**Содержание.**

[Сущность литейного производства и его развитие. 2](#_Toc220522909)

[Литейные свойства сплавов. 4](#_Toc220522910)

[Литье в песчаные формы. 10](#_Toc220522911)

[Специальные методы литья. 12](#_Toc220522912)

[Изготовление отливок из различных сплавов. 17](#_Toc220522913)

[Список используемой литературы. 18](#_Toc220522914)

# Сущность литейного производства и его развитие.

Сущность литейного производства сводится к получению жидкого, т.е. нагретого выше tє плавления, сплава нужного состава и необходимого качества и заливки его в заранее приготовленную форму. При охлаждении же затвердевает и в твердом состоянии сохраняет конфигурацию той полости, в которую он был залит. В процессе кристаллизации и охлаждения сплава формируются основные механические и эксплуатационные свойства отливки, определяемые макро- и микро структур сплава, его плотностью, наличием и расположением в нем не металлических включений, развитием в отливке внутренних напряжений, вызванных неодновременным охлаждением ее частей и др.

Литейным производством называют процессы получения фасонных изделий (отливок) путем заливки расплавленного металла в полую форму, воспроизводящую форму и размеры будущей детали. После затвердевания металла в форме получается отливка — заготовка или деталь. Отливки широко применяют в машиностроении, металлургии и строительстве.

Можно получать отливки различной массы (от нескольких граммов до сотен тонн), простой и сложной формы из чугуна, стали, сплавов меди и алюминия, цинка и магния и т.д. Особенно эффективно применение отливок для получения фасонных изделий сложной конфигурации, которые невозможно или экономически нецелесообразно изготавливать другими методами обработки металлов (давлением, сваркой, резанием), а также для получения изделий из малопластичных металлов и сплавов.

При всем разнообразии приемов литья, сложившихся за длительный период развития его технологии, принципиальная схема технологического процесса литья практически не изменилась за более чем 70 веков его развития и включает четыре основных этапа: плавку металла, изготовление формы, заливку жидкого металла в форму, извлечение затвердевшей отливки из формы.

До середины нашего столетия литейный способ считался одним из важнейших методов получения фасонных заготовок. Масса литых деталей составляла около 60 % от массы тракторов и сельскохозяйственных машин, до 70 % — прокатных станов, до 85 % — металлорежущих станков и полиграфических машин. Однако наряду с такими достоинствами литейного производства, как относительная простота получения и низкая стоимость отливок (особенно из чугуна), возможность изготовления сложных деталей из хрупких металлов и сплавов, он имеет и ряд существенных недостатков: прежде всего довольно низкая производительность труда, неоднородность состава и пониженная плотность материала заготовок, а следовательно, и их более низкие, чем заготовок, полученных обработкой давлением, прочностные характеристики.

За годы XI пятилетки в СССР значительно возрос выпуск литейного оборудования. Освоено производство автоматических линий формовки, заливки и выбивки отливок, созданы комплекты современного смесеприготовительного оборудования, освоен выпуск целой гаммы машин для специальных способов литья, существенно возрос уровень механизации и автоматизации технологических процессов.

Основными направлениями экономического развития СССР на период до 2000 года предусматривается значительное ускорение развития машиностроения. Немалый вклад в решение поставленных задач может внести реконструкция и модернизация литейного производства, замена устаревшего оборудования высокопроизводительными литейными автоматами и полуавтоматами, робототехническими комплексами. Большой резерв экономии металла, снижения материалоемкости продукции машиностроения состоит в увеличении доли литья из легированных сталей и высокопрочного чугуна, а также точного литья, получаемого специальными способами.

Основными технико-экономическими показателями работы литейных цехов являются: годовой выпуск отливок в тоннах; выпуск отливок на одного работающего (производственного); съем литья с 1м2 производственной площади цеха; выход годного металла (в процентах от массы металлозавалки и жидкого металла); доля брака литья (в процентах), уровень механизации; доля литья, получаемого специальными способами; себестоимость 1т литья.

В структуре себестоимости литья основную долю составляют затраты на металл (до 80%). Производя технико-экономический анализ литейного производства, особое внимание необходимо обращать на те стадии и элементы технологического процесса, которые непосредственно связаны с возможными потерями металла на угар, разбрызгивание, брак и т. п.

Себестоимость литья зависит от объема производства, уровня механизации и автоматизации технологических процессов.

# Литейные свойства сплавов.

*Жидкотекучесть.* Это- способность металлов и сплавов течь по каналам формы и заполнять ее.

Заполнение литейных форм является сложным гидродинамическим и физико-химическим процессом. Главным фактором, определяющим уровень жидкотекучести, являются свойства сплава в жидком состоянии: теплофизические свойства, особенности кристаллизации, вязкость, окисляемость.

Влияние литейной формы связано главным образом с ее теплофизическими свойствами, со смачиваемостью жидким металлом, с условиями физико-химического воздействия "металл - форма".

На жидкотекучесть влияют также условия плавки и заливки, перегрев металла, насыщение металла посторонними включениями, условия подвода металла к форме.

Количественные значения жидкотекучести определяют по длине заполнения канала литейной формы с определенной площадью поперечного сечения. Наибольшее распространения получали технологические спиральные пробы.

При теоретическом анализе характеристики жидкотекучести основным является определение условий остановки движущегося потока. Высказано несколько точек зрения на механизм остановки потока : выделение 20 % твердой фазы, образование на конце потока прочной твердой корочки, рост в канале литейной формы дендритов (древовидных кристаллов), препятствующих движению потока, накопление твердых кристаллов на конце потока.

