



Раздел II. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ.

Тема 2.1. Понятие о производстве литых деталей.

Занятие №1.

Учебные вопросы:

1. Общие понятия о литейном производстве. Преимущества и недостатки литья
2. Литье в разовые земляные формы: формовочная и стержневая смесь, литейный комплект, формовка
3. Специальные виды литья: в кокиль, под давлением, центробежное по выплавляемым моделям и т. д.

1. Общие понятия о литейном производстве. Преимущества и недостатки литья

Литейным производством называют процессы получения изделий путем заполнения жидким материалом полости формы, имеющей конфигурацию отливаемой детали.

Литье применяется для получения заготовок, которые затем обрабатываются резанием и сваркой. Получение заготовок методом литья имеет ряд преимуществ по сравнению с другими способами обработки материалов:

- получение изделий очень сложной формы из хрупких металлов и сплавов;
- масса литых деталей может колебаться от нескольких грамм до нескольких сотен тонн;
- литые детали требуют небольших затрат для дальнейшей механической обработки;
- некоторые способы специального литья позволяют получать отливки с высокой чистотой поверхности и точностью по размерам.

Значение литейного производства исключительно велико. Нет ни одной отрасли машиностроения и приборостроения, где не применяли бы литые детали. В машиностроении масса литых деталей составляет около 50% массы машин и механизмов, в станкостроении — около 80%, в тракторостроении — около 60%.

Широкому развитию литейного производства, особенно за последнее десятилетие, способствует совершенствование старых и появление новых способов литья, непрерывно повышающийся уровень механизации и автоматизации технологических процессов, специализация и централизация производства.

В настоящее время существует более ста различных способов изготовления литейных форм и получения отливок. Около 60% всей массы чугунных и стальных отливок получают в песчано-глинистых формах. Кроме этого применяются специальные способы литья: в металлических формах (кокилях), центробежное, литье под давлением, литье по выплавляемым моделям и др.

2. Литье в разовые земляные формы: формовочная и стержневая смесь, литейный комплект, формовка

Литье в песчано-глинистые формы

В литейном производстве наиболее распространено получение литых деталей в разовых формах, изготовленных из песчано-глинистых и других смесей.

Разовая форма пригодна только для одной отливки. При выемке (выбивке) готовой детали форму разрушают. Форма состоит из двух полуформ, полученных набивкой (уплотнением) формовочной смеси в металлические рамки-опоки (рис. 1.1).

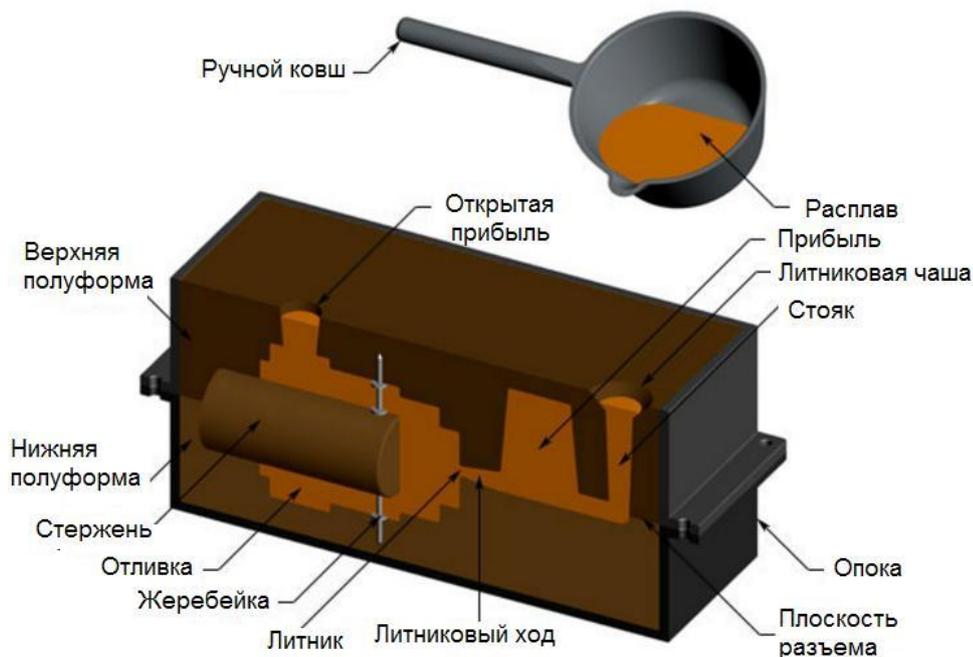


Рис. 1.1. Литейная разовая форма

Для изготовления верхней и нижней полуформ используют разъемную модель (рис. 1.2). Отверстие в отливке получают с помощью стержня, отдельно изготовленного из стержневой смеси. При сборке формы стержень устанавливают в гнезда (углубления), образованные в форме знаками модели. Металл заливают через литниковую систему. Воздух и выделяющиеся газы удаляются через выпор. Готовую отливку извлекают из формы, отрезают литники, очищают поверхность от остатков формовочных материалов и направляют на контроль.

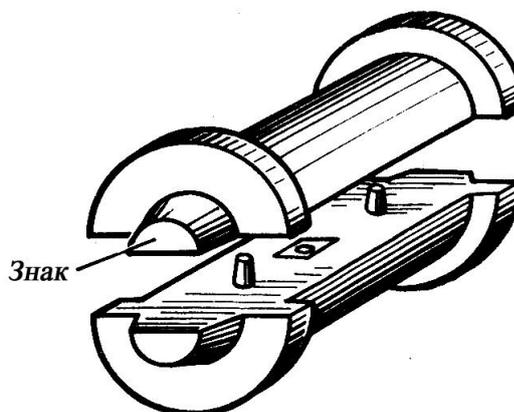


Рис. 1.2. Разъемная деревянная модель втулки со знаками

Формовочные смеси

Для приготовления формовочных смесей применяют глину, кварцевый песок, связывающие вещества (жидкое стекло, цемент, древесные опилки и др.), специальные добавки (каменноугольную пыль, мазут). После разрушения разовой формы смесь измельчают, просеивают и используют вновь. Формовочная смесь, бывшая в употреблении, называется оборотной смесью. Формовочные смеси, применяемые в литейном производстве, подразделяются на облицовочные, наполнительные и единые, а по состоянию форм перед заливкой — на сырые и сухие.



