

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Литейные технологии

Учебник

ИЗДАТЕЛЬСТВО
FOLIANT

Нур-Султан
2019

УДК 373.167.1
ББК 34761 я7
Л 64

Авторы:

Роллер Рольф, дипломированный инженер (высшее техническое училище), преподаватель полной средней школы

Бук Фолькмар, дипломированный инженер (высшее техническое училище), преподаватель полной средней школы

Людвиг Иоганн, дипломированный инженер (высшее техническое училище), преподаватель полной средней школы

Польцин Хартмут, доктор технических наук, доцент технического университета

Прем Манфред, дипломированный инженер, директор технического училища

Редтер Ханс, дипломированный инженер; инженер-консультант по литейному производству

Шлоттерберг Мартин, руководитель курсов повышения квалификации Oskar Frech GmbH + Co. KG

Трауцеддель Дитмар, доктор технических наук

Винтгенс Рудольф, дипломированный инженер по литейному производству

Редактор оригинального издания:

Роллер Рольф

Рецензенты:

Ниязбекова Р. К. – доктор технических наук, доцент

Магзумова О. И. – преподаватель специальных дисциплин высшей категории Павлодарского колледжа цветной металлургии, эксперт РУМО по профилю «Металлургия и машиностроение»

Шидловская Л. А. – мастер производственного обучения высшей категории Павлодарского колледжа цветной металлургии

Л 64 Литейные технологии: Учебник / Пер. с немецкого. – Нур-Султан: Фолиант, 2019. – 408 с.

В учебном пособии представлена информация о процессе плавления и различных видах плавильных печей, методах их выбора, о процессах шлакообразования, раскисления, рассмотрены вопросы по контролю технологических процессов и охране труда. Подробно представлены свойства металлов и сплавов, пластмасс, описаны методы и оборудование для механической обработки материалов, что дает возможность практического применения полученных знаний.

Предназначено для студентов учебных заведений технического и профессионального образования, обучающихся по специальности 1004000 «Литейное производство». Представляет интерес как справочное пособие для специалистов, работающих в сфере литейного производства.

УДК 373.167.1
ББК 34.61я7

ISBN 978-601-338-395-8

© 2016 Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney
8-е издание

© Издательство «Фолиант», переводная, 2019

Предисловие к 8 изданию пособия по технологии литья

Предлагаемое вашему вниманию пособие по литейному производству уже 30 лет применяется в процессе обучения работников и в практической деятельности.

Как и семь предыдущих изданий, данное пособие предназначено не только для обучения рабочих – литейщиков и формовщиков, но также является учебным пособием для профессионального обучения в техникумах и технических училищах, а также для непосредственного применения в практике литейного производства.

Определяющей основой издания являются учебные планы технических училищ и профессионально-образовательные планы предприятий. При этом в процессе применения данного пособия при обучении и в производственной деятельности следует принимать во внимание постоянное совершенствование технологий.

В данном издании в числе прочего рассматривается технология производства добавок. Также был переработан целый ряд разделов – например, в части изготовления стержней и литья под давлением.

Мы рады, что многие ведущие предприятия оказались готовыми к сотрудничеству в работе по пересмотру редакции настоящего пособия. Этим предприятиям издательство «Europe LEHRMITTEL» выражает особую благодарность. Многочисленные дополнения, фотографии, просмотры разделов книги позволили поднять профессиональный уровень данного издания на более высокую ступень. Названия предприятий принимавших участие в нашей работе, указаны в разделе 9.2.

По методическим причинам техническая коммуникация интегрирована в соответствующие технологические разделы факультативно.

Правила оформления чертежей в части литейной техники соответствуют требованиям методики немецкого общества литейщиков VDG-Merkblatt M 150 (VDG – инструкция M 150).

Содержание пособия, основой которого являются учебные планы технических училищ и техникумов, имеет определенные финансово обусловленные ограничения. Тем не менее мы будем благодарны за предложения и пожелания по дальнейшему совершенствованию пособия (lektorat@europa-lehrmittel.de).

Новое издание с применением четырехцветной печати создает определенные проблемы, обусловленные относительно низкой экономической эффективностью. Тем не менее при поддержке ряда ведущих предприятий данное пособие и впредь будет предоставляться в пользование работникам и специалистам данной отрасли. Информация о предприятиях-спонсорах и их продукции приведена в разделе 9.1.

