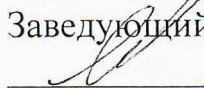


Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»

Машиностроительный факультет
Кафедра «Машиностроение и эксплуатация автомобилей»

СОГЛАСОВАНО

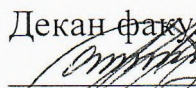
Заведующий кафедрой

 С. В. Монтик

«13» 05 2025 г.

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета

 С. Р. Онысько

«13» 05 2025 г.

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

**«Прогрессивные технологии получения
заготовок деталей машин»**

(название дисциплины)

для специальности:

7-06-0714-02 «Инновационные технологии в машиностроении»

Составитель: Левданский Алексей Маратович, старший преподаватель, м.т.н.

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

Рассмотрено и утверждено 24/05-137

Пояснительная записка

Актуальность изучения дисциплины

Одной из основных задач, стоящих перед промышленностью, является обеспечение эффективности производства и качества изготавливаемой продукции. Выпуск качественной продукции зависит от качества и стоимости заготовок. Вид и способ получения заготовки влияет на весь дальнейший производственный процесс.

Высокопроизводительный выпуск заготовок требуемого качества при наименьших затратах ресурсов основывается на знании закономерностей протекания технологических процессов, методов и закономерностей управления этими процессами. Современное производство невозможно без прогрессивных технологий получения заготовок деталей машин.

Цель и задачи дисциплины

Цель преподавания дисциплины «Прогрессивные технологии получения заготовок деталей машин» - научить магистра знаниям по решению задач связанных с заменой технологических процессов, основанных на резании металлов, экономичными методами формирования деталей. Это может быть достигнуто применением прогрессивных методов получения заготовок. Изучение дисциплины будет способствовать внедрению современных ресурсосберегающих, малоотходных и безотходных технологических процессов.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) объединяет структурные элементы научно-методического обеспечения образования и представляет собой сборник материалов теоретического и практического характера для организации работы магистров технических наук по специальности 7-06-0714-02 «Инновационные технологии в машиностроении».

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 «Прогрессивные технологии получения заготовок деталей машин» по специальности 7-06-0714-02 «Инновационные технологии в машиностроении».

Цели ЭУМК:

- обеспечение качественного методического сопровождения процесса обучения;

- организация эффективной самостоятельной работы студентов.

Содержание и объем ЭУМК соответствуют образовательному стандарту Республики Беларусь ОСВО 7-06-0714-02-2023 и учебных планов специальности.

Материал представлен на требуемом методическом уровне и адаптирован к современным образовательным технологиям.

Структура учебно-методического комплекса по дисциплине «Прогрессивные технологии получения заготовок деталей машин»:

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

Раздел контроля знаний ЭУМК содержит материалы для итоговой аттестации – экзамена, позволяющие определить соответствие результатов учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования.

Вспомогательный раздел включает учебную программу учреждения высшего образования по учебной дисциплине «Прогрессивные технологии получения заготовок деталей машин».

Рекомендации по организации работы с ЭУМК:

- лекции проводятся с использованием персонального компьютера;

- экзамен проводится в письменном виде.

Теоретический раздел

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Прогрессивные технологии получения заготовок деталей машин»

Тема 1. Введение. Цели и задачи дисциплины.....	8
1.1 Современное состояние и перспективы развития производства заготовок	8
1.2 Основные технологические процессы получения заготовок	9
1.3 Факторы, влияющие на выбор способа получения заготовок	9
1.4 Общие рекомендации и последовательность выбора заготовки	10
1.5 Взаимосвязь заготовки и структуры технологического процесса изготовления детали.....	10
Тема 2. Заготовки, получаемые литьем.....	13
2.1. Сплавы, применяемые для производства отливок	13
2.1.1. Основные группы литейных сплавов: чугуны и стали, бронзы и латуни, алюминиевые и магниевые, цинковые сплавы. Назначение литейных сплавов	13
2.1.2 Характеристики литейных сплавов: физико-механические (плотность, прочность, пластичность и др.), химический состав, литейные свойства сплавов ..	19
2.2 Способы производства литых заготовок и их технологические характеристики	22
2.2.1 Классификация способов производства отливок	23
2.2.2 Технологические возможности способов литья и область их применения	23
4. Заготовки, получаемые литьем в песчаные формы. Технология и способы литья в песчаные формы в условиях единичного, серийного и массового производства ..	24
2.3.1 Модельно-опочная оснастка.....	29
2.3.2 Формовочные и стержневые материалы.	31
2.3.3 Изготовление стержней	36
2.3.4 Изготовление форм при ручной и машинной формовке	37
2.3.5 Возможности механизации и автоматизации изготовления литейных форм ..	40
2.3.6 Перспективы повышения точности отливок.	40
2.4 Заготовки, получаемые специальными видами литья. Виды специальных методов литья, их особенности и область применения	41
2.4.1 Литье в металлические формы. Особенности технологии литья в кокиль. Конструирование металлических форм. Схемы применения литейных машин. Режимы отливок и охлаждения металла в форме. Качество поверхностного слоя. Оформление чертежей отливок.....	41
2.4.2 Центробежное литье. Специфика литья во вращающиеся металлические формы. Способы центробежного литья и типы применяемых машин. Конструктивные особенности отливок	47
2.4.3 Литье под давлением. Технологические возможности и область рационального применения заготовок, получаемых литьем под давлением. Литейные сплавы. Основные типы машин для литья под давлением, их конструктивные особенности. Типовые конструкции прессформ и особенности конструирования отливок	51
2.4.4 Штамповка жидкого металла. Технологические особенности процесса штамповки жидкого металла с затвердеванием его под давлением. Область рационального применения жидкой штамповки. Особенности оформления чертежей заготовок.....	55
2.4.5 Литьё по выплавляемым моделям. Особенности технологического процесса литья по выплавляемым моделям. Изготовление прессформ и выплавляемых моделей. Изготовление форм для литья.....	57
2.4.6 Литье в оболочковые формы. Особенности технологического процесса литья в оболочковые формы. Основные виды форм: песчано-смоляные; жидкостекольные; химически твердеющие. Изготовление форм для литья. Возможность автоматизации	

изготовления форм. Технологические возможности литья в оболочковые формы и область его применения.....	60
Тема 3. Способы производства заготовок пластическим деформированием и их технологические характеристики.	62
3.1 Значение процессов обработки металлов пластическим деформированием для технологии машиностроения. Виды обработки металлов давлением. Зависимость выбора обработки металла давлением от конструкции детали и объёма выпуска. Технологические возможности методов обработки давлением, область их применения.....	62
3.2 Заготовки из сортового и специального проката. Технологические особенности заготовок из проката. Виды сортового и специального профильного проката. Поперечно-клиноватая прокатка. Принципы осуществления процессов прокатки, используемые для получения прогрессивных заготовок. Инструменты и оборудование для производства профилей.....	64
3.3 Производство заготовок ковкой и штамповкой. Виды деформаций при ковке и штамповке. Классификация методов и последовательность технологических процессов получения заготовок, выбор метода получения поковок, инструмента и оборудования в зависимости от типа производства. Исходные заготовки для производства поковок. Методы разделки проката на исходные заготовки. Точность размеров исходных заготовок в зависимости от способа резки. Нагрев исходных заготовок, нагревательные устройства. Угар. Методы борьбы с окислением. Контроль и регулирование температуры нагрева.	65
3.4 Производство заготовок методомковки. Точность и качество поковок, получаемых свободной ковкой. Определение веса и размеров исходной заготовки. Выбор оборудования для свободнойковки. Оформление чертежа поковки	71
3.5 Объёмная горячая штамповка. Сущность процесса штамповки. Классификация штамповочных операций и типов штампов.....	73
3.5.1 Конструирование горячештампованных поковок, формы сечения поковок. Радиусы округления в сечениях. Штамповочные уклоны. Тонкие полотна и перемычки. Наружные очертания поковок. Точность размеров поковок и факторы, влияющие на нее. Припуски на механическую обработку. Напуски. Оформление чертежа поковки. Зависимость системы простановки размеров поковок от выбора технологических баз, используемых на первых операциях механической обработки. Технические требования на изготовление поковок. Определение размеров исходной заготовки и нормы расхода металла. Формы и размеры наружного и внутреннего облоя. Особенности определения размеров и формы исходной заготовки для безоблойной штамповки	78
3.5.2 Определение мощности кузнечно-штамповочного оборудования	79
3.6 Производство поковок штамповкой на молотах. Особенности процесса и его технологические возможности. Классификация молотовых поковок. Выбор переходов поковки. Виды штамповки.....	80
3.7 Получение поковок на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП). Особенности работы на КГШП и технологические возможности штамповки на них. Классификация поковок, штампуемых на КГШП. Получение поковок методом малоотходной точной штамповки. Способы получения заготовок для штамповки на КГШП. Выбор переходов и определение размеров исходной заготовки. Оформление чертежей заготовок, получаемых штамповкой на КГШП	81

3.8 Особенности штамповки поковок на фрикционных винтовых прессах. Классификация поковок, штампуемых на прессах. Особенности разработки	83
3.9 Штамповка на гидравлических прессах. Технологические возможности получения штамповок на гидравлических прессах, виды штамповок. Особенности разработки чертежа поковки	84
3.11 Отделочные операции горячей объемной штамповки. Обрезка облоя. Обрезные прессы и область их применения. Типы обрезных штампов. Правка поковок. Методы правки, особенности конструкции правочных штампов. Калибровка поковок. Технологические возможности процесса калибровки. Виды калибровки и качество калибровочных поверхностей. Подготовка поковок для калибровки. Прессы, используемые для калибровки.	85
3.12 Штамповка на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ).....	87
3.13 Штамповка на специализированных машинах. Штамповка на горизонтально-гибочных машинах, штамповка на ротационно-ковочных машинах (редуцирование). Изготовление поковок и фасонных заготовок на ковочных вальцах. Раскатка кольцевых поковок	89
3.14 Завершающие операции производства поковок. Термическая обработка поковок. Назначение операций термообработки и их основные виды. Очистка поковок от окалины. Галтовка в барабанах, дробеструйная и дробеметная очистка. Травление. Гидравлическая очистка. Методы промежуточной очистки горячих поковок.	90
3.15 Техничко-экономические показатели производства поковок и выбор способа получения заготовок методом обработки давлением.	91
Тема 4. Сварные заготовки. Возможности процессов сварки в производстве сложных и крупногабаритных заготовок. Обеспечение равномерности шва и основного материала заготовки. Возможности обеспечения точности сварных заготовок. Сочетание сварных заготовок; прокат-поковка; прокат-литье; литье-литье и т.д. Техничко-экономические показатели.....	92
Тема 5. Взаимосвязь заготовки и структуры технологического процесса изготовления детали. Влияние выбора прогрессивных заготовок на структуру технологического процесса изготовления деталей на металлорежущих станках. Основные направления создания малоотходных технологий на базе широкого внедрения прогрессивных заготовок. Перспективы разработки комплексных технологических процессов с использованием высокопроизводительных методов объемного формообразования заготовок. Возможности расширения объема производства точных заготовок. Снижением доли затрат, приходящихся на единицу выпускаемой продукции. Нормализация и унификация как средство увеличения серийности производства.	95
Литература.....	97

Тема 1. Введение. Цели и задачи дисциплины.

Целью изучения дисциплины – научить магистра знаниям по решению задач связанных с заменой технологических процессов, основанных на резании металлов, экономичными методами формирования деталей. Это может быть достигнуто применением прогрессивных методов получения заготовок. Изучение дисциплины будет способствовать внедрению современных ресурсосберегающих, малоотходных и безотходных технологических процессов.

В процессе изучения данной дисциплины магистр расширяет и углубляет следующую компетенцию (СК-2,3):

- Применять высокоэффективные инновационные технологии, эффективные методы получения заготовок деталей машин, методы объемного и поверхностного упрочнения деталей машин для увеличения их ресурса с учетом условий их эксплуатации. Внедрять тенденции совершенствования станков с ЧПУ, методы и средства автоматизации производства, уметь использовать их для автоматизации инновационного многономенклатурного механосборочного производства.

Магистр, завершивший изучение данной дисциплины, должен:

знать:

- принципы выбора методов получения заготовок деталей машин для различных условий эксплуатации и производства машин, современные методы получения заготовок, правила создания и оформления их чертежей;

уметь:

- выполнить обоснованный выбор заготовки детали для заданных условий её эксплуатации и производства;
- выполнить расчет припусков и допусков для поверхностей заготовки;
- разработать и оформить чертеж заготовки для различных методов её получения.

1.1 Современное состояние и перспективы развития производства заготовок

Одной из важнейших задач технологии машиностроения является сокращение удельного веса механической обработки резанием за счет повышения точности заготовок и экономичности их изготовления. Известно, что затраты труда при производстве машин и механизмов распределяются так: на производство заготовок - 34%; на механическую обработку - 34%; сборку - 25%; прочие работы - 7%. На современном этапе развития технологии до 8 млн.т. металла идет в стружку, при механической обработке, поэтому совершенствование технологии получения заготовки и повышение ее качества - одна из важнейших задач технологии машиностроения по сокращению объема обработки резанием и связанных с ней отходов металла.

Развитие идет по двум основным направлениям:

1. Совершенствование технологий и механизация проектирования заготовок;
2. Изыскание новых литейных сплавов и новых металлургических процессов.

Современная промышленность располагает большим количеством способов изготовления заготовок, что позволяет повысить качество и эксплуатационные характеристики деталей, снизить материальные и трудовые затраты на их изготовление. Проектирование и изготовление заготовок связано с множеством производственных факторов, таких как конструктивные характеристики и материал запроектированной детали, возможные технологии его применения для получения заготовки заданной конфигурации, серийность производства, уровень технологической оснащенности данного предприятия, возможность использования

предприятием заготовительных технологий высокого уровня и т.д. Рациональный выбор заготовок является актуальной задачей при проектировании и создании новых машин и другой продукции различного назначения, а также основополагающим критерием, определяющим стоимость детали, ее качество и сроки изготовления.

Назначение заготовительного производства состоит в обеспечении механических цехов машиностроительных предприятий высококачественными заготовками.

Фундаментальными методами получения заготовок являются:

-литьё;

-ОМД (обработка металлов давлением);

-сварка;

-комбинация этих методов. Каждый из методов содержит большое число способов получения заготовок.

- завершающие операции.

1.2 Основные технологические процессы получения заготовок

Основными технологическими процессами получения заготовок являются литейное производство, обработка металлов давлением, порошковая металлургия, сварочное производство. Выбор метода изготовления заготовок является важной задачей, ибо каждый из основных методов включает в себе большое число возможных способов изготовления заготовок. Это многообразие способов и возможность их комбинирования, а также границы применимости каждого способа в зависимости от масштаба производства, точности изготовления и особенностей конструктивных форм и размеров заготовок обуславливает такое число сочетаний различных факторов, что выбор способа изготовления заготовок становится все более и более сложной технико-экономической задачей. В ряде случаев разные методы и их способы и даже разные способы одного метода могут одинаково надежно обеспечить технические требования, предъявляемые к заготовке. Поэтому одновременно с расчетами на прочность необходимо путем сопоставления возможных методов и способов изготовления заготовок выбрать такие из них, которые в наибольшей степени отвечают конструктивным, технологическим и экономическим требованиям.

1.3 Факторы, влияющие на выбор способа получения заготовок

Определяющими факторами выбора способа производства заготовок являются:

а) технологические свойства материала, такие как литейные свойства, ковкость, свариваемость, обрабатываемость резанием;

б) конструктивные формы и размеры детали (чем больше и сложнее деталь, тем дороже обходится изготовление оснастки, инструмента, приспособлений и вызывает необходимость применения дорогостоящего оборудования);

в) размеры и масса детали;

г) точность изготовления заготовки и качество ее поверхности (шероховатость, наклеп и др.);

д) тип производства (при больших партиях наиболее выгодны способы, обеспечивающие наибольшее приближение форм и размеров заготовки к детали);

е) производственная возможность заготовительных цехов (наличие

- соответствующего оборудования быстрой его накладки и накладки оснастки);
- ж) время, затрачиваемое на подготовку производства (изготовление оснастки, инструмента, приспособлений);
 - з) условия соблюдения охраны труда и окружающей среды;
 - и) минимальная себестоимость и материалоёмкость;
 - к) целесообразность автоматизации и механизации процессов получения;
 - л) выбор базы для первой механической обработки;
 - м) экономическая целесообразность выбора получения заготовки.

1.4 Общие рекомендации и последовательность выбора заготовки

При выборе заготовки для заданной детали назначают метод ее получения, определяют конфигурацию, размеры, допуски, припуски на обработку и формируют технологические условия на изготовление. Главным при выборе заготовки является обеспечение заданного качества готовой детали при ее минимальной себестоимости.

Заготовка строится на основании чертежа готовой детали. При этом учитывается тип производства, материал, требуемые свойства изделия.

1.5 Взаимосвязь заготовки и структуры технологического процесса изготовления детали

Чем более приближена заготовка к готовой детали, тем она дороже, но тем проще и дешевле техпроцесс её изготовления. Форма заготовки оказывает решающее значение для всей структуры дальнейшей обработки. Чем выше тип производства, тем рентабельнее становятся заготовки приближенные по форме к готовой детали.

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

Технико-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.

Величину припуска на механическую обработку стальных поковок общего назначения, изготавливаемых горячей объемно штамповкой на разных видах кузнечно-прессового оборудования, методом литья (стали, чугуна и цветных металлов) определяют по табличным нормативам согласно массе заготовки, точности ее изготовления, группе стали, степени сложности, габаритным размерам, шероховатости обрабатываемых поверхностей и другим конструкторским элементам детали и техническим требованиям на изготовление.

Расчетные размеры на заготовку округляют до технологической возможности оборудования и экономической целесообразности принятой точности. Рекомендуется расчетные размеры заготовок округлять в сторону увеличения припусков в зависимости от степени точности и типа производства.

Отклонения (допуски) на размеры заготовок назначают по таблицам в зависимости от метода получения заготовок (прокат, литье, штамповка и др.).

Допуск на внутренние размеры поковок должны устанавливаться с обратными знаками.

Допускаемые отклонения на размеры назначают по ГОСТ 1855-85 для отливок из серого чугуна и по ГОСТ 2009-95 для стальных фасонных отливок (табл.3.5).

Допуск на размеры заготовок, изготавливаемых горячей объемной штамповкой на различных видах кузнечно-прессового оборудования, определяют по ГОСТ 7505-89 «Допуски, припуски и кузнечные напуски» (табл.3.3 и 3.4).

К кузнечным напускам относятся штамповочные уклоны, внутренние радиусы скруглений, перемычки отверстий заготовки и другие дополняющие припуски. Величину штамповочных уклонов определяют по ГОСТ 7505-89 (табл. 3.6).

Допускаемые отклонения от соосности прошиваемых в поковках отверстий к наружным поверхностям определяют по табличным нормативам и не зависят от других допусков, а являются дополнением к ним (ГОСТ 7505-89, табл. 3.7).

Допускаемые отклонения от плоскостности, вогнутости прямолинейности (для плоских поверхностей), радиальному биению (для цилиндрических поверхностей) определяют по табличным нормативам (ГОСТ 7505-89, табл. 3.8).

Допускаемые отклонения на межцентровые расстояния в поковках определяют по табл. 3.9. Предельные отклонения на угловые элементы поковок определяют по табл. 3.10. Отклонения на радиусы скруглений поковок определяют по табл. 3.11. Выполнение сквозных отверстий и углублений в горячих объемных штамповках, изготавливаемых на прессах и молотах, обязательно, если оси отверстий или углублений совпадают с направлением движения ползуна пресса или бабы молота. Диаметр углублений или отверстий должен быть большим или равен высоте поковок, но не менее 30 мм. При изготовлении сквозных отверстий и углублений на горизонтально-ковочных машинах является обязательным, чтобы оси данных

элементов сов падали с направлением движения высадочного ползуна, а диаметры или размеры прошиваемых отверстий и углублений были бы не менее 30 мм, глубина не должна превышать трех диаметров данного отверстия. Обычно глубина отверстий в штампованных поковках составляет не более 0,8 их диаметра.

Объем заготовки определяется по плюсовым допускам. Обычно сложную фигуру заготовки условно разбивают на элементарные части (цилиндры, конусы, пирамиды и т. д.) и определяют объемы этих элементарных частей. Сумма элементарных объемов составит общий объем заготовки. Принимая во внимание все потери материала (угар, облой, некратность, на отрезку и т. д.), в зависимости от метода получения заготовки определяют норму расхода материала на проектируемую деталь. Потери материала на деталь, изготавливаемую из проката, состоят из некратности длины проката, торцевой обрезки, прорезки и удаляемых опорных концов.

Прорезка определяется в зависимости от толщины дисковой пилы или ширины резца.

Некратность длины проката определяется исходя из выбранной длины проката и заготовки с учетом потерь от выбранного метода заготовительного раскроя.

При расчете некратности длины проката необходимо стремиться к нулю или минимальным величинам. Средне вероятная расчетная длина некратности при раскросе немерного проката составляет примерно половину длины заготовки.

Минимальная длина опорного конца зависит от конструкции технологического оборудования и зажимных элементов приспособления для данного станка. Она должна быть достаточной для создания надежного контакта при уравнивании опрокидывающего момента (обычно не менее 10...20 мм); её выбирают в каждом отдельном конкретном случае.

Отходы при механической обработке металлов по разным видам заготовок от чистой массы деталей в среднем составляют для отливок чугуновых, стальных, бронзовых 15-20%; свободнойковки 15-40%, объемной горячей штамповки 10%; проката (стали) 15%.

Основным показателем, характеризующим экономичность выбранного метода изготовления заготовок, является коэффициент использования материала, выражающий отношение массы детали к массе заготовки. Для рационального расходования материала необходимо повышать коэффициент его использования, он должен быть не ниже 0,75. Техничко-экономический расчет себестоимости производится в зависимости от выбираемых методов получения заготовок. Стоимость заготовки из проката, штамповки и литья определяют по расходу материалу, массе стружки на деталь, стоимость материала и его технологическим отходам. Экономический эффект выбранного вида изготовления заготовки в денежном выражении на годовую производственную программу выпуска изделия определяют как разность стоимостей заготовок, полученных при первом и втором методах, умноженную на годовой объем выпуска деталей.

Тема 2. Заготовки, получаемые литьем

2.1. Сплавы, применяемые для производства отливок

Литейные металлические сплавы состоят из двух или нескольких составляющих. Основной составляющей является металл, придающий всему сплаву металлический характер. Применяемые в литейном производстве сплавы можно разделить на пять групп:

- 1) Чугуны и стали - сплавы железа с углеродом и другими элементами;
- 2) бронзы и латуни - сплавы меди с различными элементами;
- 3) сплавы алюминия с различными элементами;
- 4) сплавы магния с различными элементами;
- 5) сплавы на основе цинка, олова, свинца, титана, никеля, ниобия и других металлов.

К литейным сплавам предъявляются следующие требования:

- 1) состав сплава должен обеспечивать требуемые физико - механические и физико - химические свойства отливки;
- 2) сплавы должны иметь хорошие литейные свойства (высокую жидкотекучесть, малую склонность к ликвации, небольшую объемную и линейную усадку и др.);
- 3) должны хорошо обрабатываться резанием;
- 4) не должны быть токсичны;
- 5) сплавы должны содержать дешевые и недефицитные материалы.

Прежде всего, сплавы должны обладать высокой прочностью, малой хрупкостью, высокой ударной вязкостью, требуемой твердостью. В отдельных случаях к ним предъявляются особые физические и физико - механические свойства.

В ГОСТах более 300 видов основных сплавов.

К материалам, используемым для изготовления отливок, применяют следующие требования:

1. Состав должен обеспечивать получение отливки, заданных физико-химических и физико-механических свойств. Свойства и структура должны быть стабильными в течение всего срока эксплуатации;
2. Должны обладать хорошими литейными свойствами и хорошо свариваться;
3. Должны легко обрабатываться резанием, отходы минимальные;
4. Не должны быть токсичными и вредными;
5. Необходимо, чтобы они обеспечивали технологичность в условиях производства, были экономичными и дешёвыми.

2.1.1. Основные группы литейных сплавов: чугуны и стали, бронзы и латуни, алюминиевые и магниевые, цинковые сплавы. Назначение литейных сплавов

Чугун— это многокомпонентный сплав железа с углеродом (2-4 %) и другими элементами.

80% отливок по массе – чугуны, наиболее применяемый СЧ, затем КЧ и ВЧ-это объясняется хорошей технологичностью и литейными свойствами, дешевизна.

На свойства чугуна влияет углерод, причём не только в процентном содержании, но и его форма:

У СЧ углерод содержится в виде графитовых включений, в ВЧ – в виде цементита, у ВЧ - шаровидный графит.

СЧ – самые дешёвые, хорошие механические свойства, малая температура плавления, их литейные свойства считают единичными. Жидкотекучесть высокая, усадка не более 1%. Усадка непосредственно влияет на качество отливок (она должна быть как можно меньше). Графитовые включения в СЧ – в виде пластов (естественных надрезов), поэтому наличие концентраторов напряжений не снижает прочность чугуна. Виброустойчив. Недостатком СЧ, как литейного сплава служит отбел поверхности. Это явление, когда на поверхности отливки образуется структуры белого чугуна (отбел охрущивает изделие, тупит режущий инструмент, цементит опасен в тонких сечениях). Причины появления отбела:

- пониженное содержание С, Si,
- повышенное содержание карбидообразующих оксидов,
- низкая скорость заливки чугуна, большая скорость охлаждения.

Устраняет отбел графитизирующий отжиг.

СЧ делится на две группы:

1. конструкционные чугуны;
2. со специальными свойствами.

Химический состав отмечен в ГОСТ 1412–79.

СЧ10: С-2,5–3,7; Si-2,2–3,6; Mn-0,5–0,8; Р не > 0,3%; S-0,15%, σ_B и σ_{II} в ГОСТе.

КЧ относится к конструкционным чугунам, для тонкостенных отливок, используется для изготовления деталей машин. Используют его, когда нельзя отлить из стали. Структура С – хлопьевидная, поэтому он прочный и пластичный (по свойствам находится м/у СЧ и сталями).

КЧ делится на два класса (ГОСТ 1215–79):

1. ферритные (мягок и пластичен, сопротивляемость ударам, однородность механических свойств);
2. перлитные (эвтектоидная смесь: Fe+цементит, твердый, прочный, износостойкий).

Недостатки:

1. плохие литейные свойства, жидкотекучесть ниже, а усадка больше, и поэтому увеличивается способность к трещинообразованию.

ВЧ литейные свойства близки к сталям, высокая склонность к литейным дефектам, большая усадка, особенно в узлах, где идут большие тепловыделения. Себестоимость отливок из ВЧ ниже на 25% стального литья, но ниже на 20%, чем у СЧ. Используются как заменители стали; уменьшается плотность; уменьшается масса детали, увеличивается срок службы. Механические свойства и химический состав в 7293 – 79, а по КЧ ГОСТ 1215 – 79.

Сталью называются железоуглеродистые сплавы, содержащие до 2,0%С. Наряду с углеродом в сталях присутствуют Mn, Si, S, P, N, H, O и другие элементы, попавшие в них, в процессе изготовления. Такие элементы, как Cr, Ni, Mo, V, W, добавляют для придания стали особых физических, физико-химических свойств или повышения ее прочности. Стали с добавками этих элементов называются легированными.

Сталь:

1. конструкционная
2. инструментальная
3. со специальными свойствами.

Их используют в тех случаях, когда необходима деталь высокой прочности, пластичности, долговечности, ответственные детали. Хорошая свариваемость, поэтому следует возможность получения более сложных деталей. Стальные отливки после термообработки не уступают поковкам из конструкционной стали (2/3 отливок), литейные свойства ниже, чем у чугунов. Жидкотекучесть уменьшается в два раза, по сравнению с СЧ. Среднеуглеродистые: 25–40Л; высокоуглеродистые: 45 – 55Л, низкоуглеродистые: 15 – 20Л (для неответственных деталей). Усадка в толстых сечениях – 2,5%, в тонких – 1,5%. Чем меньше С, тем меньше усадка и меньше горячих трещин. Чем больше С, тем больше холодных трещин, но лучше жидкотекучесть. Горячая трещина – это дефект в виде надрыва усадочного происхождения. Холодные трещины – результат внутренних напряжений (разрыв, затвердевшая поверхность, неокислённая поверхность). Применение стали обеспечивает высокую надёжность и долговечность конструкции.

Льют молибденовые, марганцовистые, хромистые стали (например 40ХЛ и другие).

Стали с особыми свойствами: жаропрочные, жаростойкие и др.

Все группы высоколегированных сталей мало отличаются по литейным свойствам: усадка зависит от структуры.

Важнейший критерий: наименьшая толщина стенки при том или ином способе:

- для стального литья: 8 и 20 мм.
- для чугунов 4 и 10...20 мм.
- для цветных сплавов от 3 до 8 мм.

Углеродистая сталь. В зависимости от содержания углерода сталь делят на низкоуглеродистую (до 0,20%С), среднеуглеродистую (от 0,20% до 0,45%С), высокоуглеродистую (более 0,45%С).

Углерод является основным элементом, определяющим механические свойства углеродистых сталей. Увеличение содержания углерода повышает прочность и снижает пластичность стали. В зависимости от содержания углерода (от 0,12 до 0,6%) сталь делят на девять марок (15Л, 20Л, 25Л, 30Л, 35Л, 40Л, 45Л, 50Л, 55Л). Марки стали обозначают цифрами, соответствующими среднему содержанию углерода (указываются сотые доли процента) и буквой Л (литая). Например, сталь, содержащую 0,35% С, обозначают 35Л.

Литейные свойства углеродистых сталей ниже чугунов. Например, жидкотекучесть в среднем в два раза меньше жидкотекучести чугунов. Усадка в два раза больше усадки чугунов.

Усадка стали в жидком состоянии и в период кристаллизации, вызывает образование усадочных раковин и пористости.

Получение плотных отливок обеспечивается правильной конструкцией отливки, установкой приливов и созданием направленного затвердевания.

Усадка стали в твердом состоянии может вызвать образование горячих и холодных трещин, коробление отливок, высокие внутренние напряжения и изменение линейных размеров.

Стали, особенно, легированные, обладают плохими литейными свойствами

Цветные сплавы

Для изготовления отливок используют пять групп алюминиевых сплавов: 1) на основе системы алюминий-кремний, 2) алюминий-медь, 3) алюминий-магний, 4) системы алюминий-кремний-медь, 5) прочие сплавы.

Алюминиевые сплавы имеют высокую удельную прочность при нормальной температуре, хорошо противостоят коррозии в атмосферных условиях, обладают высокими литейными свойствами.

Силумины – наилучшие литейные свойства, хорошая пластичность, удовлетворительная коррозионная стойкость. Al–Mg сплавы применяются для деталей, работающих с большой вибрационной нагрузкой или в морской воде (винты кораблей, широкое применение в авиации). Отливки получать довольно сложно, основная проблема – газопоглощение. Усадка 0,9 – 1,4%.

Наиболее вредной примесью для силуминов является железо. Образуя хрупкие тройные (Al-Fe-Si) и более сложные фазы, кристаллизующиеся в виде пластин, железо существенно снижает пластические свойства сплавов. Для нейтрализации вредного влияния железа в сплав вводят марганец. Десятые доли марганца способствуют переводу выделенной железистой составляющей в более благоприятную (компактную) форму, например сплав АЛ4, содержащий Al-Mg-Mn-Mg.

При литье в песчаные формы легирование силуминов магнием и марганцем не обеспечивает еще получение необходимых механических свойств из-за грубого выделения в эвтектике. Поэтому при литье в разовые, низкотеплопроводные формы сплавы системы алюминий- кремний, содержащие не менее 6%С Si, подвергают модифицированию. Для этой цели в расплав вводят 0,01- 0,1%Na. В присутствии натрия эвтектический кремний выделяется в виде тонких тонкодисперсных пластин, что благоприятно отражается пластических свойствах. Аналогичное влияние оказывают на структуру сплава присадки кальция и калия, окислов щелочных металлов, сурьма, висмут, литий, бор и так далее.

Сплавы на основе системы алюминий-медь(например сплав АЛ7) обладают низкой коррозионной стойкостью и недостаточной пластичностью. В отличие от сплавов первой группы они хорошо обрабатываются резанием. Вследствии широкого интервала кристаллизации сплавы этой группы склонны к образованию усадочных трещин и рассеянной усадочной пористости. Отличительной особенностью алюминиево-медных сплавов является их теплопрочность. Механические и эксплуатационные свойства сплавов улучшают присадками марганца и титана (сплав АЛ19) и термической обработкой (содержат Al-Cu-Mn-Ti).

Алюминиевые сплавы с медью и кремниемшироко используют для изготовления деталей, обладающих достаточной твердостью и прочностью, сохраняющих постоянство в процессе эксплуатации и отвечающих требованиям по чистоте обработанной поверхности (корпусы различных приборов). Среди сплавов этой группы наиболее благоприятными свойствами обладает АЛ-4.

Сплавы системы алюминий-магний(типичный представитель сплав АЛ8) отличаются низкой плотностью и высокой коррозионной стойкостью и прочностью; их используют для изготовления отливок, испытывающих большие вибрационные нагрузки или подвергающиеся воздействию морской воды. Вводят добавкиMnиSi, например сплав АЛ13 содержитAl-Mg-Mn-Si.

Вследствие повышенной склонности к окислению, образованию усадочных трещин и рыхлот, взаимодействию с влагой формы, пониженной жидкотекучести,

изготовление отливок магниевых сплавов в состав формовочных смесей вводят специальные присадки (борную кислоту, серу и пр.), предохраняющиеся расплав от загорания в форме.

В зависимости от состава сплава отливки проходят определенный режим термической обработки. Характерным является также пропитка пористых отливок различными лаками.

В последнее время разработаны новые высокопрочные литейные алюминиевые сплавы марок АЛ2М, АЛ4Д, АЛ11М.