Облицовочная смесь — это формовочная смесь, используемая для изготовления рабочего слоя формы. Такие смеси содержат повышенное количество исходных формовочных материалов (песка и глины) и имеют высокие физико-механические свойства.

Облицовочная смесь применяется для создания слоя 40—100 мм, непосредственно соприкасающегося с расплавленным металлом (т. е. она покрывает поверхность модели). Она готовится из свежей (40%) и оборотной смеси (бывшей в употреблении).

Наполнительная смесь — это формовочная смесь для заполнения формы после нанесения на модель облицовочной смеси. Поэтому её готовят путём переработки оборотной смеси с малым количеством исходных формовочных материалов (песка и глины). Облицовочные и наполнительные смеси используют при изготовлении крупных и сложных отливок.

Наполнительная смесь служит для заполнения всей формы (ее засыпают на слой облицовочной). Она состоит из оборотной смеси с добавкой в нее воды, глинистых и кварцевых песков. По сравнению с облицовочной смесью она имеет худшие качества.

Единая смесь — это формовочная смесь, применяемая одновременно в качестве облицовочной и наполнительной смеси. Такие смеси применяют при машинной формовке и на автоматических линиях в серийном и массовом производствах. Единые смеси изготавливают из наиболее огнеупорных песков и глин с наибольшей связующей способностью, чтобы обеспечить их долговечность.

Единые смеси служат для заполнения всей формы. Они состоят из оборотной смеси с добавлением 7—15% свежих материалов. Применяются при машинной формовке в массовом производстве.

Для изготовления стержней применяются песчано-глинистые и песчано-масляные смеси. **Стержневые смеси** готовятся из кварцевых песков и связывающих материалов (льняное и другие масла, сульфитный щелок, жидкое стекло, декстрин и др.).

Отливки можно производить в сырые и сухие формы. Сырые формы изготавливают из той же формовочной смеси, содержащей 3—12% глинистых веществ. Такие формы широко применяются для отливки мелких и средних деталей. Сухие формы изготавливают из жирной формовочной смеси, содержащей 12—20% глинистых веществ и небольшое количество органических примесей — торф, древесные опилки и др. (для создания газопроницаемости).

Для защиты от пригорания облицовочной смеси к отливке вводят 3—5% каменноугольной пыли для черного литья (чугуна и стали) и 1—1,5% мазута для цветного литья. Формовочные краски и припылы применяются также для получения отливки с гладкой, чистой поверхностью. Краской покрывают поверхности сухих форм. В состав красок при производстве чугунных отливок входит графит, для стальных отливок — маршалит, для цветного литья — тальк.

Сырые формы для чугуна покрывают слоем припыла — измельченного древесного угля или порошкообразного графита. Формы для стального литья припыливаются кварцевым порошком или маршалитом.

Литейная технологическая оснастка

В комплект литейной технологической оснастки для изготовления форм из формовочных смесей входят подмодельная плита, модель, стержневой ящик, опока, модели литниковой системы.

Подмодельная плита является базой, на которой производится формовка, и чаще изготавливается из металла. Поверхность подмодельной плиты должна быть чистой и гладкой.

Модель — приспособление, при помощи которой в формовочной смеси получают отпечатки полости, соответствующие наружной конфигурации отливки. Размеры модели делают больше, чем соответствующие размеры отливки, на величину усадки металла. Для отливок из углеродистой стали припуск — 1,8—2%, для чугунных отливок — 0,8—1,2%. Если отливки подвергают механической обработке, то в соответствующих размерах модели учитывают величину припуска — слоя металла, удаляемого при механической обработке. Модели могут изготавливаться разъемными и неразъемными. Разъемными их делают для того, чтобы легче было извлечь из формы. Число разъемов должно быть минимальным, так как в местах разъема на поверхности отливок образуются заусенцы и заливы, что удорожает обрубку и очистку отливок.

Для более удобного извлечения модели из формы им придают технологические уклоны (литейные): для металлических моделей уклон равен $0,5—1^\circ$, для деревянных — $1—3^\circ$. Модели делают из древесины, металлических сплавов и пластмасс.

Деревянные модели изготавливают из плотной, хорошо просушенной древесины — сосны, бука, ясеня, груши и др. Для предотвращения коробления модель изготавливают не из целого куска древесины, а склеивают из отдельных частей (брусочков) с тем, чтобы направление волокон было разным. Во избежание деформирования модели во влажных формовочных смесях и для лучшей вытяжки из формы их окрашивают: для чугунных отливок в красный цвет, для стальных — в синий, для цветного литья — в желтый цвет. Знаки модели (см. рис. 1.2) окрашивают в черный цвет. Преимущество деревянных моделей — их дешевизна, простота изготовления; при больших габаритах — небольшая масса. Основным недостатком является недолговечность.

Металлические модели чаще всего делают из алюминиевых сплавов. Для уменьшения массы металлические модели обычно делают пустотелыми с ребрами жесткости внутри. Металлические модели по сравнению с деревянными имеют большую долговечность, высокую прочность и чистую рабочую поверхность.

Модели из пластмасс устойчивы к действию влаги при эксплуатации и хранении, не подвергаются короблению, имеют небольшую массу. Перспективным является применение моделей из вспененного полистирола, газифицирующего при заливке металла в форму. Применение таких неудаляемых из формы моделей упрощает формовку, способствует улучшению качества литья.

