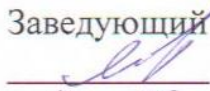
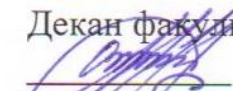


Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»
Машиностроительный факультет
Кафедра «Машиностроение и эксплуатация автомобилей»

СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой

С. В. Монтик
« 13 » 05 2025 г.

СОГЛАСОВАНО
Декан факультета

С. Р. Онысько
« 13 » 05 2025 г.

**ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

«ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ЗАГОТОВОК»

(название дисциплины)

для специальности
6-05-0714-02 Технология машиностроения, металлорежущие станки
и инструменты
Профилизация: Технология машиностроения

Составители: Сокол Виктор Александрович, старший преподаватель

Парфиевич Андрей Николаевич, доцент, канд. техн. наук, доцент

Рассмотрено и утверждено на заседании Научно-методического совета
университета 26.06.2025 г., протокол № 4.

Реш. УМК 24125-131

Пояснительная записка

Актуальность изучения дисциплины

Необходимость экономии материальных ресурсов предъявляет высокие требования к рациональному выбору заготовок, к уровню их технологичности, в значительной степени определяющей затраты на технологическую подготовку производства, себестоимость, надёжность и долговечность изделий. Правильно выбрать способ получения заготовки – значит определить рациональный технологический процесс её получения с учётом материала детали, требований к точности её изготовления, технических условий, эксплуатационных характеристик и серийности выпуска.

В связи с этим, актуальность дисциплины «Проектирование и производство заготовок» определяется тем, что в ней рассматриваются производственные процессы получения заготовок для деталей машиностроения, методики проектирования заготовок, получаемых различными технологическими методами. Владение данными и навыками их использования является неотъемлемой частью компетенций инженера по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты», профилизация «Технология машиностроения».

Цели дисциплины

- изучение производственных процессов получения заготовок для деталей машиностроения;
- изучение технической и справочной литературы, методик проектирования заготовок, получаемых различными технологическими методами, а также практического проектирования заготовок для заданных деталей.

Задачи дисциплины

- формирование навыков по принципам выбора заготовок деталей машин для заданных условий эксплуатации и производства деталей;
- усвоение знаний о возможностях различных методов получения заготовок;
- знакомство с современными процессами производства заготовок для деталей машиностроения;
- выработка умений по выполнению обоснованного выбора заготовки для заданных условий её эксплуатации и производства, а также разработке и оформлению чертежа заготовки для различных методов её получения;
- освоение расчётов припусков и допусков для поверхностей заготовки.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) объединяет структурные элементы учебно-методического обеспечения образовательного процесса, и представляет собой сборник материалов теоретического и

практического характера для организации работы студентов специальности 6-05-0714-02 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты», профилизация «Технология машиностроения» дневной и заочной формы обучения по изучению дисциплины «Проектирование и производство заготовок».

ЭУМК разработан на основании Положения об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования, утвержденного Постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 8 ноября 2022 г., № 427, и предназначен для реализации требований учебной программы по учебной дисциплине «Проектирование и производство заготовок» для специальности 6-05-0714-02 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты», профилизация «Технология машиностроения».

Цели УМК:

- обеспечение качественного методического сопровождения процесса обучения;
- организация эффективной самостоятельной работы студентов.

Содержание и объем ЭУМК полностью соответствуют образовательному стандарту высшего образования специальности ОСВО 6-05-0714-02-2023 Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты, а также учебной программе дисциплины компонента учреждения высшего образования «Проектирование и производство заготовок». Материал представлен на требуемом методическом уровне и адаптирован к современным образовательным технологиям.

Структура электронного учебно-методического комплекса по дисциплине «Проектирование и производство заготовок»:

Теоретический раздел ЭУМК содержит материалы для теоретического изучения учебной дисциплины и представлен конспектом лекций.

Практический раздел УМК содержит материалы для проведения лабораторных учебных занятий в виде методических указаний для выполнения лабораторных работ.

Раздел контроля знаний ЭУМК содержит материалы для итоговой аттестации (вопросы к зачёту), позволяющие определить соответствие результатов учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования и учебно-программной документации образовательных программ высшего образования.

Вспомогательный раздел включает учебную программу учреждения высшего образования по дисциплине «Проектирование и производство заготовок».

Рекомендации по организации работы с ЭУМК:

- лекции проводятся с использованием представленных в ЭУМК теоретических материалов; при подготовке к зачёту, студенты могут использовать конспект лекций;

- зачёт проводится в письменном виде, вопросы к зачёту приведены в разделе контроля знаний.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

**Конспект лекций по дисциплине
«Проектирование и производство заготовок»**

Тема 1: Цели, задачи и содержание дисциплины «Проектирование и производство заготовок»

1. Значение дисциплины «Проектирование и производство заготовок» и её место в учебном плане подготовки инженеров по специальности. Предмет, цели и задачи курса.

Необходимость экономии материальных ресурсов предъявляет высокие требования к рациональному выбору заготовок, к уровню их технологичности, в значительной степени определяющей затраты на технологическую подготовку производства, себестоимость, надёжность и долговечность изделий. Правильно выбрать способ получения заготовки – значит определить рациональный технологический процесс её получения с учётом материала детали, требований к точности её изготовления, технических условий, эксплуатационных характеристик и серийности выпуска.

В связи с этим, актуальность дисциплины «Проектирование и производство заготовок» определяется тем, что в ней рассматриваются производственные процессы получения заготовок для деталей машиностроения, методики проектирования заготовок, получаемых различными технологическими методами. Владение данными и навыками их использования является неотъемлемой частью компетенций инженера по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты», профилизация «Технология машиностроения».

Цели дисциплины:

- изучение производственных процессов получения заготовок для деталей машиностроения;
- изучение технической и справочной литературы, методик проектирования заготовок, получаемых различными технологическими методами, а также практического проектирования заготовок для заданных деталей.

Задачи дисциплины

- формирование навыков по принципам выбора заготовок деталей машин для заданных условий эксплуатации и производства деталей;
- усвоение знаний о возможностях различных методов получения заготовок;
- знакомство с современными процессами производства заготовок для деталей машиностроения;
- выработка умений по выполнению обоснованного выбора заготовки для заданных условий её эксплуатации и производства, а также разработке и оформлению чертежа заготовки для различных методов её получения;
- освоение расчётов припусков и допусков для поверхностей заготовки.

2. Развитие и современное состояние технологии формообразования заготовок изделий.

Необходимость экономии материальных ресурсов предъявляет высокие требования к рациональному выбору заготовок, к уровню их технологичности, в значительной степени определяющей затраты на технологическую подготовку

производства, себестоимость, надежность и долговечность изделий. Правильно выбрать способ получения заготовок – значит определить рациональный технологический процесс ее получения с учетом материала детали, требований к точности ее изготовления, технических условий, эксплуатационных характеристик и серийности выпуска.

Ведущая отрасль современной промышленности – машиностроение – располагает большим количеством способов получения заготовок. Это многообразие, с одной стороны, дает возможность существенно повысить эксплуатационные характеристики машин и механизмов, а в некоторых случаях и улучшение свойств исходного материала, с другой – создает большие трудности при выборе рационального способа получения заготовки. Для принятия правильного решения необходим комплексный анализ технико-экономической эффективности рассматриваемых вариантов. Но во всех случаях способ должен способствовать повышению эффективности труда, снижению материалоемкости, улучшению качества изделий. Вопросы проектирования и изготовления заготовок играют решающую роль в малоотходной технологии изготовления изделий на современном этапе научно-технического прогресса как с точки зрения экономии материальных ресурсов, так и повышения качества изделий, соответствующего мировым стандартам.

В современном машиностроении наиболее распространены следующие способы получения заготовок:

1) отрезка: мерных заготовок из сортового проката; мерных заготовок из периодического проката (с переменным профилем поперечного сечения); мерных заготовок из гнутых профилей и специального проката; вырезка из листового проката.

2) способы ОМД – получение кованых, штампованных (на молотах, прессах) поковок, высаживаемых на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ), получаемых холодной высадкой.

3) получение отливок различными способами литья (в песчано-глинистых формах, под давлением, в кокиль, центробежным, по выплавляемым моделям, непрерывным, электрошлаковым литьём).

4) способы сварки, позволяющие получать неразъёмные сборочные единицы из мерных заготовок, отливок, поковок.

5) порошковая металлургия – получение металлокерамических заготовок и деталей путём спекания порошковых материалов.

6) изготовление заготовок и деталей из композиционных и синтетических материалов (пластмасс) выдавливанием, литьём.

7) комбинированные методы: штамповка из листового материала с последующей сваркой; резка листового материала с последующей сваркой; заливка штампованных или механически обработанных заготовок при изготовлении комбинированных отливок; ковка промежуточных заготовок с последующей сваркой; штамповка с последующей высадкой; ковка с включением операций механической обработки.

Тема 2: Производство заготовок литьём в песчано-глинистые формы

1. Основные операции техпроцесса получения заготовок литьём в песчано-глинистые формы. Его достоинства, недостатки, области применения.

В общем производстве литых заготовок значительный объем занимает литьё в песчано-глинистые формы, что объясняется его технологической универсальностью. Этот способ литья экономически целесообразен при любом характере производства, для деталей любых массы, конфигурации, габаритов, для получения отливок практически из всех литейных сплавов. Изменяя способ формовки, используя различные материалы моделей и составы формовочных смесей, можем получить отливки с достаточно точными размерами, чистой поверхностью, не требующие последующей механической обработки по отдельным поверхностям. Большое влияние на качество отливок оказывают также характер и культура производства. С увеличением серийности производства целесообразным является использование более точных, но дорогих моделей и формовочных смесей, применение машинной формовки. Этим достигаются уменьшение массы заготовки, повышение коэффициента весовой точности, снижение последующей механической обработки. В общем случае литьём в песчано-глинистые формы можно получать отливки с шероховатостью поверхности $R_z = 320-40$ мкм и с точностью, соответствующей 14-17-му квалитетам и грубее. Однако, если форма изготовлена из обычной песчано-глинистой смеси, то шероховатость поверхности отливки превышает $R_z = 320-160$ мкм, если используется песчано-масляная смесь - $R_z = 320-80$ мкм, при использовании хромо-магнетитовых смесей шероховатость поверхности может быть $R_z = 80-20$ мкм.

Припуски на механическую обработку задают в зависимости от способа формовки, класса точности, габаритных размеров и материала отливки, а также от положения обрабатываемой поверхности в форме в момент заливки, причем припуски на обработку должны быть минимально возможными. Увеличенные припуски могут привести к появлению разнотолщинности стенок отливки, к снижению качества металла из-за появления литейных дефектов. Кроме того, небольшие припуски дают возможность сохранить при механической обработке наиболее качественный слой металла – литейную корку.

Процесс проектирования технологии изготовления отливок включает в себя несколько этапов:

1) на чертеж детали наносят контуры модели и соответствующие литейные указания;

2) разрабатывают технологическую карту, в которую записывают последовательность выполнения операций и способ изготовления отливки, приводят перечень указаний по изготовлению модельного комплекта, стержневых ящиков, изготовлению формы и стержней, заливке металла, выбивке отливки из формы, очистке, термообработке и контролю;

3) выполняют чертеж (или эскиз) собранной формы со всеми необходимыми сечениями и размерами.

Процесс изготовления отливок состоит из этапов: изготовление моделей и стержневых ящиков; приготовление формовочных и стержневых смесей; изготовление форм и стержней; сборка и заливка форм; выбивка отливок из форм; очистка и обрубка отливок; термообработка.

2. Элементы песчано-глинистой литейной формы, их назначение и разновидности.

При изготовлении отливок роль основного инструмента выполняет литейная форма.

Литейная форма – это система элементов, образующих рабочую полость, при заливке которой расплавленным металлом формируется отливка. На рисунке 2.1, а показана литейная форма для тройника (рисунок 2.1, б). Форма обычно состоит из нижней 2 и верхней 6 полуформ, которые изготавливают по литейным моделям 7 (рисунок 2.1, г) в литейных опоках 3, 5.

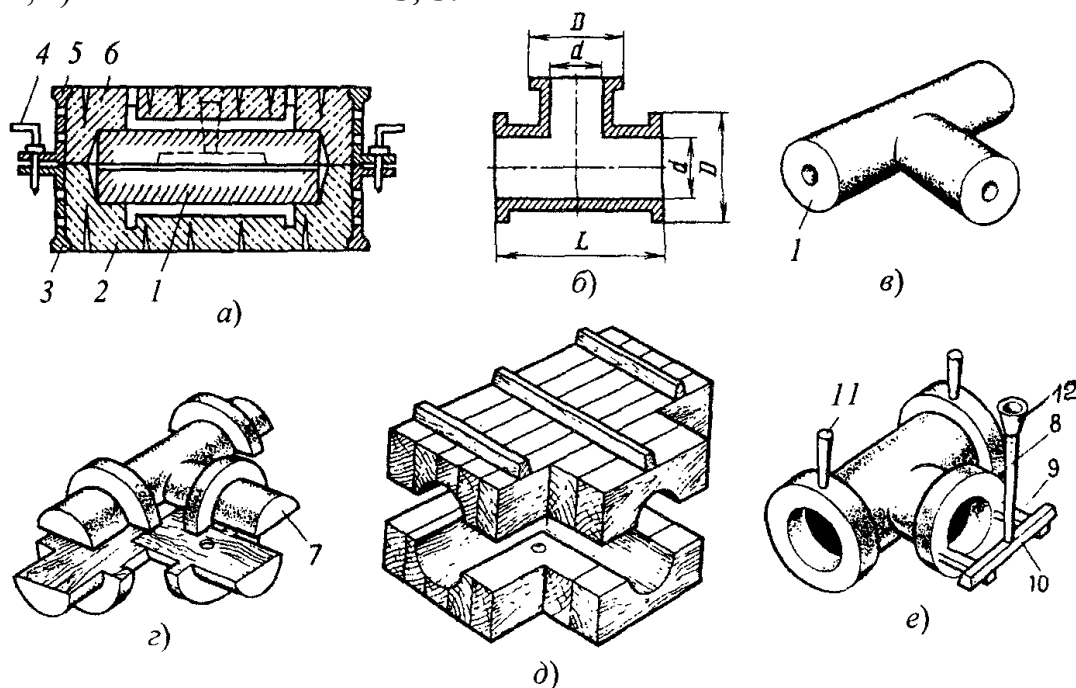


Рисунок 2.1 – Литейная форма и её элементы: а – литейная форма; б – тройник; в – литейный стержень; г – литейная модель; д – стержневой ящик; е – отливка с литниковой системой

Литейная опока - приспособление для удержания формовочной смеси при изготовлении формы. Верхнюю и нижнюю полуформы взаимно ориентируют с помощью цилиндрических металлических штырей 4, вставляемых в отверстия приливов у опок. Для образования полостей, отверстий или иных сложных контуров в формы устанавливают литейные стержни 1 (рисунок 2.1, в), которые фиксируют с помощью выступов (стержневых знаков), входящих в соответствующие впадины в форме. Литейные стержни изготавливают по стержневым ящикам (рисунок 2.1, д). Для подвода расплавленного металла в полость литейной формы, ее заполнения и питания отливки при затвердевании используют литниковую систему 8 - 12. После заливки

расплавленного металла, его затвердевания и охлаждения форму разрушают, извлекая отливку (рисунок 2.1, е)

По виду материалов, используемых для изготовления литейных форм, их разделяют на две группы: формы из неметаллических материалов и металлические формы.

К первой группе относят песчаные формы (сырые, сухие, подсушенные, химически твердеющие и т.д.); песчаные формы, изготовленные без связующего по пенополистироловым моделям или пленочно-вакуумной формовкой; формы, изготовленные по разовым моделям, и др. Эти формы, как правило, используют для изготовления отливок один раз и разрушают при извлечении отливок.

Вторая группа литейных форм представляет собой формы многократного использования. К этой группе относят кокили – металлические формы, пресс-формы для литья под давлением, кристаллизаторы для непрерывного литья, изложницы для центробежного литья и др.

Многообразие современных литейных форм дает возможность изготавливать различные по массе, конфигурации, точности и свойствам металла отливки из любых сплавов.

3. Элементы комплекта технологической оснастки для литья в песчано-глинистые формы.

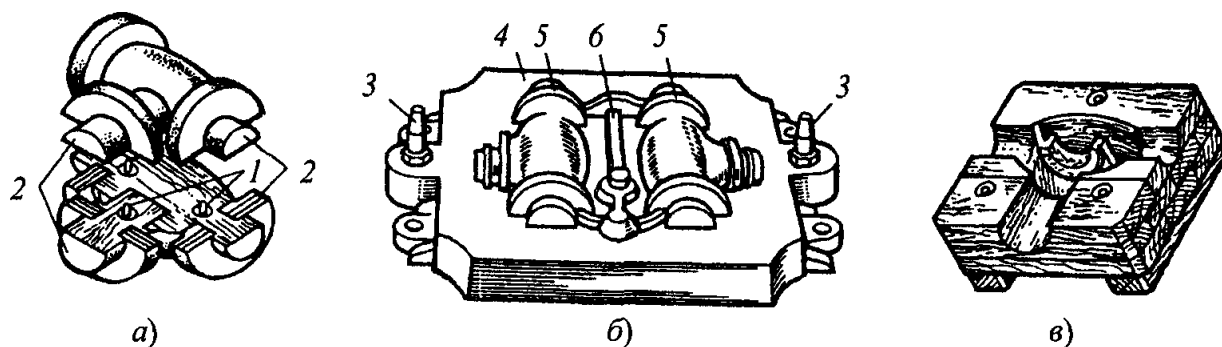


Рисунок 2.2 – Литейная модель (а), модельная плита (б) и стержневой ящик (в) для корпуса вентиля: 1 – центрирующие шипы; 2 – стержневые знаки; 3 – центрирующие штыри; 4 – металлическая плита; 5 – модели отливок; 6 – модели элементов литниковой системы

Модельный комплект – это совокупность технологической оснастки и приспособлений, необходимых для образования в форме полости, соответствующей контурам отливки. В модельный комплект включают модели, модельные плиты, стержневые ящики и другие приспособления.

Литейная модель (рисунок 2.2, а) – приспособление, с помощью которого в литейной форме получают полость с формой и размерами, близкими к конфигурации получаемой отливки. Модели бывают неразъемные, с отъемными частями и др.

Модельная плита (рисунок 2.2, б) – металлическая плита с закрепленными на ней моделями и элементами литниковой системы. Ее применяют, как правило, при машинной формовке.

Стержневой ящик (рисунок 2.2, в) – приспособление, служащее для изготовления стержней. Стержневые ящики бывают цельные, разъемные, вытряхные и др.

4. Компоненты смесей для изготовления литейных форм, их свойства. Приготовление смесей.

Формовочные материалы – это совокупность природных и искусственных материалов, используемых для приготовления формовочных и стержневых смесей. В качестве исходных материалов используют формовочные кварцевые пески и литейные формовочные глины. Глины обладают связующей способностью и термической устойчивостью, что позволяет получать отливки без пригара. Если глина не обеспечивает необходимых свойств смесей, применяют различные связующие материалы. Кроме того, используют противопопригарные добавки (каменноугольную пыль, графит), защитные присадочные материалы (борную кислоту, серный порошок) и др.

Формовочная смесь – это многокомпонентная смесь формовочных материалов, соответствующая условиям технологического процесса изготовления литейных форм.

Формовочные смеси должны иметь высокую огнеупорность, достаточные прочность и газопроницаемость, пластичность, податливость и т.д.

Огнеупорность – способность смеси и формы сопротивляться размягчению или расплавлению под воздействием температуры расплавленного металла. Чем крупнее песок, тем меньше в нем примесей и пыли, и чем больше кремнезема, тем огнеупорнее смесь. При низкой огнеупорности на поверхности отливки образуется пригар – прочное соединение формовочной или стержневой смеси с поверхностью отливки.

Прочность – способность материала формы не разрушаться при извлечении модели из формы, при транспортировании и заливке форм. Прочность формовочной смеси увеличивается с увеличением содержания глины, с уменьшением размеров зерен песка, плотности.

Газопроницаемость – способность смеси пропускать через себя газы. Газопроницаемость тем выше, чем больше песка в формовочной смеси и чем он крупнее, а также чем меньше содержание глины в формовочной смеси.

Пластичность – способность деформироваться без разрушения и точно воспроизводить отпечаток модели. Пластичность смеси увеличивается с повышением в ней до определенного предела связующих материалов и воды, а также песка с мелкими зернами.

Податливость – способность формы или стержня сжиматься при усадке отливки.

Формовочные смеси по характеру использования разделяют на облицовочные, наполнительные и единые.

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.

Наполнительная смесь – это формовочная смесь для заполнения формы после нанесения на модель облицовочной смеси. Поэтому ее готовят путем переработки оборотной смеси с малым количеством исходных формовочных материалов (песка и глины). Облицовочные и наполнительные формовочные смеси используют для изготовления крупных и сложных отливок.

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

По роду заливаемого материала различают формовочные смеси для стального, чугунного и цветного литья.

Формовочные смеси, используемые при производстве стальных отливок, должны обладать высокой прочностью и термомеханической устойчивостью, так как температура заливки стали значительно выше температур заливки чугуна и цветных сплавов. Поэтому формовочные смеси для мелких и средних по массе стальных отливок готовят из кварцевых песков с малым содержанием глины, а в качестве связующего используют огнеупорную глину (бентонит). Формы для крупных отливок из углеродистых и высоколегированных сталей с толщиной стенки не менее 70 мм изготавливают с применением облицовочных смесей, приготовленных на основе цирконового концентрата, хромомagneзита или хромита.

Формы для чугунных отливок изготавливают из формовочной смеси, приготовляемой из глинистых песков. Для мелких отливок при машинной формовке применяют единые формовочные смеси, по составу и свойствам близкие к облицовочным смесям. В качестве противопригарной добавки в смесь вводят каменноугольный порошок. Крупные формы для чугунных отливок изготавливают из облицовочной и наполнительной смесей. Для повышения огнеупорности в облицовочные смеси вводят магнезит, хромистый железняк. В качестве наполнительной смеси используют отработанную смесь.

Формовочные смеси для отливок из цветных сплавов в первую очередь должны обеспечивать малую шероховатость поверхности отливок. Огнеупорность смесей имеет второстепенное значение из-за низких температур заливки форм.

В смесь для форм из медных сплавов в качестве противопригарного средства добавляют мазут.

Смеси для форм из алюминиевых сплавов должны обладать высокой податливостью из-за их низкой прочности при повышенных температурах.

В смеси, используемые при изготовлении форм для магниевых отливок, обладающих высокой химической активностью, добавляют 4...10 % смеси кислого фтористого аммония ($\text{NH}_4\text{F} \cdot \text{HF}$) и борной кислоты, серу и др.

Приготавливают формовочные смеси перемешиванием компонентов смеси в течение 5...12 мин с последующим их выстаиванием в бункерах. В современных литейных цехах приготовление формовочных смесей осуществляется на автоматизированных установках. Все операции приготовления смесей - просушка, дробление и просеивание формовочных материалов, отделение металлических включений, подача в смесители компонентов смеси, перемешивание их, разрыхление и подача готовой смеси к формовочным машинам - осуществляются автоматически.

5. Разновидности связующих и дополнительных компонентов песчано-глинистых формовочных смесей, их свойства и области применения.

Связующие вводят в формовочные и стержневые смеси для связывания песчинок и придания прочности в сыром или сухом состоянии формовочным и стержневым смесям.

К связующим предъявляют следующие требования. Они должны:

1. Равномерно распределяться по поверхности формовочных песков при приготовлении формовочных и стержневых смесей.

2. Не прилипать к модели и стержневому ящику во время изготовления стержней и форм.

3. Обеспечивать достаточную прочность в сыром и сухом состоянии.

4. Сообщать смеси пластичность для получения хорошего отпечатка модели в форме.

5. Способствовать быстрому высыханию стержня и формы и не поглощать влагу при сборке форм и хранении стержней на складе.

6. Не выделять много газов при сушке и заливке металла в форму, обеспечивать податливость формы и стержня.

7. Не снижать огнеупорности формовочного материала и не увеличивать пригара на отливках.

8. Способствовать легкому удалению стержня из отливки.

9. Быть безвредными и для работающих, и для окружающих людей (т. е. не разъедать рук и не выделять вредных газов), быть дешевыми и не дефицитными.

В основе **классификации** связующих лежат два признака: а) природа материала (органические и неорганические, водные и неводные); б) характер затвердевания (необратимый, промежуточный, обратимый). Водные и неводные связующие не смешивают между собой, так как это почти всегда понижает прочность смеси во влажном и в сухом состоянии, особенно, если в качестве водного связующего используют формовочную глину.

Необратимо затвердевающие связующие при затвердевании претерпевают сложные химические превращения (в основе затвердевания лежат процессы полимеризации вещества). Обратимо затвердевающие связующие восстанавливают свойства после охлаждения (битумы, пеки, канифоль) или при действии растворителя (декстрин, пектиновый клей).

Органические химически твердеющие связующие. В эту группу входят органические неводные (А-1 и А-2) и водные (Б-1) связующие. Химически твердеющие связующие сообщают смеси низкую прочность, хорошую пластичность во влажном состоянии и высокую прочность в сухом. Из смесей на основе этих связующих получают тонкостенные сложные стержни, которые сушат на плитах. Для повышения прочности во влажном состоянии в смесь добавляют глину, декстрин и другие связующие.

Химически твердеющие связующие разделяют на две группы: масла и синтетические смолы.

Масла для затвердевания требуют окисления, а синтетические смолы - только нагрева. Масла могут быть растительные, из нефтепродуктов и из сланцев. К растительным маслам относятся льняное масло и олифа. Олифа представляет собой

растительное масло с добавкой катализатора, ускоряющего процесс сушки. К маслам на основе нефтепродуктов относится петролатум, растворенный в уайт-спирите в отношении 1/1, выпускаемый под названием связующее П. Недостатками этого связующего являются сравнительно высокая прилипаемость, низкая поверхностная прочность и большая продолжительность сушки. С целью устранения этих недостатков на основе петролатума были разработаны другие связующие (ПТ, ПС) с улучшенными свойствами.

К группе органических химически твердеющих связующих относятся комбинированные связующие, изготавливаемые смешиванием нескольких связующих, что уменьшает расход дефицитных масляных связующих. К таким связующим относят 4ГУ раствор растительного масла и канифоли в уайт-спирите; 4ГВ раствор растительного масла и битума в уайт-спирите и др.

Связующие группы А-1, А-2 такие, как олифа, П, ПТ, 4ГУ, вводят в стержневые смеси в количестве 1,5-2%. Температура сушки этих смесей 200-220° С.

Синтетические смолы вводят в состав смесей для тонкостенных оболочковых форм, а также быстросохнущих смесей. Эти смолы могут быть терморезактивными и термопластичными. Особенность терморезактивных смол в том, что при нагреве они сначала размягчаются, а затем вследствие химических процессов затвердевают. Преимущество этих смол - процесс твердения происходит с большой скоростью и с образованием прочной и эластичной пленки, что резко ускоряет процесс изготовления стержней и форм.

Наиболее широко в литейном производстве применяют пуль-вербакелитовую - феноло-формальдегидную смолу – высокомолекулярное (полимерное) соединение. Прочность смесей в сухом состоянии достигает 60–80 кгс/см² при содержании 4-6% пуль-вербакелита.

Карбамидные смолы – продукты конденсации мочевины с формальдегидом - хорошо растворяются в воде и применяются для приготовления быстросохнущих и самовысыхающих связующих МФ-17, М, МСБ. Смеси с этими связующими имеют низкую прочность во влажном состоянии, добавка в смесь глины и сульфитно-спиртовой барды повышает прочность смеси. После сушки стержни на основе карбамидных смол негигроскопичны и легко выбиваются.

Карбамидные смолы в количестве 2,5-3% вводят в стержневые смеси, предназначенные для алюминиевого и магниевых литых стержней. Температура сушки стержней 120-180° С.

Органические высыхающие связующие относятся к классам Б-2 и Б-3. Эти связующие являются водорастворимыми, они хорошо смешиваются с глиной и поэтому, как правило, используются вместе. Формовочная глина придает стержневой смеси необходимую прочность во влажном состоянии, а связующее — после сушки стержня.

Барда сульфитного щелока – побочный продукт переработки древесины. В литейном производстве используют выпаренную сульфитную барду плотностью 1,25-1,3 г/см³. Она содержит около 50% сухого остатка и называется литейным концентратом барды жидкой (ЛКБЖ). Сульфитная барда, выпаренная до плотности 1,4 г/см³ и содержащая 76% сухого вещества, называется литейным концентратом барды твердой (ЛКБТ). Концентрат барды твердой с содержанием не

менее 87% сухого остатка выпускают в виде порошка марки КБП. Жидкую барду используют без подготовки, твердую барду перед использованием растворяют.

Декстрин – продукт обработки крахмала слабой кислотой при небольшом нагреве, используют в комбинации с другими связующими, а также при приготовлении клея для стержней.

Паток – жидкие отходы свеклосахарного производства. Стержни, полученные из смесей на основе патоки, обладают хорошей податливостью. Патоку используют также для опрыскивания поверхности стержней с целью придания им поверхностной прочности.

Органические затвердевающие связующие относятся к группе А-3. В твердом состоянии хрупки, поэтому самостоятельно их не используют. Эти связующие применяют в комбинации с глиной и сульфитной бардой.

Канифоль – продукт переработки смол хвойных деревьев, входит в состав связующих 4ГУ, П, ЗИЛ.

Древесный пек – остаточный продукт отгонки масел из древесных смол, применяют вместе с глиной.

Торфяной пек – продукт переработки торфа, используют для приготовления связующего КТ.

Неорганические связующие относятся к классу В, наиболее распространены из них формовочная глина, цемент, жидкое стекло, гипс.

Жидкое стекло – водный раствор силикатов натрия или калия переменного состава $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$. Жидкое стекло готовят трех марок: А – с модулем 2,61-3,0; Б – с модулем 2,31-2,6; В – с модулем 2,61-3,0.

Формовочные и стержневые смеси на жидком стекле приобретают высокую (до 25-30 кгс/см²) прочность при нагреве (220-260° С) или химической сушке (с продувкой углекислым газом СО₂). Последний способ сушки позволяет отказаться от сушил и резка ускорить производственный процесс.

К **вспомогательным формовочным** материалам относятся добавки, вводимые в формовочные и стержневые смеси для улучшения их свойств (газопроницаемости, огнеупорности, податливости, выбиваемости и т. д.), а также вещества, входящие в состав красок, клеев, припылов для изготовления и отделки форм и стержней.

Противопригарные добавки вводят в смеси для уменьшения пригара формовочной смеси к отливкам, увеличения газопроницаемости, податливости и улучшения выбиваемости стержней из отливок.

Пригаром называют прочное соединение формовочной или стержневой смеси с металлом поверхности отливки. Пригар затрудняет очистку отливок и является причиной быстрого износа режущего инструмента при обработке отливок на металлорежущих станках. Пригар, бывает термический, механический и химический. Он образуется вследствие применения формовочных материалов, обладающих недостаточной огнеупорностью, и малой плотности формы. Термический и химический пригары образуются обычно на отливках из чугуна, стали и бронзы, а механический пригар может образоваться и на отливах из других цветных сплавов.

В формовочную смесь (в зависимости от рода металла и толщины стенки отливки) в качестве противопригарных добавок вводят каменноугольную пыль, мазут, пылевидный кварц, древесноугольную пыль, графит и цемент.

Каменноугольную пыль добавляют в облицовочные или единые формовочные смеси при литье чугуна. Практика показала, что лучше всего применять каменный уголь марок Г (газовый) или Д (длиннопламенный) с малым содержанием золы и серы. Перед помолом каменный уголь сушат при температуре не более 120° С.

Каменноугольная пыль должна иметь остаток на сите 016 не более 5%, на сите 005 не более 70%, остальное на тазике. При нагревании форм жидким металлом угольная пыль сгорает и выделяет летучие вещества, содержащие газы СО и СО₂, образующие газовую прослойку между стенками формы и жидким металлом, препятствующую появлению пригара.

Количество каменноугольной пыли, вводимой в формовочную смесь, зависит от толщины стенки отливки. Чем толще стенка отливки, тем больше каменноугольной пыли добавляют в формовочную смесь. Например, в смеси для тонкостенных отливок (5–15 мм) вводят 2–6% каменноугольной пыли, а в смеси для толстостенных отливок – 12%.

Мазут добавляют в облицовочную смесь для получения чистой поверхности отливок из чугуна и бронзы при литье по-сырому. Вследствие малого содержания золы в мазуте увеличиваются долговечность и газопроницаемость формовочных смесей. Количество вводимого мазута зависит от толщины стенки отливки. Желательно применять мазут, содержащий не более 2% золы, 2% влаги и не более 0,5% серы.

Пек вводят взамен каменноугольной пыли. Содержание золы и серы в нем меньше, чем у каменноугольной пыли, поэтому он дает меньший пригар на отливках. Кроме того, пек увеличивает прочность смеси в сыром и сухом состояниях. Чтобы лучше размолоть пек, его часто смешивают с углем (1 часть пека и 2–3 части каменного угля).

Древесноугольную пыль используют как противопопригарное средство для покрытия поверхностей сырых форм.

Лучшими углями считают березовый и ольховый. Уголь размалывают и просеивают через сито 01. Древесноугольную пыль наносят на стенки формы припыливанием из полотняного мешка.

Графит серебристый применяют для припыливания поверхности сырых форм, чтобы уменьшить пригар формовочной смеси к отливке. Графит обладает высокой огнеупорностью. Вместо графита можно применять эстонский сланец в виде порошка.

Маршалит (пылевидный кварц) применяют в качестве огнеупорного материала при приготовлении противопопригарных красок для форм и стержней стальных отливок; иногда вводят в состав облицовочных смесей

Циркон безжелезненный также применяют для приготовления огнеупорных красок для форм и стержней стальных отливок.

Тальк – минерал, водный силикат магния, применяют для приготовления противопопригарной краски. Связующая часть краски состоит из мелкой огнеупорной формовочной глины, бентонита или органических водорастворимых добавок, обеспечивающих относительно высокую прочность.

Древесные опилки вводят в стержневые смеси для увеличения газопроницаемости и податливости стержней. Перед употреблением опилки должны быть сухими и проходить через сито 2,5.

Взамен древесных опилок можно применять торф, содержащий около 70—73% летучих веществ, не более 5–6% золы, до 25–30% влаги.

Недостатком опилок и торфа является их гигроскопичность. Поэтому вместо древесных опилок и торфа применяют асбестовую крошку, она негигроскопична и обладает хорошей формуемостью.

6. Стержневые смеси, их свойства и области применения.

Стержневая смесь – это многокомпонентная смесь формовочных материалов, соответствующая условиям технологического процесса изготовления литейных стержней. Стержни при заливке расплавленного металла испытывают значительные тепловые и механические воздействия по сравнению с формой, поэтому стержневые смеси должны иметь более высокие огнеупорность, газопроницаемость, податливость, малую газотворную способность, легко выбиваться из отливок и т.д.

Стержневые смеси в зависимости от способа изготовления стержней разделяют на смеси с отверждением стержней тепловой сушкой; в нагреваемой оснастке; жидкие самотвердеющие смеси; жидкостекольные смеси, отверждаемые углекислым газом; холоднотвердеющие смеси на синтетических смолах.

Стержневые смеси с отверждением тепловой сушкой готовят из кварцевого песка и связующих материалов, в качестве которых используют различные органические и неорганические материалы.

Стержневые смеси с отверждением в нагреваемой оснастке готовят из кварцевого песка с использованием синтетических смол и катализаторов.

Жидкие самотвердеющие смеси (ЖСС), используемые для изготовления как литейных стержней, так и литейных форм, готовят из кварцевого песка, отвердителей (шлаков феррохромистого производства), связующих материалов (жидкое стекло, синтетические смолы), поверхностно-активных веществ. При интенсивном перемешивании компонентов смеси образуется пена, которая разделяет зерна песка, уменьшает силы трения между ними, что и придает смеси свойство текучести. Такие смеси сохраняют текучесть обычно в течение 9...10 мин. За это время смесь должна быть разлита по формам или стержневым ящикам. Через 20...30 мин смесь становится прочной.

Жидкостекольные смеси, используемые для изготовления литейных стержней и литейных форм, готовят из кварцевых песков с содержанием не более 3,5% глины, связующего материала – жидкого стекла с добавкой 10%-ного раствора едкого натра. Отверждение смеси осуществляется продувкой углекислым газом.

Холоднотвердеющие смеси (ХТС), используемые для стержней, готовят из кварцевого песка, связующих материалов – карбамидно-фурановых, фенолоформальдегидных смол и др. В качестве катализаторов применяют ортофосфорную или азотную кислоту и их соли. Продолжительность отверждения смесей составляет 1...20 мин.

7. Методы и схемы формовки песчано-глинистых литейных форм.

Формовка – процесс изготовления литейных форм из формовочных материалов. В общем случае считается, что форма служит для образования наружных очертаний, а стержень – внутренних полостей отливки. На практике такое разделение не всегда соблюдается, т. е. для некоторых отливок возможно, например, выполнение внутренних полостей формой, а наружных поверхностей – стержнями.

При формовке осуществляют следующие технологические операции:

- уплотнение смеси, позволяющее получить точный отпечаток модели в форме и придать ей необходимую прочность в сочетании с податливостью, газопроницаемостью и др. свойствами;
- устройство в форме вентиляционных каналов, облегчающих выход из полости формы образующихся при заливке газов;
- извлечение модели из формы;
- отделку и сборку формы, включая установку стержней и литниковой системы.

В зависимости от степени механизации формовка может производиться вручную, на специальных формовочных машинах или на автоматических линиях.

Ручная формовка. Существует несколько основных способов ручной формовки: формовка в почве, формовка в опоках.

Формовка в почве – процесс изготовления форм на земляном плацу формовочного отделения. Способ прост, не требует специального оборудования, однако характеризуется большим объемом ручных работ, выполняемых высококвалифицированными формовщиками.

Открытая почвенная формовка применяется для изготовления отливок с плоской верхней стороной (рисунок 2.3, а, б).

Для изготовления крупных и тяжелых отливок применяется закрытая почвенная формовка, при которой верхняя часть отливки получается в опоке, а нижняя – в твердой постели (рисунок 2.3, в).

Формовка в опоках. Формовка в двух опоках по разъемной модели является самым распространенным способом изготовления разовых песчаных форм. Разъемную модель применяют, как правило, в тех случаях, когда модель не имеет плоской поверхности

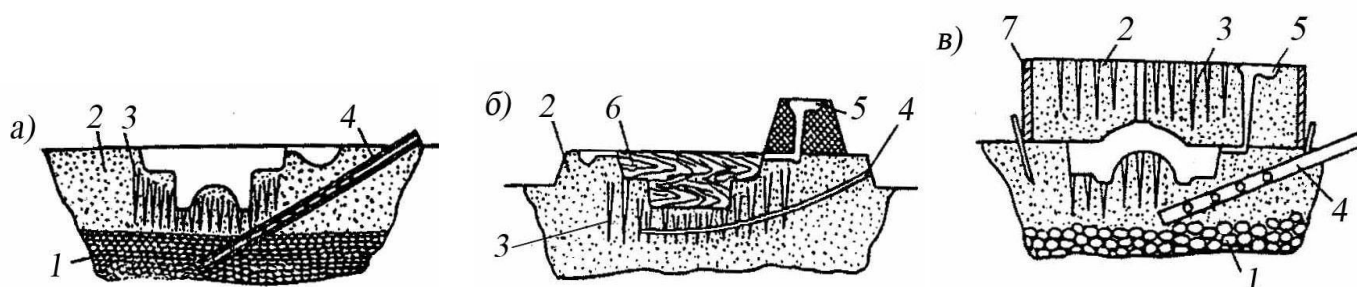


Рисунок 2.3 – Формовка в почве: а, б – открытая; в – закрытая; 1 – постель; 2 – земля; 3, 4 – вентиляционные каналы; 5 – литниковая система; 6 – модель; 7 – опока

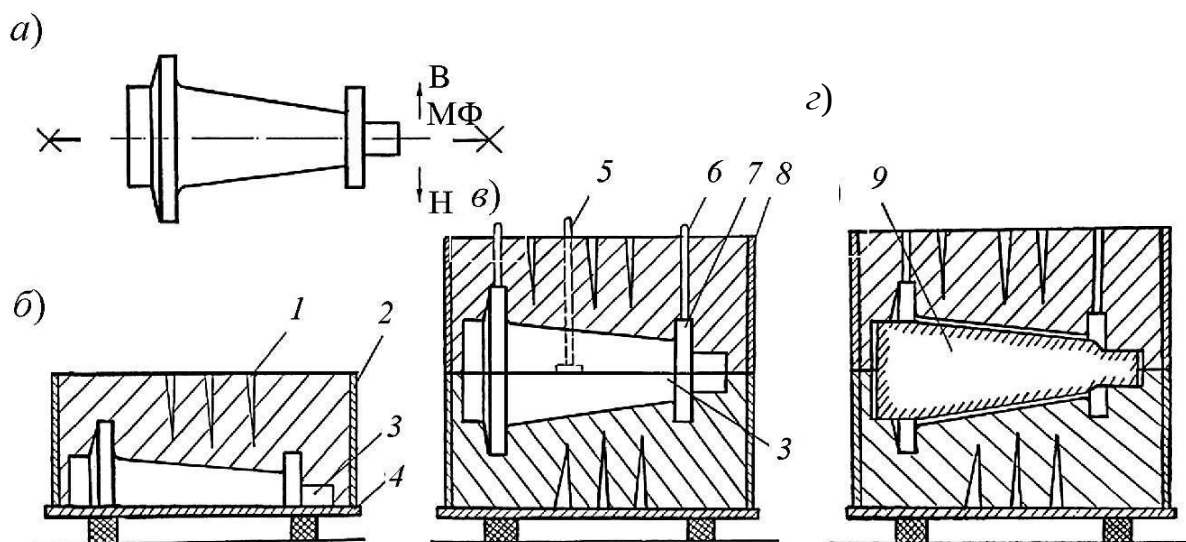


Рисунок 2.4 – Изготовление формы в двух опоках по разъемной модели:
а – положение отливки в форме; б – одна из полуформ отливки;
в – устройство литниковой питающей системы; г – расположение
стержня в опоке; 1 – вентиляционный канал; 2 – нижняя опока;
3 – нижняя половина модели; 4 – модельная плита; 5 – стояк;
6 – выпор; 7 – верхняя половина модели; 8 – опока; 9 – стержень

Формы для несложных отливок могут быть изготовлены по неразъемной модели, допускающей ее извлечение из формы без разрушения последней. Применение неразъемных моделей сложных конфигураций возможно также при использовании специальных приемов (подрезки, фальшивой опоки и т. д.).

Иногда при изготовлении сложных отливок одна плоскость разъема не позволяет извлечь модель из верхней и нижней полуформ. В этих случаях применяют формовку в трех и большем числе опок, т. е. форма имеет две и больше поверхностей разъема.

Изготовление форм из жидких самотвердеющих смесей (ЖСС). Рассмотренные процессы изготовления форм связаны с необходимостью набивки формовочных смесей в опоки и их дополнительного уплотнения. Кроме низкой производительности, этот процесс связан с тяжелым физическим трудом рабочих-формовщиков. В настоящее время в практику литейных цехов широко внедряется прогрессивная технология, основанная на добавлении в обычные песчаные смеси химических добавок, под действием которых смесь переходит в сметанообразное состояние, в результате чего стала возможной заливка жидкой смеси в опоки. Благодаря этому устраняется ручной труд при изготовлении форм. Кроме того, данные смеси способны к самозатвердеванию, которое происходит одновременно по всему объему, следовательно, длительность самозатвердевания не зависит от размеров формы и имеет одинаковую продолжительность как для мелких, так и для крупных форм.

Машинная формовка. Высокие требования, предъявляемые в настоящее время к отливкам, могут быть выполнены только при применении машинной формовки, гарантирующей соблюдение заданных параметров технологического процесса.

Основные технологические особенности машинной формовки следующие:

- изготовление форм в двух опоках;

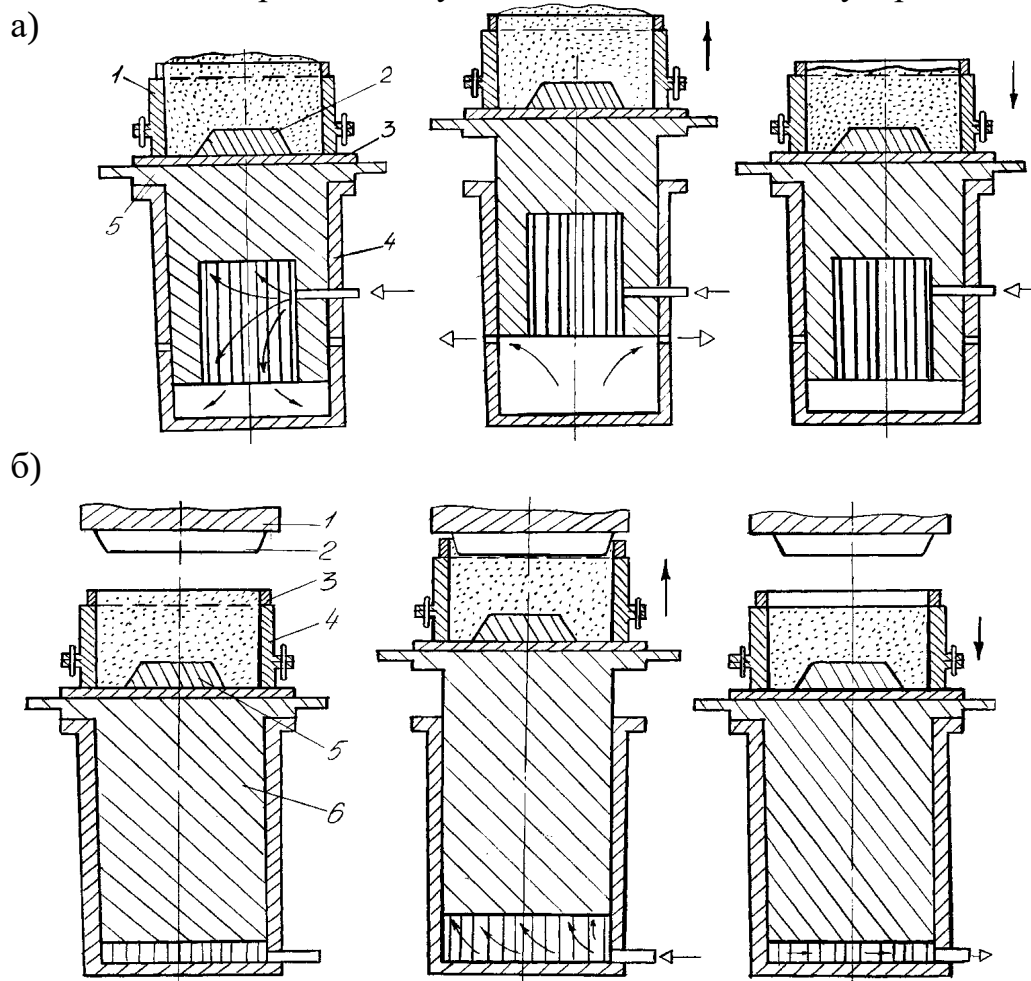
- замена всех боковых отъемных частей модели стержнями;
- применение опок с ребрами для удержания формовочной смеси.

При машинной формовке наиболее широко применяется формовка в двух опоках по разъемной или неразъемной модели. При этом обеспечивается постоянство положения модели по отношению к стенкам опоки. При сборке полости формы всегда совпадают, что гарантирует получение точных отливок.

Внедрение машинной формовки является важным условием организации поточного производства в литейных цехах: одна группа машин формирует нижние полуформы, а другая – верхние. На участке сборки они соединяются и передаются на заливку.

По методам уплотнения смеси формовочные машины классифицируют на встряхивающие, прессовые, импульсные, пескодувные, пескометы, вакуумные, специальные.

Уплотнение смеси встряхиванием. Встряхивающие машины, являющиеся наиболее распространенными в литейных цехах, применяются для формовки относительно высоких опок (не менее 150...200 мм). Уплотнение смеси на этих машинах производится с помощью встряхивания опоки на встряхивающем столе (рисунок 2.5, а). Опока 1 располагается на модельной плите 3, закрепленной на столе 5 машины. Под действием сжатого воздуха стол поднимается на определенную высоту, а затем падает, ударяясь о массивную опору – корпус машины 4, что приводит к уплотнению формовочной смеси. Число ударов – 150...300 в минуту, высота подъема встряхивающего стола – 10...100 мм. Степень уплотнения смеси при периодическом встряхивании увеличивается с каждым ударом.



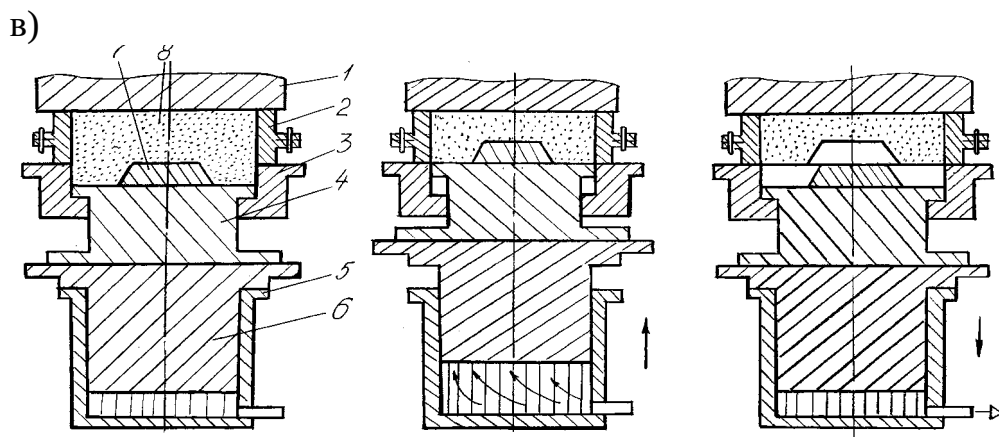


Рисунок 2.5 – Схемы машинной формовки: а – уплотнение смеси встряхиванием; б – уплотнение смеси верхним прессованием; в – уплотнение смеси нижним прессованием

Достоинствами этих машин являются универсальность и высокая производительность. Недостаток – неравномерность уплотнения формы по высоте: при встряхивании наиболее сильно уплотняются нижние слои смеси, прилегающие к модели 2. Данный недостаток можно частично устранить путем дополнительной подтрамбовки или подпрессовки. Существенным недостатком также является шум, возникающий при ударе падающих частей о корпус.

Уплотнение смеси прессованием. Прессовые машины применяются для формовки низких опок по моделям, не имеющим заметно выступающих частей. Существуют две схемы работы таких машин: с верхним или нижним прессованием. Верхнее прессование обычно применяется для изготовления форм в опоках высотой 150...200 мм, а нижнее – высотой 100...150 мм. Прессовые машины отличаются высокой производительностью и малым шумом.

Наибольшее распространение получили машины с верхним прессованием (рисунок 2.5, б). К траверсе 1 машины, которая может отводиться в сторону, крепится прессовая колодка 2. Стол машины, на котором укреплена модельная плита с моделью 5, под действием сжатого воздуха с давлением до 0,6 МПа поднимается вверх. При этом прессовая колодка углубляется в формовочную смесь, находящуюся в наполнительной рамке 3, установленной на опоке 4. Уплотнение смеси заканчивается при выпуске сжатого воздуха из-под прессового поршня 6.

При верхнем прессовании смесь уплотняется по высоте опоки неравномерно: наиболее уплотнены верхние слои смеси. Нижние слои смеси, прилегающие к модели и оформляющие полость формы, оказываются менее уплотненными. Это может привести к нарушению конструкции отливки, т. к. при заливке именно нижние слои воспринимают динамические воздействия от заливаемого расплава.

На рисунке 2.5, в приведена схема уплотнения смеси при нижнем прессовании. На прессовом столе 5 машины закреплена модельная плита 4 с установленной на ней моделью 7. Модельная плита, двигаясь под действием прессового поршня 6 вверх в прорези неподвижного формовочного стола 3, входит в опоку 2, расположенную между прессовой траверсой 1 и столом 3, и уплотняет формовочную смесь 8. При этом наиболее уплотняются нижние слои смеси, прилегающие к модели.

Машины с верхним прессованием проще при переналадке на другой размер опок, чем машины с нижним, для которых требуется регулировка длины хода прессования.

Равномерное уплотнение смеси достигается повышением удельного давления прессования. Вместо обычного давления прессования в пределах 0,2...0,4 МПа в современных прессовых машинах применяют давление до 5...10 МПа и выше. При этом обеспечивается равномерное уплотнение смеси по всему объему полуформы и образуется гладкая, малоподатливая рабочая поверхность полости формы, что приводит к получению отливок с более точными размерами и меньшими значениями шероховатости.

Повышенное и более равномерное давление при прессовании можно обеспечить, применяя многоплунжерную головку (рисунок 2.6) или гибкую диафрагму (рисунок 2.7).

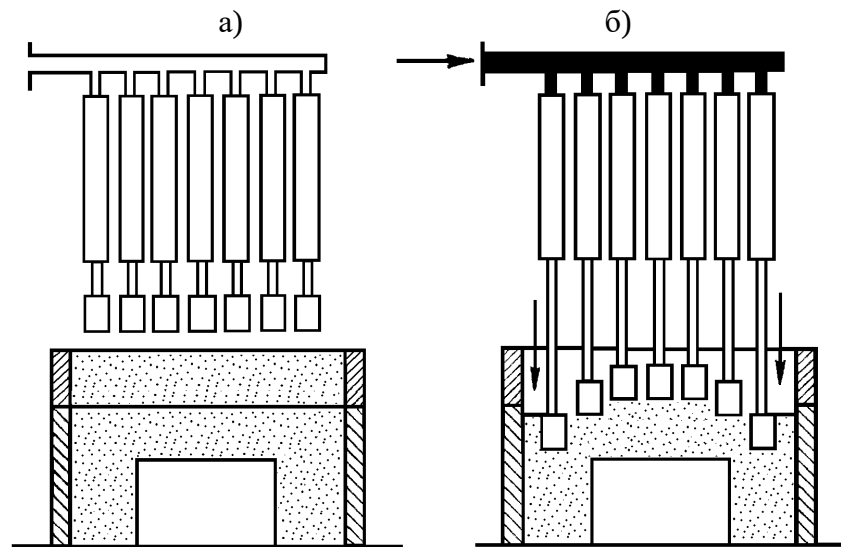


Рисунок 2.6 – Уплотнение формовочной смеси прессовой многоплунжерной головкой: а – исходное положение; б – конечное положение

После заполнения установленной на модельной плите 4 опоки формовочной смесью к верхнему торцу 3 опоки прижимается кожух 1 с диафрагмой 2, в полость между которыми подается сжатый воздух (рисунок 2.7, а). Диафрагма растягивается и равномерно уплотняет формовочную смесь (рисунок 2.7, б). Давление воздуха передается прежде всего в места, допускающие наибольшее сжатие формовочной смеси и расположенные над низкими частями модели 5. Уплотнив формовочную смесь в опоке, диафрагму извлекают (рисунок 2.7, в).

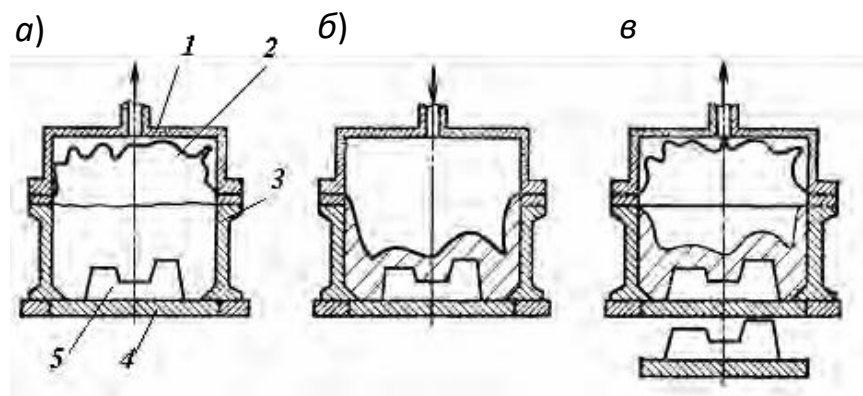


Рисунок 2.7 – Уплотнение формовочной смеси эластичной диафрагмой

Автоматическую формовку используют в серийном и массовом производствах отливок, при этом литейная форма передается последовательно с одной позиции на другую. Этот переход осуществляется автоматически различными конвейерами, кантователями, толкателями и другими устройствами. Для автоматической формовки используются формовочные автоматы, формовочные машины для безопочной формовки и автоматические формовочные линии.

Формовочные автоматы, используемые для изготовления литейных форм, выполняют все технологические операции без участия человека. Формовочные автоматы используют, как правило, в составе автоматических линий.

Автоматическую безопочную формовку используют при изготовлении форм для мелких отливок из серого, ковкого и высокопрочного чугунов и стали в серийном и массовом производствах. Изготовление литейных форм осуществляется на высокопроизводительных пескодувно-прессовых автоматических линиях.

8. Средства механизации и автоматизации изготовления песчано-глинистых литейных форм.

Автоматическую формовку используют в серийном и массовом производствах отливок, при этом литейная форма передается последовательно с одной позиции на другую. Этот переход осуществляется автоматически различными конвейерами, кантователями, толкателями и другими устройствами. Для автоматической формовки используются формовочные автоматы, формовочные машины для безопочной формовки и автоматические формовочные линии.

Формовочные автоматы, используемые для изготовления литейных форм, выполняют все технологические операции без участия человека. Формовочные автоматы используют, как правило, в составе автоматических линий.

Автоматическую безопочную формовку используют при изготовлении форм для мелких отливок из серого, ковкого и высокопрочного чугунов и стали в серийном и массовом производствах. Изготовление литейных форм осуществляется на высокопроизводительных пескодувно-прессовых автоматических линиях (рисунок 2.8).

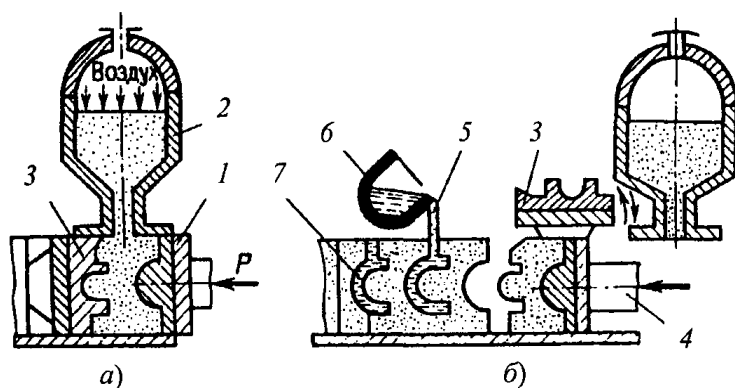


Рисунок 2.8 – Схема процесса изготовления безопочных литейных форм на автоматических линиях

Модельная плита 1 закреплена на прессовой машине, плита 5 – на плите противодавления. Модельные плиты 1, 3, боковые стенки и головка 2 образуют формовочную камеру (рисунок 2.8, а), которая заполняется формовочной смесью с

помощью сжатого воздуха под давлением 0,5...1 МПа. После этого формовочная смесь прессуется плунжером 4 под давлением до 2 МПа. Модельная плита 5 отходит влево и поворачивается в горизонтальное положение, а уплотненный ком формовочной смеси плунжером 4 проталкивается до соприкосновения с предыдущим комом, образуя полость 5 (рисунок 2.8, б). В результате получается непрерывный ряд форм, которые заливают расплавленным металлом из ковша 6. После затвердевания и охлаждения отливок формы подаются на выбивную решетку, где отливки 7 освобождаются от формовочной смеси. Смесь поступает на переработку и повторное использование, а отливки – в обрубное отделение.

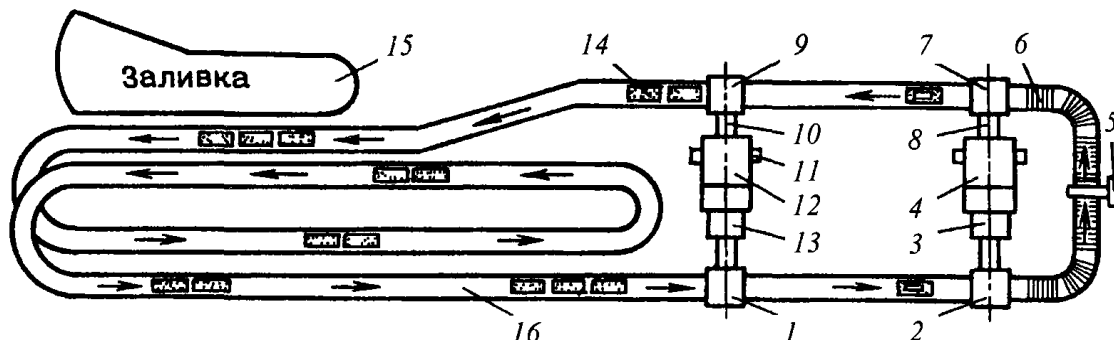


Рисунок 2.9 – Схема автоматической формовочной линии

Автоматическая формовочная линия (рисунок 2.9) – пример полного автоматизированного производственного процесса формовки. На позиции 1 специальным механизмом снимается верхняя опока, которая без формовочной смеси перемещается на позицию 13, нижняя полуформа с формовочной смесью и отливками конвейером 16 с позиции 1 направляется на позицию 2, а затем к механизму 5, где нижняя опока освобождается от смеси и отливок. Отливки направляются в обрубное отделение, а формовочная смесь – на переработку. Опоки, очищенные от формовочной смеси, подаются к формовочным автоматам: верхняя – на автомат 12, нижняя – на автомат 4. Смена модельных плит производится с помощью тележек 11.

Нижняя полуформа, изготовленная на формовочном автомате 4, кантователем 8 переворачивается на 180° и на позиции 7 устанавливается на предварительно очищенную специальными щетками 5 тележку 6 литейного конвейера 16 и подается к механизму спаривания полуформ. Верхняя полуформа, изготовленная на автомате 12, по роликовому конвейеру 10 перемещается к позиции 9, где спаривается с нижней полуформой. Собранный литейный формовый блок 14 по конвейеру транспортируется на участок 15 заливки. Установка стержней в литейную форму осуществляется во время продвижения ее по конвейеру от позиции 7 к позиции 9. Для увеличения продолжительности охлаждения отливок в залитых формах конвейер выполнен с дополнительной петлей на двух уровнях.

9. Основные дефекты отливок, полученных в песчано-глинистых литейных формах. Способы их устранения

Дефекты отливок по внешним признакам подразделяют на наружные (песчаные раковины, перекося, недолив и др.); внутренние (раковины усадочные и газовые, трещины горячие и холодные и др.).

Песчаные раковины – открытые или закрытые пустоты в теле отливки, которые возникают из-за низкой прочности формы и стержней, слабого уплотнения формы, недостаточного крепления выступающих частей формы и прочих причин.

Перекося – смещение одной части отливки относительно другой, возникающее в результате небрежной сборки формы, износа центрирующих штырей, несоответствия знаковых частей стержня на модели и в стержневом ящике, неправильной установки стержня в форму и других причин.

Недолив – некоторые части отливки остаются незаполненными в связи с низкой температурой заливки, недостаточной жидкотекучестью, недостаточным сечением элементов литниковой системы, неправильной конструкцией отливки (например, малая толщина стенки отливки) и др.

Усадочные раковины – открытые или закрытые пустоты в теле отливки с шероховатой поверхностью и грубокристаллическим строением. Эти дефекты возникают при недостаточном питании массивных узлов, нетехнологичной конструкции отливки, неправильной установке прибылей, заливке перегретым металлом.

Газовые раковины – открытые или закрытые закрытые пустоты в теле отливки с чистой и гладкой поверхностью, которые возникают из-за недостаточной газопроницаемости формы и стержней, повышенной влажности формовочных смесей и стержней, насыщенности расплавленного металла газами и др.

Трещины горячие и холодные – разрывы в теле отливки, возникающие при заливке чрезмерно перегретым металлом, из-за неправильной конструкции литниковой системы и прибылей, неправильной конструкции отливки, повышенной неравномерной усадки, низкой податливости форм и стержней и др.

Методы обнаружения дефектов. Наружные дефекты отливок обнаруживаются внешним осмотром непосредственно после извлечения отливок из формы или после их очистки.

Внутренние дефекты отливок выявляются радиографическими или ультразвуковыми методами дефектоскопии.

При использовании радиографических методов (рентгенографии, гамма-графии) на отливки воздействуют рентгеновским или гамма-излучением. С помощью этих методов выявляют наличие дефекта, размеры и глубину его залегания.

При ультразвуковом контроле ультразвуковая волна, проходящая через стенку отливки, при встрече с границей дефекта (трещиной, раковиной и др.) частично отражается. По интенсивности отражения волны судят о наличии, размерах и глубине залегания дефектов.

Трещины в отливках выявляют люминесцентным контролем, магнитной или цветной дефектоскопией.

Методы исправления дефектов. Незначительные дефекты в ответственных местах отливок исправляют заделкой замазками или мастиками, пропиткой различными составами, газовой или электрической сваркой.

Заделка дефектов замазками или мастиками - декоративное исправление мелких поверхностных раковин на отливках. Перед заполнением мастикой дефектные места очищают от грязи и обезжиривают. После заполнения раковин мастикой исправленное место заглаживают, подсушивают и затирают пемзой или графитом.

Пропитывание составами применяют для устранения пористости отливок. С этой целью их погружают на 8...12 ч в водный раствор хлористого аммония. Проникая в промежутки между кристаллами металла, раствор образует оксиды, заполняющие поры отливок. Для устранения течи отливки из цветных сплавов пропитывают бакелитовым лаком.

Газовую и электрическую сварку применяют для исправления дефектов на необрабатываемых поверхностях (раковины, сквозные отверстия, трещины). Дефекты в чугунных отливках заваривают с использованием чугунных электродов и присадочных прутков, в стальных отливках – электродами соответствующего состава. Чугунные отливки перед заваркой нагревают до температуры 350...600 °С, а после заварки их медленно охлаждают до температуры окружающей среды. Для лучшей обрабатываемости отливки подвергают отжигу.

Тема 3: Особенности конструирования и оформление чертежей отливок и технические требования для их оформления.

1. Принципы проектирования отливок, получаемых в песчано-глинистых формах. Правила оформления чертежей отливок.

При проектировании отливок необходимо стремиться выполнить ряд требований:

1. Отливки должны иметь простое внешнее очертание с минимальным числом ребер, выступов и внутренних полостей.

2. Конструкция отливки должна обеспечивать высокий уровень ее служебных характеристик (прочность, жесткость, герметичность и т. д.) при заданной массе и точности конфигурации.

3. Конструкция отливки должна учитывать взаимодействие отливки с формой с тем, чтобы обеспечить правильное формирование основных свойств отливки, т. е. плотности, структуры, механических свойств, стабильности размеров и параметров шероховатости поверхности.

4. Конструкция отливки должна быть достаточно технологичной, т. е. удобной для изготовления выбранным способом литья.

5. Конструкция отливки должна обеспечивать минимальное количество и протяженность мест обрубки и очистки, удобство осуществления обрубки и очистки, удобство и минимальный объем последующей механической обработки.

6. Базовые поверхности отливки должны иметь расположение, удобное для обработки резанием.

7. Материал отливки должен быть достаточно технологичным и экономичным при заданном способе литья.

8. Конструкция отливки при данных условиях изготовления должна предусматривать минимальный расход металла.

9. Отливка должна быть компактной. Излишне крупные отливки желательно расчленить на несколько частей.

Исходные данные для проектирования заготовки - чертеж готовой детали, сведения о годовой программе выпуска, материале детали, ее назначении и др. При разработке чертежа литой заготовки прежде всего следует оценить ее

технологичность. Для этого необходимо прежде всего внимательно изучить конструкцию детали, при возможности, упростить ее конфигурацию. Необходимо оценить возможность получения внутренних полостей, помня, что увеличение количества стержней существенно повышает трудоемкость изготовления и сборки форм, увеличивает вероятность появления брака по перекосу или искажению размеров из-за неточности установки стержней. Одновременно необходимо оценить и при необходимости откорректировать толщину стенок, их сопряжения и переходы, ребра жесткости и др.

Затем определяют минимально допустимую толщину стенки, выбираемую в зависимости от материала отливки, его механических и технологических свойств, от способа литья, конфигурации, размеров и назначения отливки. Необходимо стремиться к минимальной толщине стенок. Если толщина стенок завышена, это может привести к появлению усадочных рыхлотов, пористости и других дефектов. В конечном итоге по этой причине прочность стенок снижается и увеличивается расход металла. Требуемую прочность и жесткость стенок отливки следует обеспечивать за счет использования ребер жесткости. Если толщина стенок занижена, то отливку трудно получить технологически (возможно не заполнение формы, неслитины, трещины и т. п.). Кроме того, в отливках сложной конфигурации с тонкими стенками за счет усадочных напряжений могут появиться коробления и трещины.

Минимальная толщина стенок назначается так, чтобы обеспечить необходимую расчетную прочность и удовлетворить требованиям технологии выбранного способа литья.

В зависимости от условий охлаждения и материала отливки в некоторых случаях в полученные толщины стенок вносятся определенные коррективы. Так, толщина внутренних стенок для чугунных и алюминиевых отливок должна быть на 10...20 % меньше толщины наружных стенок. Для отливок из модифицированного и высокопрочного чугунов толщину стенок увеличивают на 15...20 % по сравнению с отливками из серого чугуна. Если отливка изготавливается из легированных сталей, толщину стенки увеличивают на 20...30 % по сравнению с однотипными Отливками из углеродистых сталей.

Если полученная минимальная толщина стенки окажется больше указанной в чертеже, необходимо по согласованию с конструктором произвести соответствующую корректировку. После этого назначают напуски, допуски размеров, припуски на механическую обработку, формовочные уклоны.