Течение металла в литейной форме сопровождается кристаллизацией. Поэтому движущийся поток рассматривают как гетерогенную жидкость. Из гидравлики известно, что движение таких жидкостей начинается только после того, как касательное напряжение становится больше определенного значения σ0, называемого предельным напряжением сдвига.

В гидравлике все тела условно делятся на несколько категорий в зависимости от отношения предельного напряжения сдвига σo к плотности р (таблица 18).

Таблица 18. Категории тел в гидравлике.

|  |  |
| --- | --- |
| σo /р, см | Категория тела |
| 0 | Идеальная жидкость |
| 0,5 | Структурная жидкость |
| 0,5-2,0 | Жидкая паста |
| 2,0-15,0 | Густая паста |
| Св. 15,0 | Твердое тело |

Основываясь на положениях гидравлики и учитывая фактор смыва и накопления твердой фазы в движущемся металле, можно представить механизм остановки следующим образом.

При поступлении металла в канал литейной формы на стенках канала и образуется твердая корочка из-за высокой интенсивности охлаждения металла в начальные моменты. С течением времени, по мере прогревания формы, интенсивность теплоотвода уменьшается. Но перенос теплоты к корочке за счет поступления новых порций металла остается постоянным, и она начинает оплавлятся. Уменьшению размеров корочки способствует также смывание части кристаллов движущимися потоками. Накопление обломков кристаллов на конце потока приводит к постоянному нарастанию сил внутреннего трения. Условия течения металла заметно ухудшаются. Наконец в определенный момент количество накопившихся обломков становится несколько большим, а сопротивление внутреннему трению настолько значительным, что поток останавливается.

Изменение жидкотекучести сплавов тесно связано сих диаграммами состояния. Академик А.А. Босвар показал, что сплавы сохраняют основные свойства жидкого тела, в том числе способность к макроперемещениям, не во всем интервале температур между ликвидусом и солидусом, а только в той части, где кристаллы не образуют связанного каркаса, а движутся вместе с жидкостью. Профессор Ю.А. Нехендзи назвал температуру, при которой поток перестает течь, температурой нулевой жидкотекучести.

С увеличением температурного интервала кристаллизации жидкотекучесть снижается. При этом большое значение имеют размеры и форма первичных кристаллов.

Если первичные кристаллы растут в виде сильно разветвленных дендритов, граница нулевой жидкотекучести находится вблизи границы ликвидус. Примером могут служить доэвтектические сплавы с широким интервалом кристаллизации и дендритной формой первичных кристаллов.

Если же первичные кристалл имеют компактные формы и небольшие размеры, граница нулевой жидкотекучести тяготеет к линии солидус. Несмотря на то что выделяется значительная часть твердой фазы, металл продолжает течь, поскольку выделившиеся первичные кристаллы не связаны между собой. В качестве примера можно привести заэвтектические чугуны.

*Заполняемость.* Она характеризует способность металлов и сплавов воспроизводить контур отливок в особо тонких сечениях, где в значительной степени проявляется действие капиллярных сил.

Заполнение тонких сечений отливок - это процесс взаимодействия металла и формы. иногда этот процесс называют формовоспроизведением или формозаполнением. Эти термины следует признать менее удачными, поскольку заполнение острых кромок и тонких сечений в большей степени зависит от свойств металла.

Заполняемость обусловлена рядом факторов:
1. поверхностным натяжением сплава и смачиваемостью формы;
2. вязкостью сплава, связанной с его теплофизическими свойствами;
3. температурным интервалом кристаллизации;
4. формой и размерами первичных кристаллов;
5. склонностью сплава к пленообразованию;
6. теплофизическими свойствами формы;
7. способом заливки металла (стационарный или центробежный);
8. конструктивными особенностями литниковой системы;
9. наличием газов в форме и условиями ее вентиляции.

На примере титана модно оценить влияние смачивания формы металлом на заполняемость. Угол смачивания титаном электрокорунды составляет 120 oС, а в магнезите - 107 oС. заполняемость корундовой формы для изготовления пластины толщиной 9 мм значительно хуже, чем магнезитовой.

При заполнении каналов с малой площадью поперечного сечения потку производится преодолеть значительное давление, обусловленное действием капиллярных сил. При незначительном удалении таких элементов от оси вращения необходима большая скорость вращения центробежного стола.

Характер *затвердевания*. Характер затвердевания металлов и сплавов определяет особенность перехода металла из жидкого состояния в твердое.

В процессе затвердевания реальной отливки в сплаве, кристаллизующемся в интервале температур, всегда так называемая область затвердевания. Эта область ограничена изотермами ликвидус и солидус, которые в процессе охлаждения отливки последовательно перемещаются от ее поверхности к термическому центру.

Область затвердевания делиться на две части - жидко-твердую и твердо-жидкую.

Жидко-тверда часть примыкает к изотерме ликвидус, твердо-жидкая - к изотерме солидус. Граница между ними носит несколько названий: выливаемости, нулевой жидкотекучести, начала линейной усадки. Положение этой граници связано с формой и размерами первичных кристаллов. При сильной развитой дендритной форме мелких кристаллов - к границе солидус.

Твердо-жидкая часть области затвердевания делится на две зоны границей питания. Между границей выливаемости и границей питания сросшиеся дендриты не препятствуют макроперемещениям жидкости. Между границами питания и солидус каркас дендритов образует изолированные области, внутри которых возможно только микроскопическое перемещение жидкости.

Параметры области затвердевания во многом определяют качество отливок, которое оценивается по заполнению линейной формы, развитию усадочных дефектов, по вероятности появления трещин, по формированию литой поверхности. Последнее особенно важно для художественного литья.

