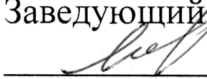


Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»
Машиностроительный факультет
Кафедра «Машиностроение и эксплуатация автомобилей»

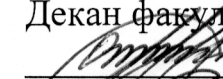
СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

 С. В. Монтик
«13» 05 2025 г.

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета

 С. Р. Онысько
«28» 05 2025 г.

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

**«ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ
КОНСТРУКЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ»**

(название дисциплины)

для специальности:

6-05-0722-05

«Производство изделий на основе
трехмерных технологий»

Составитель: Ялковский Николай Степанович, старший преподаватель

Рассмотрено и утверждено на заседании научно-методического совета БрГТУ

26.06.2025 г., протокол № 4.

рег. н Ялк. 24/25-145

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Актуальность изучения дисциплины

Учебная дисциплина «Технология формообразования изделий конструкционного назначения» относится к компоненту учреждения высшего образования, модуль «Технология и оборудование 2». Изучение дисциплины «Технология формообразования изделий конструкционного назначения» позволит будущему специалисту творчески подходить к выбору конструкционных материалов для изготовления деталей различного назначения, выбору методов получения исходных заготовок и их последующей обработки.

Цель и задачи дисциплины

Цель преподавания учебной дисциплины: познакомить студентов с современными процессами получения и обработки основных конструкционных материалов, а также научить выбирать конструкционные материалы для изготовления деталей различного назначения.

Задачи дисциплины:

- изучение строения и свойств металлов, сплавов, полимерных и композиционных материалов;
- изучение технологии получения и обработки заготовок и готовых изделий;
- изучение технологических характеристик типового оборудования, инструмента и приспособлений.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) объединяет структурные элементы научно-методического обеспечения образования и представляет собой сборник материалов теоретического и практического характера для организации работы студентов специальности 6-05-0722-05 «Производство изделий на основе трехмерных технологий» дневной формы получения образования по изучению дисциплины «Технология формообразования изделий конструкционного назначения».

ЭУМК разработан на основании Положения об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования, утвержденного Постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 26 июля 2011 г., № 167, и предназначен для реализации требований учебной программы по учебной дисциплине «Технология формообразования изделий конструкционного назначения» для специальности 6-05-0722-05 «Производство изделий на основе трехмерных технологий».

Цели ЭУМК:

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

Содержание и объем ЭУМК полностью соответствуют образовательным стандартам высшего образования специальности 6-05-0722-05 «Производство изделий на основе трехмерных технологий», а также учебно-программной документации образовательных программ высшего образования. Материал представлен на требуемом методическом уровне и адаптирован к современным образовательным технологиям.

Структура электронного учебно-методического комплекса по дисциплине «Технология формообразования изделий конструкционного назначения»:

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

Практический раздел ЭУМК содержит материалы в виде методических указаний, необходимых для проведения лабораторных работ.

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

Вспомогательный раздел включает учебную программу учреждения высшего образования по учебной дисциплине «Технология формообразования изделий конструкционного назначения».

Рекомендации по организации работы с ЭУМК:

- лекции проводятся с использованием представленных в ЭУМК материалов, необходимых для проведения лабораторных занятий и подготовки студентов к зачету и экзамену;
- лабораторных занятия проводятся с использованием представленных в ЭУМК методических указаний;
- экзамен проводится в письменной форме, вопросы для экзамена приведены в разделе контроля знаний.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Конспект лекций по дисциплине
«Технология формообразования изделий конструкционного назначения»

Тема 1. Конструкционные материалы, их свойства и строение.

§1. Основные конструкционные материалы. Кристаллическое строение металлов и сплавов.

Современные конструкционные материалы в зависимости от области их применения должны обладать комплексом свойств (прочностью, коррозионной стойкостью, жаропрочностью, электропроводностью и другими) и сохранять эти свойства в условиях длительной эксплуатации.

Технически чистые металлы используются относительно редко, в машиностроении главным образом применяются сплавы.

Сплавы на основе железа – стали и чугуны.

Сплавы на основе алюминия, магния, титана – легкие цветные сплавы.

Сплавы на основе меди, свинца, олова – тяжелые цветные сплавы.

Сплавы на основе цинка, олова, свинца – легкоплавкие цветные сплавы.

Сплавы на основе молибдена, вольфрама, ванадия, циркония – тугоплавкие цветные сплавы.

Большинство металлов в твердом состоянии имеют кристаллическое строение: атомы расположены упорядоченно и образуют кристаллические решетки.

Для металлов характерны:

Кубическая объемно-центрированная решетка (ОЦК)

Кубическая гранецентрированная решетка (ГЦК)

Гексагональная плотноупакованная (ГПУ)

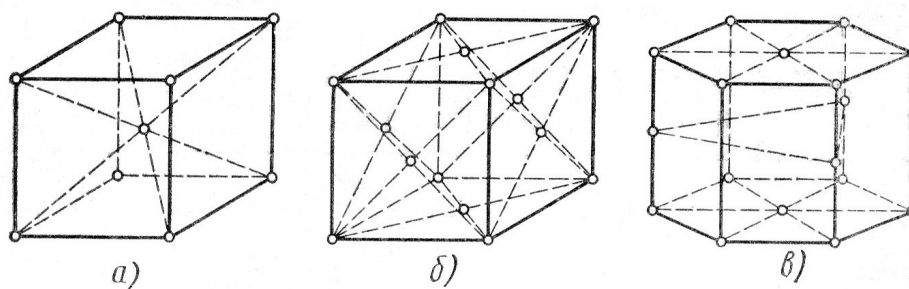


Рис. 1. Кристаллические решетки

Под сплавом понимают вещество, полученное сплавлением двух и более элементов. Эти элементы могут быть металлами и неметаллами, их называются компонентами сплава.

Помимо основных компонентов в сплавах содержатся примеси.

Примеси могут быть случайными (попадают в сплав при изготовлении) и специальными, вводимыми в сплав для придания ему требуемых свойств.

Компоненты в сплаве могут образовывать твердый раствор, химическое соединение и механическую смесь.

В твердом растворе один из компонентов сохраняет свою кристаллическую решетку, а второй в виде отдельных атомов или замещает в решетке атомы основного компонента, или размещается между ними.

Таким образом, имеет место твердый раствор замещения или внедрения.

Твердый раствор внедрения образуется в том случае, когда размеры атомов основного компонента существенно больше атомов растворяющегося компонента.

В сплаве химическом соединении компоненты вступают в химическое взаимодействие, образуя при этом новую кристаллическую решетку, отличную от решеток составляющих компонентов.

В сплаве механической смеси компоненты обладают полной взаимной неразтворимостью и имеют различные кристаллические решетки. Сплав при этом состоит из смеси кристаллов компонентов.

Механическая смесь имеет постоянную температуру плавления.

Смесь, образованная из расплава называется эвтектикой, а смесь, образовавшаяся в результате превращения в твердом состоянии – эвтектоидом (например, перлит $\text{Fe}_3\text{C} + \text{Fe}$ альфа).

Металлы и сплавы, полученные в обычных условиях, имеют поликристаллическое строение, то есть состоят из большого числа произвольно ориентированных кристаллов (зерен).

Поэтому у них не наблюдается явление анизотропии, то есть свойства металлов одинаковы во всех направлениях.

§2. Дефекты строения реальных кристаллов. Влияние дефектов на прочность.

Кристаллические решетки могут иметь различные дефекты:

1. Точечные (вакансии – то есть отсутствие в узле решетки атома, дислоцированные атомы – атомы, расположенные в междоузлиях, примесные атомы).
2. Линейные дефекты. Например, цепочки вакансий, междоузельных атомов, а также дислокации, которые возникают вследствие появления в кристалле неполной атомной плоскости.

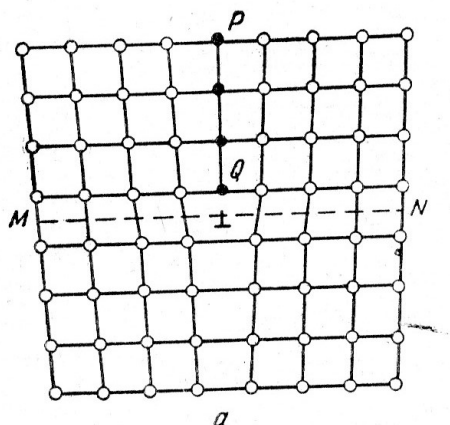


Рис. 2. Неполная атомная плоскость

3. Плоскостные дефекты.

Характерны для поликристаллических материалов (состоящих из большого числа произвольно ориентированных кристаллов). Границы между ними представляет собой скопление дислокаций.

Прочность бездефектных кристаллов очень высока. Увеличение плотности дефектов приводит к резкому снижению прочности (участок А).

Точка Рк характеризует прочность технически чистых металлов.

Дальнейшее увеличение плотности дефектов (введением в сплав легирующих элементов или искажением кристаллической решетки, например, термообработкой) повышает прочность (участок В).

Рис. 3. Зависимость прочности кристаллов от плотности дефектов

§3. Основные физические, эксплуатационные и технологические свойства металлов.

При выборе материала для конструкции следует исходить из комплекса свойств, которые подразделяют на физические, механические, эксплуатационные и технологические.

К физическим свойствам металлов и сплавов относятся:

1. Температура плавления.
2. Плотность.
3. Температурные коэффициенты линейного и объемного расширения.
4. Электропроводимость.

К технологическим свойствам относятся:

1. Литейные свойства характеризуют способность получать из металла или сплава отливки.
2. Деформируемость – способность принимать необходимую форму под воздействием внешней нагрузки.
3. Свариваемость – способность образовывать неразъемные соединения при сварке.

4. Обрабатываемость резанием.

К эксплуатационным свойствам металлов и сплавов относятся:

1. Износостойкость – способность материала сопротивляться поверхностному разрушению под действием трения.
2. Коррозионная стойкость – сопротивление действию агрессивных кислотных и щелочных сред.
3. Жаропрочность – способность сохранять механические свойства при высоких температурах.
4. Жаростойкость – способность сопротивляться окислению в газовой среде при высоких температурах.
5. Хладостойкость – способность сохранять пластические свойства при температуре ниже 0 С.

§4. Механические свойства металлов и сплавов.

Основными механическими свойствами являются прочность, ударная вязкость, усталостная прочность, пластичность и твердость.

Внешняя нагрузка вызывает в материале напряжение и деформацию.

Напряжение – это сила (P), отнесенная к площади поперечного сечения (F)

$$\sigma = P / F , \text{ МПа}$$

Деформация – изменение формы и размеров тела под действием внешних сил.

Деформация может быть упругой (исчезает после снятия нагрузки) и пластической (остается после снятия нагрузки). При увеличении нагрузки упругая деформация переходит в пластическую и в дальнейшем происходит разрушение тела.

Прочность – способность твердого тела сопротивляться деформации или разрушению под действием статических и динамических нагрузок

Для определения статической прочности образцы исследуемого материала испытываются на растяжение, сжатие, изгиб и кручение. Обязательными являются испытания на растяжение.

Прочность оценивают временным сопротивлением σ_B и пределом текучести σ_T .

σ_B – это напряжение соответствующее наибольшей нагрузке, предшествующей разрушению образца.

σ_T – это то напряжение при котором начинается пластическое течение металла.

Прочность при динамических нагрузках определяют по данным испытаний на ударную вязкость (разрушение ударом), на усталостную прочность (определение способности выдерживать, не разрушаясь, большое число повторно-переменных нагрузок).

Наиболее часто применяют испытания на ударную вязкость.

Испытания проводятся на маятниковом копре.

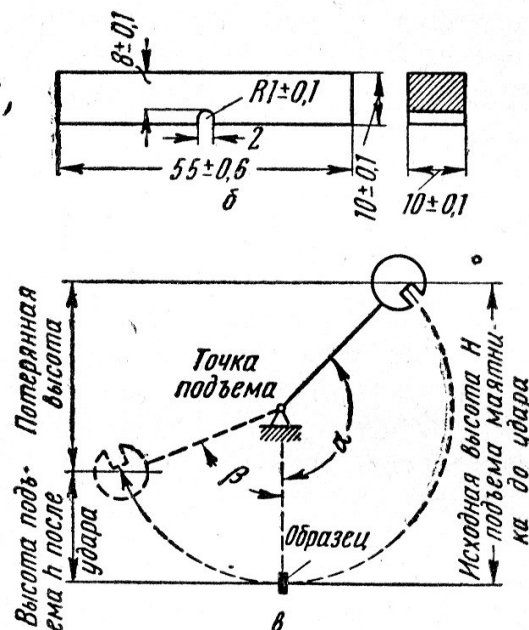


Рис. 4. Испытания на ударную вязкость

$$K_C = A / F, \text{ Дж/м}^2$$

где A – работа, затраченная на разрушение образца, Дж,
 F – площадь образца в месте надреза, м².

Пластичность – это способность материала получать остаточные изменения формы и размера без разрушения.

Пластичность характеризуется относительным удлинением при разрыве, %

$$\delta = (L - L_0) / L,$$

где L – длина образца после разрыва,
 L_0 – первоначальная длина образца.

Твердость – это способность материала сопротивляться внедрению в него другого, не получающего остаточных деформаций тела.

Существуют различные методы определения твердости.

Твердость по Бринеллю (HB) определяют по отношению нагрузки P , приложенной к шарiku, к площади поверхности полученного отпечатка.

$$HB = P / F_{\text{отп}},$$

Твердость HB используется для определения твердости незакаленных сталей, алюминиевых сплавов, латуней, бронз и ...

Твердость по Роквеллу (HRC). В качестве вдавливаемого тела применяют алмазный конус с углом при вершине 120°.

Величина твердости – разность глубин отпечатков, полученная под действием предварительной и окончательной нагрузки.

Метод применяется для определения твердости твердых материалов, например закаленных сталей.

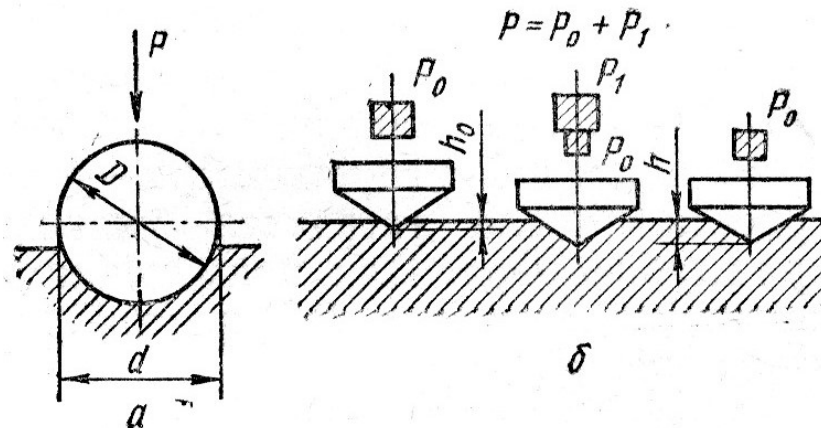


Рис. 5. Испытания на твердость

Там есть шкалы *HRB* – для нетвердых материалов (латуни, бронзы, незакаленные стали), вдавливают стальной шарик. *HRC* – ... и *HRA* – для тонких поверхностных слоев).

§5. Зависимость свойств углеродистых сталей от содержания углерода и постоянных примесей.

Углерод в составе сталей находится главным образом в виде цементита Fe_3C .

С увеличением содержания углерода в сталях (если рассматривать углеродистые стали) возрастают прочность и твердость и уменьшается пластичность.

На свойства сплавов железа оказывает влияние наличие в них постоянных примесей (вредных – серы, фосфора, кислорода, азота, водорода и полезных – марганца, кремния).

Примеси попадают в сталь из руд, металлического лома, а также в процессе выплавки из топлива и в виде добавок (например, кремний и марганец добавляют при плавке для раскисления стали).

Раскисление – удаление из стали кислорода.

Сера – вредная примесь, попадает в сталь из чугуна, а в чугун из руды и кокса. При взаимодействии с железом образует сульфид FeS , который располагается

по границам зерен стали, является хрупким и легкоплавким (988 С).

При нагреве стали для пластической деформации до более высокой температуры связь между зернами нарушается, и сталь становится хрупкой. Такое явление называется красноломкостью.

Фосфор – вредная примесь, попадает в сталь вместе с чугуном.

Располагаясь по границам зерен фосфор повышает температуру перехода в хрупкое состояние, то есть вызывает хладноломкость.

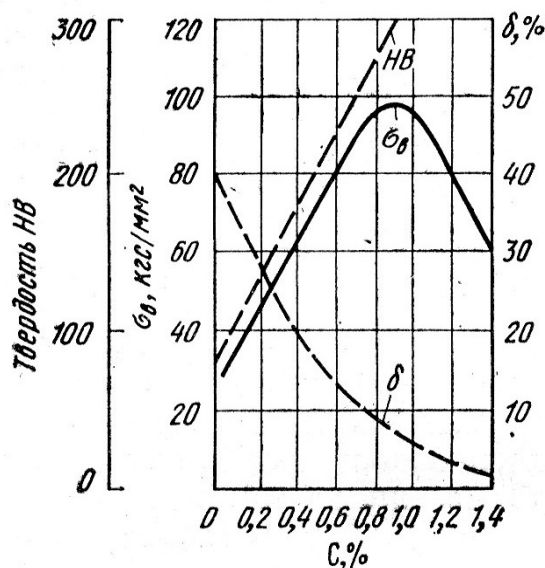


Рис. 6. Зависимость свойств углеродистых сталей от содержания углерода

Марганец и кремний – полезные примеси, добавляют при плавке для удаления из стали окислов железа.

Они повышают твердость и прочность железа.

Кроме того, марганец взаимодействует с серой, с образованием сульфида MnS , что устраняет красноломкость.

Азот, кислород и водород присутствуют в стали в составе оксидов, нитридов и в свободном состоянии.

Они располагаются в раковинах, трещинах, несплошностях, служат концентраторами напряжений и снижают свойства стали.

§6. Классификация сталей по назначению, химическому составу и качеству.

Маркировка сталей.

Стали – сплавы железа с углеродом, с содержанием углерода до 2,14 % (практически до 1,5 %).

Стали классифицируются по назначению, химическому составу и качеству.

По назначению стали могут быть конструкционными (служат для изготовления деталей машин и конструкций), инструментальными и сплавами с особыми свойствами (жаропрочные, кислотостойкие, магнитные и ...).

Конструкционные стали делят на углеродистые и легированные.

По качеству различают стали обыкновенного качества, качественные, высококачественные и особовысококачественные.

Основным показателем качества является содержание в стали вредных примесей.

Стали обыкновенного качества имеют до 0,05 % серы и до 0,04 % фосфора, качественные стали соответственно до 0,04 и до 0,035 %, высококачественные – до 0,025 % и серы и фосфора.

Углеродистые стали обыкновенного качества обозначаются индексом Ст и порядковым номером Ст1, ... Ст5, чем выше номер тем выше прочность и ниже пластичность.

Качественные углеродистые стали маркируются цифрами, указывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента: сталь 10, сталь 15, ... сталь 80.

Легированные стали маркируются сочетание букв и цифр.

Леггирующие элементы обозначаются буквами:

Х – хром, Н – никель, В – вольфрам, Г – марганец, М – молибден, Т – титан, Ф – ванадий, К – кобальт, С – кремний и другие.

Первые две цифры в маркировке указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Содержание легирующих элементов, если оно превышает 1 %, указывается после соответствующие буквы.

Сталь 18ХГТ, сталь 12Х3Н3А, сталь 38ХН3МФ.

Высококачественные стали имеют в обозначении букву А в конце маркировки.

В маркировке сталей иногда ставят буквы, указывающие на область их применения: А – автоматные, Р – быстрорежущие, Ш – шарикоподшипниковые, Э – электротехнические.

§7. Классификация и маркировка чугунов.

Чугуны – сплавы железа и углерода с содержанием последнего более 2,14 %.

Чугуны классифицируются в зависимости от того, в какой форме в сплаве присутствует углерод.

В промышленности широко применяются серые, высокопрочные и ковкие чугуны.

Серые чугуны содержат углерод в виде графита в пластинчатой форме.

Обозначения СЧ10, СЧ15, ... СЧ35.

Цифра указывает предел прочности при растяжении в 10 МПа.

Высокопрочные чугуны содержат графит в шаровидной форме.

Это обеспечивается добавкой в чугун магния в количестве 0,02...0,08 %.

Шаровидный графит – менее сильный концентратор напряжений, поэтому он меньше снижает механические свойства чугуна.

Обозначения ВЧ35, ВЧ45, ... ВЧ100.

Цифра указывает предел прочности при растяжении в 10 МПа.

Ковкие чугуны содержат графит в хлопьевидной форме.

Такой графит в меньшей степени понижает механические свойства, чем пластинчатый графит серых чугунов.

Ковкий чугун получают отжигом белого чугуна (чугун в котором углерод содержится в виде цементита Fe₃C).

Белые чугуны твердые, но очень хрупкие, поэтому для изготовления деталей машин не используется.

Обозначения КЧ30-6, КЧ35-8, ... КЧ60-3.

Цифра указывает предел прочности при растяжении в 10 МПа. Последняя цифра – пластичность.

§8. Классификация и маркировка сплавов цветных и тугоплавких металлов.

Сплавы алюминия разделяют на деформируемые и литейные.

Деформируемые сплавы хорошо обрабатываются прокаткой, ковкой, штамповкой.

Деформируемые сплавы, не упрочняемые термической обработкой:

1. Сплавы АМц системы алюминий – марганец (до 1,6 %).
2. Сплавы АМг системы алюминий – магний (до 5,8 %).

Обладают высокой пластичностью и невысокой прочностью.

Деформируемые сплавы, упрочняемые термической обработкой:

1. Дуралюмины – сплавы алюминия с медью, магнием и марганцем. Маркировка Д16, ... Д18.
2. Ковочные сплавы – сплавы алюминия с медью, магнием, марганцем и кремнием. Маркировка АК6, ... АК8.

После термической обработки такие сплавы приобретают высокую прочность.

Литейные сплавы предназначены для получения деталей машин литьем:

1. Сплавы алюминия с кремнием (10...13 %). АК12, АК9ч, .
2. Сплавы алюминия с медью и марганцем (соответственно до 5 и до 1 %). АМц4К1, АМц4К. Сплавы обладают повышенной прочностью.
3. Сплавы алюминия с магнием (до 11 %). АМг4К, АМг5К ... Сплавы обладают повы-

шенной коррозионной стойкостью и применяются для деталей, работающих во влажной атмосфере.

Обладают высокой пластичностью и невысокой прочностью.

Сплавы меди разделяют на бронзы и латуни.

Бронзы – сплавы меди с оловом (4...33 %), свинцом (до 30 %), алюминием (5...11 %), кремнием (4...5 %).

Латуни – сплавы меди с цинком (до 50 %) с небольшими добавками алюминия, кремния, никеля, марганца.

Маркировка, например ЛЦ40Мц1,5 ...

БрАЖ9-4 – деформируемая бронза.

БрО5Ц55 – литейная бронза.

Бронзы и латуни разделяются на деформируемые и литейные.

Литейные бронзы и латуни отличаются от деформируемых наличием в составе добавок, улучшающих литейные свойства сплава ().

Вместе с тем эти добавки снижают пластические свойства сплавов.

Сплавы магния.

Деформируемые магниевые сплавы, это сплавы с алюминием МА2, МА5, МА8.

Литейные сплавы – сплавы с алюминием, цинком и марганцем МЛ3, МЛ6.

Титан и его сплавы – имеют наиболее высокую прочность среди всех металлических материалов.

Также имеет высокую жаропрочность и коррозионную стойкость.

Находит широкое применение в авиационной, космической, химической и ...

Тема 2. Основы металлургического производства.

§1. Материалы для производства металлов и сплавов. Металлургические процессы.

Для производства чугуна, стали и цветных металлов используют руду, флюсы, топливо, огнеупорные материалы.

Промышленная руда - горная порода, из которой целесообразно извлекать металлы и их соединения (содержание металла в руде должно быть не менее 30...60 % для железа, 1...5 % для меди, 0,005...0,02 % для молибдена).

Руда состоит из минералов, содержащих металл или его соединения, и пустой породы.

Называют руду по одному или нескольким металлам, входящим в их состав, например: железные, медно-никелевые.

В зависимости от содержания добываемого элемента различают руды богатые и бедные. Бедные руды обогащают путем удаления части пустой породы.

Флюсы - материалы, загружаемые в плавильную печь для образования легкоплавкого соединения с пустой породой руды или концентрата и золой топлива. Такое соединение называется шлаком.

Обычно шлак имеет низкую плотность, поэтому он располагается над металлом и может быть легко удален в процессе плавки. Шлак защищает металл от печных газов и воздуха. Шлак называют кислым, если в его составе преобладают кислотные оксиды (SiO_2 , P_2O_5), и основным, если в его составе больше основных оксидов (CaO , MgO , FeO).

Топливо - в металлургических печах используется кокс, природный газ, мазут, доменный (колошниковый) газ.

Кокс получают сухой перегонкой при температуре 1000 С (без доступа воздуха) каменного угля коксующихся сортов. В коксе содержится 80...88 % углерода, 8...12 % золы, 2...5 % влаги. Это прочное неспекающееся топливо, служит не только горючим для нагрева, но и химическим реагентом для восстановления железа из руды.

Огнеупорные материалы применяют для изготовления внутреннего облицовочного слоя (футеровки) металлургических печей и ковшей для расплавленного металла. Они способны выдержать нагрузки при высоких температурах, противостоять резким изменениям температуры, химическому воздействию шлака и печных газов.

По химическим свойствам огнеупорные материалы разделяют на группы: кислые (кварцевый песок, диносовый кирпич), основные (магнезитовый кирпич, магнезитохромитовый кирпич, доломитовый кирпич), нейтральные (шамотный кирпич).

Взаимодействие основных огнеупорных материалов и кислых шлаков, и наоборот, недопустимо, поскольку может привести к разрушению печи.

Углеродистый кирпич и блоки содержат до 92 % углерода в виде графита, обладают повышенной огнеупорностью. Применяются для кладки нижней части горна доменных печей, электролизных ванн для получения алюминия.

Металлургические процессы – процессы получения металлов и сплавов. Различают:

Пирометаллургия – получение металлов и сплавов в печах при высокой температуре

Электromеталлургия – выплавка металлов и сплавов в электрических печах.

Выделяют электротермию, основанную на нагреве электрическим током и электролиз из расплавов или водных растворов.

Гидрометаллургия – извлечение металлов из руд при помощи растворителей с последующим выделением металла из раствора.

§2. Исходные материалы для доменной плавки. Подготовка руд к плавке.

Чугун - сплав железа и углерода с сопутствующими элементами (содержание углерода более 2,14 %).

Для выплавки чугуна в доменных печах используют предварительно подготовленные железные руды, топливо, флюсы.

К железным рудам относятся: магнитный железняк, красный железняк, бурый

железняк.

Они содержат соответственно закись-окись железа Fe_3O_4 , оксид железа Fe_2O_3 , водные окислы типа $n\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot m\text{H}_2\text{O}$. Содержание железа в рудах от 70 до 25%.

Марганцевые руды (содержат окислы MnO_2 , Mn_2O_3 и Mn_3O_4) применяются для выплавки сплава железа с марганцем - ферромарганца, а также передельных чугунов, содержащих марганец.

Хромовые руды применяются для производства феррохрома, металлического хрома и огнеупорных материалов - хромомagneзитов.

Топливом для доменной плавки служит кокс, возможна частичная замена газом, мазутом.

Флюсом является известняк CaCO_3 и доломитизированный известняк (содержит CaCO_3 и MgCO_3). В шлак должны входить основные оксиды (CaO и MgO), необходимые для удаления серы из металла.

Подготовка руд к доменной плавке осуществляется для повышения производительности доменной печи, снижения расхода кокса и улучшения качества чугуна.

Метод подготовки зависит от качества руды. К методам подготовки относят:

Дробление и сортировка руд по крупности служат для получения кусков оптимальной величины, осуществляются с помощью дробилок и классификаторов.

Обогащение руды основано на различии физических свойствах минералов, входящих в ее состав:

1. промывка - отделение плотных составляющих от пустой рыхлой породы;
2. гравитация (отсадка) - отделение руды от пустой породы при пропускании струи воды через дно вибрирующего сита: пустая порода вытесняется в верхний слой и уносится водой, а рудные минералы опускаются;
3. магнитная сепарация - измельченную руду подвергают действию магнита, притягивающего железосодержащие минералы и отделяющего их от пустой породы.

В дальнейшем руду подвергают агломерации или окатыванию.

При агломерации шихту, состоящую из железной руды (40...50 %), известняка (15...20 %), возврата мелкого агломерата (20...30 %), коксовой мелочи (4...6 %), влаги (6...9 %), спекают на агломерационных машинах при температуре 1300...1500 °C. В результате получают кусковой пористый офлюсованный агломерат.

При окатывании шихту из измельченных концентратов, флюса, топлива увлажняют и при обработке во вращающихся барабанах она приобретает форму шариков-окатышей диаметром до 30 мм. Их высушивают и обжигают при температуре 1200...1350 °C.

Использование агломерата и окатышей исключает отдельную подачу флюса - известняка в доменную печь при плавке.

§3. Выплавка чугуна. Устройство доменной печи. Основные физико-химические процессы получения чугуна.

Чугун выплавляют в печах шахтного типа - доменных печах.

При выплавке чугуна решаются задачи:

- восстановление железа из окислов руды, науглероживание его и удаление в виде жидкого чугуна определенного химического состава;
- оплавление пустой породы руды, образование шлака, растворение в нем золы кокса и удаление его из печи.

Доменная печь имеет стальной кожух, выложенный изнутри огнеупорным кирпичом.

Шихта опускается навстречу горячим газам, образованным при горении кокса во вдуваемом в горн горячем воздухе. Происходит постепенный нагрев шихты. В результате взаимодействия компонентов шихты и газов в нижней части печи, горне, образуются два несмешивающихся жидких слоя - чугун и шлак.

При работе печи периодически подаются новые порции шихты, чтобы весь полезный объем был заполнен.

Воздух поступает из воздухонагревателя, в котором он нагревается до 1000...1200 °C в теплообменнике за счет сжигания газа, поступающего из печи.

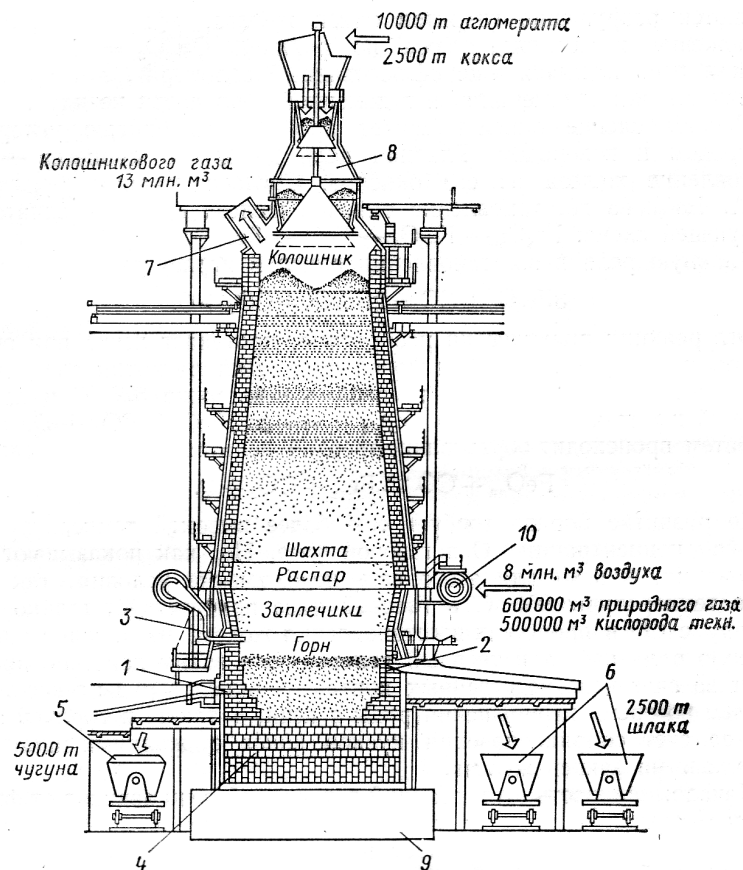
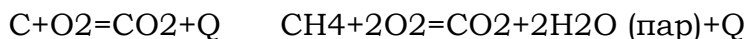


Рис. 1. Устройство доменной печи

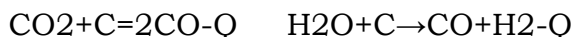
- 1 – чугунная летка; 2 – шлаковая летка; 3 – фурменное устройство; 4 – лещадь;
5 – чугуновоз; 6 – шлаковозы; 7 – газоотводы; 8 – засыпное устройство;
9 – фундамент; 10 – воздухопривод дутья

Горение топлива. Вблизи фурм природный газ и углерод кокса, взаимодействуя с кислородом воздуха, сгорают:



В результате горения выделяется большое количество теплоты, в печи выше уровня фурм развивается температура выше 2000 С.

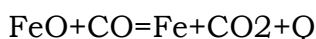
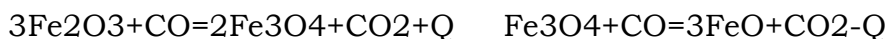
Продукты сгорания взаимодействуют с раскаленным коксом:



Образуется смесь восстановительных газов, в которой окись углерода СО является главным восстановителем.

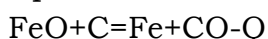
Восстановление железа в доменной печи происходит по мере продвижения шихты вниз по шахте и повышения температуры.

Восстановление газами (СО и Н₂) называется косвенным восстановлением и протекает в верхней части печи при сравнительно низких температурах:



За счет СО и Н₂ восстанавливаются все высшие оксиды железа до низшего и 40...60 % металлического железа.

Восстановление твердым углеродом (коксом) называется прямым восстановлением, протекает в нижней части печи при более высоких температурах:



При температуре 1000...1100 С восстановленное из руды твердое железо интенсивно растворяет углерод из его оксида и кокса. При насыщении углеродом температура плавления понижается и на уровне распара железо расплавляется при температуре около 1300 С.

Одновременно протекает насыщение железа марганцем, кремнием, фосфором и серой, содержащейся в коксе.

В нижней части доменной печи образуется шлак в результате сплавления окислов пустой породы руды, флюсов и золы топлива. Шлаки содержат Al₂O₃, CaO, MgO,

SiO₂, MnO, FeO, CaS. Шлак образуется постепенно и скапливается на поверхности жидкого чугуна.

Периодически чугун и шлак выпускают из печи через летки. Их сливают в чугуновозные ковши и шлаковозные чаши.

Затем чугун поступает на переработку в сталь или разливается в изложницы разливочной машиной, где он затвердевает в виде чушек – слитков массой 45 кг.

§4. Продукты доменной плавки.

Основным продуктом доменной плавки является чугун.

Передельный чугун предназначается для дальнейшего передела в сталь. На его долю приходится 90 % общего производства чугуна.

Обычно такой чугун содержит: 3,8...4,4 % углерода; 0,3...1,2 % кремния; 0,2...1 % марганца; 0,15...0,20 % фосфора; 0,03...0,07 % серы.

Литейный чугун применяется после переплава на машиностроительных заводах для получения отливок.

Кроме чугуна в доменных печах выплавляют ферросплавы - сплавы железа с кремнием, марганцем и другими элементами. Их применяют для раскисления стали и ее легирования.

Побочными продуктами доменной плавки являются шлак и доменный газ. Из шлака изготавливают шлаковату, цемент, удобрения.

Доменный газ после очистки используется как топливо для нагрева воздуха, вдуваемого в доменную печь.

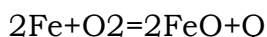
§5. Производство стали.

Основными исходными материалами для производства стали являются передельный чугун и стальной лом (скрап).

Сущность процесса передела чугуна в сталь – снижение содержания углерода и примесей путем их избирательного окисления и перевода в шлак и газы в процессе плавки.

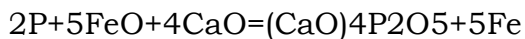
Процессы выплавки стали осуществляют в три этапа.

Первый этап - расплавление шихты и нагрев ванны жидкого металла. Температура металла сравнительно невысокая, интенсивно происходит окисление железа:



Оксид железа растворяется в металле, обогащая его кислородом. Растворенный кислород окисляет примеси кремний, марганец и фосфора.

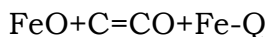
Наиболее важная задача этапа - удаление фосфора. Для этого плавку проводят в основной печи, где шлак содержит CaO, при взаимодействии с которым фосфор переходит в шлак:



По мере удаления фосфора его содержание в шлаке увеличивается. Поэтому (если количество фосфора велико) необходимо этот шлак убрать и заменить его новым со свежими добавками CaO.

Второй этап - кипение металлической ванны, начинается по мере прогрева до более высоких температур.

При повышении температуры интенсивно протекает реакция окисления углерода:

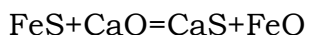


Образующиеся пузырьки CO вызывают “кипение” ванны жидкого металла.

В результате уменьшается содержание углерода, выравнивается температура по объему ванны, вместе с пузырьками частично удаляются неметаллические включения и газы. Качество металла повышается.

Также удаляется сера, содержащаяся в стали в виде сульфида (FeS).

Чем выше температура, тем большее FeS растворяется в шлаке и взаимодействует с оксидом кальция:



Образующееся соединение CaS остается в шлаке.

Для удаления из стали фосфора и окисления углерода (первый и второй этапы) необходимо присутствие в печи FeO для чего добавляют железную руду, окалину или вдувают кислород.

Третий этап - раскисление стали, заключается в восстановлении оставшегося оксида железа, растворенного в жидком металле.

Кислород - вредная примесь, так как понижает механические свойства стали, особенно при высоких температурах.

Фактически сталь становится хрупкой при горячей прокатке (красноломкость) и при пониженных температурах (хладноломкость).

Сталь раскисляют двумя способами: осаждающим и диффузионным.

Осаждающее раскисление – введение в жидкую сталь раскислителей (ферромарганца, ферросилиция, алюминия). В результате железо восстанавливается и образуются оксиды: MnO, SiO₂, Al₂O₃, которые удаляются в шлак.

Это элементы, имеющие большее сродство к кислороду, чем железо.

Диффузионное раскисление осуществляется раскислением шлака. Ферросилиций и кокс в измельченном виде загружают на поверхность шлака. Оксид железа восстанавливается, его содержание в шлаке уменьшается. Следовательно, в шлак переходит FeO из стали.

В зависимости от степени раскисления выплавляют стали: спокойные, кипящие, полуспокойные.

Спокойная сталь получается при полном раскислении в печи и ковше.

Кипящая сталь раскислена в печи неполностью. Ее раскисление продолжается при затвердевании слитка, при взаимодействии оксида железа и углерода стали.

CO выделяется в виде пузырьков (сталь кипит), что способствует удалению неметаллических включений, азота и водорода. Поэтому кипящая сталь обладает хорошей пластичностью.

Полуспокойная сталь имеет промежуточную раскисленность между спокойной и кипящей. Частично она раскисляется в печи и в ковше, а частично в изложнице.

Легирование стали осуществляется введением в расплав ферросплавов или чистых металлов. Легирующие элементы, которые взаимодействуют с кислородом хуже чем железо (Ni, Co, Mo), при плавке не окисляются, поэтому их вводят в любое время. Легирующие элементы хорошо взаимодействующие с кислородом (Si, Mn, Cr, V, Ti), вводят в металл в конце плавки после раскисления, а иногда в ковш.

Чугун переделывается в сталь в мартеновских печах, кислородных конвертерах, электрических печах.

Около 70 % всей стали выплавляется конверторным способом и около 30 % в электропечах. Для развитых стран характерно широкое использование в качестве сырья стального лома, при этом сталь выплавляют в электропечах, например в США до 70 % общей выплавки.

§6. Производство стали в кислородных конвертерах.

Кислородно-конвертерный процесс – выплавка стали из жидкого чугуна в конвертере с основной футеровкой и продувкой кислородом.

Изобретатель конвертерного способа – англичанин Бессемер, осуществившего плавку в 1854-1856 гг.

Первые опыты в 1933-1934 гг. В промышленных масштабах в 1952-1953 гг. на заводах в Линце и Донавице (Австрия).

Кислородный конвертер – сосуд грушевидной формы из стального листа, футерованный основным кирпичом. Вместимость конвертера 130...350 т жидкого чугуна.

Шихтовыми материалами являются жидкий переделный чугун, стальной лом (не более 30 %), известь для наведения шлака, железная руда, а также боксит Al₂O₃ и плавиковый шпат CaF₂ для разжижения шлака.

Последовательность технологических операций:

Перед плавкой конвертер наклоняют и загружают скрап, заливают чугун при температуре 1250...1400 С. После этого конвертер поворачивают в рабочее положение, внутрь вводят фурму и через нее подают кислород под давлением 0,9...1,4 МПа. Одновременно с началом продувки загружают известь, боксит, железную руду.

Кислород проникает в металл, вызывает его циркуляцию в конвертере и перемешивание со шлаком. Под фурмой развивается температура 2400 С и протекают все рассмотренные выше этапы процесса выплавки стали.

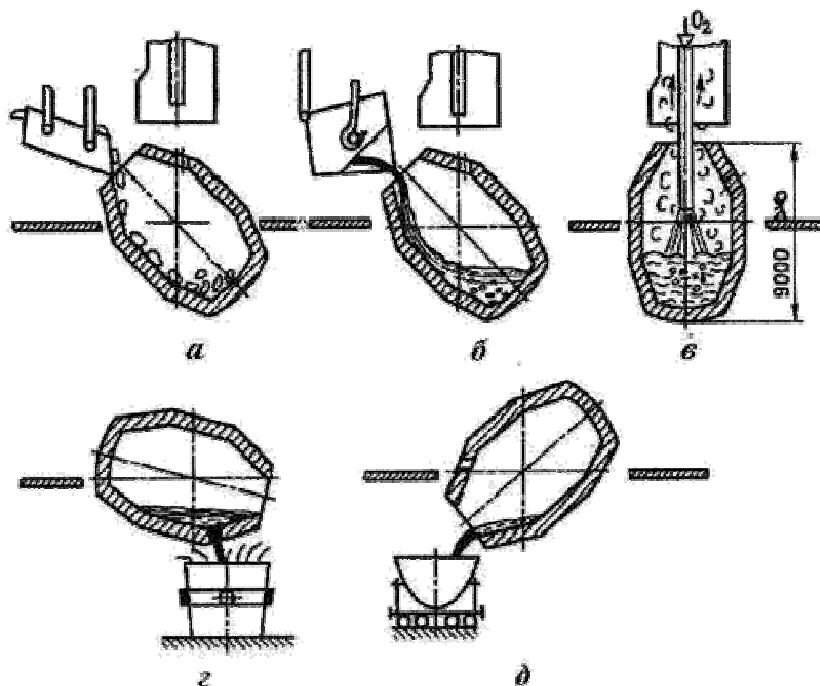


Рис. 2. Последовательность технологических операций при выплавке стали в кислородных конвертерах

Подачу кислорода заканчивают, когда содержание углерода в металле соответствует требуемому.

После этого конвертер поворачивают и выпускают сталь в ковш, где раскисляют осаждающим методом ферромарганцем, ферросилицием и алюминием, затем сливают шлак.

В кислородных конвертерах выплавляют стали с различным содержанием углерода, кипящие и спокойные, а также низколегированные стали.

При плавке в конвертере легирующие элементы, как правило, вводятся в ковш в расплавленном виде, перед выпуском в него стали.

Плавка в конвертерах длится 25...30 мин.

После плавки выпускное отверстие заделывают огнеупорной массой и осматривают футеровку, ремонтируют.

§7. Производство стали в электропечах.

Плавильные электропечи имеют преимущества по сравнению с другими плавильными агрегатами:

- а) легко регулировать тепловой процесс, изменяя параметры тока;
- б) можно получать высокую температуру плавления металла;
- в) возможно создавать окислительную, восстановительную, нейтральную атмосферу и вакуум, что позволяет раскислять металл с образованием минимального количества неметаллических включений.

Электропечи используют для выплавки качественных углеродистых и легированных конструкционных сталей, а также высоколегированных, инструментальных, специальных сплавов и сталей, включая жаростойкие и жаропрочные.

Различают дуговые и индукционные электропечи.

Дуговая плавильная печь питается трехфазным переменным током.

Между электродами и шихтой возникает электрическая дуга. В результате шихта плавится, и металл накапливается в подине печи.

Свод выполняется съемным и снимается для загрузки шихты.

Печь может наклоняться для выпуска стали или шлака.

Вместимость печей составляет 0,5...400 т.

В дуговой печи осуществляется плавка двух видов:

- а) на шихте из легированных отходов (методом переплава);
- б) на углеродистой шихте (с окислением примесей).

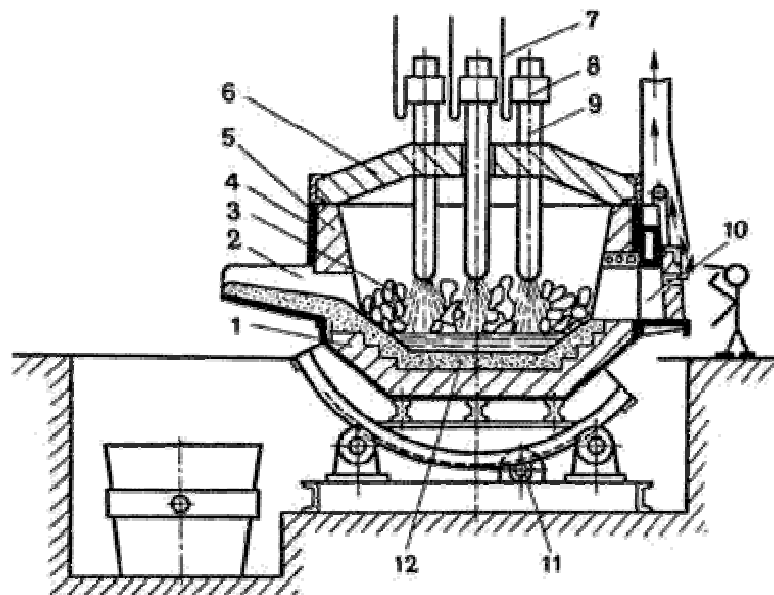


Рис. 3. Схема дуговой плавильной печи

- 1,5 – футеровка; 2 – желоб для слива стали; 3 – шихта; 4 – стальной кожух;
 6 – съемный свод; 9 – электроды из графитизированной массы;
 10 – окно для слива шлака, загрузки ферросплавов, взятия проб;
 11 – механизм для наклона печи

Плавку на шихте из легированных отходов ведут без окисления примесей. После расплавления шихты из металла удаляют серу, вводя основной шлак, при необходимости науглероживают и доводят металл до заданного химического состава.

Проводят диффузионное раскисление, подавая на шлак измельченные ферросилиций, молотый кокс.

Так выплавляют легированные стали из отходов машиностроительных заводов.

Плавку на углеродистой шихте применяют для производства конструкционных сталей. В печь загружают шихту: стальной лом, чушковый передельный чугун, электродный бой или кокс, для науглероживания металлов и известь.

Опускают электроды, включают ток.

Шихта плавится, после нагрева до 1500...1540 С загружают руду и известь.

В целом последовательно протекают все этапы процесса выплавки стали.

Раскисление производят как осаждением, так и диффузионным методом.

§8. Индукционные тигельные плавильные печи.

Выплавляют наиболее качественные коррозионно-стойкие, жаропрочные и другие стали и сплавы. Вместимость печей от десятков килограммов до 30 т.