Напуски назначают на тех участках отливки, где отверстия, впадины, полости и тому подобное получить способами литья трудно или невозможно. В случае необходимости напуски удаляются затем механической обработкой.

Напуск можно назначать *методом «теней»* (рисунок 3.1). Назначение напусков в «теневых» участках позволяет упростить технологическую оснастку, технологию изготовления и в конечном итоге получить более качественные отливки.

Минимальный диаметр отверстий, выполняемых литьем, выбирают так, чтобы избежать сильного перегрева и пригара стержня к стенкам отверстия. Возможность спекания стержневой смеси и пригара определяется массой окружающего металла, поэтому минимальный размер литых отверстий зависит от толщины стенки (т. е. длины стержня).

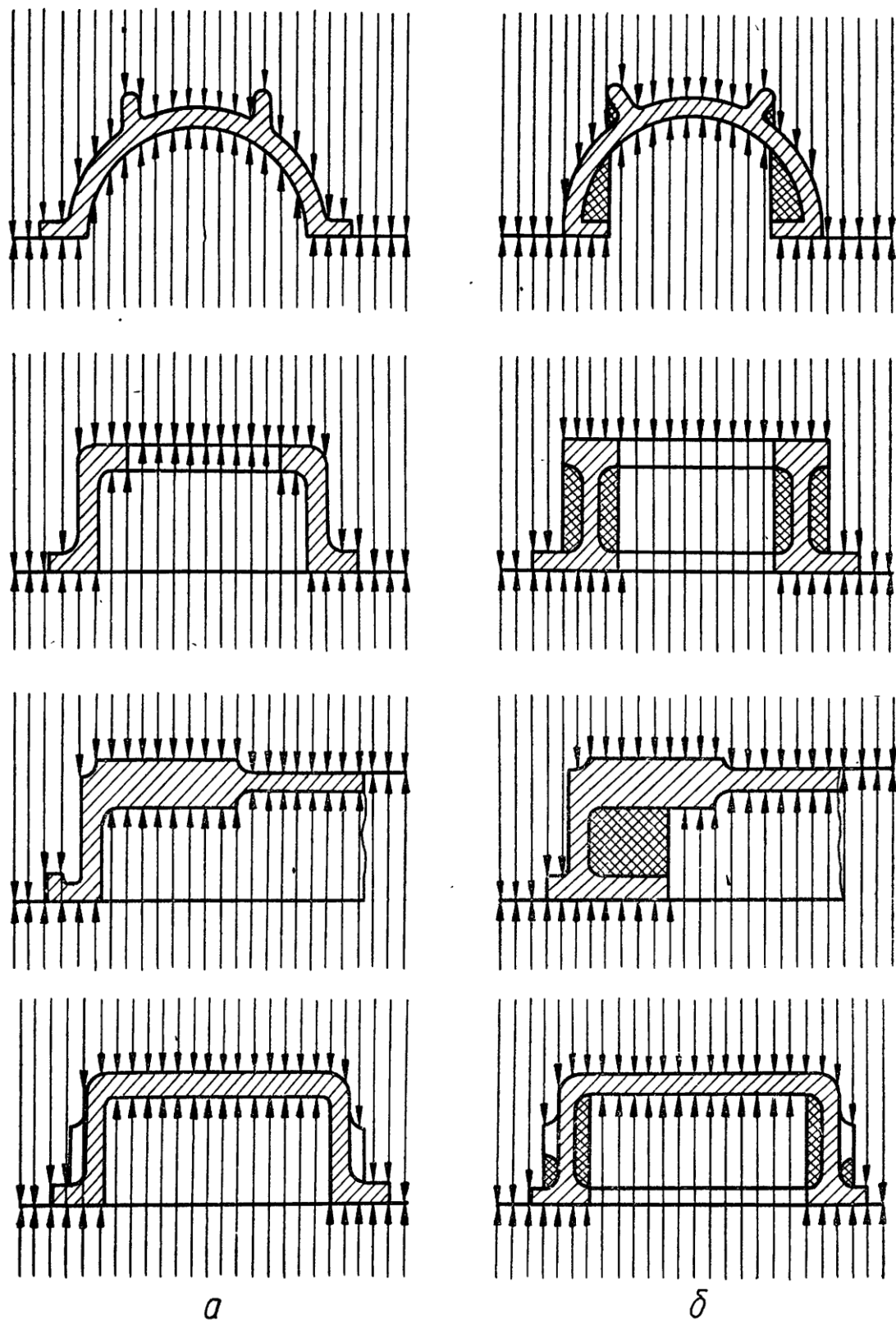


Рисунок 3.1 – Определение напусков методом «теней»: а – напуски не требуются; б – напуски необходимы (заштрихованные участки)

Исходный диаметр d_0 на практике выбирается в зависимости от материала отливки. Если указанный в чертеже размер отверстия меньше полученного расчетом d_{min} , отверстие литьем не изготавливают.

Допуски на линейные размеры отливок назначаются по ГОСТ 26645-85 в зависимости от класса точности и номинального размера. Допуски угловых размеров в пересчете на линейные не должны превышать установленных значений.

Для размеров элементов отливки (кроме толщин стенок), расположенных в одной части формы и не подвергаемых механической обработке, предпочтительно несимметричное одностороннее расположение полей допусков «в тело», т. е. для охватывающих элементов (отверстие) — «в плюс», а для охватываемых (вал) — «в минус». Для размеров всех остальных элементов отливок, как не подвергаемых механической обработке, так и подвергаемых, рекомендуется симметричное расположение полей допусков.

Припуски на механическую обработку отливки (на сторону) различают основные и дополнительные.

Основные припуски выбираются в зависимости от допусков на соответствующий размер отливки и ряда припусков. Под *номинальным размером* при установлении припусков следует понимать номинальное расстояние между обработанной поверхностью и базой ее механической обработки, а при обработке поверхностей вращения - их номинальный диаметр.

Дополнительный припуск на механическую обработку предназначен для компенсации отклонений расположения элементов отливки: коробления, смещения по плоскости разъема и т. п.

Общий припуск на механическую обработку определяется как сумма основного и дополнительного припусков.

Формовочные уклоны назначаются на вертикальных стенках отливки с целью облегчения удаления модели из формы и стержня из стержневого ящика. Уклоны устанавливаются по ГОСТ 3212-80 в зависимости от размеров углублений, высоты формообразующей поверхности, способа литья и вида модельного комплекта. На обрабатываемых поверхностях уклон устанавливается сверх припуска на механическую обработку (рисунок 3.2, а), на необрабатываемых и несопрягаемых поверхностях – путем одновременного увеличения и уменьшения размеров отливки (рисунок 3.2, в), на необрабатываемых, но сопрягаемых поверхностях – путем уменьшения или увеличения размеров (рисунок 3.2 б, г).

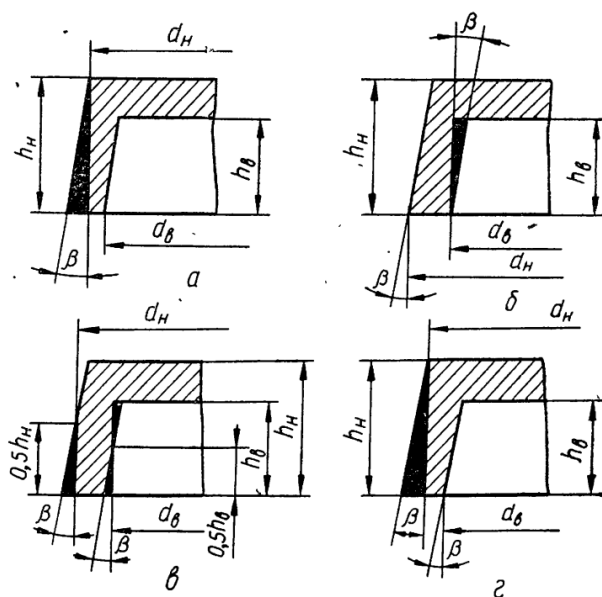


Рисунок 3.2 – Назначение уклонов для различных поверхностей

Формовочные уклоны могут искажать форму необрабатываемых поверхностей (рисунок 3.3), поэтому на чертеже литой заготовки целесообразно их показывать. Образование уступов не следует допускать.

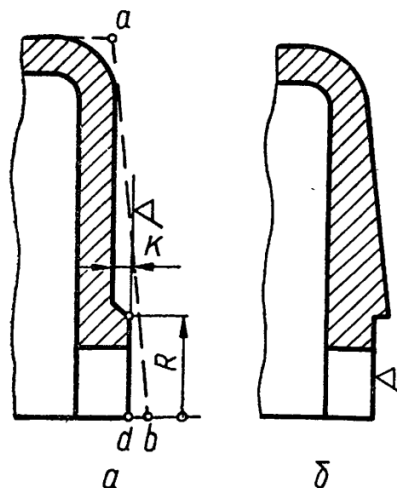


Рисунок 3.3 – Пример искажения конфигурации детали формовочным уклоном:
а – прочерчивание уклона при проектировании уклона модели;
б – фактическая конфигурация литой детали после механической обработки

После формирования контура отливки в местах перехода от одного элемента к другому назначают радиусы закруглений, которые в значительной степени определяют качество литой заготовки. Слишком малые радиусы в сопряжениях стенок ведут к трещинам, завышенные - к появлению усадочных рыхлот.

Радиусы закруглений в сопряжениях в зависимости от материала отливки, толщины сопрягаемых стенок и угла, образованного между ними. Соотношения сопрягаемых элементов, а также радиусы закруглений наружных углов следует брать по соответствующим таблицам в справочниках.

При проектировании отливки необходимо учитывать ее положение в форме. Она должна располагаться так, чтобы обеспечить спокойное заполнение формы без разрушения струей металла отдельных участков формы или стержней. Конструкция формы должна обеспечивать направленную кристаллизацию отливки снизу вверх с тем, чтобы усадочные раковины, примеси, неметаллические включения выводились в части отливки, удаляемые при обрубке и очистке (выпоры, прибыли, припуски на механическую обработку). В связи с этим, чтобы уменьшить дефекты, массивные и ответственные элементы отливок следует располагать в нижней половине формы, в крайнем случае – вертикально. Поверхности, связанные между собой точными размерами, рекомендуется располагать в одной половинке формы желательно в нижней), чтобы не возникло искажений из-за смещения полуформ при сборке.

Отливки, имеющие удлиненные продольные размеры, патрубки, пустотелые коробки, рамы, плиты следует располагать так, чтобы более протяженный габарит был горизонтальным. В этом случае поверхность разъема (или опоры) модели будет иметь более удобное (горизонтальное) положение.

Элементы отливок с малой и равномерной толщиной стенок следует располагать в верхней части формы для обеспечения хорошего подвода металла соответствующей конструкцией питателей. Тонкостенные элементы отливок желательно располагать вертикально или наклонно, чтобы в них не скапливались газовые пузыри. Детали

типа тел вращения рекомендуется формировать с вертикальным расположением оси вращения, чтобы обеспечить верхний отвод газов из стержней. Отливку в форме следует располагать так, чтобы общая высота формы была минимальной, а полуформы имели примерно одинаковую высоту.

2. Назначение, состав элементов, разновидности литниковых систем песчано-глинистой формы и основные принципы их конструирования. Факторы, влияющие на их выбор.

Литниковая система – это система каналов, через которые расплавленный металл подводят в полость формы. Литниковая система должна обеспечивать заполнение литейной формы с необходимой скоростью, задержание шлака и других неметаллических включений, выход паров и газов из полости формы, непрерывную подачу расплавленного металла к затвердевающей отливке.

По гидродинамическому признаку выделяют сужающиеся и расширяющиеся литниковые системы.

Для сужающихся литниковых систем характерно последовательное уменьшение площадей поперечных сечений стояка, шлакоуловителя и питателей $F_{ст} > F_{шл} > F_{пит}$. Такая литниковая система обеспечивает быстрое заполнение расплавом всей системы и лучшее улавливание шлака. Однако в полость литейной формы расплав поступает с высокой линейной скоростью, что может приводить к разбрызгиванию и окислению расплава, захвату воздуха и размыву формы. Такие литниковые системы используются при изготовлении чугуновых отливок.

В расширяющихся литниковых системах узким местом является нижнее сечение стояка: $F_{ст} < F_{шл} < F_{пит}$. В такой литниковой системе скорость потока расплава снижается от стояка к питателям, в результате чего расплавленный металл поступает в полость формы спокойно, с меньшим разбрызгиванием, меньше окисляясь и размывая стенки литейной формы. Эти литниковые системы применяют при изготовлении стальных отливок, отливок из алюминиевых, магниевых и других легкоокисляющихся сплавов.

В зависимости от конфигурации и толщины стенок отливок 5, состава заливаемого сплава и направления течения его в полость формы подразделяют на боковые (рисунок 3.4, а), нижние (рисунок 3.4, б) и верхние (рисунок 3.4, в).

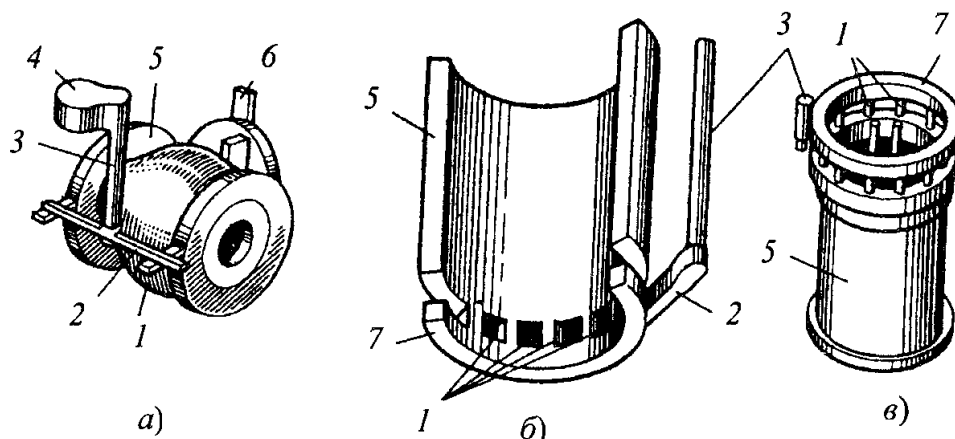


Рисунок 3.4 – Способы подвода расплавленного металла в полость литейной формы

Для боковой литниковой системы (рисунок 3.4, а) характерным является то, что питатели и шлакоуловители располагаются в горизонтальной плоскости разъема формы, что удобно в отношении формовки.

В нижних литниковых системах (рисунок 3.4, б) расплав поступает снизу под затопленный уровень без разбрызгивания, окисления и вспенивания, что очень важно при изготовлении отливок из легкоокисляющихся пленкообразующих сплавов (алюминиевых, магниевых и др.).

В верхних литниковых системах (рисунок 3.4, в) в течение всей заливки обеспечивается горячее зеркало расплава, что способствует направленному снизу вверх затвердеванию. Такие литниковые системы используются при изготовлении чугуновых и стальных отливок.

Основными элементами литниковых систем являются (рисунок 3.4) следующие:

Литниковая чаша (воронка) 4 предназначена для приема струи расплава, вытекающей из разливочного ковша, и задержания шлака, попадающего вместе с расплавом в чашу.

Стояк 3 – вертикальный канал, передающий расплав из литниковой чаши к другим элементам литниковой системы.

Шлакоуловитель 2, расположенный горизонтально и, как правило, в верхней полуформе, служит для задержания шлака и передачи расплава из стояка к питателям.

Питатели 1 – каналы, предназначенные для подачи расплава непосредственно в полость литейной формы. Питатели должны обеспечивать плавное поступление расплава в полость формы. Обычно питатели располагают в нижней полуформе.

Выпор 6 служит для отвода газов из полости формы, сигнализирует об окончании заливки, уменьшает динамическое давление расплава на форму, способствует питанию отливки расплавом при затвердевании.

Коллектор 7 – распределительный канал для направления расплава к различным частям отливки. Его располагают горизонтально по разъему формы. Он всегда должен быть заполнен расплавленным металлом.

Сечения элементов литниковой системы выбирают на основе приближенного расчета, который позволяет установить соотношение между ними (обычно между стояком, шлакоуловителем и питателями).

Тема 4: Производство заготовок литьём в металлические формы (кокили).

1. Особенности литья в кокиль. Его достоинства, недостатки, области применения.

Литье в металлические формы (кокиль) является одним из прогрессивных способов получения отливок из чугуна, стали и цветных сплавов массой от нескольких граммов до десятков тонн.

Сущность процесса заключается в многократном применении металлической формы, имеющей гораздо более высокую стойкость, чем обычная песчано-глинистая. Полости в отливке выполняют при помощи металлических или песчаных стержней,

которые извлекают из отливки после ее затвердевания и охлаждения до заданной температуры. Экономическая целесообразность литья в металлические формы во многом зависит от стойкости форм, их долговечности и стоимости.

Схема получения отливок в кокиле представлена на рисунке 4.1.

Рабочую поверхность кокиля с вертикальной плоскостью разъема, состоящую из поддона 1, двух симметричных полуформ 2 и 3 и металлического стержня 4, предварительно нагретую до $150...180\text{ }^{\circ}\text{C}$ покрывают из пульверизатора 5 слоем огнеупорного покрытия (рисунок 4.1, а) толщиной $0,3...0,8\text{ мм}$. Покрытие предохраняет рабочую поверхность кокиля от резкого нагрева и схватывания с отливкой.

Покрытия готовят из огнеупорных материалов (тальк, мел, графит), связующего материала (жидкое стекло) и воды.

Затем с помощью манипулятора устанавливают песчаный стержень 6, с помощью которого в отливке выполняется полость (рисунок 4.1, б).

Половинки кокиля соединяют и заливают расплав. После затвердевания отливки 7 (рисунок 4.1, в) и охлаждения ее до температуры выбивки кокиль раскрывают (рисунок 4.1, г) и протягивают вниз металлический стержень 4. Отливка 7 удаляется манипулятором из кокиля (рисунок 4.1, д).

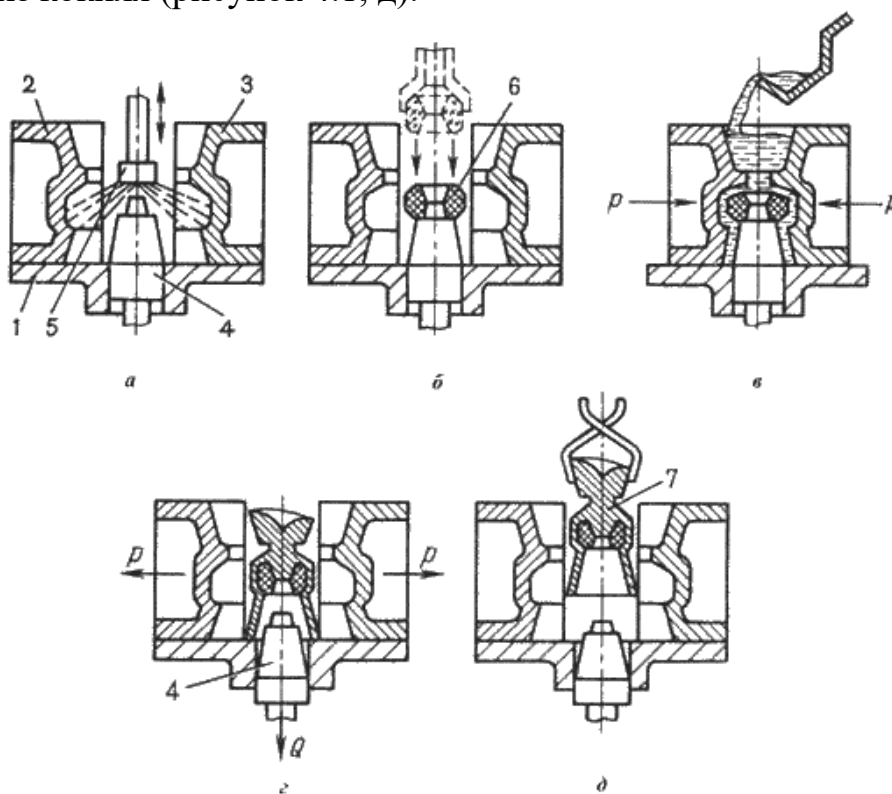


Рисунок 4.1 – Технологические операции изготовления отливки в кокиль

Стойкость кокилей, зависящая от ряда технологических факторов, таких, как температура заливки металла, материала кокиля, размеров, массы и конфигурации отливки, является наиболее важным фактором для определения рентабельности применения данного способа литья.

В массовом производстве, обеспечивающем длительную и равномерную эксплуатацию кокилей, а также более высокий уровень технологичности конструкций деталей, стойкость кокилей может быть более высокой, что значительно снижает удельные затраты на возмещение износа литейной оснастки. Поэтому литье

в кокиль экономически целесообразно применять в условиях крупносерийного или массового производства относительно простых отливок из цветных и черных сплавов. Наибольшее распространение для литья в кокиль получили цветные сплавы, имеющие более низкую температуру плавления, а следовательно, более высокую стойкость форм. Как показывает практика, серийность при литье в кокиль должна составлять более 20 крупногабаритных отливок или более 400 мелких чугунных отливок в год, а при литье деталей из алюминиевых сплавов – 400-700 отливок в год. Однако если конфигурация отливки из алюминиевого сплава позволяет изготавливать ее литьем под давлением, то при увеличении серийности литье в металлические формы менее выгодно.

При оценке возможности изготовления отливок в металлических формах необходимо учитывать особенности формирования отливок:

- интенсивность теплообмена между отливкой и кокилем в 3-10 раз выше чем при литье в разовые песчано-глинистые формы; в связи с этим металл отливок имеет более мелкозернистую структуру, что существенно повышает их механические свойства; в то же время высокая скорость охлаждения может привести к неравномерным по сечению стенки отливки свойствам, а в чугунных отливках – к отбелу;

- быстрое охлаждение заливаемого металла стенками кокиля снижает жидкотекучесть расплава, поэтому толщина стенок отливок при кокильном литье больше, чем при литье в песчано-глинистые формы. Минимальная толщина стенок отливок из алюминиевых и магниевых сплавов 3-4 мм, чугуна - 6 мм, стали – 8-10 мм. Снижение жидкотекучести затрудняет получение сложных тонкостенных крупногабаритных отливок. Это ограничивает применение для кокильного литья сплавов с пониженной жидкотекучестью

Высокая прочность материала металлической формы позволяет выполнять рабочие полости формы с более точными, стабильными размерами и получать отливки с точностью до 15-го качества.

Минимальное физико-химическое взаимодействие материала отливки и формы способствует повышению качества поверхности отливки и полностью устраняет пригар. Параметр шероховатости отливки может достигать $R_z = 80-20$ мкм.

По сравнению с литьем в песчано-глинистые формы литье в металлические формы обладает рядом технических и технологических преимуществ:

- многократное использование форм;
- повышение точности размеров отливок, уменьшение шероховатости поверхности, что позволяет снизить припуск на механическую обработку в два-три раза, а иногда и полностью ее устранить;
- увеличение выхода годного до 75-95 %;
- повышение плотности отливок, улучшение структуры отливок и повышение их механических свойств на 15-30 %;
- сокращение, а в некоторых случаях полное исключение формовочных материалов и стержневых смесей;
- исключение трудоемких операций формовки, сборки и выбивки форм;
- наличие возможности комплексной механизации и автоматизации технологического процесса, что приводит к росту производительности труда и снижению трудоемкости почти в три раза;

– увеличение съема с 1 м² производственной площади и снижение себестоимости отливок.

Вместе с тем изготовление отливок в металлические формы имеет и свои сложности:

- трудность получения отливок с поднутрениями, для выполнения которых необходимо применять стержни и вставки;
- снижение жидкотекучести сплавов, приводящее к усложнению процесса получения тонкостенных, большой протяженности отливок;
- неподатливая, газонепроницаемая форма вызывает появление в отливках литейных дефектов (коробления, трещин, газовой пористости);
- высокая стоимость литейных форм, сложность и длительность их изготовления.

Для обеспечения требуемого качества деталей, уменьшения износа и повреждения кокилей, создания лучших условий для заполнения формы и извлечения из нее отливок конструкция деталей, отливаемых в металлические формы, должна удовлетворять ряду специфических для этого вида литья требований.

2. Разновидности кокилей и кокильных машин. Конструктивные элементы кокилей.

В производстве используют кокили различных конструкций. В зависимости от отсутствия или наличия поверхности разъема кокили бывают неразъемные (вытряхные) или разъемные.

Неразъемные, или вытряхные, кокили применяют в тех случаях, когда конструкция отливки позволяет удалять ее вместе с литниками из полости кокиля без его разъема. Обычно эти отливки имеют достаточно простую конфигурацию.

В случае разъемных кокилей расположение и число разъемов определяются необходимостью реализовать рациональное положение отливки в кокиле при заливке, разместить технологические элементы (литниковую систему, прибыли и др.), собрать форму и извлечь из нее без разрушения готовую отливку конкретной конструкции. В свою очередь, разъемы кокиля предопределяют выбор кокильной машины с соответствующим количеством и расположением механизмов, которые обеспечивают перемещение подвижных частей кокиля при его сборке и разборке.

По числу рабочих полостей (гнезд), определяющих возможность одновременного (с одной заливки) изготовления того или иного числа отливок, кокили разделяют на одноместные и многоместные.

В зависимости от способа охлаждения различают кокили с воздушным (естественным и принудительным), жидкостным (водяным, масляным) и комбинированным (водовоздушным и т.д.) охлаждением. Если воздушное охлаждение используют для малотеплонагруженных кокилей, то водяное охлаждение обычно применяют для высокотеплонагруженных кокилей, а также для повышения скорости охлаждения отливки или ее отдельных частей. Вода подается отдельно в обе половины кокиля, нижнюю плиту и верхнюю крышку.

Элементы конструкции кокилей. Конструктивное исполнение основных элементов кокилей – полуформ, плит, металлических стержней, вставок – зависит от конфигурации отливки и от особенностей установки кокиля на кокильную машину.

К основным элементам конструкции кокилей относят: формообразующие элементы – половины кокилей, нижние плиты (поддоны), вставки, стержни; конструктивные элементы – толкатели, плиты толкателей, системы нагрева и охлаждения кокиля и отдельных его частей, вентиляционная система, центрирующие штыри и втулки.

Корпус кокиля или его половины выполняют коробчатым с ребрами жесткости. Ребра жесткости на тыльной (не рабочей) стороне кокиля делают невысокими, толщиной 0,7–0,8 толщины стенки кокиля, сопрягая их галтелями с корпусом. Толщина стенки кокиля зависит от состава заливаемого сплава и его температуры, размеров и толщины стенки отливки, материала, из которого изготавливается кокиль, и его конструкции. Толщина стенки кокиля должна быть достаточной, чтобы обеспечить заданный режим охлаждения отливки, необходимую жесткость кокиля и минимальное его коробление при нагреве отводимой теплотой залитого расплава, а также стойкость против растрескивания.

Размеры и конструкция частей кокиля должны позволять размещать и закреплять его на плитах кокильной машины.

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 газов из 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 – сплошные и оболочковые стержни из холоднотвердеющих смесей и т.д. В любом случае использование песчаных стержней в кокилях вызывает необходимость организации дополнительной технологической линии для изготовления стержней в кокильном цехе. Однако, в конечном счете использование кокилей в комбинации с песчаными стержнями в большинстве случаев экономически оправдано.

Использование металлических стержней зависит от конструкции отливки и технологических свойств сплава. Их использование дает возможность повысить скорость затвердевания отливки, сократить продолжительность цикла ее изготовления, в отдельных случаях повысить механические свойства и плотность (герметичность) отливки. Однако при использовании металлических стержней возрастают напряжения в отливках, увеличивается опасность появления в них трещин из-за затруднения усадки.

Для надежного извлечения стержней из отливки они должны иметь уклоны 1 – 5°, хорошие направляющие во избежание перекосов, а также быть надежно зафиксированы в форме.

Во многих случаях металлические стержни делают водоохлаждаемыми изнутри. Водяное охлаждение стержня обычно включают после образования в отливке прочной корочки. При охлаждении размеры стержня сокращаются и между ним и отливкой образуется зазор, благодаря которому уменьшаются усилия при извлечении стержня из отливки.

Вентиляционная система должна обеспечивать направленное вытеснение воздуха из кокиля расплавом. Для выхода воздуха используют открытые выпоры, зазоры по плоскости разъема и между подвижными частями кокиля и специальные

вентиляционные каналы. По плоскости разъема делают газоотводные каналы, направленные по возможности вверх. 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 и располагают их в диагонально противоположных углах кокиля.

Закрытие и запираение кокилей, устанавливаемых на машинах, осуществляется пневматическим или гидравлическим приводом подвижной плиты машины. Системы нагрева и охлаждения кокиля предназначены для поддержания заданного температурного режима процесса. Применяют электрический и газовый обогрев. Первый используется для общего нагрева кокиля, второй более удобен для общего и местного нагрева.

3. Особенности литейных свойств железо - углеродистых и цветных сплавов при литье в кокиль. Дефекты отливок, получаемых литьем в кокиль.

Не все сплавы в одинаковой степени пригодны для изготовления отливок. Возможность получения качественных тонкостенных отливок, сложных по форме или больших по размерам, без раковин, трещин, пригара и других литейных дефектов предопределяется литейными свойствами сплавов.

Литейные свойства сплавов проявляются в жидком состоянии, при затвердевании, в жидко-твердом, твердо-жидком и твердом состояниях.

Номенклатура литейных свойств в зависимости от уровня производства сплавов и общего развития техники может со временем меняться. К основным литейным свойствам относятся следующие:

- жидкотекучесть;
- склонность к поглощению газов и образованию по этой причине дефектов в отливках;
- склонность к образованию неметаллических включений;
- усадка и склонность к образованию усадочных раковин и пор;
- склонность к ликвации;
- склонность к образованию литейных напряжений и трещин.

К литейным свойствам относят также технологические свойства металлов и сплавов, которые прямо и непосредственно влияют на получение отливок заданной конфигурации, нужных эксплуатационных показателей, с поверхностями требуемой шероховатости и точности размеров.

Значение литейных свойств очень велико и должно быть учтено в следующих случаях:

- 1) при разработке новых сплавов; следует останавливаться на ком-позициях, обеспечивающих наиболее благоприятное сочетание рабочих (механических, физических и др.) и литейных свойств;

2) в процессе проектирования и изготовления отливки; надежность и долговечность изделий в значительной степени предопределяются литейными свойствами используемого для их изготовления сплава;

3) во время разработки технологического процесса изготовления отливок; во всех случаях при прочих равных условиях следует отдавать предпочтение сплавам с лучшими литейными свойствами.

Жидкотекучесть проявляется в способности металлов и сплавов в жидком состоянии заполнять полости литейной формы и четко воспроизводить все контуры отливки. Она зависит от многих физических и физико-химических свойств сплава.

Хорошая жидкотекучесть важна при проведении комплекса мероприятий для получения плотных качественных отливок (улучшает условия вывода за пределы отливки усадочных раковин, уменьшает опасность образования всех видов пористости, трещин и т. д.).

Наличие в металлах и сплавах примесей может в одних случаях ухудшать жидкотекучесть, а в других – улучшать ее. Модифицирование иногда значительно улучшает жидкотекучесть, а иногда уменьшает ее (например, у сплавов системы Al–Si). Присутствие в алюминии незначительного количества железа, кремния и титана заметно ухудшает его жидкотекучесть. Во всех сплавах легкоплавкие эвтектики улучшают жидкотекучесть.

Жидкотекучесть связана и со степенью переохлаждения. При заливке в металлические формы заэвтектических алюминиевых сплавов наблюдается большая жидкотекучесть, чем у эвтектических.

Способность сплавов заполнять полости формы связана и с поверхностным натяжением. Чем больше поверхностное натяжение, тем меньшей жидкотекучестью обладает сплав. Жидкотекучесть зависит также и от характера движения потока. При турбулентном движении она будет меньшей, чем при ламинарном.

Газы в литейных сплавах в одних случаях являются вреднейшими примесями, а в других используются для получения высококачественных плотных отливок и даже для улучшения ряда свойств (например, прочности, твердости, жаропрочности и др.). В металлах и сплавах газообразные элементы могут присутствовать в следующих видах:

- газовых включений (раковин и сферических пузырей);
- твердых химических соединений с элементами, входящими в состав сплава (окислов, нитридов, гидридов и др.);
- жидких и твердых растворов, в этом случае атомы газообразных элементов могут располагаться между атомами основного металла или войти (внедриться) в его кристаллическую решетку;
- тонких слоев, адсорбированных на поверхности металла или сплава, например, в чугунах адсорбция газов может происходить на поверхности графитовых включений, расположенных в толще металлической матрицы.

Неметаллические включения в затвердевшем сплаве являются телами, нарушающими сплошность и единообразие его структуры. Твердые неметаллические включения часто имеют острые углы и края, в которых образуются значительные концентрации напряжений. Тугоплавкие для данного сплава включения, температура плавления которых превышает температуру плавления данного сплава, обычно располагаются внутри

кристаллов. Легкоплавкие включения входят в эвтектические «сетки» и размещаются по границам зерен, часто вызывая хрупкость или краснотомкость. Неметаллические включения могут неблагоприятно сказаться и на процессах вторичной кристаллизации.

Усадка. Общее уменьшение объема и размеров отливок при охлаждении называется усадкой. В течение нескольких секунд на всей поверхности отливки образуется мелкозернистая корочка, постепенно увеличивающаяся по толщине. В связи с этим дальнейшее охлаждение отливки, а также ее затвердевание происходят внутри оболочки почти без контакта с окружающей атмосферой. Вследствие уменьшения объема в отливках из ряда сплавов образуются полости (усадочные раковины или рыхлоты). Некоторые сплавы (например, серый чугун) при затвердевании увеличиваются в объеме, т. к. наблюдается выделение графита, имеющего меньшую плотность и больший удельный объем, чем исходный сплав. Дальнейшее уменьшение объема и размеров отливок из всех сплавов происходит при последующем их охлаждении в твердом состоянии.

В литейном производстве различают объемную и линейную усадку. Под объемной усадкой подразумевают разницу между объемом жидкого сплава, заполнившего полость формы, и объемом отливки после ее полного охлаждения. Линейной усадкой называют разницу линейных размеров полости формы и охлажденной отливки. Для удобства усадку обычно выражают в процентах по отношению к первоначальному объему жидкого сплава (объемная усадка) или первоначальным размерам в полости формы (линейная усадка). Можно считать, что для ряда сплавов объемная усадка приблизительно в три раза больше линейной

Уменьшению усадочных раковин и рыхлости способствуют понижение температуры и скорости заливки, увеличение скорости охлаждения отливки при ее затвердевании, меньшая толщина стенок, применение металлических форм и т. д.

Ликвацией называется неоднородность по химическому составу как в отдельных частях отливки (зональная ликвация), так и в отдельных кристаллитах сплава (внутрикристаллитная ликвация); кроме того, она может иметь место при значительно разной плотности составляющих сплава (ликвация по плотности). Ликвация – крайне нежелательное явление в отливках, т. к. она может привести к понижению их свойств.

Внутренние литейные напряжения. К литейным напряжениям относятся те напряжения, которые вызываются в отливке затрудненной усадкой (усадочные напряжения), неодинаковым охлаждением ее отдельных частей (тепловые напряжения) и изменением кристаллического строения отливки (фазовые напряжения).

Охлаждение отдельных частей отливки происходит неодинаково: сразу после заливки охлаждаются быстрее тонкие части и медленнее толстые, затем тонкие части усиливают отвод теплоты от толстых частей и тем самым ускоряют их охлаждение. Поэтому между отдельными частями отливки при их неравномерном охлаждении возникают тепловые напряжения. В некоторых сплавах в процессе охлаждения изменяются их структура и размеры отдельных зерен, что вызывает увеличение или уменьшение объема отливок, так называемые фазовые превращения, совершающиеся в толстых и тонких частях в разное время. Такие фазовые превращения наблюдаются,

например, в структуре стали многих марок. Все это вызывает литейные напряжения в отливках, приводящие к следующим явлениям:

1) если напряжения меньше предела текучести сплава, то в отливках останутся внутренние напряжения, которые могут усилиться напряжениями, получающимися при последующей обработке или эксплуатации;

2) если напряжение больше предела текучести, но меньше предела прочности сплава, то произойдет искривление (коробление) отливки;

3) если напряжение больше предела прочности сплава, то в отливке образуются трещины, что может привести к ее разрушению.

Причина брака	Способы предупреждения
<i>Несоответствие структуры</i>	
Отклонение состава металла Нарушение температурного режима плавки, модифицирования и заливки Несоответствие начальной температуры кокиля Нарушение режима нанесения на кокиль теплозащитного покрытия	Соблюдение установленных для данного технологического процесса: состава металла; режима плавки; состава, количества и режима ввода модификатора; режима заливки; начальной температуры кокиля; состава и толщины теплозащитного покрытия
<i>Газовые раковины</i>	
Подсос воздуха при заливке Повышенное газосодержание заливаемого металла Недостаточная вентиляция полости кокиля Низкая температура заливаемого металла Холодный кокиль и непросушенное теплозащитное покрытие Перегретый кокиль Сильно окисленная поверхность кокиля при значительном разгаре Повышенная газотворная способность песчаного стержня	Изменение конструкции литниковой системы с целью исключения возможности отрыва струи от поверхности формы и разбрызгивания потока при входе в рабочую полость Изменение состава шихты и повышение температуры перегрева Увеличение сечения вентиляционных отверстий и устройство дополнительных Повышение температуры заливаемого металла Подогрев кокиля, тщательное просушивание покрытия Охлаждение кокиля и в дальнейшем поддержание оптимальной частоты заливки и режима охлаждения формы Очистка кокиля, ликвидация сетки трещин (обычно путем механической обработки), нанесение на кокиль при консервации антикоррозионного покрытия Снижение газотворной способности связующего, тщательное высушивание стержня, снижение скорости заливки металла
<i>Недоливы и неспаи</i>	
Недостаточная жидкотекучесть расплава Большая протяженность литниковой системы	Повышение температуры заливаемого металла, снижение содержания серы и повышение содержания фосфора и кремния (не более 3%) Устройство коротких литниковых систем, заливка сверху
Причина брака	Способы предупреждения
Ускоренное охлаждение потока расплава	Повышение начальной температуры кокиля, тщательное нанесение теплозащитного покрытия на кокиль в зоне литниковой системы

	Трещины
Нетехнологичность конструкции отливки	Упрощение конструкции отливки: выполняются плавные переходы, вводятся галтели, уклоны и др.
Разъем кокиля по кромке отливки	Перенос разъема формы на расстояние не менее 2—3 мм от кромки отливки
Местный перегрев отливки	Рассредоточивание подвода металла
Недостаточная податливость формы	Применение податливых песчаных стержней, раннее извлечение металлических стержней, раскрепление кокиля и извлечение отливки из формы
Залив металла по поверхностям сопряжения частей кокиля	Тщательная сборка формы, подгонка частей кокиля
Ускоренное и неравномерное охлаждение отливки после извлечения из кокиля	Замедление охлаждения отливки, например путем помещения ее в термостат

4. Принципы проектирования отливок, получаемых литьем в кокиль.

При проектировании отливок необходимо стремиться выполнить ряд требований.

1. Отливки должны иметь простое внешнее очертание с минимальным числом ребер, выступов и внутренних полостей.

2. Конструкция отливки должна обеспечивать высокий уровень ее служебных характеристик (прочность, жесткость, герметичность и т. д.) при заданной массе и точности конфигурации.

3. Конструкция отливки должна учитывать взаимодействие отливки с формой с тем, чтобы обеспечить правильное формирование основных свойств отливки, т. е. плотности, структуры, механических свойств, стабильности размеров и параметров шероховатости поверхности.

4. Конструкция отливки должна быть достаточно технологичной, т. е. удобной для изготовления выбранным способом литья.

5. Конструкция отливки должна обеспечивать минимальное количество и протяженность мест обрубки и очистки, удобство осуществления обрубки и очистки, удобство и минимальный объем последующей механической обработки.

6. Базовые поверхности отливки должны иметь расположение, удобное для обработки резанием.

7. Материал отливки должен быть достаточно технологичным и экономичным при заданном способе литья.

8. Конструкция отливки при данных условиях изготовления должна предусматривать минимальный расход металла.

9. Отливка должна быть компактной. Излишне крупные отливки желательно расчленить на несколько частей.

Исходные данные для проектирования заготовки - чертеж готовой детали, сведения о годовой программе выпуска, материале детали, ее назначении и др. При разработке чертежа литой заготовки прежде всего следует оценить ее технологичность. Для этого необходимо прежде всего внимательно изучить конструкцию детали, при возможности, упростить ее конфигурацию. Необходимо оценить возможность получения внутренних полостей, помня, что увеличение количества стержней существенно повышает трудоемкость изготовления и сборки форм, увеличивает вероятность появления брака по перекосу или искажению размеров из-за неточности установки стержней. Одновременно необходимо оценить

и при необходимости откорректировать толщину стенок, их сопряжения и переходы, ребра жесткости и др.

Затем определяют минимально допустимую толщину стенки, выбираемую в зависимости от материала отливки, его механических и технологических свойств, от способа литья, конфигурации, размеров и назначения отливки. Необходимо стремиться к минимальной толщине стенок. Если толщина стенок завышена, это может привести к появлению усадочных рыхлотов, пористости и других дефектов. В конечном итоге по этой причине прочность стенок снижается и увеличивается расход металла. Требуемую прочность и жесткость стенок отливки следует обеспечивать за счет использования ребер жесткости. Если толщина стенок занижена, то отливку трудно получить технологически (возможно не заполнение формы, неслитины, трещины и т. п.). Кроме того, в отливках сложной конфигурации с тонкими стенками за счет усадочных напряжений могут появиться коробления и трещины.

Минимальная толщина стенок назначается так, чтобы обеспечить необходимую расчетную прочность и удовлетворить требованиям технологии выбранного способа литья.

В зависимости от условий охлаждения и материала отливки в некоторых случаях в полученные толщины стенок вносятся определенные коррективы. Так, толщина внутренних стенок для чугунных и алюминиевых отливок должна быть на 10...20 % меньше толщины наружных стенок. Для отливок из модифицированного и высокопрочного чугунов толщину стенок увеличивают на 15...20 % по сравнению с отливками из серого чугуна. Если отливка изготавливается из легированных сталей, толщину стенки увеличивают на 20...30 % по сравнению с однотипными Отливками из углеродистых сталей.

Если полученная минимальная толщина стенки окажется больше указанной в чертеже, необходимо по согласованию с конструктором произвести соответствующую корректировку. После этого назначают напуски, допуски размеров, припуски на механическую обработку, формовочные уклоны.

Напуски назначают на тех участках отливки, где отверстия, впадины, полости и тому подобное получить способами литья трудно или невозможно. В случае необходимости напуски удаляются затем механической обработкой.

Напуск можно назначать *методом «теней»* (рисунок 4.2). Назначение напусков в «теневых» участках позволяет упростить технологическую оснастку, технологию изготовления и в конечном итоге получить более качественные отливки.

Минимальный диаметр отверстий, выполняемых литьем, выбирают так, чтобы избежать сильного перегрева и пригара стержня к стенкам отверстия. Возможность спекания стержневой смеси и пригара определяется массой окружающего металла, поэтому минимальный размер литых отверстий зависит от толщины стенки (т. е. длины стержня).

Исходный диаметр d_0 на практике выбирается в зависимости от материала отливки. Если указанный в чертеже размер отверстия меньше полученного расчетом d_{min} , отверстие литьем не изготавливают.

Допуски на линейные размеры отливок назначаются по ГОСТ 26645-85 в зависимости от класса точности и номинального размера. Допуски угловых размеров в пересчете на линейные не должны превышать установленных значений.

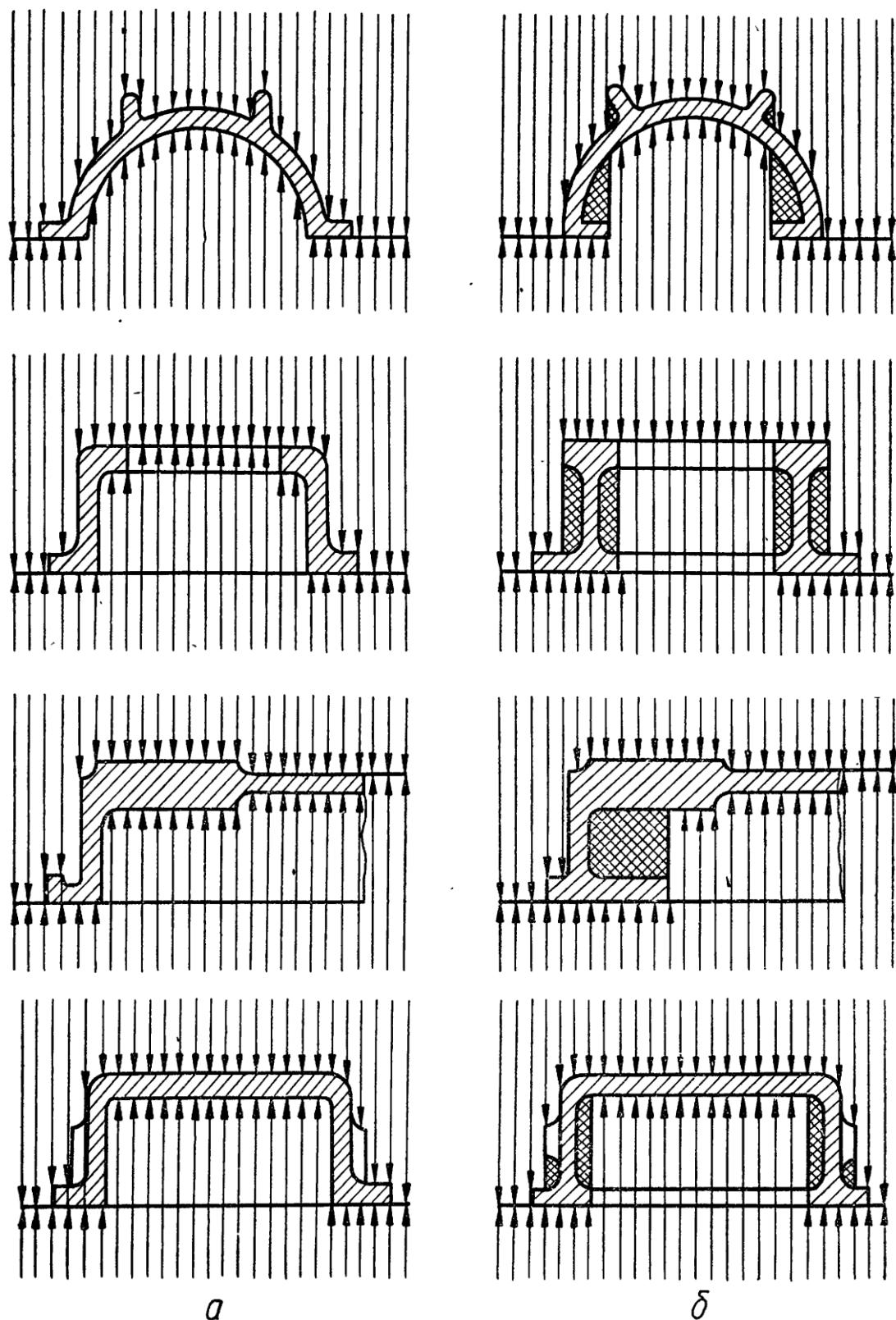


Рисунок 4.2 – Определение напусков методом «теней»: а – напуски не требуются; б – напуски необходимы (заштрихованные участки)

Для размеров элементов отливки (кроме толщин стенок), расположенных в одной части формы и не подвергаемых механической обработке, предпочтительно несимметричное одностороннее расположение полей допусков «в тело», т. е. для

охватывающих элементов (отверстие) — «в плюс», а для охватываемых (вал) — «в минус». Для размеров всех остальных элементов отливок, как не подвергаемых механической обработке, так и подвергаемых, рекомендуется симметричное расположение полей допусков.

Припуски на механическую обработку отливки (на сторону) различают основные и дополнительные.

Основные припуски выбираются в зависимости от допусков на соответствующий размер отливки и ряда припусков. Под *номинальным размером* при установлении припусков следует понимать номинальное расстояние между обработанной поверхностью и базой ее механической обработки, а при обработке поверхностей вращения — их номинальный диаметр.

Дополнительный припуск на механическую обработку предназначен для компенсации отклонений расположения элементов отливки: коробления, смещения по плоскости разреза и т. п.

Общий припуск на механическую обработку определяется как сумма основного и дополнительного припусков.

Формовочные уклоны назначаются на вертикальных стенках отливки с целью облегчения удаления модели из формы и стержня из стержневого ящика. Уклоны устанавливаются по ГОСТ 3212-80 в зависимости от размеров углублений, высоты формообразующей поверхности, способа литья и вида модельного комплекта. На обрабатываемых поверхностях уклон устанавливается сверх припуска на механическую обработку (рисунок 4.3, а), на необрабатываемых и несопрягаемых поверхностях — путем одновременного увеличения и уменьшения размеров отливки (рисунок 4.3, в), на необрабатываемых, но сопрягаемых поверхностях — путем уменьшения или увеличения размеров (рисунок 4.3, б, г).

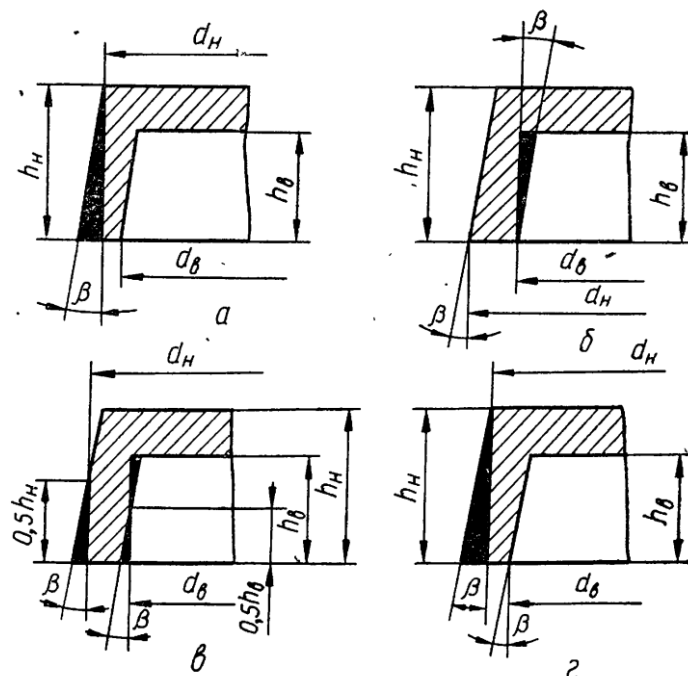


Рисунок 4.3 – Назначение уклонов для различных поверхностей

Формовочные уклоны могут исказить форму необрабатываемых поверхностей (рисунок 4.4), поэтому на чертеже литой заготовки целесообразно их показывать. Образование уступов не следует допускать.

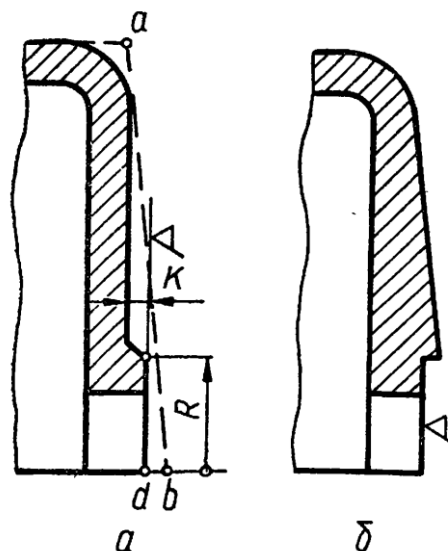


Рисунок 4.4 – Пример искажения конфигурации детали формовочным уклоном:
а – прочерчивание уклона при проектировании уклона модели;
б – фактическая конфигурация литой детали после механической обработки

После формирования контура отливки в местах перехода от одного элемента к другому назначают радиусы закруглений, которые в значительной степени определяют качество литой заготовки. Слишком малые радиусы в сопряжениях стенок ведут к трещинам, завышенные – к появлению усадочных рыхлот.

Радиусы закруглений в сопряжениях в зависимости от материала отливки, толщины сопрягаемых стенок и угла, образованного между ними. Соотношения сопрягаемых элементов, а также радиусы закруглений наружных углов следует брать по соответствующим таблицам в справочниках.

При проектировании отливки необходимо учитывать ее положение в форме. Она должна располагаться так, чтобы обеспечить спокойное заполнение формы без разрушения струей металла отдельных участков формы или стержней. Конструкция формы должна обеспечивать направленную кристаллизацию отливки снизу вверх с тем, чтобы усадочные раковины, примеси, неметаллические включения выводились в части отливки, удаляемые при обрубке и очистке (выпоры, прибыли, припуски на механическую обработку). В связи с этим, чтобы уменьшить дефекты, массивные и ответственные элементы отливок следует располагать в нижней половине формы, в крайнем случае – вертикально. Поверхности, связанные между собой точными размерами, рекомендуется располагать в одной половине формы желательно в нижней), чтобы не возникло искажений из-за смещения полуформ при сборке.

Отливки, имеющие удлиненные продольные размеры, патрубки, пустотелые коробки, рамы, плиты следует располагать так, чтобы более протяженный габарит был горизонтальным. В этом случае поверхность разъема (или опоры) модели будет иметь более удобное (горизонтальное) положение.

Элементы отливок с малой и равномерной толщиной стенок следует располагать в верхней части формы для обеспечения хорошего подвода металла соответствующей конструкцией питателей. Тонкостенные элементы отливок желательно располагать вертикально или наклонно, чтобы в них не скапливались газовые пузыри. Детали типа тел вращения рекомендуется формировать с вертикальным расположением оси

вращения, чтобы обеспечить верхний отвод газов из стержней. Отливку в форме следует располагать так, чтобы общая высота формы была минимальной, а полуформы имели примерно одинаковую высоту.

Тема 5: Производство заготовок литьём под давлением.

1. Особенности литья под давлением. Его достоинства, недостатки, области применения.

Литье под давлением по технологическим и экономическим показателям занимает ведущее место среди способов получения отливок, так как при наибольшем приближении формы и размеров отливки к готовой детали, высокой точности и чистоте поверхности этот способ обеспечивает и наиболее высокий уровень производительности труда, возможность полной автоматизации технологического процесса.

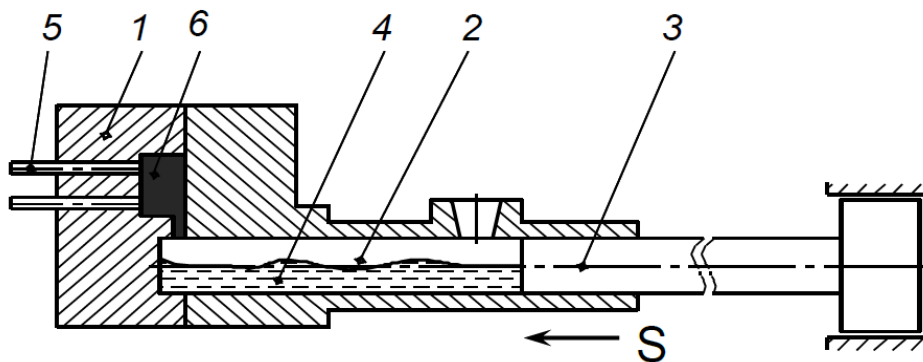


Рисунок 5.1 – Условная схема холодной горизонтальной камеры прессования: 1 – пресс-форма; 2 – камера прессования; 3 – поршень; 4 – расплав; 5 – выталкиватели отливок; 6 – отливка

Литьем под давлением изготавливают сложные тонкостенные отливки из легкоплавких цветных сплавов на основе алюминия, магния, цинка, меди. Масса полученных отливок находится в пределах от нескольких граммов до десятков килограммов, характер производства, как правило, массовый или крупносерийный. Наибольшей эффективности достигают при получении отливок массой 0,15-0,20 кг, ранее изготавливаемых из проката с применением большого объема фрезерных работ. Применение черных металлов (стали и чугуна) для литья под давлением ограничено, так как при этом наблюдается очень низкая стойкость литейных форм.

При переводе деталей на литье под давлением необходимо учитывать особенности формирования отливок при данном способе литья. Сочетание двух особенностей процесса – металлической формы и давления, на жидкий металл в период его заливки в форму – позволяет получать плотные отливки с высокими механическими свойствами, с высокой точностью размеров и малой шероховатостью поверхности. Практикой установлено, что точность изготовления деталей литьем под давлением соответствует в основном 12-му качеству, однако тщательной доводкой форм можно добиться увеличения точности размеров до 11-го и даже 10-го качествен. С увеличением размеров отливки точность размеров последней падает.

У отливок, получаемых литьем под давлением, параметр шероховатости поверхности $Rz = 40-20$ мкм, однако на шероховатость поверхности большое влияние оказывает состояние поверхности пресс-форм.

Как правило, детали, полученные литьем под давлением, не подвергают механической обработке, за исключением посадочных мест.

Прочность отливок при литье под давлением на 15-20% превышает прочность отливок из того же сплава, изготовленных литьем в песчано-глинистые формы. Пластические свойства отливок несколько снижаются, так как в процессе заполнения формы металлом воздух, находящийся в форме, и газы, образующиеся при сгорании смазки, создают газовоздушную пористость в добавление к тому количеству газов, которое находится в металле в растворенном состоянии. Газовоздушная пористость уменьшает плотность и герметичность отливок.

Литьем под давлением получают отливки различного назначения: детали приборов, корпуса, платы, панели, шестерни, детали автомобилей, тракторов, самолетов, двигателей внутреннего сгорания, электрических машин, буровых установок и т.п.

Основные преимущества литья под давлением по сравнению с литьем в песчано-глинистые формы следующие:

- многократное использование литейных форм;
- полное исключение формовочных и стержневых смесей;
- высокая точность размеров и чистота поверхности, практически не требующих механической обработки;
- возможность получения отливок с малой толщиной стенок (менее 1 мм) большой протяженности;
- полное исключение трудоемких операций формовки, сборки и выбивки форм;
- возможность комплексной автоматизации производственного процесса.

К недостаткам способа литья под давлением относятся следующие:

- высокая стоимость пресс-форм, сложность и длительность их изготовления;
- невысокая стойкость пресс-форм, особенно при литье сплавов с высокой температурой плавления (сталь, чугун, медные сплавы); поэтому необходимо оценивать экономичность применения этого способа с учетом стойкости пресс-форм;
- трудность выполнения отливок со сложными полостями и поднутрениями;
- неподатливая металлическая форма, способствующая появлению напряжений в отливках при охлаждении, что также ограничивает номенклатуру применяемых сплавов.

В связи с этим при назначении литья под давлением как способа получения заготовок необходимо учитывать технологические свойства материала детали. Сплавы для литья под давлением должны обладать следующими свойствами:

- узким интервалом кристаллизации, необходимым для получения отливок в равномерной плотности;
- достаточными прочностью и пластичностью при высоких температурах во избежание разрушения отливки при ее извлечении из формы;
- высокой жидкотекучестью;
- малой степенью привариваемости к материалу формы;
- стабильностью химического состава при длительной выдержке в раздаточных печах.

Преимущества и недостатки процесса являются комплексом взаимосвязанных факторов, от которых зависит решение конкретных конструкторских задач при проектировании детали для литья под давлением. При разработке чертежа готовой детали необходимо учитывать все технологические требования, предъявляемые к литым деталям, а также те специфические требования, которые следует внести в чертеж детали при изготовлении ее литьем под давлением.

2. Разновидности прессформ и машин для литья под давлением.

Пресс-формы изготовляют из специальных жаростойких хромистых сталей марок 3ХВ8, 4ХВ8, 5ХНМ, инструментальных углеродистых сталей У8, У10. Стойкость пресс-формы определяется числом годных отливок, получаемых в ней.

Стойкость пресс-формы из термически обработанной стали для литья алюминиевых сплавов составляет 60000–200000 отливок, а пресс-формы из стали 3Х2В8 с присадкой ванадия для литья латуни (60% Cu, 40% Zn) – 5000–50000 отливок.

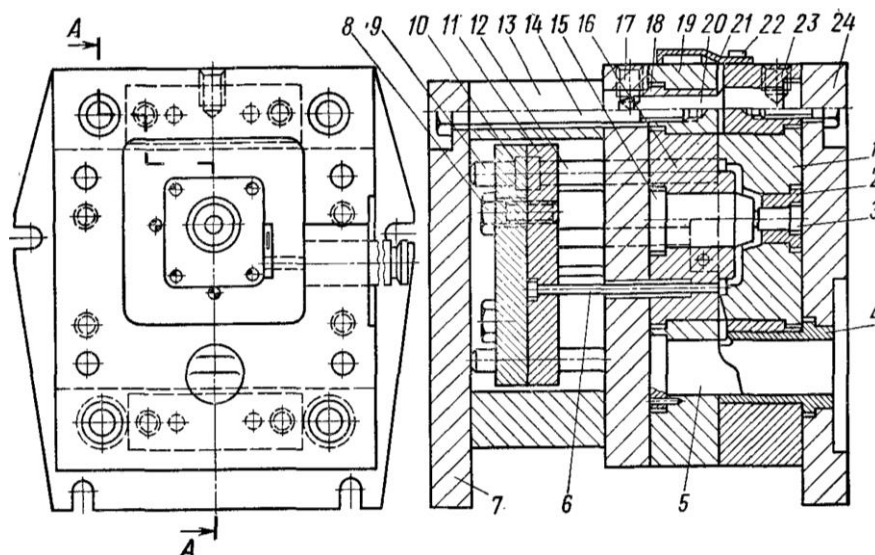


Рисунок 5.2 – Конструкция пресс-формы для литья под давлением

По плоскости разъема пресс-форма (рисунок 5.2) делится на две части: неподвижную (матрицу) и подвижную (пуансон), имеющую приспособление для выталкивания отливки. Матрицу крепят к неподвижной части машины со стороны камеры прессования. Отливка всегда находится в той части формы, которая имеет большее число выступов, образующих ее внутренние контуры и поднутрения.

Рабочую часть матрицы, соприкасающуюся с жидким металлом, изготовляют в виде сменных вкладышей 1. Литниковый канал выполняют во втулке 4. Вкладыш 1 и литниковую втулку 4 закрепляют на плите 23 с направляющими колоннами 20, устанавливающими в определенное положение части формы во время работы. К плите 23 винтами 22 крепят щит 21, предохраняющий от брызг металла. В этой же плите делают при необходимости каналы для охлаждения формы и вентиляционные каналы для выхода газов и воздуха из полости пресс-формы. Некоторые стержни, оформляющие полость в отливке, устанавливают в матрице и закрепляют вкладыш, вставку 2, стержень 3 подкладной плитой 24.

Рабочую часть пуансона выполняют в виде вкладыша 16 устанавливаемого в плите 19. Для направления струи металла служит рассекатель 5. В местах расположения отверстий под направляющие колонны 20 матриц ставят сменные направляющие втулки 18, Стержни 15, рабочая часть которых перпендикулярна плоскости разъема формы, закрепляют в ней неподвижно. В пресс-формах часто используют подвижные, а также и съемные стержни, для удаления их иногда применяют специальные механизмы – приводы.

Вкладыши, стержни и вставки крепят на плите пуансона подкладной плитой 17 у плиты пуансона и подкладную – болтами 14 к постаменту, состоящему из стоек 13 и плиты 7.

Отливка из подвижной части формы удаляется выталкивателями 6. Торцы выталкивателей устанавливают на 0,3–0,5 мм выше или ниже оформляющей поверхности пресс-формы. Выталкиватели 6 закрепляют в плитах 10 и 11, соединенных болтами 8 с приводом. Выталкиватели устанавливают в положение, которое они должны занимать при закрытой пресс-форме, контрвыталкивателями 12, а для удержания их при запрессовке металла в пресс-форму предусмотрены упоры 9. Размеры рабочих поверхностей пресс-формы должны быть в пределах 3-го класса точности, а посадочные размеры сопрягаемых частей 2–3-го классов точности. Обычно основные элементы пресс-формы: плиты пуансона и матрицы, плиты толкателей, сами толкатели, стержни, рассекатели и т. д. нормализованы, а вкладыши матрицы и пуансона делают сменными.

Для повышения стойкости пресс-формы предусмотрено охлаждение ее рабочей поверхности воздухом, а стенок – водой, циркулирующей по каналам внутри стенок.

Литье под давлением осуществляется на машинах с горячей и холодной камерами прессования.

Машины с горячей камерой прессования (рисунок 5.3) применяют для легкоплавких сплавов на основе цинка, свинца, олова. Камера прессования 1 находится непосредственно в тигле 2 с жидким металлом и сообщается с ним отверстием 3, через которое поступает металл. При движении поршня 4 вниз отверстие 3 перекрывается, и жидкий металл по обогреваемому каналу 5 поступает в полость формы 6. После затвердевания отливки поршень возвращается в исходное положение и остатки жидкого металла из канала 5 сливаются в камеру прессования. Пресс-форма раскрывается, отливка удаляется из нее, после чего пресс-форма закрывается и цикл повторяется.

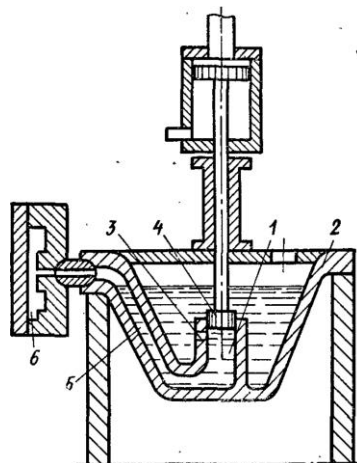


Рисунок 5.3 – Схема машины для литья под давлением с горячей камерой прессования

Машины с горячей камерой прессования имеют недостаток: некоторые рабочие органы машины (поршень, камера прессования) постоянно находятся в расплаве и поэтому быстро выходят из строя. По этой же причине на таких машинах нельзя применять высокие давления прессования.

Машины с холодной камерой прессования применяют в основном для литья сплавов алюминия, меди и магния. Расплавленный металл обычно подается из печи в прессовый стакан мерным ковшом вручную или специальными автоматическими устройствами. Камеру прессования устанавливают так, что прессующий поршень может перемещаться или вертикально, или горизонтально. Соответственно различают и машины с вертикальной или горизонтальной камерами прессования. В последнее время преимущественно выпускают машины с горизонтальной камерой прессования, так как на них можно развивать большие усилия прессования.

В современных машинах с холодной камерой прессования при литье алюминиевых и медных сплавов давление обычно достигает 300–1500 кгс/см². Высокие давления прессования порядка 2000 кгс/см² характерны для современных машин с холодными камерами. На рисунке 5.4 показана схема работы машины с вертикальной холодной камерой прессования.

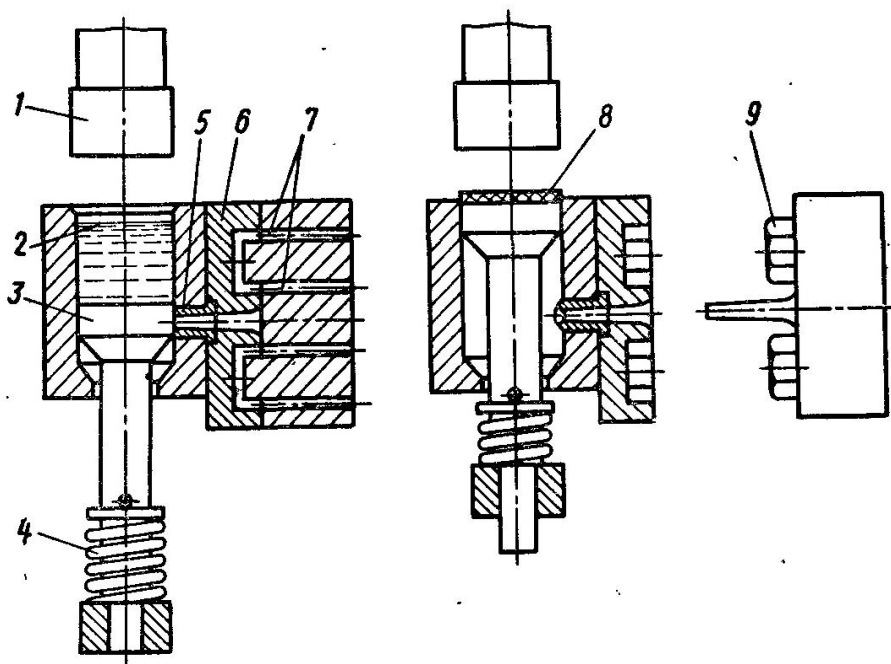


Рисунок 5.4 – Схема работы машины с холодной вертикальной камерой прессования

Расплавленный металл подаётся в камеру прессования 2 и поршнем 1 через мундштук 5 в пресс-форму, состоящую из подвижной половины 7 и неподвижной 6. Остаток металла 8 из камеры 2 выталкивается нижним поршнем 3 с пружиной 4. Готовая отливка 9 вместе с литниками вынимается из подвижной части 7 пресс-формы.

Современные машины для литья под давлением алюминиевых сплавов оборудованы автоматическими заливочными устройствами плавильными печами с регулированием температуры сплава в раздаточной печи и автоматической подачей порции сплава в форму

Тема 6: Производство заготовок центробежным литьём.

1. Особенности центробежного литья. Его достоинства, недостатки, области применения. Оборудование для центробежного литья.

Центробежное литье – это способ изготовления отливок, при котором заливаемый в форму металл подвергается действию центробежных сил, возникающих в жидком металле при заливке во вращающуюся форму или, в отдельных случаях, в результате вращения уже заполненной металлом формы. Центробежное литье является типичным видом литья, при котором используются формы как разовые, так и постоянные. Это дает возможность комбинировать центробежное литье с другими видами литья, например с литьем по выплавляемым моделям.