Осень 2016

Рольф Роллер

1 Формовочная техника с техническими коммуникациями

9...160

2 Способы литья

161...200

3 Литниковая система и система питания ее элементов

201...223

4 Техника плавки, плавильные печи

224...243

5 Техника зачистки

244...249

6 Техника формовки

250...274

7 Материаловедение

275...330

8 Дополнительные положения

331...408

9 Спонсоры

409...445

Предисловие

Литейная промышленность Германии постоянно доказывает высокую конкурентоспособность в глобальных масштабах. Она демонстрирует, в частности, продукцию отличного качества, высокую производительность, постоянную разработку и внедрение новых технологий литья. Для этой цели требуются хорошо образованные и мотивированные специалисты. Рост механизации и автоматизации производства, а также использование компьютерных технологий предполагают высокую компетентность работников, а также необходимость постоянного их обучения с целью повышения квалификации. Современные технологии производства, решение сложных производственных задач, хорошие перспективы немецкой литейной промышленности обеспечивают профессиональную атмосферу, позволяющую получить необходимую квалификацию и высокую профессиональную самооценку.

Практическое обучение на предприятиях и профессиональное образование в технических училищах успешно практикуются во всем мире. В первую очередь для выпускников школ с неполным средним образованием (выпускники ступеней Основная школа и Реальное училище в системе образования ФРГ) это типичный старт во взрослую профессиональную жизнь. Такого рода профессиональное направление порой выбирают даже выпускники полной средней школы (гимназии в системе образования ФРГ), поскольку оно дает шанс для профессионального роста в отсутствие вузовского диплома. Квалифицированные рабочие, мастера и техники могут трудиться не только в литейных цехах, но также в сфере машиностроения и смежных отраслях. Технология литейного производства предоставляет целый ряд интересных возможностей для образования. Именно по той причине, что благодаря постоянному развитию промышленности требования к профессионализму рабочих постоянно растут, прочная профессиональная основа работника требует систематического обучения с целью повышения квалификации. Примером актуализации и учета новейших требований может служить в том числе раздел о производстве присадок.

Предлагаемое вашему вниманию пособие с четкой структурой разделов может служить полезным учебником для дополнительного образования литейщиков и литейщиц. Полагаем, что редактору и авторскому коллективу удалось представить в учебном пособии обширный современный практический опыт, дополнив изложение наглядным графическим материалом.

Желаем всем работникам, повышающим свою профессиональную квалификацию, успехов и радости в нашей прекрасной профессии литейщика и благодарим редактора, авторский коллектив и издательство за прекрасно изложенный учебный и справочный материал.

Дюссельдорф, осень 2016

Ассоциация специалистов–литейщиков Германии,
доктор технических наук Эрвин Флендер,
главный исполнительный директор