Математически строгий анализ процесса затвердевания отливки основывается на решении задачи, известной как задача Стефана, в которой рассматривается процесс промерзания влажного грунта. Решение этой задачи приводит к так называемому закону квадратного корня.

х = k √ ч,

где х - расстояние от изотермы затвердевания до поверхности отливки (толщина твердой корки); ч - время; k - коэффициент затвердевания.

Затвердевание металла является прежде всего тепловым процессом. Его развитие определяется в основном тем количеством теплоты, в которое освобождается при переходе металла из жидкого состояния в твердое и условиями отвода теплоты из области затвердевания, что от совокупности теплофизических свойств металла и форм.

Теплофизические свойства сплавов определяются теплотой затвердевания, теплоемкостью, теплопроводностью и плотностью. Причем для процесса затвердевания наиболее значима теплота затвердевания.

Критерием интенсивности теплоотвода служит коэффициент теплоаккумулирующей способности формы.

b = √ λ ср,

где, λ - теплопроводность; с - удельная теплоемкость; р - плотность.

Большое значение для развития процесса затвердевания имеет зазор, образующийся между отливкой и формой, так как он является звеном, передающим теплоту от отливки к форме.

Характер формирования литой поверхности. Под характером формирования литой поверхности металлов и сплавов подразумевают их способность воспроизводить профиль поверхности формы (шероховатость, механический пригар), склонность к образованию макронеровностей (спаи), склонность к химическому взаимодействию с формой (химический пригар).

Формирование литой поверхности определяется условиями взаимодействия расплава с материалом литейной формы. эти условия зависят от целого комплекса факторов: от теплофизических свойств металла и формы, их химического состава, гидродинамики потока во время заполнения форм, от изменения физико-химических свойств металла и формы с изменением температуры.

Качество поверхности художественной отливки во многом определяет эстетическую ценность изделия. Важное значение имеет отражательная способность поверхности, обрабатываемость (шлифуемость и полируемость), взаимодействие с различными реагентами при патинировании.

Немаловажна и себестоимость изделия. Приходится искать технологические решения, позволяющие сочетать умеренные затраты на изготовление отливки с высоким качеством поверхности.

В машиностроении к качеству литой поверхности предъявляются другие требования, обеспечивающие высокие механические свойства, химическую стойкость, низкие гидравлические потери, обрабатываемость литой детали и др.

*Шероховатость* поверхности характеризуется средним арифметическим отклонением измеренного профиля от его средний линии Ra и высотой неровностей Rz определяемой как расстояние между пятью высшими точками и пятью низшими точками, находящимися в пределах базовой длины (ГОСТ 2789-73).

Шероховатость отливки непосредственно зависит от шероховатости поверхности формы. Чем крупнее зерна формовочного материала, тем больше шероховатость поверхности отливки.

Формирование профиля литой поверхности определяется двумя факторами - смачиваемостью формы металлом и условиями теплоотвода на границе "металл-форма" в начальный период затвердевания отливки. Смачиваемость оценивают по краевому углу смачивания, интенсивность теплоотвода - по температуропроводности (м2/с) формовочного материала а = λ / (срр).

Литейная форма является пористым телом. Ее пористость колеблется в пределах от 15 до 45%. Причем основная часть пор относится к капилярным, т.е. таким, в которых форма поверхности жидкости зависит от поверхности сил и мало искажена силой тяжести.

Проникновению жидкого металла в поры формы происходит при условии, если давление металла рм на границе "металл-форма" превышает капиллярное противодавление формы рz.

рм > рz.

Давление металла

рм = Hpq

где, Н - гидростатический напор металла (высота столба); q - укорение силы тяжести; р - плотность жидкого металла.

Капиллярное противодавление

рк = (2 σ cos θ) / r

где σ - поверхностное напряжение; θ - краевой угол смачивания формы металлом; r - радиус поры формы.

Таким образом, чтобы уменьшить проникновение металла в поры формы, следует идти по пути уменьшения r за счет применения мелкозернистого песка и увеличения σ, cos θ, зависящих от физических свойств металла и состава формовочной смеси. Так, краевой угол смачивания песчано-глинистой формы зависит от содержания кислорода и сере в стали.

Если металл не смачивает материал формы, то он может проникать в ее поры только под действием металлостатического давления.

Глубину проникновения металла h в поры формы можно определить по формуле

H = H - (2 σ cos θ) / p q r.

из приведено формулы следует, что пока капиллярные силы превышают металлостатическое давление, механический пригар не образуется.

На смачиваемость формовочных материалов расплавленным металлом влияет газовая атмосфера литейной формы. например, при изготовлении стальных отливок и окислительной атмосфере ширина зоны взаимодействия металла с формой увеличивается в 1,5 - 2 раза по сравнению с изготовлением в воздушной атмосфере.

Механизм взаимодействия жидкой стали с формой, определяющей качество поверхности отливок, можно представить следующим образом. Если при заполнении формы жидкий металл проникает в поры формовочной смеси, происходит образование механического пригара. Эта стадия заканчивается формированием твердой корочки металла на поверхности отливки. Далее при взаимодействии металла с кислородом окружающей газовой атмосферы образуются жидкие оксиды, проникающие в формовочную смесь и вступающие с ней в химическое взаимодействие.

В качестве примера химического взаимодействия можно рассмотреть реакции между стальной отливкой и песчано-глинистой формой.