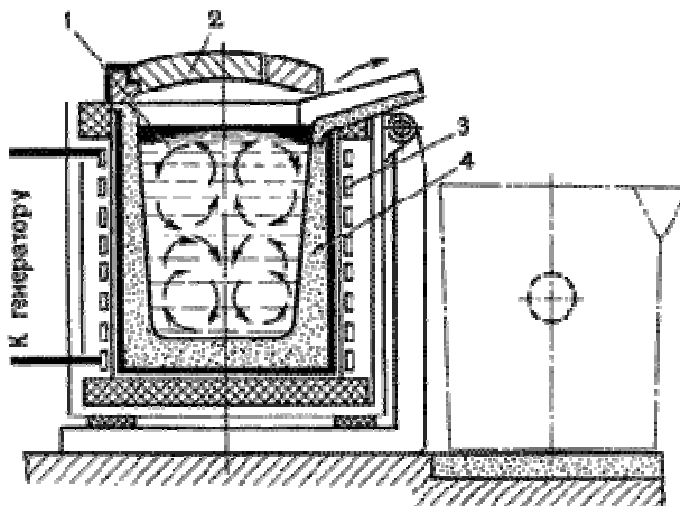


Рис. 4. Схема индукционной тигельной печи

- 1 – металл; 2 – съемный свод; 3 – водоохлаждаемый индуктор;
 4 – тигель из огнеупорного материала; 5 – сливной желоб

Печь состоит из водоохлаждаемого индуктора 3, внутри которого находится тигель 4 из огнеупорного материала,

Через индуктор от генератора проходит однофазный переменный ток повышенной частоты (500...2000 Гц). При пропускании тока в металле индуцируются мощные вихревые токи, что обеспечивает нагрев и плавление металла.

В индукционных печах выплавляют сталь и сплавы из отходов легированных сталей методом переплава или из чистого по сере и фосфору железа с добавкой ферросплавов методом сплавления.

После расплавления шихты на поверхность металла загружают флюс (при основной плавке используют известь и плавиковый шпат). При плавке в кислых печах вводят шлак из боя стекла (SiO_2).

Шлаковый покров уменьшает тепловые потери и угар легирующих элементов, защищает металл от насыщения газами.

Под действием электромагнитного поля индуктора при плавке происходит интенсивная циркуляция жидкого металла, что способствует ускорению химических реакций, получению однородного по химическому составу металла, быстрому всплыванию неметаллических включений, выравниванию температуры.

В конце плавки проводят раскисление (в основных печах смесью из порошкообразной извести, кокса, ферросилиция, ферромарганца и алюминия). При плавке в кислых печах вводят ферросилиций, ферромарганец и алюминий.

В основных печах выплавляют высококачественные легированные стали с высоким содержанием марганца, титана, никеля, алюминия, а в печах с кислой футеровкой – конструкционные стали, легированные другими элементами.

§9. Разливка стали.

Из плавильных печей сталь выпускают в ковш.

Из ковша сталь разливают в изложницы (чугунные формы) и получают слитки квадратного, прямоугольного, круглого и многогранного поперечного сечения для последующей прокатки иковки.

Например, слитки прямоугольного сечения переделывают на листы, слитки круглого сечения используются для изготовления круглого проката, труб, колес и ...

Слитки стали могут иметь массу от 25 т (углеродистые стали) до нескольких килограмм (некоторые сорта высоколегированных сталей).

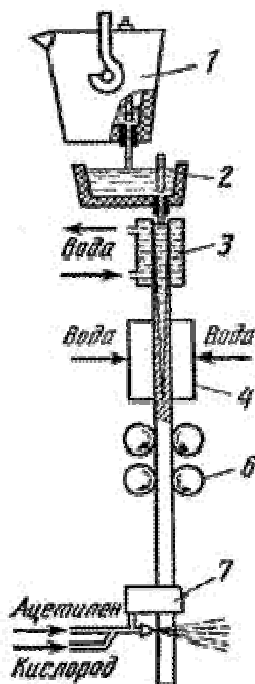


Рис. 5. Схема непрерывной разливки стали

1 – ковш; 2 – разливочное устройство; 3 – кристаллизатор; 4 – брызгала;
6 – тяговые ролики; 7 – газовый резак

При непрерывной разливке жидкую сталь из ковша через разливочное устройство непрерывно подают в водоохлаждаемый кристаллизатор, из нижней части которого тяговые ролики вытягивают затвердевающий слиток.

Скорость вытягивания примерно 1 м/мин. Окончательное затвердевание сердцевины происходит при охлаждении водой из брызгал. Затем затвердевший слиток газовым резаком разрезают на куски заданной длины.

Перед заливкой металла в кристаллизатор вводят затравку – стальную штангу с головкой, имеющей паз в виде ласточкиного хвоста, которая в начале заливки служит дном кристаллизатора.

Слитки имеют плотное строение и мелкозернистую структуру, отсутствуют усадочные раковины.

§10. Способы повышения качества стали.

Повышения качества стали требуют новейшие отрасли техники – космос, авиастроение, автомобилестроение, химическое машиностроение, атомная энергетика и др.

Улучшение качества металла достигается уменьшением в нем вредных примесей, газов, неметаллических включений.

Для повышения качества металла используют:

1. Вакуумирование.

Ковш с жидкой сталью помещают в камеру, в которой вакуумными насосами создают разрежение до давления 0,2...0,6 кПа.

При таком давлении из жидкой стали выделяются водород и азот. Всплывающие пузырьки газов захватывают неметаллические включения, что снижает их содержание в стали. Улучшаются прочность и пластичность стали.

2. Обработка синтетическими шлаками.

В ковш заливают расплавленный в электропечи синтетический шлак (55 % CaO, 40 % Al₂O₃ и ...) затем впускают металл из сталеплавильной печи.

Благодаря большой поверхности контакта очень интенсивно протекает очищение стали от серы и неметаллических включений.

3. Электрошлаковый переплав ЭШП.

Применяют для выплавки высококачественных сталей для подшипников, жаропрочных сталей.

Переplаву подвергается выплавленный в дуговой электропечи и прокатанный на прутки металл.

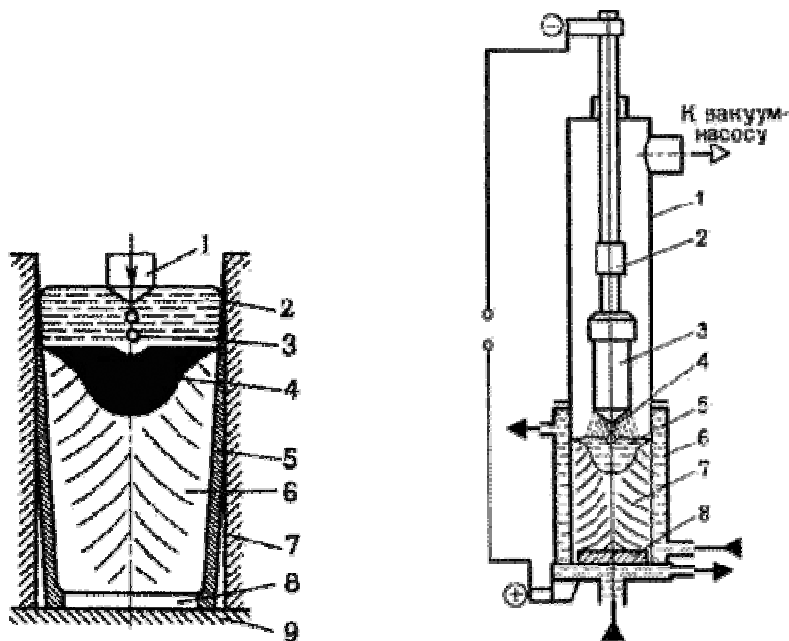


Рис. 6. Схемы электрошлакового переплава и вакуумно-дугового переплава

Электрический ток подводится к переплавляемому электроду 1, погруженному в шлаковую ванну 2, и к поддону 9, установленному в водоохлаждаемом кристаллизаторе 7, в котором находится затравка 8.

Выделяющаяся теплота нагревает ванну до температуры свыше 1700 С и вызывает оплавление конца электрода. Капли жидкого металла 3 проходят через шлак и образуют металлическую ванну 4, которая постепенно охлаждается формирует слиток 6.

Проходя через шлак, металл очищается от серы, неметаллических включений и газов.

Получаемый слиток (массой до 10 т.) отличается плотностью, однородностью, высокими механическими и эксплуатационными свойствами.

4. Вакуумно-дуговой переплав ВДП

Расходуемый электрод 3 получают механической обработкой слитка, выплавленного в электропечах или установках ЭСП.

Электрод 3 закрепляют на водоохлаждаемом штоке 2 и помещают в печь 1, в нижней части которой находится медная водоохлаждаемая изложница 6. Из печи откачивают воздух до давления $\approx 0,001$ кПа.

При подаче напряжения между электродом (катодом) 3 и затравкой 8 (анодом) возникает дуга. Выделяющаяся теплота расплавляет конец электрода. Капли жидкого металла проходят зону дугового разряда, дегазируются, заполняют изложницу и затвердевают, образуя слиток 7.

Дуга горит между электродом и жидким металлом 5 в верхней части слитка на протяжении всей плавки.

Таким образом, создаются условия для направленного затвердевания слитка, в результате, неметаллические включения сосредотачиваются в верхней части слитка.

Слиток имеет равномерный химический состав, повышенные механические свойства.

Так изготавливают сталь для деталей турбин, двигателей, авиационных конструкций. Масса слитков достигает 50 т.

§11. Производство алюминия.

Алюминий имеет высокую электро- и теплопроводность (уступает лишь серебру и меди). Применяется в электротехнике. В машиностроении алюминий применяется в виде деформируемых и литейных сплавов.

Сырье для производства алюминия - алюминиевые руды (бокситы, нефелины, ауниты, каолины). Наибольшее применение имеют бокситы, содержащие 28...70 % глинозема (Al_2O_3).

Технологический процесс имеет три стадии:

1. получение чистого глинозема (Al_2O_3) из алюминиевых руд;
2. получение первичного алюминия электролизом глинозема из расплавленного криолита;
3. рафинирование первичного алюминия хлором (до чистоты 99,50...99,85 %).

Алюминий более высокой чистоты получают с помощью электролитического рафинирования.

При получении глинозёма щелочным способом мелкоразмолотая руда обрабатывается щёлочью (раствором NaOH) в автоклавах при температуре 250 С и давлении 3МПа. При этом образуется водный раствор алюмината натрия $NaAlO_2$, а пустая порода выпадает в осадок.

Затем раствор $NaAlO_2$ разлагают (выкручивают) и получают гидроксид алюминия $Al(OH)_3$.

$Al(OH)_3$ обжигают в трубчатых печах при 1200 С для обезвоживания.



Параллельно получают криолит Na_3AlF_6 , необходимый для осуществления электролиза.

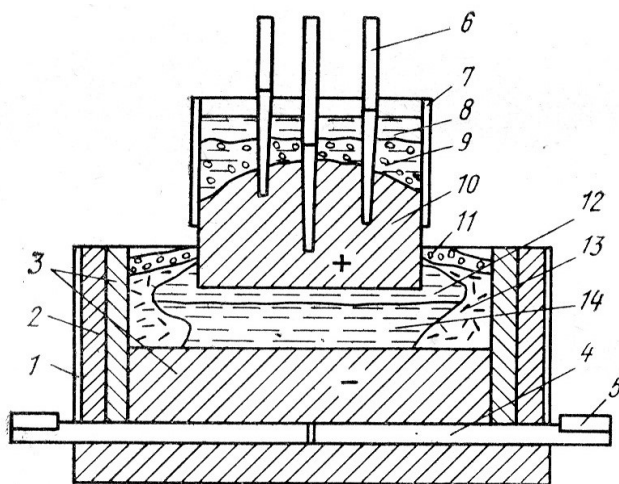
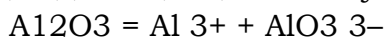


Рис. 7. Схемы электролизера для получения алюминия

1 – кожух; 3 – футеровка из углеродистых блоков; 4 – катод;
6 – штыри, подводящие ток; 10 – анод; 11 – глинозем; 12 – расплавленный электролит;
13 – застывший электролит; 14 – расплавленный алюминий.

Электролит нагревается до рабочей температуры 950 С теплом, выделяющемся при прохождении тока.

Происходит диссоциация молекул глинозёма:



Al^{3+} , разряжаясь на катоде, превращаются в металлический алюминий.

AlO_3^{3-} разряжаются на аноде с выделением O_2 .

Полученный электролизом алюминий подвергают рафинированию для удаления газов и примесей (железа, кремния и др.). С этой целью алюминий в печи или в ковше продувают газообразным хлором и отстаивают 30...45 минут.

§12. Производство меди.

Медь имеет высокую электропроводимость и широко используется в электро- и радиотехнике (около 40...50 % всей меди). Также используются в машиностроении в качестве латуней (сплавов с цинком) и бронз (сплавы с другими металлами).

Медь в природе находится в виде сернистых соединений (CuS , Cu_2S) в составе сульфидных руд, реже в виде оксидов (CuO , Cu_2O), углекислых соединений (CuCO_3) и самородной металлической меди.

Наиболее распространенные руды - медный колчедан (CuFeS_2) и медный блеск (Cu_2S), содержащие 1...2 % меди.

Медные руды также содержат никель, цинк, серебро, свинец и др.

Около 90 % первичной меди получают пирометаллургическим способом, 10 % - гидрометаллургическим.

Гидрометаллургический способ - получение меди путем ее выщелачивания слабым раствором серной кислоты и последующего выделения металлической меди из раствора.

Получение меди пирометаллургическим способом состоит из обогащения, обжига, плавки на штейн, продувки в конвертере, рафинирования.

Обогащение медных руд производится методом флотации и окислительного обжига.

Метод флотации основан на использовании различной смачиваемости медьсодержащих частиц и пустой породы. Позволяет получать медный концентрат, содержащий 10...35 % меди.

Суспензию из воды, мелкоизмельченной руды и реагентов (образуют на поверхности металлосодержащих частиц пленку не смачиваемую водой) подают в ванну. При перемешивании и аэрации вокруг частиц ... возникают пузырьки и они всплывают в виде пены.

Медные руды и концентраты, содержащие большие количества серы, подвергаются окислительному обжигу. В процессе нагрева концентрата или руды до

700...800 С в присутствии кислорода воздуха сульфиды окисляются (выделяется SO_2) и содержание серы снижается почти вдвое против исходного. Обжигают только бедные (с содержанием меди 8...25 %) концентраты, а богатые (25...35 % меди) плавят без обжига.

После обжига руда и медный концентрат подвергаются плавке на штейн, представляющий собой сплав, содержащий сульфиды меди и железа (Cu_2S , FeS). Штейн содержит 20...50 % меди, 20...40 % железа, 22...25 % серы, около 8 % кислорода и примеси никеля, цинка, свинца, золота, серебра.

Плавка производится в пламенных печах, работающих на пылевидном (уголь), жидком или газообразном топливе. Температура в зоне плавки 1500...1600 С.

Сразу после плавки штейн, с целью окисления сульфидов и железа, подвергают продувке сжатым воздухом в горизонтальных конвертерах с боковым дутьем. Образующиеся окислы переводят в шлак, а серу - в SO_2 . Тепло в конвертере выделяется за счет протекания химических реакций без подачи топлива. Температура в конвертере составляет 1200...1300 С.

Таким образом, в конвертере получают черновую медь, содержащую 98,4...99,4 % меди, 0,01...0,04 % железа, 0,02...0,1 % серы и небольшое количество никеля, олова, сурьмы, серебра, золота. Эту медь сливают в ковш и разливают в стальные изложницы или на разливочной машине.

Черновую медь рафинируют для удаления вредных примесей, проводят огневое, а затем электролитическое рафинирование.

Сущность огневого рафинирования черновой меди заключается в окислении примесей, имеющих большее сродство к кислороду, чем медь, удалении их с газами и переводе в шлак. После огневого рафинирования получают медь чистотой 99...99,5 %. Ее разливают в изложницы и получают чушки для дальнейшей выплавки сплавов (бронзы и латуни) или слитки для электролитического рафинирования.

Электролитическое рафинирование проводят для получения чистой от примесей меди (99,95 % Cu). Электролиз проводят в ваннах, где анод изготавливают из меди огневого рафинирования, а катод - из тонких листов чистой меди. Электролитом служит водный раствор CuSO_4 (10...16 %) и H_2SO_4 (10...16 %). При пропускании постоянного тока анод растворяется, медь переходит в раствор, а на катодах разряжаются ионы меди, осаждаясь на них слоем чистой меди. Примеси осаждаются на дно ванны в виде шлака, который идет на переработку с целью извлечения металлов.

Катоды выгружают через 5...12 дней, когда их масса достигнет 60...90 кг. Их тщательно промывают, а затем переплавляют в электропечах.

Медь по чистоте подразделяется на марки: М0 (99,95 % Cu), М1 (99,9 %), М2 (99,7 %), М3 (99,5 %), М4 (99 %).

§13. Производство магния.

Магний применяется при изготовлении титана, используется для получения высокопрочного чугуна, входит в состав многих алюминиевых сплавов. Сплавы на магниевой основе имеют высокую удельную прочность и жесткость.

Для получения магния наибольшее распространение получил электролитический способ, сущность которого заключается в получении чистых безводных солей магния, электролизе этих солей в расплавленном состоянии и рафинировании металлического магния.

Основным сырьем для получения магния являются: карналлит, магнезит, доломит, бишофит. Наибольшее количество магния получают из карналлита (минерал содержащий хлорид магния MgCl_2). Сначала карналлит обогащают и обезвоживают. Безводный карналлит используют для приготовления электролита.

Электролиз осуществляют в электролизере, футерованном шамотным кирпичом. Анодами служат графитовые пластины, а катодами - стальные пластины. Электролизер заполняют расплавленным электролитом состава 10 % MgCl_2 , 45 % CaCl_2 , 30 % NaCl , 15 % KCl , с небольшими добавками NaF и CaF_2 . Такой состав электролита необходим для понижения температуры его плавления (720 С).

Для электролитического разложения хлористого магния через электролит пропускают ток. В результате образуются ионы хлора, которые движутся к аноду. Ионы магния движутся к катоду и после разряда выделяются на поверхности, образуя капельки жидкого черного магния. Магний имеет меньшую плотность, чем электролит, он всплывает на поверхность, откуда его периодически удаляют.

Черновой магний содержит 5 % примесей, поэтому его рафинируют переплавкой с флюсами. Для этого черновой магний и флюс, состоящий из MgCl_2 , KCl , CaF_2 , NaCl , CaCl_2 , нагревают в печи до температуры 700...750 С и перемешивают. При этом неметаллические примеси переходят в шлак. Затем печь охлаждают до температуры 670 С и магний разливают в изложницы на чушки.

§14. Производство титана.

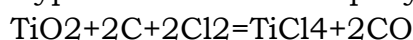
В настоящее время используется магниетермический способ получения титана, он осуществляется по следующей схеме:

Обогащение титановой руды → плавка на титановый шлак → получение четыреххлористого титана TiCl_4 → восстановление титана магнием.

Сырьем служат титаномагнетитовые руды из которых выделяют ильменитовый (FeOTiO_2) концентрат, содержащий 40...45 % TiO_2 (остальное оксиды железа).

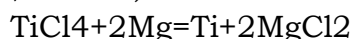
Концентрат плавят в смеси с древесным углем, антрацитом при этом оксиды железа и титана восстанавливаются. В результате получаем чугуны (побочный продукт) и титановый шлак (содержит до 80...90 % TiO_2).

Полученный шлак хлорируют. Процесс осуществляется в специальных печах при температуре 800...1200 С в присутствии кокса.



Титан из TiCl_4 восстанавливают в герметичных реакторах.

Из реактора откачивают воздух, заполняют его аргоном, загружают магний и нагревают до 700 С, после чего подают хлорид титана.



Реакция протекает с выделением тепла, что поддерживает необходимую температуру без дополнительного нагрева.

В реакторе частицы восстановленного титана спекаются в пористую массу (губку).

Для удаления магния и его хлоридов губку нагревают до 900 С в вакууме.

В дальнейшем титановую губку плавят методом вакуумно-дугового переплава. Вакуум в печи предохраняет титан от окисления и способствует удалению из него примесей.

Для получения более качественного слитка переплавку повторяют два раза.

После вторичного переплава слитки обрабатывают давлением.

Тема 3. Технология обработки металлов давлением.

§1. Общая характеристика методов обработки металлов давлением.

Классификация методов обработки давлением.

Обработка металлов давлением (ОМД) – это процессы получения заготовок за счет их пластической деформации в результате воздействия внешних сил.

Упругой называют деформацию, при которой после снятия нагрузок тело восстанавливает первоначальную форму и размеры

ОМД – прогрессивный, экономичный и высокопроизводительный способ обработки металла. Обработке давлением подвергают 90% всей выплавляемой стали, 55% цветных металлов и сплавов.

Основными способами обработки давлением являются: прокатка, волочение, прессование, свободная ковка, объемная штамповка и листовая штамповка.

§2. Нагрев заготовок при обработке давлением.

Нагрев заготовок проводят с целью повышения пластичности металлов.

Для каждого металла существует интервал температур, в котором условия для обработки давлением оптимальны.

Интервал температур приводится в справочниках. При этом температура начала ОМД на 100...150 С ниже температуры плавления металла во избежание появления перегрева и пережога.

Различают два способа нагрева – прямой и косвенный.

При прямом способе тепло аккумулируется в самом металле, а температура окружающей среды ниже температуры металла. Нагрев, например, происходит при пропускании через металл электрического тока.

При косвенном способе тепло передается металлу за счет соприкосновения его поверхности с какой-либо средой (газообразной, жидкой или твердой), нагретой до более высокой температуры (нагрев в печах, расплавленных солях, электролите).

Тепло с поверхности заготовки передается внутрь металла с определенной скоростью, зависящей от его теплопроводности.

Поэтому нагрев легированных и высоколегированных сталей, имеющих низкую теплопроводность, а также крупных слитков, во избежание трещин следует проводить медленно.

При высоких температурах происходит активное химическое взаимодействие стали с окружающими газами (воздухом, печным), в результате чего поверхностные слои окисляются и обезуглероживаются.

Окисленный слой металла представляет собой окалину Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , FeO .

Окалина наносит вред производству.

Она вдавливаясь в поверхность металла и увеличивает припуски на обработку. Окалина в 1,5...2,0 ускоряет износ инструмента (валков, бойков, штампов).

Для удаления окалины применяют:

1. предварительную прокатку слитков между рифлеными валками;
2. гидроочистку (кратковременное действие струи воды под давлением 10...15 МПа).

Обезуглероживание стали распространяется на глубину 1,5...2,0 мм и заключается в выгорании углерода с поверхностных слоев за счет взаимодействия с кислородом и водородом.

По источнику энергии нагревательные устройства различают пламенные и электрические.

К пламенным относят пламенные печи. Они работают на жидком или газообразном топливе. Печи бывают камерные и методические.

В камерных печах температура рабочего пространства печи одинаковая, заготовки находятся в печи неподвижно.

В методических печах температура повышается от окна загрузки заготовок к окну их выгрузки, а заготовки двигаются навстречу потоку горячего воздуха.

К электрическим относят электрические печи сопротивления и электронагревательные устройства (для индукционного нагрева и нагрева в результате прохождения

тока через металл (нагрев сопротивлением)).

В электрических печах сопротивления в стенках печи монтируются металлические или карборундовые сопротивления, при прохождении тока они нагреваются и излучают тепло, которое передается металлу заготовки.

Скорость нагрева заготовки в 8...10 раз больше, чем в пламенных печах, а угар металла в 4...5 раз меньше. Практически отсутствует окалина на заготовках.

Угар металла при нагреве в пламенных печах составляет 2,5...3%.

Для нагрева активных металлов применяются методы безокислительного нагрева, например, нагрев в расплавленных солях хлористого бария и натрия (BaCl_2 и NaCl_2).

§3. Прокатка, ее сущность.

Прокатка – это вид обработки металлов давлением, при котором заготовка силами трения втягивается в зазор между вращающимися валками прокатного стана и пластически деформируется ими с уменьшением площади поперечного сечения.

Прокатке подвергают до 90 % всей выплавляемой стали и большую часть цветных металлов.

Существуют три основных способа прокатки: продольная, поперечная, поперечно – винтовая.

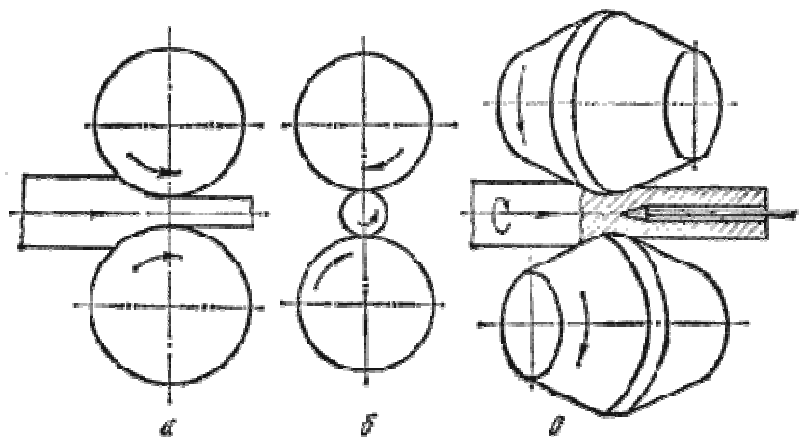


Рис. 1. Схемы основных видов прокатки
а – продольная; б – поперечная; в – поперечно-винтовая

При продольной прокатке деформация осуществляется между валками, вращающимися в разные стороны. Этим способом изготавливается около 90 % всей катаной продукции.

При поперечной прокатке валки вращаются в одну сторону, приводя во вращение заготовку. Придание заготовке требуемой формы обеспечивается профилем валков и изменением расстояния между ними.

Поперечно – винтовая прокатка. Валки установлены под углом друг другу и вращаются в одну сторону. Прокатываемый металл получает и вращательное и поступательное движение (каждая точка заготовки движется по винтовой линии). Применяется для производства труб и периодического проката.

Прокатным станом называется оборудование, предназначенное для деформации прокатываемого металла в валках.

Если шире, то это комплекс последовательно расположенных машин и агрегатов, предназначенных не только для прокатки, но и для его дальнейшей обработки и отделки (правки, обрезки кромок, резки на мерные изделия и пр.) и транспортировки.

Прокатные станы классифицируются в зависимости от конструкции и расположения валков.

Станы дуо, трио, кварто, многовалковые, универсальные и специальной конструкции и ...

В качестве инструмента для прокатки применяют валки. В зависимости от прокатываемого профиля валки могут быть гладкими (применяемыми для прокатки

листов, лент) и калиброванными (ручьевыми) для получения сортового проката.

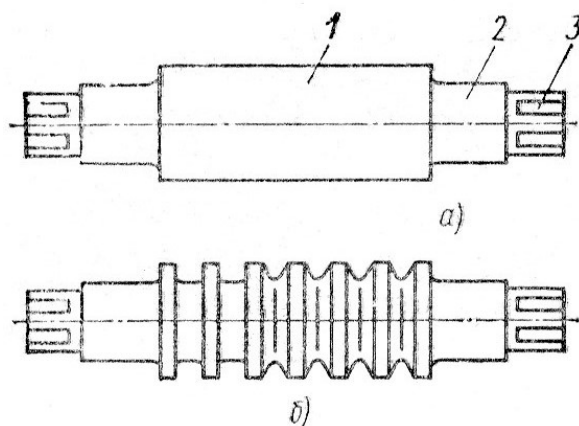


Рис. 2. Прокатные валки: а – гладкий; б – калиброванный

Профиль выреза на боковой поверхности валка называется ручьем. Ручей верхнего и нижнего валка образуют калибр. На каждой паре валков делают несколько калибров. Необходимый профиль проката получают путем последовательного пропуска заготовки через серию калибров.

Валки состоят из рабочей части – бочки 1, шеек 2 и трфы 3.

Шейками валки устанавливаются в подшипники, которые, у одного из валков, могут перемещаться специальным механизмом для изменения расстояния между валками и регулирования взаимного расположения осей. Трефа предназначена для соединения валка с муфтой или шпинделем, передающих на валок вращение.

§4. Теоретические основы прокатки.

Для начала процесса прокатки, необходимо выполнить условие захвата заготовки валками. В момент захвата металла со стороны каждого валка действуют на металл две силы: нормальная сила N и касательная сила трения T .

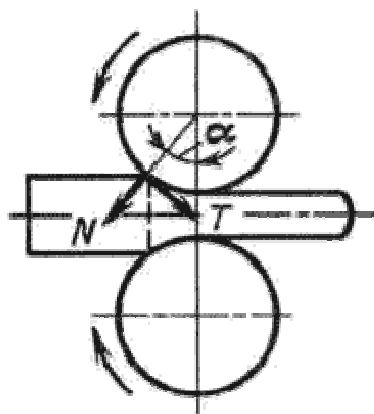


Рис. 3. Схема сил, действующих при прокатке

Угол α – угол захвата.

Прокатка осуществляется если сила, втягивающая заготовку в зону деформации, больше выталкивающей силы

$$T \cos \alpha > N \sin \alpha ,$$

$$T = fN ,$$

$$f \cos \alpha > \sin \alpha ,$$

$$f > \operatorname{tg} \alpha ,$$

Значит для захвата металла валками необходимо, чтобы коэффициент трения между валками и заготовкой был больше тангенса угла захвата.

Абсолютное обжатие – разность исходной H и конечной h толщин

$$\Delta h = H - h ,$$

Относительное обжатие (степень деформации) ε полосы по высоте представляет собой отношение абсолютного обжатия к исходной толщине

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{H} 100\% ,$$

Максимальное значение степени деформации составляет 20...50 %.

§5. Продукция прокатного производства.

Форма поперечного сечения проката называется его профилем.

Совокупность профилей различной формы и размеров называется сортаментом проката.

Различают пять групп сортамента проката: сортовой, листовой, трубный, специальный и периодический.

1. Сортовой прокат. Различают:

заготовки круглого, квадратного и прямоугольного сечения для последующейковки и прокатки;

простые сортовые профили (круг, квадрат, шестигранник, полоса, лента);

фасонные сортовые профили (уголок, швеллер, тавр, двутавр, железнодорожные рельсы).

2. Листовой прокат.

Подразделяется на толстолистовой (4...60 мм), тонколистовой (0,2...4 мм) и жель (менее 0,2 мм). Толстолистовой прокат получают в горячем состоянии, другие виды листового проката – в холодном состоянии.

3. Трубный прокат.

Различают бесшовные горячекатаные трубы диаметром 25...550 мм и сварные диаметром 5...2500 мм.

Процесс получения сварной трубы состоит из получения заготовки в виде свернутой полосы и сварки ее в трубу.

4. Специальный прокат – продукция законченной формы – венцы зубчатых колес, тракторный башмак и другое.

5. Периодический прокат – прокат, профиль которого периодически изменяется по длине (вагонные оси, полуоси автомобилей и др.). Периодические профили получают продольной, поперечной и винтовой прокаткой.

§6. Волочение.

Сущность волочения заключается в протягивании заготовок через сужающееся отверстие в инструменте, называемом волокой или фильерой. Конфигурация отверстия определяет форму получаемого профиля.

Волоки изготовляют из инструментальных сталей и твердых сплавов ВК6, ВК8. Для получения проволоки с диаметром менее 1,2 мм из алмаза.

Волочением получают проволоку диаметром 0,002...4 мм, прутки и профили фасонного сечения, тонкостенные трубы.

Волочением обрабатывают стали различного химического состава, цветные металлы и сплавы.

Метод позволяет получить высокую точность и низкую шероховатость поверхности, недостижимую при прокатке.

Степень деформации определяется коэффициентом обжатия ε

$$\varepsilon = \frac{F_3 - F_{об}}{F_3} 100 \% ,$$

где F_3 – площадь поперечного сечения заготовки;

$F_{об}$ – площадь поперечного после волочения.

При волочении за один проход ε не превышает 30 %.

Если необходимо получить большую степень деформации выполняют несколько проходов.

Волочение чаще выполняют при комнатной температуре, когда пластическую деформацию сопровождает наклеп. Это можно использовать для повышения механических характеристик металла, например, предел прочности возрастает в 1,5...2 раза.

Технологический процесс волочения включает операции:

1. предварительный отжиг или нормализация заготовок для получения мелкозерни-

- стой структуры металла и повышения его пластичности;
2. травление заготовок в подогретом растворе серной кислоты для удаления окалин, вызывающей повышенный износ фильеры;
 3. промывка заготовок для удаления травильного раствора;
 4. волочение, заготовку последовательно протягивают через ряд постепенно уменьшающихся отверстий;
 5. отжиг для устранения наклепа (если необходимо).

В качестве оборудования применяют волочильные станы, которые по принципу работы тянущих устройств делятся на две группы:

- 1) с прямолинейным движением тянущих устройств – цепные, реечные и др.
- 2) с наматыванием обрабатываемого металла на барабан – барабанные.

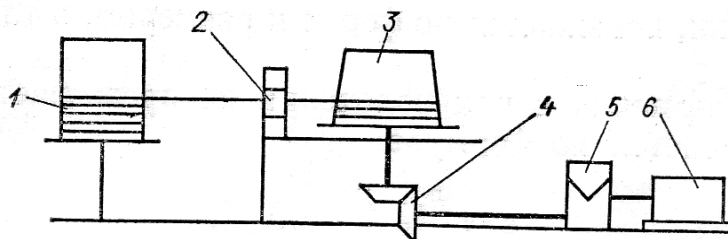


Рис. 4. Схема волочильного стана барабанного типа

- 1 – вертушка для установки бунта проволоки; 2 – волока; 3 – барабан;
4 – коническая зубчатая передача; 5 – редуктор; 6 – электродвигатель

Станы барабанного типа обычно применяются для получения проволоки. Число барабанов может достигать до двадцати, при этом заготовка последовательно проходит через соответствующее число волочильных матриц.

Скорость волочения достигает 50 м/с.

Для уменьшения потерь на трение применяются смазки жидкие и твердые. Твердой смазкой служит мыло, жидкой – смесь масла с графитом.

При волочении проволоки и тонкостенных труб из стали проводят их омеднение в слабом кислотном растворе медного купороса CuSO_4 .

§7. Прессование.

Прессование – вид обработки давлением, при котором металл выдавливается из замкнутой полости через отверстие в матрице, соответствующее сечению прессуемого профиля.

Прессованию подвергаются цветные металлы и сплавы (алюминий, магний, олово, свинец, медь и ее сплавы), в некоторых случаях стали.

Метод позволяет получать прутки диаметром 3...250 мм, трубы диаметром 20...400 мм с толщиной стенки 1,5...15,0 мм, профили сложного сечения.

Оборудование – гидравлические прессы усилием до 25 тысяч тонн.

Исходным материалом служат слитки, а также кованные или катаные заготовки.

Черные металлы и сплавы прессуют в горячем состоянии, цветные – как в горячем так и в холодном.

Применяются два метода прессования – прямой и обратный.

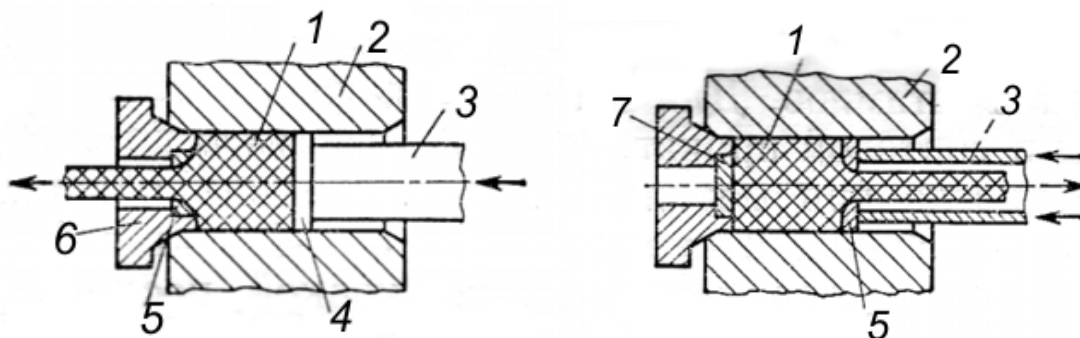


Рис. 5. Прямой и обратный методы прессования

- 1 – заготовка, 2 – контейнер, 4 – пуансон, передающий усилие от прессы,
5 – матрица, 6 – держатель матрицы

При обратном прессовании прикладывается меньшее усилие, чем при прямом, так как преодолевается только трение между металлом и матрицей.

Контейнер и матрица смазываются смесью машинного масла с графитом во избежание приваривания металла к стенкам. Часто в качестве смазки используют жидкое стекло.

Степень деформации ε достигает 90 % и определяется выражением

$$\varepsilon = \frac{F_k - F_{об}}{F_k} 100 \%,$$

где F_k – площадь поперечного сечения контейнера;

$F_{об}$ – площадь поперечного после прессования.

Преимущества метода:

1. более высокая точность изготовления профиля по сравнению с прокаткой;
2. высокая производительность;
3. возможность получения практически любого профиля поперечного сечения;
4. возможность обработки металлов, которые из-за низкой пластичности другими методами обработать невозможно.

Недостатки:

1. высокая стоимость и низкая стойкость инструмента;
2. большие отходы металла на пресс-остаток (для труб составляет до 40 %).

§8. Свободная ковка. Операции свободнойковки.

Ковкой называется процесс обработки металлов давлением, при котором путем многократного действия инструмента металл пластически деформируется, постепенно приобретая заданные форму и размеры.

Изделие, получаемое ковкой, называют поковкой.

Как правило, ковка производится в горячем состоянии.

Холодной ковке поддаются драгоценные металлы – золото, серебро, а также медь. ТП холоднойковки включает две чередующиеся операции: деформация металла и рекристаллизационный отжиг (встречается в ювелирном производстве).

Метод применяется в единичном и мелкосерийном производстве, а также является единственным способом изготовления тяжелых поковок весом 250 тонн и более.

Исходным материалом дляковки служат слитки и сортовой прокат простого профиля (круг, квадрат).

Свободная ковка может быть ручная и машинная. Ручная ковка применяется для небольших поковок и выполняется с помощью наковальни и кувалды.

Машинная ковка производится на молотах и прессах.

Операции свободнойковки.

Осадка – уменьшение высоты заготовки за счет увеличения площади поперечного сечения.

Чтобы не было продольного изгиба отношение высоты заготовки к ее диаметру не должно превышать 2,5. Под действием сил трения по контактным поверхностям боковая поверхность заготовки приобретает бочкообразную форму.

Высадка – осадка на части высоты заготовки. Осуществляется нагревом определенной части заготовки или ограничением деформации кольцевым инструментом.



Рис. 6. Осадка, высадка

Протяжка – увеличение длины заготовки за счет уменьшения ее поперечного сечения.

Операция заключается в нанесении последовательных ударов и перемещении

заготовки. После каждого обжатия заготовка продвигается на величину, меньшую, чем длина бойка.

Протягивание выполняется плоскими и фигурными бойками. В частности такими бойками получают поковки с удлиненной осью (валы, оси и ...).

Протяжка улучшает качество металла. При этом, чем больше степень деформации тем выше механические свойства.

Протяжка с оправкой – операция увеличения длины пустотелой заготовки за счет уменьшения толщины ее стенок. Протягивают в одном направлении к расширяющему концу оправки 1, что облегчает ее удаление из поковки.

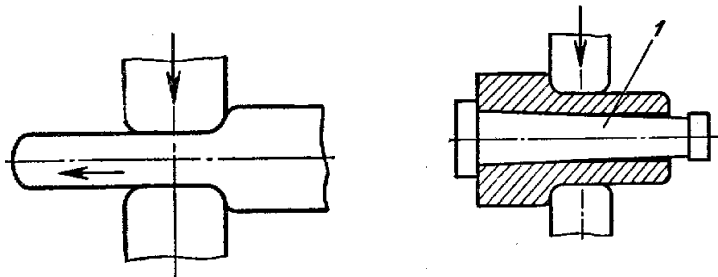


Рис. 7. Протяжка, протяжка на оправке

Раскатка на оправке – увеличение диаметра кольцевой заготовки 1 за счет уменьшения ее толщины с помощью бойка 3 и оправки 2. Оправка устанавливается в люнете 4.

Прошивка – получение в заготовке сквозного или глухого отверстия. Для выполнения этой операции применяют прошивни. Часть металла, удаляемая в отход вместе с прошивнем, называют выдрой.

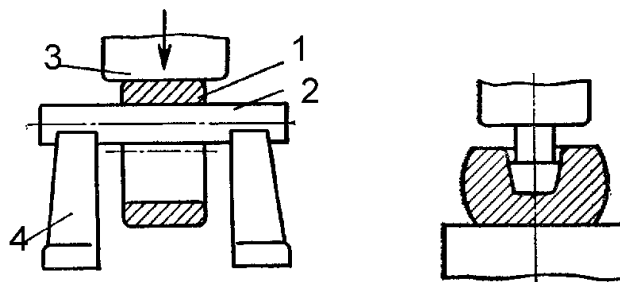


Рис. 8. Раскатка на оправке, прошивка

Гибка – образование или изменение углов между частями заготовки или придание ей криволинейной формы.

Рубка – полное отделение части заготовки по незамкнутому контуру. Инструментом служат топоры.

§9. Оборудование для свободнойковки.

Машиннаяковка производится на ковочных молотах и ковочных гидравлических прессах.

Молоты действуют ударом и характеризуются весом падающих частей. Продолжительность деформации составляет тысячные доли секунды. Металл деформируется за счет энергии, накопленной падающими частями молота.

Гидравлические ковочные прессы развивают статическое усилие и характеризуются усилием в тоннах. Продолжительность деформации доходит до десятков секунд. Металл деформируется приложении сил, создаваемой с помощью жидкости (водной эмульсии или минерального масла), подаваемой в рабочий цилиндр прессы.

Дляковки мелких поковок массой до 20 кг используются пневматические ковочные молоты (масса падающих частей 50...1000 кг). Для поковок массой до 2000 кг – паровоздушные ковочные молоты (масса падающих частей молота 1000...8000 кг).

На молоте верхний боек крепится к падающей части молота – бабе, а нижний боек – к подушке, закрепленной на шаботе, не связанном со станиной молота. Масса шабота превышает массу падающих частей в 10...15 раз.

Различают молоты простого действия, когда пар или воздух только под-

нимают падающую часть, и двойного действия, когда энергоноситель создает дополнительное деформирующее усилие.

Для производства крупных поковок применяют гидравлические прессы. Они развивают усилие до 20000 тонн.

§10. Штамповка.

Штамповкой называется процесс обработки металлов давлением в специальном инструменте – штампе. При штамповке заготовка приобретает заданные форму и размеры путем заполнения материалом рабочей полости штампа.

Преимущества штамповка по сравнению со свободной ковкой:

- в 50...100 раз большая производительность;
- большая однородность и точность поковок (припуски и допуски на поковку в 3...4 раза меньше, чем при ковке);
- возможность получения поковок сложной формы, которые нельзя получить свободной ковкой.

Недостатки штамповки:

- ограниченность штампуемых изделий по весу, как правило, до 200 кг;
- каждая поковка требует свой штамп, а это сложный в изготовлении и дорогой инструмент.

Штамповку, как и ковку производят в горячем состоянии.

Штамповку целесообразно применять в серийном, крупносерийном и массовом производстве.

§11. Инструмент для горячей объемной штамповки.

Полость штампа, которую заполняет металл при штамповке, называют ручьем. Различают штамповку в открытых и в закрытых штампах.

В открытых штампах между подвижной и неподвижной частями штампа имеется зазор – заусеночная (или облойная) канавка, в которую при штамповке вытекает избыточный металл. Образующийся при этом облой или заусенец затем обрезается на специальных обрезных штампах.

Помимо выхода излишка металла заусеночная канавка предохраняет от соударения верхнюю и нижнюю половины штампа, что продлевает срок его службы. Быстрое остывание заусенца создает сопротивление течению металла, что способствует лучшему заполнению ручья штампа.

Для облегчения извлечения готовой поковки в штампах делают специальные штамповочные уклоны на боковых поверхностях ручьев (3...10 °).

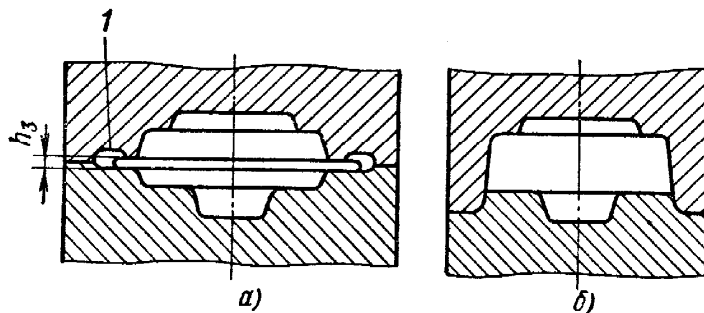


Рис. 9. Схемы штамповки в открытых и закрытых штампах:
1-облойная канавка

В закрытых штампах деформирование металла протекает в закрытой полости без образования заусенца. В этом случае расход металла меньше, но предъявляются повышенные требования к точности объема исходной заготовки. Кроме того, при такой штамповке нужны специальные выталкивающие устройства для извлечения поковки из штампа.

В зависимости от сложности конфигурации поковки применяют либо одноручьевую штамповку, выполняемую в штампе с одним ручьем, либо многоручьевую штамповку, выполняемую последовательно в штампе, имеющем несколько ручьев. Обработку заготовок в одном ручье штампа называют переходом. Чем сложнее поков-

ка по форме, тем большее число переходов (ручьев) требуется для ее получения.

Ручьи в штампах разделяются на заготовительные и штамповочные. Заготовительные предназначены для перераспределения металла с целью приближения формы заготовки к форме поковки.

Ручьи для получения окончательно оформленной поковки называют штамповочными. Штамповочных ручьев два: черновой или предварительный и чистовой или окончательный. Чистовой ручей является точной копией поковки, но с размерами, большими на величину усадки металла при охлаждении (около 1,5%). Чистовой ручей имеет облойную канавку, черновой ручей не имеет.

Поскольку штамповка в окончательном ручье требует наибольшего усилия, его располагают в центре штампа с целью предохранения от поломки штампа и штамповочного оборудования.

В качестве заготовок для штамповки используют сортовой и периодический прокат, заготовки, подготовленные ковкой.

§12. Оборудование для горячей объемной штамповки.

Горячая объемная штамповка осуществляется на штамповочных молотах, кривошипных горяче-штамповочных прессах, горизонтально-ковочных машинах и других.

Основным видом молотов являются паровоздушные штамповочные молоты. По сравнению с ковочными такие молоты имеют большую жесткость, что обеспечивает высокую точность соударения штампов.

Масса падающих частей до 25000 кг.

Ход молота нежесткий, поэтому штамп проектируют так, чтобы при последнем ударе половинки штампа смыкались. На молоте штампуют за 3...5 ударов.

После каждого удара баба молота уходит вверх, в результате верхняя часть поковки охлаждается менее интенсивно, следовательно верхняя часть штампа заполняется лучше, что следует учитывать при проектировании поковки.

Распространенным оборудованием являются кривошипные горяче-штамповочные прессы (КГШП).