Сплавы марок АЛ4Д и АЛ2М относятся по своему составу к системе алюминий-кремний-медь-магний.

Дополнительное легирование сплавов типа силумин медью и магнием позволило получить сплавы с высокой прочностью и высокой технологичностью при литье под давлением и в кокиль.

Сплав марки АЛ4Д разработан применительно для литья под давлением, поэтому для предотвращения возможности приваривания металла к форме в его состав введены наибольшие добавки марганца и хрома. Добавки титана в сплав измельчают структуру. Механические свойства образцов из сплава АЛ4Д, вырезанных из деталей, отлитых под давлением с применением вакуума следующие $\delta_b=33-38$ кгс/мм², $\delta=1,5-3\%$, что соответствует прочности углеродистой стали.

Комплексное легирование сплава АЛ2М добавками редких элементов: титаном, бериллием, цирконием, бором и применение исходных материалов высокой чистоты обеспечивает высокие механические свойства. Сплав был успешно опробован при литье деталей методом штамповки жидкого металла и при литье в кокиль.

Механические свойства на вырезанных образцах: $\delta_b=37$ кгс/мм², $\delta=3\%$.

Сплавы АЛ4Д и АЛ2М являются термически упрочняемыми, поэтому высокие механические свойства этих сплавов могут быть получены только после закалки и искусственного старения.

Сплав АЛ11М разработан на основе стандартного сплава АЛ11 системы алюминий-цинк-кремний. Этот сплав дополнительно легирован титаном, цирконием, бериллием, медью, магнием и бором.

Следует отметить, что в оптическом приборостроении наиболее широкое применение получил сплав АЛ2. Из этого сплава льются детали, изготавливаемые как литьем в землю, так и литьем под давлением. Применение этого сплава для литья под давлением не имеет убедительных оснований, так как основное его преимущество – высокая жидкотекучесть, теряется из-за специфики литья под давлением. Основные же недостатки – плохая обрабатываемость резанием, невысокие механические свойства, а особенно относительное удлинение. Не случайно, поэтому, в большинстве стран в качестве типовых сплавов для литья под давлением приняты сплавы типа: алюминий-кремний-медь, алюминий-магний.

Медные сплавы:

Медь повышает предел прочности при растяжении, и что особенно важно в алюминиевых сплавах, повышает их твердость, жидкотекучесть, уменьшает склонность к образованию цветов побежалости, улучшая внешний вид отливки и их обрабатываемость.

Различают две основные группы медных сплавов: латуни – сплавы меди с цинком и бронзы – сплавы меди с другими элементами за исключением цинка. Обозначаются сплавы начальной буквой (Л – латунь, Бр – бронза), после чего

следуют буквы основных элементов, например, О – олово, Ц – цинк, Мц – марганец, Ж – железо, Ф – фосфор и так далее. Цифры, следующие за буквой, указывают количество легирующих элементов. Например, ЛЖМц-59-1-1 – латунь, содержащая 59%Cu, 1%Fe, 1%Mни остальное цинк; или Бр0Ф6,5-0,15 – бронза, содержащая 6,5%Sn, 0,15%Ри остальное медь.

бронза: Cu+ другие элементы кроме Zn.

БрОЦС843(8 – олово, 4 – медь, 3 – свинец).

Латуни (Cu+Zn), маркируют в зависимости от фаз:

Простые латуни используются редко, в связи с большой усадкой. Большинство латуней хорошо обрабатываются резанием, хорошая свариваемость.

Оловянистые бронзы хорошо работают на истирание, хорошие литейные свойства, получение отливок сложных конфигураций, усадка 1,25 – 1,6%, широкий интервал кристаллизации, что приводит к усадочной пористости (проблема в широком интервале застывания).

Литейные свойства безоловянистых бронз хуже. Жидкотекучесть низкая, усадка 2–3%.

Бронзы боятся аммиачной среды.

Медные сплавы имеют сравнительно высокие механические и антифрикционные свойства, хорошо противостоят коррозии (в среде морской воды, пара и так далее), сохраняют высокую пластичность при низких температурах. Они не магнитны, легко полируются и обрабатываются резанием, имеют удовлетворительные литейные свойства.

Магниеые сплавы

Отливки из магниевых сплавов широко применяются главным образом там, где они позволяют снизить массу изделия. Магниеые сплавы в 4-4,5 раза легче стали, их плотность колеблется от 1,7 до 1,9 кг/см³. Область применения сплавов непрерывно расширяется, что обусловлено их относительно высокими механическими и эксплуатационными качествами, а также снижением стоимости. Последнее обстоятельство определяется постепенным снижением стоимости электроэнергии, являющейся основной статьей расхода при производстве металлического магния.

По ГОСТу магниевые сплавы обозначают: Мл1, Мл2, ... Мл27 (числа-порядковый номер).

По химическому составу литейные магниевые сплавы делят на следующие группы сплавов: 1 – системы магний-марганец (Мл2); 2 – магний-алюминий-цинк (Мл3, Мл4, Мл5, Мл6, Мл7-1); 3 – магний-цинк-цирконий (Мл-12, ВМл-3); 4 – легированные редкоземельными металлами (Мл9, Мл10, Мл11); и 5 – содержащие торий (Мл14, ВМл1).

Для изготовления отливок чаще других используют сплавы второй группы. Лучшими литейными свойствами из них обладают Мл5 и Мл6. Эти сплавы предназначены для производства высоконагруженных отливок, работающих в тяжелых атмосферных условиях с высокой влажностью.

Сплав Мл3 используют при изготовлении отливок простой конфигурации с повышенной герметичностью для работы при средних статических и динамических нагрузках. В отличие от Мл5 и Мл6, сплав Мл3, обладающим небольшим интервалом кристаллизации и малой склонностью к образованию микропористости, имеет повышенную склонность к образованию трещин, а при затрудненной усадке и низкую жидкотекучесть. Самый широкий интервал кристаллизации из сплавов

второй группы имеет Мл4. По этой причине отливки из этого сплава предрасположены к микропористости и горячеломкости. Сплав Мл4 обладает высокой коррозионной стойкостью. Все сплавы второй группы упрочняются термической обработкой

Титановые сплавы:

Титан – металл серебристо-белого цвета, обладает низкой теплопроводностью (в 13 раз меньше, чем у алюминия), низким модулем нормальной упругости, высоким электросопротивлением и значительной анизотропией некоторых физических свойств.

Технический титан благодаря высокому сопротивлению коррозии, малой плотности 4,5 г/см³ (сталь – 7 г/см³), высокой прочности (предел прочности при растяжении 150 кгс/мм²) является прекрасным материалом для приборостроения. Изделия из титановых сплавов хорошо работают при значительных отрицательных температурах, вплоть до температуры жидкого азота.

Титан легируется такими добавками, как Al, V, Mn, Cr, Nb, Sn, Fe, Zr. Титановые сплавы обозначаются буквами ВТ.

В настоящее время для литья применяют сплавы ВТ1, ВТ5, ВТ6, ВТ9.

Литье титановых сплавов вызывает большие технологические трудности, обусловленные активным взаимодействием жидкого расплава со всеми используемыми в настоящее время для изготовления литейных форм материалами. Титан при высоких температурах активно, взаимодействует с азотом и кислородом. Реакция с азотом протекает также активно, как горение некоторых веществ в среде кислорода. Поэтому плавку титановых сплавов проводят только в вакуумных печах.

2.1.2 Характеристики литейных сплавов: физико-механические (плотность, прочность, пластичность и др.), химический состав, литейные свойства сплавов

Литейные свойства – технологические свойства сплавов, которые непосредственно влияют на получения отливок заданной конфигурации, необходимые эксплуатационные показатели.

Значение литейных свойств учитывается в следующих случаях:

1. При выборе сплава необходимо выбирать такие сплавы, которые обеспечивают наиболее благоприятное сочетание литейных и рабочих свойств;
2. При проектировании отливки необходимо учитывать надёжность и долговечность деталей, которые зависят от литейных свойств сплавов;
3. При разработке техпроцесса изготовления деталей всегда предпочтение отдают сплавам с более высокими литейными свойствами.

Основные литейные свойства:

І. Жидкотекучесть – способность сплавов в жидком состоянии заполнять формы и точно воспроизводить в отливки её очертание. Природа жидкости сложна, но имеет 3 группы факторов:

- а) факторы, связанные со строением и свойствами металлов в жидком состоянии (вязкость, теплоёмкость);
- б) факторы, определяемые условиями заливки и подвода жидких металлов в формы;

в) факторы, определяемые способом получения отливки (при литье под давлением жидкотекучесть повышается, в выплавляемые формы, центробежное литье).

Виды жидкости:

1. Истинная (на постоянном перегреве);
2. Нулевая (между линиями солидуса и ликвидуса);
3. Практическая (при постоянной температуре заливки);
4. Условно-истинная.

II. Склонность к поглощению газов – способность литейных сплавов поглощать газы, являющиеся вредными примесями, что приводит к пористости (очень вредно).

Абсорбция – поглощение всем материалом.

Адсорбция – поглощение определенной поверхностью.

Хемосорбция – поглощение поверхности с образованием химического соединения.

Это вредное свойство, т.к. приводит к дефектам отливки, брак по газовой пористости.

Газообразующие элементы в литейном сплаве могут присутствовать в следующем виде:

- газовые включения;
- твёрдые химические соединения;
- жидкие и твёрдые растворы;
- тонкие слои адсорбированных на поверхности металлов.

В значительной степени на образование пористости влияет материал формы. Чем выше газопроницаемость, тем меньше дефектов в отливке. Скорость растворения газов в сплавах зависит от их агрегатного состояния, структуры, характера движения жидкого металла (турбулентное или ламинарное).

Получение отливок без раковин и пористости – одна из основных задач литейного производства.

Для уменьшения содержания газов в отливки и предупреждения образования газовых раковин применяют следующие меры:

1. Дегазация исходных шихтовых материалов (сушка, вакуумированные заправки);
2. Дегазация жидкого металла перед заливкой (фильтрация, вибрация, перемешивание);
3. Предупреждения выделения газов из растворов в процессе кристаллизации металлов в форме.

III. Усадка – свойства сплавом уменьшаться в объёме по мере затвердевания сплава.

Зависит от химического состава, материала формы, конструкций отливки, массы изделия.

Чем больше усадка, тем больше вероятность получения дефектов в отливке (пор, раковин, горячих и холодных трещин, внутренних напряжений). Склонность сплавов к усадке всегда учитывается на стадии проектирования и литья, чем больше усадка, тем жёстче требования к толщине стенок, сопряжению элементов отливок. Кокили имеют низкую податливость, что приводит к лишним нагрузкам. Для предотвращения в отливке трещин не допускать выступающих частей, что затрудняет процесс усадки. Склонность расплава к усадке игнорировать нельзя. Чем

больше усадка, тем больше наличие тепловых узлов и повышаются требования к конструкции детали.

Отливки из сплавов с большой усадкой не следует изготавливать в металлические формы, кокиль имеет низкую податливость, что приводит к короблению.

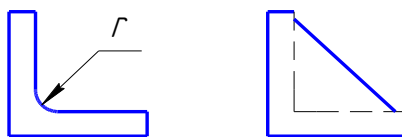


Рисунок 1 – Сопряжение стенок

Усадки:

- Чугун – 1%;
- Цветные металлы – 1 - 1,5%;
- Сталь 2%.

IV. Ликвация – неоднородность сплава по химическому составу. Сплавы кристаллизуются не при одной температуре, а в некотором интервале. При этом состав кристаллов, образуется в начале затвердевания, может существенно отличаться от кристаллизующего раствора. Чем шире интервал температуры, тем больше ликвация. Склонны к ней те компоненты, которые наиболее влияют на интервал температур (S, P, O₂, C).

Различают два вида ликвации:

1. Дендридная – внутри кристаллов.
2. Зональная – когда разные части отливки имеют различный химический состав, она опаснее, т.к. ее нельзя устранить термической обработкой. Характерным является то, что нагруженные части стенки ликвируют меньше, а массивные больше. Наиболее сильно ликвируют сплавы, компоненты которых не растворены друг в друге, не образуют ни химического соединения, ни эвтектических смесей (оловянный припой).

Сильно ликвируют сплавы, компоненты которых не растворимы друг в друге, не образуют соединений, эвтектических смесей. Бронзы нельзя получить методом центробежного литья.

V. Способность сплава поглощать неметаллические включения.

Способность расплава поглощать неметаллические включения, которые в затвердевших материалах нарушают сплошность и однородность структуры, являются концентраторами напряжений.

Источники неметаллических включений:

1. За счет особенностей технологического процесса приготовления сплава и его последовательной кристаллизации.
2. За счет химических реакций, происходящих в результате удаления нежелательных примесей.

3. Частицы литниковой системы шлаков и футировки печей.

Основные способы удаления неметаллических включений:

1. Продувка и нейтрализация соответствующими газами;
2. Фильтрация расплава.

Без учета литейных свойств сплава получить отливку без дефектов невозможно. Следует отдавать предпочтение литейным сплавам с лучшими литейными свойствами.

Таблица 1 - Некоторые показатели физических и литейных свойств сплавов

Литейный сплав	Плотность, кг/м ³	Линейная усадка, %	Объемная усадка, %	Жидкотекучесть	Температура плавления, °С
Сталь литейная C≈2%	7811-7820	2,00	6,00	Понижена	1420-1510
Серый чугун	6900-7400	1,04	3,12	Высокая	1200-1250
Ковкий чугун	7200-7450	1,50	4,50	Понижена	1270-1320
Высоко-прочный чугун	7000-7350	1,30	3,90	Удовлетвор.	1230-1260
Алюминиевые сплавы	2600-2950	1,1-1,35	3,31-4,06	Хорошая	590-645
Магниевого сплавы	1800-1830	1,35-1,60	4,06-4,81	Удовлетвор.	596-650
Оловянные бронзы	8800-9200	1,28-1,54	3,85-4,62	Хорошая	920-1015
Безоловянные бронзы	7900-8200	1,96-2,49	5,88-7,49	Понижена	890-1140
Латуни	8400-8850	1,78-2,23	4,35-6,66	Хорошая	890-980

2.2 Способы производства литых заготовок и их технологические характеристики

Литье появилось в 3-2 тыс. до н. э. Первые формы для литья делались из камня и глины. В настоящее время существует более 100 основных способов изготовления литых форм. С появлением форм стало появляться: чугун (18 в.), машинное литье. Стальные отливки появились в 19 в., а алюминий и отливки из цветных сплавов в 20-м веке.

В машиностроении масса литых деталей составляет 50% от всех машинных механизмов. 80% отливок по массе, литьё – самый дешёвый способ. Литьё в песчаные формы – 60% по массе., 42% - в сырые, 18% - в сухие.

В металлические формы кокиль – 10%, под давлением 1,5%, по выплавленным моделям – 0,3%, центробежное литье – 7%. В стружку идёт 5% металла при основном литье 15 – 25% стружки.

Различают два вида литья:

а) в разовые формы (ручная формовка с верхом, по шаблону, в крупных опоках, в съёмных опоках со стержнями из быстротвердеющей смеси, в почве с верхней опокой с облицовочным слоем из быстротвердеющей смеси, в стержнях, в почве открытая, в мелких средних опоках; машинная формовка: в крупных опоках, мелких и средних опоках, безопочная; литье в оболочковые формы: песчано-смоляные, химические твердеющие тонкостенные (10-20 мм), химически твердеющие толстостенные (толщиной 50-150) , жидкостекольные оболочковые; литье по

выплаваемым моделям; литье по растворяемым моделям, литье в замораживаемые формы, литье по газифицируемым моделям).

Этим видом получают отливки практически из всех сплавов массой от нескольких грамм до 200 т и выше. Область применения самая широкая для отливок простой и сложной конфигурации.

б) в постоянные формы (песчано-цементные, кирпичные, шамотно-кварцевые, глинистые, графитовые, металлокерамические и керамические, литье в кокиль, литье под давлением, центробежное литье, с кристаллизацией под поршневым давлением, литье выжиманием, вакуумным всасыванием, направленной кристаллизацией, литье под низким давлением, непрерывное литье). Применяется этот вид литья для получения отливок с толстыми и тонкими стенками из разных сплавов.

2.2.1 Классификация способов производства отливок

Классификация способов:

- 1) в песчаные формы (ручная или машинная формовка);
- 2) в многократные (цементные, графитовые, асбестовые) формы;
- 3) в оболочковые формы;
- 4) по выплавляемым моделям;
- 5) по замораживаемым ртутным моделям;
- 6) центробежное литье;
- 7) в кокиль;
- 8) литье под давлением;
- 9) по газифицируемым (выжигаемым) моделям;
- 10) вакуумное литье;
- 11) электрошлаковое литье;
- 12) литье с утеплением.

2.2.2 Технологические возможности способов литья и область их применения

Технологические особенности, преимущества и недостатки различных методов литья определяют область применения каждого из них.

Общим для них является то, что все они относятся к прогрессивным материало-, энерго- и трудосберегающим технологическим процессам, позволяющим получать отливки с конфигурацией, размерами и чистотой поверхности более высокими, чем в случае применения разовых форм.

Все специальные способы обеспечивают лучше качество литья (до 8 квалитета точности), чем литье в песчано-глинистые формы, но дороже в реализации.

Так, литье в кокиль имеет трудоемкость изготовления отливок меньше, чем при литье в разовые формы, а качество поверхности (зависит от материала) и точность размеров (зависит от износа формы) выше, припуски на обработку в среднем в 1,5 раза меньше, а условия труда лучше.

Масса отливок не лимитирована (от 0,5 кг до 15 т).

В кокилях можно получить такие массивные отливки, как прокатные валки, шаботы молотов, станины прокатных станов, изложницы и т. д.

Применение песчано-глинистых форм обеспечивает Rz 320-40, при точности 17-14 квалитет. Точность характеризуется допусками на размер, который зависит от номинальных значений.

Технико-экономическая эффективность производства литых заготовок, получаемых разными способами литья, зависит от типа производства, от материала, от сложности и точности отливки.

4. Заготовки, получаемые литьем в песчаные формы. Технология и способы литья в песчаные формы в условиях единичного, серийного и массового производства

Литье в песчано-глинистые формы (60%). Этим способом получают как легкие, так и сложные детали. Отливки отличаются высокой точностью, минимальными допусками с хорошей чистотой поверхности и качеством.

Распространенность литья в песчано-глинистые формы (п.г.ф.) объясняется экономической целесообразностью – детали, которые другим способом невозможно получить (детали любой формы и массы). Изменяя способ формовки, материала модели и состава формовочных смесей, можно получать отливки с точным размером, чистой поверхностью и хорошим качеством.

Точность отливок:

1. Точные отливки получают в металлических формах. Используют при массовом и крупносерийном производстве (1Т). Эти отливки сложны по конструкции и имеют минимальную толщину стенок.

2. Отливки, полученные в единичном производстве по деревянным моделям с механизированным извлечением отливок (2Т).

3. Отливки, получаемые в единичном типе производства обеспечиваются ручной формовкой в песчаные формы, способ является оптимальным для получения отливки разных размеров и массы(3Т).

Степень сложности:

1. Отливки простой геометрической формы (1С).

2. Отливки в виде сочетания простых форм наружной поверхности: плоские или криволинейные, наличие ребер, бобышек простой конфигурации (2С).

3. Отливки открытой коробчатой формы, наружные поверхности-кривые и плоские, наличие нависающих частей кронштейнов, бобышек, фланцев сравнительно сложных конфигураций. Внутренние поверхности – сочетания геометрических фигур большой протяженности с незначительными выступами(3С).

4. Частично открыты и закрыты в коробчатые формы. Внутренние части имеют сложные части со значительными выступами и углами(4С).

5. Отливки закрытой коробчатой формы. Наружные поверхности сложной конфигурации(5С).

Точность отливок при разных способах литья колеблется в пределах 17-8 кв.

Точность размеров отливки характеризуется допусками на размер, который зависит от номинального значения. На точность отливки влияют:

1. Степень сложности: чем больше сложность, тем грубее квалитет.

2. Габаритные размеры чем больше размер, тем грубее квалитет.

3. Материал отливки: у цветных металлов квалитет выше, а у черных ниже.

4. Условия производства зависят от автоматизации и механизации.

5. Способ литья.

Точность размеров отливки указывается с разъемом и в технических требованиях на основных штампах.

Припуски на механическую обработку зависят:

1. От класса точности.
2. Габаритных размеров.
3. Материала отливки.
4. Способа формовки.

Верхняя часть отливки – припуск делают больше, т.к. внизу металл более плотный.

Метод литья в песчано-глинистые формы связан с большим грузопотоком основных и вспомогательных материалов, сама разовая форма пригодна для приготовления одной отливки.

Для изготовления верхних и нижних полуформ используют разную модель. Отверстия в отливке изготавливают с помощью стержня, который устанавливают в гнездах. Металл заливается через литниковую систему, а воздух и газы уходят через поры.

В основном такой способ литья применяют в условиях единичного и мелкосерийного производства.

Основные техпроцессы получения отливок в песчаные формы:

- 1.Изготовление модельно-опочной системы.
- 2.Приготовление формовочных и стержневых смесей.
- 3.Изготовление форм и стержней.
- 4.Сборка формы и подготовка их к заливке.
- 5.Изготовление расплавов.
- 6.Заливка.
- 7.Охлаждение отливки в формы.
- 8.Выбивка отливки из формы, её очистка и обрубка.
- 9.Термообработка:отжиг, отпуск, охлаждение.
- 10.Контроль качества.

Литниковая схема и основные принципы её конструирования

Совокупность каналов и резервуаров, предназначена для заливки металла из ковша в литейную форму.

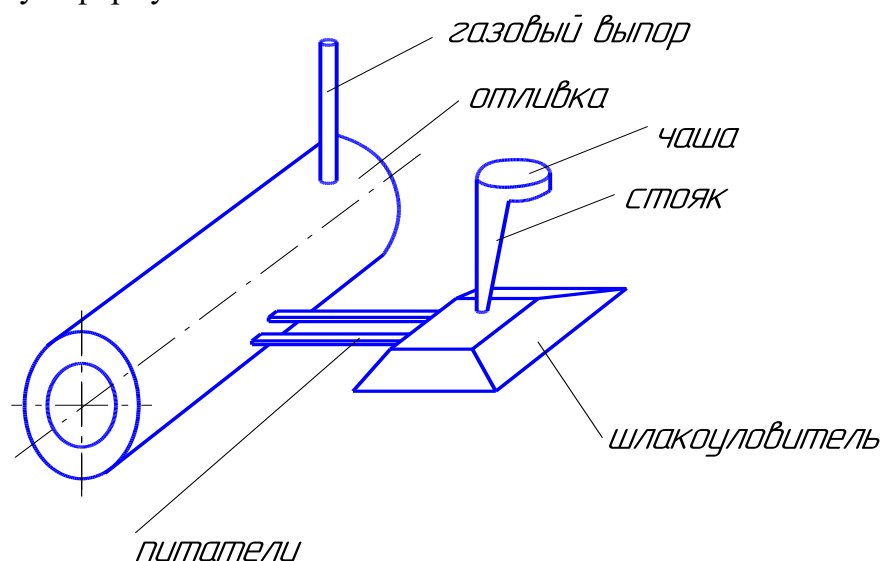


Рисунок 2 – Литниковая система

Литниковая система влияет на качество отливки, а неправильно сконструированная является причиной брака (30%).

В зависимости от вида расплава и конфигурации отливки бывают:

- Вертикальные;
- Наклонные;
- Зигзагообразные.

Шлакоуловитель – горизонтальный канал, соединяется с питателем, улавливает шлаки путём отстоя.

Питатель – для подачи расплава в форму.

В зависимости от расплава, формы, габаритных размеров питатели бывают:

- Круглые;
- Квадратные;
- Трапецевидной формы.

Через выпор идут воздух и газы из литейной формы при заливке в неё расплава.

Пять основных типов литниковых систем:

1. верхняя – питатели подводят в верхнюю часть отливки или в прибыль;
2. нижняя (сифонная) – питатели подводят в нижнюю часть отливки, обеспечивая максимально спокойное залитие формы расплавом;
3. боковая – питатели подводят к разъёму формы;
4. ярусная (этажная) – питатели подводят на разных уровнях
5. дождевая – используется для отливки квадратной корпусной формы.

Используются для отливки заготовок типа корпус.

Питатели – отверстия, расположенные по окружности на равном расстоянии.

Факторы, влияющие на выбор литниковой системы:

1. конструкция отливки, её формы, габаритные размеры;
2. положение отливки в форме;
3. вид заливаемого материала.

Расход металла на литниковую систему – минимальный.

Требование к литниковой системе:

1. расход материала минимальный;
2. литниковая система должна задерживать шлаки и металлические включения;
3. при проектировании литниковой системы нам необходимо рассчитать оптимальную температуру для заполнения формы и объём заполнения расплавом формы.

$$t = S\sqrt[3]{\delta \cdot Q}, \text{с}.$$

$$V = \mu \sqrt{2gH_p}, \text{см/с}.$$

$$A_{\text{лит}} = \frac{Q}{\rho v}.$$

S – коэффициент, учитывающий толщину стенки, конфигурацию отливки, марку материала (0,9...4,5);

δ – преобладающая толщина стенки в отливке, мм;

Q – масса отливки, кг;

μ – коэффициент, учитывающий трение расплава о стенки литниковой системы (0,05-0,8);

H_p – расчетное направления расплава; от типа литниковой системы;

ρ – плотность расплава.

4. во всех сочетаниях литниковой системы давление расплава должно быть $\geq$ атмосферного.

5. при заданной продолжительности заливки температура расплава, вытекающего из питателя должна быть максимальной.

Для чугуна – сужающаяся литниковая система (улавливает лучше шлаки).

Соотношение, используемое для расчёта $A_{лит}: A_{шл}: A_{ст}$ –

1:1,1:1,2: – средние отливки из чугуна;

1:1,05:1,1 – мелкие;

1:1,2:1,4 – крупные.

Для стали 1:1,1:1,2.

Для стального литья к литейной системе предъявляют следующие требования:

1. направленное затвердевание;
2. протяжность литниковых каналов – минимальная;
3. питатели подводят в тонкие части отливки, усиливая охлаждение толстых частей;

4. литниковые каналы расположены подальше от знаков стержней (опок, стенок отливки).

К мелким отливкам – по разьёму формы.

К крупным – по ярусной системе.

$$A_{лит}^{сталь} = \frac{Q}{t \cdot L \cdot K_y}$$

L – коэффициент жидкотекучести стали (0,85-1,15);

K_y – удельная скорость заливки (1,5-0,5).

Для цветных сплавов (Al, Mg)

3:2:1 – система расширяется;

3:1,2:1 – бронза;

1:1,3:1,6: – латунь.

Конструирование отливок при литье в песчано-глиняные формы

Основные требования при разработке чертежа отливки:

1. конструкция деталей должна иметь простую форму. Чем проще конфигурация отливки, тем проще процесс формовки;
2. желательно, чтобы отливка имела равномерную толщину стенок и плавные очертания (прямолинейные);
3. конструкция отливки должна иметь простой разьём;
4. отливка не должна иметь резких переходов и острых углов, чтобы не образовались трещины;
5. при конструировании отливки надо стремиться, чтобы расход металла был минимальным;
6. конструкция отливки должна быть удобной для очистки её после извлечения из формы;
7. выступающие части отливки (приливы, бобышки), необходимо конструировать так, чтобы обеспечить извлечение модели из формы;
8. по ГОСТ 3212 – 80 на отливках необходимо предусмотреть литейные уклоны для облегчения её извлечения из формы;
9. при конструировании отливок нужно учесть её литейные свойства.

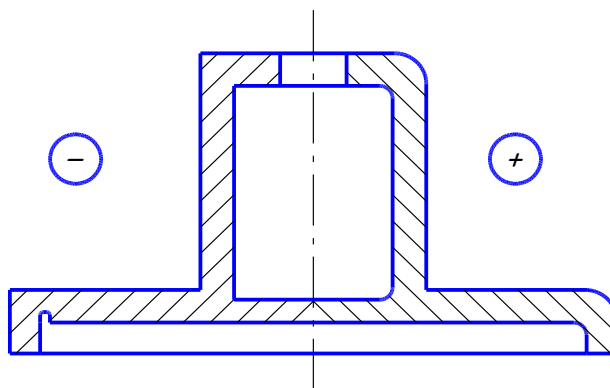


Рисунок 3 – Построение отливки («+» - правильное, «-» - неправильное)

При построении внутренних полостей отливки:

1. высота полости в отливки не должна быть больше её ширины;
2. число стержней минимальное;
3. крепление стержней, стержневых знаков должно быть надёжным, чтобы исключить перекося или всплытие стержня при заливке металла;
4. стержни – с вентиляционным отверстием для удаления газов из стержней;
5. в полости отливки избегать появления узких карманов, минимальные диаметры отверстия в отливке – по ГОСТ.

Литейные уклоны назначают в зависимости от высоты модели.

Их выполняют следующим образом:

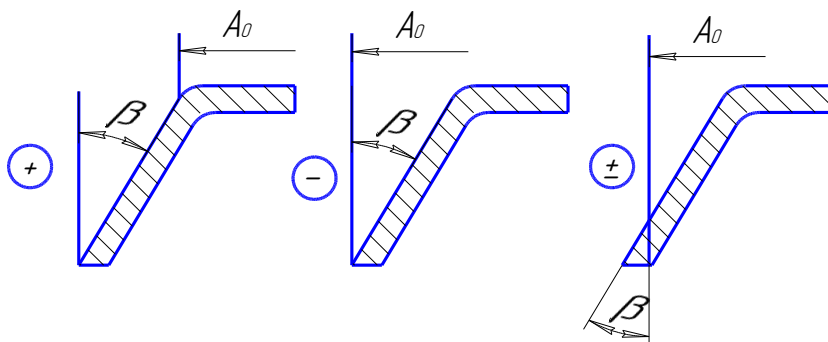


Рисунок 4 - Уклоны

«+» - те, что обрабатываются (припуск снимается);

«-» - те, что не обрабатываются;

«+-» - и то и другое.

Для улучшения качества отливки и лучшей наполняемости литейной формы необходимо делать в отливке скругления наружных и внутренних углов, при сопряжении или пересечении стенок.

Величины литейных радиусов скругления зависят:

1. от соотношения толщины сопрягаемых стенок;
2. от вида литья;
3. от материала отливки.

Для чугунов ГОСТ 1855–55, для сталей ГОСТ 2009–55.

Толщина стенок отливки по ГОСТ в зависимости от следующих факторов:

- от класса точности;
- от габаритных размеров;
- от материала отливки;
- от способа литья.

Расположение отливки в литейной форме:

1. наиболее ответственные части отливки следует располагать внизу, т.к. металл в нижней части формы более плотный;

2. отливку располагать в форме так, чтобы обеспечить направленное затвердевание;

3. поверхности отливки, служащие базой при первой механической обработке, следует располагать в одной полуформе (меньше брака по расположению опок);

Припуски на механическую обработку зависят от:

– от марки металла;

– от размера отливки;

– от положения поверхности отливки в форме (верхней, нижней, боковой).

ГОСТ 26645-85.

Припуск задаётся на сторону и назначается для снятия при механизированной обработке с целью обеспечения заданного качества поверхности и размерной точности.

В верхней части припуск больше, чем в нижней, т.к. сверху скапливаются шлаки, включения и другие вредные компоненты.

Конструктивное оформление литых заготовок по ГОСТ 2423 -79.

2.3.1 Модельно-опочная оснастка

В комплект литниковой технологической оснастки входят:

1.Модель.

2.Модельная плита.

3.Стержневые ящики.

4.Опоки.

Приспособления в виде стержневого ящика еще нужно для удержания форм смеси. Опоки бывают круглого и прямоугольного сечения (изготавливают их из СЧ, могут быть стальные и из алюминиевых сплавов). По конструкции: сварные, сборные, цельнолитые.

Стенки опок изготавливают с отверстиями и с бобышками. Отверстия делают с целью уменьшения веса, лучшего вывода газов и лучшего затвердевания формовочной смеси. Соединяют опоки штырями и центровыми отверстиями в приливах.

Модель - это приспособление для получения в форме отпечатка с размерами отливки. Размеры модели назначают с учетом усадки металла и припуска на механическую обработку. Материалами могут служить: дерево, гипс, пластмасса, металл. Выбор металла определяет тип производства (количество изготавливаемых отливок), а также точность размеров. Поверхность модели тщательно обрабатывается с целью получения гладких поверхностей.

Деревянные модели делают: бук, ясень, сосна. Для уменьшения коробления модели делают клееными так, чтобы направления волокон было разным.

Достоинства деревянных моделей:

1.Дешевизна.

2.Имеют небольшую массу.

Недостатки:

1.Недолговечность

Металлические модели делают из легких металлов, часто используются алюминиевые сплавы, более долговечны, а отливки выше по точности и качеству. Имеют малую плотность, не окисляются, обычно внутри пустотелы.

Модели из пластмасс: не боятся влаги, не поддаются короблению и имеют небольшую массу. Используются модели из спеченного полистирола. Упрощается формовка, улучшается качество материала.

Модельная плита – металлическая плита, на которой крепится модель, образующая литейную опоку. Металлическая модельная плита широко применяется в массовом и крупно-серийном производстве. Могут быть односторонними и двухсторонними, когда части модели размещаются на обеих сторонах плиты. Модельная плита применяется при машинной формовке, что обеспечивает высокое качество. При машинной формовке используют быстросменную оснастку, позволяющую производить быструю замену деталей.

Стержневые ящики – это формы для изготовления стержня, в зависимости от его конфигурации, применяют разборные и неразборные ящики.

Литейный стержень – это объемная часть литых форм, которая предназначена для формирования внутренних поверхностей отливки.

Углубления в литниковой форме для установления стержня называется стержневым знаком. Иногда применяют подставку для фиксирования стержня в форме. Конструкция изготовления зависит от конфигурации и размеров стержня.

