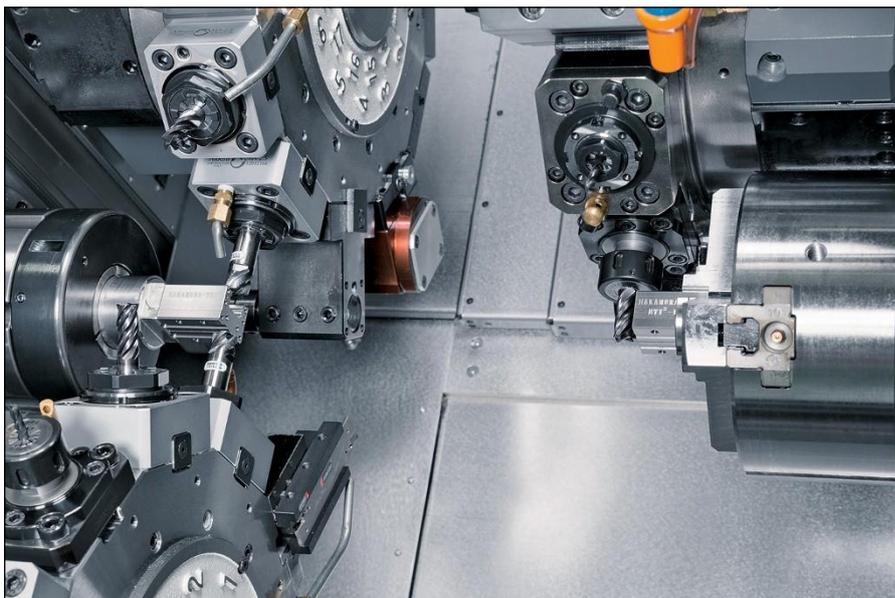


РИСУНОК 14-1: Многоцелевые и токарно-фрезерные станки улучшают качество продукта и однородность путем исключения вторичных операций, зачастую совмещая все в одной процедуре. *С разрешения: Накамура-Томе*

Мыслить научно

«Не имеет большого значения, как Вы это делаете, если Вы делаете это тем же способом каждый раз». Это совет, который я получил в свой первый день работы в цехе от моего наставника Джона. Он объяснял мне, как я должен стоять перед ручным винтом, где держать ручки, как быстро и с какой силой их тянуть и основные процедуры ручного управления станком. Целью, по его словам, является однородность, а без нее размеры деталей меняются, а инструменты ломаются или изнашиваются.

Он был прав. И даже, несмотря на то, что с помощью ЧПУ (числовое программное управление) была устранена необходимость тянуть за ручки и стоять на одном месте весь день, вышеприведенная цитата о соблюдении однородности остается в силе. Тогда в чем же отличие? Например, предсказуемые процессы на станках с ЧПУ достигаются посредством:

- » Четко определенных стратегий механической обработки
- » Последовательных методов программирования
- » Технического обслуживания станка
- » Хорошего понимания операций обработки

Помимо этого, есть и другие способы, некоторые из них я опишу детально в следующих Главах, но здесь последняя строка - научное мышление – достойна особого внимания, она также связана с советами Джона, которые он дал мне почти четыре десятилетия назад: следовать одному и тому же способу, и когда Вам надо что-то менять, пробуйте менять только что-то одно за раз.

Лично у меня это не получается. Когда сталкиваюсь с какой-либо механической проблемой, я больше склоняюсь к тактике широкого охвата, пуская в ход все способы, которые могут, как я считаю, помочь решить проблему, пока чертова проблема не разрешится. У кого есть время, чтобы терпеливо увеличивать скорость подачи, настраивать глубину резки, пробовать новую вставку или применять дюжину корректировок в процессе, один за другим, до достижения стабильности? Однако, если Вы хотите добиться успеха, Вам лучше быть больше похожим на Джона и меньше на меня. Вынужденная тактика широкого

охвата может быть хороша для протекающего крана или грубого холостого хода двигателя снегохода, но для дорогого станка - это рецепт катастрофы.



СОВЕТ

Если у вас есть интерес к научному методу, посмотрите работы Абу Райхана аль-Бируни, персидского ученого, чьи исследования в области астрономии, оптики и математики заложили основу научных гипотез и экспериментов за сотни лет до Ренессанса. И хотя он придерживался теории геоцентризма (убеждение, что Земля является центром вселенной), некоторые полагают, что ему удалось рассчитать длину солнечного года с точностью до 15 минут от его фактического значения и диаметр нашей планеты с точностью в 200 миль. Довольно впечатляюще, если учесть, что телескоп не будет изобретен еще 600 лет

Изучаем подачи и скорости

В главе 16 я говорю о необходимости расширения границ механической обработки. Я утверждаю это, сказав: «пока не будет разработан стабильный процесс». Большая часть в достижении этого – есть освоение подач и скоростей.

В главе 1 есть удивительная аналогия, которую вы, возможно, захотите рассмотреть вначале (см. подзаголовок «Подачи и скорости: поехали!»), но в следующих главах приводятся более подробные технические пояснения относительно скорости подачи, скорости и глубины резки. Большинство из них приведено в дюймах и футах (извините за это, но я - дитя Соединенных Штатов), но если Вы предпочитаете метрическую систему мер, то переводные таблицы и альтернативные формулы доступны на веб-сайте любого производителя режущего инструмента или указаны в конце каталога инструментов. Вы обязательно найдете там дополнительную информацию, чтобы подтвердить то, что здесь сказано.

Скорость резки

Все режущие инструменты имеют рекомендованную скорость резки для любого материала. Более мягкие металлы, такие как алюминий и малоуглеродистая сталь, имеют более высокие скорости резания, чем противоположные металлы, такие как титан или инконель. Таким же образом, твердосплавные и керамические режущие инструменты могут достигать более высоких скоростей - независимо от материала заготовки - чем инструменты, изготовленные из быстрорежущей стали (БРС), которые, несомненно, черепахи по сравнению с их более твердыми, более износостойкими братишками (см. Главу 5, если Вы сейчас почесали затылок).

Скорость резки указывается в футах в минуту (имперская система измерений) или метрах в минуту (метрическая система измерений). Для вращающегося инструмента, такого как сверло или концевая фреза, это мера того, как быстро вращается его периферийная часть относительно заготовки, прикрепленной к столу. Это в основном та же характеристика и для инструментов, используемых на токарных станках, за исключением того, что их скорости резания измеряются тем, как быстро вращающаяся заготовка двигается относительно края (стационарного) токарного инструмента.

Это может быть трудно для понимания, но подумайте о шинах, катящихся по улице. Если этот кусок резины прокатится на четверть мили за 60 секунд, его эквивалентная «скорость резки» будет составлять 1,320 футов в минуту (что равно 15 милям в час), что является довольно обычным значением для твердосплавного инструмента, обрабатывающего заготовку из алюминия. А теперь представьте, что ось вашего автомобиля - это шпиндель многоцелевого станочного центра с концевой фрезой размера

Мишлен, прикрепленный к шине. Поднимите его так, чтобы колеса висели в воздухе, подпрыгните и давите газ, пока спидометр не достигнет 15 миль в час. Вуаля! Внешняя сторона концевой фрезы/шины будет пролетать мимо поверхности под вами со скоростью 1,320 футов в минуту (SFM - скорость обработки поверхности в футах в минуту).

Хорошо, но как быстро вращается деталь и его обороты в минуту? Так как многоцелевой станок не имеет педалей газа (ни датчиков, которые указывают текущую скорость резки), обороты шпинделя - это значение, которое мы должны включить в программу ЧПУ. Чтобы определить это (вам может потребоваться калькулятор), просто умножьте рекомендуемую скорость резки на значение 3,82 (я округлю до 4), а затем разделите на диаметр инструмента. Например, всесезонные шины 235/55R19 по смешной цене для Хэндэ Санта-Фе моей жены имеют диаметр чуть более 29 дюймов, тогда значение будет $(3,82 \times 1320 \text{ SFM (скорость в футах в минуту)}) / 29,2 = 173 \text{ об/мин}$.

Мы все ближе подходим к территории программирования ЧПУ. Прошу прощения за это, но из-за того, как работают многоцелевые и токарные станки (и режущие инструменты), необходимо некоторое предварительное знание G-кодов, чтобы понять смысл следующего обсуждения подачи и скорости. Перейдите к Главе 11, если для вас ничего из обсуждаемого не имеет смысла.

Токарные станки немного умнее, но и сложнее. Они могут использовать тот же подход с постоянным числом оборотов шпинделя, что и многоцелевые станки (токарным станкам для старта требуется команда G97), или использование постоянной скорости резания (ПСР), которая вызывается командой G96. В нашем примере с Санта-Фе, команда G96 S1320 фактически запускает скорость вращения шпинделя 173 об/мин, а диаметр обрабатываемой заготовки - 29,2 дюйма. Тем не менее, когда Вы перемещаете инструмент ближе к центру, скорость шпинделя увеличивается, но придерживается той же скорости резания (это и есть «П» - «постоянный» в сокращении ПРС):

- 10 дюймов = 504 об/мин
- 5 дюймов = 1,008 об/мин
- 2 дюймов = 2,521 об/мин

При 1 дюйме шпиндель будет пахать без сбоев на 5042 об/мин. - опасная скорость для большой детали. Посчитайте сами, если не верите: $(3,82 \times 1320) / 1 = 5042$. Это указывает на важный момент: чем меньше обрабатываемый диаметр или диаметр вращающегося инструмента, тем больше частота оборотов в минуту. (См. Рис. 14-2 для рекомендаций по скорости резания на очень маленьких вращающихся режущих инструментах.



РИСУНОК 14-2: При скорости обработки поверхности 500 фут/мин, (СОП) для 1/8-дюймового резака требуется почти 16 000 об./мин., а для 1/16-дюймового инструмента - вдвое больше, что намного превышает возможности большинства многоцелевых станков. Решением является ускорительная головка, которая в зависимости от марки и модели, может легко достигать скорости шпинделя 50 000 об/мин или выше (часто намного выше).

С разрешения: БИГ КАЙЗЕР

Режимы подачи

Это немного легче понять. Пока фреза вращается с рекомендуемой скоростью об/мин (или заготовка вращается относительно неподвижного токарного инструмента), каждая из них также вращается вокруг, проходит сквозь или вгрызается в заготовку с заданной скоростью подачи.

Здесь снова многоцелевые станки получают приз за простоту: просто задайте им команду двигаться с желаемой скоростью в сколько угодно дюймов или миллиметров в минуту, и машина сделает все возможное, чтобы достичь такой скорости подачи, даже когда она проходит через узкие углы.

Конечно, это значение определяется и другим расчетом: рекомендуемая сила резания на зубец \times количество зубцов \times частота вращения шпинделя. На концевой фрезе с четырьмя канавками 0,005-дюйма «сила резания» имеет значение 2000 об./мин., скорость подачи спокойная и составляет 40 дюймов в минуту. Увеличьте число оборотов до 4000, и Вам потребуется удвоить скорость подачи, если Вы хотите поддерживать ту же силу резания.

Аналогично, токарные станки могут работать в режиме G98 (скорость подачи за раз) или G99 (скорость подачи за оборот). Последний режим обычно стоит по умолчанию, и почти единственное для чего Вы будете использовать G98 – при подачах прутков (потому что шпиндель либо выключен, либо движется очень медленно). Хотите нагрузить черновой токарный инструмент на 0,012 дюйм на оборот? Легко, просто переведите станок в режим подачи (G01) вместе с командой F.012 и G99 (это модальный режим, так что Вам нужно задать его только один раз). А поскольку токарные инструменты имеют только одну режущую кромку, большого количества стружки на каждый зуб не ожидается.

Глубина разреза

Глубина разреза (сокращенно ГР) - это третье свойство параметров разреза. Воспринимайте это как «какой наибольший захват» может взять инструмент. На токарном станке глубина разреза (depth of cut, DOC) измеряется радиально - проход черновой обработки 0,125 дюйма означает, что Вы берете 1/8 дюйма материала с каждой стороны, полностью определяемую запрограммированной траекторией движения инструмента (или, если используется цикл черновой обработки G71, - его D или U слова).

На многоцелевом станке автоматизированная система управления производством (АСУП) (и ее оператор) определяет глубину разреза, период. Однако глубина разреза здесь приобретает двоякое значение, т.к. она измеряется как в осевом (по длине концевой фрезы) и радиальном направлении (по его диаметру). Например, используя 3/8-дюймовую твердосплавную концевую фрезу, Вы можете «утопить» режущий инструмент в 1 дюйм по всей длине и получить небольшие радиальные глубины разреза (которые, если они выполняются круговым способом, известны как трохойдальные траектории движения инструмента) или Вы могли бы применить большую радиальную глубину разреза и «уйти вниз», используя относительно легкую осевую ГР (большинство программистов считают эту методологию старой школой).



СОВЕТ

Глубина разреза – это обособленный параметр, поскольку независимо от того, какое значение Вы, как программист (или как оператор станка с ручным управлением), решите задать, не существует какой-либо математической связи между ним, скоростью подачи и оборотами в минуту. Таким образом, важно признать, что большие значения глубины разреза могут потребовать более низких скоростей подачи и немного более

медленных оборотов, в то время как небольшая глубина разреза, - в виду сниженной силы резания, - допускает более жесткие параметры.

Контроль износа инструментов

Теперь, когда у Вас сложилось определенное мнение о подаче и скорости (я знаю, это большой вопрос), Вы можете спросить, как определить, правильно ли установлен режущий инструмент, насколько корректна подача, скорость и глубина разреза. Вы можете начать с прослушивания оборудования. Если оно издает сильный шум, это означает, что что-то не так. Если деталь только что вылетела из патрона, это может означать, что Вы недостаточно крепко его зажали, или применили слишком глубокую резку или скорость подачи. Это также может относиться к причине поломки инструментов.

Помимо таких очевидных симптомов «плохих» параметров резки, здесь есть некоторое указание на перекус (посмотрите на инструмент со стороны). (Опять же, если инструменты не используются соответствующе, период их службы будет непредсказуемым.)

» **Нарост на режущей кромке:** Нарост на резце, это распространенное явление для аустенитной нержавеющей стали и суперсплавов, вызванное скоплением материала, налипающего на край инструмента. Когда он ломается, он захватывает с собой часть основы (и его часто ошибочно принимают за скол). Попробуйте использовать большее количество смазки (для скольжения) на покрытие инструмента (например, TiN), увеличить скорость резки или выбрать более точную геометрию инструмента.

» **Сколы:** Сколы и зазубрины могут быть вызваны жесткой установкой, слабой геометрией кромки или твердосплавным материалом, который слишком тверд для применения.

» **Выемки:** Когда инструмент образует выемки, стружка буквально отваливается от твердосплавной пластины непосредственно за режущей кромкой. Обычно это вызвано чрезмерной скоростью подачи и/или резания, но также из-за мягкости сплава обрабатываемого материала.

» **Отслаивание:** Сила сжатия во время резки может привести к отслаиванию материала (также называемому расщеплению), оставляя небольшие углубления на верхней поверхности инструмента. Отслаивание может также сопровождаться наростом на резце, если сварной шов материала на режущей кромке обрывается. В зависимости от точной причины, решение может заключаться в ускорении, замедлении или срочном возврате к началу процесса.

» **Износ по задней поверхности:** Из всех видов неисправности предпочтительным является износ по задней поверхности, так как он предсказуем и обеспечивает наибольший срок службы инструмента по сравнению с остальными. Тем не менее, если инструменты изнашиваются слишком быстро, попробуйте замену на более прочный тип, уменьшите скорость резки и убедитесь в наличии достаточного количества охлаждающей жидкости (которая должна быть направлена на область резания).