Предисловие	4	для полного процесса литья	158
1 Формовочная техника и технические коммуникации	9	1.5.10 EN 12883 Восковые литьевые формы для разовых моделей для литья по выплавляемым моделям	159
1.1 История развития формовки и литья	9	1.6 Дополнительные вопросы для повторения главы 1	160
1.2 Основы формовочной техники 12	12	2 Способы литья	161
1.2.1 Разработка и изготовление литых деталей	12	2.1 Обзор	161
1.2.2 Изготовление форм	14	2.1.1 Виды отливки	161
1.2.3 Виды литейных изделий	15	2.1.2 Литье в многоразовые формы	163
1.2.4 Цветовая маркировка моделей	17	2.1.3 Литейные свойства расплавленных металлов	164
1.2.5 Припуски модели	18	2.2 Литье в кокили	166
1.2.6 Форма и модель деления	22	2.2.1 Делопроизводство	166
1.2.7 Основы литейного производства технических коммуникаций	24	2.2.2 Машины для литья в кокиль	167
1.3 Техника формования разовых форм	33	2.2.3 Литье под низким давлением	169
1.3.1. Техника формования разовых форм с моделью длительного использования	34	2.2.4 Структура литейного инструмента	171
1.3.1.1 Ручные пресс-формы	34	2.2.5 Применение впускных каналов	173
1.3.1.2 Модели для ручной формовки	38	2.2.6 Тепловой поток	174
1.3.1.3 Машинная формовка	48	2.2.7 Калибровка литейных форм	176
1.3.1.4 Модельные плиты	69	2.3 Литье под давлением	178
1.3.2 Создание разовых форм путем использования временной модели	77	2.3.1 Технология	178
1.3.2.1 Технология формования из пенистого материала	77	2.3.2 Машина для литья под давлением	179
1.3.2.2 Метод точного литья	88	2.3.3 Машина для литья под давлением	183
1.3.3 Прямое производство форм и стержней	93	2.3.4 Инструмент для литья под давлением	187
1.3.3.1 Прямое производство форм и стержней	94	2.3.5 Разделительные средства и смазки при литье под давлением	188
1.4 Формы со стержнями	95	2.3.6 Вентиляция форм	190
1.4.1 Виды стержней	95	2.3.7 Нагревание формы	192
1.4.2 Установка на подшипниках	103	2.3.8 Охлаждение формы	195
1.4.3 Виды стержневых знаков	106	2.3.9 Нагрузка форм	197
1.4.4 Фиксаторы стержня	111	2.3.10 Техническое обслуживание и сервис	199
1.4.5 Производство стержней	120	2.4 Центробежное литье	200
1.4.6 Формовочные инструменты стержней (стержневых ящиков)	133	2.5 Непрерывная разливка и сервис	200
1.5 Европейские стандарты и АНЛ-инструкции при создании моделей	150	3 Литниковая и питающая технология	201
1.5.1 Обзор новых европейских стандартов	150	3.1 Литниковая система (гравитационное литье)	201
1.5.2 Систематика сортов материалов	150	3.1.1 Общие сведения	201
1.5.3 АНЛ-Инструкция	151	3.1.2 Законы физики, влияющие на процессы потока и заполнения пресс-формы	202
1.5.4 Обзор EN 12890	151	3.1.3 Расчет литниковой системы	204
1.5.5 Новое содержание EN 12890 против DIN 1511 - общее	152	3.1.4 Удержание шлаков	206
1.5.6 Новое содержание EN 12890 против DIN 1511 – от чего зависит класс качества	153	3.1.5 Конструкция литниковой системы	208
1.5.7 Классы качества коробок стержней	153	3.2 Питающая система	210
1.5.8 Классы качества по EN 12890	154	3.2.1 Задачи питающей системы	210
1.5.9 EN 12892 Формовочный инструмент для разовых моделей		3.2.2 Виды питателей	210
		3.2.3 Форма питателя	211
		3.2.4 Принцип работы питателя	212
		3.2.5 Анализ ошибок	212
		3.2.6 Технология питания	212
		3.2.7 Расчет питателей	213