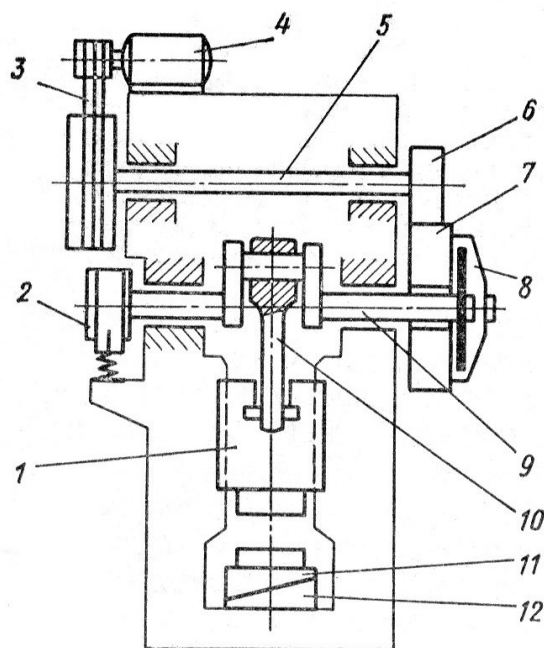


Рис. 10. Схема кривошипного горяче-штамповочного прессы

Электродвигатель 4 посредством клиноременной передачи передает вращение на шкив 4, установленный на валу 5, на другом конце которого закреплено малое зубчатое колесо 6. Оно передает вращение на большое зубчатое колесо 7, свободно вращающееся на кривошипном валу 9.

При включении муфты 8 колесо соединяется с кривошипным валом, вращение которого посредством шатуна 10 приводит к возвратно-поступательному перемещению ползуна 11.

На ползуне закреплена верхняя часть штампа. Нижняя часть устанавливается на стол 11, который может перемещаться клином 12, что позволяет регулировать расстояние между половинами штампа.

Для остановки вращения кривошипного вала служит тормоз 2.

Кривошипные прессы имеют постоянный ход, поэтому в каждом ручье штамповка осуществляется за один ход прессы (обеспечивается большая производительность и точность поковок по высоте).

§13. Операции технологического процесса штамповки.

После непосредственно штамповки выполняется:

1. Обрезка заусенцев и прошивка сквозных отверстий.

Проводится после штамповки в открытых штампах. Операции выполняются на обрезных кривошипных прессах.

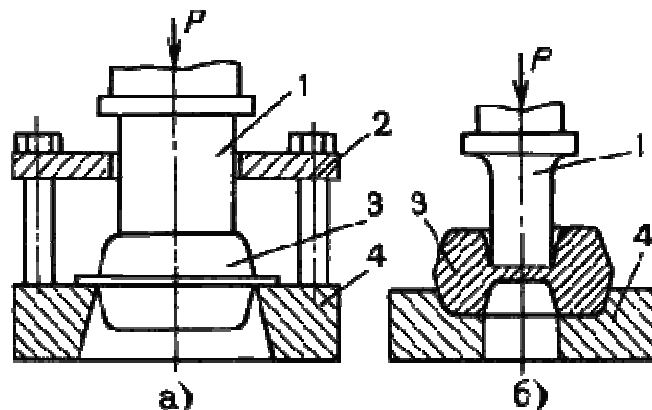


Рис. 11. Схема обрезки заусенца и пробивки пленки
1 – пуансон, 3 – поковка, 4 – матрица.

В штампах совмещенного действия обе операции выполняются на один ход.

2. Термообработка. Проводится отжиг или нормализация для снятия внутренних напряжений.
3. Очистка от окалины.

Производят во вращающихся барабанах (окалина удаляется посредством ударов поковок друг о друга и о металлические звездочки, закладываемые в барабан); дробеструйная очистка (окалина сбивается потоком быстро летящей дроби диаметром 1...2 мм); травлением в 15...18 % растворе серной кислоты, нагретой до 60 С.

4. Калибровка поковок.

При необходимости калибровку проводят для повышения точности размеров поковок и улучшения качества их поверхностей.

Выполняется с подогревом до 850...900 С и по существу является доштамповкой поковки до нужных размеров. Осуществляется на кривошипных горячештамповочных прессах в одноручьевом штампе с последующей обрезкой облоя.

Точность размеров после калибровки составляет 0,05...0,25 мм, поэтому последующую обработку резанием исключают или ограничивают только шлифованием.

5. Контроль поковок.

Несколько поковок из партии проверяются на соответствие размерам по чертежу и делается их внешний осмотр. Отдельные экземпляры из партии подвергаются полному металлографическому исследованию.

§14. Штамповка на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ)

ГКМ предназначены для штамповки поковок типа стержней с утолщениями на концах (болтов, заклепок, винтов, и т.д.), а также втулок, колец. Преимуществами метода являются:

1. высокая производительность (сотни деталей в час),
2. возможность штамповки без заусенца и штамповочных уклонов,
3. получение поковок типа колец без отхода металла на образование отверстия.

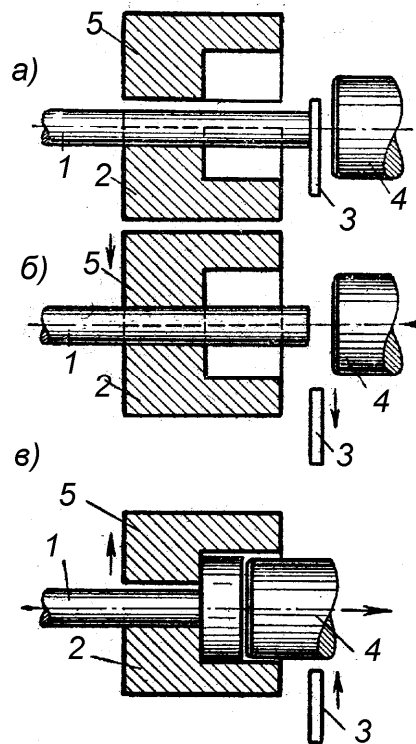


Рис. 12. Схема штамповки на ГКМ.

Применяются многоручьевые закрытые штампы, состоящие из пуансона и разъемных матриц.

Пруток 1 нагретым концом укладывается в неподвижную половину 2 матрицы до упора 3.

Подвижная часть 5 матрицы зажимает пруток, образуя полость для деформирования, упор автоматически отводится.

Пуансон 4 движется влево и деформирует конец прутка.

После этого подвижная часть матрицы и пуансон отходят в первоначальное положение, а пруток с поковкой переносятся в следующий ручей, где их отделяют друг от друга.

§15. Холодная объемная штамповка (ХОШ).

Холодной называют штамповку без нагрева заготовок.

ХОШ позволяет почти полностью исключить обработку резанием. Основные виды холодной объемной штамповки: выдавливание, высадка, объемная формовка и калибровка (чеканка).

Они обеспечивают достижение высокой точности (допуски 0,02...0,05 мм) и высокого качества поверхностей детали.

В качестве заготовок применяют прутковый материал из углеродистых, легированных сталей, цветных металлов и их сплавов, обладающих в холодном состоянии необходимой пластичностью. Большое значение имеет подготовка поверхности заготовок: удаление загрязнений, поверхностных дефектов и т.д.

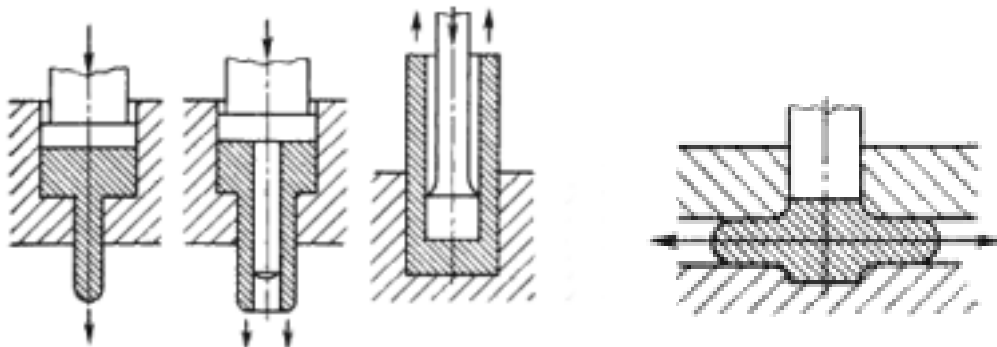


Рис. 13. Схемы выдавливания

Выдавливание – образование заготовки путем пластического течения материала в полости штампа.

Различают прямое, обратное и боковое выдавливание.

Прямым выдавливанием получают детали типа стержня с утолщением, трубки с фланцем.

Обратным выдавливанием получают полые детали с дном.

При боковом выдавливании металл течет под углом к направлению движения пуансона. Так получают детали типа тройников, крестовин и подобных.

Из-за высокой стоимости штампов выдавливание целесообразно применять в условиях крупносерийного и массового производства.

Высадка – образование на заготовке местных утолщений требуемой формы в результате деформации ее конца.

Применяется в массовом производстве при изготовлении некрупных деталей (болтов, винтов, заклепок, гвоздей, спиц и т.д.).

Исходной заготовкой служат проволока или прутки.

Выполняют высадку на холодно-высадочных автоматах.

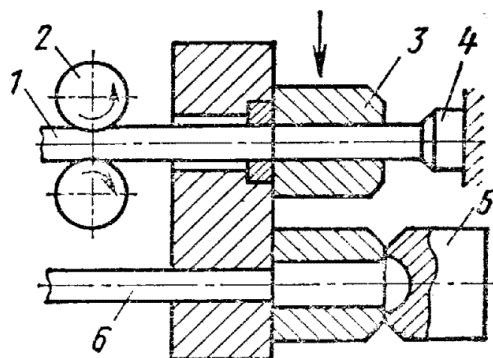


Рис. 14. Схема высадки

Первый переход – ролики 2 подают пруток 1 до упора 4, после чего матрица 3 перемещается на позицию высадки, отрезая от прутка мерную заготовку.

Второй переход – ударом пуансона 5 производится высадка головки. После возвращения пуансона в исходное положение деталь (заклепка) выталкивается толкателем 6. Затем матрица вновь уходит на позицию подачи прутка.

Расчет числа переходов высадки производится в основном по соотношению длины высаживаемой части h_0 и диаметра заготовки d_0 .

При $h_0/d_0 < 2,3$ используют один переход, при $h_0/d_0 < 5$ – два перехода, при $h_0/d_0 < 8$ – три перехода. При большом количестве переходов происходит упрочнение металла, поэтому требуется отжиг.

Производительность автоматов достигает 400 изделий в минуту.

Объемная формовка – метод получения заготовок аналогичный штамповке в открытых или закрытых штампах, выполняемый в холодном состоянии.

§16. Листовая штамповка

Листовая штамповка – способ изготовления плоских и объемных тонкостенных изделий из заготовки в виде ленты, полосы, рулона.

Толщина заготовки при листовой штамповке обычно не более 10 мм, иногда может превышать 20 мм, в этом случае штамповка осуществляется с предварительным подогревом до ковочных температур.

При листовой штамповке используют: низкоуглеродистые стали, пластичные легированные стали, цветные металлы и сплавы на их основе, а также неметаллические материалы: органическое стекло, фетр, целлулоид, текстолит, войлок и другое.

Операции листовой штамповки подразделяются на разделительные и формоизменяющие.

К разделительным операциям относят:

1. Отрезка – полное отделение части заготовки по незамкнутому контуру.

Отрезка осуществляется на ножницах с параллельными ножами, с наклонно расположенными ножами (гильотинные), с помощью дисковых ножей и с помощью отрезных штампов.

2. Вырубка – отделение части заготовки по замкнутому контуру, при этом отделяемая часть является изделием.
3. Пробивка – отделение части заготовки по замкнутому контуру, при этом отделяемая часть является отходом.

Основным технологическим параметром операций является радиальный зазор между пуансоном и матрицей Z . Зазор Z назначают в зависимости от толщины S и механических свойств заготовки, он приблизительно составляет $(0,05...0,1)S$.

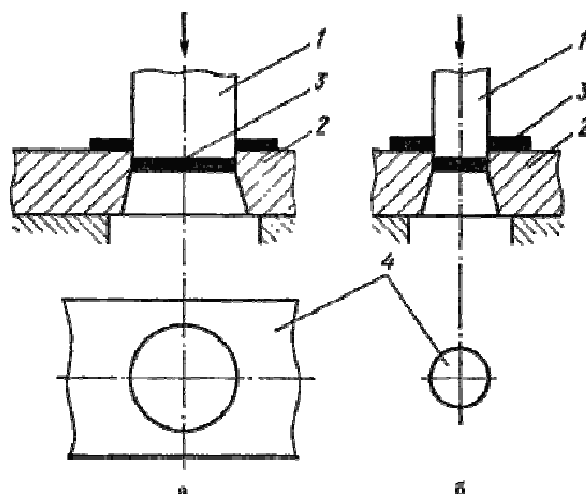


Рис. 15. Схема процессов вырубки (а) и пробивки (б)

1 – пуансон, 2 – матрица, 3 – изделие, 4 – отход

При штамповке не крупных деталей из одной листовой заготовки вырубают несколько плоских заготовок. Между смежными контурами вырубаемых заготовок оставляют перемычки шириной, примерно равной толщине заготовки.

Расположение контуров смежных заготовок на листе называется раскроем.

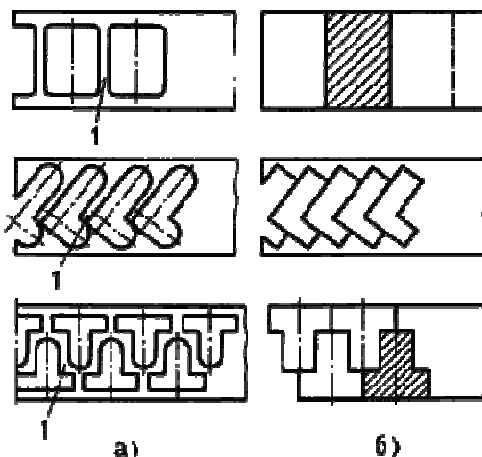


Рис. 16. Примеры раскроя материала с перемычками (а) и без перемычек (б)

Формоизменяющие операции – это операции, посредством которых плоская заготовка превращается в пространственную деталь требуемой формы без изменения толщины материала. Основные формообразующие операции:

1. Гибка – образование или изменение углов между частями заготовки или придание ей криволинейной формы. Как правило, гибку производят в штампах.

После гибки форма детали не соответствует форме штампа на величину угла пружинения, равного $1...8$. Этот угол необходимо учитывать при изготовлении инструмента.

Чтобы избежать появления трещин минимальный радиус скругления в зависимости от пластичности металла составляет $0,1...2 S$.

2. Вытяжка – образование полого изделия из плоской заготовки.

Чтобы при вытяжке не образовывались складки фланцевую часть заготовки прижимают к матрице с определенным усилием Q .

Опасность разрушения заготовок устраняют также скруглением кромок пуансонов и матриц $R = (5...10)S$, а также правильным подбором смазок для уменьшения сил трения между поверхностями заготовки и инструмента.

Детали с большим формоизменением заготовки получают за несколько операций вытяжки с постепенным уменьшением диаметра полой детали и увеличением ее вы-

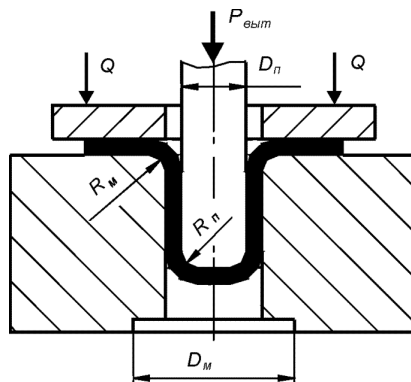


Рис. 17. Схема вытяжки

3. Отбортовка – образование борта (горловины) вокруг отверстия в заготовке.

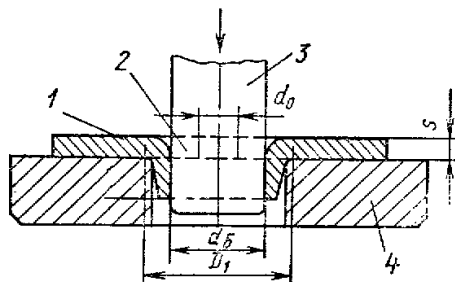


Рис. 18. Схема отбортовки

1 – изделие; 2 – заготовка; 3 – пуансон; 4 – матрица

Опасность разрушения заготовок устраняют также скруглением кромок пуансонов и матриц $R = (5...10)S$, а также правильным подбором смазок для уменьшения сил трения между поверхностями заготовки и инструмента.

Детали с большим формоизменением заготовки получают за несколько операций вытяжки с постепенным уменьшением диаметра полый детали и увеличением ее высоты.

Обжим – уменьшение периметра поперечного сечения концевой части полый заготовки.

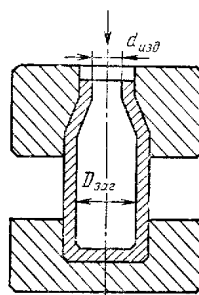


Рис. 19. Схема обжима

Раздача – увеличение периметра поперечного сечения концевой части полый заготовки. Раздача – операция, противоположная обжиму.

Тема 4. Технология литейного производства.

§1. Общие сведения о литейном производстве. Основные литейные свойства сплавов.

Литье – процесс получения заготовок путем заливки расплавленного металла в литейную форму, полость в которой имеет конфигурацию заготовки.

Литье является распространенным методом получения заготовок. Часто это наиболее простой и дешёвый способ.

Преимуществом литья является:

1. Возможность получения заготовок очень сложной формы, с фасонными внутренними полостями, которые нельзя или очень трудно получить другими способами.
2. Изготовление заготовок с высоким коэффициентом использования металла.
3. Изготовление отливок практически неограниченных габаритов и массы (от нескольких граммов до нескольких сот тонн).
4. Некоторые способы литья позволяют получать отливки с высокой точностью размеров и чистотой поверхности, что сокращает или исключает их последующую обработку.
5. Возможность получения заготовок из сплавов, не поддающихся пластической деформации и трудно обрабатываемых резанием (*магниты*).

Основными литейными свойствами сплавов являются:

1. Жидкотекучесть – способность расплавленного металла течь по каналам литейной формы, заполнять ее полости и точно воспроизводить контуры отливки.

Определяется не только свойствами сплава, но и температурой расплава при заливке, температурой формы, свойствами формы и другими.

Жидкотекучесть зависит от химического состава сплава, вязкости и поверхностного натяжения расплава.

2. Усадка – свойство металлов и сплавов уменьшать свой объем в процессе затвердевания и охлаждения.

В результате в теле отливки могут образоваться усадочные раковины и пористость, а при наличии препятствий для усадки, а также при неравномерной усадке массивных и тонких сечений в отливках возникают напряжения, возможно коробление и образование трещин.

Усадку также надо учитывать при расчете размеров модели и стержня.

Небольшую линейную усадку имеет серый чугун (0,8...1,2 %), у стали линейная усадка 1,8...2,2 %.

Объемная усадка примерно в три раза больше линейной.

3. Газопоглощение – способность литейных сплавов в расплавленном состоянии растворять водород, азот, кислород и другие газы.

При затвердевании и охлаждении газы выделяются в теле отливки и могут образоваться газовые раковины и поры.

4. Ликвация – неоднородность химического состава сплава в различных частях отливки.

В сталях и чугунах заметно ликвируют сера, фосфор и углерод.

Различают ликвацию зональную, когда различные части отливки имеют различный химический состав, и дендритную, когда химическая неоднородность наблюдается в каждом зерне.

§2. Формовочные и стержневые смеси, их состав и свойства.

Для получения отливок высокого качества формовочные и стержневые смеси, должны обладать определёнными технологическими свойствами.

Важнейшими из которых являются: прочность, поверхностная прочность (сопротивление истирающему действию струи металла), пластичность, термохимическая устойчивость (способность выдерживать высокую температуру сплава без оплавления или химического с ним взаимодействия) и другие.

Песчано-глинистые смеси состоят из наполнителя, связующего и различных добавок.

Наполнителем является песок (используется кварцевый из кремнезема SiO_2 или цирконовый песок $\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$) и бывшие в употреблении смеси.

Кварцевый дешевый Тплавлен. 1700 С, но трескается при 575 С, поэтому цирконовый 2000 С, но дорогой. Применяют для более ответственного литья.

Связующее – глина (до 10...15 %). Глина обеспечивает прочность и пластичность смеси, обладает термической устойчивостью. Широко применяют бентонитовые и каолиновые глины.

Бентонитовые глины способны удерживать гораздо больше воды и поэтому обладают значительно лучшей связующей способностью.

Для предотвращения пригара и улучшения чистоты поверхности отливок формы и стержни покрывают тонким слоем противопригарных материалов.

Для сырых форм используются припылы, для сухих – краски.

Например, в качестве припыла для стальных отливок используют - смесь оксида магния и огнеупорной глины, пылевидный кварц.

Противопригарные краски представляют собой водные суспензии этих же материалов с добавками связующих.

По характеру использования различают облицовочные, наполнительные и единые смеси.

Облицовочная – используется для изготовления рабочего слоя формы. Содержит повышенное количество свежих (впервые используемых) формовочных материалов и имеет высокие физико-механические свойства.

Наполнительная – используется для наполнения формы после нанесения на модель облицовочной смеси. Приготавливается из уже использованной формовочной смеси с малым количеством свежих формовочных материалов.

Облицовочная и наполнительная смеси используются в единичном и мелкосерийном производстве и при изготовлении крупных и сложных отливок.

Единая – применяется одновременно в качестве облицовочной и наполнительной. Используют при машинной формовке и на автоматических линиях в серийном и массовом производстве. Изготавливается из наиболее огнеупорных песков и глин с наибольшей связующей способностью для обеспечения долговечности.

При заливке металла стержни работают в более тяжёлых условиях, испытывая значительное термическое и механическое воздействие. Поэтому к стержневым смесям предъявляют более высокие требования по прочности.

С этой целью в стержневые смеси в качестве связующих добавляют растворы растительных масел и канифоли в уайт-спирите, силикатные клеи и другое.

§3. Литейная технологическая оснастка (модельный комплект).

Литейная оснастка включает:

1. Литейная модель – приспособление, с помощью которого в литейной форме получают отпечаток, соответствующий наружной конфигурации и размерам отливки.
2. Стержневой ящик – изделие, имеющее рабочую полость для получения в ней литейного стержня нужных размеров и формы.

Как модели, так и стержневые ящики могут быть разъемными и неразъемными. И те и другие могут изготавливаться из древесины, металла (алюминиевых сплавов, как более легких и не окисляющихся) и пластмасс.

3. Модельные плиты формируют разъем литейной формы, на них закрепляют части модели.
4. Опоки – металлические рамы для удержания формовочной смеси.

§4. Изготовление отливок в песчаных формах. Литейная форма, ее элементы и их назначение.

Для изготовления отливок служит литейная форма, которая представляет собой систему элементов, образующих рабочую полость, при заливке которой расплавленным металлом формируется отливка.

Литейные формы изготавливают как из неметаллических (керамических) материалов для одноразового использования, так и из металлов для многократного исполь-

зования.

Литье в песчаные формы является универсальным и самым распространенным способом изготовления отливок. Изготавливают отливки из чугуна, стали, цветных металлов от нескольких грамм до сотен тонн, с толщиной стенки от 3 до 1000 мм и длиной до 10000 мм.

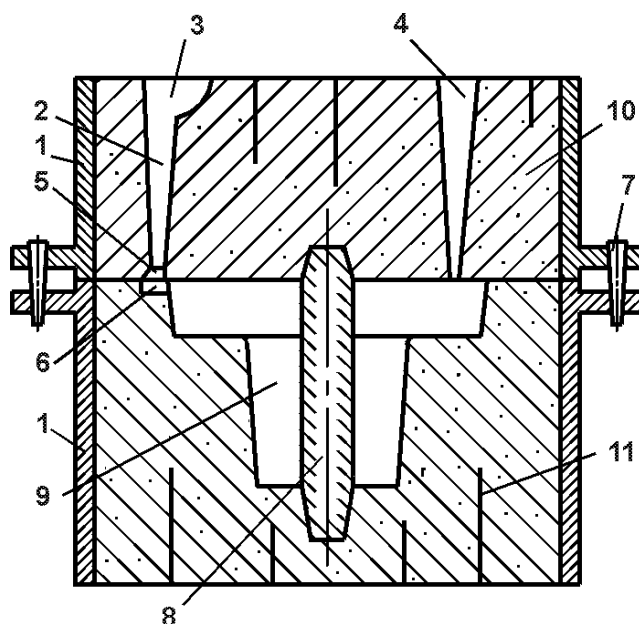


Рис. 1. Эскиз формы в сборе

- 1 - опоки; 2 - стояк; 3 - литниковая чаша; 4 - выпор; 5 - шлакоуловитель;
6 - питатель; 7 - штырь; 8 - стержень; 9 - полость формы;
10 - формовочная смесь; 11 - вентиляционные каналы

Литейная форма обычно состоит из верхней и нижней полуформ, которые изготавливаются в опоках 1 – рамах для удержания формовочной смеси. Штыри 7 обеспечивают требуемое взаимное положение полуформ.

Для образования полостей, отверстий или сложных контуров в формы устанавливают литейные стержни 8, которые фиксируют посредством выступов, входящих в соответствующие впадины формы (знаки).

Форму заливают расплавленным металлом через литниковую систему.

Литниковая система – совокупность каналов и резервуаров, по которым расплав поступает из разливочного ковша в полость формы. Основные элементы литниковой системы:

- литниковая чаша 3 служит для приема расплавленного металла;
- стояк 2 – вертикальный или наклонный канал для подачи металла в рабочую полость;
- шлакоуловитель 5, с помощью которого удерживается шлак и другие неметаллические примеси;
- питатель 6 через который расплавленный металл подводится в полость литейной формы;
- прибор (выпор) 4 – для вывода газов, контроля заполнения формы расплавленным металлом и питания отливки при ее затвердевании;
- вентиляционные каналы 11 – также для вывода газов.

По способу подвода расплава в рабочую полость формы литниковые системы делят: на нижнюю, верхнюю и боковую.

Каждая из систем имеет свои преимущества и области применения.

Например, верхняя литниковая система обеспечивает благоприятное распределение температуры в форме (температура увеличивается от нижней части к верхней), а следовательно, и благоприятные условия для направленной кристаллизации и питания отливки. Недостатки: падающая сверху струя может размыть песчаную форму, вызывая засоры; при разбрызгивании расплава возникает опасность его окисления и замешивания воздуха в поток с образованием оксидных включений.

Верхнюю литниковую систему применяют для невысоких отливок, небольшой массы и несложной формы, изготовленных из сплавов, не склонных к

сильному окислению в расплавленном состоянии (чугуны, углеродистые конструкционные стали, латуни).

§5. Изготовление песчаных литейных форм вручную.

Ручная формовка применяется для получения отливок в единичном и мелкосерийном производстве, в ремонтном и опытном производстве, а также для крупных отливок массой 200...300 т.

Наиболее широко в литейном производстве применяется формовка в парных опоках по разъемной модели.

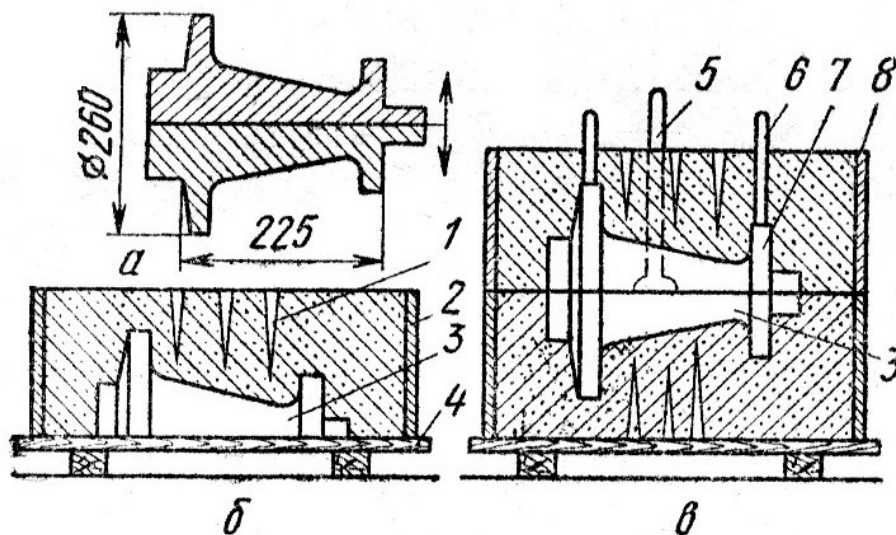


Рис. 2. Изготовление песчаных литейных форм вручную

На модельную плиту 4 устанавливают нижнюю половину модели 3, а затем опоку 2. Модель обкладывают облицовочной смесью, а затем всю опоку набивают и уплотняют наполнительной смесью. После этого с верхней стороны снимают излишек смеси и производят наколы газоотводных каналов 1.

Затем полужирную форму поворачивают на 180° и ставят на модельную плиту.

Поверхность разъема присыпают разделительным песком. На нижнюю половину модели накладывают верхнюю 7 и ставят опоку 8, модели стояка 5, прибыли (выпора) 6 и набивают их в том же порядке, как и нижнюю полуформу. Затем заглаживают верхнюю поверхность, накалывают каналы, оформляют литниковую чашу и извлекают модели стояка и выпоров.

Потом снимают верхнюю полуформу и поворачивают ее на 180. Из обеих полуформ извлекают модели и в нижней полуформе прорезают питатель (канал для подвода расплава от стояка).

В полуформах заглаживают поврежденные места, присыпают припылом, устанавливают стержень в нижнюю полуформу, накрывают ее верхней полуформой и скрепляют их.

§6. Механизация изготовления литейных форм.

Машинная формовка используется в массовом и серийном производстве.

Она повышает производительность труда, улучшает качество форм и отливок, снижает брак, облегчает условия труда.

По характеру уплотнения различают машины: прессовые, встряхивающие и другие. Уплотнение прессованием может осуществляться по различным схемам.

В машинах с верхним уплотнением уплотняющее давление действует сверху.

На столе 1 машины закрепляют модельную плиту 2 с моделью 3. При подъеме стола прессовая колодка 6 входит в наполнительную рамку 5 и уплотняет формовочную смесь в опоке 4. После прессования стол с модельной оснасткой опускают в исходное положение.

Уплотнение встряхиванием происходит в результате многократно повторяющихся встряхиваний. Под действием сжатого воздуха, подаваемого в нижнюю часть цилиндра через канал 5, стол 1 с закрепленной на нем модельной плитой 2 с моделью

и опокой 3 поднимается на 30...100 мм до выпускного отверстия 6, затем падает. Формовочная смесь уплотняется под действием инерционных сил.

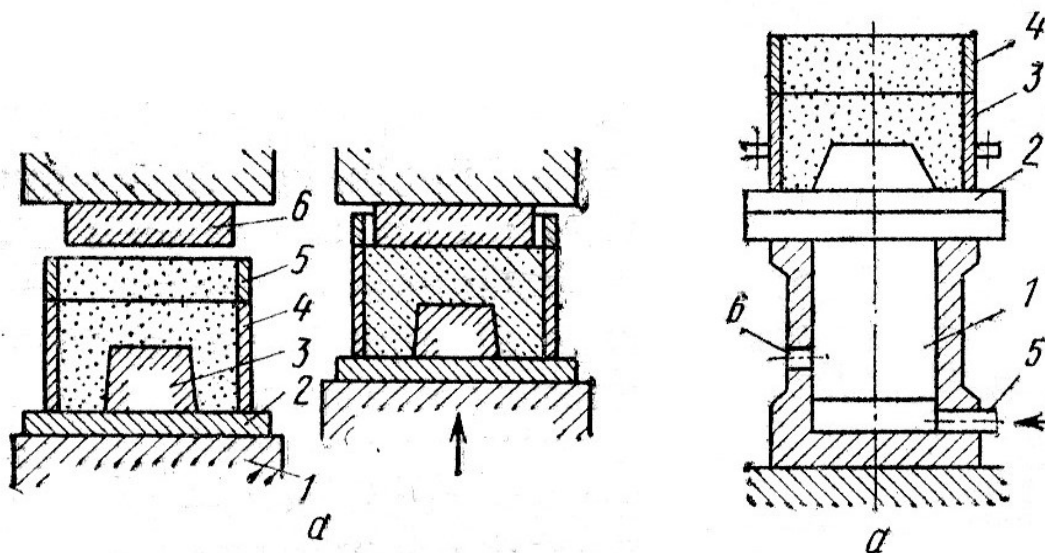


Рис. 3. Схемы уплотнения литейных форм при машинной формовке
а – прессованием; б – встряхиванием

Изготовление стержней

Изготовление стержней осуществляется вручную или на специальных стержневых машинах (прессовых, встряхивающих и других).

Изготовление стержней включает операции: формовка сырого стержня, сушка (для увеличения газопроницаемости и прочности), окраска сухого стержня.

Крупные и сложные стержни состоят из нескольких частей и после сушки их склеивают.

Для увеличения прочности стержня используются арматурные каркасы из стальной проволоки.

Стержни также могут изготавливаться на пескодувных машинах.

§7. Технологический процесс получения отливок.

Для плавления чугуна и стали в качестве исходных материалов применяют литейные или переплавные чугуны, чугуны и стальной лом, отходы производства, а также флюсы (известняк) для понижения температуры плавления и образования шлаков.

Для получения заданного химического состава и определенных свойств, в сплав в жидком или твердом состоянии вводят специальные легирующие элементы (хром, никель, марганец, титан и др.).

Чугуны в основном выплавляют в вагранках (шахтных печах).

Шихта (кокс, литейный и переплавный чугун, чугуны и стальной лом, а также флюсы) загружаются в верхней части печи, шлак и расплав выпускают в нижней.

Для плавки более качественных модифицированных и высокопрочных чугунов применяются электродуговые и индукционные печи.

Плавку стали ведут в электродуговых и индукционных печах.

Для плавления цветных металлов используют как первичные, полученные на металлургических заводах, так и вторичные, после переплавки цветного лома, металлы и сплавы, а также – флюсы.

Например, для алюминиевых сплавов хлористые и фтористые соли.

Для плавления применяют индукционные печи промышленной частоты, электрические печи сопротивления.

Заливка форм расплавленным металлом осуществляется из ковшей различных типов. Температуру расплавленного металла назначают на 100...150 С выше температуры плавления.

Низкая температура увеличивает опасность незаполнения формы, захвата воздуха, ухудшения питания отливок. При более высокой температуре металл больше на-

сыщен газами, сильнее окисляется, возможен пригар на поверхности отливки.

Заливку ведут непрерывно при постоянно заполненной литниковой чашей.

Охлаждение отливок до температуры выбивки длится от нескольких минут (для небольших тонкостенных отливок) до нескольких суток (для крупных толстостенных отливок).

Для сокращения продолжительности охлаждения форму обдувают воздухом.

Излишне длительное охлаждение экономически невыгодно.

Выбивка отливки – процесс удаления охлажденной отливки из литейной формы, при этом литейная форма разрушается. Осуществляют на специальных выбивных установках.

Например, на автоматической установке форма выталкивается из опоки на вибрационную решетку, где отливки освобождаются от формовочной смеси.

Выбивку стержней мелких отливок осуществляют вибрационно-пневматическими и гидравлическими механизмами.

Выбивку стержней в крупных отливках осуществляют гидравлическими устройствами, струей воды давлением до 10 МПа.

Обрубка отливок – процесс удаления прибылей, литников, различных дефектов. Осуществляется ленточными и дисковыми пилами, газовой резкой, пневматическими зубилами и на прессах.

Очистку отливок от пригара, остатков формовочной и стержневой смесей осуществляют во вращающихся барабанах со “звездочками” из белого чугуна (для мелких отливок), в гидropескоструйных и дробеметных камерах, а также химической или электрохимической обработкой.

Специальные способы литья.

В современном литейном производстве все более широкое применение получают специальные способы литья: в оболочковые формы, по выплавляемым моделям, кокильное, под давлением, центробежное и другие.

Эти способы позволяют получать отливки повышенной точности, с малой шероховатостью поверхности, минимальными припусками на механическую обработку, а иногда полностью исключают ее, что обеспечивает высокую производительность труда, и повышение коэффициента использования металла.

§8. Литье в оболочковые формы.

Литье в оболочковые формы – процесс получения отливок в формах-оболочках, изготовленных по горячей модельной оснастке из специальных песчано-смоляных смесей.

Метод позволяет получать отливки из любых литейных сплавов для всех областей машиностроения, масса отливок до 100 кг, толщина стенки 0,5...5,0 мм.

Формовочную смесь готовят из мелкого кварцевого песка с добавлением термореактивных связующих материалов, как правило, фенолоформальдегидной смолы.

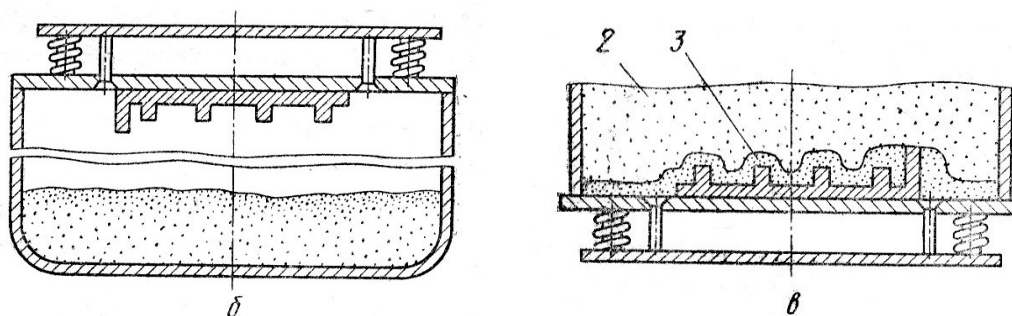


Рис. 4. Этапы формирования оболочковой формы

Металлическую модельную плиту 1 с моделью нагревают в печи до 200...250 С. Затем плиту 1 закрепляют на бункере 2 с формовочной смесью 3 и поворачивают на 180. Формовочную смесь выдерживают на плите 10...30 с. Под действием теплоты

термореактивная смола в приграничном слое расплавляется, склеивает песчинки и отвердевает с образованием песчано-смоляной оболочки 4, толщиной 5...15 мм. Затем бункер возвращается в исходное положение и излишки формовочной смеси осыпаются с оболочки.

Модельная плита с полутвердой оболочкой 4 снимается с бункера и прокаливается в печи при температуре 300...350 С. Затем оболочка снимается с модели.

Аналогичным образом получают вторую полуформу и стержень. Их склеивают или соединяют другими способами (при помощи скоб, трубочин и ...).

Собранные формы небольших размеров с горизонтальной плоскостью разъема укладывают на слой песка. Формы с вертикальной плоскостью разъема и крупные формы для предохранения от коробления и разрушения устанавливают в контейнеры и засыпают чугунной дробью или сухим песком.

Литье в оболочковые формы обеспечивает высокую точность отливок, малую шероховатость поверхностей, снижает объем механической обработки, расход формовочных материалов (высокая прочность оболочек позволяет изготавливать формы тонкостенными) и является высокопроизводительным процессом.

Метод применяется в крупносерийном и массовом производстве.

При заливке расплава в форму за счет выгорания смолы образуется тонкая газовая рубашка, предохраняющая поверхность отливки от пригара, в результате также уменьшается прочность формы, что не препятствует свободной усадке сплава.

§9. Литье по выплавляемым моделям.

Это процесс получения отливок в формах, рабочая полость которых образуется благодаря удалению (вытеканию) легкоплавкого материала модели при ее предварительном нагревании.

Этот метод литья позволяет получать отливки сложной формы из любых сплавов, в том числе из жаропрочных. Масса отливок 0,02...15 кг, толщина стенки 0,5...5,0 мм.

Технологические операции процесса литья по выплавляемым моделям:

1. Изготовление моделей путем запрессовки состава, подогретого до пастообразного состояния в пресс-форму (стальную или из алюминиевого сплава). Модельный состав включает парафин, воск, стеарин, жирные кислоты.
2. Модели собираются в модельные блоки с общей литниковой системой припаиванием, приклеиванием или механическим креплением. В один блок объединяют от 2 до 100 моделей.
3. Изготавливают формы путем погружения модельного блока в специальную жидкую огнеупорную смесь с последующей обсыпкой кварцевым песком. Затем модельные блоки сушат на воздухе или в парах аммиака. Обычно наносят от 3 до 5 слоев огнеупорного покрытия с последующей сушкой каждого слоя.

Длительность сушки на воздухе 2...4 часа, в парах аммиака меньше.

4. Модели из форм удаляют, погружая в горячую воду или с помощью нагретого пара.
5. Литейные формы устанавливают в опоке, засыпаются кварцевым песком, а затем прокалывают в печи в течение 6...8 ч при температуре 850...950 С для удаления остатков модельного состава и испарения воды.
6. Заливка форм производится в нагретом состоянии, сразу после прокаливания.
7. После затвердевания и охлаждения отливок форма разрушается, отливки отделяют от литников, направляют на химическую очистку, промывают и подвергают термической обработке.

Операции технологического процесса автоматизированы и механизированы.

Метод применяется в крупносерийном и массовом производстве, а также в мелкосерийном производстве, когда отливку другим способом получить невозможно.

Получаемые отливки имеют высокую точность и минимальные припуски на обработку (0,2...0,7 мм), что сокращает объем последующей механической обработки, снижает трудоемкость изготовления деталей, уменьшает отходы дорогостоящих и дефицитных металлов.

Недостаток – сложность и длительность процесса производства отливок, приме-

нение специальной дорогостоящей оснастки. В результате себестоимость отливок в несколько раз больше, чем при других способах литья.

Прогрессивный метод литья – литье по газифицируемым моделям.

В качестве материала модели используется вспененный полистирол. Его не надо удалять из формы, он газифицируется при заливке расплава, что упрощает и удешевляет получение формы.

§10. Литье в металлические формы.

Литье в кокиль – изготовление отливок в металлических формах-кокилях.

Этим способом получают более 40 % всех отливок из алюминиевых и магниевых сплавов, а также отливки из чугуна и стали. Масса отливок от нескольких граммов до нескольких тонн, толщина стенки 3...100 мм.

Отливки простой конфигурации изготавливают в неразъемных кокилях.

Более сложные отливки получают в кокилях с вертикальным, горизонтальным или комбинированным разъемом. Полости в отливках получают с помощью стержней, металлических или изготовленных из стержневой смеси.

Для удаления воздуха и газов по плоскости разъема кокиля прорезают вентиляционные каналы глубиной 0,2...0,5 мм.

Формирование отливки происходит при интенсивном отводе теплоты от расплавленного металла к кокилю, что способствует получению мелкозернистой структуры с высокими механическими свойствами.

Вместе с тем быстрое охлаждение снижает жидкотекучесть металла, что затрудняет получение тонкостенных, сложных отливок. Поэтому перед заливкой кокиль нагревают до 100...300 С в зависимости от условий.

Кокили изготавливают из чугуна или стали. Для повышения стойкости кокиля на его внутреннюю поверхность наносят огнеупорные покрытия и краски.

В частности для получения отливок из чугуна и стали используются облицованные кокили с покрытием толщиной 2...6 мм из стержневых смесей.

Операции технологического процесса литья в кокиль легко механизуются и автоматизируются. Используют однопозиционные и многопозиционные автоматические кокильные машины.

Литье в кокиль применяют в массовом и серийном производствах, при изготовлении разнообразных, как правило, несложных по конфигурации отливок.

Отливки имеют мелкозернистую структуру, повышенные механические характеристики, высокую точность, минимальные припуски на механическую обработку. Сокращаются расход формовочных и стержневых смесей, трудоемкие операции формовки и выбивки форм.

Недостатки кокильного литья: высокая стоимость кокилей, их ограниченная стойкость при литье из тугоплавких сплавов, трудность изготовления сложных по конфигурации отливок.

Стойкость кокилей 300...500 стальных отливок массой 100...150 кг, 5000 чугунных мелких отливок, несколько десятков тысяч отливок из алюминиевых сплавов.

§11. Литье под давлением.

Литьем под давлением получают отливки в металлических формах (пресс-формах), при этом заливку металла в форму и формирование отливки осуществляют под давлением.

Отливки получают на машинах для литья под давлением.

Расплавленный металл заливают в камеру прессования 4. Затем металл плунжером 5, под давлением 40...100 МПа, подается в полость пресс-формы, состоящей из неподвижной 3 и подвижной 1 полуформ. Внутреннюю полость получают стержнем 2. После затвердевания отливки пресс-форма раскрывается, стержень 2 извлекается и отливка 7 удаляется из рабочей полости пресс-формы выталкивателями 6.

Воздух и газы удаляются через каналы, расположенные в плоскости разъема пресс-формы.

Перед заливкой пресс-форму нагревают до 120...320 С. После удаления отливки

рабочую поверхность пресс-формы обдувают воздухом и смазывают специальными материалами для предупреждения приваривания отливки.

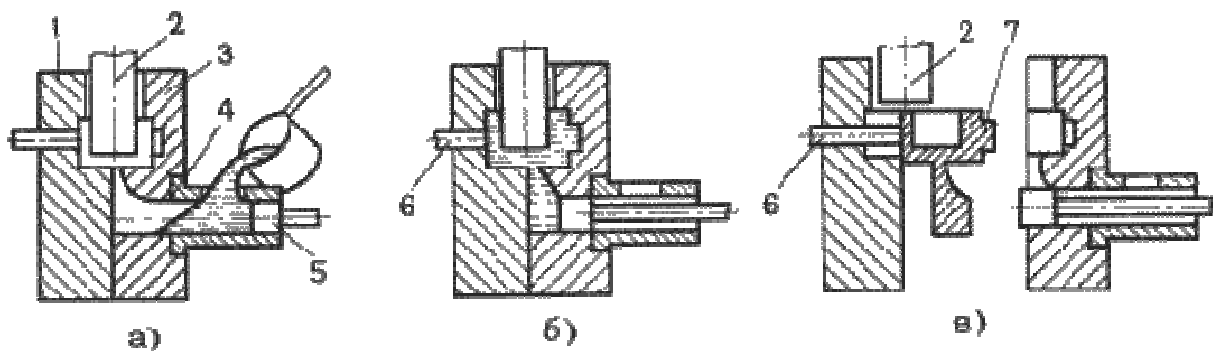


Рис. 5. Технологические операции изготовления отливок на машинах с горизонтальной холодной камерой прессования

Также используются машины с горячей камерой прессования, которую располагают в обогреваемом тигле с расплавленным металлом.

При литье под давлением расплав заполняет пресс-форму с очень большой скоростью, при этом происходит закупоривание вентиляционных каналов и из ее полости не полностью удаляется воздух. За счет быстрого затвердевания металл имеет мелкозернистую структуру, но питание отливки расплавом прекращается до завершения усадки, что приводит к увеличению объема газовых пор.

Такие отливки нельзя подвергать термической обработке, так как из-за нагрева и расширения газовых камер возможно вспучивание.

Для устранения газовых камер применяют вакуумирование расплава металла и рабочей полости перед заливкой.

Литье под давлением в высокой степени механизированный процесс. Вручную выполняются только заливка порции расплава, очистка пресс-формы, ее смазка. Но и эти операции могут быть автоматизированы.

В силу этого метод характеризуется высокой производительностью и применяется в массовом и крупносерийном производствах.

Получают относительно некрупные и достаточно сложные отливки из цветных (медных, алюминиевых, магниевых, цинковых) сплавов, реже из сталей. Масса отливок до 45 кг, толщина стенки от 0,8 мм, отливки имеют высокую размерную точность и низкую шероховатость поверхностей.

Недостатки литья под давлением: высокая трудоемкость изготовления пресс-форм, высокая стоимость пресс-формы и оборудования, трудно получить отливки со сложными полостями, наличие газовой пористости.

§12. Центробежное литье.

При центробежном литье сплав заливается во вращающиеся формы.

Формирование отливки осуществляется под действием центробежных сил, что обеспечивает плотную структуру металла без усадочных раковин и рыхлостей и, как следствие, высокие механические свойства отливок.