» **Зазубрины:** Более точное название - «зазубрина на глубине линии разреза», их легко идентифицировать - при 1/4 дюйма глубины разреза, будет небольшой разрыв примерно на 1/4 дюйма от режущей кромки. Наилучшим решением является увеличение угла наклона инструмента, аналогично наклону опоры к задней части автомобиля при толкании его на заправочную станцию.

» **Пластическая деформация:** Некоторые материалы слишком жесткие для резания. Если причина в этом, инструмент погнется и деформируется из-за чрезмерного нагревания. Попробуйте более прочный тип или уменьшите скорость резки и/или подачи.

» **Термическое растрескивание:** Обычно при фрезерных операциях термические трещины возникают в результате быстрого нагрева или охлаждения пазов, когда они

проходят через зону резания или из зоны резания, это что-то вроде пробежки под душем в жаркий летний день. Попробуйте увеличить количество смазочно-охлаждающей жидкости (затопить заправочное отверстие) или полностью ее отключить.

У меня не было места для множества симпатичных картинок, иллюстрирующих различные режимы произошедших сбоев, но Вы можете найти множество примеров в Интернете и каталогах инструментов. Внимательно изучите их, чтобы понять, о чем говорят ваши инструменты, это будет влиять на производительность и прибыль Вашего цеха.

Также следите за самой деталью - загрязненные, неровные или шероховатые поверхности - признаки того, что что-то идет не так. Сильные заусенцы - явный признак, указывающий на необходимость замены инструмента. Расшатанность указывает на ненадежное крепление или чрезмерный выбег инструмента и/или детали.

Наконец, посмотрите на полученные стружки. Они должны быть короткими и хорошо сформированными, предпочтительно в форме С и 9. Рваные края могут означать, что инструмент затуплен или стружкой «слишком тугой» для заданной скорости подачи. Длинные, волокнистые стружки лучше всего удаляются путем увеличения скорости подачи, но это, в свою очередь, может вызвать зазубрину или чрезмерный износ по задней поверхности. Здесь нужен очень тонкий баланс, но Вы должны овладеть им, если хотите стать успешным оператором.

Ведение записи

Об этом коротко и несложно. Поскольку Вы часто проходите повторяющийся процесс настройки параметров резания и тестирования новых инструментов и держателей инструментов, важно документировать, что Вы делаете. У Вас может быть память, как у слона, но Вы также можете быть сбиты автобусом по дороге домой сегодня (или найти работу с оплатой в два раза больше), и тем или иным образом, забрать свои, с трудом заработанные, знания с собой. Этот совет также применим к рабочим инструкциям, спискам инструментов, настройкам программы и всему остальному, что относится к процессу обработки – записывайте их. Приобретенные знания не принесут кому-либо пользы, но нанесут вред работодателю, если держать свои знания только при себе.

Охлаждение

Все называют это охлаждающей жидкостью (да, и я тоже), но на самом деле это смазочно-охлаждающая жидкость, нам доступны несколько ее видов (и сотни брендов). Знание того, какой из них использовать, может реально выручить Вас, особенно при обработке чрезмерно сложных материалов, таких как сталь Астралой (Astralloy), никель 200 или молибден, или при попытке получить зеркальную поверхность алюминия.

» **Масляный дистиллят:** В прошлом, без ЧПУ, так называемые «чистые» масла или масляный дистиллят были нормой. Как правило, они содержали серу и хлор, которые отлично справляются со своим назначением и увеличивают срок службы инструмента, а также обеспечивают чистоту поверхности детали, но не подходят для вашего здоровья и окружающей среды (и отчего ваши футболки пахнут плохо). Многие швейцарские станки с ЧПУ и многошпиндельные автоматы сегодня используют более мягкие сорта плохо пахнущих масел прошлых лет, но остерегайтесь использовать их при высоких оборотах - они могут наполнить Ваш цех туманом более густым, чем лондонское утро.

» **Растворимые масла:** Водорастворимые масла, которые сегодня наиболее часто используются для резания, представляют собой эмульсию минерального масла в воде. Они экономичны, обеспечивают хорошую смазывающую способность (особенно те, которые

содержат противозадирные [extreme pressure, EP] соединения), обеспечивают превосходную теплопередачу и приятно пахнут в свежем намешанном состоянии.

» **Синтетика:** Синтетики, полностью состоящие из органических и неорганических соединений, отводят тепло более эффективно, чем их более жиросодержащие собратья. Они дороже (хотя это не так значимо, если они обеспечивают лучшие возможности обработки).

» **Полусинтетика:** Подход «Лучшее из обоих миров», - полусинтетика - это частично водорастворимое масло, частично синтетическое, стоимость и производительность которого находятся где-то между ними.

Выбор правильной смазочно-охлаждающей жидкости является важным решением и зависит от многих факторов. Потребности шлифовального станка с ЧПУ, токарного станка, многоцелевого станка, зуборезной червячной фрезы и винтового станка различны, как и различные материалы для резания, и объем съема металла. Однако это верный способ улучшить предсказуемость процесса.

Неправильный выбор может означать часы или дни простоя при очистке отстойников станка, не говоря о других трудностях, которые сопровождают утилизацию бочек с отработанной жидкостью. Всегда уточняйте информацию у производителя станка или дистрибьютора. Некоторые станки работают только на масле, другие могут рекомендовать определенную марку водорастворимого масла - за многие годы я видел множество станков, у которых новая блестящая краска быстро сходила из-за агрессивных щелочных смазочно-охлаждающих жидкостей. Действуйте осторожно.

Какой бы путь Вы ни выбрали, убедитесь, что Вы установили надежную процедуру обслуживания. Проверяйте концентрацию охлаждающей жидкости и уровень pH еженедельно. Маслосборники должны быть установлены на каждом станке, а также в фильтрующем секторе, если используется охлаждающая жидкость под высоким давлением (настоятельно рекомендуется). Регулярно очищайте отстойники («очиститель - sump doc» или его эквивалент - отличное вложение). И всегда утилизируйте отработанную смазочно-охлаждающую жидкость надлежащим образом - обратитесь в местный орган управления или соответствующий офис Агентства по охране окружающей среды (Environmental Protection Agency, EPA) для ознакомления с существующими правилами и положениями. Ваши внуки будут Вам благодарны.

Уход за станками

Пока мы рассматриваем вопрос о техобслуживании, не забывайте о металлорежущих станках. Я провел много времени за трибуной, рассказывая не только о важности чистых, хорошо организованных механических цехов, но о последовательном плане обслуживания многоцелевых и токарных станков с ЧПУ стоимостью 100,000 \$ +, который не только улучшит технологическую надежность, но и увеличит срок их службы. Очищайте фильтры, пополняйте масло (смазку) и меняйте гидравлическую жидкость в соответствии с рекомендациями производителя (см. Рис. 14-3). Ежегодно приглашайте дистрибьютора или другого уполномоченного представителя сервисной службы для проверки с помощью шарикового измерительного наконечника (проверки точности станка) или лазерного измерительного прибора. Регулярно проверяйте и заменяйте изношенные уплотнения и скользящие крышки. И, пожалуйста, ежедневно протирайте станки, очищайте стружкосборник (при условии, что у Вас нет конвейера для удаления стружки, но который Вы должны иметь), прежде чем отправиться ужинать домой.



РИСУНОК 14-3: Современные станки очень сложные, но очень точные и дорогие. При должной заботе, они вознаградят Вас долгим сроком службы и предсказуемостью изготовления деталей

Крутящий момент

Когда Вы загоняете свой автомобиль на СТО для регулировки колес, механик затягивает гайки в соответствии со спецификациями изготовителя инструмента. То же самое соблюдается при замене прокладки головки, масляного поддона или водяного насоса. Такое соблюдение предотвращает случайный сбой, когда Вы едете по автостраде с установленным ограничением скорости. Правила эксплуатации станка ничем не отличаются.

Если в Вашем цеху не используются пневматические или гидравлические системы крепления заготовок (еще одна вещь, которая настоятельно рекомендуется к использованию), все применимые тиски, приспособления или зажимы следует затягивать динамометрическим ключом до того значения, которое использовалось во время первоначальной настройки. Это улучшает согласованность деталей, снижает усталость оператора и помогает избежать того ужаса, который испытываете, когда детали неожиданно вылетают из тисков и пролетают мимо головы вашего босса (такое происходит). Не останавливайтесь на креплении заготовок. Держатели инструмента также должны быть закреплены соответствующе. Держатели концевых фрез, фрезерные и цанговые патроны, фиксирующие ручки - если они имеют резьбу, следует затягивать динамометрическим ключом. Даже маленькие винты, которые удерживают поворотные вставки (особенно они), должны быть затянуты в соответствии с рекомендациями производителя. Эта мелочь на самом деле может изменить мир с точки зрения повторяющихся процессов (не говоря уже о безопасности).

Принцип нулевой ошибки

Это японский термин, имеющий свои корни в экономичном производстве. Принцип предупреждает возникновение ошибок. К сожалению, пока он не исключает повседневных ошибок, таких как забывание, что молоко нужно поставить обратно в холодильник или превышение скорости на 10 миль в час и получение штрафа за это (извините, но это так). Но есть много способов предотвратить ошибки в пределах цеха. Крепления должны быть спроектированы таким образом, чтобы детали можно было устанавливать только одним способом. Можно устанавливать реле для предотвращения запуска станка, если тиски не затянуты или поддон не установлен. Гаечные ключи с цветовой кодировкой и их сопрягаемые крепежи позволяют избежать случайного выпадения. Даже желтая лента вокруг оборудования и внизу по проходу является формой этого принципа, которая может предотвратить катастрофическое событие. См. Главу 16 для дополнительных рекомендаций экономичного производства.

Покупаем правильно

Люди любят торговаться, особенно когда их следующий бонус или прибыль зависят от того, сколько денег они сэкономили для компании, как это часто случается с закупщиками, работающими в механических цехах (Вы знаете о ком я). Проблема покупки по цене, а не по качеству (несогласованность) заключается в том, что это может негативно повлиять на производственные процессы. При покупке 1/2-дюймовых, 2-канавных, твердосплавных концевых фрез обычной длины не ищите самые дешевые, - покупайте те, которые Вы приобретали в прошлый раз (при условии, что они работали хорошо). Если нет, то этот более дешевый резак может стоить компании несколько тысяч.

То же касается металлов, где «ценность стали» может соответствовать международным стандартам, но вполне может нанести ущерб режущим инструментам по сравнению с материалом премиум-класса, приобретенным в прошлом году. Дешевый металл более подвержен дефектным включениям («грязнее»), имеет большие внутренние напряжения, слабую способность обработки и другие отрицательные свойства, которые часто приводят к слишком затратному по времени резанию материала. Конечно, каждый должен стараться по возможности экономить (особенно те, чья работа заключается в том, чтобы тратить деньги весь день), но при этом также важно смотреть шире на общую картину.

Под один стандарт

Эта последняя часть описывает предупреждение для «права покупки» (см. для примера Рис. 14-4). Посетите многие механические цеха, и Вы обнаружите пять марок держателей инструмента, девять марок сменных пластин, три марки твердосплавных фрез и четыре марки станков. Некоторое из этого неизбежно, но в большинстве случаев это просто плохое планирование или неумение говорить «нет» чрезмерно усердным продавцам, навязывающим свои товары. В результате мы получаем раздутый инструментальный склад, путаницу в цехе, непоследовательные процессы обработки и брак.



РИСУНОК 14-4: Последовательная и хорошо спланированная инструментальная стратегия приносит большие выгоды для цеха

Но есть еще одна причина, по которой в цехах должен быть инструментальный склад для инструментов, и кто-то должен отвечать за ее управление. Она способствует согласованности типов и марок приобретаемого инструмента. Экономит деньги компании не только за счет лучшей организации и сокращения отходов, но и за счет повышения эффективности производства. А поскольку менеджер уже назначен (кто-то, кто также может предварительно настроить инструменты, тем самым обеспечивая эффективную загрузку станков), об инвестициях в инструменты для цеха будут лучше заботиться, они будут должным образом содержаться и соответствовать задачам.

В этой главе:

1. Печать деталей
2. Загрузка больших данных, Big Data
3. Полная автоматизация
4. Комбинирование функций
5. Легче и меньше

Глава 15. Десять потрясающих инструментов, подсказок и технологий

Когда я определенно решил, что результат стоит того, я иду только вперед и предпринимаю попытку за попыткой, пока не достигну его.

ТОМАС А. ЭДИСОН

Как и большинство аспектов современной жизни, производство стало довольно высокотехнологичным. Станки, которые были проще, чем газонокосилки с ручным управлением (помните их?) в течение прошлого столетия, теперь достаточно умны, чтобы самостоятельно настраивать свои собственные рабочие параметры, брать новый инструмент, когда старый затупится, или будить Вас ночью, если они думают, что возникла какая-то проблема.

Роботы работают рядом с нами, замедляясь или останавливаясь, если мы подойдем слишком близко, когда отправляем информацию об их состоянии и условиях работы на устройства, расположенные за тысячи километров. Сюда входят даже режущие инструменты, способные распознавать и автоматически корректировать нежелательные условия обработки, что, в свою очередь, снижает потребность в людях-операторах, одновременно повышая производительность и прибыльность цеха. В этой Главе рассматриваются некоторые из наиболее важных производственных технологий и как они меняют (или собираются изменить) производственный сегмент.



ПОМНИТЕ

Принимать все это числовое программное управление (ЧПУ) как должное? Подумайте об этом: всего пятьдесят лет назад, когда человек еще не ступил на луну, группа Битлз записывала альбом под названием «Оркестр клуба одиноких сердец сержанта Пеппера» (Sgt. Pepper's Lonely Hearts Club Band), а Соединенные Штаты активно принимали участие во вьетнамской войне, большинство токарных станков «программировали» с использованием механических кулачков и гидравлических клапанов. Существовало очень мало многоцелевых станков, оборудованных устройством смены инструмента, и большой процент операций фрезерования все еще выполнялся на консольно-фрезерных станках. Сегодня у нас есть полностью автоматизированное оборудование для обработки и изготовления деталей, способное производить их с некогда невообразимыми допусками, работать быстрее и с меньшими затратами,

чем можно было представить. Теперь представьте: чего мы достигнем через 50 лет?

Добавим сюда аддитивное производство

Давайте начнем с аддитивного производства, более известного как трехмерная печать. Некоторые отраслевые эксперты считают это производственным оружием века. В конце концов, эта технология, которой уже 30 с лишним лет, не стала доминирующим процессом изготовления деталей, как прогнозировали многие первые пользователи. По их словам, большие обещания сошли на нет, и вряд ли трехмерная печать окажет большое влияние на производство в течение вашей жизни или моей жизни. Как доказательство:

- Домохозяйства во всем мире не имеют на своей кухне трехмерных принтеров, готовых напечатать бластер или чашку эспрессо, как репликатор в саге Стар Трек (Star Trek), (хотя все больше домовладельцев теперь имеют трехмерные принтеры в своих гаражах и мастерских).
- Автосервисы не печатают запасные части, когда Вы заезжаете к ним на парковку, а универмаги не производят обувь для тенниса на заказ и прикроватные тумбы (пока).
- Кроме того, механические цеха не оценили по достоинству трехмерную печать деталей, как многие думали случится, вместо этого они предпочли делать детали «старым» способом (хотя многие движутся в направлении способом наложения).