3.2.8	Расширение затвердевания с помощью экзотермических и изолирующих вставок	217
3.2.9	Предотвращение образования полостей и пористостей с помощью специальных мер	218
3.2.10	Длина питания	219
3.2.11	Внутреннее охлаждение	219
3.2.12	Влияние формовочных материалов	219
3.2.13	Виды усадочных полостей (рис. 2)	220
3.3	Моделирование процесса заполнения и затвердевания пресс-формы	221
3.4	Вопросы для повторения к главе 3	223
4	Технология плавки и плавильные печи	224
4.1	Общие сведения о плавильных печах	224
4.2	Выбор плавильных печей	224
4.3	Общие сведения о плавке	225
4.4	Плавильные печи	226
4.4.1	Купольная печь	226
4.4.2	Индукционные печи	228
4.4.3	Дуговая электропечь	233
4.4.4	Вращающаяся барабанная печь	233
4.4.5	Дуплексный процесс	233
4.4.6	Плавильные печи в цехах литья цветных металлов	234
4.5	Футеровка печей огнеупорным материалом	236
4.6	Шихтовка и ее применение	237
4.7	Задача управления шлаком и шлака в процессе плавки	238
4.8	Обработка расплава	239
4.8.1	Дезоксидация	239
4.8.2	Инокуляция чугуна	239
4.9	Измерение температуры	240
4.10	Разливочные ковши	240
4.11	Правила техники безопасности и предупреждения несчастных случаев на производстве	242
5	Техника отделки	244
5.1	Задача	244
5.2	Области отделочного цеха	244
5.3	Распаковка	245
5.4	Облучение	246
5.5	Обрезка и шлифовка	248
6	Технология формовочного материала	250
6.1	Формовочный материал	250
6.1.1	Основная структура формовочных материалов	250
6.1.2	Требования к формовочным материалам	250
6.1.3	Основные формовочные материалы	251
6.1.4	Системы креплений для формовочных смесей	252
6.1.5	Процесс холодной смолы	258
6.1.6	Быстрый процесс производства смолы	259
6.1.7	Формовочные добавки	260
6.1.8	Материалы для покрытия пресс-форм и сердечников	261
6.2	Подготовка формовочной смеси и регенерация	263
6.2.1	Определение и задача	263
6.2.2	Системы	263
6.2.3	Этапы процесса в системе циркуляции формовочной смеси	264
6.2.4	Регенерация старых формовочных материалов с помощью связующего для формовочного материала	265
6.2.5	Смешивание формовочных материалов	268
6.2.6	Контроль формовочной смеси	269
6.3	Испытание формовочной смеси	270
6.3.1	Задачи испытаний формовочных смесей	270
6.3.2	Испытание формовочного базового материала	271
6.3.3	Испытания образцов	272
6.3.4	Испытание формы на прочность	273
6.3.5	Испытания компонентов формовочной смеси	273
6.3.6	Испытания формовочных материалов на основе смолы	273
6.4	Вопросы для повторения к главе 6	274
7	Материаловедение	275
7.1	Введение	275
7.1.1	Классификация материалов	275
7.1.2	Особенности и преимущества	276
7.1.3	Ответственное обращение с материалами и сырьем	277
7.2	Древесина	279
7.2.1	Применение для моделей литейного производства	279
7.2.2	Деревянные материалы в форме плит	279
7.3	Синтетические материалы	280
7.3.1	Особенности и преимущества	280
7.3.2	Применение в формовочном цехе	280
7.3.3	Применение в производстве моделей	280
7.3.5	Производство пластмассовых изделий	285
7.3.6	Физическое поведение	286
7.4	Металлы пластмассовых изделий	287
7.4.1	Базовые металлы	287
7.4.2	Черные материалы	289
7.4.2.1	Производство чугуна	289
7.4.2.2	Железно-цементитовая система	291
7.4.2.3	Сталь	292

7.4.2.4 Железографитовая система (рис. 1).....	296	8.3.1 Общая информация	357
7.4.2.5 Чугун	297	8.3.2 Контур тока (рис. 1).....	358
Чугун с шаровидным графитом – GJS (GGG) (чугун с шаровидным графитом)	300	8.3.3 Типы тока	360
7.4.2.6 Мягкий чугун GJMW и GJMB.....	304	8.3.4 Генерация напряжения.....	360
7.4.2.7 Режущие материалы	305	8.3.5 Поражение электрическим током	361
7.4.2.8 Термическая обработка железоуглеродистых сплавов	307	8.4 Техника управления	363
7.4.3 Цветные металлы и их сплавы	310	8.4.1 Контроль и регулирование	363
7.4.3.1 Легкие металлы и их сплавы	310	8.4.2 Пневматика	364
7.4.3.2 Тяжелые металлы и их сплавы.....	316	8.4.3 Гидравлика	369
7.5 Порок литья	319	8.5 Программируемые логические контроллеры (ПЛК).....	371
7.6 Коррозия	323	8.5.1 Введение	371
7.7 Технология обеспечения качества	324	8.5.2 Аналоговые и цифровые сигналы.....	372
7.7.1 Управление качеством	324	8.5.3 Структура ПЛК	373
7.8 Вопросы для повторения к главе 7	330	8.5.4 Режим работы ПЛК	374
8 Дополнительные основы и методы	331	8.5.5 Программирование SPS.....	375
8.1 Основы производственного инжиниринга	331	8.5.6 Последовательное управление	379
8.1.1 Введение	331	8.5.7 Шаг 7.....	381
8.1.2 Формование	332	8.5.8 Структура программы ПЛК с программными блоками	382
8.1.3 Обработка	333	8.6 Компьютерные методы	385
8.1.3.1 Режущая кромка инструмента.....	333	8.6.1 Общая информация о компьютерных технологиях.....	385
8.1.3.2 Угол на передней кромке инструмента	333	8.6.2 Территориальная 3D-метрология	388
8.1.3.3 Зубила	334	8.7 Автоматизация в литейном производстве	390
8.1.3.4 Пилы	334	8.7.1 Общая информация	390
8.1.3.5 Напильники	335	8.7.2 Общие сведения о работе	391
8.1.3.6 Спиральные сверла	336	8.7.3 Конструкция робота	391
8.1.3.7 Расточка	337	8.7.4 Роботы в литейном производстве	392
8.1.3.8 Расширители	337	8.8 Моделирование литейного процесса	395
8.1.3.9 Режущие инструменты для резьбы	338	8.8.1 Моделирование литейного процесса	395
8.1.3.10 Вращение	339	8.8.2 Области применения	395
8.1.3.11 Фрезерование.....	340	8.8.3 Моделирование съемок ядра	396
8.1.3.12 Сверлильный станок.....	341	8.8.4 Примеры применения имитации процесса для литья заготовок.....	397
8.1.4 Сварка отливок	342	8.9 Процессы дополнительного производства	400
8.1.5 Измерительные и чертежные приборы.....	347	8.9.1 Определение.....	400
8.1.5.1 Проверка	347	8.9.2 Историческое развитие.....	400
8.1.5.2 Методы измерения	347	8.9.3 Преимущества процедуры	400
8.1.5.3 Испытательное оборудование	348	8.9.5 Методы трехмерной печати	401
8.2 Химия	352	8.9.5 Добавitive технологии для точного литья	403
8.2.1 Общая информация	352	8.9.6 Процесс лазерного спекания	404
8.2.2 Элементы	352	8.10 Установки и технологии производства	405
8.2.3 Химические соединения.....	352		
8.2.4 Химические реакции	353		
8.2.5 Кислоты – основания – соли	356		
8.3 Электротехническое проектирование	357		