Стержневые ящики предназначены для изготовления стержней, должны обеспечивать равномерное уплотнение смеси и быстрое извлечение стержня. Как и модели, стержневые ящики имеют литейные уклоны, при назначении их размеров учитывают величину усадки сплава и, если требуется, также и припуска на механическую обработку. Материал для изготовления стержневых ящиков тот же, что и для моделей. По конструкции стержневые ящики могут быть неразъемными и разъемными (рис. 1.3).

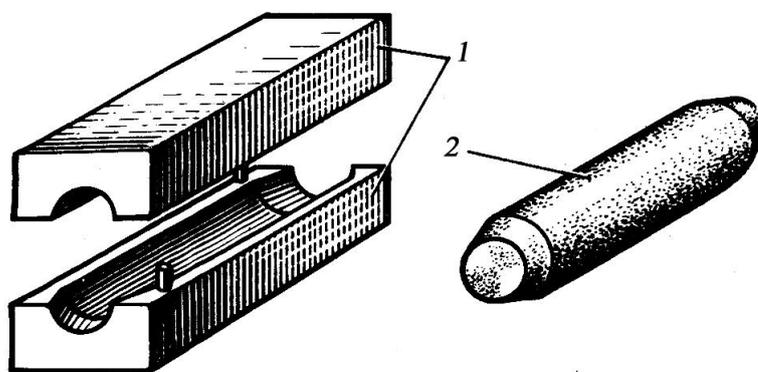


Рис. 1.3. Изготовление стержня
1 — стержневой ящик; 2 — стержень

Опоки представляют собой простые металлические рамы различной формы, предназначенные для изготовления литейных полуформ из формовочных смесей (см. рис. 75). Изготавливают их из чугуна, стали, алюминиевых сплавов. Для уменьшения массы стенки опок делают с отверстиями. Опоки могут быть цельнолитными, сварными или разборными, должны иметь приспособления для соединения верхней и нижней частей опок.

Литниковая система — это совокупность каналов и резервуаров, по которым расплавленный металл заполняет литейную форму. Литниковая система должна обеспечивать непрерывное поступление жидкого металла в форму, питание отливки для компенсации усадки, предотвращать разрушение формы, попадание шлака и воздуха со струей жидкого металла.

Литниковая система состоит (рис. 1.4) из литниковой чаши или воронки, стояка, шлакоуловителя, питателей, чаши и стояка выпоров (прибылей). Литниковая чаша служит для прие-

ма металла из ковша и задержки шлака. Стояк представляет собой вертикальный канал, по которому металл из чаши поступает в шлакоуловитель. Шлакоуловитель, находящийся обычно в верхней половине формы, задерживает шлак и неметаллические включения, попавшие в стояк. Из шлакоуловителя, имеющего в поперечном сечении форму трапеции, металл поступает в питатели. Питатели, расположенные в нижней полуформе, служат для подвода металла непосредственно к отливке. Выпор предназначен для вывода газов, воздуха и шлака из форм. Прибыли предназначены для получения отливок без усадочных раковин и пористости, которые могут образовываться вследствие уменьшения объема жидкого металла при его затвердевании. Прибыли размещают у массивных частей отливки, где усадка проявляется наиболее значительно.

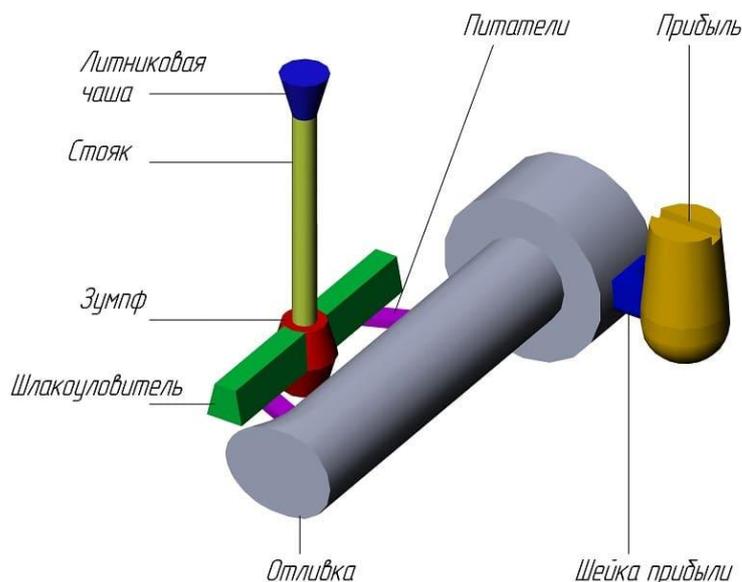


Рис. 1.4. Элементы литниковой системы

3. Специальные виды литья: в кокиль, под давлением, центробежное по выплавляемым моделям и т. д.

Центробежное литье — способ получения отливок, при котором расплавленный (жидкий) металл заваливают в быстровращающуюся форму. Под действием центробежных сил жидкий металл равномерно оседает на стенках формы и затвердевает. Отливки, полученные центробежным литьем, имеют плотную структуру и повышенные механические свойства, так как под действием центробежных сил газы, все неметаллические включения и примеси перемещаются к центру вращения на внутреннюю поверхность полых отливок. Машины для центробежного литья строят с горизонтальными или вертикальными осями вращения. В машине с горизонтальной осью вращения металлическая форма 1 (рис. 1.5, а) заполняется жидким металлом из ковша 4 по желобу 3, при этом металл затвердевает в виде полый цилиндрической заготовки 2. Данным способом отливают полые цилиндрические детали большой длины (трубы и т. д.). При отливке в металлическую форму 1 на машине с вертикальной осью вращения (рис. 1.5, б) также получается пустотелая заготовка 2, но ее внутренняя поверхность не будет строго цилиндрической, так как под действием силы тяжести толщина стенок внизу заготовки больше, чем вверху. Форму перед заливкой подогревают до 100—150°C, чтобы не произошло выброса металла во время заливки. Преимущества центробежного литья: экономия стержневых смесей, так как стержни не требуются; отсутствие литников; большая плотность и повышенные механические свойства отливок; возможность получать тонкостенные изделия; высокие технико-экономические показатели.