4Fe + 2O2 ↔ 4FeO;
4Fe + 2SiO2 ↔ 2(2FeO • SiO2);
Al2O3 \* 2SiO2 + 4FeO ↔ 2 (2FeO \* SiO2) + Al2O3;
Al2O3 \* 2SiO2 + 4Fe + 2O2 ↔ 2 (2FeO \* SiO2) + Al2O3.

Основными составляющими песчано-глинистых смесей являются кварцевый песок, состоящий преимущественно из зерен кварца SiO2,, и огнеупорная глина (каолинит) Al2O3 \* 2SiO2 \* 2H2О. при температуре 100 oС и выше удаляется гироскопическая влага. При температуре 450-600 oС происходит распад каолинита на метакаолин и воду:

Al2O3 \* 2SiO2 \* 2H2О.= Al2O3 \* 2SiO2 + 2H2О.

Из анализа изменения изобарно-изотермического потенциала представленных выше четырех реакций вытекает, что преимущественное развитие получают реакции (1) и (4). Таким образом, с термодинамической точки зрения для уменьшения химического пригара на стальном литье желательно в форме создать восстановительную или же нейтральную атмосферу.

*Объемная усадка*. Объемная усадка металлов и сплавов характеризует изменение объема металла при понижении температуры в жидком состоянии, в процессе затвердевания и при охлаждении твердого металла.

Согласно схеме, предложенной А.А. Бочваром, полная объемная усадка распределяется между объемом концентрированной усадочной раковины и объемом усадочной пористости. Чем больше эффективная часть температурного интервала кристаллизации (разница температур начала усадки и солидуса), тем большая доля объемной усадки проявляется в виде усадочных пор. В сплавах, кристаллизирующихся при постоянной температуре (чистые металлы, сплавы эвтектического состава), усадочная пористость практически не образуется.

*Линейная усадка*. Линейная усадка металлов и сплавов отражает изменение линейных размеров отливки после образования на ее поверхности жесткого кристаллического скелета и охлаждения до комнатной температуры.

В отливах из чистых металов температура начала линейной усадки соответствует температуре плавления. Линейная усадка в этом случае пропорциональная линейному коэффициенту термического расширения и разности между температурами плавления и комнатной:

ε = αt (tпл - t20)\*100,

где, ε - коэффициент линейной усадки, %, α t - средний линейный коэффициент расширения металла в интервале от tпл до t20; tпл и t20 - соответственно температуры плавления и комнатной.

Участок диаграммы состояния между температурой начала линейной усадки и температурой солидус назван А.А. Бочваром эффективным интервалом кристаллизации.

*Трещиностойкость*. Это - способность металлов и сплавов к релаксации (ослаблению, уменьшению) напряжений, возникающих в отливке при затвердевании и охлаждении, в результате усадки, фазовых превращений или температурного перепада.

В практике литья обычно различают два вида трещин - горячие и холодные. Это деление весьма условно. Считается, что горячие трещины образуются в области, близкой к температуре солидус. По внешнему виду эти трещины отличаются окисленной поверхностью, в особенности - на стальных отливках. Холодные трещины, в отличие от горячих, имеют поверхность и образуются в области упругих деформаций при температуре, которая значительно ниже температуры окончания кристаллизации.

*Свариваемость*. От свариваемости сплавов зависит качество исправления дефектов отливок и надежность соединения литых деталей методом сварки.

Для художественных отливок это свойство имеет большое значение. Особенно важно обеспечить надежное соединение крупных элементов скульптур.

В литейной практике свариваемость обычно оценивают по склонности к образованию сварочных трещин и по разупрочнению околошовной зоны. Трещин в зоне сварного шва могут появиться при его остывании в результате возникновения больших термических напряжений. Свариваемость оценивают также, сопоставляя свойства шва и околошовной зоны со свойствами основного металла.

# Литье в песчаные формы.

Литьё в песчаные формы — дешёвый, самый грубый, но самый массовый (до 75-80 % по массе получаемых в мире отливок) вид литья. Новым направлением технологии литья в песчаные формы является применение вакуумируемых форм из сухого песка без связующего.

Литье в разовые песчано-глинистые формы является наиболее распространенным и относительно простым способом получения отливок. Разовые песчано-глинистые формы могут быть приготовлены либо непосредственно в почве (в полу литейного цеха) по шаблонам, либо в специальных ящиках-опоках по моделям. В почве получают отливки крупногабаритных деталей (станин, колонн и т.д.), более мелкие отливки обычно получают в опочных формах.

Внешнее очертание отливок соответствует углублениям формы, отверстия получают за счет стержней, вставляемых в полость формы.

Технологический процесс производства отливок в опочных формах состоит из трех стадий: подготовительной, основной и заключительной.

Модельная оснастка, изготовленная в модельных цехах, представляет собой приспособления, с помощью которых изготовляют формы и стержни. К оснастке относятся модели деталей, подмодельные щитки, стержневые ящики, модели элементов литниковой системы и опоки.

Модели служат для получения полости в земляной форме, которая по размерам и внешним очертаниям соответствует будущей отливке. Так как металл после затвердевания усаживается (уменьшается в объеме), размеры модели делают несколько большими.

Изготовляют модели из дерева, пластмассы или металла. Выбор материала зависит от условий производства и требований, которые предъявляют к отливке в отношении точности размеров и чистоты поверхности. Для того чтобы модели легко извлекались из формы, их делают с формовочными уклонами и часто разъемными, из двух и более частей, легко скрепляемых при помощи шипов.