Какое-то время я был солидарен с этими скептиками. Но возьмите любое профессиональное издание или поищите в Интернете последние новости о производстве, и вы увидите, что за последние несколько лет многое изменилось. Больше, чем любая другая технология производства, трехмерная печать развивалась стремительно с момента ее создания, особенно за последнее десятилетие или около того. Там, где когда-то трехмерные принтеры были способны ненамного больше, чем прототипы «покажи-и-назови» или ядра для демонстрации инвестиций (одна из их основных функций, в свое время), сейчас мало такого, что эти машины не могут сделать, и делают это все более выгодным и эффективным образом.

Допустим, в ближайшее время Вы не будете печатать новые украшения для газонов в трехмерном формате. И подавляющее большинство деталей для автомобилей и самолетов будут по-прежнему изготавливаться с использованием обычных технологий, по крайней мере, до тех пор, пока эти виды транспортировки не заменят чем-то лучшим (телепортацией, возможно). Крепежи, складные стулья, Фрисби и сельскохозяйственные приспособления – все, что очень большое, очень объемное или очень дешевое в производстве, останется, по крайней мере, в обозримом будущем, в традиционном мире производства.

Что изменится, так это производство деталей, которые трудно или даже невозможно механически обработать с помощью субтрактивных производственных процессов (то есть механической обработкой). Это потому, что аддитивное производство смеется над сложностью. Печать частей, напоминающих паутину, соты, морские ракушки и множество других «органических» форм, примерно так же сложны, как выигрыш в наперстки для мошенника.

Кого волнуют такие формы? Почему, любой, кто хочет сделать детали более прочными, легкими и простыми в сборке, делает это. Производители авиационных двигателей используют трехмерную печать для уменьшения количества деталей в сборках топливных форсунок (я говорю о важности сокращения количества деталей и дизайнера для

технологичности и сборки в Главе 9). Хирурги-ортопеды используют трехмерные принтеры для изготовления тазобедренных суставов и черепных пластин. Ювелиры создают индивидуальные кольца для пупка, а автопроизводители - прототипы аэродинамических частей корпуса. И вскоре, в течение моей жизни, люди будут печатать все, от монтажных плат и солнечных батарей на заказ, до жилых зданий и частей человеческого тела. Все еще думаете, что это чудо?



ТЕХНИЧЕСКАЯ
ИНФОРМАЦИЯ

Как правило, трехмерные принтеры работают, выстраивая детали по одному слою за раз, обычно снизу-вверх. Это достигается путем нарезания трехмерных моделей САПР (computer-aided design, CAD) на тонкие бумажные слои, а затем передачи координат этих форм на лазер или подвижное дозирующее устройство. Если первый слой отвержден или расплавлен с помощью лазера или ультрафиолетового света, то свежий материал распределяется по верху растущей заготовки, затем процесс повторяется. Каждый слой просто рисуется по одному за счет высокотехнологичной версии пистолета с горячим клеем, распределяющего материал по мере его поступления. Могут быть использованы смолы, отверждаемые ультрафиолетовым излучением, а также порошкообразный металл, такой как алюминий или нержавеющая сталь 17-4, и пластмассы инженерного класса, такого как акрилонитрил-бутадиен-стирол (АБС), нейлон и полиэфирэфиркетон (ПЭЭК). (См. Главу 4 для дополнительной информации об этих и других материалах.)

Бороздим Интернет вещей

Сколько раз Вы слышали о промышленной революции в старшей школе? Ничего, я тоже проспал тот урок. Оказывается, идет новая революция, которая обещает изменить все. Большинство людей называют это четвертой промышленной революцией (Industry 4.0), и в отличие от предыдущих революций, эта построена в основном на том, что мы не можем увидеть или потрогать - это данные. Это связано с тем, что данные (некоторые люди называют их «Большие данные», т.к. их так много вокруг) являются драйвером, определяющим Интернет вещей, известный как IoT.

Интернет вещей привел нас к множеству интеллектуальных устройств, которые уже ежедневно меняют жизнь людей. Эти устройства собирают данные и используют их для помощи своим хозяевам. Например, наши холодильники теперь могут сказать нам, что молоко заканчивается. Кондиционеры изучают наш рабочий график и автоматически охлаждают дом, перед нашим возвращением. Алекса знает, какая марка туалетной бумаги нам нравится, Гугл Хоум (Google Home) напоминает нам, когда забрать детей с футбольной тренировки, Сири рассказывает нам глупые шутки. И даже не уговаривайте меня начинать рассказ о всяческих автопилотируемых автомобилях.

Какое все это имеет отношение к механической обработке? Простое. Все эти передовые технологии оказывают влияние на то, как мы производим вещи, не говоря уже о том, что умные автомобили, смартфоны, умные холодильники и умные киоски в торговом центре предъявляют повышенные требования к людям, которые делают эти устройства, то есть к производителям.



ВАЖНЫЕ
ДЕТАЛИ

Для производителей интернет вещей (IoT) имеет дополнительную букву: IIoT. Это означает Индустриальный Интернет вещей. Какая между ними разница? На самом деле, не так уж большая. Оба полагаются на датчики, встроенные в сетевые устройства повсюду. Оба предоставляют огромные

объемы данных, которые полезны для определения тенденций и аналитики. Оба тайно сообщают об этом злой компьютерной сети, что..., извините, просто шучу. Действительно, IoT и IIoT - это в основном одно и то же, обещание повышения эффективности, снижение затрат и повышенная надежность продукта, за исключением того, что второй касается только производственных процессов. Подумайте о самоуправляемых вилочных погрузчиках, а не о машинах с автопилотом.

Например, большинство станочных инструментов намного умнее, чем камера безопасности с выходом в интернет, которую Вы установили в фойе в прошлые выходные. Они способны контролировать температуру шпинделя, вибрацию, силы резания, нагрузку на двигатель и множество других электромеханических и физических характеристик, которые влияют на функционирование станка, а затем сообщают об этом темному техноповелителю, находящемуся за тысячи миль.

Не совсем так, но они, тем не менее, могут предоставить удаленной системе программного обеспечения важную информацию, которая в свою очередь проанализирует и покажет, что происходит где-то тому, кто хочет это знать. Это может быть программист ЧПУ, который настроит траектории для более эффективной обработки. Это может быть специалист по техобслуживанию, которому необходимо знать, есть ли проблемы с подшипником или салазками. Это может быть бухгалтер компании, желающий знать, какая работа была проделана и почему она принесла убытки. Или это может быть менеджер цеха, который должен быть предупрежден, когда оборудование простаивает, дабы он мог кричать на кого-то, чтобы тот вернулся к работе.

Облачный взгляд

Многих чудес Интернета вещей (IoT) не существовало бы без облачных вычислений, одной из опор Промышленной революции 4.0 (Industry 4.0). Если последние несколько лет Вы провели, кочуя с палаткой по австралийским пустыням, Вы, возможно, сейчас ломаете голову над этим термином, но любой, у кого есть смартфон или компьютер, почти наверняка использует облако каждый день.

Что это? Если Вы поделились фотографиями о воссоединении вашей семьи на Мауи на Фэйсбук (Facebook), Вы использовали вычисления. То же самое в отношении подписчиков Офис 365 (Office 365), Дропбокс (Dropbox), Гугл Мэйл (Google Mail) и программного обеспечения для автоматизированных систем управления производством (АСУП), которое Вы вскоре сможете использовать на работе. На самом деле, в этом нет ничего особенного - просто подключитесь к нескольким серверам центра обработки данных (см. Рис. 15-1, чтобы посмотреть, как он выглядит) в Детройте или Батон-Руж, настройте безопасный способ доступа к ним, а затем привлечете кучу дорогих компьютерных фанатов, чтобы играть в Мир Уоркрафта (World of Warcraft), притворяясь, что следите за ними - это все облачные вычисления (просто шучу насчет фанатов).

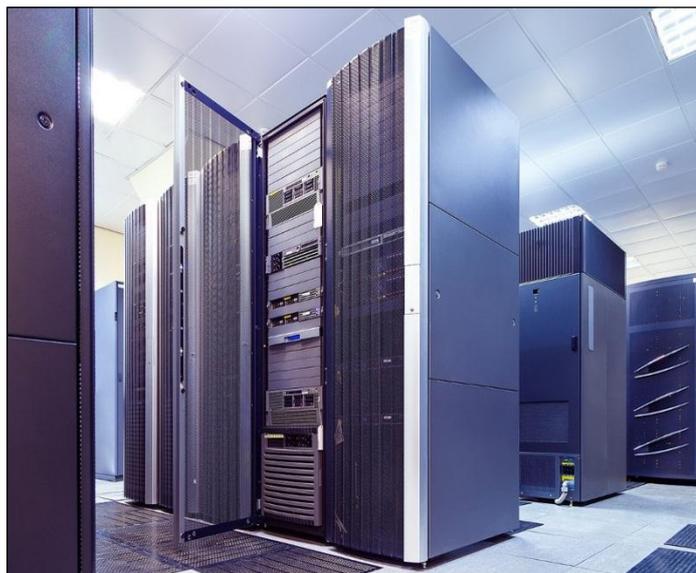


РИСУНОК 15-1: В центре облака находятся тысячи таких центров обработки данных. Они обеспечивают избыточность рабочей силы и безопасность, контроль окружающей среды и в значительной степени защищены от стихийных бедствий, и способствуют круглосуточному привлечению квалифицированных ИТ-специалистов, вооруженных новейшими инструментами и технологиями.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Третья опора табурета Промышленной революции 4.0. Она называется киберфизическая система, КФС (cyber-physical system, CPS). Если Вы смотрели какой-либо из фильмов о Терминаторе, вы, вероятно, прямо сейчас киваете головой. CPS подразумевает «умные машины», способные принимать решения на основе огромных объемов данных, которые стали возможными благодаря IoT. Это не сработало для Сары Коннор и ее сына, но это был просто фильм - все знают, что роботы с наших заводов не собираются восстать против нас и попытаться уничтожить человечество. Не так ли?

Облачные вычисления начинают играть большую роль в производстве. Одним из примеров является Облако Обработки (www.machiningcloud.com), компания, объединившая ведущих производителей режущих инструментов, креплений и держателей инструментов для предоставления электронных данных о продуктах своим пользователям. Больше не нужно искать размеры в бумажных каталогах. Больше не нужны перерисовки и моделирования в системе CAD. Предполагая, что используемые вами продукты доступны (или большинство из них), просто зайдите на веб-сайт или в приложение для планшета и начните загрузку соответствующих файлов.

Облако Обработки - не единственная платформа, для этого. По крайней мере, несколько его партнеров (а также один или два известных партнера, которые отказались присоединиться к клубу Облака Обработки) разработали свои собственные решения. Но каким бы ни был Ваш путь, все эти платформы позволяют сэкономить много времени. Что еще важнее, загружаемые электронные модели компонентов обработки устраняют риск случайной ошибки выбора размера резца или неправильной сборки держателя инструмента, которая может привести к плохим последствиям.

Но и это еще не все. Система автоматизированного проектирования и технологической подготовки производства, САПР-ТПП (Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing,

CAD/CAM), в которой Вы используете эти модели инструментов, также может находиться в облаке. Все больше поставщиков программного обеспечения «размещают» свои продукты в облаке, предоставляя клиентам большую гибкость и простоту использования без больших инвестиций, которые были до недавнего времени связаны с какой-либо программной системой.

Для большинства из этих провайдеров это решение с оплатой по факту (то есть по подписке), устраняющее необходимость в локальных серверах, обновлениях программного обеспечения или команде ИТ-специалистов, чтобы «кормить машину». Просто зарегистрируйтесь и вперед. Возможно, лучше всего, то, что начатую в течение дня работу можно взять на дом (о, Боже) или в гостиничный номер если говорить о командированном персонале. Все, что нужно, это подключение к Интернету и компьютер или интеллектуальное устройство. Вот что предлагает облако.

Автоматизация всего

Я говорил о роботах в Главе 8, но автоматизация цеха выходит за рамки готового к эксплуатации парка дроидов. Существуют также автоматические устройства смены поддонов и гибкие производственные модули (ГПМ), которые позволяют многоцелевым станкам работать без присмотра в течение нескольких часов или даже дней; на токарных станках кассетные питатели выполняют аналогичную функцию.

По своей сути, автоматизация сводится к одному: устранение потерь (более детально в Главе 16). В случае систем погрузочно-разгрузочных работ, потери и отходы

измеряются как время простоя оборудования, но доступно много инструментов, которые можно использовать для ликвидации различных видов таких потерь и отходов, как:

» **Отходы в процессе оценки:** программное обеспечение для автоматического анализа может исключить утомительные вычисления, необходимые для определения времени обработки и производственных затрат

» **Отходы при программировании:** полуавтоматические АСУП, облачные модели инструментов и моделирование траектории движения инструмента могут помочь избежать сбоев после того, как программа начнет работать в цехе.

» **Отходы во время настройки станка:** автоматизированные измерительные системы и ящик для инструментов могут передавать данные предварительной настройки непосредственно (и автоматически) на устройство управления станком.

» **Отходы в цехе:** можно избежать отходов, возникающих в результате того, что операторы сгребают стружку в мусорное ведро или сливают охлаждающую жидкость из резервуара СОЖ станка, потратив несколько долларов на конвейеры для стружки и системы управления охлаждающей жидкостью.

Кроме того, есть отходы ручного сбора данных на уровне цеха (устраняются с помощью компьютерных считывателей и считывателей штрих-кодов), отходы, вызванные неожиданной поломкой режущих инструментов (устраняется с помощью программного обеспечения управления жизненным циклом инструмента и управления процессом), затраты времени на измерение деталей (устраняются с помощью автоматизированных систем, таких как система визуального или координатного измерения), отходы упаковок для деталей.... Вы поняли идею.

Конечно, роботы и другие системы погрузочно-разгрузочных работ всегда будут представлять серьезную сложность в любой автоматизированной производственной среде, но важно признать, что в этой истории есть нечто большее, чем электромеханические роботы. Без поддержки форм автоматизации возврат инвестиций в автоматизированные станки будет ограниченным. Суть заключается в следующем: автоматизация любого вида экономит время (тем самым сокращая потери). Это автоматика.

Прокатиться на виртуальных американских горках

Это все еще из области научной фантастики, но совсем немного. В прошлом году я купил одно из этих устройств виртуальной реальности (VR) (virtual reality, VR) Гугл Кардборд (Google Cardboard), голографическую штуку, которая должна фиксироваться на передней части смартфона и позволять Вам заглядывать внутрь, как современный View-Master (очки виртуальной реальности, бренд), и кататься на виртуальных американских горках, наблюдая за виртуальными посадками на Луну. К сожалению, мне не удалось заставить чертову штуку работать. Я мельком увидел виртуальный «Титаник», погружающийся в глубины Северной Атлантики как раз перед тем, как сломался ремень, после чего Гугл Кардборд упал на землю, и линза разбилась.

Однако, мой опыт дал мне отличную идею. Что если бы операторы станков могли использовать шлемы виртуальной реальности VR, чтобы заглядывать в свои станки? Может быть, они могли бы просматривать рабочие инструкции и трехмерные модели САПР, проверять состояние режущего инструмента, редактировать программу или останавливать процесс - все это с удаленного дисплея, надетого на голову и управляемого виртуальными перчатками?