Знак представляет собой углубление в форме для установки стержня, все стержневые знаки должны иметь определенные размеры, чтобы обеспечить правильную установку стержня. Все стержневые знаки должны быть небольших размеров. Высота стержневого знака принимается $h=20-40$ мм. При этом знак является опорным.

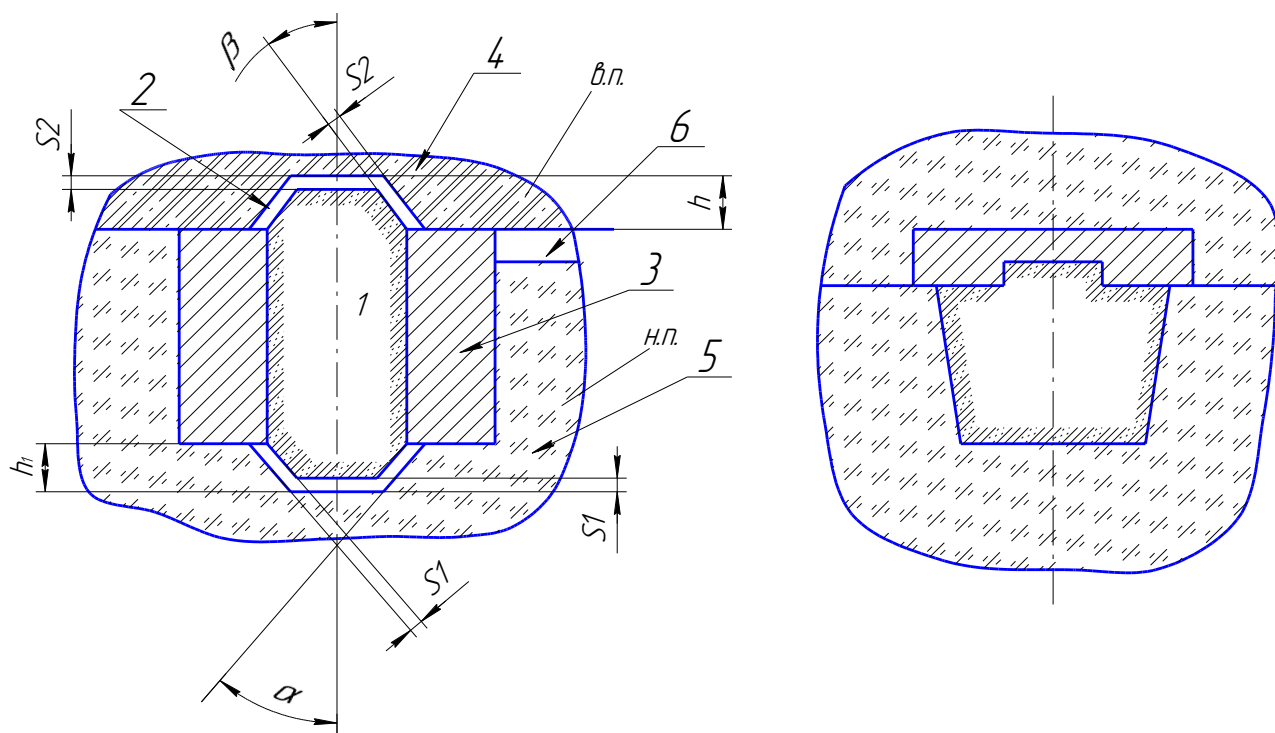


Рисунок 5 - Стержневые знаки

$$\alpha \text{ и } \beta = 2-10^\circ, h > h_1, S_2 > S_1, \beta > \alpha.$$

- 1 – стержень,
- 2 – стержневые знаки,
- 3 – отливка,
- 4,5 – верхняя и нижняя полуформы,
- 6 – элемент литниковой системы.

Зазоры S_1 и S_2 равны 0,1 – 0,5 мм в зависимости от размеров стержня.

Вертикальные и горизонтальные стержневые знаки предусматривают пояски или кольца, которые полностью плотно прилегают к знаку стержня и препятствуют проникновению металла в торцовую часть стержневого знака.

Стержневые знаки делают с расширением внизу, что препятствует всплытию стержня при заливке металла.

2.3.2 Формовочные и стержневые материалы.

Они служат для приготовления формовочных и стержневых смесей, которые бывают:

1. Основными (кварц, песок, глина, бентониты – вид коллоидной глины). Для них характерна высокая пластичность, используются в качестве связующего в смесях и красках.

2. Вспомогательные (связующие материалы, смолы, противопопригарные покрытия, замазки, модельные пудры, порошки, разделительные жидкости и другие).

Свойства формовочных смесей:

1. Должны обладать определенными механическими и техническими свойствами.

Механические свойства:

1. Прочность – противостоять нагрузкам и выдерживать давление залитого металла.

По стандарту для сырых смесей $\sigma_{сж} = 0,3–0,7$ кгс/мм².

Для сухих смесей $\sigma_{раст} = 0,8–2$ кгс/см².

2. Поверхностная прочность (осыпаемость) – это сопротивление истирающему воздействию струи металла. Частицы формовочной смеси могут попасть в отливку.

3. Пластичность – способность формовочной смеси точно воспроизводить отпечаток модели.

4. Податливость – способность формовочной смеси уменьшаться в объеме, ее препятствие усадки отливки во время остывания.

Технические свойства:

1. Текучесть – способность смеси под давлением внешних сил заполнять полости в стержневых ящиках и достаточно хорошо обтекать модель.

2. ТХУ (термохимическая устойчивость или непригораемость) – способность смеси выдерживать высокие температуры без оплавления или химического воздействия (ТХУ снижает точность отливки).

3. Негидроскопичность – способность смеси после сушки не поглощать влагу из воздуха с течением времени. Отсыревшие от влаги стержни могут быть причиной появления газовых раковин и других нежелательных явлений. Снизить гидроскопичность можно с помощью смесей специального твердения.

4. Выбиваемость – способность смеси терять прочность после термической заливки и легко удаляться из формы при их выбивке после охлаждения.

5. Долговечность – способность смесей сохранять свои свойства при многократном использовании, зависит от способности смеси противостоять давлению высоких температур.

6. Газопроницаемость – способность пропускать газы через стенки формы, вследствие пористости, одно из важных свойств формовочных смесей. При уменьшении газопроницаемости в отливке появляются раковины и газовые пузыри.

7. Газоотводная способность – свойства смеси выделять газы при нагреве до высоких температур.

Технические свойства не могут количественно выражаться, их оценивают по экспериментальным данным.

Теплофизические свойства:

1. Огнеупорность – свойство смеси выдерживать долгое время высокие температуры.

2. Теплопроводность – свойство смеси обеспечить теплообмен между отливкой и слоями форм смеси.

Песок.

Основной вид формовочного материала.

Кварцевый песок (SiO_2) обладает высокой огнеупорностью $t = 1713^\circ\text{C}$, прочностью и твердостью.

Недостаток:

При $t = 510^\circ\text{C}$ происходят аллотропные изменения, песчинки лопаются как пыль.

В литейном производстве используются чистые пески с минимальным содержанием Fe_2O_3 , Na_2O и других вредных примесей, снижающих огнеупорность.

В природе в кварцевых песках всегда содержится глина, по ее содержанию подразделяют:

1. Обогащенный кварцевый до 1 %.

2. Кварцевый до 2 %.

3. Тощие до 10 %.

4. Жирные до 20 %.

5. Очень жирный до 50 %.

Мелкозернистые пески применяют для мелких отливок – что увеличивает гладкость поверхности, крупнозернистость (мелкий – 0,1...0,2 мм; средний – 0,16...0,3 мм; крупный – 0,2...0,4 мм) – для крупных отливок, что увеличивает газопроницаемость.

Реже используют циркониевые пески – хромиты ($\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{Cr}_2\text{O}_3$) имеют $t_{\text{пл}} = 1850^\circ\text{C}$. Используют в особых случаях (крупные стальные отливки с гладкой поверхностью).

Глина.

Служит связующим веществом, обеспечивая прочность и пластичность смесей, обладает высокой пластичностью, способностью формироваться и сохранять приданную ей форму после снятия внешних сил. Представляет собой измельченные горные породы. Применяют два вида глин:

1. Каолинитовые ($\text{Al}_2\text{O}_3 \times 2\text{H}_2\text{O}$).

2. Монтморинитовые, фентенитовые или бентонитовые.
($\text{Al}_2\text{O}_3 \times 4\text{SiO}_2 \times 2\text{H}_2\text{O} + n \text{H}_2\text{O}$).

В присутствии влаги на поверхности глиняных частиц образуются гидридные оболочки из молекул воды, которые обеспечивают сцепление частиц друг с другом и вместе с тем их легкое скольжение.

При нагреве и сушке прочность глины увеличивается. В зависимости от способности связывания, глины подразделяются:

1. Прочносвязующие $\sigma_B > 0,1$ МПа.
2. Среднесвязующие $\sigma_B = 0,08-0,1$ МПа.
3. Малосвязующие $\sigma_B = 0,05-0,08$ МПа.

В влажном состоянии глины подразделяются на следующие 3 класса:

1. Прочносвязующие $\sigma_{сж} > 0,5$ МПа.
2. Среднесвязующие $\sigma_{сж} = 0,5-0,35$ МПа.
3. Малосвязующие $\sigma_{сж} < 0,35$ МПа.

По термохимической усталости :

1. Т1 (стали).
2. Т2 (чугуны).
3. Т3 (легкие сплавы).

Марку глины для конкретных условий выбирают в зависимости от массы и габаритов отливки, от способа литья и температуры заливки металла. Для легкости сплава применяют глины с низкой ТХУ (для чугуна – средний, для стали – Т1).

Связующие материалы

Связующие материалы вводят в формовочные и стержневые смеси для повышения прочности и улучшения.

Основные требования к связующему материалу:

1. Способность литейных форм увеличивать прочность после сушки.
2. Придавать формовочной смеси высокую жидкотекучесть, обеспечивая высокую прочность.
3. Обеспечивать высокую прочность в начальный период и после заливки формы металла.
4. Обеспечивать высокую газопроницаемость, и удельное газовыделение.
5. Обладать хорошими противопригарными свойствами.
6. Не вызывать прижигаемости со стержнем и стержневыми ящиками.
7. Указанные требования должны обеспечиваться при введении в смесь малого количества связующих материалов.

Все связующие материалы в зависимости от природных свойств делятся на:

1. Класс А – нерастворимые в воде и несглаживающиеся водой (естественные и искусственные смолы, смолосодержащие продукты, высыхающие масла).
2. Класс Б – органические связующие, растворимые в воде (водорастворимые искусственные смолы, некоторые виды эмульсий, коллоидные растворы органических веществ, некоторые виды клея, кормовая патока).
3. Класс В – неорганические связующие вещества, растворимые в воде или смачивающиеся водой (жидкое стекло, цемент, гипс и другие).

Все связующие материалы характеризуются по величине удельной прочности на разрыв в сухом состоянии:

$$\sigma_{yd} = \frac{\sigma_B \cdot 100}{m(100 - v)}$$

где σ_B – предельная прочность при растворении сухих материалов;

m – общее количество связующего материала в смеси;

v – содержание связующего материала в растворе.

Формовочные смеси также входят в следующие материалы: противопопригарные материалы, применяемые в виде сухого порошка или борного покрытия (графит, толь, хром, мазут и др.).

На выбор связующего материала влияет материал отливки:

1. Материалы, которые увеличивают податливость стержней и формы. Такие материалы улучшают податливость отливки при сушке.

– каменноугольный пепел, керамзит – такие материалы увеличивают вентиляцию.

– древесные опилки, торфяная крошка – в результате сушки они выгорают, образуя большое количество пор, что способствует передвижению зерен.

2. Материалы, которые уменьшают прилипаемость (тальк, керосин, графит, различные эмульсии).

Формовочные смеси делят на песчано-глинистые смеси (ПГС) и специальные формовочные смеси.

ПГС делят на облицовочные и наполнительные смеси. Облицовочные – более качественные с более высокой прочностью, хорошей газопроницаемостью, при формовке наносят на модель толщиной 40–100 мм. Создается слой, подвергающийся наибольшему воздействию при заливке материала. Остальной объем занимает накопительная смесь.

Оборотная смесь уменьшает расход песка и глины. Единые смеси используют в качестве формовочных при мокрой формовке. Они заполняют весь объем формы.

Они непосредственно соприкасаются с расплавленным металлом и должны обладать хорошими формовочными свойствами.

Формы делят на сухие и сырые.

Сухие применяют в единичном и мелкосерийном производстве.

Сырые применяются для мелких и средних отливок при массовом и серийном производстве. Такие формы содержат 10 – 12 % глины с хорошей газопроницаемостью (во влажном состоянии влажность – 4 %).

Достоинства:

1. Хорошая пластичность.
2. Легкая выбиваемость.
3. Дешевле изготовление формы.

Недостаток:

1. Невысокая прочность стенок.
2. Влажность.

Сухие формы применяют для получения крупных толстостенных отливок высокого качества. Содержит до 15 % глины, высокая прочность, до сушки влажность составляет 6 – 8 %. По технологии для сушки используют печи с температурой 250°C (процесс достаточно дорогой).

Для улучшения свойств формовки используют добавки, для обеспечения прочности и пластичности должно быть больше глины. Это снижает газопроницаемость и не пригорает. В сухих формах ухудшается податливость и выбиваемость (вот поэтому добавки и необходимы).

В сырых формовочных смесях для чугунного литья добавляют каменноугольную пыль. При заливке ее частицы газофицируются, образуются газы, препятствующие окислению сплава, т.е. уменьшается опасность пригорания.

В формовочные смеси для стального литья добавляют пылевидные кварцы. Для увеличения податливости и газопроницаемости сухих форм добавляют древесные опилки.

В сухие формы для стального литья вводят в качестве связующих коллоидные растворы органических веществ. Такая добавка увеличивает прочность и газопроницаемость, при выбивании увеличивается податливость. Сырые формы из ПГС производят 45 % чугунных и 40 % стальных отливок.

Недостаток ПГС:

На одну тонну чугуна используют от 200 до 1000 кг формовочной смеси. На одну тонну стальных отливок около 2000 кг смеси. 70 % смеси не участвуют в эффективном формировании отливки.

Сушка усложняет и требует значительных материальных затрат в процессе изготовления формы. Использование специальных формовочных смесей позволяет применять средства механизации и автоматизации. Увеличивается производительность труда и качество отливок по специальным формовочным смесям. Основной компонент – песок с содержанием глины. В качестве формовочных материалов используют смолы, жидкое стекло.

Специальные формовочные смеси делятся на 3 типа:

1. Отвердевание по продувке.

Используются быстротвердеющие жидкотекучие смолы. Состоят на 95 % песка, 3 % глины, 2 % жидкого стекла. Жидкое стекло есть водный раствор силиката натрия или калия. Влажность при этом 3,5 – 4 %. Основные характеристики стекла определяются через его модуль, – это отношение $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}=\text{M}$. Он отражает скорость отвердевания от 500 до 10 млс.

Прочность смеси на растяжение: 15 – 20 кг·с/см².

Достоинства: долготекучесть смеси, быстрое затвердевание, отсутствие токсических выделений.

Недостатки:

Гидроскопичность;

Плохая выбиваемость.

2. Горячее отвердевание.

Нашли применение в массовом производстве. Наполнитель – песок, связующие материалы: хромонитрофуриновые и другие смолы. Вводят также катализаторы для быстрого твердения при небольшом нагреве. Скорость твердения – 1...2 млс. Прочность смеси на растяжение: 15 – 25 кг*с/см².

Недостатки:

Дорогая металлическая очистка;

Возможность коробления форм при нагреве;

Дополнительные обогреватели.

3. Самоотвердевающие.

Изготавливаются из песка с добавлением синтетических смол, катализаторов. Процесс можно автоматизировать. Хорошая прочность и выбиваемость.

Жидкие самотвердеющие смеси (ЖСС):

Затвердевают очень быстро. Основа – песок. Связующая – стекло. Для перевода смеси в жидкое состояние используют пенообразователи (состоят из песка

95,5 %, феррохромового шлака, угля молотого, воды и др., например ДСРА6). Применение ЖСС повышает качество, улучшается механизация процесса.

Смеси холоднотвердеющие (ХТС). Изготавливают из песка с добавлением органических смол, полимеров, катализаторов. Затвердевают за 5 до 30 мин. Процесс можно механизировать. Характерна высокая прочность до заливки металла, хорошая выбиваемость. Использование ХТС обеспечивает качество отливки.

Приготовление смесей

1. Подбор и подготовка составления смеси.
2. Перемешивание и увлажнение смеси.
3. Высыхание смеси.
4. Разрыхление смеси.

Пески сушат в печах (250°С), затем просеивают, глину также сушат, затем размельчают, просеивают и вводят в виде суспензии. Другие материалы поставляют в готовом виде. После использования очищают, поставляют в готовом виде. После использования очищают магнитом и просеивают. Выдерживают в бункерах для равномерного увлажнения.

2.3.3 Изготовление стержней

К стержневым смесям предъявляются более высокие требования по отношению к прочности, податливости, т. к. стержни находятся в более трудных условиях, поэтому ПГС используется лишь для массивных и неответственных отливок. В остальных: песчано-смолянистые ЖСС (имеют более высокую прочность, газопроницаемость, применяются для ответственных и сложных стержней).

Состав и свойства стержней подбирают в зависимости от следующих факторов:

1. Положение стержня в форме.
2. Конфигурация стержня.
3. Вида расплава.
4. Класа стержня.

Различают следующие классы:

1. сложные формы с тонкими сочетаниями, соприкасаются с расплавом всей поверхностью. Стержневая смесь должна быть прочной и газопроницаемой.
2. с массивными частицами, выступами. Должна иметь высокую прочность после сушки.
3. центровые стержни с конфигурацией средней сложности
4. несложные конфигурации
5. несложные конфигурации и массивную ПРС.

Требования, предъявляемые к стержням:

1. должны обладать высокой огнеупорностью, чтобы выдерживать жидкий металл.
2. высокой прочностью, чтобы выдерживать давление расплава.
3. податливы, чтобы не мешать усадке металла в процессе охлаждения.

Так как в процессе усадки состав и смеси выгорают. Стержни могут быть пустотелыми с вентиляционными копаками.

Способы изготовления стержней:

1. ручным (единичное производство, крупные и средние стержни разной конфигурации);
2. машинным;
3. по шаблону.

Стержни в ящиках:

- вытряхные (для массивных);
- разъёмные (состоят из 2 половин сложной конфигурации, 2-3 группы сложности);
- разборные (для самых сложных).

Перед заполнением формовочную смесь выдерживают для равного расположения влаги, а стенки стального ящика протирают керосином. Заполняют смесью, уплотняют в ручную или на машине, далее на сушку.

По шаблону изготавливают стержень, являющийся телом вращения на специальных машинах:

1. вытряхные машины – для средних и крупных стержней;
2. прессовые машины – для мелких стержней простой конфигурации;
3. мундистучные – стержни малые по размеру (до 100 мм), по сечению (о, □);
4. пескострельные – в любом типе производства для различных конфигураций стержней;
5. пескометные;
6. пескодувные – в крупном производстве и массовом для крупных и средних стержней.

Наиболее прогрессивные – повышенной производительности с чистой поверхностью, хорошей газопроницаемостью.

Достоинства: высокая точность и чистая поверхность, хорошая выбиваемость, малое время сушки на воздухе.

ГТС:

Недостатки: высокая стоимость и дефицитность связующих материалов; более сложны в изготовлении стержневых ящиков (только металлические).

ХТС:

Недостатки: дефицитность связующих материалов.

2.3.4 Изготовление форм при ручной и машинной формовке

Формовка – изготовление формы (постоянная, полупостоянная, разовая).

Разовые литейные формы – универсально и дешево (80%).

Недостатки формовки: ответственная и трудоёмкая операция.

Основные технологические операции формовки:

1. уплотнение, с целью получения более точного отпечатка модели в форме, а также придание форме необходимой прочности;
2. устройство в форме выпоров для выхода газов, образующихся при заливке;
3. извлечение модели из формы;
4. отделка формы и её сборка.

Виды разовых форм:

1. сухие
2. сырые
3. химически твердеющие

Выбор формы зависит от: вида металла, размеров. Сырые до 800 кг.

Ручная формовка характерна для единичного, иногда мелкосерийного производства, увеличивается стоимость отливки.

Доля ручной формовки 8% по массе (отметим, что она падает).

1. Наиболее важное значение ручная формовка имеет для производства крупных отливок при литье в кессоны (железобетонная яма), отливка до 10т.

Формовка в почве.

Достоинства: просто, не требует специального оборудования.

Недостатки: необходимость приготовления в цехе специальных ям, использование рабочих высокой квалификации, большой объём работ ручным способом.

Бывает закрытой (с верхней опокой) и открытой (без литниковой схемы).

2. Формовка в опоках (полуручная).

По разъёмным и неразъёмным моделям. Модель не имеет плоской поверхности (мелкой и средней отливки). Питатели располагают по линии разъёма форм. Обычно при сборке формы – 1 стержень. По неразъёмным моделям – любую отливку с плоской стороной.

3. Безопочная формовка.

Серийное и массовое производство для мелких отливок с растворами до 100*300*400мм. Используют специальные формовочные машины:

Формовка: с начало в опоке, потом после уплотнения опока удаляется и заменяется тонко-стенным металлическим кожухом (жакет).

Производительность – до 200 деталей в час.

4. Формовка по скелетным моделям (4-5 ст.сл.).

Для изготовления крупногабаритных отливок сложной конфигурации скелетная модель связующая.

5. Формовка по шаблону относительно простая, поверхность вращающаяся, метод редко используют.

6. Машинная формовка – основной метод в серийном и массовом производстве.

Достоинства:

высокое качество форм, меньше брак, легче труд, более широкие возможности автоматизации, выше производительность.

Техпроцессы машинной формовки:

1. основной

- уплотнение смесей;
- извлечение моделей из форм.

2. вспомогательная

- установка опоки на машину;
- обдувка модели;
- нанесение разделительного слоя и припыла на форму;
- засыпка смеси в опоку;
- транспортировка формы.

Формовочные машины классифицируют:

- по виду привода (механический, электромеханический, пневматический, гидро);
- по способу уплотнения (прессовые, встряхивающие, пескодувные, пескомётные);

Прессование – верхнее и нижнее.

При одностороннем прессовании – неровность уплотнения.

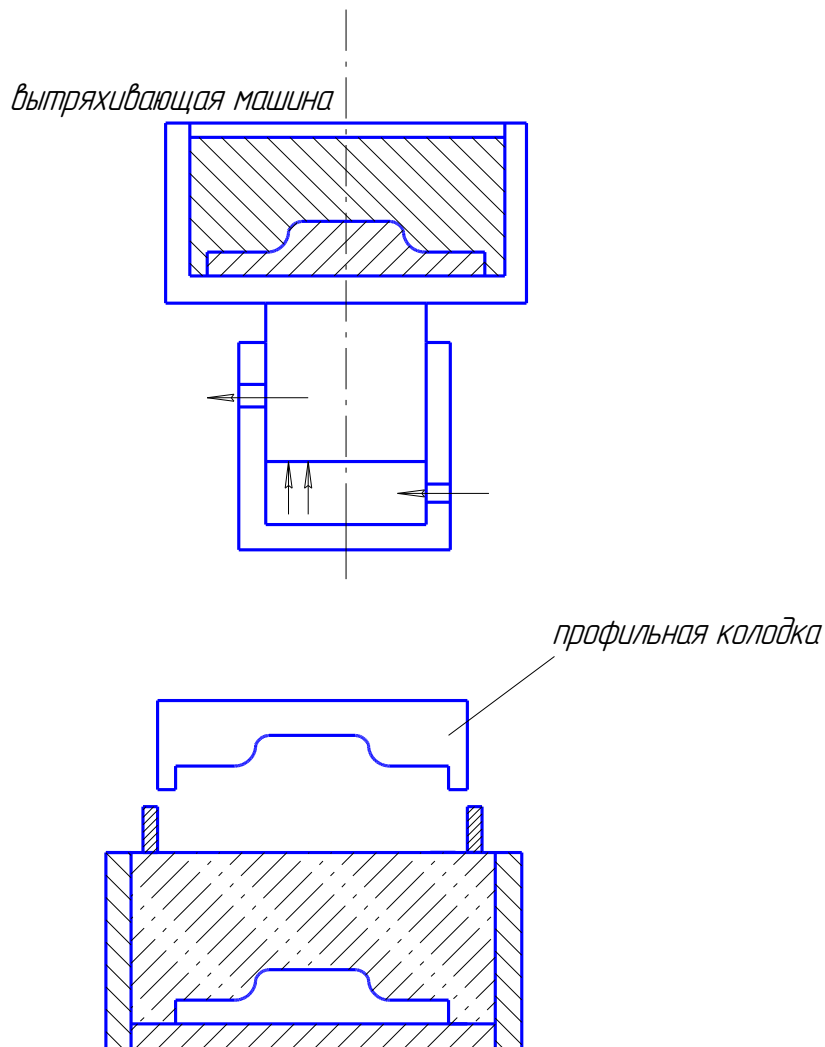
Прессование под высоким давлением, совмещение встряхивания с подпрессовкой.

Машины по извлечению формы:

- с поверхностной плитой;
- с протяжной плитой;
- с перекидным столом;
- с штифтовым разъемом.

Достоинства прессовочных машин:

- Высокая прочность и качество формовки;
- Имеет высокую податливость, меньше шума.



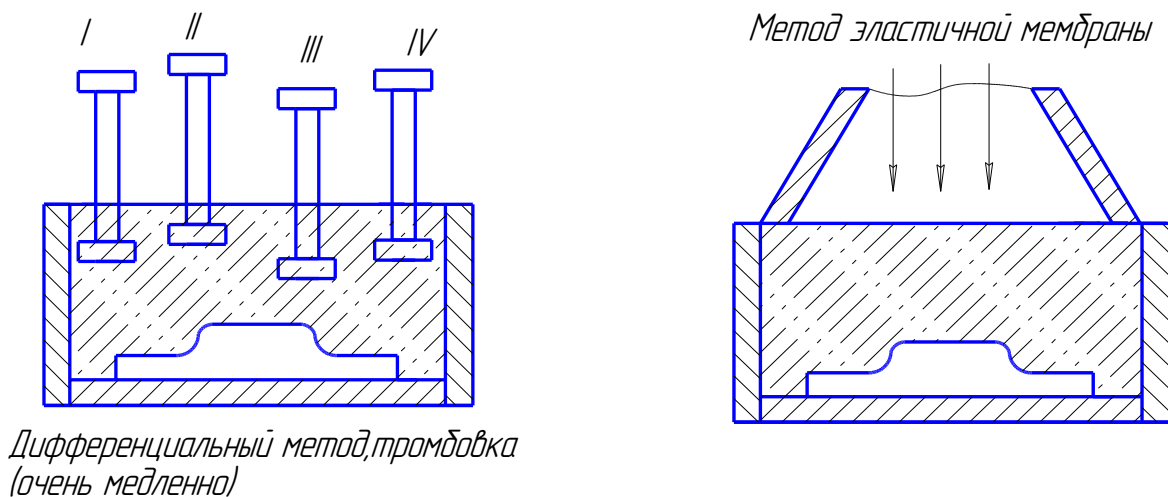


Рисунок 6 - Схемы прессования

2.3.5 Возможности механизации и автоматизации изготовления литейных форм

Комплексная механизация современных литейных цехов включает централизованное приготовление уплотняемых форм смесей с применяемым автоматизации (с подачей готовых смесей в бункера форм машин с помощью транспортеров или пневмотранспорта).

В литейных цехах готовые формы устанавливаются на конвейеры.

Отливки направляются на обрубку и очистку, выбитую смесь – в отделение регенерации, пустые опоки – возвращают.

Пути развития:

1. совершенствование существующих и создание новых моделей автоматов и п/а, карусельных машин;
2. создание автоматических линий, участков цехов для литья заготовок, новых видов автоматов поточных линий.

2.3.6 Перспективы повышения точности отливок.

Перспективы:

1. создание новых литейных сплавов с более высокими литейными свойствами;
2. создание новых формовочных материалов с высокими формовочными свойствами;
3. разработка новых способов литья, более точных и качественных;
4. внедрение и расширение механизации, автоматизации.

2.4 Заготовки, получаемые специальными видами литья. Виды специальных методов литья, их особенности и область применения

2.4.1 Литье в металлические формы. Особенности технологии литья в кокиль. Конструирование металлических форм. Схемы применения литейных машин. Режимы отливок и охлаждения металла в форме. Качество поверхностного слоя. Оформление чертежей отливок

Литьё в кокиль (металлические формы) (ГОСТ 18169 – 86).

40% Al, Mg сплавы.

Кокиль – многоразовая форма, имеющая особые условия, т.к. металлическая форма обладает большей теплопроводностью, теплостойкостью, прочностью.

Часть кокиля, не влияющая на образование отливки является холодильником.

Используется защитное покрытие, которое уменьшает теплообмен между формой и отливкой, снижаются напряжения в форме, что предохраняет форму от коррозии, создаёт газовый зазор.

Иногда обеспечивает поверхностное модифицирование или легированные отливки.

Кокиль состоит из 2-ух полуформ, стержней, плит, элементов крепления.

Последовательность техопераций (просты и кратковременны):

1. кокиль и поверхность разъёма очищают;
2. подогревают – охлаждают до определённой температуры перед нанесением огнеупорного покрытия (то же самое и для металлического стержня);
3. наносят на покрытие;
4. нагревают кокиль до рабочей температуры (материала расплава);
5. сборка кокиля, установка стержней;
6. заливка расплава;
7. охлаждение отливки вместе с кокилем до окружающей температуры;
8. разборка кокиля, извлечение отливки, удаление песчаного стержня;
9. обрубка и очистка отливки;
10. термообработка отливки;
11. грунтовка;
12. контроль качества.

Достоинства: высокие показатели при сравнении с литьем в ПГФ; поскольку операций меньше, лучше механизировать производство; меньше расход материалов; меньше брак, т.к. выше точность; качество отливки выше (высокий эксплуатационные свойства; улучшается структура металла; линейная точность выше; прочность; износостойкость высокая; гладкость высокая; лучше условия труда; выше экологичность (меньше вспомогательных материалов); уменьшаются припуски, увеличивается производительность.

12-13 кв, (80-10) Rz, многократность = f (материала): до 0,5 млн. Al отливок, 1-2 тыс. чёрных сплавов.

Недостатки: дорогой, сложность изготовления кокиля, ограниченная стойкость, которая резко снижается по мере увеличения температуры заливаемого расплава; необходимость применения сложных металлических и песчаных стержней для изготовления; сложность получения тонкостенных отливок, сильно оребренных отливок, вследствие ускоренного охлаждения отливки (чугун); повышенная чувствительность к отклонению параметров и свойств применяемых материалов.

Особенности кокиля:

Скорость охлаждения высокая, поэтому хуже заполняемость тонких стенок, соответственно необходимы расплавы с хорошей жидкотекучестью. Неподатливость стенок формы → усадка → внутренние напряжения → больше трещин и коробление.

Появление газовых раковин, вследствие чего необходимость организации вентиляционных систем.

Литьё в кокиль экономически целесообразно при массовом и крупносерийном производстве, относится к трудо-, энергосберегающим технологиям, улучшению условий труда в цехе.

Основные разновидности кокилей вытряхной

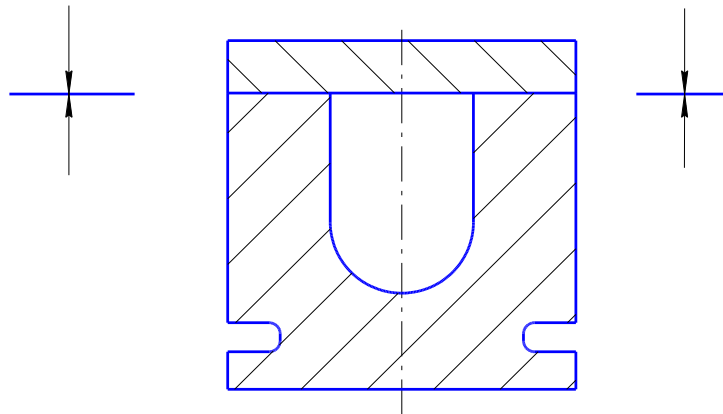


Рисунок 7 - Кокиль

1. Вытряхные кокили.

Когда отливка простой конфигурации. Просты в обслуживании.

2. Разъёмные

разъёмный

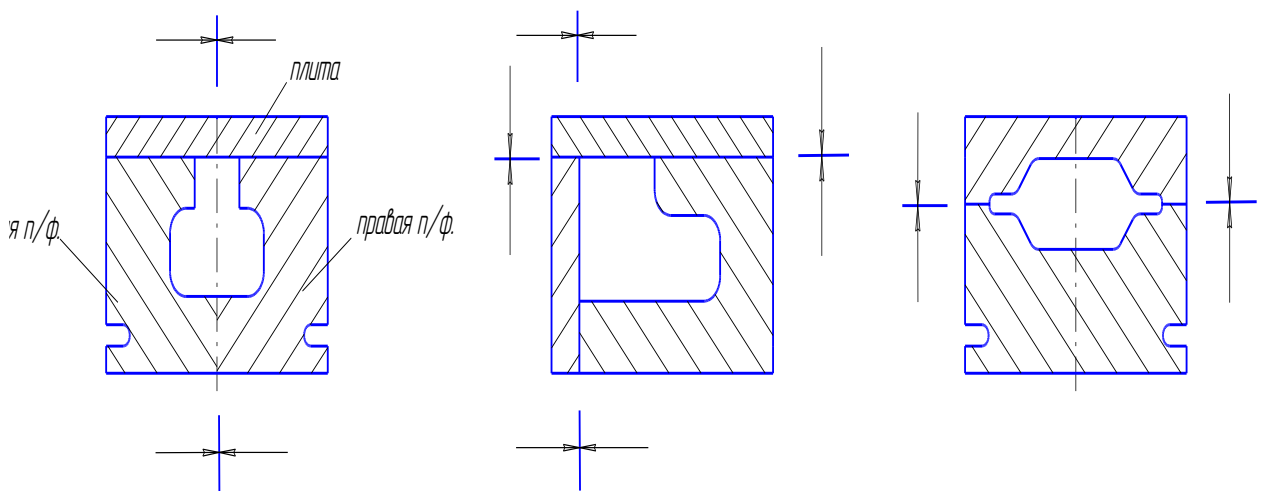


Рисунок 8 – Разновидности кокилей

Разъёмные с вертикальной плоскостью разъёмы могут, состоят из 2 и больше п/ф.