1 Формовочная техника и технические коммуникации

1.1 История развития формовки и литья

5000 лет литейному производству металлов

На Ближнем Востоке найдены предметы, которые указывают на то, что приблизительно 5000 лет назад люди умели изготавливать предметы из металла. Древнейшие находки эпохи бронзового века – приблизительно на тысячу лет моложе. Во многих музеях мира нынче можно увидеть литые изделия из прошлого. Кроме того, старинные предметы дают нам представление о древней технике их производства. На рисунке 1 представлены изображения, обнаруженные в одной из гробниц в Королевской долине близ Луксора в Верхнем Египте.

Литейные формы из глины, камня и металла

Литейные формы стали необходимыми в ту пору, когда человек впервые освоил выплавку металла. Их часто изготавливали из песчаника, стеатита, слюды, серпентина и других пород. Литейщики эпохи бронзового века и сами производили литейные формы. Таким образом, они оказались предшественниками нынешних производителей литейных форм – кокилей.

Метод восковых моделей

Непосредственное производство литейных форм представляло преимущественно простые формы. Однако эта техника существенно ограничивала возможности художественных устремлений человека. Большая часть литых произведений искусства во всех культурных странах могла производиться лишь таким способом, когда вначале изготавливалась восковая модель изделия, поскольку лишь таким образом можно осуществить выплавку в разъемных формах. Именно этот опыт послужил основой для самого современного метода точного (прецизионного) литья (см. раздел 1.3.2.2). На рисунке 2 представлена фигурка полого литья старейшего производства из Центральной – Северной Европы. Копию маленьковатой бронзовой тележки Тронхейма можно увидеть в романо-германском центральном музее Майнца.

Плавильные печи

В древних тигельных печах в тигли добавляли каменный и древесный уголь и усиливали горение с помощью выдувных труб и мехов (рис. 1). Развитие технологии горения в отдельной шахтной печи получило продолжение много позднее.

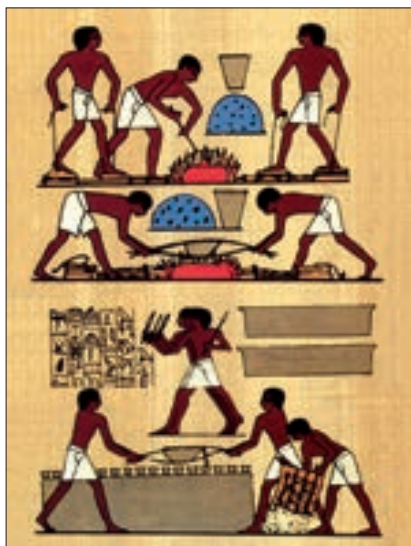


Рис. 1: Плавка и литье в Египте, 1450 в. до н. э.