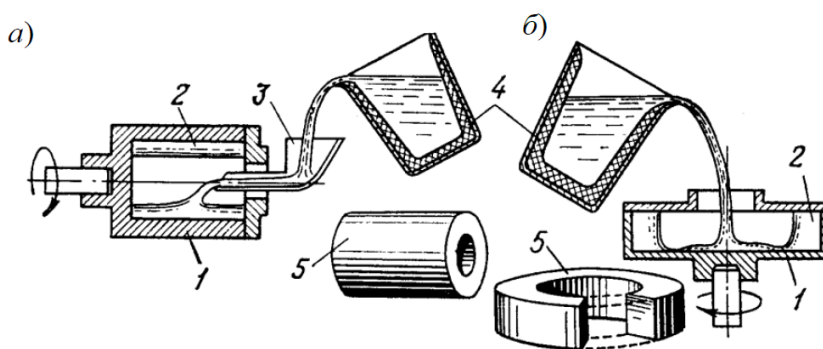


Рисунок 6.1 – Схема центробежного литья на машине с горизонтальной (а) и вертикальной (б) осями вращения

Наибольший технико-экономический эффект дает применение центробежного литья при крупносерийном и массовом производствах отливок типа тел вращения. К числу таких изделий относятся трубы (различного назначения) из чугуна, стали, цветных металлов, жаростойких, коррозионно-стойких и твердых сплавов, втулки, цилиндрические гильзы, тракторные и автомобильные детали, кольца подшипников скольжения, железнодорожные и трамвайные бандажи и т.п. Большое распространение получил способ центробежного литья биметаллических изделий. Наибольших масштабов достигло применение центробежного литья в производстве чугунных труб.

Центробежное литье фасонных деталей следует применять только в тех случаях, когда обычным литьем в неподвижные формы эти изделия либо невозможно получить, либо получают с низкими технико-экономическими показателями. Особенно это эффективно при изготовлении отливок:

- тонкостенных деталей с извилистыми очертаниями, с тонким и острым рельефом, малыми радиусами закруглений;
- требующих улучшенного питания из прибыльной части, больших плотности и чистоты металла;
- из сплавов с пониженной жидкотекучестью.

Для литья из титановых сплавов это пока единственный способ получения качественных отливок.

При центробежном литье массу и габаритные размеры отливок устанавливают в зависимости от конструкции машин. Качество поверхности отливок и точность их

изготовления определяют видом применяемой формы: постоянной металлической или разовой. Материал металлических форм – чугун или сталь. Разовые формы бывают песчано-глинистые (сырые или сухие), керамические или собранные из стержней.

Условия затвердевания центробежных отливок во многом отличаются от условий затвердевания в стационарных формах. Поэтому необходимо знать особенности формирования отливок при центробежном литье и учитывать эти особенности при выборе данного способа литья. В процессе затвердевания при центробежном литье происходит утяжеление частиц сплава (за счет центробежных сил), что является самой характерной особенностью данного способа. При этом значительно улучшаются условия питания отливок, обеспечивающие получение плотных беспористых изделий. Однако химическая неоднородность (ликвация) у центробежных отливок выражена значительно более резко, чем у стационарных отливок.

К основным преимуществам этого способа литья можно отнести:

- высокую плотность отливок вследствие малого количества межкристаллических пустот усадочного и газового происхождения; в ряде случаев центробежные отливки по своим свойствам оказываются на уровне поковок, а по экономии металла и снижению трудозатрат превосходят их;

- меньший расход металла из-за отсутствия литниковой системы или снижения массы литников;

- исключение затрат на изготовление стержней для получения полостей в цилиндрических отливках;

- улучшение заполняемость формы металлом;

- получение отливок из сплавов, обладающих низкой жидкотекучестью;

- возможность получения дву- и многослойных, а также армированных изделий.

Центробежному способу литья свойственны и недостатки:

- трудность получения качественных отливок из ликвирующих сплавов;

- неточность диаметра полости отливок со свободной поверхностью;

- загрязнение свободной поверхности отливок ликвидами и неметаллическими включениями, а у толстостенных отливок эта поверхность может иметь пористость, что вынуждает увеличивать припуск на механическую обработку свободных поверхностей на 25 %;

- для получения отливок требуются специальные машины; литейные формы дорогостоящие, они должны иметь высокие прочность и герметичность ввиду повышенного давления металла.

Тема 7: Производство заготовок литьём по выплавляемым моделям.

1. Особенности литья по выплавляемым моделям. Его достоинства, недостатки, области применения.

Литье по выплавляемым моделям – это способ получения отливок в многослойных оболочковых неразъемных разовых формах, изготавливаемых с

использованием выплавляемых, а также выжигаемых и растворяемых моделей однократного применения. Материал отливок – любые сплавы.

Точность основного размера отливки 3...9 (ГОСТ 26645-85), что соответствует 10...14 квалитетам (ГОСТ 25347-82). Шероховатость поверхности $R_z = 10...20$ мкм.

Для изготовления формы применяют пресс-формы разъемные, точность которых выше моделей. В них в качестве модельного состава, размещаемого внутри, используют выплавляемые (воск) или выжигаемые материалы (пенополистирол). Поместив пресс-форму в автоклав и нагрев модельный состав до температуры плавления, получают модель. По модели изготавливают многослойную керамическую оболочку с необходимой прочностью на основе кварца, корунда, магнезита, а также связующих материалов (жидкое стекло и др.). При литье сплава на базе титана применяют графит, его температура плавления составляет 1713 °С.

Изготовив многослойную керамическую оболочку по модели, ее выплавляют горячей водой, насыщенным паром либо выжигают (пенополистирол), затем прокаливают до температуры 850...950 °С. Пример блока отливки представлен на рисунок 7.1.

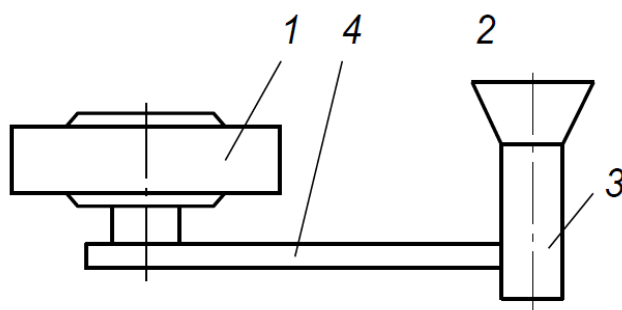


Рисунок 7.1 – Блок отливки шестерни: 1 – отливка; 2 – верхняя прибыль; 3 – стояк; 4 – питающий коллектор

Перед заливкой модель с подводящей литниковой питающей системой помещают в псевдокипящий песок. Необходимость придания жаропрочных свойств деталям сложной формы определило дальнейшее совершенствование литья с направленной кристаллизацией. Получают отливки из 2...4 кристаллов, ориентированных вдоль оси заготовки. Столбчатая структура повышает жаропрочность, пластичность, термостойкость и выносливость отливок по сравнению с равноосной структурой. Направленная кристаллизация со скоростью роста 25...30 см/ч увеличивает длительную прочность жаропрочных сплавов при 975 °С на 10...15 %, пластичность – в 1,5...2 раза, сопротивление усталости – на 20 %.

Литье по выплавляемым моделям широко применяют для производства мелких сложных отливок в приборо-, автомобиле-, тракторостроении и других отраслях машиностроения. Посредством выплавляемой модели, которая может быть составлена из отдельных частей путем пайки или склеивания, можно отливать сложные цельные детали, которые не удастся изготовить другими способами обработки металлов. Этим способом получают детали турбинных лопаток из жаропрочных сплавов, которые плохо обрабатываются резанием, колеса насосов из коррозионностойких сплавов, детали турбомашин, постоянные магниты с ориентированной кристаллической структурой и др.

К недостаткам литья по выплавляемым моделям относятся следующие:

– повышенная температура заливки и применение предварительно нагретых форм приводят к снижению механических свойств и способствуют образованию более глубокого обезуглероженного слоя на поверхности отливок;

– у отливок из титановых сплавов наблюдается повышенная твердость поверхностного слоя толщиной 0,2 - 2,0 мм;

– литье по выплавляемым моделям является наиболее длительным и трудоемким технологическим процессом среди всех способов литья.

Экономичность способа определяется правильно выбранной номенклатурой отливок. Данный способ наиболее рентабелен:

– при крупносерийном и массовом производствах мелких, но сложных и ответственных деталей, с высокими требованиями к точности размеров и чистоте поверхности; особенно эффективно применение литья по выплавляемым моделям» если требования по чистоте поверхности и точности размеров литых деталей могут быть обеспечены в литом состоянии без последующей механической обработки или когда требуется механическая обработка только сопрягаемых поверхностей;

– для деталей сложной конфигурации, которые нельзя изготовить как одно целое никакими иными способами;

– при изготовлении отливок со сложными внутренними очертаниями, когда достигается снижение себестоимости отливки за счет экономии металла;

– для деталей, изготавливаемых из металлов и сплавов, которые не поддаются обработке давлением и сплавов с низкими литейными свойствами.

Не рекомендуется применять литье по выплавляемым моделям в случаях, если на детали указаны более жесткие допуски, чем можно получить при литье, или когда требования, предъявляемые к детали, могут быть обеспечены каким-либо иным, менее дорогостоящим способом. Экономическую целесообразность изготовления деталей методом литья по выплавляемым моделям необходимо устанавливать в каждом конкретном случае, сравнивая себестоимость литой детали с себестоимостью изготовления детали механической обработкой или другим способом литья.

Тема 8: Производство заготовок литьём в оболочковые формы.

1. Особенности литья в оболочковые формы. Его достоинства, недостатки, области применения.

Литье в оболочковые формы является прогрессивным способом получения отливок с повышенными чистотой поверхности и точностью размеров. При данном способе литья формы изготавливаются по горячим металлическим моделям, формовочная смесь содержит огнеупорный материал (например, кварцевый песок) и органические связующие – термореактивные смолы, например пульвербакелит (3-9 % от массы песка). Оболочковая форма состоит из двух полуформ с горизонтальной или вертикальной плоскостью разъема и стержней. После затвердевания отливки оболочковая форма легко разрушается. Для изготовления оболочковых форм в производстве используются различные типы машин, основное назначение которых – формирование и съем оболочек; процесс легко поддается механизации и автоматизации. Литьем в оболочковые формы изготавливают ответственные детали,

например ребристые цилиндры для мотоциклов, коленчатые валы для автомобилей, гильзы, звездочки, зубчатые колеса, детали компрессоров, тепловозов, судовых двигателей и т.п. из чугуна, нелегированных сталей, цветных и специальных сплавов. Не рекомендуется изготавливать отливки из сплавов с низким содержанием углерода, так как поверхность отливки при литье в оболочковые формы науглероживается. Можно получать отливки массой от нескольких сот граммов до ста килограммов, если допускается невысокая размерная точность, то можно получать отливки массой более ста килограммов. Максимально возможные габариты отливок - 500-700 мм.

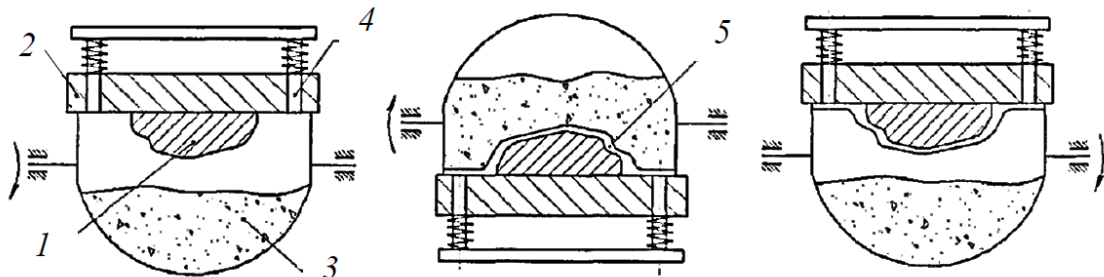


Рисунок 8.1 – Схема изготовления оболочковой формы: 1 – модель; 2 – подмодельная плита; 3 – песчано-смоляная смесь; 4 – выталкиватели; 5 – оболочковая форма

Процесс изготовления оболочковой формы включает в себя следующие этапы: нагрев модельной оснастки; нанесение на рабочую поверхность подмодельной плиты разделительного покрытия, а также песчано-смоляной смеси; формирование и отверждение оболочки совместно с подмодельной плитой при температуре 300...400 °С; съем готовой полуформы с модельной плиты.

Наиболее рационально применение литья в оболочковые формы при массовом и крупносерийном производствах. Минимальная серийность деталей, переводимых на литье в оболочковые формы, обычно принимается не менее 200 отливок в год. Качество поверхностей и точность размеров отливок условно оцениваются по стандартам для механической обработки. Данный способ литья обеспечивает параметр шероховатости поверхности $Rz = 160-20$ мкм и точность размеров, соответствующих 14-15-му квалитетам. Шероховатость поверхности крупных отливок (массой более 50 кг) грубее, точность ниже. Допускаемые отклонения размеров отливок из стали можно брать по первому классу точности по ГОСТ 2009-55, для чугуна по первому классу точности по ГОСТ 1855-55.

Оболочковая форма ко времени затвердевания отливки легко разрушается, не препятствует усадке металла, поэтому в отливках возникают незначительные внутренние напряжения и несколько повышаются механические свойства по сравнению с отливками, изготовленными в песчано-глинистых формах. Эффективность способа литья в оболочковые формы по сравнению с литьем в песчано-глинистые формы определяется следующими преимуществами:

- значительной экономией металла (до 30-50 %);
- отливки имеют чистую поверхность и повышенную точность размеров, последнее позволяет назначать припуски на механическую обработку, примерно в два раза меньшие, чем при литье в песчаные формы; среднее отклонение размеров отливок в оболочковые формы составляет 0,3-0,7 мм на 100 мм габаритного размера, для мелких отливок – до 0,2 мм;

- уменьшается расход формовочных материалов в 10-20 раз;
- оболочковые формы не гигроскопичны, имеют высокую прочность, их можно хранить длительное время;
- применение оболочковых форм увеличивает выход годного литья за счет снижения брака в 1,5-2 раза;
- при выбивке формы оболочка легко разрушается, что уменьшает затраты труда на обрубку и очистку отливок в среднем на 50 %;

Тем не менее способ литья в оболочковые формы не лишен и недостатков. К ним относятся:

- утрата точности формы в разъеме при изготовлении тяжелых и крупногабаритных отливок;
- работа с горячей модельной оснасткой вызывает необходимость использования только металлической модели;
- высокая стоимость оснастки, оборудования и материалов, в частности стоимость пульвербакелита.

Все это приводит к тому, что стоимость отливок, полученных литьем в оболочковые формы, несколько выше, чем отливок, полученных литьем в песчано-глинистые формы.

Тема 9: Производство заготовок штамповкой жидкого металла.

1. Штамповка жидкого металла. Сущность процесса, достоинства, недостатки, область применения.

Недостатки и особенности литья под давлением послужили предпосылкой к разработке нового технологического процесса, являющегося разновидностью литья под давлением – штамповки жидкого металла.

Сущность метода заключается в том, что жидкий металл подают непосредственно в металлическую форму и под давлением прессующего пуансона происходит уплотнение залитого металла. Сопряжение пуансона и матрицы образует закрытую фасонную полость. Наружные контуры отливки получают разъемной формой, если деталь имеет наружные выступы, или неразъемной формой – при отсутствии выступов; внутренние полости образуются внедрением пуансона в жидкий металл.

Технологический процесс штамповки заготовок из жидкого металла объединяет в себе процессы литья, горячей объемной штамповки и выдавливания.

Использование давления при формообразовании обеспечивает возможность получения острых и четких граней, высокой чистоты поверхности, плотности металла и повышенных механических свойств. При штамповке из жидкого металла устраняется основной недостаток литья под давлением – газовые и усадочные раковины. Кристаллизация отливок происходит в условиях напряженного состояния всестороннего сжатия – схемы, при которой значительно повышается пластичность материалов, что позволяет обрабатывать хрупкие материалы, например оловянные бронзы. Основное оборудование для штамповки из жидкого металла - фрикционные или гидравлические прессы. Конструкция форм аналогична закрытым штампам для горячей объемной штамповки, материал форм – теплостойкие стали типа ХВГ, ЗХВ8.

Штамповку из жидкого металла применяют при серийном и крупносерийном производствах; в некоторых случаях процесс рентабелен при сериях в 50-100 деталей. Этот способ позволяет получать весьма сложные тонкостенные детали, имеющие фасонную образующую снаружи и внутри, детали с центральной полостью глубиной 0,4-1,0 диаметра детали, сплошные и толстостенные заготовки типа фланцев, тройников, корпусов и т.п. Заготовки из цветных сплавов могут быть получены массой до 300 кг, из черных металлов несколько меньше. По механическим свойствам заготовки не уступают ковано-штампованным, структура – мелкозернистая, полностью отсутствуют литейные дефекты. Высокая плотность металла заготовок дает основание изготавливать из них детали, работающие под гидравлическим давлением до 29,4 МПа. Точность заготовок по 11-14-му квалитетам, параметр шероховатости поверхности $R_z = 2,5-1,25$ мкм. Коэффициент использования металла достигает 0,9–0,93. Возможность запрессовки в металл различной металлической и неметаллической арматуры является также преимуществом, расширяющим область применения штамповки жидкого металла. К недостаткам процесса можно отнести низкий срок службы форм, а также сложность точной дозировки жидкого металла.

Штамповку из жидкого металла осуществляют в двух вариантах: с кристаллизацией под поршневым давлением и выдавливанием из жидкого металла.

Литье с кристаллизацией под поршневым давлением нашло применение при изготовлении уплотненных сплошных заготовок или компактных толстостенных фасонных заготовок с толщиной стенок от 7 мм и выше, а также биметаллических деталей арматуры. Залитый в металлическую форму жидкий металл подвергают давлению со стороны пуансона для уплотнения. Пуансон перекрывает матрицу и воздействует на металл, избыток которого вытекает через систему выпоров, прорезанных в вершине матрицы. Металл подвергают давлению в течение всего периода времени, необходимого для затвердевания отливки.

При данном технологическом процессе наблюдается следующее:

- практически полное устранение усадочных раковин и усадочной пористости, поэтому отпадает необходимость применения прибылей;
- внешнее давление на металл заставляет газы, находящиеся в жидком металле, оставаться в растворе, благодаря чему отсутствуют газовые раковины и пористость, устраняется ликвация составляющих сплава, различных по плотности;
- увеличение скорости затвердевания отливок, что способствует измельчению структуры, повышению механических свойств отливок.

Штамповку выдавливанием жидкого металла применяют для получения фасонных деталей с полостями толщиной стенок 2 - 100 мм. Наиболее целесообразно выдавливанием изготавливать детали с центральными отверстиями диаметром до 90 и толщиной стенок до 7 мм.

Залитый в матрицу жидкий металл под давлением пуансона, поперечное сечение которого меньше поперечного сечения матрицы, устремляется вверх, заполняя полость формы, образованную внутренней поверхностью матрицы и наружной поверхностью пуансона. После окончания формообразования давление прессующего пуансона передают на верхние торцы заготовки и на ее внутреннюю поверхность для уплотнения в процессе затвердевания. Выдержку металла под давлением продолжают до полного затвердевания заготовки, что обеспечивает получение четких граней и

высокой точности заготовок. Формообразование выдавливанием осуществляется одновременно с кристаллизацией металла под давлением и в зависимости от приложенного давления и конфигурации детали сопровождается также пластическим деформированием; это позволяет получать детали более сложной формы, чем при обработке давлением.

Способом выдавливания жидкого металла можно получать сложные заготовки с различными фасонными приливами на наружной поверхности, значительно выходящими за пределы основных габаритных размеров детали; в заготовках могут быть получены отверстия, расположенные не только в направлении движения пуансона, но и в перпендикулярном направлении. Однако получение сквозных отверстий этим способом формообразования весьма затруднительно из-за значительного усложнения оснастки.

Штамповка из жидкого металла занимает промежуточное положение между литьем и обработкой давлением. Поэтому при выборе этого способа формообразования заготовки необходимо учитывать его преимущества по сравнению с литьем и горячей объемной штамповкой.

Преимущества перед литьем под давлением:

- более высокое давление, действующее на металл заготовки во время ее кристаллизации, уплотняет металл, устраняет литейные пороки (газовые и усадочные раковины), присущие литью под давлением;
- отпадает необходимость в литниковой системе, так как металл вводят непосредственно в рабочую полость формы;
- увеличивается скорость кристаллизации, в результате чего структура металла получается более равномерной, мелкозернистой; значительно повышаются механические свойства заготовок;
- более высокая стойкость форм, чем при литье под давлением;
- способ более универсален: позволяет получать заготовки как тонкостенные, так и толстостенные из всех стандартных литейных сплавов;
- питание отливок за счет уплотнения металла полностью ликвидирует необходимость установки прибылей.

Преимущества перед горячей объемной штамповкой:

- возможность изготовления заготовок как из деформируемых, так и из литейных, малопластичных и хрупких сплавов;
- незначительные затраты на формообразование примерно в шесть-восемь раз меньше, чем при горячей объемной штамповке;
- возможность выполнения глубоких полостей, тонких сечений, сложных приливов с большими линейными размерами и малой толщиной;
- возможность получения ответственных деталей при незначительной или же полностью исключенной механической обработке;
- более высокая точность заготовки, обусловленная меньшим износом инструмента;
- значительное сокращение цикла изготовления заготовки, так как отсутствует необходимость получения исходных заготовок в виде слитка или прутка;
- снижение расхода материалов и трудоемкости изготовления деталей из заготовок, полученных жидкой штамповкой.

Тема 10. Заготовки из проката.

1. Способы получения проката. Разновидности применяемого оборудования и инструментов. Область применения заготовок из проката.

Прокатка позволяет с наименьшими удельными затратами производить изделия, которые либо полностью воспроизводят предусмотренное конструктором поперечное сечение детали, либо максимально приближаются к нему. Прокатка обладает более высокими технико-экономическими показателями по сравнению с другими способами обработки металлов: высокой производительностью, низкой себестоимостью и высоким коэффициентом использования металла. Заготовки из проката используют при непосредственном изготовлении из них деталей на металлорежущих станках и для получения поковок.

Круглый сортовой прокат (постоянное поперечное сечение) используют для изготовления гладких и ступенчатых валов с небольшим перепадом ступеней, стаканов диаметром до 50 мм и втулок с наружным диаметром до 25 мм.

Сортовой квадратный, шестигранный и прямоугольный прокат применяют для изготовления крепежных деталей, небольших деталей типа тяг, рычагов и планок.

Листовой прокат идет на изготовление цилиндрических полых заготовок, фланцев и плоских деталей различной формы.

Трубы используют для изготовления цилиндров, втулок, гильз, стаканов, барабанов, роликов, фланцев и т. п.

Периодический профильный прокат (поперечное сечение непостоянно) может быть продольным и поперечно-винтовым. Из продольного проката получают заготовки гаечных ключей, барашков, лопаток турбин, шатунов, вилок, рычагов и тонких деталей. Применение его позволяет по сравнению с обычным прокатом снизить расход металла на 15%, повысить производительность труда на 25...30% и уменьшить себестоимость заготовок на 10...20 %.

Из поперечно-винтового проката изготавливают шары для подшипников качения, углеразмольных и цементных мельниц, заготовки валов винтового профиля, полые профилированные трубчатые заготовки и пр.

Специальный прокат, применяемый в крупносерийном и массовом производстве, часто почти полностью исключает обработку резанием, на долю которой остается в основном отрезка, обработка отверстий и отделка.

Прессованные профили

Прессованием изготавливают профили из цветных металлов (медные, цинковые, титановые сплавы), реже – из углеродистых и легированных сталей. Условия деформации при прессовании наиболее благоприятны по сравнению с другими способами обработки давлением. Степень деформации за один проход может составлять 95%.

Различают прямое и обратное прессование. При обратном прессовании усилие прессования в 1,25...1,3 раза, а пресс-остаток примерно в 3 раза меньше, чем при прямом. Однако при обратном прессовании ниже производительность и качество поверхности. Поэтому чаще всего применяется прямое прессование.

Скорость прессования влияет на качество заготовки. Более пластичные металлы обычно прессуют с большей скоростью, чем малопластичные. Например, скорость

истечения стали составляет 6...8 м/с, алюминия – до 25, а у магниевых сплавов – всего лишь 0,01...0,05 м/с.

Прессованием изготавливают прутки, трубы разнообразных сечений, используемые в качестве заготовок в машиностроении (заготовки для производства шестерен в часовой промышленности). Прессование труб диаметром менее 20 мм экономически более выгодно, чем прокатка.

Производство профилей волочением

Волочение характеризуется наличием растягивающего напряжения, действующего вдоль оси исходной заготовки. Поэтому степень деформации ограничена и не превосходит за один проход 30...35 %, а при калибровке – 8...12 %. Для получения качественного профиля не допускается его деформация после выхода из волокон. В связи с этим напряжение волочения не должно превосходить предел текучести материала при температуре обработки. Чтобы повысить предел текучести, обработку проводят в холодном состоянии.

Холодное волочение создает наклеп. Для его устранения требуется промежуточный отжиг. Образующаяся окалина удаляется травлением.

Волочением обрабатывают прутки диаметром 5...150 мм (заготовки храповых колёс, шпонок и т. п.), трубы диаметром 0,6...400 мм с толщиной стенки 0,05...15 мм, проволоку диаметром 0,002 мм и выше. Профили, полученные волочением, могут иметь простое или фасонное поперечное сечение. Волочение труб проводится как с утонением, так и без утонения стенок. При калибровке может быть достигнута точность размеров, соответствующая 7...8 квалитетам, и параметр шероховатости $Ra=0,32$ мкм. Таким образом калиброванная заготовка практически не требует последующей механической обработки.

Вальцовка, ротационная и радиальная ковка машиностроительных профилей

Вальцовка производится на ковочных вальцах, которые представляют собой прокатный стан с секторными валками (рисунок 10.1). Вальцовка бывает одноручьевая и многоручьевая.

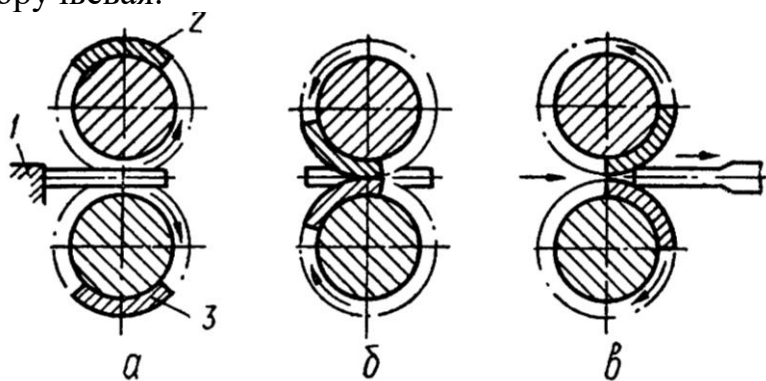


Рисунок 10.1 – Схема вальцовки: а, б, в – стадии вальцовки; 1 – упор; 2, 3 – секторные штампы

На вальцах изготавливают поковки сравнительно несложной конфигурации (типа звеньев цепей, рычагов, гаечных ключей и т. п.), а также фасонируют заготовки для последующей штамповки, чаще всего на кривошипных горячештамповочных прессах. При многоручьевой вальцовке ручки расположены параллельно вдоль оси валков или последовательно в двух или большем числе клетей.

Поковки получают в виде «ленты» по несколько штук, расположенных в длину и соединенных между собой заусенцем. Параметр шероховатости поверхности таких поковок $Rz=320\ldots40$ мкм. Допуски на размеры вальцованной заготовки принимают примерно следующие: по длине $\pm(0,006l+4)$, по высоте $+(0,025h+1) - (0,02h+1)$, по ширине $\pm(0,013b+0,35)$, где l, h, b – соответствующие размеры заготовки, мм.

Для получения более точных заготовок, например, турбинных лопаток с припуском до $0,2\ldots0,15$ мм и параметром шероховатости поверхности $Rz=6,3\ldots3,2$ мкм, применяют отделочную вальцовку, обычно проводимую в холодном состоянии. При этом расход металла снижается на 35%, трудоёмкость на 20%, себестоимость на 35%. Производительность процесса – тысячи заготовок в смену.

Ротационная и радиальная ковка предназначены для обжатия заготовок из прутков и труб с целью получения цилиндрических, конических и ступенчатых переходов. Деформация может быть сосредоточена на конце прутка или на некотором расстоянии от него в одном или нескольких местах. Применяют холодную и горячую ротационную ковку.

Ротационно-обжимные машины применяют для поковок небольших сечений. Обычно они имеют два бойка, движущихся навстречу друг другу (рисунок 10.2, а).

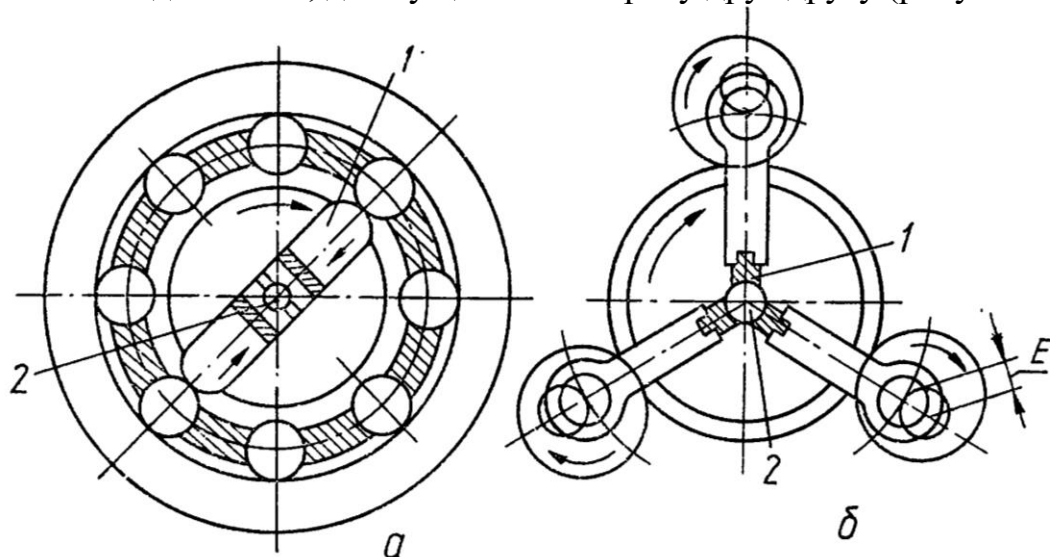


Рисунок 10.2 – Схемы деформирования заготовок на ротационно-обжимных (а) и радиально-обжимных (б) машинах: 1 – бойки; 2 – заготовка; Е – регулируемый эксцентриситет

Получаемые обжатия $1,4\ldots1,7$ при прямом переходе с круга на круг и $1,5\ldots2$ при коническом переходе. Число обжатий для различных машин колеблется от нескольких сот до нескольких тысяч в минуту. На таких машинах изготавливают ступенчатые валы, шпиндели диаметром до 100 мм, полые поковки диаметром до 125 мм с внутренним профилированием по сложному контуру и другие виды заготовок (рисунок 10.3). Точность обработки при холодном обжатии достигает 6...8-го, при горячем – 11...13-го квалитетов, а параметр шероховатости поверхности $Rz=1,6\ldots0,4$ мкм и $6,3\ldots2,0$ мкм соответственно. Прочность деталей возрастает на 30%. Перевод изделий типа ступенчатых валов со штамповки или механической обработки на горячее обжатие снижает расход металла на 40...60 %, производительность по сравнению с токарной обработкой возрастает в 4...5 раз.

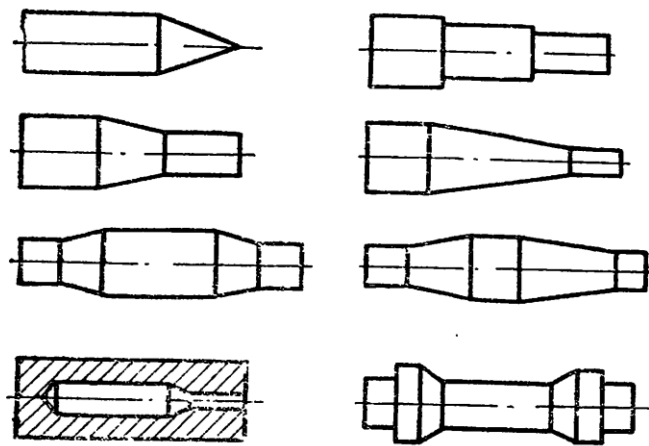


Рисунок 10.3 – Примеры деталей, получаемых ротационным деформированием

Радиально–обжимные машины применяют для изготовления поковок относительно крупных сечений (трубных диаметром 200 мм, прутковых до 140 мм). Они имеют кривошипно-эксцентриковое устройство привода бойков, расположенных радиально в одной плоскости через равные углы (рисунок 10.2, б). Эти машины отличаются меньшим шумом при работе.

Радиальная ковка применяется в основном для получения ступенчатых валов. Точность размеров заготовок при обжатии в холодную достигает 6...10-го, в горячую – 11...13-го квалитетов. Она позволяет уменьшить расход металла и обеспечивает получение заготовок с допусками в 1,5...2 раза меньшими, чем при штамповке на молотах. Производительность радиальнойковки не велика, поэтому её применяют в мелкосерийном производстве взаменковки или черновой токарной обработки.

2. Современные способы резки проката.

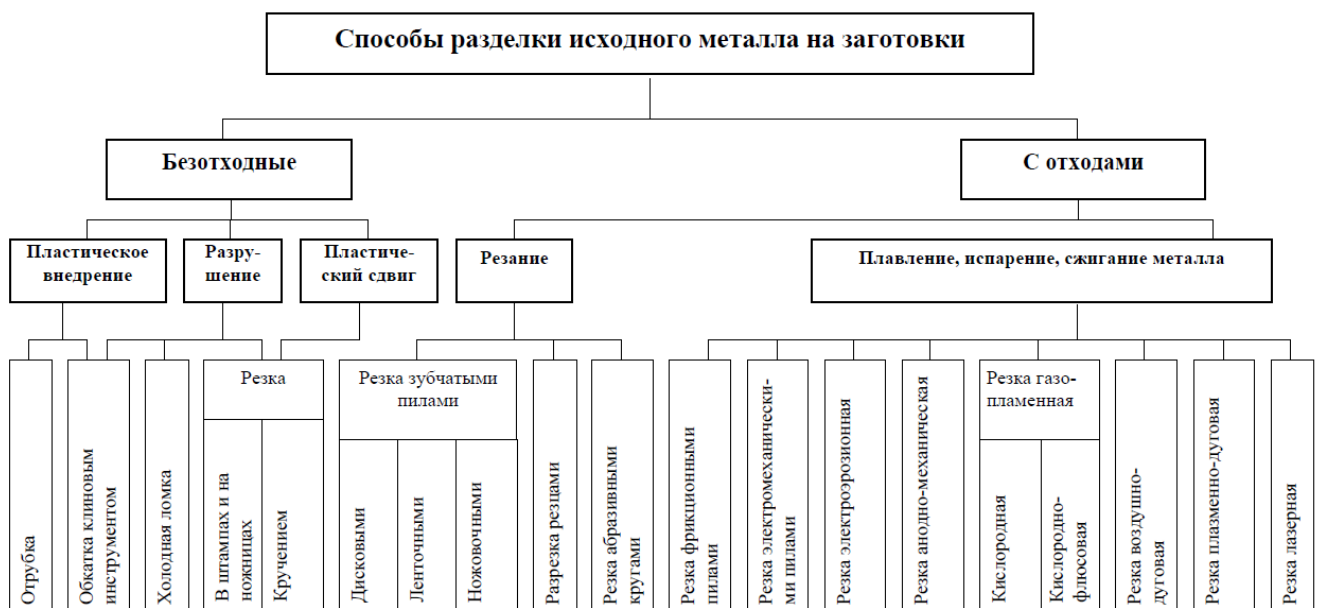


Рисунок 10.4 – Классификация способов разделки исходного металла на заготовки

Отрубка – отделение заготовки внедрением клинового инструмента. Выполняют на молотах и гидравлических прессах для разделения исходного металла на заготовки под ковку. Отход металла незначительный.

Обкатка клиновым инструментом. Применяют для безотходного разделения прутков круглого профиля и труб из металлов средней и высокой твердости на относительно длинные заготовки. Сначала во вращающийся пруток, зажатый в патрон токарного станка, внедряется ролик, образуя V-образную канавку (рисунок 10.5). Затем нажимом на консольный конец отрезаемой части прутка отделяют ее разрушением по плоскости надреза. Полученная заготовка имеет фаски по кромкам и шероховатую поверхность торцов. Способ находит ограниченное применение.

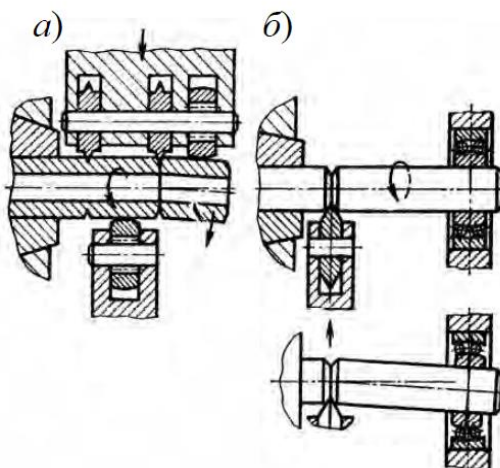


Рисунок 10.5 – Схема разделения круглого проката и труб на заготовки: а – обкатка клиновым роликом; б – обкатка и разрушение

Холодная ломка. Способ представляет собой разделение проката на заготовки разрушением по предварительно нанесенным надрезам (концентраторам напряжений) путем поперечного статического или динамического нагружения. Холодная ломка является производительным безотходным способом разделения проката из твердых металлов: сталей 45, 40Х, ШХ15 и т. д. Мягкие металлы при холодной ломке сильно деформируются, поэтому для них она мало пригодна. Ломку низкоуглеродистых сталей применяют с нагревом до 250...300 °С преимущественно для разделения прутков с диаметром сечения более 50 мм на заготовки длиной более 0,8 диаметра сечения. Особенно эффективна ломка для разделения проката больших сечений.

На рисунке 10.6 представлены различные схемы ломки. Наименьшую точность поверхности раздела имеют заготовки, полученные консольной ломкой, что объясняется асимметрией нагружения.

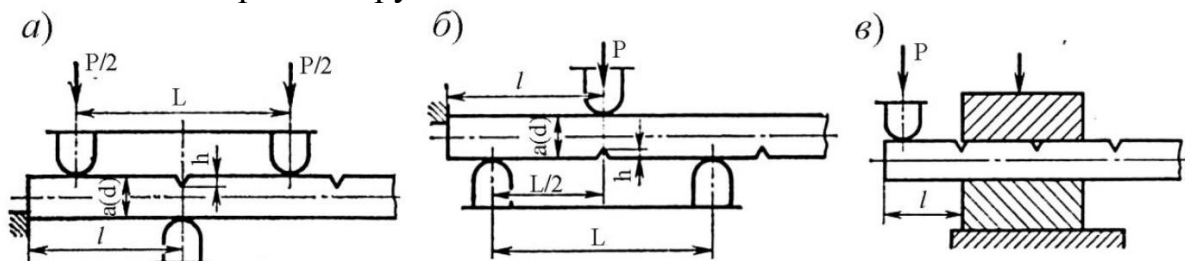


Рисунок 10.6 – Схемы холодной ломки: а – одноопорная ломка; б – двухопорная ломка; в – консольная ломка

Ломку выполняют на универсальных кривошипных и гидравлических прессах и специальных вертикальных и горизонтальных гидравлических прессах.

Преимущества холодной ломки: малая энергоемкость; простота и долговечность инструмента; возможность безотходного разделения проката больших сечений, использования уникальных прессов, контроля по излому качества металла.

Недостатки холодной ломки: не универсальность способа (непригодность для разделения труб, профилей и пластичных металлов); необходимость предварительного нанесения надреза; отклонение от плоскостности и шероховатая поверхность торцов получаемых заготовок; образование торцовых трещин при ломке прутков из некоторых высоколегированных сталей; необходимость специальных мероприятий по технике безопасности для защиты от возможного отделения кусочков металла, отлетающих с большой скоростью, и от удара прутком и отделяемой заготовкой. Особенностью силового режима ломки является мгновенное падение усилия, сопровождающееся сильным звуковым эффектом.

Резка в штампах и на ножницах. Производят без отхода металла путем смещения (сдвига) отрезаемой части прутка по поверхности раздела под воздействием сближающихся ножей. Это наиболее распространенный и экономичный способ разделения проката на заготовки.

От температуры металла и скорости деформирования существенно зависит качество получаемых заготовок.

1. Открытая резка. Подвижность прутка и его отрезаемой части относительно ножей не ограничивается. Способ не обеспечивает получение заготовок точной формы, находит ограниченное применение в единичном производстве для отрезки длинных заготовок ручными ножницами.

2. Не полностью открытая резка. Отличается от открытой резки ограничением поворота прутка в неподвижном ноже, но подвижность отрезаемой части не ограничена. Этот способ не обеспечивает точной формы отрезаемых заготовок, эффективен при высокой скорости отрезки (более 40 м/с). Благодаря применению открытого подвижного ножа отличается простотой удаления заготовки («на провал»).

3. Не полностью закрытая резка. Отличается от не полностью открытой тем, что исключена возможность поворота и изгиба не только прутка, но и его отрезаемой части. Это достигается пассивным или активным поперечным зажимом прутка в ножах. Заготовки, отрезанные таким способом, имеют значительно меньшее искажение формы, чем способами 1 и 2. Данный способ наиболее распространен и является основным способом безотходной резки в штампах и на сортовых ножницах точных заготовок длиной более 0,8 высоты сечения прутка. Не полностью закрытую резку с пассивным поперечным зажимом чаще всего производят в штампах с цельными втулочными ножами (с поперечным зазором между прутком и ножом), а с активным поперечным зажимом – в штампах с открытыми ножами-полувтулками и зажимными устройствами, обеспечивающими прижим прутка к ножам внешней силой Q . Эта схема является наилучшей схемой не полностью закрытой резки и обеспечивает отрезку наиболее точных заготовок.

4. Закрытая резка. Отличается от предыдущих способов тем, что отрезаемая часть прутка, замкнутая в полости ножей, подвергнута осевому сжатию, вследствие чего в зоне реза создается благоприятное для пластической деформации напряженное

состояние всестороннего сжатия. При достаточных удельных усилиях осевого сжатия разделение происходит путем пластического сдвига без разрушения. Заготовка составляет одно целое с прутком до полного отделения. Торцы заготовки имеют гладкую ровную, перпендикулярную к оси заготовки поверхность. Закрытая резка – единственный из четырех способов, принципиально пригодный для отрезки геометрически точных, коротких заготовок длиной более 0,2 высоты сечения прутка.

Однако под воздействием больших усилий осевого сжатия при закрытой резке происходит схватывание металлов прутка и ножей и образование дефектов (задигов) на торцах заготовки и плоскостях ножей. Поэтому способ 4 применяется в основном для разрезки на точные заготовки медных прутков и прутков из мягкого алюминия, у которых схватывание почти не проявляется.

Резка кручением. Применяют для разделения на заготовки прутков круглого профиля и преимущественно труб. Пруток 1 (рисунок 10.7) и его отделяемая часть закреплены зажимами 2 и 3. На поверхности прутка по плоскостям раздела нанесены концентраторы в виде круговых V-образных канавок. Зажим 3 может поворачиваться вокруг оси и перемещаться вдоль нее. При повороте зажима 3 с зажатой в нем отрезаемой частью прутка происходит отрезка кручением. Качество поверхности раздела определяется механическими свойствами разрезаемого металла. Резка кручением хрупких сталей (P18, 3X2B8, ХВГ, 9ХС и др.) невозможна, а при резке вязких сталей получаются некачественные заготовки, поэтому способ пригоден только для резки прутков и труб из среднеуглеродистых и низкоуглеродистых конструкционных сталей 35...50, 35Х, 40ХС, 65Г и титановых сплавов, а также труб из сталей 20, 20Г, 20Х. Данным способом отрезают заготовки длиной более одного диаметра от прутков и более трех диаметров от труб. Наиболее рациональная область применения – разделение толстостенных труб на заготовки.

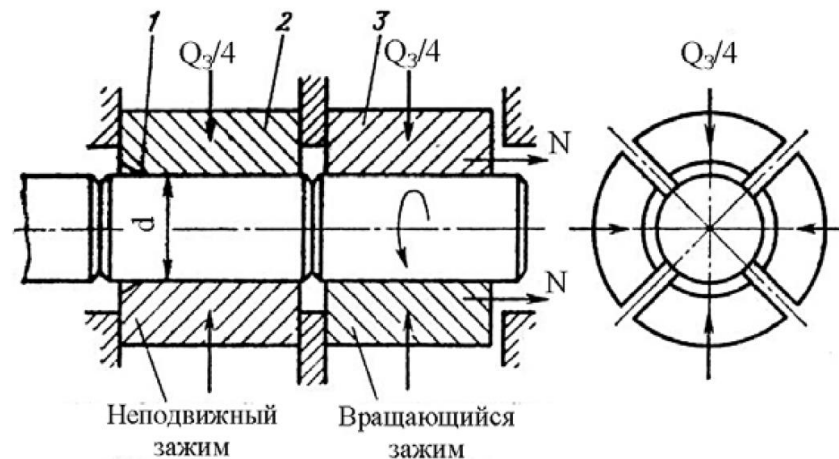


Рисунок 10.7 – Схема резки кручением

Резка зубчатыми пилами. Применяется во всех отраслях металлообработки, в основном в мелкосерийном производстве. Обеспечивает хорошее качество поверхности реза и точную длину заготовки.

Резка дисковыми пилами. Используется для разделения на заготовки металла в холодном и горячем состояниях.

Преимущества отрезки пилами: чистая поверхность; возможность отрезки точных и очень коротких заготовок; отсутствие упрочнения металла в приторцовых зонах; универсальность (возможность разрезать прутки различных сечений без смены

инструмента). При разрезании стальных заготовок производительность составляет 2000...8000 мм²/с.

Недостатки способа резки дисковыми пилами: наличие отхода металла; значительная стоимость инструмента; потребность в заточных станках; загрязнение рабочего места и воздушного пространства мелкой стружкой; невозможность разделения термически упрочненных металлов с $\sigma_b \geq 1200$ МПа; сильный шум при работе.

Резка ленточными пилами. Ленточно-отрезные станки с инструментом в виде «бесконечной» зубчатой ленты находят все большее применение в заготовительном производстве. Они развивают скорость 10...240 м/мин, обеспечивают хорошее качество поверхности среза, высокую производительность (в 1,5...2 раза выше производительности фрезерно-отрезных станков), малый отход металла и расход энергии; работа протекает с незначительным шумом. Ширина пропила обычно не превышает 2,2 мм. Ограниченным фактором применения ленточно-отрезных станков является недостаточная стойкость ленточных пил (5...15 ч). Для устранения этого недостатка используют биметаллические ленточные пилы.

Резка ножовочными пилами. Применяют в единичном, мелкосерийном и серийном производстве. Станкостроительная промышленность изготавливает ножовочно-отрезные станки с прямолинейным возвратно-поступательным перемещением пильного полотна и с движением по дуговой траектории.

Производительность резки на ножовочных станках зависит от усилия прижима полотна к разрезаемому металлу. Это усилие задают в соответствии с толщиной полотна.

Длину ножовочного полотна выбирают в зависимости от длины пропила (ширины сечения разрезаемого прутка); шаг зубьев – в зависимости от твердости металла и размеров разрезаемой заготовки.

Резка резцами на токарно-отрезных станках. Способ применяют в единичном и мелкосерийном производстве для разделения круглых прутков и труб на заготовки с хорошим качеством поверхности среза и высокой точностью по длине. Резку производят на универсальных токарных и специальных токарно-отрезных станках и автоматах. Преимуществом способа является его универсальность и простота. Шероховатость поверхности торцов соответствует $R_z = 10...20$ мкм. На торцах по оси могут быть выступы до 1,5 мм. Упрочненный слой металла распространяется на глубину до 0,2 мм от торцов.

Недостатки способа: низкая производительность (при резке прутка с сечением диаметром 50...80 мм отрезают одну-три заготовки в минуту); малая стойкость резцов; большой отход металла в стружку; высокая себестоимость заготовки. В кузнечно-штамповочном производстве этот способ находит ограниченное применение. Отход металла определяется шириной резца, которая зависит от диаметра разрезаемого прутка.

Резка абразивными кругами. Используют для разделения на заготовки проката, труб, профилей из высокопрочных металлов. Для абразивной резки применяют станки с ручной подачей круга, полуавтоматы с механической подачей и автоматы, в которых автоматически выполняется подача материала, его зажим, подача круга и снятие материала.

На абразивно-отрезных станках разрезают прокат с сечением до 200 мм, трубы диаметром до 600 мм. Круги вращаются со скоростью 30...100 м/с.

Преимущества абразивной резки: высокая геометрическая точность и малая шероховатость поверхности среза ($R_a = 0,32...1,25$ мкм); возможность резки высокопрочных металлов любой твердости; высокая производительность. Производительность резки углеродистых и конструкционных сталей абразивными кругами равна 240 см²/мин, быстрорежущих – 120 см²/мин, коррозионно-стойких – 30 см²/мин. По экономичности способ превосходит разрезание дисковой пилой и на токарно-отрезных станках. Поверхность среза обычно не нуждается в дальнейшей обработке.

К недостаткам способа относятся шум при работе, выделение пыли (требуется присоединение станка к вентиляционной системе), быстрое изнашивание кругов, относительно большая ширина пропила (приблизительно 1 % от диаметра круга).

Резка фрикционными пилами. Применяют для резки сталей, содержащих вольфрам или молибден, а также для никелевых, хромистых, хромокремнистых сталей. Производительность фрикционной пилы выше производительности дисковой пилы с зубьями для холодной резки металла в 3...4 раза. Сущность способа состоит в том, что контактное трение вращающегося с большой скоростью тонкого стального диска вызывает местный нагрев и размягчение или расплавление разрезаемого металла, частицы которого выбрасываются из прорези в виде снопа искр. Режущей частью диска является его внешняя кромка. В качестве инструмента используют следующие формы дисков: гладкий, с накатанными зубьями разной формы, насечкой (наиболее производительный). Скорость резки дисковыми фрикционными пилами составляет 15...140 м/с.

Резка электромеханической пилой. Способ электроконтактной обработки, отличающийся от резки пилой трения тем, что металл в зоне реза не только разогревается трением, но и расплавляется электрической дугой. Схема резки приведена на рисунке 10.8. Электроэнергия подводится к диску 1 и заготовке 2 от трансформатора 3. Расплавленный металл выносится из прорези вращающимся диском. Диск вращается с частотой 2200 об/мин, сила тока до 1000 А, рабочее напряжение до 20 В. Производительность резки электромеханической дисковой пилой в несколько раз выше, чем резки обычной пилой трения, шум при работе меньше. Ширина прорези не превышает 3 мм. К преимуществам способа относятся применение дешевого и несложного инструмента, работа на переменном токе невысокого напряжения, низкие удельные усилия на инструменте (30...50 МПа).

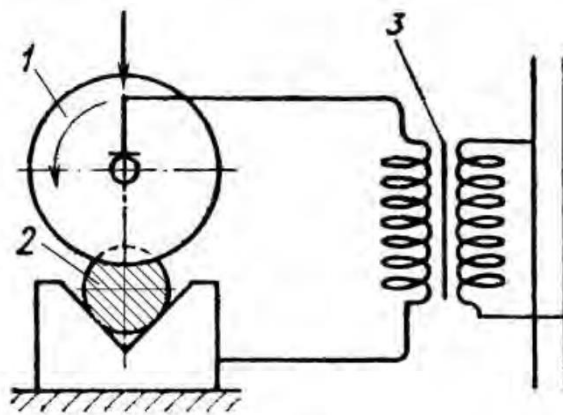


Рисунок 10.8 – Принципиальная схема электромеханической резки

Недостатки способа: низкая чистота поверхности реза; изменение структуры металла в широкой зоне теплового влияния; необходимость защитного устройства от брызг металла и светового излучения.

Посредством данного способа осуществляется резка сортового проката из легированных сталей до диаметра 240 мм, труб и толстых алюминиевых листов. При диаметре диска 1000 мм применяют скорость 30 м/с.

Электроэрозионная (электроискровая) резка (рисунок 10.9). Осуществляется дисковым или ленточным инструментом в ванне с жидким диэлектриком (керосин, вода и др.). В зазоре между инструментом – катодом 1 и разрезаемой заготовкой 2 – возникают часто повторяющиеся импульсы электрического разряда. Источник постоянного тока 5 заряжает через сопротивление 4 конденсатор 3, который несколько сотен раз в секунду разряжается через искровой промежуток между прутком и инструментом. В зоне реза, в микрообъемах разрезаемого металла плотность тока достигает сотен тысяч ампер на квадратный миллиметр, температура повышается до 10000 °С, происходит плавление, сгорание и испарение металла. Способ пригоден для разрезания труднодеформируемых металлов. Обеспечивает возможность отрезки очень коротких заготовок и высокое качество резки. Недостатками являются малая стойкость инструмента и большой расход энергии.

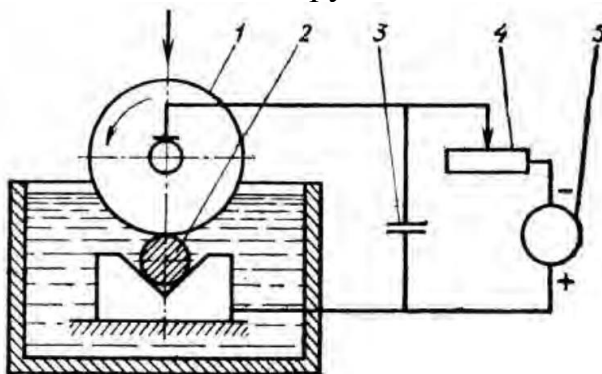


Рисунок 10.9 – Принципиальная схема электроискровой резки

Анодно-механическая резка. Способ основан на термическом и электрохимическом разрушении металла при прохождении электрического тока между двумя электродами (заготовка – анод, инструмент – катод); разновидность электроэрозионной обработки. Осуществляется расплавлением и удалением движущимся инструментом частиц разрезаемого металла в поле постоянного электрического тока силой 45...80 А, напряжением 20...30 В. В зону пропила подается электролит – водный раствор жидкого стекла.

На практике применяют две схемы анодно-механической резки: вращающимся тонким гладким диском и поступательно перемещающейся «бесконечной» лентой или проволокой.

Преимущества анодно-механической резки: возможность резки любых токопроводящих материалов; низкая стоимость инструмента и простота изготовления; малое силовое воздействие на разрезаемую заготовку, что позволяет резать нежесткие профили; малая ширина прорези.

Недостатки способа: высокая стоимость оборудования; необходимость применения специального электролита; необходимость промывки станка и деталей горячей водой; невысокая производительность; низкое качество поверхности среза;

сложность защиты направляющих и других частей станка от жидкого стекла. Применение анодно-механической резки целесообразно в тех случаях, когда механическая разрезка невозможна или затруднена.

Газопламенная резка. Осуществляется сжиганием металла в струе кислорода, которая одновременно служит для удаления продуктов сгорания. Подогрев металла до температуры его воспламенения производится с помощью горючего газа (ацетилена, пропана, метана, паров бензина, керосина и др.), который пропускается через подогревающий наружный мундштук резака. Высокое качество резки обеспечивается только при горении металла в твердом состоянии.

Применяют два вида газопламенной резки: кислородную и кислородно-флюсовую.

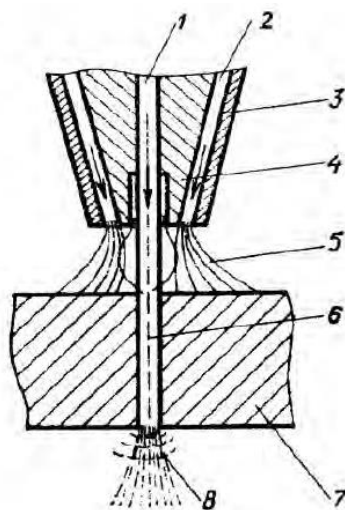


Рисунок 10.10 – Кислородная резка: 1 – канал для кислорода; 2 – канал для ацетилена; 3 – наружный мундштук; 4 – внутренний мундштук; 5 – подогревающее газовое пламя; 6 – струя режущего кислорода; 7 – разрезаемый металл; 8 – шлак

Кислородная резка (рисунок 10.10) применяется для низко- и среднеуглеродистых сталей, низколегированных сталей, титановых сплавов при толщине заготовки до 1500 мм. Ее используют также для зачистки металла от поверхностных дефектов.

Кислородная резка может быть ручная и машинная. Ширина прорези при кислородной резке зависит от толщины разрезаемого металла и составляет 2,5...10 мм. Она неравномерна по высоте. На выходной стороне ширина больше на 10...50 %, чем на входе. Высота неровностей на поверхности раздела зависит от толщины разрезаемого металла и достигает 1...4 мм – при ручной резке и 0,25...2,5 мм – при машинной.

К недостаткам кислородной резки, наряду со значительной потерей металла, следует отнести также большой расход кислорода и загазованность помещения.

Кислородно-флюсовая резка. Отличается от кислородной тем, что в зону раздела вместе с кислородом вводится флюс (железный порошок), который, сгорая, повышает температуру в зоне разрезки. Образующиеся шлаки разжижаются и легко удаляются кислородной струей. Способ применяется для разрезки заготовок из высоколегированных, хромистых, хромоникелевых сталей, сталей, содержащих вольфрам, медных и алюминиевых сплавов.

Воздушно-дуговая резка. При этом способе резки металл расплавляется дугой, образующейся между заготовкой и неплавящимся угольным или графитовым электродом, и выдувается из полости реза сжатым воздухом, подаваемым под давлением 0,5...0,7 МПа. Способ находит ограниченное применение для резки низкоуглеродистой и низколегированной сталей и широкое – для поверхностной обработки металла, разделки трещин, удаления дефектных участков. Наибольшая производительность 600 мм²/с. Способ используется в том случае, если нельзя применить кислородную резку.

Плазменно-дуговая резка. Резка проводится струей плазмы. Плазма – вещество в состоянии сильно ионизированного газа. Вдоль электрической дуги по каналу плазматрона подается газ (азот, аргон, водород или их смеси), который сжимает дугу и выходит в виде плазмы, имеющей температуру 10000...30000 °С (рисунок 10.11). Способ пригоден для резки любых металлов толщиной до 300 мм, но наиболее эффективен при резке высокопрочных тугоплавких сталей и сплавов, меди, алюминия. Ширина прорези непостоянна. Глубина зоны термического влияния не превышает 0,8 мм.

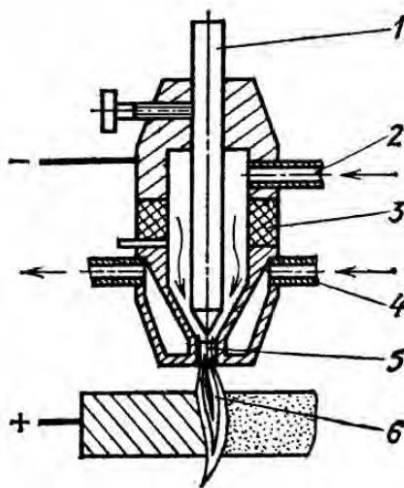


Рисунок 10.11 – Схема плазменно-дуговой резки

Лазерная резка. Разрезание лазерным лучом происходит, когда невидимый мощный луч когерентного монохроматического света расплавляет, испаряет металл и разрезает его в экзотермической реакции с использованием кислорода в качестве режущего газа.

Резку лазером, работающим на углекислом газе, применяют для многих металлов, которые поглощают (абсорбируют) лазерное излучение и имеют относительно невысокую теплопроводность (стали, титановые сплавы и др.).

Преимущества лазерной резки: не требуется изготавливать инструмент; отсутствует силовое воздействие на обрабатываемый металл; возможно вырезание сложных контуров с острыми углами и малыми радиусами, с высокой точностью размеров; низкий уровень шума; узкая прорезь (0,13...0,38 мм); малая зона термического влияния (0,1...0,2 мм); отсутствуют утяжина, скругление кромок и заусенцы; высокая скорость резания (до 15 м/мин); гладкая поверхность реза (R_a 20); малое подготовительно-заключительное время; простота программирования вырезки контуров с помощью ЧПУ.

Тема 11. Производство заготовок штамповкой.

1. Разновидности горячей объемной штамповки. Характеристики обрабатываемых материалов.

Наличие большого разнообразия форм и размеров штампованных поковок, а также сплавов, из которых их штампуют, обуславливает существование различных способов штамповки.

Так как характер течения металла в процессе штамповки определяется типом штампа, то этот признак можно считать основным для классификации способов штамповки. В зависимости от типа штампа выделяют штамповку в открытых и закрытых штампах.

Штамповка в открытых штампах (рисунок 11.1, а) характеризуется переменным зазором между подвижной и неподвижной частями штампа. В этот зазор вытекает часть металла – облой, который закрывает выход из полости штампа и заставляет остальной металл целиком заполнить всю полость. В конечный момент деформирования в облой выжимаются излишки металла, находящиеся в полости, что позволяет не предъявлять высоких требований к точности заготовок по массе. Облой затем обрезается в специальных штампах.

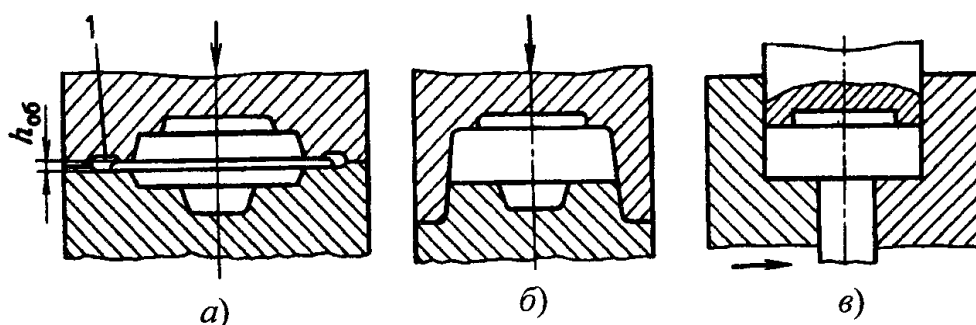


Рисунок 11.1 – Схемы штамповки в открытых и закрытых штампах: 1 – облойная штамповка

Штамповка в закрытых штампах (рисунок 11.1, б, в) характеризуется тем, что полость штампа в процессе деформирования остается закрытой. Зазор между подвижной и неподвижной частями штампа при этом постоянный и небольшой, так что образование облоя в нем не предусмотрено. Устройство таких штампов зависит от типа машины, на которой штампуют. Например, нижняя половина штампа может иметь полость, а верхняя – выступ (на прессах), или, наоборот (на молотах). Закрытый штамп может иметь не одну, а две взаимно перпендикулярные плоскости разреза, т.е. состоять из трех частей (рисунок 11.1, в).

При штамповке в закрытых штампах необходимо строго соблюдать равенство объемов заготовки и поковки, иначе при недостатке металла не заполняются углы полости штампа, а при избытке размер поковки по высоте будет больше требуемого. Следовательно, в этом случае процесс получения заготовки усложняется, поскольку отрезка заготовок должна обеспечивать высокую точность.

Существенное преимущество штамповки в закрытых штампах – уменьшение расхода металла, поскольку нет отхода в облой. Поковки, полученные в закрытых штампах, имеют более благоприятную структуру, так как волокна обтекают контур

поковки, а не перерезаются в месте выхода металла в облой. При штамповке в закрытых штампах металл деформируется в условиях всестороннего неравномерного сжатия при больших сжимающих напряжениях, чем в открытых штампах. Это позволяет получать большие степени деформации и штамповать малопластичные сплавы.

К штамповке в закрытых штампах можно отнести *штамповку выдавливанием и прошивкой*, так как штамп в этих случаях выполняют по типу закрытого и отхода в заусенец не предусматривают. Деформирование металла при горячей штамповке выдавливанием и прошивкой происходит так же, как при холодном прямом и обратном выдавливании.

Виды сталей практически все применяют для получения заготовок обработкой давлением: углеродистые и легированные конструкционные; высоколегированные коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные; инструментальные и др.

Деформируемые алюминиевые сплавы делятся на две группы: технический алюминий и термически неупрочняемые сплавы (АМц, АМгЗ, АМг5 и др.) и термически упрочняемые сплавы (Д1, Д16, ВД17, АК4, АК8, Б95 и др.). Сплавы первой группы отличаются высокой пластичностью и хорошими технологическими свойствами. Сплавы второй группы имеют удовлетворительные пластичность и технологические свойства, более высокие прочностные характеристики, в том числе и при повышенных температурах.

Из медных сплавов обработке давлением подвергаются латуни и бронзы. Латуни (Л68, Л60, ЛМц58-2, ЛО70-1 и др.) хорошо обрабатываются давлением и резанием. Они деформируются при низких и высоких температурах. К деформируемым бронзам относятся в основном алюминиевые, кремнистые и некоторые оловянные бронзы (БрАЖН 10-4-4, БрА5, БрКМц4-1, БрОЦС4-4-4 и др.). Они, как правило, деформируются в горячем состоянии и могут упрочняться термической обработкой.

Деформируемые магниевые сплавы (МА1, МА2, МА2-1, МА11 и др.) используются для изготовления заготовок прокаткой, прессованием и штамповкой. Обработку давлением проводят обычно при температуре 300...400 °С.

Из титановых сплавов (ОТ4-1, ВТБ, ВТ14, ВТЗ-1, ВТ9 и др.) изготавливают прокат, листы, трубы и поковки. Они обладают удовлетворительной пластичностью, высокой прочностью, но плохо обрабатываются резанием.

В специальном машиностроении и для нужд новой техники используют сплавы сложных составов на основе вольфрама, ниобия, молибдена и сплавы, содержащие такие элементы, как бериллий, цирконий, кобальт и др. Новые сплавы сложного состава поступают в обработку в виде слитков после дуговой и электронно-лучевой плавки.

Для определения допустимых режимов нагрева, температурных интерваловковки и штамповки, степени, скорости и схемы деформации, условий охлаждения поковки, а также необходимого усилия оборудования следует знать зависимость механических свойств обрабатываемого материала от температуры деформирования. Механические свойства определяют различными методами испытаний на растяжение, сжатие, кручение и ударный изгиб.

Помимо механических испытаний для выявления пластичности применяют методы технологических испытаний: прокатку полосу постоянной толщины,

прокатку специального слитка формированной заготовки постоянного сечения на клин и слитка на клин.

При выборе материала заготовки учитывают его эксплуатационные характеристики (прочность, коррозионную стойкость, жаропрочность и др.), пластические свойства и обрабатываемость резанием. Материал должен обладать высокой пластичностью (относительное сужение при одноосном растяжении не менее 20%). Предпочтительно применять материалы, хорошо освоенные в производстве. Выбор материала в значительной мере определяет материалоемкость изделия. Она может быть снижена в результате применения прогрессивных материалов, отличающихся повышенными эксплуатационными и механическими свойствами, а также низкой плотностью. Во многих случаях эти свойства могут быть улучшены за счет последующего применения методов поверхностного упрочнения и защитных покрытий.

2. Особенности штамповки на кривошипных горячештамповочных прессах, разновидности штампов.

Горячая объемная штамповка подразделяется на различные виды в зависимости от типов штампа, оборудования исходной заготовки, способа установки заготовки в штампе и т.п. Остановимся только на факторах, которые определяют конфигурацию поковки и точность ее изготовления, т.е. на типах штампов и оборудования.

В зависимости от оборудования имеются следующие виды объемной штамповки: на штамповочных паровоздушных молотах двойного действия, кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП), горизонтально-ковочных машинах (ГКМ), гидравлических прессах, высокоскоростных молотах и на специальных машинах (ковочные вальцы, горизонтально-гибочные машины – бульдозеры, ротационно-обжимные и радиально-обжимные машины, электровысадочные машины, раскатные машины).

Для изготовления одних и тех же деталей применяют различное оборудование, при этом можно значительно изменять конфигурацию поковки, размеры припуска и допуска, напуски и точность изготовления.

В зависимости от типа штампа штамповка подразделяется на следующие виды: в открытых штампах (рисунок 11.2, а); в закрытых штампах (рисунок 11.2, б); в штампах для выдавливания.

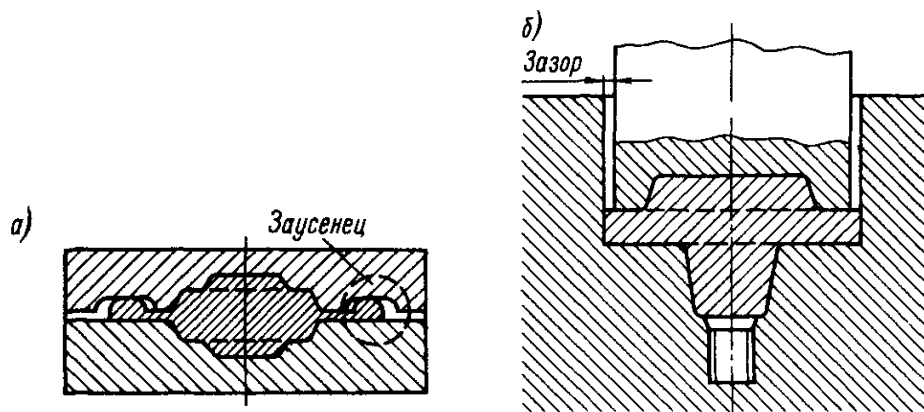


Рисунок 11.2 – Схема открытой (а) и закрытой (б) штамповки

Перечисленные типы штампов применяют практически при штамповке на всех типах оборудования. Вид штампа определяет течение металла, т.е. конфигурацию поковки, поэтому данную классификацию штамповки можно считать основной.

Штамповка в открытых штампах характеризуется тем, что штамп в процессе деформирования остается открытым (рисунок 11.2, а). Зазор между подвижной и неподвижной частями штампа является переменным, в него затекает (выдавливается) металл при деформировании, образуя заусенец, т.е. технологический припуск, размеры которого рассчитывают при проектировании технологии в зависимости от размеров поковки. Основное назначение этого заусенца – компенсация колебаний исходных заготовок по массе. Этот тип штампа можно применять для деталей любой конфигурации. Однако наличие заусенца увеличивает расход металла, кроме того, для обрезки заусенца необходимо применение специальных обрезных прессов и штампов.