Для получения отливок с отверстиями или углублениями на моделях в соответствующих местах предусматривают выступы — стержневые знаки, которые оставляют в форме отпечатки для установки стержней. Место, занимаемое в форме стержнем, не заполняется металлом и в отливке после удаления стержня образуется отверстие или углубление. Стержни изготовляют из особой стержневой смеси, набивая ее вручную или машинным способом в стержневые ящики. При этом учитывают изменение размеров отливки при затвердевании металла. Размеры стержней должны быть меньше отверстий на величину усадки металла. В зависимости от сложности изготовления стержневые ящики делают цельными и разъемными. При небольших партиях стержней ящики делают из дерева, в массовом производстве, особенно при повышенных требованиях к точности литья, применяют металлические ящики (чугунные или из алюминиевых сплавов).

Модели литниковой системы предназначены для образования в форме каналов и полостей, служащих для подачи металла, задержки шлака и выхода воздуха из полости формы. Устройство литниковой системы обеспечивает спокойное, безударное поступление металла в форму, предохраняя ее от повреждения.

Подмодельные щитки-плиты служат для размещения на них моделей и установки опоки при изготовлении литейной формы вручную.

В массовом производстве при машинной формовке эффективно применение тщательно обработанных деревянных или металлических модельных плит с прочно укрепленными на них или выполненными за одно целое, моделями деталей и элементами литниковой системы.

Опоки — деревянные или металлические рамки, каркасы, основное назначение которых состоит в удерживании песчано-глинистой смеси, обеспечении достаточной прочности и жесткости формы при ее изготовлении, транспортировке и заливке металла.

Формовочные и стержневые смеси в основном состоят из кварцевого песка определенной зернистости и жароупорности.

Формовочные и стержневые смеси должны обладать пластичностью и газопроницаемостью, а формы и стержни, изготовленные из них,— достаточной прочностью. Эти свойства достигаются добавкой к основному материалу глины, льняного масла, декстрина, жидкого стекла, а также деревянных опилок или торфяной крошки. Увлажненная глина добавляется как связующее вещество.

Опилки, торфяная крошка, выгорая после заливки металла в формы, образуют дополнительные поры, увеличивающие газопроницаемость смеси.

Масляные крепители (олифа, льняное масло) обычно добавляют в стержневые смеси, которые должны обладать более высокой, по сравнению с формовочными, прочностью. Приготовление формовочных и стержневых смесей производится в землеприготовительных отделениях литейного цеха и включает операции предварительной подготовки (подсушивания, помола), дозирования исходных материалов и тщательного перемешивания их до получения однородного состава. В современных литейных цехах эти операции механизированы. Приготовленные смеси подвергают вылеживанию в бункере для более равномерного распределения влаги, а затем после разрыхления и контроля полученных свойств, транспортируют к рабочим местам формовщиков.

По назначению формовочные смеси подразделяют на облицовочные, наполнительные и единые. Облицовочные смеси, непосредственно соприкасающиеся с жидким металлом, приготавливают из более качественных свежих материалов. Наполнительной служит бывшая в употреблении (горелая) смесь. В массовом производстве формы изготовляют из единой смеси, материалом для которой является бывшая в употреблении смесь со свежими добавками песка, глины, крепителей и пр.

Изготовление стержней может производиться набивкой стержневой смеси в ящик и трамбовкой вручную или машинным способом. Машинное приготовление стержней осуществляется на прессовых, встряхивающих, пескометных и других стержневых машинах. В массовом производстве стержни изготовляют на поточных линиях, состоящих из стержневых машин, сушильных печей и различных транспортирующих устройств. Отформованные сырые стержни сушат при температуре 160-300 °С в сушильных печах или камерах для придания им высокой прочности.

В последнее время на большинстве заводов применяется метод изготовления стержней из быстросохнущих смесей на жидком стекле. Сушка или химическое твердение стержней в этом случае достигается продувкой их углекислым газом в течение двух-трех минут. На некоторых заводах внедрена скоростная сушка стержней с помощью токов высокой частоты.

Применение указанных методов сушки способствует сокращению производственного цикла изготовления отливок в 2-5 раз, увеличению съема отливок с Гм2 производственной площади цеха, снижению расходов на транспорт и энергию.

# Специальные методы литья.

К специальным способам относят литье: а) в постоянные металлические формы (кокиль), б) центробежное, в) под давлением, г) методом вакуумного всасывания, д) по выплавляемым моделям, е) корковое, или оболочковое.

Специальные способы литья позволяют получать отливки более точных размеров с хорошим качеством поверхности, что способствует уменьшению расхода металла и трудоемкости механической обработки; повысить механические свойства отливок и уменьшить потери от брака; значительно снизить или исключить расход формовочных материалов; сократить производственные площади; улучшить санитарно-гигиенические условия и повысить производительность труда. .

*Литье в металлические формы (кокильное литье)*

Кокилем называют цельную или разъемную металлическую форму, изготовленную из чугуна или стали.

Кокили предназначены для получения большого количества одинаковых отливок из цветных или железоуглеродистых сплавов. При литье в металлические формы получаются отливки с хорошими механическими качествами благодаря мелкозернистому строению металла вследствие быстрого остывания. Отливки имеют довольно точные очертания, почти не требующие обработки, а если в них и предусматривается припуск на обработку, то в несколько раз меньше, чем при отливке в песок. При литье в металлические формы отпадают земельное хозяйство, опоки, сушильные печи, а условия работы становятся более гигиеничными (нет пыли от формовочной земли). Из-за массивности металлической формы вес отливаемых деталей ограничен.

В настоящее время с успехом применяют автоматические литейные машины, в которых закрывание и открывание металлической формы механизировано. Удаление газов из газонепроницаемых форм производиться через выпоры, через трехгранные щели и вентиляционные нитяные каналы в плоскости разъема формы, достаточные по сечению для выхода газов, но недостаточные для утечки металла.

