

КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

АЧИНСКИЙ ФИЛИАЛ

**ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ
ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Учебное пособие



Ачинск 2019

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Департамент научно-технологической политики и образования
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Красноярский государственный аграрный университет»
Ачинский филиал

Пиляева Ольга Владимировна

ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Учебное пособие

Ачинск 2019

Рецензенты:

Федченко Виктор Борисович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили, тракторы и лесные машины ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет».

Артемяева Наталья Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры АД и ГС ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет».

Автор:

Пиляева Ольга Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры агроинженерии Ачинского филиала ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет».

П 324 Пиляева О.В.

Теория и технология литейного производства: учебное пособие / О.В. Пиляева; Краснояр. гос. аграр. ун-т. Ачинский ф-л.- Ачинск, 2019. – 62 с.

Изложены основы теории литейных процессов, основы технологии изготовления отливок и особенности их производства из чугуна, стали и сплавов цветных металлов. Рассмотрено производство отливок различными способами. Для закрепления теоретического материала приведены вопросы для самоконтроля и тестовые вопросы. Приведен справочный материал, который поможет при расчетах и проектировании литейного процесса.

Учебное пособие предназначено для студентов всех направлений обучения.

© Пиляева О.В., 2019

© Ачинский филиал ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», 2019

Содержание

Введение.....	4
Общие характеристики видов литья	5
Литье в песчаные формы.....	8
Литье в оболочковые формы.....	16
Литье по выплавляемым моделям	19
Литье в кокиль	24
Литье под давлением	29
Центробежное литье	37
Вакуумное литье.....	43
Вопросы для самоконтроля.....	45
Тестовые вопросы для самоконтроля	46
Заключение	54
Приложения	55
Список источников	61

Введение

Литейное производство, один из технологических процессов получения изделия заполнением расплавленным металлом заранее подготовленной формы, в которой металл отвердевает. Значение литейного производства в машиностроении характеризуется тем, что более 75% по весу всех деталей машин и орудий являются литыми. Изготовление деталей путем отливки является не только простым, а потому и дешевым способом, но часто при очень сложных конструкциях и крупных размерах деталей - и единственным. Литейным процессом можно получить изделия и из таких металлов, которые не обладают способностью коваться. В литейном производстве детали машин изготавливаются индивидуальным, серийным и в некоторых случаях массовым порядком.

Многообразие современных технологий создания литейных форм открывает широкие возможности экономичного производства отливок различной массы в соответствии с техническими требованиями, которые оговариваются потребителем. Обычно к отливкам предъявляют общие технические требования по размерной и массовой точности, шероховатости поверхности, механическим свойствам, качеству литого металла. В отдельных случаях к отливкам могут предъявлять специальные требования, например, по герметичности, коррозионной стойкости, износостойкости и пр. Технические требования к отливкам регламентируют государственные и отраслевые стандарты, а в некоторых случаях – дополнительные технические условия предприятий-изготовителей отливок.

В учебном пособии рассмотрены получение отливок различными способами. Пособие предназначено для студентов технических специальностей.

Общие характеристики видов литья

Литейное производство имеет большую классификацию. Рассмотрим какие бывают основные способы литья на рис.1.

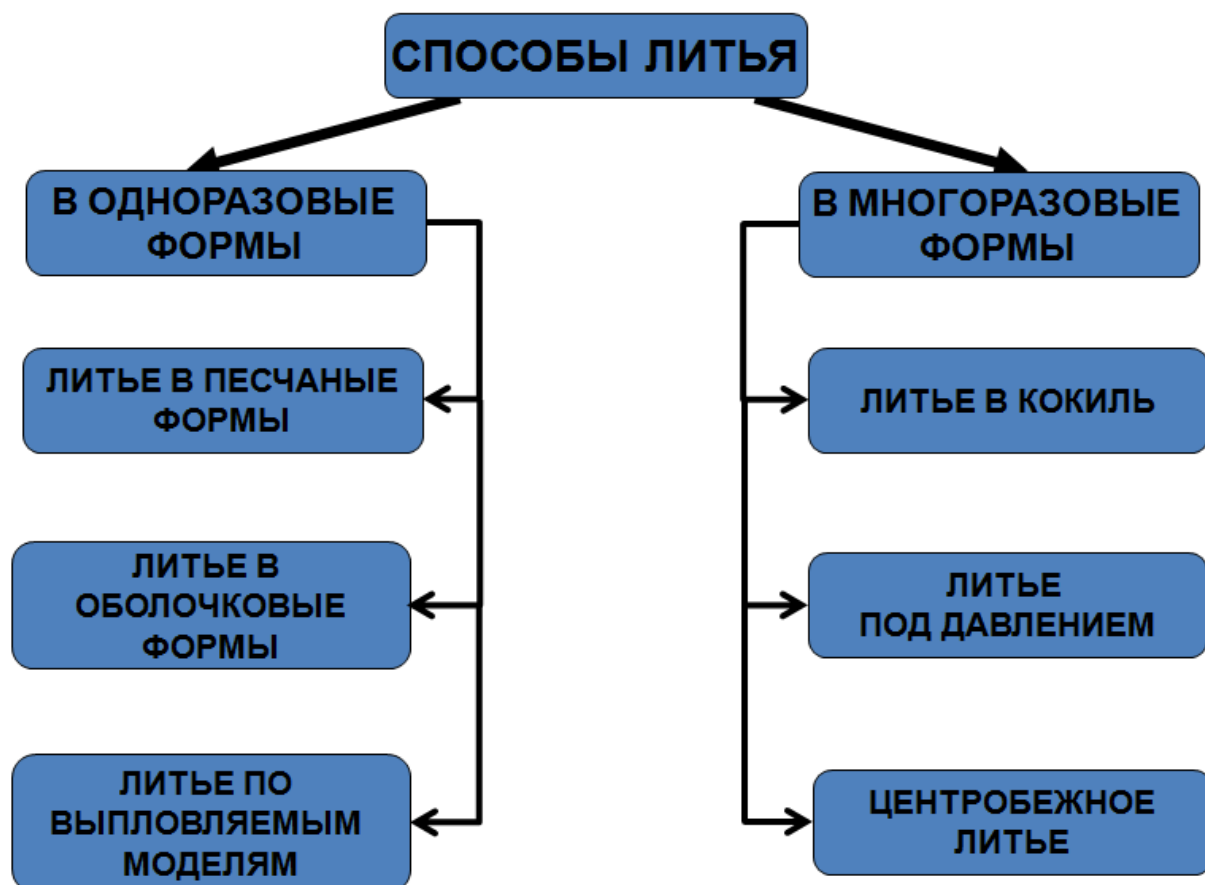


Рисунок 1 – Способы литья

Таблица 1– Классификация отливок по весовым группам

Весовая группа	Характеристика отливки	Вес отливки, кг
I	Легкие	До 100
II	Средние	101-1000
III	Крупные	1001-5000
IV	Очень крупные	Более 5000

Таблица 2– Классификация отливок по серийности

Для отливок I весовой группы принята следующая классификация

Количество выпущенных отливок, шт/год				
Единичное производство	Мелкосерийное производство	Серийное производство	Крупносерийное производство	Массовое производство
До 150	До 200	До 15000	До 100000	Свыше 100000

Ликвация – неоднородность химического состава сплава в различных частях отливки.

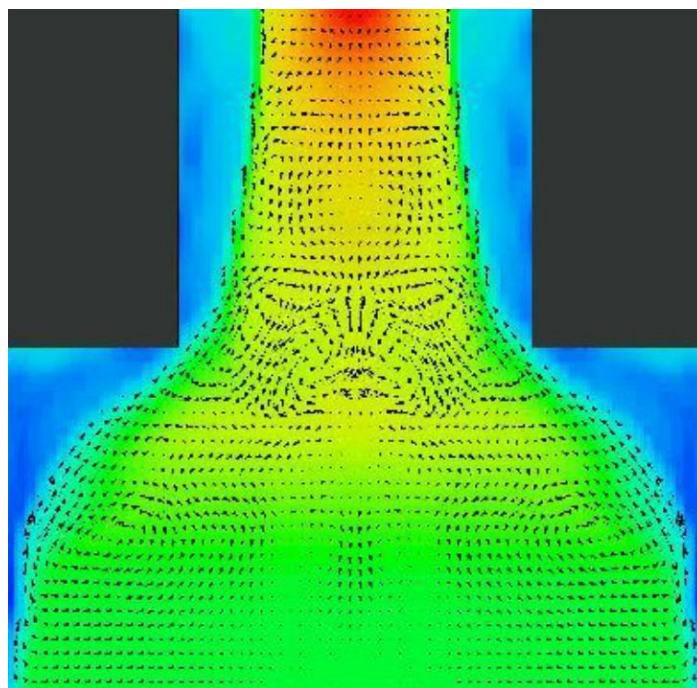


Рисунок 1 – Структура потоков всплывающих масс в стальной отливке (0,42%) отливке

Мощности литейного производства позволяют изготовить детали из углеродистых, легированных, высоколегированных марок стали. Отливать

детали из серого, высокопрочного, антифрикционного и специального чугуна.

Для цветного литья применяются бронзовые и алюминиевые сплавы.



Стальные заготовки конструктивных деталей изготавливают процессом **точного стального литья по выплавляемым моделям**.



Отливки из алюминиевых сплавов получают литьем в металлические формы – **литьем в кокиль**.



Производство литых заготовок из магниевых сплавов осуществляется **литьем в разовые песчаные формы**.



Литье по выплавляемым моделям в керамические формы из жаропрочных никелевых сплавов, с равноосной структурой.

Рисунок 2 – Заготовки разными методами литья

Литье в песчаные формы

Литьё в песчаные формы — дешёвый, самый грубый (в плане размерной точности и шероховатости поверхности отливок), но самый массовый (до 75-80 % по массе получаемых в мире отливок) вид литья.

Литье в песчаные формы – метод литья металлов и сплавов, при котором расплавленный металл заливается в форму, сделанную из плотно утрамбованного песка. Для связи песчинок между собой, песок смешивают с глиной, водой и другими связующими материалами.

Основные этапы:

- Поместить модель в опоку с песком, чтобы создать форму.
- В необходимых местах присоединяются литниковая система и выпоры.
- Удалить из опоки модель и соединить полуформы.
- Заполнить полость формы расплавленным металлом.
- Выдержать застывающий металл в опоках согласно технологии.
- Выбить отливку и освободить от литников и выпоров.

По чертежам и литейным технологиям, разработанных технологом или конструктором, опытный модельщик изготавливает модель детали из дерева, металла или пластмассы или пенополистирола. Металл в процессе охлаждения даёт усадку, и кристаллизация может быть неоднородной из-за неравномерного охлаждения. Таким образом, модель должна быть чуть больше, чем готовая отливка, с применением, так называемого, коэффициента усадки металла. Различные усадочные коэффициенты используются для различных металлов. Модели в процессе формовки оставляют в песке полости-отпечатки в форме, в которые помещают стержень из песка. Такие стержни иногда усиливается проволочной арматурой, которые используются для создания полостей, которые не могут быть сформированы основной

моделью, например, внутренние проходы клапанов или места охлаждения в блоках двигателей.

Литниковая система для входа металла в полости формы представляют собой направляющую и включает воронку, литники, которые поддерживают хороший напор жидкого металла, для более равномерного заполнения полости формы. Газ и пар, образующихся при литье выходят через проницаемые пески или через стояки, которые изготавливаются либо в самой модели, или в виде отдельных частей.