При штамповке в закрытых штампах штамп в процессе деформирования остается закрытым, т.е. металл деформируется в закрытом пространстве (рисунок 11.2, б). Зазор между подвижной и неподвижной частями штампа в процессе деформирования остается постоянным и незначительным по размеру – он только предохраняет штамп от заклинивания. Отсутствие заусенца сокращает расход металла, отпадает необходимость в обрезных прессах и инструментах. Однако этот тип штампа применяется для сравнительно простых деталей, в основном тел вращения. Кроме того, отсутствие заусенца вызывает необходимость использовать точные заготовки из калиброванного проката или предварительно механически обработанные.

Сопоставляя качество макроструктуры поковок, отштампованных в открытых и закрытых штампах, необходимо отметить, что при закрытой штамповке макроструктура более качественная, так как процесс образования поковки в полости штампа протекает без нарушения сплошности волокон, при обрезке заусенца после открытой штамповки волокна оказываются перерезанными, что снижает прочность детали (рисунок 11.3).

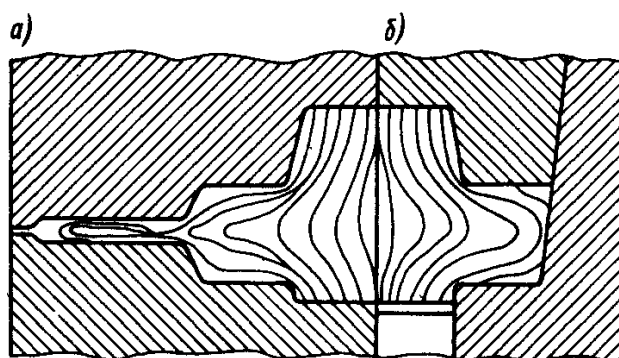


Рисунок 11.3 – Схема расположения волокон металла при открытой (а) и закрытой (б) штамповке

Штамповка в штампах для выдавливания – наиболее прогрессивный технологический процесс горячей штамповки. При использовании штампов для выдавливания значительно снижается расход металла (до 30 %), повышается коэффициент весовой точности, поковки получаются точные, максимально приближающиеся по форме и размерам к готовым деталям, производительность труда увеличивается в 1,5-2,0 раза.

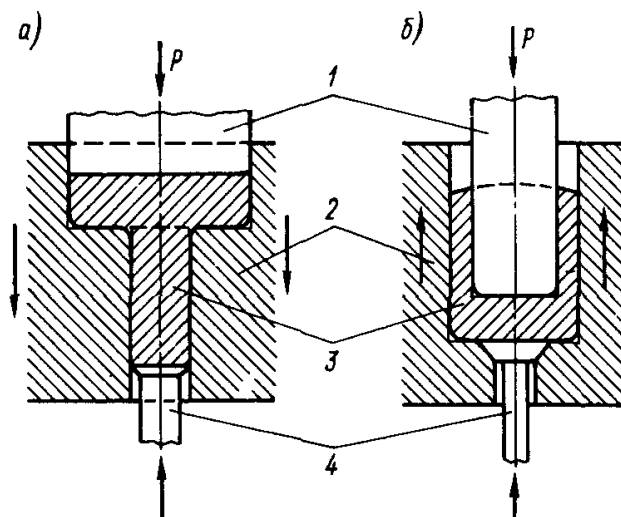


Рисунок 11.4 – Схемы штамповки выдавливанием: а – прямое; б – обратное:
1 – пуансон; 2 – матрица; 3 – поковка; 4 - выталкиватель

Для выдавливания наиболее целесообразны следующие типы поковок: стержень с фланцем, клапаны двигателей, полые детали типа стаканов и т.п. Схемы штамповки в штампах для выдавливания приведены на рисунок 11.4, где стрелками указано течение металла. Этим способом можно получать детали из углеродистых и легированных сталей, алюминиевых, медных и титановых сплавов. Поковки, изготовленные выдавливанием, имеют высокое качество поверхности, плотную микроструктуру. Точность поковок может соответствовать 12-му качеству. Это достигается в результате тщательной подготовки исходных заготовок под штамповку, а также высокой точности изготовления и наладки штампов использованием специальных смазок.

Основное преимущество процесса выдавливания перед штамповкой в открытых штампах – получение поковок с точными размерами и чистой поверхностью. Основные недостатки – высокие удельные усилия деформирования, большие энергозатраты на реализацию процесса и низкая стойкость штамповой оснастки.

На рисунке 11.5 представлены эскизы поковок, получаемых штамповкой на молоте (а) и выдавливанием (б). Из сравнения эскизов видно, что в данном случае процесс выдавливания более эффективен, чем штамповка.

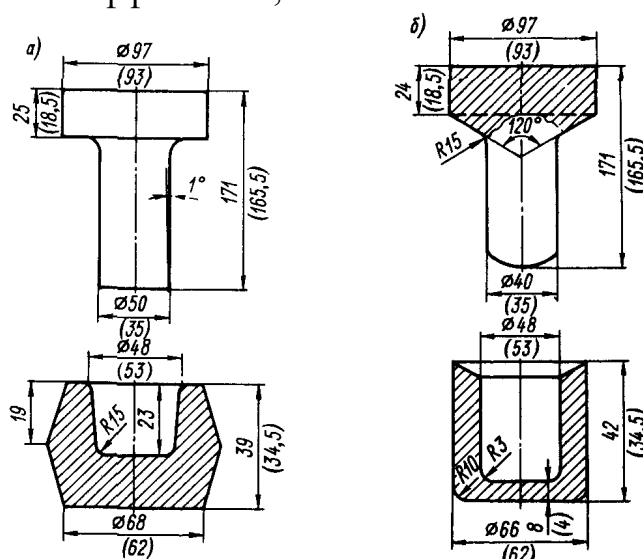


Рисунок 11.5 – Эскизы поковок, полученных на молоте (а) и выдавливаем (б)

Выбор штампа-открытый, закрытый или для выдавливания-определяется, во-первых, конфигурацией и сложностью детали, во-вторых, ее массой и материалом, в-третьих, характером производства. Следует учитывать также и существенные различия в макроструктуре материала поковок, полученных в различных штампах. Макроструктура материала детали определяет ее прочность и долговечность, поэтому указанное обстоятельство должно учитываться при выборе технологического процесса получения штампованной заготовки.

3. Особенности штамповки на горизонтально-ковочных машинах.

Широкое применение для горячей объемной штамповки, особенно для операций высадки, получили *горизонтально-ковочные машины* (ГКМ), представляющие собой механический пресс, расположенный в горизонтальной плоскости. Кроме главного деформирующего ползуна имеется ползун, движение которого перпендикулярно движению главного ползуна, осуществляющего смыкание и размыкание блока матриц. В отличие от штампов молотовых и прессовых штампы для ГКМ имеют два взаимно перпендикулярных разъема и могут быть открытыми и закрытыми. Наличие двух разъемов в штампе создает лучшие условия для выполнения высадочных работ и позволяет получать поковки, как правило, без штамповочных уклонов.

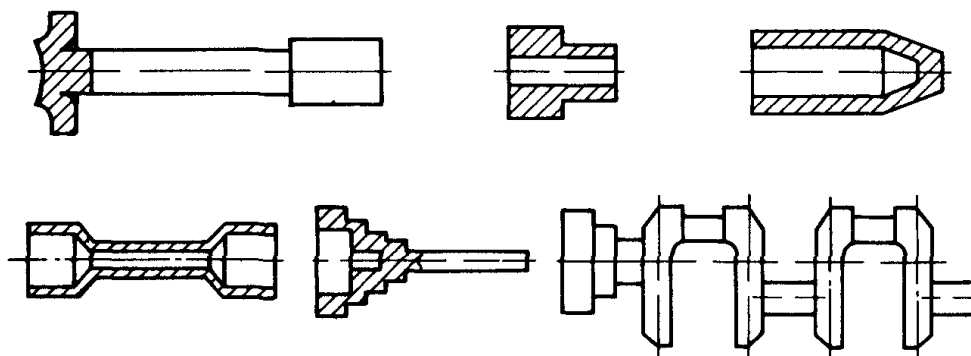


Рисунок 11.6 – Типы поковок, штампуемых на ГКМ

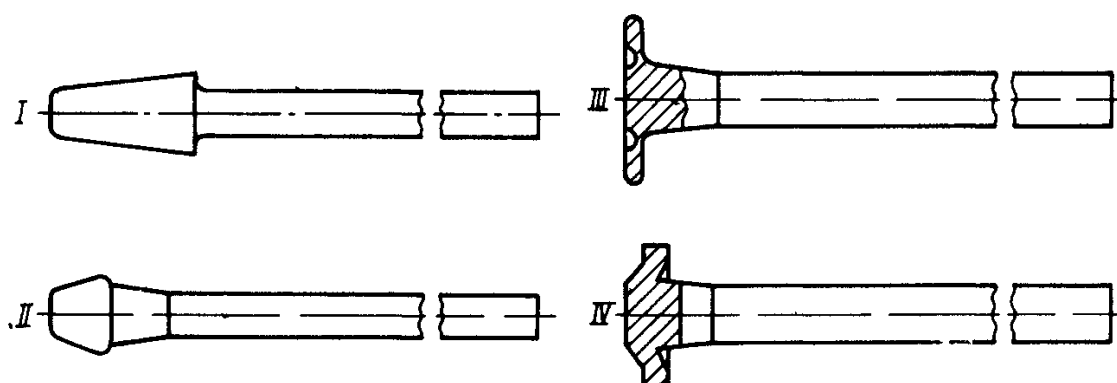


Рисунок 11.7 – Схема многоручьевого высадки стержневой детали на ГКМ (I – IV – последовательность операций)

Поковки, получаемые на горизонтально-ковочных машинах, обычно имеют форму тел вращения. Типичные представители поковок, штампуемых на ГКМ, приведены на рисунке 11.6. Эти машины позволяют производить высадку конусов на длинных (до 3 м и более) прутковых и трубных заготовок; получать изделия типа

стержня или трубы с головкой значительного объема, путем последовательной высадки, с последующим набором металла головки (рисунок 11.7); штамповать осадкой в торец изделия сложной формы, для изготовления которых необходимо применение разъемных матриц; получать поковки с отверстиями из прутковой заготовки без отходов металла на просечку отверстия.

Припуски и допускаемые отклонения размеров поковок, штампуемых на ГKM, определяют по ГОСТ 7505-89 с учетом тех же факторов, что и при штамповке на молотах или прессах. Поскольку ГKM обладают меньшей жесткостью, чем кривошипные горячештамповочные прессы, поковки, изготавливаемые на них, по размеру припусков и допусков ближе к молотовым, чем к прессовым. Штамповочные уклоны на участках поковки, формируемых в полости пуансона: наружные $15'-1^\circ$, внутренние $30'-2^\circ$. Для участков, формируемых в матрице, наружные уклоны не предусматриваются, а внутренние составляют $1-5^\circ$. Наружные радиусы закруглений принимают равными размеру припуска на механическую обработку, внутренние – в 1,5-2 раза большими.

При сопоставлении штамповки на горизонтально-ковочных машинах со штамповкой на молотах и прессах необходимо учитывать, что номенклатура поковок для этих машин резко ограничена, масса их сравнительно небольшая (обычно 30-50 кг), стойкость штампов ниже, чем у молотов и прессов, стоимость горизонтально-ковочных машин примерно в 1,5 раза выше, чем стоимость кривошипных прессов той же мощности. Однако достигаемая экономия металла, возможность получения более сложных и точных поковок, исключение предварительных операций резки прутков на штучные заготовки делают этот способ экономически целесообразным (рисунок 11.8).

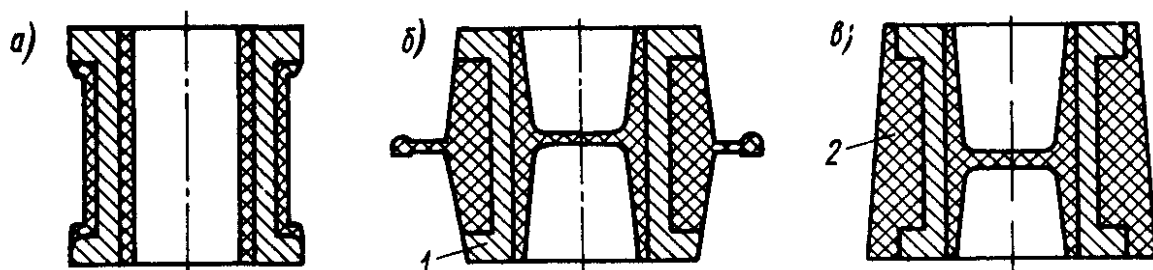


Рисунок 11.8 – Формы поковок при штамповке на ГKM (а), молоте (б) и прессе (в): 1 – деталь; 2 – припуски на механическую обработку

4. Принципы проектирования поковок, получаемых горячей объемной штамповкой. Правила оформления чертежей поковок.

Чертеж поковки составляют по чертежу детали. При получении поковки в открытом штампе прежде всего необходимо правильно выбрать поверхность разъема, т.е. поверхность, по которой соприкасаются между собой верхняя и нижняя половины штампа. Обычно эта поверхность является плоскостью или сочетанием плоскостей. Плоскость разъема должна быть выбрана такой, чтобы поковка свободно вынималась из штампа. В целях облегчения заполнения металлом полости штампа желательно выбрать плоскость разъема таким образом, чтобы полости штампов имели наименьшую глубину. При штамповке возможен сдвиг одной половины штампа относительно другой. Чтобы такой сдвиг можно было легко контролировать,

плоскость разъема должна пересекать вертикальную поверхность поковки (рисунок 11.9). Желательно плоскость разъема располагать так, чтобы естественные уклоны облегчили извлечение поковки из штампа (рисунок 11.9, б).

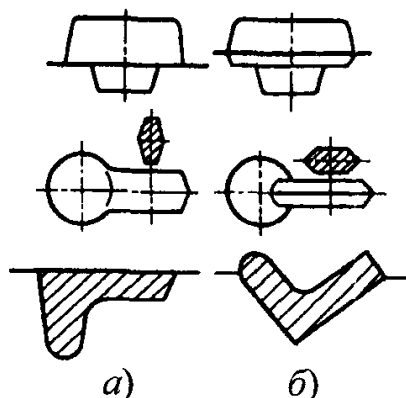


Рисунок 11.9 – Выбор плоскости разъёма штампа: а – неправильно; б – правильно

Припуски на механическую обработку назначают главным образом на сопрягаемые поверхности детали

Величина припуска зависит от габаритных размеров и массы поковки, от вида оборудования штамповки, требований к точности и шероховатости детали; припуск выбирают по ГОСТу. Допуски на штамповку назначают также по ГОСТу; допуски учитывают возможные отклонения от номинальных размеров вследствие недоштамповки по высоте, сдвига штампов, их износа и т.п.

Для облегчения заполнения полости штампа и извлечения из нее поковки боковые поверхности последней должны иметь штамповочные уклоны. Штамповочные уклоны назначают сверх припуска; они повышают отход металла при механической обработке и утяжеляют поковку. Уклон зависит от глубины и сложности полости, применяемого для штамповки оборудования и колеблется для стальных поковок в пределах $3 \dots 10^\circ$. Для наружных поверхностей поковки (вследствие температурной усадки) штамповочные уклоны α принимают меньшими, чем для внутренних β (рисунок 11.10).

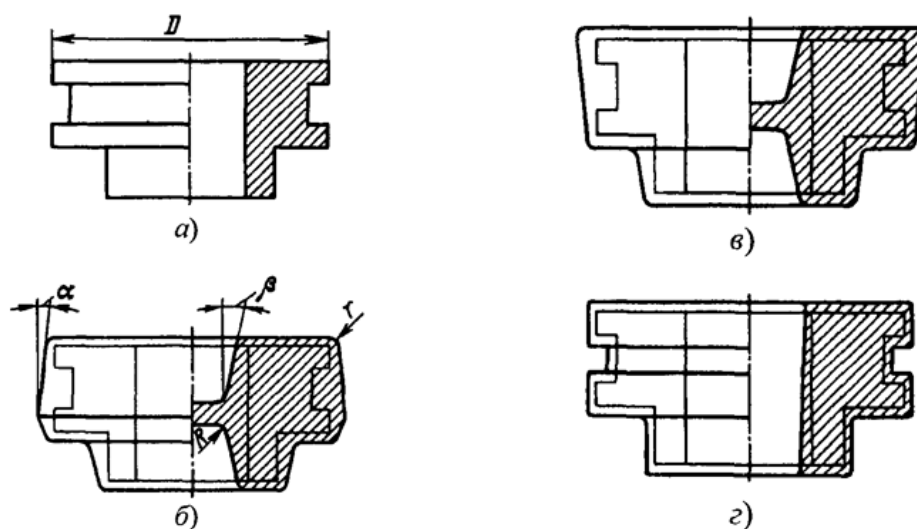


Рисунок 11.10 – Примеры составления чертежа поковки: а – деталь; б – поковка при штамповке в открытом штампе; в – то же, в закрытом штампе с одной плоскостью разъёма; г – то же, в закрытом штампе с двумя плоскостями разъёма

Все пересекающиеся поверхности поковки сопрягаются по радиусам. Это необходимо для лучшего заполнения полости штампа и предохранения его от преждевременного износа и поломок. Радиусы скругления зависят от глубины полости. Внутренние радиусы R скругления в 3...4 раза больше, чем наружные радиусы r (см. рисунок 11.10). Наружные радиусы скругления r составляют обычно 1...6 мм.

При штамповке в штампах с одной плоскостью разъема нельзя получить сквозное отверстие в поковке, поэтому наносят только наметку отверстия с перемычкой-пленкой, удаляемой впоследствии в специальных штампах. Штамповкой не всегда можно получить полностью требуемую конфигурацию поковки, поэтому на отдельных участках поковок могут быть сделаны напуски, упрощающие форму. В частности, при диаметрах отверстия, меньших 30 мм, наметки в поковках не делают.

Изменив все размеры спроектированной поковки на величину усадки, получают чертеж горячей поковки, по которому изготавливают полость штампа.

При штамповке в открытых штампах вдоль внешнего контура полости выполняют специальную облойную канавку штампа. Для обеспечения хорошего заполнения металлом полости штампа и повышения его стойкости особенно большое значение имеет толщина облоя, которую, как и другие размеры облойной канавки, подсчитывают по формулам в зависимости от конфигурации поковки.

Чертеж поковки при штамповке в закрытых штампах с одной плоскостью разъема составляют так же, как при штамповке в открытых, но плоскость разъема выбирают по торцевой наибольшей поверхности детали (см. рисунок 11.11, в). Составление чертежа поковки при штамповке в закрытых штампах с двумя взаимно перпендикулярными плоскостями разъема имеет свои специфические особенности. Прежде всего наличие двух плоскостей разъема не требует на поковках напусков там, где они необходимы в штампах с одной плоскостью разъема (рисунок 11.10, г). Штамповочные уклоны назначают значительно меньшего размера или их можно совсем не предусматривать.

5. Сущность основных операций холодной листовой и объемной штамповки.

Холодная штамповка производится в штампах без нагрева заготовок и сопровождается деформационным упрочнением металла. Она обеспечивает достаточно высокую точность и малую шероховатость поверхности при малых отходах металла и низкой трудоемкости и себестоимости изготовления изделий.

В зависимости от характера деформирования и конструкции штампов холодную штамповку делят на объемную и листовую.

Объемная холодная штамповка

Холодную объемную штамповку выполняют на прессах или специальных холодноштамповочных автоматах. Основными ее разновидностями являются: высадка, выдавливание, объемная формовка, чеканка.

Высадка – образование на заготовке местных утолщений требуемой формы в результате осадки ее конца (рисунок 11.11).

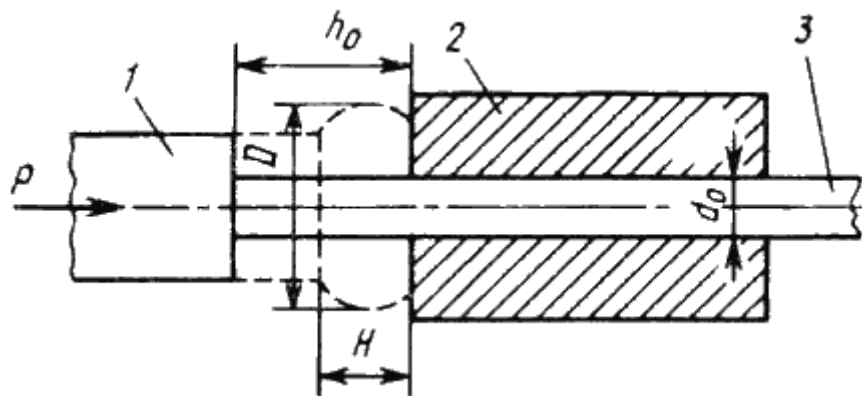


Рисунок 11.11 – Схема высадки

Заготовкой обычно служит холодноотянутый материал в виде проволоки или прутка из черных или цветных металлов. Высадкой изготавливают стандартные и специальные крепежные изделия, кулачки, валы-шестерни, детали электронной аппаратуры, электрические контакты и т.д.

Высадка осуществляется на прессах, горизонтально-ковочных машинах, автоматических линиях, оснащенных холодновысадочными пресс-автоматами.

Выдавливание – формообразование сплошных или полых изделий, благодаря пластическому течению металла из замкнутого объема через отверстия соответствующей формы.

Особенностью процесса является образование в очаге деформации схемы трехосного неравномерного сжатия, повышающего технологическую пластичность материала.

Различают прямое, обратное, боковое и комбинированное выдавливание (рисунок 11.12).

При *прямом* выдавливании металл течет из матрицы 2 в направлении, совпадающем с направлением движения пуансона 1 (рисунок 11.12, а, рисунок 11.12, б). Этим способом можно получить детали типа стержня с утолщением, трубки с фланцем, стакана с фланцем.

При *обратном* выдавливании металл течет в направлении, противоположном направлению движения пуансона, в кольцевой зазор между пуансоном и матрицей для получения полых деталей с дном (рисунок 11.12, в) или в полый пуансон для получения деталей типа стержня с фланцем (рисунок 11.12, г).

При *боковом* выдавливании металл течет в боковые отверстия матрицы под углом к направлению движения пуансона (рисунок 11.12, ж). Таким образом, можно получить детали типа тройников, крестовин и т.п. Для обеспечения удаления заготовок из штампа матрицу выполняют состоящей из двух половинок с плоскостью разъема, проходящей через осевые линии исходной заготовки и получаемого отростка.

При *комбинированном* выдавливании металл течет по нескольким направлениям (рисунок 11.12, д, рисунок 11.12, е). Возможны сочетания различных схем.

Заготовки для выдавливания отрезают от прутков или вырубают из листа. Размер заготовок рассчитывают с учетом потерь на последующую обработку. Форма заготовки и ее размеры для полых деталей без фланца соответствуют наружным размерам детали; для деталей с фланцем – диаметру фланца; для деталей стержневого типа – размерам головки.

Выдавливание можно осуществлять и в горячем состоянии.

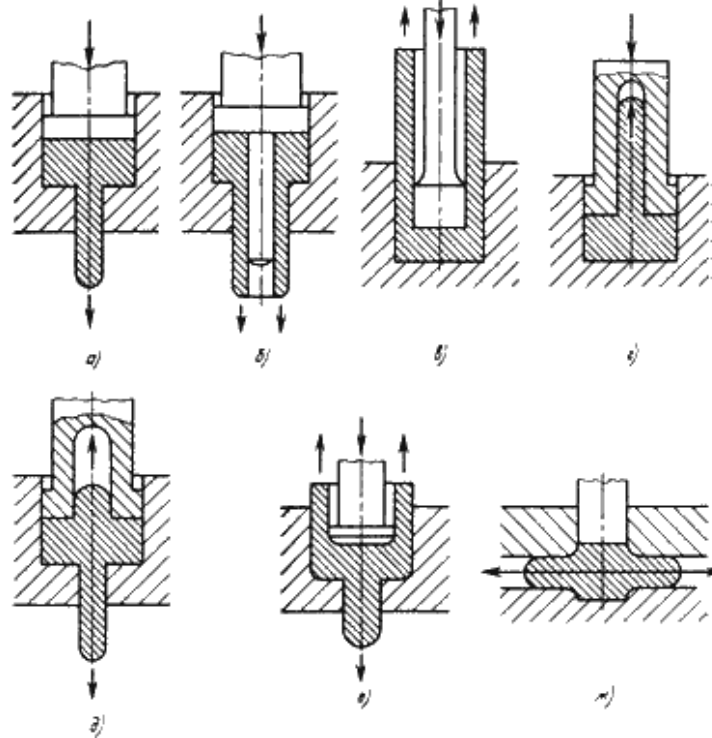


Рисунок 11.12 – Схемы выдавливания: а, б – прямого; в, г – обратного; д, е – комбинированного; ж – бокового

Объёмная формовка – формообразование изделий путем заполнения металлом полости штампа.

Схемы объемной формовки представлены на рисунке 11.13.

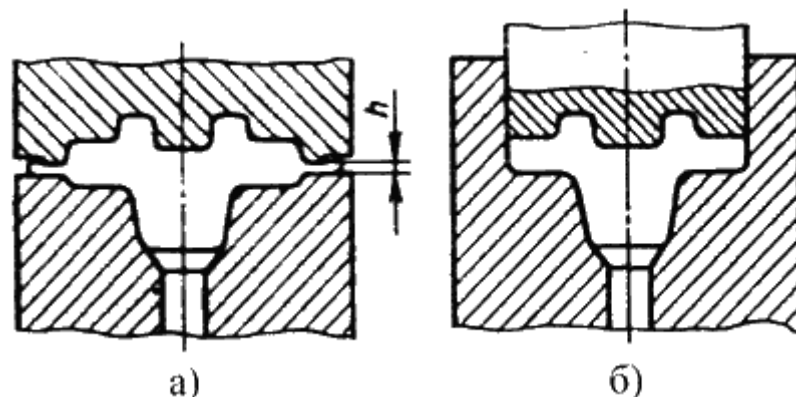


Рисунок 11.13 – Схемы объемной формовки: а – в открытых штампах; б – в закрытых штампах

Чеканка – образование рельефных изображений на деформируемом материале.

Чеканка осуществляется в закрытых штампах на чеканочных фрикционных и гидравлических прессах.

Листовая штамповка

Листовая штамповка – один из видов холодной обработки давлением, при котором листовой материал деформируется в холодном или подогретом состоянии.

Листовой штамповкой изготавливаются разнообразные плоские и пространственные детали – от мелких, массой от долей грамма и размерами в доли

миллиметра (секундная стрелка часов), до средних (металлическая посуда, крышки, кронштейны) и крупных (облицовочные детали автомобилей).

Основные преимущества листовой штамповки:

возможность изготовления прочных легких и жестких тонкостенных деталей простой и сложной формы, получить которые другими способами невозможно или затруднительно;

высокие точность размеров и качество поверхности, позволяющие до минимума сократить механическую обработку;

сравнительная простота механизации и автоматизации процессов штамповки, обеспечивающая высокую производительность (30000...40000 деталей в смену с одной машины);

хорошая приспособляемость к масштабам производства, при которой листовая штамповка может быть экономически выгодна и в массовом, и в мелкосерийном производствах.

Различают *разделительные* операции, в которых этап пластического деформирования обязательно завершается разрушением, и *формообразующие* операции, в которых заготовка не должна разрушаться в процессе деформирования.

Разделительные операции предназначены или для получения заготовки из листа или ленты, или для отделения одной части заготовки от другой. Операции могут выполняться по замкнутому или по незамкнутому контуру.

Отделение одной части заготовки от другой осуществляется относительным смещением этих частей в направлении, перпендикулярном к плоскости заготовки. Это смещение вначале характеризуется пластическим деформированием, а завершается разрушением.

Отрезка – отделение части заготовки по незамкнутому контуру на специальных машинах – ножницах или в штампах.

Обычно ее применяют как заготовительную операции для разделения листов на полосы и заготовки нужных размеров.

Основные типы ножниц представлены на рисунок 11.14.

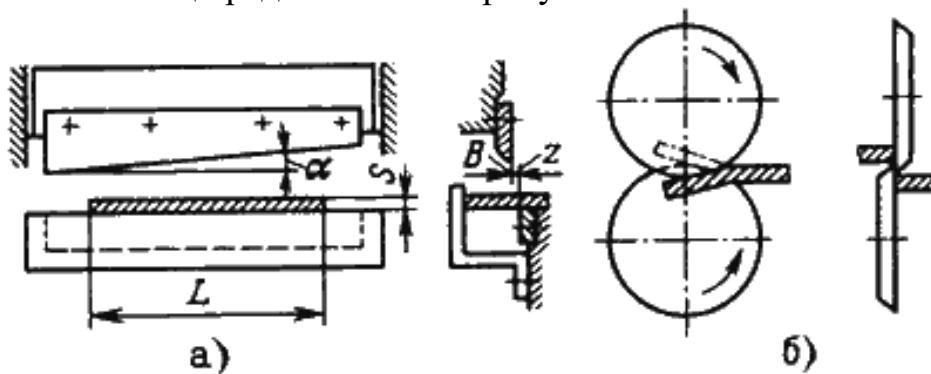


Рисунок 11.14 – Схемы действия ножниц: а – гильотинных; б – дисковых

Вырубка и пробивка – отделение металла по замкнутому контуру в штампе.

При вырубке и пробивке характер деформирования заготовки одинаков. Эти операции отличаются только назначением. Вырубкой оформляют наружный контур детали, а пробивкой – внутренний контур (изготовление отверстий).

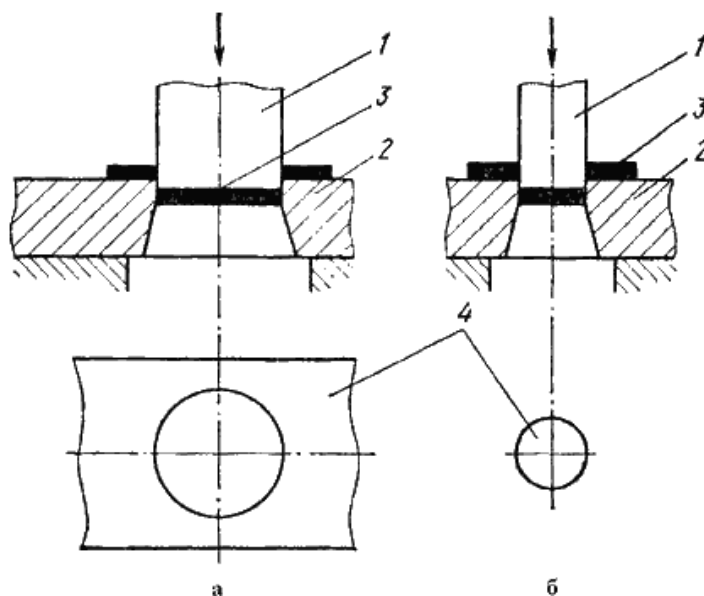


Рисунок 11.15 – Схема процессов вырубki (а) и пробивки (б): 1 – пуансон, 2 – матрица, 3 – изделие, 4 – отход

Формообразующие операции листовой штамповки

При формообразующих операциях стремятся получить заданную величину деформации, чтобы заготовка приобрела требуемую форму.

Основные формообразующие операции: гибка, вытяжка, отбортовка, обжим, раздача, рельефная формовка. Схемы формообразующих операций представлены на рисунке 11.16.

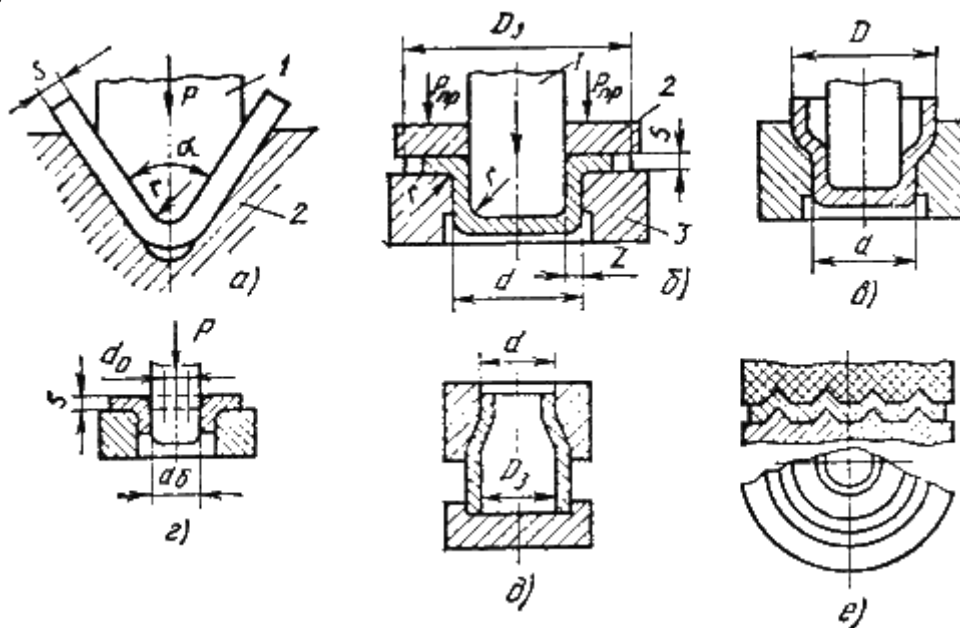


Рисунок 11.16 – Формообразующие операции листовой штамповки

Гибка – образование угла между частями заготовки или придание заготовке криволинейной формы (рисунок 11.16, а).

Вытяжка – образование полого изделия из плоской или полой заготовки (рисунок 11.16, б).

Отбортовка – получение борта диаметром d_6 путем вдавливания центральной части заготовки с предварительно пробитым отверстием d_0 в матрицу (рисунок 11.16, г).

Обжим – уменьшение периметра поперечного сечения концевой части полрой заготовки.

Раздача – увеличение периметра поперечного сечения концевой части полрой заготовки коническим пуансоном; это операция противоположная обжиму.

Рельефная формовка – местное деформирование заготовки с целью образования рельефа в результате уменьшения толщины заготовки (рисунок 11.16, е).

Тема 12. Производство заготовок из порошковых материалов.

1. Сущность получения заготовок методами порошковой металлургии. Преимущества и недостатки получаемых заготовок.

Порошковая металлургия – отрасль машиностроения, занимающаяся производством металлических порошков и деталей из них. Сущность порошковой металлургии заключается в том, что из металлического порошка или смеси порошков прессуют заготовки, которые затем подвергают термической обработке – спеканию.

Высокая эффективность порошковой металлургии реализуется при изготовлении материалов и изделий, которые невозможно или невыгодно получать другими способами заготовительного производства.

Способы порошковой металлургии позволяют также изготавливать материалы и изделия, которые могут быть получены и другими способами, но с иными технико-экономическими показателями.

Решающими факторами при переводе изготовления изделий на способы порошковой металлургии являются их себестоимость, трудоемкость и технологичность, масштабы производства. Себестоимость порошковых изделий средней сложности в 2...2,5 раза ниже себестоимости изделий из проката.

Одно из преимуществ способов порошковой металлургии заключается в получении двух- и многослойных изделий (некоторые виды подшипников скольжения, биметаллические пластины, цельнопрессованные магнитные схемы, коллекторные пластины, электроконтакты и т. д.).

При переводе изготовления изделий, работающих в условиях высоких нагрузок и агрессивных сред, на способы порошковой металлургии значительно увеличивается их эксплуатационная стойкость: резцов горнодобывающих машин – в 1,5...2 раза, выталкивателей штампов – в 2 раза, матриц для ударного выдавливания – в 3...5 раз, распылителей мазутных форсунок – в 7 раз, фрикционных дисков – в 2...10 раз

При прессовании порошок помещается в пресс-форму и подвергается сжатию. В результате он уплотняется и принимает форму, соответствующую полости, в которой происходит процесс. Самым существенным моментом, сопровождающим его, является изменение объема сыпучего материала, что коренным образом отличает формование порошков от сходных процессов обработки давлением литых материалов. Поэтому при конструировании прессового инструмента, прогнозировании свойств изготавливаемых изделий необходимо учитывать изменение объема порошкового материала в процессе формования. Основные положения теории пластичности, используемой в обработке давлением компактных

материалов, неприменимы в порошковой металлургии из-за изменения объема порошкового материала.

Способы формования порошковых заготовок.



Рисунок 12.1 – Классификация основных способов формования заготовок из порошковых материалов

Холодное прессование в пресс-форме может быть односторонним и двусторонним. При *одностороннем прессовании* давление прикладывается только к одному, как правило верхнему, пуансону (рисунок 12.2). Прессование до упора в ограничительное кольцо в ручных пресс-формах используется в том случае, когда необходимо получить точность размеров спрессованных изделий по высоте, а также незначительное изменение размеров по высоте в пределах данной партии изделий.

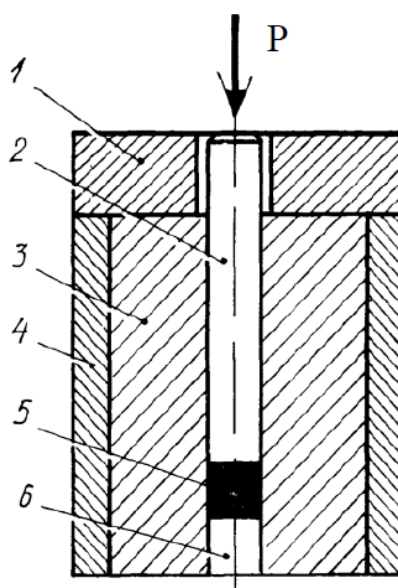


Рисунок 12.2 – Схема пресс-формы для одностороннего прессования:
1 – ограничительное кольцо; 2 – пуансон верхний;
3 – матрица; 4 – обойма; 5 – прессовка; 6 – пуансон нижний

Выпрессовка изделий осуществляется с помощью специальной подкладки или кольца, устанавливаемых под нижним или над верхним пуансонами или без них (при автоматическом прессовании), путем перемещения нижнего пуансона или матрицы.

Односторонним прессованием получают заготовки простой формы с отношением высоты к диаметру, меньшим единицы, и заготовки втулок с отношением наружного диаметра к толщине стенки, меньшим трех.

В некоторых случаях тонкостенные изделия и детали с резьбами, боковыми поясками также можно получать односторонним прессованием в закрытых пресс-формах, прикладывая давление с нескольких сторон или радиально расположенным пуансоном. Распределение плотности по объему прессовки при однородном прессовании неоднородно. В горизонтальном направлении в верхнем слое под прессующим пуансоном плотность нарастает от центра к периферии, а в нижнем слое – от периферии к центру. Средняя плотность изделий снижается от верхней части к нижней. Наибольшее уплотнение проявляется на краях заготовки под верхним пуансоном; минимальное – по краю нижней поверхности изделий.

Применение *двустороннего прессования* предназначено для устранения вышеописанного недостатка. Для заполнения матрицы порошком нижний пуансон отводится в крайнее нижнее положение, освобождая для порошка требуемый объем с высотой засыпки H_3 (рисунок 12.3, а).

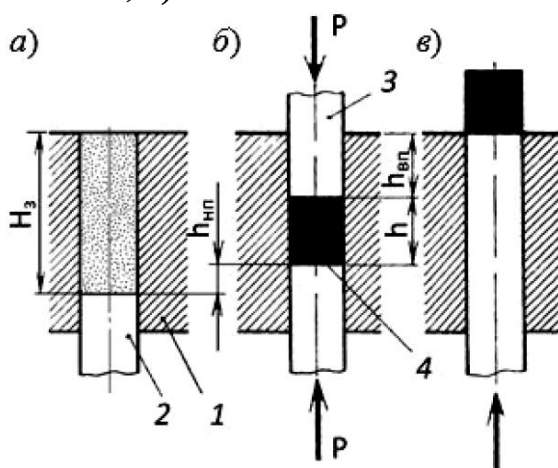


Рисунок 12.3 – Схема пресс-формы с неподвижной матрицей для двустороннего прессования: а – заполнение матрицы порошком; б – прессование; в – выталкивание заготовки: 1 – матрица; 2 – пуансоны; 3 – заготовка

С помощью верхнего пуансона к порошку прикладывается давление прессования p , верхний пуансон перемещается в матрице на величину $h_{вп}$. Затем давление p прикладывается к нижнему пуансону, который перемещается на величину $h_{нп}$, причем обычно $h_{нп} < h_{вп}$, т. к. в результате прессования верхним пуансоном заготовка приобретает определенную плотность (рисунок 12.3, б). Выталкивание спрессованной заготовки осуществляется нижним пуансоном (рисунок 12.3, в).

При автоматическом прессовании более широко применяются для получения равномерной плотности в прессовках пресс-формы с подвижной и плавающей матрицами.

При *прессовании в подвижной матрице* после засыпки порошка (рисунок 12.4, а) давление прикладывается к верхнему пуансону 3 (рисунок 12.5, б). Одновременно происходит перемещение матрицы в направлении приложения давления на величину h_m . Это приводит к выравниванию плотности по высоте заготовки, так как снижаются потери на трение порошка о стенки матрицы формы. Выпрессовка заготовки выполняется нижним пуансоном (рисунок 12.5, в).

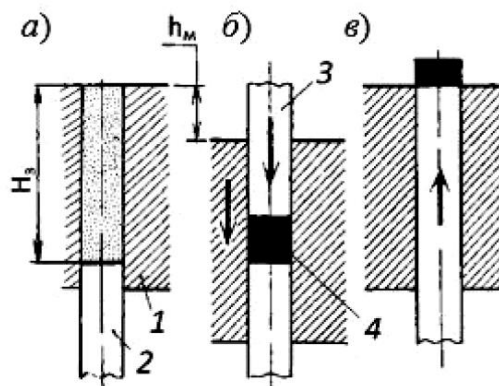


Рисунок 12.4 – Схема пресс-формы с подвижной матрицей для двустороннего прессования: а – заполнение матрицы порошком; б – прессование; в – выталкивание заготовки: 1 – матрица; 2,3 – пуансоны; 4 – заготовка

Основным недостатком **холодного прессования** в закрытых пресс-формах является необходимость приложения больших давлений, а также износ и задиры стенок матрицы, пуансонов и стержней.

Способ **вибрационного прессования** позволяет снизить прилагаемое давление на порядок и более. Для этой цели используют механические вибраторы (частота колебаний составляет 230...250 Гц, амплитуда колебаний – 0,03...0,05 мм). Вибратор или булавку, соединенную с приводом через гибкий вал, устанавливают под пресс-формой на пружинах (рисунок 12.5). Время вибрационного прессования для смесей порошков составляет: из твердых сплавов – 4...5 с; из жаропрочных соединений – 5...15 с; из меди – 10...60 с. Плотность получаемых заготовок может достигать 90 % от теоретического значения.

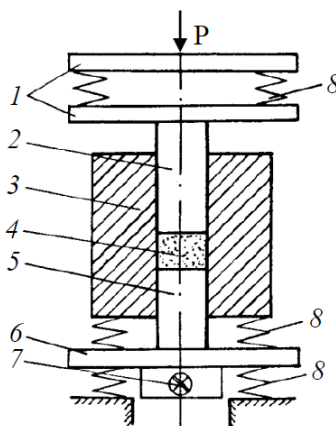


Рисунок 12.5 – Схема вибрационного прессования: 1- плиты; 2 – верхний пуансон; 3 – матрица; 4 – прессовка; 5 – нижний пуансон; 6 – опорная плита; 7 – вибратор; 8 – пружины

Основной недостаток этого способа заключается в расслоении порошков компонентов шихты при вибрации в пресс-форме. В верхней части прессовок из поликомпонентной шихты концентрация компонента, материал которого имеет низкую плотность, значительно больше, чем его среднее содержание. Кроме этого, при прессовании с уплотнением усложняется конструкция прессующего блока.

Способ **пакетного прессования** (рисунке 12.6) применяют с целью предотвращения разрушения прессовок малой высоты и большого сечения при их выпрессовывании из матрицы. После загрузки порошка в пресс-форму устанавливают стальную (промежуточную) прокладку, отпускают нижний пуансон, загружают еще одну порцию порошка, устанавливают другую прокладку и т. д. После этого производят прессование (одно- или двустороннее) и нижним пуансоном выпрессовывают полученный пакет. Прокладки используют повторно.

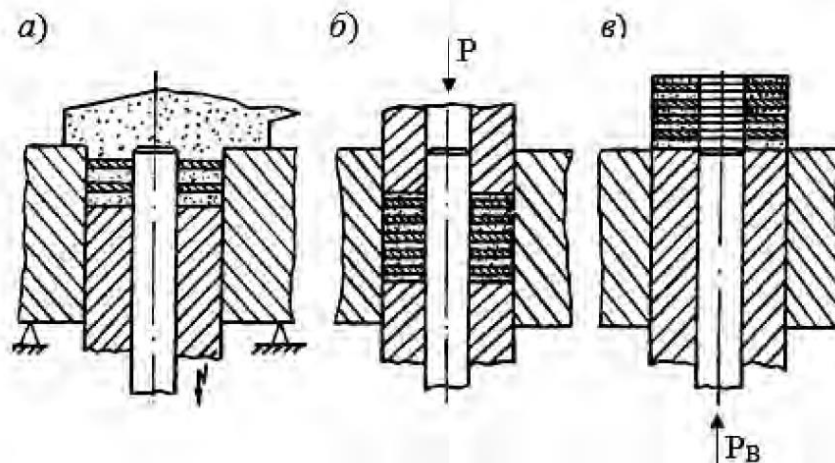


Рисунок 12.6 – Схема пакетного прессования шайб: а – загрузка порошка и установка прокладок; б – одно- или двустороннее прессование; в – выпрессовка пакета

Способ применяют при производстве фрикционных дисков толщиной 0,4...1,5 мм; разница в плотности отдельных участков изделия, как правило, не превышает 1...3 %. Способ пакетного прессования целесообразен для получения тонких порошковых изделий различной сложности: типа шайб, дисков, пластин и др.

Необходимость получения крупногабаритных изделий из трудно-прессуемых композиций обусловила развитие других способов формования порошков, например способа **изостатического формования**. Сущность его заключается в том, что порошок помещают в эластичную оболочку и подвергают всестороннему сжатию. В результате получают крупногабаритные прессовки, изделия с большим отношением длины к диаметру (ширине), с тонкими стенками и равномерной во всех направлениях плотностью.

Разработано нескольких разновидностей **изостатического формования**, одним из которых является *гидростатическое прессование*. Сущность *гидростатического прессования* состоит в том, что порошок засыпают в эластичную оболочку (как правило, резиновую толщиной 0,1...0,15 мм) и помещают в рабочую полость гидростата. Камеру закрывают крышкой (затвором) специальной конструкции для обеспечения герметичности. В камере создают требуемое давление, подавая жидкость насосом. Способ характеризуется практически полным отсутствием трения при уплотнении порошка, равномерной плотностью получаемых изделий.

При прессовании трубчатых изделий (рисунок 12.7) внутрь порошка помещают сплошной или полый сердечник, центрируемый сверху и снизу. После прессования гильзу извлекают из камеры, снимают центрирующие колпаки и вынимают спрессованное полое изделие.

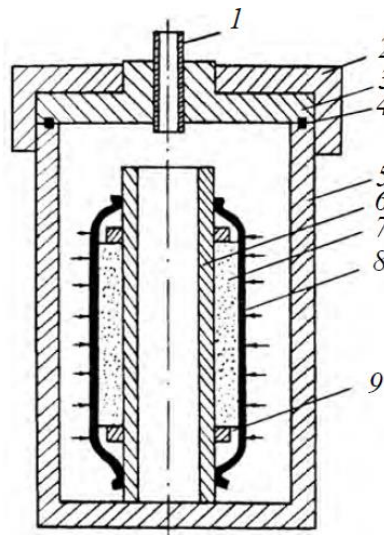


Рисунок 12.7 – Схема гидростатического прессования втулок: 1 – труба высокого давления; 2 – крышка камеры; 3 – затвор; 4 – уплотнительная прокладка; 5 – корпус камеры прессования; 6 – сердечник; 7 – порошок; 8 – эластичная оболочка; 9 – фиксатор сердечника

При гидростатическом прессовании воздух и газы не имеют выхода из герметично закрытой оболочки, поэтому необходимо применять различные устройства для дегазации уплотняемого порошка. Этим способом получают порошковые заготовки цилиндрической и шаровидной форм до нескольких сотен килограммов. Особенно эффективны гидростаты при производстве заготовок из плохоформируемых и прессуемых порошков.

Другим вариантом формования является *газостатическое прессование*. Давление газа в рабочей камере создается компрессором и доводится до заданного значения с помощью подогрева газа нагревателем. Имеются установки, позволяющие прессовать труднопрессуемые порошки молибдена, твердого сплава, быстрорежущей стали, окиси алюминия и др., а также повторно прессовать уже сформированные заготовки при температуре до 1723 К и давлении до 200 МПа.

Значительный эффект достигнут при использовании данного способа для изготовления быстрорежущей стали. Полученная быстрорежущая порошковая сталь имеет равномерную мелкозернистую структуру и высокие режущие свойства.

Горячее прессование порошков в закрытых пресс-формах и газостатах проводят при одновременном приложении давления и нагреве порошка в формах или оболочках. По сравнению с холодным прессованием давление горячего прессования снижается почти на порядок. В большинстве случаев оно ограничивается лишь прочностью материала пресс-формы. При таком прессовании технологически совмещаются процессы формообразования и спекания заготовки с целью получения готовой детали.

Схемы горячего прессования порошков принципиально не отличаются от вышеприведенных, но конструкция пресс-блоков зависит от способа нагрева и приложения давления. Используют следующие способы электронагрева порошков:

- прямой нагрев пресс-формы пропусканием тока непосредственно через пресс-форму или порошок;
- косвенный нагрев пресс-формы, помещенной внутри электрического нагревателя;

- прямой индукционный нагрев токопроводящей пресс-формы;
- индукционный нагрев токопроводящей трубы, внутри которой помещена пресс-форма из нетокопроводящего материала;
- прямой нагрев порошка внутри нетокопроводящей матрицы.

В большинстве случаев *горячее статическое прессование* проводят при температуре 1200...1450 °С в графитовых пресс-формах, имеющих хорошую электропроводность, низкую плотность, высокие термостойкость и прочность при сжатии в пределах 35...70 МПа. Реже, чем графит, для изготовления пресс-форм используют жаропрочные сплавы (на основе молибдена и др.), позволяющие прилагать достаточно высокие давления при температурах 1100...1300 °С.

Горячее изостатическое прессование порошков в основном проводят в газостатах. Поскольку в качестве среды, передающей давление, используют газ, порошок или пористая заготовка должны быть помещены в герметически закрытый контейнер. Кроме того, материал для контейнеров не должен реагировать с материалом порошков, газами и футеровкой печи, но необходимо, чтобы он легко отделялся от сформированного изделия. Этот способ прессования главным образом применяют для получения крупных заготовок из плохопрессуемых порошков и порошков активных металлов, сплавов и соединений.

Высокоскоростное (динамическое) прессование имеет некоторые преимущества перед статическим. При увеличении скорости деформирования коэффициент внешнего трения уменьшается во много раз, соответственно, достигается более однородное распределение плотности в прессовках. Создание чрезвычайно высоких давлений в межчастичных контактах при высокоскоростном формовании также позволяет получать материалы с хорошей плотностью и обеспечивает минимальную усадку после спекания. Кроме этого, в межчастичных контактах локализуется достаточное для снятия наклепа количество теплоты, что повышает формуемость порошков и прочность заготовок. Различают несколько способов высокоскоростного прессования в зависимости от источника энергии, обеспечивающего высокую скорость приложения давления.

Ударное прессование может быть одно- или двусторонним, и схемы процесса принципиально не отличаются от схем холодного статического прессования.

Прессование взрывом осуществляется при различных вариантах создания нагрузки на порошок, т. е. при нагружении пуансона летящим снарядом, при непосредственном воздействии ударной волны на пуансон, передаче давления через жидкую среду и др. Во всех случаях энергия удара (давление на пуансон) зависит от массы взрывчатого вещества или порохового заряда и конструкции установки. В установках с пороховым зарядом ударный механизм накачивает капсуль, который воспламеняет заряд, что создает в рабочей полости давление 0,5...2 ГПа и ускоряет боек (снаряд) до скорости 10...100 м/с.

Электромагнитное формование. Для получения магнитных импульсов применяют плоские, спиральные, соленоидные и др. индукторы. При прохождении большего тока через индуктор между ним и прессуемой заготовкой возникает магнитное поле высокой интенсивности. Взаимодействие магнитного поля и наведенных токов создает силы, прижимающие порошковое тело к матрице.

Эффективность магнитоимпульсного формования зависит от удельного электросопротивления пористого тела. Хорошие результаты получают при

формовании заготовок из порошков золота, серебра, меди, алюминия и железа. Большое значение при этом имеет расстояние между индуктором и порошком (наиболее эффективно расстояние 1 мм).

Пневмомеханическое формование осуществляется в результате использования энергии, выделяющейся при адиабатическом расширении сильно сжатого газа. Порошок помещают между двумя пуансонами, по которым удаляют бойки, получающие ускорение благодаря расширению газа, подаваемого из ресивера в пневмокамеру.

Непрерывные способы прессования.

Мундштучное формование (выдавливание) применяется для получения деталей типа прутков и труб высокой плотности. Осуществляется путем продавливания через отверстие в матрице смеси порошка с пластификатором или предварительно спрессованной и нагретой заготовки. В порошок добавляют пластификатор до 10...12 % от массы порошка, улучшающий процесс соединения частиц и уменьшающий трение порошка о стенки пресс-формы. Профиль изготавливаемой детали зависит от формы калиброванного отверстия пресс-формы. Полые профили выполняют с применением рассекателя. Металлокерамические профили изготавливают выдавливанием на гидравлических и механических прессах. Способ позволяет получать длинномерные изделия с равномерной плотностью из труднопрессуемых порошков – тугоплавких металлов и соединений, твердых сплавов и т. д.

Прокатка – один из наиболее производительных и перспективных способов переработки порошковых материалов. Ее характерной особенностью является высокая степень автоматизации и непрерывность. Сущность прокатки порошков заключается в подаче порошка из бункера в зазор между вращающимися навстречу друг другу с одинаковыми скоростями валками (рисунок 12.8). За счет сил трения частицы порошка формируются в полосу, которую затем подают в печь для спекания. По своей физической природе прокатку порошка можно рассматривать как непрерывное прессование, которое начинается в очаге деформации и заканчивается на выходе ленты из зазора между валками.

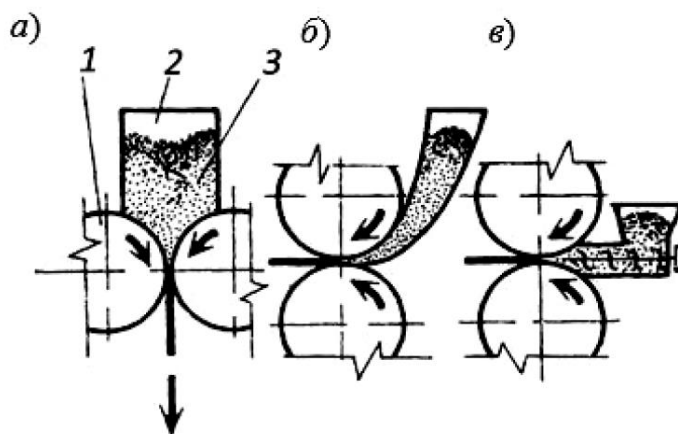


Рисунок 12.8 – Схемы прокатки порошка: а – вертикальная; б – горизонтальная; в – горизонтальная с принудительной подачей порошка; 1 – валки; 2 – бункер; 3 – порошок

Прокатку порошков применяют для получения пористых изделий (фильтров, электродов и др.), заготовок и полуфабрикатов типа лент, полос, листов, проволоки и т. п. Плотность таких изделий составляет 50...90 %. Прокаткой из металлических

порошков изготавливают ленты толщиной 0,02...3,0 мм и шириной до 300 мм. Применение валков определенной формы позволяет получить прутки различного профиля, в том числе и проволоку диаметром от 0,25 мм до нескольких миллиметров.

В зависимости от расположения валков и подачи порошка прокатка осуществляется в горизонтальном и вертикальном направлениях. Порошок может поступать в зазор между валками под действием гравитационных сил (собственной массы) и принудительно. Качество прокатки зависит от текучести порошка, скорости прокатки, стабильности свойств порошка.

Недостатками этого способа уплотнения порошковых материалов обычно считают наличие разрывов и неоднородностей по толщине и плотности на краях и концах полос, которые устраняются, как правило, механической обработкой.

Тема 13. Сварные заготовки.

1. Сущность основных способов получения сварных заготовок. Их преимущества, недостатки, области рационального применения.

Ручную дуговую сварку выполняют сварочными электродами, которые вручную подают в дугу и перемещают вдоль заготовки. В процессе сварки металлическим покрытым электродом (рисунок 13.1) дуга 8 горит между стержнем электрода 7 и основным металлом 1. Стержень электрода плавится, и расплавленный металл каплями стекает в сварочную ванну 9. Вместе со стержнем плавится покрытие электрода

образуя защитную газовую атмосферу 5 вокруг дуги и жидкую шлаковую ванну 4 на поверхности расплавленного металла. По мере движения дуги сварочная ванна затвердевает и формируется сварной шов. Жидкий шлак после остывания образует твердую шлаковую корку 2

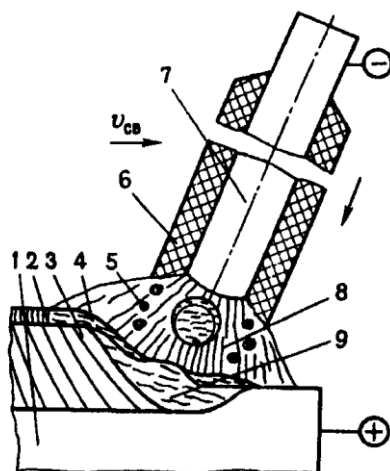


Рисунок 13.1 – Схема процесса сварки металлическим покрытым электродом

Ручная сварка позволяет выполнять швы в различных пространственных положениях – *нижнем, вертикальном, горизонтальном и потолочном*. При сварке на вертикальной плоскости ток уменьшают на 10 ... 15 %, в потолочном положении на 15...20 % по сравнению с током для сварки в нижнем положении. При этом сварку выполняют электродами диаметром не более 4 мм

Ручная сварка удобна при выполнении коротких криволинейных швов в любых пространственных положениях, при наложении швов в труднодоступных местах, а также при монтажных работах и сборке конструкций сложной формы. Ручная сварка обеспечивает хорошее качество сварных швов, но обладает более низкой производительностью, например, по сравнению с автоматической дуговой сваркой под флюсом. Это обусловлено тем, что ток при ручной сварке покрытыми электродами ограничен, так как повышение тока сверх рекомендованного значения приводит к разогреву стержня электрода, отслаиванию покрытия, сильному разбрызгиванию и угару расплавленного металла. Ручную сварку постепенно заменяют механизированной в атмосфере защитных газов.

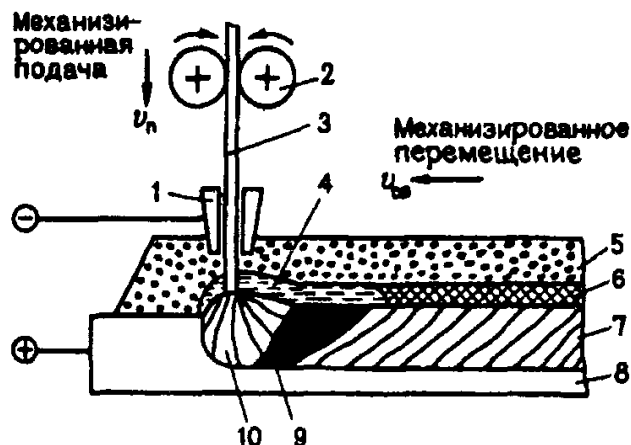


Рисунок 13.2 – Схема процесса автоматической дуговой сварки под флюсом

Для автоматической дуговой сварки под флюсом используют непокрытую электродную проволоку и флюс для защиты дуги и сварочной ванны от воздуха. Подача и перемещение электродной проволоки механизированы. Автоматизированы процессы зажигания дуги и заварки кратера в конце шва. В процессе автоматической сварки под флюсом (рисунок 13.2) дуга 10 горит между проволокой 3 и основным металлом 8. Столб дуги и металлическая ванна жидкого металла 9 со всех сторон плотно закрыты слоем флюса 5 толщиной 30...50 мм. Часть флюса расплавляется, в результате чего вокруг дуги образуется газовая полость, а на поверхности расплавленного металла – ванна жидкого шлака 4. Для сварки под флюсом характерно глубокое проплавление основного металла. Под действием мощной дуги и весьма быстрого движения электрода вдоль заготовки происходит оттеснение расплавленного металла в сторону, противоположную направлению сварки. По мере поступательного движения электрода металлическая и шлаковая ванны затвердевают с образованием сварного шва 7, покрытого твердой шлаковой коркой 6. Проволоку подают в дугу и перемещают ее вдоль шва с помощью механизмов подачи 2 и перемещения. Ток к электроду поступает через токопровод 1.

Основные преимущества автоматической сварки под флюсом по сравнению с ручной дуговой сваркой состоят в повышении производительности процесса сварки в 5 ... 20 раз, качества сварных соединений и уменьшении себестоимости 1 м сварного шва. Повышение производительности достигается за счет использования больших сварочных токов (до 2000 А) и непрерывности процесса сварки. Применение непокрытой проволоки позволяет приблизить токопровод на расстояние 30...50 мм от дуги и тем самым устранить опасный разогрев электрода при большом токе. Плотная флюсовая защита сварочной ванны предотвращает разбрызгивание и угар

расплавленного металла. При этом более полно используется тепловая мощность дуги (КПД дуги возрастает до 0,9...0,95) и увеличивается коэффициент наплавки α_n до 18...20 г/(А·ч). Увеличение тока позволяет сваривать металл большой толщины (до 20 мм) за один проход без разделки кромок, что приводит к существенной экономии наплавленного металла по сравнению со сваркой в разделку.

Повышенное качество сварных швов обусловлено получением более высоких механических свойств наплавленного металла благодаря надежной защите сварочной ванны флюсом, интенсивному раскислению и легированию вследствие увеличения объема жидкого шлака, сравнительно медленного охлаждения шва под флюсом и твердой шлаковой коркой, улучшением формы и поверхности сварного шва и постоянством его размеров по всей длине вследствие регулирования режима сварки, механизированных подачи и перемещения электродной проволоки.

Автоматическую сварку под флюсом применяют в серийном и массовом производствах для выполнения длинных прямолинейных и кольцевых швов в нижнем положении на металле толщиной 2...100 мм. Под флюсом сваривают стали различных классов. Автоматическую сварку широко применяют при изготовлении котлов, резервуаров для хранения жидкостей и газов, корпусов судов, мостовых балок и других изделий. Она является одним из основных звеньев автоматических линий для изготовления сварных автомобильных колес и станков для производства сварных прямошовных и спиральных труб.

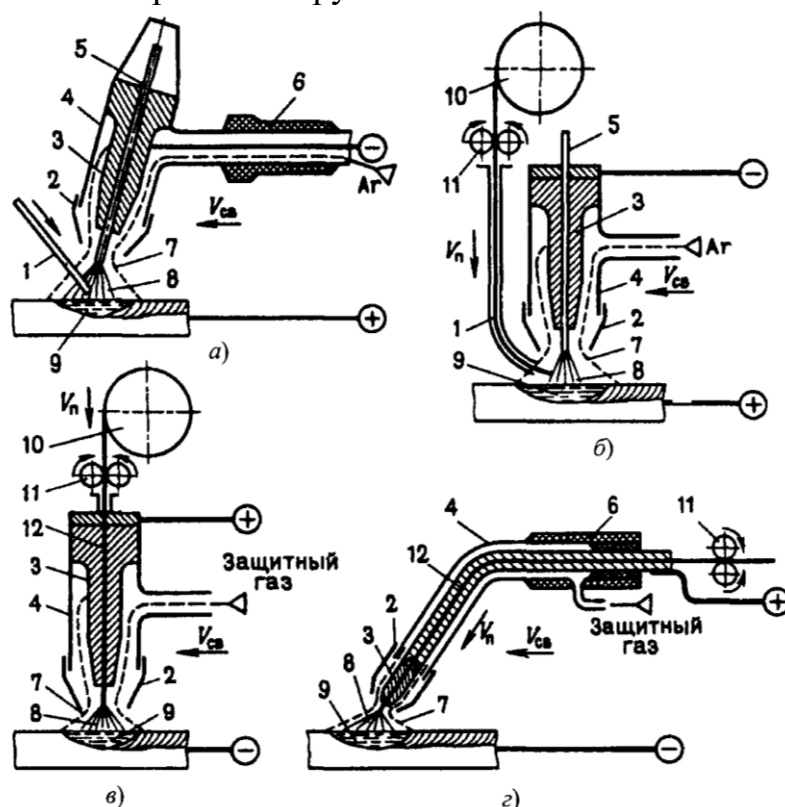


Рисунок 13.3 – Виды сварки в защитных газах: 1 – присадочный пруток или проволока; 2 – сопло; 3 – токопроводящий мундштук; 4 – корпус горелки; 5 – неплавящийся вольфрамовый электрод; 6 – рукоять горелки; 7 – атмосфера защитного газа; 8 – сварочная дуга; 9 – ванна расплавленного металла; 10 – кассета с проволокой; 11 – механизм подачи; 12 – плавящийся металлический электрод (сварочная проволока)

При сварке в защитном газе электрод, зона дуги и сварочная ванна защищены струей защитного газа

В качестве защитных газов применяют инертные газы (аргон и гелий) и активные газы (углекислый газ, азот, водород и др.), иногда - смеси двух газов или более. В нашей стране наиболее распространено применение аргона Ar и углекислого газа CO₂.

Аргон – бесцветный газ, в 1,38 раза тяжелее воздуха, нерастворим в жидких и твердых металлах. Аргон выпускают высшего и первого сортов, имеющих соответственно чистоту 99,992 и 99,987 %. Поставляют и хранят аргон в стальных баллонах в сжатом газообразном состоянии под давлением 15 МПа.

Углекислый газ бесцветный, со слабым запахом, в 1,52 раза тяжелее воздуха, нерастворим в твердых и жидких металлах. Выпускают углекислый газ сварочный, пищевой и технический, имеющий соответствующую чистоту: 99,5; 98,5 и 98,0 %. Для сварки газ поставляют и хранят в стальных баллонах в сжиженном состоянии под давлением 7 МПа.

Аргонодуговую сварку можно выполнять неплавящимся и плавящимся электродами.

Сварку неплавящимся вольфрамовым электродом применяют, как правило, при соединении металла толщиной 0,8...6 мм. При этом возможна сварка с расплавлением только основного металла (толщиной до 3 мм), а при необходимости получения выпуклости шва или заполнения разделки кромок (толщина более 3 мм) – и присадочного материала (прутка или проволоки). Пруток подают в дугу и перемещают горелку вручную (рисунок 13.3, а). Для проволоки можно использовать механизм подачи (рисунок 13.3, б). В последнем случае сварка может быть механизированной, выполняемой с помощью полуавтоматов, или автоматической соответственно при перемещении горелки вручную или механизмом перемещения.

Сварку плавящимся электродом выполняют автоматическим или механизированным с помощью полуавтоматов способами, схема которых приведена на рис. 5.10, в, г. Сваривают металл толщиной 3 мм и более. Нормальное протекание процесса сварки и хорошее качество шва обеспечиваются при высокой плотности тока (100 А/мм² и более). При невысокой плотности тока имеет место крупнокапельный перенос расплавленного металла с электрода в сварочную ванну, приводящий к пористости шва, сильному разбрызгиванию расплавленного металла и малому проплавлению основного металла. При высоких плотностях тока перенос расплавленного металла с электрода становится мелкокапельным или струйным. В условиях действия значительных электромагнитных сил быстро движущиеся мелкие капли сливаются в сплошную струю. Такой перенос электродного металла обеспечивает глубокое проплавление основного металла, формирование плотного шва с ровной и чистой поверхностью и разбрызгивание в допустимых пределах.

Области применения аргонодуговой сварки охватывают широкий круг материалов и изделий (узлы летательных аппаратов, элементы атомных установок, корпуса и трубопроводы химических аппаратов и т.п.). Аргонодуговую сварку применяют для соединения цветных (алюминия, магния, меди) и тугоплавких (титана, ниобия, ванадия, циркония) металлов и их сплавов, а также легированных и высоколегированных сталей. Сварку выполняют в любом пространственном положении.

Сварку в углекислом газе выполняют только плавящимся электродом на повышенных плотностях постоянного тока обратной полярности (см. рис. 5.10, в, г).

При применении CO_2 в качестве защитного газа необходимо учитывать некоторые металлургические особенности процесса сварки, связанные с окислительным действием CO_2 . При высоких температурах сварочной дуги CO_2 диссоциирует на оксид углерода CO и кислород O , который, если не принять специальных мер, приводит к окислению свариваемого металла и легирующих элементов. Окислительное действие O нейтрализуется введением в проволоку дополнительного количества раскислителей. Поэтому для сварки в CO_2 углеродистых и низколегированных сталей применяют сварочную проволоку с повышенным содержанием марганца и кремния (Св-08ГС, Св-10Г2С и т.д.). На поверхности шва образуется тонкая шлаковая пленка из оксидов раскислителей. Несмотря на это, не достигается струйный перенос расплавленного электродного металла, характерный для аргодуговой сварки. Поэтому при сварке в CO_2 наблюдается повышенное разбрызгивание электродного металла (до 10...12 %). Для уменьшения разбрызгивания применяют смеси газов $\text{CO}_2 + (20...30) \% \text{O}_2$ или $\text{Ar} + (20 \dots 30) \% \text{CO}_2$. Добавление O_2 или замена большей части CO_2 на Ar приводит к снижению поверхностной энергии и уменьшению капель электродного металла.