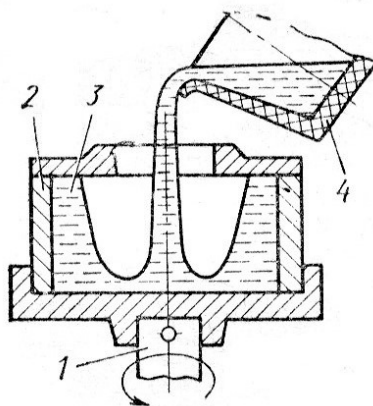


Рис. 5. Центробежное литье

Оборудование – центробежные машины с горизонтальной или вертикальной

осью вращения.

При получении отливок на машинах с вращением формы вокруг горизонтальной оси металл из ковша 4 заливают во вращающуюся форму 2, укрепленную на шпинделе 1, который вращается от электродвигателя.

Под действием центробежных сил металл прижимается к боковой стенке изложницы. Литейная форма вращается до полного затвердевания отливки, затем отливку извлекают.

Этот способ применяют для получения отливок большой длины (труб, втулок).

Оборудование – центробежные машины с горизонтальной или вертикальной осью вращения.

Металлические формы (изложницы) изготавливают из чугуна и стали. В процессе литья изложницы снаружи охлаждают водой или воздухом. На рабочую поверхность изложницы наносят теплозащитные покрытия для увеличения срока их службы. Перед работой изложницы нагревают до 200 С.

Центробежным литьем изготавливают отливки из чугуна, стали, сплавов титана, алюминия, магния и цинка (трубы, втулки, кольца, подшипники качения, бандажные колеса железнодорожных вагонов).

Масса отливок от нескольких килограммов до 45 т. Толщина стенок – от нескольких миллиметров до 350 мм.

Преимущества:

1. получение внутренних полостей трубных заготовок без применения стержней;
2. экономия сплава за счет отсутствия литниковой системы;
3. можно получить тонкостенные отливки из сплавов с низкой текучестью, что невозможно сделать при других способах литья;
4. возможность получения двухслойных заготовок, что достигается поочередной заливкой в форму различных сплавов (сталь – чугун, чугун – бронза).

Недостатки: неоднородность химического состава (ликвация) материала отливок, наличие неметаллических включений на внутренних поверхностях.

Тема 5. Технология сварочного производства.

§1. Общая характеристика сварочного производства, его особенности.

Сваркой называется процесс получения неразъемных соединений металлических и неметаллических материалов, в результате образования межатомных и межмолекулярных связей по контактируемым поверхностям деталей.

Сварка является одним из основных технологических процессов изготовления различных металлических конструкций и изделий.

Преимущества процессов сварки:

1. в сварных соединениях отсутствует ослабление металла отверстиями, которые необходимы в клепаных и болтовых соединениях, также нет необходимости применять промежуточные элементы, например, уголки;
2. по сравнению с литыми сварные конструкции позволяют экономить металл за счет его рационального использования, так как в литых конструкциях в одном узле не допускается сочетание тонких и толстых стенок;
3. снижение трудоемкости изготовления сложных корпусных деталей;
4. возможность изготовления конструкций сложной формы из отдельных деталей, полученных ковкой, прокаткой, штамповкой.

Особенности, которые могут отрицательно влиять на прочность и надежность изделия:

1. изменение исходных свойств основного материала в зоне сварного шва;
2. появление остаточных напряжений и коробления (деформации) в процессе сварки;
3. повышенная чувствительность к знакопеременным напряжениям, особенно вибрациям.

Влияние этих факторов можно исключить выбором конструкции, правильным выбором основного и сварочного материалов, назначением оптимальной технологии заготовительных, сборочных и сварочных операций.

Сваркой соединяют не только металлические материалы, но также металлы с неметаллами и неметаллические материалы между собой (например, сталь – стекло, медь – керамика и др.).

§2. Понятие свариваемости. Классификация способов сварки и сварных соединений.

Свойство металла или сочетания металлов образовывать сварочное соединение, называется свариваемостью.

Материалы, для сварки которых не требуется специальное оснащение, специальные технологические приемы и особая последующая обработка (сварка с подогревом, термическая обработка соединений и ...) считаются хорошо сваривающимися.

Свариваемость является показателем, который изменяется при изменении требований к сварным соединениям, при разработке новых способов, приемов и новой технологии сварки.

В процессе развития сварочной техники происходит непрерывная переоценка свариваемости, плохо сваривающиеся материалы переходят в разряд хорошо сваривающихся, а некоторые, считавшиеся ранее хорошо сваривающимися материалами, из-за повышения требований к качеству конструкций признаются неудовлетворительно сваривающимися и заменяются новыми.

Применяется сварка плавлением и сварка давлением.

При сварке плавлением происходит расплавление кромок заготовок (при необходимости и присадочного прутка) для заполнения зазора между ними. Образуется сварочная ванна расплавленного металла, который по мере удаления источника нагрева кристаллизуется с образованием сварочного шва.

К сварке плавлением относятся: дуговая сварка, электрошлаковая, газовая, электронно-лучевая и другие.

При сварке давлением соединение заготовок производится пластической деформацией соединяемых поверхностей. Чему обычно предшествует нагрев для снижения сопротивления деформации. В процессе деформации происходит смятие неровностей и течение металла вдоль соединяемых поверхностей. Этим обеспечивается

необходимый контакт между заготовками и условия для возникновения межатомных связей.

К сварке давлением относятся: контактная, диффузионная, ультразвуковая, трением, взрывом и другие.

§3. Электрическая дуговая сварка, сущность процесса.

Источником теплоты является электрическая дуга, которая горит между электродом и заготовкой.

Сварочной дугой называется мощный электрический разряд между электродами, находящимися в среде ионизированных газов и паров.

Различают следующие разновидности дуговой сварки:

1. Сварка неплавящимся графитовым или вольфрамовым электродом 1, дугой прямого действия 2, при которой соединение выполняется путем расплавления только основного металла 3 либо с применением присадочного металла 4.

Сварка производится на постоянном токе прямой полярности (электрод становится катодом – , заготовка – анодом +),

Сварку, как правило, ведут в среде защитных газов.

2. Сварка плавящимся металлическим электродом 1 дугой прямого действия 2 с одновременным расплавлением основного металла и электрода.

В качестве электрода используется сварочная проволока (лента или пластина), близкая по химическому составу к свариваемому материалу. Питание дуги осуществляется источником переменного тока.

Этот способ наиболее распространен в производстве.

3. Сварка косвенной дугой 5, горящей между двумя неплавящимися электродами, при этом основной металл нагревается и расплавляется теплотой дуги.

Сварной шов может образовываться с присадочным металлом, так и без его, за счет расплавления кромок. Питание дуги осуществляется источником переменного тока, что обеспечивает равномерный расход электродов.

4. Сварка трехфазной дугой, при которой дуга горит между каждым электродом и основным металлом.

Метод характеризуется высокой производительностью, как правило, используется при автоматической сварке под слоем флюса для металла большой толщины.

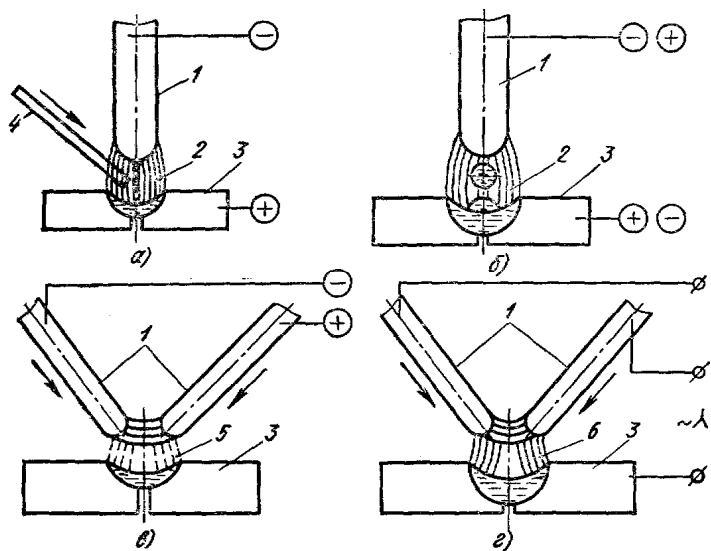


Рис. 1. Сварка неплавящимся электродом (а); сварка плавящимся электродом (б); сварка дугой косвенного действия (в); сварка трехфазной дугой (г).

§4. Ручная электродуговая сварка покрытым электродом, схема процесса.

Назначение и состав покрытия электрода.

Ручную дуговую сварку выполняют штучными электродами, которые сварщик подает к свариваемому изделию и перемещает в нужном направлении.

Используются электроды из сварочной проволоки диаметром 2...8 мм, на поверхность которых наносят различные покрытия-обмазки.

Ручную сварку применяют для соединения металла толщиной от 1 мм до 30 мм в любых пространственных положениях, любой протяженности и конфигурации, а также при наложении швов в труднодоступных местах. Сваривают стали, чугуны, алюминиевые и медные сплавы, некоторые титановые сплавы.

Недостатком ручной дуговой сварки является невысокая производительность и зависимость качества сварного шва от практических навыков сварщика, а также трудность сварки тонкого материала (менее 1...2 мм).

Ручную дуговую сварку также можно осуществлять и неплавящимся угольным или вольфрамовым электродом.

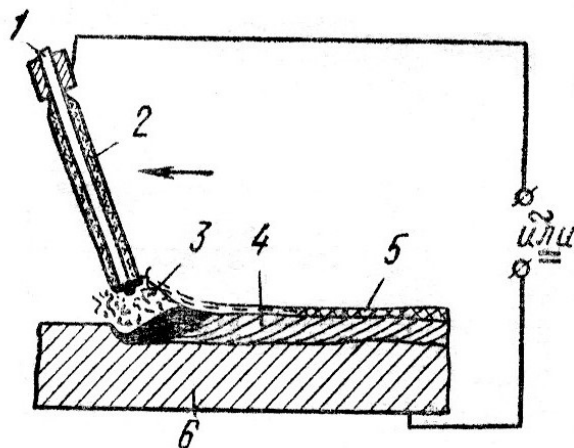


Рис. 2. Ручная дуговая сварка

Дуга 3 горит между проволокой 2 электрода и основным металлом 6. Проволока плавится, расплавленный металл каплями стекает в сварочную ванну. Также плавится покрытие 2 электрода, образуя защитную газовую атмосферу вокруг дуги и жидкую шлаковую ванну на поверхности расплавленного металла. По мере движения дуги сварочная ванна затвердевает и формируется сварной шов 4. Жидкий шлак образует твердую шлаковую корку 5.

Покрытия электродов выполняют следующие функции:

1. Газовая защита зоны сварки и расплавленного металла предохраняет его от взаимодействия с кислородом, водородом и азотом воздуха, которые снижают качество металла шва.

Кислород, соединяясь с железом, образует закись железа FeO , как следствие, металл шва приобретает низкие прочностные свойства. Поглощение сварочной ванны азота и водорода приводит к хрупкости металла и к образованию кристаллизационных трещин.

Газообразующие вещества вводят в покрытие в виде органических соединений: древесной муки, целлюлозы, крахмала, пищевой муки.

При сгорании они выделяется большое количество газов, которые оттесняют от сварочной ванны кислород и азот воздуха.

2. Шлаковая защита расплавленного металла от воздействия кислорода и азота воздуха за счет шлакового покрытия на поверхности расплавленного металла. Шлаковое покрытие также уменьшает скорость охлаждения металла шва, способствуя выходу из него газовых и неметаллических включений.

Шлакообразующими компонентами являются титановый концентрат, каолин, мрамор, мел, кварцевый песок, доломит, полевошпат и др.

3. Раскисление металла сварочной ванны то есть удаление из нее кислорода. Для этого в состав покрытия вводят марганец, кремний, алюминий, молибден, хром.

В расплавленном металле эти элементы вступают в соединение с кислородом и всплывают в виде окислов на поверхность сварочной ванны.

4. Легирование металла шва для придания специальных свойств наплавленному металлу. Легирование осуществляют хромом, никелем, молибденом, марганцем и др.
5. Стабилизация горения дуги посредством соединений калия, натрия, кальция, бария.

В качестве связующего компонента применяют жидкое стекло. Оно связывает компоненты покрытия между собой и со стержнем электрода.

§5. Автоматическая сварка под слоем флюса, схема процесса. Сварочные флюсы.

Основным современным видом сварки при изготовлении ответственных конструкций является автоматическая дуговая сварка под слоем флюса.

Преимущества сварки:

1. Хорошая и сравнительно дешевая защита расплавленного металла от воздействия атмосферного воздуха.
2. Производительность при автоматической сварке под флюсом по сравнению с ручной дуговой увеличивается в 5...25 раз.
3. Более низкий расход электродного металла вследствие уменьшения его доли в образовании шва (с 70 до 30%) и снижения потерь на угар и разбрызгивание.
4. Не требуется квалифицированная рабочая сила.

Недостатки автоматической сварки под флюсом:

1. Возможность сварки только в нижнем положении.
2. Необходимость более тщательной (по сравнению с ручной сваркой) подготовки кромок и более точной сборки деталей под сварку.
3. Невозможность сварки стыковых швов на весу, то есть без подкладки или предварительной подварки нижней части шва.

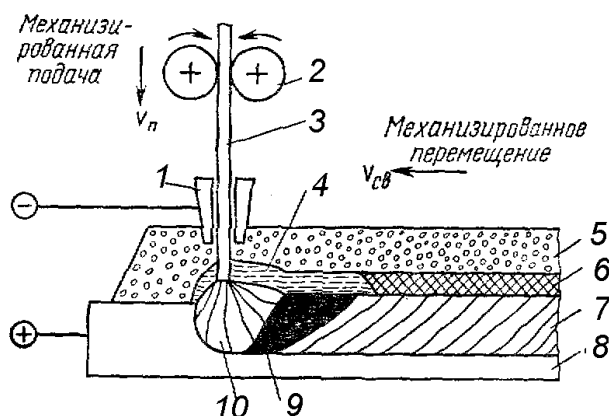


Рис. 3. Автоматическая сварка под слоем флюса

Дуга 10 горит между электродной проволокой 3 и основным металлом 8. Столб дуги и сварочная ванна 9 закрыты слоем флюса 5 толщиной 30...50 мм. Часть флюса расплавляется, образуя ванну жидкого шлака 4, защищающий жидкий металл от окружающей среды. При поступательном движении электрода постепенно происходит затвердевание сварочной и шлаковой ванн, образование сварного шва 7, покрытого твердой шлаковой коркой 6, которая впоследствии легко отделяется.

Проволоку подают с помощью механизма подачи 2. Ток к электроду подводят через токопровод 1.

Нерасплавленный в процессе сварки флюс используется повторно.

Сварку под флюсом можно осуществлять переменным и постоянным током. Предпочтителен постоянный ток, он обеспечивает высокое качество сварных швов.

Объем сварочной ванны при автоматической сварке составляет 10...20 см³ и, чтобы жидкий металл не стекал, шов располагают в горизонтальной плоскости.

Возможен небольшой наклон (не более 7°).

При сварке под флюсом возможно глубокое проплавление основного металла, поэтому детали большой толщины можно сваривать без разделки кромок, но с обязательным зазором между листами. При сборке деталей под сварку необходимо обеспечить:

- постоянную величину зазора по всей длине шва, что достигается закреплением соединяемых деталей на специальных стеллажах или в приспособлениях;
- защиту обратной стороны шва от вытекания металла из зазора, используется сварка на медной подкладке или на слое флюса с нижней стороны свариваемых листов).

Флюс представляет собой зернообразный продукт с размером зерен 1...3 мм.

По способу изготовления флюсы подразделяются на плавленые и керамические.

Плавленные флюсы получают сплавлением исходных компонентов в пламенных или электрических печах с последующей грануляцией. Они включают только шлакообразующие компоненты: марганцевая руда MnO , кремнезем SiO_2 , полевой и плавленый шпат, доломит, известняк CaO .

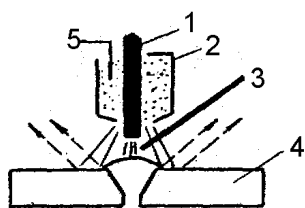
Эти флюсы служат только для образования шлаков и применяются при сварке углеродистых сталей.

Керамические флюсы кроме шлакообразующих компонентов содержат также раскислители и различные легирующие элементы. В процессе изготовления компоненты тщательно размалывают и в установленной пропорции перемешивают с жидким стеклом. Приготовленную смесь гранулируют, затем просушивают и прокаливают при 600...700.

Керамические флюсы применяются для сварки легированных сталей, включая коррозионностойкие, сварке цветных металлов и сплавов.

§6. Дуговая сварка в среде защитных газов.

При такой сварке электрод, зона дуги и сварочная ванна защищены струей защитного газа. Применяют инертные газы (чаще всего аргон) и активные газы (углекислый газ, азот и др.).



- 1-электрод
- 2-горелка
- 3-присадочная проволока
- 4-деталь
- 5-защитный газ

Рис. 4. Дуговая сварка в среде защитных газов

Аргонодуговая сварка.

Сварка может выполняться как плавящимся, так и неплавящимся электродом.

Сваркой неплавящимся (вольфрамовым) электродом соединяется металл толщиной 0,8...6 мм. Для образования сварного шва используется металл отбортовки или присадочная электродная проволока. В большинстве случаев подача проволоки механизирована.

Сварка осуществляется на постоянном токе прямой полярности и переменном токе.

В последнем случае с поверхности свариваемого металла (алюминия, магния и их сплавов) под действием тяжелых положительных ионов аргона удаляются оксиды, что повышает качество шва.

Удаление оксидов происходит в период обратной полярности, когда катодом (–) является заготовка и ... (катодное распыление).

Для соединения листового металла толщиной 0,2...1,5 мм используют сварку в импульсном режиме. Между постоянным электродом и заготовкой горит дежурная дуга малой мощности, на которую накладываются более мощные импульсы сварочной дуги. Это позволяет дозировать тепловыделение и сваривать очень тонкие листы.

Меняя мощность импульсов, продолжительность импульсов и перерывов между ними можно оптимизировать процесс сварки.

Плавящимся электродом сваривают металл толщиной 3 мм и более. Электрод – проволока химического состава близкого составу металла изделия. Сварку производят на постоянном токе обратной полярности.

Аргонодуговую сварку применяют при изготовлении тонколистовых конструкций из легированных и высоколегированных сталей, цветных (алюминий, магний, медь) и тугоплавких (титан, ниобий, ванадий, цирконий) металлов и их сплавов.

Область применения – узлы летательных аппаратов, элементы атомных установок, корпуса и трубопроводы химических аппаратов.

Азотнодуговая сварка.

В качестве защитного газа используется азот. Применяется для сварки меди и ее сплавов, так как азот с медью не образует химического соединения.

Обычно сварка меди производится угольным или вольфрамовым электродом. Для раскисления (удаления кислорода) сварочной ванны используют специальные флюсы или специальная электродная проволока, содержащая раскислители.

Сварка в среде углекислого газа.

Преимуществами данного способа – низкая стоимость углекислого газа и высокая производительность.

Применяется при сварке углеродистых и низколегированных сталей (газо- и нефтепроводы, корпуса судов и ...).

Сварка, как правило, производится плавящимся электродом на постоянном токе обратной полярности.

Электрод (+) заготовка – катод (–)

Углекислый газ, попадая в высокотемпературную часть дуги, распадается на окись углерода и кислород, который окисляет железо и легирующие элементы. Окисляющее действие кислорода нейтрализуется введением в электродную проволоку дополнительного количества раскислителей (при сварке сталей это кремний и марганец).

Они соединяются с кислородом и всплывают в виде шлака.

Основной недостаток – разбрызгивание электродного металла до 10 %, на зачистку расходуется 30...40 % времени сварки.

§7. Электрошлаковая сварка. Схема процесса.

При этом способе сварки тепловую энергию, для расплавления основного и присадочного металла, дает теплота, выделяемая в объеме шлаковой ванны при прохождении через нее тока.

Свариваемые заготовки 5 устанавливают вертикально. В замкнутое пространство между кромками изделий и водоохлаждаемыми медными ползунами 6 засыпают флюс и подают электродную проволоку 1. В начале процесса возбуждают дугу, флюс плавится и образуется электропроводный шлак 2.

В последующем ток, проходя через шлак, разогревает его, что приводит к расплавлению кромок основного металла и электрода. Расплав стекает вниз, образует сварочную ванну 3 и в последующем затвердевает с образованием шва 4.

Охлаждаемые водой медные ползуны предотвращают вытекания жидкого металла и шлака и ускоряют затвердевания сварного шва.

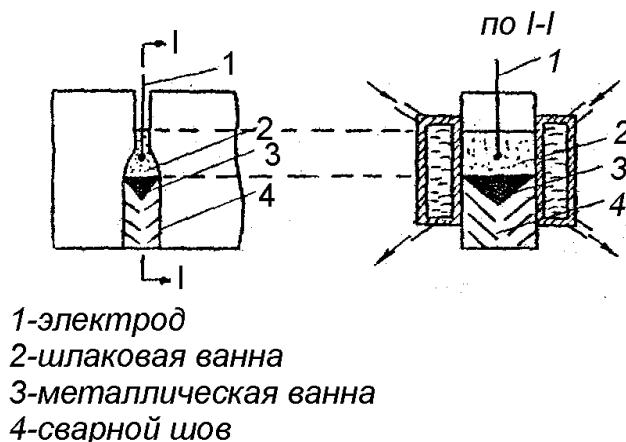


Рис. 5. Электрошлаковая сварка

В начальном и конечном участках шва образуются дефекты: в начале шва – непровар кромок, в конце шва – усадочная раковина и неметаллические включения. Поэтому сварку начинают и заканчивают на специальных планках, которые затем удаляют (они удлиняют шов).

Шлаковая ванна – более распределенный источник энергии, чем электрическая дуга, что позволяет сваривать металл большой толщины. Минимальная толщина со-

ставляет 45...50 мм, сварка металла меньшей толщины экономически невыгодна. Максимальная толщина практически неограничена (500 мм и более).

В зависимости от толщины шва в качестве электродов используется проволока (до трех штук) или пластина.

Сварка осуществляется в автоматическом режиме.

Преимущественно используют переменный ток.

Состав сварного шва определяется выбором соответствующей электродной проволоки.

При любой толщине соединяемого металла сварка выполняется за один проход и не требует предварительной подготовки кромок.

Метод характеризуется высокой производительностью, низкими затратами (в 10 раз меньше чем при сварке под флюсом) и хорошим качеством шва. За счет длительного пребывания металла шва в жидком состоянии облегчается всплывание неметаллических включений и газовых пузырей из металла шва.

При сварке основной металл подвержен сильному термическому воздействию, происходит рост зерен металла и ухудшение его структуры. Поэтому после сварки изделия, обязательно подвергают термообработке (отжигу или нормализации).

Такой сваркой получают крупногабаритные конструкции: корпусные детали мощных прессов, станков и прокатных станов, роторы и валы гидравлических турбин, паровые котлы и ...

§8. Газовая сварка и термическая резка.

При газовой сварке заготовки и присадочный материал расплавляют высокотемпературным пламенем газовой горелки.

Рис. 6. Газовая сварка

Пламя получают при сгорании горючего газа в атмосфере технического чистого кислорода. Горючие газы – ацетилен, также используются природные газы, водород, пары бензина и керосина.

Ацетилен C_2H_2 предпочтителен для сварки, так как имеет высокую температуру пламени ≈ 3200 С и сгорает с выделением большого количества тепла, остальные газы применяются при кислородной резке.

Все перечисленные газы хранятся в баллонах под высоким давлением.

Ацетилен получают в газогенераторах при взаимодействии карбида кальция CaC_2 с водой. Газогенератор может быть мобильным и размещаться рядом с рабочим местом.

Кислород в голубых, ацетилен в белых, давление соответственно 15 и 1,5 МПа. В ацетиленовом баллоне находится пористая масса (активированный уголь) и ацетон (в одном объеме ацетона растворяется 23 объема ...). Растворенный ацетилен пропитывает уголь и становится безопасным.

В баллонах есть газовые редукторы, понижающие давление до рабочего 0,1 и 0,02 МПа соответственно.

Для образования сварочного пламени используются горелки. В горелке осуществляется смешивание ацетилена с кислородом, на выходе из горелки при сгорании образуется пламя. Наиболее распространены горелки инжекторного типа. Горелки имеют сменные наконечники с различными диаметрами выходных отверстий, что позволяет регулировать мощность пламени.

При соотношении газов в пламени $O_2/C_2H_2 = 1,1$ пламя называется нормальным, его применяют для сварки сталей.

При соотношении $O_2/C_2H_2 > 1,1$ пламя окислительное (голубое) используется только при сварке латуней.

При $O_2/C_2H_2 < 1,1$ пламя науглероживающее, его используют при сварке чугуна и цветных металлов (наличие в пламени избыточного углерода компенсирует его выгорание в сплаве и восстанавливает оксиды цветных металлов).

При газовой сварке заготовки нагреваются более плавно, поэтому она применяется для сварки металлов малой толщины (0,2...3 мм); легкоплавких цветных металлов и сплавов; металлов и сплавов, требующих постепенного нагрева и охлаждения (чугун, латуни, инструментальные стали); для подварки дефектов чугунных и бронзовых отливок.

При кислородной резке происходит локальное сжигание металла в струе кислорода и удаление этой струей образующихся оксидов.

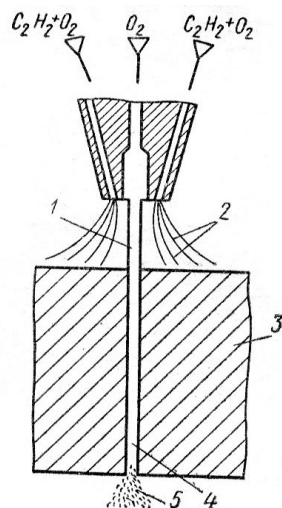


Рис. 7. Кислородная резка

В начальной точке реза металл 3 нагревается до температуры его горения (для стали 1000...1200 С) подогревающим пламенем 2. Затем направляется струя режущего кислорода 1 и нагретый металл начинает гореть с выделением теплоты, которая дополнительно разогревает лежащие ниже слои. Образующиеся оксиды 5 расплавляются и выдуваются струей кислорода из зоны реза 4.

Для обеспечения процесса резания температура плавления металла должна быть выше температуры его горения в кислороде,

при сгорании металла должно выделяться количество теплоты достаточное для поддержания горения.

Еще важно, чтобы металл имел низкую теплопроводность (медленно отводил тепло из зоны резания, иначе не нагреть), образующиеся оксиды должны быть жидкотекучими.

Кислородная резка применяется при разрезании низкоуглеродистых и низколегированных сталей толщиной 5...300 мм.

Резка может быть ручной и машинной.

Машинная резка обеспечивает высокое качество реза и выполняется на специальных автоматах и полуавтоматах с одним или несколькими резаками.

§9. Электрическая контактная сварка, сущность процесса.

Контактная сварка – способ соединения деталей путем нагрева их проходящим током до пластического или жидкого состояния с последующей осадкой – сдавливанием заготовок.

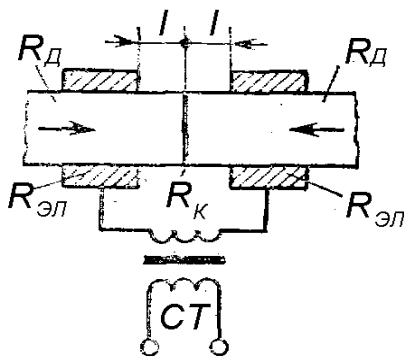


Рис. 8. Схема контактной сварки

При прохождении электрического тока по свариваемым деталям количество выделяемой теплоты определяется законом Джоуля-Ленца:

$$Q = I^2 R t, \text{ Дж,}$$

где I – сварочный ток, А;

R – суммарное сопротивление сварочной цепи, Ом;

t – время протекания тока, сек.

В контакте свариваемых деталей, где сопротивление максимально, выделяется наибольшее количество теплоты и металл быстро нагревается. Когда детали нагреются до пластического состояния или оплавления, к ним прикладываются усилия осадки, и детали свариваются.

Основными способами контактной сварки являются: стыковая; точечная; шовная.

§10. Стыковая сварка.

Стыковая сварка – вид контактной сварки, при которой заготовки свариваются по всей поверхности соприкосновения.

Различают стыковую сварку сопротивлением и стыковую сварку оплавлением.

При сварке сопротивлением торцы заготовок зачищают, заготовки прижимают одна к другой усилием, обеспечивающим образование контакта свариваемых поверхностей, и включают ток. После нагрева металла в месте контакта до пластического состояния усилие прижима заготовок повышают, в результате происходит осадка. Осадку начинают при включенном токе и завершают при выключенном.

Место соединения после сварки имеет заметное утолщение – грат. Оно получается в результате пластического деформирования металла стыка.

При сварке сопротивлением требуется тщательная подготовка свариваемых поверхностей для обеспечения плотного их прилегания.

Метод применяется при сварке деталей малого сечения (до 100 мм²), при больших сечениях нагрев неравномерен.

Сечения соединяемых заготовок должны быть одинаковы и просты по форме (круг, квадрат, труба). Материал – низкоуглеродистые и низколегированные стали, алюминиевые сплавы.

Стыковая сварка с оплавлением состоит из двух стадий: оплавления и осадки. Включают ток и заготовки медленно сближают. При этом торцы заготовок касаются отдельными небольшими площадками. В результате прохождения тока высокой плотности через эти площадки, они мгновенно расплавляются.

После достижения равномерного оплавления всей поверхности стыка заготовки осаживают. Осадку начинают при включенном токе и завершают при выключенном.

Сварка оплавлением имеет ряд преимуществ:

1. Не требуется особая подготовка места соединения, в процессе оплавления сглаживаются все неровности, а окислы и загрязнения удаляются вместе с расплавленным металлом.
2. Можно сваривать заготовки с сечением сложной формы и с различными (не равными) сечениями.
3. Возможна сварка разнородных металлов (углеродистой и легированной стали, меди и алюминия и ...).

§11. Точечная сварка. Шовная сварка.

Точечная сварка – вид контактной сварки, при котором изделия, наложенные одно на другое, свариваются в отдельных точках.

Применяется для изделий, где не требуется герметичность конструкции (для сварки каркасов, кузовов автомашин, листовых конструкций и др.)

Толщина заготовок, соединяемых точечной сваркой составляет 0,5...5 мм.

Свариваемые поверхности очищаются. Детали 1 устанавливают внахлестку и зажимают двумя медными электродами 2 некоторым усилием P . При протекании тока через электроды и свариваемые детали происходит быстрый нагрев металла деталей.

Нагрев продолжается до пластического состояния внешних слоев и до расплавления внутренних слоев. После чего выключают ток и несколько увеличивают, а потом снимают усилие P , в результате образуется сварная точка.

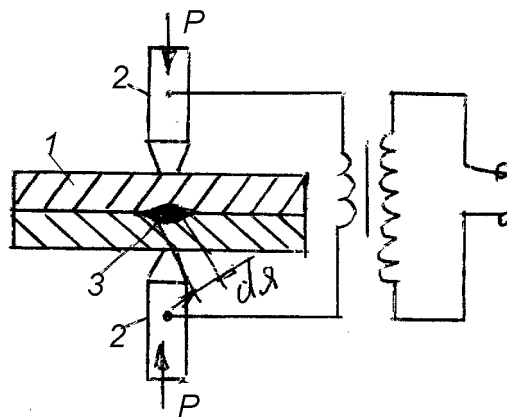


Рис. 9. Схема точечной сварки

Расплав стыка объясняется тем, что контактное сопротивление между электродом и деталью меньше контактного сопротивления между деталями. Кроме того, медные электроды охлаждаются водой и интенсивно отводят теплоту от места их контакта с деталью.

Для повышения производительности используют многоточечную контактную сварку.

Шовная или роликовая сварка применяется для получения прочных и плотных швов при изготовлении тонкостенных сосудов, предназначенных для хранения жидкостей, газов и других продуктов, а также в производстве тонкостенных труб.

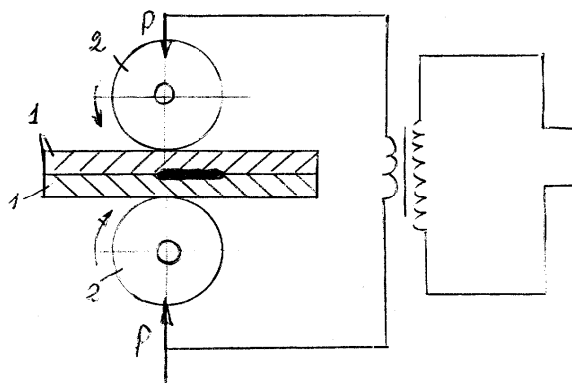


Рис. 10. Схема шовной сварки

Листы 1 толщиной 0,3...3 мм собирают внахлестку и затем зажимают усилием P между двумя медными роликами 2 (электродами), к которым подводят электрический ток. При протекании тока в сварочной цепи и отсутствии вращения роликов образуется сварная точка. Если ролики вращать, то точка превращается в сплошной герметичный шов.

Шовную сварку осуществляют на переменном токе силой 2000...5000 А. Диаметр роликов равен 40...350 мм. Усилие сжатия свариваемых деталей достигает 6 кН, скорость сварки 0,5...3,5 м/мин.

§11. Сварка трением, сущность и схема процесса.

Сварка трением происходит в твердом состоянии при воздействии теплоты, возникающей при трении свариваемых поверхностей.

Трение осуществляется вращением или возвратно-поступательным перемещением предварительно прижатых заготовок.

В результате нагрева и сжатия происходит пластическая деформация. На контактирующих поверхностях возникают металлические связи и образуется сварное соединение.

Оксидные пленки на соединяемых поверхностях разрушаются при трении и удаляются (выдавливаются) за счет пластической операции.

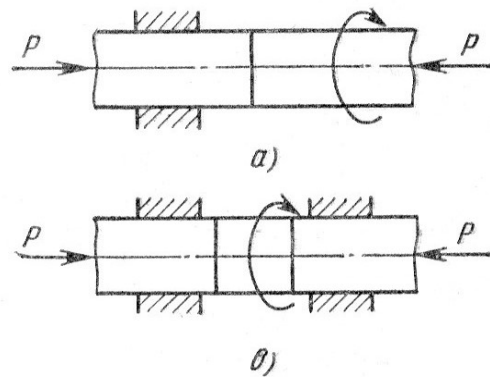


Рис. 11. Сварка трением.

Тут можно пояснить, какую деталь вращают (короткую), при сварке длинных деталей вращают вставку, а детали неподвижны.

Для получения качественного соединения в конце процесса необходимо быстрое прекращение движения и приложение сжимающей силы.

Параметры режима сварки (скорость вращения, сила сжатия, продолжительность нагрева) определяются свойствами свариваемого металла, площадью сечения и конфигурацией заготовок.

Сваркой трением соединяют однородные и разнородные металлы и сплавы (различные стали, медь со сталью, алюминий с титаном и другие).

Соединения характеризуются высокими механическими свойствами.

Сварку трением применяют при изготовлении режущего инструмента (сверл, фрез и ...), различных валов, штоков с поршнями, пуансонов.

По сравнению с контактной стыковой сваркой затраты энергии снижаются в 5...10 раз.

§12. Ультразвуковая сварка, сущность и схема процесса.

При такой сварке неразъемное соединение деталей происходит за счет совместного воздействия на них ультразвуковых колебаний и небольших сжимающих усилий.

В месте контакта деталей под действием сил трения, возникающих в результате касательных ультразвуковых колебаний, происходит разрушение тонких пленок на соединяемых поверхностях и их нагрев. После достижения соответствующей температуры под действием сжимающих усилий металл пластически деформируется и образует сварное соединение.

Частота колебаний 15...70 кГц.

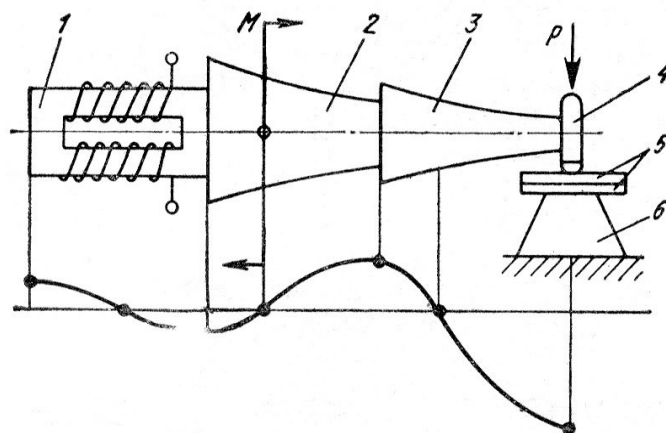


Рис. 12. Ультразвуковая сварка

Свариваемые заготовки 5 размещают на опоре 6. Наконечник 4 рабочего инструмента 3 соединен с магнитострикционным преобразователем 1 через трансформатор 2 продольных колебаний. Нормальная сжимающая сила создается моментом М в узле колебаний.

Магнитострикционный эффект – изменение размеров некоторых ме-

таллов, сплавов и керамики под действием переменного магнитного поля.

Ультразвуковой сваркой получают точечные и шовные соединения.

Особенность процесса сварки:

1. нет необходимости в тщательной очистке свариваемых поверхностей (достаточно обезжиривания),
2. низкая температура в зоне сварки (300 С при сварке алюминия и 600 С при сварке сталей) не снижает механические свойства металла и не приводят к изменению их структуры,
3. невысокая стоимость сварочных машин,
4. низкий расход энергии (около 10 % от контактной сварки).

Ультразвуковой сваркой можно сваривать заготовки толщиной 0,001...1 мм, а также приваривать тонкие листы или фольгу к деталям большой толщины.

Способ позволяет соединять однородные и разнородные материалы (медь со сталью, алюминий с медью и другие).

Ультразвуковую сварку используют в приборостроении, радиоэлектронике, авиационной промышленности.

Тема 6. Технология обработки заготовок. Теоретические и технологические основы механической обработки.

§1. Движения для осуществления процесса резания. Схема обработки.

Обработка металлов резанием - процесс срезания режущим инструментом с поверхности заготовки слоя металла в виде стружки для получения необходимой геометрической формы, точности размеров, взаимного расположения и шероховатости поверхностей детали.

Чтобы срезать с заготовки слой металла, необходимо режущему инструменту (РИ) и заготовке сообщить относительные движения. Эти движения обеспечиваются рабочими органами станков, в которых заготовка и инструмент устанавливаются и закрепляются.

Движения резания:

- главное движение резания определяет скорость деформирования материала и отделения стружки (V);
- движение подачи обеспечивает непрерывное врезание режущей кромки инструмента в материал заготовки (S).

По характеру указанные движения могут быть вращательными, поступательными, возвратно-поступательными.

Установочные движения – движения, обеспечивающие требуемое взаимное положение РИ и заготовки для срезания с нее определенного слоя металла.

Вспомогательные движения – перемещение заготовки быстрые перемещения рабочих органов (подвод – отвод инструмента, его смена).

Для любого процесса резания можно составить схему обработки, на которой указываются заготовка, способ ее установки на станке, положение инструмента (как правило, в момент окончания обработки), а также движения резания.

В процессе резания на заготовке различают обрабатываемую поверхность 1, обработанную поверхность 2, поверхность резания 3.

Обработанную поверхность на схеме выделяют утолщенной линией.

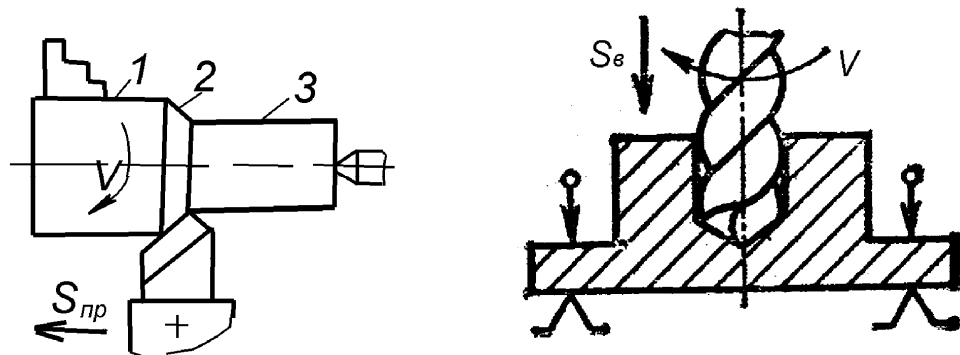


Рис.1. Схемы обработки заготовки точением и сверлением

§2. Элементы режима резания, параметры срезаемого слоя.

Основными элементами режима резания являются: скорость резания V , подача S и глубина резания t . Рассмотрим эти элементы на примере токарной обработки.

Скорость резания V - это расстояние, пройденное точкой режущей кромки инструмента относительно заготовки в направлении главного движения в единицу времени (м/мин или м/сек).

При вращательном главном движении (точение, сверление, фрезерование и подобные методы обработки)

$$V = \frac{\pi D n}{1000}, \text{ м/мин}$$

где D - наибольший диаметр обрабатываемой поверхности заготовки, диаметр обрабатываемого отверстия, диаметр фрезы, мм;

n - частота вращения заготовки или инструмента, м/мин.

Подача S - путь точки режущей кромки инструмента относительно заготовки в направлении движения подачи за один оборот или один ход заготовки или инструмента.

мента.

Подача в зависимости от метода обработки имеет размерность:

мм/об - для точения, сверления, фрезерования;

мм/дв.ход - для шлифования и строгания.

По направлению движения различают подачи: продольную $S_{пр}$, поперечную $S_{п}$, вертикальную $S_{в}$, наклонную $S_{н}$, круговую $S_{кр}$, тангенциальную $S_{т}$ и другие.

Глубина резания t - расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями заготовки, измеренное перпендикулярно последней.

Глубину резания относят к одному рабочему ходу инструмента относительно обрабатываемой поверхности.

При точении цилиндрической поверхности

$$t = \frac{D - d}{2},$$

где D - диаметр обрабатываемой поверхности, мм;

d - диаметр обработанной поверхности заготовки, мм.

Глубина резания всегда перпендикулярна направлению движения подачи.

При прорезании канавок и отрезании глубина резания равна ширине канавки, образуемой резцом.

При подрезании торца глубиной резания является величина срезаемого слоя измеренная перпендикулярно к обработанному торцу.

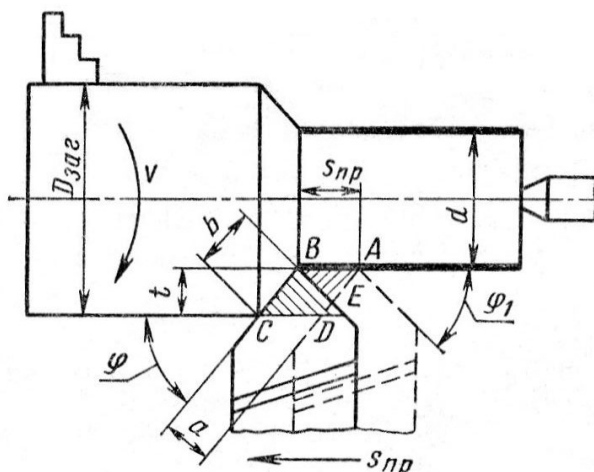


Рис. 2. Элементы режима резания и геометрия срезаемого слоя

Геометрические параметры срезаемого слоя.

Ширина срезаемого слоя b - расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями, измеренное в направлении поверхности резания.

$$b = \frac{t}{\sin \varphi},$$

где φ - главный угол в плане.

Толщина срезаемого слоя a - расстояние между двумя последовательными положениями поверхности резания за один оборот обрабатываемой детали, измеренное перпендикулярно к ширине срезаемого слоя

$$a = S \cdot \sin \varphi,$$

Площадь срезаемого слоя f равна

$$f = a \cdot b = \frac{S \cdot \sin \varphi \cdot t}{\sin \varphi} = S \cdot t, \text{ мм}^2$$

§3. Элементы токарного резца.

Любой режущий инструмент состоит из двух частей: I - режущей части и II - крепежной части.

На режущей части различают следующие элементы:

- 1 - переднюю поверхность, по которой сходит стружка;
- 2 - главная задняя поверхность, примыкающая к главному лезвию;
- 3 - главное режущее лезвие;

4 - вершина резца;

5 - вспомогательная задняя поверхность, примыкающая к вспомогательному лезвию;

6 - вспомогательное режущее лезвие.

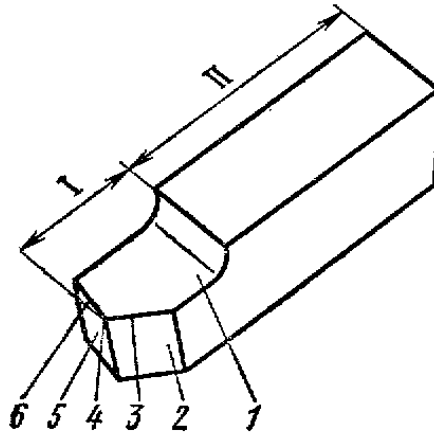


Рис. 3. Элементы токарного резца

§4. Координатные плоскости и углы токарного резца.

Выделяют следующие координатные плоскости:

Основная плоскость (ОП) - плоскость, параллельная направлениям продольной и поперечной подачи. У токарных резцов основная плоскость совпадает с нижней опорной поверхностью стержня резца.

Плоскость резания (ПР) проходит через главное режущее лезвие резца, касательно к поверхности резания заготовки.

Главная секущая плоскость (NN) проходит через произвольную точку главного режущего лезвия перпендикулярно к проекции главного режущего лезвия на основную плоскость.

Вспомогательная секущая плоскость проходит через произвольную точку вспомогательного режущего лезвия перпендикулярно к проекции вспомогательного режущего лезвия на основную плоскость.

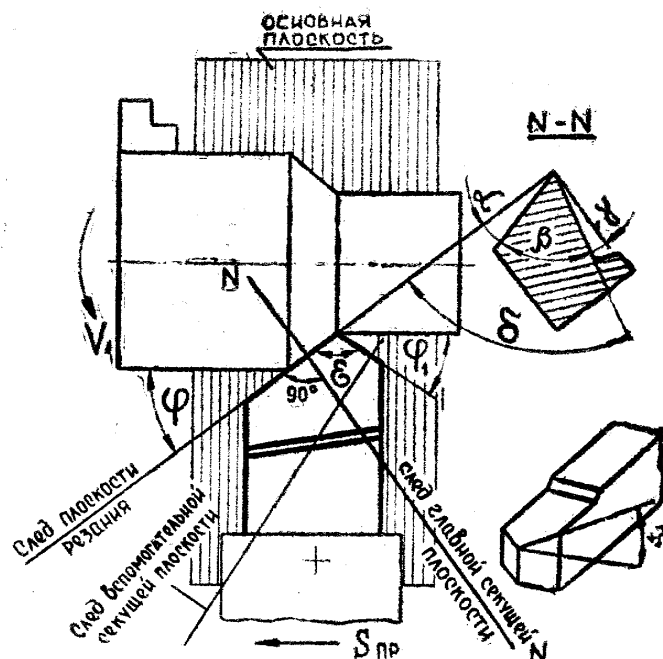


Рис. 4. Геометрические параметры режущей части прямого токарного проходного резца

Углы токарного резца

Главные углы заточки резца измеряют в главной секущей плоскости.

Передним углом γ называют угол между передней поверхностью и плоскостью, перпендикулярной к плоскости резания, проведенной через главное режущее лезвие.

Главным задним углом α называют угол между главной задней поверхностью резца и плоскостью резания.

Угол между передней и главной задней поверхностями называют углом заострения резца β .

Угол между передней поверхностью и плоскостью резания называют углом резания δ .