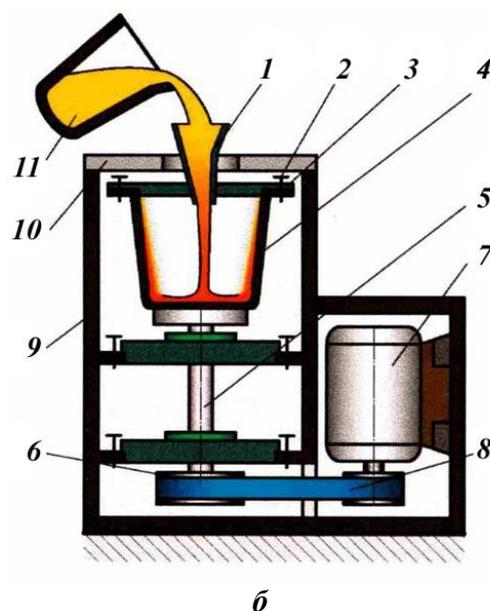
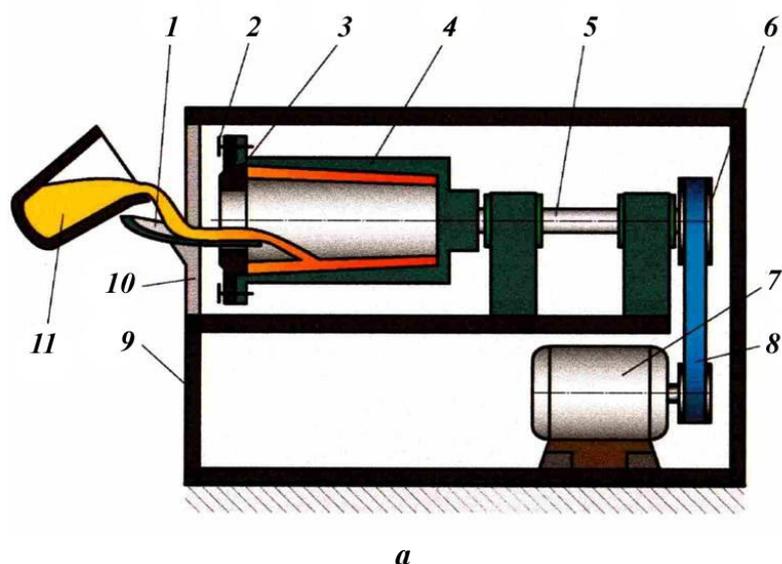


Рис. 1.5. Центробежное литье

a — 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 с расплавом

Литье под давлением — высокопроизводительный способ. Оно заключается в том, что металл заполняет металлическую форму под давлением поршня или сжатого воздуха и затвердевает в ней (рис. 1.6). Литьем под давлением можно изготавливать отливки с толщиной стенок до 0,1 мм, мелкие стальные детали, сложные фасонные отливки, точную резьбу и отливки из сплавов цветных металлов.

Машины для литья под давлением имеют горячие и холодные камеры сжатия, которые могут располагаться горизонтально или вертикально. Машины с горячими камерами применяются только для сплавов с низкой температурой плавления (например для цинковых сплавов) и имеют небольшое распространение. В современных машинах применяются главным образом холодные камеры сжатия, изолированные от плавильной печи.