Материал для изготовления металлической формы берется в зависимости от заливаемого в него сплава; обычно применяют серый чугун, реже - малоуглеродистую сталь. Температура формы перед заливкой должна быть не ниже 200 oC для стали; для чугуна - 200-300 oC; для алюминиевых сплавов - 250-350 oC; для медных сплавов - 150-200 oC (при массивных отливках - 120-150 oC).

Формы для продления срока их службы смазывают одним из следующих огнеупорных материалов: SiO2 (кварцевый мукой или маршалитом), MgO (магнезитом), Al2O3 (глиноземом, огнеупорной глиной или бетонитом). FeO · Cr2O3 (хромистым железняком). Связующим веществом при этом обычно служит жидкое стекло.

Перед заливкой медных сплавов металлическую форму не обмазывают, а окрашивают специальной краской из варенного масла с графитом (4%) или просто смазочным маслом с парафином(по 50%) и др. Для алюминиевых сплавов формы смазывают составом из 30 г окиси цинка и 30 г жидкого стекла на 1 л воды или 200 г мела и 30 г жидкого стекла на 1 л воды.

Кокильное литье позволяет снизить расход металла на прибыли и выпоры, получать отливки более высокой точности и чистоты поверхности, улучшить их физико-механические свойства. Вместе с тем этот способ литья имеет и недостатки. Быстрое охлаждение металла затрудняет получение тонкостенных отливок сложной формы, вызывает опасность появления у чугунных отливок отбеленных труднообрабатываемых поверхностей.

*Центробежный способ литья* применяется главным образом для получения полых отливок типа тел вращения (втулок, обечаек для поршневых колец, труб, гильз) из цветных и железоуглеродистых сплавов, а также биметаллов. Сущность способа состоит в заливке жидкого металла во вращающуюся металлическую или керамическую форму (изложницу). Жидкий металл за счет центробежных сил отбрасывается к стенкам формы, растекается вдоль них и затвердевает.

Отливки получаются плотными, так как посторонние включения, равно как и газы, будучи легче металла, оттесняются центробежной силой к внутренней поверхности формы, а основное тело отливки приобретает плотное здоровое строение.

При центробежном литье формы делают из чугуна и хромоникелевой стали. С внутренней стороны поверхности смазываю тих слоем огнеупорного материала.

Удлиненные детали (цилиндры, втулки) отливают на машине с горизонтальной осью, а зубчатые колеса, круги, кольца, гребни винты и арматуру - на центробежной машине с вертикальной осью.

При центробежном литье можно получить отливки любой формы, а не только тела вращения. При так называемом полуцентробежном литье конфигурация отливаемых деталей образуется не только центробежной силой, но и с помощью стержней. Ось вращения формы при этом совпадает с осью симметрии отливки. При центрифугировании металл в форму подается через стояк в центре, а в полость форм, расположенных на горизонтальном столе, он попадает по литниковым каналам. Таким способом можно получить отливки и не имеющие оси симметрии. Любой конфигурации.

Наряду с высокой производительностью и простотой процесса центробежный способ литья по сравнению с литьем в стационарные песчано-глинистые и металлические формы обеспечивает более высокое качество отливок, почти устраняет расход металла на прибыли и выпоры, увеличивает выход годного литья на 20-60 %.

К недостаткам способа следует отнести высокую стоимость форм и оборудования и ограниченность номенклатуры отливок.

*Литье под давлением -* один из наиболее производительных методов получения точных фасонных отливок из цветных металлов. Сущность способа заключается в том, что жидкий или кашицеобразный металл заполняет форму и кристаллизуется под избыточным давлением, после чего форму раскрывают и отливку удаляют.

По способу создания давления различают: литье под поршневым и газовым давлением, вакуумное всасывание, жидкую штамповку.

При литье под давлением расплавленный металл принудительно, под давлением поршня или сжатого воздуха, заполняет стальные формы и застывает в них. вынутая из формы готовая отливка не требует дальнейшей обработки.

При помощи литья под давлением можно получить очень тонкостенные детали (до 0,1 мм) с резьбой, отверстиями и сложной формы. Точность размеров деталей, отлитых под давлением, очень высокая (0,1-0,01 мм). Все отливки получаются совершенно одинаковые и взаимозаменяемыми. Изделия имеют очень мелкозернистую структуру, которая обеспечивает повышенные механические качества.

Производительность одной машины достигает 4000 и более отливок в смену.

В последнее время по способу литья под давлением весьма успешно отливают не только детали из легкоплавких металлов и легких сплавов, но и из сплавов меди - бронзы, латуни. Применяют литье под давлением и для армированных изделий, например, из цинковый и алюминиевых сплавов с залитыми в них стальными, латунными и бронзовыми втулками, сердечниками и т.п.

Для легкоплавких свинцовых и оловянных сплавов формы делают из углеродистой стали, выдерживающей до 50тыс. отливок. Для цинковых сплавов применяют хромоникелевую сталь, выдерживающую до 100 тыс. отливок. Для отливок из алюминиевых сплавов лучшим материалом для форм служит хромовольфрамовая сталь.

Недостатками литья под давлением являются необходимость применения дорогостоящих стальных форм и специальной установки для сжатого воздуха, а также ограниченные размеры и вес отливок. Большие трудности представляет литье под давлением стальных деталей.

Литьем под давлением производят детали приборов: барабанчики счетных машин, корпусы фотоаппаратов и корпусные детали массой до 50 кг, головки цилиндров мотоциклетных двигателей. В отливках можно получать отверстия, надписи, наружную и внутреннюю резьбу.