Оказывается, я не такой сумасшедший. Поставщики программного обеспечения, такие как Аутодеск (Autodesk) и Майкрософт (Microsoft) рассматривают возможность разработки инженерных систем с поддержкой виртуальной реальности VR. Автомобильный концерн Форд (Ford Automotive) использует VR для анализа конструкций своих автомобилей, а производитель систем защиты BAE Systems использует ее для ускорения процесса разработки продукции. За последние несколько лет некоторые университеты объявили о начале проектов моделирования машин на основе виртуальной реальности, один из которых предполагает, что программы ЧПУ однажды могут быть созданы с помощью жестов рук в мире виртуальной реальности. Наконец, одна из ведущих компаний, занимающихся производством материалов, недавно объявила о решении применить виртуальную реальность в штамповке. Будет неплохо следить одним виртуальным глазком за прогрессом в этой новой области технологий.

Переход на экологичное производство

Все заботятся об окружающей среде. В конце концов, когда я писал это, ледяной куб размером с Делавэр упал в океан, а на планете, где я живу, был самый жаркий июнь - третий год подряд. Верите ли Вы в глобальное потепление или нет, мало кто из нас будет спорить, что загрязнение и расточительность – это плохо, и что снижение нашего углеродного влияния является достойной целью.

Так считает все больше станкостроителей. Мало того, что их продукты становятся более энергоэффективными, но и их заводы - некоторые из них в последнее время были созданы с нуля с учетом окружающей среды. Для цехов, сосредоточенных только на изготовлении деталей за пределы установленной территории, энергия, потребляемая их станками с ЧПУ, вероятно, не самая острая проблема; кого волнует, сколько киловатт-часов было потрачено на их изготовление?

Тем не менее, расходы на электроэнергию увеличиваются, особенно для цехов с десятками станков, работающих круглосуточно. И если в цехе поддерживается постоянная температура воздуха и уровень влажности (то, что должны соблюдать все механические цеха), то ежемесячный счет, вероятно, вызовет расстройство даже у самого расточительного владельца такого цеха. Возможно, у Вас нет денег прямо сейчас, чтобы заменить старые энергоблоки более эффективными, но Вы можете подумать об

использовании солнечной энергии - на крыше здания есть много места. По крайней мере, содержите оборудование в хорошем рабочем состоянии.

Однако, переход на экологичное производство — значит упускать из виду прибор учёта электрической энергии. Смазочно-охлаждающая жидкость для резки должна регулярно заменяться, сводя к минимуму необходимость в ее переработке или дренаже (да, многие органы местного управления по-прежнему разрешают утилизировать рН-нейтральные и водорастворимые жидкости для металлообработки таким образом). Стружка должна оставаться разделенной между процессами обработки, не допуская попадания стружек алюминия в сталь и стальных в титановые, а затем подвергаться сухому прессованию и уплотнению перед переработкой. Наконец, используйте масло на растительной основе, где требуется смазочно-охлаждающее масло (например, для швейцарских станков и протяжных станков), а не масло с серой и хлором. Ваши внуки будут Вам благодарны.

Облегчая мир

Я упоминал о природосберегающей технологии ранее в этой Главе. Облегчение процессов является неотъемлемо важной ее частью. Цены на топливо были довольно низкими последние пару лет, но все знают, что в какой-то момент они вернуться на прежний уровень, возможно, нагонят свое. Добавьте к этому озабоченность в связи с глобальным потеплением, загрязнением воздуха и воздействием на окружающую среду технологии добычи сланцевого газа путем гидравлического разрыва пластов и оффшорного бурения, и это означает одно: самолеты, поезда и автомобили должны стать легче и оптимизированы по расходу топлива.

Механические цеха, как правило, не вносят непосредственного вклада в движение по облегчению всего, хотя они определенно чувствуют свое влияние, и часто не в хорошем смысле. Правда, более легкие автомобили используют больше деталей, изготовленных из алюминия, легкого в обработке (да!), но они также используют множество деталей, изготовленных из стали и железа.

Постойте! Как относительно тяжелые металлы, как двухфазная сталь или плотный железографитовый материал, делают автомобили легче? Поскольку они по объему прочнее, чем их традиционные аналоги, можно использовать меньше материала. Аналогичный эффект ощущается в аэрокосмической промышленности, где используется все большее количество абразивных композиционных материалов на основе углеродного волокна, а также обычных аэрокосмических составляющих, титана и инконеля. Все перечисленное тяжело поддается обработке. Добавьте к этому растущее число металлических аэрокосмических деталей с трехмерной печатью, большинство из которых требуют дополнительных операций механической обработки, но, как правило, их трудно удерживать из-за их сложных форм и иногда хрупких конструкций. Результат? Механическая обработка будет только усложняться, в то время как машины и самолеты становятся легче.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Если Вы когда-нибудь пытались удивить своего свекра в день его рождения, установив универсальный держатель удочек Биг Джон (Big Jon) на планширь его рыбацкой лодки из стекловолокна, то могли обнаружить, что просверленные отверстия вскоре раскололись и треснули, и это заметно расстроило свекра, а Вы уже начали переживать о будущих приглашениях на озеро в сезон ловли окуня, так что Вы знаете, что такое расслаивание. Это один из основных режимов отказа, с которым сталкиваются работники аэрокосмической промышленности при обработке пластика, армированного

углеродным волокном (carbon fiber reinforced plastic, CFRP), который по своему составу аналогичен стекловолокну. Мораль этой печальной истории заключается в том, что каждый, кто делает отверстия в рыбацких лодках или коммерческих самолетах, должен использовать специальный тип инструмента, разработанный специально для этого абразивного, но, благодаря легкому весу, - все более популярного материала. Избавляемся от бумажек

Избавляемся от бумажек

Помимо очевидных причин, таких как сохранение красивых лесов и чистого воздуха для дыхания, есть много других причин, по которым следует обходиться без бумаги. Это в той же степени касается механических цехов и производителей, как ресторана быстрого питания через улицу. Бумага, попросту бессмысленна (за исключением книг «Для чайников»). Вот почему:

» **Контрольная ревизия:** независимо от производственной среды, продукта, технические характеристики часто меняются. Так же меняются рабочие инструкции, процедуры качества, даты отгрузки и так далее. Обновление этой информации намного проще, если Вам не нужно таскать стопки бумаги по цеху.

» **Безопасность документов:** большинство цехов рассматривают внутреннюю документацию, такую как схемы и рисунки конфиденциальной. Даже если они этого не делают, почти наверняка это делают заказчики. Что мешает недовольному работнику или корпоративному шпиону уйти с кучей ценной информации?

» **Аварийное восстановление:** здание сгорело прошлой ночью? Неприятная ситуация. Вам нужно не только начать стройку заново, но и восстановить документацию по качеству для рабочего процесса, рукописные заметки по технологическому маршруту, упаковочные реестры – ведь все исчезло. Не лучше ли оцифровать все эти данные в эфемерную форму информации и хранить ее на резервном сервере до того, как начнет что-то гореть? Это сэкономит месяцы на реконструкцию.

» **Поиск и замена:** допустим, Вы только что получили телефонный звонок от клиента. Она хочет обновить спецификации в каждой инструкции по сборке от ревизии В до ревизии С. На документ ссылаются по каждому чертежу и рабочую инструкцию на заводе. Поиск бумаг займет у Вас недели работы и возрастающее беспокойство, что вы, возможно, не все нашли. А как на безбумажном производстве? Работа на пол часика.

» **Экономия места:** Любой, кто хранит дорожные чеки, квитанции об отправке, копии счетов и т.д. знает: они занимают много места. А если нужно найти что-то во всех этих коробках? Удачи. Разве Вы не предпочли бы отсканированные копии всей вашей важной документации, сохраненной на жестком диске (или хранящимися в облаке), доступные знающему пароль?

» **Экономия затрат:** Это важный момент. Бумага стоит денег. Не только цена, которую Вы заплатили за стоимость акров мертвых деревьев, но и деньги, потраченные на принтеры, картриджи с тонером и ИТ-специалистов для управления всем этим, не говоря уже о расходах на утилизацию отходов и резку листов. Допустим, электронное хранилище не бесплатно, но оно гораздо дешевле, чем бумажная альтернатива.

Если Вы сейчас прониклись преимуществами небумажного производства, но не знаете, как на самом деле достичь этого, то это проще, чем Вы думаете (хотя, вероятно, будут некоторые первоначальные издержки). Давайте начнем с утверждения очевидного: всем понадобится компьютер, ноутбук или планшет. Может быть, не свой собственный, но, безусловно, каждому нужен будет доступ к нему.

Кроме компьютера Вам также понадобится беспроводная сеть. Не стоит экономить на этом, покупая пару роутеров по 50 долларов из местного магазина канцелярских товаров, поскольку нет более быстрого способа запороть Ваш новенький проект по безбумажному производству, если Вы пользуетесь слабым сигналом Wi-Fi; наймите профессионала для установки надежной беспроводной сети.

Вам понадобятся сканеры документов, особенно в зоне доставки и получения материалов. Вам может понадобиться какое-либо новое программное обеспечение для создания переносимого формата документа (PDF) или эквивалентных файлов. Вероятно, Вам понадобятся новые учетные записи пользователей для сети, а может быть, для вашей системы планирования ресурсов предприятия (ПРП) или управления данными о продуктах (PDM), в зависимости от того, где Вы все храните.

И Вам определенно понадобится тренировка. Не каждый такой компьютерный спец, как Вы и я, и без интенсивного обучения Вашего персонала, с последующим подписанием соглашения «да, я понял, теперь дайте мне вернуться к работе», некоторые из команды обязательно найдут способ вывести из строя технику.

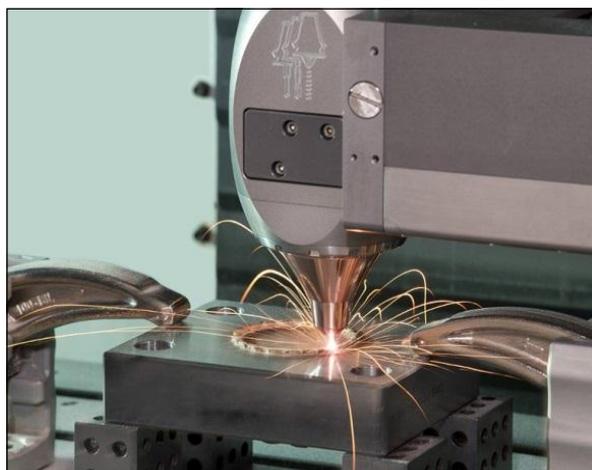
Как только Вы разберетесь со всем этим, избавьтесь от принтеров, так как наверняка найдутся некоторые твердолобые, которые просто не могут жить без бумаги. Удаление принтеров устраняет любой соблазн. Это также сокращает расходы из ИТ-бюджета (ИТ-менеджер может не согласиться, но это правда). Звучит страшно? Может быть и так, хотя все, наверное, думали, что первый станок с ЧПУ тоже был страшным.

Гибридное веселье

Обычно токарные станки обрабатывают, фрезерные станки фрезеруют, принтеры печатают, и это все, что они делают. Но ситуация начала меняться пару десятилетий назад, когда умные конструкторы станков начали добавлять фрезерные приставки и вспомогательные шпиндели в токарные станки с ЧПУ, после чего последовали шпиндели с централизованной обработкой и фрезерные оси. Внезапно количество операций, необходимых для завершения выточенных деталей, резко сократилось.

Гибридизация станков продолжалась быстрыми темпами. Недавние примеры включают механизированные центры, оснащенные головками для трехмерной печати или наплавки, токарные станки с возможностями шлифования и фрезерования и лазерные головки на токарных станках швейцарского типа. Цель этих станков не изменилась с первых дней фрезерных токарных центров - обработка деталей за минимально возможное количество операций (см. Рис. 15-2), даже несмотря на то, что общее число операций обработки теперь значительно возросло.

РИСУНОК 15-2: Устройства для лазерного покрытия, такие как головка нанесения оболочки AMBIT™ от Hybrid Manufacturing Technologies, часто используются для «армирования» деталей, на которые поочередно наносится тонкий слой металлического порошка, обрабатываемый интегрированной лазерной системой перед укреплением каждого слоя или слоев



Это важно по нескольким причинам. Для начала, меньшее количество операций означает меньшую обработку, снижение трудозатрат. Также требуется меньше приспособлений для сборки, что дополнительно снижает стоимость производства и время выполнения заказа. Это означает меньше работы в процессе или меньше случаев незавершенного производства, НзП (work-in-progress, WIP), это то, что рад видеть любой владелец механического цеха или его бухгалтер. Это связано с тем, что низкий уровень незавершенного производства (WIP) означает более высокую пропускную способность, большую гибкость и меньший риск того, что детали будут повреждены или устареют в ожидании завершения. Наконец, и это важно, выполнение деталей в одной или двух операциях повышает качество детали, поскольку устраняет неизбежные неточности, которые возникают при каждой загрузке детали в держатели заготовок.

Тем не менее, существует несколько недостатков. Скорость удаления металла на гибриде почти всегда ниже, чем на специализированном оборудовании; Производительность фрезерования даже на самом лучшем токарном станке, оборудованном вращающимся инструментом, не может конкурировать с таковой у многоцелевого станка эквивалентного качества (или в некоторых случаях даже более низкого). А поскольку гибридные станки имеют несколько возможностей, нередко можно увидеть, что некоторые из них бездействуют (возможно, из-за шпинделя), в то время как операция выполняется в другом месте (например, на главном шпинделе). Минимизация этого простоя называется балансированием, и это важный аспект эффективной многозадачной работы станков.

Гибридные станки также (относительно) дорогие. Один супер-станок может стоить в два-три раза дороже, чем менее сложный станок. Тем не менее, для меньших количеств и сложных деталей может потребоваться одинаковое количество креплений для заготовок, гибридные и многоцелевые станки не представляют собой какой-либо сложности. Гибридные станки не только повышают гибкость и качество деталей, но и способствуют удовлетворению потребностей клиентов, которые хотят быструю поставку деталей, без каких-либо длительных сроков или затрат на инструмент, связанных с традиционными станками. Для тех читателей кто заняли выжидательную позицию по поводу такого оборудования (и при условии, что у них есть подходящая работа, чтобы чем-то заниматься), пришло время сделать скачок.

Тенденция к уменьшению: устройства МЭМС и другие крошечные элементы

Запчасти становятся все меньше и меньше. Например, медицинские компоненты, такие как артериальные стенты, гипотубы, катетерные стержни и направляющие провода, миниатюрные винты и штифты - это всего лишь некоторые микрочастицы, изготавливаемые каждый день, многие, из которых изготовлены из твердого кобальта, хрома и титана, и обычно на винтовых станках с ЧПУ продольного течения. Электронные компоненты также являются кандидатами на «уменьшение», как и детали, используемые в микроструйной автоматике.

Традиционные режущие инструменты (хотя и очень маленькие) могут быть изготовлены примерно до 0,001 дюйма в диаметре (0,025 мм), и даже намного меньше. Тем не менее, чем мельче изделие, тем оно дороже и более подвержено поломкам. Вот почему ЭЭО (электроэрозионная обработка) и особенно лазеры часто используются для обработки очень мелких деталей. Опять-таки, гибридные станки, способные производить детали за одну операцию, довольно популярны в этой микрообласти, так как нецелесообразно создавать приспособления для вторичной обработки деталей, меньших, чем рисовое зерно.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Одним из самых больших препятствий для микрообработки является частота вращения шпинделя. Как я упоминал в этой книге, достижение правильной скорости поверхности для любого конкретного материала является необходимым условием для достижения хорошего срока службы режущего инструмента и качества детали. Сложно, когда инструменты меньше, чем швейная игла. Например, вращение концевой фрезы диаметром 1 дюйм при средней скорости резки 300 SFM (футов поверхности в минуту) требует только 1200 об/мин. Но для достижения той же скорости резания на 0,010-дюймовой концевой фрезе требуется 120 000 оборотов в минуту, что намного больше, чем это доступно на большинстве станков. Если у Вас нет головки регулировки скорости (пневматического или вспомогательного шпинделя с электроприводом, о котором я рассказывал в Главе 8), будет очень сложно сделать что-либо, кроме поломки режущего инструмента.

