**Литье в кокиль**

СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА. ОСНОВНЫЕ ОПЕРАЦИИ.

ОБЛАСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Кокиль - металлическая форма, которая заполняется расплавом под действием гравитационных сил. В отличие от разовой песчаной формы кокиль может быть использован многократно. Таким образом, сущность литья в кокили состоит в применении металлических материалов для изготовления многократно используемых литейных форм, металлические части которых составляют их основу и формируют конфигурацию и свойства отливки.

Кокиль рис. обычно состоит из двух полуформ 1, плиты 2, вставок 10. Полуформы взаимно центрируются штырями 8, и перед заливкой их соединяют замками 9. Размеры рабочей полости 13 кокиля больше размеров отливки на величину усадки сплава. Полости и отверстия в отливке могут быть выполнены металлическими 11 или песчаными 6 стержнями, извлекаемыми из отливки после ее затвердевания и охлаждения до заданной температуры. Расплав заливают в кокиль через литниковую систему 7, выполненную в его стенках, а питание массивных узлов отливки осуществляется из прибылей (питающих выпоров) 3. При заполнении кокиля расплавом воздух и газы удаляются из его рабочей полости через вентиляционные выпоры 4, пробки 5, каналы 12, образующие вентиляционную систему кокиля. Основные элементы кокиля - полуформы, плиты, вставки, стержни т. д.- обычно изготовляют из чугуна или стали. Выше рассмотрен кокиль простой конструкции, но в практике используют кокили различных, весьма сложных конструкций.

**Основные операции технологического процесса.** Перед заливкой расплава новый кокиль подготовляют к работе: поверхность рабочей полости и разъем тщательно очищают от следов загрязнений, ржавчины, масла; проверяют легкость перемещения подвижных частей, точность их центрирования, надежность крепления. Затем на поверхность рабочей полости и металлических стержней наносят слой огнеупорного покрытия облицовки и краски. Состав облицовок и красок зависит в основном от заливаемого сплава, а их толщина - от требуемой скорости охлаждения отливки: чем толще слой огнеупорного покрытия, тем медленнее охлаждается отливка. Вместе с тем слой огнеупорного покрытия предохраняет рабочую поверхность формы от резкого повышения ее температуры при заливке, расплавлении и схватывании с металлом отливки. Таким образом, облицовки и краски выполняют две функции: защищают поверхность кокиля от резкого нагрева и схватывания с отливкой и позволяют регулировать скорость охлаждения отливки, а значит, и процессы ее затвердевания, влияющие на свойства металла отливки. Перед нанесением огнеупорного покрытия кокиль нагревают газовыми горелками или электрическими нагревателями до температуры 423 - 453 К. Краски наносят на кокиль обычно в виде водной суспензии через пульверизатор. Капли водной суспензии, попадая на поверхность нагретого кокиля, испаряются, а огнеупорная составляющая ровным слоем покрывает поверхность.

После нанесения огнеупорного покрытия кокиль нагревают до рабочей температуры, зависящий в основном от состава заливаемого сплава, толщины стенки отливки, ее размеров, требуемых свойств. Обычно температура нагрева кокиля перед заливкой 473 - 623 К. Затем в кокиль устанавливают песчаные или керамические стержни если таковые необходимы для получения отливки; половины кокиля соединяют и скрепляют специальными зажимами, а при установке кокиля на кокильной машине с помощью ее механизма запирания, после чего заливают расплав в кокиль. Часто в процессе затвердевания и охлаждения отливки, после того как отливка приобретет достаточную прочность, металлические стержни <подрывают>, т.е. частично извлекают из отливки до ее извлечения из кокиля. Это делают для того, чтобы уменьшить обжатие усаживающейся отливкой металлического стержня и обеспечить его извлечение из отливки. После охлаждения отливки до заданной температуры кокиль раскрывают, окончательно извлекают металлический стержень и удаляют отливку из кокиля. Из отливки выбивают песчаный стержень, обрезают литники, прибыли, выпоры, контролируют качество отливки. Затем цикл повторяется.

Перед повторением цикла осматривают рабочую поверхность кокиля, плоскость разъема. Обычно огнеупорную краску наносят на рабочую поверхность кокиля 1 - 2 раза в смену, изредка восстанавливая ее в местах, где она отслоилась от рабочей поверхности. После этого при необходимости, что чаще бывает при литье тонкостенных отливок или сплавов с низкой жидкотекучестью, кокиль подогревают до рабочей температуры, так как за время извлечения отливки и окраски рабочей поверхности он охлаждается. Если же отливка достаточно массивная, то, наоборот, кокиль может нагреваться ее теплотой до температуры большей, чем требуемая рабочая, и перед следующей заливкой его охлаждают. Для этого в кокиле предусматривают специальные системы охлаждения.