Наверху: работы с тиглем с использованием мехов
В центре: поднятие плавильного тигля
Внизу: изготовление и транспортировка литой двери храма



Рис. 2: Фигурка древнейшего художественного литья европейского бронзового века (способ плавки с применением восковой модели)

■ Модели для многократного применения из дерева и гипса

Со времен Средневековья в Европе развивалась техника формовки с использованием моделей многократного применения. Простейшие модели такого рода представляли собой модельные доски для колоколов и оружейных дул (рис. 2). После изобретения чугунного литья наступила эпоха расцвета производства плавильных печей. В те времена известные резчики по дереву создавали подобные произведения искусства. Также они изготавливали ценные деревянные модели, которые использовались затем для изготовления отливок открытым способом.

■ Литейные материалы в историческом процессе

Общеизвестно деление доисторического периода на этапы – каменный, бронзовый и железный века. Когда около 5000 лет назад в так называемом бронзовом веке человек впервые научился обрабатывать металл, это была чистая медь. Довольно скоро выяснилось, что добавки олова (медь + олово = бронза) и иных металлов повышают плавкость и твердость меди. Существенно более сложный способ выплавки железной руды обусловил тот факт, что первая чугунная отливка была произведена в Европе около 1400 г. до н.э. Производство легких металлов стало возможным после того, как в электродинамических машинах стали применять электрическую энергию. Так, первая литая деталь из алюминия выпущена в 1884 году, а литая деталь из магния – в 1909 году.

■ Механизация и автоматизация

Первая модельная плита применена в 1827 году для более рационального и точного процесса производства печных плит способом ручной формовки на предприятии по производству бронзовых отливок. Первая машина для формовки впервые упоминается в 1827 году как чистая формовочная машина. Начиная с 1907 года в течение нескольких десятилетий вибрационные формовочные машины представляли передовую технологию литья.

Современные методы формовки, представленные здесь в разделе о машинной формовке, снабжены встроенным в соответствующее оборудование программным обеспечением.

■ Профессита литейщика в настоящее время

Начиная с 1986 года современное образование механиков литейного дела предусматривает наряду с базовыми профессиональными знаниями получение знаний о смежных металлургических профессиях и навыков обработки данных, необходимых для работы на современном оборудовании. Получивший современное профессиональное образование механик литейного дела ныне заменяет формовщика, который владеет в том



Рис. 1: Простейшие приспособления для формовки эпохи бронзового века (900–800 в. до н. э.): литейная форма для металлического топора



Рис. 2: Со времен Средневековья применяли чугунное литье. Формовку проводили во вращающихся деревянных моделях



Рис. 3: Современная продукция: литая деталь судового двигателя

числе навыками художественного литья. В общепринятом понимании название профессии «литейщик» обычно является собирательным для конкретных професий литейного дела.

Хронологические таблицы

Экспертная комиссия по истории VDG («Союза литейщиков Германии») разработала хронологические таблицы по истории формовки, плавильной техники и литейной продукции. Представленные в краткой форме, эти таблицы завершают раздел «История развития формовки и литья».