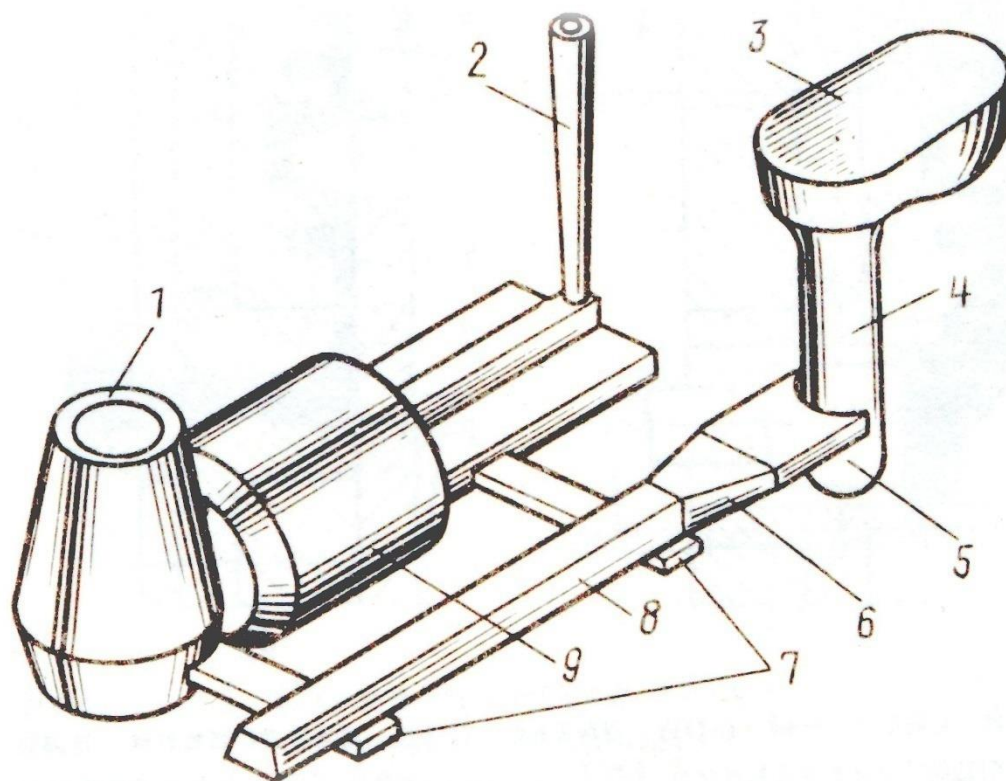


Рисунок 3– Литниковая система

1 – прибыль, 2 – выпор, 3 – литниковая чаша (воронка), 4 – стояк, 5 – зумпф,
6 – дрессель, 7 – питатель, 8 – шлакоуловитель, 9 - отливка

Для формовки используют две или несколько опоки. Опоки изготавливаются в виде ящиков, которые могут быть соединены друг с другом и скреплены между собой. Модель утапливается в нижней части опоки вплоть

до её самого широкого поперечного сечения. Затем монтируется верхняя часть модели. К нижней части опоки зажимами прикрепляется верхняя и туда добавляется, и утрамбовывается формовочная смесь таким образом, чтобы она полностью закрывала модель. В необходимых местах устанавливаются литники и выпора. Затем опока половинится и из неё вынимается модель, деревянные литники и выпора.

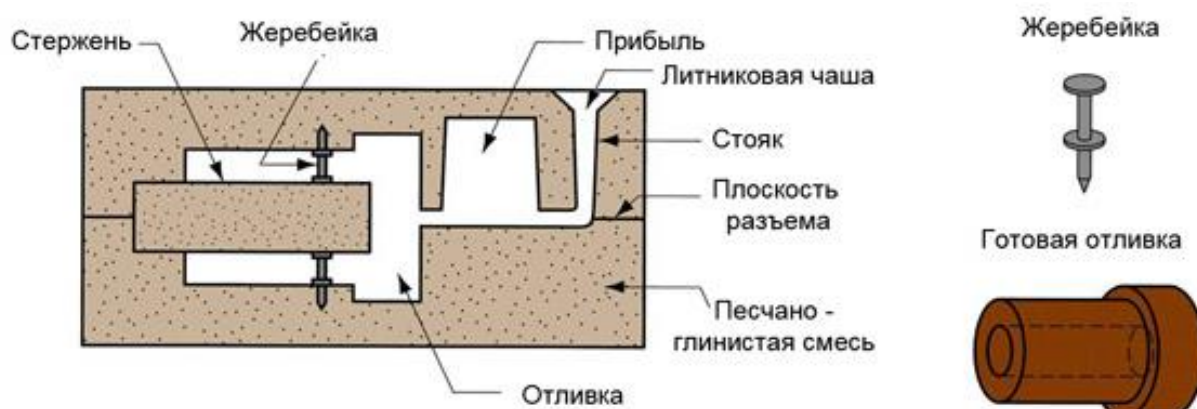


Рисунок 4 – Литейный комплект в сборе

Для управления кристаллизацией структуры металла, в форму можно поставить металлические пластины, холодильники. Соответственно быстрое локальное охлаждения образует более детальную структуру металла в этих местах. В черной отливке эффект аналогичен закалке металла в кузнице. В других металлах, холодильники могут быть использованы для управления направленной кристаллизации отливки. При управлении способом охлаждения литья можно предотвратить внутренние пустоты или пористость внутри литья.

Для получения полостей в отливке, например, для охлаждающей жидкости в блоке двигателя и головок цилиндров используются стержни. Обычно стержни для литья ставятся в форму после удаления модели. После

сушки опоку с формой устанавливают на литейный плац для заполнения расплавленным металлом, обычно сталь, бронза, латунь, алюминий, магний и цинк. После заполнения жидким металлом опоки не трогают до охлаждения отливки. После выбивки отливки, стержни удаляются из литья. Металл литников и прибылей любым способом должен быть отделен от отливки. Различные термические обработки могут быть использованы для снятия напряжений от первоначального охлаждения и добавить твёрдости в случае закалки в воде или масле. Поверхность литья может быть дополнительно упрочена дробеструйной обработкой, которая добавляет устойчивости к растрескиванию, растягивает и разглаживает шероховатую поверхность.

Чтобы было возможным удалить модель не нарушая целостности формовочной смеси все части модели должны быть предварительно рассчитаны технологом и иметь знаковые части для установки стержней. Небольшой уклон должен использоваться на поверхностях, перпендикулярных линии разъема, для того, чтобы была возможность удалить модель из формы. Это требование также распространяется на стержни, так как они должны быть удалены из полостей, которые они образуют. Выпора и стояки должны быть расположены так, чтобы обеспечить оптимальный поток металла в форму и газов из неё для того, чтобы избежать недолива литья.



Рисунок 5 – Схема получения отливки

Способы литья в землю

Различают два способа литья в песчаные формы, первый с использованием «сырого» песка, так называемые сырые формы, а второй метод - жидкостекольный.

Мокрый песок, используются, чтобы сделать форму в опоке. Название произошло от того, что мокрым песком пользуются в процессе формования. "Сырой песок" – это смесь:

-кремнеземистый песок (SiO_2), или хромистые пески (FeCr_2O), или циркониевый песок (ZrSiO_4), от 75 до 85%, и другие составляющие, включая графит, глину от 5 до 11%, воды от 2 до 4%, других неорганических элементов от 3 до 5%, антрацит до 1%.

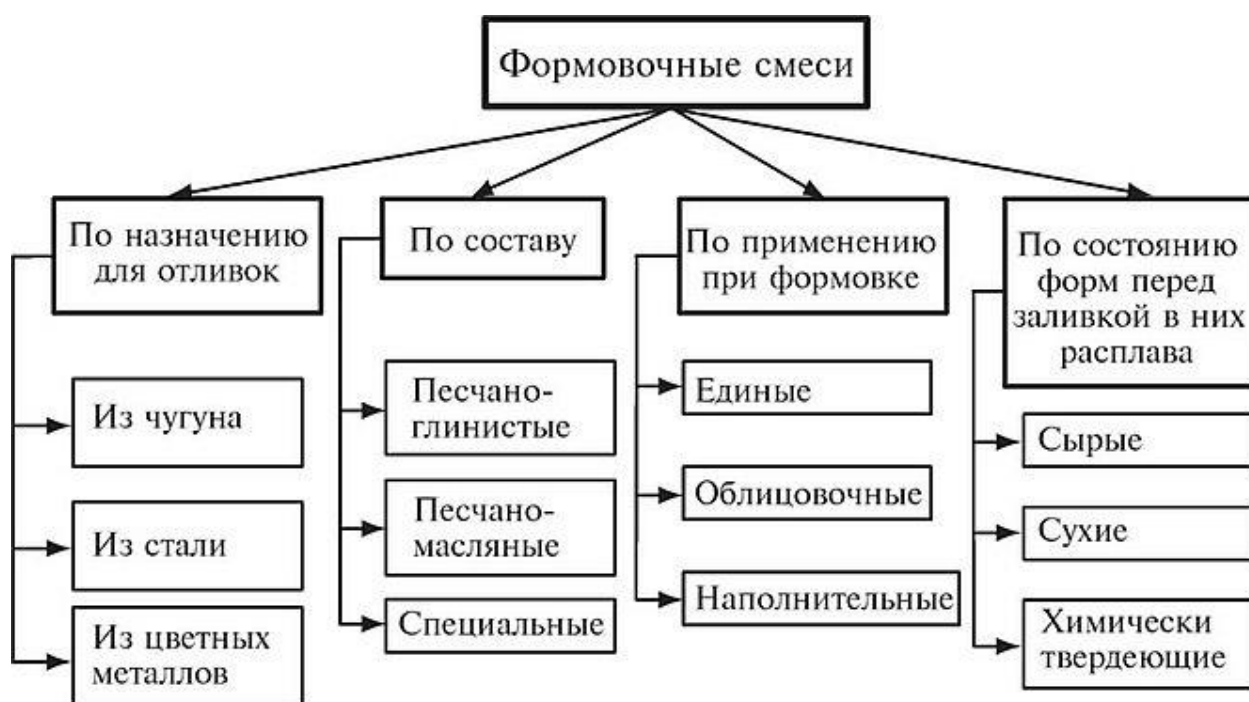


Рисунок 6 – Формовочных смесей

Есть много формовочных смесей с глиной, но все они различны по пластичным свойствам смеси, качеству поверхности, а также возможностью применения в литье расплавленного металла в отношении пропускной способности для выхода газов. Графит, как правило, содержится в соотношении не более 5%, он частично сгорает при соприкосновении с расплавленным металлом с образованием и выделением органических газов. Сырые смеси как правило для литья цветных металлов не используются, так как сырые формы приводят к сильному окислению, особенно медного и бронзового литья. Сырые песчаные формы для литья алюминия не используют. Для алюминиевого литья используют более качественные формовочные смеси. Выбор песка для формовки зависит от температуры заливки металла. Температура заливки меди, стали и чугуна выше других металлов, поэтому, глина от воздействия высокой температуры далее не регенерируется. Для заливки чугуна и стали на основе железа как правило, работают с кварцевым песком – он относительно недорог по сравнению с другими песками. Так как глина выгорает, в новую порцию песчаной смеси

добавляют новую порцию глины и некоторую часть старого песка. Кремний является нежелательным в песке, т.к. зерна кварцевого песка имеют тенденцию взрываться при воздействии высокой температуры во время заливки формы. Эти частицы находятся во взвешенном состоянии в воздухе, что может привести к силикозу у рабочих. В литейном цехе имеется активная вентиляция для сбора пыли. Мелкие древесные опилки (древесная мука) добавляется, чтобы создать место, при ее выгорании, для зерен песка, когда они расширяются без деформации формы.

Технология ЖСС (жидко-стекольная смесь)

Эта технология состоит в следующем: в состав формовочной смеси входит прокаленный песок без глины, затем его в специальной емкости перемешивают с жидким стеклом и перемешанной массой заливают модель. Залитую форму накалывают для последующего подвода углекислоты. Опoку накрывают колпаком и подают газ CO_2 . После чего залитый формовочный состав ЖСС приобретает твердость.

В обоих методах, песчаная смесь остается вокруг модельной оснастки, образуя полости формы для заливки металла. Формовка жидкостекольными смесями позволяет получить две полуформы, которые после затвердевания собирают. Модель удаляется, образуя полость формы. Эту полость заливают жидким металлом. После того, как металл остыл отливки очищают от формовочного состава. Форма из ЖСС полностью разрушается при извлечении отливки.

Точность литья напрямую связана с типом формовочной смеси и формовки. Сырые формы создают на поверхности отливки повышенную шероховатость. Поэтому литье в землю можно сразу отличить от литья по ЖСС и ХТС. Литье в формы из мелкого песка значительно чище и менее шероховато. Технология ЖСС позволяет изготавливать отливки с гладкой поверхности, особенно при использовании пластиковых моделей. В отдельных случаях, например при литье корпусных деталей, можно обойтись даже без механической обработки

на больших поверхностях – это позволяет отливать крупногабаритные чугунные блоки цилиндров. Остатки пригоревшей к отливке формовочной смеси удаляются дробеструйной обработкой.

Холодно твердеющая смесь (литье в ХТС)
Использование органических и неорганических связующих, которые укрепляют формы для литья химически связывают песок. Этот тип формовки получил свое название от того, что он не требует просушки, как другие виды песчаной формовки. Литье в ХТС является более точным, чем литье в землю. Размеры форм ХТС меньше, чем при литье в песчаные смеси, но дороже. Таким образом, ХТС используется реже, в тех случаях, когда требуется более качественное литье.