Как видно, процесс литья в кокиль - малооперационный. Манипуляторные операции достаточно просты и кратковременны, а лимитирующей по продолжительности операцией является охлаждение отливки в форме до заданной температуры. Практически все операции могут быть выполнены механизмами машины или автоматической установки, что является существенным преимуществом способа, и, конечно, самое главное - исключается трудоемкий и материалоемкий процесс изготовления формы: **кокиль используется многократно.**

**Особенности формирования и качество отливок.** Кокиль - металлическая форма, обладающая по сравнению с песчаной значительно большей теплопроводностью, теплоемкостью, прочностью, практически нулевыми газопроницаемостью и газотворностью. Эти свойства материала кокиля обусловливают рассмотренные ниже особенности его взаимодействия с металлом отливки.

1. Высокая эффективность теплового взаимодействия между отливкой и формой: расплав и затвердевающая отливка охлаждаются в кокиле быстрее, чем в песчаной форме, т.е. при одинаковых гидростатическом напоре и температуре заливаемого расплава заполняемость кокиля обычно хуже, чем песчаной формы. Это осложняет получение в кокилях отливок из сплавов с пониженной жидкотекучестью и ограничивает минимальную толщину стенок и размеры отливок. Вместе с тем повышенная скорость охлаждения способствует получению плотных отливок с мелкозернистой структурой, что повышает прочность и пластичность металла отливок. Однако в отливках из чугуна, получаемых в кокилях, вследствие особенностей кристаллизации часто образуются карбиды, ферритографитная эвтектика, отрицательно влияющие на свойства чугуна: снижается ударная вязкость, износостойкость, резко возрастает твердость в отбеленном поверхностном слое, что затрудняет обработку резанием таких отливок и приводит к необходимости подвергать их термической обработке (отжигу) для устранения отбела.

2. Кокиль практически неподатлив у более интенсивно препятствует усадке отливки, что затрудняет извлечение ее из формы, может вызвать появление внутренних напряжений, коробление и трещины в отливке.

Однако размеры рабочей полости кокиля могут быть выполнены значительно точнее, чем песчаной формы. При литье в кокиль отсутствуют погрешности, вызываемые расталкиванием модели, упругими и остаточными деформациями песчаной формы, снижающими точность ее рабочей полости и соответственно отливки. Поэтому отливки в кокилях получаются более точными. Точность отливок в кокилях обычно соответствует 12 - 15-ам квалитетам по СТ СЭВ 145 - 75. При этом точность по 12-му квалитету возможна для размеров, расположенных в одной части формы. Точность размеров, расположенных в двух и более частях формы, а также оформляемых подвижными частями формы, ниже. Коэффициент точности отливок по массе достигает 0.71, что обеспечивает возможность уменьшения припусков на обработку резанием.

3. Физико-химическое взаимодействие металла отливки и кокиля минимально, что способствует повышению качества поверхности отливки. Отливки в кокиль не имеют пригара. Шероховатость поверхности отливок определяется составами облицовок и красок, наносимых на поверхность рабочей полости формы, и соответствует Rz=80-18 мкм, но может быть и меньше.

4. Кокиль практически газонепроницаем, но и газотворность его минимальна и определяется в основном составами огнеупорных покрытий, наносимых на поверхность рабочей полсти. Однако газовые раковины в кокильных отливках - явление не редкое. Причины их появления различны, но в любом случае расположение отливки в форме, способ подвода расплава и вентиляционная система должны обеспечивать удаление воздуха и газов из кокиля при заливке.

**Эффективность производства и область применения.** Эффективность производства отливок в кокилъ, как, впрочем, и других способов литья, зависит от того, насколько полно и правильно инженер-литейщик использует преимущества этого процесса, учитывает его особенности и недостатки и условиях конкретного производства. Ниже приведены **преимущества литья в кокиль** на основе производственного опыта.

1. Повышение производительности труда в результате исключения трудоемких операций смесеприготовления, формовки, очистки отливок от пригара. Поэтому использование литья в кокили, по данным различных предприятий, позволяет в 2 - 3 раза повысить производительность труда в литейном цехе, снизить капитальные затраты при строительстве новых цехов и реконструкции существующих за счет сокращения требуемых производственных площадей, расходов на оборудование, очистные сооружения, увеличить съем отливок с 1 м2 площади цеха.

2. Повышение качества отливки, обусловленное использованием металлической формы, повышение стабильности показателей качества: механических свойств, структуры, плотности, шероховатости, точности размеров отливок.

3. Устранение или уменьшение объема вредных для здоровья операций выбивки форм, очистки отливок от пригара, их обрубки, общее оздоровление и улучшение условий труда, меньшее загрязнение окружающей Среды.