Углы в плане определяются в основной плоскости.

Главный угол в плане φ - угол между проекцией главного режущего лезвия на основную плоскость и направлением подачи.

Вспомогательный угол в плане φ_1 - угол между проекцией вспомогательного режущего лезвия на основную плоскость и направлением подачи.

Угол при вершине резца ϵ - угол между проекциями главного и вспомогательного режущих лезвий на основную плоскость.

Угол наклона главного режущего лезвия λ измеряют в плоскости, проходящей через главное режущее лезвие перпендикулярно к основной плоскости, между главным режущим лезвием и линией, проведенной через вершину резца параллельно основной плоскости.

Угол λ положителен если вершина резца является низшей точкой главного режущего лезвия и отрицательным если вершина - высшая точка ...

Вспомогательные углы резца рассматриваются во вспомогательной секущей плоскости.

Для осуществления процесса резания резец затачивают по передней и задней поверхностям. Для отсчета величины углов резца пользуются координатными плоскостями.

§5. Виды стружки.

В зависимости от обрабатываемого материала, условий резания, геометрии режущего инструмента изменяется характер стружки.

Стружка при резании может быть:

Сливная – сходит в виде ленты, закручивающейся в спираль. Поверхность ее, обращенная к резцу, чистая и гладкая. С обратной стороны она имеет небольшие зазубрины. Образуется при обработке пластичных материалов (мягкой стали, латуни, алюминия и др.) с высокими скоростями резания и небольшими подачами инструмента с оптимальными передними углами.

Скалывания – состоит из отдельных связанных между собой элементов. Обращенная к резцу сторона гладкая, а противоположная имеет большие зазубрины. Образуется при обработке металлов средней твердости с невысокими скоростями резания и значительными подачами резцов, имеющих небольшие передние углы.

Надлома – состоит из отдельных не связанных или слабо связанных между собой элементов стружки. Образуется при обработке хрупких материалов (чугуна, бронзы, некоторых сплавов алюминия). Обработанная поверхность детали при этом имеет большие неровности.

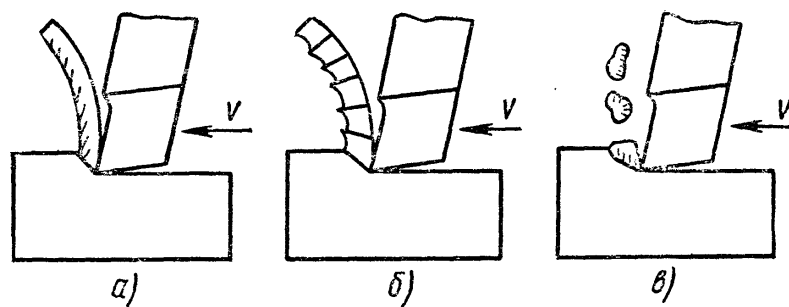


Рис. 5. Виды стружек:

а – сливная; б – скалывания; в – надлома

§6. Силы резания.

При обработке резанием металл оказывает сопротивление режущему инструменту. Это сопротивление преодолевается силой резания, приложенной к передней поверхности инструмента.

Сила резания затрачивается на отрыв элемента стружки от основной массы металла и его деформацию, а также на преодоление трения стружки о переднюю поверхность резца и задней поверхности резца о поверхность резания.

В результате сопротивления металла процессу деформирования возникает реактивная сила, действующая на режущий инструмент (сила R на рисунке).

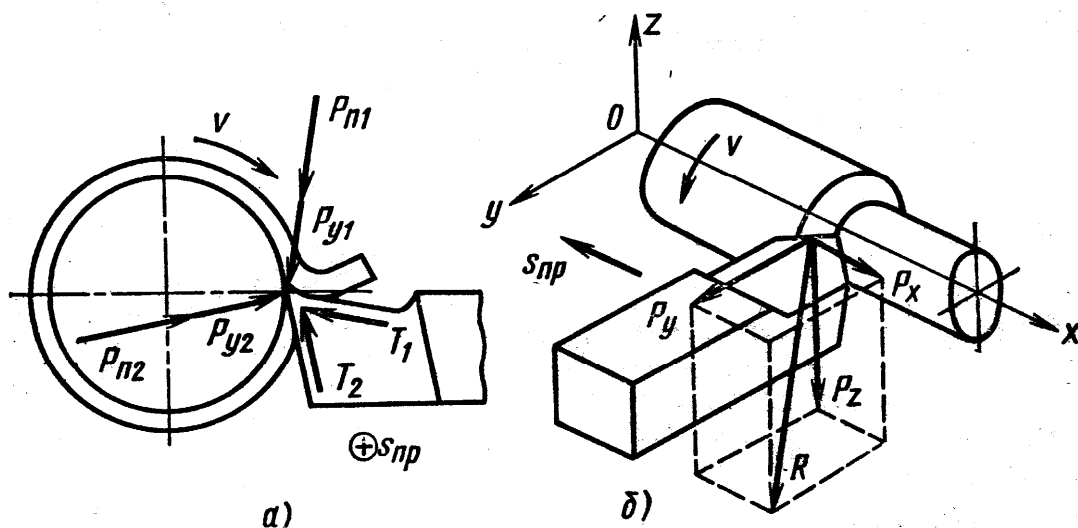


Рис. 6. Схема сил, действующих на резец (а), и разложение силы резания на составляющие (б)

Точка приложения силы R находится на рабочей части главной режущей кромки инструмента.

Для расчетов используют составляющие силы R , действующие по трем взаимно перпендикулярным направлениям R_x , R_y , R_z .

$$R = \sqrt{P_z^2 + P_y^2 + P_x^2}, \text{ Н}$$

Сила P_z – тангенциальная составляющая силы резания. Действует в направлении главного движения. По силе P_z определяют крутящий момент на шпинделе станка, эффективную мощность резания, изгибающий момент, действующий на заготовку в плоскости XOZ .

Сила P_y – радиальная составляющая силы резания. Действует перпендикулярно оси обрабатываемой заготовки в плоскости XOY . По силе P_y определяют величину упругого отжатия резца от заготовки, ведут расчет технологической системы на жесткость.

Сила P_x – осевая составляющая силы резания. Действует вдоль оси заготовки параллельно направлению продольной подачи. По силе P_x рассчитывают механизм подачи станка.

Каждая из составляющих силы резания определяется по эмпирическим формулам вида:

$$P = C_p t^x S^y V^n K_p, \text{ Н}$$

где C_p – коэффициент, учитывающий материал обрабатываемой заготовки, материал инструмента, вид точения;

K_p – коэффициент, учитывающий факторы, не вошедшие в формулу (физико-механические свойства обрабатываемого материала, углы резца, и другие);

t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об;

V – скорость резания, м/мин;

x, y, n – показатели степеней.

Величины коэффициентов и показателей степеней выбираются из справочников для конкретных условий обработки.

Крутящий момент на шпинделе станка

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D_{заг}}{2 \cdot 1000}, \text{ Н}\cdot\text{м}$$

где $D_{заг}$ – диаметр заготовки, мм

Эффективная мощность N_e – мощность, расходуемая на процесс резания.

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт}$$

§7. Наростообразование при резании, упрочнение металла поверхностного слоя, тепловые явления при резании.

При резании пластичных материалов (сталь, латунь) происходит явление, называемое наростообразованием, когда на передней поверхности резца у режущей кромки образуется плотное скопление частиц металла, прочно укрепляющееся на передней поверхности.

При высоком давлении и значительной температуре силы трения между инструментом и срезанным слоем становятся больше сил внутреннего сцепления, и металл прочно оседает на передней поверхности инструмента.

Размеры и форма нароста постоянно меняются. Он периодически разрушается, уносится стружкой и образуется вновь.

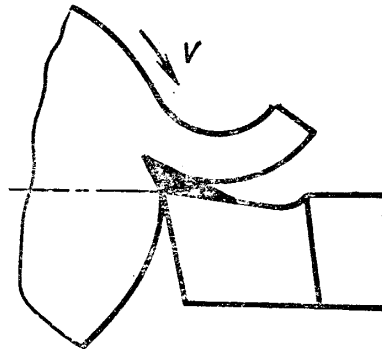


Рис. 7. Схема образования нароста

Металл нароста деформирован и его твердость в 2...3 раза превосходит твердость обрабатываемого металла.

При черновой обработке нарост защищает режущую кромку от изнашивания и благоприятно влияет на процесс резания.

При чистовой обработке нарост отрицательно влияет на точность и шероховатости обрабатываемой поверхности, и наростообразования следует избегать.

Кроме этого частицы нароста внедряются в обрабатываемую поверхность и при работе с сопрягаемой деталью вызывают повышенный ее износ.

Изменяется передний угол и сила резания, а это приводит к вибрации ...

Для устранения нароста:

1. Не ведут обработку на скоростях 18...30 м/мин, когда наростообразование наиболее интенсивно.
2. Уменьшают подачу (при чистовой обработке до 0,1...0,2 мм/об).
3. Применять СОЖ.

При прерывистом резании (фрезерование, строгание) нарост обычно не удерживается на режущей кромке.

В процессе механической обработки поверхностные слои обрабатываемой заготовки подвергаются интенсивной упругой и пластической деформации. Результатом является упрочнение (наклеп) поверхностного слоя.

Упрочнение связано с увеличением плотности дислокаций (дефектов) кристаллической решетки и измельчением кристаллических зерен.

Наклеп происходит потому, что режущее лезвие инструмента не может быть абсолютно острым, а имеет радиус закругления режущей кромки ρ , величина которого при обычных методах заточки составляет примерно 0,02 мм.

В процессе обработки в стружку переходит часть срезаемого слоя металла, лежащая выше линии DC. Слой металла, лежащий между линиями DC и AB сдавливается и деформируется, вследствие чего и возникает наклеп.

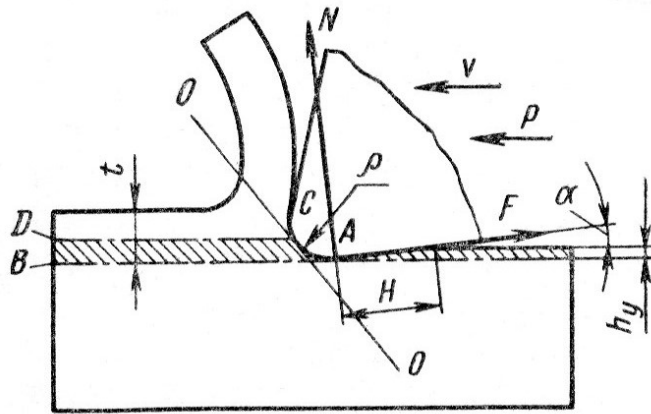


Рис. 8. Схема образования поверхностного слоя заготовки

Наклеп проявляется в повышении твердости обработанной поверхности (она может в 2 раза превышать твердость металла заготовки). Глубина наклепанного слоя зависит от режима резания, состояния режущей кромки, геометрии инструмента и обрабатываемого материала. При точении толщина наклепанного слоя составляет до 0,4 мм.

Для основных видов механической обработки (точение, фрезерование, шлифование) чем больше глубина резания, подача, угол резания, радиус закругления лезвия, тем больше сила резания и тем выше наклеп.

Увеличение скорости резания уменьшает время воздействия сил на поверхность заготовки и повышает ее температуру, что значительно снижает степень наклепа.

Чем мягче металл, тем большему поверхностному упрочнению он подвергается.

При резании вся механическая работа, выполняемая силами резания, превращается в тепловую энергию. Количество теплоты Q , выделяющееся при резании в единицу времени (тепловая мощность), определяется по формуле:

$$Q = P_z \cdot V, \text{ Дж}$$

где P_z — сила резания, Н,

V — скорость резания, м/с.

Образующееся в зоне резания тепло распределяется между заготовкой (10...50 % всей выделяющейся теплоты), стружкой (25...85 %), режущим инструментом 2...8 % и окружающей средой.

При обработке отверстий сверлением и зенкерованием количество тепла переходящего в инструмент достигает 40 %.

С увеличением скорости резания отводимое стружкой тепло увеличивается, а заготовкой, инструментом, окружающей средой — уменьшается.

В наибольшей степени на температуру в зоне резания влияет скорость резания V , несколько в меньшей степени — подача S . Еще меньшее влияние оказывает глубина резания t .

Обработка должна производиться без перегрева режущего инструмента. Так для работы инструментом из быстрорежущей стали температура в зоне резания не должна превышать 550...600 °С, инструментом, оснащенным твердыми сплавами 800...1000 °С.

Нагрев инструмента выше указанных температур вызывает структурные превращения в инструментальном материале, снижение его твердости и потерю его режущих способностей.

При высокой температуре также происходит существенное изменение геометрических размеров инструмента и заготовки, что влияет на точность обработки.

Для уменьшения отрицательного влияния теплоты на процесс резания обработку следует вести с применением смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ).

§8. Износ режущего инструмента. Критерий износа, стойкость инструмента.

Трения между стружкой и передней поверхностью лезвия инструмента и между его задней поверхностью и заготовкой вызывает износ режущего инструмента.

Изнашивание инструмента происходит при очень большом давлении, больших скоростях, высокой температуре и определяются различными по своей физической

природе процессами.

Абразивное изнашивание, связанное с наличием в обрабатываемом материале твердых составляющих (карбидов, оксидов, окалины, поверхностной корки).

Высокие температуры и контактные давления в зоне резания вызывают следующие виды изнашивания:

- *адгезионное – вырывание стружкой или материалом заготовки частиц материала инструмента вследствие их сцепления под действием атомарных сил.*
- *окислительное – образование и последующее разрушение окисной пленкой, образуемой на поверхности инструмента.*
- *термическое – структурные превращения в материале инструмента, приводящее к снижению его режущих свойств.*
- *диффузионное – взаимное проникновение и растворение структурных составляющих инструментального и обрабатываемого материалов.*

Износ инструмента приводит к снижению точности размеров и геометрической формы обрабатываемых поверхностей.

Работа затупившимся инструментом вызывает рост силы резания, что ведет к дополнительной деформации инструмента и заготовки (также влияет на точность), увеличивает наклеп и теплообразование в зоне резания.

В зависимости от условий обработки износа инструмента может быть:

1. Превалирующий износ задних поверхностей h_z наблюдается при обработке пластичных материалов с толщиной среза до 0,1 мм, при обработке хрупких материалов (чугуна, бронзы), когда образуется стружка надлома, а также при работе фрезами, сверлами, зенкерами и развертками.
2. Превалирующий износ по передней поверхности h_p имеет место при обработке пластичных материалов с толщиной среза более 0,5 мм, а также когда имеет место наростообразование или когда температура на передней поверхности намного больше, чем на задней. Величина износа определяется глубиной и шириной лунки, образующейся на передней поверхности от трения стружки.
3. Износ одновременно по передней и задней поверхности наблюдается при обработке пластичных металлов с толщиной среза 0,1...0,5 мм и работе с применением СОЖ.
4. При чистовой обработке материалов обладающих низкой теплопроводностью (пластмассы), а также при обработке высокопрочных материалов (аустенитные стали) происходит износ в форме округления режущей кромки.

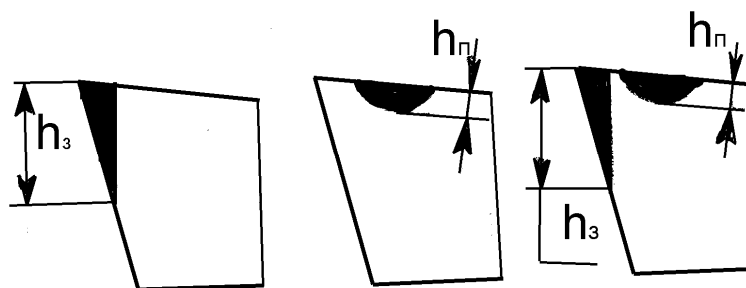


Рис. 9. Схемы износа резцов

Наибольшее влияние на интенсивность износа оказывает скорость резания V , меньшее – подача S и незначительное – глубина резания t .

Чем выше механические свойства обрабатываемого материала (прочность, твердость), тем больше износ режущего инструмента.

Критерием износа называют предельно допустимую величину износа.

На практике в том случае, когда качество обработанной поверхности не лимитируется, за критерий износа принимают износ по задней поверхности.

Для токарных резцов из быстрорежущей стали допустимый износ 0,5...2,0 мм, для резцов с пластинками из твердого сплава 0,8...1,0 мм

При чистовой обработке критерий износа – такая величина износа задней поверхности, превышение которой приводит к тому, что точность и шероховатость обработанной поверхности перестают удовлетворять требованиям.

Стойкость инструмента T – время его работы между переточками при опреде-

ленном режиме резания.

Стойкость токарных резцов из различных инструментальных материалов составляет 30...90 мин.

Момент затупления резцов характеризуется следующими признаками:

- ухудшение чистоты (шероховатости) обработанной поверхности,
- появление или возрастание вибраций,
- изменение цвета и формы стружки,
- заметно усиливающимся искрением,
- повышением температуры и составляющих сил резания.

Самое большое влияние на стойкость инструмента оказывает скорость резания.

Взаимосвязь носит такой характер, что даже небольшое изменение скорости резания приводит к значительному изменению стойкости, поэтому обработку следует вести на расчетной (оптимальной) скорости.

§9. Охлаждение и смазка при обработке резанием.

Смазочно-охлаждающие вещества оказывают благоприятное влияние на процесс резания и качество обработанной поверхности:

- смазывают трущиеся поверхности и уменьшают трение;
- охлаждают режущий инструмент, деформируемый слой и обработанную поверхность заготовки.

А также облегчают деформацию, проникая в микротрещины деформируемого слоя материала, препятствуют образованию нароста, что уменьшает шероховатость обработанной поверхности.

В основном используют смазочно-охлаждающие жидкости – СОЖ, которые делятся на две группы.

Первая группа СОЖ выполняет главным образом охлаждающее действие.

Используются жидкости на водной основе – эмульсии, водные растворы соды, солей. Эмульсии получают растворением в воде эмульсолов – растворов мыла и органических кислот в минеральных маслах.

Вторая группа СОЖ выполняет главным образом смазывающее действие.

Используются минеральные масла и их смеси, сульфифрезол – минеральные масла, содержащие добавки серы и др.

Такие СОЖ применяются при работе на станках-автоматах, при чистовой обработке, при обработке резьб и зубьев зубчатых колес.

При обработке хрупких материалов (чугуны, бронзы), когда образуется стружка надлома, для охлаждения применяют сжатый воздух, углекислоту. В отдельных случаях обработку ведут без охлаждения.

Используется подвод СОЖ через сопло на переднюю поверхность инструмента; высоконапорное охлаждение, когда жидкость подается с большой скоростью со стороны задних поверхностей инструмента. В случаях, когда подвод СОЖ затруднен, используют подвод непосредственно в зону резания через полый режущий инструмент (например, при сверлении глубоких отверстий).

§10. Назначение режимов резания.

Элементы режима резания назначают следующим образом:

1. Определяют глубину резания t .

При черновой обработке весь припуск стремятся снять за один проход режущего инструмента, ограничением является мощность станка, жесткость технологической системы.

Если поверхность последовательно подвергается черновой и чистовой обработке припуск снимается за два или три прохода. На каждом последующем проходе глубина резания назначается меньшей.

2. Выбирают величину подачи S .

При черновой обработке назначают наибольшую допустимую величину подачи, ограничением является мощность станка, жесткость технологической системы, прочность инструмента.

При чистовой обработке учитывается требуемая точность и шероховатость

обработанной поверхности.

3. Определяют скорость резания по эмпирическим формулам. Например, для точения

$$V = \frac{C_v}{t^x S^y T^m} \cdot K_v, \text{ мм/мин}$$

где C_v – коэффициент, учитывающий материал обрабатываемой заготовки, материал инструмента, вид точения;

t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об;

T – стойкость инструмента, мин;

K_v – коэффициент, учитывающий физико-механические свойства обрабатываемого материала, материал инструмента, состояние поверхности заготовки, углы резца;

x, y, m – показатели степеней.

4. По найденной скорости определяется число оборотов шпинделя станка и по паспорту станка выбирается ближайшее меньшее

$$n = \frac{1000V}{\pi D_{\text{заг}}}, \text{ об/мин.}$$

5. Определяется основное технологическое время обработки T_o – время, затрачиваемое непосредственно на процесс изменения формы, размеров и шероховатости обрабатываемой поверхности заготовки.

Для токарной обработки

$$T_o = \frac{L}{nS} i, \text{ мин.}$$

где L – путь режущего инструмента относительно заготовки в направлении подачи, с учетом врезания и перебега резца, мм;

i – число рабочих ходов резца, необходимое для снятия припуска;

n – частота вращения заготовки, об/мин;

S – подача, мм/об.

§11. Инструментальные материалы.

В настоящее время в качестве инструментальных материалов используются:

1. Углеродистые и легированные инструментальные стали (из-за низкой теплоустойчивости применяются редко, в основном для изготовления ручного инструмента и инструмента, работающего при низких скоростях резания).
2. Быстрорежущие стали.
3. Твердые сплавы.
4. Керамические инструментальные материалы.
5. Сверхтвердые инструментальные материалы.

Быстрорежущие стали являются сложнoleгированными сталями, включающими в свой состав углерод (приблизительно 0,8...0,9 %) и легирующие элементы, основными из которых являются вольфрам, хром и ванадий, а в некоторых случаях молибден. Именно наличие в составе стали вольфрама определяет ее красностойкость. Количество вольфрама в процентах указывается в маркировке стали после буквы Р.

Быстрорежущие стали делятся на две группы: стали нормальной красностойкости (температуроустойчивости) и стали повышенной красностойкости.

К первой группе относятся стали Р18, Р12, Р9, Р6М5 (наиболее широко применяются) и другие.

Быстрорежущие стали нормальной красностойкости сохраняют свои режущие свойства (твердость, предел прочности на изгиб, износостойкость) при температуре до 620°.

Стали повышенной красностойкости работают при температуре до 640°. В составе таких сталей дополнительно присутствуют кобальт (буква К в маркировке) или повышенное содержание ванадия (буква Ф). В эту группу входят стали Р12Ф3, Р9К10, Р10К5Ф5, Р6М5К5 и другие.

Стали повышенной красностойкости рекомендуется применять для изготовления инструмента, используемого при обработке высокопрочных, коррозионно-стойких и жаропрочных сталей и сплавов.

Быстрорежущие стали имеют существенный недостаток - неравномерное распределение карбидов в объеме материала, что приводит к существенному уменьшению их прочности.

Для снижения карбидной неоднородности и повышения режущих свойств быстрорежущие стали получают методами порошковой металлургии, в этом случае они имеют дополнительное обозначение МП (материал порошковый). Например, Р6М5К5-МП.

Быстрорежущие стали используются в виде пластин, припаяваемых к рабочей части инструмента, в некоторых случаях рабочая часть инструмента может быть полностью выполнена из быстрорежущей стали, например, у сверл, фрез, резцов небольших размеров.

Твердые сплавы представляют собой композиционные материалы, состоящие из смеси зерен карбидов вольфрама, титана, тантала и связующего материала, в качестве которого используется кобальт.

Их получают методами порошковой металлургии путем прессования и последующего спекания при высокой температуре порошков указанных карбидов и кобальта.

Твердые сплавы, позволяют вести обработку со скоростями в 2...4 раза большими, чем обработка быстрорежущими сталями. Поэтому там, где это возможно, рабочую часть инструмента следует выполнять твердосплавной.

Красностойкость твердых сплавов в зависимости от марки составляет 750°...900°. По сравнению с быстрорежущими сталями твердые сплавы менее прочны, чувствительны к перепадам температур, переменным нагрузкам и удару.

Твердые сплавы делятся на три группы: вольфрамовые, титановольфрамовые и титанотанталовольфрамовые твердые сплавы.

Вольфрамовые сплавы ВК3, ВК6, ВК8, ВК10 и другие. Цифры после буквы К показывают содержание кобальта в процентах, остальное в составе сплавов - карбид вольфрама.

В маркировке могут присутствовать буквы М (мелкозернистая структура) и ОМ (особо ...), что указывает на размер зерен карбидов вольфрама.

С уменьшением зернистости увеличивается износостойкость сплава, но уменьшается его прочность. Таким образом, мелкозернистые твердые сплавы лучше применять при чистовой обработке ...

Вольфрамовые твердые сплавы обладают повышенной адгезией (сцеплением) при обработке заготовок из сталей, что приводит к их преждевременному износу. Поэтому сплавы данной группы в основном применяются для обработки чугунов.

Титановольфрамовые твердые сплавы Т30К4, Т15К6, Т14К8, Т5К10 и другие. Цифры после буквы К – содержание кобальта в процентах, цифры после буквы Т – содержание карбидов титана, остальное в составе сплавов карбид вольфрама.

Титановольфрамовые твердые сплавы применяются при обработке углеродистых и легированных сталей.

Титанотанталовольфрамовые сплавы ТТ7К12, ТТ8К6 и другие. Цифры после буквы К – содержание кобальта, цифры после букв ТТ – суммарное содержание карбидов титана и тантала, остальное в составе сплава карбид вольфрама.

Данные сплавы применяются для черновой и получистовой обработки различных сталей, в том числе и труднообрабатываемых.

При выборе марки твердого сплава для конкретных условий обработки следует учитывать, что чем больше в составе сплава кобальта (связки) тем прочнее сплав и его следует применять при черновой обработке, когда силы резания велики. Твердые сплавы с малым содержанием кобальта менее прочны, но обладают большей износостойкостью, их следует применять для чистовой и получистовой обработки.

Твердые сплавы выпускают в виде пластин различной формы, которые либо припаявают к корпусу инструмента, либо крепят к нему механическим путем.

При механическом креплении используются многогранные неперетачиваемые пластины (МНП), после изнашивания режущего лезвия пластину поворачивают новой гранью, тем самым, восстанавливая режущую способность инструмента.

С целью повышения стойкости инструмента на рабочие поверхности твердосплавных пластин (в основном МНП) наносятся износостойкие покрытия из карбидов

или нитридов титана. Срок службы у инструмента с покрытием увеличивается в 3...4 раза. Подобные покрытия могут наноситься и на инструмент из быстрорежущей стали.

Керамические инструментальные материалы.

Наиболее распространены оксидные (на основе оксида алюминия Al_2O_3) и оксидно-карбидные инструментальные материалы (дополнительно содержат карбиды титана, вольфрама, молибдена). Основное преимущество – высокая температуростойчивость ($\approx 1100^\circ$), недостаток – низкая прочность.

Керамические материалы применяются для чистовой и получистовой обработки чугунов и закаленных сталей.

Сверхтвердые инструментальные материалы.

К этой группе материалов относятся алмазы и материалы на основе нитрида бора.

В качестве инструментальных материалов используются как природные, так и синтетические

Алмазы имеют высокую твердость, красностойкость, коррозионную стойкость. Режущие свойства алмазов ограничиваются повышенной хрупкостью и низкой прочностью при изгибе.

Алмазы применяются для обработки твердых неметаллических материалов (стекла, керамики, камней), а также цветных металлов и их сплавов. Для обработки черных металлов алмазы не используются, поскольку при высоких температурах алмаз вступает в химическое взаимодействие с обрабатываемым материалом, что снижает его режущие свойства.

Материалы на основе нитрида бора (Композиты 01, 02, 05, 10 и другие), по своим характеристикам близки к алмазу, но превышают его по красностойкости ($\approx 1400^\circ$). Применяются для чистовой обработки закаленных сталей и чугунов, в том числе и высокопрочных.

§12. Обработка заготовок на станках токарной группы.

Точение является основным способом обработки поверхностей тел вращения. Процесс резания осуществляется на токарных станках при вращении обрабатываемой заготовки (главное движение) и перемещении резца (движение подачи).

Выделяют продольную подачу (параллельно оси вращения заготовки), поперечную (перпендикулярно оси вращения) и наклонную (под углом к оси вращения заготовки).

При работе на токарных станках применяют различные режущие инструменты: резцы различных конструкций, сверла, зенкеры, развертки, метчики, фасонный инструмент и др.

Осевой режущий инструмент (сверла, зенкеры, развертки) и метчики устанавливают на станок соосно оси заготовки и используют его для обработки центрального отверстия.

На токарных станках выполняются следующие виды работ:

- точение;
- растачивание;
- подрезание торцов;
- отрезку;
- нарезание резьбы;
- точение фасонных поверхностей и другие виды работ в частности сверление, зенкерование и

При обработке заготовка может устанавливаться в центра, в патрон и на планшайбу.

Точение в центрах.

Детали с отношением длины к диаметру l/d более 4 (валы, оси) обычно обрабатываются в центрах.

Деталь с просверленными в торцах центровыми отверстиями устанавливают в центрах передней и задней бабок. Передний центр устанавливают в шпинделе, а задний – в пиноли задней бабки. Для передачи крутящего момента от шпинделя к заготовке, на ее конце при помощи винта закрепляют хомутик и устанавливают заготов-

ку так, чтобы палец хомутика входил в прорезь поводковой планшайбы. Планшайбу предварительно устанавливают на передний конец шпинделя.

В серийном и массовом производстве для передачи крутящего момента используют поводковые патроны.

При обработке длинных деталей l/d более 10...12 для предотвращения их прогиба применяют дополнительные приспособления - люнеты. Люнет может быть неподвижным (крепится на направляющих станины) и подвижным (устанавливается на каретке суппорта и перемещается вместе с ней).

При обработке тяжелых и длинных деталей из проката один конец закрепляется в патроне, а другой поддерживается центром задней бабки. Это обеспечивает необходимую жесткость крепления детали и уменьшает износ центров.

Точение в патроне.

Обработка деталей с соотношением l/d меньше 4 проводится при их установке в патроне. Патроны бывают трех- и четырехкулачковыми.

Трехкулачковые самоцентрирующие патроны используют для закрепления деталей имеющих форму цилиндра. В таком патроне кулачки одновременно перемещаются в радиальном направлении к центру или от него. Соответственно установка детали может осуществляться по наружной цилиндрической поверхности или по отверстию.

Четырехкулачковые патроны имеют независимое перемещение каждого из кулачков. Эти патроны используют для установки и закрепления деталей сложной и несимметричной формы.

Точение на планшайбе.

Планшайба, навинчиваемая на шпиндель, используется при обработке крупных несимметричных деталей и деталей сложной формы.

Планшайба устанавливается на шпиндель станка и представляет собой диск с радиально прорезанными пазами. Обрабатываемая деталь закрепляется на планшайбе болтами.

§13. Виды токарных резцов.

Резцы классифицируются:

1. По виду выполняемой работы: проходные (1), подрезные (2), расточные (3), отрезные (4), резьбовые (5) и другие.
2. По направлению подачи – на правые и левые. Правые резцы работают при подаче справа налево, то есть перемещаются к передней бабке станка, а левые наоборот.
3. По конструкции головки – на прямые, отогнутые и оттянутые.

Для обтачивания цилиндрических поверхностей применяют проходные резцы.

Для обтачивания торцовых поверхностей применяют подрезные резцы.

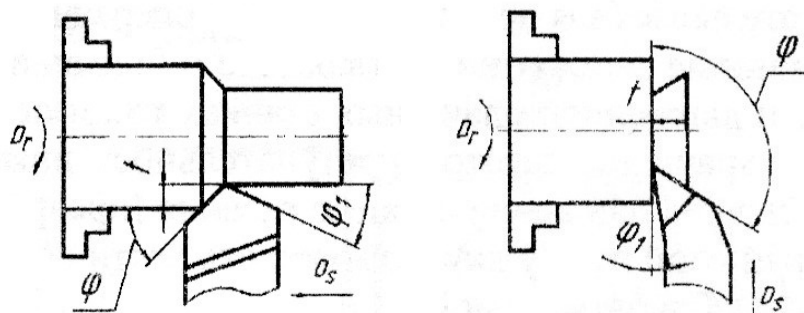


Рис. 10. Проходной и подрезной резцы

Для обработки отверстий применяют расточные резцы.

Если заготовка имеет предварительно выполненное отверстие растачивание выполняют расточными резцами для сквозных отверстий. Расточные резцы для глухих отверстий имеют главный угол в плане ϕ больше 90.

Отрезание частей заготовок и протачивание канавок производят отрезными и канавочными резцами.

Для обработки фасонных поверхностей применяются резцы с криволинейной режущей кромкой.

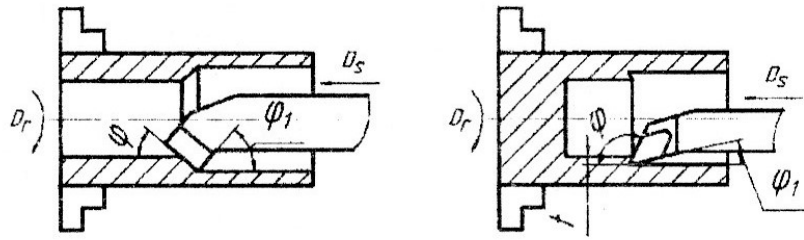


Рис. 11. Расточные резцы

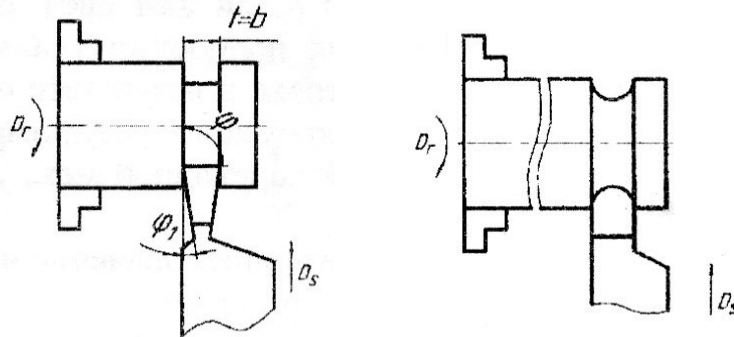


Рис. 12. Отрезной (канавочный) и фасонный резцы

Поскольку инструментальные материалы (быстрорежущие стали и твердые сплавы) дороги, токарные резцы, как правило, выполняются составными (с припаянной или с механически закрепленными режущими пластинами).

§14. Обработка заготовок на сверлильных станках.

На сверлильных станках выполняют сверление, зенкерование, развертывание, нарезание резьбы и другие виды обработки отверстий.

Вне зависимости от вида обработки и применяемого инструмента

Главное движение резания D_r – вращение инструмента м/мин.

Движения подачи D_S – осевое перемещение инструмента м/об.

Глубина резания t при сверлении отверстия в сплошном материале составляет половину диаметра сверла, при других видах обработки

$$t = (D-d)/2, \text{ мм}$$

где D – диаметр отверстия после обработки;

d – диаметр отверстия до обработки.

Обработка отверстий более трудноосуществима, чем обработка наружных поверхностей той же точности.

Это связано с недостаточной жесткостью режущего инструмента, что приводит к снижению точности обработки из-за упругих деформаций инструмента под действием сил резания.

Причина снижения жесткости – ограничение размеров инструмента размерами обрабатываемого отверстия. Помимо этого для отвода образованной при резании стружки в корпусе инструмента выполняются специальные канавки, также уменьшающие его жесткость и прочность.

В результате обработку отверстий приходится выполнять на пониженных режимах резания и за большее число проходов, что снижает производительность и повышает стоимость.

Сверло – осевой режущий инструмент для образования отверстий в сплошном материале и увеличения диаметра имеющихся отверстий.

В промышленности наибольшее распространение получили спиральные сверла. Основные конструктивные элементы спирального сверла представлены на рисунке.

Сверло состоит из двух основных частей: рабочей и крепежной.

Крепежная часть предназначена для закрепления сверла и передачи на сверло крутящего момента необходимого для осуществления процесса резания. Крепежная часть представляет собой конический хвостовик с конусом Морзе (V) с лапкой (VI) или цилиндрический хвостовик с поводком.

Рабочая часть сверла (I) состоит из режущей (II) и направляющей (III) части.

Режущая часть выполняет основную работу резания.

Направляющая часть обеспечивает направление сверла в отверстии при сверлении и имеет две винтовые канавки и два зуба.

Между рабочей и крепежной частью сверла расположена шейка (IV).

Основные элементы рабочей части сверла:

1. Передняя поверхность (1) - часть поверхности винтовой канавки, по которой сходит стружка.
2. Задняя поверхность (4) - торцевая поверхность зуба сверла.
3. Спинка (затылок) зуба (поверхность ...).
4. Ленточка (3) - узкая полоска на зубе сверла, служит для направления сверла в процессе резания и уменьшения трения сверла об обрабатываемую поверхность.
5. Режущие лезвия сверла
 - главные режущие лезвия (2),
 - поперечная режущее лезвие (5).

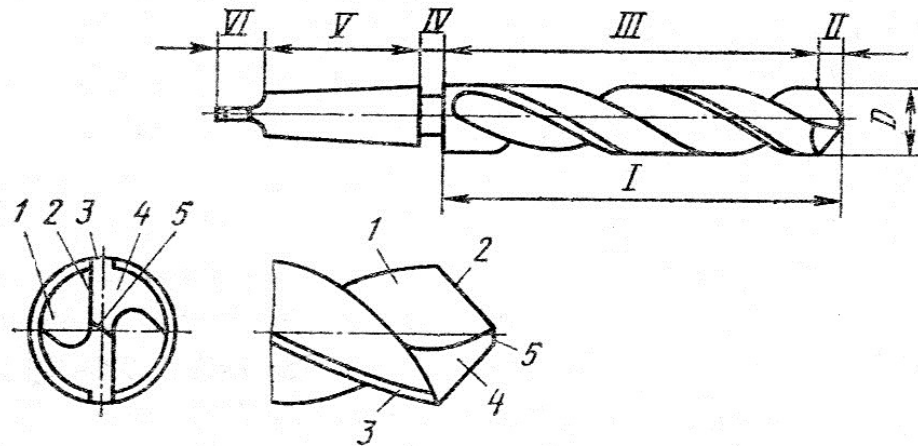


Рис. 13. Сверло, его элементы и основные поверхности

Спиральные сверла изготавливают из быстрорежущих сталей или с припаянными пластинами из твердого сплава.

Сверла из быстрорежущей стали диаметром свыше 6...8 мм изготавливают сварными, при этом хвостовик выполняется из конструкционных сталей 45 и 40Х.

Вследствие особенностей своей конструкции спиральные сверла имеют ряд существенных недостатков.

В частности поперечное режущее лезвие сверла имеет отрицательные передние углы, поэтому при обработке оно не режет, а вдавливается в обрабатываемый материал, на что расходуется значительная часть осевой силы и крутящего момента, затрачиваемых на осуществление процесса резания.

Спиральные сверла используются для обработки отверстий длиной до 5...7 диаметров. Однако даже при обработке таких относительно неглубоких отверстий возникают проблемы, связанные с удалением стружки из отверстия и подводом смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) в зону резания. Также имеет место значительное искривление и увод оси обрабатываемого отверстия, вследствие плохого направления инструмента при обработке.

Поэтому при обработке отверстий большой длины при высоких требованиях к точности отверстия применяют специальные сверла (ружейные, эжекторные, трепанирующие (для кольцевого сверления) и ...).

Зенкер - осевой режущий инструмент, предназначенный для повышения точности отверстий, полученных после сверления, отливки, штамповки.

Зенкерование обеспечивает обработку по 11 качеству точности, кроме этого зенкерование устраняет искривление и увод оси отверстия после сверления.

По конструкции зенкеры аналогичны спиральным сверлам, имеют три - четыре зуба, но не имеют поперечной режущей кромки.

Большее количество зубьев, по сравнению со сверлом, обеспечивает лучшее направление зенкера при обработке, более равномерный съем припуска и как следствие более высокую точность отверстия.

Развертка - осевой режущий инструмент для повышения точности формы и размеров отверстия и снижения его шероховатости.

Однократное развертывание обеспечивает 9 квалитет точности, двукратное развертывание до 6 квалитета.

Развертывание не исправляет искривление оси отверстия, поэтому его применяют после зенкерования.

Развертки имеют шесть - восемь зубьев, как правило, прямых.

Зенкеры и развертки изготавливают хвостовыми и насадными. Хвостовые по конструкции аналогичны спиральным сверлам и имеют конический (конус Морзе) или цилиндрический хвостовик.

Насадные зенкеры и развертки имеют коническое центральное отверстие (конусность 1:30) для установки на оправку и паз под торцевую шпонку для передачи крутящего момента. Насадными выполняются инструменты большого диаметра (больше 30...40 мм).

Зенкеры и развертки изготавливают из быстрорежущей стали и с пластинами из твердого сплава. Твердосплавные пластины припаиваются к корпусу инструмента или к ножу, который закрепляется в корпусе механически.

Хвостовые зенкеры и развертки из быстрорежущей стали диаметром более 10 мм изготавливают сварными. Рабочая часть выполняется из быстрорежущей стали, а хвостовик из конструкционных сталей 40, 45 и 40Х.

Механически закрепленные ножи из быстрорежущей стали и ножи, оснащенные твердосплавными пластинами, имеют насадные зенкеры и развертки больших диаметров (от 40 до 120 мм).

Метчики применяют для нарезания внутренних резьб. Метчик представляет собой винт с прорезанными прямыми или винтовыми канавками, образующими режущие кромки.

§15. Обработка заготовок на фрезерных станках.

Фрезерование – метод обработки, при котором инструмент (фреза) совершает непрерывное главное вращательное движение (D_r), а заготовка – поступательное движение подачи (D_s) направление которой не совпадает с осью вращения инструмента.

Фрезерование – распространенный метод механической обработки. Из общего парка металлообрабатывающих станков фрезерные составляют около 20%.

Фрезерованием обрабатывают плоскости, пазы, уступы, фасонные поверхности, также могут обрабатываться эвольвентные поверхности зубчатых колес, резьбы, червяки.

При обработке плоскостей, пазов, уступов черновое фрезерование обеспечивает 13...11 квалитет точности, чистовое фрезерование примерно 10 квалитет, тонкое 8...7 квалитет.

Фреза – многозубый режущий инструмент представляющий собой тело вращения, по периферии или на торце которого расположены режущие зубья. Каждый зуб можно рассматривать как резец с соответствующими геометрическими и конструктивными параметрами (передние и задние поверхности, главные и вспомогательные режущие кромки, углы и ...).

Фрезерование характеризуется прерывистостью процесса резания. Каждый зуб находится в контакте с заготовкой только какую-то часть оборота, при этом врезание зуба в заготовку сопровождается ударами.

Такой режим обработки вызывает вибрации, повышенное изнашивание зубьев и отрицательно сказывается на точности и шероховатости обрабатываемой поверхности.

Вместе с тем фрезерование, как многолезвийная обработка, характеризуется высокой производительностью.

Фрезы классифицируются по назначению, расположению зубьев относительно оси фрезы, способу крепления на станке, форме режущего лезвия и другим признакам.

Для обработки плоскостей используются цилиндрические и торцовые фрезы.

Для обработки пазов, уступов, плоскостей, а также для отрезания используются дисковые фрезы.

Для обработки пазов, уступов, плоскостей – концевые фрезы.

Для обработки фасонных (криволинейных) поверхностей – фасонные фрезы.

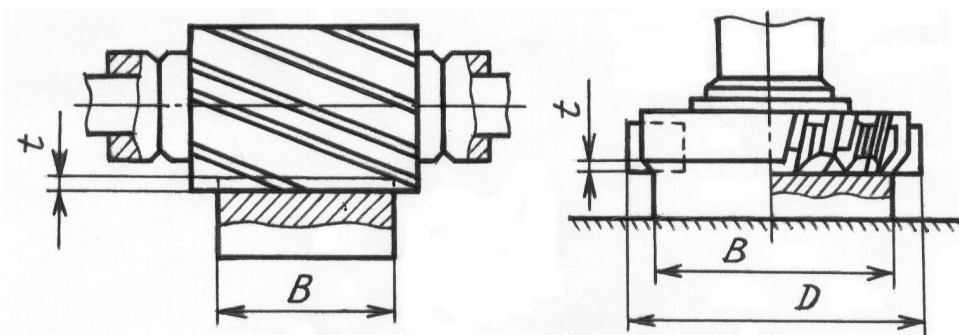


Рис. 14. Цилиндрическая и торцовая фрезы

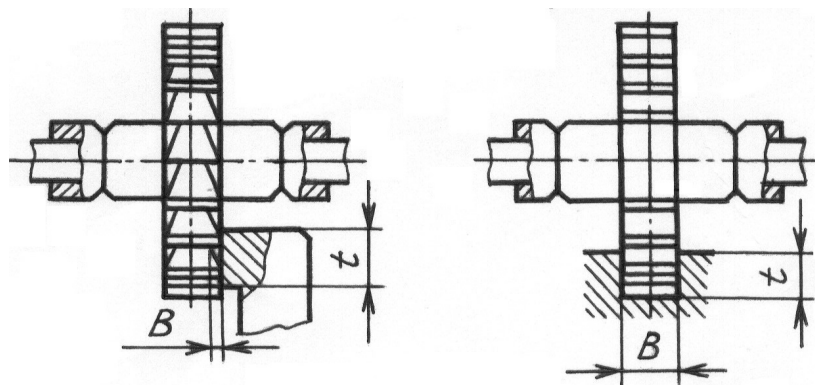


Рис. 15. Дисковая фреза

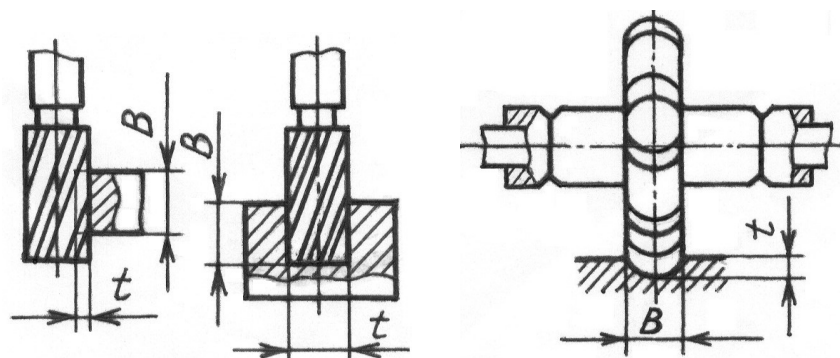


Рис. 16. Концевая и фасонная фрезы

По конструкции зубьев фрезы подразделяются на фрезы с острозаточенными и фрезы с затылованными зубьями.

Фрезы работают с малыми подачами на зуб, поэтому их изнашивание происходит по задней поверхности, и затачивать их также целесообразно по задней поверхности. Острозаточенные фрезы так и затачиваются.

Затылованные фрезы затачивают по передней поверхности. Они имеют криволинейную заднюю поверхность (обычно это спираль Архимеда), обеспечивающую постоянство профиля режущей кромки при повторных заточках.

С затылованными зубьями изготавливаются фрезы, имеющие точный и сложный профиль, что делает заточку по задней поверхности технически трудноосуществимой. Такие зубья имеют большинство фасонных фрез, червячные фрезы для обработки зубчатых колес, резьбовые фрезы.

В целях экономии инструментального материала (быстрорежущей стали и твердого сплава) эффективно применение фрез с припаянными или механически закрепляемыми режущими пластинами.

§16. Обработка шлифование, ее особенности.

Шлифование – это процесс обработки резанием с помощью абразивного инструмента (шлифовального круга), режущими элементами которого являются зерна абразивного материала.

Как правило, шлифование является чистовой, отделочной операцией, обеспечивающей высокую точность и малую шероховатость поверхности.

Вместе с тем шлифование незаменимо, например, при черновой обработке (обдирке) стальных и чугунных отливок при работе по корке.

Шлифованием можно обрабатывать любые материалы и металлы, начиная от самых мягких и кончая твердыми сплавами. На данный момент времени шлифование в основном применяется для обработки твердых высокопрочных материалов (закаленных сталей, твердых сплавов и ...).