Горизонтальная плоскость разъема, применяется для простых крупногабаритных отливок.

Сложная конфигурация – сложный разъем кокиля.

От выбора разъем кокиля зависит и качество отливки, и стойкость кокиля.

Положение отливки в кокиле определяют следующие условия:

- Направленное затвердевание отливки;
- Нижнее положение для более ответственных поверхностей;
- Плавность заполнения кокиля расплавом;
- Наиболее короткая литниковая схема (верхняя);
- Простой и надёжный отвод газов;
- Удобства очистки кокиля;
- Лёгкое извлечение отливки, большее количество металлических стержней;
- Использование механизации;
- Применение стойкого, экономичного в изготовлении и ремонте конструкторского исполнения кокиля.

С точки зрения механизации производства более удобны по извлечению отливки и установке стержней с вертикальными разъёмами.

Широко применяют многоместные кокили.

По способу охлаждения кокили:

1. воздушные
 - естественные;
 - принудительные.
2. жидкостные (H_2O , магнитные масла, температура кипения высокая).

Комбинированные методы охлаждения, переменная (периодически поливают H_2O).

По материалу рабочей стенки кокили:

- стальные;
- чугунные;
- Al;
- Cu.

По долговечности теплозащитного покрытия:

- С периодически наносимым покрытием;
- С постоянным покрытием (напыление стали, чугуна).

Элементы кокиля делятся на:

1 гр. – основные (формообразующие элементы – плиты, поддоны, стержни, половины кокиля);

2 гр. – вспомогательная (конструкционные – выталкиватели, запирающие механизмы, штыри, втулки, вентиляционные системы, система охлаждения и нагрева).

Корпус кокиля обычно исполняют коробчатым с рёбрами жёсткости. Разъем должен быть плоским, число частей минимальным, размеры и контур стенок кокиля повторяет размеры контура отливки. Толщина стенок кокиля должна иметь достаточную прочность и жёсткость, а также обладать необходимыми условиями для охлаждения и затвердевания отливки. Толщина стенки: ГОСТ 1637-70, 21093-75. В процессе работы рабочие стенки кокиля испытывают большие температуры, и силовые нагрузки, поэтому к материалу стенок предъявляют жёсткие требования: хорошие механические свойства, должны противостоять термохимической устойчивости, обладать окалиностойкостью, быть недорогими.

Материал кокиля вырабатывается в зависимости от материала отливки, в зависимости от её массы и конфигурации: СЧ 20, ВЧ 440, Ст 10, Ст 15ХМН, Ал 9...

Стержни могут быть металлические и песчано-глиняные, имеют уклон – 1-2°.

Вентиляционная система – для направления вывода воздуха и газов, её конструкция по ГОСТ 16250-70, 16252-70.

Центрирующие элементы – штыри и втулки, для обеспечения точности фиксирования половин кокиля. Их количество минимальное.

Запирающие механизмы служат для надёжного соединения половин кокиля и от предотвращения его раскрытия с целью исключения утечки расплава.

Наибольшее усилие при заливке возникает от коробления кокиля и от расширения отливки за счёт структурных превращений, чаще применяют гидравлические и пневматические приводы.

Для извлечения отливки из кокиля – специальный механизм с выталкивателем.

Кокильные машины, механизация, автоматизация литья в кокиль

Виды машин:

– Универсальная – 2,3,4 –х позиционные.

– Карусельные – 4,6,8,12,16 – позиционные.

Универсальная машина бывает 4 типов: от 200×200 до 1000×1000.

1 тип – с вертикальной плоскостью разъёма, одна неподвижная плита, отливка простых форм.

2 тип – с вертикальным разъёмом, 2 подвижные плиты, поддон отливается средней сложности. Применяется часто.

3 тип – вертикальный разъём с 2 подвижными плитами, с механизмом снятия, установки стержней, отливка сложной формы (отливки сложной формы).

4 тип – вертикальный разъём, поддон, боковые и верхние механизмы снятия, установки стержней (отливка сложной конфигурации, тонкостенная отливка, оребренные отливки).

Специальное кокильное литьё – машины для 1 или для однотипных отливок (2,3,4 позиционные).

Карусельные машины применяются в массовом производстве.

Вертикальная ось вращения.

3 вида механизации:

1. автоматизация поточных линий (конвейеры);

2. автоматические линии (многопозиционные карусельные механизмы, агрегаты для заливочного устройства, дозирующие, для нанесения теплозащитных покрытий, для очистки кокилей, транспортные механизмы для подачи отливок на обрезные прессы, конкретные приспособления, оборудование для отливки литников);

3. механизация и автоматизация литья в кокиль, уменьшая потери металла на заливку, сокращение количества брака, повышенная точность отливки, улучшение условий труда в цехе;

Требования к автоматическим системам заливки:

1. заливочный ковш и кокиль должны строго фиксироваться;

2. ситниковая чаша и выпоры должны быть унифицированы;

3. заливаемое устройство должно обеспечивать необходимую скорость заливки и объём заливочного расплава;

4. необходимо исключить в расплаве неметаллические включения, потери теплоты – минимальные.

Режимы заливки и охлаждения металла в кокиль

Должно всегда обеспечиваться направленное затвердевание и питание отливки – следующие мероприятия:

1. рациональная конструкция отливки;
2. правильное расположение отливки в кокиле (массивная часть – внизу);
3. правильная конструкция литниковой системы (экономия при увеличении скорости заливки);
4. технологические режимы литья;
5. конструкция и свойства материалов кокиля.

Проектирование отливок при литье в кокиль

Габаритные размеры отливок должны быть минимальными, конфигурация должна обеспечить плоский разъем кокиля, желательно металлический стержень, число разъемов и стержней должно быть минимальным.

Конфигурация отливки должна быть обтекаемой без острых углов, резких переходов, выступов, глубоких отверстий.

Правильно выбранные уклоны толщины стенок должны обеспечить заливку и питание всех элементов. Сочетание элементов отливки должно обеспечить лёгкую разборку формы и низкую усадку материала.

Оценка технологичности – через коэффициент габаритности.

$$K_v = \frac{V}{M}$$

V – объём, M – масса.

чем $< K_v$, тем выше технологичность.

У тонкостенных:

$$\frac{200S_{np}}{L} \geq 1$$

S_{np} – толщина стенки;

L – максимальный габаритный размер отливки.

Проектирование литниково-питающих систем

Выбирают тип системы, конструкторское исполнение системы (конфигурации стояка, форма сечения питателя) рассчитывают размеры элементов питания.

Конфигурация литниковой системы влияет на стойкость кокиля. Наибольшая стойкость – кокили с верхней питающей системой. Эти системы весьма экономичны.

Может быть одиночной.

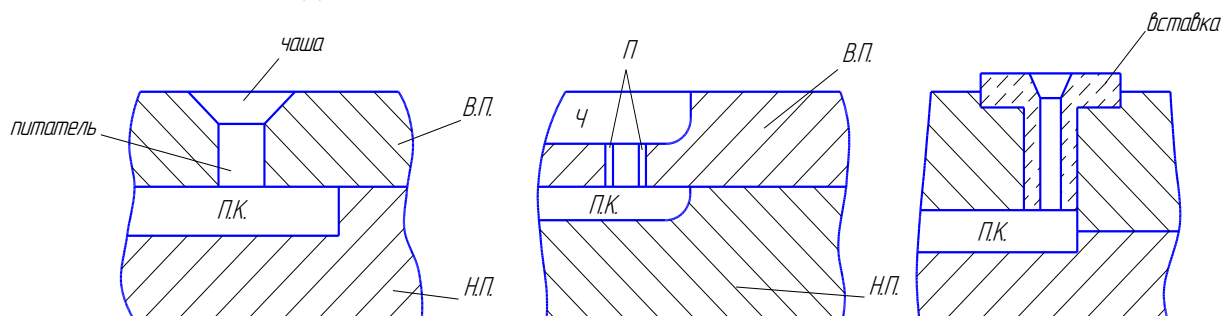


Рисунок 9 – Кокили с верхней питающей системой

Расход металла на верхнюю литниковую систему от 4 до 10%.

На боковую литниковую систему – 20-30%, применяют для многоместных кокилей.

Ярусные и нижние литниковые системы - для высоких и сложных отливок.

Верхние литниковые системы практически не уступают нижним в отношении количества неметаллических включений.

При заливке расплава с высокой температурой заливки, литниковая система располагается в разных металлических элементах (рис.3).

Особенности литья различных сплавов.

Чугун: высокая жидкотекучесть, низкая усадка.

Достоинства: возможность получения заданной структуры в различных частях отливки.

Используют все литниковые системы, кроме ярусных.

Литниковая система сужающаяся $A_{лит}: A_{шл}: A_{ст} : 1:1,15:1,25$.

Технологические режимы литья (скорость, время, температура подогрева кокиля, расплава, время затвердевания).

Время затвердевания зависит:

- масса отливки;
- форма, растворы, толщина стенки;
- материал отливки.

После извлечения из кокиля отливки очищают, отбивают литниковую систему, подвергают термообработке (отпуск, отжим, кристаллизация).

Характерные дефекты чугуна:

- недоливы;
- трещины (низкая технологичность конструкции);
- газовая пористость;
- несоответствие структуры металла из-за неправильной регулирования режима затвердевания.

Отливки из высокопрочных чугунов – редко, из-за низкой жидкотекучести, высокой усадки (2,8%).

Сталь: плохие литейные свойства, простая форма при малых растворах при равномерной толщине стенки. Используется верхняя сужающаяся литниковая система 1:1,5:2,0.

Цветные сплавы:

Алюминиевые (Al) – лучшие литейные свойства у силуминов (Al+Si) АЛ6.

Литниковая система всех типов:

Система сверху – для простых и невысоких отливок;

Система снизу – для высоких отливок, типа корпуса;

Система сбоку – для высоких отливок сложных конфигураций;

Комбинированная система – обеспечивает спокойное заполнение;

Ярусная система – для сложных тонкостенных отливок.

Расширяющаяся литниковая система.

Технологические режимы литья: от массы, материала.

+Mg МЛ5, МЛ10.

Литейные свойства хуже, высокая усадка, литейная схема расширяется 4:3:1

Направленное затвердевание обеспечить.

Недостатки: пористость, трещины.

Медные (Cu):

Латуни:

высокая усадка (2,5%), высокая жидкотекучесть. Литниковые схемы сужающиеся 1:1,15:1,25.

Бронзы:

высокая усадка, высокая жидкотекучесть. Льют оловянистые кремнистые, алюминиевые, марганцевые бронзы. Литниковая схема сужается 3:2:1.

Чистую медь льют редко: высокая усадка (2,8%), низкая жидкотекучесть, пористость, трещины.

Дефекты при литье цветных сплавов в кокиль:

- усадочные дефекты (раковины, трещины);
- недоливы (низкая температура расплава);
- шлаковые включения;
- газовая пористость.

Оформление чертежа отливки по ГОСТ 2423-73.

2.4.2 Центробежное литье. Специфика литья во вращающиеся металлические формы. Способы центробежного литья и типы применяемых машин.

Конструктивные особенности отливок

Получают отливки свободной заливкой металла во вращающиеся формы. Сущность литья: заполнение формы, происходящей под воздействием сил.

С вертикальной осью вращения

Горизонтальная ось вращения

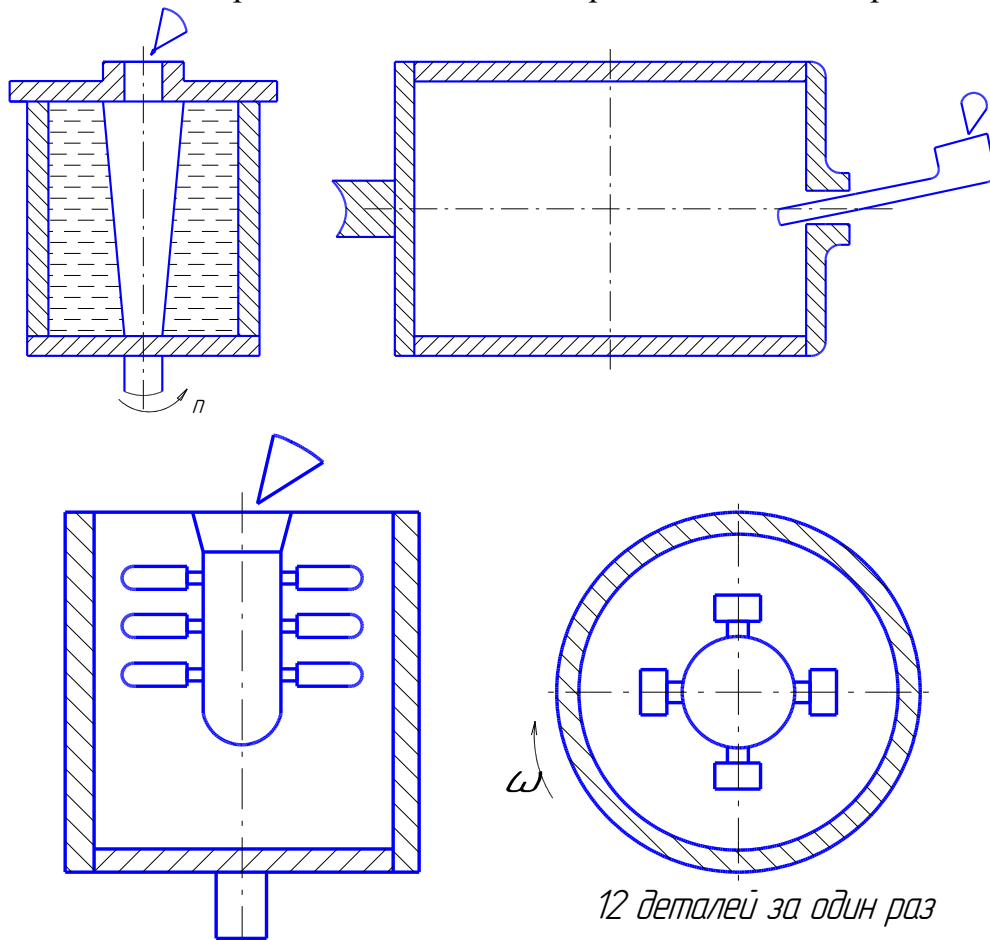


Рисунок 10 – Виды форм

Недостатки форм с вертикальной осью вращения: изделия разностенные.

Недостатки многоместных форм: разовые формы.

Для колец, фланцев, втулок – вертикальная ось.

Горизонтальная ось – трубы длинные, равностенность с внутренней стороны, метод требует ручной заливки.

Формы помещают в кожух, в котором циркулирует вода, а отливки извлекают.

Производительность: 50 труб/час при $d_{mp}=200-300$ мм, $l=2-5$ м.

$$v_{\text{вр. формы}} \rightarrow n = \frac{5520}{S \cdot r},$$

Используемая скорость вращения формы 250-1200 мин⁻¹.

S – плотность расплава.

r – радиус формы.

Центробежное литьё – высокопроизводительный метод, нет пустот, затвердевание под действием центробежной силы, неметаллические включения скапливаются на внутренней стороне трубы, тем самым обеспечивая хорошее качество отливки, можно использовать сплавы с пониженной жидкотекучестью, возможность получения тонкостенной отливки, нет необходимости в литниках, стержнях, выпорах.

Недостатки:

У сплавов склонных к ликвации, она усиливается, химический состав неоднороден. Вертикальная ось повышает припуск на внутреннюю сторону, чтобы компенсировать конусность.

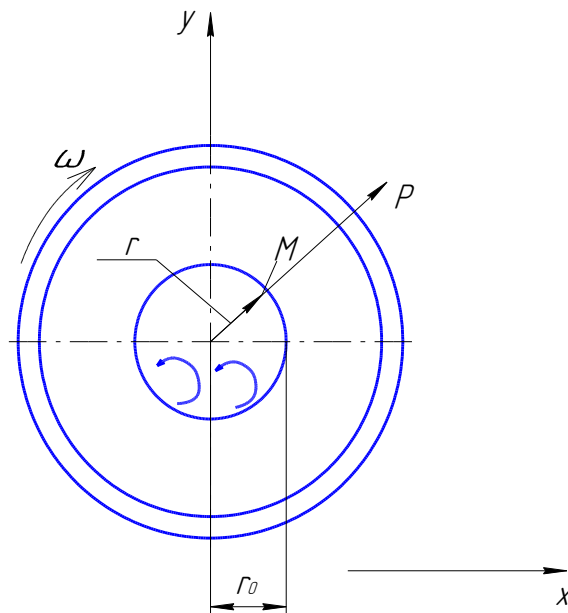


Рисунок 11 – Центробежная форма

$$P = \frac{g w^2}{2g} (r^2 - r_0^2) - \text{для невысоких}$$

$$P = \frac{g w^2}{2g} r^2 + p h - \text{для высоких}$$

h – расстояние от уровня расплава в чаше до горизонтальной плоскости, в которой находится рассматриваемая точка.

$$y = \frac{\omega^2 x^2}{2g} - \text{горизонтальная ось,}$$

y – вертикальная ось. Вид гиперболы, которая получается со стороны свободной поверхности.

Во время затвердевания отливки при вращении формы происходит конвенционный теплообмен, что способствует направленному затвердеванию.

Большинство сплавов при центробежном литье склонны к ликвации, т.е. к неоднородности по химическому составу.

Достоинства центробежного литья:

Уменьшение расхода материала, исключение затрат на изготовление стержней, улучшение наполняемости формы, повышение плотности материала отливки, вследствие уменьшения раковин.

Недостатки:

Трудность получения отливок и склонных к ликвации расплавов, возможная загрязнённость поверхности, поточность размеров отливки со стороны свободной поверхности.

Способы центробежного литья и виды машин

Металлические формы для центробежного литья называется изложницами, применяют в машинах с горизонтальной осью вращения (до 500мм).

Меньшее применение – изложницы с вертикальной осью вращения, в качестве материала – Cr Ni сплавы, 25X2НН, чугуны СЧ20.

Применяют и керамические формы, оболочковые, литьё по выплавляемым моделям.

Дозировка расплавов при центробежном литье может быть по объёму расплава, по его массе, по переливу избытка расплава.

Достоинства: возможность получения армированных отливок, биметаллических труб из расплавов с разной температурой плавления, из металлических и неметаллических материалов. Возможность наварки жидкого металла на изношенные цилиндрической поверхности.

Типы машин:

1. По назначению
 - универсальные;
 - труболитейные;
 - специальные.
2. По расположению оси
 - горизонтальные;
 - вертикальные;
 - наклонные(<5°).
3. По конструкции
 - шпиндельные;
 - роликовые;
 - центробежные.

Припуски на механическую обработку при центробежном литье зависят от:

- от заливаемого расплава;
 - от размера отливки;
 - от материала формы.
- наружное – 2-12 мм, внутренние – в 2 раза больше.

Особенности центробежного литья.

Первая особенность. Охлаждение расплава начнется в первую очередь в литниковой чаше из-за теплоотдачи в воздух. Охлажденные частицы металла, как более тяжелые, имеющие большую плотность под воздействием центробежных сил устремляются в радиальном направлении в форму и перемещаются в более горячем и легком металле. Горячий металл вытесняется в более холодную зону из глубинных слоев тонущими частицами, которые могут быть жидкими, но более холодными. Таким образом, при затвердевании металла во вращающейся форме в радиальном направлении непрерывно происходит конвекция. Металл в чаше обогащается горячим расплавом из глубинных слоев отливки, что предотвращает его затвердевание. Затвердевание идет строго направленно. Металл в чаше до последнего момента может оставаться жидким и питать отливку.

Вторая особенность. На любую частицу вращающегося расплава действуют силы гравитации P и центробежная Q .

Отношение:

$$Q/P=K,$$

называют гравитационным коэффициентом $K=30-50$ и даже более 100. Если условно применить «тяжесть» к частице находящейся под действием центробежной силы, то окажется, что эта частица металла становится в десятки и сотни раз тяжелее в поле центробежных сил, чем в поле земного притяжения. Гравитационный коэффициент показывает во сколько раз тяжелее становится сплав при его вращении.

Утяжеление частиц сплава является второй, самой характерной особенностью центробежного литья, способствующей получению плотных отливок.

При затвердевании в неподвижной форме в процессе питания отливки перемещение сплава по капиллярам происходит под действием сил земного притяжения, атмосферного давления и капиллярных сил. Эти силы часто оказываются недостаточными и отливки получаются пористыми.

При центробежном литье к отмеченным силам добавляется в десятки раз большая центробежная сила. Частицы жидкого металла, перемещающиеся к периферии, утяжелены в десятки раз, и заполняют непрерывно образующиеся при затвердевании межкристаллические пустоты.

Центробежные силы создают условия не только строго направленного затвердевания отливки (первая особенность), но и многократно усиленного питания жидким металлом затвердевающего слоя. А это, как известно, главные условия получения плотных беспористых отливок.

Третья особенность. При обычном литье неметаллические и газовые включения всплывают благодаря разности плотностей металла и включений. Они всплывают медленно и мало вероятно, чтобы могли полностью выделиться, так как на своем пути встречают затвердевающий сплав.

При центробежном литье затвердевание строго направленное. Зона последнего затвердевания должна быть всегда ближе к оси вращения. Поэтому неметаллические включения (как наиболее легкие) всегда выносятся в зону последнего затвердевания.

Отливки получают с меньшим количеством неметаллических включений.

Рассмотренные процессы, происходящие при кристаллизации отливки во вращающейся форме характерны для большинства сплавов. Однако имеются исключения из этого общего правила, когда центробежные силы могут оказывать вредное действие.

Исключение первое. Жидкость гетерогенная (это жидкость, состоящая из несмешиваемых компонентов), например, расплав свинцовой бронзы представляет собой эмульсионную смесь свинца и меди. Во вращающейся форме свинец центробежными силами отбрасывается к периферии, а медь, как более легкая, вытесняется к центру вращения. Ликвация может проявиться настолько сильно, что внутренняя часть отливки окажется медной. Предупредить это вредное явление можно усилением охлаждения отливки снаружи (водоохлаждаемая металлическая форма) и одновременно снижением скорости вращения формы.

Исключение второе. Выпадающая твердая фаза легче жидкости, например, заэвтектический силумин, содержащий более 12% кремния. В начале затвердевания такого сплава выделяются кристаллы чистого кремния, которые легче алюминия, и они центробежной силой оттесняются в зону последнего затвердевания отливки. Так и образуется твердая корка, то есть затвердевание идет с двух сторон от периферии и от центра. К концу затвердевания в средних слоях будут усадочные пустоты.

Область применения центробежного литья определяется особенностями процесса затвердевания отливок, техническими и экономическими преимуществами этого способа.

Центробежным способом можно получить более тонкостенные отливки, чем при литье в неподвижную форму. Производительность труда выше, а условия труда лучше, чем при литье в разовые формы.

Центробежным способом изготавливаются крупные отливки из легированных сталей, втулки и венцы из антифрикционных сплавов, детали из жаропрочных и титановых сплавов

2.4.3 Литье под давлением. Технологические возможности и область рационального применения заготовок, получаемых литьем под давлением. Литейные сплавы. Основные типы машин для литья под давлением, их конструктивные особенности. Типовые конструкции прессформ и особенности конструирования отливок

Сущность: форма заполняется расплавом под действием внешних сил, превосходящих гравитационные силы. Затвердевание – при избыточном давлении.

Физическая сущность литья под давлением. Процесс литья под давлением заключается в том, что расплавленный металл заливается в камеру прессования машины, соединенную литниковыми каналами с замкнутой полостью разъемной металлической формы. Под действием поршня металл принудительно перегоняется в полость разъемной металлической формы, заполняя ее, он затвердевает и образует отливку. При раскрытии формы отливку удаляют.

Из существующих типов машин для литья под давлением в настоящее время наибольшее распространение получила машина с горизонтально расположенной камерой прессования. На примере этой машины и рассмотрим более подробно цикл литья под давлением.

Современные машины литья под давлением состоят из следующих главных механизмов: механизма для заполнения формы (устройство перегоняющее металл из камеры прессования в форму и создающее давление на металл в форме); механизма запирания (устройство закрывающее и открывающее форму) аппаратура для управления машиной и гидравлического привода.

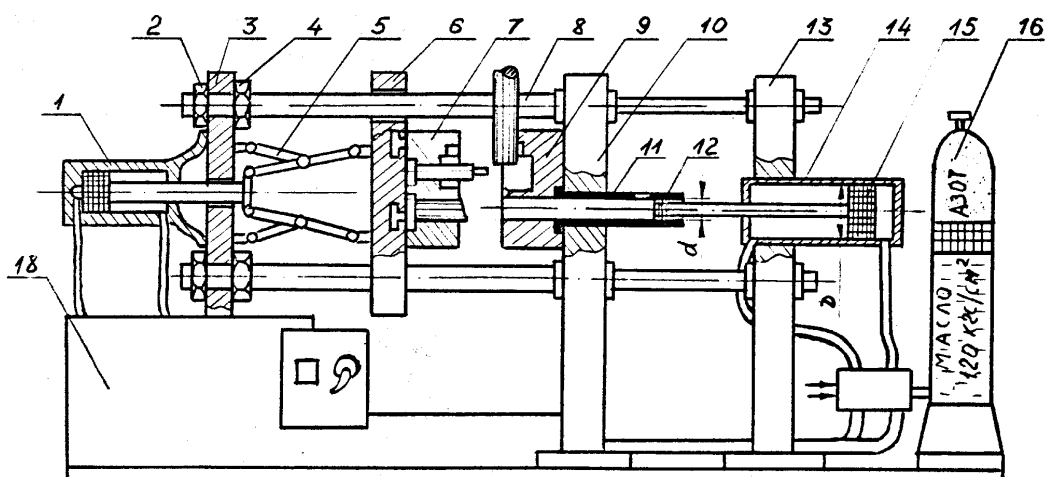


Рисунок 11 - Схема машины литья под давлением с горизонтальной камерой прессования.

Все механизмы машины крепятся к сварной станине 18 коробчатого сечения, внутренняя полость которой является масляным баком. Станина устанавливается на бетонный фундамент 17.

Механизм запирания открывает и закрывает форму, передвигая подвижную ее половину 7, и удерживая форму в закрытом положении во время заполнения ее металлом. Подвижная полуформа 7 крепится к подвижной плите 6 машины, которая перемещается по четырем направляющим колоннам 8 машины. Движение подвижной плиты сообщается гидравлическим цилиндром 1 через систему рычагов 5. Цилиндр 1 и две оси рычагов закреплены на плите 3, которая может передвигаться вдоль оси машины при помощи зубчатого колеса и рейки. Перемещение плиты вдоль оси машины обеспечивает возможность установки на машину форм различной толщины. После установки плиты 3 в необходимое положение она фиксируется при помощи гаек 2 и 4.

Неподвижная полуформа 9 крепится к неподвижной плите 10 машины. Гидравлический цилиндр 14 с плунжером 12 диаметра d служит для заполнения формы металлом и удаления литникового остатка. Цилиндр 14 закреплен на неподвижной плите 13, а заливочная камера 11 на плите 10. Гидравлический привод состоит из масляного насоса и аккумулятора 16 и служит для подачи масла в цилиндры 1 и 14 при работе машины. Давление масла P в аккумуляторе составляет 120 кгс/см^2 . При этом усилие P на плунжер 12 будет:

$$P = \pi \cdot D^2 \cdot p / 4,$$

D - диаметр поршня 15.

Для вычисления давления металла в форме следует силу P разделить на площадь плунжера 12, то есть :

$$P_{\phi} = \pi \cdot D^2 \cdot p \cdot 4 / (4 \cdot \pi \cdot d^2) = p \cdot (D/d)^2$$

Давление в форме увеличивается пропорционально отношению квадрата диаметров поршня и плунжера.

ЛПД позволяет получить сложные по конфигурации тонкостенные (0,5 мм) высокого качества из цветных сплавов массой от нескольких грамм до нескольких килограммов.

Толщина стенок. Для поверхностей, которые подвергаются механической обработке, назначают припуски до 0,3 до 0,5 мм. Значения минимально допустимых толщин стенок отливки в зависимости от размеров их поверхности приведены в таблице.

Таблица 2 - Минимальная толщина стенок отливок, получаемых литьем под давлением

Поверхности отливок в см ²	Минимально допустимая толщина стенок для цинкового сплава	Минимально допустимая толщина стенок для магниевого сплава	Минимально допустимая толщина стенок для алюминиевого сплава	Минимально допустимая толщина стенок для медного сплава
менее 25	0,8	10,3	1,0	1,5
до 150	1,0	1,8	1,5	2,0
до 250	1,5	2,5	2,0	3,0
свыше 250	2,0	3,0	2,5	3,5

Механические свойства отливок, полученных под давлением, значительно отличаются от свойств отливок, изготовленных другими способами литья. При быстром охлаждении у отливок образуется литейная корочка с очень мелкозернистой структурой, толщина которой составляет около 0,5-1,0 мм. Поэтому тонкостенные отливки имеют мелкозернистую структуру, повышенную прочность и твердость на 20-30 % при одновременном снижении пластических свойств на 30-50% по сравнению с литьем в землю.

Пористость, вскрывающаяся при механической обработке, становится причиной брака большого числа отливок. Источниками пористости являются усадка сплава, воздух, который захватывается потоком жидкого металла в полости формы, и газы выделяющиеся из жидкого металла. Переход на литье под давлением снижает трудоемкость изготовления отливок в 10-12 раз в литейных и 5-8 раз в механических цехах.

Развитие массового производства в оптико-механической промышленности в некоторой степени способствовало широкому внедрению литья под давлением. Корпуса фотоаппаратов и биноклей, детали биноклей, микроскопов, геодезических приборов, спецдеталей – вот далеко не полный перечень применения литья под давлением в этой промышленности.

Отливки составляют почти половину всех деталей оптико-механических приборов.

Силумины - 60% отливок.

Чугун, сталь ($m_{отл}=2 - 45\text{кг}$).

Ограничения – литниковая машина.

Точность отливки до 8 кв.

Неровность поверхности – 0,2мм.

Шероховатость зависит от материала: 0,32 мкм по Ra.

Для Cu сплавов – 160Rz.

Шероховатость падает по мере износа формы.

Получают на машинах с горячей вертикальной камерой прессования (мелкие, сложные).

Холодно-горизонтальной камерой (крупные).

Экономическая целесообразность ЛПД:

Расплав заполняет форму за время 0,1 с объём потока равен 100 м/с, закупорка вентканалов, из полости не полностью удаляются газы. Вакуумирование камеры до заливки.

Достоинства:

1. от 300 до 3000 отливок в час;
2. возможность изготовления тонких стенок (0,5-100мм);
3. высокое качество материала, по размерам и шероховатости;
4. исключение операции сборки и выбивки форм;
5. возможности автоматизации;
6. хорошие условия труда;
7. высокий КИМ.

Недостатки:

1. массы и размеры отливки ограничиваются возможностью применения машин;
2. высокая стоимость пресс-форм в связи со сложностью и трудоёмкостью их изготовления при ограниченной стойкости;
3. сложность получения отливок со сложными внутренними поверхностями, не возможность изготовление карманов;
4. неподатливость пресс-формы, пористость.

Метод ЛПД применяют в условиях массового и крупносерийного типов производства для мелких деталей.

Машины при ЛПД разделяют по:

1. принципу действия:

- компрессорные;
 - поршневые.
2. по узлу прессования
 - с горячей камерой;
 - с холодной камерой.

Поршневые с горячей камерой – распространены.

Недостатки горячих камер прессования: тяжелые условия работы поршня и пресс-форм, т.к. высокая температура; силовые нагрузки.

Недостатки холодных камер прессования: требует ручной заливки.

Параметры выбора машин:

1. по создаваемому давлению;
2. по усилию прессования пресс-форм;
3. по размерам плит;
4. по размерам камеры прессования;
5. по требуемой производительности;
6. по требуемой минимальной толщине стенки в отливке;
7. по требуемому ходу выталкивателя.

Типовые конструкции пресс-форм

Они имеют одну или несколько рабочих плоскостей, стержней, вставок, систем каналов для подвода расплава в форму, систем толкателей для извлечения отливки, систему каналов для охлаждения пресс-формы, системы вентиляции для отвода воздуха и газов.

Она состоит из неподвижных и подвижных поверхностей. В зависимости от типа производства выбирают форму размеров отливки. Марки расплава – одно, многоместные пресс-формы.

Основные детали и механизмы пресс-форм

Механизмы фиксации стержней, извлечение и выталкивания стержней.

2 группы: формообразующие и конструкционные.

Формообразующие – рабочие вкладыши, вставки, стержни, литниковые втулки, рассекатели.

Конструкционные – плиты, упоры, обоймы, пластины, направляющие втулки.

Материалы деталей: 40ХН, 3Х2, У10А.

Основные принципы конструирования отливок:

– технологичность отливки (конфигурация выталкиваемой из формы, уклоны у поверхностей, обрабатываемых стержнями).

– должна соответствовать назначению по прочности, качеству, герметичности.

2 основных принципа:

– тонкостенность;

– равностенность (иначе дефекты по пористости).

Толщина ребра $\leq 0,8$ толщины стенки.