Для сварки в CO_2 часто используют порошковые проволоки. Последние представляют собой металлическую трубчатую оболочку, заполненную шлакообразующими и газообразующими компонентами, раскислителями или легирующими элементами. Применение порошковых проволок улучшает защиту расплавленного металла, уменьшает разбрызгивание, делает более гладкой поверхность свариваемого шва.

Разновидностью порошковых проволок являются самозащитные проволоки, оболочка которых изготовлена из легированной стали, а в наполнитель введены соединения редкоземельных металлов. Состав проволок обеспечивает устойчивость горения дуги и раскисление металла сварочной ванны. Самозащитные проволоки используются при механизированной сварке без газовой защиты дуги. Эти проволоки эффективны в случаях, когда газовая защита шва из-за конструкции сварного соединения недостаточно надежна или невозможна. Самозащитные проволоки применяются при сварке неповоротных стыков труб газо- и нефтепроводов, наплавке зубьев и ковшей экскаваторов, подводной сварке и т.д.

В углекислом газе сваривают конструкции из углеродистой и низколегированной сталей (газо- и нефтепроводы, корпуса судов и т.д.). Сварку выполняют в любом пространственном положении. Преимущества механизированной сварки в CO_2 с точки зрения ее стоимости и производительности часто приводят к замене ею ручной дуговой сварки покрытыми электродами.

Дуговую сварку в защитных газах применяют в робототехнических комплексах для сварки изделий в мелко- и среднесерийном производствах.

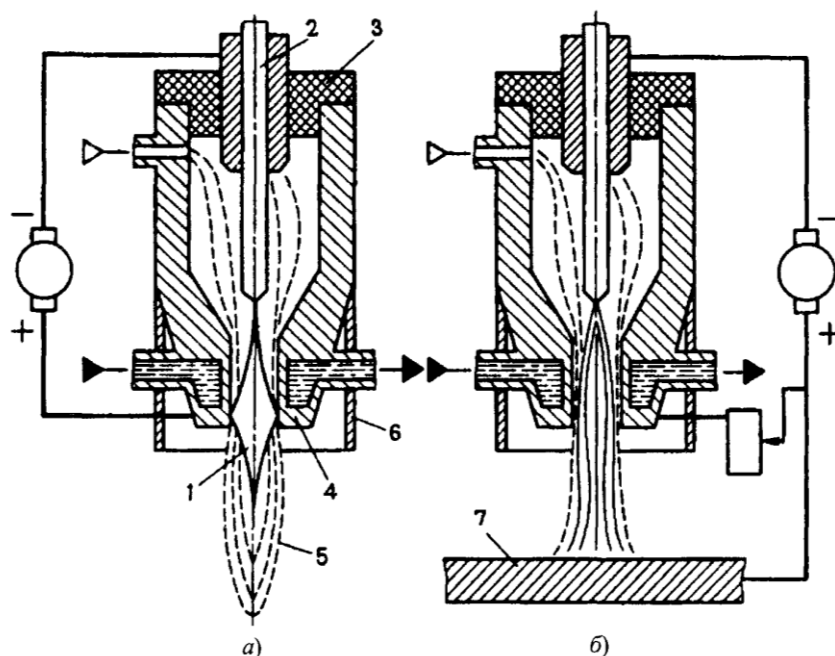


Рисунок 13.4 – Схема процесса получения плазменных источников нагрева: а – плазменной струи, выделенной из дуги; б – плазменной дуги, совмещённой с плазменной струёй

Плазменная струя, применяемая для сварки, представляет собой направленный поток частично или полностью ионизированного газа, имеющего температуру 10000...20000 °С. Плазму получают в плазменных горелках, пропуская газ через столб сжатой дуги. Дуга горит в узком канале сопла горелки, через который продувают газ. При этом столб дуги сжимается, что приводит к повышению в нем плотности энергии и температуры. Газ, проходящий через столб дуги, нагревается, ионизируется и выходит из сопла в виде высокотемпературной плазменной струи. В качестве плазмообразующих газов применяют азот, аргон, водород, гелий, воздух и их смеси. Газ выбирают в зависимости от процесса обработки и вида обрабатываемого материала.

Применяют два основных плазменных источника нагрева: плазменную струю, выделенную из столба косвенной дуги, и плазменную дугу, в которой дуга прямого действия совмещена с плазменной струей. Соответственно применяют две схемы плазменных горелок. В горелках для получения плазменной струи дуга 1 горит между вольфрамовым электродом 2 и соплом 4, к которому подключен положительный полюс источника тока (рисунок 13.4, а). Электрод изолирован от корпуса горелки керамической прокладкой 3. Сопло интенсивно охлаждается водой. Из сопла выходит ярко светящаяся плазменная струя 5. Горелка питается постоянным током прямой полярности от источников с падающей характеристикой. Дугу зажигают с помощью осциллятора.

Плазменная струя представляет собой независимый источник теплоты, позволяющий в широких пределах изменять степень нагрева и глубину проплавления поверхности заготовок. Тепловая мощность плазменной струи ограничена, и ее применяют для сварки и резки тонких металлических листов и неэлектропроводящих материалов, а также для напыления тугоплавких материалов на поверхность

заготовок. Горелки, предназначенные для сварки, снабжены вторым концентрическим соплом 6, через которое подается защитный газ.

По сравнению с аргонодуговой сваркой вольфрамовым электродом плазменная дуга имеет ряд преимуществ. Во-первых, она является более концентрированным источником теплоты и вследствие этого обладает большей проплавляющей способностью. Плазменной дугой можно сваривать металл толщиной до 10 мм без разделки кромок и применения присадочного материала. При этом снижается тепловое влияние дуги на свариваемый металл и уменьшаются сварочные деформации.

Во-вторых, плазменная дуга обладает более высокой стабильностью горения, что обеспечивает повышенное качество сварных швов. Это позволяет выполнять так называемую микроплазменную сварку металла толщиной 0,025...0,8 мм на токах 0,5...10 А.

В-третьих, увеличивая ток и расход газа, можно получить так называемую проникающую плазменную дугу. В этом случае резко возрастут тепловая мощность дуги, скорость истечения и давление плазмы. Такая дуга дает сквозное проплавление и выдувает расплавленный металл (процесс резки). Недостаток плазменной сварки - недолговечность горелок вследствие частого выхода из строя сопел и электродов.

Также можно выделить следующие способы сварки:

- электрошлаковая;
- электронно-лучевая;
- лазерная;
- газовая;
- сварка давлением.

Тема 14: Техничко-экономическое обоснование выбора заготовки.

1. Существующие методики технико-экономического обоснования выбора метода получения заготовки.

Техничко-экономическое обоснование выбора заготовки для обрабатываемой детали производят по нескольким направлениям: металлоемкости, трудоемкости и себестоимости, учитывая при этом конкретные производительные условия. Техничко-экономическое обоснование ведется по двум или нескольким выбранным вариантам. При экономической оценке определяются металлоемкость, себестоимость или трудоемкость каждого выбранного варианта изготовления заготовки, а затем их сопоставляют.

Техничко-экономический расчет изготовления заготовки производят в следующем порядке:

- устанавливают метод получения заготовки согласно типу производства, конструкции детали, материалу и другим техническим требованиям на изготовление детали;
- назначают припуски на обрабатываемые поверхности детали согласно выбранному методу получения заготовки по нормативным таблицам или производят расчет аналитическим методом;
- определяют расчетные размеры на каждую поверхность заготовки;

- назначают предельные отклонения на размеры заготовки по нормативным таблицам в зависимости от метода получения заготовки;
- производят расчет массы заготовки на сопоставляемые варианты;
- определяют норму расхода материала с учетом неизбежных технологических потерь для каждого вида заготовки (некратность, на отрезание, угар, облой и т.д.);
- определяют коэффициент использования материала по каждому из вариантов изготовления заготовок с технологическими потерями и без потерь;
- определяют себестоимость изготовления заготовки, выбранных вариантов для сопоставления и определения экономического эффекта получения заготовки;
- определяют годовую экономию материала от сопоставляемых вариантов получения заготовки;
- определяют годовую экономию от выбранного варианта заготовки в денежном выражении.

ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

**Методические указания к лабораторным работам
по дисциплине
«Проектирование и производство заготовок»**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА «ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ»

СБОРНИК МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ

к лабораторно-практическим занятиям по дисциплине
«Проектирование и производство заготовок»
для студентов специальности I-36 01 01
«Технология машиностроения»

Брест 2007

УДК 621.744

Методические указания предназначены для выполнения лабораторно - практических работ по дисциплине «Проектирование и производство заготовок». Дается область применения и достоинства основных способов получения заготовок, методов их проектирования. Содержание работ соответствует учебной программе по дисциплине «Проектирование и производство заготовок». Методические указания предназначены для студентов специальности I-36 01 01 «Технология машиностроения» дневной и заочной форм обучения.

Составители: А.М. Левданский, ст. преподаватель
Я.В. Кудрицкий, ст. преподаватель

Рецензент: С. С. Меркушевич, начальник конструкторско-технологического бюро
ОАО «Брестсельмаш»

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Проектирование заготовок, получаемых отливкой в песчано-глинистые формы

Цель работы: практическое освоение проектирования заготовок, получаемых методом литья в песчано-глинистые формы.

Работа рассчитана на два академических часа.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Литьё в песчано-глинистые формы широко применяется для получения отливок с широким диапазоном размеров и массы из всех литейных сплавов.

Основными операциями технологического процесса получения отливок в песчано-глинистых формах являются:

- изготовление модели,
- изготовление опоки,
- приготовление формовочных смесей,
- заполнение литейной формы (нижней части, верхней части, стержней),
- плавка металла и заливка его в литейную форму,
- выбивка отливки после ее остывания из литейной формы,
- удаление литников, прибылей и очистка отливки,
- термообработка отливки (при необходимости).

Процесс изготовления литейных форм из формовочных смесей может осуществляться методом ручной или машинной формовки в зависимости от типа производства, размеров и конфигурации детали.

При назначении припусков на механическую обработку и разработке технологического процесса изготовления отливки необходимо рассматривать возможные варианты ее расположения в литейной форме. При этом следует учитывать, что при заполнении литейной формы в верхних частях отливки накапливаются различные загрязнения, образуются усадочные раковины и другие дефекты. Поэтому наиболее ответственные поверхности детали, имеющие высокую точность и наибольшую шероховатость, в отливке необходимо располагать в нижней части литейной формы или в вертикальном положении, где значительно меньше вероятность получения дефектов поверхностного слоя. Это относится также и к базовым поверхностям, которые используются впоследствии при механической обработке отливки.

В соответствии с ГОСТ 2423-73 чертеж отливки с технологическими требованиями должен содержать все данные, необходимые для ее изготовления, контроля и приемки, и выполняется в соответствии с требованиями ЕСКД.

При вычерчивании чертежа отливки (заготовки) необходимо учитывать:

- 1) все припуски на механическую обработку с указанием их величин по ГОСТ 26645-85,
- 2) все литейные уклоны по ГОСТ 3212-80,
- 3) все радиусы округления наружных и внутренних углов при сопряжении или пересечении стенок.

Чертеж отливки (заготовки) вычерчивается жирной линией на основании чертежа детали, выполненного тонкой линией с учетом припусков, литейных уклонов и радиусов округлений.

Порядок выполнения работы

1. Выполнить эскиз детали.
2. Изучить конструкцию детали и определить поверхности, требующие обеспечения наибольшей точности.
3. Проверить возможность получения в отливке отверстий (табл.1).
4. Проверить возможность получения в отливке минимальной толщины стенки.
5. Определить по ГОСТ 3212-80 литейные уклоны (табл.2).
6. Определить радиусы скругления сопрягаемых стенок.
7. Установить по ГОСТ 26645-85 параметры точности отливки.
 - Класс точности размеров – стр.32
 - Степень коробления – стр.35
 - Степень точности поверхности отливки – стр.36
 - Класс точности массы отливки – стр.40
 - Ряд припусков на механическую обработку – стр.43
8. Назначить по ГОСТ 26645-85 допуски на номинальные размеры детали.
9. Назначить по ГОСТ 26645-85 допуски формы и допуски массы отливки.
10. Назначить общие припуски на механическую обработку (табл.4).
11. Выполнить чертеж отливки с указанием ее размеров с припусками и допусками.
12. Выполнить эскиз положения отливки в литейной форме с указанием элементов литниковой системы.

Таблица 1.1 - Размеры (мм) отверстий и резьб в отливках.

Сплав	Отверстия			Диаметр резьбы, d_{min}	
	Диаметр, d_{min}	Глубина h_{max}		Наружной	Внутренней
		Глухие	Сквозные		
Цинковый	8	2d	3d	-	-
Магнийевый					
Алюминиевый	10	1,5d	2d	6	20
Медный					

Таблица 1.2 - Формовочные уклоны наружных поверхностей (по ГОСТ 3212-80)

	Измеряемая высота поверхности модели, мм							
	До 20	20-50	50-100	100-200	200-300	300-800	800-2000	Св.2000
Уклоны (не более)	1°30'	1°	0°45'	0°30'	0°30'	0°20'	-	-

Таблица 1.3 - Допускаемые отклонения для отливок из алюминиевых сплавов, получаемых в кокиль (ГОСТ 23.4.51-73)

Класс точности	Наибольший габаритный размер необработанной отливки	Номинальные размеры отливок, мм								
		До 60	Св. 60 до 100	Св. 100 до 200	Св. 200 до 300	Св. 300 до 500	Св. 500 до 800	Св. 800 до 1200	Св.1200 до 1800	Св.1800 до 2000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IV	До 200	±0,3	±0,4	±0,6	-	-	-	-	-	-
	Св.200 до 500	± 0,6	±0,8	±1,0	±1,2	±1,4	-	-	-	-
	Св.500 до 1200	±0,8	±1,0	±1,2	±1,4	±1,6	±1,8	±2,0	-	-
	Св.1200	± 1,0	±1,2	±1,4	±1,6	±1,8	±2,0	±2,2	±2,4	±2,6

Продолжение таблицы 1.3

V	До 200	±0,8	±1,0	±1,2	—	—	—	—	—	—
	Св.200 до 500	±1,0	±1,2	±1,4	±1,6	±1,8	—	—	—	—
	Св.500 до 1200	±1,4	±1,6	±1,8	±2,0	±2,2	±2,5	±3,0	—	—
	Св.1200	±1,6	±1,8	±2,0	±2,2	±2,5	±3,0	±3,6	±4,0	±4,5
VI	До 200	±1,0	±1,2	±1,4	—	—	—	—	—	—
	Св.200 до 500	±1,2	±1,4	±1,6	±1,8	±2,2	—	—	—	—
	Св.500 до 1200	±1,6	±1,8	±2,0	±2,2	±2,5	±3,0	±3,5	—	—
	Св.1200	±1,8	±2,0	±2,2	±2,5	±3,0	±3,5	±4,0	±4,5	±5,0

Таблица 1.4-Номинальные припуски на механическую обработку отливок (мм) (ГОСТ 23.4.51-73)

Класс точности	Наибольший габаритный размер отливки, мм	Положение поверхности при заливке	Номинальный размер, мм							
			До 100	Св.100 до 200	Св.200 до 300	Св.300 до 500	Св.500 до 800	Св.800 до 200	Св.1200 до 1800	Св.1800 до 2600
IV	До 200		1.5	1.5	—	—	—	—	—	—
	Св.200 до 300		2.0	2.0	2.5	—	—	—	—	—
	Св.300 до 500		2.0	2.5	2.5	3.0	—	—	—	—
	Св.500 до 800		2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	—	—	—
	Св.800 до 1200		3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	4.0	—	—
	Св.1200 до 1800		3.0	3.5	4.0	4.5	4.5	5.0	5.0	—
	Св.1800		3.5	4.0	4.5	5.0	5.0	5.5	6.0	6.0
V	До 200	Низ, бок	2.0	2.5	—	—	—	—	—	—
	Св.200 до 300		2.5	3.0	3.0	—	—	—	—	—
	Св.300 до 500		3.0	3.5	3.5	4.0	—	—	—	—
	Св.500 до 800		3.0	3.5	4.0	4.0	4.5	—	—	—
	Св.800 до 1200		3.0	3.5	4.0	4.5	4.5	5.0	—	—
	Св.1200 до 1800		3.5	4.0	4.5	5.0	5.0	5.5	6.0	—
	Св.1800		4.0	4.5	5.0	5.5	5.5	6.0	6.0	7.0
VI	До 200		2.5	3.0	—	—	—	—	—	—
	Св.200 до 300		3.0	3.5	3.5	—	—	—	—	—
	Св.300 до 500		3.5	4.0	4.5	—	—	—	—	—
	Св.500 до 800		3.5	4.0	4.5	4.5	5.0	—	—	—
	Св.800 до 1200		4.0	4.5	5.0	5.0	5.0	5.5	—	—
	Св.1200 до 1800		4.0	4.5	5.0	5.5	5.5	6.0	7.0	—
	Св.1800		4.5	5.0	5.5	6.0	6.0	7.0	7.0	8.0

Таблица 1.5 - Допускаемые отклонения на толщины стенок и ребер (ГОСТ 23.4.51-73)

Класс точности	Наибольший габаритный размер отливки	Номинальные размеры толщины стенок и ребер			
		До 6	Св.6 до 10	Св.10 до 20	Св.20 до 30
IV	До 200	± 0.6	± 0.7	± 0.8	± 0.9
	Св.200 до 500	± 0.7	± 0.8	± 0.9	± 1.0
	Св.200 до 500	± 0.8	± 0.9	± 1.0	± 1.2
	Св.1200	± 1.0	± 1.2	± 1.5	± 1.8
V	До 200	± 0.8	± 1.0	± 1.2	± 1.5
	Св.200 до 500	± 1.0	± 1.2	± 1.5	± 1.8
	Св.200 до 500	± 1.2	± 1.5	± 1.8	± 2.0
	Св.1200	—	± 1.8	± 2.0	± 2.5
VI	До 200	± 1.0	± 1.2	± 1.5	± 1.8
	Св.200 до 500	± 1.2	± 1.5	1.8	2.0
	Св.200 до 500	—	± 1.8	± 2.0	± 2.5
	Св.1200	—	± 2.0	± 2.5	± 3.0

Таблица 1.6 - Допускаемые отклонения по массе отливок, %

Номинальная масса отливки, кг	Класс точности		
	IV	V	VI
До 1	6,0	6,5	7,0
Св. 1 до 5	5,0	5,5	6,0
Св. 5 до 25	4,5	5,0	5,5
Св. 25	4,0	4,5	5,0

Таблица 1.7 - Допускаемые отклонения на размеры радиусов сопряжений, мм

Размер радиуса	Класс точности		
	IV	V	VI
До 4	± 0.4	± 0.6	± 0.8
Св. 4 до 10	± 0.6	± 0.8	± 1.0
Св. 10 до 16	± 0.8	± 1.0	± 1.2
Св. 16 до 25	± 1.0	± 1.3	± 1.6
Св. 25 до 40	± 1.4	± 1.8	± 2.0
Св. 40 до 60	± 2.0	± 2.4	± 2.6
Св.60 до 100	± 2.6	± 3.0	± 3.5
Св. 100 до 160	± 3.5	± 4.0	± 4.6

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Чертеж детали с указанием размеров и материала детали.
4. Анализ конструкций детали и описание возможности получения отверстий, минимальной толщины стенки, а также назначение литейных уклонов и радиусов скругления сопрягаемых стенок.

5. Назначение припусков и допусков.
6. Чертеж заготовки (отливки).
7. Положение отливки в литейной форме (эскиз).
8. Выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Основные технологические операции процесса получения отливок в песчано-глинистые формы.
2. Из каких частей состоит литейная форма?
3. Для чего предназначен стержень в литейной форме?
4. От чего зависит величина припусков на обработку отливок?
5. В какой части литейной формы следует располагать наиболее ответственные поверхности отливки?

Литература

1. М. Г. Афонькин, М. З. Магницкая. Производство заготовок в машиностроении. - Л: Машиностроение, 1987, с. 255.
2. А.П. Емельянова. Технология литейной формы. М. Машиностроение, 1986, с.223.
3. Справочник по чугунному литью. /Под ред. Н. Г. Гершовича. Л. Машиностроение, 1978, с. 758.
4. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. Издательство стандартов, 1989.
5. ГОСТ 3212-80. Комплекты модельные. Уклоны формовочные. Издательство стандартов, 1988.
6. ГОСТ 2.423.73. Правила выполнения чертежей элементов литейной формы и отливок.
7. В. К. Могилев, О. И. Лев. Справочник литейщика. - Москва: Машиностроение, 1988, с. 305.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Проектирование заготовок методом литья в кокиль

Цель работы: освоение метода проектирования заготовок литьем в металлические формы.

Работа рассчитана на 2 академических часа. При анализе качества (точности основных размеров и состояния поверхностей) заготовок данная работа рассчитана на 4 академических часа.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Кокиль - это металлическая форма, заполняемая жидким металлом под действием сил гравитации с высокой скоростью формирования отливки.

Процесс изготовления отливок в кокилях состоит из следующих операций:

- Подготовка кокилей (очистка, нагрев, нанесение облицовки и краски).
- Сборка кокилей (установка стержней, закрытие и закрепление частей кокиля).
- Заливка жидким металлом.
- Удаление отливок из кокиля после охлаждения.
- Обрубка, очистка, термообработка (при необходимости).

Кокильный метод литья имеет перед литьем в песчаные формы ряд преимуществ:

- Многократное использование.
- Значительное повышение чистоты и точности отливок.
- Повышение механической прочности поверхностного слоя отливок.
- Увеличение выхода годного литья.
- Повышение производительности труда.
- Экономия производственной площади.
- Снижение стоимости отливок.
- Улучшение санитарно-гигиенических условий труда.

А также некоторые недостатки:

- Высокая стоимость кокилей.
- Сравнительно небольшая стойкость (при литье черных сплавов).
- Сложность получения тонкостенных отливок из-за большой теплопроводности кокилей и связанной с этим быстрой кристаллизацией металла.

Основные данные по размерам, толщинам стенок, литейным уклонам и др. характеристикам отливок, получаемых литьем в кокиль приведены в ГОСТ 26645 – 85 и таблицах 2.2-2.5.

Все кокильные отливки по конфигурации наружной и внутренней поверхности можно разделить на 7 групп (рисунок 2.1).

1. Простые, изготавливаемые без стержней, легко удаляемые из формы;
2. Простые, имеющие на поверхности ребра и выступы, изготавливаемые без стержней, легко удаляемые из формы;
3. Простые, изготавливаемые с песчаным стержнем, легко удаляемые из формы;
4. Со сложным контуром, изготавливаемые с несколькими стержнями;
5. С фасонным контуром, изготавливаемые с одним или несколькими стержнями;
6. С фигурным контуром, изготавливаемые с песчаными стержнями, имеющие симметрично расположенные фланцы, ребра и бобышки;
7. Со сложным контуром, кокиль имеет несколько плоскостей разъема (горизонтальных и вертикальных).

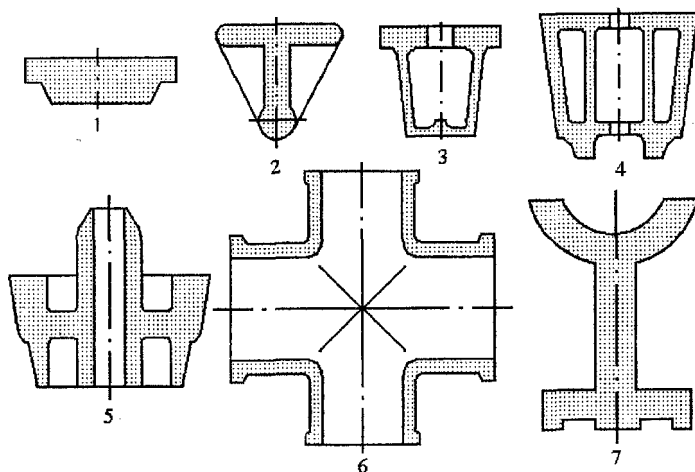


Рисунок 2.1- Примеры кокильных отливок

Отливаемые в кокиль, отливки из алюминиевых сплавов разделяются на следующие группы по назначению и видам контроля:

Первая группа (1Г) - отливки неответственного назначения.

Вторая группа (2Г) - отливки ответственного назначения.

Третья группа (3Г) - отливки особенно ответственного назначения и уникальные отливки.

Конструктором устанавливаются группа отливок и марка сплава. Группа отливок указывается в технических требованиях чертежа.

Для отливок, получаемых в кокиль из алюминиевых сплавов, устанавливается три класса точности. Для всех классов точности устанавливаются симметричные поля допускаемых отклонений по размерам отливок. В зависимости от классов точности отливок устанавливают припуски.

Номинальные припуски на механическую обработку отливок должны соответствовать указанным в ГОСТ 26645 - 85. Припуски для верхней поверхности могут превышать нижние припуски не более чем на 50%.

Припуски на обработку отверстий устанавливают по величинам припусков для верхних поверхностей отливок.

В зависимости от классов точности отливок устанавливаются допускаемые отклонения по массе.

Допускаемые верхние отклонения по массе отливок должны соответствовать ГОСТ 26645 - 85. Нижнее отклонение по массе ограничивается минусовыми отклонениями по размеру.

Допускаемые отклонения на размеры радиусов сопряжений должны соответствовать таблице 2.4.

Обычно отливки из чугуна и стали при литье в металлическую форму без механической обработки ее рабочих поверхностей выполняют по 2-ому классу точности ГОСТ 26645-85.

Изготовленные путем механической обработки, металлические формы обладают большей точностью, и получаемые в них отливки из чугуна и стали имеют точность I класса по ГОСТ 1855 - 55 и 2009 - 55 соответственно. По этим классам точности назначают и припуски на механическую обработку форм.

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА

На поверхности отливок не должно быть трещин, не сплитий, сквозных раковин, рыхлости и пригара. Поверхности, служащие базой для механической обработки, должны быть чистыми, без наплывов и повреждений. Базовые места должны быть указаны в чертежах, согласованных между заказчиком и поставщиком.

В отдельных случаях шероховатость необрабатываемых поверхностей отливок должна соответствовать эталону, согласованному между заказчиком и поставщиком.

Места обрезки литников и выпоров, заливки и заусенцы на необрабатываемых поверхностях отливок должны быть зачищены. Отклонения на размеры отливок по месту зачистки должны быть в пределах допусков по ГОСТ 23.4.57 - 73.

Следы стыков составных частей формы, вкладышей и толкателей, выступающие и углубляющиеся в тело отливки, на необрабатываемых поверхностях не должны быть более 1 мм.

На необрабатываемых поверхностях отливок допускаются без исправления единичные мелкие раковины, шлаковые включения, засоры и другие дефекты.

Количество, размер и место расположения допускаемых дефектов оговариваются в зависимости от группы отливок и габаритов литья техническими требованиями чертежа и отливки, но они не должны превышать после приведения их к чистой раковине:

а) по диаметру - 5 мм для отливок первой группы и 3 мм - для отливок второй и третьей групп;

б) по глубине - 1/3 толщины стенки отливок, но не более 3 мм - для отливок первой группы и 2 мм - для отливок второй и третьей группы;

в) по количеству на одну отливку (таблица 1), при этом на 100 см² поверхности отливки допускаемое количество дефектов не должно быть более 4 с расстоянием между дефектами не менее 10 мм.

На обрабатываемых поверхностях отливок допускаются зоны мелких групповых дефектов в виде газовых раковин, шлаковых включений и т.п.

Количество зон дефектов, а также количество размеров дефектов в зоне необходимо оговаривать в технических требованиях, но они не должны быть диаметром и глубиной более 1 мм, а по количеству дефектов в зоне - не более 5 штук на площади 5 см².

На обрабатываемых поверхностях отливок остаток от литников и выпоров не должен превышать 5 мм, допускаются дефекты в виде плен, всплоив, засора и др., выводимые припуском на механическую обработку.

Количество, размер и место расположения допускаемых дефектов оговариваются в зависимости от группы отливок и габаритов литья техническими требованиями чертежа отливок, но они не должны быть более 2,5 мм по диаметру; 2 мм по глубине, а по количеству на 1 деталь - указанному в таблице 2.1

Таблица 2.1 - Количество допускаемых раковин

Размеры развернутой поверхности литья, см ²	До 1000	1000 - 3000	3000 - 6000	Св. 6000
Допустимое количество раковин на 1 детали, не более	4	6	10	15

Примечание. Чистые единичные раковины диаметром 1,0 мм в расчет не принимаются (чистая раковина - очищенная от всех загрязнений).

Таблица 2.2 - Уклоны стенок отливок

материал	Уклон(%)		
	наружной	внутренней (со стороны мет. стержня) при высоте стенки, мм	
		До 50	Св.50
чугун	1.0-7.0	4.0-7.0	2.0-5.0
сталь	5.0	-	-
алюминиевый сплав	1.0-1.5	5	2-2.5
магнийевый сплав	2.5	3	2-3.0
медный сплав	1.5	7	3.0-3.5
цинковый сплав	0.5	2	1

Таблица 2.3 - Размеры отверстий и резьб в отливках (мм)

сплав	отверстия			резьба	
	Минимальный диаметр	Максимальная глубина		наружная	внутренняя
		глухие	сквозные		
цинковый	6	2-3 диаметра	3-6 диаметра	-	-
магнийевый	8	2 диаметра	3 диаметра	-	-
алюминиевый	8	2 диаметра	2-3 диаметра	6	20
медный и чугун	10	1,5-2 диаметра	2-3 диаметра	6	25
сталь	12	1,5-2 диаметра	2-3 диаметра	-	-

Таблица 2.4 - Допускаемые отклонения на радиусы сопряжений (мм)

Размер радиуса	Класс точности		
	4	5	6
До 4	+0,4	+0,6	+0,8
Свыше 4 до 10	+0,6	+0,8	+1,0
Свыше 10 до 16	+0,8	+1,0	+1,2
Свыше 16 до 25	+1,0	+1,3	+1,6
Свыше 25 до 40	+1,4	+1,8	+2,0
Свыше 40 до 60	+2,0	+2,4	+2,6
Свыше 60 до 100	+2,6	+3,0	+3,5
Свыше 100 до 160	+3,5	+4,0	+4,6

Таблица 2.5 - Минимальная толщина стенок отливок

Материал отливки	Параметр стенки отливки	
	Площадь поверхности, см ²	Минимальная толщина, мм
чугун	До 25	4-6
	25-125	6-7
сталь	25-125	8-10
алюминиевые сплавы	100-250	2.2-4.0
	250-900	2.5-4.5
	свыше 900	3.5-5.5
магнийевые сплавы	До 30	3
бронза		4-6

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Чертеж детали, для которой необходимо разработать чертеж заготовки, указан в приложении. На основании выданного чертежа, используя соответствующие стандарты, необходимо назначить для заготовки припуски на механическую обработку. Для принятых классов точности отливок назначаются допускаемые отклонения на размеры.

Радиус закруглений при угловом сопряжении стенок принимают:

$$R=(\delta_1+\delta_2), (2.1)$$

где δ_1 и δ_2 – толщины сопрягаемых стенок.

Для чугуна $R \geq 3$ мм. В случае разностенного сочленения R не более толщины тонкой стенки.

Далее выполняется рабочий чертеж отливки с указанием припусков на механическую обработку, допускаемых отклонений и технических требований, которые записываются в такой последовательности:

- а) твердость материала заготовки;
- б) неуказанные литейные радиусы и уклоны;
- в) неуказанные толщины стенок;
- г) группа отливки по степени сложности и методом контроля.

Пример выполнения чертежа отливки в кокиль приведен в приложении.

Для выполнения работы с анализом качества изготовления заготовки на группу студентов выдается чертеж детали и несколько заготовок этой детали, изготовленных литьем в кокиль. Для оценки качества имеющихся заготовок следует произвести измерения их основных размеров (наружных и внутренних диаметров, толщины стенок, габаритных размеров, смещение осей и др.).

Вид и количество измеряемых параметров устанавливается индивидуально (по согласованию с преподавателем) в зависимости от служебного назначения конструктивной формы и требований к точности изготовления.

Состояние характерных поверхностей отливок оценивается по наличию трещин, сквозных раковин, рыхлот, шлаковых включений и других дефектов. Кроме того, нужно приблизительно оценить шероховатость этих поверхностей заготовок в сравнении с образцами.

Рассмотрены должны быть при этом поверхности:

- которые предполагается использовать в качестве баз при механической обработке;
- обрабатываемые при изготовлении детали;
- не подвергающиеся обработке, т.е. оставляемые в "черном виде";
- характеризующиеся положением их при отливке (нижние, верхние, боковые).

Следует охарактеризовать возможное влияние точности и состояния поверхностей анализируемых заготовок на механическую обработку и качество готовой детали, а также определить, могут ли выявленные дефекты быть допущены (по техническим требованиям), или заготовки должны быть забракованы.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Выполнить рабочий чертеж заданной детали с соответствующими техническими требованиями (ГОСТ 2.423-73).

2. Проверить возможность изготовления в отливке отверстий, возможность получения минимальной толщины стенки. Принять разъем форм.

3. Установить параметры точности отливки (ГОСТ 26645 - 85): класс точности размеров, степень коробления, степень точности поверхности отливки, класс точности массы, ряд припусков на мех.обработку. Назначить по ГОСТ 26645 - 85 припуски на обработку поверхностей детали.

Назначить по ГОСТ 26645 - 85 допускаемые отклонения на литейные размеры, допуски массы отливки; определить допускаемые толщины стенок и радиусы сопряжений, по ГОСТ 3212-80 назначить уклоны и нанести все на чертеж заготовки.

4. Оформить чертеж отливки с соответствующими техническими требованиями.

ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ДОПОЛНИТЕЛЬНО ВЫПОЛНЯЮТСЯ ПУНКТЫ

5. Вычертить приближенный эскиз заготовки анализируемого типоразмера с указанием контролируемых в работе размеров и характерных поверхностей.
6. Установить критерии оценки состояния поверхностей данного вида заготовок.
7. Произвести измерения этих размеров на 3-5 однотипных заготовках. Результаты занести в таблицу.
8. Подсчитать средние арифметические значения измеренных размеров и установить класс точности анализируемых заготовок.
9. Произвести усредненную оценку состояния характерных поверхностей заготовок по выбранному критерию. Оценить шероховатость указанных поверхностей в сравнении с образцами. Результаты занести в таблицу.
10. Дать краткую характеристику возможного влияния точности и состояния поверхностей анализируемых заготовок на механическую обработку и качество готовой детали.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название работы, цель.
2. Задание, необходимая оснастка и инструменты.
3. Чертеж заданной детали и анализ ее конструкции.
4. Назначение припусков, допусков, радиусов скруглений, выбор положения в форме.
5. Чертеж отливки.

ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА

6. Эскиз заготовки анализируемого типоразмера с указанием контролируемых размеров и характерных поверхностей.
7. Таблица измерений заданных размеров для 3 - 5 однотипных заготовок.
8. Расчет средних арифметических значений заданных размеров и установление класса точности анализируемых заготовок.
9. Таблица усредненной оценки состояния характерных поверхностей заготовок по выбранному критерию и шероховатости указанных поверхностей в сравнении с образцами.
10. Краткая характеристика возможного влияния точности и состояния поверхностей анализируемых заготовок на механическую обработку и качество готовой детали.
11. Чертеж отливки с назначенными по соответствующим стандартам припусками и допусками на обрабатываемые поверхности детали.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем преимущества и недостатки кокильного литья?
2. На сколько групп разделяются кокильные отливки по конфигурации наружной и внутренней поверхности?
3. На сколько и какие группы разделяются отливки из алюминиевых сплавов по назначениям и видам контроля?
4. Сколько классов точности кокильных отливок из алюминиевых сплавов?
5. Какие наиболее характерные отклонения по качеству необрабатываемых и обрабатываемых поверхностей алюминиевых отливок в кокиль?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Проектирования заготовок, получаемых штамповкой

Цель работы: практическое освоение проектирования заготовок, получаемых штамповкой на молотах, прессах, ГKM и приобретение навыков оценки их качества.

Работа рассчитана на 4 академических часа.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I. Проектирование чертежа штампованной заготовки

Чертёж штампованной заготовки (поковки) разрабатывается на основании чертежа готовой детали. При этом выполняется следующее: выбирается форма поковки; устанавливается положение линии разреза штампа; назначаются припуски на обрабатываемые резанием поверхности и допуски на размеры, относящиеся к этим поверхностям; выбираются радиусы закруглений; определяются штамповочные уклоны; определяются форма и размеры наметок отверстий и перемычки под их прошивку; оформляется чертёж заготовки в соответствии с требованиями ГОСТ 7505-89 и с указанием технических требований на изготовление поковки.

Выбор формы поковки

При выборе формы поковки следует учитывать следующие рекомендации:

1. Выполнение сквозных отверстий и углублений в поковках, изготавливаемых на прессах, обязательно в тех случаях, когда оси отверстий или углублений совпадают с направлением движения ползуна пресса, а размеры или диаметры отверстий и углублений больше или равны высоте поковки, но не менее 30 мм.

Углубления делаются общей глубиной не более 0,85 их диаметра.

Для заготовок, штампуемых на ГKM, длина прошиваемых отверстий не должна превышать их диаметров.

2. Если перепад диаметров готовой детали превышает 5-7 мм, а высота ступеней больше 10 мм, то заготовки, масса которых находится в пределах 5-25 кг, целесообразно выполнять ступенчатыми.

3. Форма поковки зависит также от метода штамповки (в открытых или закрытых штампах, на молотах и прессах или на ГKM).

Выбор поверхности разреза штампа

При установлении поверхности разреза штампов руководствуются следующими правилами в соответствии с таблицей 1.1.

1. Плоскость разреза должна гарантировать выемку детали из верхней и нижней частей штампа.

2. Глубина выемок должна быть по возможности меньше. Это правило может быть сформулировано ещё таким образом: линия разреза должна, по возможности, совпадать с плоскостью двух наибольших взаимно перпендикулярных разрезов поковки. Однако от этого правила следует отступать, если при ином разрезе достигается значительное уменьшение массы поковки (например, на счёт получения в поковке углублений или отверстий), экономия на отходах (за счёт уменьшения периметра поковки по линии среза заусенца). Ручей в верхней половине штампа обычно заполняется легче, поэтому наиболее трудноформируемые части поковки следует располагать в верхней половине штампа. Контур поковки верхней и нижней половины штампа по плоскости разреза дол-

жен быть одинаков. Если поковка имеет форму тела вращения длиной меньше 3 диаметров, её удобнее и проще штамповать в торец и в нижней половине штампа допустить глубокую выемку. При длине детали больше 3 диаметров плоскость разъёма следует намечать по продольной оси детали.

3. Плоскость разъёма не должна совпадать с верхней плоскостью детали. В противном случае невозможно контролировать взаимное смещение частей штампа.

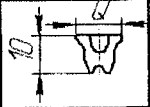
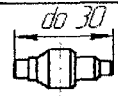
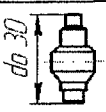
4. Концы детали должны находиться на одной высоте, иначе при штамповке деталь будет сдвигаться. В этом случае желательно сдвигать поковки.

5. Линия разъёма, по возможности, должна быть прямой.

6. Плоскость разъёма не должна пересекать волокна, что весьма существенно для малопластичных сплавов.

Выбор линии разъёма штампа

Таблица 3.1- Выбор линии разъёма штампа

<i>неправильно</i>	<i>правильно</i>	<i>номер группы поковки</i>	<i>неправильно</i>	<i>правильно</i>	<i>номер группы поковки</i>
		1			3
		2			4
		2			4 и 5
		2			4

Назначение допусков и припусков на обрабатываемые поверхности

Величины и правила назначения припусков, допусков и кузнечных напусков при штамповке стальных поволок регламентируются ГОСТ 7505-89.

Стандарт предусматривает разделение стальных поволок по точности изготовления на 2 класса:

1. Класс 1 – поволоки повышенной точности.
2. Класс 2 – поволоки нормальной точности.

Поволки более высокой точности, достигаемой калибровкой, выделены в специальный класс. Класс точности изготовления поволок следует устанавливать в зависимости от предъявленных требований к точности размеров поволок, а также условий и характера производства (серийное или массовое). При этом допускаются различные классы точности для разных размеров одной и той же поволоки. Класс точности должен указываться в технических требованиях на чертёж поволоки.

Стандарт предусматривает также классификацию поволок:

1. По группам стали (группа М – углеродистые и легированные стали с содержанием до 0,45% С и до 0,2% легирующих элементов; М2 – легированные стали, кроме указанных выше);

2. По степени сложности поковок (4 степени сложности С1-С4);

3. По конфигурации поверхности разъёма штампа (плоская и изогнутая).

Штамповка на КГШП в закрытых ручьях обеспечивает более высокую точность чем в открытых. При массовом выпуске ответственных деталей при использовании закрытых штампов обеспечивается повышенная точность изготовления поковок (1 класс).

Если по условиям производства нет необходимости в такой точности, то может быть принят 2 класс точности. Однако при этом допуски на вертикальные размеры поковки можно принимать в пределах 0,5-0,7 от соответствующих допусков, предусматриваемых ГОСТ 7505-89.

Допуски на горизонтальные размеры можно оставить без изменения по сравнению со значениями рекомендуемыми ГОСТ 7505-89.

ГОСТ 7505-89 указывает также величину наибольших припусков на последующую механическую обработку поковки в зависимости от перечисленных выше факторов, а также от размера поковки и требуемой шероховатости поверхности.

Практически величина припуска P составляет 0,5-6 мм и ориентировочно может быть рассчитана по эмпирической формуле:

$$P = 0,4 + 0,015h + 0,0015L, \quad (3.1)$$

где h и L – наибольшие размеры поковки по высоте и в плоскости разъёма, мм.

Величины припусков, установленные ГОСТ 7505-89, следует назначать на сторону на номинальные размеры детали. Повышенный припуск бывает необходим в соответствующих местах у поковок, претерпевающих значительное коробление при термообработке, а также со стороны мест неизбежного скопления окалины в окончательном ручье и т.д. Уменьшенный против нормального припуск следует назначать на базовые поверхности 1-й операции обработки резанием, поскольку эти поверхности строго координируются относительно обработанных поверхностей. При изготовлении поковок из заготовок, подвергающихся пламенному нагреву, допускается увеличение припуска на обработку на сторону для поковок массой до 2,5 кг – до 0,5 мм; для поковок массой свыше 2,5 кг до 6,0 кг – до 0,8 мм, для поковок свыше 6,0 – до 1,0 мм.

Поскольку при штамповке на КГШП в закрытых штампах смещение штампов практически отсутствует, на величину смещения матриц, необходимо уменьшить припуски на соответствующие поверхности. Величины смещения для различных классов точности и массы поковок приведены в ГОСТ 7505-89.

Штамповочные уклоны

Уклоны штамповочной поковки назначаются для облегчения удаления поковки из штампа. Это достигается за счёт снижения вертикального усилия, необходимого для преодоления силы трения и уменьшения пути, на котором эти силы преодолеваются.

Штамповочные уклоны устанавливаются при штамповке на молотах и прессах на всех вертикальных поверхностях поковок, а при изготовлении последних на ГKM – на всех поверхностях выступов, углублений и сквозных отверстий, выполняемых пуансонами. При штамповке ступенчатых штампов на ГKM уклоны назначаются также на всех замкнутых штампом поверхностях, расположенных перпендикулярно к движению высадочного пуансона.

Величина штамповочных уклонов определяется в 7 градусах для внешних и 10 градусов – для внутренних поверхностей при штамповке на молотах и соответственно 5 гр. и 7 гр. при штамповке на прессах с выталкивателем и ГKM. При изготовлении поковок с впадинами и с сквозными отверстиями на горизонтально-ковочных машинах уклоны на поверхностях впадин или отверстий не должны превышать 3 гр. При штамповке в закрытых штампах на прессах величина штамповочных уклонов поднимается в пределах

1гр.30 – 1гр., а при использовании ГKM – 1гр. – 0гр. 30мин. Внутренние уклоны при пустотелых штамповках принимаются несколько больше 1 – 3 гр.

Если по конструктивным соображениям уклоны желательны, их рекомендуется делать максимально возможными или по ГОСТ 7505-89. Если же они не желательны, то можно назначать их максимальными по таблице 3.2.

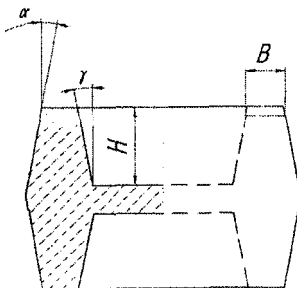


Рисунок 3.1- Схема штамповочных уклонов.

Таблица 3.2 - Штамповочные уклоны в градусах в зависимости от отношения высоты ребра к его ширине. Штампы с выталкивателями.

Допустимо			Рекомендуется		
Н : В	α°	γ°	Н : В	α°	γ°
до 2	1	1,5	до 1	1	1,5
4	2	3	4	2	3
6	3	5	3	3	5

Радиусы и закругления

Радиусы закруглений бывают наружными R, образуются при заполнении металлом углов в углублениях штампов, и внутренние z, образуемые пунсоном и выступами штампов при вдавливании их в металл. Чем больше радиусы закруглений в углах штампов и на соответствующих поверхностях поковок, тем выше стойкость штампов (так как ниже концентрация напряжений в углах штампов при их работе) и меньше необходимое усилие штамповки (так как металл легче вдавить в углы штампов с большими радиусами).

Наименьшие радиусы закруглений внешних углов поковок приведены в таблице 3.3. Практически достаточно, чтобы значения этих радиусов были на 0,5- 1,0 мм больше величины нормального припуска на механическую обработку этой поковки, независимо от того, к каким сопрягаемым поверхностям относятся эти радиусы – к подвергаемым или не подвергаемым механической обработке.

Внутренние радиусы закруглений на поковках должны быть примерно в 3 – 4 раза больше принятых для данной поковки наружных радиусов закруглений. Если при этом радиус получается меньше разности значений внутреннего радиуса закруглений у обработанной детали и назначенного припуска, то необходимо его увеличить до значения, равного указанной разности. Необходимо стремиться к унификации радиусов в каждой поковке.

Наименьшие технологические радиусы скругления при штамповке (z) в открытых штампах приведены в таблице 3.4. При штамповке из малопластичных сплавов указанные значения радиусов увеличиваются в 1,5 раза.

Таблица 3.3 - Наименьшие радиусы закруглений внешних углов поковок по ГОСТ 7505-89

Масса поковки, кг	Наименьшие радиусы закруглений R, мм при глубине полости ручья штампа, мм			
	До 10	Св. 10 до 25	Св. 25 до 50	Св. 50
До 1,0	1	1,5	2	3
Св. 1 до 6	1,5	2	2,5	3,5
Св. 6 до 16	2	2,5	3	4
Св. 16 до 40	2,5	3	4	5
Св. 40 до 100	3	4	5	7
Св. 100	4	5	6	8

Таблица 3.4 - Внутренние радиусы закруглений г

Высота ребра h, мм	Радиус г, мм	Высота ребра h, мм	Радиус г, мм
До 5	3	25 – 30	8
5 – 10	4	35 – 50	10
10 – 16	5	50 – 70	12,5
16 – 25	6	70 – 100	15

Наметки и перемычки под прошивку отверстий

После штамповке на молотах и прессах в заготовках часто прошиваются сквозные отверстия, диаметром 30 и более мм. Для этой цели в деталях типа тел вращения по центру образуется наметка с одной или с двух сторон. Между верхней и нижней наметками образуется перемычка (плёнка). Формы наметок и перемычек зависят от размеров конструктивных элементов заготовок. На рисунке 3.2 показаны наиболее часто применяемые формы наметок и перемычек.

Оформление наметок и перемычек на чертеже заготовки начинается с расчёта диаметра прошивки отверстий d .

$$d = d_o - 2z_{ном} - 2r; \quad (3.2)$$

где d_o - диаметр отверстия готовой детали;

$z_{ном}$ - номинальный припуск на сторону отверстия;

r - внутренний радиус наметки по таблице 4.

Затем определяем диаметр наметки в плоскости разъёма штампа d_o

$$d_o = d + 2r \quad (3.3)$$

Наибольший диаметр наметки D определяется по формуле:

$$D = d_o + h \tan \gamma, \quad (3.4)$$

где h - высота (глубина) наметки;

γ - угол внутреннего штамповочного уклона 7 – 10 гр.

Толщина перемычки S принимается как 0,1D, не менее 4 мм.

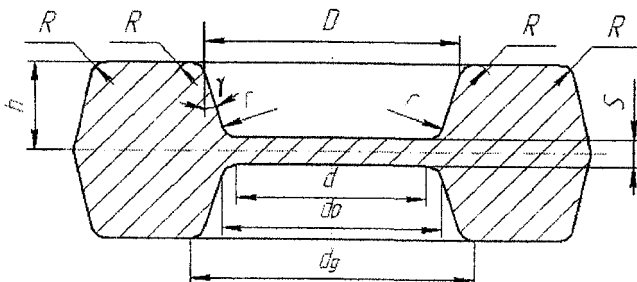


Рисунок 3.2 - Формы наметок и перемычки под прошивку.

Если отношение $2h / D \geq 1.7$ (или углубление наметки требуется более $0,8 S D$), то прошивка отверстия не выполняется. В этом случае ограничиваются односторонней или двухсторонней наметкой (см. рис. 3.3), на котором показана глухая наметка без последующей прошивки отверстия. Если глубина глухой наметки не ограничена глубиной выемки у готовой детали, то рекомендуется дать полное закругление вершины полости (рис. 3.3) одним радиусом.

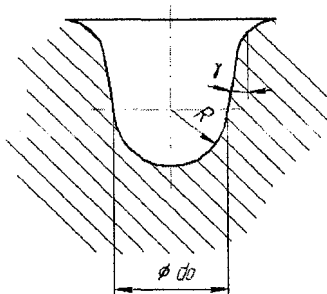


Рисунок 3.3 - Глухая наметка.

$$R = \frac{d_0}{2 \operatorname{tg} (45^\circ - \frac{\gamma}{2})}, \quad (3.5)$$

где d_0 диаметр наметки в плоскости разреза штампа,

γ - угол внутреннего штамповочного уклона $7 - 10$ гр.

В частности, при $\gamma = 10$ гр. и полном закруглении вершины наметки $R = 0.595 d_0$.

Оформление чертежа поковки

Чертёж поковки разрабатывают на основе чистого чертежа детали. Готовую деталь на чертеже поковки показывают штрихпунктирной линией (сплошной тонкой линией), давая лишь необходимые контуры детали, наглядно показывающие наличие припуска на обработку. Подробное изображение готовой детали следует давать преимущественно в разрезах и сечениях только один раз, не повторяя его в других проекциях поковки.

Поковку желательно вычерчивать в том положении, которое она занимает в штампе, масштабе вычерчивания $1 : 1$. Допустимо уменьшение масштаба ($1 : 2$) при вычерчивании крупногабаритных поковок (свыше 750 мм) и увеличение последнего ($2 : 1$) для поковок сложных форм размером менее 50 мм.

Система простановки размеров поковки должна полностью соответствовать системе размеров детали и учитывать: исходные базы механической обработки; удобства проверки величины припуска путём сравнения размеров на чертеже поковки с размерами готовой детали; удобство проверки размеров на поковке; простоту разметки поковки при контроле. На чертеже поковки не следует указывать размеров напуска и размеров, определяющих положение линии разреза на поковке, а также не следует проставлять размеры от линии разреза. Все размеры на чертеже поковки проставляются с допусками, что необходимо для контроля поковок.

На чертеже поковки наносятся технические требования в порядке, оговорённом ГОСТ 2.316 – 68. Они располагаются параллельно основной подписи чертежа. Состав технических требований на поковки регламентирован ГОСТ 8479 – 70.

Технические требования содержат обычно следующую информацию, расположенную в указанной последовательности: термообработку и твёрдость поковок; класс точ-

ности изготовления, степень сложности поковки; допускаемая величина заусенца и смещения штампа; точность неоговариваемых размеров поковки; допуски по необходимости прошиваемых в поковках наметок к внешним контурам поковки; допускаемые отклонения по изогнутости, неплоскостности и прямолинейности (для плоских поверхностей), а также радиальному биению (для цилиндрических поверхностей); не обозначенные на чертеже радиусы закруглений и штамповочные уклоны; допуски на радиусы закруглений; глубина внешних дефектов и другие требования к качеству поверхности, условия и методы испытаний (места отпечатка при испытании, места образцов, вырезаемых для механических испытаний и др.); указания о маркировании и клеймении; ссылки на другие документы, содержащие технические требования, распространяющиеся на данные изделия, но не приведённые на чертеже.

Место отпечатка твёрдости следует указать на плоской поверхности, лучше на необрабатываемой, учитывая также удобство укладки поковки на стол прессы для испытания твёрдости. Место клеймения предпочтительнее указать на необработанной поверхности, в противном случае надо учесть последовательность дальнейшей механической обработки с тем, чтобы снятие клеймённой поверхности производилось после перенесения клейма на ранее обработанную поверхность.

II. Анализ качества поковок

К техническим погрешностям при штамповке относятся: неточность диаметральных и продольных размеров, сдвиг по разъёму, неосторожность прошиваемых в поковках отверстий к внешним контурам, непараллельность торцов поверхности, изогнутость, отатки заусенец. Эти погрешности определяются путём измерения заготовок.

Кроме того, такие виды погрешностей, как забоины, недоштамповка, незаполнение формы, заштамповка окалины – устанавливаются внешним осмотром (визуально).

Для измерения диаметров продольных размеров, величины сдвига (смещения) следует использовать штангенциркуль с ценой деления 0,65 мм. Остатки заусенцев измеряются штангенциркулем с ценой деления 0,1 мм, используя его как глубиномер.

Изогнутость повок типа «стержень» определяется в призме, с помощью индикатора часового типа, закреплённого в стойке, аналогично проверке биения.

Непараллельность торцов заготовки проверяется с помощью индикатора часового типа, закреплённого в стойке. Деталь при этом располагается на плите.

Несоосность прошитого в поковке отверстия к внешнему контуру можно определить как половину максимальной разности толщины стенок полого цилиндра, измеренных в четырёх равнорасположенных по окружности точках.

Результаты измерений и внешнего осмотра заготовки должны соответствовать требованиям, изложенным в чертеже анализируемой заготовки. После чего сделать соответствующие выводы.

В выводах нужно дать заключение о годности заготовки для получения из неё детали заданного качества.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить чертёж детали, выданной для проектирования заготовки.
2. Выбрать метод штамповки.
3. Выбрать форму заготовки, назначить плоскость разъёма, уклоны, радиусы закругления, припуски и допуски на обрабатываемые поверхности.
4. Выполнить чертёж (эскиз) заготовки (поковки).
5. Изучить чертёж заготовки, выданной для анализа её качества.
6. Выполнить измерения заданных параметров заготовки и анализ её качества.
7. Составить отчёт.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Проектирование сварных заготовок

Цель работы: освоение методики проектирования сварных заготовок.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Электродуговая сварка широко применяется в машиностроении как один из методов соединения деталей в сборочные единицы, в том числе для получения сварных заготовок деталей машин. Сварные заготовки имеют ряд преимуществ перед другими заготовками, например, изготовленными литьем, ковкой и штамповкой или резанием из сортового проката в связи с простотой метода, его высокой производительностью, высоким коэффициентом использования металла, возможностью изготовления деталей весьма сложной конструкции. Сварные заготовки наиболее часто изготавливают в мелко- и среднесерийном производстве, так как в этих условиях производства не представляется рациональным и возможным конструирование и изготовление штампов, литейных форм и другой сложной оснастки, требующей больших трудовых и материальных затрат, а также длительной технологической подготовки производства. По данным к 1980 году в СССР производство сварных конструкций составило около 80млн. т. в год. Свыше 80% стального проката потребляется для сварных конструкций. При конструировании сварных заготовок в первую очередь необходимо оценить возможность расчленения заготовки на отдельные элементы и степень свариваемости применяемого материала.

Под свариваемостью понимают способность однородных металлов образовывать сварное соединение, надежно работающее на заданных режимах эксплуатации изделия. Сведения о свариваемости стали см. в табл.4.1.

Не рекомендуется выполнять заготовки сварными при ограниченной и плохой свариваемости материала заготовки.

Сварной вариант заготовки может быть выполнен лишь в том случае, если деталь может быть расчленена на простейшие элементы в виде пластин, косынок (уголков), цилиндров, полос и др.

Таблица 4.1-Свариваемость стали в зависимости от отношения легирующих примесей к содержанию углерода

Сумма примесей в %	Свариваемость при содержании углерода в %			
	хорошая	удовлетворительная	ограниченная	плохая
До 1	До 0,25	0,25-0,3	0,3-0,45	Свыше 0,45
1-3	До 0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	Свыше 0,4
Свыше 3	До 0,18	0,18-0,28	0,28-0,38	Свыше 0,38

В данной работе рассматривается ручная дуговая (стальных конструкций) электрическая сварка металлическим электродом.

Ручная дуговая сварка металлическим электродом осуществляется за счет теплоты электрической дуги, горящей между электродом и свариваемыми деталями. Электрическая дуга или электрический разряд в газовом промежутке характеризуется:

- а) низким напряжением на электродах (25-40 В);
- б) высокой температурой столба дуги(6000-10000° С);
- в) большой силой тока(100-350 А).

Для ручной дуговой сварки может быть применен как постоянный, так и переменный род тока. При постоянном токе дуга горит устойчиво, что важно для сварки сталей малых толщин (до 3 мм) и специальных марок сталей. Однако в этом случае требуется более сложная и дорогостоящая аппаратура, увеличивается расход электроэнергии, в

результате повышается себестоимость сварки.

При переменном токе условия сварки немного ухудшаются (возможна пористость шва, меньшая устойчивость горения дуги), однако процесс сварки более экономичен, чем в первом случае.

Сравнительные данные некоторых показателей источников питания даны в табл.4.2.

Питание дуги постоянным током осуществляется с помощью выпрямителей или генераторов, а переменным - с помощью аппарата, состоящего из сварочного понижающего трансформатора и дросселя. Дроссель служит для ограничения тока короткого замыкания, улучшения горения дуги за счет сдвига фаз между током и напряжением и регулирования силы сварочного тока.

Таблица 4.2-Экономические показатели источников тока

Показатели	Род тока	
	переменный	постоянный
Средний расход энергии в кВт ч на 1 кг наплавленного металла	3-4	6-8
Мощность при холостом ходе, кВт	0,2	2-3
Стоимость энергии в %	50-60	100
Стоимость оборудования в %	30-40	100
Средний к.п.д.	0,8-0,85	0,3-0,6
Средний $\cos \varphi$	0,3-0,4	0,6-0,7
Занимаемая площадь на 1 установку, м ²	1-1,5	1,5-2

Во избежание прожога тонких стенок деталей при сварке постоянным током ее обычно ведут с обратной полярностью, т.е. деталь подключают к отрицательному полюсу, так как на этом полюсе выделяется меньше тепла. Особо ответственные конструкции также сваривают постоянным током с обратной полярностью с целью обеспечения более высокого качества сварного соединения.

Основными причинами брака являются деформации сварных заготовок и дефекты сварочных швов.

В процессе изготовления в сварных конструкциях возникают внутренние напряжения, вызывающие деформации. Причинами возникновения внутренних напряжений могут быть дефекты подготовки и сборки (неправильный угол скоса кромок, неравномерное притупление по длине кромок или непостоянство зазора между ними, несовпадение стыкуемых плоскостей, расслоения и загрязнения на кромках и т.п.), неравномерность нагрева свариваемого металла, литейная усадка наплавленного металла и структурные изменения в металле шва, происходящие при его затвердевании (главным образом при сварке легированных и высокоуглеродистых сталей, склонных к закалке).

Дефекты сварочных швов - это трещины, непровары, прожоги, подрезы, натеки, поры, шлаковые и окисные включения, а также дефекты формы швов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Анализ качества

Для анализа качества сварных заготовок студентам выдается чертеж сварной заготовки, чертежи составных частей заготовки и комплект сварных конструкций, в который входят элементы конструкции, прихваченные сваркой в отдельных точках, и полностью сваренная заготовка

Для проектирования сварной заготовки выдаются чертежи других деталей.

Для оценки качества составных частей и заготовки следует произвести измерения геометрических параметров разделок и швов и оценить их соответствие требованиям чертежа. Внешним осмотром проверяют наличие трещин, подрезов, прожогов, натеков,

непроваров корня и кромок, пор, шлаковых и окисных включений. По внешнему виду сварные швы должны иметь гладкую или мелкочешуйчатую поверхность (без наплывов, прожогов, сужений и перерывов) и плавный переход к основному металлу; наплавленный металл должен быть плотным по всей длине шва, не иметь трещин, скоплений и цепочек поверхностных пор (отдельно расположенные поры допускаются); подрезы основного металла допускаются глубиной не более 0,5 мм при толщине свариваемого металла до 10 мм и не более 1 мм при толщине свыше 10 мм.

2. Конструирование сварной заготовки

Конструирование сварной заготовки выполняется в три этапа.

1. Производится анализ чертежа детали. При этом изучаются марка стали, ее свариваемость и возможность расчленения детали на простейшие элементы, технические требования на изготовления детали, в том числе точность размеров и требуемая шероховатость поверхностей.

2. Выполняются эскизы отдельных элементов будущей сварной заготовки с простановкой размеров с допусками и знаков шероховатости. Размеры проставляются с учетом припусков на обработку сварной заготовки. Необходимо предусматривать припуски на те поверхности составных элементов заготовки, которые на чертеже ограничены жесткими допусками и низкой шероховатостью. Следует иметь в виду, что заготовка в ходе сварки подвергается существенной деформации, поэтому на те поверхности, к которым предъявляются требования в отношении прямолинейности, плоскостности, перпендикулярности, соосности и параллельности, также необходимо предусматривать припуски для окончательной обработки их после сварки. На эскизах указывается форма кромок под сварку с простановкой необходимых размеров и указания шероховатости.

3. Выполняется эскиз сварной заготовки (в сборе) с обозначениями сварных швов по ГОСТ 2.312-72 (см.п.2.4), простановкой размеров с допусками и шероховатостями поверхностей и техническими требованиями к заготовке. Для заготовок из углеродистых сталей рекомендуется предусматривать термообработку, а также правку (рихтовку). При назначении величины припуска на отдельные поверхности следует считать, что сварка производится в специальном приспособлении и коробление заготовки будет умеренным.

Для компенсации возможного коробления заготовки следует увеличивать табличные значения припусков в 1,2...1,3 раза. Табличные значения припусков на различные виды обработки см. в табл.4.6-4.9.

3. Технология сварки

При разработке технологии сварки в первую очередь назначают вид сварного соединения, форму подготовки кромок в соответствии с ГОСТ 5264-80 «Швы сварных соединений. Ручная дуговая сварка» (см. табл.4.5). Затем назначают режим сварки: выбирают тип, марка и диаметр электрода, определяется сила сварочного тока и полярность (для постоянного рода тока).

Диаметр электрода выбирается по ГОСТ 9467-75 в зависимости от толщины свариваемого металла, типа шва и его положения в пространстве. При вертикальном и поточном швах диаметр электрода не должен превышать 4 мм. Чем больше толщина свариваемого металла, тем больше должен быть диаметр электрода (см. табл.4.3).

Таблица 4.3 - Данные для выбора диаметра электрода

Толщина свариваемых частей, мм	0,5-1	1-2	2-5	5-10	Св.10
Диаметр электрода, мм	1-1,5	1,5-2,5	2,5-4	4-5	5-8

Тип и марка электрода принимаются в зависимости от требований к прочности и пластичности сварного шва по табл.4.4 с учетом коэффициента наплавки, характери-

зующего производительность сварки. Наиболее часто применяемые в машиностроении типы и марки электродов см. в таблице 4.4.

Таблица 4.4 - Характеристики электродов и их назначение

Тип электрода	Марка электрода	Механические свойства металла шва			Коэффициент наплавления $\frac{\%}{A.ч.}$ K_n	Род тока	Назначение электрода
		σ_T МПа	σ_s МПа	$\frac{a_n}{K_{Дэс}}$ $\frac{м^2}{м^2}$			
Э42	СМ-5	320	460	1200	7,2	П.Пер	1
	АНО-5	350	470	1400	11	П.Пер	1
	АНО-6	330	450	1400	8,5	П.Пер	1
	АНО-1	380	460	1300	15	П.Пер	1,2
Э42А	УОНИ 13/45	360	460	2200	8,5	ПО	1а,2а
	СМ-11	360	480	2200	9,5	ПО.Пер.	1,2
	УП-2/45	380	460	2400	10	ПО.Пер.	1а,2а
	ОЗС-2	380	460	1800	8,5	ПО.Пер.	1а,2а
Э46	АНО-4	370	480	1500	8,3	П.Пер	1
	МР-3	380	480	1500	7,8	ПО.Пер.	1а
Э50	УОНИ-13/55	420	520	2000	9	ПО	1а,2а
	УП-1/55	400	540	2400	10	ПО.Пер.	1а,2а
	УП-2/55	400	540	2400	10	ПО.Пер.	1а,2а
	К-5А	-	520	1500	9	ПО.Пер.	1,2

Обозначения в таблице: П - род тока постоянный, ПО – постоянный обратный полярности, Пер.-переменный ток.

В графе «назначение электрода» 1 – для сварных конструкций из низкоуглеродистых сталей, 1а – для сварных конструкций наиболее ответственных из низкоуглеродистых сталей, 2 – для сварных конструкций из низколегированных сталей и 2а – для наиболее ответственных и напряженных сварных конструкций из низколегированных сталей.

Электродные стержни обычно изготавливаются из проволоки марок Са-08 и Са-08А, Са-08ГА, Са-10ГА, Са-10ГА.

В графе «Тип электрода» цифры после буквы Э означают номинальный предел прочности при растяжении в десятках МПа -/10 МПа/.

В случае применения электродов с защитно-легирующими покрытиями предел прочности сварного шва увеличивается. Индекс «А» означает, что сварной шов, наплавленный этим электродом, имеет повышенные пластические свойства.

Марки электродов отличаются друг от друга по химическому составу их покрытий, в том числе по количеству легирующих добавок в покрытиях. Например, электроды марки УОНИ-13/45 имеют защитно-легирующее покрытие фтористо-кальциевого типа. Электроды этой марки применяются для сварки ответственных деталей, требующих высоких пластических свойств наплавленного металла. Химический состав этого покрытия: жидкое стекло - 15-18%, мрамор-53%, плавиковый шпат-18%, кварц- 9%,сода-1,6%, ферромарганец - 2%, ферросилиций - 3%, ферротитан - 15%, силикат натрия - 4%, бентонит - 1%.

Необходимая сила сварочного тока определяется по формуле:

$$I = (20 + 6d_3) \cdot d_3 ; \quad (4.1)$$

где I – сила тока, А;

d_3 – диаметр электрода, мм.

В зависимости от требуемой силы сварного тока, толщины стенок свариваемой заготовки и заданного качества сварного шва выбираем источник питания сварочной дуги.

Источниками переменного тока при ручной сварке могут служить трансформаторы ТД-300, ТД-500, ТД -502, ТД-102, ТД-306.

Источниками постоянного тока могут служить сварочные выпрямители ВД-306,ВД-502,ВДУ-305,ВДУ-504.

В индексации моделей трансформаторов и выпрямителей первая цифра после букв и тире номинальный ток источника округленно в сотнях ампер.

Основное время T_0 в мин, при ручной дуговой сварке рассчитывают по формуле:

$$T_0 = \frac{60 \cdot F \cdot l \cdot \gamma}{K_H \cdot I} ; \quad (4.2)$$

где F - площадь поперечного сечения шва, см^2 ;

l - длина шва, см ;

γ - плотность наплавленного металла, $\text{г}/\text{см}^3$;

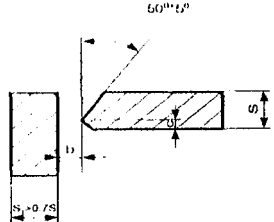
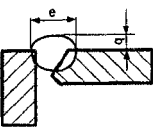
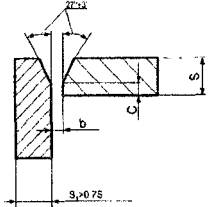
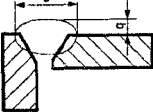
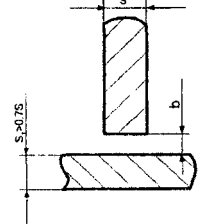
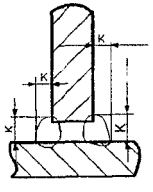
K_H - коэффициент наплавки (по табл. 27), $\text{г}/\text{А} \cdot \text{ч}$;

I - сила сварочного тока, А .

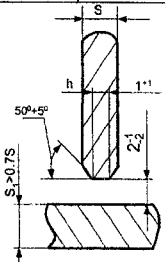
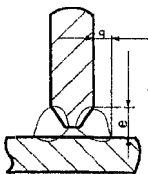
Площадь поперечного сечения F (которое существенно зависит от вида сварки) может быть определена расчетом как сумма площадей треугольников, прямоугольников и других геометрических фигур, на которые разбивается сечение наплавленного металла.

Плотность наплавленного металла шва принимается равной плотности основного металла.

Таблица 4.5 - Конструктивные элементы подготовленных кромок деталей и швов стальных соединений по ГОСТ 5264-80

Обознач. шва	Конструктивные элементы		S	с=в или h	не более или K	q
	подготовленных кромок деталей	шва сварного соединения				
У6			4 6 8 10	1 ± 1	12 16 18 22	$0.5^{+1.0}_{-0.5}$ $0.5^{+1.0}_{-0.5}$
				2^{+1}_{-2}		
У9			12-14 16-18 20-22 24-26	2^{+1}_{-2}	28 32 36 42	$0.5^{+2.0}_{-0.5}$
Т8			5-6 7-9 10-15 16-21	0^{+2}	4^{+2}_{-1} 5^{+2}_{-1} 6^{+2}_{-1} 7 ± 2	
				0^{+3}		

Продолжение таблицы 4.5

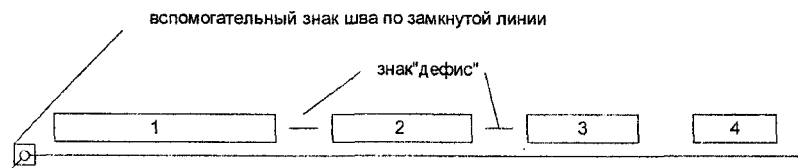
Т9			12-14 16-18 20-22 24-26	5-6 7-8 9-10 11-12	16 18 20 24	3
						5

Условные изображения и обозначения швов сварных соединений по ГОСТ 2.312-72

Шов сварного соединения независимо от способа сварки условно изображают: видимый – сплошной линией; невидимый – штриховой линией.