К передовым технологическим способам литья, позволяющим изготовлять наиболее точные отливки с минимальной механической обработкой, с уменьшением расхода металла на стружку относиться *литье в оболочковой (корковой) форме*.

Для получения литья в оболочковые формы на нагретые металлические плиты с закрепленными на них металлическими моделями и литниковой системой наносится слой песчано-бакелитовой смеси. Нагретая до 150-200 oC модельная оснастка расплавляет бакелит. Который смачивает зерна формовочного материала, прилипающего к модели. Избыток смеси, не прилипший к модели, удаляется, а модельная плита с коркой смеси толщиной 7-10 мм помещается в печь, нагретую до 300-350 oC, где быстро (1-3 мин.) происходит затвердевание корки на модели. Жесткая корка, снятая с модели (полуформа), спаривается с соответствующей ей другой оболочковой полуформой и заливается металлом.

Материалом для оболочковых форм, заливаемых, чугуном или цветными металлами и сплавами, служит мелкозернистый кварцевый песок с 10% бакелитовой смолы. С целью улучшения поверхности стальных отливок иногда применяют хромистый железняк, хромомагнезит, магнезит и другие добавки, повышающие огнеупорность, но удорожающие стоимость песчано-смоляной смеси.

Замена обычной песчаной формы только оболочкой (коркой) сокращает расход формовочных смесей на 50-90 %, повышает точность размеров и чистоту поверхности отливки, увеличивает съем с квадратного метра производственной площади, снижает стоимость отливки.

В способе *точного литья по выплавляемым моделям* металл заливают в разовую тонкостенную керамическую форму, изготовленную по моделям (также разовым) из легкоплавящегося модельного состава. Этим способом получают точные, практически не требующие, механической обработки отливки из любых сплавов массой от нескольких граммов до 100 кг.

Модели изготавливается из легковыплавляемого материала - парафина со стеарином и др. на модели, изготовленные с большой точностью, наносится прочная оболочка, которая обеспечивает проведение операций вытапливания моделей, прокаливания и заливки жидким металлом без применения наполнителей и опок, затрудняющих ранее производство точного литья по выплавляемым моделям. На выплавляемую модель наноситься несколько (2-5 слоев), состоящих из кварцевой муки и гидролизованного раствора этилсиликата (или их заменителей). Последний слой наносится из массы, придающей керамической оболочке необходимую прочность после вытапливания модели и прокаливания оболочки. Хорошие результаты обеспечиваются составом из: 40-45% раствора жидкого стекла с удельным весом 1,32 и 60-65 % по весу кварцевой муки (маршалита, молотого кварцевого песка или плавленого кварца), просеянной через сито № 100. нанесенные слои, присыпанные песком, подвергаются воздушной сушке при температуре 20-25 oC в течении не менее 4 час. Или электросушке (10 мин).

При электросушке одновременно вытапливается модель, а при воздушной сушке модель вытапливается 20-40 мин. В термостате, нагретом до 150-180 oC. При вытапливании модельные комплекты помещают литниковой чашей вниз.

После вытапливания модели оболочка нагревается в прокалочной печи, нагретой до температуры 600-650 oC. Затем температура повышается до 900 oC со скоростью примерно 100-150 oC в час. По достижении в печи900oC, прокаливание заканчивается, оболочка удаляется из печи и подается на заливку.

Во избежании образования окалины на отливку из-за доступа воздуха через оболочку и в целях обеспечения техники безопасности оболочку перед заливкой металлом помещают в кожух из тонкого железа на поддоне и засыпают зазор сухим песком (а при необходимости быстрого охлаждения - металлической дробью), накрыв конической крышкой литниковую чашу. Крышку перед заливкой металла удаляют.

Отливки получаются без швов (у форм нет разъемов), размеры отливок получаются точными, чем при литье в землю, так как здесь исключены причины потери точности от расколачивания формы моделью при ее извлечении, перекос половинок формы, подъем верхней опоки и раздутие формы под давлением жидкого металла и т.п. Точность отливок, получаемых по выплавляемым моделям, достигает ± 0,05 мм на 25 мм длины отливки, а чистота поверхности получается в пределах 4-6-го классов по ГОСТ 2789-51.

Этим способом отливают из стали, чугуна и цветных металлов изделия от нескольких граммов до 50 кг, а художественные отливки - до 100 кг и габаритом до 1,5 м.

Применение точного литья целесообразно для изготовления деталей; 1) из стали и сплавов трудно поддающихся или не поддающихся механической обработке (режущий инструмент, нуждающийся только в заточке его режущей кромки на наждачном круге); 2) сложной конфигурации, требующей длительной и сложной механической обработки, большого количества приспособлений и специальных режущих инструментов, с неизбежной потерей ценного металла в виде стружки при обработки (турбины лопатки, части механизма швейных машин, охотничьих ружей, счетных машин); 3) художественной отливки из черных и цветных сплавов.

Имеются и многие другие области применения точного литья по выплавляемым моделям.

Сущность литья *методом вакуумного всасывания* заключается в том, что тонкостенная, непрерывно охлаждаемая водой форма - кристаллизатор, связанная с вакуум - системой, погружается в ванну с расплавленным металлом.

Вакуумным всасыванием заполняется полость кристаллизатор, стенки которого благодаря охлаждению водой обеспечивают интенсивную кристаллизацию от стенок к центру.

Требуемая толщина стенки отливки регулируется продолжительностью выдержки кристаллизатора под вакуумом.

Получение отливок методом вакуумного всасывания осуществляется на специальной установке. Регулирование продолжительности выдержки кристаллизатора под вакуумом возможно с точностью до 0,1 сек. при автоматической установке включения и выключения вакуума.