уклоны: 10-30°.

внутренние: 10°-20°

$$R_{comp} = \delta_1 + \delta_2$$

Сплавы для ЛСД должны обладать свойствами:

– Иметь малый интервал кристаллизации;

– Обладать высокой прочностью при небольшой температуре;

– Обладать хорошей жидкотекучестью;

– Обладать химической инертностью к материалу пресс-формы (Zn, Cu, Al).

Разработка чертежа отливки:

1. расположение отливки в пресс-форме;

2. выбор места подвода расплава (0,3-0,8 мм на сторону);

3. назначение припусков на механическую обработку и допусков на размеры;

4. назначение литейных уклонов.

При ЛСД применяют 1 из 3 литневых систем в зависимости от расплава, форм, размеров отливки.

Прямая, внутренняя, боковая литниковая система (типа рамок).

2.4.4 Штамповка жидкого металла. Технологические особенности процесса штамповки жидкого металла с затвердеванием его под давлением. Область рационального применения жидкой штамповки. Особенности оформления чертежей заготовок

Сущность метода в том, что расплавленный металл после заливки в матрицу или форму штампуют в период кристаллизации. Т.е. металл остаётся под давлением (давлением пуансона)

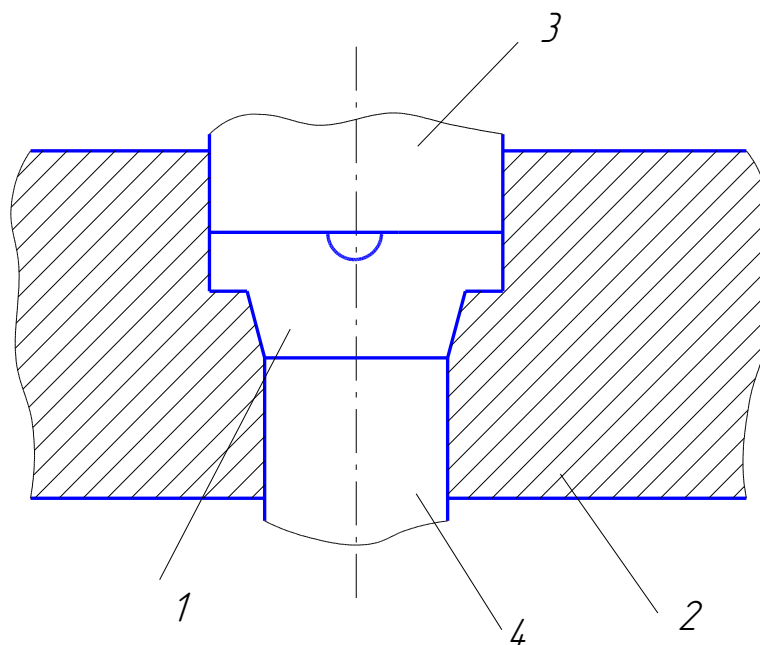


Рисунок 12 – Штамповка:

1. заготовка
2. матрица
3. пуансон
4. выталкиватель.

Широко используется метод при получении толстостенных заготовок, в основном из цветным сплавов, малой шероховатостью, с высококачественной структурой материала $Rz=6,3$ мкм.

Припуски на механизированную обработку составляют 0,5-1,5 мм. Штамповку литых заготовок производят на гидравлических прессах. При штамповке в пресса заготовку выдерживают 5-7 с.

Применяют 2 вида штамповки:

1. облойный;
2. безоблойный (чаще).

Достоинства:

Необходимы небольшие усилия. Высокий коэффициент используемого металла, возможность получения крупных заготовок, небольшой износ штамповочного инструмента.

Недостатки:

Сложность дозировки объёмов расплава, быстрое остывание металла при получении отливок малых размеров. При получении стальных отливок очень большой износ инструмента и прилипание металла к инструменту.

Этим способом получают круглые, квадратные, прямоугольные заготовки крупных и средних размеров.

2.4.5 Литьё по выплавляемым моделям. Особенности технологического процесса литья по выплавляемым моделям. Изготовление прессформ и выплавляемых моделей. Изготовление форм для литья

Сущность и технические возможности:

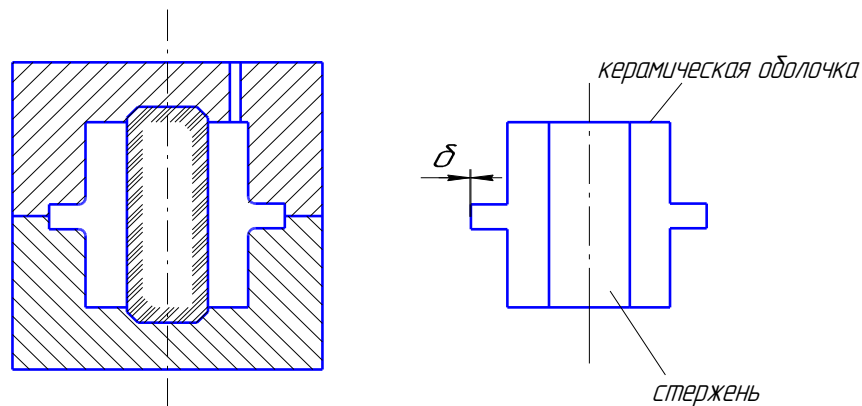


Рисунок 13 – Получение выплавляемой модели

Сущность ЛВМ заключается в использовании такой неразъёмной разовой модели, по которой из жидких формовочных смесей изготавливаются различные оболочки. Перед заливкой расплава модель удаляется одним из методов: выплавлением, выжиганием, испарением.

Порядок получения форм:

1. изготовление пресс-форм (дерево, гипс, пластмасса);
2. в пресс-форму заливают модель;
3. наносят огнеупорный материал путём окунания её в суспензию с последующей сушкой. Окупают до 10 раз, на поверхности форм образуется керамическая оболочка $\delta=2-8$ мм;
4. выплавляют из керамической оболочки, затем пустотелую оболочку опускают в землю;
5. заливают в оболочку расплав.

Этот метод позволяет получать отливки сложной конфигурации с тонкими стенками, с малой шероховатостью $Rz10$, $K_{им}=0,8-0,95$.

Метало- и трудосберегающая технология.

Достоинства:

Возможность изготовления из любых сплавов отливок сложной конфигурации с тонкими стенками и малой шероховатостью, возможность создания сложных конфигураций, объединяющих некоторые детали в узел, возможность применения в любом типе производства. Уменьшается расход формующих материалов, улучшение условий труда.

Недостатки:

Многооперационность и трудоёмкость производства изготовления форм. Сложность управления качеством изделия из-за большого числа технологических факторов. Большая номенклатура материалов, применяемых для получения форм. Повышенный расход металла на литники.

Изготовление пресс-форм, требования:

1. Обеспечить полученным методом заданную точность;
2. Пресс-форма должна иметь достаточно хорошую литниковую систему для заполнения формы и необходимую вентиляцию для отводов газов;

3. Должна обеспечивать нужную скорость охлаждения;
4. Должна иметь достаточную долговечность и простую конфигурацию.

Материалы – дерево, гипс, цемент.

Изготовление выплавляемых моделей

Техпроцесс:

1. приготовление модельного состава;
2. изготовление модели отливки и литниковой системы;
3. отделка и контроль модели;
4. сборка модели в блоки.

Модельные составы должны обладать определёнными свойствами:

Хорошей жидкотекучестью, небольшой температурой плавления, небольшой усадкой, минимальное расширение. Не должны прилипать к поверхности пресс-формы, должны обеспечивать соединение моделей в блоки, безвредность и дороговизна.

Исходные материалы для получения модели: воск, стеарин, парафин, полиэтилен.

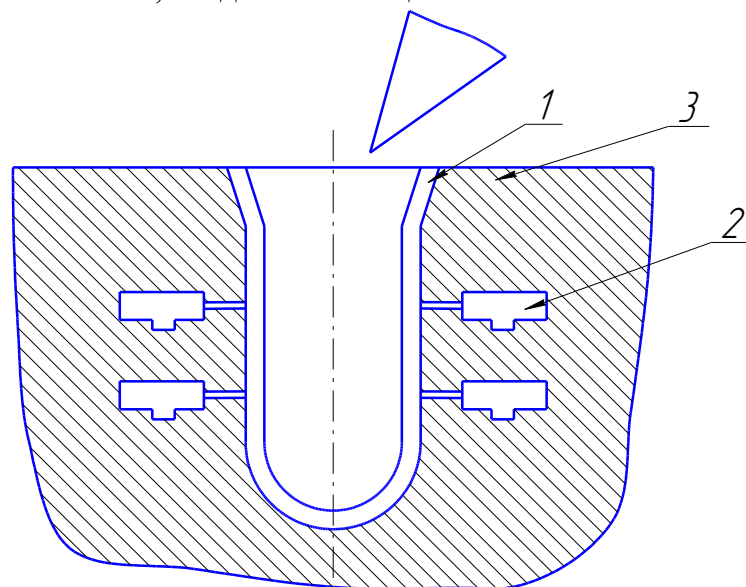
Из перечисленных материалов в определённых пропорциях делают смеси.

Изготавливают модельные включения следующим образом:

1. подготовка пресс-форм;
2. заполнение пресс-форм;
3. выделка и охлаждение с определённой скоростью;
4. разборки пресс-форм и извлечение модели
5. выдержка модели на воздухе до окончания усадки.

Сборка моделей в блоки.

Блок – модель отливки, соединённая в целое с литниковой системой.



- 1 – модель литниковой системы;
2 – модель отливки;
3 – наполнитель.

Рисунок 14 - Блок модель отливки

Различают 4 вида:

1. пайка;

2. сборка в кондукторах;
3. механическое крепление;
4. сплавление.

Изготовление формы для литья:

Форма должна быть достаточно прочной, огнеупорной, иметь газопроницаемые стенки, иметь достаточную податливость, должна обеспечивать требуемую шероховатость поверхности отливки.

При ЛПВМ бывают дефекты:

1. поверхностные (наплывы, гребешки);
2. пористость (газовые раковины, горячие и холодные трещины);
3. отклонения размеров и формы из-за дефектов несоответствие химического состава;
4. несоответствие химсостава.

Механические дефекты:

1. несоответствие расплавов;
2. механическая усадка;
3. тип производства.

При проектировании отливки исходными данными являются:

1. чертёж детали;
2. технические требования

Масса отливки от 1 г до 300 кг, от 1 мм до 1 м.

Литейные радиусы и уклоны меньше, чем при литье в формы, проектируемого чертежа отливки включения – выбор отливки при заливке расплава. Выбор места заливки, назначение припусков (0,3...5 мм).

Особенности способа и его применение. Жидкая суспензия пылевидного огнеупорного материала прочно прилипает к модели и точно воспроизводит ее очертания и поверхность. После выплавления моделей из жесткой прочной оболочки образуется неразъемная форма с гладкой рабочей поверхностью и точными размерами, что способствует получению точных по размерам (II качество с чистой поверхностью $R_a=2,5$ мкм) отливок из всех известных сплавов. Форма после прокаливания не содержит газотворных составляющих. Это уменьшает вероятность образования газовых раковин в отливках. Заливка же в горячие формы дает возможность изготавливать тонкостенные сложнейшие отливки. В горячей форме отливка затвердевает медленно, что способствует фильтрации жидкого металла из литниковопитающей системы в отливку и получению металла в ней.

Отмеченные особенности литья по выплавляемым моделям дают возможность получать отливки, сложные по конфигурации с толщиной стенки 1-3 мм и массой до 300 кг.

Стоимость 1 тонны отливок, получаемых по выплавляемым моделям, в 3- 10 раз выше, чем изготавливаемых другими способами.

В приборостроении литье по выплавляемым моделям применяют для изготовления отливок в основном из сталей. Обычно отливки бывают сложные небольших размеров с тонкой стенкой и чистой поверхностью. Изготовить сложную тонкостенную стальную деталь другими способами литья не представляется возможным, а изготовление из куска дороже, чем литье по выплавляемым моделям.

2.4.6 Литье в оболочковые формы. Особенности технологического процесса литья в оболочковые формы. Основные виды форм: песчано-смоляные; жидкостекольные; химически твердеющие. Изготовление форм для литья. Возможность автоматизации изготовления форм. Технологические возможности литья в оболочковые формы и область его применения

Оболочковые формы, так же как и песчано-глинистые и ЖСС, являются разовыми.

Сущность метода в использовании горячтвёрдеющих смесей на основе связующих для создания тонкостенных форм (оболочек) с толщиной стенок 6-10 мм.

Порядок операций изготовления полуформ:

1. изготовление модели;
2. крепление модели в плите;
3. подогрев плиты до температуры $\approx 250-300\text{ }^{\circ}\text{C}$;
4. получение формы с песчано-глинистых смесей;
5. изготовление стержня по необходимости;
6. соединение полуформ в одно целое.

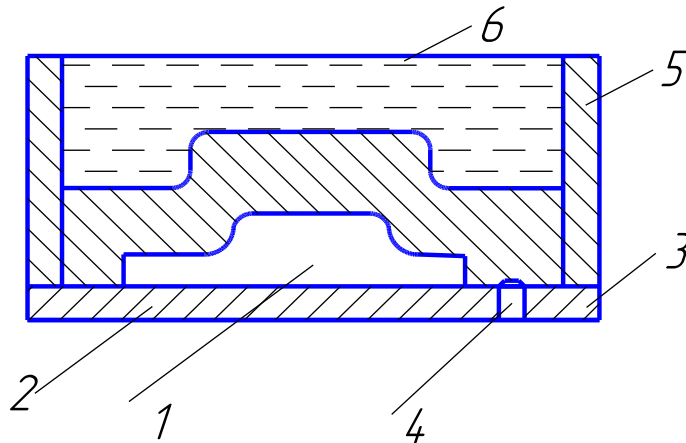


Рисунок 15 – Оболочковая форма:

1. модель;
2. песчано-смолянистая оболочка;
3. наполнитель;
4. штифт для закрепления оболочки;
5. опока;
6. песок.

3 вида форм:

1. песчано-смолянистая
2. жидко-стеклянная
3. химически твердеющая.

Выбор смесей зависит от формы отливки, материала отливки. Формы состоят из 2 или более частей. Очень редко изготавливают цельные формы. Для отливок простой конфигурации.

Формовочную смесь готовят из мелкозернистого песка и синтетической термореактивной смеси (3-7%), которая является связующим. Эти смеси являются песчано-смоляными. Способ изготовления оболочек обоснован на специфических свойствах термореактивных смол.

Смолы при комнатной температуре находятся в твердом состоянии, при нагреве до 70-120°C размягчаются, становятся полужидкими, вязкими, клейкими. При дальнейшем нагреве до 200-250°C термореактивные смолы необратимо твердеют, прочность их резко повышается и сохраняется после охлаждения до комнатной температуры.

Изготовление оболочковых форм. Модельную плиту, на которой закреплена модель (модельную плиту и модель изготавливают из металла), нагревают до 200-250°C и на ее рабочую поверхность пульверизатором или кистью наносят тонкую пленку разделительного состава, например силиконовой жидкости, чтобы предотвратить прилипание смеси к моделям.

На горловину поворотного бункера со смесью устанавливают горячую модельную плиту, после укрепления которой поворачивают бункер на 180°. Песчано-смоляная смесь падает на поверхность плиты и модели. Под действием тепла слой смеси, прилегающий к модели и плите, прогревается за 15-25 с до температуры расплавления смолы на глубину 6-10 мм. В этом слое зерна песка оказываются склеенными расплавленной смолой. Остальную сыпучую часть смеси удаляют поворотом бункера на 180° в исходное положение. Оставшуюся полутвердую оболочку вместе с подмодельной плитой помещают в печь, где она необратимо затвердевает при температуре при нагревании ее в течение 50-60 с при температуре 300-350°C. После извлечения из печи прочную оболочковую полуформу снимают с модельной плиты при помощи выталкивателей. Также изготавливают вторую оболочковую полуформу.

Процесс изготовления оболочковых стержней аналогичен процессу изготовления полуформ. В подогретый и смазанный стержневой ящик насыпают песчано-смоляную смесь, через 15-20 с после образования оболочки высыпают непрогретую оставшуюся сыпучую смесь. Оболочка твердеет при дальнейшем нагреве ящика. Затем ящик раскрывают и извлекают стержень.

Модели, плиты и стержневые ящики в основном изготавливаются из чугуна, реже из стали и алюминиевых сплавов.

Оболочковые полуформы собирают, склеивая быстротвердеющим термореактивным клеем. В охлажденную полуформу устанавливают стержень на ее края наносят клей толщиной 0,1 мм, накладывают вторую горячую (120-150°C) полуформу, прижимают ее к первой специальным приспособлением и выдерживают 5-10 с для отверждения клея. Для центрирования полуформ в одной из них делают углубления, в другой – выступы.

Особенности способа и области его применения.

Применение мелкозернистых песков в смесях способствует получению гладкой рабочей поверхности оболочковых форм и стержней.

Твердение смеси непосредственно на модели или в стержневом ящике позволяет получать точные по размерам формы и стержни.

Оболочки обладают достаточной прочностью, жесткостью и газпроницаемостью в период заливки и затвердевания сплава. Вместе с тем по мере прогрева отливки теплом оболочка разрушается: прочность ее падает, она превращается в песок, что способствует свободной усадке отливок.

Отмеченные возможности дают возможность изготавливать сложные тонкостенные отливки из черных и алюминиевых сплавов массой до 100 кг. Точность отливок находится в пределах 11-14 квалитетов (11 квалитет) на отдельные

размеры, не связанные с плоскостью разреза, а шероховатость поверхности соответствует 25мкм.

В оптико-механической промышленности этим способом изготавливают корпуса аэрофотоаппаратуры проекторов, лабораторных приборов.

Оболочковые стержни применяют не только в оболочковых формах, но и в песчаных, а также в кокилях для выполнения сложных полостей в алюминиевых и магниевых отливках.

Расход формовочной смеси при литье в оболочковые формы в 8-10 раз меньше, чем при литье в земляные формы.

Процесс изготовления оболочек хорошо поддается автоматизации.

Припуски на механизированную обработку находятся в пределах 0,25-2,5мм.

При литье в оболочковые формы, достаточно хорошо применяется механизация и автоматизация практически всех операций.

Этот способ нашёл применение в серийном и массовом производстве. Применяется для получения отливок из стали и некоторых видов цветных тугоплавких сплавов.

Тема 3. Способы производства заготовок пластическим деформированием и их технологические характеристики.

3.1 Значение процессов обработки металлов пластическим деформированием для технологии машиностроения. Виды обработки металлов давлением. Зависимость выбора обработки металла давлением от конструкции детали и объёма выпуска. Технологические возможности методов обработки давлением, область их применения

Задачей ОМД является придание заготовке необходимых форм и размеров путём пластической деформации металла.

При получении заготовок методом ОМД нужно создать необходимую структуру и достаточно высокие механические свойства.

Способы обработки ОМД:

Существует около 20 основных видов, из них основные:

1. прокатка;
2. свободная ковка;
3. горячая штамповка:
 - на молотах;
 - на КГШП;
 - на винтовых прессах;
 - на КГМ (горизонтальная ковочная машина);
4. на специализированных машинах.

5. завершающие операции ОМД (имеют большое значение для получения качественных заготовок):

термообработка и очистка от окалины, отпуск, отжиг, нормализация, старение;

улучшение – двойная термообработка углеродистых сплавов с последующим высоким отпуском (550-650°);

нормализация – термообработка стали при нагреве 750–950 °С, выдержка и последующее охлаждение (повышение механических свойств).

отпуск – термообработка после закалки (уменьшает хрупкость, лучше обрабатываемость) Бывает низкий отпуск (120-250°C), средний (300-400), до 650°C – высокий;

отжиг – термообработка сплава, нагрев и выдержка при медленном охлаждении, для получения структур, близких к равновесному состоянию (улучшается обрабатываемость, уменьшаются остаточные напряжения).

На выбор способа получения заготовки влияет:

1. формы и размеры, а также заготовки;
2. материал заготовки;
3. степень сложности;
4. требования к детали, возможность автоматизации и механизации процесса;
5. учёт имеющегося оборудования на заводе.

Конструктору при конструировании детали и технологу при разработке техпроцесса необходимо учитывать указанные выше факторы: минимальная себестоимость, степень автоматизации и механизации должна быть максимальной.

Технические возможности и область применения.

Отличается простотой, высокой экономичностью и производительностью, до 180 шт/мин. В машиностроении до 40% деталей получается способом ОМД. ОМД позволяет получить заготовки от нескольких граммов до 400 тонн и размерами от нескольких миллиметров до 15 метров.

Для получения заготовок используют различные материалы. Точность 11-13 кв. при шероховатости Ra 1,6-0,8 мкм. Коэффициент используемого материала (КИМ) колеблется в широких пределах. При ковке на молотах 0,4-0,5; при штамповке на прессах и КГМ 0,6-0,7; при штамповке холодными методами 0,9.

Способы малооперационные и включают следующие операции:

- нагрев исходной заготовки;
- пластическое деформирование;
- обрезка заусениц;
- термообработка;
- очистка от окалины (по необходимости), т.о.

Нагрев заготовки колеблется от нескольких секунд до нескольких часов, а в некоторых случаях до 2-3 суток. Время получения мелких заготовок не превышает 1-2 секунд. Сейчас значительно расширилось получение заготовок.

1. выдавливание;
2. в разъёмных штампах;
3. в закрытых штампах;
4. в штампах с противодавлением;
5. высокоскоростная штамповка;
6. получение заготовок в режиме сверхпластичности.

Материалы для ОМД должны иметь хорошую пластичность (углеродистые, легированные, жаропрочные, медные сплавы, алюминиевые, титановые, никелевые). Чем ниже пластичность, тем сложнее изготовить качественную заготовку. При изготовлении поковок из тугоплавких сплавов необходимо перед штамповкой требуется большая жесткость системы.

Сплавы, которые подвергаются деформации в холодном состоянии имеют жесткий допуск по пластичности (сталь 15, 25).

3.2 Заготовки из сортового и специального проката. Технологические особенности заготовок из проката. Виды сортового и специального профильного проката. Поперечно-клиновья прокатка. Принципы осуществления процессов прокатки, используемые для получения прогрессивных заготовок. Инструменты и оборудование для производства профилей

Прокат бывает сортовой и профильный. Для получения исходных заготовок применяются все виды проката, а также обжатые заготовки (блюда, размерами 140–150 мм при $l = 1–6$ м). Все виды проката ГОСТ 6373-79.

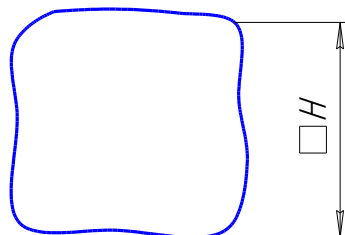


Рисунок 16 - Блюд

1. Сортовой прокат ГОСТ 2590-71 и ГОСТ 2591-71 размерами от 5 до 250 мм, при длине 2–10 м;

2. Профильный прокат (упрощение процесса ОМД);

3. Прокат периодического профиля (арматурная сталь).

Применяют продольную и поперечную прокатку.

Поперечные делятся на следующие виды:

– поперечно-винтовая ГОСТ 8320.13-83;

– поперечно-клиновья;

– собственно-поперечная ГОСТ 7524-83.

Полосовая заготовка используется для обработки детали давления разного размера, длина полосы от 2-10м, ГОСТ 103-76.

Наиболее характерные дефекты:

– Полосовина глубиной от 0,5-1,5 мм;

– Заусенцы толщиной до 1,5 мм;

– Клепы толщиной до 1,5 мм, – это наложение металла на основную поверхность при подготовке заготовки под штамповку.

Оборудование и инструменты для получения сортового и профильного проката

Прокатные станы бывают:

– обжимные;

– сортовые;

– профильные;

– листовые;

– трубопрокатные;

– специальные.

В качестве инструментов применяют прокатные волки (круглые и сортовые).

Вальцовочная машина – машина для изготовления периодического профиля.

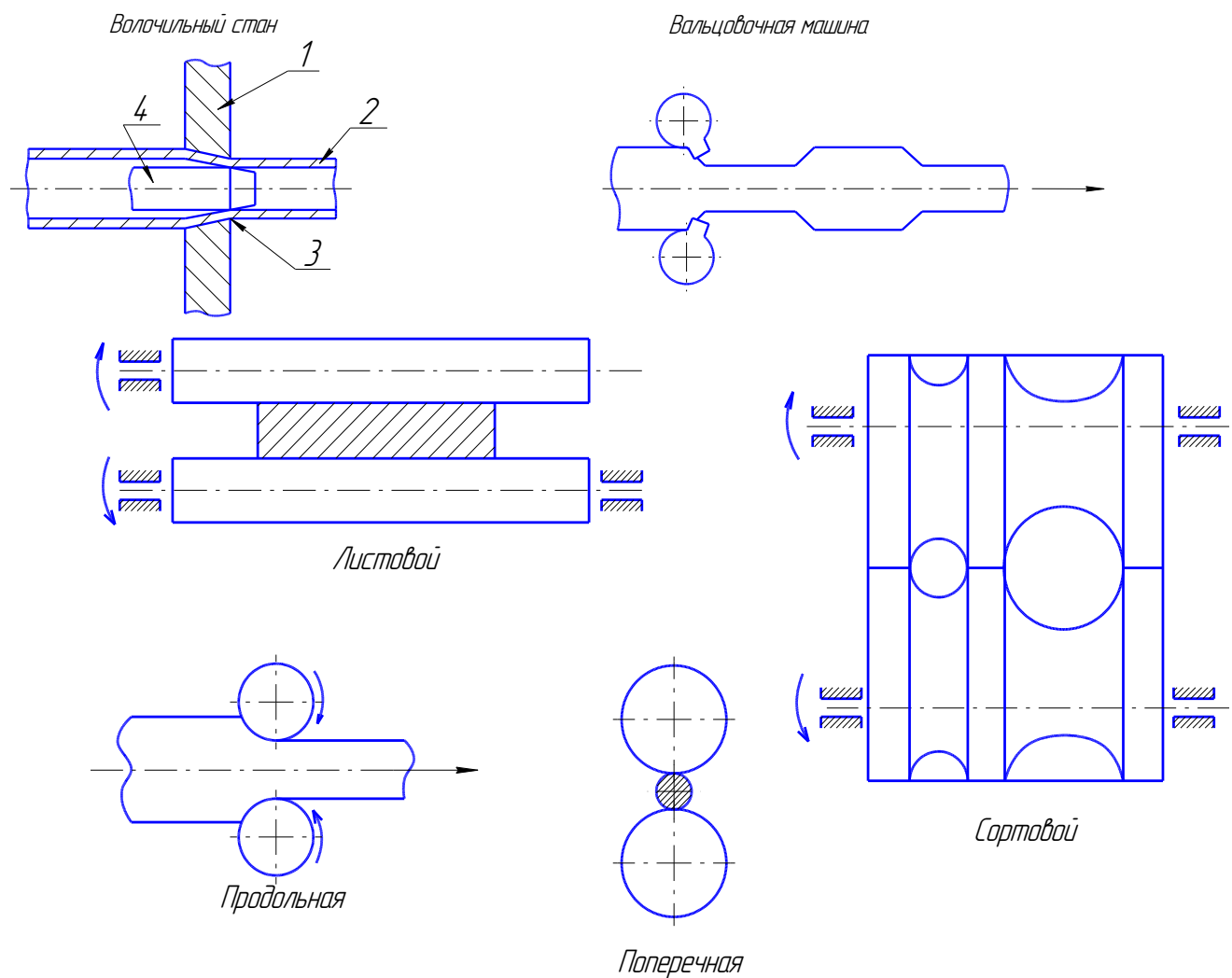


Рисунок 17 – Способы получения проката

3.3 Производство заготовок ковкой и штамповкой. Виды деформаций при ковке и штамповке. Классификация методов и последовательность технологических процессов получения заготовок, выбор метода получения поковок, инструмента и оборудования в зависимости от типа производства. Исходные заготовки для производства поковок. Методы разделки проката на исходные заготовки. Точность размеров исходных заготовок в зависимости от способа резки. Нагрев исходных заготовок, нагревательные устройства. Угар. Методы борьбы с окалинообразованием. Контроль и регулирование температуры нагрева.

Ковка – процесс обработки ОМД, при котором ковочный инструмент оказывает ударные и прерывистые воздействия на заготовку, в результате чего заготовка получает заданную форму и размер.

2 вида ковки:

- свободная (ковочные байки);
- в штампах (подкладочные штампы).

Ковка характерна для единичного и мелкосерийного производства. При этом заливка деформируется при ковке.

Виды деформаций при ковке:

- осадка;

- протяжка;
- вытяжка;
- раскатка.

Штамповка – пластическое деформирование склонной заготовки в штампах, и как правило, за один ход деформируемого инструмента.

Различают виды штамповки:

- горячую;
- холодную;
- объёмную;
- листовую;
- штамповка ГКМ.

Процесс штамповки намного производительнее, чем ковка, заготовка получается более точной по размерам, но более дорогой метод. Рентабельным является при массовом типе производства.

Деформации при штамповке:

- сжатие;
- изгиб;
- сдвиг;
- растяжение;
- кручение.

На выбор метода изготавливаемой заливки оказывают влияние следующие факторы:

- Размеры, конфигурация, масса отливки;
- Тип производства;
- Эксплуатационные (требование по структуре и механическим свойствам).

Получение заготовки методами штамповки иковки требуют исходной заготовки для производства поковок:

- По профилю (простые, фасонные);
- штучные и многштучные;
- Мерные, кратные и произвольной длины.

Простые включают в себя сортовой прокат круглого, квадратного, листового профиля, т.е. это заготовки, которые подвергаются обработке (литье, прокатка).

Основные способы разделки прутков на мерные заготовки

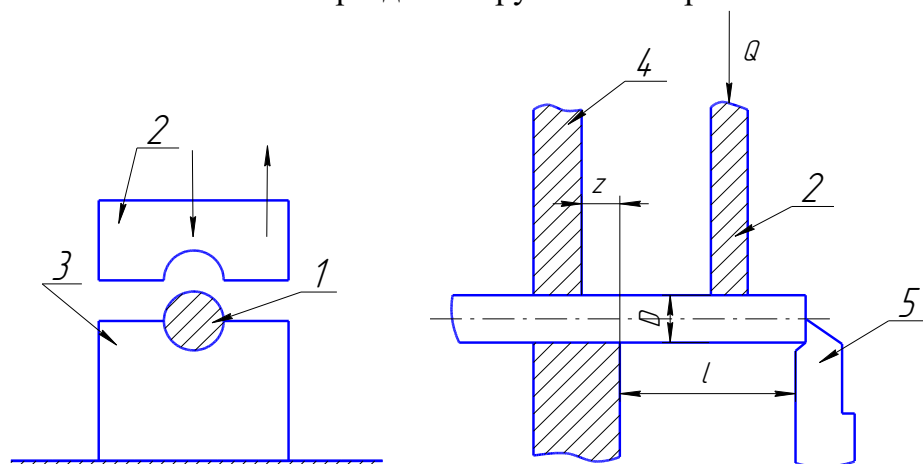


Рисунок 18 – Сортные ножницы

Резка на сортовых ножницах

1. заготовка;
2. верхний нож;
3. нижний нож;
4. прижим;
5. упор.

$z=1 \dots 4$ при $l=2 \dots 10D$.

Достоинства метода:

Простота конструкции и высокая производительность.

Недостатки:

Низкая точность отрезки, неровность к поверхности среза.

Усилие Q может быть найдено по формуле:

$$Q = 1,4 A \cdot \sigma_s,$$

где A – площадь поперечного сечения;

σ_s – сопротивление при температуре резки.

Производительность до 1000 штук за 8 часов.

Резка в штампах - обеспечивает более высокую точность и, кроме того, большую производительность. Производительность 4000 за смену.

Резка на хлодноломах

$$h = \sqrt[3]{H}; \quad Q = \frac{4\omega\sigma_s}{l}$$

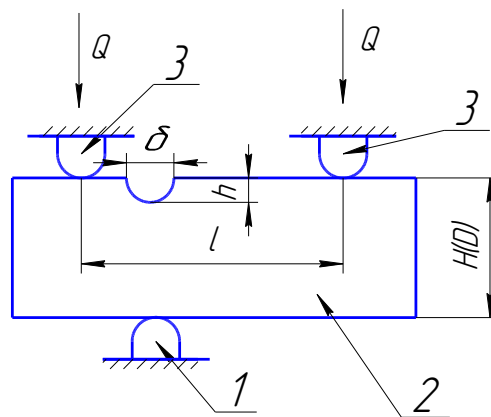


Рисунок 19 – Хлоднолом:

1. ломатель;
2. заготовка;
3. толкатели.

$\sigma=2-7$ мм.

Достоинства метода:

высокая производительность метода, параллельный контроль металла на излом, возможность резки коротких заливок.

Недостатки:

Наличие уступов на заливки, требуется надёжное ограждение рабочего места.

Газопламенная резка

точность метода 1-3мм.

Достоинства:

Возможность получения сложного профиля, отсутствие острых кромок, возможность автоматизации. Большой уход металла (в зависимости от струи). При резке высоколегированных сталей приводит к трещинам.

Плазменная резка.

Позволяет резать прутки больших диаметров (режут трубы диаметром до 2,5 м), достаточная точность. Производительность выше в два раза.

Резка пилами:

точность метода от 0,25...1,5 мм на длину.

Пилы различают: зубчатые пилы, гладкие пилы, абразивные.

Высокая точность, хорошее качество поверхности (хорошая перпендикулярность в торце).

Производительность малая, уход металла в стружку, наличие износа режущего инструмента.

Электроискровая резка (и эрозионная):

Точность 0,1-0,25 мм.

Применение: в приборостроительстве (точные заготовки).

Анодно-механическая резка

Точность 0,1-0,5мм на длину. Инструмент – стальные диски.

Резка на установках взрывного действия

Применяется для получения заготовок на копрах (бункер).