Шлифованием можно обрабатывать наружные и внутренние цилиндрические, конические и фасонные поверхности, плоскости, разрезать заготовки, шлифовать резьбу, зубья зубчатых колес, затачивать режущий инструмент и т. д.

Особенности обработки шлифованием:

1. Шлифование происходит на больших скоростях резания 20...40 м/с, при скоростном шлифовании до 50...70 м/с,

2. В работе одновременно участвует большое количество зерен, каждое зерно снимает свою стружку минимального сечения (царапает заготовку). Зерна имеют углы резания больше 90° .

3. В связи с большими скоростями и углами резания шлифование сопровождается высокими температурами в зоне резания до 1000...1500° С.

6. Абразивный инструмент обладает способностью самозатачивания (поверхностные затупившиеся зерна выкрашиваются освобождая место для новых зерен).

§17. Основные виды шлифования.

Круглое наружное шлифование применяют для обработки наружных цилиндрических поверхностей. Различают:

а) Круглое наружное шлифование методом продольной подачи

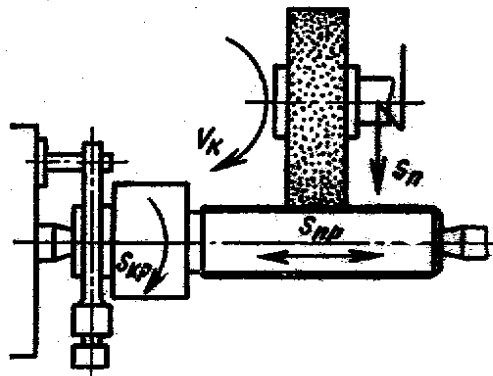


Рис. 17. Круглое наружное шлифование методом продольной подачи

Заготовка устанавливается в центрах, в патроне или на оправке различных конструкций.

Главное движение Dg – вращение шлифовального круга.

Движения подачи:

Вращение обрабатываемой заготовки – круговая подача $DSkp$.

Возвратно-поступательное движение стола с обрабатываемой заготовкой – продольная подача $DSnp$.

Периодическое радиальное перемещение шлифовального круга на заготовку в конце каждого хода или двойного хода стола – поперечная подача $DSpop$.

Метод является универсальным, обеспечивает высокую точность и минимальную шероховатость обрабатываемой поверхности.

Величина продольного перемещения стола с заготовкой (ход стола) выбирается так, чтобы круг выходил за границы заготовки на 0,5 своей ширины.

б) Круглое наружное шлифование методом поперечной подачи (врезания)

Так обрабатываются короткие (менее 50 мм) цилиндрические, конические и фасонные (криволинейные) поверхности, их ширина должна быть меньше ширины круга.

В процессе обработки имеет место круговая подача заготовки ($DSkp$) и непрерывная поперечная подача шлифовального круга на заготовку ($DSpop$).

Врезное шлифование более производительное, но требует применения более мощных и жестких станков.

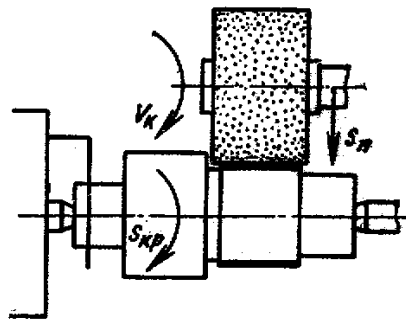


Рис. 18. Круглое внешнее шлифование методом врезания

Круглое внутреннее шлифование.

Применяется для обработки отверстий, можно шлифовать сквозные, глухие, конические, фасонные отверстия, внутренние торцовые поверхности, канавки различной формы.

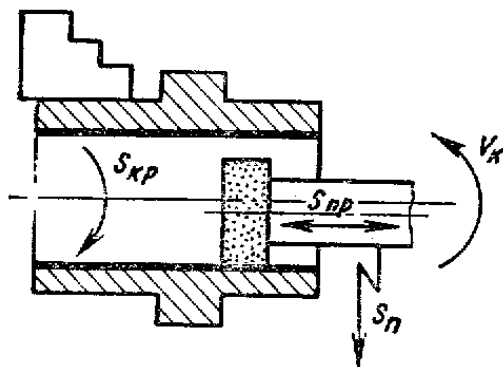


Рис. 19. Круглое внутреннее шлифование

При шлифовании заготовка устанавливается в патрон.

Главное движение Dg – вращение шлифовального круга.

Движения подачи:

Вращение обрабатываемой заготовки – круговая подача DS_{kp} .

Возвратно-поступательное движение шлифовального круга относительно обрабатываемой заготовки – продольная подача $DS_{прод}$.

Периодическое радиальное перемещение шлифовального круга на заготовку в конце каждого двойного хода стола – поперечная подача $DS_{поп}$.

Ход шлифовального круга принимается с перебегом на каждую сторону заготовки равным 0,5 от ширины круга.

Диаметр шлифовального круга при внутреннем шлифовании принимается равным 0,7...0,9 от диаметра обрабатываемого отверстия. Высота круга – 0,8 от длины отверстия.

Круг устанавливается консольно на шпинделе шлифовальной бабки и имеет недостаточную жесткость. Поэтому обработка выполняется с небольшими подачами и глубинами резания, что снижает производительность.

При обработке коротких поверхностей может применяться врезное внутреннее шлифование.

Заготовки больших размеров шлифовать описанным методом неэкономично. В этом случае применяют планетарное шлифование, при котором заготовку неподвижно закрепляют на столе. Шлифовальный круг вращается вокруг своей оси, а также медленно вокруг оси отверстия. Периодически круг подается на глубину резания t .

Плоское шлифование периферией или торцом круга.

Обрабатываемые заготовки устанавливаются на стол станка. В качестве приспособления чаще всего используются магнитные плиты, могут применяться и другие приспособления.

Размеры рабочей поверхности магнитной плиты позволяют одновременно устанавливать и обрабатывать несколько заготовок, что существенно повышает произ-

водительность шлифования.

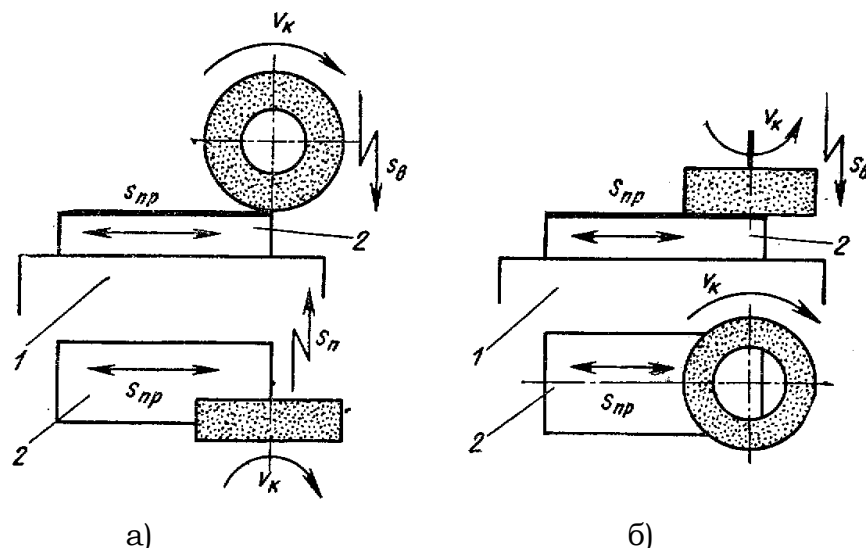


Рис. 20. Плоское шлифование периферией (а) и торцом (б) круга

Главное движение Dg – вращение шлифовального круга.

Движения подачи:

Возвратно-поступательное движение стола станка – продольная подача $DS_{прод}$.

Периодическое поперечное перемещение стола за один его ход – поперечная подача $DS_{поп}$.

Периодическое вертикальное перемещение шлифовальной бабки на толщину срезаемого слоя – вертикальная подача $DS_{верт}$.

Вертикальная подача $S_{верт}$ осуществляется в момент реверсирования поперечного движения подачи, т. е. после снятия с обрабатываемой поверхности одного слоя металла.

Продольный ход стола на 10...15 мм больше длины обрабатываемой поверхности.

Поперечный ход стола принимается с перебегом шлифовального круга на каждую сторону заготовки равным 0,5 от ширины круга.

Плоское шлифование может производиться и торцом круга. Обработка в этом случае производится на плоскошлифовальных станках с вертикальным шпинделем.

Шлифовальный круг перекрывает ширину стола и поэтому шлифует деталь по всей ширине.

Движения в процессе резания аналогичны рассмотренным выше, за исключением того, что отсутствует поперечная подача.

Вертикальная подача $S_{верт}$ осуществляется на один ход стола.

§18. Обозначение шлифовальных кругов.

Шлифовальная обработка производится шлифовальными кругами.

Кроме формы и размеров они характеризуются маркой абразивного материала, зернистостью, твердостью, материалом связки, структурой и другими параметрами.

Наиболее широкое применение имеют шлифовальные круги прямого профиля. Они используются при круглом наружном и внутреннем шлифовании, плоском шлифовании периферией круга, а также при шлифовании резьбы и зубьев.

Круги такой формы обозначаются буквами ПП, ПВ, ПВК и

Также выпускаются тарельчатые (Т) круги, круги чашечные цилиндрические (ЧЦ) и конические (ЧК), дисковые (Д) и другие.

Для изготовления абразивных инструментов применяют в основном искусственные абразивные материалы.

Электрокорунд (а – модифицированный оксид алюминия Al_2O_3) получается в результате электрической плавки материалов богатых окисью алюминия (бокситов, глинозема) и имеет следующие разновидности:

1. Электрокорунд нормальный (93 – 95% корунда, остальное примеси), выпускается

марок 13А, 14А, 15А, 16А чаще всего применяется для шлифования заготовок из незакаленных сталей.

2. Электрокорунд белый (98 – 99% корунда), выпускается марок 22А, 23А, 24А, 25А. Более качественный материал по сравнению с нормальным, рекомендуется для шлифования закаленных конструкционных сталей, а также труднообрабатываемых сталей и сплавов.
3. Электрокорунд хромистый (марки 33А и 34А), титанистый (марка 37А) и хромотитанистый (марки 91А, 92А, 93А, 94А) представляют собой электрокорунд легированный хромом, титаном или обоими элементами одновременно (легирующих добавок не более 2 - 3%). Данные абразивные материалы имеют высокие эксплуатационные свойства, что обеспечивает значительное повышение производительности при обработке закаленных и незакаленных сталей. Титанистый электрокорунд применяется при скоростном шлифовании.
4. Монокорунд (марка 43А) в отличие от других разновидностей электрокорунда при изготовлении получается непосредственно в виде зерен, а не в качестве материала подлежащего дроблению. Обладает еще более высокими механическими и режущими свойствами, применяется при обработке труднообрабатываемых сталей (инструментальных, жаропрочных и т. д.) и сплавов.

Карбид кремния (α – модифицированный SiC) получается в результате плавки в электрических печах кварцевого песка и кокса. Имеет следующие разновидности:

1. Карбид кремния черный, выпускается марок 52С и 54С применяется для обработки заготовок из вольфрамовых твердых сплавов, чугуна, цветных металлов (алюминия, меди) и их сплавов.
2. Карбид кремния зеленый, выпускается марок 62С, 63С и 64С, по сравнению с черным содержит меньше примесей, имеет большую абразивную способность. Рекомендуется для обработки твердых сплавов (титановых и титанотанталовых), чугуна, цветных металлов и сплавов.

В качестве абразивного материала для изготовления шлифовальных кругов также используются природный и синтетический алмаз, эльбор (синтетический материал на основе кубического нитрида бора BN). Область применения данных материалов – шлифование, доводка и отделка твердых сплавов (алмаз) и окончательная обработка высокоточных заготовок из труднообрабатываемых закаленных сталей (эльбор).

Зернистость – условное обозначение размера зерен абразивного материала. Зернистость выражается в сотых долях миллиметра.

Например, зернистость 40 обозначает, что средний размер зерен составляет 400 мкм.

В зависимости от процентного содержания зерен основной фракции зернистость имеет следующие индексы:

П – с повышенным содержанием (55 – 45%);

Н – с нормальным содержанием зерен основной фракции (45 – 40%).

Зернистость шлифовального круга выбирается в зависимости от требуемой точности и шероховатости, которые должна иметь обрабатываемая поверхность.

Например, для чистового шлифования применяют круги зернистостью 32 – 16.

Связка служит для скрепления абразивных зерен в инструменте.

Связки делятся на две группы: органические и неорганические.

Самой распространенной неорганической связкой является керамическая (60% абразивного инструмента). Она представляет собой стекловидную или фарфороподобную массу, составные части которой – огнеупорная глина, полевошпат, кварц и другие материалы.

Инструменты на керамической связке обладают высокой прочностью, жесткостью, устойчивы при высоких температурах, имеют высокую химическую стойкость. К недостаткам связки можно отнести ее хрупкость.

Применяются следующие виды керамической связки К1, К2, К3, К4, К5 и ...

К органическим связкам относятся бакелитовая и вулканитовая.

Бакелитовая связка представляет собой бакелитовую смолу и является наиболее распространенной из органических связок (30% абразивного инструмента).

Круги на бакелитовой связке имеют более высокую прочность, большую упругость, основной недостаток – низкая теплостойкость (не более 250° С) и недостаточная химическая стойкость в щелочных растворах.

Бакелитовая связка изготавливается марок Б, Б1, Б2, Б3, Б4 и применяется для

шлифовальных кругов используемых при плоском шлифовании торцом круга, прорезке узких пазов.

Вулканитовая связка (6% абразивного инструмента) является провулканизированной смесью синтетического каучука и серы. Вулканитовые связки выпускаются марок В, В1, В2, В3, В4, В5.

Шлифовальные круги на вулканитовой связке имеют высокую эластичность и применяются для прорезки пазов и отрезки.

Под твердостью шлифовального круга понимают способность связки удерживать абразивные зерна на поверхности инструмента.

Обозначение твердости круга:

М – мягкие,
СМ – среднемягкие,
С – средние,
СТ – среднетвердые,
Т – твердые,
ВТ – весьма твердые.

При выборе твердости абразивного круга руководствуются следующими соображениями: чем тверже обрабатываемый материал, тем мягче должен быть круг. В этом случае режущие зерна интенсивно изнашиваются, поэтому необходимо, чтобы они быстрее удалялись с поверхности круга и заменялись другими, более острыми.

При обработке мягких материалов абразивные зерна дольше сохраняют свои режущие свойства, поэтому круг должен быть тверже, чтобы незатупившиеся или малоизношенные зерна дольше оставались на поверхности инструмента.

Исключение составляет шлифование фасонных поверхностей, когда для сохранения требуемого профиля инструмента даже при обработке твердых материалов, например, закаленных сталей, используют круги высокой твердости.

Под структурой абразивного инструмента понимают соотношение в объеме инструмента абразивного материала, связки и пор.

По структуре абразивный инструмент подразделяется на 12 групп, которым присвоены номера от №1 до №12. Чем выше номер группы, тем меньше в объеме шлифовального круга зерен, больше связки и пор. Для структуры №1 содержание абразивных зерен составляет 60%, достигая у №12 - 38%.

Увеличение количества и размеров пор в шлифовальном круге облегчает удаление стружки, образовавшейся в процессе обработки, улучшает условия охлаждения места контакта инструмента и заготовки, при этом быстрее идет процесс самозатачивания круга. Но инструмент с высоким содержанием пор менее прочен и подвергается большему изнашиванию, чем плотный.

По мере работы шлифовальный круг теряет свои режущие свойства. Правка восстанавливает режущие свойства и правильную геометрическую форму круга.

Правку осуществляют обтачиванием алмазным инструментом (алмазными карандашами и иглами, алмазами в оправе), обкатыванием металлическими и твердосплавными дисками, шлифованием.

Наиболее распространена правка обтачиванием в этом случае правящий инструмент выполняет роль резца.

Рассмотрим пример условного обозначения шлифовального круга

ПП 500×50×305 24А 10П С2 7 К5 35 м/с ... ГОСТ 2424-83

Обозначение расшифровывается следующим образом:

ПП – круг прямого профиля

500×50×305 – размеры круга (наружный диаметр, высота (ширина) круга, диаметр посадочного отверстия, все в мм)

24А – марка абразивного материала (электрокорунд белый)

10П – зернистость абразивных зерен (0,1 мм) с повышенным содержанием зерен основной фракции

С2 – твердость круга (средняя)

7 – номер структуры круга (средняя)

К5 – вид связки (керамическая)

35 м/с – рабочая скорость круга

Также приведен ГОСТ в соответствии с которым изготавливаются круги.

§19. Методы отделочной обработки.

Когда обработка лезвийным инструментом или шлифовальными кругами оказывается недостаточной для достижения высоких точности и качества поверхностей деталей, используют методы отделочной обработки, к которым относят:

1. тонкое точение и растачивание,
2. притирку,
3. хонингование,
4. суперфиниширование и др.

Тонкое точение (расточивание) производится при высоких скоростях резания (более 100 м/мин), малых глубинах резания (0,05...0,3 мм) и подачах (0,02...0,15 мм/об). При таких условиях обработки силы резания невелики, выделяется мало теплоты, уменьшается толщина дефектного слоя на обработанной поверхности.

Обработка ведется на станках повышенной жесткости и точности, что обеспечивает большую точность и низкую шероховатость поверхности, чем при обычном точении или растачивании.

Метод обеспечивает обработку по 7...9 качеству точности и часто применяется вместо шлифования. Преимущества метода: высокая производительность, отсутствие в порах обработанной поверхности абразивных зерен (важно, если в дальнейшем деталь работает в условиях трения).

Расточные резцы оснащают пластинами из твердых сплавов (ВК2, ВК3, Т30К6) или алмазами.

Хонингование применяется для окончательной обработки цилиндрических отверстий.

Обработка осуществляется хонинговальной головкой (хоном), оснащенной абразивными брусками.

Главное движение является результатом сложения двух движений:

Вращение хона в обрабатываемом отверстии – $D_{гкр}$.

Возвратно-поступательное движения хона – $D_{гвп}$.

Движение подачи:

Радиальное раздвижение брусков механическим (клиновым), гидравлическим или пневматическим устройством – $D_{спад}$.

Заготовка при обработке остается неподвижной.

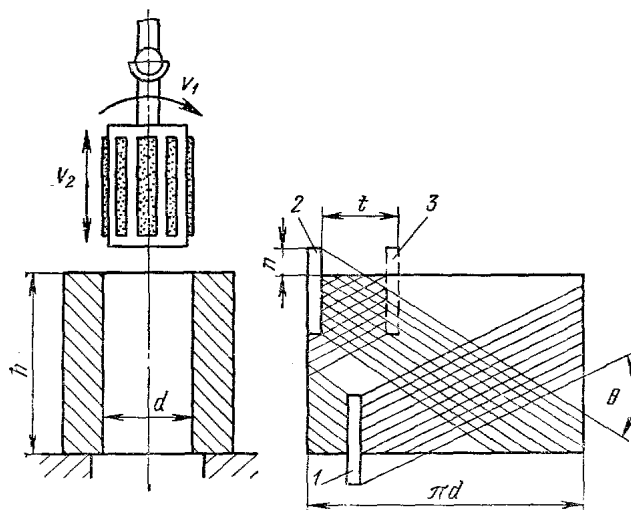


Рис. 21. Схема хонингования

Хонингование обеспечивает точность 6...7 качества, существенно уменьшает погрешность формы отверстия (устраняется овальность и конусность).

На обрабатываемой поверхности появляется сетка мелких винтовых царапин, улучшающих удержание смазки, что важно, например, для цилиндров двигателей внутреннего сгорания.

Хонингование не исправляет неточность положения оси отверстия, полученную на предыдущей операции обработки (например, увод оси). Поэтому хон должен иметь возможность самоустанавливаться по отверстию. Чаще всего это достигается шарнирным соединением хона со шпинделем станка.

Величина снимаемого слоя 0,01...0,2 мм, диаметр обрабатываемых отверстий 10...1500 мм, длина до 20 м.

При хонинговании в резании одновременно участвует большое число абразивных зерен, что обеспечивает высокую производительность, низкое удельное давление (0,3...1 МПа) и температуру в зоне резания (50...150 С).

При такой температуре сохраняется структура поверхностного слоя металла детали.

Бруски работают в условиях самозатачивания и не требуют правки.

Их изготавливают из мелкозернистого электрокорунда белого или карбида кремния зеленого. Также применяются алмазные бруски на металлической связке износ которых в 150...200 раз меньше.

Количество брусков в головке 2, 4, 6, 8 суммарная ширина их контакта с отверстием должна составлять 0,2...0,5 длины окружности.

Процесс хонингования сопровождается охлаждением зоны резания. Используются керосин, смесь керосина и веретенного масла, водно-мыльные эмульсии. Скорость подачи жидкости 50-60 л/м для своевременного удаления пыли и стружки.

Суперфиниширование – отделочный метод обработки абразивными брусками.

Методом обрабатываются плоские, цилиндрические (наружные и внутренние), конические, сферические поверхности из закаленной стали, а также чугуна и бронзы.

Обработка происходит без существенного изменения размеров и формы заготовки (исключение – устраняется отклонение от круглости и огранка при обработке цилиндрических поверхностей).

Основная цель – уменьшение высоты микронеровностей (шероховатости) поверхности. При этом меняется вид микровыступов, они сглаживаются и скругляются, а на обработанной поверхности, как и при хонинговании, образуется сетчатый рельеф.

Поверхности, обработанные таким образом, имеют высокую износостойкость при работе в парах трения.

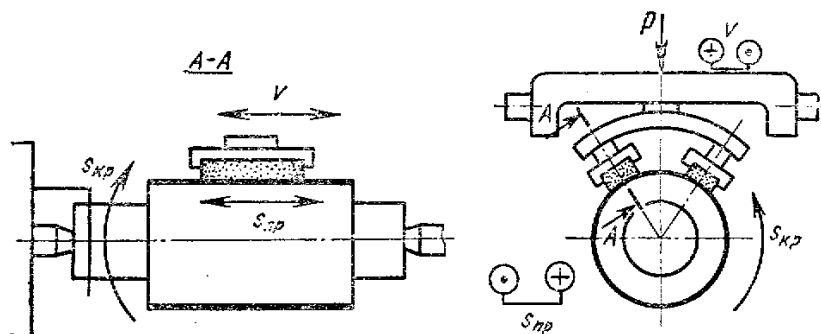


Рис. 22. Схема суперфиниширования

При обработке наружных поверхностей вращения заготовка устанавливается в центрах.

Главное движение $D\gamma$ – колебательное движение абразивных брусков.

Движения подачи:

Вращение обрабатываемой заготовки – круговая подача $D S_{кр}$.

Продольное перемещение брусков вдоль обрабатываемой заготовки – продольная подача $D S_{пр}$.

В процессе обработки обеспечивается прижим брусков к заготовке постоянной силой P .

Обработка производится мелкозернистыми абразивными брусками, установленными в специальных головках. Для обработки стали применяют бруски из электрокорунда белого, для обработки чугуна и бронзы – бруски из карбида кремния зеленого.

Также применяются алмазные бруски, стойкость которых в 80...100 раз больше.

Скорость колебательных движений брусков 0,05...0,2 м/с, амплитуда колебаний 2...6 мм, давление брусков 0,1...0,5 МПа.

Припуск, снимаемый при обработке примерно равен шероховатости обрабаты-

ваемой поверхности.

В качестве СОЖ при суперфинишировании применяется керосин с добавкой 10-20% веретенного или турбинного масла.

Бруски работают в условиях самозатачивания и не требуют правки.

В начале процесса, когда на поверхности имеются острые гребешки, масляная пленка под давлением абразивных брусков прорывается, и гребешки срезаются. Когда же они сглаживаются, смазка образует непрерывную пленку, давление бруска недостаточно, чтобы ее прорвать, и резание автоматически прекращается.

ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Методические указания к лабораторным работам

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА МАШИНОСТРОЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ
АВТОМОБИЛЕЙ

Методические указания

к лабораторным работам по курсам «Теория резания» и «Резание материалов»
по теме «**Основные способы обработки резанием и геометрические
характеристики режущих инструментов**»
для студентов специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения» и
1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства»
дневной, вечерней и заочной форм обучения

Брест 2017

В методических указаниях изложены сведения об основных способах обработки резанием, о конструкциях и геометрических параметрах лезвийных режущих инструментов: токарных резцов, спиральных сверл и фрез, а также о методах и средствах их измерения. Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ по дисциплинам «Теория резания» и «Резание материалов» студентами дневной, вечерней и заочной форм обучения по специальностям 1-36 01 01 «Технология машиностроения» и 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства».

Составители: *А.В. Драган*, к.т.н., доцент кафедры Машиностроения и эксплуатации автомобилей
В.А. Сокол, ст. преп. кафедры Машиностроения и эксплуатации автомобилей
А.Н. Парфиевич, ст. преп. кафедры Машиностроения и эксплуатации автомобилей

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА ТОЧЕНИЯ, КОНСТРУКТИВНЫЕ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ

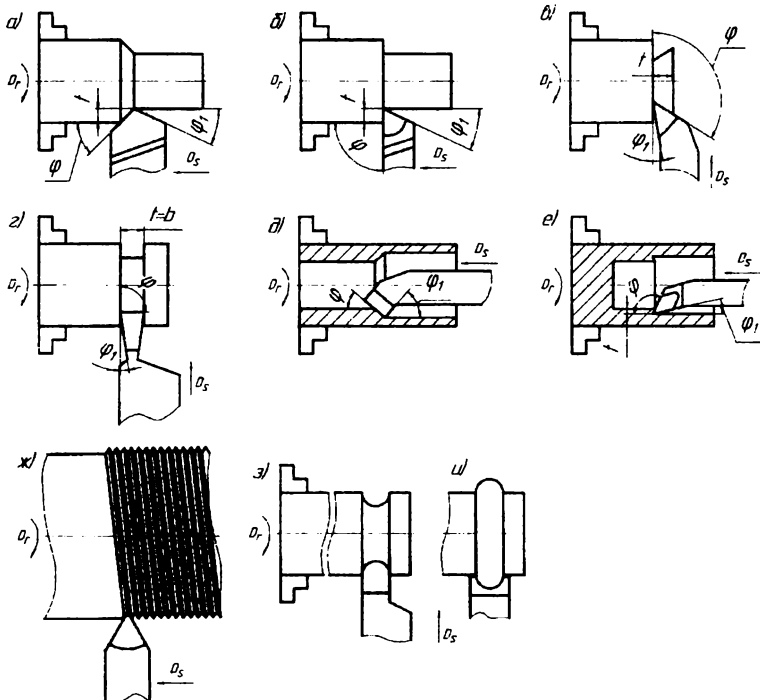
Цель работы: закрепление сведений об основных поверхностях и геометрических параметрах резцов различных типов; ознакомление с методами измерения геометрических параметров резцов и инструментами, применяемыми для этой цели; приобретение навыков эскизирования резцов.

Инструменты и принадлежности: комплект токарных резцов, угломеры, штангенциркуль.

Краткие теоретические сведения

1. Классификация типов резцов

По виду обработки токарные резцы классифицируются на: проходные, проходные упорные, подрезные, отрезные, прорезные, расточные, резьбовые, фасонные, гальтельные (рисунок 1).



а – проходной, б – проходной упорный, в – подрезной, г – отрезной, д, е – расточные для сквозных и глухих отверстий, ж – резьбовой, з, и – фасонные

Рисунок 1 – Классификация резцов по виду обработки

Они предназначены:

- проходные резцы предназначены для обработки наружных цилиндрических поверхностей (рисунок 1, а);
- проходные упорные резцы применяются при обработке ступенчатых валов и при обработке нежестких деталей (рисунок 1, б);
- подрезные резцы предназначены для обработки торцевых поверхностей, перпендикулярных оси вращения детали (рисунок 1, в);
- отрезные резцы используются для отрезки заготовок или обрабатываемых из прутка деталей (рисунок 1, г);
- расточные резцы предназначены для обработки сквозных и глухих отверстий (рисунок 1, д, е);
- резбовые резцы предназначены для нарезания резьбы (рисунок 1, ж);
- фасонные резцы применяются для обработки деталей сложного профиля (рисунок 1, з, и).

2. Элементы режима резания и срезаемого слоя при точении

При обработке резанием заготовка и инструмент совершают определенные движения. Они разделяются на основные (для обеспечения процесса резания) и вспомогательные (для подготовки к процессу резания и завершения операции).

Основные движения: главное движение, осуществляемое с большей скоростью, и движение подачи. При обработке на токарных станках **главное движение** – вращение заготовки, **движение подачи** – поступательное движение резца. Главное движение позволяет осуществлять процесс резания (превращать срезаемый слой в стружку); движение подачи дает возможность вести обработку по всей обрабатываемой поверхности.

На обрабатываемой заготовке при снятии стружки различают следующие поверхности: **обрабатываемую**, которая частично или полностью удаляется при обработке; **обработанную**, образованную на заготовке в результате обработки, и **поверхность резания**, образуемую режущей кромкой в результирующем движении резания. Поверхность резания является переходной между обрабатываемой и обработанной поверхностями.

Условия резания определяются рядом факторов, важнейшее значение из которых имеет режим резания.

Элементами режима резания являются скорость резания, подача и глубина резания.

Скорость резания v при точении – окружная скорость рассматриваемой точки заготовки в направлении главного движения.

При точении, когда заготовка вращается с частотой вращения n (мин), скорость резания (м/мин) в разных точках режущей кромки будет разная. В расчетах принимается ее максимальное значение:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ м/мин.} \quad (1)$$

где D – наибольший диаметр поверхности резания, мм;

n – частота вращения, мин⁻¹.

Подача S – величина перемещения режущей кромки относительно обработанной поверхности в единицу времени в направлении движения подачи.

Различают подачу за один оборот заготовки S_0 (мм/об) и минутную S_m (мм/мин.):

$$S_m = S_0 \cdot n, \text{ мм/мин.} \quad (2)$$

Глубина резания t – величина срезаемого слоя за один проход, измеренная в направлении, перпендикулярном к обработанной поверхности.

При продольном обтачивании:

$$t = \frac{D - d}{2}, \text{ мм,} \quad (3)$$

где D – диаметр заготовки, мм;

d – диаметр обработанной поверхности, мм.

При отрезании заготовки, прорезании поперечной канавки глубина резания t равна ширине b отрезного резца.

Глубина резания и подача характеризуют процесс резания с точки зрения положения и движения инструмента. Но при одной и той же подаче и глубине резания в зависимости от формы режущей кромки и её расположения (углов в плане) изменяются ширина и толщина поперечного сечения срезаемого слоя, определяющие процесс пластической и упругой деформации, количество выделившегося тепла и условия теплоотвода.

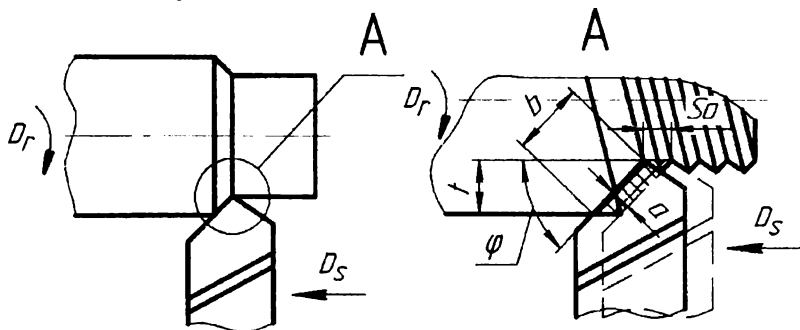


Рисунок 2 – Элементы режима резания и срезаемого слоя

Ширина поперечного сечения срезаемого слоя (ширина среза) b (мм) (рисунок 2) – длина стороны сечения срезаемого слоя, образованной поверхностью резания

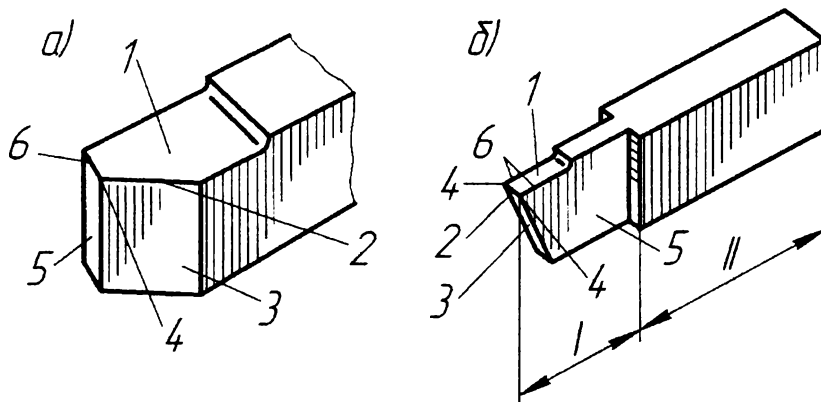
$$b = t / \sin \varphi, \text{ мм.} \quad (4)$$

Толщина поперечного сечения срезаемого слоя (толщина среза) a (мм) – длина нормали к поверхности резания, проведенной через рассматриваемую точку режущей кромки, ограниченная сечением срезаемого слоя.

$$a = S_0 \cdot \sin \varphi, \text{ мм.} \quad (5)$$

3. Конструктивные элементы токарных резцов

Резец состоит из двух основных частей: режущей I, которая является рабочей частью, с режущими кромками и крепёжной II, служащей для закрепления резца в специальной державке или резцедержателе станка (рисунок 3).



а – проходной прямой; б – отрезной

Рисунок 3 – Конструктивные элементы резца

Конструктивными элементами режущей части токарных резцов являются (рисунок 3):

- **передняя поверхность 1**, контактирующая в процессе резания со срезаемым слоем и стружкой;
- **главная задняя поверхность 3**, контактирующая с поверхностью резания;
- **вспомогательная задняя поверхность 5**, обращенная к обработанной поверхности;
- **главная режущая кромка 2**, образуемая пересечением передней и главной задней поверхностей;
- **вспомогательная режущая кромка 6**, образуется на пересечении передней и вспомогательной задней поверхностей;
- **вершина режущего лезвия 4** – место сопряжения главной и вспомогательной режущих кромок; вершина резца может быть острой, но обычно её закругляют для большей стойкости резца, а также для повышения чистоты обработанной поверхности.

4. Координатные плоскости и системы координат для оценки параметров режущей части инструмента

Расположение в пространстве поверхностей и режущих кромок определяется геометрическими параметрами (углами), оценка которых должна производиться в определенной системе координат. Геометрию режущих инструментов можно рассматривать в следующих системах координат:

- **статическая**, с началом в рассматриваемой части режущей кромки, ориентированная относительно направления скорости главного движения резания;
- **кинематическая**, с началом в рассматриваемой части режущей кромки, ориентированная относительно направления скорости результирующего движения резания (главного и движения подачи);
- **инструментальная**, с началом в вершине лезвия, ориентированная относительно элементов режущей части инструмента, принятых за базу.

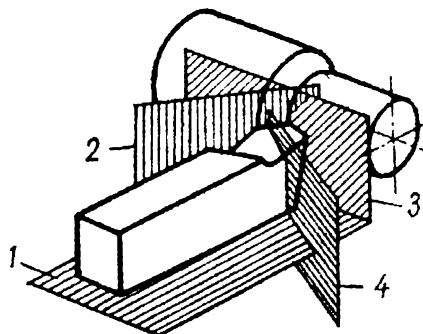


Рисунок 4 – Координатные плоскости реза

Для определения геометрических параметров в выбранной системе координат устанавливают следующие **координатные плоскости** (рисунок 4):

1 – **основная плоскость** в статической системе координат (в кинематической системе координат) – координатная плоскость, проведенная перпендикулярно направлению скорости главного движения резания (результатирующего движения резания);

2 – **плоскость резания** – координатная плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная основной плоскости;

3 – **рабочая плоскость** – плоскость, в которой расположены направления скоростей главного движения резания и движения подачи;

4 – **главная секущая плоскость** – координатная плоскость, перпендикулярная линии пересечения основной плоскости и плоскости резания (перпендикулярная плоскости резания в рассматриваемой точке режущей кромки);

5 – **вспомогательная секущая плоскость** – координатная плоскость, перпендикулярная проекции вспомогательной режущей кромки на основную плоскость.

5. Геометрические параметры для оценки режущей части инструмента

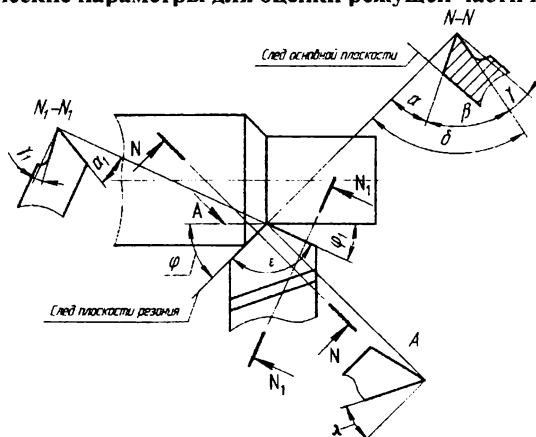


Рисунок 5 – Геометрические параметры режущей части токарного реза

Углы, определяемые в главной секущей плоскости, называются **главными**, они определяют режущий клин, отделяющий от припуска слой металла, превращаемый в стружку, во вспомогательной секущей плоскости – **вспомогательными**.

В **главной секущей плоскости** $N-N$ рассматривают главные задний и передний углы, углы заострения и резания (рисунок 5).

Главным передним углом γ называется угол между передней поверхностью резца и основной плоскостью в рассматриваемой точке главной режущей кромки.

Он имеет положительное значение, если передняя поверхность направлена вниз от режущей кромки; отрицательное – если передняя поверхность направлена вверх от нее; равен нулю – если передняя поверхность параллельна основной плоскости.

Главным задним углом α называется угол между главной задней поверхностью резца (или касательной к ней) и плоскостью резания.

Углом заострения β называется угол между главной задней и передней поверхностями резца.

Углом резания δ называется угол между плоскостью резания и передней поверхностью резца (или касательной к ней).

Между этими углами существует соотношение $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$.

Во **вспомогательной секущей плоскости** N_1-N_1 рассматривают **вспомогательные задний** α_1 и **передний** γ_1 углы.

α_1 – это угол между касательной к вспомогательной задней поверхности резца и плоскостью, проведенной через точку вспомогательной режущей кромки перпендикулярно к основной плоскости.

γ_1 – угол между передней поверхностью резца и основной плоскостью в рассматриваемой точке вспомогательной режущей кромки

В основной плоскости измеряются углы в плане.

Главным углом в плане ϕ называется угол между плоскостью резания и рабочей плоскостью. Для резца он определяется проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи.

Вспомогательным углом в плане ϕ_1 называется угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и рабочей плоскостью.

Угол в плане при вершине ϵ – угол между проекциями главной и вспомогательной режущих кромок на основную плоскость. $\phi + \epsilon + \phi_1 = 180^\circ$.

В **плоскости резания** измеряется **угол наклона главной режущей кромки** λ – угол между главной режущей кромкой и основной плоскостью. Если вершина резца – низшая точка кромки, то угол λ – положительный, если высшая – отрицательный.

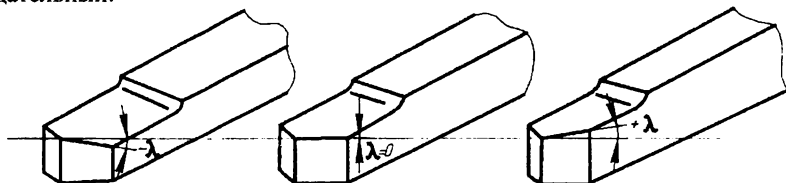


Рисунок 6 – Угол наклона главной режущей кромки λ

Все перечисленные углы резца соответствуют данным определениям, если вершина резца установлена на уровне оси вращения обрабатываемой детали и геометрическая ось стержня резца расположена перпендикулярно к оси вращения обрабатываемой детали. При такой установке резца на станке инструментальная система координат совпадает со статической. При этом основная плоскость совпадает с опорной поверхностью резцов, а поверхность резания расположена вертикально.

В процессе реального резания направление результирующего движения резания отклоняется от направления главного движения за счет движения подачи. Поэтому основная плоскость также будет отклонена от статической основной плоскости. Вследствие этого величины геометрических параметров будут отличаться от статических, они будут называться кинематическими и оцениваются в кинематической системе координат.

Методические указания

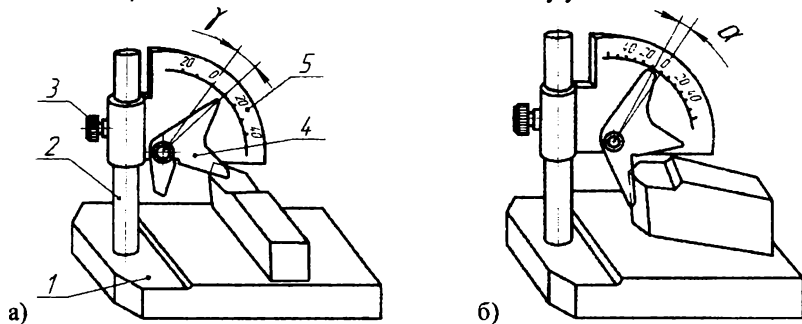
Для выполнения работы студентам выдаются комплекты токарных резцов разных типов. Каждый комплект содержит следующие основные типы резцов: проходной, расточной, отрезной.

Передний угол, задние углы, угол наклона главной режущей кромки измеряют настольным угломером.

Настольный угломер (рисунок 7) состоит из основания 1, стойки 2, по которой перемещается сектор 5 со шкалой, поворотного шаблона с указателем 4 и зажимных винтов 3. При установке указателя 4 на 0° сектора 5 горизонтальная сторона шаблона расположится параллельно опорной плоскости угломера, на которую устанавливается при измерении резец.

Для измерения переднего угла γ (рисунок 7, а) резец устанавливается так, чтобы шаблон располагался нормально к проекции главной режущей кромки на основную плоскость (в главной секущей плоскости). Горизонтальная сторона шаблона совмещается без просвета с передней поверхностью лезвия, а указатель отсчитывает по шкале сектора величину угла γ .

Для измерения заднего угла α (рисунок 7, б) при той же установке резца вертикальная сторона шаблона совмещается без просвета с задней поверхностью лезвия резца. Указатель отсчитывает величину угла α .



а – угла γ токарного проходного резца; б – угла α токарного проходного резца

Рисунок 7 – Схема измерения

Для измерения угла наклона режущей кромки λ (рисунок 8) резец устанавливают так, чтобы горизонтальная сторона шаблона совпала без просвета с главной режущей кромкой.

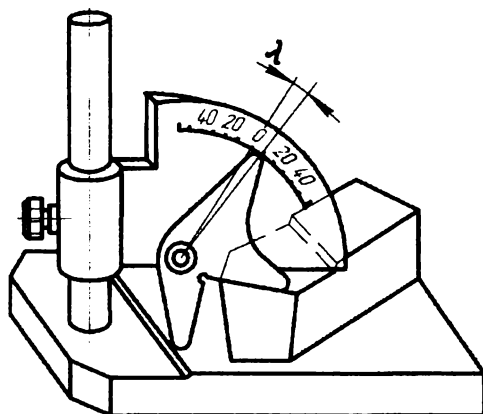


Рисунок 8 – Схема измерения угла λ токарного проходного резца

Углы в плане φ и φ_1 измеряют универсальным угломером. При измерении главного угла в плане φ (рисунок 9) планку 1 угломера прикладывают к режущей кромке лезвия, а планку 2 – к боковой стороне резца 3. Показания на шкале угломера дают значения φ . Подобным же методом измеряют вспомогательный угол в плане φ_1 .

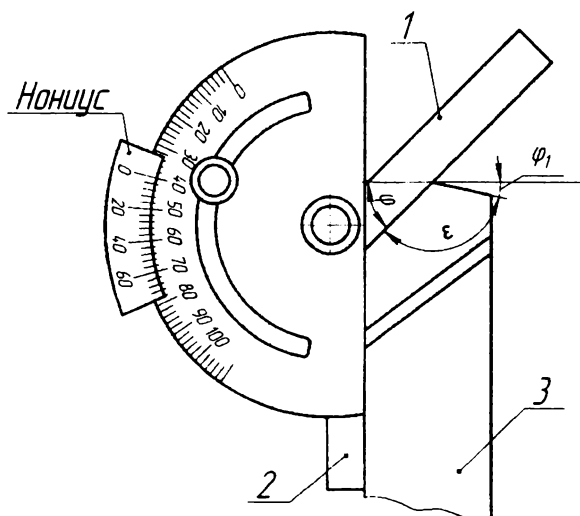


Рисунок 9 – Схема измерения угла φ токарного проходного резца

Результаты измерений углов токарных резцов сводим в таблицу 1.

Таблица 1 – Геометрические параметры токарных резцов

№ п/п	Наименование резца	Углы резца, °								
		Передний	Задний	Резания	Заострения	Наклона главной режущей кромки	Главный в плане	Вспомогательный в плане	При вершине	Вспомогательный задний
		γ	α	δ	β	λ	φ	φ_1	ϵ	α_1
1										
2										
3										

Порядок выполнения работы

1. Получить комплект разнотипных токарных резцов.
2. Определить тип, назначение резцов и движения, необходимые для осуществления резания с его использованием.
3. На каждом из резцов выявить их конструктивные элементы, определить расположение координатных плоскостей, а также углов, характеризующих геометрию инструментов.
4. Выполнить эскизы резцов с нанесением направлений движения резания, всех необходимых сечений, видов и углов. На эскизах показать деталь с элементами срезаемого слоя и режима резания.
5. Изучить устройство угломеров для измерения геометрических параметров токарных резцов.
6. Произвести измерения углов режущей части инструментов, результаты занести в таблицу 1.

Содержание отчёта

1. Названия и цель лабораторной работы.
2. Перечень оборудования, инструментов и принадлежностей.
3. Элементы режима резания.
4. Изображение токарного проходного резца с указанием его конструктивных элементов.
5. Эскизы выданных резцов с нанесёнными направлениями движений резания, сечениями главной и вспомогательными секущими плоскостями и углами, элементами сечения срезаемого слоя и режима резания.
6. Таблица с результатами измерений углов токарных резцов.

Контрольные вопросы

1. Классификация резцов по виду обработки.
2. Части и конструктивные элементы токарных резцов. Поверхности на заготовке при резании.

3. Элементы режима резания и срезаемого слоя при точении.
4. Координатные плоскости для определения углов токарного резца.
5. Плоскости, в которых измеряются углы резца.
6. Определения основных углов резца.
7. Соотношения между углами в главной секущей плоскости, в основной плоскости.
8. Влияние на величину углов резца его положения относительно оси вращения обрабатываемой детали.
9. Влияние подачи и диаметра заготовки на величину углов резца в процессе резания.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА СВЕРЛЕНИЯ, КОНСТРУКТИВНЫЕ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СПИРАЛЬНЫХ СВЁРЛ

Цель работы: ознакомление с основными поверхностями и геометрическими параметрами спиральных сверл, а также с методами и средствами их измерения.

Инструменты и принадлежности: спиральные свёрла, угломеры, штангенциркуль, микрометр.

Краткие теоретические сведения

1. Область применения сверления. Элементы режима резания и срезаемого слоя

Сверление – это способ обработки резанием, обеспечивающий получение сквозных и глухих отверстий в сплошном материале, а также применяемый для рассверливания уже имеющихся отверстий. Сверление позволяет получать поверхности до 12-го качества точности.

При работе сверло совершает **главное движение** – вращательное движение вокруг своей оси, обеспечивающее определенную скорость резания и **движение подачи** – перемещение вдоль оси вращения. В некоторых случаях, например при сверлении на токарном станке, вращательное движение может получать деталь, а не сверло.