Увеличивающийся процент микрочастиц вообще не обрабатывается. Они изготавливаются с использованием тех же процессов гравировки и осаждения, которые используются для изготовления полупроводников. Эти ультра-миниатюрные нанотехнологические устройства известны как МЭМС (микроэлектромеханические системы), и без них IoT даже не существовало бы. Устройства МЭМС используются в гироскопах, акселерометрах, датчиках давления и микрофонах, в различных продуктах. У них есть крошечные части, которые перемещаются под воздействием сигналов и передают эту информацию на встроенное программное обеспечение и другие типы интегральных микросхем, которые, в свою очередь, отправляют информацию в облако. Датчики МЭМС контролируют частоту сердечных сокращений в кардиостимуляторах, сообщают Вашему автомобилю, когда следует активировать подушки безопасности, или предотвращают Ваш беспилотный летательный аппарат, оборудованный камерой GoPro (GoPro), от аварии в бассейне соседа.

В этой главе:

1. Деятельность оператора
2. Получение сертификата
3. Сохранение в целостности и сохранности
4. Вертикальные рынки
5. Нарушение всех правил
6. Установка профессионала
7. Отказ от статуса КВО

Глава 16. Десять подсказок для успешной механической обработки

Один станок может выполнять работу пятидесяти обычных рабочих. Ни один станок не может сделать работу одного неординарного человека.

ЭЛБЕРТ ХАББАРД

Я надеюсь, что эта книга убедила, по меньшей мере, нескольких сделать карьеру на производстве, отказавшись от своих медицинских карьерных планов или надежд на успех в Голливуде. Это здорово, потому что, не считая вечеринки после церемонии Оскара, быть механиком гораздо приятнее, чем быть актером, даже если Вам удастся стать следующим Леонардо Ди Каприо или Умой Турман и сниматься в блокбастере, который соберет миллиарды долларов в прокате. Да кому нужна эта публичность, психически неустойчивые сталкеры и аляповатые обложки таблоидов? И по сравнению с получением докторской степени, работу с механическим станком легче изучать, и стоит такое обучение гораздо дешевле.

Для тех из Вас, кто уже работает в нашем ремесле, возможно, Ваш дух механической обработки возродился при мысли обо всех крутых технологиях, о которых Вы читаете в этой книге. Возможно, Вы думаете о создании собственного цеха или, по крайней мере, об убеждении своего босса инвестировать в какое-то новое оборудование, инструменты или программное обеспечение. В любом случае, в этой Главе обсуждаются некоторые вопросы, которые операторы (и их работодатели) должны иметь в виду, поскольку сталкиваются с ними повседневно, особенно если хотят быть хорошими гражданами такого механизированного сообщества.

Обработка – это не ругательство

Попросите любого владельца цеха описать его или самое большое препятствие для роста компании, и девять из десяти скажут одно и то же: поиск квалифицированных людей. По какой-то причине механическая обработка за последние несколько десятилетий стала менее популярной как выбор профессии, несмотря на растущий спрос, появление лучших технологий и более высокую заработную плату.

Поиск в Гугле информации о заработной плате операторов в 2017 году показывает, что ее средний размер в Соединенных Штатах приближается к 50 000 \$ в год, что значительно больше, чем у фотографов, медицинских специалистов, тренеров по фитнесу и бальзамировщиков. Допустим, Вы не сможете носить спандекс или гримировать покойных для скорбящих родственников, но механическая обработка - это хорошо оплачиваемая, полезная карьера, где Вы сможете производить крутые детали и играть с роботами.

Для тех, кто стремится к повышению мобильности, механическая обработка является воротами для еще более сложных карьерных устремлений, таких как программирование станков, разработка приложений или технологий производства, разработка инструментов и штампов, продажа оборудования или даже самостоятельное ведение бизнеса. Вопреки тому, что говорят СМИ, все производственные работы не перешли в Китай. Да, детали дешевле производить в странах с низкими затратами на рабочую силу, но те компании, которые пробовали выбирать детали исключительно на основе цены часто (и мучительно) обнаруживают, что старая поговорка «ты получаешь то, за что платишь», совершенно верна.

В результате многие из продуктов, которые производили за пределами страны в течении последних лет, в настоящее время начали производить у себя в стране. Специалисты по закупкам, уставшие от длительных сроков поставки и сомнительных обещаний, закупают все больше деталей на этой стороне океана. Качество трудно контролировать, когда детали изготавливаются за тысячи миль, а поздние ночные или ранние утренние встречи для разрешения жалоб становятся нормой. И потребители признают, что «покупать местный продукт» лучше для них и их соседей. Короче говоря, производство возвращается, живете ли Вы в Милуоки или Миннеаполисе, Аламеде или Сан-Антонио.

Итак, забудьте о том, что вы, возможно, слышали. Механическая обработка - это высокотехнологичная, чистая и прибыльная профессия. Если Вы заинтересованы в механической обработке (что, безусловно, должно быть, так как Вы читаете эту книгу) и у Вас есть хоть немного способностей в механике, есть большие шансы, что Вы можете найти цех, где будут готовы принять Вас на работу. Если Вы думаете о колледже, но не знаете, кем хотите стать, когда вырастаете, пропустите основную философию и не думайте об обременительных студенческих займах и отправляйтесь в ближайший технический колледж. Если Вы уже опытни и ищите лучшую работу, начните стучать в двери. Дело в том, что водичка теплая. Окунитесь.

Назад в школу: сертификация

Возможно, лучший способ стать одним из квалифицированных работников, упомянутых в предыдущей Главе, это обучение в профессионально-техническом заведении. Например, школа и я никогда не ладили друг с другом, и после окончания средней школы я прошел достаточное количество обучений по местной программе механической обработки, чтобы найти работу в механическом цехе. Но с мудростью, достигнутой за последние 40 лет, я могу честно сказать, что мой папа был прав, и я должен был продолжать обучение в школе. Это дало бы мне больше возможностей для

трудоустройства, чем «оператор подъемника», из-за которой я каждую ночь благоухал смазочным маслом на основе серы и покрывался неприятной сыпью на руках. Тем не менее, нет худа без добра, благодаря постоянному дерганью рычагов, мои бицепсы действительно накачались, что имела возможность оценить моя супруга.

В любом случае, все хорошо, что хорошо кончается (еще одна любимая пословица моего отца). Продвигаться вверх по лестнице - не самый плохой способ освоить профессию, хотя для этого требуются пылкий ум, достаточное терпение и способность мириться с криками и недовольством коллег из фрезерного отдела, когда моя квалификация берет надо мной верх, запустив деталь из моего станка в полет.

Общество инженеров-технологов (Society of Manufacturing Engineers, SME) говорит, что средний рабочий в США зарабатывает более 77 000 \$ в год, но менее 40% родителей детей школьного возраста считают, что производство - это хорошо оплачиваемая профессия. А Национальная ассоциация производителей (National Association of Manufacturers, NAM) говорит, что в течении следующего десятилетия откроются 3,5 миллиона рабочих мест на производстве, но 2 миллиона останутся невостребованными из-за нехватки работников. Все еще думаете, что степень бакалавра искусств, которую Вы преследуете, является хорошей идеей?

Для тех из Вас, кто предпочел бы избежать мук обучения на работе, существует множество других вариантов. Помимо уже упомянутых профессионально-технических заведений (большинство из которых предлагают отличные одногодичные программы), существует ряд онлайн-классов:

» Общество инженеров-технологов предлагает серию учебных материалов Tooling-U SME. К ним относятся занятия под руководством инструктора и самостоятельное обучение, электронные книги и видео по запросу, а также признанные в отрасли сертификаты для демонстрации достижений.

» Национальный институт металлообработки (National Institute for Metalworking Skills, NIMS) работает с вузами, профессионально-техническими центрами, местными колледжами, станкостроителями и другими для предоставления аккредитации, определяет стандарты и полномочия, по которым оцениваются учащиеся, и помогает в обучении.

» Изготовитель станков Сеть HTEC Haas Automation (Центр технического образования Haas) сотрудничает со школами и преподавателями, предоставляя им оборудование, программное обеспечение и материалы. А Фонд Джина Хааса инвестирует миллионы стипендий и грантов на различные отраслевые образовательные программы.

Одним из бенефициаров Фонда Джина Хааса (а также других отраслевых партнеров) являются Семинары для Военнослужащих (Workshops for Warriors, WFW), некоммерческая школа, базирующаяся в Сан-Диего.

Школа предлагает 16-недельные курсы механической обработки и сварки для переподготовки военнослужащих. Ее цель? «Восстановление американского производства с выпуском одного обученного ветерана за раз».

И это только верхушка айсберга. Признавая, что производство не может быть успешным без квалифицированных работников, школы по всей Северной Америке вместе с производителями станков, поставщиками программного обеспечения и инструментов и множеством производственных компаний разработали план, предлагая деньги, время и знания в усилия по развитию будущих талантов. Это действительно хорошее время для

вступления в производство.



СОВЕТ

Вы можете быть хозяином положения в своем цеху, но помните: всегда есть чему поучиться (и другие специалисты наступают на пятки). Производство - это глубокая, постоянно меняющаяся тема, и никто не справлялся со всем этим за один раз. Если Вы не посещаете онлайн-уроки, не посещаете семинары или, по крайней мере, не читаете книги и производственные публикации, - Вы отстаете. И сказать, что Ваша компания не платит за это, не оправдание. Начнем с того, что Вы вряд ли получите работу, если будете жаловаться и сидеть сложа руки. Во-вторых, есть много бесплатной или почти бесплатной информации - подпишитесь на журналы, купите книгу для чайников или возьмите несколько заочных курсов на свои 10 центов. Просто учитесь. Вы не пожалеете об этом.

Оставаться экономичным

Экономичное производство не является чем-то новым. Многие говорят, что оно было создано вскоре после Второй мировой войны, когда японский промышленный инженер Тайити Оно вместе с коллегой Шигео Синго разработал систему производства Тойота (Toyota Production System, TPS). Другие говорят, что Тайити просто перенес идею о конвейерной сборке Генри Форда на следующий логический уровень.

Как бы то ни было, люди пытались повысить эффективность своих производственных процессов со времен Эли Уитни, и если Вы хотите стать ценным работником механического цеха, Вы должны попытаться сделать то же самое. Оно начинается с устранения отходов и потерь, которые в терминологии бережливого производства «Lean» называются «муда». К ним относятся:

» **Транспортировка** (перемещение груза без необходимости создает риск его повреждения или потери)

» **Инвентаризация** (слишком много материала, слишком мало материала или слишком поздний материал - все это затраты компании)

» **Движение** (движение людей и машин без необходимости, например, слишком длинный путь за инструментами и неэффективные программы числового программного управления)

» **Ожидание** (также известное как незавершенное производство, НзП, которое в механическом цехе означает частично завершенные детали, ожидающие следующую операцию)

» **Перепроизводство** (изготовление слишком большого количества деталей или частей, которые слишком рано имеются в наличии для предложения клиенту)

» **Превышение производства** (механическая обработка с большей точностью, чем требуется на чертеже)

» **Дефекты** (это не сложно; лом или дефектные детали – плохой показатель для всех работников)

Если Вы ищете простой способ запомнить все это, просто посмотрите на первую букву каждого слова. Они произносятся ТИДОППД (TIMWOOD – Transport, Inventory, Motion,

Waiting, Overproduction, Over processing, Defects). Конечно, и другие «муда» были идентифицированы с первых дней TPS (получение полного продукта), в особенности Навыки (то есть, не применение навыков, которые каждый из нас приносит на работу каждый день), таким образом, расширив акроним до ТИДОППДН (TIMWOODS. «S»- Skills). В любом случае, это удобный способ запоминания «смертных грехов» производства отходов.

Основатели экономичности давно находятся на огромной заводской площадке на небесах, но многие другие переняли ее эстафету и стали идти вперед вместе с ней, и сегодня метод экономичного производства (Lean manufacturing) представляет собой всеобъемлющую систему усовершенствования цехов. Она включает в себя поставку продукции точно в срок (just-in-time, JIT), замена инструмента за одну минуту (single-minute exchange of die, SMED), планирование гибкого типа (Kanban), сокращение дефектов, ведущее к улучшению процесса (Six Sigma), проектирование для производства, о котором я говорю в главе 9 (design for manufacture, DFM) и многое другое.

Хотите ввести экономичное производство, но не знаете, с чего начать? Первый шаг - подобрать книгу на эту тему. Поищите в Гугл поиске «экономичное производство - Lean», который выдаст тьму тьмущую консультантов, тем не менее, наем одного из них не является обязательным условием для внедрения Lean (некоторые из них не согласятся правда с этим). Семинары об экономичности, советы от клиентов и цехов и даже просто в Интернете есть масса информации об кономичном производстве - так чего же Вы ждете? Станьте «Lean».

Развитие вертикальных рынков

Жизнь в цеху была когда-то намного проще. Механические цеха обрабатывали детали, а производственные цеха их изгибали, формовали и сваривали. Но многие производители комплексного оборудования (original equipment manufacturers, OEM) и их поставщики Tier I и Tier II очень неохотно покупают из множества источников. Им нужен один источник (на самом деле, пара отдельных источников), из которого можно купить их детали.

Дело не просто в преимуществе приобретения товаров или интегрированных служб от одного поставщика (хотя, безусловно, часть этого). Удовлетворение своих производственных потребностей из одного источника - это разумно. Если все сделано правильно, это упрощает процесс закупки и сокращает сроки поставки продукции. Укрепляет отношение между клиентом и поставщиком. Инженерный персонал с каждой стороны с большей вероятностью будет сотрудничать друг с другом, увеличивая вероятность улучшения продукта и снижения связанных затрат.

Однако проблема уже давно заключается в возможностях и навыках. Механические цеха, как правило, не принимают листовой металл, у них нет листоштамповочного прессы или револьверного пуансона (хотя все большее применение находит оборудование с водоструйной и электроэрозионной обработкой [ЭЭО]). Практически все производственные цеха имеют, по крайней мере, некоторые возможности обработки, необходимые для работы инструмента и штампов – раскрутка специальных винтов или фрезеровка корпусов не представляет особой сложную работу. А что насчет обычного токарного цеха с ЧПУ?

Маловероятно, что такой цех способен производить какие-либо детали из листового металла, не привлекая соседний производственный цех.

Мораль этой истории проста: наиболее успешными являются (или скоро будут) те цеха, которые охватывают все виды металлообработки (а также вспомогательные процессы, такие как гальваническое покрытие, покраска, порошковое покрытие и сборка). Они научились перехватывать клиентов и стали искусны в обоих видах производства, стружковом и без, включая трехмерную печать, которая продолжит свое быстрое распространение как технология производства деталей для конечного использования. Это означает, что будущие компании по производству металлоконструкций будут предлагать возможности для гибки, формовки, штамповки, а также механической обработки, гарантируя рентабельное производство и своевременную доставку качественных продуктов любому нуждающемуся покупателю.

Использование инструментов быстрее и дольше

Если Ваш поставщик режущего инструмента (или держателя инструмента или заготовок) не представил каких-либо рекомендаций по применению всех единиц оборудования, которые Вы приобрели за последний год, возможно, пришло время искать нового поставщика (или, по крайней мере, нового продавца). Успешное сотрудничество со своими поставщиками - это только один из многих способов одержать верх над конкурентами, будь то соседний цех или зарубежный.