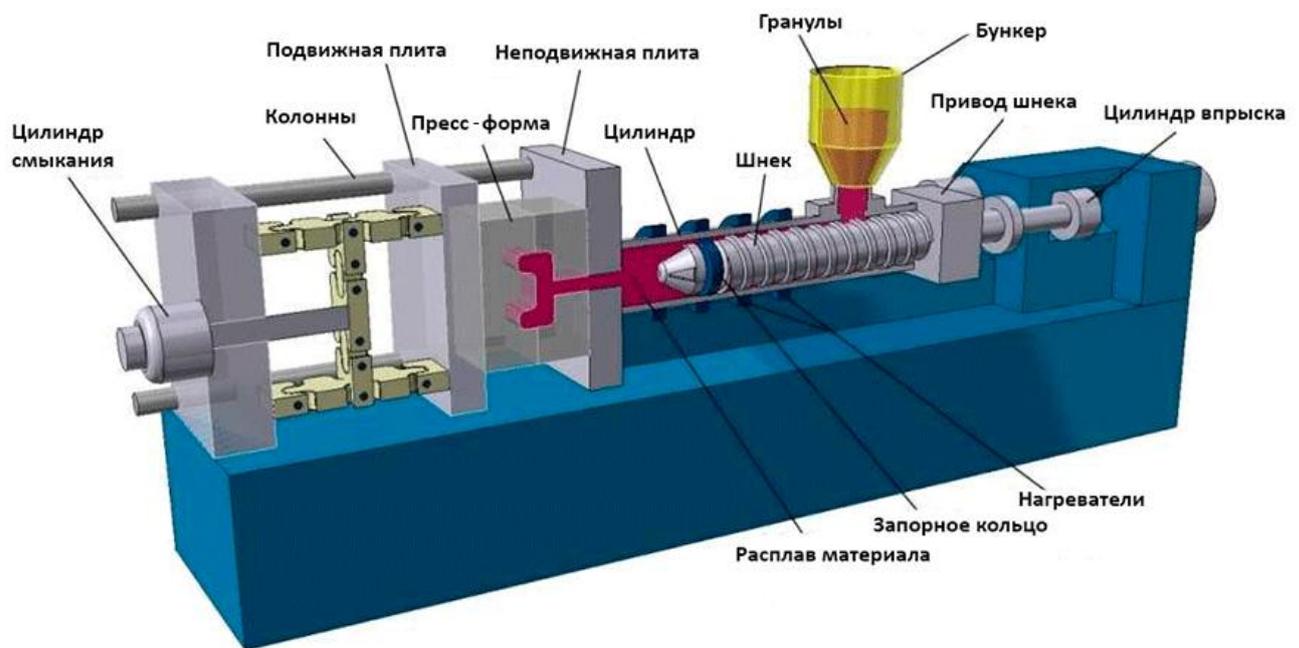


Рис. 1.6. Схемы литья под давлением

Вертикальная камера сжатия расположена параллельно плоскости разъема формы, состоящей из половинок. В форму металл подается из камеры под углом 90° к оси хода прессующего поршня. Камера состоит из наполнительного стакана, дно которого образуется нижним поршнем. Металл заливается в наполнительный стакан и прессующим пуансоном запрессовывается в форму. Для того чтобы металл не пошел в форму самотеком, литниковое отверстие до начала запрессовки закрывается поршнем, поддерживаемым снизу на требуемой высоте с помощью пружины. При опускании прессующего поршня пружина сжимается и поршень садится на коническое гнездо, открывая путь металлу в форму.

После запрессовки металла прессующий пуансон поднимается вверх и при помощи особых тяг, соединенных с поршнем, увлекает его за собой. Пятка при движении вверх отрезает от литника с отливкой литниковой системы остаток, находящийся в пластическом состоянии, и выбрасывает его из наполнительного стакана. После этого тяги, соединяющие поршень с пяткой, разъединяются, пятка опускается на свое место, половинка формы вместе с отливкой и литником отводится в сторону и отливка освобождается от нее. Весь цикл занимает несколько секунд, машина работает в автоматическом режиме и имеет очень высокую производительность — до 3000 и более отливок в час.

К недостаткам способа относятся ограниченная масса отливаемых деталей (примерно до 50 кг), высокая стоимость и сложность изготовления пресс-форм, трудность получения отливок со сложными плоскостями. Отливки имеют газоусадочную пористость и их нельзя подвергать термической обработке.

Наиболее экономически выгодным является литье под давлением в массовом производстве сложных фасонных тонкостенных отливок из цветных сплавов — деталей приборов, автомобилей, самолетов и т. д.

Литье по выплавляемым моделям применяется для производства мелких отливок из любых сплавов в виде, готовых изделий, не требующих механической обработки.

Технология производства отливок состоит в следующем: из твердого материала путем точной механической обработки с учетом усадки металла изготавливают эталон детали. По эталону выполняют пресс-форму из мягких сплавов, в которой литьем под давлением из расплавленного воскового состава (50% парафина и 50% стеарина) получают восковую модель. Из мелких моделей составляют блок, соединяя их общей литниковой системой из воска (рис. 1.7). Блок восковых моделей окрашивают огнеупорной массой, погружая его в эмульсию из марша-

лита, небольшого количества каолина и графита в воде с примесью жидкого стекла. Для лучшего контакта с формовочным материалом окрашенную поверхность блока обсыпают кварцевым песком. Затем блок сушат при 20°С в течение 5—6 ч. Приготовленный блок заформовывается в опоке так, чтобы литниковая часть была доступна для подачи металла в форму. Полученную форму сушат при 20°С в течение 2—3 ч, после чего ставят в печь литником вниз и нагревают до 100—200°С. Восковой состав плавится и вытекает из формы. Остается в форме огнеупорная корка. Затем форму обжигают при 800—850°С для образования прочной и гладкой поверхности в полости формы. Плавку металла для заливки форм производят в высокочастотных печах, а заливку осуществляют под давлением или центробежным способом. При этом опока устанавливается на вращающемся столе центробежной машины. Металл подается в центральный литник и по литниковым каналам под действием центробежных сил заполняет формы. После охлаждения производят выбивку и очистку отливок. Данный способ применяется для изготовления деталей самолетов, лопаток газовых турбин газотурбинных двигателей, режущего и измерительного инструмента и т. д. Этим способом могут быть получены изделия из любых металлов и сплавов с температурой плавления до 1600°С, в том числе из сплавов, не поддающихся обработке давлением и резанием.