Формы из холодно твердеющей смеси, требуют быстрой формовки, в отличие от песчано-глинистых смесей, т.к. они содержат быстро твердеющие жидкие смолы, ускорители затвердевания и катализаторы. Вместо трамбовки смеси (как при литье в землю), формовочную смесь ХТС заливают в опоку и дожидаются, когда смола затвердеет. Обычно затвердевание происходит при комнатной температуре в течение 20 минут. Литье в ХТС значительно улучшает качество необработанных поверхностей стальной отливки по сравнению с другими технологиями литья в песчаных формах. Обычно для изготовления модельной оснастки по ХТС используют дерево, металл или пластик МДФ. Чаще других формовка холодно твердеющими смесями применяется при литье меди, литье алюминия, углеродистой стали, жаропрочной и нержавеющей стали, а также легированного чугуна, так как значительно снижает вероятность образования литейного брака.

Литьё чугуна в землю является экономически недорогим и простым процессом, который используют на протяжении более 500 лет. Таким образом отливаются формы массой до 200 тонн, один из прекрасных примеров литья чугуна в землю – это отлитая в 1586 году «Царь пушка». На данный момент литьё в землю используется в машиностроении, станкостроении,

автомобилестроении. Многие памятники так же были изготовлены этим способом.

Характеристики литья в песчаные формы:

- ✓ Можно получать отливки любых размеров и формы;
- ✓ Низкая размерная точность (класс размерной точности 7 – 8);
- ✓ Большая шероховатость поверхности ($R_z=80$) (класс чистоты поверхности 1 – 3);
- ✓ Большой расход формовочных материалов (5-8 т на 1 т отливок).

Литье в оболочковые формы

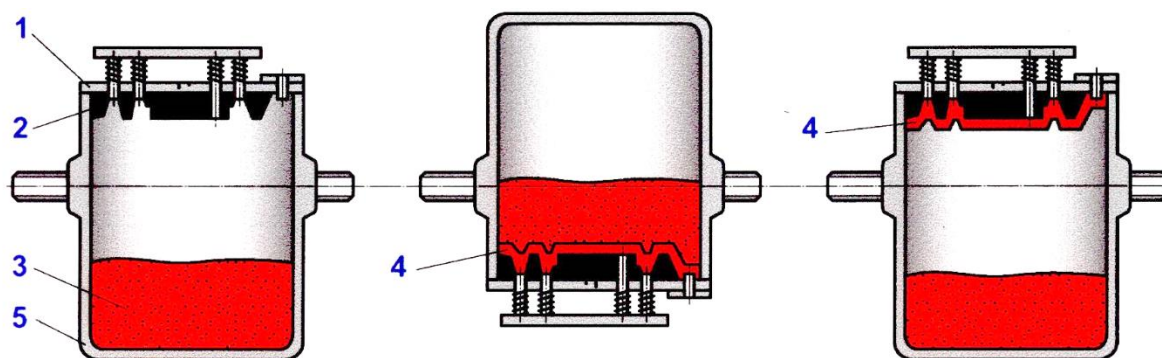
Если говорить конкретно о данном способе, то он впервые был внедрен на заводах еще в далеком 1953 году. В настоящее же время способ используется довольно широко. Именно литьем в оболочковые формы, к примеру, изготавливается большинство деталей для трактора "Кировец". Все детали, которые производятся по такому методу, получаются высшего качества из стали или чугуна. Под оболочковым литьем подразумевают способ, при использовании которого конечный результат отливки имеет форму, состоящую из двух песчано-смоляных оболочек. Также данный метод изготовления деталей применяется только в тех случаях, когда необходимо создать деталь с небольшими или же средними размерами, но при этом с высокой точностью. Примерами применения этого способа литья могут быть детали для двигателей или же тонкостенное литье.

При использовании этого метода работы можно получить различные детали для вентиляторов, двигателей, насосов или текстильных машин. Однако максимальная длина полученного изделия не может превышать 1 метр, а также оно не может быть тяжелее 200 кг. Сущность литья в оболочковые формы основывается на определенных свойствах терморезистивных смол, которые входят в состав песчано-смоляных смесей.

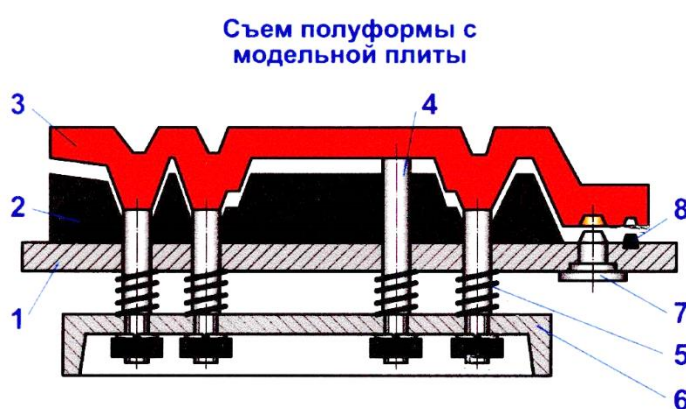
Преимуществом, благодаря которому используются такие компоненты, стало то, что эти смолы имеют свойство быстро и безвозвратно твердеть, если обработать их температурой 200-250 градусов по Цельсию.

Для того чтобы изготовить форму для последующего литья, необходимо иметь мелкозернистый кварцевый песок, который идет с добавкой термореактивной смолы, являющейся его связующим элементом для получения полноценной оболочковой формы. Данные материалы, в частности, смола выбирается из-за того, что при прохождении определенного температурного барьера она затвердевает. Процесс изготовления идет следующим образом. Сначала смолу подвергают нагреву до 140-160 градусов по Цельсию. Под воздействием такой окружающей среды она превращается в жидкую клейкую массу, которая полностью обволакивает форму из кварцевого песка.

Область применения литья в оболочковых формах довольно широка, а потому сам процесс изготовления форм доводится до автоматического или же автоматизированного. После того как форма будет полностью покрыта смолой, температуру увеличивают до 200-250 градусов по Цельсию. Этого температурного порога вполне хватает для того, чтобы клейкая масса необратимо затвердела и образовала форму. Далее, когда начинается процесс отливки деталей, то есть когда расплавленный металл попадает в форму, температура в ней достигает около 600 градусов. Данного режима хватает для того, чтобы смола не расплавилась, а сгорела, оставив при этом на самой форме поры, облегчающие отход газов.

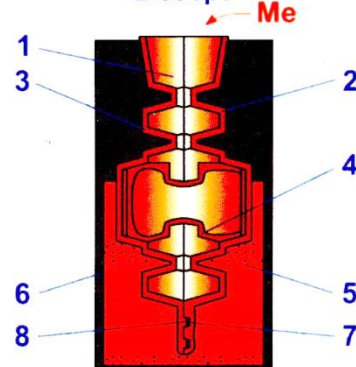


1 - модельная плита; 2 - модель; 3 - песчано-смоляная смесь;
4 - оболочковая полуформа; 5 - бункер.



1 - модельная плита;
2 - модель;
3 - оболочковая полуформа;
4 - толкатель;
5 - пружина;
6 - плита толкания;
7 - штырь;
8 - борт.

Оболочковая форма
в сборе



1 - литниковая воронка;
2 - оболочковая полуформа правая;
3 - оболочковая полуформа левая;
4 - оболочковый стержень;
5 - опорный наполнитель (дробь или песок);
6 - опока;
7 - центрирующее углубление;
8 - центрирующий выступ.

Рисунок 7 – Изготовление оболочковых полуформ методом опрокидывания бункера

Как и любой другой производственный процесс, этот имеет свои положительные и отрицательные качества. Если сравнивать данный способ литья, к примеру, с литьем в обычные песчаные формы, то можно выделить несколько следующих преимуществ: Первое и довольно существенное отличие - это класс точности, который равен 7-9. Кроме того, улучшается чистота поверхности полученной детали до 3-6. К тому же уменьшаются припуски, которые допускаются на последующую механическую обработку

полученной детали после литья. Один из больших плюсов - это существенное уменьшение затрат труда на изготовление отливок. Такой метод литья позволяет сократить расход формовочных материалов, а также количество металла благодаря тому, что уменьшаются размеры литниковых каналов. Существенно уменьшается количество брака на выходе.

Литье по выплавляемым моделям

Использование выплавляемых моделей – достаточно популярный способ литейного производства. Метод отличается сложностью технологического процесса и высокими трудозатратами на подготовительные процессы. Поэтому он используется там, где необходимо точно соблюсти размеры и обеспечить высокое качество поверхности деталей. Так отливают турбинные лопатки и высокопроизводительный инструмент, зубные протезы и украшения, а также скульптуры сложной конфигурации. Сущность литья по выплавляемым моделям состоит в том, что форма для отливки является неразъемной, модель из легкоплавких материалов в ходе формовки не извлекается, а выплавляется. Это обеспечивает тщательность соблюдения размеров и рельефа. В оставшуюся от модели полость и заливается металл. По завершении остывания форма разрушается и изделие извлекается. При отливке больших серий себестоимость изделия снижается.

Главный плюс литья по выплавляемым моделям - тщательность передачи формы и низкая шероховатость поверхности. Кроме того, в наличии другие достоинства:

- Доступно производство деталей из сплавов, слабо подверженных механической обработке.
- Снижается необходимость в дальнейшей механической обработке.
- Отливаются изделия, которые иными методами пришлось бы изготавливать частями и собирать воедино.

➤ При крупных сериях достигается снижение удельной трудоемкости (в расчете на одно изделие) и его себестоимости.

➤ Возможность механизации и частичной автоматизации подготовительных операций самого литья.

Эти достоинства выдвигают метод в число наиболее популярных и применяемых в современной металлургии, особенно в сочетании с современными прогрессивными методами заливки.

Основной недостаток заключается в сложности многоэтапного технологического процесса. Он требует достаточно сложного и дорогостоящего технологического оборудования для подготовительных этапов. Для несложных изделий, выпускаемых небольшими сериями, данный метод имеет более высокую себестоимость. Для экономически эффективного применения литья по выплавляемым моделям преимущества и недостатки метода сопоставляются, решение о его выборе принимается на основе оценки соотношения цена/качество.

Технология литья по выплавляемым моделям - это многоэтапный производственный процесс, который отличается сравнительно высокой трудоемкостью. На первом этапе выполняют мастер-модель, она станет эталоном для изготовления рабочих моделей и после прохождения всех этапов конечного изделия. Для производства мастер-модели используют как специальные модельные составы, так и традиционные - гипс или дерево. Материал мастер-модели должен сочетать в себе прочность и легкость обработки.

Далее технология литья по выплавляемым моделям предусматривает создание пресс-формы, в которую и будут отливаться все рабочие модели. Пресс-формы изготавливают из гипса, резины, силикона, реже из металла. Конструктивно она должна обязательно быть разъемной и рассчитанной на многократное использование. Пресс-форму заполняют модельным составом, после его отверждения ее разбирают и извлекают очередную рабочую модель.

При производстве уникальных деталей или небольших тиражей этапы создания мастер-макета и пресс-формы пропускают, а макет (или несколько) делают, формуя материал вручную.

Следующий этап процесса литья по выплавляемым моделям - изготовление вокруг макета (или блока макетов) отливочной формы. Эти матрицы конструктивно уже неразборные и одноразовые, что позволяет добиться тщательности соблюдения размеров и шероховатости изделия.

В современной промышленности применяются два вида форм - традиционные песчано-глиняные для литья в землю и оболочковые формы - для производства точных и дорогостоящих деталей. После завершения формы макет из нее выплавляют путем нагрева или продувки перегретым паром. Оболочковые формы дополнительно укрепляют путем прогрева до 1000 °С.