После снятия вакуума не успевшая закристаллизоваться часть метла стекает обратно в ванну. Отлитая заготовка выпадает сама за счет усадки металла и конусности кристаллизатора.

Бронзовые отливки, полученные методом вакуумного всасывания, имеют лучшую структуру и более высокие механические свойства, чем отливки, полученные другими способами литья.

Изготовление отливок вакуумным всасыванием успешно применяется, например, при получении заготовок для втулок из цветных металлов. Этим способом устраняется брак по газовым раковинам и пористости.

Выбивка, обувка, очистка и контроль литья

В индивидуальном производстве отливку из земляничной формы вынимают вручную, выбивая из опок формовочную смесь, разрыхляя ее ломом и ударяя по поверхности формы и по стенкам опоки.

В современных литейных цехах выбивают литье и стержни из отливок механизированном путем на выбивных решетках.

Выбиваемая земля проваливается через решетку из формы, установленной на опоры. Вибраторы проводят в действие сжатым воздухом, который подводят по трубе, нажимая ногой на педаль.

Стержни из отливок удаляются вручную или при помощи пневмонических вибрационных машин, либо струей вода в гидравлической камере. Отливка в камере помещается на поворотный решетчатый стол и на нее направляется из сопла диаметром 4-8 мм струя воды под давлением 25-100 ат. Вода со стержневой смесью сливается через решетчатый пол камеры в отстойник.

Выбивку отливок производят на решетках при температуре около 1000o, а транспортировку их в очистное и обрубное отделение - охладительными конвейерами.

Литники и прибыли на стальном литье удаляют дисковой пилой и на отливках из других вязких металлов ленточными пилами. Для удаления прибылей применяют также газовую резку.

Вручную обрубка литников производится с помощью молотка и зубила. У мелких и средних отливок литники удаляют на отрубных прессах; у очень мелких отливок во избежание поломки их - ленточной пилой. Заливы и другие неровности выравниваются ручными или пневмоническими зубилами.

Поверхность мелких отливок успешно очищается от песка во вращающихся барабанах, в которых вместе с отливками загружаются звездочки из белого чугуна; кроме того, изделия очищаются пескоструйными аппаратами.

Очистка пескоструйными аппаратами производится струей сжатого воздуха, несущего с собой кварцевый песок. Песчинки, с силой ударяясь о поверхности отливки, снимают с нее пригоревшую землю, и поверхность становиться чистой, матовой.

В последнее время вместо песка начали применять дробь из белого чугуна, изготовляемую путем разбрызгивания струи жидкого чугуна струей воды или воздуха. Мелкие капли чугуна, быстро охлаждаясь водой, получают твердость белого чугуна. Их отсеивают в виде дробинок размером 0,5-2 мм, а более крупные толкут, и остроугольные осколки добавляют к дроби. При чугунной дроби пыли меньше, и работа протекает в более гигиенических условиях. Расход дроби 2,4-3,5 кг на 1 т литья (меньше, чем расход песка, в 25-35 раз) при давлении воздуха до 5-6 ат.

Для очистки массивных отливок сложной конфигурации применяется гидравлическая очистка струй воды под давлением до 150 ат. Очистка производиться быстро и при полном отсутствии пыли, что очень важно с точки зрения охраны труда рабочих. При гидравлической очистке попутно вымываются из отливок и стержни.

Механизация удаления стержней из отливок введением гидроочистительного устройства и удаления стержней совместно с очисткой поверхности отливок от пригоревшей смеси (пескогидравлическая очистка) снижает трудоемкость очистки примерно в 10 раз.

До обрубки литников и очистки литье осматривают, чтобы выяснить, нет ли в отливках грубых дефектов, вследствие которых передавать литье в очистку и обрубку было бы уже нецелесообразно. Имеются разнообразные классификаторы брака (таблицы и инструкции). Ими пользуются не только при контроле отливок, но и при борьбе с браком и для предупреждения его.

Задачами технического контроля являются анализ брака литейного цеха. Определение различных видов и причин брака и принятие мер по борьбе совместно с администрацией литейного цеха.

Осуществляются контроль исходного сырья и материалов, поступающих в литейный цех, модельного и опочного инвентаря, проверка технологических процессов, готовой продукции на основе существующих технических условий. Контрольный отдел подчинен непосредственно директору завода.

# Изготовление отливок из различных сплавов.

Технологические режимы изготовления отливок из различных сплавов обусловлены их литейными свойствами, конструкцией отливок и требованиями, предъявляемыми к их качеству.

 Температура нагрева кокилей перед заливкой

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Сплавы  | Отливки  | Толщина стенки от­ливок, мм | Температура нагрева кокиля, К |
| Алюминиевые | Тонкостенные,ребристые | 1,6—2,1  | 673—693 |
|  | Ребристые,корпусные | 5—10  | 623—673 |
|  | Простые,без ребер | <8 >8  | 523—623473—523 |
| Магниевые | Тонкостенные, сложные |  | 623—670 |
| Медные | ТолстостенныеСредней сложности | 5—10  | 523—620393—473 |

# Список используемой литературы.

1) Основы технологии важнейших отраслей промышленности. Под ред. И.В. Ченцова Мн. 1989г.

2) Основы технологии важнейших отраслей промышленности. Учебное пособие для вузов. Под ред. И.В. Ченцова, В.В. Вашука, Мн. 1989г.

3) Баринов Н. А."Водоохлаждаемые вагранки и их металлургические возможности", Москва, «Машиностроение» 1964