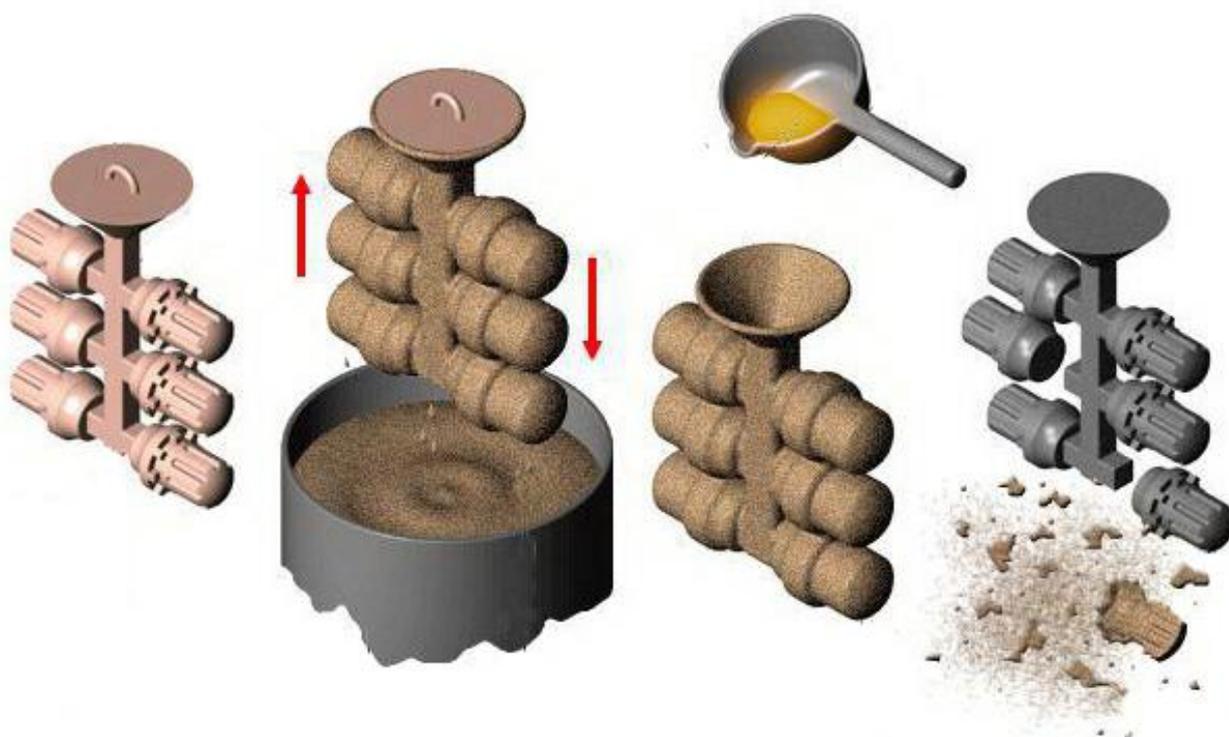


Рис. 1.7. Схема получения литья по выплавляемым моделям

Одним из направлений в развитии литья под давлением (этот способ называют точным литьем) является применение взамен легковыплавляемых моделей легкорастворимых и газифицируемых моделей.

Легкорастворимые модели делают из различных составов, например, на основе мочевины с добавлением полиэфирного спирта, легко растворяющихся в воде. Такие модели в некоторых случаях обеспечивают более высокое качество отливок, чем применение выплавляемых моделей.

Литье по газифицируемым моделям — новый прогрессивный, быстро развивающийся способ точного литья. Модели, изготовленные из вспененного полистирола, из формы не удаляют. Они газифицируются (разлагаются) во время заливки сплава. Такой способ значительно упрощает и удешевляет формовку, обеспечивает высокое качество литья. Экономическая эффективность этого способа особенно значительна в производстве крупных сложных отливок.

Литье в металлические формы (кокили) получило большое распространение. Этим способом получают более 40% всех отливок из алюминия, магниевых сплавов, чугуна, стали и из других сплавов. Сущность способа состоит в получении литых деталей путем свободной заливки жидкого металла в металлические формы. Конструкции кокилей разнообразны, они могут быть неразъемные и разъемные (рис. 1.8). Неразъемные кокили применяют для получения небольших отливок простой конфигурации, которые можно удалить без разъема формы.

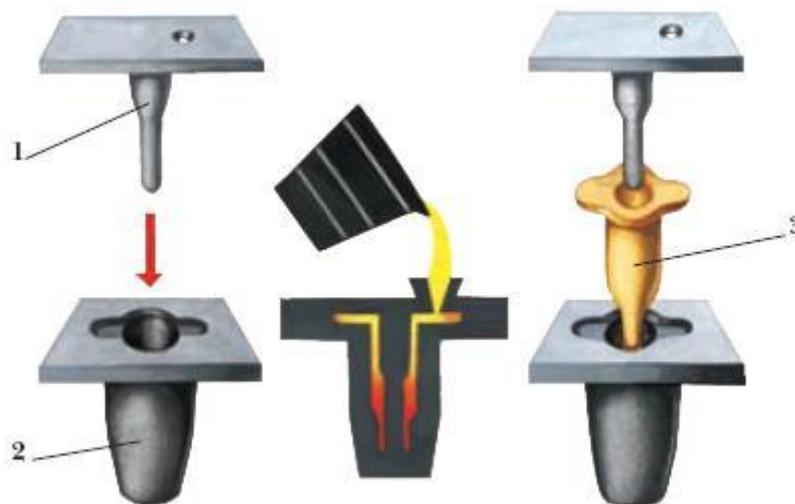


Рис. 1.8. Схема литья в кокиль
1 — стержень; 2 — кокиль; 3 — деталь

Более сложные и крупные отливки получают в разъемных кокилях. Они состоят из двух или нескольких частей, соединенных шарнирно. Полость в отливках получают с помощью стержней, изготовленных из стержневой смеси или металла. Для удаления воздуха и газов при заливке металла потлиниям разъема кокиля или в специальных пробках делают газоотводные каналы глубиной 0,2—0,5 мм. Материалом для изготовления кокилей служит чугун или сталь. Для повышения стойкости (долговечности) кокиля и предупреждения поверхностной закалки стали или отбеливания чугуна на внутреннюю поверхность кокиля наносят огнеупорные покрытия и краски.

Интенсивность теплообмена между отливкой и кокилем в несколько раз больше, чем при литье в разовые формы, что способствует получению мелкозернистой структуры. При заливке металла в кокиль происходит быстрое охлаждение его, что снижает жидкотекучесть сплава. Это затрудняет получение тонкостенных сложных отливок. Поэтому перед заливкой металла кокиль должен быть нагрет до 100—300°C (в зависимости от вида сплава, конфигурации отливки и т. д.).

Литье в металлические формы — один из прогрессивных способов изготовления отливок. Кокиль — форма многократного использования; в нем можно получать 300—500 стальных отливок массой 100—150 кг, около 5000 чугунных мелких отливок, несколько десятков тысяч обливок из алюминиевых сплавов. Механизация и автоматизация обеспечивают высокую производительность при значительном снижении трудоемкости и стоимости отливок. Вследствие быстрого затвердевания образуется мелкозернистая структура сплава, что повышает механические свойства сплава. Отливки получают с высокой точностью по размерам и чистой поверхностью, что уменьшает или совсем исключает их последующую механическую обработку. Недостатками являются высокая стоимость металлических форм, трудоемкость в изготовлении сложных по конфигурации и тонкостенных отливок, сравнительно невысокая стойкость формы при литье из тугоплавких сплавов.