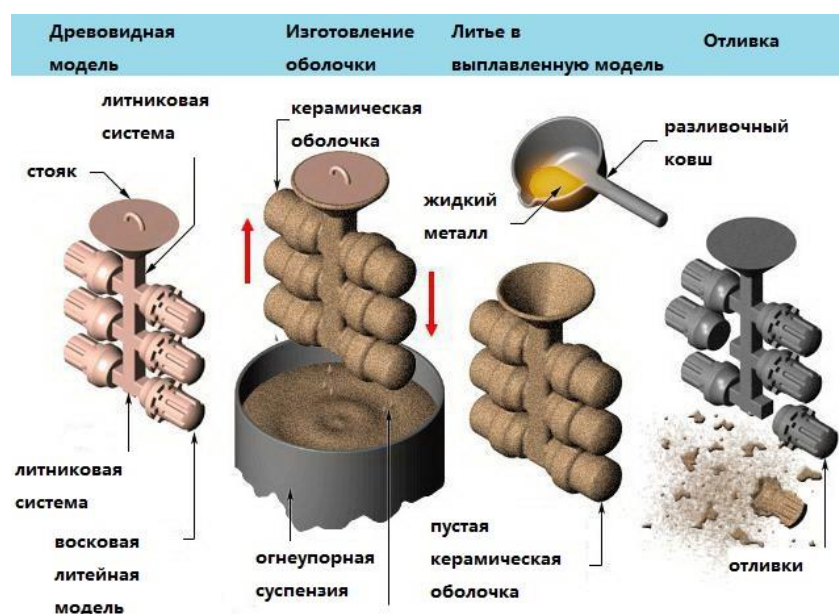


Рисунок 8 – Технология литья по выплавляемым моделям

В финальный этап процесса входит собственно заливка изделия, его охлаждение в естественных условиях либо по специальной методике в термостате, разрушение формы и очистка изделия. Способ позволяет получать высококачественные отливки весом от нескольких грамм до десятков килограмм.

Материал для производства макета должен обладать определенными свойствами. Он должен иметь такие свойства, как:

- Пластичность в твердой фазе. Необходима для точного повторения формы будущего изделия и коррекции его при необходимости.
- Прочность. Модель должна выдерживать без деформаций процесс формирования формы вокруг нее.
- Легкоплавкость. Вытапливание модели не должно требовать больших затрат времени и энергии.
- Текучесть в расплавленном состоянии. Состав должен легко проникать во все углубления и детали рельефа, точно повторяя очертания будущей детали.
- Экономичность. Особо важна для производства крупных серий.

Для модельных составов используют обычно смесь стеарина и парафина. Эти материалы удачно дополняют параметры друг друга, компенсируя недостаточную температуру плавления парафина и излишнюю вязкость стеарина. Не менее популярными в промышленности являются составы на основе буроугольного воска. Главные его свойства - это влагостойкость, прочность и возможность образовывать очень гладкие покрытия, что особенно ценно для моделирования изделий. Используются также и составы, состоящие из смеси буроугольного воска, парафина и стеарина.

Для производства уникальных изделий макет готовят, вырезая из куса модельного материала вручную или по шаблонам. Модели, имеющие форму тел вращения, изготавливают также на токарных станках. В последнее время получает все более широкое распространение метод 3D-печати моделей. Он подходит как для одиночных макетов, так и для небольших серий.

Стоимость современного промышленного 3D-принтера все еще высока, однако благодаря легкости перенастройки с одного изделия на другое он может стать эффективным инструментом изготовления моделей в случае

большого количества разнородных заказов малых серий. Для того чтобы изготовить большое количество одинаковых макетов, изготавливают матрицу из гипса, резины, силикона или металла. Рабочие макеты производят, в свою очередь, путем отливки в матрицу. По конструкции пресс-форма должна быть обязательно разборной, чтобы обеспечить возможность изготовления, заданного количества моделей. Выбранный материал также должен обеспечивать такую возможность, поэтому к нему предъявляются такие требования, как прочность, плотность, низкая шероховатость, химическая инертность по отношению к макету. Вещество пресс-формы должно также обладать минимальной адгезией к макету для обеспечения легкости извлечения готовых макетов и соблюдения размеров. Важное свойство пресс-формы - ее прочность и износоустойчивость, особенно при крупных сериях.

Широко распространенный способ изготовления выплавляемых моделей - отливка их под малым давлением в пресс-формы. Нагнетание жидкой смеси производится как вручную, с помощью поршневых шприцев, так и механическими, гидравлическими или пневматическими нагнетателями. В случае применения буроугольного воска требуется подогревать трубопроводы подачи состава ввиду его высокой вязкости. Макеты из вспененного полистирола изготавливают методом экструзии на автоматизированных формовочных агрегатах.

Для повышения экономической эффективности и снижения трудоемкости в случае серийного производства небольших отливок их макеты объединяют в блоки. Над блоками формируют литниковые системы, присоединяя отдельные макеты к литникам посредством ручного паяльника. В случае единичных отливок или малых серий модели изготавливают вручную.

При формировании литниковых систем необходимо обеспечить не турбулентное течение расплава, равномерное заполнение всех элементов матрицы. При набивке формы из ПГС нужно также следить за равномерным заполнением всех проемов между литниками и недопущением их

повреждения. Изготовление формы В рассматриваемом способе литья по выплавляемым моделям встречается два основных вида форм: Песчано-глиняные смеси (ПГС). Оболочковые. Формы для литья по выплавляемым моделям из ПГС применяют большей частью при производстве небольших серий изделий, не требующих очень высокой точности. Процесс их изготовления достаточно трудоемкий и требует высокой, а зачастую - уникальной квалификации модельщиков и формовщиков. Частичной механизации поддаются лишь отдельные операции, такие как приготовление и засыпка формовочной смеси, ее трамбовка.

Литье в кокиль

Кокильным литьем называют процесс получения отливок посредством свободной заливки расплавленного металла в многократно используемые металлические формы – кокили.

Веществ, которые применяют при облицовке кокиля, зависят от марки заливаемого состава. Толщина покрытия зависит от необходимой скорости охлаждения отлитой заготовки. То есть, чем больше слой наносимой облицовки, тем заготовка будет медленнее охлаждаться. Огнестойкий слой призван решить еще одну задачу в процессе этого литья – обеспечить сохранность формы от скачка температуры во время заливки металла, а также оплавления ее частей и их схватывания с расплавом. В состав огнеупорной облицовки могут входить следующие материалы – кварц, глина, жидкое стекло, графит.

Перед началом заливки металла форму прогревают до температуры порядка 200 градусов. Эта температура определяется маркой заливаемого металла и габаритов отливки.

Кокиль для литья – это многооборотная форма, изготавливаемая из металла. Несмотря на то что в такие формы могут использовать для получения

отливок разных форм, их принципиальная конструкция одинакова. В состав кокиля для литья входят полуформы, плита, различные вставки и литейные стержни. С помощью последних, происходит формирование отливки. Для его центрирования и соединения применяют штыри. Непосредственно перед началом заливки полуформы фиксируют с помощью специальных замков. Металлический расплав подают в форму через систему литников

По мере заполнения кокиля излишки воздуха выводятся через воздухопроводные каналы.

В литейном производстве применяют и другой вид форм – их называют вытряхными. Эти формы отличаются тем, что они неразъемные и применяются для отливок простой формы.

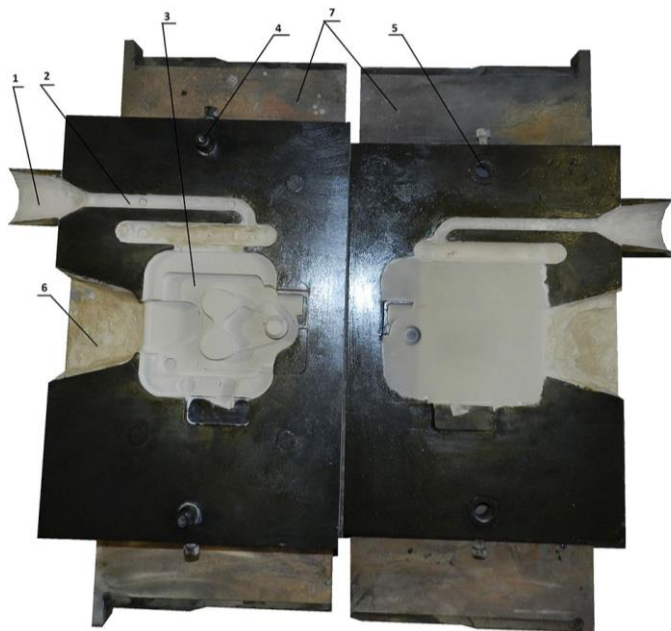


Рисунок 9 – Простая конструкция кокиля

1 - заливочная чаша, 2 – литниковая система, 3 – формообразующая, 4,5 – направляющие колонки и втулки, 6 – прибыль, 7 – правая и левая полуформы

При изготовлении кокилей проектировщик должен руководствоваться марками сплава, которые будут заливаться в изготавливаемую форму.

Разумеется, он должен учитывать и размер деталей, получаемых в результате литья в эту оснастку.

Так, при изготовлении деталей с небольшими габаритами из цветных металлов, чугуна и некоторых других материалов рекомендуется использовать для производства литейных форм серые чугуны 20 или 25. Для производства кокилей применяют и другие виды материалов. Надо отметить, что чем прочнее материал, например, сталь 15Л, тем выше стойкость формы. Для определенных марок металла формы производят из алюминия, но перед эксплуатацией этих кокилей рабочие поверхности анодируют.

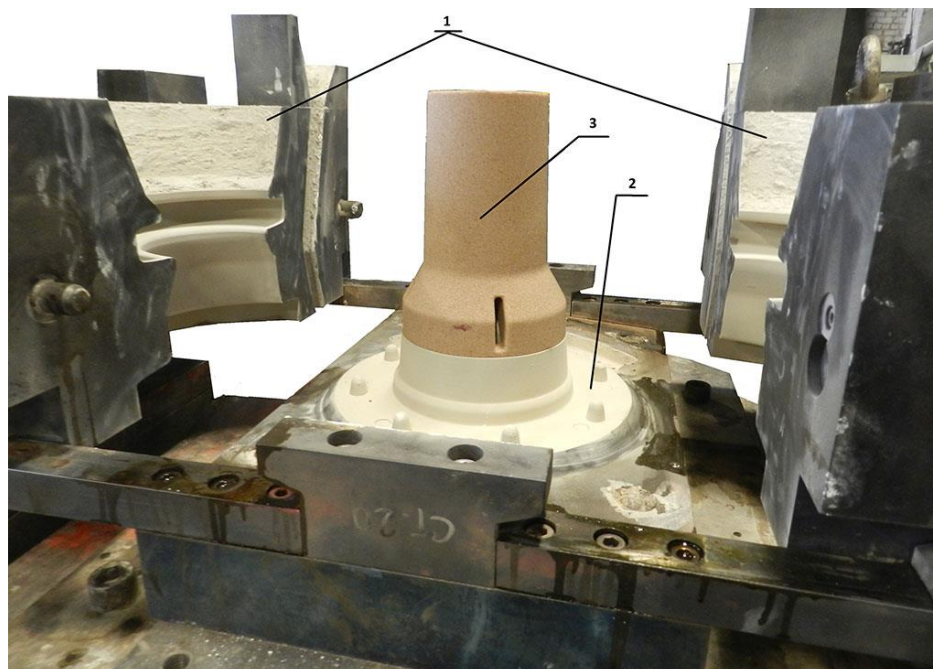


Рисунок 10 – Сложная конструкция кокиля

1 – правая и левая полуформы, 2 - поддон (основание), 3 – песчаный стержень

Таблица 3 – Классификация кокилей

Классификационный признак		Тип кокиля	Изготовление отливки
Плоскость разъема	Горизонтальная	Вытряхной (неразъемный)	Массивные, простой конфигурации. Сложные, требующие нескольких плоскостей разъема и изготавливаемые в песчаных стержнях
		С одним горизонтальным разъемом	Небольшой высоты
		С несколькими горизонтальными разъемами	Сложной конфигурации, с выступами на внешней поверхности при значительной высоте
		С криволинейным разъемом	Сложной конфигурации
		С «книжным» разъемом	Имеющие форму тел вращения
	Вертикальная	С вертикальными разъёмами	Сложной конфигурации, требующие применение нескольких отъемных частей
		С вертикальными и горизонтальными разъемами	Сложной конфигурации
Состояние рабочей поверхности		Без покрытий	Простые, массивные при мелкосерийном производстве
		С тонкослойным, периодически наносимым покрытием	Основной номенклатуры
		С постоянным теплозащитным покрытием	Из сплавов с высокой температурой плавления
		С разовым облицовочным покрытием	Из сплавов, склонных к большой усадке и трещинообразованию при массовом производстве
Применяемые стержни		С металлическими стержнями	Простой конфигурации с внутренними полостями
		С песчаными стержнями	Тонкостенные с внутренними полостями, сложной конфигурации

Производство кокилей выполняют на оборудовании объемной штамповки. Но современное оборудование, работающее под управлением компьютера, например, токарно-фрезерный центр позволяет производить особо точные формы.