От изображения шва проводят линию – выноску, заканчивающуюся односторонней стрелкой. Линию-выноску предпочтительно проводить от изображения видимого шва.

Структура условного обозначения стандартного шва:



где, 1 - обозначение стандарта на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений;

2 - буквенно-цифровое обозначение шва по стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений;

3 - знак и размер катета согласно стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений;

4 - вспомогательные знаки.

Условное обозначение шва наносят:

а) на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва с лицевой стороны;

б) под полкой линии-выноски, проведенной от изображения шва с оборотной стороны.

Примечание. 1. За лицевую сторону одностороннего шва сварного соединения принимают сторону, с которой производят сварку.

2. За лицевую сторону двухстороннего шва сварного соединения с симметрично подготовленными кромками может быть принята любая сторона.

Знак, вспомогательные знаки выполняются сплошными тонкими линиями. Высота знаков должна быть одинаковой с высотой цифр, входящих в обозначение шва. Вспомогательные знаки для обозначения сварных швов:

а)  - усиление шва снять;

б)  - наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу;

в)  - шов по замкнутой линии. Диаметр знака 3...5 мм;

г)  - шов по незамкнутой линии. Знак применяют, если расположение шва ясно из чертежа.

Обозначение шероховатости механически обработанной поверхности шва наносят на полке или под полкой линии-выноски после условного обозначения шва.

При наличии на чертеже одинаковых швов обозначение наносят у одного из изображений, а от изображений остальных одинаковых швов проводят линии-выноски с полками. Всем одинаковым швам присваивают один порядковый номер, который наносят:

а) на линии-выноске, имеющей полку с нанесенным обозначением шва;

б) на полке линии-выноски или под ней, проведенной от изображения шва, не имеющего обозначения.

Примечание. Швы считаются одинаковыми, если одинаковы их типы и размеры конструктивных элементов в поперечном сечении и к ним предъявляют одни и те же технические требования.

Таблица 4.6 - Припуски на наружное точение

Диаметр детали, мм	Черновое точение		Чистовое точение после черного	
	Припуск на диаметр при длине детали, мм			
	До 200	Св. 200	До 200	Св. 200
Св. 10 до 18	1,5	1,7	1,0	1,3
Св. 18 до 30	2,0	2,2	1,3	1,3
Св. 30 до 50	2,0	2,2	1,4	1,5
Св. 50 до 80	2,3	2,5	1,5	1,8
Св. 80 до 120	2,5	2,8	1,5	1,8
Св. 120 до 180	2,5	2,8	1,8	2,0

Допуски на черновое точение по h 13, на чистовое по h 10.

Таблица 4.7 - Припуски на фрезерование плоскостей шириной до 200 мм

Толщина, мм	Припуск на толщину при длине заготовки			
	Черновое фрезерование		Чистовое фрезерование после черного	
	До 100 мм	Св. 100 мм до 250 мм	До 100 мм	Св. 100 мм до 250 мм
Св. 6 до 30 мм	1,0	1,2	0,7	1,0
Св. 30 до 50 мм	1,0	1,5	1,0	1,0
Св. 50	1,5	1,7	1,0	1,3

Допуск на толщину для черного фрезерования по h14, для чистового по h11.

Таблица 4.8 - Припуски на обработку отверстий после сверления

Диаметр отверстия, мм	Растачивание черновое	Растачивание чистовое
Св. 10 до 18	0,8	0,5
Св. 18 до 30	1,2	0,8
Св. 30 до 50	1,5	1,0
Св. 50 до 80	2,0	1,0

Допуск на черновое растачивание H12, на чистовое по H 10

Таблица 4.9 - Припуски на подрезание торцов

Диаметр детали, мм	Длина детали, мм			
	до 18	св. 18 до 50	св. 50 до 120	св. 120 до 260
до 30	0,4	0,5	0,7	0,8
св. 30 до 50	0,5	0,6	0,8	0,8
св. 50 до 120	0,6	0,7	0,8	1,0

Допуск на подрезание торцов по h12.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Провести анализ чертежа детали, полученного в соответствии с заданием, с целью определения степени свариваемости металла заготовки и возможности расчленения ее на простые элементы.
2. Наметить типы сварных соединений и формы подготовки кромок под сварку.
3. Назначить припуски на поверхности, подлежащие обработке после сварки заготовки.
4. Выполнить эскизы составных частей заготовки с простановкой размеров, допусков и шероховатости поверхностей.
5. Составить эскиз сварной заготовки с указанием размеров, допусков на размеры, шероховатости поверхностей и технических требований.
6. Выбрать тип, марку и диаметр электродов, определить необходимую силу сварочного тока, его род и полярность.
7. Выбрать источник питания электрической дуги.
8. Рассчитать основное время, необходимое для сварки заготовки.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название работы.
2. Содержание задания.
3. Эскизы отдельных элементов проектируемой сварной заготовки и эскиз спроектированной сварной заготовки.
4. Тип и марка электрода.
5. Расчет силы сварочного тока.
6. Сварочное оборудование.
7. Расчет основного времени.
8. Выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимают под степенью свариваемости металла?
2. От чего зависит свариваемость металла?
3. Какими технологическими возможностями располагает электродуговая сварка?
4. Какими параметрами и их значениями характеризуется электрическая дуга?
5. Какой род тока применяется при дуговой сварке?
6. Перечислите преимущества и недостатки применения постоянного и переменного тока при сварке?
7. Какие Вы знаете источники питания электрической дуги?
8. Что означают цифры в индексации модели источника питания?
9. Как расшифровывается индекс типа электрода?
10. Чем определяется марка электрода? От чего зависит его диаметр?
11. С какой целью ведут сварку с обратной полярностью тока?
12. Как рассчитывается необходимая сила сварочного тока?
13. Как назначаются припуски на последующую обработку?
14. Как рассчитывается основное время на сварку?
15. Какие типы сварочных соединений Вы знаете? Какие формы подготовки кромок под сварку Вам известны?

Литература

1. Барановский М.А., Дмитриевич А.М. и др. Справочник технолога./Пособие для технологов литейных, кузнечных и сварочных цехов./ -Мн.: Беларусь, 1966, с. 552.
2. Технология металлов и других конструкционных материалов/Учебное пособие для механических специальностей втузов машиностроительного профиля./ Под общей ред. А.М. Дмитриевича. - Мн.: Вышэйшая школа, 1973, с. 528.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Проектирование отливки методом горизонтального непрерывного литья.

Цель работы: практическое освоение проектирования заготовок, получаемых горизонтальным непрерывным и полунепрерывным литьем.

Данная практическая работа рассчитана на 4 академических часа.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Технологический процесс получения заготовок методом горизонтального непрерывного литья, в дальнейшем ГНЛ, представляет собой комплекс различных операций (рис. 2), обеспечивающих получение заготовок высокого качества. Такой метод, как горизонтальное литье является действительно непрерывным процессом. Для своего осуществления оно требует такой организации загрузки печи, плавнения, легирования, обработки расплава рафинирующими реагентами, которая могла обеспечить непрерывную подачу металла, начиная от заливки металла в металлоприемник и кончая непрерывным получением заготовок с их резкой, складированием и упаковкой.

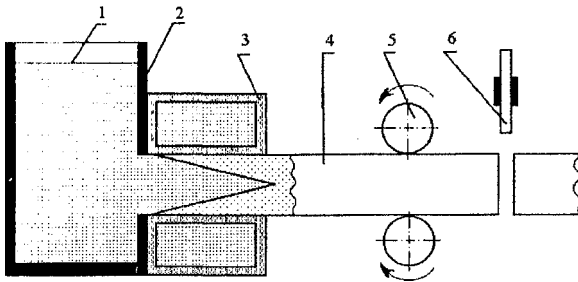


Рисунок 1.1- Схема процесса горизонтального непрерывного литья

Метод горизонтального непрерывного литья (рис. 1.1) заключается в том, что жидкий металл 1, предварительно залитый из плавильной печи в металлоприемник 2, непрерывно поступает из него в водоохлаждаемую горизонтальную изложницу - кристаллизатор 3, который является центральным и самым главным формообразующим и теплообменным элементом машины горизонтального непрерывного литья, в дальнейшем МГНЛ. До того как начать литье в кристаллизатор вводится специальная конструкция - затравка, которая закрывает его открытое выходное отверстие и служит для охлаждения первой порции жидкого металла. По мере затвердевания и сцепления металла с затравкой она удаляется из кристаллизатора 3, увлекая за собой сформировавшийся слиток 4. Этот слиток периодически (вытягивание - остановка) извлекается из кристаллизатора тянущейся клетью 5, то есть одновременно идет заливка, затвердевание и вытягивание слитка из формы.

Этот процесс может идти непрерывно, а образующаяся в результате такого процесса отливка, пройдя тянущую клеть, разрезается пилой 6 на нужные размеры по ходу процесса. Заготовки, уже отрезанные, скатываются в специально для этого приготовленные поддоны, а затем перевозятся на склад готовой продукции предприятия. Все технологические операции контролируются системой управления. Схематически МГНЛ показана на рис.1.2.



Рисунок 1.2 - Структура технологического процесса горизонтального непрерывного литья

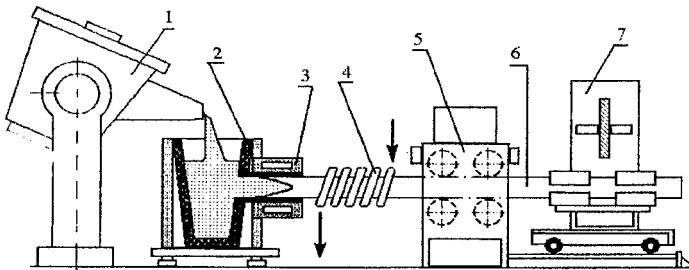


Рисунок 1.3 - Машина горизонтального непрерывного литья.

1 - плавильная печь; 2 - металлоприемник; 3 - кристаллизатор; 4 - устройство вторичного принудительного охлаждения; 5 - механизм вытягивания; 6 - отливаемая заготовка; 7 - механизм разрезки.

Существует деление кристаллизаторов. Их подразделяют:

- по способу установки - подвижные и неподвижные;
- по материалу рабочей вставки - графитовые и металлические;
- по количеству ручьев - одно- и многоручьевые;
- по расположению ручьев - одно- и двухрядные;
- по конструкции охлаждающих корпусов - цельные и составные;
- по способу изготовления охлаждающих корпусов - сварные; литые, получаемые заливкой графитовой вставки; литые с последующей установкой графитовой вставки;
- по конфигурации наружной охлаждаемой поверхности вставки - круглые, прямоугольные, фасонные.

Длинные металлические подвижные кристаллизаторы совершают при литье возвратно поступательные перемещения вдоль отливаемого слитка. Такие кристаллизаторы предотвращают приваривание металла к стенкам кристаллизатора; улучшают качество поверхности отливки за счет меньшего трения и особых условий отвода тепла; способствует образованию мелкозернистой кристаллической структуры слитков. Но эти кристаллизаторы имеют более сложную конструкцию, недостаточную ее надежность, трудности с управлением. Именно из-за этих особенностей подвижные кристаллизаторы не получили широкого распространения.

Неподвижные короткие кристаллизаторы нашли наиболее широкое применение. Такая конструкция кристаллизатора позволяет периодически вытягивать слитки с высокой скоростью и малым шагом. Уменьшение шага и увеличение частоты вытягивания частоты вытягивания способствует образованию мелкозернистой кристаллической структуры слитка, повышению его механических свойств, улучшению качества поверхности, стабилизации процесса литья.

Наибольшее распространение получили кристаллизаторы с графитовыми вставками. При повышенных температурах графит обладает высокими плотностью и прочностью, термостойкости и теплопроводностью, низким коэффициентом трения и не смачивается расплавленными металлами. Графит легко обрабатывается.

Металлические вставки в кристаллизаторах выполняют из стали, молибдена, меди или бронзы. Для повышения качества поверхности слитков часто применяют смазку внутренней рабочей поверхности кристаллизаторов.

Одноручьевые кристаллизаторы используют при производстве заготовок большого сечения и сложного профиля. Многоручьевые одно- и двухрядные - при производстве простых и мелких заготовок.

Охлаждающий корпус предназначен для установки графитовой или металлической вставки, ее охлаждения и крепления всего кристаллизатора к металлоприемнику. Охла-

ждающие корпуса изготавливаются из стали, чугуна, меди. При литье сложных профилей заготовок и заготовок прямоугольного сечения с отношением сторон 2,5 и более применяют составные охлаждающие корпуса.

Материал заготовок, получаемых непрерывным литьем: алюминиевые, магниевые, медные сплавы, конструкционные углеродистые и низкоуглеродистые стали, чугуны.

Возможны следующие профили заготовок: круг, прямоугольник, многогранник, трубы, фасонный профиль.

Положительные свойства, которыми обладают отливки, полученные непрерывным литьем:

- высокая химическая однородность;
- стабильная, плотная, мелкозернистая структура без пор и раковин;
- повышенные механические свойства;
- незначительная анизотропия механических свойств;
- более высокий коэффициент использования металла.

В отливках не наблюдаются неметаллические включения, усадочная пористость, усадочные раковины.

Также существуют и недостатки метода ГНЛ:

- дополнительные плавильные печи, которые должны работать круглые сутки;
- ограниченность размеров слитков;
- ограниченность толщины стенки труб;
- трудность обеспечения надежной непрерывной смазки поверхности металлических кристаллизаторов.

Разработка технологии ГНЛ заключается в определении оптимальных параметров:

- температуры жидкого металла в металлоприемнике;
- скорости вытягивания заготовки;
- времени остановки;
- величины шага вытягивания;
- расходы воды на охлаждение кристаллизатора.

Сложные связи между физическими свойствами металла, характеристиками систем «слиток – кристаллизатор» и переменными технологическими величинами, а также значительное разнообразие номенклатуры заготовок затрудняют выдачу общих рекомендаций по выбору оптимальных технологических режимов литья.

Тепловые параметры процесса ГНЛ определяются в основном конструкцией и материалом кристаллизатора и металлоприемника, а также условиями охлаждения отливки вне кристаллизатора. ГНЛ применяют для получения накладных направляющих станков, гильз, втулок, подшипников скольжения, валов и осей и пр. Целесообразно использовать этот метод в том случае, когда общая масса всех отливок превышает несколько тонн.

РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ЗАГОТОВКИ

Разработка заготовки осуществляется в следующей последовательности:

- анализ технологичности конструкции детали, заготовки;
- выбор формы отливки;
- определение допусков, припусков, погрешностей формы отливки по ГОСТ 26645-85;
- формулирование технических требований на изготовление и приемку заготовки;
- оформление чертежа заготовки.

Анализ технологичности конструкции детали, заготовки

По чертежу детали проверяют возможность получения заготовки, сравнивая размеры (с учетом припусков) и форму заданной детали с рекомендуемыми профилем и размерами заготовок, получаемых горизонтальным непрерывным литьем (табл. 1.1, рис. 1.4).

Если заготовку возможно получить непрерывным литьем, то следует определить степень сложности отливки (табл. 1.2, рис. 1.5).

Выбор формы отливки осуществляется на основании анализа технологичности. Например, если размеры пазов не удовлетворяют размерам пазов, указанных в примечаниях к табл. 1.1, то в отливке выполнять такие пазы нежелательно.

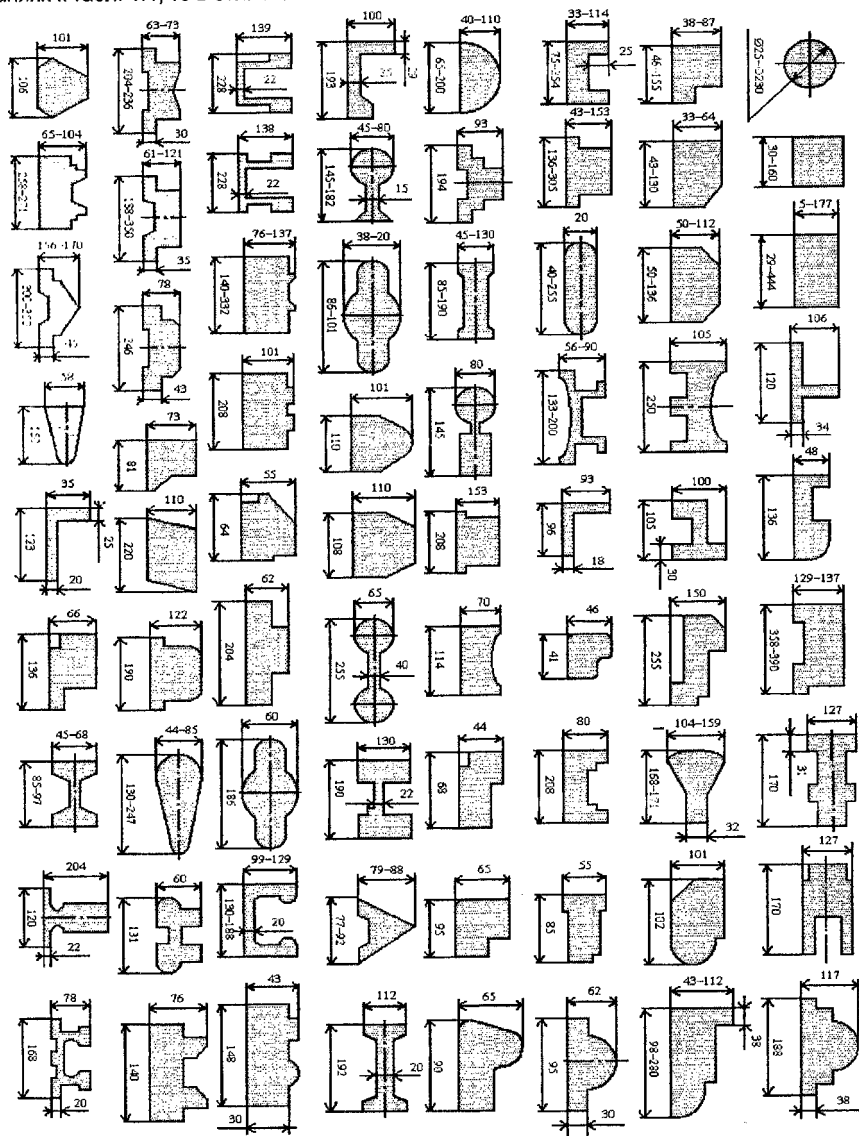


Рисунок 1.4 - Профили заготовок, получаемых методом ГНД

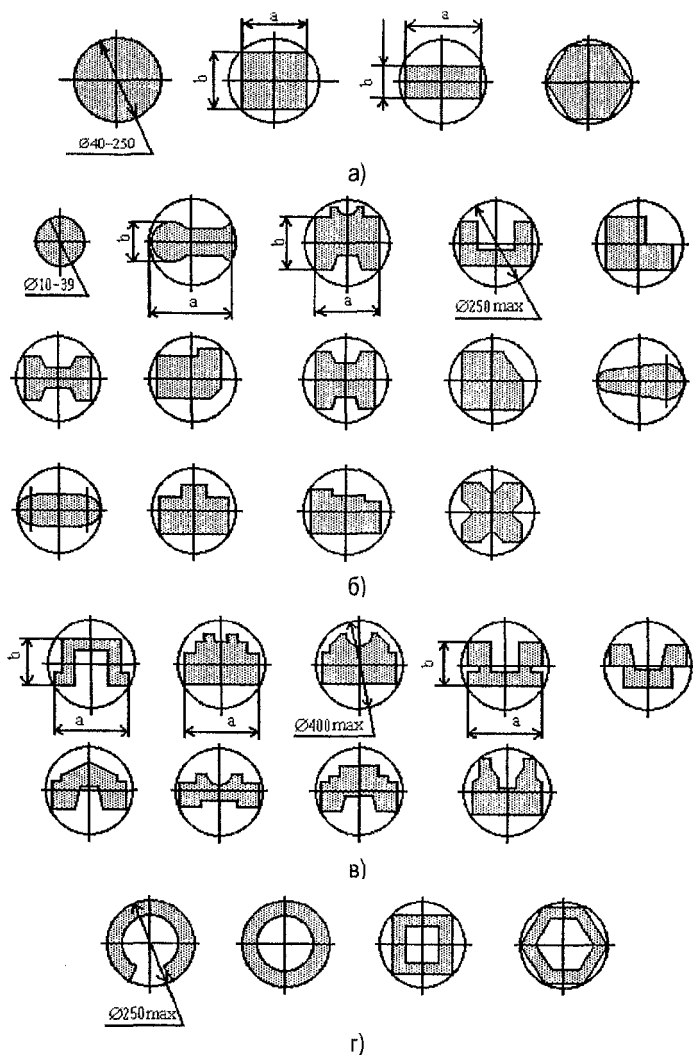


Рисунок 1.5 - Заготовки различной степени сложности

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Проектирование заготовки, получаемой непрерывным литьем, рассмотрено на примере направляющей (рис.1.6).

Анализ технологичности конструкции детали, заготовки. Конфигурация детали простая. Деталь имеет пазы, шириной более 30 мм. Максимальная толщина стенки в детали - 47,5 мм, минимальная толщина стенки - 22 мм. Разница в толщине стенок не пре-

вышает допустимую. Форма и размеры детали соответствуют форме и размерам заготовки, приведенной на рис.1.4. Деталь имеет технологичную конструкцию.

Отношение габаритных размеров

$$120 / 180 = 0,66 > 0,5.$$

Следовательно, степень сложности отливки - 3 (табл.1.2).

Таблица 1.1- Выбор формы отливки

Материал отливки	Профиль поперечного сечения отливки				
	Круг	Труба	Прямоугольник	Многоугольник	Фасонный
Чугун	Ø25 ... Ø230 мм	Наружный Ø10 ... 300 мм толщина стенки 4 ... 30 мм	15 ... 200 мм	Ø описанной окружности 30 ... 230 мм	Рис.4
Сталь	Ø80 ... Ø200 мм	толщина стенки 15 - 20 % наружного Ø	80 ... 160 мм	Ø описанной окружности 80 ... 200 мм	
Медные сплавы	Ø30 ... Ø250 мм	толщина стенки 10 ... 40 мм	20 ... 250 мм	Ø описанной окружности 30 ... 250 мм	
Алюминиевые сплавы	Ø15 ... Ø300 мм	наружный Ø40 ... 300 мм минимальный Ø отверстия 30 мм, минимальная толщина стенки 10% от наружного Ø	20 ... 300 мм	Ø описанной окружности 20 ... 300 мм	

Примечания: 1. В заготовке можно получить пазы при условии $c > 30$ мм или, если $c \leq 30$ мм, то $d \leq c$; $S \leq c$ (где c - ширина паза, d - глубина паза, S - толщина паза).

2. Разница в толщине стенок в деталях с пазами и выступами не должна превышать 60 ... 80 мм.

Таблица 1.2- Распределение отливок по степени сложности

Степень сложности	Профиль					Соотношение сторон $b : a$	Примечание
	Круг	Прямоугольник	Многогранник	Фасонный	Пустотелый		
1	+	+	+			0,5	рис. 5 а;
2	+	+		+		0,5	рис. 5 б; фасонные отливки с выступами и пазами глубиной до 20 мм, шириной 20 ... 30 мм
3				+			рис. 5 в; выступы и пазы глубиной до 30 мм и больше и шириной до 20 мм и больше
4					+		рис. 5 г

Определение конфигурации отливки. Конфигурация отливки такая же, как и у детали. Необрабатываемые плоскости 2; 3; 4; 7; 8.

V - образные пазы и отверстия в заготовке получаться не будут.

Определение допусков, припусков, погрешностей формы отливки. Допуски, припуски, погрешности формы определены по ГОСТ 26645-85 и сведены в табл. 3. Тип производства мелкосерийный.

Номера поверхностей обозначены на рис.1.6.

При определении класса размерной точности, степени точности поверхности клас-

са точности массы принят технологический процесс литья - литье в облицованный кокиль. Наибольший габаритный размер отливки от 1600 до 4000 мм.

Таблица 1.3- Допуски, припуски и погрешности формы отливки.

Обрабатываемые поверхности	11, 5	1, 6	9	10
Размер	180	120	84	47,5
Допуск размера детали, мм	1,15	0,87	0,87	0,62
Шероховатость	Ra 5 Ra 5	Ra 2,5 Ra 5	Ra 2,5	Ra 2,5
Допуск формы и расположения обработанной поверхности	$1,15 \cdot 0,5 = 0,575$	$0,87 \cdot 0,5 = 0,435$	$\perp$ 0,016	$\perp$ 0,016
Класс размерной точности	9т - 13 Принято 12			
Допуск размера отливки (предельные отклонения)	7,0 ($\pm 3,5$)	6,4 ($\pm 3,2$)	5,6 ($\pm 2,8$)	5,0 ($\pm 2,5$)
Степень коробления элементов отливки	5 - 8 Принято 5			
Допуск формы и расположения элементов отливки, мм	5,0	5,0	5,0	5,0
Общий допуск, мм	$10 \cdot 0,5 = 5$	$9 \cdot 0,5 = 4,5$	9,0	8,0
Соотношение между допусками размера детали и отливки	$\frac{1,15}{7,0} = 0,164$			
Соотношение между допусками формы и расположения поверхности детали и отливки			$\frac{0,016}{5,0} = 0,0032$	$\frac{0,016}{5,0} = 0,0032$
Вид окончательной механической обработки	черновая черновая	получистовая черновая	чистовая	чистовая
Степень точности поверхности	12 - 19 Принято 17			
Шероховатость поверхностей отливки	Ra 80			
Ряд припуска	9			
Припуск, мм	4,0 4,0	5,5 4,0	9,8	9,8
Размеры отливки, мм	$188 \pm 3,5$	$129,5 \pm 3,2$	$99,3 \pm 2,8$	$61,3 \pm 2,5$
Класс точности массы	7т - 14 Принято 13т			

Отношение наименьшего размера элемента отливки к наибольшему

$$\frac{(32+10)}{2000} = 0,021.$$

Вид окончательной механической обработки для поверхности 1 выбран в соответствии с шероховатостью этой поверхности. Кроме того, поверхность 1 будет использована в качестве чистовой базы при обработке поверхностей 9 и 10.

Значения припусков взяты при среднем уровне точности обработки.

На рис.1.6 показан чертеж заготовки.

1. НВ 163 ... 229
2. Точность отливки 12 - 5-17-13т ГОСТ 26645 - 85.
3. Неуказанные радиусы закруглений 5 мм.
4. Отклонения от прямолинейности не более 5 мм.
5. Отклонения от плоскостности не более 5 мм.
6. * - размер для справок.
7. V - Черновые базы.

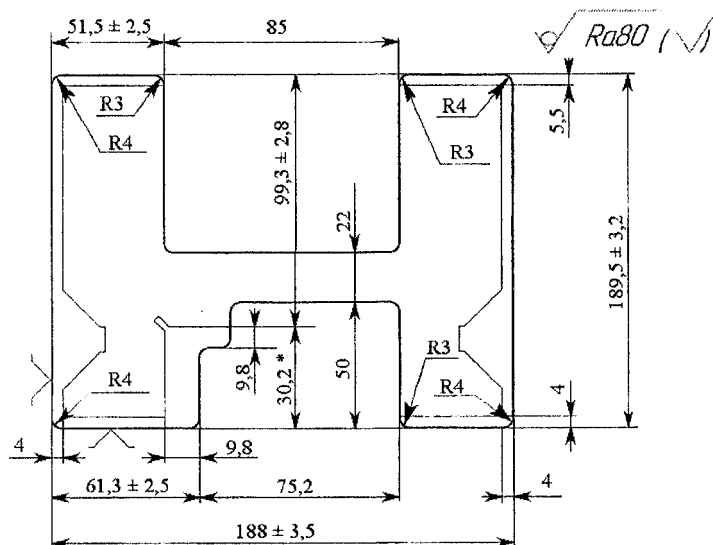


Рисунок 1.6 - Чертеж заготовки.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Провести анализ технологичности детали.
2. Определить форму поперечного сечения отливки.
3. Определить допуски размеров, припуски погрешности формы, размеры отливки.
4. Вычертить чертеж детали

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название работы.
2. Чертеж детали.
3. Анализ технологичности конструкции детали.
4. Определение допусков размеров, припусков, погрешности формы, размеров отливки.
5. Чертеж детали.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сущность технологического процесса получения заготовок методом непрерывного или полунепрерывного литья.
2. Какие кристаллизаторы используются в машинах горизонтального литья?
3. Какие материалы можно отливать методом непрерывного литья? Какой профиль заготовки можно получить?
4. Достоинства и недостатки метода непрерывного литья.

Литература

1. Специальные способы литья: Справочник / В. А. Ефимов, Г.А. Анисович, В.Н. Бабич и др.; / Под общ. Ред. В. А. Ефимова. - М.: Машиностроение, 1991. - 430 с.
2. ГОСТ 26645 - 85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Проектирования технологического процесса свободнойковки

ВВЕДЕНИЕ

Свободнаяковка - вид горячей обработки давлением, при котором порция металла определенного объема (исходная заготовка) путем воздействия на нее универсального ковочного оборудования и инструмента деформируется, изменяет форму и, превращаясь в поковку (кованую заготовку), приближается своей формой к конфигурации детали. Степень приближения формы поковки к детали оценивается по коэффициенту использования металла:

$$K_{им} = V_d/V_n = m_d/m_n, \quad (2.1)$$

где V_d , m_d - соответственно объем и масса детали;
 V_n , m_n - объем и масса поковки.

Ковка - один из самых древних видов обработки металлов, который и в настоящее время служит для изготовления поволоков от самых мелких, массой, измеряемой в граммах, до самых крупных, массой до 300 тонн и более. Причем, при изготовлении тяжелых поволоков для валов гидротурбин, коленвалов судовых двигателей, валков прокатных станов и др., ковка является единственно возможным способом. Поволовки меньшей массы (до 350 кг) могут изготавливаться и ковкой и штамповкой. Но в единичном и мелкосерийном производстве ковка обычно более экономически целесообразна, так как при ней используется универсальный инструмент, а изготовление специальных штампов для небольшой партии одинаковых поволоков может оказаться экономически невыгодным. Решение об экономической целесообразности изготовления поволоков по тому либо иному варианту должно приниматься после расчета приведенной себестоимости поволоков для каждого варианта. Выбираться должен вариант с наименьшей себестоимостью, и с учетом снижения себестоимости механической обработки.

1. Цель работы

1. Научиться использовать информацию из ГОСТ 7829-70 для построения поволоки по заданному чертежу детали, изготавливаемой в условиях мелкосерийного и индивидуального производства.

2. Приобрести навыки:

- выбора исходной заготовки и расчета ее объема и массы.
- проектирования структуры технологического процесса свободнойковки для спроектированной поволоки;
- определения влияния техпроцессаковки на макро- и микроструктуру материала детали;
- реализации основных и вспомогательных операцийковки на пластическом материале модели спроектированной поволоки вручную;
- оформления чертежа поволоки.

2. Порядок выполнения работы

1. Начертить эскиз детали (варианта задания).
2. Определить тип, к которому относится поволока для заданной детали по ГОСТ 7829-70.
3. Определить номинальные размеры с предельными отклонениями и допуски расположения поверхностей поволоки.
4. Выбрать исходную заготовку, обеспечивающую оптимальную уковку металла и макроструктуру детали, и начертить ее эскиз.

5. Рассчитать объем и массу исходной заготовки.
6. Выбрать оборудование для изготовления поковки.
7. Спроектировать последовательность основных и вспомогательных операций технологического процесса свободнойковки.
8. Проверить выполнимость элементов поковки и назначить, при необходимости, напуски.
9. Начертить окончательный вариант поковки.
10. При необходимости, повторить пункты 5 и 7.
11. По окончательному варианту техпроцессаковки изготовить из пластического материала модель поковки.

3. Проектирование поковки и техпроцесса свободнойковки

От готовой детали поковка отличается размерами, увеличенными на величину припусков на механическую обработку, большими допусками на размеры, и упрощенной формой, более удобной дляковки.

Припуски - это предусмотренные при проектировании поковки превышения ее размеров над номинальными размерами детали, обеспечивающие после обработки резанием требуемые чертежом размеры детали и чистоту ее поверхностей.

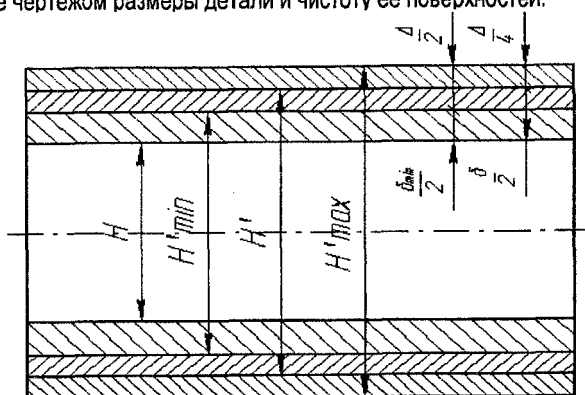


Рисунок 2.1 – Схема расположения размеров поковки и детали

Допуск на кузнечную обработку - разность между наибольшим H'_{max} и наименьшим H'_{min} предельными размерами поковки. Наименьший предельный размер поковки равен сумме номинального размера детали H и минимального припуска δ_{min} .

$$H'_{min} = H + \delta_{min} \quad (2.2)$$

Поскольку точно по размеру H'_{min} поковку на практике отковать невозможно нормируется наибольший предельный размер поковки H'_{max}

$$H'_{max} = H'_{min} + \Delta, \quad (2.3)$$

где Δ - допуск на свободнуюковку, задающий разрешенное поле изменения фактических размеров поковки.

На чертеже поковки проставляется номинальный размер H' (расчетный размер)

$$H' = H + \delta = H + \delta_{min} + \Delta/2 \quad (2.4)$$

где H' - номинальный размер поковки;

δ - номинальный припуск на номинальный размер детали H .

$$\delta = \delta_{\min} + \Delta/2 \quad (2.5)$$

где $\delta_{\min}$ - минимальный припуск (минимально необходимый для обеспечения качества и точности поверхности детали);

$\Delta/2$ - половина поля допуска на номинальный размер поковки Н'.

Рядом с номинальным размером поковки Н' указываются предельные отклонения + Δ_n и - Δ_v . Для поковок, изготавливаемых свободной ковкой, по ГОСТ 7829-70 и ГОСТ 7062-79 верхнее и нижнее отклонения устанавливаются симметричными, равными половине поля допуска Δ :

$$\Delta_n - \Delta_v = \pm \Delta/2 \quad (2.6)$$

поэтому на чертеже проставляется Н'± $\Delta/2$.

Напуск - увеличение припуска, упрощающее конфигурацию поковки из-за невозможности или нерентабельности изготовления поковки по контуру детали.

Припуски и допуски, а также некоторые напуски для кованных заготовок стандартизованы. Например, вышеупомянутые стандарты содержат значения припусков, допусков и напусков для поковок из углеродистой и легированной сталей, изготавливаемых свободной ковкой на молотах (ГОСТ 7829-70) и на прессах (ГОСТ 7062-79).

Величины припусков, устанавливаемые упомянутыми стандартами, следует назначать на номинальные размеры детали, когда механическая обработка поковки будет производиться с двух сторон. Предельные отклонения устанавливаются на номинальные размеры поковок.

Допускается сферичность торцов у поковок, изготавливаемых вытяжкой, если не производится обрубка, сферичность боковой поверхности поковок, изготавливаемых осадкой, а также скосы между уступами, косина рубя на торцах, конусность или уклон в отверстиях в пределах, предусмотренных таблицах 1 и 6...12.

Скосы от отрубки поковок должны быть без заусенцев и не должны препятствовать центровке.

Для деталей, обрабатываемых с одной стороны, величину припуска следует принимать с коэффициентом 0.5 от табличного значения. А величины предельных отклонений в этом случае принимать равными табличным значениям.

Для необрабатываемых поверхностей деталей припуск не назначается, а величины предельных отклонений определяются по таблицам стандарта в зависимости от группы, к которой относится поковка, и ее размеров.

Согласно ГОСТ 7829-70 поковки по форме можно разделить на 7 групп:

1. Удлиненные поковки круглого, квадратного и прямоугольного сечения с уступами (рисунок 2.2, а... ж);
2. Диски, цилиндры, бруски, кубики, пластины сплошные и диски, втулки, бруски и пластины с отверстиями (рисунок 2.2, з...м);
3. Раскатные кольца (рисунок 2.2, н);
4. Цилиндры с отверстиями (рисунок 2.2, о);
5. Полые валы (рисунок 2.2, п);
6. Втулки с уступами и с отверстиями, изготавливаемые в подкладных кольцах (рисунок 2.2, р);
7. Втулки с уступами и с отверстиями, изготавливаемые в подкладных штампах (рисунок 2.2, р).

Определения конфигураций зависят от соотношений размеров поковок. Например, к удлиненным относятся поковки при отношении длины L к наибольшему размеру поперечного сечения D больше 1,5 раз ($L/D > 1,5$); к дискам относятся поковки при $H/D \leq 0,5$; к цилиндрам, брускам, кубикам, втулкам – при $0,5 < H/D \leq 1,5$. Отдельные участки поковки в зависимости от места расположения и соотношения размеров имеют следующие названия:

– фланец (рисунок 2.2, е) – концевой участок вала увеличенного диаметра, у которого длина (l) меньше $l \leq 0,3D$ или $l \leq 0,3B$, где D – диаметр, а B – большая сторона прямоугольного сечения фланца;

– бурт (рисунок 2.2, ж) – неконцевой участок поковки с увеличенными поперечными размерами при таких же как у фланца соотношениях размеров;

Тип поковки	Эскиз поковки	Соотношения размеров
Круглого, квадратного и прямоугольного сечений, гладкие а)		$L > 1,5D$
		$L > 1,5B$ $H < B < 1,5H$
Круглого сечения с уступами б)		$L > 1,5D$ $l > 0,3D$
Круглого сечения с эсикой в)		$L > 1,5D$
Квадратного сечения с уступами тех же типов, как и круглого сечения г)		$L > 1,5B$
Круглого и квадратного сечения с уступами разной конфигурации д)		$L > 1,5D$
Круглого сечения с фланцем е)		$L > 1,5D$ $l < 0,3D$
Круглого сечения с буртом ж)		

Тип поковки	Эскиз поковки	Соотношения размеров
Диски з)		$H < 0,5D$
Бруски, жутки, пластины и)		$H < B$ $B < L < 1,5B$
Диски с отверстиями к)		$H < 0,5D$ $d < 0,5D$
Втулки л)		$0,5D < H < 1,5D$ $d < 0,5D$
Бруска и пластины с отверстиями м)		$H < B$ $B < L < 1,5B$ $d < 0,5B$
Кольца раскатные н)		$H < D$ $d > 0,5D$
Цилиндры с отверстиями о)		$D < H < 1,5D$ $d > 0,5D$
Валы полые п)		$L > 1,5D$ $d > 0,5D$
Втулки с уступами сплошными и с отверстиями, изготовляемые в подкладных кольцах или подкладных штампах* р)		$h < D_1$ $h < 0,75H$ $D_1 - D_2 > 0,2D$ $0,5D_1 > d$ $> 0,4H$

Рисунок 2.2 - Основные виды поковок.

– уступ (рисунок 2.2, б, г, д) – участок поковки с меньшим поперечным сечением, чем смежный с ним участок. Для поковок типа вала величина уступа выражается полуразностью диаметров смежных участков;

– выступ – участок поковки с большим поперечным сечением, чем смежный с ним участок;

– выемка (рисунок 2.2, в, д) – участок поковки, диаметр или сторона которого меньше диаметров или сторон двух смежных с ним участков.

Стандартные припуски и допуски для каждой из групп поковок сведены в таблицы (см. таблицы 2.1... 2.11) и зависят от двух наибольших размеров детали (длины и диаметра, ширины и высоты и т.п.). Значения припусков и допусков в таблицах установлены исходя из того, что используемое оборудование и инструмент находятся в удовлетворительном состоянии, и что ковка выполняется кузнецами достаточно высокой квалификации.

Припуски и предельные отклонения установлены для случая изготовления поковок из проката или ободранного (после черновой механической обработки) слитка. При ковке из неободранного слитка допускается увеличение припуска на величину не более 20% от табличных значений припусков.

Припуски и предельные отклонения для поковок 1-й группы назначаются основные и дополнительные по следующим правилам:

– основные припуски и предельные отклонения назначаются в соответствии с рисунком 2.3 и таблицей 2.1;

– припуск δ и отклонения $\pm \Delta/2$ на диаметр и размер сечения назначают по табл. 2.1 в зависимости от общей длины детали L и диаметра D или наибольшего из размеров поперечного сечения B (H);

– припуск δ на общую длину детали принимают равным 2.5 припускам на диаметр или наибольший размер сечения;

– предельные отклонения $\pm \Delta/2$ на общую длину детали принимают равными 2.5 отклонениям на диаметр или наибольший размер сечения;

– припуски на длину уступов и выступов принимают кратными припуску δ на диаметр или наибольший размер сечения согласно рис. 2.3. При этом длину уступов и выемок на чертеже поковки указывают от единой базы. За базу принимают торец наибольшего сечения, не являющийся торцом поковки;

– предельные отклонения на длину уступов и выступов принимают равным $\pm 1.5\Delta/2$ на диаметр или наибольший размер сечения рисунок 2.3;

– если длина между засечками перед ковкой выемки меньше ширины бойка, то допускается увеличение припуска и предельных отклонений на 10% против значений таблицы 2.1;

– дополнительный припуск S следует назначать по таблице 2.2 на диаметры (размеры) всех сечений, кроме основного, в зависимости от разности размером наибольшего и рассматриваемого сечений детали с назначенными на нее основными припусками.

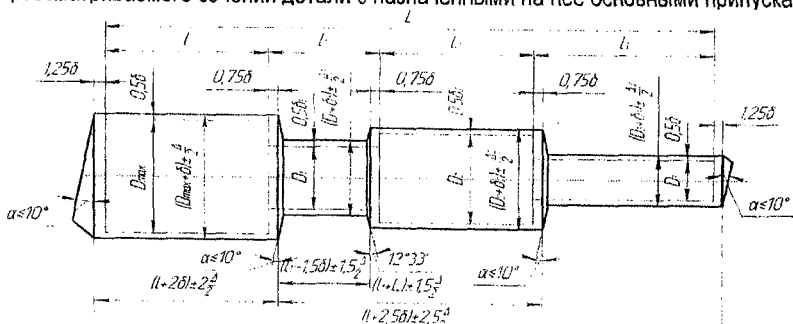


Рисунок 2.3 - Схема назначения припусков и допусков для поковок 1-ой группы

Таблица 2.1 - Припуски и допуски для удлиненных поковок с уступами

Длина детали L, мм	Диаметр детали D или размер сечения B, Н мм								
	до 50	70	90	120	100	200	250	300	360
Припуски δ , δ_1 , δ_2 и предельные отклонения $\pm\Delta/2$, $\Delta_1/2$, $\Delta_2/2$, мм									
до 250	5 $\pm$ 2	6 $\pm$ 3	7 $\pm$ 2	8 $\pm$ 3	9 $\pm$ 3	-	-	-	-
500	6 $\pm$ 2	7 $\pm$ 3	8 $\pm$ 2	9 $\pm$ 3	10 $\pm$ 3	11 $\pm$ 3	12 $\pm$ 3	13 $\pm$ 4	14 $\pm$ 4
800	7 $\pm$ 2	8 $\pm$ 3	9 $\pm$ 3	10 $\pm$ 3	11 $\pm$ 3	12 $\pm$ 3	13 $\pm$ 4	14 $\pm$ 4	15 $\pm$ 4
1200	8 $\pm$ 2	9 $\pm$ 3	10 $\pm$ 3	11 $\pm$ 3	12 $\pm$ 3	13 $\pm$ 4	14 $\pm$ 4	15 $\pm$ 4	16 $\pm$ 4
1700	-	10 $\pm$ 3	11 $\pm$ 3	12 $\pm$ 3	13 $\pm$ 4	14 $\pm$ 4	15 $\pm$ 4	16 $\pm$ 5	17 $\pm$ 5
2300	-	11 $\pm$ 3	12 $\pm$ 3	13 $\pm$ 4	14 $\pm$ 4	15 $\pm$ 4	16 $\pm$ 5	17 $\pm$ 5	18 $\pm$ 5
3000	-	-	13 $\pm$ 4	14 $\pm$ 4	15 $\pm$ 4	16 $\pm$ 5	17 $\pm$ 5	18 $\pm$ 5	19 $\pm$ 5
4000	-	-	-	15 $\pm$ 4	16 $\pm$ 5	17 $\pm$ 5	18 $\pm$ 5	19 $\pm$ 5	20 $\pm$ 6
5000	-	-	-	16 $\pm$ 5	17 $\pm$ 5	18 $\pm$ 5	19 $\pm$ 5	20 $\pm$ 6	21 $\pm$ 6
6000	-	-	-	-	18 $\pm$ 5	19 $\pm$ 5	20 $\pm$ 6	21 $\pm$ 6	22 $\pm$ 6

Примечание: в случае обработки поверхности детали с чистотой Ra=10 мкм и менее допускается увеличивать табличные значения припуска, но не более чем на 1 мм.

Таблица 2.2- Дополнительные припуски поковок с уступами

Разность диаметров (р-ров) наибольшего и рассматриваемого сечений, мм	до 40	80	10	120	140	160	180	свыше 180
Дополнительный припуск на диаметр (р-р) S, мм	3	4	5	6	7	8	9	10

Основное сечение поковки - это сечение элемента поковки с наибольшим объемом (массой) - определяется в следующем порядке:

– если поковка имеет ступень с необрабатываемой поверхностью, то за основное сечение принимают сечение этой ступени;

если все ступени поковки подлежат последующей обработке, то для определения основного сечения рассчитывают площади продольных сечений наиболее объемных (массивных) ступеней $D'_1I'_1$, $D'_2I'_2$, $D'_3I'_3$, ... и сравнивают их с площадью продольного сечения элемента поковки с наибольшим диаметром (размером) $D'_{max}I'$;

– если все произведения $D'_1I'_1$, $D'_2I'_2$, $D'_3I'_3$ меньше чем $D'_{max}I'$, то за основное сечение принимают выступ с наибольшим диаметром;

– если среди $D'_1I'_1$, $D'_2I'_2$, $D'_3I'_3$ есть произведения большие, чем $D'_{max}I'$, то для тех произведений $D'_iI'_i$, которые больше рассчитывают величины $A_i = S_i \cdot (D'_iI'_i - D'_{max}I')$ и т.д. и за основное сечение принимают сечение, для которого величина A_i имеет наибольшее значение;

– если за основное сечение принята не ступень с наибольшим диаметром D'_{max} , то дополнительный припуск переносят с основного сечения на выступ наибольшего диаметра.

Выполнимость на поковках концевых и промежуточных уступов (рисунок 2.4, а), выемок (рисунок 2.4, б), фланцев (рисунок 2.4, в) и буртов (рисунок 2.4, г) проверяют после назначения основных и дополнительных припусков. Проверка выполнимости осуществляется с использованием таблицы 2.3 и с учетом следующих требований:

1) - концевые и промежуточные уступы (рисунок 2.4, а) выполняют, если их высоты h_i не менее значений, указанных в таблице 2.3, и если их длина l_i по отношению к ширине бойка B_b составляет величину не менее указанной в таблице 2.4;

– если высота h_i уступа менее значений, указанных в таблице 2.3, то уступ отковывается по диаметру соседнего выступа;

– если длина уступа менее значений, приведенных в таблице 2.4, то его отковывают в том случае, когда объем напуска при доведении его длины до выполнимой меньше, чем объем напуска при отковывании его по диаметру соседнего выступа.

2) - выемку I'_2 (рисунок 2.4, б) выполняют, если длина l'' между засечками (рисунок 2.5) перед ковкой выемки по отношению к ширине бойка молота B_b составляет величину, не менее указанной в таблице 2.5.

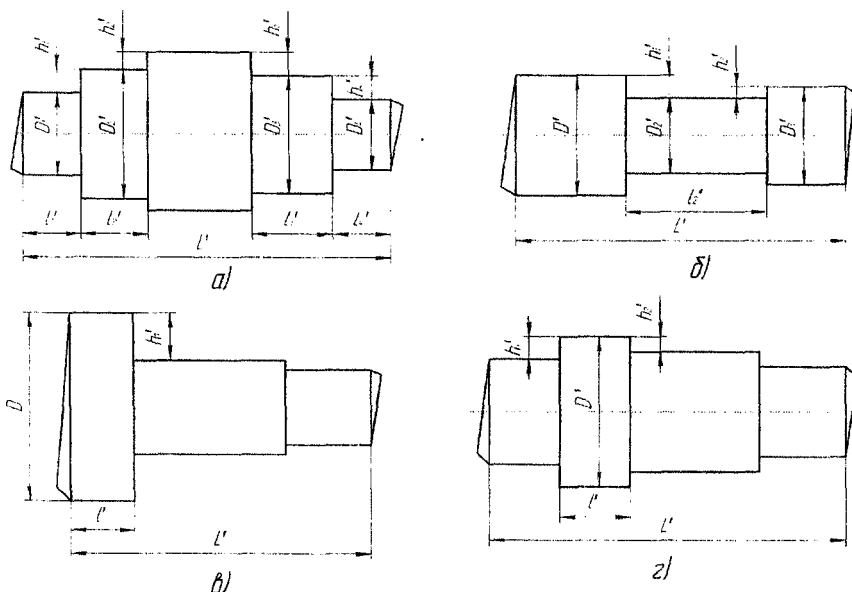


Рисунок 2.4 - Примеры деталей: (а) - с выступами; (б) - выемкой; (в) - фланцем; (г) - буртом

- если длина участка поковки, присекаемого для выполнения выемки, менее указанных в таблице 2.5, то на диаметр выемки назначают напуск из расчета, чтобы длина 1" присечки была равна соответствующему значению таблицы 2.5;

3) - фланец (рисунок 2.4, в) выполняют, если его длина l' более высоты выступа h' в 1.2 раза и не менее $0.2 \cdot D'$ ($1.2 \leq h' < l' < 0.2 \cdot D'$);

- если длина l' фланца меньше высоты выступа, увеличенной в 1.2 раза, то длину фланца доводят до выполнимого размера $l' = 1.2 \cdot h'$, за счет напуска или со стороны уступа или со стороны торца, исходя из условия минимального объема напуска. Предельная минимальная длина фланца не должна быть менее 0.2 его диаметра;

4) - бурт (рисунок 2.4, г) выполняют, если его длина l' более высоты h_2 меньшего прилегающего уступа, но не менее $0.2 \cdot D'$ ($h_2 < l' < 0.2 \cdot D'$);

- если длина бурта l' менее высоты меньшего прилегающего уступа h_2 или менее $0.2 \cdot D'$, то длину бурта l' доводят до выполнимого размера $l' = h_2$ за счет напуска со стороны любого из торцов, при обеспечении минимального объема назначаемого напуска.

Таблица 2.3 - Выполнимость уступов, выемок, фланцев и буртов по высоте

Диаметр (D_1' ; D_2' ; D_3') или p -в уступа мм	до 100	180	250	свыше 250
Минимальная выполнимая высота уступа (h_1' , h_2' , h_3')	4	5	6	7

Таблица 2.4 - Выполнимость уступов, выемок, фланцев и буртов по длине

Ширина бойка B_6 , мм	до 150	до 300	свыше 300
Минимальная длина выполнимого уступа (l_1' , l_2' , l_3')	$0,3 \cdot B_6$	$0,4 \cdot B_6$	$0,5 \cdot B_6$

Таблица 2.5 - Выполнимость уступов, выемок, фланцев и буртов по длине

Ширина бойка B_6 , мм	до 300	400	свыше 400
Минимальная длина участка между засечками l'' , мм	$0,5 \cdot B_6$	$0,7 \cdot B_6$	B_6

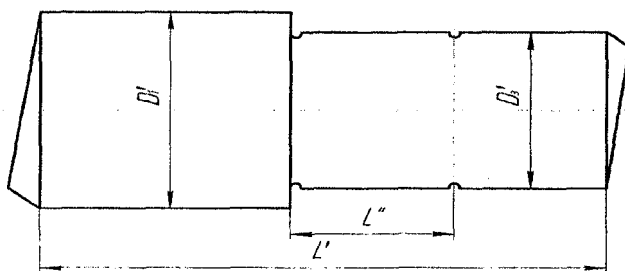


Рисунок 2.5 - Пример выполнения засечек дляковки выемки

Таблица 2.6 - Назначение припусков и допусков для поковок 2-ой группы

Диаметр детали D или размеры L, B, мм	Размеры, на кот. назначаются припуски и предельные отклонения	Припуски (δ , δ_1 , δ_2) и предельные отклонения ($\pm\Delta/2$, $\Delta_1/2$, $\Delta_2/2$)										
		Для высоты детали H, до мм										
		50	65	80	100	125	150	180	215	250	300	360
ДО 50	H, D, L, B	6±2	6±2	7±2	-	-	-	-	-	-	-	-
	d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
80	H	6±2	7±2	8±2	9±2	9±2	-	-	-	-	-	-
	D, L, B	7±2	7±2	8±2	9±2	9±2	-	-	-	-	-	-
	d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
110	H	7±2	8±2	8±2	9±2	10±3	11±3	12±3	-	-	-	-
	D, L, B	8±2	8±2	9±2	10±2	10±2	11±3	12±4	-	-	-	-
	d	14±2	15±2	15±2	16±2	16±2	17±3	18±4	-	-	-	-
50	H	7±2	8±2	8±2	9±2	10±3	11±3	12±3	13±4	14±5	-	-
	D, L, B	9±2	9±2	10±2	11±3	11±3	12±4	13±4	14±5	14±5	-	-
	d	15±2	16±2	16±2	17±3	17±3	18±4	19±4	20±5	20±5	-	-
200	H	7±2	8±2	8±2	9±2	10±3	11±3	12±3	13±4	14±5	15±5	-
	D, L, B	10±3	10±3	11±3	12±4	12±4	13±4	13±4	14±5	14±5	15±5	-
	d	16±3	17±3	17±3	18±4	18±4	19±4	19±4	20±5	21±5	22±5	-
250	H	8±3	9±3	9±3	10±3	11±4	12±4	13±4	14±5	15±6	16±6	17±6
	D, L, B	11±3	11±3	12±3	13±4	13±4	14±4	14±4	15±5	16±6	17±6	18±6
	d	17±3	18±3	18±3	19±4	19±4	20±4	20±4	21±5	22±6	23±6	24±6
300	H	9±3	10±3	10±3	11±3	12±4	13±4	14±4	15±5	16±6	17±6	18±6
	D, L, B	12±4	12±4	13±4	14±5	14±5	15±5	15±5	16±6	17±7	18±7	19±7
	d	18±4	19±4	19±4	20±5	20±5	21±5	21±5	23±6	23±7	24±7	25±7
360	H	9±3	10±3	10±3	11±3	12±4	13±4	14±4	15±5	16±6	17±6	18±6
	D, L, B	13±4	13±4	14±4	15±5	15±5	16±5	16±5	17±6	18±7	19±7	20±7
	d	19±4	20±4	20±4	21±5	21±5	22±5	22±5	23±6	24±7	25±7	26±7

Примечания к таблице 2.6:

1. Припуски и предельные отклонения для деталей прямоугольного сечения назначаются в зависимости от наибольшего размера (ЦВ).
2. На цилиндрических поковках, с отношением $D/H > 6$, допускается сферичность, величина которой не контролируется.
3. Разрешается не прошивать отверстия с $d_n < 40$ мм и при отношении высоты поковки к диаметру прошивня $(d_n)H'/d_n > 3$.
4. В отверстиях поковки сверх припуска допускается уклон 1/20.

Информация для определения размеров бойков ковочного оборудования приводится в таблице 2.6.

Припуски и предельные отклонения для поковок 2-й группы (дисков, цилиндров, втулок, брусков, кубиков, пластин сплошных и дисков, цилиндров, втулок, брусков, кубиков, пластин с отверстиями) следует назначать в соответствии с рисунком 2.6 и таблицей 2.6.

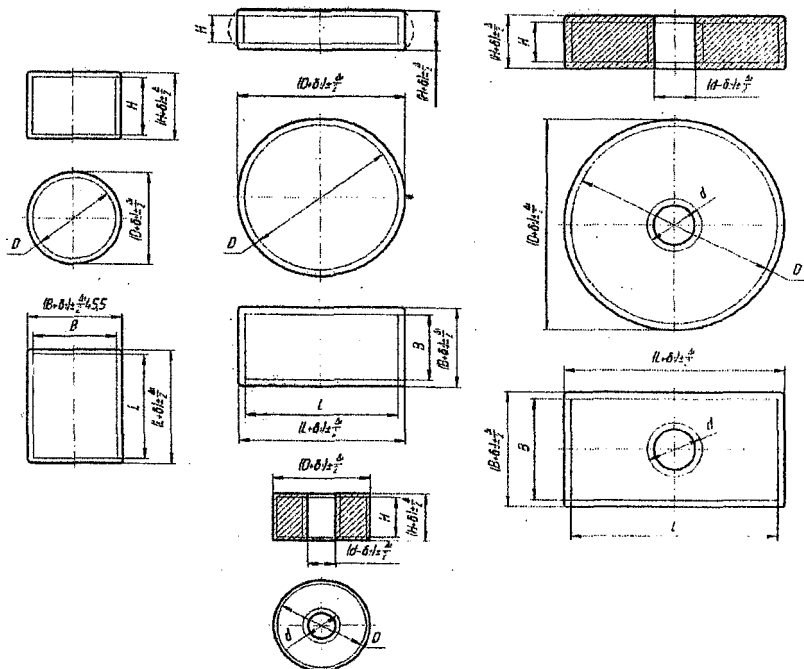


Рисунок 2.6 - Схема назначения припусков и допусков для поковок 2-ой группы

Припуски и предельные отклонения для поковок 3-й группы (типа раскатных колец) следует назначить в соответствии с рисунком 2.7 и таблицей 2.7. В отверстии сверл допускается конусность 1/20.

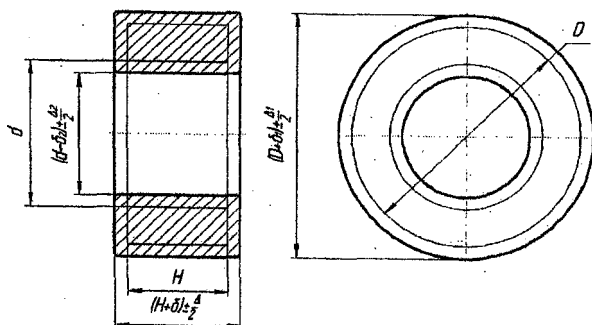


Рисунок 2.7 - Схема назначения припусков и допусков для поковок 3-ей группы

Припуски и предельные отклонения для поковок 4-й группы (типа цилиндров) следует назначать в соответствии с рисунком 2.8 и таблицей 2.8. Разрешается не выполнять в поковке отверстие диаметром $d < 40$ мм. В отверстии сверх припуска допускается уклон 1/20.

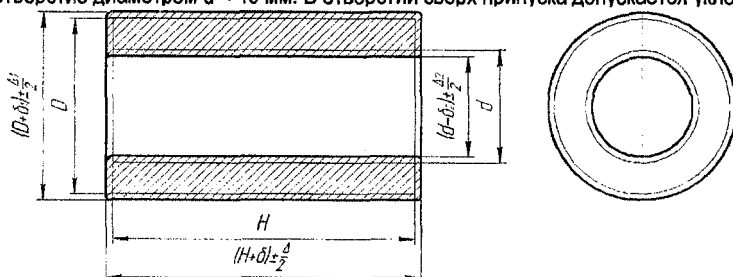


Рисунок 2.8 – Схема назначения припусков для поковок 4-ой группы

Таблица 2.7 - Назначение припусков и допусков для поковок 3-ей группы

Диаметр детали D, мм	Размеры, на которые назначаются припуски и предельные отклонения	Высота детали H									
		до 50	Св. 50 до 65	Св. 65 до 80	Св. 80 до 100	Св. 100 до 125	Св. 125 до 150	Св. 150 до 180	Св. 180 до 215	Св. 215 до 250	Св. 250 до 300
		Припуски (δ , δ_1 , δ_2) и предельные отклонения ($\pm\Delta/2$, $\Delta_1/2$, $\Delta_2/2$)									
До 110	H	6±2	7±2	8±3	9±3	10±3	-	-	-	-	-
	D	9±3	10±3	11±3	12±4	12±4	-	-	-	-	-
	d	12±3	13±3	14±3	15±4	15±	-	-	-	-	-
Св. 110 До 150	H	7±2	8±2	9±3	10±3	11±4	12±4	-	-	-	-
	D	10±3	11±3	11±3	12±4	13±4	14±4	-	-	-	-
	d	13±3	14±3	14±3	15±4	16±4	17±4	-	-	-	-
Св. 150 До 200	H	7±2	8±2	9±3	10±3	11±4	12±4	13±5	14±5	-	-
	D	11±3	12±3	12±3	13±4	13±4	14±4	15±5	16±6	-	-
	d	14±3	15±3	15±3	16±4	16±4	17±4	18±5	19±5	-	-
До 200	при D-d	до 50 Св. 50 до 100	15±3	16±3	16±3	17±4	17±4	18±4	19±5	20±5	-
Св. 200 До 250	H	7±2	8±2	9±3	10±3	11±4	12±4	13±5	14±5	15±6	-
	D	11±3	12±3	13±4	14±4	14±4	15±4	16±5	17±5	18±6	-
	d	14±3	15±3	16±4	17±4	17±4	18±4	19±5	20±5	21±6	-
До 250	при D-d	до 50 Св. 50 до 125	15±3	16±3	17±4	18±4	18±4	19±4	20±5	21±5	22±6
Св. 250 До 300	H	8±2	9±2	10±3	11±3	12±4	13±4	14±5	15±5	16±6	17±6
	D	12±3	13±4	14±4	15±5	15±5	16±5	17±6	18±6	19±6	20±6
	d	до 50 Св. 50 до 125 Св. 125 до 150	15±3	16±4	17±4	18±5	18±5	19±5	20±6	21±6	22±6
До 300	при D-d	до 50 Св. 50 до 125 Св. 125 до 150	16±3	17±4	18±4	19±5	19±5	20±5	21±6	22±6	23±6
Св. 300 До 360	H	9±3	10±3	11±4	12±4	13±5	14±5	15±5	16±6	17±6	18±7
	D	13±4	14±4	15±5	16±5	16±6	17±6	18±6	19±6	20±7	21±7
	d	до 50 Св. 50 до 125 Св. 125 до 180	16±4	17±4	18±5	19±5	19±6	20±6	21±6	22±6	23±7
До 360	при D-d	до 50 Св. 50 до 125 Св. 125 до 180	17±4	18±4	19±5	20±5	20±6	21±6	22±6	23±6	24±7
			18±4	19±4	20±5	21±5	21±5	22±6	23±6	24±6	25±7

Таблица 2.8 - Назначение припусков и допусков для поковок 4-ой группы

Высота детали Н	Наружный диаметр детали D	Припуски (δ , δ_1 , δ_2 , δ_3) и предельные отклонения ($\pm\Delta/2$, $\Delta/2$, $\Delta_2/2$, $\Delta_3/2$)		
		На высоту Н	На наружный диаметр D	На внутренний диаметр d
До 80	До 80	13±4	12±3	17±3
		14±5	12±3	17±3
Св. 80 до 100	Св. 80 до 100	14±5	13±4	18±4
Св. 100 до 125	Св. 80 до 100	15±6	13±4	18±4
	Св. 100 до 125	15±6	14±4	19±4
Св. 125 до 150	Св. 80 до 125	16±6	14±4	19±4
	Св. 125 до 150	16±6	15±5	20±5
Св. 150 до 180	Св. 100 до 150	17±6	15±5	20±5
	Св. 150 до 180	17±6	16±5	21±5
Св. 180 до 215	Св. 120 до 150	18±6	15±5	20±5
	Св. 150 до 180	18±6	16±5	21±5
	Св. 180 до 215	18±6	17±6	22±6
Св. 215 до 250	Св. 145 до 180	19±7	16±5	21±5
	Св. 180 до 215	19±7	17±6	22±6
	Св. 215 до 250	19±7	18±6	23±6
Св. 250 до 300	Св. 165 до 215	20±7	17±6	22±6
	Св. 215 до 250	20±7	18±6	23±6
	Св. 250 до 300	20±7	19±6	24±6
Св. 300 до 360	Св. 200 до 250	21±8	18±6	23±6
	Св. 250 до 300	21±8	19±6	24±6
	Св. 300 до 360	21±8	20±7	25±7
Св. 360 до 420	Св. 240 до 300	22±8	20±7	25±7
	Св. 300 до 360	22±8	21±7	26±7
Св. 420 до 485	Св. 280 до 320	23±9	21±7	26±7
	Св. 320 до 360	23±9	22±8	27±8
Св. 485 до 530	Св. 325 до 360	24±10	23±9	28±9

Припуски и предельные отклонения для поковок 5-й группы (типа полых валов) следует назначать в соответствии с рисунком 2.9, таблицами 2.9, 2.10 и с учетом следующих требований:

а) основной припуск δ предельные отклонения $\pm \Delta/2$ на наружные диаметры назначают по таблице 2.9 в зависимости от наибольшего диаметра и общей длины детали;

б) дополнительный припуск назначают по таблице 2.2 на диаметры всех сечений, кроме наибольшего (основного), в зависимости от разности диаметров наибольшего и рассматриваемого сечений;

в) припуск и предельные отклонения $\pm\Delta/2$ на внутренний диаметр назначают по таблице 2.10 в зависимости от номинального диаметра отверстия детали и среднего диаметра оправки;

г) припуск и предельные отклонения на длину детали назначают в зависимости от соотношения размеров детали:

- если длина детали $L \geq 2D$, то припуск принимают равным 5 δ , а предельные отклонения $\pm 5\Delta/2$;

- если длина детали $L < 2D$, то припуск принимают равным 3.5 δ , а отклонения $\pm 3.5\Delta/2$ (δ и $\Delta/2$ - величины соответственно припуска и предельных отклонений на наибольший диаметр детали D).

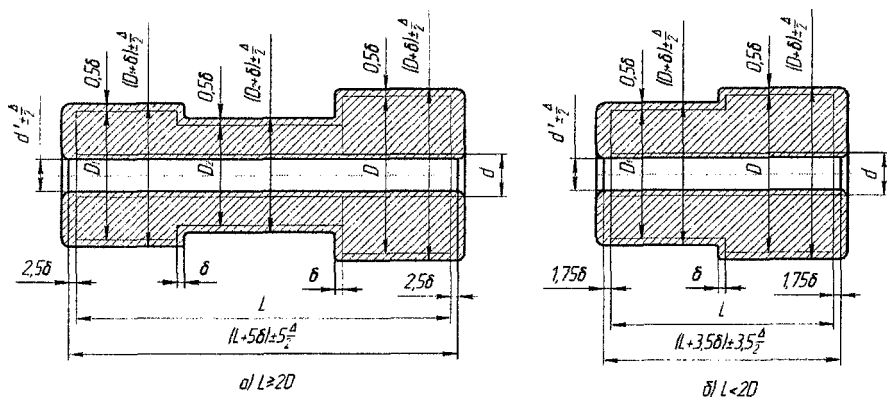


Рисунок 2.9 – Схема назначения припусков и допусков для поковок 5-ой группы

Таблица 2.9 - Припуски и допуски для поковок 5-ой группы

Длина детали	Наибольший диаметр детали D мм					
	до 150	180	215	250	300	360
	Припуск δ и предельные отклонения $\pm \Delta/2$					
До 500	16 $\pm$ 6	17 $\pm$ 7	18 $\pm$ 7	19 $\pm$ 8	20 $\pm$ 8	22 $\pm$ 9
Св. 500 до 700	17 $\pm$ 7	18 $\pm$ 7	19 $\pm$ 8	20 $\pm$ 8	21 $\pm$ 8	-
Св. 700 до 900	-	19 $\pm$ 8	20 $\pm$ 8	21 $\pm$ 8	22 $\pm$ 9	-
Св. 900 до 1100	-	-	21 $\pm$ 8	22 $\pm$ 9	23 $\pm$ 9	-
Св. 1100 до 1300	-	-	22 $\pm$ 9	23 $\pm$ 9	24 $\pm$ 9	-

Таблица 2.10 - Припуски и допуски для отверстий в поковках 5-ой группы

Диаметр отверстия детали d	От 120 до 130	Св. 130 до 140	Св. 140 до 150	Св. 150 до 160	Св. 160 до 170	Св. 170 до 180	Св. 180 до 200	Св. 200 до 220	Св. 220 до 240	Св. 240 до 260	Св. 260 до 280
Средний диаметр оправки $d_{оп}$	90	100	110	120	130	140	150	165	185	205	225
Диаметр отверстия в поковке d	90 $\pm$ 10	100 $\pm$ 10	110 $\pm$ 10	120 $\pm$ 10	130 $\pm$ 10	140 $\pm$ 10	150 $\pm$ 10	165 $\pm$ 10	185 $\pm$ 10	205 $\pm$ 10	225 $\pm$ 10

Примечания:

1. При диаметре оправки $d_{оп} < 120$ мм и длине поковки $L > 6 d_{оп}$ допускается изготовление сплошных поковок.
2. Неровность торцов (бахрома) на поковке не контролируется.
3. В отверстия поковки допускается уклон 1:100 сверх припусков.
4. Допускается изготовление сплошных поковок, у которых при $L < 750$ мм разность диаметров $(D'-d') < 60$ мм, а при $L > 750$ мм разность диаметров $(D'-d') < 80$ мм.