Полунепрерывное литье — один из перспективных, высокопроизводительных способов. Данным способом можно получать изделия диаметром до 1000 мм и длиной до 10 м, что

невозможно получить при других способах. Полунеprерывное литье используют для получения чугунных труб, втулок, а также квадратных, шестигранных и других фасонных профилей из чугуна, бронзы, латуни и других сплавов. Трубы, полученные этим способом, имеют чистую внутреннюю и наружную поверхности. Структура сплава получается мелкозернистая. Для полунеprерывного литья труб применяют специальную установку (рис. 1.9). Жидкий чугун заливают в кольцевой зазор, образованный внутренней стенкой водоохлаждаемого кристаллизатора и водоохлаждаемым металлическим стержнем. Перед началом заливки этот кольцевой зазор плотно закрыт металлическим стержнем, установленным на подвижном столе. Чугун быстро затвердевает. Тогда уровень заливаемого металла будет на 20—25 мм ниже уровня кристаллизатора, стол начинают опускать, вытягивая трубу. Одновременно жидкий чугун из ковша заливают с заданной скоростью в кристаллизатор для поддержания в нем нужного уровня металла. Существует еще непрерывное литье, когда заготовка затвердевшего металла вытягивается из кристаллизатора горизонтально. В этом случае длина ее не ограничена. Специальной дисковой пилой заготовку разрезают на куски мерной длины.

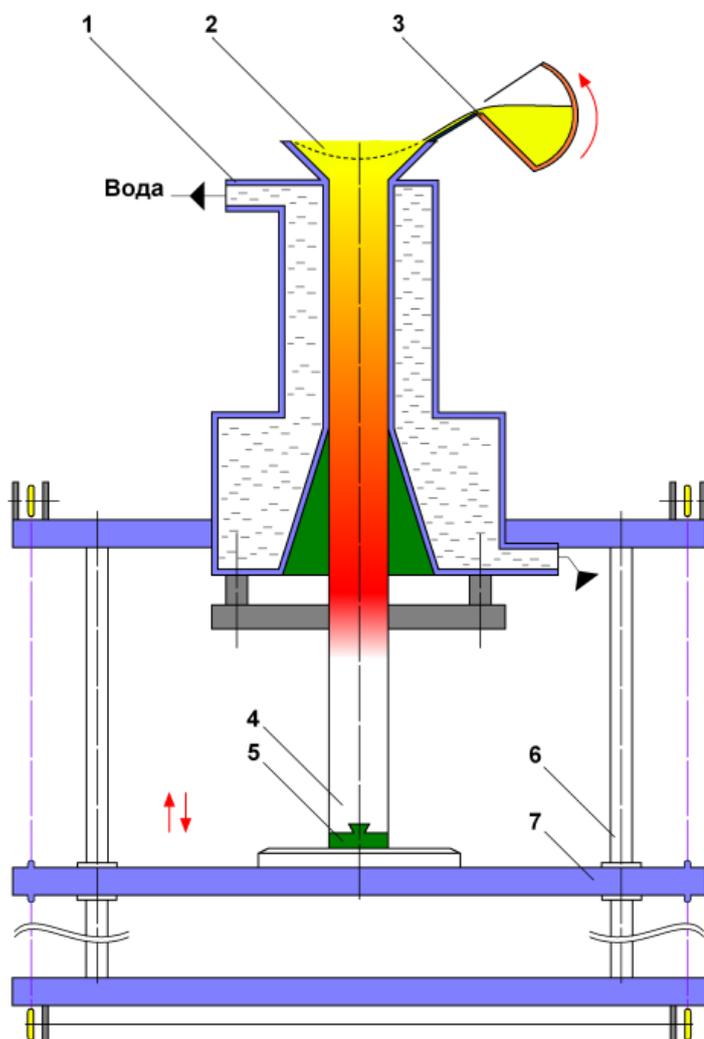


Рис. 1.9. Схема полунеprерывного литья

1 — кристаллизатор; 2 — жидкий металл; 3 — ковш-дозатор расплава; 4 — слиток; 5 — поддон; 6 — направляющая колонка; 7 — подвижный стол

Литье выжиманием (рис. 1.10) применяют для получения из алюминиевых и магниевых сплавов тонкостенных крупногабаритных отливок типа панелей размерами до 1000—2500 мм с толщиной стенки 2—5 мм. При повороте подвижной полуплатформы залитый жидкий металл заполняет полость формы. Его излишек сливают в приемный ковш. Литье выжиманием осуществляется на автоматических установках.