Преимущества литья в кокиль:

- Увеличение производительности. Благодаря этому процессу можно значительно увеличить эффективность труда в литейном цехе без реконструкций или строительства новых цехов, покупки оснащения. Например, литье из алюминиевых сплавов в кокиль исключает использование сложных операций (формовки, приготовления смесей и очистки от пригара).
- Повышение качества отливок. Применение стальных форм повышает такие важные качественные показатели, как: механические свойства, плотность, структура и соответствие отливок детали-прототипу.
- Улучшение условий труда. Отсутствие или значительное снижение вредных для здоровья работ (выбивка формы и очистка отливок).
- Автоматизация работы по изготовлению отливок. Автоматизировать процесс и получить более качественные отливки, а также повысить производительность возможно благодаря многократности использования металлических форм.

Недостатки литья в кокиль:

- Довольно высокая цена форм, а также трудоемкость их производства.
- Лимитированная прочность кокиля, от которой зависит результативность экономической составляющей процесса.
- Трудоемкость производства заготовок с поднутрениями, так как для них нужно изменять конструкцию кокиля (делать разъемы, вставки и металлические стержни).
- Вероятность возникновения в отливках напряжения, что может привести к появлению трещин.

Литье под давлением

Литье под нагрузками — эффективный способ изготовления металлических деталей сложной формы. Расплавленным металлом заполняют специальную камеру, которая предназначена для сжатия материала. Когда давление поднимается, расплавленная смесь с высокой скоростью заполняет металлическую форму. Камера сжатия может поддерживать температуру плавления материала до 450 градусов.

Литье под давлением — это относительно старая технология, она используется с конца 1800-х годов. В *инжекторно-литьевых машинах* установлен огромный винт (шнек), который направляет расплавленный пластик в пресс-форму под высоким давлением. Этот метод винтовой передачи был изобретен в 1946 году, и используется до сих пор.

Выделяется три вида технологического процесса зависимо от скорости заполнения металлической конструкции:

- Низкая скорость — до 2,5 м/с. Технология применяется для изготовления деталей с толстыми стенками.
- Средняя скорость — до 15 м/с. Металл заполняет форму турбулентными движениями. Центр отливки заполняется пузырьками воздуха, которые удаляются под воздействием больших нагрузок.
- Высокая скорость — больше 30 м/с.

Расплавленный материал подаётся на такой скорости, что распыляется по поверхности машины. Это захватывает большое количество воздуха, который ухудшает прочность отливки. Чтобы вывести воздух, нагнетаются высокие нагрузки — около 500МПа.

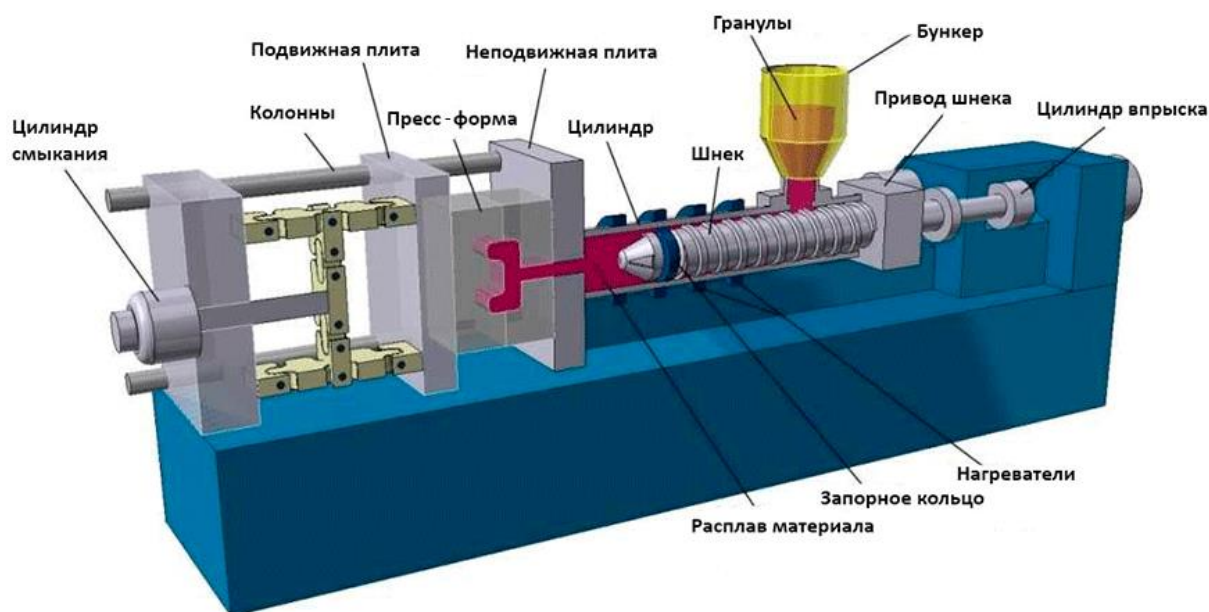


Рисунок 11 – Машина литья под давлением

Литье металлов под давлением имеет несколько этапов, которые должны следовать строго друг за другом. Если технология будет нарушена, результат не будет соответствовать норме.

Этапы проведения работ:

- Изготавливается форма для создания отливок.
- Она закрепляется на машине.
- Металл расплавляется и подаётся в камеру для прессования.
- Под воздействием возрастающих нагрузок, он на высокой скорости переливается в пресс-форму.
- Далее материал кристаллизуется, одновременно на него начинает воздействовать рабочий поршень.
- Когда изделие будет готово, удерживающая конструкция автоматически открывается. Подвижные элементы выдавливают детали из машины.

Литьевая пресс-форма состоит из двух половинок (*матрицы и пуансона*), которые при смыкании образуют полость в форме нужной детали. В нее под высоким давлением заливают горячий жидкий пластик.

Высокое давление необходимо для того, чтобы металл в вязкотекучем состоянии заполнил каждый уголок в полости пресс-формы.

Пресс-формы состоят из деталей, условно делящихся на две группы. Первую представляют элементы технологического назначения (рабочие). Они соприкасаются с перерабатываемым сырьем и принимают непосредственное участие в придании изделиям необходимой формы. К ним относятся пуансоны, матрицы, вкладыши, кольца, резьбовые знаки.

Во второй группу входят детали конструктивного значения. При формировании изделий они не соприкасаются с материалом. Предназначены для обеспечения работы элементов технологического назначения и необходимы для взаимной фиксации в определенном положении деталей формы, закрытия и открытия ее, а также связи с узлом смыкания формы литейного оборудования. К ним относятся фиксаторы, выталкиватели, направляющие колонки, втулки, опорные планки, система подогрева и охлаждения, ручки форм.

По принципу действия пресс-формы делятся на:

1. **Прямого прессования.** Используют для разработки объектов простой формы. Ввиду высокой стоимости производства их не применяют для изготовления больших партий продукции. Конструкция пресс-формы включает матрицу, на которую выкладывается сырье, и пуансон для его уплотнения. Зажатый между двумя элементами материал утончается и заполняет все углубления формы.

2. **Литейного прессования.** Главным преимуществом является возможность изготовления больших партий продукции разной конфигурации и сложности. Перед прессованием они находятся в сомкнутом состоянии. Заливка сырья в них осуществляется при помощи отдельной загрузочной камеры (верхней или нижней).

Формы для изготовления объектов методом литья классифицируются по нескольким признакам.

По характеру использования – съемные и стационарные. Формы первого типа в процессе формирования изделий не фиксируются на плитах литьевых машин и периодически убираются с них с целью извлечения готовой продукции. Стационарные пресс-формы встречаются чаще, чем съемные. Заливка материала в них, а также извлечение изготовленных изделий выполняется без необходимости снятия их с плиты автомата для литья.

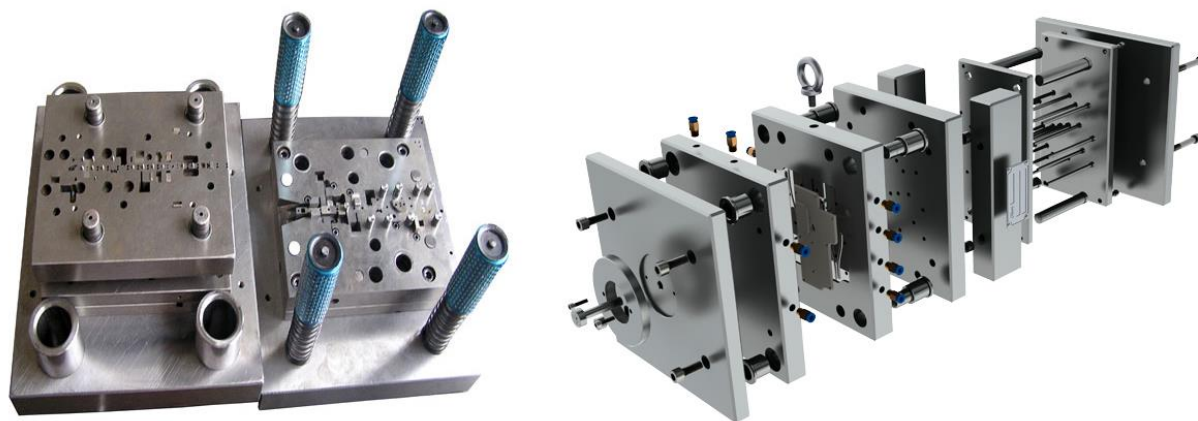


Рисунок 12 – Общий вид пресс-формы

По расположению плоскости разъема — с вертикальными и горизонтальными плоскостями. Формы с одной вертикальной поверхностью оснащены разъемом на две части (пуансон и матрицу) в одной плоскости, которая перпендикулярна горизонтальному положению усилия узла смыкания. Емкости с двумя вертикальными поверхностями имеют разъем из трех частей в двух плоскостях.

В пресс-формах с парой горизонтальных поверхностей образован разъем на три отрезка в двух плоскостях, которые перпендикулярны вертикальному расположению усилия узла смыкания.

По количеству одновременно формируемых объектов – одно- и многогнездные. В первых за один цикл литья образуется одно изделие, во вторых – несколько.

По способу вынимания готовых изделий – с выталкивающими вкладышами или стержнями, без выталкивателя и со сталкивающей плитой. Из пресс-форм последнего типа объекты извлекают посредством сжатого воздуха либо вручную. Выталкивающие вкладыши при формировании частично или полностью образуют определенную поверхность продукции, а во время выталкивания – давят на нее, пока изделие не выпадет из формы. Выталкивающие стержни при извлечении объекта давят только на его отдельные участки.

Для создания стойких литевых форм используются твердые металлы. Твердость металла зависит от того, сколько отливок нужно изготовить с использованием данной конкретной формы. Оснастку для изготовления 10 тыс. деталей, можно произвести из более мягкого металла, по сравнению с той, что рассчитана на 1 млн деталей.

Например, для производства малых серий (до 10 тыс. шт.) широко используется алюминий. Для более крупных объемов производства переключаются на более твердый металл, например, сталь.

Однако, чем тверже металл, тем сложнее сделать саму пресс-форму, и тем выше ее стоимость. Кроме того, для получения стальной оснастки потребуется намного больше времени. Это связано с тем, что литевые формы создаются путем фрезерования, т.е. для твердой пресс-формы потребуется еще более твердый фрезерный инструмент.

Любой 3D-дизайн для литья под давлением должен включать литевой или технологический уклон для заполнения пресс-формы и беспрепятственного извлечения готового изделия. Литевой уклон — это по сути небольшой угол наклона, который добавляется к любым вертикальным поверхностям, совпадающих с направлением извлечения изделия из пресс-формы. В большинстве случаев достаточно 1–2 градусов (рис.13).

Идеальные углы и края деталей непрактичны для литья под давлением. Расплавленный полимер не сможет равномерно и полностью заполнить всю

форму с острыми краями даже в условиях высокого давления. По крайней мере, не стоит на это надеяться при больших объемах производства (рис.14).

Любой технологический процесс имеет как сильные, так и слабые стороны.

Преимущества литья под давлением:

- Изменение свойств отливки. Увеличиваются параметры прочности, твердости материала.
- Возможность использовать формы для литья несколько раз подряд. Улучшается качество поверхности изделия.
- Высокая точность соблюдения установленных размеров отливок.
- Возможность создания тонкостенных изделий (менее 1 мм).
- Нет дополнительных процессов сборки, разборки, выбивки готовых деталей из форм.
- Современное оборудование позволяет регулировать скорость поступления расплавленного металла.

Недостатки процесса:

- Конструкции для заливки быстро изнашиваются, если часто работать с высокими температурами.
- Крайне сложно изготавливать изделия с отверстиями, выемками, полостями.
- При охлаждении изделия получают внутреннее напряжение.
- Нельзя создавать крупногабаритные заготовки, поскольку оборудование ограничено по мощности.