Припуски, основные и дополнительные, и предельные отклонения для поковок 6-й группы (типа втулок с уступами, сплошных и с отверстием), изготавливаемых в подкладных кольцах, назначаются в соответствии с рисунком 2.10, таблицей 2.11 с учетом следующих требований:

а) основные припуски и предельные отклонения на размеры H, h, D₁ и d назначают в зависимости от диаметра фланца и общей высоты детали по таблице 2.11;

б) основной припуск δ_2 и предельные отклонения $\pm \Delta_2/2$ на диаметр ступицы D_2 назначают по таблице 2.11 в зависимости от диаметра ступицы и общей высоты детали;

в) дополнительный припуск на несоосность S определяют по таблице 2.2 в зависимости от разности диаметров фланца и ступицы в поковке и назначают на диаметр фланца или диаметр ступицы, следующим образом:

- при $D_1' \cdot h' > D_2(H-h')$ дополнительный припуск назначают на ступицу;
- при $D_1' \cdot h' < D_2(H-h')$ дополнительный припуск назначают на фланец.

Припуски, основные и дополнительные, и предельные отклонения для поковок 7-й группы (типа втулок с уступами, сплошных и с отверстием), изготавливаемых в подкладных штампах, назначаются в соответствии с рисунком 2.11 и с учетом следующих требований:

а) припуски и предельные отклонения на размеры H , h , D_1 и d назначают в зависимости от диаметра фланца и общей высоты детали;

б) припуск δ_2 и предельные отклонения $\pm \Delta_2/2$ на диаметр ступицы D_2 назначают в зависимости от диаметра ступицы и общей высоты детали.

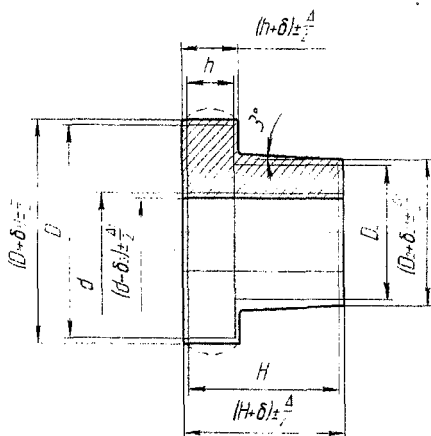


Рисунок 2.10 - Схема назначения припусков и допусков для поковок 6-ой группы

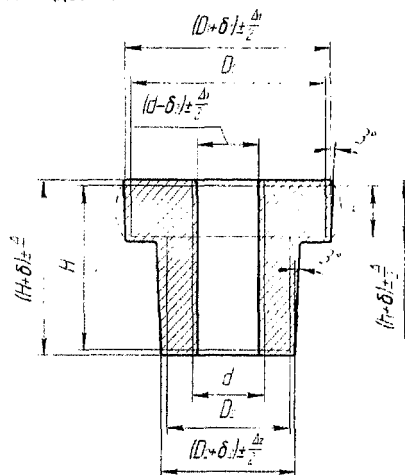


Рисунок 2.11 - Схема назначения припусков и допусков для поковок 7-ой группы

Таблица 2.11- Припуски и допуски для поковок 6-ой группы

Диаметр детали D_1 или D_2 , мм	Размер, на кот. назнач. припуск и предельные отклонения, мм	Высота детали H , мм										
		до 50	св. 50 до 65	св. 65 до 80	св. 80 до 100	св. 100 до 125	св. 125 до 150	св. 150 до 180	св. 180 до 215	св. 215 до 250	св. 250 до 300	св. 300 до 360
		Припуски (δ , δ_1 , δ_2 , δ_3) и предельные отклонения ($\pm \Delta/2$, $\Delta_1/2$, $\Delta_2/2$, $\Delta_3/2$)										
до 50	H ; h	7 ± 2	7 ± 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D_1	7 ± 2	7 ± 2	7 ± 2	-	-	-	-	-	-	-	-
	D_2	$5 +^{+2}_{-1}$	$6 +^{+2}_{-1}$	$6 +^{+2}_{-1}$	$7 +^{+3}_{-1}$	$7 +^{+3}_{-1}$	-	-	-	-	-	-
	d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 2.11

Диаметр детали D ₁ или D ₂ , мм	Размер, на кот. назнач. припуск и предельные отклонения, мм	Высота детали H, мм										
		до 50	св. 50 до 65	св. 65 до 80	св. 80 до 100	св. 100 до 125	св. 125 до 150	св. 150 до 180	св. 180 до 215	св. 215 до 250	св. 250 до 300	св. 300 до 360
		Припуски (δ, δ ₁ , δ ₂ , δ ₃) и предельные отклонения (±Δ/2, Δ ₁ /2, Δ ₂ /2, Δ ₃ /2)										
св. 50 до 80	H; h	7±2	7±2	8±2	9±2	-	-	-	-	-	-	-
	D ₁	7±2	8±2	8±2	9±2	-	-	-	-	-	-	-
	D ₂	5+ ⁺² ₋₁	6+ ⁺² ₋₁	7+ ⁺³ ₋₁	8+ ⁺⁴ ₋₂	8+ ⁺⁴ ₋₂	9+ ⁺⁴ ₋₂	-	-	-	-	-
	d	13±2	14±2	14±2	15±2	-	-	-	-	-	-	-
св. 80 до 110	H; h	7±2	8±2	9±2	10±2	10±3	11±3	-	-	-	-	-
	D ₁	8±2	9±2	9±2	10±3	10±3	11±3	-	-	-	-	-
	D ₂	6±2	7±3	7±3	8±4	8±4	9±4	3±4	10±4	-	-	-
	d	14±2	15±2	15±2	15±2	16±2	17±3	-	-	-	-	-
св. 110 до 150	H; h	7±2	8±2	9±2	10±3	10±3	11±3	12±3	13±4	-	-	-
	D ₁	9±2	10±2	10±3	11±3	11±3	12±3	13±4	13±4	-	-	-
	D ₂	7+ ⁺³ ₋₁	8+ ⁺⁴ ₋₂	8+ ⁺⁴ ₋₂	9+ ⁺⁴ ₋₂	9+ ⁺⁴ ₋₂	10+ ⁺⁴ ₋₂	10+ ⁺⁴ ₋₂	11+ ⁺⁵ ₋₂	11+ ⁺⁵ ₋₂	12+ ⁺⁶ ₋₂	13+ ⁺⁶ ₋₂
	d	15±2	16±2	16±2	17±3	17±3	18±4	19±4	20±5	-	-	-
св. 150 до 200	H; h	8±2	8±2	9±3	10±3	11±3	12±3	13±4	14±4	15±4	-	-
	D ₁	10±3	11±3	11±3	12±3	12±3	13±4	13±4	14±4	15±4	-	-
	D ₂	8+ ⁺⁴ ₋₂	8+ ⁺⁴ ₋₂	9+ ⁺⁴ ₋₂	9+ ⁺⁴ ₋₂	10+ ⁺⁴ ₋₂	11+ ⁺⁵ ₋₂	11+ ⁺⁵ ₋₂	12+ ⁺⁵ ₋₂	12+ ⁺⁵ ₋₂	13+ ⁺⁶ ₋₂	14+ ⁺⁶ ₋₂
	d	16±3	17±3	17±3	18±4	18±4	19±4	19±4	20±5	20±5	-	-
св. 200 до 250	H; h	8±2	9±3	10±3	11±3	12±3	13±3	14±4	15±5	16±6	17±5	18±6
	D ₁	11±3	12±3	12±3	13±4	13±4	14±4	14±4	15±5	16±5	17±6	18±6
	D ₂	9+ ⁺⁴ ₋₂	9+ ⁺⁴ ₋₂	10+ ⁺⁴ ₋₂	10+ ⁺⁴ ₋₂	11+ ⁺⁵ ₋₂	12+ ⁺⁵ ₋₂	12+ ⁺⁵ ₋₂	13+ ⁺⁶ ₋₂	13+ ⁺⁶ ₋₂	14+ ⁺⁶ ₋₂	14+ ⁺⁶ ₋₂
	d	17±3	18±3	18±3	19±4	19±4	20±4	20±4	21±6	22±6	23±6	24±6
св. 250 до 300	H; h	9±3	10±3	11±3	12±3	13±4	14±4	15±4	16±4	17±5	18±6	19±6
	D ₁	12±4	13±4	13±4	14±5	14±5	15±5	15±5	16±6	17±7	18±7	19±7
	D ₂	9+ ⁺⁴ ₋₂	10+ ⁺⁴ ₋₂	11+ ⁺⁵ ₋₂	11+ ⁺⁵ ₋₂	12+ ⁺⁵ ₋₂	13+ ⁺⁶ ₋₂	13+ ⁺⁶ ₋₂	14+ ⁺⁶ ₋₂	14+ ⁺⁶ ₋₂	15+ ⁺⁶ ₋₂	15+ ⁺⁶ ₋₂
	d	18±4	19±4	19±4	20±5	20±5	21±5	21±5	22±6	23±7	24±7	25±7
св. 300 до 360	H; h	-	10±3	11±3	12±4	13±4	14±4	15±4	16±5	17±6	18±6	19±6
	D ₁	-	13±4	14±4	15±5	15±5	16±5	16±5	17±6	18±7	19±7	20±7
	D ₂	-	11+ ⁺⁵ ₋₂	11+ ⁺⁵ ₋₂	12+ ⁺⁵ ₋₂	13+ ⁺⁶ ₋₂	14+ ⁺⁶ ₋₂	14+ ⁺⁶ ₋₂	15+ ⁺⁶ ₋₂	15+ ⁺⁶ ₋₂	16+ ⁺⁷ ₋₂	16+ ⁺⁷ ₋₂
	d	-	20±4	20±4	21±5	21±5	22±5	22±5	23±5	24±6	25±7	26±7
св. 360 до 420	H; h	-	11±3	12±3	13±4	14±4	15±4	16±5	17±5	18±6	19±6	20±7
	D ₁	-	14±5	15±5	16±6	16±6	17±6	17±6	18±7	19±8	20±8	21±8
	d	-	21±5	21±5	22±6	22±6	23±6	23±6	24±7	25±8	26±8	27±8
св. 420 до 485	H; h	-	-	12±3	13±4	14±4	15±4	16±5	17±6	18±6	19±7	20±7
	D ₁	-	-	16±5	17±6	17±6	18±6	18±6	19±7	20±8	21±8	22±8
	d	-	-	22±5	23±6	23±6	24±6	24±6	25±7	26±8	27±8	28±8
св. 485 до 550	H; h	-	-	13±4	13±4	14±4	15±5	16±6	17±6	18±7	19±7	20±7
	D ₁	-	-	17±6	18±7	18±7	19±7	19±7	20±8	21±9	22±9	23±9
	d	-	-	23±6	24±7	24±7	25±7	25±7	26±8	27±9	28±9	29±9

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Проектирование заготовок, получаемых методом порошковой металлургии

Цель работы: практическое освоение методики расчета размеров заготовки, рабочей полости прессинструмента при получении заготовок методом порошковой металлургии.

Работа рассчитана на 4 академических часа.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Основное преимущество металллокерамического производства перед обычным – малые потери материала (7...10%) на протяжении всего производственного цикла.

Получение заготовок методом порошковой металлургии экономически оправдано при крупносерийном и массовом производстве. Высокие удельные давления прессования, низкая текучесть порошков ограничивают использование этого метода получения заготовок для деталей сложной формы и больших размеров. Именно поэтому наиболее характерными порошковым изделием стала деталь массой до одного килограмма.

Самый распространенный, простой и экономически целесообразный метод формирования порошковых материалов – метод холодного прессования в закрытых формах. Технологический процесс производства изделий состоит из следующих основных операций: получение металлического порошка или смеси порошков, прессование (формование), спекание (термообработка), окончательная обработка (механическая обработка, доводка, калибровка, термообработка).

При анализе технологичности производства порошковых изделий следует учитывать: размеры деталей; отношение длины к диаметру (не более 3...4); отношение высоты изделия к толщине стенки (не более 8...10); наличие радиальных выступов, канавок, углублений, резьбы, конусности, продольных и радиальных отверстий; изменений в сечениях деталей; требуемая их плотность; величины допусков и шероховатость поверхностей; требования, предъявляемые по механическим и физико-химическим свойствам.

При выборе спеченного материала следует рассматривать плотность и пределы прочности при изгибе и растяжении материала детали и порошка. Химический состав и свойства порошков приведены в таблице 1.

Таблица 3.1 - Химический состав и свойства порошков и конструкционных материалов на основе железа

Марка	Химический состав, %	Плотность, $\times 10^3$ кг/м ³ (г/см ³)	Прочность на изгиб, $\times 10$ МПа (кг/мм ²)	Ударная вяз- кость, $\times 100$ кДж/м ²	Твердость НВ
1	2	3	4	5	6
Железный порошок ГОСТ 9849-74					
ПЖ4М2 ПЖ4М3	Fe-98; C-0,12; 5,3...6,1; Si-0,25; Mn-0,5; O ₂ -1,0				
Медный порошок ГОСТ 4960-75					
ПМС-1 ПМС-2	Fe-0,02; Cu-0,15 Pb-0,05; O ₂ -1,0;				
Никелевый порошок ГОСТ 9722-71					
ПНК-ОТ2 ПНК-2Т2	Fe-0,015; C-0,15 Ni-99,8; Fe-0,01; C-0,3; Ni-99,7;				
Оловянный порошок ГОСТ 9723-73					
ПО1, ПО2	Fe-0,02; Cu-0,03 Sn-99,1;				

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6
Конструкционные материалы на основе железа					
Ж-6,6	Fe-100	6,6	22	1,5	70
Ж-7,3	Fe-100	7,3	50	9,0	90
ЖГр0,5-7,3	Fe-основа C-0,4...0,6	7,3	60	1,0	100
Конструкционные материалы на основе железа					
ЖГр1-6,6	Fe-основа; Cu-0,6...1	6,6	35	0,4	80
ЖДЗ-6,6	Fe-основа; Cu-2,5...3	6,6	30	0,6	70
ЖДЗН2-6,6	Fe-основа; Cu-2,5...3; Ni-1,6...2,0	6,6	40	1,7	80
ЖД5Н5-6,6	Fe-основа; Cu-4...5; Ni-1,6...2,0	6,6	60	0,7	100
ЖД1703-6,9	Fe-основа; Cu-16...17 Sn-2,5...3,0	6,9	55	1,0	80
ЖГр0,4	Fe-основа; Cu-0,4...0,6	6,6	80	0,4	130
Д4НЗ-6,6	Cu-3,5...4 Ni-2,5...3,0				
ЖД302-6,6	Fe-основа; Cu-2,5...3; Sn-1,5...2,0	6,6	25	0,3	80
ЖГр0,4	Fe-основа; Cu-0,4...0,6	7,3	110	1,5	150
Д4НЗ7,3	Cu-3,5...4Ni-2,5...3,0				
ЖД2НЗМ-7,3	Fe-основа; Cu-2...2,5; Ni-2,5...3,0 Mo-0,8...1,0	7,3	90	2,5	150

Примечание: насыпная плотность порошков, $\times 10^3 \text{ кг/м}^3$ (г/см^3):

ПЖ4М2-2,3...2,5; ПЖ4М3 $\geq$ 2,6; ПМС-1; ПМС-2-1,25...2,0;
ПНК-0Т2; ПНК-2Т2-2,51...2,99; ПО1-3,0...4,0; ПО2-3,2...4,2

Изделия, которые прежде изготавливались из малоуглеродистых сталей и чугунов, можно изготавливать либо из чистого железного порошка марки ПЖ4МЗ, МЖ4МЗ либо из железного порошка, содержащего до 1% графита.

При проектировании заготовки следует максимально упростить форму детали. На рис. 3.1 приведены примеры необходимого упрощения формы деталей. При конструировании деталей 4,6 следует избегать выточек и отверстий с острыми углами. Детали 1,2,5 не могут быть спрессованы в окончательном виде.

1 — прямозубые шестерни можно изготавливать прессованием, начиная с модуля более 0,8мм; диаметр ступицы зубчатого колеса должен быть минимум на 2мм меньше диаметра окружности впадин; отверстия должны быть по возможности круглыми, чтобы не прибегать к дорогому инструменту;

2 — "обратная" конусность возможна только при введении обработки резанием;

3 — из-за конструктивных ограничений пресса перепад ступеней по диаметру не должен быть менее 2мм;

4 — толщина стенки эксцентрично расположенного отверстия должна быть не менее 1мм;

5 — деталь должна иметь закругленные кромки;

6 — переходы от ступицы к плечу рычага целесообразно выполнять так, как показано на рисунке;

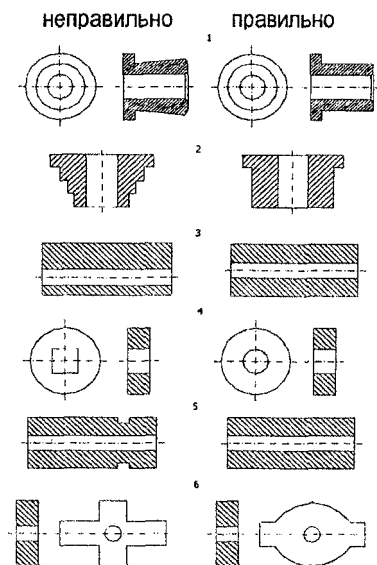


Рисунок 3.1- Примеры конструирования металлокерамических заготовок

7 – изготовление канавки прессованием невозможно, необходима дополнительная обработка резанием.

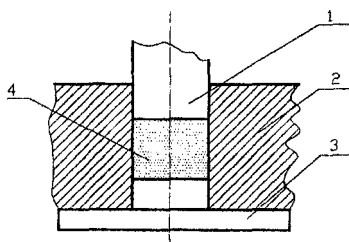
При сопряжении поверхностей следует предусматривать радиус закругления не менее 0,25мм. При прессовании "глухих" отверстий фланец должен располагаться у дна. Разница между двумя рядом расположенными отверстиями (наружными поверхностями) должна быть не менее 2мм. При наличии у деталей ребер, выемок, приливов их следует располагать как можно ближе к верхнему краю матрицы. Не рекомендуется прессовать изделия с тонкими лезвиями, узкими и глубокими шлицами клиновидного сечения, шпунтовые канавки, тонкие шпильки и т.д.

При проектировании изделий с рельефным профилем необходимо определить направление наиболее выгодного прессования. При выборе направления прессования следует руководствоваться тем, что для изделий, имеющих ось вращения, усилие прессования должно быть направлено вдоль оси, а изделия, не имеющие оси вращения, должны прессоваться в таком положении, при котором они имеют наименьшее количество переходов или изменений толщины.

Сложными для изготовления являются детали, имеющие различно расположенные по высоте внешние или внутренние фланцы, а также детали, имеющие отверстия. Для изготовления таких деталей применяются многопуансонные прессформы. Монолитным пуансоном прессуют только те изделия, сечение которых изменяется по высоте не более, чем на 25%. Изготовление отверстий любой формы (размерами не менее 2...3мм), расположенных в направлении прессования, с помощью стержней не представляет каких-либо трудностей.

Схема прессформы для получения изделий простой цилиндрической формы с отношением высоты к диаметру меньше 1 односторонним прессованием приведена на рис. 3.2

При необходимости прессования изделий с отношением высоты к диаметру (поперечному размеру) более 1, или когда форма изделия такова, что одностороннее прессо-



- 1 – верхний пуансон,
- 2 – матрица,
- 3 – нижний пуансон,
- 4 – порошок.

Рисунок 3.2 - Схема прессформы.

вание не может обеспечить равномерную плотность по объему изделия, используют прессформы двустороннего прессования, схемы которых приведены на рис. 3.3.

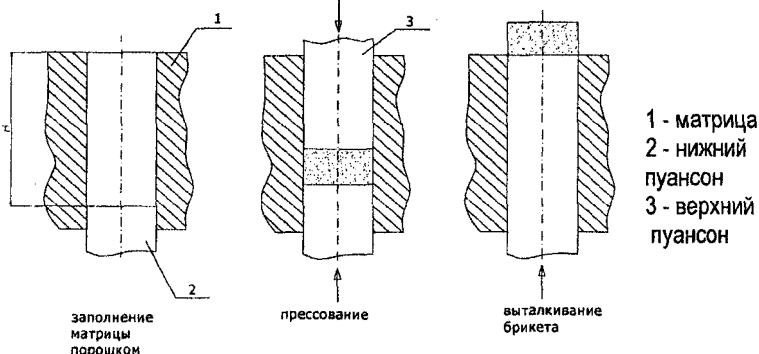


Рисунок 3.3 - Схема прессформы с неподвижной матрицей

В этом случае матрица может быть неподвижна (усилие прикладывается к верхнему и нижнему пуансонам), подвижна или "плавать", опираясь на пружины (усилие прикладывается к верхнему пуансону).

Для прессования изделий очень сложной формы применяют верхние и (или) нижние составные пуансоны с несколькими подвижными частями, количество которых соответствует количеству переходов (изменение размеров по высоте) по высоте.

Основные размеры пуансонов и внутренние полости матрицы определяются размерами изделия с учетом технологических и физических свойств порошка, припусков на механическую обработку. Расчету подлежат высота и диаметр (поперечный размер) матрицы, формирующий наружный габаритный размер прессовки, диаметр стержня, формирующего отверстие детали или размеры составных пуансонов, а также высота верхнего и нижнего пуансонов.

При проектировании прессформы предварительно составляют ее эскизную схему с учетом направления и специфических особенностей прессования.

Высоту матрицы рассчитывают по формуле:

$$H_{\text{МАТР}} = \frac{\gamma_{\text{п}}}{\gamma_{\text{н}}} \cdot \left(h_{\text{н}} \pm \frac{A_{\text{н}}}{2} + q_{\text{н}} - \Delta h_{\text{н}} \pm \Delta h_{\text{нс}} \right) + 2 \cdot l, \quad (3.1)$$

где $\gamma_{\text{н}}$ – насыпная плотность порошка, кг/м³;

$\gamma_{\text{н}}$ – плотность спрессованного изделия, кг/м³;

$h_{\text{н}}$ – номинальная высота готового изделия, мм;

$A_{\text{н}}$ – допуск на размер $h_{\text{н}}$, мм;

q_n – припуск на дополнительную обработку, мм;
 Δh_n – величина упругого последдействия ($\Delta h_n = 0,005 \cdot h_n$);
 Δh_{yc} – величина усадки ($\Delta h_{yc} = [0,01 \dots 0,02] \cdot h_n$), причем величина усадки берется со знаком "+", если при спекании размер уменьшается, и со знаком "-", если этот размер увеличивается;

l – высота заходной части матрицы под верхний или нижний пуансоны, принимаемая обычно равной 10...15мм.

Размер полости матрицы рассчитывается по формуле:

$$D_{\text{матр}} = D_n \pm \frac{A_D}{2} - \Delta l_n \pm \Delta l_{yc} + q_D, \quad (3.2)$$

где D_n – соответствующий номинальный размер наружной поверхности изделия, формирующийся в данной полости матрицы, мм;

A_D – допуск на размер D_n , мм;

Δl_n – величина упругого последдействия по размеру D_n , мм.

$$\Delta l_n = 0,003 \cdot D_n$$

Δl_{yc} – величина усадки при спекании по размеру D_n , мм

$$\Delta l_{yc} = [0,01 \dots 0,02] \cdot D_n$$

Если при спекании размер уменьшается, то в расчете берется знак "+", если увеличивается, то знак "-".

q_D – припуск на дополнительную обработку.

Формулу (2) используют также для определения размера стержня (d_{ct}), формирующего внутреннее отверстие изделия, причем за D_n принимают соответствующий размер отверстия. При расчете $D_{\text{матр}}$ половину допуска $A_D/2$ берут со знаком "-", при расчете d_{ct} половину допуска $A_D/2$ берут со знаком "+".

Высоту пуансона, к которому прикладывают прессующее усилие и который одновременно служит для выталкивания изделия, можно определить по формуле:

$$H_{\text{пн.ли}} = H_{\text{матр}} + L, \quad (3.3)$$

где l – либо высота, необходимая для крепления пуансона в пуансонодержателе, либо размер, равный 5...10мм, если пуансон не нужно крепить в пуансонодержателе.

Высота второго пуансона в этом случае должна быть равна высоте заходной части матрицы и составляет обычно 10...15мм. Если же пуансон, к которому прикладывается прессующее усилие, не является одновременно и выталкивателем, то его высота определяется по формуле:

$$H_{\text{пн.ли}} = H_{\text{матр}} - h - l + (5 \dots 10),$$

где $H_{\text{матр}}$, h , l – имеют значения, указанные в формуле (1), а высота второго пуансона, служащего для выталкивания, рассчитывается по формуле (3).

Рекомендуются следующие посадки на сопрягаемые поверхности деталей прессформ: Н7/ф7, Н8/е8, Н9/е9.

Достижимая точность металлокерамических изделий в пределах допусков 8, 9 классов, шероховатость $R_a=2,5 \dots 1,25$; рекомендуемая точность размеров – 10, 11 классы, шероховатость $R_a=5 \dots 1,25$. При более высоких требованиях к точности металлокерамических изделий они калибруются (шлифуются или полируются). При этом достигается точность размеров в пределах 7 класса, шероховатость $R_a=1,25 \dots 0,32$.

В практической работе припуск на калибровку рекомендуется оставлять 0,25...0,5мм. Калибровка производится по высоте и диаметру. Наружные поверхности следует калибровать с большими припусками, а внутренние с меньшими.

Правильность выбора навески прессуемого порошка – одно из важных условий изготовления деталей заданных размеров и формы. При расчете навески пользуются формулой:

$$Q = \gamma_K \cdot V \cdot (1 - \Pi) \cdot m_1 \cdot m_2, \quad (3.4)$$

где V – объем готового изделия, м^3 ;

γ_k – плотность беспористого материала (для стали $\gamma_k=7800\text{кг/м}^3$);

Π – достигаемая пористость готового изделия;

m_1 – коэффициент, учитывающий потери порошка при прессовании (в зависимости от точности изготовления деталей прессформы $m_1=1,005\dots 1,01$);

m_2 – коэффициент, учитывающий потерю веса при спекании в результате восстановления окислов и выгорания примесей ($m_2=1,01\dots 1,03$).

При прессовании многокомпонентных материалов (порошковых смесей) их плотность рассчитывается по правилу аддитивности:

$$\gamma_k = \frac{100}{\frac{a_1}{\gamma_1} + \frac{a_2}{\gamma_2} + \dots + \frac{a_n}{\gamma_n}}, \quad (3.5)$$

где $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$ – плотность отдельных компонентов, кг/м^3 ;

$a_1, a_2, \dots, a_n$ – содержание отдельных компонентов в шихте, в %.

Заготовки контролируются по следующим параметрам: внешний вид, геометрические размеры, плотность, твердость, химический состав готового изделия.

С помощью визуального осмотра выявляются такие виды брака, как сколы, трещины, задиры, окисление поверхности заготовки. Если дефекты незначительны, их устраняют в процессе дальнейшей механической обработки заготовки. Изделия с окисленными поверхностями подвергаются повторному спеканию или дополнительному нагреву при температуре $800\dots 900^\circ\text{C}$.

Геометрические размеры деталей контролируют с помощью стандартного измерительного инструмента (штангенциркуль, микрометр) с точностью до $0,01\dots 0,1\text{мм}$. Если геометрические размеры детали превышают расчетные, но масса соответствующей заданной, деталь подвергают повторному прессованию.

Плотность спеченных изделий правильной геометрической формы определяются расчетным путем, который заключается в измерении детали, определении ее объема, взвешивании, расчете плотности. Плотность $\gamma_{\text{изд}}$ определяется по формуле:

$$\gamma_{\text{изд}} = \frac{m_1}{V}, \quad (3.6)$$

где m_1 – масса детали, кг ;

V – объем детали, м^3 .

Наряду с плотностью важное значение имеет пористость $\Pi_{\text{об}}$ которая выражается по формуле:

$$\Pi_{\text{об}} = \left(1 - \frac{\gamma_{\text{изд}}}{\gamma_k}\right) \cdot 100 \quad (3.7)$$

Плотность изделий сложной геометрической формы определяется методом гидростатического взвешивания.

Твердость спеченных изделий измеряется с помощью приборов Бринелля или Роквелла.

Химический состав спеченных конструкционных изделий определяется с помощью химического анализа. В материалах на основе железа целесообразно контролировать лишь те компоненты, содержание которых может изменяться в процессе спекания (графит, сульфиды металлов).

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Методика выполнения работы рассматривается на следующем примере.

Втулка, показанная на рис.3.7, должна иметь следующие технические характеристики: масса $0,032\text{кг}$; пористость – $17\dots 25\%$, $\sigma = 170\text{МПа}$, $\alpha_k = 40\text{кДж/м}^2$; НВ90.

Исходя из дальнейших свойств детали, выбирается материал детали (таблица 3.1). В данном случае заданным техническим характеристикам удовлетворяют материалы:

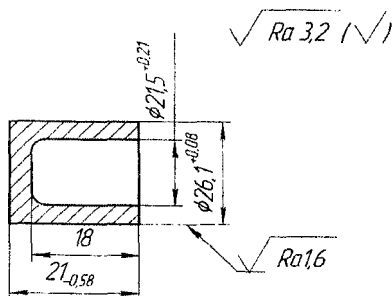


Рисунок 3.4 - Втулка

Ж-7,3; ЖГр0,5-7,3; ЖД5Н5-6,6. Для изготовления втулки выбирается ЖГр0,5-7,3. Относительная плотность спрессованного изделия: $100 \cdot (17 \dots 25) = 83 \dots 75(\%)$, плотность спрессованного изделия, которую необходимо получить:

$$\gamma_{изд} = 7800 \cdot (0,83 \dots 0,75) = 6800 \dots 5800 \text{ кг/м}^3.$$

Деталь не имеет: изменений по диаметру, острых углов, выступов, конусности; толщина стенки - 2,3мм, отношение длины к диаметру составляет $21:26,1 = 0,81$, отношение высоты к толщине стенки - $18:2,3 = 7,8$, что не превышает допустимого. Точность изготовления:

поверхность $\varnothing 26,1_{-0,08}$ - h10, поверхность $\varnothing 21,5^{+0,21}_{-0,08}$ - H12, остальные размеры по 14 квалитету, шероховатость рабочих поверхностей $R_a = 1,6$, остальные $R_a = 3,2$.

Деталь может быть спрессована в конечном виде без дополнительной обработки. С точки зрения порошковой металлургии она технологична. При прессовании усилие прессования должно быть направлено вдоль оси. С целью получения изделия с равномерной твердостью и плотностью применяется двустороннее прессование, которое осуществляется за счет приложения усилия прессования к верхнему пуансону, с принудительным опусканием матрицы ("плавающая матрица"). Схема прессформы приведена на рис. 3.5.

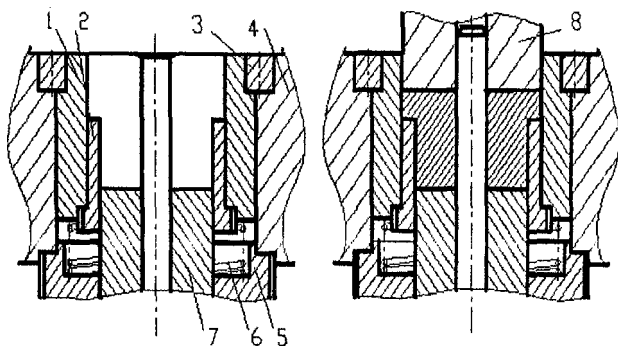


Рисунок 3.5 - Схема прессования.

1 - матрица; 2, 7 - составные элементы нижнего пуансона; 3 - кольцо; 4 - обойма; 5 - упор; 6 - пружина; 8 - верхний пуансон.

Основные размеры рабочей полости прессформы:

$$1) H_{МАТР} = \frac{\gamma_H}{\gamma_H} \cdot (h_H - \frac{A_h}{2} + q_h - 0,005 \cdot h_H + 0,02 \cdot h_H) + 2 \cdot l$$

где $\gamma_H = 2500 \text{ кг/м}^3$; $\gamma_H = 7300 \text{ кг/м}^3$; $h_H = 21 \text{ мм}$;

$A_h = 0,58 \text{ мм}$; $q_h = 0$; $l = 10 \text{ мм}$.

$$H_{МАТР} = \frac{7300}{2500} \cdot (21 - \frac{0,58}{2} - 0,005 \cdot 21 + 0,02 \cdot 21) + 2 \cdot 10 = 80,97 \text{ мм}$$

Принимаем 81мм

$$2) H_{спрессовки} = h_H - \frac{A_h}{2} + 0,02 \cdot h_H = 21 - \frac{0,58}{2} + 0,02 \cdot 21 = 21,13 \text{ мм}$$

$$3) D_{МАТР} = D_H - \frac{A_D}{2} + 0,003 \cdot D_H + 0,02 \cdot D_H + q_D$$

где $D_H = 26,1 \text{ мм}$; $A_D = 0,08$; $q_D = 0$

$$D_{МАТР} = 26,1 - \frac{0,08}{2} + 0,003 \cdot 26,1 + 0,02 \cdot 26,1 = 26,504 \text{ мм}$$

Принимаем 26,5 мм

$$D_{прессовки} = D_{МАТР} + \frac{\Delta D}{2} = 26,58 \text{ мм}$$

$$4) d_{стержня} = d_H + \frac{A_D}{2} + 0,003 \cdot d_H - 0,02 \cdot d_H - q_D \quad \text{где } d_H = 21,5 \text{ мм}; A_D = 0,21; q_D = 0$$

$$d_{стержня} = 21,5 + \frac{0,21}{2} + 0,003 \cdot 21,5 - 0,02 \cdot 21,5 = 21,24 \text{ мм}$$

$$5) d_{прессовки} = d_{ст} - \frac{\Delta d}{2} = 21,17 \text{ мм}$$

$$6) H_{ВЕР.ПУАН} = H_{МАТР} - h - l + (5 \dots 10)$$

$$H_{ВЕР.ПУАН} = 81 - 21 - 10 + 10 = 60 \text{ мм}$$

$$7) H_{стержня} = H_{МАТР} + L = 81 + 35 = 116 \text{ мм}$$

Масса навески для прессования втулки:

$$Q = \gamma_K \cdot V \cdot (1 - \Pi) \cdot m_1 \cdot m_2,$$

$$\text{где } \gamma_K = \frac{100}{\frac{a_1}{\gamma_1} + \frac{a_2}{\gamma_2}} = \frac{100}{\frac{0,5}{2200} + \frac{99,5}{7800}} = 7740 \text{ кг/м}^3;$$

$$1 - \Pi = \frac{7300}{7800} = 0,93$$

$$Q = 7740 \cdot 4,4 \cdot 10^{-6} \cdot 0,93 \cdot 1,01 \cdot 1,03 = 0,0329 \text{ кг}$$

Для оценки качества заготовок, полученных методом порошковой металлургии, вы-
дается чертеж детали и 5 заготовок этой детали, имеющей форму, аналогичную задан-
ной. Заготовки следует проконтролировать по следующим параметрам: внешний вид
(виды брака указаны в общих положениях), геометрические размеры, сравнить шерохо-
ватость поверхностей с образцами, рассчитать плотность и пористость изделия по фор-
мулам (3.6) и (3.7). Результаты оценки качества заносятся в таблицу 3.2.

Вид и количество контролируемых параметров устанавливается (по согласованию
с преподавателем) в зависимости от служебного назначения, конструктивной формы и
требований к точности изготовления детали.

Сделать вывод о годности деталей.

Таблица 3.2- Результаты оценки качества

№ дет	Контролируемые параметры					Расчетные параметры		
	Наруж. диа- метр, мм	Внутр. диа- метр, мм	Высота, мм	Внеш- ний вид	Шерохо- ватость	Масса кг	Объем $V, \text{ м}^3$	Плотность $\gamma_{изд}, \text{ кг/м}^3$
1								
2								
3								
4								
5								
Сред. арифм. Квалитет точности								

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Провести анализ технологичности детали, выбрать материал.
2. Выбрать схему прессования.
3. Определить размеры рабочей полости прессинструмента.
4. Определить массу навески.
5. Вычертить эскиз прессовки.
6. Вычертить эскиз детали, выданной для оценки качества заготовок. Установить критерии оценки состояния поверхностей заготовок.
7. Произвести измерения этих размеров у 5-ти заготовок. Взвесить эти заготовки.
8. Оценить заготовки по внешнему виду, оценить шероховатость указанных поверхностей в сравнении с образцами.
9. Подсчитать средние арифметические значения измеренных размеров, установить качество анализируемых заготовок.
10. Сделать выводы.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название работы.
2. Чертеж детали, технические характеристики материала.
3. Анализ технологичности конструкции детали.
4. Схема прессования.
5. Определение размеров рабочей полости: высота, поперечный размер матрицы, пуансона, стержней.
6. Масса навески.
7. Чертеж прессовки.
8. Эскиз детали для оценки качества заготовок.
9. Таблица контролируемых и расчетных параметров оценки качества. Результаты расчета η_n и Π .
10. Выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Преимущества и недостатки получения заготовок методом порошковой металлургии.
2. Какая последовательность производства изделий методом порошковой металлургии?
3. Какие основные требования к технологичности конструкции детали при производстве ее методом порошковой металлургии?
4. Как рассчитать высоту рабочей полости матрицы?
5. Как определить поперечный размер рабочей полости матрицы?
6. Виды брака.

Литература

1. Ермаков С.С., Вязников Н.Ф. Металлокерамические детали в машиностроении. – Л.: Машиностроение, 1975, с. 232
2. Григорьев А.К., Грохольский Б.П. Порошковая металлургия и применение композиционных материалов. – Л.: Лениздат., 1982, с. 143
3. Кипарисов С.С., Либенсон Г.А. Порошковая металлургия. – М., 1972, с. 328
4. Раковский В.С., Саклинский В.В. Порошковая металлургия в машиностроении. Справочник – М.: Машиностроение, 1973, с.126
5. Руководящий технический материал РТМ 231-03-82. Порошки металлические, 1982 Л; БРНПО ПМ. – с.141.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

Проектирование заготовок, получаемых методом поперечно-клиновой прокатки

Цель работы: приобретение практических навыков оценки качества (точности основных размеров и состояние поверхностей) и освоение методики конструирования заготовок, изготавливаемых поперечно-клиновой прокаткой.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Методом поперечно-клиновой прокатки (ПКП) рекомендуется изготавливать осесимметричные заготовки из конструкционных сталей, имеющие несколько ступеней со значительными перепадами диаметров (см. рис. 1). При этом значительно увеличивается производительность труда по сравнению с обработкой таких деталей методом резания и уменьшается расход металла на 30-50%.

В качестве исходной заготовки для прокатки используется круглый пруток, который рубится на штучные или сдвоенные заготовки.

Заготовки, полученные методом поперечно-клиновой прокатки, является прокатка цилиндрических поверхностей плоским клином инструментом в открытых калибрах. Инструментом служат плоские клинообразные элементы, устанавливаемые на плиты поперечно-клиновых машин, работающих в автоматическом режиме. Штучные заготовки укладываются поперек заходной части на поддерживатель инструмента. Оба инструмента, перемещаясь навстречу друг другу, синхронно и параллельно внедряются в заготовку, вызывая ее вращение. Инструменты имеют боковые наклонные деформирующие грани формообразующего участка М, которые заставляют вращаться избыток металла по направлению к торцам, тем самым удлиняя заготовку. На участке захвата А клин внедряется в заготовку и образует на ней кольцеобразную канавку, которая затем расширяется благодаря воздействию наклонной боковой грани М расположенной под углами α и заострения β . На участке прокатки и калибровки Б на мостике К происходит калибровка деформирующего материала по мере его выхода с наклонной на калибрующую плоскость мостика.

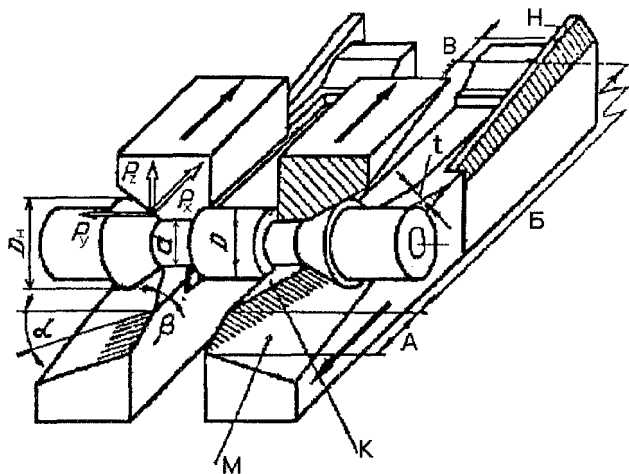


Рис.4.1 Схема процесса поперечно-клиновой прокатки

Участок В обеспечивает плавный выход заготовки из контакта с клиньями. При прокатке заготовки образуются концевые отходы или избытки металла, которые удаляются отрезными ножами Н, установленными по обе стороны инструмента. После отрезки прибылей заготовка поступает в сборник готовой продукции, а подвижный инструмент возвращается в исходное положение. Перед прокаткой исходные штучные заготовки нагреваются ТВЧ до 1000-1200 °С.

Устойчивое вращение заготовки в процессе прокатки обуславливается правильным выбором степени обжатия ε и величиной углов α , β инструмента.

$$\varepsilon = \frac{d_o^2}{d_{pi}^2}, \quad (4.1)$$

где d_o - диаметр исходной заготовки, мм;

d_{pi} - диаметр заготовки после обжатия, мм.

Предельная степень обжатия заготовки за один проход $[\varepsilon]=2$.

Углы клинового инструмента, обеспечивающего вращение заготовки без проскальзывания, должны находиться в пределах: $\alpha=15-45^\circ$, $\beta=3-15^\circ$.

При поперечно-клиновой прокатке возможны следующие погрешности.

К технологическим погрешностям относятся:

1. Смятие при выходе прокатных деталей из контакта с инструментом;
2. Искривление оси детали;
3. Конусность ступеней вала;
4. Огранка поперечного сечения;
5. Смещение заготовки в процессе прокатки.

Смятие прокатываемых заготовок происходит по двум причинам: из-за отступления на инструменте плавного выхода (уклона), обеспечивающего постепенное ослабление контакта между прокатываемой заготовкой и инструментом, и проскальзыванием одного инструментов относительно заготовки. Последнее обстоятельство может быть причиной характерного для клиновой прокатки вида брака- недоката.

Причинами искривления оси заготовки являются: перекос заготовки в момент захвата; ее проскальзывание в процессе прокатки; скручивание отдельных сечений из-за различных радиусов качения и др.

Конусность прокатываемых участков и огранка поперечного сечения заготовок объясняется клиновой конструкцией инструмента и зависят от его геометрических параметров.

Смещение заготовки в процессе прокатки происходит из-за неравномерного нагрева концевых участков заготовки, неидентичности геометрического выполнения клиновых элементов и шероховатости поверхностей, непараллельности установки клинового инструмента и др. Смещение заготовки при прокатке ступенчатых деталей приводит к зарезанию торцовых поверхностей ступеней и образованию характерного вида брака- поперечного заката.

Анализ качества заготовок, полученных методом поперечно-клиновой прокатки

Путем внешнего осмотра заготовки (визуально) определяется: смятие, недокат, смещение заготовки и поперечный закат.

Искривление оси детали определяется путем измерения радиального биения ступеней вала, установленного в призмах, с помощью индикатора часового типа.

Конусность ступеней заготовки измеряется следующим образом. С помощью штангенциркуля с ценой деления 0,05 мм замеряют диаметры шейки вала в двух крайних сечениях и расстояние между сечениями. Затем по формуле вычитают конусность.

Огранку измеряют с помощью индикатора часового типа на отдельных ступенях за-

готовки, установленной на призму с углом 90° . Индикатор часового типа закрепляется на стойке. Деталь устанавливается на призму ступенью, на которой определяется огранка.

Измеренные значения линейных размеров, погрешностей формы кривизны и др. затем необходимо сопоставить с техническими требованиями чертежа заготовки.

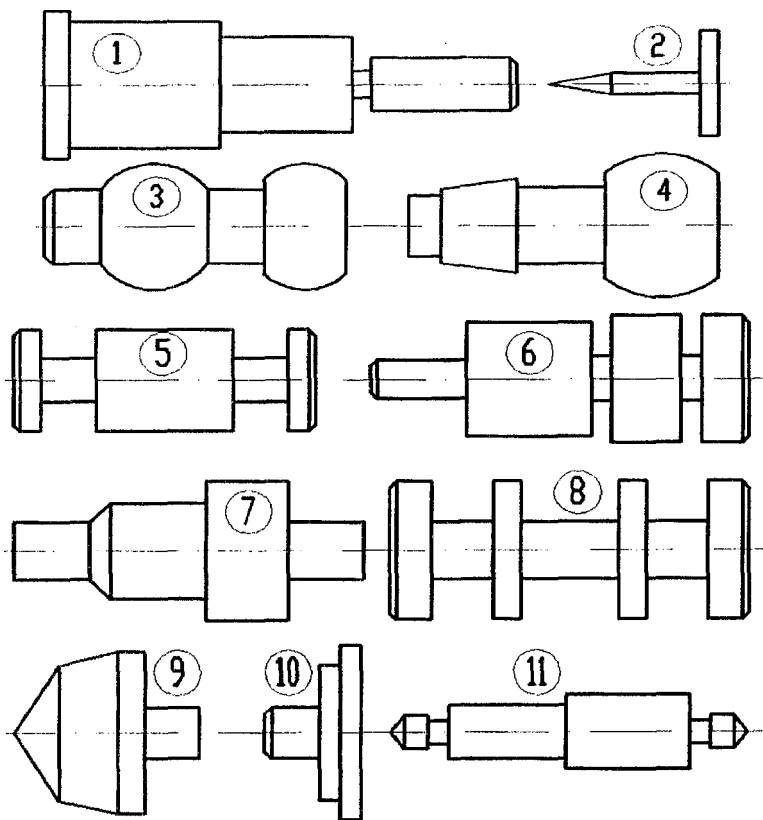


Рисунок 4.2- Детали, получаемые методом поперечно-клиновой прокатки

Проектирование чертежа заготовки

Чертеж заготовки составляется на основании чертежа готовой детали. На поверхности детали назначаются припуски, допуски, радиусы скруглений углов, напуски. Устанавливаются технические требования к заготовке. Точность размеров заготовки, полученной поперечно-клиновой прокаткой, обычно соответствует 2-му классу по ГОСТ 7505-74.

Номинальные размеры прокатной заготовки получают путем прибавления к наибольшим предельным размерам готовой детали припусков $2Z$ для диаметральных размеров и Z для остальных. Значения припусков на сторону Z приведены в табл. 4.1

На торцах заготовки, оформляемых отрезными ножами клинообразного инструмента, необходимо предусматривать выступы высотой до 1 мм.

Радиусы скруглений внешних и внутренних углов заготовки назначаются по табл. 4.2

Таблица 4.1 - Радиусы скруглений углов прокатанных заготовок 2-го класса точности по ГОСТ 7505-74

Масса прокатанной заготовки, кг	Номинальные радиусы скругления углов, мм	
	Внешних	Внутренних
0,25-0,63	0,8	1,1
0,63-1,6	1,0	1,5
1,6-2,5	1,2	1,9
2,5-4,0	1,5	2,2
4,0-6,3	1,5	2,2
6,3-10,0	1,7	2,6
св. 10,0	1,7	2,6

Концевые канавки целесообразно прокатывать при ширине, превышающей 8 мм.

На номинальные диаметральные размеры прокатной заготовки назначаются верхние отклонения es и нижние отклонения ei .

$$\begin{aligned} es &= es_{U1} + es_{U2} + es_p + es_i, \\ ei &= ei_{U2} + ei_i, \end{aligned} \quad (4.2)$$

где es_{U1} – отклонение на износ рабочего инструмента, мм;

es_{U2} – отклонения, учитывающие погрешность изготовления рабочего инструмента;

es_p – отклонения от параллельности опорных (под инструмент) поверхностей поперечно- клиновой машины;

es_i, ei_i – отклонения по температурному интервалу, учитывающее усадку инструмента.

Допустимые отклонения номинальных продольных размеров – верхнее es_i и нижнее ei_i – определяется по формулам:

$$\begin{aligned} es &= es_{U1} + es_{U2} + es_i, \\ ei &= ei_{U2} + ei_c + ei_i, \end{aligned} \quad (4.3)$$

где ei_c – отклонение, учитывающее взаимное смещение клинового инструмента вдоль оси заготовки.

Отклонения номинальных размеров заготовок по отдельным элементам приведены в табл. 4.3, 4.4. Приведенные выше зависимости для определения верхних и нижних отклонений продольных размеров распространяется на все «внешние» размеры. Для «внутренних» продольных размеров отклонения рассчитываются по этим зависимостям, но принимаются затем с обратным знаком.

Допуски на кривизну и коробление заготовки см. табл.4.3

Таблица 4.2- Припуски на механическую обработку на сторону заготовки, получаемые методом поперечно-клиновой прокатки для деталей с шероховатостью Ra 80...20 мкм

Масса прокатанной заготовки, кг	Диаметр заготовки, мм		Длина прокатанной заготовки, мм							
	До 50	Св.50 до 120	До 50	Св.50 до 120	Св.120 до 180	Св.180 до 260	Св.260 до 360	Св.360 до 500	Св.500 до 630	Св.630 до 800
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
До 0,25	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3
Св.0,25-0,63	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5
0,63-1,60	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6
1,60-2,50	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7
2,50-4,00	0,8	0,9	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9
4,00-6,30	1,0	1,1	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1

Продолжение таблицы 4.2

6,30-10,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2
10,0-16,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3

Примечание: при меньшей шероховатости обрабатываемых поверхностей к припускам прибавляют:

- при шероховатости $Ra\ 10...2,5 - 0,3...0,5\text{ мм}$
- при шероховатости $Ra\ 1,25\text{ и менее} - 0,5...0,8\text{ мм}$

Таблица 4.3 - Отклонения размеров заготовок, получаемых поперечно-клиновой прокаткой по 2-му классу точности ГОСТ 7505-74 (определяемые по массе заготовки), мм

Масса прокатанной заготовки, кг	es_{U1}	es_p	ei_c
1	2	3	4
0,25-0,63	+0,38	+0,06	-0,15
0,63-1,6	+0,47	+0,1	-0,2
1,6-2,5	+0,6	+0,1	-0,2
2,5-4,0	+0,67	+0,2	-0,3
4,0-6,3	+0,75	+0,2	-0,3
6,3-10,0	+0,82	+0,2	-0,3
10,0-16,0	+0,9	+0,2	-0,3

Таблица 4.4 - Отклонения размеров заготовок, получаемых поперечно-клиновой прокаткой по 2-му классу точности ГОСТ 7505-74 (определяемые по размерам заготовки), мм

Диаметр или длина	es_i	ei_i	es_{U2}	ei_{U2}	Кривизна
1	2	3	4	5	6
До 50	+0,06	-0,05	+0,05	-0,05	0,3
50-120	+0,12	-0,12	+0,07	-0,07	0,4
120-180	+0,18	-0,18	+0,08	-0,08	0,5
180-260	+0,25	-0,25	+0,09	-0,09	0,6
260-380	+0,36	-0,36	+0,1	-0,1	0,8
380-500	+0,5	-0,5	+0,12	-0,12	1,0
500-630	+0,63	-0,63	+0,14	-0,14	1,2
630-800	+0,8	-0,8	+0,15	-0,15	1,5

В технических требованиях при оформлении чертежа заготовки необходимо указать: твердость HB, класс точности заготовки, допустимые значения огранки и конусности шеек вала, кривизны. Следует также указать на недопустимость смятия, недоката, смещения и поперечного заката (по примеру выданного студенту, для анализа качества, чертежа заготовки). Значения допустимых огранки и конусности можно, в зависимости от габаритов заготовки, принимать 0,2-0,6 мм.

Расчет размеров прутка под прокатку заготовки

Расчет размеров прутка под прокатку (т.е. исходной заготовки) выполняется в два этапа.

1. Определяется расчетный диаметр прутка d_p по наибольшему диаметру заготовки, полученной методом поперечно-клиновой прокатки

$$d_p = d_{max} + es_{d_{max}}, \quad (4.4)$$

где d_{max} – номинальное значение наибольшего диаметра прокатанной заготовки;

$es_{d_{max}}$ – верхнее отклонение этого диаметра.

Номинальный диаметр прутка d_o выбирается из сортамента по ГОСТ 2590-71, как ближайшее большее значение по отношению к d_p . При этом должно выполняться условие

$$d_{max} + ei_{d_{max}} \leq \frac{d_o - ei_{d_o}}{K_y}, \quad (4.5)$$

где $ei_{d_{max}}$ – нижнее отклонение наибольшего диаметра прокатанной заготовки;

ei_{d_o} – нижнее отклонение диаметра прутка;

K_y – коэффициент, учитывающий угар металла при нагреве прутка под прокатку, равный 1,01.

2. Номинальный размер прутка по длине L_o определяется по формуле:

$$L_o = 1.27 \times \frac{V_o}{(d_o - 0.5 \times ei_{d_o})^2} \quad (4.6)$$

Объем V_o прутка вычисляется по формуле:

$$V_o = K_y \times V_{п.з.} \times V_K, \quad (4.7)$$

где $V_{п.з.}$ – объем прокатанной заготовки, подсчитанный по наибольшим предельным размерам;

V_K – объем концевых отходов, определяемый по формуле:

$$V_K = 0.75 \pi (K_{h1} \times d_{K1}^3 + K_{h2} \times d_{K2}^3), \quad (4.8)$$

где d_{K1}, d_{K2} – диаметры концевых элементов изделия, мм;

K_{h1}, K_{h2} – коэффициенты, определяемые по графику рис. 4, для каждого торца заготовки, (для $\alpha = 20^\circ$).

Допуск на длину прутка принимается равным 2 мм, т.е. $\pm 1,0$ мм.

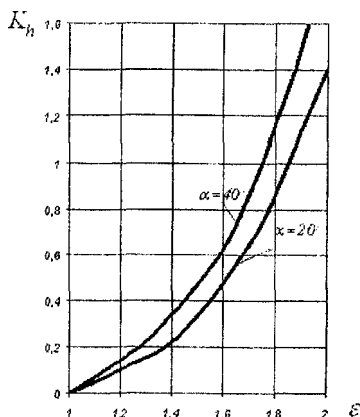


Рисунок 4.3 - График зависимости коэффициента K_h от степени обжатия, заготовки ε и угла наклона α деформируемой грани клиновидного инструмента

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить чертеж заготовки, выданный для анализа ее качества. Ознакомиться с техническими требованиями на ее изготовление.
2. Произвести анализ качества заготовки путем сопоставления измеренных параметров заготовки с заданными.
3. Изучить чертеж детали, выданной для разработки чертежа прокатанной заготовки.
4. Определить степень обжатия заготовки на каждой ступени.
5. Назначить припуски на токарную обработку заготовки.
6. Рассчитать отклонения на диаметральные и продольные размеры.
7. Сформулировать технические требования на получение заготовки.
8. Выполнить чертеж заготовки в соответствии с требованиями ГОСТа.
9. Рассчитать размеры прутка для прокатки заготовки.
10. Составить отчет.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название работы, задание и необходимая оснастка.
2. Эскиз заготовки анализируемого типа-размера с указанием контролируемых размеров, параметров и технических требований.
3. Таблица измеренных значений анализируемых размеров (параметров).
4. Выводы о соответствии параметров заготовки заданным.
5. Чертеж спроектированной заготовки, оформленной по ГОСТу.
6. Результаты расчета припусков и предельных отклонений размеров.
7. Эскиз прутка для прокатки и его объем.
8. Коэффициент использования материала.
9. Выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сущность процесса поперечно-клиновой прокатки и его значение.
2. Допустимая степень обжатия заготовки за один проход.
3. Как рассчитываются отклонения на размеры заготовки?
4. Как назначаются припуски на диаметральные и продольные размеры?
5. Как рассчитать размеры прутка под прокатку?
6. Как определяется объем прутка под прокатку?
7. Какие виды технологического брака характерны для прокатки заготовок и методы его обнаружения?
8. Как определяется объем концевых отходов металла при прокатке?
9. Как изменяется огранка, кривизна и конусность заготовки?
10. Как рассчитывается коэффициент использования материала?

Литература

1. Клушин В.А., Макушов Е.М., Шукин В.Я. Совершенствование поперечно-клиновой прокатки. – Мн.: Наука и техника, 1980. - 280 с.
2. Методические рекомендации. Расчет технологических процессов и проектирование инструмента поперечно-клиновой вальцовки. - Воронеж: ЭНИКМАШ, 1976. - 99с.

Учебное издание

Составители: Левданский Алексей Маратович,
Кудрицкий Ярослав Владимирович.

СБОРНИК МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ

к лабораторно-практическим занятиям по дисциплине
«Проектирование и производство заготовок»
для студентов специальности I-36 01 01
«Технология машиностроения»

Ответственный за выпуск: Левданский А. М.

Редактор: Строкач Т. В.

Компьютерная вёрстка: Кармаш Е.Л.

Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано к печати 21.05. 2007. Формат 60х84 1/16. Бумага «Снегурочка». Усл. п. л. 3,95.
Уч. изд. 4,25. Тираж 100 экз. Заказ №543. Отпечатано на ризографе учреждения
образования «Брестский государственный технический университет». 224017,
Брест, ул. Московская, 267

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА «ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА»

Методические указания

к лабораторной работе по курсу «Проектирование и производство заготовок»

по теме «Анализ качества и проектирование заготовок,

получаемых литьём в земляные формы»

для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения»

дневной и заочной форм обучения

Брест 2023

УДК 621.7/.9-412(075.8)

В методических указаниях приведены основные теоретические сведения по теме «Анализ качества и проектирование заготовок, получаемых литьём в земляные формы», приведены подробные рекомендации по выполнению лабораторной работы на данную тему, а также требования к содержанию и оформлению отчета. Методические указания предназначены для студентов специальности 1-36 01 01 Технология машиностроения дневной и заочной форм обучения.

Составители: А.Н. Парфиевич, к.т.н., заведующий кафедрой «Прикладная механика»
В.А. Сокол, ст. преп. кафедры «Машиностроение и эксплуатация автомобилей»
Ю.Н. Саливончик, ст. преп. кафедры «Машиностроение и эксплуатация автомобилей»
С.В. Савчук, к.т.н., доцент кафедры «Машиностроение и эксплуатация автомобилей»

Рецензент: Д.С. Ларченко, технический директор ОАО «Машиностроительное предприятие «КОМПО»»

ТЕМА: АНАЛИЗ КАЧЕСТВА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК, ПОЛУЧАЕМЫХ ЛИТЬЁМ В ЗЕМЛЯНЫЕ ФОРМЫ

Цель работы: практическое освоение проектирования заготовок, получаемых методом литья в песчаные формы и приобретение навыков оценки их качества.

Работа рассчитана на четыре академических часа.

Основные положения

Способ литья в песчаные формы является наиболее распространённым и применяется для получения отливок из всех литейных сплавов с широким диапазоном в отношении размеров и массы. Отливки получают в литейных формах, изготовленных из формовочных и стержневых смесей.

Основными операциями технологического процесса получения отливок являются: изготовление модели, выполнение литейной формы, плавка металла и заливка его в формы, выбивка отливок из форм, обрубка и очистка литья (рис. 1).

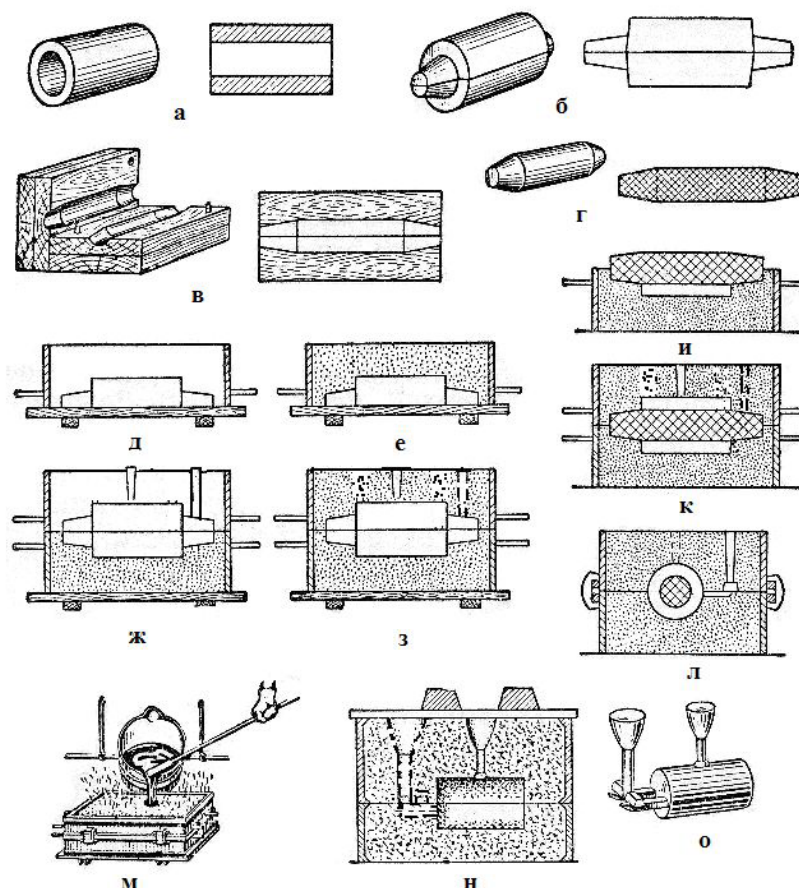


Рисунок 1 – Процесс получения отливки в песчаной форме: а – отливка (штуцер); б – разъемная деревянная модель штуцера; в – стержневой ящик; г – стержень с коническими выступами по краям, устанавливаемый стержневым знаком; д – установка нижней половины модели в нижнюю опоку; е – формовка нижней опоки; ж – переворот нижней опоки, установка верхней половины модели и моделей литника и выпора (чаша сверху литника условно не показана); з – формовка верхней опоки; и – снятие верхней полуформы и установка стержня в нижнюю полуформу в специальные углубления (стержневые знаки); к – сборка формы; л – скрепление собранной формы; м – заливка в форму металла; н – литник и выпор в литейной форме; о – литниковая система и выпор в отливке

Литейная форма состоит из трех отдельных частей: нижней, верхней и стержня. Стержень служит для получения в отливке отверстия. Части литейной формы

обычно изготавливаются отдельно в опоках, затем собираются. Опоки служат для изготовления литейных форм и представляют собой ящики без дна, выполненные из чугуна, стали или алюминиевых сплавов.

Материалы, из которых изготавливают литейные формы, называются формовочными смесями, формовочные смеси по назначению делятся на обливочные, наполнительные (ими заполняют остальную часть формы) и единые для заполнения всей формы.

Основными составляющими формовочных смесей являются выбитая из опок отработанная смесь, в которую добавляют свежие материалы (глину, песок) и предусмотренные технологией формовки. На поверхности форм и стержней наносят краски и пасты, которые не только уменьшают пригар, но и увеличивают поверхностную прочность форм. Наиболее качественной является цирконовая краска.

Стержневые смеси по составу разделяются на песчано-глинистые и песчано-масляные на основе растительных масел и синтетических смол.

С целью экономии трудовых и материальных ресурсов все более широкое применение для изготовления форм и стержней находят быстросохнущие, продуваемые углекислым газом смеси, связующим для которых является жидкое стекло; жидкосамотвердеющие смеси (ЖСС), не требующие уплотнения, основой которых является кварцевый песок, связующим – жидкое стекло. Применяются также холоднотвердеющие в течение 20...30 мин и песчано-смоляные смеси для изготовления стержней в нагретых до 250...280°C (горячих) стержневых ящиках, затвердевающие в течение 1...2 мин.

Процесс изготовления литейных форм из смесей может осуществляться методом ручной или машинной формовки в зависимости от типа производства, конфигурации и размеров деталей. Ручная формовка применяется для мелких и средних отливок только в условиях индивидуального и мелкосерийного производства, а также для отливок очень больших габаритов и массы. Машинная формовка обеспечивает высокую производительность процесса, получение точных и качественных отливок и используются в массовом и серийном производстве. При экономической целесообразности и производственной возможности следует стремиться к получению литых деталей в формах, изготавливаемых на машинах.

Из методов машинной формовки следует выделить метод прессования под высоким давлением (9,8...39,2 кПа), который даёт возможность получать отливки 13...14 качества точности и с шероховатостью до $R_z = 320 - 160$ мкм, за счёт снижения припусков на обработку снизить трудоёмкость механообработки, увеличить выпуск отливок повышенного качества, снизить себестоимость 1 т годных отливок на 10...15 %.

Разработка технологического процесса изготовления отливки начинается с рассмотрения возможных вариантов ее расположения в форме. Поверхность, по которой при сборке формы соединяются ее части, называется поверхностью разъема. Поверхность разъема лучше всего иметь по плоскости, так как в том случае, если поверхность имеет сложную форму, удорожается процесс изготовления модели и модельных плит.

Следует учитывать, что при заполнении литейной формы металлом в верхних горизонтах отливки опаливаются различные загрязнения, образуются усадочные дефекты и раковины. Поэтому наиболее ответственные поверхности детали, имеющие высокую точность и небольшую шероховатость, в отливке надо располагать в ниж-

ней части формы или в вертикальном положении, где большая вероятность их получения без пороков. Это касается и базовых поверхностей, используемых впоследствии при механической обработке отливок. Базовые поверхности отливок желательно располагать в одной части формы и не допускать их пересечения с поверхностью разъема.

Внутренние полости отливок могут быть получены за счёт установки стержней и за счет отпечатка в форме. Внутренние полости литых деталей должны иметь достаточное количество окон или отверстий, размеры и расположение которых могут обеспечить правильное и устойчивое положение стержней в литейной форме, а также удаление из них газов, образующих при заливке формы жидким металлом. Если по условиям работы проектируемая деталь должна иметь какую-то целиком закрытую полость, то в ее конструкции следует предусмотреть окно, которое в дальнейшем будет закрываться крышкой или заглушкой.

Методические указания

В соответствии с ГОСТ 3.1125-88 «Правила выполнения чертежей элементов литейной формы и отливки» чертеж отливки с техническими требованиями должен содержать все данные, необходимые для изготовления, контроля, приемки отливки, и выполняться в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. Допускается выполнять чертеж отливки на копии чертежа детали, при этом элементы отливки следует чертить красным цветом. В графе основной надписи чертежа под наименованием детали пишут слово «отливка». При вычерчивании отливки учитывают все припуски и допуски с указанием их величин. Внутренний контур обрабатываемых поверхностей, а также отверстий, не выполняемых в литье, вычерчивают сплошной тонкой линией. Остатки питателей, выпоров, стяжек и прибылей, если они не удаляются полностью в литейном цехе, изображают полностью на чертеже отливки. Линия отрезки должна соответствовать способу отрезки: при отрезке резцом, дисковой фрезой, пилой и другим ее выполняют сплошной тонкой линией; при огневой отрезке или обламывании – сплошной волнистой линией. В случае наличия проб, вырезаемых из тела отливки, указывают размеры, определяющие место их вырезки.

Начинать разработку чертежа отливки следует с назначения точности отливки [1], которая характеризуется:

- классом размерной точности (табл. 9 [1]);
- степенью коробления (табл. 10 [1]);
- степенью точности поверхностей отливок (табл. 11 [1]);
- классом точности массы (табл. 13 [1]).

Далее по [1] необходимо назначить припуски на механическую обработку, допуски, формовочные уклоны, сопряжения между стенками отливки, составить технические требования к отливке и выполнить чертеж заготовки.

Общие припуски назначаются в зависимости от общих допусков на элементы отливок, вида окончательной механической обработки и порядкового номера ряда припусков на отливки (табл. 6 [1]).

Общие допуски (табл. 16 [1]) зависят от допусков линейных размеров отливок (табл. 1 [1]) и допусков формы и расположения поверхностей элементов отливок (табл. 2 [1]). В свою очередь, допуски линейных размеров зависят от интервала номинальных размеров заготовки и номера класса размерной точности, допуски фор-

мы и расположения элементов отливки зависят от номинальных размеров элементов отливок и соответствующей степени коробления элементов отливок. Ряд припусков (табл. 14 [1]) на обработку отливок определяется на основании порядкового номера степени точности поверхности. Класс размерной точности отливок выбираются по прилож. 1, табл. 9 [1], степень коробления элементов отливок – прилож. 2, табл. 10 [1], степени точности поверхностей отливок – прилож. 3, табл. 11 [1], шероховатость поверхности отливок – прилож. 4, табл. 12 [1], классы точности массы отливок – прилож. 5, табл. 13 [1]. Для обрабатываемых поверхностей номинальный размер отливки следует принимать равным номинальному размеру детали для необрабатываемых поверхностей и сумме среднего размера и общего припуска на обработку. При определении номинальных размеров отливок учитывают технологические допуски. Номинальную массу отливки следует принимать равной массе отливки с номинальными размерами.

На чертеже отливки следует указывать измерительные базы и базы первоначальной обработки. Допуски линейных размеров отливок, изменяемых и неизменяемых обработкой (без учета допусков формы и расположения поверхностей отливок), должны в зависимости от интервала номинальных размеров и класса точности отливки соответствовать табл. 1 [1]. Допуски формы и расположения поверхностей отливок (отклонения от прямолинейности, плоскостности, параллельности, перпендикулярности, заданного профиля) в диаметральном выражении должны соответствовать допускам, указанным в табл. 2 [1]. Они назначаются в зависимости от степени коробления элементов отливок и номинальных размеров элементов отливок. На основании допусков линейных размеров и допусков формы и расположения поверхностей отливок по табл. 16 [1] определяются общие допуски элементов отливок, которые необходимы для определения общего припуска на сторону (табл. 6 [1]). На чертеже заготовки в технических условиях указываются допуски круглости, соосности, симметричности, пересечения осей, позиционные допуски в диаметральном выражении. Они не должны превышать допуски на размеры, указанные в табл. 1 [1]. Допуск смещения отливки по плоскости разъема указывается в обозначении точности отливки и должен находиться на уровне класса (табл. 1 [1]) размерной точности номинального размера наиболее точной из стенок отливки, выходящей на разъем или пересекающей его. Допуски неровностей поверхностей отливок выбираются в зависимости от степеней точности поверхностей отливок (табл. 3 [1]) и указываются в технических условиях на отливку. Для обрабатываемых поверхностей отливок установлено симметричное расположение полей допусков, для необрабатываемых поверхностей допускается симметричное и несимметричное расположения полей допусков размеров, формы, расположения. Допуски массы должны соответствовать значениям, указанным в табл. 4 [1]. Устанавливается симметричное расположение поля допуска массы относительно номинальной массы.