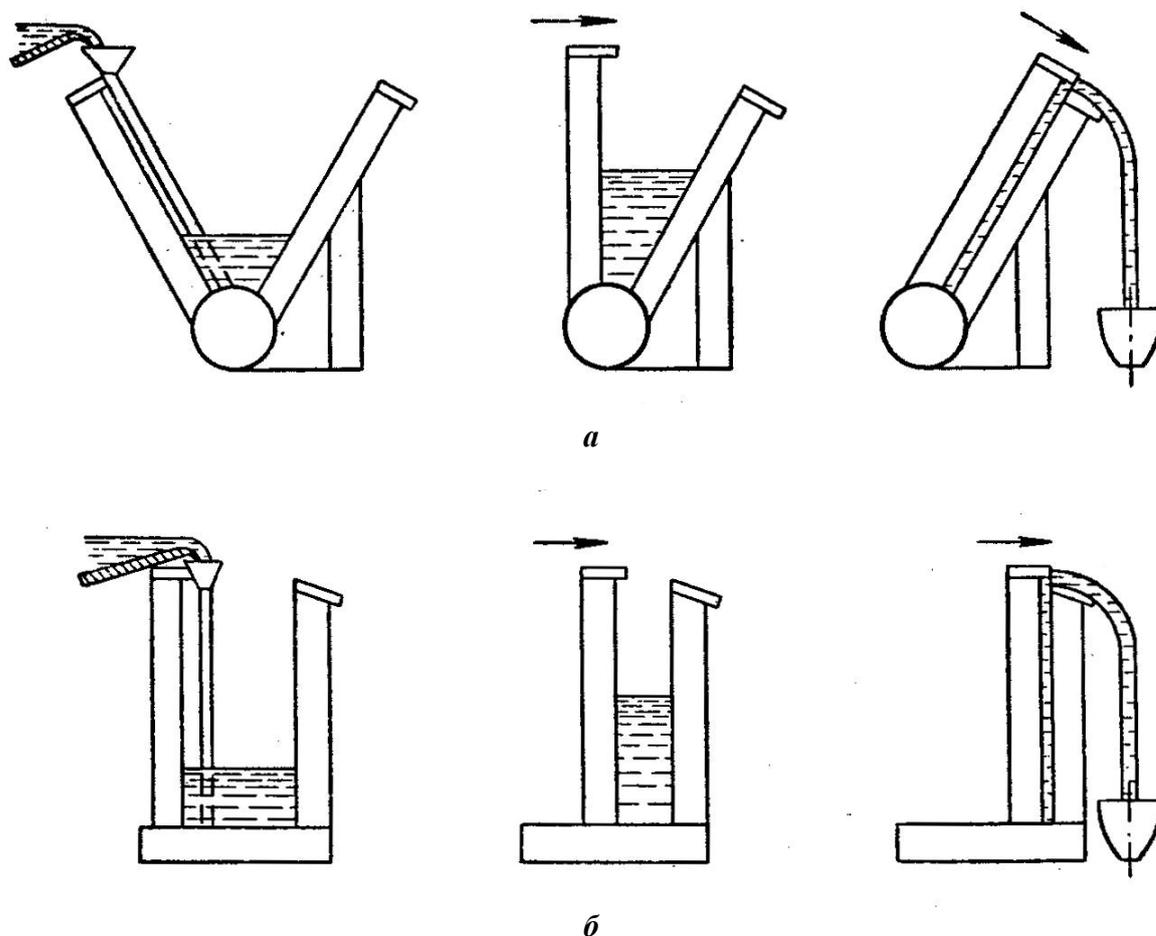


Рис. 1.10. Схема технологии литья выжиманием:
а — поворотом подвижной полуформы; *б* — плоскопараллельным перемещением полуформы

Литье вакуумным всасыванием состоит в том, что металл заполняет литейную форму (рис. 1.11) за счет разрежения, создаваемого в нем вакуум-насосом. После затвердевания носок формы — кристаллизатора извлекают из ванны с жидким металлом. В результате пуска атмосферного воздуха в полость формы отливка удаляется. Наиболее часто этот способ применяют для получения втулок, вкладышей подшипников скольжения из дорогих и дефицитных бронз и латуней. Преимуществами такого способа литья являются получение качественных бездефектных отливок и отсутствие расхода металла на литники и прибыли. Применяется данный способ для изготовления отливок простой формы.

Литье намораживанием имеет несколько разновидностей. Сущность его состоит в том, что образование изделия происходит в результате последовательного затвердевания металла — его «намораживания».

На поверхность жидкого металла помещают плиту-поплавок с отверстием, соответствующим сечением отливки. В мениске жидкого металла, выступающего из отверстия, вводят затравку. При ее подъеме из отверстия плиты-поплавка за счет сил поверхностного натяжения постепенно вытягивается жидкий металл, затвердевающий (намораживающийся) и образующий изделие. Скорость вытягивания изделия должна быть точно согласована со скоростью охлаждения и затвердевания металла.

Таким способом изготавливаются ленты шириной 100 мм и более, трубы с внутренними и наружными ребрами и другие изделия из алюминиевых и некоторых других сплавов.

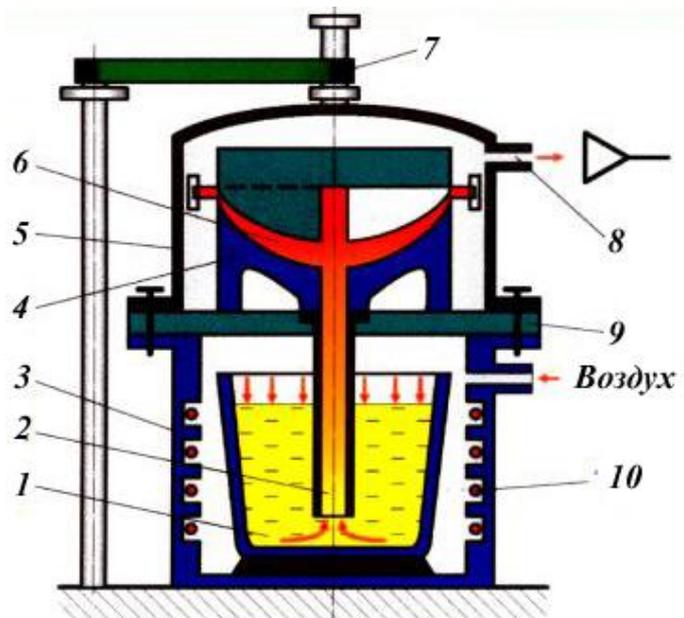


Рис. 1.11. Схема установки для литья вакуумным всасыванием

1 — тигель с расплавом металла; 2 — металлопровод; 3 — камера тигля; 4 — металлическая форма; 5 — камера формы; 6 — отливка; 7 — подъемное устройство; 8 — вакуум-провод, соединенный с ресивером; 9 — разделительная плита; 10 — нагреватели