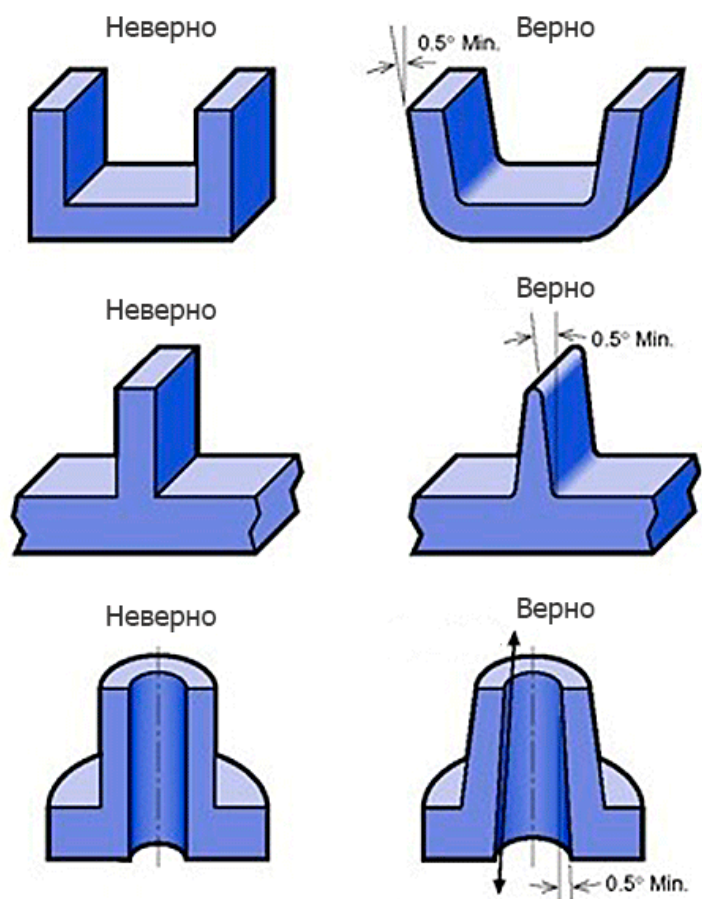


Рисунок 13 – Примеры верной реализации поднутрения

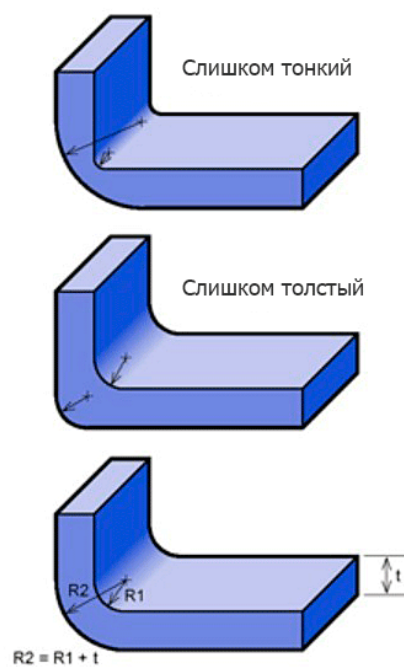


Рисунок 14 – Пример правильной конструкции угла

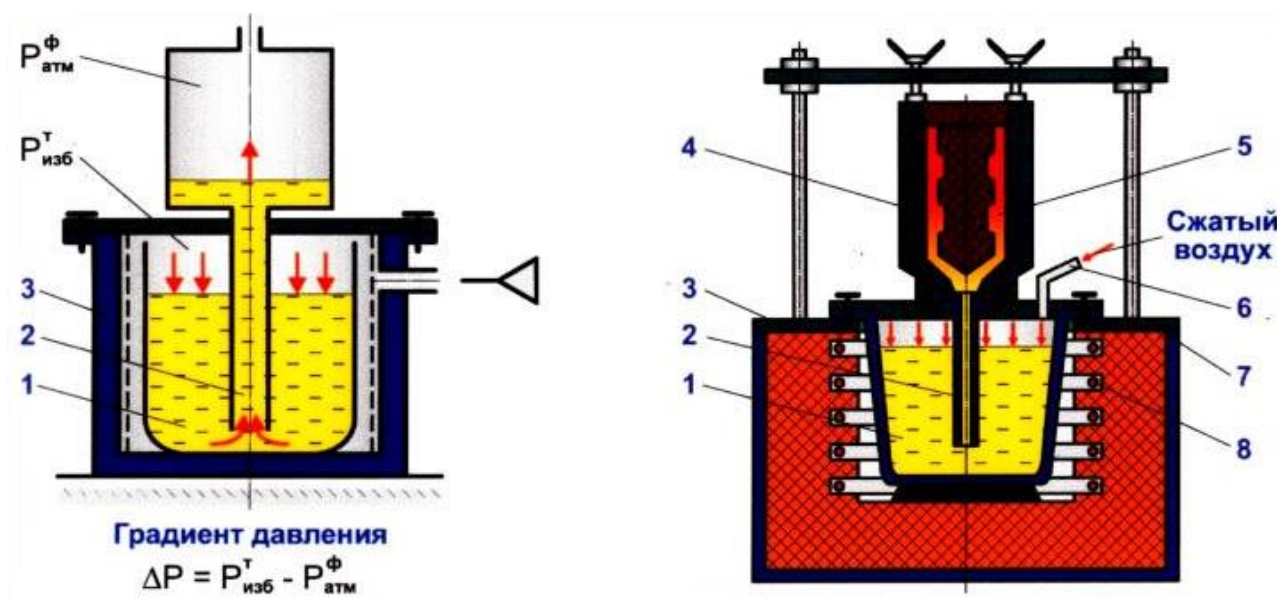


Рисунок 15 – Схема установки литья под низким давлением

1–тигель с расплавом металла; 2 – металлопровод; 3 – камера тигля; 4 – металлическая форма; 5 – отливка; 6 – воздухопровод; 7– герметизирующая крышка; 8 – нагреватели

Центробежное литье

Центробежное литьё - перспективный способ производства фасонных изделий с формой тел вращения преимущественно при крупносерийном их изготовлении. Этим способом литья получают водопроводные и канализационные трубы, заготовки гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания, облицовки судовых валов, корпуса сушильных цилиндров бумагоделательных машин, труба для энергетического машиностроения и другие изделия ответственного назначения.

Центробежное литьё по сравнению с литьём в разовые формы имеет следующие преимущества:

- производительность труда при работе на центробежной машине увеличивается в несколько раз;
- отпадает потребность в площадях для формовки, смесях, связующих материалах для стержней, а также в оборудовании для сушки форм и стержней.

Процесс центробежного литья может быть полностью механизирован или автоматизирован, что уменьшает потери от брака и сокращает потребность в высококвалифицированной рабочей силе.

Центробежные отливки отличаются повышенными механическими свойствами литого металла. При этом значительные технико-экономические преимущества центробежного литья достигаются вследствие экономии металла, энергоносителей и продолжительности производственного цикла.

Однако, центробежное литьё имеет и недостатки:

- необходимы специальные машины;
- формы должны быть повышенной прочности и герметичности, необходимо строгое дозирование металла для получения нужного размера внутреннего отверстия отливки;

➤ усиливается ликвация компонентов сплавов по плотности. Сама отливка может иметь только форму тела вращения.

Особенность центробежного литья состоит в том, что металл заливают во вращающуюся форму, чаще всего металлическую. При заливке и кристаллизации металл испытывает действие центробежных сил.

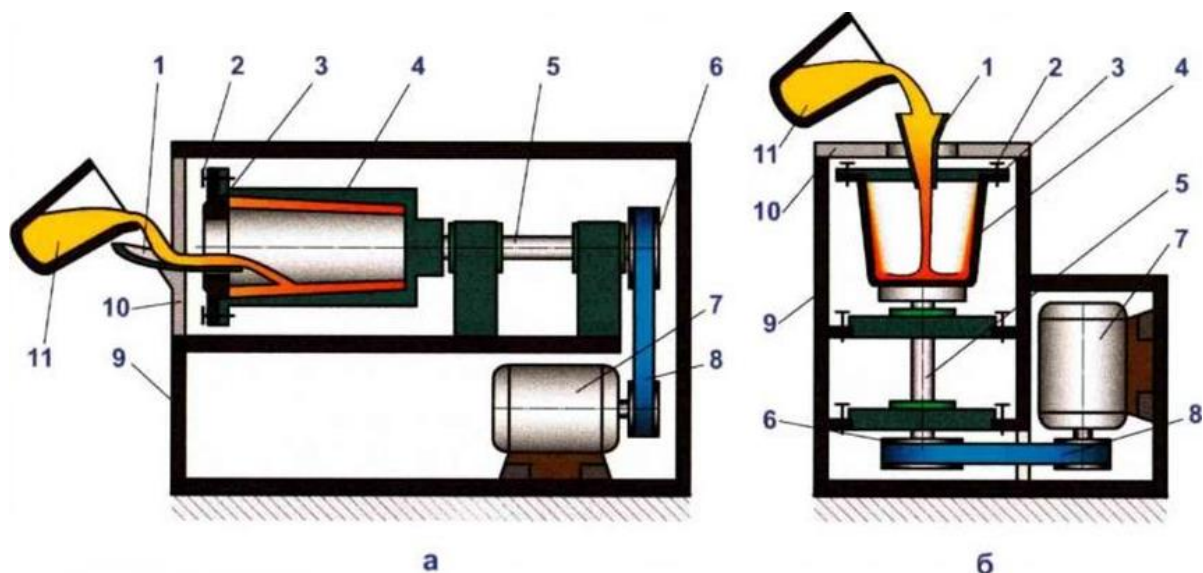


Рисунок 16 – Схема центробежного литья

а– с горизонтальной осью вращения; б– с вертикальной осью вращения
1 – желоб; 2 – зажимы; 3– крышка; 4 – изложница; 5 – вал; 6 – шкив; 7 – двигатель; 8 – клиноременная передача; 9 – корпус установки; 10 – дверца; 11 – тигель

Ось вращения формы может быть горизонтальной, вертикальной, наклонной или перемещающейся в пространстве в процессе получения отливки.

Металл, свободно заливаемый во вращающуюся вокруг горизонтальной оси форму, растекается по ней под действием кинетической энергии струи и вовлекается во вращательное движение за счёт сил трения металла о форму. Однако, такая скорость частиц металла при его вращении вокруг

горизонтальной оси не может быть постоянной из-за пульсации результирующей силы в течение оборота формы, так как она складывается из постоянной по величине и направлению силы тяжести и постоянной по величине, но меняющейся по направлению центробежной силы. Это приводит к тому, что свободная поверхность металла, залитого в форму, смещается к низу от оси вращения (рис. 16).

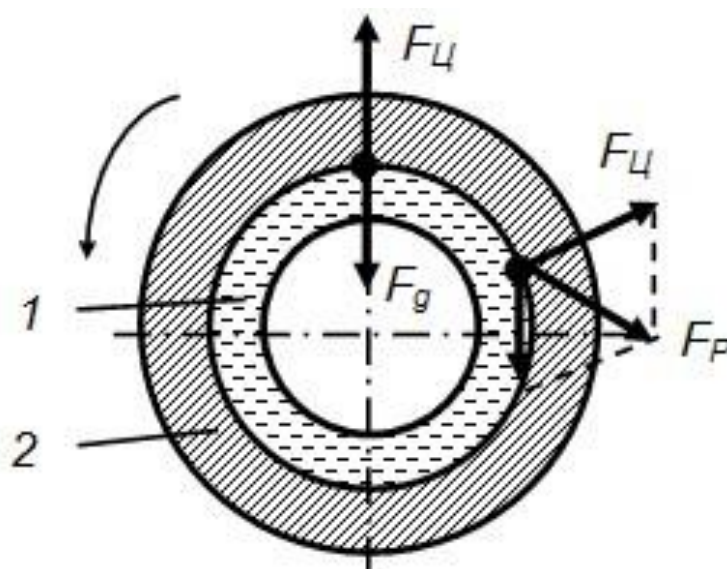


Рисунок 17 – Гидростатические силы, действующие на металл при вращении формы относительно горизонтальной оси

1-расплав; 2-форма; F_p – равнодействующая сил центробежной (F_c) и тяжести (F_g)

В длинных формах кинетической энергии струи заливаемого металла недостаточно для равномерного растекания его вдоль формы, поэтому ось вращения таких форм делают наклонной, либо перемещают заливочный желоб вдоль формы во время заливки расплава, либо передвигают форму вдоль неподвижного желоба. Частота вращения формы при центробежном литье - один из основных технологических параметров, определяющих качество отливки. От частоты вращения формы зависят плотность отливки, ее механическая прочность, однородность состава по радиальному сечению,

степень удаления шлаковых включений от наружной поверхности отливки к внутренней и правильность формы свободной поверхности отливки.