Лазерная резка

Точность до 0,1 мм; появилось совсем недавно, может работать на произвольных материалах.

Нагрев заготовки и методы нагрева.

При ковке и штамповке температура нагрева составляет 65-75% от температуры плавления материала, а значит нагрев колеблется в пределах 1700-750°C.

При штамповке и ковке из исходных заготовок, получают из прутка, решаются две основные задачи.

- предание заготовке заданной формы и размера;
- получение оптимальной микроструктуры с минимальным остатком.

В результате нагрева значительно увеличивается пластичность и уменьшается сопротивление деформации.

Кроме того, для высоколегированных сталей при нагреве происходит образование окалины, местный перегрев, появление обезуглероживающего слоя, поэтому для каждой детали существует свой температурный нагрев.

Температурный цикл разделен на 3 основных этапа:

1. нагрев заготовки перед штамповкой;
2. остывание заготовки в процессе штамповки;
3. остывание заготовки после штамповки.

Температурный интервалковки и штамповки включает в себя температуру начала и окончания пластической деформации, интервал температур делится на:

- допустимый;
- технологический;
- оптимальный.

Температура интервала зависит от марки материала и колеблется в пределах 60-500°C.

Основное внимание уделяется оптимальной температурековки и штамповки (масса, требования к механическим свойствам к структуре штампованной заготовки). Оптимальный интервал ковочных температур устанавливается на основании лабораторных испытаний. Выявляется:

1. пластичность;
2. сопротивление деформации;
3. ударную вязкость;
4. строят график рекристаллизации деформированного металла с целью исключения нагрева до температур, способствующих чрезмерному росту зерна.

Возможно 2 случая:

1. время затраченное на ковку и штамповку меньше времени остывания $t_{k(ш)} < t_{ост.}$.

2. температураковки и штамповки больше времени остывания $t_{k(ш)} > t_{ост}$ (требуются повторные нагревы).

Способы нагрева металла и типы нагреваемых устройств

Выбирают в зависимости от следующих факторов:

1. от массы заготовки;
2. от марки металла или сплава;
3. от серийности выпуска;
4. от темпа выпуска заготовки;

При ковке применяются следующие типы печей:

1. камерные (для небольших заготовок);
2. крупнокамерные (для больших);
3. с выдвижным поддоном;
4. методические (точные параметры нагрева);
5. шахтнокольцевые печи;
6. конвейерные.

При штамповке:

1. камерные с закрывающимися окнами;
2. камерные проходные
3. карусельные, конвейерные;
4. полуметодические;
5. специализированные печи (фасонные);
6. индукционные нагреватели (до Ø 200мм);
7. электроконтактный нагрев (до Ø 70мм в режиме к.з.);
8. солевые ванны (для мелких заготовок);
9. в электролите;
10. в расплавленном стекле (до Ø 150мм, безокислительный нагрев);
11. вакуумные печи;
12. в среде инертного газа.

Самое большое распространение получил электронагрев.

Достоинства:

Быстрый нагрев и его высокая степень, малая окалина, повышенная износостойкость детали, производительность высокая, лучшие условия труда.

Недостатки:

Высокая стоимость, невозможность нагрева фасонных заливок, невозможность повторного нагрева.

Меры борьбы с окалинообразованием:

Окалина бывает первичной (1-4%) от массы заготовки, вторичная (0,6%) и образуется как в процессе штамповки так и в процессе нагревания.

На величину окалинообразования влияют следующие факторы:

1. отношения длины заготовки к её диаметру или размерам поперечного сечения;
2. положение заготовки в печи;
3. форма поперечного сечения;
4. марка или химический состав материала.

Считается, что начало окалинообразования от 700 °С, максимальная температура его образования 1100 °С.

Меры борьбы с окалинообразованием:

нагрев защитной атмосферы (CO₂ Ar, He);

Применение обмазок (стеклянные, литиевые, керамические);

Увеличение скорости нагрева.

Способы очистки окарины:

При помощи скребков;

Проволочные щётки;

окалиноломатели;

Гидроочистка (для длинных заготовок, вода подается под углом 55° в течение 1-3с).

Контроль и регулирование температуры нагрева

Термометр – это общее название прибора для измерения температур. Действие его основано на измерении в зависимости от температуры каких-либо физических свойств вещества (объема жидкости, газа, пирометры, метод термопар).

Метод термопар основан на том, что если нагреть место спайки различных металлов, оставляя свободные концы с более низкой температурой, то на концах будет возникать термо-ЭДС (константан), величина которой зависит от разности температур спаек и материала термопары (тарирование – нелинейная зависимость).

Фотоэлектрические методы (под действием теплового излучения возникает ток, который усиливается усилителями и регистрируется измерительным устройством).

Недостаток:

Сложность конструкции и ошибки от влияния окисных плёнок на заготовке.

Контроль и регулировка температур нагрева производится для основных составляющих терморегима:

1. температуры нагрева;
2. продолжительности нагрева;
3. температуры во время деформации;
4. температуры и времени остывания после штамповки.

Для регулирования температур применяются термопары (платино-иридиевые и др.). Время нагревания или остывания определяется часами. При необходимости используются соответствующие приборы на основе реле, термопар и пирометров, которые способны регулировать температуру и время нагрева в нагревательных устройствах.

3.4 Производство заготовок методомковки. Точность и качество поковок, получаемых свободной ковкой. Определение веса и размеров исходной заготовки. Выбор оборудования для свободнойковки. Оформление чертежа поковки

Свободная ковка – ручная ковка и машинная (пресса и молота), точность поковок определяют следующие факторы:

1. форма, размеры, масса;
2. вид кузнечного оборудования;
3. тип кузнечного инструмента (байки, подкладные штампы);
4. вид деформации;
5. суммарная степень деформации.

Поковки получают этим методом разделяя:

1. пластинные диски ;
2. цилиндры и бруски $H=(0,5-1,2)d$;
3. гладкие поковки круглого и прямоугольного профиля $(1,2)d$;
4. поковки круглого поперечного сечения с уступом;
5. с фланцем ;
6. диски с отверстием;
7. бруски и цилиндры с отверстиями;
8. кольца.

Определение массы и размеров исходные заготовки для свободнойковки.

Масса исходной заготовки зависит:

1. от типа исходной заготовки;
2. от вида ковочного оборудования;
3. от вида нагревательного устройства;
4. от формы и размеров заготовки.

Масса исходной заготовки и слитка может получиться:

$$M_{сл}=M_{пок}+M_{допуск}+M_{угар},$$

$$M_{допуск}= 7-10\%,$$

$$M_{угар}=1-4\%.$$

Масса выдры (дырка от бублика).

Масса обрезки заготовки.

Масса прибыли 20-30%.

$$G_{пок}=G_{дет}\cdot K_p.$$

$K_p= 1,02-1,7$ в зависимости от конфигурации детали и от марки материала.

Производится на основании:

- формы и массы поковки;
- применяемых размеров исходной заготовки.

Расчёт производят по самой тяжёлой операции.

По этим данным выбирают усилие гидравлического пресса и его модели или модели частей молота.

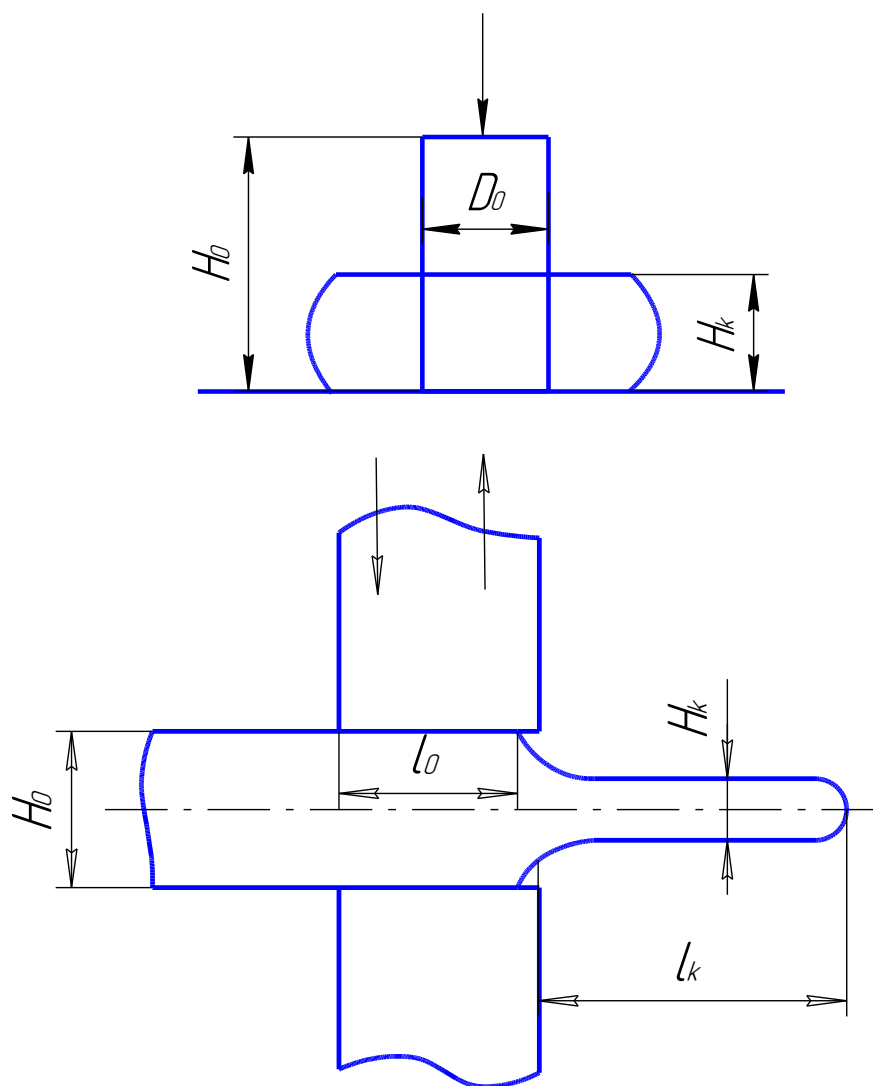


Рисунок 20 – Ковка: осадка и протяжка

Для выбора модели паровоздушного молота определяют энергию для самой тяжёлой операции.

$$W = U_{ДЕФ} \cdot P_{gy} \cdot \varepsilon.$$

$$\varepsilon = 0,1.$$

Оформление чертежа поковки делают на основе чертежа готовой детали с учётом припусков, допусков и напусков.

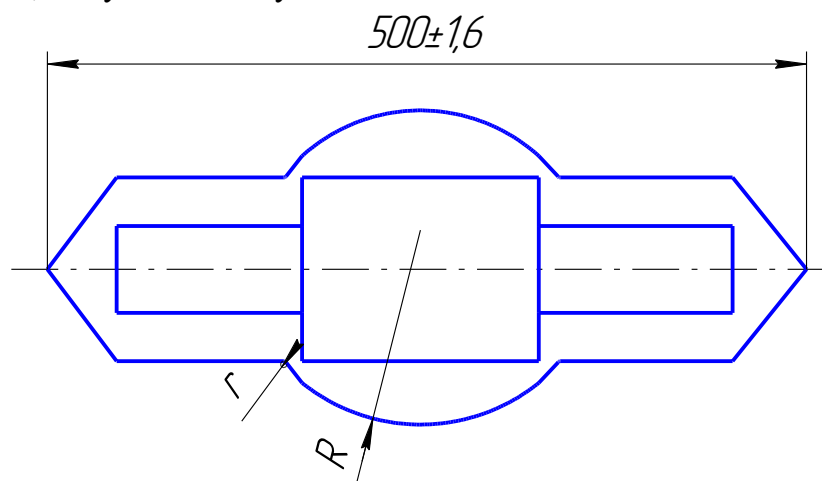


Рисунок 21 – Эскиз поковки

3.5 Объёмная горячая штамповка. Сущность процесса штамповки. Классификация штамповочных операций и типов штампов.

Сущность процесса объёмной горячей штамповки заключается в том, что нагретая заготовка пластически деформируется с изменением размеров по 3 координатным осям и приобретает форму и размеры, соответствующие полости штампового инструмента.

Получают заготовки из стали и цветных металлов.

При ОГШ на одном штамповочном инструменте можно получить поковки только одной формы и размеров, соответствующих полости изделия. Масса от нескольких грамм до нескольких тонн. Метод рентабелен при крупно-серийном и массовом производстве.

Для получения точных поковок широкой номенклатуры изготавливают на следующем оборудовании:

1. КГШП;
2. ГКМ;
3. радиально-обжимные машины;
4. гидровинтовые прессы;
5. высокоскоростные молоты (15-30м/с).

Выделяют 3 этапа ОГШ:

- Подготовительная операция;
- Оформление поковки в штампе;
- Отделочная операция (обрезка заусенца).

При ОГШП используют 2 вида ручьёв:

- открытый (образование заусенечной канавки),
- закрытый.

Основные операции ОГШП:

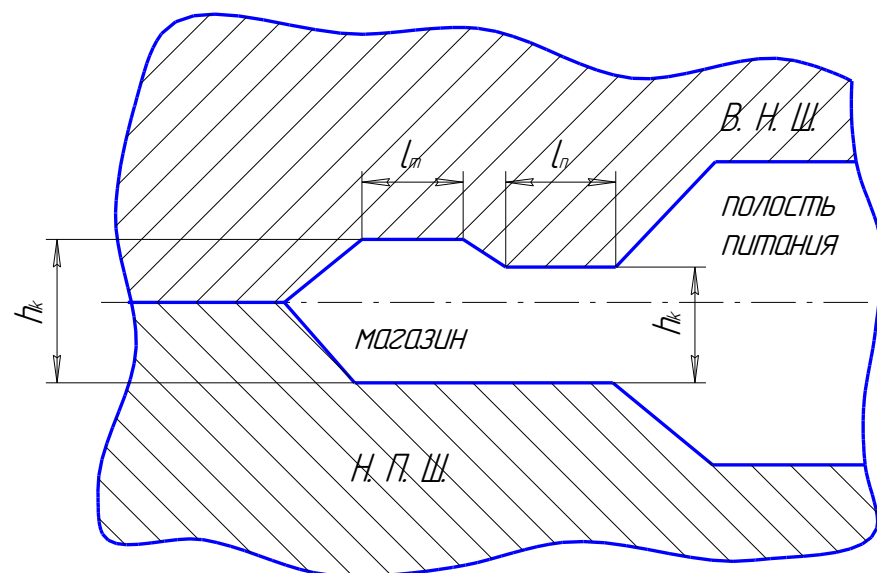
- осадка;
- выдавливание;
- прошивка;
- вальцовка;
- высадка;
- радиальное обжатие.

Штамповка в открытые штампы.

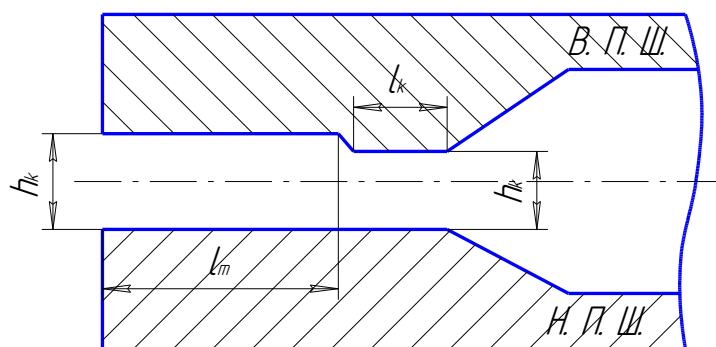
С целью улучшения заполнения полости штампа назначают заусенец.

Заусенечные канавки при штамповке отличаются:

- на КГШП – открытые;
- на молотах – закрытые.



МОЛОТ



пресс КГШП

Рисунок 22 – Виды магазинов

Для всех случаев ОГШ рассчитывают минимальные размеры заусенцев.

Штамповка в открытые штампы при ОГШ характеризуется:

- Объём в штампе не постоянен;
- Истечение лишнего металла в заусенец минимальное (перпендикулярно штампуемому инструменту);
- При обрезке заусенца волокна поковки в месте обработки оказываются перерезанными.

4 стадии ОГШП при штамповке:

- Осадка исходной заготовки до соприкосновения с полостью штампа;
- Заполнение острых углов полости штампа и начала образования заусенцев;
- Вытекание всего лишнего металла в заусенец и окончательное заполнение полости штампа, доштамповка по высоте, которая может быть сравнена с эталоном, т.е. с поковкой.

Штамповка в закрытом штампе.

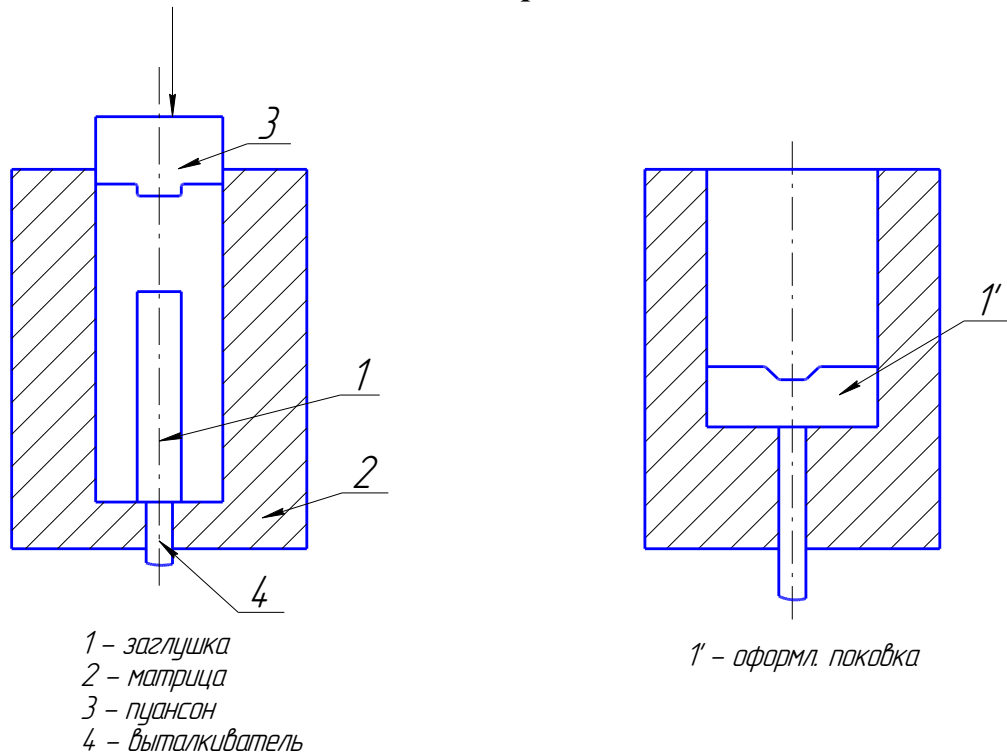


Рисунок 23 – Закрытая штамповка

Штамповка в закрытом штампе характеризуется:

- заусенец не предусматривается, поэтому объём деформируемого металла считается постоянным;
- микроструктура металла характеризуется получением волокон в направлении детали;
- величина заусенцев не превышает 0,5% массы заготовки.

Она эффективна особенно для получения поковок из малопластичных сплавов вследствие того, что колеблется пластичность этих сплавов в результате появления напряжения.

$$\sigma_c = \frac{\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z}{3}$$

Для получения поковок в закрытых штампах предъявляются более жёсткие требования к размерам исходных заготовок.

Штамповка выдавливанием осуществляется на прессах и ГКМ, реже на молотах.

Различают:

- Прямое;
- Обратное.

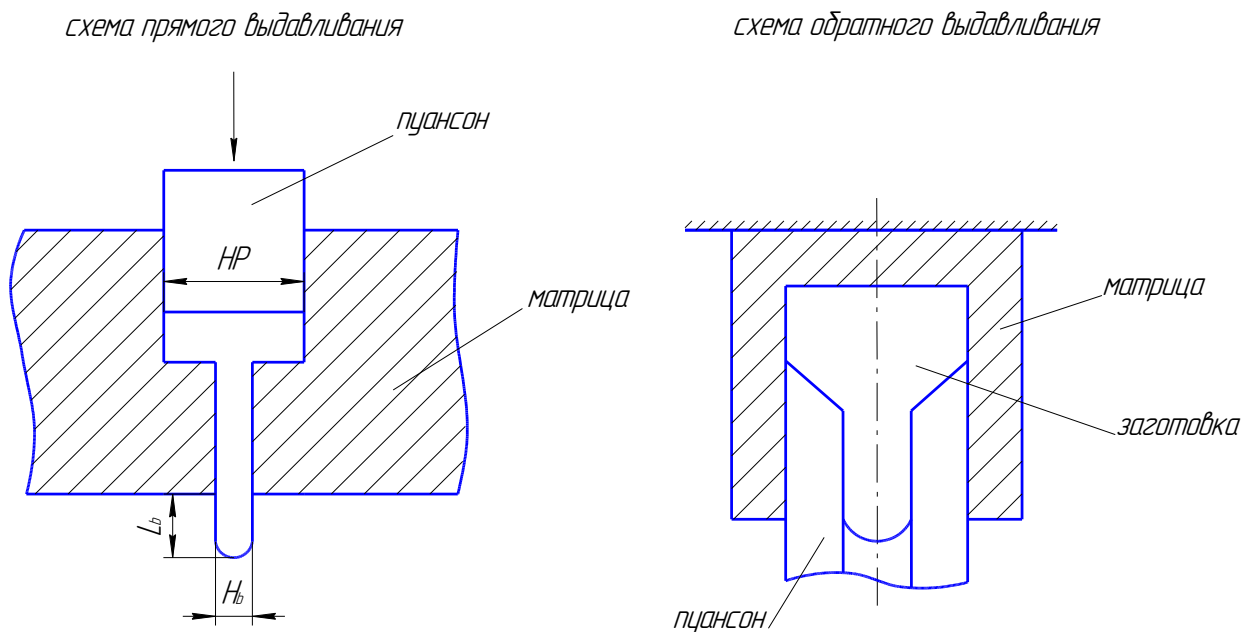


Рисунок 24 – Штамповка выдавливанием

Штамповка выдавливанием применяется для получения заготовок 11-12 кв. и шероховатости до Rz 2,5 мкм. Такой частоте поверхности соответствует штамповка в открытые штампы.

Недостатки: Высокие усилия; интенсивный износ штампа, применение обильной смазки, а штампы должны быть из сверхтвердых материалов.

Различают 3 стадии выдавливания:

1. Осадка до соприкосновения поверхности со стенками матрицы;
2. Заполнение острых углов матрицы;
3. Свободное устранение материала через отверстие.

Относительная степень деформации при выдавливании

$$\varepsilon = \frac{A_0 - A_k}{A_0},$$

A_0 – площадь сечения до деформации;

A_k – площадь сечения после деформации.

Штамповка в разъемные матрицы.

Применяется для получения поковок типа крестовин и др. сложных по конфигурации деталей.

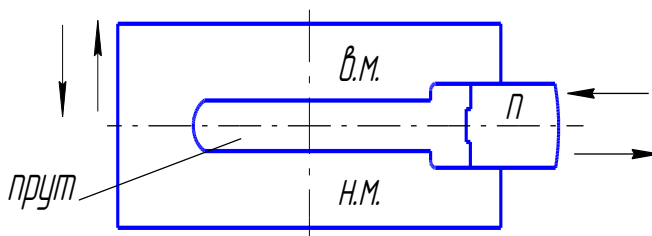


Рисунок 25 – Обратное выдавливание

Матрица имеет один или два разъёма перпендикулярных и один параллельный.

В качестве оборудования применяют прессы, ГКМ, винтовые, гидровинтовые машины.

Прошивка в штампах

Представляет процесс давления на заготовку и получение ее после придания силы на нее.

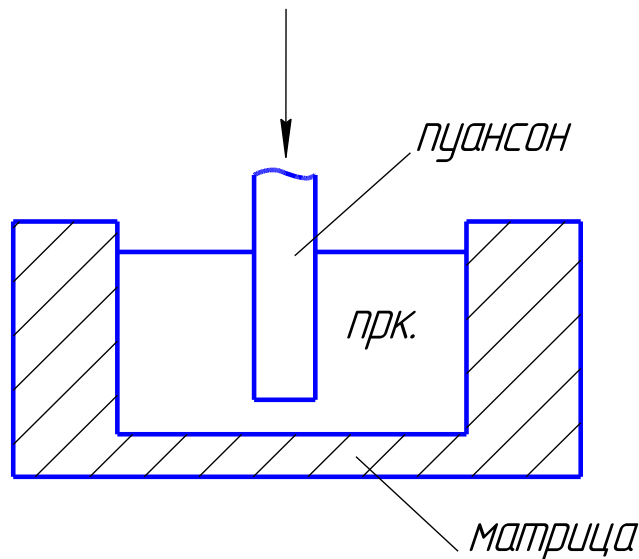


Рисунок 26 – Прошивка в штампах

В зависимости от материала применяют в закрытых и открытых штампах, изготавливают детали типа гильз, стаканов и др.

Штамповка в режиме сверх пластичности применяется для получения заготовок из специальных сплавов при низких температурах и температурах рекристаллизации. При этом необходимо соблюдать определенную скорость деформации сплава, а сплав должен иметь мелкое зерно, не больше 1...5 мкм.

Эта штамповка повышает пластичность и понижает сопротивление деформации.

Высокоскоростная штамповка производится на высокоскоростных молотах при скорости деформирования 15-30 м/с.

Достоинства:

Сокращение контактного трения в 2-5 раз, появление больших инерционных сил, сокращение времени контакта пуансона с разогретой заготовкой.

Все это способствует повышению производительности, появляется возможность уменьшения ковочных температур (высокоскоростной штамповка заключается в том, что на высокоскоростных молотах создается высокое давление газа с помощью специальных устройств).

Изотермическая штамповка

Штамповка происходит в штампе, нагретом до 1000°C. При этом штамп находится в индукционном подогревателе. Такая штамповка применяется для деталей из специальных сплавов, таких как – имеющийся узкий интервал температур и низкую теплостойкость, требующих низких скоростей деформирования.

Недостатки:

Высокая стоимость штампа, индуктора, сложность работы.

Достоинства:

Получают точные и качественные поковки из твердых сплавов.

Штамповка на гидропрессах

Штампуют заготовки, которые невозможно получить на другом оборудовании.

Недостаток: тихоходность прессов.

Штамповка на винтовых прессах

Штампуют трудно деформированные и мало пластичные сплавы.

Технико-экономические особенности:

- можно использовать открытые и закрытые виды штампов;
- можно получить точные поковки;
- наличие выталкивателя.

ГКМ

Представляет собой механический пресс, расположенный в горизонтальной плоскости, кроме главного ползуна есть ползун, движение которого перпендикулярно движению главного ползуна, осуществляющего смыкание и размыкание матриц. В отличие от молотовых и пресс штампов, штампы ГКМ имеют два перпендикулярных разъёма, которые бывают открытыми и закрытыми и позволяют получить поковки без уклонов. Поковки ГКМ обычно тела вращения (пустотелые валы, втулки и др.).

3.5.1 Конструирование горячештампованных поковок, формы сечения поковок. Радиусы округления в сечениях. Штамповочные уклоны. Тонкие полотна и перемишки. Наружные очертания поковок. Точность размеров поковок и факторы, влияющие на нее. Припуски на механическую обработку. Напуски. Оформление чертежа поковки. Зависимость системы простановки размеров поковок от выбора технологических баз, используемых на первых операциях механической обработки. Технические требования на изготовление поковок. Определение размеров исходной заготовки и нормы расхода металла. Формы и размеры наружного и внутреннего облоя. Особенности определения размеров и формы исходной заготовки для безоблойной штамповки

Чертёж разрабатывается на основе чертежа готовой детали.

При этом выполняются следующие виды работ:

Выбирают форму поковки с учетом углублений, выступов, форма поковки во многом зависит от вида оборудования (пресс, молот, ГКМ), от вида штампа.

Устанавливаются положения разъёма штампа, при этом учитываются следующие условия: линия разъёма не должна проходить по верхней поверхности поковки. Верхняя половина штампа заполняется металлом (легче нижней). Линия разъёма должна быть плоской линией. Назначают радиусы закруглений, в зависимости от формы, размеров и массы поковки. Внутренние радиусы в 3-4 раза больше наружных; назначают уклоны (7° – 10° на молотах, в закрытых штампах 1° – 2° , прессах – 5° – 7°).

Определяют наметку. Назначают припуски на механическую обработку, которые зависят от следующих факторов: формы, размеров и массы заготовки, класс точности, вида нагрева, шероховатости. Определяют степень сложности С1, С2, С3, от вида штампа и величины заусенца.

Припуск на сторону определяется по формуле:

$$\sigma = 0,4 - 0,015h + 0,0015l$$

(h – максимальная высота, l – максимальная длина).

Припуск увеличивается для сталей, склонных к короблению, и уменьшают на те поверхности, которые не требуют большой точности. На все размеры поковки с учётом припуска назначают допуски, в ряде случаев для упрощения формы назначают напуски.

Оформляют чертеж поковки (соответствует ее расположению в форме штампа). Простановка размеров соответствует детали (проставляют размеры в холодном состоянии). При конструировании штампа размеры ручья:

$$l_l = l_0(1 + \alpha t),$$

l_l – размер горячей штамповки,

l_0 – размер на поковке в холодном состоянии,

α – коэффициент расширения,

t – температура (900–950°C).

Качество поверхности штампованных поволоков определяют по параметрам:

1. неточность диаметральных и продольных размеров;
2. сдвиг частей поковки по линии разъёма штампа;
3. несоосность прошиваемого изделия по отношению друг к другу;
4. не параллельность торцовых поверхностей;
5. возможность остатка заусенца;
6. перештаповка;
7. заштаповка окалины.

Качество поверхности штампуемых поволоков определяется по параметрам:

- от вида штампованного оборудования;
- от типа штампа (открытого и закрытого);
- от точности исходной заготовки;
- от степени сложности;
- от типа производства.

Определение размеров исходной заготовки производят на основании следующих данных: формы, размеров, вида оборудования, типа штампа, вида нагрева и степени деформации.

3.5.2 Определение мощности кузнечно-штамповочного оборудования

Усилие прессы определяется по массе падающих частей (теоретический, экспериментальный, эмпирический методы).

$$G = \frac{\alpha - A_{нок}}{n \cdot H} \cdot \gamma,$$

метод точный, но громоздкий:

G – масса падающих частей;

$A_{нок}$ – площадь поперечного сечения;

n – количество ударов;

α – удельная работа при определенной температуре.

Для прессы усилие

$$F = (10-12)G$$

H – высота падения;

γ – учитываемый коэффициент отклонения;

Экспериментальный метод для получения поковок:

$$F = P_{уд} \cdot A \cdot M,$$

$P_{уд}$ - удельное усиление;

M - масштабный коэффициент;

F - сила для прессы;

M - из таблицы, в зависимости от соотношения массы поковки к массе экспериментального образца.

3.6 Производство поковок штамповкой на молотах. Особенности процесса и его технологические возможности. Классификация молотовых поковок. Выбор переходов поковки. Виды штамповки

Для получения штамповых поковок применяют следующие виды молотов:

– паровоздушный штамп двойного действия (первый удар слабый);

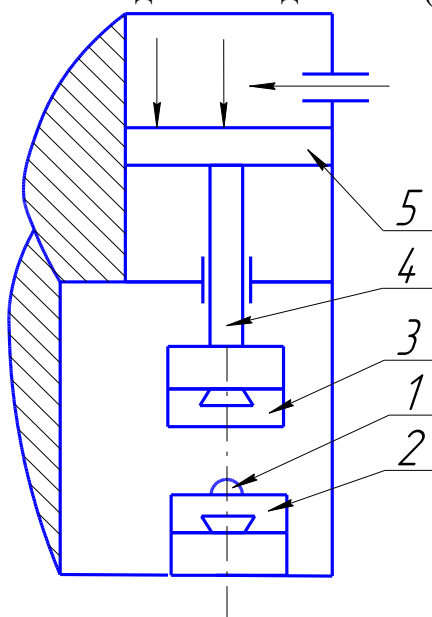


Рисунок 27 – Молот: 1 – заготовка, 2,3 – верхнее и нижнее положения штампа, 4 – шток, 5 – поршень.

– паровоздушный штамп простого действия;

– фрикционный;

– ковочные молота.

Характерная особенность: при первом ударе от заготовки отскакивает окалина, что исключает необходимость предварительной очистки от окалины.

При штамповке на этих молотах скорость находится в пределах 5-7 м/с. Ударный характер деформации способствует заполнению верхнего штампа. Масса находится в пределах от 100г до одной тонны.

Классификация молотовых поковок.

Изготавливают их двух классов:

1. квадратные и круглые;

2. с удлиненной осью.

Виды штампов и штамповочных ручьев

1. одноручьевые – применяются в крупносерийном производстве;
2. многоручьевые применяются в массовом производстве;
3. подкладные – единичный и мелкосерийный тип производства.

Выбор переходов штамповки зависит от формы, размера и массы штампуемых поковок.

Оформление чертежа поковки

Производится на основании чертежа детали с учётом припусков, допусков, напусков, радиусов.

При выборе переходов штамповки необходимо исходить:

1. отношение поперечных размеров поковки до и после штамповки;
2. отношение поперечных сечений поковки к её длине;
3. масса заготовки.

3.7 Получение поковок на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП). Особенности работы на КГШП и технологические возможности штамповки на них. Классификация поковок, штампуемых на КГШП. Получение поковок методом малоотходной точной штамповки. Способы получения заготовок для штамповки на КГШП. Выбор переходов и определение размеров исходной заготовки. Оформление чертежей заготовок, получаемых штамповкой на КГШП

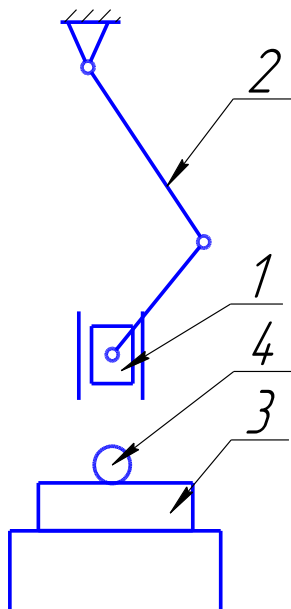


Рисунок 28 – Схема КГШП: 1 - ползун, 2 - кривошипный механизм, 3 - штамп, 4 - заготовка.