Было время, механик мог найти любую необходимую информацию по резке в Руководстве по использованию механического оборудования, единственной книге (помимо Механической обработки для чайников), которую все, кто замешан в механической обработке, должны иметь в своих ящиках с инструментами, на своих столах или в выдвижном ящике своей прикроватной тумбы.

Не поймите меня неправильно; в Справочнике все еще есть масса полезной информации, данные о скоростях и глубине разреза, но темпы изменений в производстве режущих инструментов значительно возросли в последние годы, и лучший источник такой информации в большинстве случаев – это информация от самих поставщиков. Это они держат армию работников-эльфов, которые работают в секретных камерах глубоко под землей, разрабатывая и тестируя новые марки, геометрии и покрытия. И в подходящее для них время могут выпустить в свет свое последнее детище в области станочной обработки, вместе с чертовски полезными советами о том, как добиться от оборудования максимальной производительности. Конечно, если бы каждый просто соблюдал то, что ему рекомендовал продавец, или приобрел то, что ему рекомендовали приобрести, все цеха были бы одинаковыми. Где будет конкурентное преимущество? Вот почему Вы всегда должны следовать рекомендациям поставщика режущего инструмента, пока не будет разработан устойчивый процесс, а затем можно будет отложить в сторону то, что Вам рекомендовали и начать экспериментировать, совершенствуя производство.

Никто не будет обижаться. У продавцов толстые шкуры - иначе они бы не продержались долго в своем деле. Вы даже можете пригласить их остаться, пока Вы как «сумасшедший ученый» изучаете процессы удаления металла. Суть здесь в том, чтобы определить предел прочности инструмента - даже доводя до поломки - и затем немного

отступить.

Не делайте это как попало. Тестирование любой новой технологии должно быть проведено с научным подходом. Документируйте каждое небольшое изменение параметра и записывайте результаты. Отслеживайте срок службы инструмента и чистоту поверхности, какие держатели инструмента использовали, как держали заготовку, как звучал станок и все другие мелочи, которые операторы иногда принимают как должное.

И если все идет коту под хвост (как это часто бывает), Вы не должны просто предполагать, что лучше всего замедлить работу инструмента. Иногда лучший способ прекратить вибрацию или сократить нарост на кромке - это доключить инструмент. Увеличьте скорость подачи на 10 процентов. Попробуйте немного больше оборотов. Поменяйте местами эту последовательность и начните все сначала. Конечно, все это тестирование занимает ценное время оператора. Но все это должно быть сделано рассудительно. Если запчасти должны быть в пятницу, сейчас не время начинать тестирование новейшего многофазного покрытия. Но делайте, то что должны, чтобы идти вперед. И помните: записывайте, записывайте, записывайте.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Постулат «будь всем, кем можешь быть» в металлообработке не должен пониматься буквально. Зачем тратить час на точную настройку процесса обработки, если такая работа занимает всего два часа? Зачем искать инструмент, который обеспечивает на 10 процентов больший срок службы инструмента, выполненного из сплава инконель (или тратить дополнительные деньги на него), если повторение заказа не предвидится. До тех пор, пока Вы имеете приличный срок службы инструментов, хорошее качество детали и можете предсказать, когда инструмент выйдет из строя, нет никаких оснований искать супер-инструмент, конечно же, не в краткосрочной перспективе, работа во многих цехах довольно разнообразна. Таким образом, хорошим выбором будет универсальный инструмент хорошего качества (разве что цех простаивает и вам больше нечего делать как тестировать режущие инструменты). Инновация - это баланс между необходимостью, логикой и стремлением сделать процессы более эффективными. Делайте свой выбор мудро.

Хранение деталей и инструментов

В предыдущих Главах было много материала о «самоблокирующихся» держателях инструментов и советы по держателям заготовок. И они действительно хороши - в конце концов, никто не хочет, чтобы по цеху были разбросаны детали или режущие инструменты. Но важно помнить, что, как и любая механическая система, инструменты должны храниться и использоваться правильно для обеспечения эффективности работы.

Рассмотрим рабочие тиски оператора. Я обычно не рекомендую их, за исключением самых простых потребностей, связанных с работой, и только тогда, когда они прикреплены к быстросменной подложке. Но если Вы хотите их использовать, держите их в чистоте, слегка смазанными и правильно отрегулированными. Избавьтесь от параллельных устройств (небольших полос из закаленной стали, используемых для подъема деталей на

необходимую высоту обработки), используйте ступенчатые губки или кулачок из мягкого металла в случае дополнительных операций. Если Вы не можете позволить себе гидравлические или пневматические тиски, то во всех случаях применяйте динамометрический ключ и прикладывайте постоянное, достаточное давление, чтобы удерживать детали на месте (чтобы определить значение, используйте циферблатный индикатор, чтобы следить за подъемом кулачка при затягивании тисков).

То же самое относится и к фрезерным держателям - держателям для токарных станков, оправок и цанговых патронов. Содержите их в чистоте и проверяйте наличие в них сколов и износа на скользящих поверхностях. Небольшое количество смазки следует наносить на резьбу и другие движущиеся поверхности (за исключением тех редких случаев, когда производитель инструмента этого не рекомендует). Как упоминалось ранее, всегда используйте динамометрический ключ (а не хорошо откалиброванный рычаг), чтобы затянуть детали.

Еще одна вещь: не игнорируйте шпиндель на Вашем токарном станке или многоцелевом станке. Конус и держатели инструмента должны быть чище вашего обеденного стола, и регулярно проверяться на предмет износа и повреждений. Это особенно необходимо для станков с «крутой конусностью», распространенных у большинства станков с ЧПУ, также эта рекомендация применима к HSK (Hohl Schaft Kegel) и другим, еще не вполне стандартным шпинделям. В любом случае для удерживания инструмента на месте используется сцепка или пружинный пакет. Проверяйте их примерно каждый месяц с помощью устройства «зажимного контроля», или Вы однажды будете неприятно удивлены очередной партией бракованных деталей.

Наконец, обратите внимание на термин, который я использовал в предыдущем абзаце: «держатели инструмента для этого станка». Если это возможно, лучше всего, если держатели инструментов закрепляются за каким-то определенным станком. Это не всегда выполнимо, но поддерживает согласованность износа конусов шпинделя и держателя инструмента, обеспечивая более устойчивые результаты, чем скачущие по всему цеху держатели инструмента, будто молодежь на выпускном вечере.

В любом случае, помните, что срок службы держателя инструмента имеет свое окончание. Большинство экспертов скажут Вам, что инструменты следует заменять каждые пару лет, в зависимости от того, сколько действий они выполнят. При этом, они не просто пытаются продать больше вещей. Со временем металл утомляется, что вызывает проблемы с точностью и сроком службы инструмента. Если у Вас есть держатели инструментов, чей возраст близится к десятку (а в случаях интенсивного использования, даже несколько лет), пришло время отправить их в утиль.

Создание условий для станков (и людей): температурный режим, чистота и безопасность

Давайте смотреть правде в глаза. Некоторые механические цеха выглядят, мягко говоря, неухоженными. В воздухе висит туман охлаждающей жидкости или маслянистого дыма. Металлическая стружка и замасленная ветошь лежат у основания станков, уборки не было в течение нескольких месяцев. Стопки каталогов инструментов опасно опираются на полки, на столе разбросаны ручные инструменты и микрометры, вчерашняя недопитая

чашка кофе на тарелке (один из примеров – Рис. 16-1).



РИСУНОК 16-1: Возможно, Вам комфортно работать в таких условиях, но ожидаете ли вы, что потенциальные клиенты будут часто приходить к вам?

Допустим, никто не хочет заправлять постель каждое утро или мыть посуду после обеда, но большинство из нас делают это прежде, чем приглашать гостей на вечеринку. И именно такую позицию следует придерживаться в цеху: каждый день - это вечеринка и гости (ваши клиенты), которые могут посетить Вас в любое время.

Это больше чем просто вид. Станки очень дорогие и должны содержаться соответствующим образом. Я обсуждаю текущее обслуживание в Главе 14, но хорошее содержание хозяйства — это намного больше чем соблюдение чистоты фильтров или проверки износа осей. Это культура, в которой каждый гордится своим рабочим местом и принимает живое участие в его обслуживании. Термин «полы достаточно чисты, чтобы с них можно было есть» несколько преувеличен, но применим (См. Рис. 16-2).



РИСУНОК 16-2: Многие механические и производственные цеха уловили идею и остаются чистыми, хорошо организованными и дальновидными

Чистота - это еще и безопасность. Подавляющее большинство владельцев цехов и менеджеров заботятся о своих сотрудниках, и инвестируют в систему фильтрации

воздуха и смога для каждого станка с ЧПУ может показаться чересчур, но это гораздо лучше, чем когда-нибудь услышать, что у Уэйна рак легких или Джиму был поставлен диагноз эмфизема и задаваться вопросом, не виноват ли в этом грязный воздух в цехе.

Никто не задумывается о рисках скользких полов или подъема тяжелых предметов - оба очевидны, и каждый старается их избежать. Но они также должны избегать, увеличения температуры в цехе до 90 градусов по Фаренгейту в июле. Мало того, что недостаточное кондиционирование воздуха поставит под угрозу качество деталей, но и не удержит работников. То же самое относится к чрезмерно холодной температуре зимой. Поддержание в цехе постоянной температуры в течение всего года обходится дешевле, чем переделка лома или обучение новых сотрудников, не говоря уже о преимуществах для станков с ЧПУ.

Успешные производственные компании, учитывают безопасность, чистоту, качество воздуха и все, что делает работу приятной. Моральный дух работников лучше, чем на неопрятных рабочих местах. Клиенты быстро передают друг другу: «Я никогда не видел такого чистого цеха; у них наверняка полный порядок во всем» (да, некоторые люди действительно так говорят), что увеличивает вероятность расширения бизнеса. Грязные, жаркие, опасные цеха? Для чего? Начните уборку.



СОВЕТ

Принципы экономичного производства требуют чистого, хорошо организованного механического цеха. Он называется 5S и обозначается как seiri, seiton, seiso, seiketsu и shitsuke. Я тоже не умею читать по-японски, но, общий смысл пяти S-слов: Sort (сортировка), Set (установка), Shine (блеск), Standardize (стандартизация) и Sustain (поддержка) (первые три уже должны быть знакомы) понятен. Если Вы хотите гордиться своим цехом (где приятно работать), покажите это своим клиентам.

Успешная настройка

Я обсуждаю только некоторые инструменты во второй части этой книги. Быстросменные держатели инструмента, которые сокращают время, необходимое для смены режущего инструмента, с минут до секунд. Быстросменное крепление, позволяющее производить действия заготовке или тискам одним нажатием кнопки. Автономные устройства предварительной настройки, системы проверки шпинделей, автоматические устройства смены поддонов - существует широкий ассортимент аксессуаров, которые делают цех более конкурентоспособным и способным удовлетворить быстро меняющиеся требования клиентов. Но есть также много шагов, которые Вы можете предпринять, чтобы сократить время такой настройки и сделать пропускную способность более предсказуемой, не потратив и копейки.

Это потому, что организация является ключом к эффективности, независимо от того, работаете ли Вы в цветочном, автосервисном или механическом цехе, где производят ультраточные медицинские компоненты (все они в конечном итоге выйдут из строя, если не будут правильно организованы).

Давайте начнем с инструментов. Американский изобретатель Бенджамин Франклин однажды сказал: «Есть место для всего, и все на своем месте». Президент Пенсильвании не говорил о механической обработке с ЧПУ, но его слова применимы так же к лаборатории, где Бен изобрел бифокальные очки и молниеотвод.

Посмотрите на ваши инструменты. Они организованы? Не только на складе (у Вас же есть склад для инструментов, верно?), но и те, которые находятся на станках. Например, некоторые цеха резко сократили время наладки, затраты на инструмент и время простоя, при этом используя серию стандартизированных наборов инструментов, а затем отсортировали станки не по ходу оси и скорости шпинделя, а набору инструментов, которые

они содержат. Более смелые даже зашли настолько далеко, что отказались от работы, которая не вписывается в эти наборы инструментов. Когда появляется новое задание, оно соотносится к наличию необходимых инструментов на месте. Нет необходимости рыться на инструментальных складах, не нужно трогать режущие инструменты или вводить информацию о перемещении. Стандартные держатели инструментов, вставки и корпуса режущего инструмента для каждого набора предварительно определены в системе автоматизированного производства (АСУП), что значительно упрощает процесс программирования. В этих случаях для настройки часто требуется просто загрузить сырье, определить нужную программу и (при условии, что Вы проверили траектории инструмента с помощью программного обеспечения для моделирования) запустить цикл.

То же самое относится и к рабочему месту. Помните обсуждение системы с нулевой точкой и быстросменными патронами? (приведено в Главе 6). Независимо от того, предпочитаете ли Вы системы с шариковым фиксатором или нулевой точкой, с встраиваемыми кулачками или шпильковой фиксатор, Вашему цеху необходимо изучить и принять быструю смену стратегии крепления, а затем измерить (или скачать его размеры), смоделировать в своей системе управления производством и применить стратегию ко всем станкам в цехе. Это займет немного времени и усилий, но является одним из наиболее эффективных способов повышения конкурентоспособности в механической обработке.

Снимаем перчатки (и надеваем защитные очки)

Станки могут быть опасными. Да, я знаю, что в Главе 1 я указываю, насколько может быть безопасной механическая обработка, в сравнении с другими отраслями, но все же риски существуют. Каждый раз, когда вращается шпиндель со скоростью несколько тысяч оборотов в минуту, острые режущие инструменты и металлические предметы, движущиеся с большой скоростью, представляют опасность несчастного случая. Попадание металлической стружки в глаза, порезанные пальцы, травмированные пальцы на ногах - это всего лишь несколько случаев в моей практике за последние годы, когда я и несколько моих коллег отправились в отделение неотложной помощи (в основном это случилось со мной). Оглядываясь назад, можно утверждать, что все эти травмы можно было легко предотвратить с помощью нескольких простых мер безопасности:

» Удаление крошечных частиц металла с поверхности глаза под наркозом...это незабываемо. Способ избежать этого довольно очевиден. Всегда надевайте защитные очки, используйте матовые с боковыми щитками. Если Вы шлифуете, надевайте защитную маску. Несоблюдение этих правил может дать Вам уникальную возможность учить шрифт Брайля.

» Не так часто, как при строительных работах, но операторам станков приходится поднимать тяжелые предметы, такие как тиски и патроны. Если Вы уроните их на ногу, то, скорее всего, больше не сможете играть в софтбол или боулинг. Если Вы не носите ботинки со стальным носком, Вы напрашиваетесь на неприятности. А если на Вас теннисные мокасины, просто развернитесь и идите домой.

» Если Вы используете перчатки во время работы с вращающимися механизмами, это может закончиться так же, как для моего друга Эда, который попытался снять заусенцы с детали в сверлильном станке, будучи в тяжелых сварочных перчатках. Полученная травма, по иронии судьбы, называется обнажение, т.е. отрывание больших кусков плоти - в случае Эда это была фаланга пальца. Достаточно?

» Что? Повторите? Потеря слуха - серьезная вещь. В Главе 9 я описывал шумные устройства для подачи прутка, хотя в наше время они стали намного тише. Но все равно, даже самые бесшумные станки не сравнятся с тишиной в публичной библиотеке. Если Вы хотите однажды услышать смех Ваших внуков и как ветер поднимает кленовые листья летним днем, или как Ваша супруга ноет, чтобы Вы переключили канал, когда Вы станете

старым и седым (ну может не это), надевайте наушники при работающем рядом механическом оборудовании.