Определение скорости вращения формы является одним из основных вопросов при разработке технологии литья и конструировании центробежных машин. Чрезмерное увеличение частоты вращения нежелательно из-за возможности образования в отливках продольных трещин на наружной поверхности и повышенной ликвации элементов сплава.

Кроме того, машины с большой частотой вращения конструктивно более сложны, менее удобны и менее безопасны в работе. Поэтому, при технологической разработке процесса и конструирования машин выбирают не наибольшую, а наименьшую частоту вращения, которая обеспечивала бы надлежащее качество отливок. Нижний предел частоты вращения при литье полых заготовок с горизонтальной осью вращения определяется следующим условием: заливаемый металл во время первого оборота вокруг оси должен получить ускорение, превышающее g . Невыполнение этого условия приводит к «дождеванию» металла при заливке в форму. Наиболее известным способом расчёта скорости вращения формы является расчёт по коэффициенту гравитации.

Коэффициентом гравитации центробежного литья называют число, которое показывает, во сколько раз центробежная сила, действующая на заливаемый металл, больше силы тяжести. При расчётах необходимо различать заливку в форму с горизонтальной и вертикальной осями вращения.

При центробежном литье имеет значение конструктивная надёжность машины, обеспечивающая вращение изложницы без вибрации и биений, иначе может произойти нарушение процесса формирования отливки и быстрый износ машины. Качество отливок определяется правильным подбором скоростей вращения изложницы, соблюдением оптимальных температур и скоростью заливки сплава в изложницы. Оптимальными считают условия, когда скорость заливки соответствует скорости направленного затвердевания.

Скорость вращения формы зависит от интервала кристаллизации сплава и тем больше, чем больше этот интервал. В практике расчет скорости вращения или число оборотов изложниц ведут в основном по эмпирическим формулам, построенным на основании опыта, а также изучения свойств отливок. Приведем одну из расчетных формул в упрощенном виде (формула Л.С. Константинова) $n = 5520 / \sqrt{gr}$ где n – число оборотов изложниц, об/мин; r – радиус свободной поверхности, см; ρ – плотность заливаемого металла, г/см³.

Эта формула не учитывает, однако, толщину стенок отливок. При толстостенном литье и при быстром вращении возможен сдвиг наружных слоев отливки по отношению к изложнице, а также образование между ними зазора, что приводит к нарушению нормального процесса формирования отливки. Поэтому при литье массивных отливок заливку вначале ведут при небольшом числе оборотов, а затем по мере нарастания корки металла обороты плавно увеличивают до максимальных, при которых наружный слой отливки не будет поврежден. В зависимости от сплава и характера отливок скорость вращения колеблется от 200 до 1400 об/мин.

Наиболее технологичными для центробежного литья считаются сплавы эвтектического состава и с узким интервалом затвердевания: латуни, алюминиевые бронзы, силумины. Для сплавов с широким интервалом кристаллизации (оловянных, никелевых и др.) необходимо более быстрое и интенсивно направленное затвердевание, поэтому изложницы надо интенсивно охлаждать, заливку производить быстро при небольшой температуре и больших скоростях вращения (900–1200 об/мин).

Формы для центробежного литья изготавливают из чугуна и стали. Толщина формы-изложницы обычно в 1,5–2,0 раза больше толщины отливки. Изложницы в процессе работы иногда охлаждают (снаружи обдувают холодным воздухом или водой). Внутренние рабочие поверхности форм

смазывают красками либо выкладывают фигурными вставками из песчаных смесей.

Основные операции при центробежном литье на горизонтальных машинах – подготовка формы к эксплуатации (очистка, подогрев до 60-200 °С, окраска внутренней поверхности или установка стержней и торцевой крышки), заливка расплава из мерных ковшей с помощью заливочных желобов, подающих металл в полость формы через отверстие в крышке, формирование и затвердевание отливок и извлечение готовых отливок из формы с помощью захватов или толкателей.

Вакуумное литье

Технологический процесс литья в вакууме применяют для производства особо точных отливок из стальных специальных сплавов. При выполнении вакуумного литья из формы удаляют газы. Это позволяет получать отливки с тонкими стенками и высоким качеством структуры металла.

Существует несколько видов литья в вакууме:

- После удаления воздуха происходит всасывание металла в литьевую форму, которую размещают над расплавленным металлом. Кристаллизация проходит под воздействием атмосферного или повышенного давления.
- Расплавленный металл попадает в форму под воздействием давления, при этом форма располагается под расплавленным металлом.
- Литье может быть осуществлено в специальном оборудовании, которое оснащено вакуумированными пресс-формами.

Вакуумное литье металлов часто используют одновременно с вакуумной плавкой.

Качество заготовки или отливки зависит от наличия дефектов внутри и снаружи изделия. Чаще всего это раковины, пустоты, наплывы, неровности и трещины. При помощи вакуумной технологии во время заливки металла, можно полностью избежать этих дефектов.

В разреженном воздухе жидкий металл заполняет все уголки формы, и заготовка получается максимально схожей с конечным изделием. Эта технология отличается многими преимуществами. Среди главных можно назвать такие, как:

- высокое качество;

- производительность;
- надежность;
- эффективность;
- доступная цена.

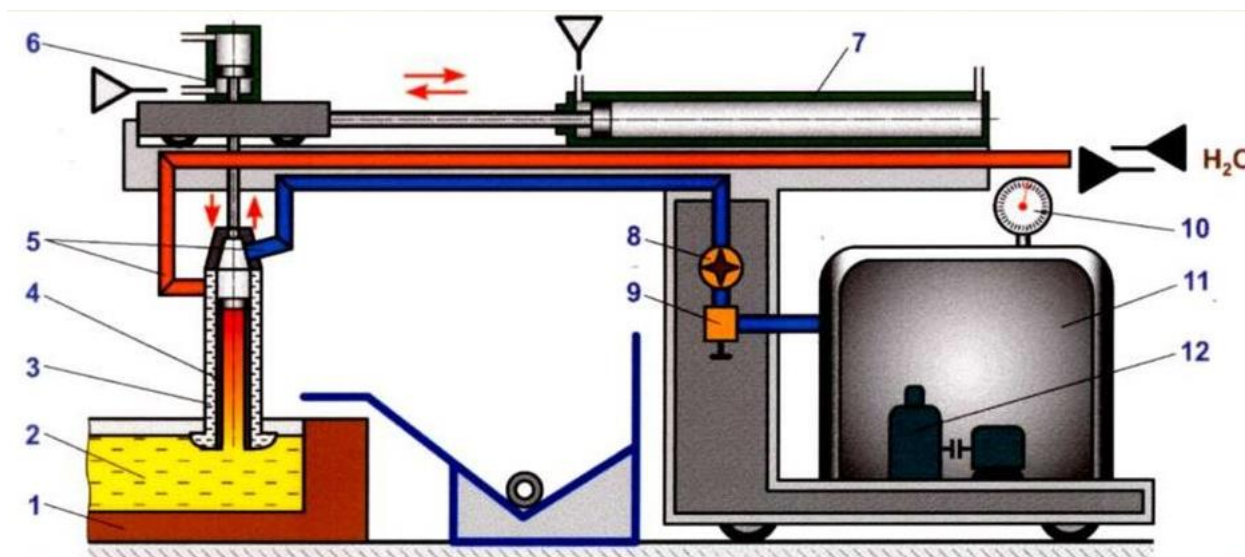


Рисунок 18– Схема установки для литья вакуумным всасыванием втулок, гильз, слитков

1– футеровка тигля; 2 – расплав металла; 3 – водоохлаждаемый кристаллизатор; 4 – литая заготовка; 5 – трубопроводы; 6 – пневмоцилиндр для подъема и опускания кристаллизатора; 7 – пневмоцилиндр для поворота кристаллизатора; 8 – распределительный кран; 9 – натекаль; 10 – вакуумметр; 11 – вакуумный ресивер; 12 – вакуумный насос

Идеальное применение для вакуумного литья включает:

- Производство пластмассовых деталей прототипов для целого ряда отраслей промышленности, включая потребительские товары
- Протезирование и медицинские устройства
- Автомобильная и аэрокосмическая части

- Декоративные предметы, такие как настенные бляшки или короткие пользовательские орнаменты
- Интеграция компонентов и тестирование функций.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Что такое ликвация?
- 2) Как классифицируются отливки по весовым группам?
- 3) Перечислите основные этапы литья в песчаные формы?
- 4) Из каких частей состоит литниковая система?
- 5) Что такое модель для отливки?
- 6) Преимущества и недостатки литья в песчаные формы.
- 7) Как классифицируются формовочные смеси?
- 8) Для чего нужен стержень?
- 9) Перечислите основные этапы литья в оболочковые формы.
- 10) Что является основным компонентом при изготовлении формы при литье в оболочку?
- 11) Преимущества и недостатки литья в оболочковые формы.
- 12) Каковы основные свойства макета при литье по выплавляемым моделям?
- 13) Перечислите основные этапы литья по выплавляемым моделям.
- 14) Преимущества и недостатки литья по выплавляемым моделям.
- 15) Что такое кокиль?
- 16) Как классифицируется кокиль?
- 17) Преимущества и недостатки литья в кокиль.
- 18) Перечислите основные этапы литья под давлением.
- 19) Как классифицируются пресс-формы (литье под давлением)?
- 20) Преимущества и недостатки литья под давлением.

- 21) Как рассчитать скорость вращения формы при центробежном литье?
- 22) Преимущества и недостатки центробежного литья.
- 23) Каковы основные этапы вакуумного литья?
- 24) Каковы преимущества вакуумного литья?
- 25) Какие существуют виды литья в вакууме?

Тестовые вопросы для самоконтроля

1. Что является огнеупорной основой формовочных смесей?

- A) отработанная смесь.
- B) графит.
- C) вода.
- D) песок кварцевый.
- E) глина.

2. Что является связующим материалом формовочных смесей?

- A) отработанная смесь.
- B) графит.
- C) вода.
- D) песок кварцевый.
- E) глина.

3. Когда металл в полости формы затвердеет и охладится песчано-глинистую форму:

- A) извлекают.
- B) упрочняют.
- C) разрушают.
- D) ремонтируют.

Е) очищают.

4. Выбивку отливок из литейных форм осуществляют на:

А) барабанах.

В) решетках.

С) дробеметных камерах.

Д) дробеметных барабанах.

Е) формовочных машинах.

5. Модельная плита и металлические модели при получении оболочковой полуформы нагревают до температуры, °С:

А) 40-60.

В) 100-120.

С) 200-300.

Д) 400-550.

Е) 800-1000.

6. Прокалку оболочек проводят в течение 1-2 мин. в печи с температурой, °С:

А) 40-60.

В) 100-120.

С) 280-350.

Д) 400-550.

Е) 800-1100.

7. Легкоплавкие модели крепят к парафино-стеариновому стояку следующим методом:

А) механическим креплением

В) сварки.

- C) ультразвуковой обработки.
- D) пайки.
- E) склеивания.

8. Выплавление легкоплавких моделей производится в:

- A) электро-дуговой печи.
- B) тигельной печи.
- C) горячей водяной ванне.
- D) горячей воздушной среде.
- E) струей нагретой воды.

9. Количество слоев оболочковой формы при литье по выплавляемым моделям составляет:

- A) 1-2.
- B) 3-4.
- C) 5-6.
- D) 8-9.
- E) 11-12.

10. Прокаливание оболочек при литье по выплавляемым моделям проводят в электрических печах при температуре, °C:

- A) 100-200.
- B) 300-400.
- C) 900-1000.
- D) 1100-1200.
- E) 1400-1500.

11. Кокили изготавливают из:

- A) дерева.

- В) металлических сплавов.
- С) керамических сплавов.
- Д) пластмассы.
- Е) резины.

12. При центробежном литье внутреннее отверстие получают при помощи:

- А) стержня.
- В) модели.
- С) центрирующего штыря.
- Д) зумпфа.
- Е) нет правильного ответа.

13. При заливке расплава во вращающуюся металлическую форму он затвердевает под действием сил:

- А) тангенциальных.
- В) центробежных.
- С) центростремительных.
- Д) нормальных.
- Е) нет правильного ответа.