Скорость резания v для точек режущей кромки различна. В центре сверла она равна нулю. За скорость резания (м/мин) при сверлении принимается окружная скорость точки, лежащей на периферии:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ м/мин.}, \quad (6)$$

где D – диаметр сверла, мм;
 n – частота вращения, мин^{-1} .

Подача S – величина перемещения сверла или детали вдоль оси отверстия за один оборот S_0 (мм/об). Так как сверло имеет два зуба и режет одновременно двумя режущими кромками, то на каждую кромку приходится подача (мм/зуб):

$$S_z = S_0/2, \text{ мм/зуб.} \quad (7)$$

Подача за одну минуту (мм/мин.):

$$S_m = S_o \cdot n = S_z \cdot z \cdot n, \text{ мм/мин.} \quad (8)$$

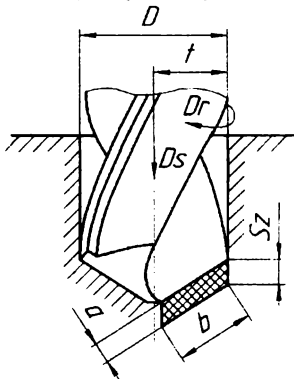


Рисунок 10 – Элементы срезаемого слоя и движения при сверлении

Глубина резания t при сверлении в сплошном материале – это величина срезаемого слоя, равная половине диаметра сверла. При рассверливании отверстия от диаметра d до диаметра D глубина резания

$$t = (D - d)/2, \text{ мм.} \quad (9)$$

Ширина срезаемого слоя b без учета перемычки сверла измеряется вдоль кромки от оси сверла до точки, лежащей на наружном диаметре сверла (рисунок 10).

Толщина срезаемого слоя a представляет собой длину нормали к поверхности резания, проведенную через рассматриваемую точку режущей кромки, ограниченную сечением срезаемого слоя (рисунок 10).

При сверлении и рассверливании отверстий обработанной поверхностью является поверхность обработанного отверстия. Поверхность резания образуется режущей кромкой при ее движении в процессе резания (рисунок 11).

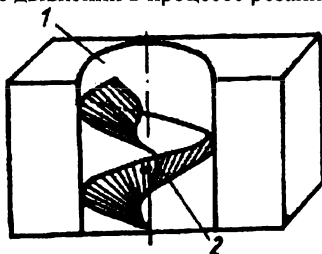


Рисунок 11 – Поверхности на заготовке при сверлении

2. Конструктивные элементы сверла

Сверло состоит из двух основных частей: рабочей и крепежной (рисунок 12).

Рабочая часть включает в себя режущую и направляющую части. Режущая часть сверла (заборный конус) выполняет основную работу резания. Направляющая часть обеспечивает направление сверла в отверстии при сверлении.

Крепежная часть предназначена для закрепления сверла и для передачи крутящего момента от шпинделя станка. Она состоит из конического хвостовика и поводка.

Конический хвостовик служит для установки и закрепления сверла в коническом отверстии шпинделя станка. Лапка является упором при выбивании сверла из шпинделя станка.

Цилиндрический хвостовик предназначен для закрепления сверла в специальном патроне, укрепленном на шпинделе станка.

Промежуточную часть между рабочей и крепежной называют шейкой. Она служит для выхода шлифовального круга при шлифовании сверла.

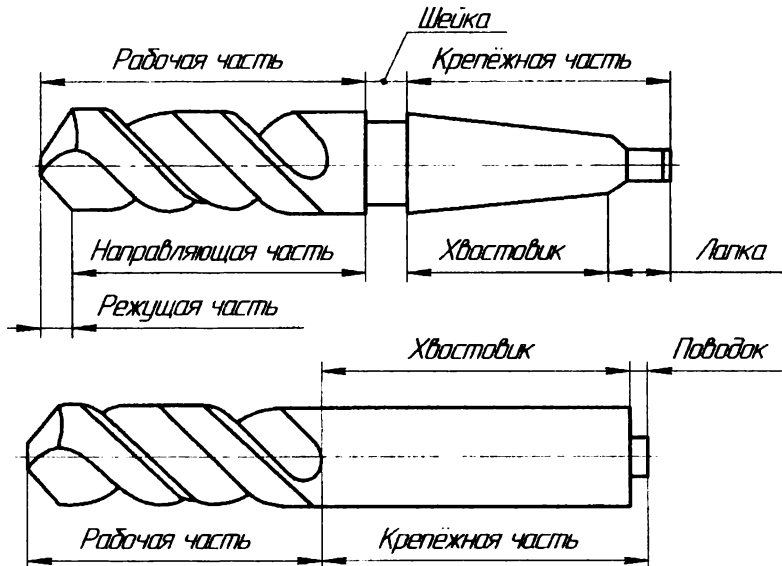


Рисунок 12 – Основные элементы сверла

Рабочая часть сверла содержит следующие **конструктивные элементы**:

передняя поверхность (рисунок 13, I) – часть поверхности винтовой канавки, по которой сходит стружка. Передняя поверхность сверла представляет собой винтовую поверхность, состоящую из семейства винтовых линий, у которых одинаковый шаг и различный диаметр. Поэтому угол наклона этих винтовых линий различный;

– **главная задняя поверхность** (рисунок 13, II) – торцовая поверхность зуба сверла;

– **ленточка** (вспомогательная задняя поверхность) (рисунки 2.1, 2.2) – узкая полоска на зубе сверла, расположенная вдоль винтовой канавки, предназначенная для направления сверла и уменьшения трения сверла об обрабатываемую поверхность;

– **спинка** (затылок) зуба (рисунок 13, III);

– **сердцевина** (диаметр d_c , рисунок 13).

Режущие лезвия сверла:

- **главное режущее лезвие** – линия пересечения передней и задней поверхностей, поскольку у сверла два зуба, то и два главных режущих лезвия (2-3 и 4-5, рисунок 13);
- **поперечное режущее лезвие (перемычка)** – линия пересечения обеих главных задних поверхностей (3-4, рисунок 13);
- **вспомогательное режущее лезвие** – пересечение передней поверхности с поверхностью ленточки. У сверла два вспомогательных лезвия (2-1; 5-6 рисунок 13).

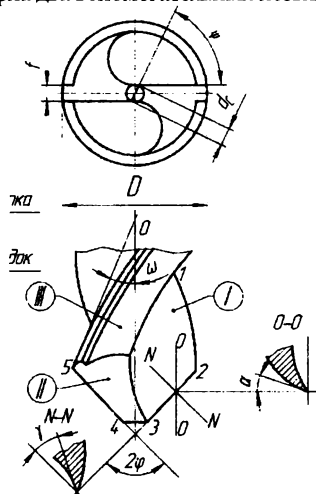


Рисунок 13 – Конструктивные элементы и геометрические параметры спирального сверла

3. Геометрические параметры сверла

Для оценки геометрических параметров сверл используются такие же координатные плоскости (основная, резания, рабочая), как и для токарных резцов.

Так же как и у токарных резцов, основными геометрическими параметрами, определяющими процесс резания, являются передний и задний углы.

Передний угол γ – угол между касательной к передней поверхности в рассматриваемой точке режущей кромки и нормалью в той же точке к поверхности вращения режущей кромки вокруг оси сверла. Измеряется в плоскости N-N (рисунок 13).

Он неодинаков для разных точек режущей кромки (рисунок 14). На наружном диаметре передний угол максимален и находится в пределах 25...30°.

Величина переднего угла в зависимости от расположения точки на режущей кромке, в которой этот угол определяется, может быть найдена по формуле:

$$\operatorname{tg} \gamma_i = \frac{D_i \operatorname{tg} \omega}{D \sin \varphi}, \quad (10)$$

где γ_i – передний угол в i -й точке режущей кромки;

D_i – диаметр, на котором расположена i -я точка режущей кромки, мм.

Передний угол на чертежах сверла не проставляют, так как положение и форму передней поверхности сверла определяет угол наклона винтовой канавки, являющейся передней поверхностью сверла, что следует из формулы (10).

Если передний угол образуется при изготовлении сверла, то задний получают при его заточке.

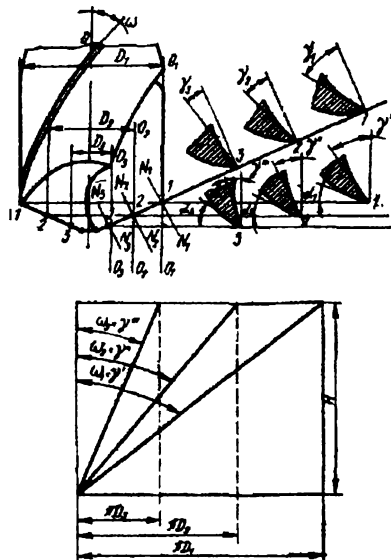


Рисунок 14 – Передние и задние углы в различных точках режущей кромки сверла

Задний угол α – представляет собой угол между касательной к задней поверхности в рассматриваемой точке режущей кромки и касательной в той же точке к окружности её вращения вокруг оси сверла. Измеряется в плоскости O-O (рисунок 13).

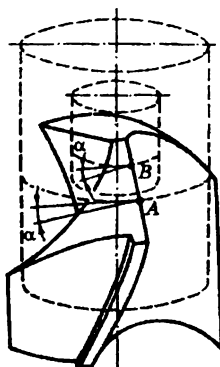


Рисунок 15 – Образование заднего угла α на кромке сверла в цилиндрических сечениях

Так как сверло при резании имеет подачу вдоль оси, то траектория точки режущей кромки винтовая, а действительный задний угол будет отличаться от статического на некоторую величину η :

$$\operatorname{tg} \eta = \frac{S_z}{\pi D}. \quad (11)$$

Из формулы (11) следует, что чем ближе располагается точка режущей кромки к оси сверла, тем значительно уменьшается задний угол в процессе работы. Поэтому при заточке сверла обеспечивают наибольшее значение заднего угла в ближайшей к центру точке режущей кромки с постепенным уменьшением его к периферии. Такая заточка сверла обеспечивает также и приблизительное равенство угла заострения зуба по всей длине режущей кромки, и, следовательно, его равнопрочность.

В основной плоскости определяются углы в плане.

Главный угол в плане ϕ – угол между плоскостью резания и рабочей плоскостью. От угла ϕ зависит ширина и толщина срезаемого слоя, а также прочность режущей части сверла. На практике, когда требуется быстро определять, для каких условий работы предназначено сверло, универсальным угломером измеряют угол между главными режущими кромками — угол при вершине 2ϕ . Однако на ширину и толщину среза влияет не угол 2ϕ , а угол ϕ на каждом пере сверла. При заточке можно получить точную величину угла 2ϕ , но разные величины углов ϕ на зубьях сверла. В данном случае условия работы на каждом зубе разные, ухудшаются условия резания, снижается точность и качество обработанного отверстия. Поэтому при заточке сверла необходимо измерять углы ϕ на каждом из перьев.

Вспомогательный угол в плане (угол обратного конуса) ϕ_1 – угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость сверла и рабочей плоскостью. У сверл диаметр рабочей части сверла уменьшают по направлению к хвостовику, т. е. делают обратную конусность для того, чтобы избежать защемления сверла в отверстии. Величина конусности невелика – 0,03...0,15 мм на 100 мм длины сверла, чтобы после переточек диаметр сверла изменялся незначительно.

Угол ϕ_1 можно определить по формуле:

$$\phi_1 = \operatorname{arctg} \left(\frac{D - D_1}{2l} \right), \quad (12)$$

где D и D_1 – диаметры сверла в начале и конце направляющей части;

l – длина направляющей части.

Угол наклона винтовой канавки ω – угол между касательной к ленточке и линией, параллельной оси сверла. Выбор величины угла ω зависит от обрабатываемого материала, глубины просверливаемого отверстия и других факторов. Сверла изготавливаются с углами $\omega = 15...60^\circ$.

Вспомогательный задний угол сверла α_1 – располагается в плоскости, нормальной к вспомогательной режущей кромке. Так как ленточка шлифуется по окружности, то вспомогательный задний угол сверла равен нулю.

Угол наклона перемычки ψ – угол между проекциями поперечной и главной режущей кромки на плоскость, перпендикулярную оси сверла. Величина этого угла при правильной заточке сверла $50...55^\circ$.

При пересечении перемычки перпендикулярной к ней секущей плоскостью можно видеть, что угол резания перемычки больше 90° , т. е. передний угол перемычки – отрицательный. В результате перемычка не режет металл, а скоблит его (выдавливает). Из-за этого более 50% усилия подачи и около 15% крутящего момента возникает при резании поперечной режущей кромкой. На практике для уменьшения сил резания применяют различные методы подточки перемычки.

Методические указания

Конструктивные элементы сверла измеряются универсальными инструментами – штангенциркулем, микрометром; геометрические параметры – универсальным угломером и другими средствами.

На рисунке 16 показано измерение диаметра сверла штангенциркулем. Диаметр сердцевины d_c можно также измерить штангенциркулем либо воспользоваться микрометром с острыми наконечниками. Кроме этого, штангенциркулем измеряется длина рабочей части L и длина направляющей части l .

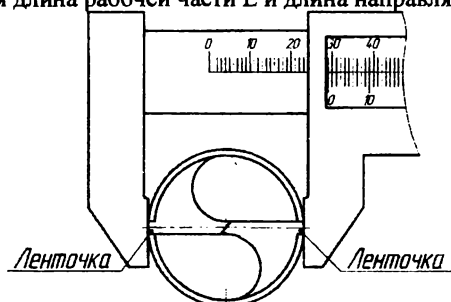
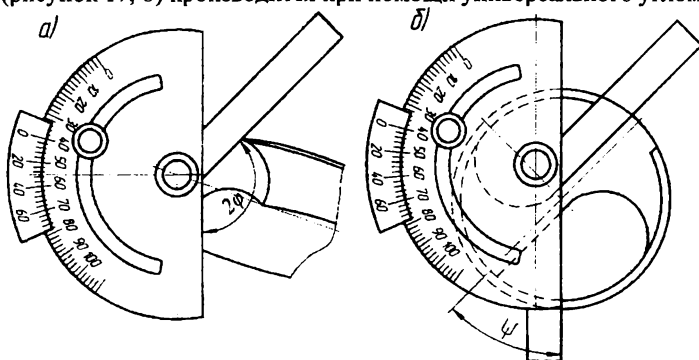


Рисунок 16 – Схема измерения диаметра сверла штангенциркулем

После измерения диаметров D и D_1 сверла в начале и конце направляющей части можно рассчитать угол обратного конуса ϕ_1 .

Измерение угла при вершине 2ϕ (рисунок 17, а), а также угла наклона перемычки ψ (рисунок 17, б) производится при помощи универсального угломера.



а – угла при вершине 2ϕ ; б – угла наклона поперечной режущей кромки ψ

Рисунок 17 – Схема измерения универсальным угломером

Угол наклона винтовой стружечной канавки ω определяют либо непосредственным измерением настольным угломером, при этом главную режущую кромку необходимо располагать в горизонтальной плоскости, либо определяют по отпечатку, получаемому путем прокатывания сверла по бумаге и измеряемому универсальным угломером. Для этого необходимо поместить сверло таким образом, чтобы его ось располагалась параллельно краю листа. Прижать его и прокатать, при этом вспомогательная режущая кромка оставит на листе отпечаток в виде прямой, наклонённой к краю листа под искомым углом ω (рисунок 18).

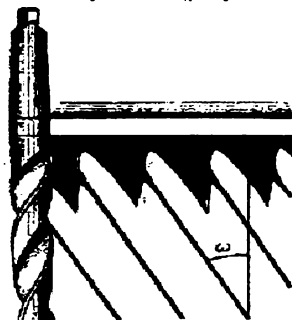


Рисунок 18 – Измерение угла наклона винтовой канавки ω

Результаты измерений сводим в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты измерения параметров сверла

Линейные размеры элементов сверла					Углы сверла			
D, мм	D ₁ , мм	L, мм	l, мм	d _c , мм	2φ, °	ω, °	φ ₁ , °	ψ, °

Порядок выполнения работы

1. Получить у преподавателя сверло с винтовыми канавками.
2. Определить на сверле все конструктивные элементы сверла и углы, характеризующие геометрию инструмента.
3. Выполнить эскиз сверла в двух проекциях с необходимыми сечениями, на которых обозначить все углы сверла и размеры. На эскизе изобразить элементы сечения срезаемого слоя и режима резания.
4. Изучить устройство угломеров для измерения углов сверла. Произвести измерения и результаты занести в таблицу 2.
5. Линейные размеры элементов сверла измеряются линейкой, штангенциркулем и микрометром.

Содержание отчета

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Перечень оборудования, инструментов и принадлежностей.
3. Эскиз сверла в двух проекциях с необходимыми сечениями, размерами и углами сверла, а также элементами сечения срезаемого слоя и режима резания.
4. Таблица с результатами расчёта и измерений параметров сверла, требуемые расчётные формулы.

Контрольные вопросы

1. Элементы режима резания и срезаемого слоя при сверлении.
2. Части и элементы сверла, их назначение.
3. В каких плоскостях измеряются геометрические параметры сверла?
4. Определения углов в плане сверла.
5. Определения и особенности главных переднего и заднего углов.
6. Особенности угла наклона винтовой канавки сверла в разных точках режущей кромки сверла.
7. Условия работы перемычки при резании и причины, их обуславливающие.
8. Определения вспомогательного заднего угла сверла, угла наклона перемычки.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ФРЕЗЕРОВАНИЯ, КОНСТРУКТИВНЫЕ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ФРЕЗ

Цель работы: закрепление сведений об основных частях и элементах различных видов фрез, их геометрических параметрах, элементах режима резания и срезаемого слоя. Ознакомление с методами измерения геометрических параметров фрез. Приобретение навыков эскизирования цилиндрических и торцевых фрез.

Инструменты и принадлежности: комплект фрез, угломеры, штангенциркуль.

Краткие теоретические сведения

1. Основные типы фрез

Фреза – многолезвийный инструмент, применяемый для обработки плоскостей, пазов, шлицев, тел вращения, зубчатых венцов, резьб и фасонных поверхностей. Фреза представляет собой тело вращения, на торце и (или) образующей поверхности которого имеются режущие зубья. Одновременное участие в работе нескольких зубьев обеспечивает высокую производительность обработки.

Основные типы фрез приведены на рисунке 19. Несмотря на многообразие фрез схема их работы соответствует цилиндрическому или торцевому фрезерованию.

При **цилиндрическом** фрезеровании ось фрезы параллельна обрабатываемой поверхности, работа производится зубьями, расположенными на цилиндрической поверхности фрезы.

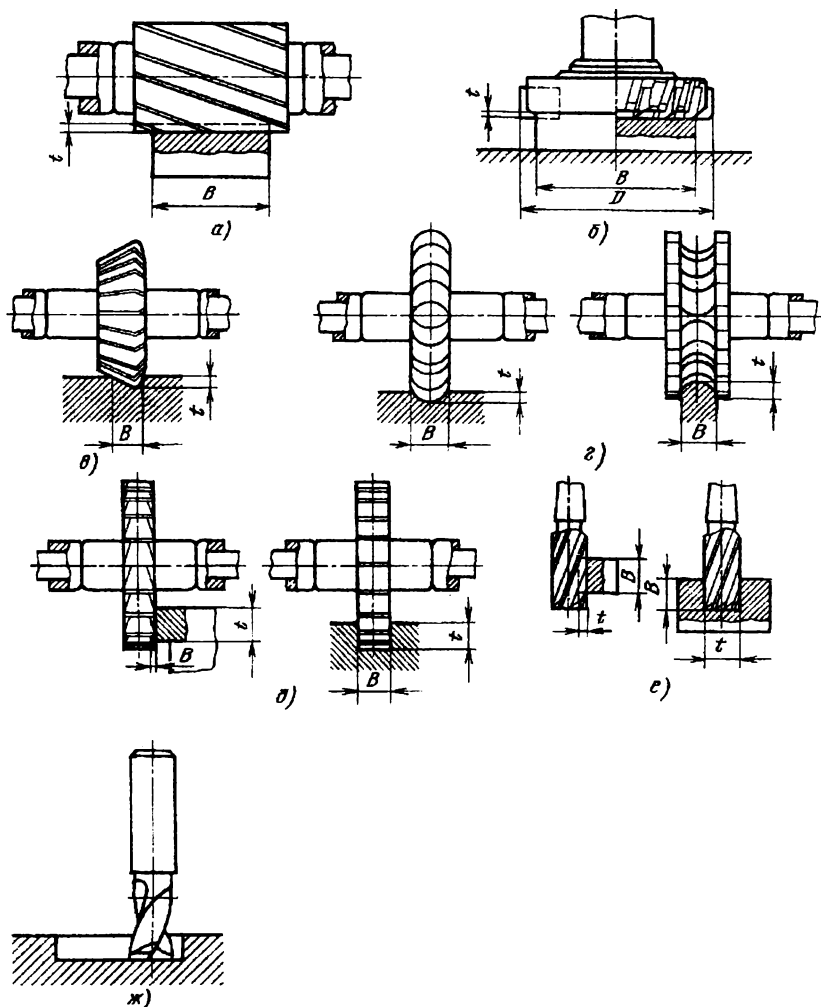
При **торцевом** фрезеровании ось фрезы перпендикулярна обработанной поверхности. В работе принимают участие кромки зубьев, расположенные не только на цилиндрической, но и на торцевой поверхности фрезы.

2 Движения, элементы режима резания и срезаемого слоя

Главное движение при фрезеровании – вращение фрезы. **Движение подачи** — поступательное или вращательное перемещение заготовки. Образованные при этом на заготовке поверхности приведены на рисунке 20.

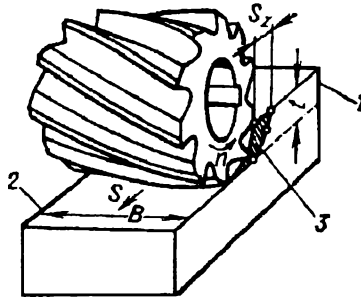
Скорость резания при фрезеровании v (м/мин) – окружная скорость наиболее удаленной от оси вращения точки режущей кромки фрезы. Скорость резания при известной частоте вращения n (мин^{-1}) и диаметре фрезы D (мм):

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ м/мин.} \quad (13)$$



а – цилиндрическая; б – торцовая; в – торцовая; г – фасонные;
д – дисковая двух- и трехсторонние; е – концевая; ж – шпоночная

Рисунок 19 – Основные типы фрез



1 – обрабатываемая поверхность; 2 – обработанная поверхность;
3 – поверхность резания

Рисунок 20 – Поверхности, образуемые на заготовке при фрезеровании

Подача S – скорость перемещения обрабатываемой заготовки относительно фрезы. Скорость подачи всегда меньше скорости главного движения. При фрезеровании существует три способа оценки величины подачи:

- **на один зуб фрезы S_z** – перемещение заготовки в направлении движения подачи за время поворота фрезы на один угловой шаг;
- **за один оборот фрезы (оборотная) S_o** – перемещение заготовки в направлении движения подачи за один полный поворот фрезы;
- **за минуту (минутная) S_m** – перемещение заготовки в направлении движения подачи за одну минуту.

Между ними существует следующее соотношение

$$S_m = S_o \cdot n = S_z \cdot z \cdot n, \quad (14)$$

где z – число зубьев фрезы.

Глубина резания t представляет собой расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями измеренное перпендикулярно последней (рисунок 20).

Ширина фрезерования B – ширина обрабатываемой поверхности в направлении, параллельном оси фрезы у цилиндрических фрез и перпендикулярном – у торцовых. У цилиндрических и торцовых фрез ширина фрезерования совпадает с шириной обрабатываемой заготовки, у дисковых фрез – с шириной паза, у концевых фрез – с глубиной паза (рисунок 21).

Размеры срезаемого слоя характеризуются следующими параметрами.

Угол контакта фрезы δ – центральный угол, соответствующий дуге контакта фрезы с заготовкой (рисунок 21).

Различают также **мгновенный угол контакта ψ** – центральный угол между радиусом, проведенным в начальную точку касания зуба фрезы с заготовкой, и радиусом, проведенным в точку мгновенного положения зуба.

Для цилиндрических, дисковых и фасонных фрез угол контакта зависит от глубины резания и диаметра фрезы:

$$\cos \delta = 1 - \left(\frac{2t}{D} \right), \quad (15)$$

Для торцевых фрез угол контакта определяется шириной фрезерования и диаметром фрезы.

Толщина среза a – длина нормали к поверхности резания, проведенной через рассматриваемую точку режущей кромки, ограниченная сечением срезаемого слоя (рисунок 21 и 22). Особенностью фрезерования является переменная величина толщины среза. Толщина срезаемого слоя для мгновенного положения зуба цилиндрической фрезы:

$$a_i = S_z \cdot \sin \psi_i. \quad (16)$$

Максимальная толщина слоя, срезаемого зубом цилиндрической фрезы:

$$a_{\max} = S_z \cdot \sin \delta, \quad (17)$$

минимальная – $a_{\min}=0$.

Максимальное значение толщины среза зубом торцевой фрезы, как следует из рисунка 21, будет иметь место при угле $\psi=90^\circ$ и равно:

$$a_{\max} = S_z \sin \varphi, \quad (18)$$

где φ – главный угол в плане.

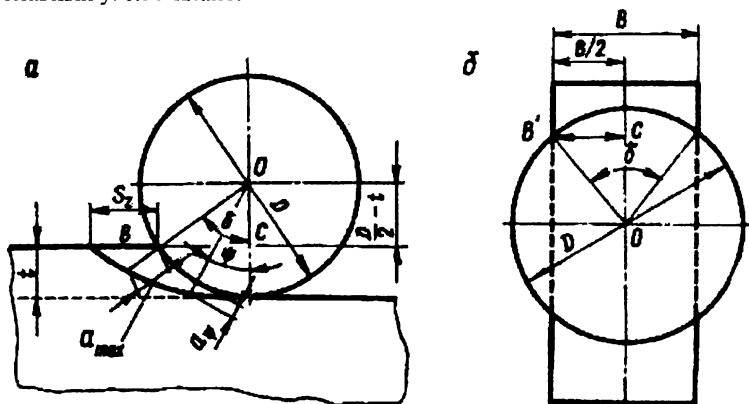


Рисунок 21 – Схема резания при цилиндрическом (а) и торцевом (б) фрезеровании

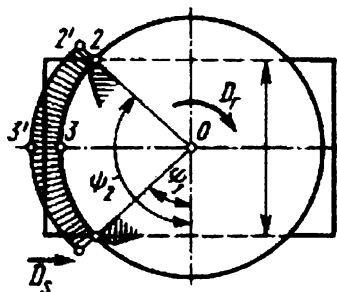


Рисунок 22 – Толщина срезаемого слоя при торцевом фрезеровании

Ширина среза b – длина стороны сечения срезаемого слоя, образованной поверхностью резания. Для прямозубой цилиндрической фрезы $b = B$, для цилиндрической фрезы с винтовыми зубьями является переменной величиной, изменяющейся от нуля в момент входа зуба в контакт с заготовкой до некоторой максимальной величины (рисунок 23). Для торцевой фрезы ширина среза постоянна и равна:

$$b = \frac{B}{\sin \varphi \cos \lambda}, \quad (19)$$

где φ – главный угол в плане;
 λ – угол наклона режущей кромки.

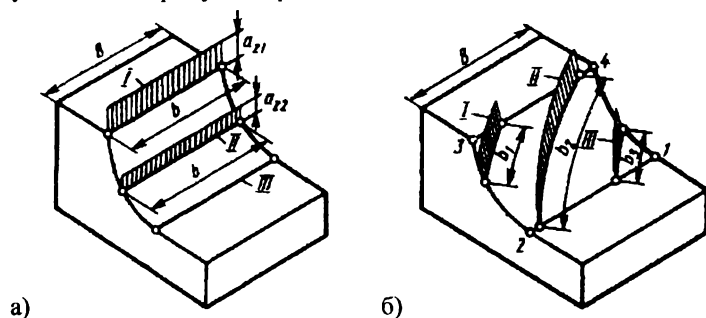


Рисунок 23 – Параметры сечения среза при обработке цилиндрической фрезой с прямыми (а) и винтовыми (б) зубьями

3 Геометрические параметры фрез

3.1 Цилиндрическая фреза

Цилиндрическая фреза представляет собой цилиндрическое тело, на поверхности которого выполнены канавки для размещения стружки. Пересечение канавки с цилиндрической поверхностью образует режущие кромки. Для более плавной работы фрезы и для увеличения числа одновременно работающих зубьев стружечные канавки делают винтовыми.

Классическая цилиндрическая фреза работает в условиях свободного резания, на каждом ее зубе имеется одна режущая кромка (рисунок 24).

Передней поверхностью цилиндрической фрезы является часть стружечной канавки у режущей кромки, а **задней** – поверхность цилиндра.

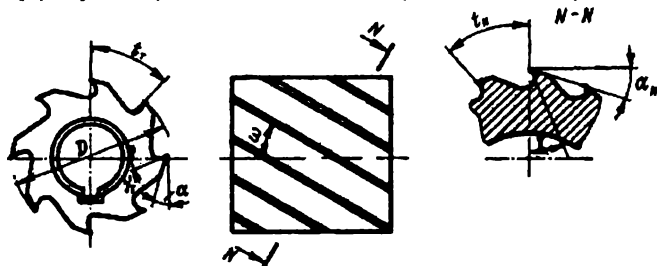


Рисунок 24 – Геометрические параметры цилиндрических фрез

Каждый режущий зуб фрезы, как и другого лезвийного инструмента, имеет такие же элементы и углы, как резец.

Главный передний угол γ – угол между передней поверхностью и основной плоскостью, проходящей через ось фрезы и рассматриваемую точку режущей кромки.

Этот угол обеспечивает сход стружки по передней поверхности и измеряется в плоскости $N - N$, перпендикулярной режущей кромке. В этой же плоскости измеряют задний угол α_N (рисунок 24).

Главный задний угол α — угол между касательной к задней поверхности фрезы и касательной к траектории движения рассматриваемой точки вокруг оси вращения фрезы. Траектория движения точки режущей кромки, определяющая положение плоскости резания, принимается за дугу окружности, поэтому главный угол измеряется в плоскости, перпендикулярной к оси фрезы. В этой плоскости измеряется передний угол γ_r .

Угол наклона винтовой канавки ω представляет собой угол наклона режущих кромок к оси фрезы.

У цилиндрических фрез также рассматривают:

– окружной шаг фрезы t_r в торцевой плоскости, который представляет собой длину дуги по торцу фрезы между двумя соседними зубьями:

$$t_r = \pi D / z, \quad (20)$$

где D – диаметр фрезы;

z – число зубьев фрезы.

– шаг зубьев в нормальном сечении t_N :

$$t_N = t_r \cos \omega; \quad (21)$$

– осевой шаг зубьев фрезы t_o :

$$t_o = t_r \operatorname{ctg} \omega; \quad (22)$$

– шаг винтовой канавки зуба фрезы:

$$H = \pi \cdot D \cdot \operatorname{ctg} \omega. \quad (23)$$

3.2 Торцовая фреза

У торцовых фрез зубья подобны проходным резцам (рисунок 25). В резании, кроме главной, участвует вспомогательная режущая кромка.

Зуб фрезы имеет углы в плане ϕ , ϕ_1 и ϵ .

Главный угол в плане ϕ – угол между плоскостью резания и рабочей плоскостью.

Вспомогательный угол в плане ϕ_1 – угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и рабочей плоскостью.

У вершины каждого зуба для упрочнения и улучшения условий теплоотвода затачивают переходную режущую кромку под углом $\phi_o = \phi / 2$.

Главный передний угол γ – это угол между касательной к передней поверхности зуба фрезы и основной плоскостью. Он измеряется в плоскости схода стружки $N - N$, принимаемой в направлении, перпендикулярном к режущей кромке.

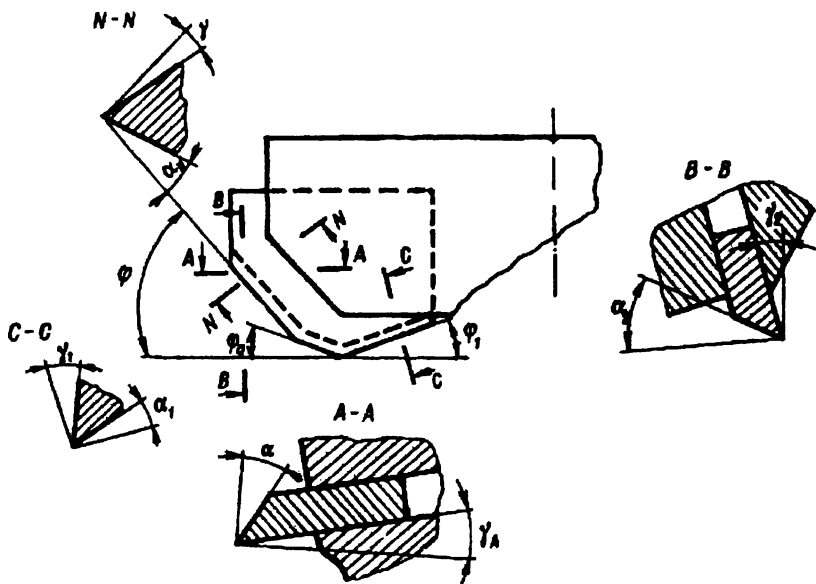


Рисунок 25 – Геометрические параметры торцевой фрезы

Главный задний угол α – угол между касательной к задней поверхности зуба фрезы и плоскостью резания, измеряется в плоскости $A-A$, перпендикулярной к оси фрезы, в которой лежит траектория движения точки режущей кромки.

В секущей плоскости $N-N$ измеряют **нормальный задний угол α_N** :

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \operatorname{tg} \alpha \sin \varphi \quad (24)$$

У торцевых фрез рассматривают также **поперечный передний угол γ_A** в плоскости $A-A$ и **продольные передний γ_2 и задний α_2 углы фрезы** в секущей плоскости $B-B$, параллельной оси фрезы.

Между углами, измеряемыми в различных плоскостях, существует следующая зависимость:

$$\operatorname{tg} \gamma = \operatorname{tg} \gamma_A \sin \varphi + \operatorname{tg} \gamma_2 \cos \varphi. \quad (25)$$

В секущей плоскости $C-C$, перпендикулярной вспомогательной режущей кромке, измеряется **вспомогательные передний γ_1 и задний углы α_1** .

Методические указания

Конструктивные элементы цилиндрической фрезы измеряются универсальными инструментами – штангенциркулем, микрометром; геометрические параметры – универсальным угломером, угломером М.М. Бабчиничера и другими средствами.

Измерение наружного диаметра D цилиндрической фрезы производим штангенциркулем аналогично рисунку 16. Кроме этого, штангенциркулем измеряются общая длина фрезы L и диаметр посадочного отверстия d .

Измерение угла наклона спирали цилиндрической фрезы β производится с помощью универсального угломера (рисунок 26).

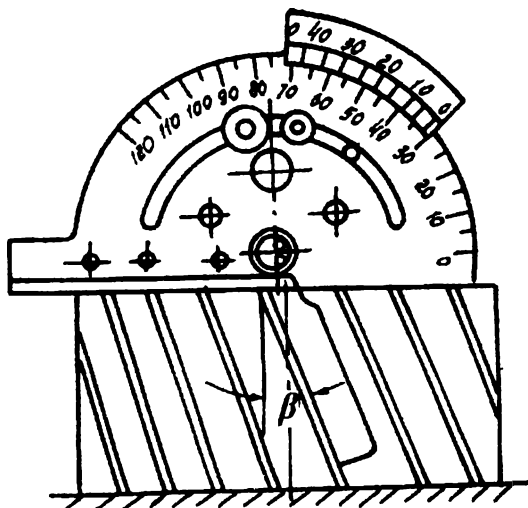


Рисунок 26 – Измерение наклона спирали цилиндрической фрезы β с помощью универсального угломера

Измерение переднего γ_r (рисунок 27, а) и заднего α_r (рисунок 27, б) углов цилиндрической фрезы производится угломером М.М. Бабчиничера.

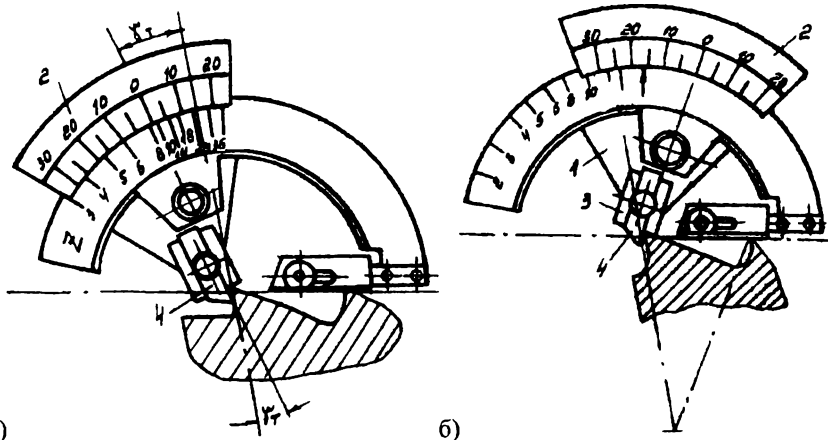
Для измерения переднего угла γ_r угломер М.М. Бабчиничера накладывают на вершины двух смежных зубьев (рисунок 27, а), сектор 2 поворачивают до совмещения мерительной плоскости пластинки 4 с передней поверхностью зуба фрезы и закрепляют винтом. Значение переднего угла отсчитывается на градусной шкале.

Для измерения заднего угла α_r (рисунок 27, б) настройка угломера тождественна настройке для измерения переднего угла γ_r . Сектор 2 поворачивают до совмещения мерительной плоскости пластинки 4 с задней поверхностью зуба и закрепляют винтом. Значение заднего угла α_r отсчитывается на градусной шкале против риски.

Затем по формулам 26 и 27 определяют действительные значения переднего γ и заднего α углов:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{tg} \alpha_r}{\cos \beta}, \quad (26)$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \operatorname{tg} \gamma_r \cdot \cos \beta. \quad (27)$$



- а) 1 – основание; 2 – сектор; 3 – направляющая; 4 – измерительная ножка;
5 – подвижная линейка
- б) 1 – основание; 2 – сектор; 3 – направляющая; 4 – измерительная ножка;
5 – подвижная линейка

Рисунок 27 – Измерение переднего γ_T (а) и заднего α_T (б) углов с помощью угломера М.М. Бабчиничера

Порядок выполнения работы

1. Получить у преподавателя фрезы различного типа.
2. Определить на фрезях все конструктивные элементы и углы, характеризующие геометрию инструмента.
3. Выполнить эскизы цилиндрической и торцевой фрез с необходимыми сечениями, на которых обозначить все углы и размеры. На эскизе изобразить поверхности заготовки и элементы сечения срезаемого слоя.
4. Получить у преподавателя и выполнить индивидуальное задание по определению численных значений геометрических параметров фрез.
5. Оформить отчет.

Содержание отчёта

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Перечень оборудования, инструментов и принадлежностей.
3. Эскизы фрез с необходимыми проекциями и сечениями, буквенными обозначениями размеров и углов, а также элементами сечения срезаемого слоя.
4. Индивидуальное задание.

Контрольные вопросы

1. Типы фрез.
2. Элементы режима резания при фрезеровании.
3. Элементы режима резания и сечения срезаемого слоя при фрезеровании (ширина, толщина, угол контакта и др.).
4. Геометрические параметры цилиндрической фрезы.
5. Геометрические параметры торцевой фрезы.

СОДЕРЖАНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Характеристика процесса точения, конструктивные и геометрические
параметры токарных резцов 3

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Особенности процесса сверления, конструктивные и геометрические
параметры спиральных свёрл..... 12

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Особенности процесса фрезерования, конструктивные и геометрические
параметры фрез..... 20

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Составители: *Александр Вячеславович Драган*
Виктор Александрович Сокол
Андрей Николаевич Парфиевич

Методические указания

к лабораторным работам по курсам «Теория резания» и «Резание материалов»
по теме **«Основные способы обработки резанием и геометрические
характеристики режущих инструментов»**
для студентов специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения» и
1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства»
дневной, вечерней и заочной форм обучения

Ответственный за выпуск: *Сокол В.А.*
Редактор: *Боровикова Е.А.*
Компьютерная верстка: *Колб К.С.*
Корректор: *Никитчик Е.В.*

Подписано в печать 23.11.2017 г. Формат 60×84/16. Бумага «Снегурочка».
Усл.-п.л. 1,74 Усл.-изд.л. 1,86. Тираж *40* экз. Заказ №1169.
Отпечатано на ризографе учреждение образования
«Брестский государственный технический университет».
224017, Брест, ул. Московская, 267.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам по курсу

«Технология производства и ремонта автомобилей»

**на тему «Расчёт режимов резания и определение норм времени
при выполнении токарных и сверлильных операций»**

для студентов специальности

1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей»

Брест 2011

УДК 621.9 (075.8)

В методических указаниях приведены основные теоретические сведения о порядке расчёта режимов резания и норм времени при выполнении токарных и сверлильных операций с указанием необходимой справочной литературы. Изложены подробные рекомендации по выполнению лабораторных работ на данную тему, а также требования к содержанию и оформлению отчета. Методические указания предназначены для студентов специальности 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей»

Составители: А.П. Акулич, к.т.н., доцент
Л.И. Акулич, ст. преподаватель
В.А. Сокол, ассистент

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

РАСЧЁТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМ ВРЕМЕНИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТОКАРНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Цель работы: приобретение практических навыков расчёта режимов резания и определения норм времени при выполнении токарных операций.

Инструменты и принадлежности: токарно-винторезный станок 16К20, чертежи деталей, по которым решаются задачи, справочная литература, микрокалькулятор.

Основные положения

Режимы резания выбирают с таким расчетом, чтобы обеспечить высокое качество обработки детали, наибольшую производительность труда и наименьшую стоимость операции.

1. Расчет режимов резания ведут в следующей последовательности:

1) Выбирают инструментальный материал, конструкцию и геометрию режущего инструмента.

Материал режущей части выбирают в зависимости от свойств обрабатываемого материала, состояния поверхности заготовки, а также от условий осуществляемого резания. Геометрические параметры инструмента назначаются в зависимости от свойств обрабатываемого материала, жесткости технологической системы, вида обработки (черновой, чистовой или отделочной) и других условий резания.

2) Назначают глубину резания t с учетом припуска на обработку.

При черновой обработке желательно назначать глубину резания, обеспечивающую срезание припуска за один проход. Полуцистовая обработка часто производится в два прохода. Первый, черновой, осуществляется с глубиной резания $t = (0,6...0,75)$ припуска на сторону, а второй, окончательный, с $t = (0,25...0,3)$. Обработка в два прохода в этом случае вызвана тем, что при снятии слоя толщиной свыше 2 мм за один проход качество обработанной поверхности низкое, а точность ее размеров недостаточна. При чистовой обработке в зависимости от точности и шероховатости 0,1-2 мм.

3) По выбранной глубине резания и шероховатости обрабатываемой поверхности по справочнику назначают подачу S (при точении – S_0 , мм/об). При черновой обработке выбирают максимально возможную подачу, с учетом жесткости технологической станочной системы, прочности детали, способа её крепления (в патроне, в центрах и др.), прочности и жесткости рабочей части режущего инструмента, прочности механизма подачи станка, а также установленной глубины резания. Выбранное значение подачи согласуют с паспортными данными станка.

При чистовой обработке назначение подачи необходимо согласовывать с заданной шероховатостью обработанной поверхности и качеством точности, учитывая при этом возможный прогиб детали под действием сил резания и погрешности геометрической формы обработанной поверхности.

4) Определяют скорость резания при заданной стойкости, глубине и подаче.

При наружном продольном и поперечном точении и растачивании:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \text{ м/мин} \quad (1)$$

При отрезании, прорезании и фасонном точении:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \text{ м/мин}, \quad (2)$$

где K_v – поправочный коэффициент, зависящий от условий обработки, является произведением ряда коэффициентов. Важнейшими из них являются:

K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_{PV} – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

K_{IV} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;

T – стойкость инструмента, мин;

t – глубина резания, мм; S – подача, мм/об;

C_v, m, x, y – коэф-т и показатели степени при соответствующих параметрах.

5) Зная теоретическую скорость резания, определяют теоретическую частоту вращения шпинделя, которую необходимо сопоставить с паспортными данными станка. Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}, \text{ мин}^{-1}, \quad (3)$$

где D – наибольший диаметр поверхности резания, мм.

6) По принятому паспортному значению частоты вращения шпинделя определяют фактическое значение скорости резания по формуле:

$$v_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000}, \text{ м/мин}, \quad (4)$$

где n_ϕ – принятое по паспорту значение частоты вращения шпинделя.

7) Определяют составляющие силы резания.

Силу резания принято раскладывать на составляющие силы, направленные по осям координат станка (тангенциальную P_z , радиальную P_y и осевую P_x). При наружном, продольном и поперечном точении, растачивании, отрезании, прорезании пазов и фасонном точении эти составляющие рассчитывают по формуле:

$$P_{z, y, x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^\phi \cdot K_p, \text{ Н}, \quad (5)$$

где C_p, n, x, y – коэф-т и показатели степени при соответствующих параметрах;

K_p – поправочный коэффициент, представляет собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические условия резания.

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\tau p}, \quad (6)$$

где $K_{MP}, K_{\phi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{\tau p}$ – коэф-ты, учитывающие фактические условия резания.

8) Определяют мощность резания, а также уточняют возможность обработки на станке.

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт} \quad (7)$$

Обработка на станке возможна, если выполняется следующее условие:

$$N_p \leq 1,3 \cdot N_{\text{СТ}} \cdot \eta, \quad (8)$$

где $N_{\text{СТ}}$ – мощность электродвигателя привода главного движения станка, кВт;

η – КПД привода, $\eta = 0,8$;

$K = 1,3$ – коэффициент кратковременной перегрузки.

2. Основное (технологическое) время T_o представляет собой время, в течение которого осуществляется изменение размеров и формы заготовки, внешнего вида и шероховатости поверхности, состояния поверхностного слоя и определяется по формуле:

$$T_o = \frac{L}{S_o \cdot n} \cdot i, \text{ мин}, \quad (9)$$

где i – количество проходов; L – путь, пройденный инструментом:

$$L = l_o + l_1 + l_2, \text{ мм}, \quad (10)$$

где l_o – длина обрабатываемой поверхности, мм;

l_1 – величина врезания инструмента при точении:

$$l_1 = t \cdot \text{ctg} \varphi + (0,5 \dots 2), \text{ мм}; \quad (11)$$

l_2 – величина перебега инструмента, принимаем $l_2 = 0,5 \dots 2$ мм;

φ – главный угол в плане, град.

3. Расчёт технических норм времени для различных типов производства.

В условиях массового производства определяется норма штучного времени. Расчёт ведётся по формуле:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_b + T_{об} + T_{от}, \text{ мин}, \quad (12)$$

где T_o – основное время, мин;

T_b – вспомогательное время, мин;

$T_{об}$ – время обслуживания рабочего места, мин;

$T_{от}$ – время перерывов на отдых и личные потребности, мин.

Вспомогательное время определяется по формуле:

$$T_b = T_{yc} + T_{зо} + T_{уп} + T_{изм}, \text{ мин}, \quad (13)$$

где T_{yc} – время на установку и снятие заготовки, мин;

$T_{зо}$ – время на закрепление и открепление заготовки, мин;

$T_{уп}$ – время на приемы управления, мин;

$T_{изм}$ – время на измерение детали, мин.