У КГШП есть свои отличия от молота:

- Высокая жёсткость стальной станины и кривошипного механизма;
- возможность регулирования высоты штампа;
- неударный характер работы;

- неударный характер работы 0,5-0,8м/с;
- нет шума;
- высокий КИМ за счёт уменьшения припусков и допусков;
- высокая производительность;
- за счёт изготавливаемой поковки;
- высокая возможность механизации и автоматизации.

Недостатки:

- существует возможность заклинивания.
- дороже.

Особенность штамповки на КГШП:

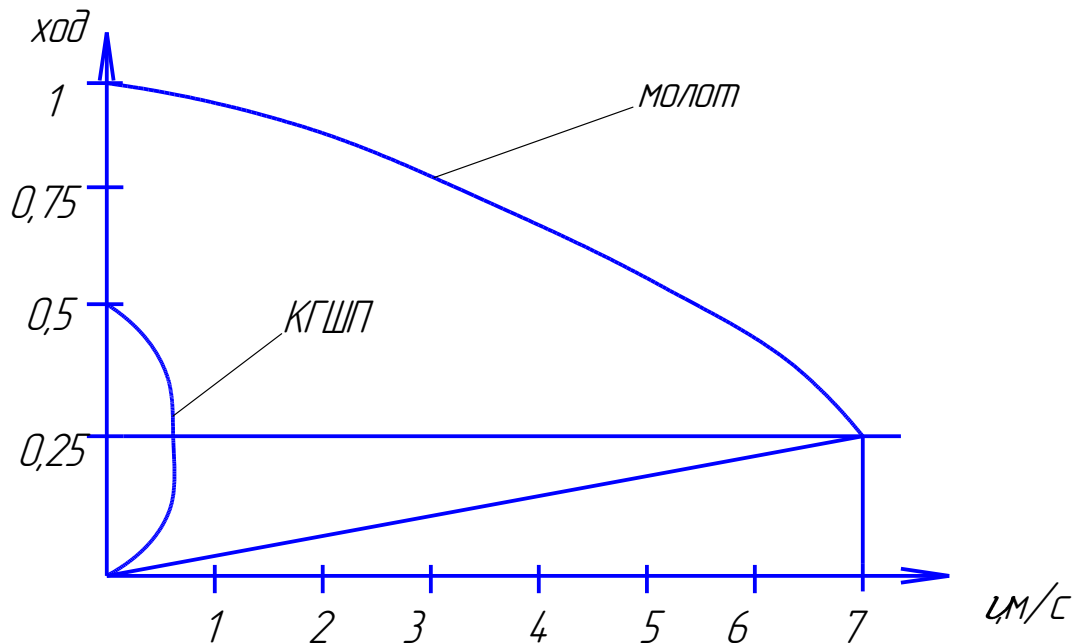


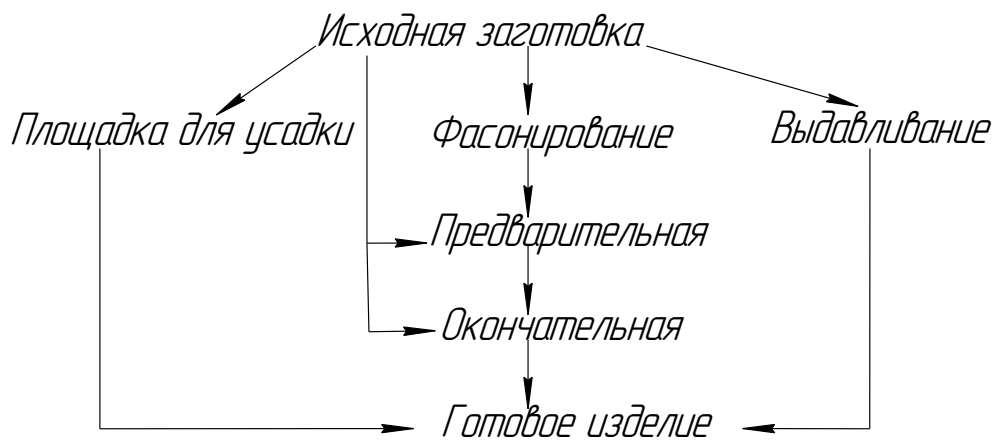
Рисунок 29 – Отличие КГШП от молота

Соприкосновение верхней полвины составляет от 0,005 до 0,01 с, а у прессы 0,05 до 0,1 с как и на молоте верхнюю половину штампа заполняют вручную при конструировании поковки, а также необходимо учитывать деформацию 1-2%.

Для получения линейного отклонения по размерам штамповки, поковку удерживают 2 основных условия:

1. стабильность размножения заготовок.
2. стабильность температуры конца штамповки.

Заготовки по КГШП получаются резные и другие. Выбор переходов штамповки и определение размеров заготовки.



Выбор переходов штамповки зависит от формы, размеров и марки материалов, а выбор размеров исходной заготовки определяется в порядке обратном техпроцессу (если штамповка, то с учетом заусенцев и расчета на удар обязательно учитывается износ штампа).

3.8 Особенности штамповки поковок на фрикционных винтовых прессах. Классификация поковок, штампуемых на прессах. Особенности разработки чертежа поковки

На фрикционных винтовых прессах штампуют в открытых и закрытых штампах поковки и стали, сплавов меди, цинка и алюминия (мелко- и среднегабаритные простых и сложных форм). Технологической особенностью фрикционных прессов является не исключает возможность заклинивания пресса при избытке металла заготовки и наличия системы выталкивателей для удаления поковки и штампа.

При открытой штамповке на фрикционных прессах надо учитывать, что перераспределение металла вдоль оси заготовки нерационально (малое число ходов, охлаждение заготовки). Обычно на фрикционных прессах штампуют в одноручьевых штампах.

Все поковки делят на три группы.

К I группе относят мелкие поковки с прямой и изогнутой осью и отростками. В отличие от молотовых поковок, указанные поковки не должны иметь тонких ребер, так как, из-за охлаждающего действия инструмента и относительно продолжительного времени его контакта с заготовкой, заполнения полостей штампов винтовых прессов затруднительнее, чем полостей молотовых штампов.

Поковки I группы штампуют в открытых одноручьевых штампах.

Поковки II группы - это мелко- и среднегабаритные поковки с осевой симметрией, которые получают высадкой (болтозаклепочные изделия, клапаны), прямым, обратным и боковым выдавливанием (стаканы, колпаки, чашки со стержнями, крестовины, шестерни с зубом).

К поковкам III группы относят мелкие поковки промежуточной формы между I и II группами, поковки с буртами, отростками и глухими полостями, требующие разъемы в штампе по двум или трем плоскостям.

Чертеж поковки при штамповке на винтовых прессах в открытом штампе проектируют также, как при штамповке на молоте. Штамповочные уклоны выбирают в зависимости от отношения (h - глубина полости; b - ширина полости), наличия выталкивателя и расположения уклона (внешний или внутренний).

Внутренние радиусы составляют 1,5-3 мм, наружные 1,5-5 мм.

При штамповке в закрытых штампах рекомендуется вычерчивать поковку в том положении, которые она занимает в штампе. Линию разреза выбирают по верхнему торцу элемента с наибольшим периметром. На поковках, штампуемых в штампах с разъемными матрицами, имеются две линии разреза. Одну из них выбирают, как указано выше, а другую - по линии разреза матриц.

3.9 Штамповка на гидравлических прессах. Технологические возможности получения штамповок на гидравлических прессах, виды штамповок. Особенности разработки чертежа поковки

На гидравлических прессах штампуют поковки из черных и цветных сплавов, причем стальные поковки могут быть простой формы типа дисков и колес и сложной формы, например, коленчатый вал длиной 1600 мм и массой 360 кг.

Распространена штамповка на гидравлических прессах крупногабаритных поковок из алюминиевых и магниевых сплавов. Площадь проекции таких заготовок 2,5 м²; типа панелей с продольным и продольнопоперечным оребрением, подмоторных рам для авиационных двигателей, узких и длинных поковок типа балок и лонжеронов длиной до 8 м, поковок типа стаканов, втулок и крыльчаток двигателей. Штампуют также поковки больших размеров для химической промышленности: сферические и эллиптические днища, элементы обшивки емкостей и др. В качестве исходных заготовок используют прокат, предварительно откованные или литые заготовки, а также слитки.

Гидравлический пресс имеет неударный характер работы. Рабочий ход его ползуна осуществляется при сравнительно небольшой, но постоянной скорости, обычно до 0,15-0,2 м/с.

Усилие прессов 50-750 МН для штамповки крупных поковок; 4-5 МН выше для штамповки малопластичных сплавов; прошивные и протяжные усилиями 1,5-30 МН.

Гидравлические прессы применяют: а) при штамповке крупных поковок, для которых масса падающих частей самых тяжелых молотов оказывается недостаточной; б) при штамповке малопластичных сплавов, не допускающих больших скоростей деформирования; в) при различных видах штамповки выдавливанием; г) там, где необходим очень большой рабочий ход, например, при глубокой прошивке или протяжки прошитых заготовок.

Все поковки, штампуемые на гидравлических прессах, подразделяют на группы:

I - поковки типа стаканов с гладкими стенками или сложной формы с глухими или сквозными отверстиями (корпуса снарядов, гильзы, фтулки, муфты, цилиндры и др.);

II - поковки типа дисков (невысокие чашки и втулки с фланцами, роторы турбин, диафрагмы и др.);

III - поковки с вытянутой осью (коленчатые валы и др.);

IV - поковки типа крестовин (втулка авиационного винта и др.);

V - поковки типа панелей.

Существует штамповка на гидравлических прессах в открытых и закрытых штампах, штамповка прошивкой и протяжка поковок. При этом целесообразно выполнять следующие операции: выдавливание - обратное (прошивка в закрытой

матрице), прямое (прессование) и боковое; вытяжку с утонением стенки (протяжку); осадку в закрытой матрице и высадку; гибку. Чертеж поковки составляют по тем же правилам, что и при изготовлении поковок на штамповочных молотах.

Допуски на паковке, напуски, наметки и пленки под прошивку определяют по той же методике, что и для молотовых поковок, исходя из величины среднего припуска.

Заполнение углов штампа облегчается увеличением радиусов закруглений в паковках. Для этого на кромках деталей следует выполнять фаски. Точность размеров поковок может достигать 11-12 квалитетов, а КИМ = 0,6.

3.11 Отделочные операции горячей объемной штамповки. Обрезка облоя.

Обрезные прессы и область их применения. Типы обрезных штампов.

Правка поковок. Методы правки, особенности конструкции правочных штампов. Калибровка поковок. Технологические возможности процесса калибровки. Виды калибровки и качество калибровочных поверхностей. Подготовка поковок для калибровки. Прессы, используемые для калибровки.

Обрезку облоя и удаление (пробивку) перемычек производят в холодном и горячем состоянии поковок. При холодной обрезке сопротивление срезу в 3-6 раз больше, чем при горячей и для крупных поковок с большой площадью среза требуются прессы большой мощности. Если поковку изготавливают из легированной стали, при обрезке облоя могут возникнуть трещины.

В холодном состоянии обрезку облоя производят у мелких и средних поковок из углеродистой стали с содержанием углерода до 0,4% и поковок из низколегированной стали, штампуемых на молотах с массой падающих частей 1-2 т и на КГШП с усилием до 10-20 МН, причем только в тех случаях, когда после обрезки поковки не требуют дальнейших операций в горячем состоянии.

Холодную обрезку облоя и удаление перемычек у мелких поковок следует производить в двух отдельных штампах, установленных на одном обрезном или же параллельно на двух прессах.

Горячую обрезку производят у средних и крупных по массе поковок из высоколегированных и высокоуглеродистых сталей, имеющих недостаточную пластичность в холодном состоянии и относительно большую толщину облоя, штампуемых на молотах с массой падающих частей более 1-2 т и КГШП с усилием свыше 10-20 МН, а также в тех случаях, когда после обрезки требуется правка, гибка или калибровка в горячем состоянии.

Для обрезки заусенцев и прошивки отверстий в поковках применяют кривошипные обрезные прессы, а для особо крупных поковок - гидравлические прессы усилием более 16 МН.

Под толщиной среза следует понимать толщину заусенца или пленки с учетом части закругления и прибавления величины положительного отклонения допуска на размер поковки по высоте (на недоштамповку).

Кривошипные обрезные прессы вытекают с номинальным усилием 1-25 МН. Такие прессы одновременно с основным ползуном имеют боковой ползун. Основной ползун обрезают заусенец, боковой прошивает отверстие. Новые прессы бокового ползуна не имеют, поэтому обрезка заусенца и пробивка отверстия осуществляется в совмещенном штампе.

Различают простые, последовательные и комбинированные штампы для

обрезки облоя и пробивки отверстия.

Простые штампы предназначены для выполнения только одной операции (обрезки облоя или пробивки отверстия).

В последовательном штампе имеется два комплекта инструмента: один - обрезки, другой - для пробивки. Обрезку облоя и пробивку отверстия осуществляют последовательно, т.е., сначала в одном комплекте инструмента поковку обрезают, затем поковку направляют на пробивку.

В комбинированных штампах обрезка облоя и пробивка отверстия происходит за один ход пресса без перекладывания поковки. Направление движения верхнего башмака относительно нижнего осуществляется при помощи колонок и втулок.

Поковки в процессе их изготовления подвергаются искривлению (короблению). Искривление поволоков может произойти при принудительном удалении их из чистового ручья штампа, а также при обрезке облоя и пробивке перемычек.

В связи с этим поковки подвергают правке. Существуют четыре основных способа правки: холодная в правочных штампах на штамповочном оборудовании; холодная на правильных прессах; горячая в правочных штампах на штамповочном оборудовании и горячая в окончательном ручье основного штампа.

Правочные штампы могут быть одноручьевыми. В двухручьевых правочных штампах для последовательной или параллельной правки двух поволоков ручья располагают так, чтобы их можно было использовать одновременно.

Для повышения точности формы и размеров поковки, снижение шероховатости поверхности, исключение обработки поволоков резанием применяют калибровку. Различают калибровку плоскостную и объемную, по температурным условиям - холодную и горячую.

Плоскостную калибровку применяют для получения точных вертикальных размеров поковки на одном или нескольких ее участках, лежащих в различных по высоте параллельных плоскостях.

При объемной калибровке деформации подвергается весь металл поковки. Свободное течение металла в горизонтальном направлении ограничено боковыми стенками ручья штампа. Избыток металла, полученный в результате недоштамповки, при калибровке вытесняется в облой, который затем обрезают в обрезном штампе.

Существует и комбинированная калибровка, сочетающая в себе операции плоскостной и объемной калибровке.

По точности получаемых размеров поволоков различают калибровку обычной точности, при которой можно получить допуски от $\pm 0,1$ до $\pm 0,25$ мм и калибровку повышенной точности с допусками от $\pm 0,05$ до $\pm 0,15$ мм. При многократной калибровке можно получить особо точные размеры с допуском $\pm 0,025$ мм.

Шероховатость поверхности при калибровке колеблется $R_a=1,25\ldots 0,63$ мкм, т.е., по шероховатости поверхности калибровка в большинстве случаев может заменить шлифование.

Перед калибровкой поковки необходимо тщательно отчистить от окалины и грязи, проверить их наружные дефекты. Раковины и вмятины от окалины при калибровке обычной точности допускаются глубиной до 0,2 мм; при точной калибровке - до 0,1 мм.

Поковки из легированных и углеродистых сталей с содержанием углерода более 0,2% подвергают предварительной термической обработке (нормализации, отжигу). Поковки из низколегированных сталей с содержанием углерода менее 0,2%, а также из алюминиевых сплавов типа АК6 калибруют без предварительной термической обработки.

Для калибровки штампованных поковок служат чеканочные калибровочные кривошипно-коленные прессы с номинальным усилием 1-40 МН (100-4000 тс).

3.12 Штамповка на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ).

ГКМ и технологические возможности штамповки на них. Классификация поковок, штампуемых на ГКМ. Правила высадки. Оформление чертежа

Горизонтально-ковочная машина (ГКМ) представляет собой горизонтальный механический пресс, в котором кроме главного деформирующего ползуна есть зажимной ползун, который зажимает недеформируемую часть прутка, обеспечивая высадку деформируемой части прутка.

Поковки, штампуемые на ГКМ, обычно имеют форму тел вращения с осью, совпадающей с осью исходного прутка. В большинстве случаев на ГКМ изготавливают сплошные и полные поковки из круглых прутков, а также полые поковки из труб.

Наличие двух разъемов в штампе создает условие для разнообразных высадочных работ и позволяет получать поковки с небольшими штамповочными уклонами или без них.

Упоры в штампах ГКМ выполняют репетируемыми, что дает возможность при наладке уточнить деформируемый объем и получить поковку без облоя или с минимальным облоем.

Основными операциями при штамповке на ГКМ являются высадка, прошивка и сквозная прошивка.

Поковки, штампуемые на ГКМ, делятся на 6 групп и в каждой группе есть несколько подгрупп.

К 1 подгруппе относятся поковки типа стержня с утолщением, ко второй - типа колец и втулок, к третьей - поковки с полостями (глухими отверстиями), к 4 - полые поковки, штампуемые из труб, к 5-й - поковки смешанной формы и 6-й - поковки, требующие дополнительной штамповки на ГКМ.

При изготовлении поковок высадкой и расчете наборных переходов различают начальную и последующую высадку.

ГКМ позволяет производить высадку конусов на длинных прутковых и трубных заготовках (до 3 м), штамповать осадкой в торец изделия сплошной формы. Производить отверстия без отходов на осечку. Припуски и допуски по ГОСТ 7505–89, т.к. ГКМ обладает меньшей жесткостью, чем КГШП и поэтому их поковки по размерам большие по значению. Глубокие полости производят в три перехода.

Штамповочные уклоны на участках поковки, формируются в полости пуансона. Наружные радиусы закругления равны припуску на механическую обработку, внутренние уклоны от 1° до 5°.

Достоинства:

1. Экономия металла, более точные и сложные поковки, исключается необходимость в дополнительной резке на штучные заготовки.

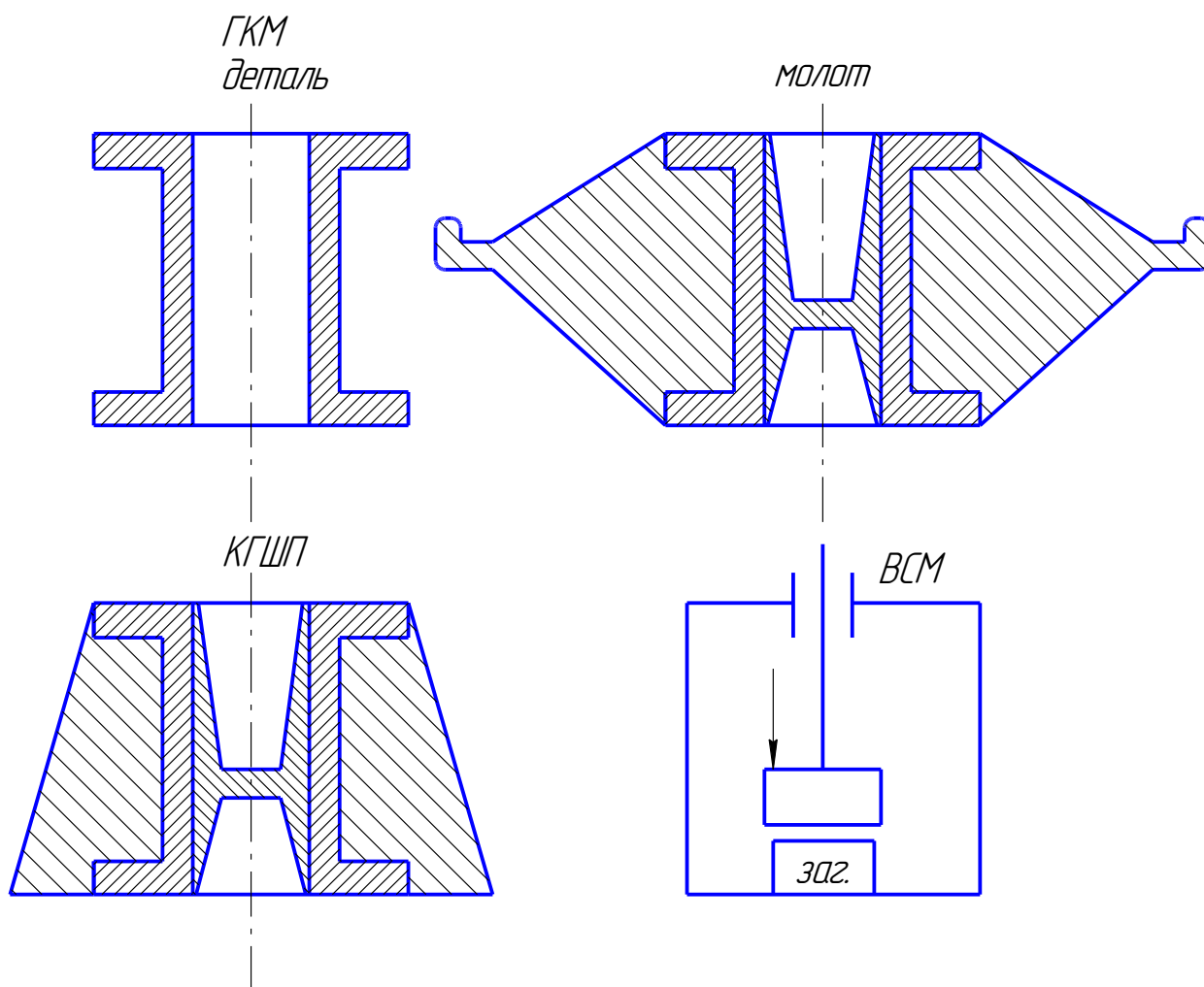


Рисунок 30 – Виды поковок

При оформлении чертежа поковки, штампуемой на ГКМ, разъем между матрицами устанавливают в плоскости ее осевого сечения, а разъем между пуансоном и матрицей - в плоскости наибольшего поперечного сечения. Если наиболее утолщенная часть поковки представляет собой цилиндр, фланец или другую фигуру постоянного поперечного сечения, то при установлении разъема учитывают следующее.

Желательно, чтобы разъем был установлен у той кромки ручья, которая заполняется металлом в самую последнюю очередь с целью избегания или уменьшения заусенца. Расположение наиболее утолщенной части ручья целиком в матрице освобождает поковку в этой части от штамповочных уклонов, но не исключает возможности сдвига ее фигуры в плоскости разъема матриц при относительном их смещении. Штамповка в пуансоне исключает возможность сдвига фигуры, но при этом нужны штамповочные уклоны в пуансоне. Если одну часть утолщения на поковке разместить в пуансоне, а другую - в матрице, то ручей получится открытым, с неизбежным образованием заусенца при штамповке.

Поковке желательно придавать такую форму, которую можно получить, применяя наиболее широко распространённые переходы штамповки при наименьшем их числе и при минимальных отходах металла. Масса поковок сравнительно небольшая 30-50 кг. Размерная точность стальных поковок может

достигать 12-14-го квалитетов, параметр шероховатости поверхности Ra до 5...10 мкм.

3.13 Штамповка на специализированных машинах. Штамповка на горизонтально-гибочных машинах, штамповка на ротационно-ковочных машинах (редуцирование). Изготовление поковок и фасонных заготовок на ковочных вальцах. Раскатка кольцевых поковок

Штамповку на горизонтально-гибочных машинах применяют для получения заготовок из сортового или полосового материала больших габаритов. Толстолистовые и профильные заготовки в основном сгибают в горячем состоянии, тонколистовые - в холодном. Горизонтально - гибочные машины позволяют осуществлять гибку V и П - образных, дугообразных и круглых деталей.

По форме, определяющей выбор переходов гибки, изделия разбирают на три группы. К I и II группам относятся изделия, изогнутые в одной плоскости.

В I группу входят изделия, изогнутые по дуге не более 180° , а также изогнутые под углом в одном или двух местах, причем каждый из углов изгиба не должен превышать 90° . В I группу не входят изделия типа скоб с параллельными концами, которые относятся ко II группе, включающей также изделия, изогнутые по дуге 180° и более, а также изогнутые в трех и более местах, включая изделия полузамкнутого и замкнутого контуров. К III группе относятся изделия, требующие гибки в двух и более плоскостях.

На ротационно-ковочных машинах обрабатывают осесимметричные изделия с вытянутой осью в горячем и холодном состояниях. Типовыми поковками для таких изделий является ступенчатые валики с круглым, квадратным и другим сечением, конусные валики и трубы с оттянутыми на конус концами. Исходной заготовкой служит прокат круглого и квадратного профилей или трубы. На этих машинах получают изделия самых разнообразных размеров диаметром от 0,15 мм (для прутка) до 600 мм (для трубной заготовки).

В процессе ротационного обжатия улучшается структура металла, повышаются его механические свойства.

Процесс обработки заключается в радиальном обжатии концевых или средних участков заготовок бойками, движущимися на встречу друг другу, при чем движение бойков у разных конструкций машин осуществляется по-разному; чисто бойков так же может быть различным: два, три, четыре. Число обжатий у различных машин колеблется от нескольких сот до нескольких тысяч в минуту.

Основным преимуществом данного вида обработки является получение поковок высокой точности с высокой частотой поверхности. При использовании качественного инструмента и соблюдения режимов обработки параметры шероховатости поверхности составляют $R_z=1,6-0,4$ мкм при холодной и $R_z=2,0-6,3$ мкм при горячей обработке. Точность обработки при холодном обжатии соответствует 6-8 при горячем - 11-13 квалитетам.

Обычно горячую обработку - выполняют для изделий больших диаметров (больше 50 мм).

Прочность поковок увеличивается примерно на 30% и достигается значительная экономия металла. Так, при переводе изделий типа ступенчатых валов со штамповки или механической обработки на горячее обжатие, экономия металла достигает 40-60%. Производительность (по сравнению с токарной обработкой)

возрастает в 4-5 раз.

Широкое распространение нашло производство поковок и фасонных заготовок на ковочных вальцах. Существенным преимуществом подобного процесса является то, что поверхность контакта заготовки с рабочими ручьями в каждый данный момент составляет малую часть полной поверхности заготовки. В результате, для осуществления процесса требуется значительно меньшее номинальное усилие, чем при штамповке деталей на прессах или молотах, когда штампы полностью контактируют со всей поверхностью штампуемой заготовки.

Рабочие органы вальцов - два волка, вращающихся в противоположных направлениях. На волках закрепляют секторные штампы с ручьями. Обычно заготовка подается до упора в момент расхождения секторных штампов. Затем заготовка обжимается в момент схождения штампов и движется в сторону вальцовщика. Такой вальцовкой получают заготовки для последующей штамповки и называется она формовочной.

При расположении ручьев по всей окружности волков, движение заготовки осуществляется от вальцовщика. Этот вид вальцовки применяется для изготовления штампованных поковок простой формы и называется штамповочной. За один оборот волков можно получить цепочку из 4-5 и более поковок (например, гаечных ключей, звеньев транспортеров и др.). Параметр шероховатости поверхности таких поковок $R_z=320-40$ мкм.

Отделочную вальцовку применяют для получения профильных заготовок, типа турбинных лопаток с припуском на рабочую поверхность до 0,2-0,15 мм, параметров шероховатости поверхности до $R_z=6,3-3,2$ мкм. Обычно такую вальцовку приводят в холодном состоянии, причем получаемые заготовки имеют окончательные размеры, по толщине и профилю. Отделочная вальцовка дает значительный эффект: снижает расход металла в среднем на 35%, трудоемкость на 20%, себестоимость на 35%.

При производстве поковок для колец подшипников качения применяются раскаточные машины. В этом случае заготовка представляет кольцо с меньшим диаметром и большей толщиной стенки, чем у паковки. После подведения к заготовке быстро вращающегося волка, заготовка и ваток начинают вращаться. По мере увеличения наружного диаметра заготовки происходит ее контакт с направляющим роликом, обеспечивающим получение правильной кольцевой формы поковки. После касания поковкой контрольного ролика раскатка прекращается.

Раскаткой получают поковки колец диаметром от 4 до 2000 мм при высоте обрабатываемого обода до 180 мм. Допуск на наружный диаметр кольца принимают $+0,01D$, на внутренний диаметр - $0,022d$, но не более 6 мм. Параметр шероховатости $R_z=10-32$ мкм, коэффициент весовой точности 0,7 - 0,75.

3.14 Завершающие операции производства поковок. Термическая обработка поковок. Назначение операций термообработки и их основные виды. Очистка поковок от окалины. Галтовка в барабанах, дробеструйная и дробеметная очистка. Травление. Гидравлическая очистка. Методы промежуточной очистки горячих поковок.

Послековки и штамповки поковки подвергают термической обработке. Если штампуют с образованием заусенца, то поковки поступают на ТО, как правило, после обрезки заусенца.

Цели термообработки:

- 1) устранение отрицательных последствий нагрева и обработки давлением (снятие остаточных напряжений, исправление перегрева и др.);
- 2) улучшение обрабатываемости материала поковок на металлорежущих станках (снижение интенсивности затупления режущих инструментов, уменьшение усилий резания и повышение чистоты обработанных поверхностей);
- 3) подготовка структуры металла к окончательной термообработке, если такую выполняют после обработки резанием или в промежутке между отдельными ее операциями. Когда термообработка поковок является окончательной, то она должна обеспечить также структуру и соответствующие механические свойства металла, какими должен обладать материал готовой детали. Основными способами термообработки стальных поковок являются: обжиг, нормализация, нормализация с отпуском, улучшение (закалка с высоким отпуском). Поковки из алюминиевых сплавов подвергают закатке с последующим естественным (до 5 суток) или искусственным старением. Поковки из магниевых сплавов подвергают обжигу, закатке или искусственному старению; поковки из титановых сплавов - обжигу и гомогенизации.

Особый интерес для технологии кузнечного производства представляют операции термообработки, связанные с использованием ковочной теплоты. После термообработки поковки поступают на очистку поверхности.

При неполном удалении окалины, образующейся при нагреве стальных заготовок под штамповку, часть ее оказывается вмятой в поверхность поковок во время штамповки и остается на ней в виде малозаметных пятен. Кроме того, поверхность поковок во время остывания после штамповки покрывается тонким слоем вновь образуемой окалины, который значительно увеличивается при последующей термообработке. Окалину - необходимо тщательно удалить, чтобы выявить брак по вмятинам от нее и по другим поверхностным дефектам, скрывающимся под окалиной, предать поверхностям поковок чистый и гладкий вид и подготовить их под покрытие или механическую обработку. Без этого режущий инструмент будет быстро изнашиваться, краска или любое другое покрытие на необработанных поверхностях будут непрочны и в последствии отлетят вместе с окалиной. Если поковки подвергают холодной правке и калибровке, то очищать от окалины их необходимо перед этими операциями.

Существуют следующие способы отчистки: механическая, гидравлическая, пневматическая струйно-абразивная, гидроабразивная, виброабразивная, в галтовочных барабанах, дробью, травлением и огневая очистка.

3.15 Техничко-экономические показатели производства поковок и выбор способа получения заготовок методом обработки давлением.

При выборе способа получения заготовок обработкой давлением необходимо учитывать:

- 1) высокую металлоемкость - затраты на металл достигают 60-80% от себестоимости поковки;
- 2) значительные энергоемкость и стоимость основного технологического оборудования;

3) высокою стоимостью штамповой оснастки - затраты на оснастку составляют 10-15% от себестоимости поковок

Критерием оптимальности технологического процесса получения поковок является его целесообразность при заданных объемах и условиях производства. При оценке того или иного варианта получения поковок следует ориентироваться на один или группу критериев:

- 1) себестоимость производства поковок или готовых изделий;
- 2) расход материала поковки или штампа;
- 3) трудоемкость в заготовительном и механическом производствах;
- 4) качество продукции.

При анализе технико-экономических показателей основными из них являются стоимостные и натуральные (трудоемкость, коэффициенты использования металла, весовой точности и др.). Для упрощения расчетов в при выборе наиболее рационального способа получения заготовок можно пользоваться себестоимостью на горячие штамповки и поковки и коэффициентами использования металла и весовой точности.

Таблица 3 - Значение коэффициентов КИМ, КВТ, КВГ при разных способах производства поковок.

Способ производства	Значения коэффициентов		
	КИМ	КВТ	КВГ
Ковка	0,26	0,28	0,92
Штамповка на молоте в открытом штампе	0,39	0,42	0,93
Штамповка на КГШП в закрытом штампе	0,48	0,51	0,94
Штамповка на ГКМ в закрытом штампе	0,53	0,55	0,96

Из анализа следует, что наиболее рентабельной является штамповка на горизонтально-ковочной машине, так как, отсутствует резка прутка на мерные заготовки; можно штамповать несколько заготовок с одного нагрева; отсутствует заусенец, нет необходимости в специальных обрезных штампах и специальном обрезном прессе; более высокая производительность. Штамповка на молоте наименее целесообразна, так как больше расход металла на напуски и припуски; значителен отход металла в заусенец; имеются обрезные штампы и прессы, дорогие стоящие массивные штампы.

Тема 4. Сварные заготовки. Возможности процессов сварки в производстве сложных и крупногабаритных заготовок. Обеспечение равномерности шва и основного материала заготовки. Возможности обеспечения точности сварных заготовок. Сочетание сварных заготовок; прокат-поковка; прокат-литье; литье-литье и т.д. Техничко-экономические показатели

Сварка - процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном

или общем нагреве, пластическом деформировании или совместном действии того и другого.