14. Способность сплавов течь по каналам и заполнять литейную форму называется:

- А) жидкотекучестью.
- В) усадкой.
- С) трещиностойкостью.
- Д) ликвацией.
- Е) газонасыщением.

15. Способность сплавов противостоять образованию трещин в отливках называется:

- A) жидкотекучестью.
- B) усадкой.
- C) трещиностойкостью.
- D) ликвацией.
- E) газонасыщением.

16. Уменьшение объема и линейных размеров отливки при ее формировании называется:

- A) жидкотекучестью.
- B) усадкой.
- C) трещиностойкостью.
- D) ликвацией.
- E) газонасыщением.

17. Неоднородное распределение примесей и легирующих элементов по сечению отливки называется:

- A) жидкотекучестью.
- B) усадкой.
- C) трещиностойкостью.
- D) ликвацией.
- E) газонасыщением.

18. Газифицируемые модели изготавливают из:

- A) парафина.
- B) полистирола.
- C) стеарина.
- D) протокрила.

Е) воска.

19. Обычно серый чугун в литейных цехах выплавляют в:

А) доменных печах.

В) вагранках.

С) кислородных конвертерах.

Д) мартеновских печах.

Е) индукционных печах.

20. Углеродистые литейные стали содержат углерода, %:

А) 0,012-0,06

В) 0,12-0,6

С) 1,2-6

Д) 6-12

Е) 12-15

21. Усадка в стальных отливках составляет до%:

А) 0,2

В) 0,6

С) 1,2

Д) 1,5

Е) 2,5

22. Усадка в алюминиевых сплавах составляет до%:

А) 0,2

В) 0,6

С) 1,1

Д) 1,5

Е) 2,5

23. Сплавы меди с цинком называются:

- А) силумины
- В) бронзы
- С) латуни
- Д) баббиты
- Е) авиали

24. Сплавы меди с другими элементами (кроме цинка и никеля) называются:

- А) силумины
- В) бронзы
- С) латуни
- Д) баббиты
- Е) авиали

25. Около 80% медных отливок получают в ...:

- А) металлических формах
- В) разовых
- С) полупостоянных
- Д) центробежных машинах
- Е) керамические формы

26. Продуктом длительного отжига является:

- А) белый чугун
- В) серый чугун
- С) высокопрочный чугун
- Д) ковкий чугун
- Е) половинчатый чугун

27. Металлическую рамку, служащую для удержания формовочной смеси называют:

- A) моделью
- B) опокой
- C) корпусом
- D) стержневым ящиком
- E) элементами литниковой системы

28. Приспособление, при помощи которого воспроизводится наружный контур будущей отливки называют:

- A) моделью
- B) опокой
- C) корпусом
- D) стержневым ящиком
- E) элементами литниковой системы

29. Для снятия внутренних напряжений в отливках применяют:

- A) прокатку
- B) обкатку роликами
- C) гидроудар
- D) термическую обработку
- E) химико-термическую обработку

30. Недостатком литья в кокиль является:

- A) опасность образования трещин
- B) низкая шероховатость поверхность
- C) крупнозернистая структура
- D) усадочные раковины
- E) отсутствие стержней

31. Операцией удаления литниковой системы называется:

- A) очистка
- B) обрубка
- C) выбивка
- D) формовка
- E) заливка

32. Для производства особо точных отливок из стальных специальных сплавов является:

- A) вакуумное литье
- B) центробежное литье
- C) литье под давлением
- D) литье в кокиль
- E) литье в оболочковые формы

Заключение

Учебный материал в пособии изложен с учетом современного состояния техники и технологии литейного производства, описаны основные технологические процессы получения отливок.

Учебное пособие предназначено как для самостоятельной работы студента, так и для работы в аудитории.

Приложения

Таблица 1 – Припуски на механическую обработку для отливок из серого чугуна

Наибольший габаритный размер детали, мм	Положение поверхности при заливке	Номинальный размер, мм					
		до 50	50-120	121-200	261-500	501-800	801-1250
		II класс точности					
до 120	Верх	3,5	4,0	-	-	-	-
	Низ, бок	2,5	3,0				
121-260	Верх	4,0	4,5	5,0	-	-	-
	Низ, бок	3,0	3,5	4,0			
261-500	Верх	4,5	5,0	6,0	6,5	-	-
	Низ, бок	3,5	4,0	4,5	5,0		
01-800	Верх	5,0	6,0	6,5	7,0	7,5	-
	Низ, бок	4,0	4,5	4,5	5,0	5,5	

801-1250	Верх	6,0	7,0	7,0	7,5	8,0	8,5
	Низ, бок	4,0	5,0	5,0	5,5	5,5	6,5
1251-2000	Верх	7,0	7,5	8,0	8,0	9,0	9,0
	Низ, бок	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	6,5
III класс точности							
до 120	Верх	-	4,5	-	-	-	-
	Низ, бок		3,5				
121-260	Верх	-	5,0	5,5	-	-	-
	Низ, бок		4,0	4,5			
261-500	Верх	-	6,0	7,0	7,0	-	-
	Низ, бок		4,5	5,0	6,0		
501-800	Верх	-	7,0	7,0	8,0	9,0	-
	Низ, бок		5,0	5,0	6,0	7,0	
801-1250	Верх	-	7,0	8,0	8,0	9,0	10,0
	Низ, бок		5,5	6,0	6,0	7,0	7,5
1251-2000	Верх	-	8,0	8,0	9,0	9,0	10,0
	Низ, бок		6,0	6,0	7,0	7,0	8,0

Таблица 2 – Припуски на механическую обработку для стальных
отливок

Наибольший габаритный размер детали, мм	Положение поверхности при заливке	Номинальный размер, мм					
		до 120	121-260	261-500	501-800	801-1250	1251-2000
II класс точности							
до 120	Верх	4	-	-	-	-	-
	Низ, бок	4					
121-260	Верх	5	6	-	-	-	-
	Низ, бок	4	4				
261-500	Верх	6	7	7	-	-	-
	Низ, бок	5	5	6			
501-800	Верх	7	8	9	10	-	-
	Низ, бок	5	6	6	7		
801-1250	Верх	8	9	10	10	11	-
	Низ, бок	6	7	7	8	8	
1251-2000	Верх	9	10	10	11	12	13
	Низ, бок	7	7	8	8	9	9

III класс точности							
до 120	Верх	5	-	-	-	-	-
	Низ, бок	4					
121-260	Верх	5	6	-	-	-	-
	Низ, бок	4	5				
261-500	Верх	6	8	9	-	-	-
	Низ, бок	5	6	6			
501-800	Верх	7	8	10	11	-	-
	Низ, бок	5	6	7	7		
801-1250	Верх	9	10	11	12	13	-
	Низ, бок	6	7	8	8	9	
1251-2000	Верх	10	11	12	13	14	16
	Низ, бок	7	8	9	9	10	11

Таблица 3 – Уклоны моделей

Измеряемая высота поверхности модели, мм	Модель	
	металлическая	деревянная
до 20	1° 30'	3°
21-50	1°	1° 30'
51-100	0° 45'	1°
101-200	0° 30'	0° 45'
201-300	0° 20'	0° 30'
301-500	0° 20'	0° 30'
501-800	-	0° 30'
801-1180	-	0° 20'
1181-1600	-	0° 20'
1601-2000	-	0° 20'
2001-2500	-	0° 15'
более 2500	-	0° 15'

Таблица 4 – Линейная усадка литейных сплавов

Сплав	Линейная усадка, %
-------	--------------------

	мелкое литье	среднее литье	крупное литье
Серый чугун	0,8 – 1,2	0,6 – 1,0	0,4 – 0,8
Сталь	1,8 – 2,2	1,6 – 2,2	1,4 – 1,8
Бронза, латунь	1,6 – 2,0	1,5 – 1,9	1,4 – 1,8
Алюминиевые и магниевые сплавы	1,0 – 1,5	0,8 – 1,4	1,8 – 2,3

Таблица 5 – Длина горизонтальных стержневых знаков l , мм

D или (a+b)/2, мм	Длина стержня L, мм							
	до 50	51-150	151-300	301-500	501-750	751-1000	1001-1500	1501-2000
до 25	15	25	40	-	-	-	-	-
25-50	20	30	45	60	-	-	-	-
51-100	25	35	50	70	90	110	-	-
101-200	30	40	55	80	100	120	140	160
201-300	-	50	60	90	110	130	150	180
301-400	-	-	80	100	120	140	160	200
401-500	-	-	100	120	130	150	180	230
501-750	-	-	-	140	150	170	200	250
751-1000	-	-	-	-	180	200	230	280
1001-1250	-	-	-	-	200	230	250	300
1251-1500	-	-	-	-	-	250	280	330

Таблица 6 – Высота нижних вертикальных стержневых знаков h , мм

D или (a+b)/2, мм	Длина стержня L, мм							
	до 50	51-150	151-300	301-500	501-750	751-1000	1001-1500	1501-2000
до 25	20	25	-	-	-	-	-	-
25-50	20	40	60	70	-	-	-	-
51-100	25	35	50	70	100	120	-	-
101-200	30	30	40	60	90	110	160	200
201-300	35	35	40	50	80	100	150	190
301-400	40	40	40	50	70	90	140	180
401-500	40	40	40	50	60	80	130	170
501-750	50	50	50	50	60	70	120	160
751-1000	50	50	50	50	50	60	110	150
1001-1250	-	60	60	60	60	60	100	140

Таблица 7 – Соотношение высоты нижних (h) и верхних (h1) вертикальных знаков

h, MM	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100	110	120			
h1, MM	15	15	20	20	25	30	35	40	50	55	60	65	70			
h, MM	130		140		150		160		170		180		190		200	
h1, MM	80		85		90		95		100		110		115		120	

Таблица 8 – Уклоны стержневых знаков

Высота знака h или h1, мм	Стержень			
	вертикальный		Горизонтальный	
	нижний	верхний	нижний	верхний
	α	β	α	β
до 20	10°	15°	10°	15°
21-50	7°	10°	7°	10°
51-100	6°	8°	6°	8°
101-200	5°	6°	5°	6°
201-300	-	-	5°	6°
301-500	-	-	4°	5°
501-800	-	-	3°	3°30'
Более 800	-	-	2°30'	3°

Таблица 9 – Температура заливка кокилей

Сплавы	Толщина стенки отливки, мм	Температура кокиля, °C	
		начальная	конечная
Алюминиевые	До 6	150...250	300...470
	Свыше 6	120...250	200...350
Магниеые	До 6	200...250	350..450
	Свыше 6	200...250	250...300
Медные латуни бронзы	Любая	До 100	150...250 50...150

Таблица 10 – Температура заливки алюминиевых и магниевых сплавов (при литье в кокиль)

Сплав	Температура заливки, °С	Сплав	Температура заливки, °С
АК12(АЛ2)	720...800	МЛ3	700...800
АК9 (АЛ4)	700...820	МЛ4	780...800
АК5М(АЛ5)	720...780	МЛ5	710...800
АК7(АЛ9)	700...800	МЛ6	700...800
АК7Ц9(АЛ11)	700...750	МЛ8	720...780
АМг5К(АЛ13)	700...750	МЛ9	710...800
АМ5(АЛ19)	700...750	МЛ10	710...800

Таблица 11 – Минимально допустимые толщины стенок отливок из разных сплавов (при литье в кокиль)

Материал отливки	Параметр стенки отливки	
	Площадь поверхности, см ²	Минимальная толщина, мм
Алюминиевые сплавы	100...250	2,2...4,0
	250...900	2,5...4,5
	Свыше 900	3,5...5,5
Магниеые сплавы	До 30	3
Бронзы и латуни	До 30	4...6

Список источников:

1. Ильященко Д.П. Лабораторный практикум по дисциплине «Технология конструкционных материалов»: учебное пособие / Д.П. Ильященко, Юргинский технологический институт.– 2 изд.– Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016.– 170с.
2. Скобелев С.Б. Технологическое проектирование отливки: метод.указания / С.Б. Скобелев.– Омск: Изд-во ОмГТУ, 2017.–52с.
3. Металлы и сплавы <https://metalloy.ru/obrabotka/lityo/pod-davleniem>

О. В. Пиляева

**ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ
ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Учебное пособие

Ачинский филиал ФГБОУ
«Красноярский государственный аграрный университет»
662150, Красноярский край, г. Ачинск, ул. Коммунистическая, 49
<http://afkras.ru/>; e-mail: kras.gau@mail.ru