Существует целый ряд других опасностей. Например, сжатый воздух может быть довольно забавным, и некоторые слишком умные механики всегда находят способы пострелять «снарядами» по цеху из своих пневматических пистолетов или использовать их для очистки от обрезков. Обе идеи дурацкие. Сжатый воздух также довольно громкий, поэтому обязательно оснащайте свои пистолеты шумоподавляющими соплами.

Еще одна глупая идея - снять защитные ограждения с оборудования или не заблокировать электрическую панель перед проведением профилактического обслуживания - в лучшем случае это может дать Вам прозвище «живчик» (Sparky), но может и привести к смерти. И прежде чем мы полностью оставим тему безопасности, вернитесь и прочитайте часть о качестве воздуха в паре страниц назад. Если в Вашем цехе нет коллекторов тумана, поговорите об этом с боссом. Если это не сработает, найдите новое место работы.



ВАЖНЫЕ
ДЕТАЛИ

Администрация профессиональной безопасности и здоровья (АПБЗ) отвечает за безопасность работников в Соединенных Штатах. Управление незаслуженно имеет плохую репутацию за свою склонность совершать неожиданные визиты с целью проверки состояния техники безопасности, после чего все цеха в быстром темпе начинают заменять защитные ограждения станков и использовать защитные очки. Не будьте похожими на них. На момент написания этой статьи, на веб-сайте АПБЗ появился список смертельных случаев в этом году, с выводом среднего количества 4500 человек ежегодно.

Это много ненужных душевных страданий и потерь. Я не был свидетелем ни одной трагедии, связанной с механическим оборудованием, но уверен, что они случаются. Если Вы серьезно относитесь к безопасности, обратитесь к АПБЗ, спросите какие меры принять, чтобы обеспечить безопасность работников, и узнайте о программе агентства по признанию достижений в области безопасности и здоровья (Safety and Health Achievement Recognition Program, SHARP). Это простой способ обезопасить себя и других.

Встречаем изменения с радостью

Успех книг типа «Кто трогал мой сыр» или «Наш айсберг тает» подтверждает: Большинству людей не нравятся перемены. Разве не иронично, что самые успешные компании, в том числе и механические цеха - это компании, которые дружелюбно принимают перемены. К сожалению, все мы знаем людей, которые отвечают «потому что мы всегда так делали», когда ставят под сомнение их процессы и практики. Худшее в таком отношении - их инфекционная природа. Признание статуса-кво распространяется как болезнь в таких условиях. Креативность заходит в тупик, постоянное улучшение отменяется.

Что делать творческой компании или группе сотрудников с мышлением «давайте двигаться вперед» перед лицом рабочей силы, которая боится перемен? Самые отчаянные могут дать бессердечный ответ, но повышение рейтинга компании по безработице путем разбивания нескольких голов не является ни благоразумным, ни практичным (и не очень хорошим) решением. Лучше встать на путь культурных изменений. Вовлекайте сотрудников в постоянное совершенствование. Разбудите в них восторг от новых технологий. Покажите им преимущества - финансовые, профессиональные и социальные - от вступления в потрясающий клуб «сделай так, чтобы наша компания процветала». А затем предоставьте им свободу действий.

Эксперты по экономичному производству называют постоянное совершенствование Кайзен. Другие зовут это здравым смыслом. Принцип небольших шагов, стимулирование и

вовлечение сотрудников и повышение показателей, с помощью которых можно измерить эффективность изменений - все это аспекты любого проекта по управлению изменениями.

То же самое можно сказать и о таких способах, как «ОИАУК» - «определять, измерять, анализировать, улучшать, контролировать» (Define, Measure, Analyze, Improve, Control, DMAIC), 5 Почему (задавать вопрос «почему», пока не будет выявлена основная причина), метод «ПДПД» - «планировать, делать, проверять, действовать» (Plan, Do, Check, Act, PDCA), также известный как цикл Деминга и другие. Как бы Вы это ни называли или какие необходимые инструменты бы использовали, но экономичное производство – это необходимый аспект роста компании и сотрудников. Устали от привычных действий? Может быть, пришло время для перемен.

Алфавитный указатель

3D-печать (трехмерная),
17, 234-235
Croblox, 172
FANUC, 35, 182
Haas Automation, 247
Jacobs Chuck
Manufacturing Company,
22
Kennametal
Lamson Goodnow and
Company, 22, 119
Morse Twist Drill and
Machine, 22
MTConnect, 215
RS-274, 34
Sketchpad, 157
V-образный фланец, 117
Wilton Vise Company, 22

А

автоматизированная
система управления
производством (АСУП),
153
автоматизация, 31
аддитивное
производство, См. 3D-
печать
Администрация
профессиональной
безопасности и здоровья
(АПБЗ), 256
акриловый, 78
акрилонитрил-бутадиен-
стирол (АБС), 78
алмазная обточка, 30, 59
алюминий, 67, 76-77
Американский институт
железа и стали (AISI), 67
Американское общество
испытаний и материалов
(веб-сайт), 70
анализ методом
конечных элементов
(FEA), 153
ацеталь, 78
«ASTM A600
технические
характеристики для
быстрорежущих
инструментальных
сталей», 86

Б

балансировка, 145-146

белое железо, 68
белый чугун, 70
бесключевые
сверлильные патроны,
124
беспроводная сеть, 215,
242
бессемерование, 71
бесцентровое
шлифование, 55
плитки Веббера, 172
бронза, 10, 77
быстрая замена пресс-
форм, 147
быстрорежущая
инструментальная сталь
(БРС), 84-86, 259
быстросменные
держатели, 128
быстросменные
держатели Capto, 128
быстросменные
держатели KM, 128

В

вакуум, 102
валы, 107-108
ванадий, 66
вертикальные
многоцелевые станки, 39
вертикальные токарно-
револьверные станки, 45
вертикальные рынки,
245
взаимозаменяемость, 22
винтовая резьба, 201
винтовой зажим, 33
винтонарезные станки,
32-33, 99
винты, 29
виртуальная реальность
(VR), 239-240
вирус-вымогатель, 216
винтовое
резьбонарезание, 202
вкладыш, 136
вкладыши для
шпинделей, 145
внутренние микрометры,
175
внутренняя резьба, 200-
201
внутренняя шлифовка,
55
водоструйная резка, 63
вольфрам, 66

вращающиеся
инструменты
информация, 87, 96, 115
полировка, 92
методы глубокого
сверления, 91
сверла, 88-90
держатели с двойными
контактами, 118-119
концевая фреза, 95, 96,
205, 224
сверление отверстий,
22, 88-89, 183, 195
фрезерные резцы, 94-
96
производительность, 92
полировальники, 92
7/24, 117
конусы, 116, 117, 161
нанесение резьбы, 93-
94, 96-97, 200-202

вращающиеся центры,
107-108
вращение, 23, 27, 133
вспомогательное
оборудование для
офлайн-инструментов,
144-148
вспомогательные
приспособления, 131.
См. также
специфические
вспомогательные
приспособления
втулка, 127
выверочная плита, 178-
179
выпадение инструментов
из держателя, 122

Г

«гангстер», 46
гибка, 61
гибкий
производственный
модуль (ГПС), 212-213
Гибридный станок, 242-
243
гидравлика, 138-139
гидравлические
патроны, 104
гистерезис, 104
глубина разреза, 226-227

горизонтальная
ленточная пила, 55
горизонтальный
многоцелевой станок,
41, 112-113
гравитационные
питатели, 137

Д

двигатели, 23, 29
двойные тиски, 110
двухдисковое
шлифование, 55
двухкоординатный
токарный станок с ЧПУ,
44
двухсторонний скотч, 114
двухугловые конусные
патроны, 121
Декартова система
координат, 187, 189
держатели инструментов
7/24, 117
держатели инструментов
САТ, 28
держатели
инструментов, 115-116,
252-255
держатели, 37, 252-255
держатели с двойными
контактами, 118-119
диалоговое
программирование, 160-
161
динамометрический
ключ, 252
дисперсионно-
твердеющие, 73
дистанционная ручка,
148
дистанционный
мониторинг станка, 214-
215
длина сверл, 90
дополнительная память,
148
допуски, 167-168
дуговая сварка в
защитном металле
(SMAW), 63
дуговая сварка под
флюсом (SAW), 63

Ж

жаропрочные сплавы, 86
железо, 66-68
жесткое нарезание
резьбы, 41, 124

З
заводы, 21-22, 104, 217,
237
зажимные
приспособления, 110
закаленная
инструментальная сталь,
68
закругленные концевые
фрезы, 98
замороженная вода, 114
защита от вирусов, 148,
217
защитное ограждение,
256
защитные ботинки с
металлическим носком,
250
защитные очки, 255-256
зенкер, 90
зона термического
влияния, 51
зубофрезерование, 57

И

изготовление
инструментов, 50-57
изготовление шестерен,
53
измельчающие
шестерни, 53
измерение датчиком,
установленным в
шпинделе, 142
измерительные
наконечники, 175
износ по задней
поверхности, 227
износ инструмента, 226-
227
изобретение, 19-21
импульсная
электрохимическая
обработка, 60
инструментальная сталь,
71
инструментальный
токарный станок, 43-44
инструментальный
склад, 125, 231-232
Интернет вещей, 235
интерполяция, 207-208
интерфейс Ethernet, 148
интерфейс данных RS-
232, 216

К

калиберные плитки, 172
канавки, 88, 90, 94
канавочный резец, 202
карбид вольфрама, 83-
85

карбид кремния (SiC), 83
карбид титана (TiC), 83,
86
карбид. См карбид
вольфрама
карбонитрид титана
(TiCN), 86
каркасные модели, 156
касание детали, 140
керамика, 78-79
керметы, 68
киберфизическая
система (КФС), 237-238
кислородно-топливная
сварка, 63
клей, 113
кобальт, 66
ко-боты (роботы-
помощники), 140
ковкий чугуун, 70
ковкость, 69
Коды

Т-коды, 290
G-коды, 34, 158, 182,
194, 201
H-коды, 290
D-коды, 290
M-коды, 183-194
S-коды, 184
кольцевые калибры, 183
компьютерное
проектирование (САПР),
154-157, 239
компьютеры, 33
консольно-фрезерный
станок Бриджпорт, 20,
21, 119
контр-вращение, 58
конусы, 115, 116, 261
конус Морзе, 116
конус с полым
хвостовиком, 119
конусы Джейкобса, 116
конусы Брауна и Шарпа,
116
концевые фрезы, 95, 96,
115, 225
концевая фреза для
обработки радиусных
поверхностей, 95
концевая
центрорежущая фреза,
97
концевая фреза с
квадратной режущей
кромкой, 95
концевые фрезы для
обработки конусов, 95
координатно-
измерительная машина
(СММ/КИМ), 104, 176

координаты, код G, 183-188
 копировально-токарный станок, 37
 копировально-фрезерные станки, 96
 копировально-прошивочные станки, 52
 копировальные станки, 37
 коррекция инструмента, 189-190
 кремний, 66
 крепление инструмента термическим обжимом, 123-124
 крепление инструмента, 105-106
 кругломер, 176
 кубический нитрид бора (КНБ), 55, 68
 кулачки из мягкого металла, 103-104

Л

лазерная резка, 59
 легированные стали, 72-73
 легирующие элементы, 83
 легкоплавкий герметизирующий материал, 113
 ленточная пила, 56
 линейные двигатели, 24
 линейные направляющие, 25-29
 луддиты, 19
 люфт, 105

М

магний, 77
 магниты, 113
 макросы B, 148, 182
 макропрограммы, 196
 макрос, определяемый пользователем, 148-149
 манаканит, 75
 манометр, 173-174
 манометры с конической пробкой, 194
 марганец, 73
 маркировка, 220
 маска защитная, 150
 масла без присадок, 229
 маслосборник, 229
 материалы, 63. См. также особые материалы
 медь, 67, 76

Международная система единиц измерения (СИ), 170
 металлы, 64-69. См. также особые металлы
 метод ОИАУК, 257
 методы глубокого сверления, 58
 метод «планировать, делать, проверять, действовать», 257
 метрология
 информация, 166-167
 покупка оборудования, 170-172
 метчики, 93-94
 метчик для нарезания резьбы, 93-94
 метчики для накатки резьбы, 93-94
 механические патроны, 103
 Механическая обработка как профессия, 246-247
 Микрозернистый карбид, 86
 Микрометры, 171-177
 микрометр для станка, 172
 микрометр резьбы, 175
 микрометры глубины, 175
 микрообработка, 243
 многорезцовый токарный станок, 105
 многоместная зажимная стойка, 41, 112
 многоцелевые станки, 26-27, 36-41
 многошпиндельные станки, 32
 модальные коды G, 184-185
 модели, 159-162
 моделирование объемных моделей, 160
 моделирование траектории движения инструмента, 159
 молибден, 66
 Муда, 248-249
 "M-функции", 147

Н

назначение геометрических размеров и допусков, 168-169
 наклонно-поворотный стол, 39
 наконечник сверла, 91

направляющая втулка, 23-24
 нарезание резьбы, 93, 99, 192
 нарезание резьбы однолезвийным инструментом, 99, 192
 направляющие, 25
 нарезание шестерен при помощи червячной фрезы, 58
 нарост на режущей кромке, 69, 227
 наружные микрометры, 175
 наружная резьба, 201-202
 нарушение балансировки инструмента, 145-146
 настил пола, 150
 научное мышление, 223
 Национальная ассоциация производителей (NAM), 247
 Национальный институт металлообработки (NIMS), 247
 неисправности, 227
 нейлон, 79
 немодальные коды G, 184
 неравномерный рациональный B-сплайн (NURBS), 156
 нержавеющая сталь, 71-73
 никель, 66
 нитрид титано-алюминия (AlTiN и TiAlN), 68, 86
 нитрид титана (TiN), 68, 86
 нитрид хрома (CrN), 86
 ножницы по металлу, 61
 нулевая точка, 112

О

обдирочные концевые фрезы, 95
 облако обработки (веб-сайт), 237
 облачные вычисления, 157, 236-237
 Облегчение процессов, 240
 обнажение, 255
 обрабатываемость, 66
 образование выемки, 204, 262
 обучение, 246-247

общая эффективность оборудования, 211
 Общество инженеров-технологов (SME), 247
 олово, 77
 онлайн-классы, 247
 операции
 информация, 206
 сверление, 88-89, 199
 снятие заусенцев, 208
 подрезка, 98, 203
 сверление отверстий, 22, 88-89, 185, 193
 интерполяция, 207-208
 торцовое фрезерование, 124, 204-205
 нарезание резьбы, 93, 99, 192
 расточка, 206
 оправки, 100
 оптический компаратор, 178
 осевая линия, 129
 отверстия, проверка, 173-178,
 отверстия, выбивание, 54
 отказ от использования бумаги, 241-242
 отрезные инструменты, 135
 отслаивание, 227
 очистка маслосборника, 229

П

параметрическое программирование, 196
 патроны, 102-108, 116-124
 патронные токарные станки, 44
 передвижение, коды G для управления, 185-186
 персональный компьютер (ПК), 31, 33
 перчатки, 255
 песок, 78
 пилы холодной резки, 56-57
 плановое техническое обслуживание, 229-230
 пластики, 63, 77-78
 пластическая деформация, 82, 227
 пластичность, 67-68
 плексиглас, 79
 плохое планирование, 231
 пневматические патроны, 103