Формы (примеры)	
5000 в. до н. э.	Каменные формы в Передней Азии
3000 в. до н. э.	Метод восковых моделей в Передней Азии и Индии
1500 в. до н. э.	Воздуходувные меха взамен выдувных труб в Египте
1500 в. до н. э.	Первый сыродутный горн для выплавки чугуна в Передней Азии
1800 в. до н. э.	Первая в Центральной Европе (Ольмюц) литейная форма из песчаника
1250 в. до н. э.	Бронзовая форма многократного использования для топора в Эльцене
300 в. до н. э.	Металлический кокиль для чугунного литья в Китае
1100 до н. э.	Первые трафаретные формы для бронзовых гравюр
1400	Шаблоны с поворотным шпинделем для пушечных дул
1827	Применение модельных плит на заводе «Rote Hütte», (Гарц)
1872	Первая формовочная машина с механическим уплотнителем (Шебольдт)
1944	Базовый патент Кронинга на метод литья в оболочковые формы
1950	Пескодувная стержневая машина Хансберга
Печи и техника плавки (примеры)	
5000 в. до н. э.	Ковка и отливка золотых предметов в Передней Азии
3000 в. до н. э.	Тигельные плавильные печи для плавки бронзы в Китае
500 в. до н. э.	Кельтская плавильная толпа латинского периода (поздний железный век)
1500 до н. э.	Подовые пламенные печи в мастерских на литейных и пушечных заводах
1700	Замена древесного угля коксом в доменных печах Англии
1700	Шахтная печь Вилкинсока – предшественник вагранки
1864	Печь Сименса–Мартина (братья Сименс, Пьер Мартин)
1865	Первая вагранка с помещением для сбора металлов
1879	Первая плавильная печь Лихтбогена (Вернер ф. Сименс)
1908	Первая индукционная канальная печь промышленной частоты
1912	Первая отапливаемая маслом печь для выплавки чугуна
1935	Первая индукционная тигельная печь промышленной частоты
Литейные заготовки и изделия (примеры)	
5000 в. до н. э.	Литое и кованое золото в Передней Азии
3000 в. до н. э.	Бронзовое литье (Cu-As-Pb в Индии и Месопотамии)
2700 в. до н. э.	Начало медного века в Европе
1100 в. до н. э.	Начало железного века в Европе
500 в. до н. э.	Начало выплавки чугуна в Китае
1400 н. Chr.	Начало выплавки чугуна в Европе
Литые пушки и пушечные дула	
1630	Первый английский патент на закалку чугуна
1800	Открытие легких металлов (Ti 1791, Mg 1808, Al 1825)
1845	Начало производства фасонного литья из тигельной стали (Д. Майер, Д. Фишер)
1909	Первый литейный сплав магния
1921	Применение алюминия в качестве литейного материала
1942	Производство ковкого чугуна



Рис. 1: Литое изделие, Месопотамия, 2000 в. до н. э.



Рис. 2: Скифский золотой гребень, 400 в. до н. э.



Рис. 3: Собор в Хильдесхайме, Бронзовое литье 1225 г. до н. э.

1.2 Основы формовочной техники

1.2.1 Разработка и изготовление литых деталей

Конструкторская подготовка

На этапе конструкторской разработки принимают решение о способе производства детали – это литье,ковка, сварка или обработка резанием.

При этом в компетенцию конструктора должно входить знание основ формовочной техники – для того, чтобы производство вновь разрабатываемых литых деталей осуществлялось с наименьшими технологическими потерями.

Изготовление моделей

Для изготовления моделей используют трехмерную форму литых деталей. В настоящее время для изготовления моделей часто применяют CNC-машины. В этом случае изготовитель модели с учетом требований конструкторской документации применяет соответствующее **модельное оборудование**, которое обычно представляет собой комплект из модели и стержневого ящика. Чертеж, с которым работает разработчик модели, отличается от конструкторского чертежа наличием дополнений в виде, например, формовочных уклонов, стержней и пр., а также наличием требований к обработке. В соответствии с назначением модель изготавливают из дерева, пластмасс, поролона или металла.

Формовка

С помощью моделей на участке формовки изготавливают формы. Формы являются негативными, они содержат полость для заливки, которая служит для получения будущей отливки. Полученные с помощью моделей формы состоят из материала, как, например, окрашенный в определенный цвет кварцевый песок. Его упрочняют посредством уплотнения. При ручной формовке его утрамбовывают, при формовке с помощью формовочных машин – прессованием, отбоем, встряхиванием, импульсом. Для формовочных материалов на основе синтетических смол уплотнение происходит путем естественного твердения.

Изготовление стержней

Формирование внутренних полостей отливок обеспечивают с помощью стержней. Стержень соответствует форме полости и состоит из формовочного материала. Для изготовления стержней применяют так называемые стержневые ящики, которые в серийном производстве именуют также изделиями для формовочных стержней. Поскольку стержень помещают в форму, следует соблюдать соответствие их по размерам.

Участок отделения формовки, где изготавливают стержни, обозначают как стержневой участок.



Рис. 1. Конструкторская подготовка



Рис. 2: Модель и стержневой ящик из дерева и пластмассы



Рис. 3: Половинки форм со вставленными сердечниками в автоматической линии формования