4. Механизация и автоматизация процесса изготовления отливки, обусловленная многократностью использования кокиля. Для получения отливок заданного качества легче осуществить автоматическое регулирование технологических параметров процесса. Автоматизация процесса позволяет улучшить качество отливок, повысить эффективность производства, изменить характер труда литейщика-оператора, управляющего работой таких комплексов.

**Недостатки литья в кокиль:**

1. Высокая стоимость кокиля, сложность и трудоемкость его изготовления.

2. Ограниченная стойкость кокиля, измеряемая числом годных отливок, которые можно получить в данном кокиле. От стойкости кокиля зависит экономическая эффективность процесса.

3. Сложность получения отливок с поднутрениями, для выполнения которых необходимо усложнять конструкцию формы - делать дополнительные разъемы, использовать вставки, разъемные металлические или песчаные стержни.

4. неподатливый кокиль приводит к появлению в отливках напряжений, а иногда к трещинам.

Этот способ литья применяют как правило в серийных и массовых производствах.

**Эффективность литья в кокиль** обычно определяют в сравнении с литьем в песчаные формы. Экономический эффект достигается благодаря устранению формовочной смеси, повышению качества отливок, их точности, уменьшению припусков на обработку, снижению трудоемкости очистки и обдувки отливок, механизации и автоматизации основных операций и, как следствие, повышению производительности и улучшению условий труда.

Литье в кокиль следует отнести к трудо- и материалосберегающим, малооперационным и малоотходным технологическим процессам, улучшающим условия труда в литейных цехах и уменьшающим вредное воздействие на окружающую среду.

**Классификация конструкций кокилей.** В зависимости от расположения поверхности разъема кокили бывают: неразъемные, с вертикальной плоскостью разъема, с горизонтальной плоскостью разъема, со сложной поверхностью разъема.

*Неразъемные, или вытряхные, кокили* применяют, когда конструкция отливки позволяет удалить из плоскости кокиля без его разъема.

*Кокили с вертикальной плоскостью разъема* состоят из двух и более полуформ. Отливка может располагаться целиком в одной из половин кокиля, в двух половинах кокиля, одновременно в двух половинах кокиля и в нижней плите.

*Кокили с горизонтальным разъемом* применяют преимущественно для простых по конфигурации, а также крупногабаритных отливок.

*Кокили со сложной (комбинированной) поверхностью разъема* используют для изготовления отливок сложной конфигурации.

*В зависимости от способа охлаждения* различают кокили с воздушным, жидкостным и с комбинированным охлаждением. Воздушное охлаждение используют для малотеплонагруженных кокилей. Водяное охлаждение используют обычно для высокотеплонагруженных кокилей, а также для повышения скорости охлаждения отливки или ее отдельных частей.

**К основным конструктивным элементам** кокилей относят:

*Формообразующие элементы* - половины кокилей, нижние плиты, вставки, стержни, *конструктивные элементы* - выталкиватели, плиты выталкивателей, запирающие механизмы, системы нагрева и охлаждения кокиля и отдельных его частей, вентиляционную систему, центрирующие штыри и втулки.

*Корпус кокиля* или его половины выполняют коробчатыми, с ребрами жесткости. Толщина стенки кокиля зависит от состава заливаемого сплава и его температуры, размеров и толщины стенки отливки, материала, из которого изготовляется кокиль, конструкции кокиля. Толщина стенки кокиля должна быть достаточной, чтобы обеспечить заданный режим охлаждения отливки, достаточную жесткость кокиля и минимальное его коробление при нагреве теплотой залитого расплава, стойкость против растекания.

*Стержни в кокилях* могут быть песчаными и металлическими. Песчаные стержни для кокильных отливок должны обладать пониженной газотворностью и повышенной поверхностной прочностью. Первое требование обусловлено трудностями удаления газовиз кокиля; второе - взаимодействием знаковых частей стержней с кокилем, в результате чего отдельные песчинки могут попасть в полость кокиля и образовать засоры в отливке. Стержневые смеси и технологические процессы изготовления песчаных стержней могут быть различными.

Металлические стержни применяют, когда это позволяет конструкция отливки и технологические свойства сплава. Использование металлических стержней дает возможность повысить скорость затвердевания отливки, сократить продолжительность цикла ее изготовления. Однако при использовании металических стержней возрастают напряжения в отливках, возможно появление трещин.

*Вентиляционная система* обеспечивает направленное вытеснение воздуха из кокиля расплавом. Для выхода воздуха используют открытые выпоры, прибыли, зазоры по плоскости разъема и между подвижными частями кокиля и специальные вентиляционные каналы. В местных углублениях формы при заполнении их расплавом могут образовываться воздушные мешки. В этих местах в стенке кокиля устанавливают вентиляционные пробки. При выборе места установки вентиляционных пробок необходимо учитывать последовательность заполнения формы расплавом.