поверхностная обработка, 205-206
 поворотные столы, 38-39, 133
 повторные циклы, 182, 192
 повторяемость и воспроизводимость средств измерений, 167
 подавление вибрации, 219
 подача и скорость, 101, 222, 224
 подача прутка, 137
 подвижный портал, 40
 поддоны, 132
 подрезка, 98, 203
 подсказки для успешной работы, 246-257
 подшипники, 28
 покрытия, 86, 90
 поливинилхлорид (ПВХ), 79
 поликарбонат, 79
 поликристаллический алмаз, 87
 поликристаллический кубический нитрид бора (поликристаллический КНБ), 87
 полимер, армированный углеродным волокном (углепластик), 86
 полимеры, 64, 78-79
 полиоксиметилен (ПОМ), 78
 политетрафторэтилен (ПТФЭ), 79
 полиэтиленгликоль (ПЭГ), 85
 полиэфирэфиркетон (ПЭЭК), 79
 полностью автоматизированное производство, 40
 полусинтетические вещества, 229
 постоянная скорость резки (ПСР), 225
 потеря слуха, 257
 праворежущие токарные станки, 23
 праворежущий, 23
 предельный калибр, 94
 предотвращение столкновений, 147
 прецизионная электролитическая обработка, 60
 пригодность к массовому производству, 153, 162
 пробковые калибры, 172

прогнозируемость, 215, 234
 программа по признанию достижений в области безопасности и здоровья (SHARP), 256
 программа для операций с числовыми инструментами (PRONTO), 157
 программное обеспечение как услуга (SaaS), 159
 программное обеспечение, 142-163
 программные средства моделирования, 159
 продольно-фрезерный станок, 40
 проектирование с учетом технологических требований, 162
 производственная система «Тойота» (TPS), 248
 производство аддитивное. См. 3D-печать
 экономичное производство, 248-249, 257
 полностью автоматизированное, 214, 233
 производство металлоконструкций, 61
 производственные вакуумные патроны, 102, 113
 профессии, 15
 профилометр, 179
 прямоугольная направляющая, 19
 пятикоординатные держатели инструментов, 111-112
 пятикоординатные многоцелевые станки, 39-40, 95, 111

Р

радиочастотная идентификация (RFID), 220
 радиусомеры, 170, 174
 разжимная оправка, 107
 распил, 55-57
 растворимые масла, 228
 расточные станки, 18, 42
 расходы, 239-242
 расчетный диаметр, 172-176

расширители отверстий, 92
 режущие инструменты информация, 83
 подсказки, 101
 как они работают, 82-85
 вращающиеся. См. вращающиеся инструменты скорости, 244, 254
 стационарные, 87-88, 97
 из карбида вольфрама, 84-85
 режущие пластины для токарной обработки, 97-99
 резец для проточки торцовых канавок, 98, 126, 203
 резиновый настил пола, 150
 резка металла, 68
 резьбовые фрезы, 96
 резьбомеры, 173
 резьбонарезной патрон, 124
 Рекламное ПО, 216
 роботы, 139-140
 роботы-помощники (коботы), 140
 ружейные сверла, 58
 Руководство по использованию механического оборудования, 13, 180, 250

С

сварка, 63
 сварка вольфрамовым электродом в газовой среде, 63
 дуговая сварка в защитном металле, 63
 дуговая сварка под флюсом, 63
 сверла, 91-94
 сверла с удлиненным хвостовиком, 89-90
 конические сверла, 89
 сверла с канавками, 90
 сверла с многогранными режущими пластинами, 88, 92

сверла со съёмными режущими пластинами, 91, 92
 сверла со сменными наконечниками, 91
 сверление, 17, 58, 88-91, 199-200
 сверление отверстий, 22, 58, 88-91, 199-200
 сверление ружейными сверлами, 58
 сверлильно-резьбонарезной станок, 38, 41-42
 сверлильные патроны, 116, 124
 сверлильные патроны со встроенным хвостовиком 124
 сверлильный станок, 91
 сверхвысокомолекулярный полиэтилен, 79
 секторные кулачки, 105
 сертификация, 246
 серый чугун, 70,
 СИ (международная система единиц измерения), 170
 синтетики, 229
 система зажима с цилиндрическим хвостовиком VDI, 128
 система охлаждения инструмента и удаления стружки через шпиндель, 91
 система управления инструментами (TMS), 146, 153
 системы планирования производственных потребностей, 153
 системы предварительной настройки, 143
 системы с подачей смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) под давлением, 149, 199
 системы с нулевой точкой (ZPS), 38
 системы типа АСУП, 161
 сканеры документов, 242
 Скандинавское золото, 77
 скорость резки, 25, 224
 скорость, 251, 255
 скорость подачи, 80, 251
 скребки, 204
 станочные тиски 40S, 22
 смазочно-охлаждающая жидкость, 228, 240

сменный наконечник для сверл, 91
 СММ/КИМ, 104, 176
 снятие заусенцев, 208
 срок службы инструмента, 120
 сталь, 66. См. также типы стали
 стандартизация, 254
 станки с кулачковым приводом, 21, 32
 станки с подвижным порталом, 41
 станки с ЧПУ, 16, 23, 26, 29, 37, 46
 станочная обработка. См. также конкретные темы информация, 16-18
 основы, 16-23
 значение, 16-18
 история, 19
 в качестве профессии, 246-247
 подсказки для успешной обработки, 246-254
 станочные инструменты. См. также специфические инструменты информация, 25-26
 автоматизированные, 31
 изобретение, 25
 станок с автоматической подачей прутка, 99
 статистическое управление процессами, 179
 стационарные режущие инструменты, 87-88, 96-97,
 стратегия ИТ, 217
 Ступенчатые цанговые патроны, 107
 суперсплавы, 65-69, 75
 суперстанки, 48
 суппорт для радиальной обработки, 43
 сферические концевые фрезы, 95
 схема сверления по ANSI, 90

Т

таблица сверл ISO, 90
 твердомер, 198
 твердосплавные режущие инструменты, 86

теневого рентгенограф (оптический компаратор), 201, 202
термическое растрескивание, 227
термопластик, 79
техническое обслуживание, 227
типы наконечников сверла, 90
тип хвостовика, 90
тиски, 102-103, 108, 112-113, 212
титан, 66, 75
токарная обработка, 40
токарно-винторезный станок, 22, 43
токарно-револьверные станки, 21, 43-44
токарные станки информация, 42-43
работа с токарным станком, 18
токарно-винторезный, 43
с ЧПУ швейцарского типа, 43-44
с ЧПУ, 135-137
копировальный, 15
«с алмазной обточкой», 30
многолезцовый, 43
праворежущий, 28
продольного точения, 43-44
токарно-револьверный, 26-27, 44
двухосевой, 44
вертикальный токарно-револьверный, VTL 45 с автоподачей прутка, 99
алмазтолщиномеры, 174
торговые автоматы, 146
точность, 173
траектория движения инструмента, 33, 35, 38
транспортёр для удаления стружки, 150
трепанирующие инструменты, 99
трехулачковые патроны, 44, 104-105, 108
трехстороннее крепёжное приспособление, 172
триангуляция, 105
трохоидальная резка, 205

трохоидальная траектория движения инструмента, 205, 226
Троянский конь, 216
турсит, 25

У

увод сверла, 199
углерод, 645
углеродистая сталь, 71
угол наконечника сверла, 90
улавливатели готовых деталей, 136
ультразвук, 60
ультраточная механическая обработка, 59
«умные инструменты», 237
универсальная угловая головка, 48
универсальные патроны, 104
универсальный станок, 21
управление цехом, 163
установка, 245
устройства подачи прутков, 130
устройства смены инструментов, 26
устройство автоматической смены поддонов (УАСП), 131
участок контроля, 177, 181

Ф

Файловые форматы, 161-162
файловый формат .iges, 161-162
файловый формат .igs, 161-162
файловый формат .prt, 161-162
файловый формат .sldprt, 161-162
файловый формат .step, 161-162
файловый формат .stl, 161-162
файловый формат .dwg, 161
файловый формат .dxf, 161-162
фасонные резцы, 84, 97-100
фасонный инструмент, 100
фенольная смола, 79

физическое парофазное осаждение, 87
фиксация заготовки, 102, 113
финишный инструмент, 202
флюс, 63
Фонд Джина Хааса, 247
фреза с канавками, 95
фрезерные держатели, 252
фрезерные резцы, 97-99
фрезерные станки, 18, 32
фрезерование, 17, 40, 57, 197, 204
фрезерование глубоких выемок, 204
фрезерование уступов, 96
фрезерование резьбы, 201
фрезеровщики, 18

Х

«Харперизация», 209
Хвостовик Вельдона, 120
химическое парофазное осаждение, 87
ходовые винты, 29
хонингование, 57, 93, 199
хром, 66

Ц

Цанговые патроны, 105-108, 116
цанговый патрон для единичных работ, 107
цанговые патроны TG, 121
цанговые патроны типа ER, 121
цанговый патрон для удержания метчика, 124
ценность стали, 231
центровочное сверло, 89
центры механической обработки. См. заводы
цианотипия, 155
цикл Деминга, 257
цилиндрические измерительные кольца, 173
цилиндрическое шлифование, 54
цинк, 76-77
циферблатный нутромер, 178
Цифровой манометр, 177

Ч

Червь, программа, 217
червячная фреза, 58
чертеж, 167
черчение, 165-167
четырёхкулачковый патрон, 104
числовое программное управление (ЧПУ), 16, 24,
чугун, уплотненный графитовый, 70
чугун, 70

Ш

шейпер, 21
шестерни, 26
шестиклачковый патрон, 105
шкивы, 26
шлифовальная машина, 18

шлифовка с ползучей подачей, 55
шлифовка поверхностей, 54
шлифовка, 54-55
шлицевание, 206
шпиндели, 23-27
шпиндельная головка токарного станка, 28
шпионское ПО, 216
штамповка, 61
штихмасы, 172

Э

эжекторные системы, 91
экологичное производство, 239-240
электродуговая сварка, 63
электроэрозионная обработка (ЭЭО), 51-53, 211

вырезная электроэрозионная обработка (ВЭЭО), 53

электродвигатель, 23
электронно-лучевая обработка, 59
электронный нутромер, 178
электрохимическая обработка, 60, 209
электрохимическая шлифовка, 55
элементы, 65-66, 74, 83

Я

язык программирования станка с автоматическим программным управлением, 158-160

Выражение признательности автора

С чего начать благодарить женщину, которая была рядом со мной на протяжении последних 39 лет, кого-то, кто всегда давал мне хорошие советы, поддерживала меня, даже когда я ее не слушал, и никогда не заставляла меня спать на диване, неважно каким бы плохим ни было мое поведение? Через смех, слезы, споры и объятия, она самое лучшее, что было у меня, и даже несмотря на то, что однажды она подложила змею в ящик моего стола и заставила меня визжать, как девчонку, я буду любить ее всегда. Спасибо, жена, за то, что остаешься со мной.

Учителя, боссы, коллеги и друзья, вы также сыграли свою роль в моем становлении. Прошло почти четыре десятилетия, но я начну с первого. Спасибо, Рэнди, что не кричал слишком много, когда я разбил токарно-винторезный станок, и Алу за то, что он был терпелив со мной во время урока тригонометрии. Ларри, Верн, Терри, Ллойд, Рид, Крейг, Дон, Терри, Роджер и другие, которые предложили мне работу, когда она была мне нужна, - я ценю это, хотя мне следовало лучше показывать это. Джиму, Уэйну, Лоре, Бойду, Бобу, Курту, Ларри, Майку, Чаду, Реду и даже Джону (несмотря на наш кулачный бой), спасибо за вашу поддержку, дружеское общение и руководство на протяжении многих лет. Я многому научился у всех вас. Наконец - и особенно - я благодарен Кирби, моему брату, с которым я жил и работал. Петарды, которые ты запускал под дверь ванной комнаты, твои случайные попытки автоматизировать станки, твой юмор и эпизоды гнева время от времени; Я скучаю по тебе, брат.

И наконец, Билл, спасибо за проверку моей работы. Ваши добрые слова много значат для меня. И двум Кэти из издательского дома Уайли- одна из Вас открыла мне дверь, другая помогла пройти сквозь нее. Я ценю предоставленную возможность, наставничество и безграничное терпение.

Издательская Справка

Старший редактор отдела информации:
Кэти Мор.

Редактор проекта: Катарина Дворжак.

Технический редактор: Уильям Кеннеди.

Помощник ст. редактора: Мэтт Лоу

Производственный редактор: Тамилмани
Варадхарадж

Изображение на обложке: © SafakOguz

Об авторе

В 1979 году Кип Хэнсон ушел с работы с минимальной заработной платой в ресторане быстрого питания и нашел работу в качестве помощника в цеху по обработке листового металла в Миннеаполисе. Ему было 16 лет. АЭС Три-Майл Айленд была в огне, дискотека была в моде, а СССР готовился к вторжению в Афганистан. Newsweek однажды назвал это годом, который изменил мир. Кипу было все равно. В то время он беспокоился только о том, чтобы заработать достаточно денег на бензин для машины, купить пиво и сводить будущую невесту на показ Звездных войн.

Несмотря на то, что он нашел работу с большей оплатой, Кип довольно скоро понял, что большинство его коллег по цеху уже успели потерять один или два пальца при работе с фрезой и прессом, поэтому с некоторой поддержкой своей любимой девушки Кип, перешел на более безопасную карьеру в области механической обработки. С тех пор он прошел путь от оператора винтового зажима до программиста ЧПУ, от инженера-технолога до прикладных систем в области станкостроения и, наконец, до управления.

Перенесемся в 1998 год. Устав от стружки в сапогах и грязи под ногтями, Кип стал учиться ночи напролет и получил достаточно сертификатов Microsoft, чтобы урвать непыльную должность консультанта по планированию ресурсов предприятия (ERP) как раз, когда компьютерный сбой в 2000 году (Y2K) чуть не уничтожил цивилизацию. К большому огорчению его жены и детей-подростков, это было связано с загрузкой двух 24-футовых U-Haul трейлеров и переездом в пустынную Юго-западную часть страны, где они и проживали с тех самых пор, в то время как Кип «постоянно» путешествовал, по словам его жены.

Однако, он все еще проводил много времени в цехе, и, поскольку можно убрать мальчишку из цеха механической обработки, но не механическую обработку из мальчишка, в 2010 году он начал писать о производстве. Сегодня это все, чем он занимается. Ему доставляет большое удовольствие работать в своих пижамах, и он уже опубликовал около 600 статей по обширному кругу тем. Это, конечно же, механическая обработка и производство металлоконструкций, а также метрология, программные и аппаратные системы и трехмерная печать.

Кип скучает по цеху, между прочим так же, как о свежевывавшем снеге и шелесте осенних листьев, падающих вдоль бордюра в Миннесоте. Тем не менее, время идет, и люди меняются, и дни, когда он забивал программы в системы управления оборудованием, окруженный запахами свежеприготовленной смазочно-охлаждающей жидкости и звуками пулеметных ударов стружки по стеклу, прошли. Все, чем он хочет сейчас заниматься - это продолжать делиться тем, чему он научился за многие годы, и поощрять молодых людей в продолжении этой важной и полезной профессии, которая называется обрабатывающей промышленностью.

Посвящение

Посвящается Диане, ты – мое всё. Я не смог бы сделать это без тебя.

Лицензионное соглашение WILEY

Посетите www.wiley.com/go/eula для получения доступа к лицензионному соглашению электронных книг издательского дома Уайли