В случаях изготовления комбинированных деталей, которые состоят из отдельных заготовок, полученных разными методами и в отдельных случаях из разных материалов. Соединения таких заготовок в единую конструкцию осуществляется методом сварки.

Сложную конструкцию расчленять на составные части целесообразно в следующих случаях:

- изготовление цельной конструкции связано с производственными трудностями, отсутствием оборудования и сложной механической обработкой;
- цельная конструкция не технологична и ее изготовление связано с большим браком;
- изготовление цельной конструкции требует применения разных конструкционных материалов по их свойствам;
- изготовление цельной конструкции невозможно из-за ее сложности даже при наличии имеющегося оборудования.

При расчленении конструкции необходимо учитывать и возможности имеющихся сварочных процессов, т.е., обеспечить технологичность сварной конструкции. Для этого необходимо выбрать материал для заготовок, тип соединения под сварку и форму свариваемых элементов, способ сварки, предусмотреть мероприятия по уменьшению сварочных деформаций и напряжений.

Для получения сварных соединений, равноценных по работоспособности основному металлу, следует выбирать хорошо свариваемые материалы такие как низкоуглеродистые стали (спокойные) и многие низголегированные стали, а также ряд сплавов цветных металлов. При использовании таких материалов в зоне основного металла, расположенной вблизи шва в меньшей степени изменяются структура, химсостав и механические свойства по сравнению с металлом шва, что способствует обеспечению равномерности свойств шва и основного металла.

Выбранный тип сварного соединения заготовок определяет взаимное расположение свариваемых элементов и форму подготовки (разделку) их кромок под сварку. В основном применяют 4 основных типа сварных соединений: стыковое, тавровое, нахлесточное и угловое.

При конструировании размеры и форму свариваемых элементов выбирают с учетом: применение автоматических способов сварки; выполнения сварки в нижнем положении; свободного доступа к лицевой и корневой частям шва; проведения при необходимости подогрева и последующей термической и механической обработке; сведения к минимуму суммарной длины сварных швов и массы основного и наплавленного металлов и т.д.

Способ сварки следует выбирать исходя из степени теплового воздействия на металл; качество получаемых соединений; технологических возможностей; производительности; степени автоматизации и механизации производства. По степени уменьшения зоны разогрева основные способы сварки можно расположить в следующем порядке: электрошлаковая, газовая, автоматическая под флюсом, ручная дуговая, дуговая в защитных газах, контактная, плазменной струей, электронно-лучевая и др.

Мероприятия по уменьшению сварочных деформаций и напряжений делятся на 3 группы: конструктивные, технологические, проводимые в процессе сварки и технологические, проводимые после сварки. Первая и вторая группы мероприятий

имеют целью предотвращение возникновения деформаций, третья группа направлена на устранение возникших деформаций в готовых изделиях.

Конструктивные мероприятия заключаются в следующем:

- сечение сварных швов назначают минимальными (по условиям прочности). Увеличение сечения швов ведет к увеличению объемов, в которых протекают пластические деформации;

- швы необходимо располагать возможно ближе к оси, проходящей через центр тяжести сечения. Каждую пару параллельных швов располагают симметрично относительно оси, проходящей через центр тяжести сечения;

- в отдельных конструкциях целесообразно применять вспомогательные элементы в виде ребер жесткости, диафрагм, косынок, распоров;

- необходимо предусматривать возможность использования зажимных сборочно-сварочных приспособлений;

- число швов в конструкции должно быть по возможности минимальным.

Технологические меры (вторая группа):

- назначение оптимального режима сварки с тем, чтобы зона разогрева детали была минимальной;

- правильный порядок наложения швов

- при выполнении швов большой протяженности использовать обратноступенчатый способ сварки;

- проковка швов в процессе сварки;

- применение способа обратных деформаций.

Технологические меры (третья группа):

- общий высокий отпуск в термических печах;

- местный высокий отпуск, механический отпуск;

- термопластический отпуск, отжиг, метод обкатки и метод проковки.

Точность размеров сваркой конструкции определяется точностью полученных заготовок. Поэтому при расчленении конструкции следует использовать точные методы литья и обработки металлов давлением.

Для получения максимального эффекта от внедрения сварных комбинированных деталей необходимо выбрать рациональный технологический процесс получения исходных заготовок. Условно сварные комбинированные заготовки делят на 4 группы:

- листосварные детали, для которых исходными элементами являются заготовки из листового или профильного материала;

- сварно-литые детали;

- штампо-ковано-сварные детали;

- сварнокомбинированные детали, где одновременно могут быть использованы заготовки, полученные литьем, ковкой или штамповкой и вырезкой из листового или профильного проката.

При использовании хорошо свариваемых конструкционных материалов для получения комбинированных конструкций первой группы необходимо учитывать и снижение трудоемкости изготовления изделия. Примером этому служат тормозные воздушные баллоны грузовых автомобилей, изготавливаемые в условиях крупносерийного и массового производства.

Прежде чем применить сварную комбинированную заготовку, необходимо убедиться в целесообразности ее применения. Поэтому ни один из методов получения заготовки не нуждается в столь тщательно технико-экономическом

анализе, как данный метод, ибо он дает возможность получать заготовки очень сложных конструктивных форм.

При сравнительно технико-экономическом анализе цельных и сварных конструкций обязательным является определение чиста «критической» серийности, которое показывает, при каком количестве деталей наиболее экономичен сварной вариант. Число критической серийности можно подсчитать по формуле

$$N=M(S-O),$$

где М - стоимость одного модельного комплекта или штампа;

 S - стоимость одной комбинированной конструкции;

 О - стоимость одной цельной детали.

Изготовление крупных цельнокованных деталей, как правило, сопряжено с большими отходами материала, со значительной неоднородностью свойств металла по сечению поковки, с потребностью в уникальном оборудовании. Применение вместо поковок сварной детали из отдельных кованных или штампованных заготовок приводит к значительному эффекту, повышению качества изделия.

Тема 5. Взаимосвязь заготовки и структуры технологического процесса изготовления детали. Влияние выбора прогрессивных заготовок на структуру технологического процесса изготовления деталей на металлорежущих станках. Основные направления создания малоотходных технологий на базе широкого внедрения прогрессивных заготовок. Перспективы разработки комплексных технологических процессов с использованием высокопроизводительных методов объемного формообразования заготовок. Возможности расширения объема производства точных заготовок. Снижением доли затрат, приходящихся на единицу выпускаемой продукции. Нормализация и унификация как средство увеличения серийности производства.

Важнейшей задачей машиностроения является снижение доли механической обработки в общей трудоемкости изготовления машин на основе повышения точности заготовки, приближение из форм и размеров к готовым деталям. Как было показано ранее, удельный вес механической обработки по трудоемкости составляет 12-15%, в связи с чем отходы производства в виде стружки составили 19,3% от общего потребления черных металлов в 1970 году. Такое положение вызвало необходимость разработки и внедрения новых, материалосберегающих процессов получения заготовок с достаточно точными размерами и малой шероховатостью поверхности, требующих незначительной механической обработки или не нуждающихся в ней.

В связи с этим выбор прогрессивных заготовок будет существенно влиять на структуру технологического процесса изготовления деталей на металлорежущих станках.

Так, отливки, получаемые литьем под давлением, имеют точность размеров по 11 и даже 10 квалитету, параметр шероховатости поверхности $R_z=20$ мкм, а при штамповке изделий методом выдавливания допуски на размеры составляют 0,02-0,05 мм, с чистотой поверхности $R_a=0,16$ мкм. В отдельных случаях таким заготовкам требуется только отделочные операции или же детали идут на сборку без дополнительных операций. При производстве заготовок методом литья в разовые песчано-глинистые формы или методомковки имеются большие припуски на

механическую обработку и напуски. Для этих заготовок требуется другая группа станков, чтобы обеспечить черновую и чистовую обработку.

Становится целесообразным применять малоотходные технологии, как литье под давлением, по выплавляемым моделям, штамповку выдавливанием в разъемных матрицах, изотермическую штамповку, порошковую металлургию и другие.

Следует стремиться к нормализации и унификации не только оснастки, но и оборудования для увеличения серийности производства. При разработке оснастки необходимо предусматривать изготовление универсальных блоков, которые могут быть использованы для производства большой номенклатуры деталей путем замены или переточки вставок. Изготовление полостей прессформ и гравюр штампа можно осуществлять разными способами: механическим, электрохимическим, электрофизическим, а также вдавливанием мастер-пуансона и литьем.

Технологический процесс изготовления детали представляет собой сложную систему, определяемую большим числом параметров, каждый из которых зависит от физических, экономических, технических и других факторов. Поэтому выбор наиболее эффективного технологического процесса изготовления детали является неразрешимой задачей в условиях «ручного» проектирования технологических процессов. По этой причине в производстве имеет место завышенный расход материалов и энергоресурсов, неэффективное использование оборудования и т.п.

При выборе оптимального способа получения заготовки желательно использовать ЭВМ, что позволит не только повысить эффективность работы инженерно-технических работников, но и значительно сократить время подготовки производства при более качественной ее проработке.

Показателями, по которым осуществляется выбор оптимального способа получения заготовки могут быть:

- коэффициенты использования металла, весовой точности выхода годного;
- трудоемкость изготовления заготовки, механической обработки этой заготовки, трудоемкость общей обработки детали;
- себестоимость изготовления заготовки, механической обработки заготовки, общая себестоимость изготовления детали;
- производительность используемого оборудования;
- длительность производственного цикла;
- уровень автоматизации;
- квалификация используемых рабочих и т.п.

Выбор оптимального способа получения заготовки должен решаться путем системного анализа, т.е., анализа возможно большего числа факторов, характеризующих весь производственный цикл получения детали и влияющих на эффективность конечного результата.

Литература

1. Шкинъ Н.В. Проектирование и производство заготовок: учебно – методическое пособие для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения»/Н.В.Шкинъ, В.И.Романенко; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Технология машиностроения» - Минск: БНТУ, 2021-88с.
2. Афонькин М.Г. Производство заготовок в машиностроении/ М.Г.Афонькин, В.Б.Звягин – Санкт-Петербург: Политехника, 2011. – 380 с.
3. Минаков А.П. Проектирование и производство заготовок: учеб. пособие / А.П.Минаков, И.Д.Камчицкая, Е.В.Ильюшина; под общ. Ред. А.М.Минакова. – Могилев: Белорус.-Рос.ун-т, 2017.-326 с. : ил.
4. Основы проектирования заготовок в автоматизированном машиностроении: учебник / С.И.Богодухов [и др.]; под общ. ред. С.И.Богодухова. – Москва: Машиностроение, 2019 – 432 с.
5. 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.
6. Клименков С.С. Проектирование и производство заготовок в машиностроении / С.С.Клименков – Минск: Техноперспектива, 2013 – 407 с.
7. Болдин А.Н. Литейные формовочные материалы. Формовочные, стержневые смеси и покрытия / А.Н.Болдин, Н.И.Давыдов, С.С.Жуковский. – Москва: Машиностроение, 2016 – 507 с.
8. Чернышов Е.А. Литейные дефекты. Причины образования. Способы предупреждения / Е.А.Чернышов, А.И.Евстигнеев, А.А.Евлампиев – Москва: Машиностроение, 2018 – 282 с.
9. Оборудование литейных цехов: методические указания / Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Машины и технология литейного производства"; сост. Ф. И.Рудницкий, Н.Ф.Невар. - Мн.: БНТУ, 2014. - 79 с.
10. Харченко В.В. Технологии и оборудование для прессования и штамповки: учеб. пос. / В.В.Харченко ; Е.М.Макушок, Ж.А.Мрочек - Мн.: Новое знание, 2008. - 255 с.

Раздел контроля знаний

Вопросы

к экзамену по дисциплине «Прогрессивные технологии получения заготовок деталей машин»

Тема 1. Введение. Цели и задачи дисциплины.

Современное состояние и перспективы развития производства заготовок.

Основные технологические процессы получения заготовок. Факторы, влияющие на выбор способа получения заготовок. Общие рекомендации и последовательность выбора заготовки. Взаимосвязь заготовки и структуры технологического процесса изготовления детали.

Тема 2. Заготовки, получаемые литьем

Сплавы, применяемые для производства отливок

Основные группы литейных сплавов; чугуны и стали, бронзы и латуни, алюминиевые и магниевые, цинковые сплавы. Характеристики литейных сплавов: физико-механические (плотность, прочность, пластичность и др.), химический состав, литейные свойства сплавов. Назначение литейных сплавов.

Способы производства литых заготовок и их технологические характеристики

Классификация способов производства отливок. Технологические возможности способов литья и область их применения. Техно-экономическая эффективность производства литых заготовок, получаемых разными способами литья.

Заготовки, получаемые литьем в песчаные формы

Технология и способы литья в песчаные формы в условиях единичного, серийного и массового производства.

Модельно-опочная оснастка. Формовочные и стержневые материалы. Изготовление стержней. Изготовление форм при ручной и машинной формовке. Возможности механизации и автоматизации изготовления литейных форм. Перспективы повышения точности отливок.

Заготовки, получаемые специальными видами литья

Виды специальных методов литья, их особенности и область применения.

Литье в металлические формы. Особенности технологии литья в кокиль.

Конструирование металлических форм. Схемы применения литейных машин.

Режимы отливок и охлаждения металла в форме. Качество поверхностного слоя. Оформление чертежей отливок.

Центробежное литье

Специфика литья во вращающиеся металлические формы. Способы центробежного литья и типы применяемых машин. Конструктивные особенности отливок.

Литье под давлением

Технологические возможности и область рационального применения заготовок, получаемых литьем под давлением. Литейные сплавы. Основные типы машин для литья под давлением, их конструктивные особенности. Типовые конструкции прессформ и особенности конструирования отливок.

Штамповка жидкого металла

Технологические особенности процесса штамповки жидкого металла с затвердеванием его под давлением. Область рационального применения жидкой штамповки. Особенности оформления чертежей заготовок.

Литьё по выплавляемым моделям

Особенности технологического процесса литья по выплавляемым моделям. Изготовление прессформ и выплавляемых моделей. Изготовление форм для литья.

Литье в оболочковые формы

Особенности технологического процесса литья в оболочковые формы. Основные виды форм: песчано-смоляные; жидкостекольные; химически твердеющие. Изготовление форм для литья. Возможность автоматизации изготовления форм. Технологические возможности литья в оболочковые формы и область его применения.

Тема 3. Способы производства заготовок пластическим деформированием и их технологические характеристики

Значение процессов обработки металлов пластическим деформированием для технологии машиностроения. Виды обработки металлов давлением.

Зависимость выбора обработки металла давлением от конструкции детали и объёма выпуска. Технологические возможности методов обработки давлением, область их применения.

Заготовки из сортового и специального проката

Технологические особенности заготовок из проката. Виды сортового и специального профильного проката. Поперечно-клиноватая прокатка. Принципы осуществления процессов прокатки, используемые для получения прогрессивных заготовок. Инструменты и оборудование для производства профилей.

Производство заготовок ковкой и штамповкой

Виды деформаций при ковке и штамповке. Классификация методов и последовательность технологических процессов получения заготовок, выбор метода получения поковок, инструмента и оборудования в зависимости от типа производства. Исходные заготовки для производства поковок. Методы разделки проката на исходные заготовки. Точность размеров исходных заготовок в зависимости от способа резки. Нагрев исходных заготовок, нагревательные устройства. Угар. Методы борьбы с окиснообразованием. Контроль и регулирование температуры нагрева.

Производство заготовок методомковки

Точность и качество поковок, получаемых свободной ковкой. Определение веса и размеров исходной заготовки. Выбор оборудования для свободнойковки. Оформление чертежа поковки.

Объёмная горячая штамповка

Сущность процесса штамповки. Классификация штамповочных операций и типов штампов.

Конструирование горячештампованных поковок, формы сечения поковок.

Радиусы округления в сечениях. Штамповочные уклоны. Тонкие полотна и перемычки. Наружные очертания поковок. Точность размеров поковок и факторы, влияющие на нее.

Припуски на механическую обработку. Напуски.

Оформление чертежа поковки. Зависимость системы простановки размеров поковок от выбора технологических баз, используемых на первых операциях механической обработки. Технические требования на изготовление поковок. Определение размеров исходной заготовки и нормы расхода металла. Формы и размеры наружного и внутреннего облоя. Особенности определения размеров и формы исходной заготовки для безоблойной штамповки. Определение мощности кузнечно-штамповочного оборудования.

Производство поковок штамповкой на молотах.

Особенности процесса и его технологические возможности. Классификация молотовых поковок. Выбор переходов поковки. Виды штамповки.

Получение поковок на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП). Особенности работы на КГШП и технологические возможности штамповки на них. Классификация поковок, штампуемых на КГШП. Получение поковок методом малоотходной точной штамповки. Способы получения заготовок для штамповки на КГШП. Выбор переходов и определение размеров исходной заготовки. Оформление чертежей заготовок, получаемых штамповкой на КГШП.

Особенности штамповки поковок на фрикционных винтовых прессах. Классификация поковок, штампуемых на прессах. Особенности разработки чертежа поковки.

Штамповка на гидравлических прессах

Технологические возможности получения штамповок на гидравлических прессах, виды штамповок. Особенности разработки чертежа поковки.

Отделочные операции горячей объемной штамповки. Обрезка облоя. Обрезные прессы и область их применения. Типы обрезных штампов. Правка поковок. Методы правки, особенности конструкции правочных штампов. Калибровка поковок. Технологические возможности процесса калибровки. Виды калибровки и качество калибровочных поверхностей. Подготовка поковок для калибровки. Прессы, используемые для калибровки.

Штамповка на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ).

ГКМ и технологические возможности штамповки на них. Классификация поковок, штампуемых на ГКМ. Правила высадки. Оформление чертежа поковки.

Штамповка на специализированных машинах

Штамповка на горизонтально-гибочных машинах, штамповка на ротационно-ковочных машинах (редуцирование). Изготовление поковок и фасонных заготовок на ковочных вальцах. Раскатка кольцевых поковок.

Завершающие операции производства поковок

Термическая обработка поковок. Назначение операций термообработки и их основные виды. Очистка поковок от окалины. Галтовка в барабанах,

дробеструйная и дробеметная очистка. Травление. Гидравлическая очистка. Методы промежуточной очистки горячих поковок.

Технико-экономические показатели производства поковок и выбор способа получения заготовок методом обработки давлением.

Тема 4. Сварные заготовки.

Возможности процессов сварки в производстве сложных и крупногабаритных заготовок. Обеспечение равномерности шва и основного материала заготовки. Возможности обеспечения точности сварных заготовок. Сочетание сварных заготовок; прокат-поковка; прокат-литье; литье-литье и т.д. Технико-экономические показатели.

Тема 5. Взаимосвязь заготовки и структуры технологического процесса изготовления детали.

Влияние выбора прогрессивных заготовок на структуру технологического процесса изготовления деталей на металлорежущих станках.

Основные направления создания малоотходных технологий на базе широкого внедрения прогрессивных заготовок. Перспективы разработки комплексных технологических процессов с использованием высокопроизводительных методов объемного формообразования заготовок.

Возможности расширения объема производства точных заготовок. Снижением доли затрат, приходящихся на единицу выпускаемой продукции. Нормализация и унификация как средство увеличения серийности производства.

Вспомогательный раздел

Р-1 2023

Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

М.В. Нерода

23.06. 2023

Регистрационный № УД-
23-1-011 /уч.

Прогрессивные технологии получения

заготовок деталей машин

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

7-06-0714-02 «Инновационные технологии в машиностроении»

2023

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта Республики Беларусь ОСВО 7-06-0714-02 -2023 и учебных планов специальности.

СОСТАВИТЕЛЬ:

А.М. Левданский, старший преподаватель кафедры «Машиностроение и эксплуатация автомобилей», м.т.н.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Завадский Владимир Филиппович, начальник СКТБ ОАО «Брестский электромеханический завод»;

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 № 11 от 17.05 2023);

Методической комиссией машиностроительного факультета
Председатель методической комиссии  В.П. Горбунов
(протокол № 9 от 19.05 2023);

Научно-методическим советом БрГТУ (протокол № 6 от 23.06 2023)

Специальность по ОУП Брестской ЮНУ 

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Прогрессивные технологии получения заготовок деталей машин» относится к компоненту учреждения высшего образования цикла дисциплин специальной подготовки магистров технических наук по специальности 7-06-0714-02 «Инновационные технологии в машиностроении», знания по которой определяет уровень профессиональной подготовки специалиста для производственной, конструкторско-технологической и других видов деятельности в области машиностроения.

Целью изучения дисциплины – научить магистра знаниям по решению задач связанных с заменой технологических процессов, основанных на резании металлов, экономичными методами формирования деталей. Это может быть достигнуто применением прогрессивных методов получения заготовок. Изучение дисциплины будет способствовать внедрению современных ресурсосберегающих, малоотходных и безотходных технологических процессов.

В процессе изучения данной дисциплины магистр расширяет и углубляет следующую компетенцию (СК-2,3):

- Применять высокоэффективные инновационные технологии, эффективные методы получения заготовок деталей машин, методы объемного и поверхностного упрочнения деталей машин для увеличения их ресурса с учетом условий их эксплуатации. Внедрять тенденции совершенствования станков с ЧПУ, методы и средства автоматизации производства, уметь использовать их для автоматизации инновационного многономенклатурного механосборочного производства.

Магистр, завершивший изучение данной дисциплины должен:

знать:

- принципы выбора методов получения заготовок деталей машин для различных условий эксплуатации и производства машин, современные методы получения заготовок, правила создания и оформления их чертежей;

уметь:

- выполнить обоснованный выбор заготовки детали для заданных условий её эксплуатации и производства;
- выполнить расчет припусков и допусков для поверхностей заготовки;
- разработать и оформить чертеж заготовки для различных методов её получения;

Знания и навыки магистров, начинающих изучение дисциплины базируются на знаниях дисциплин: «Проектирование и производство заготовок», «Материаловедение» и других полученных ранее.

В процессе освоения дисциплины для изучения и осмысления материала используются технические средства обучения, наглядные пособия, оборудование, оснастка и инструмент производственно-механических мастерских.

План учебной дисциплины для дневной формы получения углубленного 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	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
7-06-0714-02	Инновационные технологии в машиностроении	1	1	90	3	36	36	-	-	-	-	Экзамен 1 семестр

План учебной дисциплины для заочной формы получения углубленного 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	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
7-06-0714-02	Инновационные технологии в машиностроении	1	1	90	3	8	8	-	-	-	-	Экзамен 1 семестр

1 СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1.1 ЛЕКЦИОННЫЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

Наименование тем, разделов и их содержание

Тема 1. Введение. Цели и задачи дисциплины. Формы отчетности. Библиографические источники.

Современное состояние и перспективы развития производства заготовок.

Основные технологические процессы получения заготовок. Факторы, влияющие на выбор способа получения заготовок. Общие рекомендации и последовательность выбора заготовки. Взаимосвязь заготовки и структуры технологического процесса изготовления детали.

Тема 2. Заготовки, получаемые литьем

Сплавы, применяемые для производства отливок

Основные группы литейных сплавов; чугуны и стали, бронзы и латуни, алюминиевые и магниевые, цинковые сплавы. Характеристики литейных сплавов: физико-механические (плотность, прочность, пластичность и др.), химический состав, литейные свойства сплавов. Назначение литейных сплавов.

Способы производства литых заготовок и их технологические характеристики

Классификация способов производства отливок. Технологические возможности способов литья и область их применения. Техно-экономическая эффективность производства литых заготовок, получаемых разными способами литья.

Заготовки, получаемые литьем в песчаные формы

Технология и способы литья в песчаные формы в условиях единичного, серийного и массового производства.

Модельно-опочная оснастка. Формовочные и стержневые материалы. Изготовление стержней. Изготовление форм при ручной и машинной формовке. Возможности механизации и автоматизации изготовления литейных форм. Перспективы повышения точности отливок.

Заготовки, получаемые специальными видами литья

Виды специальных методов литья, их особенности и область применения.

Литье в металлические формы. Особенности технологии литья в кокиль.

Конструирование металлических форм. Схемы применения литейных машин.

Режимы отливок и охлаждения металла в форме. Качество поверхностного слоя. Оформление чертежей отливок.

Центробежное литье

Специфика литья во вращающиеся металлические формы. Способы центробежного литья и типы применяемых машин. Конструктивные особенности отливок.

Литье под давлением

Технологические возможности и область рационального применения заготовок, получаемых литьем под давлением. Литейные сплавы. Основные

типы машин для литья под давлением, их конструктивные особенности. Типовые конструкции прессформ и особенности конструирования отливок.

Штамповка жидкого металла

Технологические особенности процесса штамповки жидкого металла с затвердеванием его под давлением. Область рационального применения жидкой штамповки. Особенности оформления чертежей заготовок.

Литьё по выплавляемым моделям

Особенности технологического процесса литья по выплавляемым моделям. Изготовление прессформ и выплавляемых моделей. Изготовление форм для литья.

Литье в оболочковые формы

Особенности технологического процесса литья в оболочковые формы. Основные виды форм: песчано-смоляные; жидкостекольные; химически твердеющие. Изготовление форм для литья. Возможность автоматизации изготовления форм. Технологические возможности литья в оболочковые формы и область его применения.

Тема 3. Способы производства заготовок пластическим деформированием и их технологические характеристики

Значение процессов обработки металлов пластическим деформированием для технологии машиностроения. Виды обработки металлов давлением.

Зависимость выбора обработки металла давлением от конструкции детали и объёма выпуска. Технологические возможности методов обработки давлением, область их применения.

Заготовки из сортового и специального проката

Технологические особенности заготовок из проката. Виды сортового и специального профильного проката. Поперечно-клиновое прокатание. Принципы осуществления процессов прокатки, используемые для получения прогрессивных заготовок. Инструменты и оборудование для производства профилей.

Производство заготовок ковкой и штамповкой

Виды деформаций при ковке и штамповке. Классификация методов и последовательность технологических процессов получения заготовок, выбор метода получения поковок, инструмента и оборудования в зависимости от типа производства. Исходные заготовки для производства поковок. Методы разделки проката на исходные заготовки. Точность размеров исходных заготовок в зависимости от способа резки. Нагрев исходных заготовок, нагревательные устройства. Угар. Методы борьбы с окислением. Контроль и регулирование температуры нагрева.

Производство заготовок методомковки

Точность и качество поковок, получаемых свободной ковкой. Определение веса и размеров исходной заготовки. Выбор оборудования для свободнойковки. Оформление чертежа поковки.

Объёмная горячая штамповка

Сущность процесса штамповки. Классификация штамповочных операций и типов штампов.

Конструирование горячештампованных поковок, формы сечения поковок. Радиусы округления в сечениях. Штамповочные уклоны. Тонкие полотна и перемычки. Наружные очертания поковок. Точность размеров поковок и факторы, влияющие на нее.

Припуски на механическую обработку. Напуски.

Оформление чертежа поковки. Зависимость системы простановки размеров поковок от выбора технологических баз, используемых на первых операциях механической обработки. Технические требования на изготовление поковок. Определение размеров исходной заготовки и нормы расхода металла. Формы и размеры наружного и внутреннего облоя. Особенности определения размеров и формы исходной заготовки для безоблойной штамповки. Определение мощности кузнечно-штамповочного оборудования.

Производство поковок штамповкой на молотах.

Особенности процесса и его технологические возможности. Классификация молотовых поковок. Выбор переходов поковки. Виды штамповки.

Получение поковок на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП) Особенности работы на КГШП и технологические возможности штамповки на них. Классификация поковок, штампуемых на КГШП. Получение поковок методом малоотходной точной штамповки. Способы получения заготовок для штамповки на КГШП. Выбор переходов и определение размеров исходной заготовки. Оформление чертежей заготовок, получаемых штамповкой на КГШП.

Особенности штамповки поковок на фрикционных винтовых прессах. Классификация поковок, штампуемых на прессах. Особенности разработки чертежа поковки.

Штамповка на гидравлических прессах

Технологические возможности получения штамповок на гидравлических прессах, виды штамповок. Особенности разработки чертежа поковки.

Отделочные операции горячей объемной штамповки. Обрезка облоя. Обрезные прессы и область их применения. Типы обрезных штампов. Правка поковок. Методы правки, особенности конструкции правочных штампов. Калибровка поковок. Технологические возможности процесса калибровки. Виды калибровки и качество калибровочных поверхностей. Подготовка поковок для калибровки. Прессы, используемые для калибровки.

Штамповка на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ).

ГКМ и технологические возможности штамповки на них. Классификация поковок, штампуемых на ГКМ. Правила высадки. Оформление чертежа поковки.

Штамповка на специализированных машинах

Штамповка на горизонтально-гибочных машинах, штамповка на ротационно-ковочных машинах (редуцирование). Изготовление поковок и фасонных заготовок на ковочных вальцах. Раскатка кольцевых поковок.

Завершающие операции производства поковок

Термическая обработка поковок. Назначение операций термообработки и их основные виды. Очистка поковок от окалины. Галтовка в барабанах,

дробеструйная и дробеметная очистка. Травление. Гидравлическая очистка. Методы промежуточной очистки горячих поковок.

Технико-экономические показатели производства поковок и выбор способа получения заготовок методом обработки давлением.

Тема 4. Сварные заготовки.

Возможности процессов сварки в производстве сложных и крупногабаритных заготовок. Обеспечение равномерности шва и основного материала заготовки. Возможности обеспечения точности сварных заготовок. Сочетание сварных заготовок; прокат-поковка; прокат-литье; литье-литье и т.д. Технико-экономические показатели.

Тема 5. Взаимосвязь заготовки и структуры технологического процесса изготовления детали.

Влияние выбора прогрессивных заготовок на структуру технологического процесса изготовления деталей на металлорежущих станках.

Основные направления создания малоотходных технологий на базе широкого внедрения прогрессивных заготовок. Перспективы разработки комплексных технологических процессов с использованием высокопроизводительных методов объемного формообразования заготовок.

Возможности расширения объема производства точных заготовок. Снижением доли затрат, приходящихся на единицу выпускаемой продукции. Нормализация и унификация как средство увеличения серийности производства.

3.1 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ для дневной формы получения углубленного высшего образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самостоятельной работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинарские занятия		
	1-й семестр						
1	Введение. Цели и задачи дисциплины. Формы отчетности. Библиографические источники	2				2	экзамен
2	Заготовки, получаемые литьем	18				20	экзамен
3	Способы производства заготовок пластическим деформированием и их технологические характеристики	10				22	экзамен
4	Сварные заготовки	4				5	экзамен
5	Взаимосвязь заготовки и структуры технологического процесса изготовления детали	2				5	экзамен
	Всего часов по дисциплине	36				54	

3.2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ для заочной формы получения углубленного 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		
	1-й семестр						
1	Введение. Цели и задачи дисциплины. Формы отчетности. Библиографические источники	2				2	экзамен
2	Заготовки, получаемые литьем	2				36	экзамен
3	Способы производства заготовок пластическим деформированием и их технологические характеристики	2				30	экзамен
4	Сварные заготовки					9	экзамен
5	Взаимосвязь заготовки и структуры технологического процесса изготовления детали	2				5	экзамен
	Всего часов по дисциплине	8				82	

4. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

4.1 Перечень литературы (учебной, учебно-методической, научной, нормативной, др.)

Основная

1. Шкинъ, Н.В. Проектирование и производство заготовок: учебно – методическое пособие для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения»/Н.В.Шкинъ, В.И.Романенко; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Технология машиностроения».-Минск: БНТУ,2021.-88с.
2. Харченко, В. В. Технологии и оборудование для прессования и штамповки: учеб. пос. / В. В. Харченко ; Е. М. Макушок, Ж. А. Мрочек. - Мн. : Новое знание, 2008. - 255 с.
- 3.Клименков, С. С. Проектирование заготовок в машиностроении. Практикум: учеб. пособие / С. С. Клименков. - Мн. : Новое знание, 2013. – 269 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.

Дополнительная

6. Оборудование литейных цехов: методические указания / Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Машины и технология литейного производства" ; сост. Ф. И. Рудницкий, Н. Ф. Невар. - Мн. : БНТУ, 2014. - 79 сб.

7. Верещагин, М. Н. Технологияковки и горячей штамповки: учебное пособие / М. Н. Верещагин, С. В. Шишков ; Министерство образования Республики Беларусь, Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Кафедра "Обработки материалов давлением". - Гомель : ГГТУ, 2014. - 204 с.

8. Теплообмен в литейных процессах: учебно-методическое пособие / А. Н. Крутилин, В. Ф. Одинокко, Ю. А. Николайчик ; Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Машины и технологии литейного производства". - Мн. : БНТУ, 2013. - 102 с.

4.2. Перечень средств диагностики результатов учебной деятельности

1. Форма аттестации: экзамен

4.3. 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 и методическим указаниям, имеющимся в библиотеке БрГТУ и указанным в разделе 4 настоящей программы;

- самостоятельная подготовка к экзамену.

Самостоятельное изучение тем лекционного курса выполняется по следующим литературным источникам:

Номер темы	Название раздела, темы	Номер литературного источника
1	Введение. Цели и задачи дисциплины. Формы отчетности. Библиографические источники	[4, 5]
2	Заготовки, получаемые литьем	[4, 5, 6, 8]
3	Способы производства заготовок пластическим деформированием и их технологические характеристики	[2, 4, 5, 7]
4	Сварные заготовки	[1, 4, 5]
5	Взаимосвязь заготовки и структуры технологического процесса изготовления детали	[4, 5]

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)
Научные основы технологии машиностроения	МЭА	нет	Рекомендовать к утверждению (протокол № ____ от 2023.) Зав. кафедрой МЭА С.В. Монтик

Содержание учебной программы
согласовано с выпускающей кафедрой
Заведующий выпускающей кафедрой,
кандидат технических наук, доцент

С.В. Монтик