*Центрирующие элементы* - контрольные штыри и втулки - предназначены для точной фиксации половин кокиля при его сборке. Обычно их количество не превышает двух. Их располагают в диагонально расположенных углах кокиля.

*Запирающие механизмы* предназначены для предотвращения раскрытия кокиля и исключения прорыва расплава по его разъему при заполнении, а также для обеспечения точности отливок.

*Системы нагрева и охлаждения* предназначены для поддержания заданного температурного режима кокиля. Применяют электрический и газовый обогрев. Первый используется для общего нагрева кокиля, второй более удобен для общего и местного нагрева.

**Отливки из алюминиевых сплавов**

**Литейные свойства.** Литейные алюминиевые сплавы разделяются на пять групп. Наилучшими литейными свойствами обладают сплавы 1 группы - силумины. Они имеют хорошую жидкотекучесть, небольшую (0.9-1%) линейную усадку, стойки к образованию трещин, достаточно герметичны. Эти сплавы склонны к образованию грубой крупнозернистой эвтектики в структуре отливки и растворению газов.

Сплавы 2 группы - медистые силумины. Эти сплавы обладают достаточно хорошими литейными свойствами и более высокой прочностью, чем силумины, менее склонны к образованию газовой пористости в отливках.

Сплавы 3 - 5 групп имеют худшие литейные свойства - пониженную жидкотекучесть, повышенную усадку (до 1.3%), склонны к образованию трещин, рыхлот и пористости в отливках. Получение отливок из этих сплавов требует строгого соблюдения технологии режимов, обеспечения хорошего заполнения формы, питания отливок при затвердевании.

**Влияние кокиля на свойства отливок.** Интенсивное охлаждение расплава отливок в кокиле увеличивает скорость ее затвердевания, что благоприятно влияет на структуру - измельчается зерно твердого раствора, эвтектики и вторичных фаз. Структура силуминов, отлитых в кокиль, близка к структуре модифицированных сплавов; снижается опасность появления газовой и газоусадочной уменьшается вредное влияние железа и других примесей. Это позволяет допускать большое содержание железа в алюминиевых отливках, получаемых в кокилях, по сравнению с отливками в песчаные формы. Все это способствует повышению механических свойств отливок, их герметичности.

Кокили для литья алюминиевых сплавов применяют массивные, толстостенные. Такие кокили имеют высокую стойкость и большую тепловую инерцию: после нагрева до рабочей температуры они охлаждаются медленно.

Положение отливки в форме должно способствовать ее направленному затвердеванию: Тонкие части отливки располагают внизу, а массивные вверху, устанавливая на них прибыли и питающие выпоры.

**Литниковая система** обеспечивает спокойное, плавное поступление расплава в полость формы, надежное улавливание окисных пленок, шлаковых включений и предотвратить их образование в каналах литниковой системы и полости кокиля, способствовать направленному затвердеванию и питанию массивных узлов отливки.

Используют литноковые системы с поводом расплава сверху, снизу, сбоку, комбинированные и ярусные.

Для получения качественных отливок скорость движения расплава должна убывать от сечения стояка к питателю. Поэтому для отливок из алюминиевых сплавов применяют расширяющиеся литниковые системы с соотношением:

fс : fк : fп = 1 : 2 : 3 или 1 : 2 : 4, где fс : fк : fп - площади поперечного сечения стояка, коллектора, питателя.

Для крупных (50 - 70 кг) и высоких (750 мм) отливок fс : fк : fп = 1 : 3 : 4 или 1 : 3 : 5.

**Технологические режимы литья** назначают в зависимости от свойств сплава, конфигурации отливки и предъявляемых к ней требований. Для регулирования скорости отвода теплоты от различных частей отливки толщину и свойства огнеупорных покрытий в различных частях кокиля часто делают различными. Для окраски в этих случаях используют трафареты. Поверхности каналов литниковой системы покрывают более толстым слоем красок с пониженной теплопроводностью, а поверхности прибыльных частей иногда оклеивают тонколистовым асбестом. Продолжительность выдержки отливки в кокиле назначают с учетом ее размеров и массы. Обычно отливки охлаждают в форме до температуры 650 К. Продолжительность охлаждения отливки до температуры выбивки определяют расчетом по специальным формулам и окончательно корректируют при доводке технологического процесса.

Литье в кокиль является одним из наиболее широко применяемых видов литья в настоящее время. Из-за автоматизации технологического процесса, литье в кокиль становится наиболее экономически выгодным при изготовлении больших партий отливок или начале серийного производство конкретной детали.