Минимальный литейный припуск на обработку поверхности назначают в соответствии с табл. 5 [1] для устранения неровностей и дефектов литой поверхности и уменьшения шероховатости при отсутствии необходимости в повышении точности размеров, формы и расположения обрабатываемой поверхности. Общие припуски назначают по табл. 6 [1] согласно полным значениям общих допусков с целью повышения точности обрабатываемого элемента отливки.

Общие припуски на поверхность вращения и противоположные поверхности, используемые в качестве баз при их обработке, назначают по половинным значени-

ям общих допусков отливки.

Значения общего припуска для каждого интервала общих допусков, расположенные в разных строчках табл. 6 [1] и соответствующие черновой, получистовой, чистовой и тонкой обработкам, выбирают в зависимости от соотношений требуемых точностных параметров обработанной поверхности детали и исходных точностных параметров отливки, которые приведены в табл. 7, 8 [1]. Этим требованием фактически определяется последовательность обработки каждой поверхности отливки.

В технических требованиях чертежа отливки или детали с нанесенными размерами отливки должны быть указаны нормы точности отливки в следующем порядке:

1) класс размерной точности, который выбирается в зависимости от технологического процесса литья, габаритов отливки и типа сплава (прил. 1, табл. 9 [1]);

2) степень коробления, которая назначается в зависимости от отношения размеров элементов отливок, типа литейных форм получения отливки и ее термообработки (прил. 2, табл. 10 [1]);

3) степень точности поверхностей отливок, которая назначается в зависимости от технологического процесса литья, габаритов отливки, типа сплава (табл. 1 [1]);

4) класс точности массы, который выбирается в зависимости от технологического процесса литья, номинальной массы отливки, типа сплава (табл. 13 [1]);

5) допуск смещения отливки, который должен находиться на уровне допуска размерной точности соответствующего класса отливки (табл. 1 [1]).

Пример условного обозначения точности отливки 9-го класса размерной точности, 4-й степени коробления, 7-й степени точности поверхностей, 6-го класса точности массы с допуском смещения 0,7 мм:

Точность отливки 9-4-7-6 См 0,7 ГОСТ 26645-85.

Ненормируемые показатели точности отливок заменяются нулями, а обозначения смещения отсутствуют, например:

Точность отливки 9-0-0-6 ГОСТ 26645-85.

В технических требованиях чертежа отливки и детали с нанесенными размерами отливки должны быть указаны в нижеприведенном порядке значения номинальных масс детали, припусков на обработку, технических напусков и массы отливки.

Пример обозначения номинальных масс, равных: для детали – 18,45 кг, для припусков на обработку – 2,75 кг, для технологических напусков – 1,15 кг, для отливки – 22,15 кг:

Масса 18,45-2,75-1,15-22,15 ГОСТ 26645-85.

Для необрабатываемых отливок или при отсутствии технологических напусков соответствующие величины обозначают «0». Например:

Масса 18,75-0-0-18,45 ГОСТ 26645-85;

Масса 18,45-0-1,15-22,15 ГОСТ 26645-85.

В технических требованиях чертежа литой детали указывают только массу детали.

В технических требованиях на заготовку указывается допуск массы отливки (табл. 4 [1]) в процентах от номинальной массы отливок.

После определения припусков и допусков на поверхности отливок вычерчивается заготовка с учетом требований ГОСТ 3.1125-88.

Для повышения качества отливок необходимо указать скругление наружных и внутренних углов при сопряжении стенок отливок. Величины радиусов скругления определяются по табл. 1.1.

Таблица 1.1 - Величины радиусов скругления, рекомендуемые для литых деталей

Материал отливки – чугун					
Средняя толщина сопрягаемых стенок $(l + l_1) / 2$, мм	до 12	12...16	16...20	20...27	27...35
Радиус скругления, мм	6	8	10	12	15
Материал отливки – сталь					
Максимальная толщина сопрягаемых стенок, мм	до 6	6...10	10...15	15...20	20...25
Радиус скругления, мм	6...10	10...12	12...15	15...20	20...25

Толщина стенок отливки не должна быть меньше допустимой и зависит от материала отливки, ее массы и габаритов. Определяется толщина стенок по табл. 1.2.

Таблица 1.2 - Технологически допустимая толщина стенок отливки

Материал отливки – серый чугун			
Наибольший габаритный размер, мм	до 250	250...500	500...1000
Минимальная толщина стенки, мм	3...5	5...7	6...10
Материал отливки – ковкий чугун			
Наибольший габаритный размер детали, мм	до 100	100...200	200...500
Минимальная толщина стенки, мм	2,5...4	3...5	4...6
Материал отливки – сталь			
Наибольший габаритный размер, мм	до 250	250...500	500...1000
Минимальная толщина стенки, мм	5...6	6...8	8...12

При проектировании отливки следует избегать образования в конструкции отливок полостей, отверстий большой протяженности и малого диаметра. Допустимые соотношения глубин отверстий и их диаметров приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3 - Минимальные размеры отверстий, выполняемых стержнями в отливках

Материал отливки – чугун						
Глубина отверстия, мм	10...20	20...30	30...40	40...50	50...60	60...75
Минимальная величина диаметра, мм	10	12	14	16	18	20
Материал отливки – сталь						
Глубина отверстия, мм	10...20	20...30	30...40	40...50	50...60	60...75
Минимальная величина диаметра, мм	25	27	30	35	40	45

Порядок выполнения работы

1. Согласно варианту задания (см. приложение 1) изучить конструкцию детали, ориентировочно определить условия ее работы. Выбрать плоскость разреза литейной формы.
2. Определить поверхности детали, для которых необходимо назначить припуски на механическую обработку.
3. Определить по табл. 9 [1] класс размерной точности.
4. Определить по табл. 11 [1] степень точности поверхности отливок.
5. Назначить по табл. 10 [1] степень коробления отливки.
6. На основании данных табл. 13 [1] определить класс точности массы отливки.

7. В зависимости от номинальных размеров детали и класса размерной точности отливки определить допуски линейных размеров отливок (табл. 1 [1]).
8. В зависимости от степени коробления отливки по табл. 2 [1] определить допуск формы и расположения элементов отливки.
9. В зависимости от допусков размеров и допуска формы и расположения по табл. 16 [1] определить общий допуск элементов отливки.
10. В зависимости от степени точности поверхности по табл. 14 [1] определить ряд припусков.
11. По табл. 6 [1] в зависимости от общего допуска и ряда припусков определить общий припуск.
12. Определить допуск массы по табл. 4 [1].
13. Выполнить чертеж отливки; указать припуски, допуски, литейные уклоны, радиусы закруглений; составить технические условия на выполнение чертежа отливки.
14. Выполнить эскиз литейной формы для получения отливок в земляных формах.
15. Произвести оценку состояния характерных поверхностей заготовок по выбранным критериям.
16. Составить отчет.

Содержание отчёта

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Чертёж детали с указанием размеров.
4. Чертёж заготовки с указанием размеров и припусков.
5. Результаты измерений заготовок и оценки состояния поверхностей.
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Основные технологические операции процесса получения отливок в песчаные формы?
2. Из каких частей состоит литейная форма?
3. Для чего предназначен стержень?
4. Как увеличивают поверхностную прочность форм и стержней и снижают пригар?
5. Как могут быть получены внутренние полости отливок?
6. От чего зависит величина пропусков на обработку отливок?
7. Какими методами могут определяться припуски?
8. Как вычерчивается внутренний контур обрабатываемых поверхностей, отверстия, не выполняемые в литье, на чертеже отливки?
9. Какую точность отливки позволяет получить метод прессования под высоким давлением?

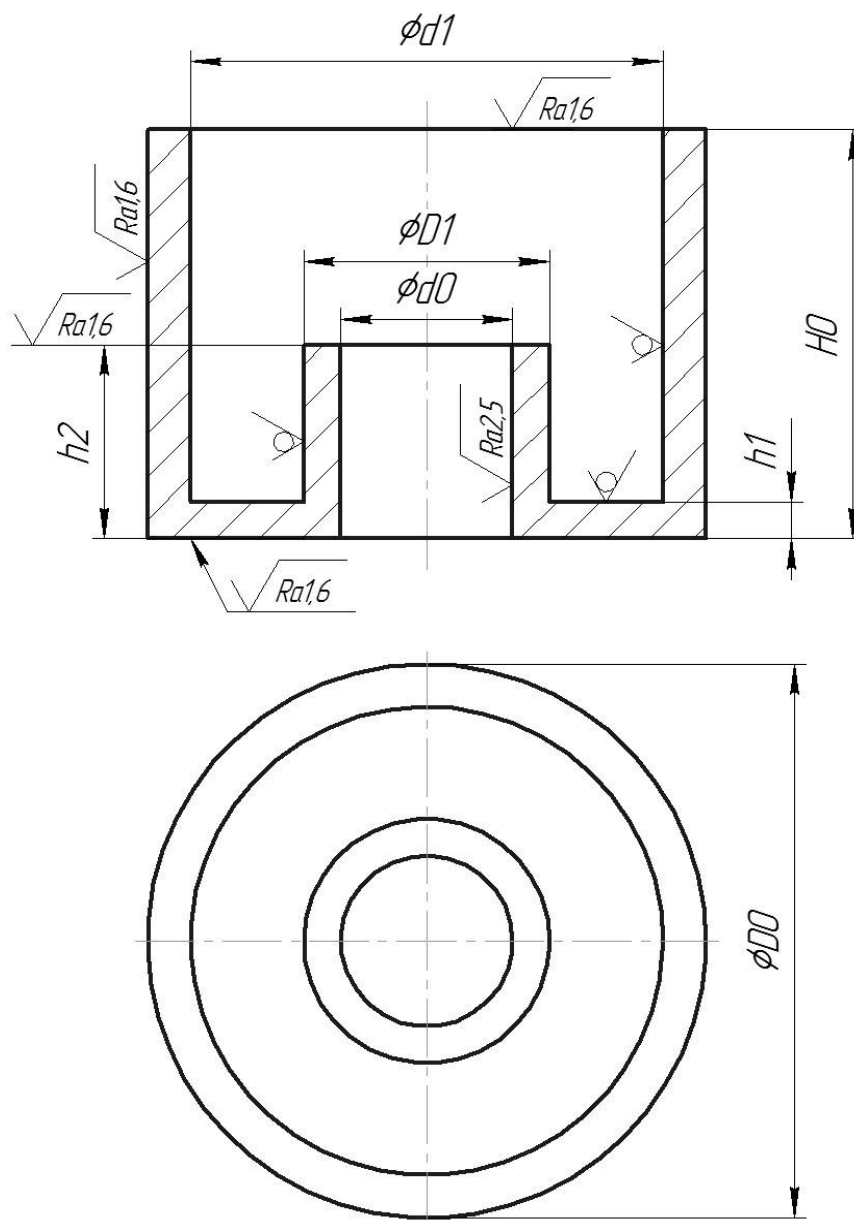
Литература

1. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку: ГОСТ 26645-85 – М.: Издательство стандартов, 1990. – 55 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

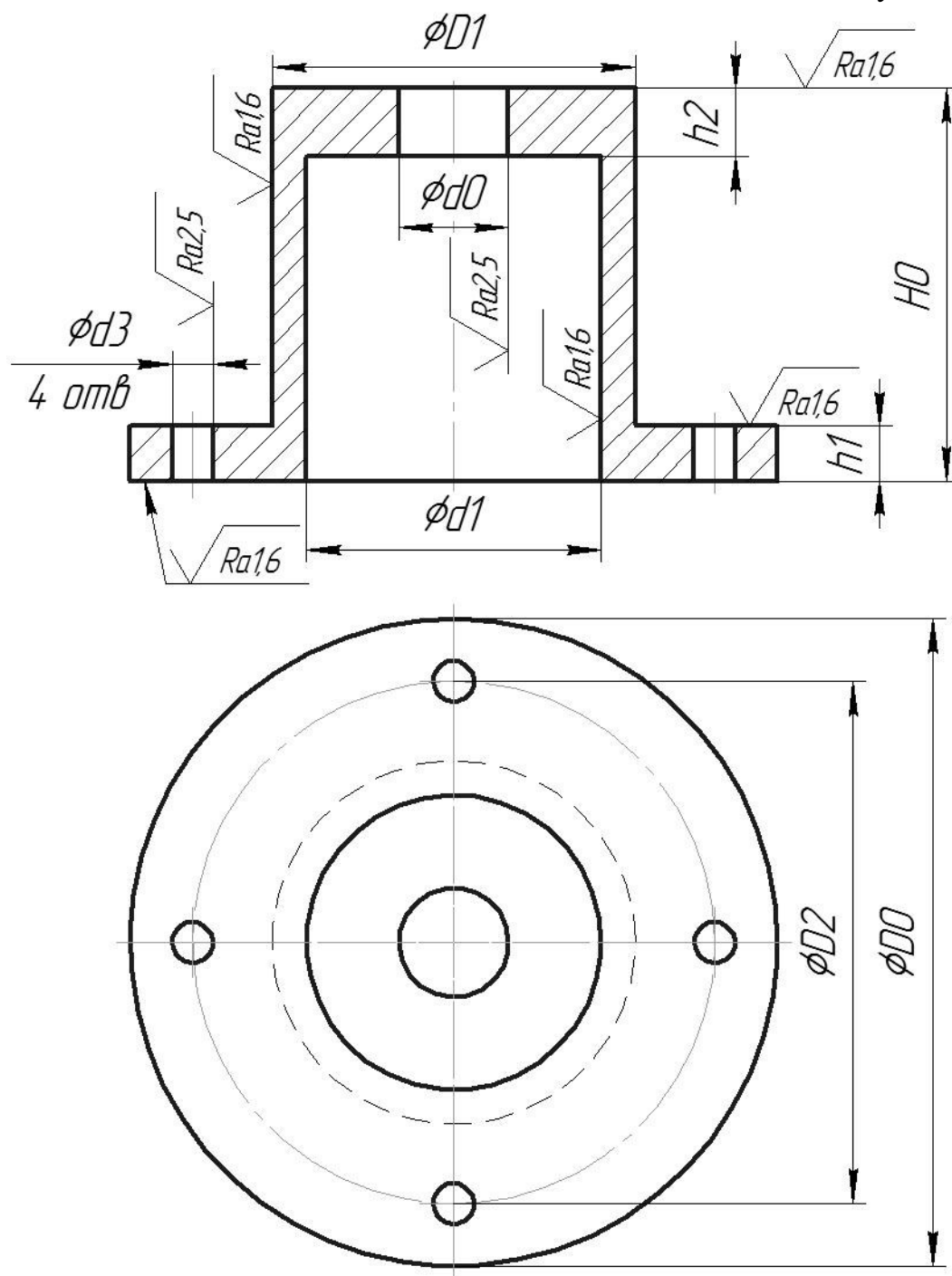
Индивидуальные задания для выполнения лабораторной работы

Рисунок 1 - Стакан



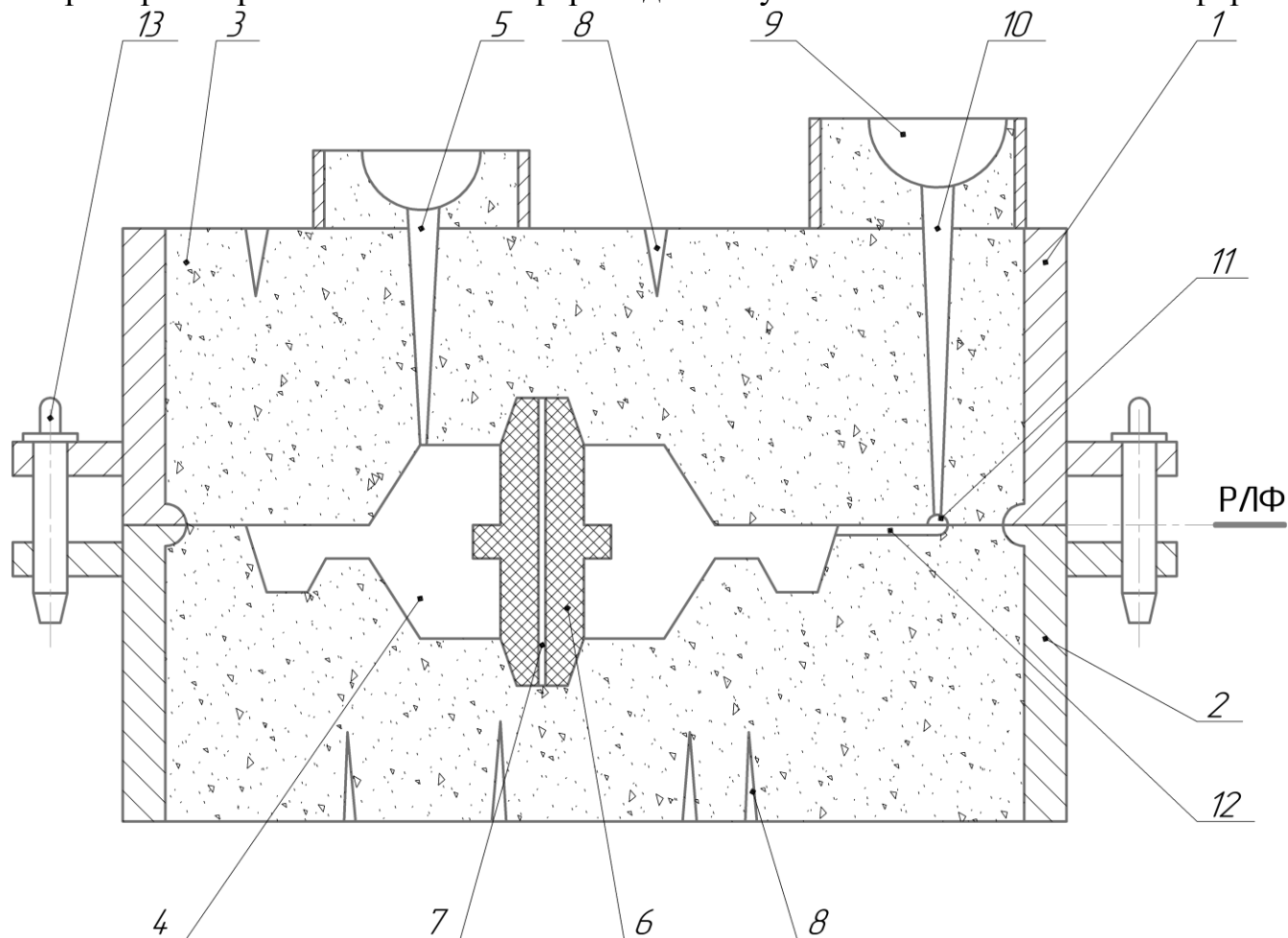
	$H_0, \text{мм}$	$h_1, \text{мм}$	$h_2, \text{мм}$	$D_0, \text{мм}$	$D_1, \text{мм}$	$d_0, \text{мм}$	$d_1, \text{мм}$
1	80	7	20	$\varnothing 100f7$	$\varnothing 40$	$\varnothing 30H6$	$\varnothing 90$
2	120	12	35	$\varnothing 180f7$	$\varnothing 65$	$\varnothing 50H6$	$\varnothing 160$
3	130	18	40	$\varnothing 200$	$\varnothing 70$	$\varnothing 50$	$\varnothing 180$
4	100	14	30	$\varnothing 140$	$\varnothing 50$	$\varnothing 32$	$\varnothing 120$

Рисунок 2 - Корпус



	D_0, MM	D_1, MM	D_2, MM	d_0, MM	d_1, MM	d_3, MM	H_0, MM	h_1, MM	h_2, MM
1	$\varnothing 118h3$	$\varnothing 90g4$	$\varnothing 100$	$\varnothing 20H6$	$\varnothing 80H8$	$\varnothing 6$	100	8	12
2	$\varnothing 200h3$	$\varnothing 140g4$	$\varnothing 170$	$\varnothing 40H6$	$\varnothing 125H8$	$\varnothing 8$	130	10	14
3	$\varnothing 160$	$\varnothing 100$	$\varnothing 140$	$\varnothing 60$	$\varnothing 86$	$\varnothing 8$	110	10	14
4	$\varnothing 220h7$	$\varnothing 160$	$\varnothing 190$	$\varnothing 70$	$\varnothing 130$	$\varnothing 10$	150	12	20

Пример изображения литейной формы для получения отливок в земляных формах



1 – опока верхней полуформы; 2 – опока нижней полуформы; 3 – формовочная смесь; 4 – полость литейной формы для получения отливки; 5 – выпор, предназначенный для вывода газов из формы при заливке, контроля степени заполнения формы расплавленным металлом и для слива избыточного холодного металла из верхней части полости формы; 6 – стержень для формирования внутренней полости отливки; 7 – вентиляционный канал стержня для выхода газов; 8 – наколы в формовочной смеси для обеспечения газопроницаемости литейной формы; 9 – литниковая чаша; 10 – стояк; 11 – шлакоуловитель; 12 – питатель; 13 – центрирующие стержни для предотвращения взаимного смещения полуформ (исключения перекоса отливки).

РЛФ – разъем литейной формы.

Составители: Андрей Николаевич Парфиевич
Виктор Александрович Сокол
Юрий Николаевич Саливончик
Сергей Васильевич Савчук

Методические указания

к лабораторной работе по курсу «Проектирование и производство заготовок»
по теме «**Анализ качества и проектирование заготовок,
получаемых литьём в земляные формы**»
для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения»
дневной и заочной форм обучения

Ответственный за выпуск: Парфиевич А.Н.
Редактор: Митлошук М.А.
Компьютерная вёрстка: Соколюк А.П.
Корректор:

Подписано к печати 2022г. Формат 60×84 1/16. Бумага писчая. Усл. п. л. . . . Уч. изд.
л. . . . Тираж 30 экз. Заказ № Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Брестский государственный технический университет». 224017 г. Брест, ул. Мос-
ковская, 267

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА МАШИНОСТРОЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ

Методические указания

к лабораторной работе по курсу
«Проектирование и производство заготовок»
по теме **«Анализ качества и проектирование заготовок,
получаемых литьём в кокиль»**
для студентов специальности 1-36 01 01
«Технология машиностроения»
дневной и заочной форм обучения

В методических указаниях приведены основные теоретические сведения по теме «Анализ качества и проектирование заготовок, получаемых литьём в кокиль», приведены подробные рекомендации по выполнению лабораторной работы на данную тему, а также требования к содержанию и оформлению отчета. Методические указания предназначены для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» дневной и заочной форм обучения.

Составители: А. Н. Парфиевич, к. т. н., доцент, декан факультета
электронно-информационных систем;
В. А. Сокол, ст. преп. кафедры машиностроения и эксплуатации
автомобилей;
Ю. Н. Саливончик, ст. преп. кафедры машиностроения
и эксплуатации автомобилей;
С. В. Савчук, к. т. н., доцент кафедры машиностроения
и эксплуатации автомобилей

Рецензент: Д. С. Ларченко, технический директор ООО «Машиностроительное
предприятие «КОМПО»»

ТЕМА: АНАЛИЗ КАЧЕСТВА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК, ПОЛУЧАЕМЫХ ЛИТЬЁМ В КОКИЛЬ

Цель работы: приобретение практических навыков анализа качества (точности основных размеров и состояния поверхностей) заготовок, получаемых литьём в кокиль, и освоение метода их проектирования.

Работа рассчитана на четыре академических часа.

Основные положения

Литье в кокиль – это процесс получения отливок свободной (под действием сил тяжести) заливкой расплавленного металла в металлические формы.

Литье в кокиль нашло применение в производстве фасонных отливок из алюминиевых, магниевых, цинковых, медных сплавов, реже – чугуна и стали. Масса отливок – от десятков грамм до сотен килограмм. Конструкции отливок, получаемых в кокиль, разнообразны.

Процесс изготовления отливки в кокилях состоит из следующих операций:

1. Подготовка кокилей (очистка, нагрев, нанесение облицовки и краски).
2. Сборка кокилей (установка стержней, закрытие и закрепление частей кокиля).

3. Заливка жидким металлом.

4. Удаление отливок из кокиля после охлаждения.

5. Обрубка, очистка, термообработка (при необходимости).

Преимущества кокильного литья по сравнению с литьём в песчаные формы:

1. Многократное использование.
2. Значительное повышение чистоты и точности отливок.
3. Повышение механической прочности поверхностного слоя отливок.
4. Увеличение выхода годного литья.
5. Повышение производительности труда.
6. Экономия производственной площади.
7. Снижение стоимости отливок.
8. Улучшение санитарно-гигиенических условий труда.

Ограничения:

1. Высокая стоимость кокилей.
2. Сравнительно небольшая стойкость (для стали и чугуна).
3. Сложность получения тонкостенных отливок из-за большой теплопроводности кокилей и связанной с этим быстрой кристаллизации металла.

По конструкции кокили могут быть неразъемными (вытряхными) и разъемными с вертикальной, горизонтальной или сложной поверхностью разъема. Классический кокиль состоит из двух полуформ. Полуформы взаимно центрируются по направляющим штырям и втулкам. Основные элементы кокиля обычно изготавливают из стали, реже – из чугуна.

Полости и отверстия в отливке могут быть выполнены металлическими или песчаными стержнями.

По конфигурации наружной и внутренней поверхностей все кокильные отливки можно разделить на 7 групп (рисунок 1):

1. Простые отливки, изготавливаемые без стержней, легко удаляемые из формы.

2. Простые отливки, имеющие на поверхности ребра и выступы, изготавливаемые без стержней, легко удаляемые из формы.

3. Простые отливки, изготавливаемые с песчаным стержнем, легко удаляемые из формы.

4. Отливки со сложным контуром, изготавливаемые с несколькими стержнями.

5. Отливки с фасонным контуром, изготавливаемые с одним или несколькими стержнями.

6. Отливки с фигурным контуром, изготавливаемые с песчаными стержнями, имеющие симметрично расположенные фланцы, ребра и бобышки.

7. Отливки со сложным контуром. Кокиль имеет несколько плоскостей разъема (горизонтальных и вертикальных).

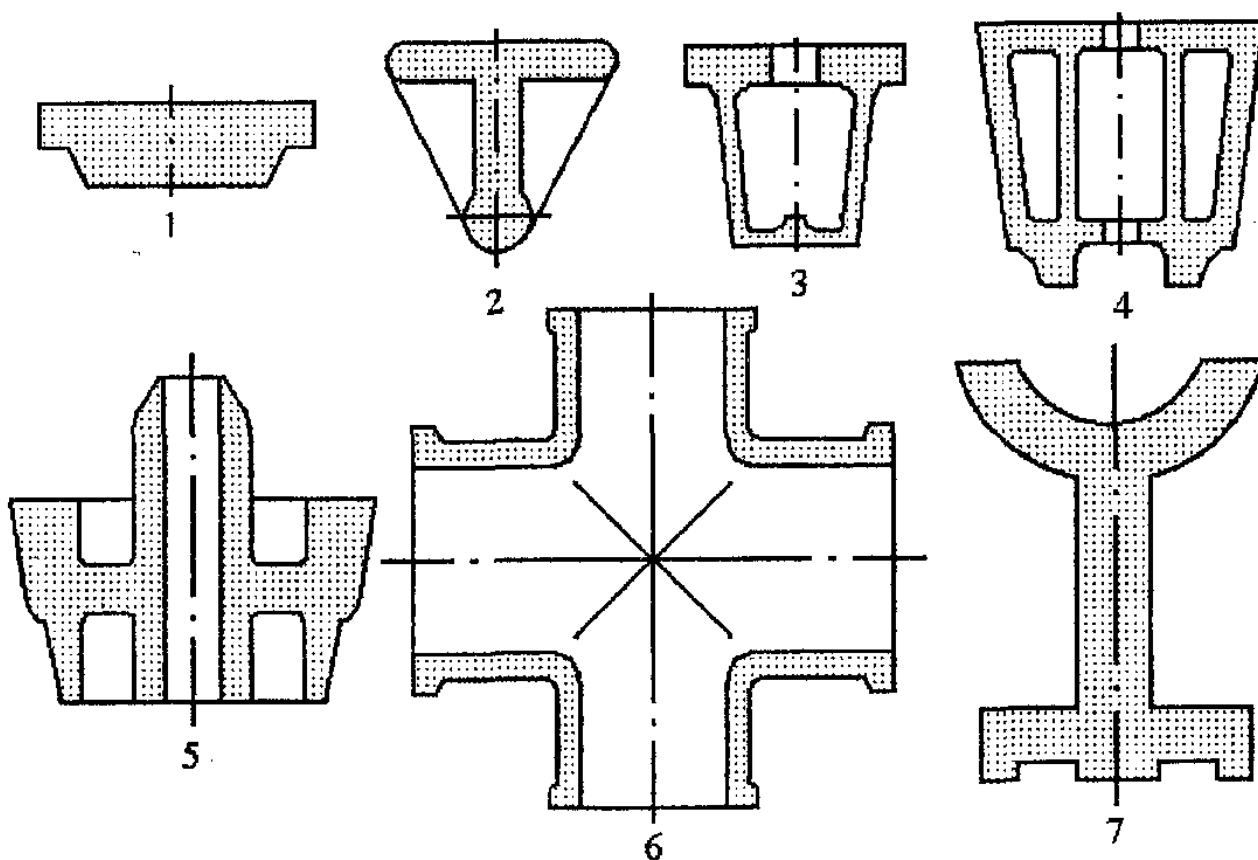


Рисунок 1 – Примеры кокильных отливок

Методические указания

При проектировании отливки, получаемой литьем в кокиль, следует придерживаться следующих требований:

1. Отливка должна иметь простую форму без выступов, острых углов.

2. Габаритные размеры отливки должны быть как можно меньшими.

3. Разъем кокиля должен быть плоским.

4. Число разъемов формы и число стержней должно быть минимальным.

5. Толщина стенок при литье стальных отливок должна быть не менее 10..12 мм.

6. Минимальные размеры отверстий, получаемых при литье:

- чугун – $d_{\min} = 10$ мм;
- сталь – $d_{\min} = 12$ мм;
- алюминиевые сплавы – $d_{\min} = 8$ мм.

Важным элементом проектирования отливки является выбор положения отливки в форме и разъема кокиля. От правильности выбора зависит качество отливок и трудоемкость их изготовления, а также и стойкость кокиля.

Положение отливки в кокиле и поверхности его разъема определяют с учетом следующих условий:

- направленного затвердевания каждого элемента отливки;
- удобного для обработки резанием расположения базовых и установочных поверхностей;
- максимального использования металлических стержней;
- легкой установки и надежной фиксации в кокиле песчаных стержней;
- легкого извлечения из кокиля отливки.

Начинать разработку чертежа отливки следует с назначения точности отливки по ГОСТ 26645-85. Точность отливки характеризуется:

- классом размерной точности (таблица 9 [1]);
- степенью коробления (таблица 10 [1]);
- степенью точности поверхностей отливок (таблица 11 [1]);
- классом точности массы (таблица 13 [1]).

После назначения точности отливки необходимо назначить припуски на механическую обработку, допуски по ГОСТ 26645-85, формовочные уклоны, сопряжения между стенками отливки, составить технические требования к отливке и выполнить чертеж отливки.

Общие припуски назначаются в зависимости от общих допусков на элементы отливок, вида окончательной механической обработки и порядкового номера ряда припусков на отливки.

Общие допуски (таблица 16 [1]) зависят от допусков линейных размеров отливок (таблица 1 [1]) и допусков формы и расположения поверхностей элементов отливок (таблица 2 [1]). В свою очередь, допуски линейных размеров зависят от интервала номинальных размеров заготовки и номера класса размерной точности, допуски формы и расположения элементов отливки зависят от номинальных размеров элементов отливок и соответствующей степени коробления элементов отливок. Ряд припусков (таблица 14 [1]) на обработку отливок определяется на основании порядкового номера степени точности поверхности. Класс размерной точности отливок, степень коробления элементов отливок, степени точности поверхностей отливок, классы точности массы отливок зависят от технологического процесса литья, габаритов отливок и типа сплава и выбираются по таблицам ГОСТ 26645-85. Номинальный размер отливки следует принимать равным номинальному размеру детали для необрабатываемых поверхностей и сумме среднего размера и общего припуска на обработку – для обрабатываемых поверхностей. При определении номинальных размеров отливок учитывают технологические допуски. Номинальную массу отливки следует принимать равной массе отливки с номинальными размерами.

На чертеже отливки следует указывать измерительные базы и базы первоначальной обработки. Допуски линейных размеров отливок, изменяемых и неизменяемых обработкой (без учета допусков формы и расположения поверхностей отливок), должны в зависимости от интервала номинальных размеров и класса точности отливки соответствовать таблице 1 [1]. Допуски формы и расположения поверхностей отливок (отклонения от прямолинейности, плоскостности, параллельности, перпендикулярности, заданного профиля) в диаметральном выражении должны соответствовать допускам, указанным в таблице 2 [1]. Они назначаются в зависимости от степени коробления элементов отливок и номинальных размеров элементов отливок. На основании допусков линейных размеров и допусков формы и расположения поверхностей отливок по таблице 16 [1] определяются общие допуски элементов отливок, которые необходимы для определения общего припуска на сторону (таблица 6 [1]). На чертеже заготовки в технических условиях указываются допуски круглости, соосности, симметричности, пересечения осей, позиционные допуски в диаметральном выражении. Они не должны превышать допуски на размеры, указанные в таблице 1 [1]. Допуск смещения отливки по плоскости разъема указывается в обозначении точности отливки и должен находиться на уровне класса (таблица 1 [1]) размерной точности номинального размера наиболее точной из стенок отливки, выходящей на разъем или пересекающей его. Допуски неровностей поверхностей отливок выбираются в зависимости от степеней точности поверхностей отливок (таблица 3 [1]) и указываются в технических условиях на отливку. Для обрабатываемых поверхностей отливок установлено симметричное расположение полей допусков, для необрабатываемых поверхностей допускается симметричное и несимметричное расположения полей допусков размеров, формы, расположения. Допуски массы должны соответствовать значениям, указанным в таблице 4 [1]. Устанавливается симметричное расположение поля допуска массы относительно номинальной массы.

Минимальный литейный припуск на обработку поверхности назначают в соответствии с таблицей 5 [1] для устранения неровностей и дефектов литой поверхности и уменьшения шероховатости при отсутствии необходимости в повышении точности размеров, формы и расположения обрабатываемой поверхности. Общие припуски назначают по таблице 6 [1] согласно полным значениям общих допусков с целью повышения точности обрабатываемого элемента отливки.

Общие припуски на поверхность вращения и противоположные поверхности, используемые в качестве баз при их обработке, назначают по половинным значениям общих допусков отливки.

Значения общего припуска для каждого интервала общих допусков, расположенные в разных строках таблицы 6 [1] и соответствующие черновой, получистовой, чистовой и тонкой обработкам, выбирают в зависимости от соотношений требуемых параметров точности обработанной поверхности детали и исходных параметров точности отливки, которые приведены в таблице 7, 8 [1]. Этим требованием фактически определяется последовательность обработки каждой поверхности отливки.

В технических требованиях чертежа отливки или детали с нанесенными размерами отливки должны быть указаны нормы точности отливки в следующем порядке:

- класс размерной точности, который выбирается в зависимости от технологического процесса литья, габаритов отливки и типа сплава (приложение 1, таблица 9 [1]);

- степень коробления, которая назначается в зависимости от отношения размеров элементов отливок, типа литейных форм получения отливки и ее термообработки (приложение 2, таблица 10 [1]);

- степень точности поверхностей отливок, которая назначается в зависимости от технологического процесса литья, габаритов отливки, типа сплава (таблица 1 [1]);

- класс точности массы, который выбирается в зависимости от технологического процесса литья, номинальной массы отливки, типа сплава (таблица 13 [1]);

- допуск смещения отливки, который должен находиться на уровне допуска размерной точности соответствующего класса отливки (таблица 1 [1]).

Пример условного обозначения точности отливки 8-го класса размерной точности, 5-й степени коробления, 4-й степени точности поверхностей, 7-го класса точности массы с допуском смещения 0,8 мм:

Точность отливки 8-5-4-7 См 0,8 ГОСТ 26645-85.

Ненормируемые показатели точности отливок заменяются нулями, а обозначения смещения отсутствуют, например:

Точность отливки 8-0-0-7 ГОСТ 26645-85.

В технических требованиях чертежа отливки и детали с нанесенными размерами отливки должны быть указаны в нижеприведенном порядке значения номинальных масс детали, припусков на обработку, технических напусков и массы отливки.

Пример обозначения номинальных масс, равных: для детали – 20,35 кг, для припусков на обработку – 3,15 кг, для технологических напусков – 1,35 кг, для отливки – 24,85 кг:

Масса 20,35-3,15-1,35-24,85 ГОСТ 26645-85.

Для необрабатываемых отливок или при отсутствии технологических напусков соответствующие величины обозначают «0», например:

Масса 20,35-0-0-20,35 ГОСТ 26645-85;

Масса 20,35-0-1,35-20,7 ГОСТ 26645-85.

В технических требованиях чертежа литой детали указывают только массу детали.

В технических требованиях на заготовку указывается допуск массы отливки (таблица 4 [1]) в процентах от номинальной массы отливок.

После определения припусков и допусков на поверхности отливок вычерчивается заготовка с учетом требований ГОСТ 3.1125-88.

После нанесения на чертеж отливки всех конструктивных элементов и размеров составляются технические требования, которые должны являться основным документом по контролю качества отливки и ее приемки у заготовительного цеха.

Для выполнения работы студенту выдается чертеж детали и 3–5 заготовок этой детали, изготовленных литьем в кокиль, а также чертеж детали другого типоразмера, для которой необходимо разработать чертеж заготовки, получаемой этим же способом.

Для анализа качества имеющихся заготовок следует произвести измерения их основных размеров (наружных и внутренних диаметров, толщины стенок, габаритных размеров, смещения осей и др.).

Вид и количество измеряемых параметров устанавливается индивидуально (по согласованию с преподавателем) в зависимости от служебного назначения, конструктивной формы и требований к точности изготовления.

Состояние характерных поверхностей отливок оценивается по наличию трещин, сквозных раковин, рыхлот, шлаковых включений и других дефектов.

Кроме того, нужно приближенно оценить шероховатость этих поверхностей заготовок в сравнении с образцами.

При этом должны быть рассмотрены:

- поверхности, которые предполагается использовать в качестве баз при механической обработке;
- обрабатываемые при изготовлении детали поверхности;
- поверхности, не подвергающиеся обработке, т. е. оставляемые в «черном виде»;
- поверхности, характеризующиеся положением их при отливке (нижние, верхние, боковые).

Следует охарактеризовать возможное влияние точности и состояния поверхностей анализируемых заготовок на механическую обработку и качество готовой детали, а также определить, могут ли выявленные дефекты быть допущены (по техническим требованиям) или заготовки должны быть забракованы.

Порядок выполнения работы

1. Согласно варианту задания (см. приложение 1), изучить конструкцию детали, выбрать плоскость разъема кокиля.
2. Определить поверхности детали, для которых необходимо назначить припуски на механическую обработку.
3. Определить по таблице 9 [1] класс размерной точности.
4. Определить по таблице 11 [1] степень точности поверхности отливок.
5. Назначить по таблице 10 [1] степень коробления отливки.
6. На основании данных таблицы 13 [1] определить класс точности массы отливки.
7. В зависимости от номинальных размеров детали и класса размерной точности отливки определить допуски линейных размеров отливок (таблица 1 [1]).

8. В зависимости от степени коробления отливки по таблице 2 [1] определить допуск формы и расположения элементов отливки.

9. В зависимости от допусков размеров и допуска формы и расположения по таблице 16 [1] определить общий допуск элементов отливки.

10. В зависимости от степени точности поверхности по таблице 14 [1] определить ряд припусков.

11. По таблице 6 [1] в зависимости от общего допуска и ряда припусков определить общий припуск.

12. Определить допуск массы по таблице 4 [1].

13. Выполнить чертеж отливки; указать припуски, допуски, литейные уклоны, радиусы закруглений; составить технические условия на выполнение чертежа отливки.

14. Произвести оценку состояния характерных поверхностей заготовок по выбранным критериям.

15. Составить отчет.

Содержание отчёта

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Чертеж детали с указанием размеров.
4. Чертеж заготовки с указанием припусков, размеров, допусков на размеры.
5. Назначение технических требований на отливку.
6. Анализ качества заготовок.
7. Выводы.

Контрольные вопросы

1. В чем преимущества и недостатки кокильного литья?
2. На какие группы по конфигурации наружной и внутренней поверхностей делятся кокильные отливки?
3. Как назначается класс точности отливок по размерам и массе (ГОСТ 26645-85)?
4. Как определяется степень коробления отливки?
5. Как определяется ряд припусков на механическую обработку?
6. Как определяются общие припуски на механическую обработку?

Литература

1. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку: ГОСТ 26645-85 – М. : Издательство стандартов, 1990. – 55 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Индивидуальные задания для выполнения лабораторной работы

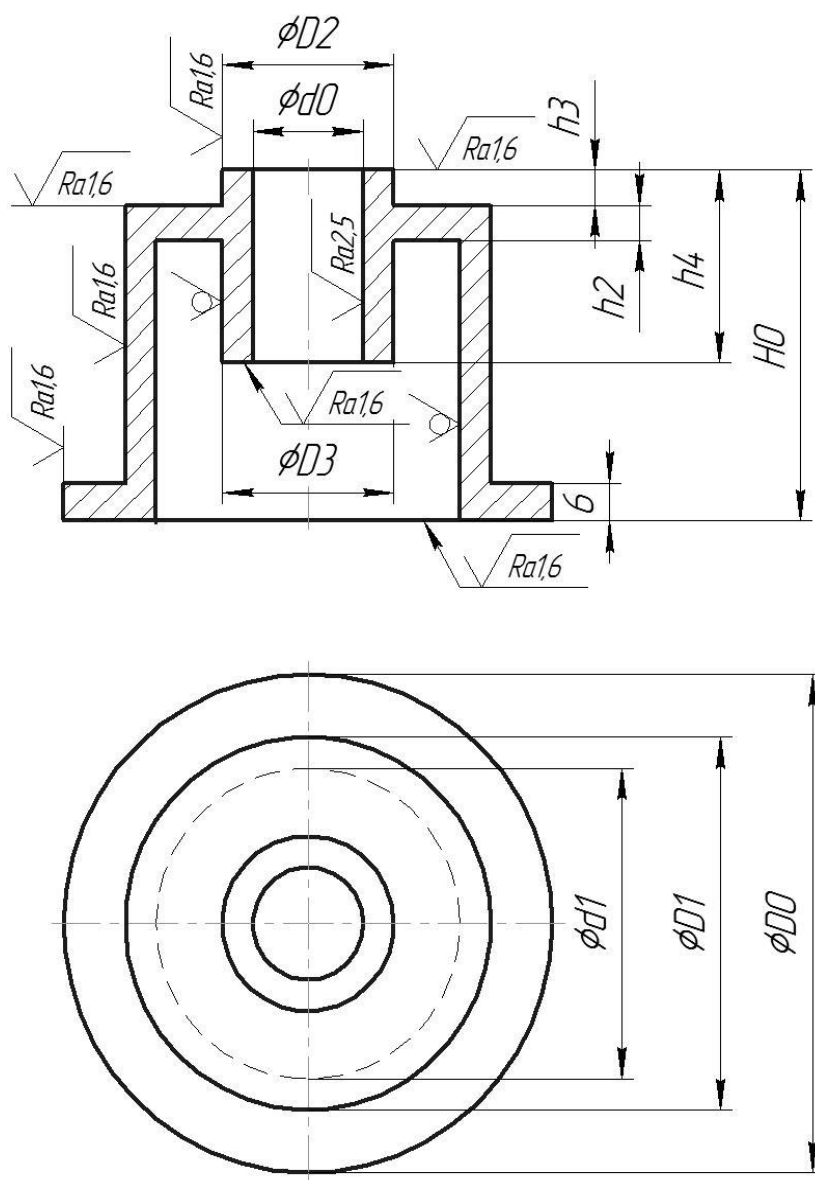


Рисунок 1 – Втулка

	$D_0, \text{мм}$	$D_1, \text{мм}$	$D_2, \text{мм}$	$D_3, \text{мм}$	$d_0, \text{мм}$	$d_1, \text{мм}$	$H_0, \text{мм}$	$h_1, \text{мм}$	$h_2, \text{мм}$	$h_3, \text{мм}$	$h_4, \text{мм}$
1	180f6	130	50	50	26H7	118	120	12	10	16	50
2	270f6	220	70	70	46H7	196	180	16	12	24	70
3	250f6	190	60	60	40H7	170	160	14	16	20	60
4	200	160	56	56	30	140	130	12	14	10	60

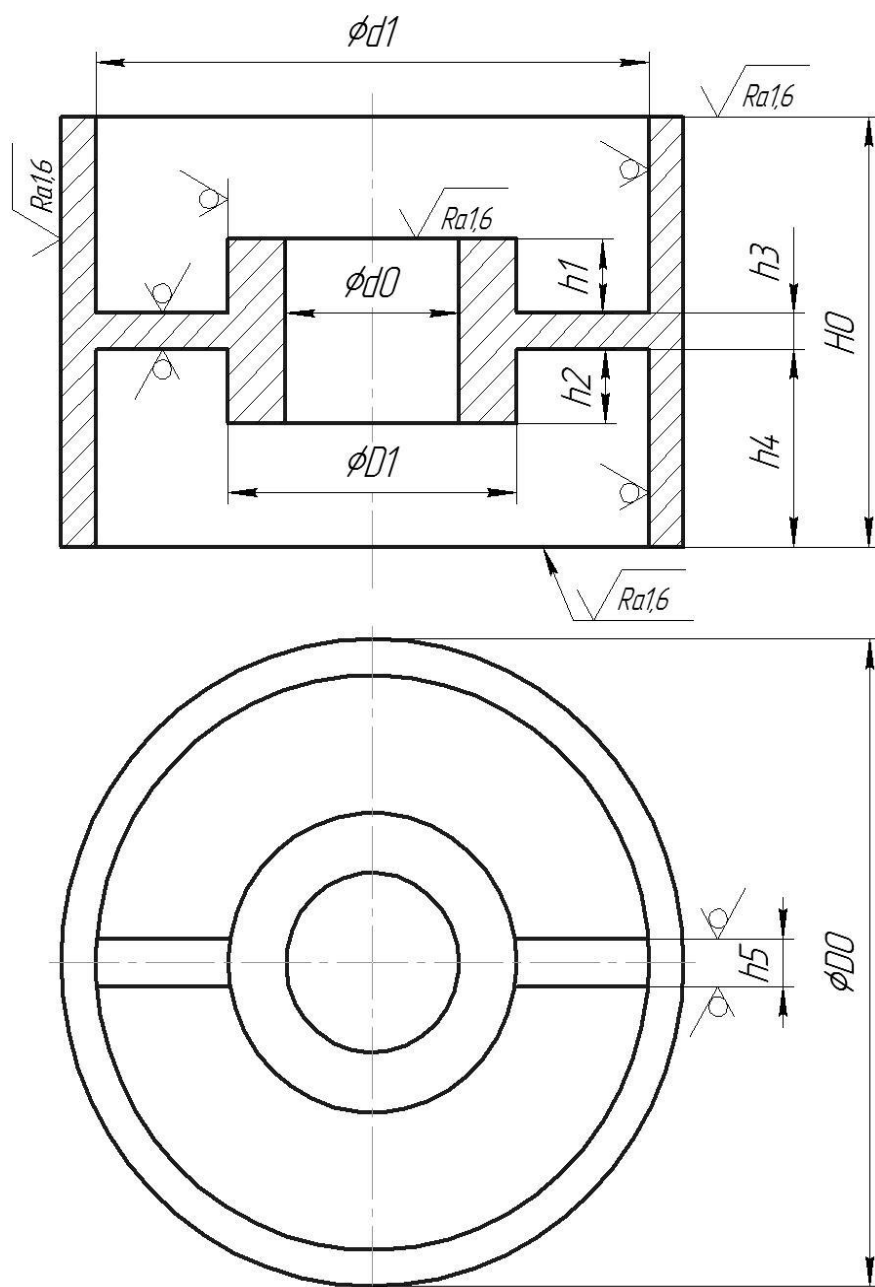


Рисунок 2 – Шкив

	$D_0, \text{мм}$	$D_1, \text{мм}$	$d_0, \text{мм}$	$d_1, \text{мм}$	$H_0, \text{мм}$	$h_1, \text{мм}$	$h_2, \text{мм}$	$h_3, \text{мм}$	$h_4, \text{мм}$	$h_5, \text{мм}$
1	116h6	40	25h7	100	86	10	10	8	35	10
2	254h6	60	40h7	236	128	16	16	12	58	16
3	280	70	50	252	144	20	20	14	65	20
4	300	60	40	268	158	30	30	18	70	30

Учебное издание

Составители:

Парфиевич Андрей Николаевич

Сокол Виктор Александрович

Саливончик Юрий Николаевич

Савчук Сергей Васильевич

Методические указания

к лабораторной работе по курсу
«Проектирование и производство заготовок»
по теме «**Анализ качества и проектирование заготовок,
получаемых литьём в кокиль**»
для студентов специальности 1-36 01 01
«Технология машиностроения»
дневной и заочной форм обучения

Ответственный за выпуск: Парфиевич А. Н.

Редактор: Винник Н. С.

Компьютерная вёрстка: Соколюк А. П.

Корректор: Дударук С. А.

Подписано в печать 08.05.2024 г. Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага «Performer».
Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 0,69. Уч. изд. л. 0,75. Заказ № 456. Тираж 30 экз.
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/235 от 24.03.2014 г.

РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Перечень вопросов к зачёту по дисциплине «Проектирование и производство заготовок»

1. Значение дисциплины «Проектирование и производство заготовок» и её место в учебном плане подготовки инженеров по специальности. Предмет, цели и задачи курса.
2. Развитие и современное состояние технологии формообразования заготовок изделий.
3. Основные операции техпроцесса получения заготовок литьем в песчано-глинистые формы. Его достоинства, недостатки, области применения.
4. Элементы песчано-глинистой литейной формы, их назначение и разновидности.
5. Элементы комплекта технологической оснастки для литья в песчано-глинистые формы.
6. Компоненты смесей для изготовления литейных форм, их свойства. Приготовление смесей.
7. Разновидности связующих и дополнительных компонентов песчано-глинистых формовочных смесей, их свойства и области применения.
8. Стержневые смеси, их свойства и области применения.
9. Методы и схемы формовки песчано-глинистых литейных форм.
10. Средства механизации и автоматизации изготовления песчано-глинистых литейных форм.
11. Основные дефекты отливок, полученных в песчано-глинистых литейных формах. Способы их устранения.
12. Принципы проектирования отливок, получаемых в песчано-глинистых формах. Правила оформления чертежей отливок.
13. Назначение, состав элементов, разновидности литниковых систем песчано-глинистой формы и основные принципы их конструирования. Факторы, влияющие на их выбор.
14. Особенности литья в кокиль. Его достоинства, недостатки, области применения.
15. Разновидности кокилей и кокильных машин. Конструктивные элементы кокилей.
16. Особенности литейных свойств железо - углеродистых и цветных сплавов при литье в кокиль. Дефекты отливок, получаемых литьем в кокиль.
17. Принципы проектирования отливок, получаемых литьем в кокиль.
18. Особенности литья под давлением. Его достоинства, недостатки, области применения.
19. Разновидности прессформ и машин для литья под давлением.
20. Особенности центробежного литья. Его достоинства, недостатки, области применения. Оборудование для центробежного литья.
21. Особенности литья по выплавляемым моделям. Его достоинства, недостатки, области применения.

22. Особенности литья в оболочковые формы. Его достоинства, недостатки, области применения.

23. Штамповка жидкого металла. Сущность процесса, достоинства, недостатки, область применения.

24. Способы получения проката. Разновидности применяемого оборудования и инструментов. Область применения заготовок из проката.

25. Современные способы резки проката.

26. Разновидности горячей объемной штамповки. Характеристики обрабатываемых материалов.

27. Особенности штамповки на кривошипных горячештамповочных прессах, разновидности штампов.

28. Особенности штамповки на горизонтально-ковочных машинах.

29. Принципы проектирования поковок, получаемых горячей объемной штамповкой. Правила оформления чертежей поковок.

30. Сущность основных операций холодной листовой и объемной штамповки.

31. Сущность получения заготовок методами порошковой металлургии. Преимущества и недостатки получаемых заготовок.

32. Сущность основных способов получения сварных заготовок. Их преимущества, недостатки, области рационального применения.

33. Техничко-экономическое обоснование выбора заготовки.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

_____ 2024

Регистрационный № УД-_____/уч.

Проектирование и производство заготовок

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности

6-05-0714-02 Технология машиностроения, металлорежущие станки
и инструменты

профилизация
Технология машиностроения

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 6-05-0714-02-2023, и учебных планов специальности и специализации.

СОСТАВИТЕЛИ:

Сокол В.А., старший преподаватель кафедры машиностроения и эксплуатации автомобилей;

Парфиевич А.Н., декан факультета электронно-информационных систем, кандидат технических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Ларченко Д.С., технический директор ООО «Машиностроительное предприятие «КОМПО»»;

Горбунов В.П., доцент кафедры машиноведения учреждения образования «Брестский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой машиностроения и эксплуатации автомобилей

Заведующий кафедрой С.В. Монтик

(протокол № 3 от 07.10.2024);

Методической комиссией машиностроительного факультета

Председатель методической комиссии В.П. Горбунов

(протокол № _____ от _____ 2024);

Научно-методическим советом БрГТУ (протокол № _____ от _____ 2024)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Место учебной дисциплины

Актуальность дисциплины «Проектирование и производство заготовок» определяется тем, что в ней рассматриваются производственные процессы получения заготовок для деталей машиностроения, методики проектирования заготовок, получаемых различными технологическими методами. Владение данными и навыками их использования является неотъемлемой частью компетенций инженера по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». Указанная дисциплина входит в модуль «Проектирование технологических процессов в машиностроении» компонента учреждения высшего образования учебного плана БрГТУ для специальности 6-05-0714-02 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты», который изучается на 2 курсе в 4 семестре студентами дневной формы получения образования и на 2 курсе в 4 семестре студентами заочной формы получения образования на основе среднего специального образования.

Цель преподавания учебной дисциплины: изучение производственных процессов получения заготовок для деталей машиностроения, технической и справочной литературы, методик проектирования заготовок, получаемых различными технологическими методами, практического проектирования заготовок для заданных деталей.

Задачи учебной дисциплины является формирование у обучающихся знаний и навыков:

- по принципам выбора заготовок деталей машин для заданных условий эксплуатации и производства деталей;
- по возможностям различных методов получения заготовок;
- по современным процессам производства заготовок для деталей машиностроения;
- по выполнению обоснованного выбора заготовки для заданных условий её эксплуатации и производства;
- по выполнению расчётов припусков и допусков для поверхностей заготовки;
- по разработке и оформлению чертежа заготовки для различных методов её получения.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:
знать:

- принципы выбора заготовок деталей машин для заданных условий эксплуатации и производства деталей;
 - возможности различных методов получения заготовок;
 - основные направления развития методов получения заготовок;
- уметь:
- выполнять обоснованный выбор заготовки детали для заданных условий её эксплуатации и производства;
 - выполнять расчёт припусков и допусков для поверхностей заготовки;

- разрабатывать и оформлять чертеж заготовки для различных методов ее получения;
- владеть:
 - методологией проектирования различных видов заготовок деталей машин;
 - навыками и техническими средствами оценки качества заготовок в производственных условиях;
 - методами экономического обоснования рационального вида заготовки для заданных условий производства.

Для освоения дисциплины «Проектирование и производство заготовок» необходимы знания следующих дисциплин: «Математика», «Физика», «Химия», «Теоретическая механика», «Информатика», «Механика материалов», «Технология конструкционных материалов», «Инженерная графика», «Нормирование точности и технические измерения», «3D моделирование». Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины «Проектирование и производство заготовок» необходимы для усвоения следующих учебных дисциплин: «Металлорежущие станки», «Технология машиностроения», «Технологическая оснастка», «Конструирование и расчёт станков».

Освоение учебной дисциплины «Проектирование и производство заготовок» должно обеспечить формирование специализированных компетенций:

СК-5: определять методы получения заготовок деталей машин, разрабатывать чертежи заготовок, выбирать методы обработки заготовок, необходимых оборудования и оснастки, производить расчет припусков, режимов резания, числа станков и их загрузки, проведения размерных расчетов техпроцессов.

СК-5.1: применять знания о принципах выбора методов получения заготовок деталей машин для различных условий эксплуатации и производства машин, современных методах получения заготовок для создания и оформления их чертежей.

План учебной дисциплины для дневной формы получения высшего образования

Код специальности (направления специальности)	Наименование специальности (направления специальности)	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект (работу)	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
6-05-0714-02	Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты (Технология машиностроения)	2	4	110	3	68	34	34	-	-	-	Зачёт в 4 семестре

**План учебной дисциплины для заочной формы получения высшего образования
на основе среднего специального образования**

Код специальности (направления специальности)	Наименование специальности (направления специальности)	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект (работу)	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
6-05-0714-02	Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты (Технология машиностроения)	2	4	110	3	16	8	8	-	-	-	Зачёт в 4 семестре

1 СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Учебная дисциплина «Проектирование и производство заготовок» включает в себя четырнадцать основных тем. Темы лекционных занятий приведены в следующих пунктах содержания учебного материала.

1.1 ЛЕКЦИОННЫЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

Тема 1. Цели, задачи и содержание дисциплины «Проектирование и производство заготовок».

Значение дисциплины «Проектирование и производство заготовок» и её место в учебном плане подготовки инженеров по специальности. Предмет, цели и задачи курса. Развитие и современное состояние технологии формообразования заготовок изделий.

Тема 2. Производство заготовок литьём в песчано-глинистые формы.

Основные операции техпроцесса получения заготовок литьём в песчано-глинистые формы. Его достоинства, недостатки, области применения. Элементы песчано-глинистой литейной формы, их назначение и разновидности. Элементы комплекта технологической оснастки для литья в песчано-глинистые формы. Компоненты смесей для изготовления литейных форм, их свойства. Приготовление смесей. Разновидности связующих и дополнительных компонентов песчано-глинистых формовочных смесей, их свойства и области применения. Стержневые смеси, их свойства и области применения. Методы и схемы формовки песчано-глинистых литейных форм. Средства механизации и автоматизации изготовления песчано-глинистых литейных форм. Основные дефекты отливок, полученных в песчано-глинистых литейных формах. Способы их устранения.

Тема 3. Особенности конструирования и оформление чертежей отливок и технические требования для их оформления.

Принципы проектирования отливок, получаемых в песчано-глинистых формах. Правила оформления чертежей отливок. Назначение, состав элементов, разновидности литниковых систем песчано-глинистой формы и основные принципы их конструирования. Факторы, влияющие на их выбор.

Тема 4. Производство заготовок литьём в металлические формы (кокили).

Особенности литья в кокиль. Его достоинства, недостатки, области применения. Разновидности кокилей и кокильных машин. Конструктивные элементы кокилей. Особенности литейных свойств железо - углеродистых и цветных сплавов при литье в кокиль. Дефекты отливок, получаемых литьем в кокиль. Принципы проектирования отливок, получаемых литьем в кокиль.

Тема 5. Производство заготовок литьём под давлением.

Особенности литья под давлением. Его достоинства, недостатки, области применения. Разновидности прессформ и машин для литья под давлением.

Тема 6. Производство заготовок центробежным литьём.

Особенности центробежного литья. Его достоинства, недостатки, области применения. Оборудование для центробежного литья.

Тема 7. Производство заготовок литьём по выплавляемым моделям.

Особенности литья по выплавляемым моделям. Его достоинства, недостатки, области применения.

Тема 8. Производство заготовок литьём в оболочковые формы.

Особенности литья в оболочковые формы. Его достоинства, недостатки, области применения.

Тема 9. Производство заготовок штамповкой жидкого металла.

Штамповка жидкого металла. Сущность процесса, достоинства, недостатки, область применения.

Тема 10. Заготовки из проката.

Способы получения проката. Разновидности применяемого оборудования и инструментов. Область применения заготовок из проката. Современные способы резки проката.

Тема 11. Производство заготовок штамповкой.

Разновидности горячей объемной штамповки. Характеристики обрабатываемых материалов. Особенности штамповки на кривошипных горячештамповочных прессах, разновидности штампов. Особенности штамповки на горизонтально-ковочных машинах. Принципы проектирования поковок, получаемых горячей объемной штамповкой. Правила оформления чертежей поковок. Сущность основных операций холодной листовой и объемной штамповки.

Тема 12. Производство заготовок из порошковых материалов.

Сущность получения заготовок методами порошковой металлургии. Преимущества и недостатки получаемых заготовок.

Тема 13. Сварные заготовки.

Сущность основных способов получения сварных заготовок. Их преимущества, недостатки, области рационального применения.

Тема 14. Техничко-экономическое обоснование выбора заготовки.

Сущестующие методики технико-экономического обоснования выбора метода получения заготовки.

1.2 ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ, ИХ НАЗВАНИЕ

1.2.1 Проектирование заготовок, получаемых литьём в песчано-глинистые формы.

1.2.2 Проектирование заготовок, получаемых литьём в кокиль.

1.2.3 Проектирование заготовок, получаемых свободной ковкой.

1.2.4 Проектирование заготовок, получаемых штамповкой.

1.2.5 Проектирование сварных заготовок.

1.2.6 Проектирование заготовок, получаемых методом порошковой металлургии.

2 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

для дневной формы получения высшего образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самост. работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинарские занятия		
	4 семестр						
1	Цели, задачи и содержание дисциплины «Проектирование и производство заготовок»	1				2	Зачёт
2	Производство заготовок литьём в песчано-глинистые формы	6	6			6	Зачёт Защ.
3	Особенности конструирования и оформление чертежей отливок и технические требования для их оформления	2	4			2	Зачёт Защ.
4	Производство заготовок литьём в металлические формы (кокили)	6	6			6	Зачёт Защ.
5	Производство заготовок литьём под давлением	2				2	Зачёт
6	Производство заготовок центробежным литьём	1				2	Зачёт
7	Производство заготовок литьём по выплавляемым моделям	1				2	Зачёт
8	Производство заготовок литьём в оболочковые формы	1				2	Зачёт
9	Производство заготовок штамповкой жидкого металла	1				2	Зачёт
10	Заготовки из проката	2				2	Зачёт
11	Производство заготовок штамповкой	6	10			8	Зачёт Защ.

12	Производство заготовок из порошковых материалов	2	4			2	Зачёт Защ.
13	Сварные заготовки	2	4			2	Зачёт Защ.
14	Технико-экономическое обоснование выбора заготовки	1				2	Зачёт
	Всего часов в 4 семестре	34	34			42	
	Всего часов по дисциплине	34	34			42	

Расшифровка сокращений форм контроля знаний: защ. – защита лабораторных работ.

2.2 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ для заочной формы получения высшего образования на основе среднего специального образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самост. работы	Форма кон- троля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинарские занятия		
	4 семестр						
1	Цели, задачи и содержание дисциплины «Проектирование и производство заготовок»					6	Зачёт
2	Производство заготовок литьём в песчано-глинистые формы	2	4			8	Зачёт Защ.
3	Особенности конструирования и оформление чертежей отливок и технические требования для их оформления	2				8	Зачёт
4	Производство заготовок литьём в металлические формы (кокили)	2				8	Зачёт
5	Производство заготовок литьём под давлением					6	Зачёт
6	Производство заготовок центробежным литьём					6	Зачёт
7	Производство заготовок литьём по выплавляемым моделям					6	Зачёт
8	Производство заготовок литьём в оболочковые формы					6	Зачёт
9	Производство заготовок штамповкой жидкого металла					6	Зачёт
10	Заготовки из проката					6	Зачёт
11	Производство заготовок штамповкой	2	4			10	Зачёт Защ.
12	Производство заготовок из порошковых материалов					6	Зачёт
13	Сварные заготовки					6	Зачёт
14	Технико-экономическое обоснование выбора заготовки					6	Зачёт
	Всего часов в 4 семестре	8	8			94	
	Всего часов по дисциплине	8	8			94	

Расшифровка сокращений форм контроля знаний: защ. – защита лабораторных работ.

3 ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Перечень литературы (учебной, учебно-методической, научной, нормативной, др.)

Основная

1. Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении / М.Г. Афонькин, В.Б Звягин – Санкт-Петербург: Политехника, 2007. – 380 с.
2. Клименков, С. С. Проектирование заготовок в машиностроении. Практикум: учеб. пособие / С. С. Клименков ; С. С. Клименков. – Мн. : Новое знание, 2013. – 269 с.
3. Основы проектирования заготовок в автоматизированном машиностроении: учебник / С.И. Богодухов [и др.]; под общ. ред. С.И. Богодухова. – Москва: Машиностроение, 2009 – 432 с.
4. Кириллов, Е.С. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / Е.С. Кириллов, В.П. Меринов, А.Г. Схиртладзе. – Старый Оскол: ТНТ, 2015. – 155 с.
5. Клименков, С.С. Проектирование и производство заготовок в машиностроении / С.С. Клименков – Минск: Техноперспектива, 2008. – 407 с.
6. Кондаков А. И., Васильев А. С. «Выбор заготовок в машиностроении». Справочник – М. – Машиностроение, 2007. – 560 с.
7. Харченко В. В. Технологии и оборудование для прессования и штамповки. Учебное пособие. – М.: – Машиностроение, 2008. – 255 с.

Дополнительная

8. Справочник технолога-машиностроителя [Текст] : в 2 т. / редсовет.: В. Ф. Безъязычный [и др.] ; под. ред. А. С. Васильева, А. А. Кутина. – 7-е изд. испр. – Москва : Инновационное машиностроение, 2023. – ISBN 978-5-907523-26-5.
9. Справочник технолога: справочник / А.Г. Суслов, В.Ф. Безъязычный, Б.М. Базров / под. ред. А.Г. Суслова. – М.: Машиностроение, 2019. – 800с. ил.
10. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т./ Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Суслова. 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001.

3.2 Перечень методических указаний и материалов, наглядных и других пособий, технических средств обучения, оборудования для выполнения лабораторных работ

Методические указания

1. Методические указания к лабораторной работе по курсу «Проектирование и производство заготовок» по теме «Анализ качества и проектирование заготовок, получаемых литьём в земляные формы» для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» дневной и заочной форм обучения/

Сост. А. Н. Парфиевич, В. А. Сокол, Ю. Н. Саливончик, С. В. Савчук ; под ред. А. Н. Парфиевича. – Брест.: БрГТУ, 2023.

2. Методические указания к лабораторной работе по курсу «Проектирование и производство заготовок» по теме «Анализ качества и проектирование заготовок, получаемых литьём в кокиль» для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» дневной и заочной форм обучения/ Сост. А. Н. Парфиевич, В. А. Сокол, Ю. Н. Саливончик, С. В. Савчук ; под ред. А. Н. Парфиевича. – Брест.: БрГТУ, 2024.

3. Сборник методических указаний к лабораторно-практическим занятиям по дисциплине "Проектирование и производство заготовок" для студентов специальности 1-36 01 01 "Технология машиностроения" / Министерство образования Республики Беларусь, Брестский государственный технический университет, Кафедра технологии машиностроения ; сост.: А. М. Левданский, Я. В. Кудрицкий. – Брест : БрГТУ, 2007.

3.2. Перечень средств диагностики результатов учебной деятельности:

– контрольный опрос в письменной форме.

В семестре предусмотрена одна текущая аттестация.

Обучающиеся допускаются к промежуточной аттестации по учебной дисциплине при условии успешного прохождения текущей аттестации.

Результаты текущей аттестации учитываются при проведении промежуточной аттестации по учебной дисциплине.

Промежуточная аттестация по учебной дисциплине проводится в форме письменного зачета.

3.3. Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы обучающихся учебной дисциплине

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы в соответствии с п. 3 Положения о самостоятельной работе студентов учреждения образования «Брестский государственный технический университет», утвержденного ректором БрГТУ №56 от 01.06.2020:

– самостоятельное изучение тем лекционного курса по литературным источникам, имеющимся в библиотеке БрГТУ и указанным в разделе 3.1 настоящей программы:

– самостоятельная подготовка к зачёту.

Самостоятельное изучение тем лекционного курса выполняется по следующим литературным источникам:

Номер темы	Название раздела, темы	Номер литературного источника
1	Цели, задачи и содержание дисциплины «Проектирование и производство заготовок»	[1, 2]
2	Производство заготовок литьём в песчано-глинистые формы	[1, 2]
3	Особенности конструирования и оформление чертежей отливок и технические требования для их оформления	[1, 2]
4	Производство заготовок литьём в металлические формы (кокили)	[1, 2]
5	Производство заготовок литьём под давлением	[1, 2]
6	Производство заготовок центробежным литьём	[1, 2]
7	Производство заготовок литьём по выплавляемым моделям	[1, 2]
8	Производство заготовок литьём в оболочковые формы	[1, 2]
9	Производство заготовок штамповкой жидкого металла	[1, 2]
10	Заготовки из проката	[1, 2]
11	Производство заготовок штамповкой	[1, 2]
12	Производство заготовок из порошковых материалов	[1, 2]
13	Сварные заготовки	[1, 2]
14	Технико-экономическое обоснование выбора заготовки	[1, 2]

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1. Технологическая оснастка	МЭА	нет	Рекомендовать к утверждению (протокол №3 от 07.10.2024) Зав. кафедрой МЭА С.В. Монтик
2. Технология машиностроения	МЭА	нет	

Содержание учебной программы
согласовано с выпускающей кафедрой

Заведующий выпускающей кафедрой,
кандидат технических наук, доцент

С.В. Монтик