Время на установку и снятие заготовки T_{yc} , а также на её закрепление и открепление $T_{зо}$, принимается по нормативным таблицам в зависимости от веса заготовки, способа её базирования, типа приспособления, конструкции зажимного механизма.

В случае использования широко распространенных приспособлений (самоцентрирующих патронов, оправок, центров, тисков, магнитных плит) в нормативах приводятся затраты времени на весь комплекс действий "установить, закрепить, открепить и снять заготовку".

При использовании специальных приспособлений время на установку и снятие детали и время на её закрепление и открепление определяются раздельно.

Время на приемы управления станком $T_{уп}$ включает в себя время на пуск и выключение станка, на подвод инструмента к заготовке и отвод его в исходное положение, время на перемещение стола или суппорта.

Кроме того, вспомогательное время на управление станком включает время, затрачиваемое на изменение режима работы станка (подачи, частоты вращения шпинделя) и время на смену инструмента, при условии, что эти действия выполняются при обработке каждой детали из партии.

Время на контрольные измерения $T_{изм}$ устанавливается на процесс измерений, производимых станочником, после выполнения перехода или операции. Периодичность контрольных измерений зависит от стабильности получаемых при обработке размеров, их величины, допуска, конструкции режущего инструмента, способа достижения требуемой точности при обработке.

Элементы вспомогательного времени определяются по таблицам 4.1-4.12 приложения 4 настоящего методического указания.

В норму времени не следует включать составляющие вспомогательного времени, перекрываемые основным временем. Например, при обработке заготовок на станках-полуавтоматах, включая станки с ЧПУ, контрольные измерения могут производиться в процессе работы станка в автоматическом режиме, поэтому соответствующие затраты времени при расчётах не учитываются.

Сумма основного и вспомогательного времени называется оперативным временем:

$$T_{оп} = T_o + T_{в}, \text{ мин} \quad (14)$$

Время обслуживания рабочего места $T_{об}$ представляет собой время, затрачиваемое исполнителем на поддержание средств технологического оснащения в работоспособном состоянии и уход за ними и рабочим местом.

В условиях массового производства время обслуживания рабочего места подразделяется на время технического $T_{тех}$ и время организационного $T_{орг}$ обслуживания.

Время технического обслуживания $T_{тех}$ – это время, затрачиваемое на уход за рабочим местом (оборудованием) в течение данной конкретной работы (время на регулировку инструментов и подналадку оборудования в процессе работы, время на смену затупившихся инструментов, время на правку инструмента, время на удаление стружки в процессе работы).

Время на техническое обслуживание рабочего места для токарных, фрезерных и сверлильных операций определяется по следующей формуле:

$$T_{тех} = T_o \cdot t_{см} / T, \text{ мин}, \quad (15)$$

где T_o – основное время, мин;

$t_{см}$ – время на смену режущего инструмента и подналадку станка, мин;

T – период стойкости при работе одним инструментом или расчетный пери-

од стойкости лимитирующего инструмента при многоинструментальной обработке, мин.

Нормативные значения $t_{см}$ приведены в таблице 4.13 приложения 4.

Время организационного обслуживания $T_{орг}$ – это время, затрачиваемое на уход за рабочим местом в течение рабочей смены (время на раскладку и уборку инструмента в начале и конце смены, время на осмотр и опробование оборудования, время на его смазку и чистку и т. п.).

Время организационного обслуживания в массовом производстве определяется в процентах к оперативному времени.

$$T_{орг} = T_{оп} \cdot P_{орг} / 100, \text{ мин}, \quad (16)$$

где $T_{оп}$ – оперативное время, мин;

$P_{орг}$ – затраты на организационное обслуживание рабочего места в процентах от оперативного времени.

Значения $P_{орг}$ принимаются по таблице 4.14 приложения 4.

Время на личные потребности $T_{от}$ – это время, затрачиваемое человеком на личные потребности и (при утомительных работах) на дополнительный отдых.

Оно предусматривается для всех видов работ (кроме непрерывных) и определяется в процентах к оперативному времени по формуле:

$$T_{от} = T_{оп} \cdot P_{от} / 100, \text{ мин}, \quad (17)$$

где $P_{от}$ – затраты времени на отдых в процентах от оперативного времени.

Значения $P_{от}$ принимаются по таблице 4.15 приложения 4.

Таким образом, в массовом производстве для всех видов станочных работ норма штучного времени может быть определена по формуле:

$$T_{шт} = T_o + T_{yc} + T_{зо} + T_{уп} + T_{изм} + T_{тех} + T_{орг} + T_{от}, \text{ мин} \quad (18)$$

В условиях серийного (включая крупносерийное) производства определяется норма штучно-калькуляционного времени. Расчет ведется по формуле:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{пз}}{n} + T_o + T_b + T_{об} + T_{от}, \text{ мин}, \quad (19)$$

где $T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время, мин;

n – количество деталей в партии, шт;

T_o – основное время, мин; T_b – вспомогательное время, мин;

$T_{об}$ – время обслуживания рабочего места, мин;

$T_{от}$ – время перерывов на отдых и личные потребности, мин.

Подготовительно-заключительное время определяется по нормативным таблицам с учетом типоразмера станка, приспособления, конструкции и массы обрабатываемой заготовки, количества режущих инструментов в наладке и т. п.

Составляющие $T_{пз}$ при обработке заготовок на различных металлорежущих станках приведены в таблицах 5.1 - 5.3 настоящего методического указания.

Основное (T_o) и вспомогательное (T_b) время в расчетной формуле определяются таким же образом, как и в условиях массового производства.

При определении элементов вспомогательного времени могут быть использованы данные таблиц 4.1 - 4.15 с условием введения поправочных коэффициентов k , равных:

1,5 – для условий крупносерийного производства;

1,85 – для условий серийного производства.

Время на личные потребности и отдых определяется в процентном отношении к оперативному времени.

В условиях серийного производства для всех операций (кроме шлифовальных) время обслуживания рабочего места и время на отдых по отдельности не определяются. В нормативах дается сумма этих двух составляющих штучно-калькуляционного времени в процентах от оперативного времени:

$$T_{об.от} = T_{оп} \cdot \Pi_{об.от} / 100, \text{ мин}, \quad (20)$$

где $\Pi_{об.от}$ – затраты времени на обслуживание рабочего места и на отдых в процентах от оперативного времени.

Таким образом, в серийном производстве норма штучно-калькуляционного времени определяется по формуле:

$$T_{шк} = \frac{T_{пз}}{n} + T_o + (T_{yc} + T_{з.о.} + T_{уп} + T_{изм})k + T_{об.от}, \text{ мин}. \quad (21)$$

Методические указания

Для заданной детали «Вал» (рисунок 1) необходимо назначить режимы резания и рассчитать нормы времени на выполнение токарной операции. Варианты заданий изложены в таблице 1.

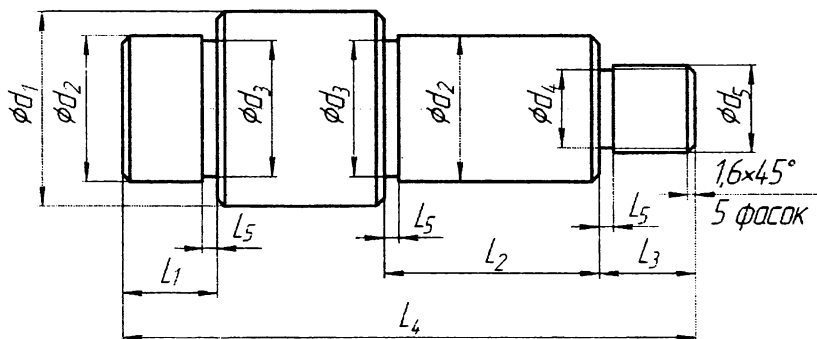


Рисунок 1 – Эскиз детали «Вал»

Таблица 1 – Размеры детали «Вал»

№ вар	ϕd_1	ϕd_2	ϕd_3	ϕd_4	ϕd_5	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5
1	26	20h12	19	14	M16	20	45	30	130	2
2	28	25h10	24	20	M22	25	40	25	120	2
3	30	24h11	23	18	M20	20	55	20	145	2
4	35	30h10	29	24	M26	30	50	26	150	3
5	45	40h11	39	32	M34	35	75	24	190	4
6	38	35h12	34	28	M30	30	65	22	185	3
7	50	45h11	44	38	M40	25	90	30	220	4
8	31	25h10	24	18	M20	20	55	20	165	3
9	34	28h12	27	20	M22	18	45	18	150	3
10	40	35h11	34	26	M28	25	65	25	155	3
11	36	32h12	31	24	M26	26	40	28	135	3

Вид заготовки – прокат.

Материал детали: чётные варианты – сталь 40Х, нечётные – сталь 45.

Пример: рассчитать режимы резания и определить норму времени на токарную операцию обработки левой стороны вала для варианта №11.

Исходные данные: материал детали – сталь 45 ГОСТ 1050-88; заготовка – прокат повышенной точности $\varnothing 38^{+0,2}_{-0,7}$ мм (см. приложение 1); партия деталей $n = 500$ штук; режущий инструмент – резец токарный проходной 2103-0711 ГОСТ 20872-80, оснащённый пластиной из твёрдого сплава Т15К6; измерительный инструмент – штангенциркуль ШЦ-I-250-0,05 ГОСТ 166-89.

Назначим режимы резания:

Для токарной обработки вала принимаем универсальный токарно-винторезный станок 16К20 (приложение 2).

1) Учитывая диаметр заготовки $\varnothing 38$ мм, при обработке наружного диаметра вала $\varnothing 36$ мм принимаем глубину резания $t = 1$ мм.

2) Учитывая выбранную глубину резания, материал детали и вид обработки (черновая) по справочнику принимаем значение оборотной подачи $S_0 = 0,4$ мм/об (справочник технолога-машиностроителя под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, т.2, табл. 11). Принятое значение согласуем с паспортными данными станка, после чего окончательно принимаем значение подачи $S_0 = 0,4$ мм/об.

3) Определим скорость резания по формуле (1). Для этого принимаем и рассчитываем значения коэффициентов.

Значение стойкости T при одноинструментальной обработке составляет 30-60 мин. Принимаем значение $T = 60$ мин.

Коэффициент и показатели степени принимаем по (т.2, табл. 17)

$C_V = 350$; $x = 0,15$; $y = 0,35$; $m = 0,2$

Поправочный коэффициент, учитывающий физико-механические свойства обрабатываемого материала, рассчитываем по формуле:

$$K_{MV} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (22)$$

где K_r – коэффициент, учитывающий группу стали по обрабатываемости;

$K_r = 1,0$ – для углеродистой конструкционной стали (т.2, табл. 2)

σ_B – предел прочности стали, МПа, для стали 45 $\sigma_B = 610$ МПа;

n_v – показатель степени, $n_v = 1,0$ при обработке резами, оснащёнными пластиной из твёрдого сплава (т.2, табл. 2)

$$K_{MV} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{610} \right)^1 = 1,23$$

Коэффициент $K_{ПВ}$, учитывающий состояние поверхности заготовки назначаем по т.2, табл. 5: $K_{ПВ} = 0,9$ – для заготовки из проката.

Коэффициент $K_{ИВ}$, учитывающий материал инструмента, назначаем по т.2, табл. 6: $K_{ИВ} = 1,0$ – так как материал режущей части резца – твёрдый сплав Т15К6.

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{LV} \cdot K_{HV} = 1,23 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,11$$

$$v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 1,11 = 236 \text{ м/мин.}$$

4) Определяем частоту вращения шпинделя станка по формуле (3):

$$n = \frac{1000 \cdot 236}{\pi \cdot 38} = 1977 \text{ мин}^{-1}.$$

Полученное расчётное значение частоты вращения согласуем с паспортными данными станка и принимаем $n_{\Phi} = 1600 \text{ мин}^{-1}$.

5) По принятому паспортному значению частоты вращения шпинделя определяют фактическое значение скорости резания по формуле (4):

$$v_{\Phi} = \frac{\pi \cdot 38 \cdot 1600}{1000} = 190,9 \text{ м/мин.}$$

6) Определим составляющую силу резания P_Z по формуле (5).

Для этого принимаем значения коэффициента C_p и показателей степени n , x , y по т.2, табл. 22: $C_p = 300$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = -0,15$.

Также рассчитаем поправочный коэффициент K_p , учитывающий фактические условия резания. Для этого определим составляющие этого коэффициента по т.2, табл. 23:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (23)$$

где n – показатель степени, для твёрдого сплава $n = 0,75$ (т.2, табл. 9);

$$K_{mp} = \left(\frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,86;$$

$K_{\phi} = 0,89$ – учитывает значение главного угла в плане $\phi = 90^\circ$;

$K_{\gamma} = 1,0$ – учитывает значение главного переднего угла $\gamma = 10^\circ$;

$K_{\lambda} = 1,0$ – учитывает значение угла наклона главной режущей кромки $\lambda = 0^\circ$;

$K_r = 0,87$ – учитывает значение радиуса при вершине $r = 0,5 \text{ мм}$;

$$K_p = 0,86 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,87 = 0,67$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 190,9^{-0,15} \cdot 0,67 = 460 \text{ Н}$$

7) Определяем мощность резания по формуле (7):

$$N = \frac{460 \cdot 190,9}{1020 \cdot 60} = 1,43 \text{ кВт}$$

Далее уточняем возможность проведения обработки на станке 16K20, выполнив проверку по формуле (8):

$$1,43 \leq 1,3 \cdot 11 \cdot 0,8$$

$$1,43 \leq 11,44 \text{ – условие выполняется.}$$

Определим основное (технологическое) время T_o по формулам (9), (10), (11)

$$L = 100 + 2 + 2 = 104 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{104}{0,4 \cdot 1600} \cdot 1 = 0,16 \text{ мин.}$$

Рассчитаем норму штучно-калькуляционного времени для токарной операции обработки левой стороны вала на токарно-винторезном станке 16К20 при установке обрабатываемой заготовки в центрах. Производство – серийное.

Масса обрабатываемой детали 1,2 кг. Размеры детали 38×135 мм.

В процессе обработки выдерживаются диаметры 32h12 мм, 36h14 мм и 31h14 мм – (измерения выполняются штангенциркулем) и линейный размер 26 мм – точность 14 квалитет (измерения выполняются штангенциркулем).

Обработка выполняется проходным и канавочным резцами (всего два резца) с сечением державки 16×25 мм.

Расчетная стойкость лимитирующего инструмента 60 мин.

Основное время на обработку $T_o = 0,16$ мин.

Расчёт ведем по формуле (19), применяемой для нормирования технологических операций в условиях серийного производства:

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{T_{\text{шт-к}}}{n} + T_o + T_{\text{в}} + T_{\text{об}} + T_{\text{от}}, \text{ мин.}$$

Элементы вспомогательного времени.

Время на установку и закрепление заготовки, при указанной массе и установке в центрах составляет $T_{\text{у}} + T_{\text{з.о}} = 0,08$ мин. при подводе центра задней бабки и креплении пиноли зажимной рукояткой.

Время на управление станком: включение и выключение станка рычагом – 0,04 мин.; перемещение каретки суппорта в продольном направлении на длину 100 мм – 0,04 мин.; повернуть резцовую головку на следующую позицию – 0,04 мин.

$$T_{\text{уп}} = 0,04 + 0,04 + 0,04 = 0,12 \text{ мин.}$$

Время на измерение детали: измерение диаметра 32h12 мм – 0,12 мин. при контроле штангенциркулем и длине контролируемой поверхности до 50 мм; измерение диаметра 36h14 мм – 0,12 мин. при контроле штангенциркулем и длине контролируемой поверхности до 50 мм; измерение диаметра канавки 31h14 мм – 0,12 мин. при контроле штангенциркулем; линейный размер 26 мм – 0,12 мин. при контроле штангенциркулем и длине контролируемой поверхности до 50 мм. В нашем случае при работе на универсальном станке с механической подачей составляющая $T_{\text{изм}}$ вспомогательного времени не перекрывается основным временем.

$$T_{\text{изм}} = 0,12 + 0,12 + 0,12 + 0,12 = 0,48 \text{ мин.}$$

При расчётах вспомогательного времени при среднесерийном производстве учитывается коэффициент $k = 1,85$.

$$T_{\text{в}} = (0,08 + 0,12 + 0,48) \cdot 1,85 = 1,26 \text{ мин.}$$

Оперативное время рассчитывается по формуле (14):

$$T_{\text{оп}} = 0,16 + 1,26 = 1,42 \text{ мин.}$$

Время на техническое обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности составляет 6,5% от оперативного времени.

$$T_{об} + T_{от} = 1,42 \cdot 0,065 = 0,09 \text{ мин.}$$

Определяем состав подготовительно-заключительного времени: на наладку станка, инструмента и приспособлений при установке детали в центрах – 7 мин.; установка резца на многорезцовой державке на сопряжённый размер (два резца) – 4 мин.; получение инструмента, приспособлений до начала и сдача после окончания обработки – 10 мин.

$$T_{п.з.} = 7 + 4 + 10 = 21 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = 21/500 + 0,16 + 1,26 + 0,09 = 1,55 \text{ мин.}$$

Порядок выполнения работы

1. Получить вариант задания.
2. Учитывая размеры детали, выбрать размеры заготовки (прокат) согласно ГОСТ 2590-88.
3. Назначить режимы резания для выполнения токарной операции обработки вала и выбрать модель станка.
4. Рассчитать основное время обработки.
5. Рассчитать норму времени на выполнение токарной операции.

Содержание отчёта

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Перечень оборудования, инструментов и принадлежностей.
3. Эскиз детали с указанием размеров.
4. Расчёт режимов резания для токарной обработки заданной детали.
5. Расчёт норм времени для выполнения операции токарной обработки.

Контрольные вопросы

1. Последовательность расчета режимов резания при точении.
2. Исходя из чего выбирается глубина резания?
3. Как определить подачу при точении?
4. Понятие о стойкости инструментов.
5. Как определяется скорость резания при точении?
6. Определение силы резания.
7. Определение мощности резания.
8. Расчёт норм времени в массовом и серийном производствах.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

РАСЧЁТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМ ВРЕМЕНИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СВЕРЛИЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Цель работы: приобретение практических навыков расчёта режимов резания и определения норм времени при выполнении сверлильных операций.

Инструменты и принадлежности: вертикально-сверлильный станок 2Н125, эскизы деталей, справочная литература, микрокалькулятор.

Основные положения

На авторемонтных предприятиях широко применяются все виды сверлильных работ: сверление, зенкерование и развёртывание отверстий.

В качестве режущего инструмента для сверления отверстий применяются различные типы свёрл. Согласно ГОСТ предусмотрена градация свёрл в пределах 0,25...80 мм. Применение свёрл малого диаметра ограничивается прочностью самого сверла, а большего диаметра – жёсткостью конструкции сверлильных станков и обрабатываемой детали.

Точность сверления обычно не превышает 10 квалитета, а чистота обрабатываемой поверхности лежит в пределах $R_z = 40 \dots 20$ мкм.

Методика нормирования сверлильных работ имеет много общего с нормированием токарных работ, однако имеет и ряд особенностей: размер обрабатываемого отверстия определяется размером инструмента; главное движение и движение подачи осуществляется режущим инструментом.

1. Расчет режимов резания ведут в следующей последовательности:

1) Выбирают инструментальный материал, конструкцию и геометрию режущего инструмента.

2) Назначают глубину резания t .

Глубина резания при сверлении равна половине диаметра (рисунок 2, а) $t = 0,5 \cdot D$; при рассверливании, зенкеровании и развёртывании: $t = 0,5 \cdot (D - d)$ (рис. 2, б).

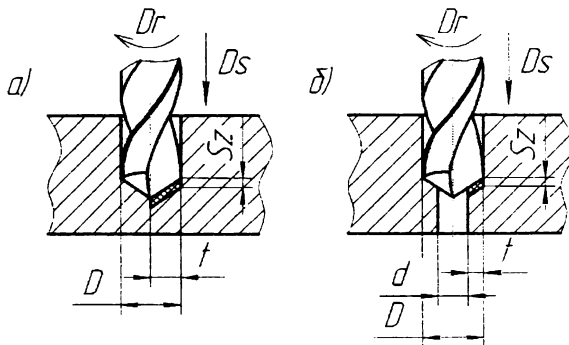


Рисунок 2 – Элементы режима резания при сверлении: t – глубина резания, мм;

D – диаметр сверла, мм; d – диаметр отверстия в заготовке, мм.

3) Учитывая значение глубины резания и свойства обрабатываемого материала по справочнику назначают подачу S (при сверлении перемещение сверла за один его оборот – S_0 , мм/об). При сверлении отверстий без ограничивающих факторов выбираем максимально допустимую по прочности сверла подачу. При глубине сверления более $3D$ следует вводить поправочный коэффициент. В случаях, когда диаметр отверстия превышает 30 мм, следует применять рассверливание, деля припуск на две равные части.

4) Определяют скорость резания при заданной стойкости, глубине и подаче.

При сверлении:

$$v = \frac{C_v \cdot D^x}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \text{ м/мин.}, \quad (24)$$

При рассверливании, зенкерованием, развёртывании:

$$v = \frac{C_v \cdot D^x}{T^m \cdot t^y \cdot S^y} \cdot K_v, \text{ м/мин.}, \quad (25)$$

где C_v , x , y , m – постоянный коэффициент, характеризующий обрабатываемый материал, материал инструмента, геометрию сверла и метод обработки и показатели степени при соответствующих параметрах;

T – период стойкости инструмента в мин.;

K_v – поправочный коэффициент, учитывающий условия обработки. Является произведением ряда коэффициентов:

K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

K_{iv} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;

K_{lv} – коэффициент, учитывающий глубину сверления.

5) Зная теоретическую скорость резания определяют теоретическую частоту вращения шпинделя по формуле (3), которую необходимо сопоставить с паспортными данными станка.

6) По принятому паспортному значению частоты вращения шпинделя определяют фактическое значение скорости резания по формуле (4).

7) Определяют крутящий момент по формуле:

При сверлении:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \text{ Н·м} \quad (26)$$

При рассверливании:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p, \text{ Н·м}, \quad (27)$$

где C_p , q , x , y – коэффициент и показатели степени при соответств. параметрах;

K_p – поправочный коэф-т, учитывающих фактические условия обработки.

$K_p = K_{MP}$

8) Определяют мощность резания, а также уточняют возможность обработки на станке.

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, \text{ кВт} \quad (28)$$

Обработка на станке возможна, если выполняется условие (8).

2. Основное (технологическое) время T_0 определяется по формуле (9).

Для определения пути L , пройденного инструментом, по формуле (10) необходимо найти значения величины врезания l_1 и перебега l_2 сверла.

$$l_1 = D / (2 \operatorname{tg} \varphi) + (0,5 \dots 2), \text{ мм} \quad (29)$$

Величину перебега инструмента l_2 при работе напроход принимаем $1 \dots 5$ мм.

3. Расчёт технических норм времени для выполнения сверлильной операции при различных типах производства выполняется согласно методике, изложенной в лабораторной работе №1 данных методических указаний.

Методические указания

Для заданной детали «Фланец маслосборника» (рисунок 3) необходимо назначить режимы резания и рассчитать нормы времени на выполнение операции сверления отверстий. Варианты заданий изложены в таблице 2.

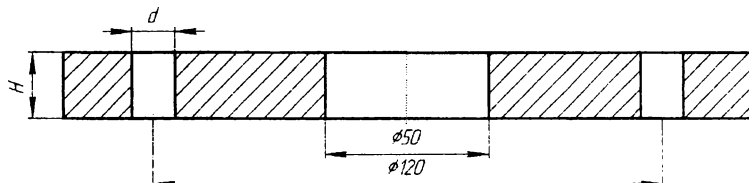


Рисунок 3 – Эскиз детали «Фланец маслосборника»

Таблица 2 – Основные размеры детали «Фланец маслосборника»

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Материал детали	Сталь 45	Чугун СЧ15	Чугун ВЧ50	Сталь 20Х	Сталь 35	Чугун СЧ20	Чугун СЧ35	Сталь 40	Сталь 40Х13	Чугун СЧ15
Диам. обр. отвер. d	Ø6	Ø8	Ø4	Ø10	Ø12	Ø7	Ø5	Ø14	Ø16	Ø16
Высота Н	10	7	14	10	14	10	8	16	10	12
Кол-во отверстий	6	4	2	6	4	2	6	2	4	2

Пример: рассчитать режимы резания и определить норму времени на сверлильную операцию обработки четырёх отверстий Ø8 мм в пластине из стали 45 ГОСТ 1050-88 толщиной 15 мм.

Исходные данные: материал детали – сталь 45 ГОСТ 1050-88 – листовая; масса детали – 2,1 кг; партия деталей $n = 200$ штук; режущий инструмент – сверло 2301-3173 ГОСТ 12121-77, материал сверла – быстрорежущая сталь Р6М5; измерительный инструмент – штангенциркуль ШЦ-I-160-0,05 ГОСТ 166-89; калибр-пробка Ø8.

Назначим режимы резания.

Для сверления отверстий во фланце маслосборника принимаем универсальный вертикально-сверлильный станок 2Н125 (приложение 3).

1) Принимаем глубину резания $t = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 8 = 4$ мм.

2) Учитывая диаметр отверстия и свойства обрабатываемого материала, по справочнику принимаем значение оборотной подачи $S_0 = 0,2$ мм/об. (справочник технолога-машиностроителя под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, т.2, табл. 25). Принятое значение согласуем с паспортными данными станка, после чего окончательно принимаем значение подачи $S_0 = 0,2$ мм/об.

3) Определим скорость резания по формуле (24). Для этого принимаем и рассчитываем значения коэффициентов.

Значение стойкости T составляет 25 мин. (т.2, табл. 30).

Коэффициент и показатели степени принимаем по т.2, табл. 28

$C_v = 7$; $q = 0,4$; $y = 0,7$; $m = 0,2$.

Поправочный коэффициент, учитывающий физико-механические свойства обрабатываемого материала, рассчитываем по формуле (22): $K_{MV} = 1,23$.

Коэффициент K_{IV} , учитывающий материал инструмента, назначаем по т.2, табл. 6: $K_{IV} = 1,0$ – так как материал режущей части сверла Р6М5.

Коэффициент K_{IV} , учитывающий глубину сверления по т.2, табл. 31: $K_{IV} = 1,0$;

$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV} = 1,23 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,23$

$$v = \frac{7 \cdot 8^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,2^{0,7}} \cdot 1,23 = 32,1 \text{ м/мин.}$$

4) Определяем частоту вращения шпинделя станка по формуле (3):

$$n = \frac{1000 \cdot 32,1}{\pi \cdot 8} = 1278 \text{ мин.}^{-1}$$

Полученное расчётное значение частоты вращения согласуем с паспортными данными станка и принимаем $n_{\Phi} = 1000 \text{ мин.}^{-1}$

5) По принятому паспортному значению частоты вращения шпинделя определяют фактическое значение скорости резания по формуле (4):

$$v_{\Phi} = \frac{\pi \cdot 8 \cdot 1000}{1000} = 25,1 \text{ м/мин.}$$

6) Определим крутящий момент по формуле (26).

Для этого принимаем значения коэффициента C_M и показателей степени q , y по т.2, табл. 22: $C_M = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$;

Также рассчитаем поправочный коэффициент K_P , учитывающий фактические условия резания. $K_P = K_{MP} = 0,86$ (по формуле 23).

$$M_{KP} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 8^2 \cdot 0,2^{0,4} \cdot 0,86 = 5,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

7) Определяем мощность резания по формуле (28):

$$N = \frac{5,2 \cdot 1000}{9750} = 0,53 \text{ кВт}$$

Далее уточняем возможность проведения обработки на станке 2Н125, выполнив проверку по формуле (8):

$$0,53 \leq 1,3 \cdot 4,0 \cdot 0,8$$

$$0,53 \leq 4,16 \text{ – условие выполняется.}$$

Определим основное (технологическое) время T_O по формулам (9), (29)

$$L = 15 + 7 + 3 = 25 \text{ мм}$$

$$T_O = \frac{25}{0,2 \cdot 1000} \cdot 4 = 0,5 \text{ мин.}$$

Рассчитаем норму штучно-калькуляционного времени для сверления четырёх отверстий на вертикально-сверлильном станке 2Н125. Производство – серийное.

Масса обрабатываемой детали 2,1 кг.

В процессе обработки выдерживаются диаметры Ø8Н14 мм (измерение выполняется калибром-пробкой) и межосевое расстояние Ø120 мм (измерение выполняется штангенциркулем).

Обработка выполняется спиральным сверлом 2301-3173 ГОСТ 12121-77.

Принятая стойкость инструмента 25 мин.

Основное время на обработку $T_O = 0,5$ мин.

Расчёт ведем по формуле (19), применяемой для нормирования технологических операций в условиях серийного производства:

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{T_{\text{из}}}{n} + T_O + T_B + T_{\text{об}} + T_{\text{от}}, \text{ мин.}$$

Элементы вспомогательного времени.

Время на установку и закрепление заготовки при указанной массе и установке на горизонтальную плоскость и гладкий палец составляет $T_{\text{yc}} = 0,063$ мин. Время на закрепление и открепление детали гаечным зажимом с быстросъемной шайбой при помощи гаечного ключа $T_{\text{з.о}} = 0,1$ мин.

Время на управление станком: включение и выключение станка кнопкой – 0,04 мин.; подвести или отвести инструмент к детали – 0,08 мин.; переместить шпиндель в вертикальном направлении – 0,04 мин.

$$T_{\text{уп}} = 0,04 + 0,08 + 0,04 = 0,16 \text{ мин.}$$

Время на измерение детали: измерение диаметров четырёх отверстий Ø8Н14 мм – 0,24 мин. при контроле калибром-пробкой двухсторонней и длине контролируемой поверхности до 25 мм; измерение диаметра 120 мм – 0,16 мин. при контроле штангенциркулем размера да 200 мм. В нашем случае при работе на универсальном станке с механической подачей составляющая $T_{\text{изм}}$ вспомогательного времени не перекрывается основным временем.

$$T_{\text{изм}} = 0,24 + 0,16 = 0,4 \text{ мин.}$$

При расчётах вспомогательного времени при среднесерийном производстве учитывается коэффициент $k = 1,85$.

$$T_B = (0,063 + 0,1 + 0,16 + 0,4) \cdot 1,85 = 1,34 \text{ мин.}$$

Оперативное время рассчитывается по формуле (14):

$$T_{\text{оп}} = 0,5 + 1,34 = 1,84 \text{ мин.}$$

Время на техническое обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности составляет 6% от оперативного времени.

$$T_{\text{об}} + T_{\text{от.}} = 1,84 \cdot 0,06 = 0,11 \text{ мин}$$

Определяем состав подготовительно-заключительного времени: при установке детали в приспособлении вручную с креплением приспособления четырьмя болтами – 13 мин.; получение инструмента, приспособлений до начала и сдача после окончания обработки – 5 мин.

$$T_{пз} = 13 + 5 = 18 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = 18/200 + 0,5 + 1,34 + 0,11 = 2,04 \text{ мин.}$$

Порядок выполнения работы

1. Получить вариант задания.
2. Выбрать режущий инструмент для обработки заданного отверстия.
3. Назначить режимы резания для выполнения сверлильной операции и выбрать модель станка.
4. Рассчитать основное время обработки.
5. Рассчитать норму времени на выполнение сверлильной операции.

Содержание отчета

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Перечень оборудования, инструментов и принадлежностей.
3. Эскиз детали с указанием основных размеров.
4. Расчёт режимов резания для сверления отверстий заданного диаметра.
5. Расчёт норм времени для выполнения сверлильной операции.

Контрольные вопросы

1. Классификация методов обработки отверстий.
2. Как рассчитывается глубина резания при сверлении и рассверливании?
3. Какие составляющие входят в формулу для расчёта скорости резания при сверлении?
4. Структура нормы времени при выполнении сверлильных работ.
5. Определение составляющих нормы времени.

Приложение 1. Диаметры и предельные отклонения проката стального
горячекатанного круглого по ГОСТ 2590-88

Диаметр d, мм	Предельные отклонения, мм, при точности прокатки			Диаметр d, мм	Предельные отклонения, мм, при точности прокатки				
	Высокая	Повышенная	Обычная		Высокая	Повышенная	Обычная		
5	+0,1 -0,2	+0,1 -0,5	+0,3 -0,5	50	+0,1 -0,7	+0,2 -1,0	+0,4 -1,0		
5,5				52					
6				53					
6,3				54					
6,5				55					
7				56					
8				58					
9				60					
10				62				+0,1 -0,9	+0,3 -1,1
11	+0,1 -0,3	+0,1 -0,5	+0,3 -0,5	63					
12				65					
13				67					
14				68					
15				70					
16				72					
17				75					
18				78					
19				80	+0,3 -1,1	+0,3 -1,3	+0,5 -1,3		
20	+0,1 -0,4	+0,2 -0,5	+0,4 -0,5	82					
21				85					
22				87					
23				90					
24				92					
25				95					
26				97					
27	+0,1 -0,4	+0,2 -0,7	+0,3 -0,7	100				-	+0,4 -1,7
28				105					
29				110					
30				115					
31				120					
32				125					
33				130					
34				135					
35				140					
36	145	+0,1 -0,5	+0,2 -0,7	+0,4 -0,7	-	+0,6 -2,0	+0,8 -2,0		
37	150								
38	155								
39	160								
40	165								
41	170								
42	175								
43	180								
44	185								
45					190	-	-	+0,9 -2,5	
46					195				
47					200				
48									

Приложение 2. Технические характеристики токарно-винторезных станков

Техническая характеристика	Модель станка				
	16Б16А	16Л20	16К20	16Б16Т1	1А64
Наибольший диаметр обработки над станиной, мм	320	400	400	320	800
Расстояние между центрами, мм	750	1500	710; 1000; 1400; 2000	750	2800
Наибольший размер обрабатываем. заготовки над суппортом, мм	180	210	220	125	480
Наибольший диаметр обрабатываемого прутка, мм	36	34	53	36	80
Число скоростей шпинделя	21	21	22	18	24
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	20...2000	16...1600	12,5;16;20;25;31,5; 40;50;63;80;100; 125;160;200; 250;315;400;500; 630;800;1000; 1250;1600	40...2000	7,1;10;14;17;20;24; 29;33;40;48;57;67; 82;94;114;134;160; 190;230;267;321; 375;536;750;
Наибольшее сечение реза резцедержателя суппорта, мм	25x25	25x25	25x25	25x25	45x45
Наибольшее перемещение суппорта:					
Продольное	700	1440	645-1935	700	2735
Поперечное	210	240	300	210	450
Подача на один оборот шпинделя, мм/об:					
Продольная	0,01...0,07	0,05...2,8	0,05;0,06;0,075; 0,09;0,1;0,125; 0,15;0,175;0,2; 0,25;0,3;0,35;0,4; 0,5;0,6;0,7;0,8; 1;1,6;2;2,4;2,8	2-1200 мм/мин.	0,2;0,23;0,26;0,28; 0,3;0,33;0,36;0,38; 0,4;0,46;0,51;0,56; 0,61;0,66;0,71;0,76; 0,81;0,92;1,02;1,12; 1,22;1,32;1,43;1,53; 1,63;1,83;2,04;2,24; 2,44;2,65;2,85;3,05
Поперечная	0,005...0,35	0,025...1,4	0,025;0,03; 0,0375;0,045;0,05; 0,0625;0,075; 0,0875;0,1;0,125; 0,15;0,175;0,2; 0,25;0,3;0,35;0,4; 0,5;0,6;0,7;0,8; 1;1,2;1,4	1-1200 мм/мин.	0,07;0,08;0,09;0,1; 0,11;0,12;0,13;0,14; 0,16;0,17;0,19;0,21; 0,23;0,24;0,26;0,28; 0,31;0,35;0,38;0,42; 0,45;0,48;0,52;0,55; 0,62;0,69;0,76;0,83; 0,9;0,97;1,04
Мощность электродвигателя, кВт	2,8; 4,6	3,8; 6,3	11	4,2; 7,1	22
Габариты станка, мм					
Длина	2280	2920	2505-3795	3100	5825
Ширина	1060	1035	1190	1390	2000
высота	1485	1450	1500	1870	1660
Масса, кг	2100	2050	2835-3685	2350	11700

Приложение 3. Технические характеристики вертикально-сверлильных станков

Техническая характеристика	Модель станка			
	2Н118	2Н125	2Н135	2П135Ф2
Наибольший условный диаметр сверления в стали	18	25	35	35
Рабочая поверхность стола	320х360	400х450	450х500	400х710
Наибольшее расстояния от торца шпинделя до рабочей поверхности стола	650	700	750	600
Вылет шпинделя	200	250	300	450
Наибольший ход шпинделя	150	200	250	-
Наибольшее вертикальное перемещение: Сверлильной головки Стола	300	170	170	560
	350	270	300	-
Конус Морзе отверстия шпинделя	2	3	4	4
Число скоростей шпинделя	9	12	12	12
Частота вращения шпинделя, мин. ⁻¹	180...2800	45;63;90;125;180;250;355;500;710;1000;1400;2000	31...1400	45...2000
Число подач шпинделя (револьверной головки)	-	9	9	18
Подача шпинделя (револьверной головки), мм/об.	Ручная	0,1;0,14;0,2;0,28;0,4;0,56;0,8;1,12;1,6	0,1...1,6	10-500 мм/мин.
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	1,5	2,2	4,0	3,7
Габаритные размеры:				
	длина	870	915	1030
	ширина	590	785	825
высота		2080	2350	2535
				2700
Масса, кг	450	880	1200	4700

Приложение 4. Нормативы времени для массового производства

Таблица 4.1 – Вспомогательное время на установку и снятие детали вручную, мин., (патроны самоцентрирующие)

Содержание работы: взять деталь, установить и закрепить; открепить деталь, снять и отложить

Способ установки и крепления детали	Масса детали (кг) до							
	0,25	0,5	1	3	5	8	12	20
В бесключевом патроне	0,05	0,06	0,06	0,08	0,10	0,13	-	-
В самоцентрирующем патроне с креплением: пневмозажимом ключом	0,06 -	0,07 0,15	0,08 0,17	0,10 0,23	0,12 0,27	0,15 0,30	0,18 0,40	0,22 0,50
Подвести и отвести центр задней бабки, закрепить и открепить пиньоль рукояткой: пневматически рычагом маховичком	0,24 - -	0,24 - -	0,24 - -	0,24 0,30 0,40	0,24 0,40 0,50	0,24 0,40 0,60	0,24 0,40 0,60	0,24 0,50 0,70

Таблица 4.2 – Вспомогательное время на установку и снятие прутка в цанговом патроне, мин.

Способ установки и крепления прутка	Диаметр прутка (мм) до					
	12	20	30	40	50	60
Взять прутки и вставить в трубу	0,20	0,24	0,30	0,44	0,60	0,90
Заправить прутки в трубу, установить в размер на подрезку, проверить регулировку зажима и закрепить: пневмозажимом рукояткой рычага	0,11 0,12	0,18 0,20	0,28 0,30	0,38 0,40	0,47 0,50	0,52 0,55
Разжать патрон для освобождения остатка прутка: пневмозажимом рукояткой рычага	0,01 0,025	0,01 0,028	0,01 0,031	0,01 0,036	0,01 0,040	0,01 0,045
Вынуть остаток прутка из патрона и отложить	0,015	0,018	0,021	0,025	0,030	0,035

Таблица 4.3 – Вспомогательное время на установку детали в центрах и снятие её (вручную), мин.

Содержание работы: взять деталь (оправку с деталями), установить в центрах, закрепить центром задней бабки; отвести центр задней бабки, снять деталь (оправку с деталями) и отложить.

Способ подвода центра задней бабки и крепления пиноли	Масса детали или оправки с деталью (кг) до						
	0,5	1	3	5	8	12	20
Рукояткой пневматического зажима	0,06	0,07	0,08	0,10	0,13	0,16	0,21
Отводной пружинной рукояткой с креплением пиноли рукояткой	0,07	0,08	0,10	0,12	0,15	0,18	0,23
Закрывать, открыть, закрепить и открепить крышку люнета	-	-	-	0,087	0,099	0,111	0,124

Таблица 4.4 – Вспомогательное время на установку и снятие детали, мин.
(различные приспособления)

Способ установки и крепления детали	Масса детали (кг) до							
	0,25	0,5	1	3	5	8	12	20
В цанговом патроне с креплением: пневмозажимом рукояткой рычага	0,06 0,07	0,07 0,08	0,08 0,09	0,11 0,12	0,13 0,14	0,16 0,17	0,19 0,20	0,24 0,25
На гладкой оправке без крепления	0,06	0,08	0,08	0,12	0,15	0,20	-	-
На гладкой оправке с креплением гайкой с быстросъемной шайбой	0,11	0,13	0,15	0,20	0,26	0,32	0,39	0,47
На резьбовой оправке	0,10	0,12	0,13	0,19	0,25	-	-	-
Установка детали по зубу долбяка или фрезы с подводом инструмента к дет.	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06
Установка на оправке каждой последующей детали свыше одной	0,06	0,06	0,06	0,07	0,09	0,11	-	-
Установить и снять быстросъемную шайбу	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Установка в тисках с креплением: пневмозажимом эксцентрикным зажимом	0,06 0,06	0,07 0,07	0,07 0,08	0,08 0,09	0,10 0,11	0,11 0,12	0,14 0,15	0,17 0,18
Установка в тисках каждой последующей детали свыше одной	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	-	-	-

Таблица 4.5 – Вспомогательное время на установку деталей вручную в специальных приспособлениях и на их снятие, мин.

Установочные поверхности, элементы приспособления и его тип	Масса детали (кг) до							
	0,25	0,5	1	3	5	8	12	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Установка на горизонтальную плоскость с упором или вертикальную призму в приспособлении								
открытом - первая деталь	0,037	0,042	0,047	0,058	0,069	0,086	0,110	0,142
открытом - каждая последующая деталь	0,026	0,029	0,033	0,041	0,055	0,069	0,088	0,114
закрытом	0,041	0,046	0,052	0,064	0,076	0,095	0,121	0,156
Установка на горизонтальную плоскость и гладкий палец или вертикальную плоскость с упором в приспособлении								
открытом - первая деталь	0,041	0,046	0,051	0,063	0,075	0,095	0,119	0,154
открытом - каждая последующая деталь	0,029	0,032	0,036	0,044	0,060	0,076	0,095	0,123
закрытом	0,045	0,051	0,056	0,069	0,083	0,105	0,131	0,169
Установка на горизонтальную плоскость и два пальца или в отверстие и вертикальную плоскость в приспособлении								
открытом - первая деталь	0,048	0,054	0,060	0,075	0,089	0,112	0,141	0,152
открытом - каждая последующая деталь	0,034	0,038	0,042	0,053	0,071	0,090	0,113	0,122
закрытом	0,053	0,059	0,066	0,083	0,098	0,123	0,155	0,167

Таблица 4.6 – Вспомогательное время на закрепление и открепление детали в специальных приспособлениях, мин.

Способ крепления	Число зажимов	Масса детали (кг) до				
		1	5	12	20	> 20
Крепление в приспособлениях						
Рукояткой пневматического или гидравлического зажима	1	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024
Рукояткой эксцентрикового зажима	1	0,030	0,034	0,036	-	-
	2	-	0,054	0,061	0,065	0,082
Винтовым зажимом, маховиком, звездочкой	1	0,034	0,042	0,055	0,068	0,128
	2	0,060	0,076	0,097	0,120	0,196
Гаечным или винтовым зажимом с помощью гаечного ключа	1	0,094	0,11	0,135	0,16	0,20
	2	0,153	0,18	0,22	0,26	0,32
	3	-	0,24	0,29	0,35	0,42
	4	-	0,30	0,39	0,44	0,55
Гаечным зажимом с быстросъемной шайбой при помощи гаечного ключа	1	0,085	0,10	0,120	0,135	0,170
Рукояткой пневматического зажима и винтовым зажимом	2	0,052	0,060	0,071	0,083	0,137
Рукояткой эксцентрикового зажима и винтовым зажимом	2	0,058	0,068	0,082	0,095	0,154
Крепление откидной или скользящей планкой						
Рукояткой пневматического зажима	1	0,034	0,042	0,046	0,050	0,060
Рукояткой эксцентрикового зажима	1	0,040	0,052	0,058	0,064	0,079
Винтовым зажимом вручную	1	0,044	0,060	0,077	0,094	0,163
Винтовым или гаечным зажимом с помощью гаечного ключа	1	0,104	0,123	0,157	0,186	0,235
Рукояткой пневматического зажима и винтовым зажимом	2	0,062	0,078	0,093	0,109	0,172

Таблица 4.7 – Вспомогательное время на приемы управления станками

Содержание приема управления	Время, мин.
1	2
Разные станки	
Включить или выключить станок или его узлы	
кнопкой	0,01
рычагом	0,02
Повернуть резцовую головку на следующую позицию	0,04
Повернуть револьверную головку на следующую позицию	0,015
Установить и снять инструмент в быстросъемном патроне:	
при диаметре инструмента до 15 мм	0,035
то же до 25 мм	0,04
то же до 30 мм	0,06
то же свыше 30 мм	0,08
Поставить кондукторную втулку и снять:	
при внутреннем диаметре втулки до 20 мм	0,05
то же до 40 мм	0,06
то же свыше 40 мм	0,07

Продолжение таблицы 4.7

1	2
Подвести инструмент при снятии одной фаски	0,016
То же, при снятии каждой последующей фаски	0,01
Свести плашки резьбонарезной головки рычагом	0,02
Закрепить или открепить каретку	0,02
Повернуть стол с рабочей позиции на загрузочную	0,05
Подвести или отвести инструмент к детали при обработке:	
резец	0,025
револьверную головку	0,02
сверло, зенкер, развертку, метчик, плашки	0,01

Таблица 4.8 – Вспомогательное время на приемы управления станком, связанные с перемещением рабочих органов станков, мин.

Содержание приема	Величина перемещения (мм) до					
	50	100	200	300	400	500
Токарно-центровые операционные и токарно-многорезцовые станки						
Переместить каретку в продольном направлении:						
диаметр обработки до 400 мм	-	0,04	0,06	0,09	0,11	0,14
то же 600 мм	-	0,05	0,08	0,11	0,13	0,16
Револьверные станки с вертикальной осью вращения головки						
Переместить каретку суппорта в продольном направлении	-	0,05	0,08	0,09	-	-
Переместить суппорт в поперечном направлении	0,05	0,08	-	-	-	-
Переместить револьверную головку	-	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
Сверлильные станки						
Переместить шпиндель в вертикальном направлении	-	0,01	0,015	0,02	0,03	-

Таблица 4.9 – Вспомогательное время на измерение калибрами-кольцами и пробками

Измерительный инструмент	Точность измерения, квалитет	Измеряемый размер (мм) до	Время, мин.
Калибр-пробка гладкая двухсторонняя (полный промер)	7	25	0,11
		50	0,13
		75	0,15
Калибр-пробка гладкая двухсторонняя (полный промер)	8, 9, 10	25	0,09
		50	0,11
		75	0,12
	11, 12, 13	25	0,06
		50	0,07
		75	0,08
Калибр-пробка плоская	8, 9, 10	75	0,17
		100	0,19
		150	0,20
	11, 12, 13	75	0,096
		100	0,11
		150	0,12

Таблица 4.10 – Вспомогательное время на измерение скобами, мин.

Измерительный инструмент	Точность измерения, квалитет	Измеряемый размер (мм) до	Длина измеряемой поверхности (мм) до		
			50	100	250
1	2	3	4	5	6
Скоба двусторонняя предельная (полный промер)	6, 7	50 100	0,09 0,11	0,11 0,13	0,15 0,18
	8, 9	50 100	0,07 0,09	0,09 0,11	0,13 0,15
Скоба односторонняя предельная	6, 7	50 100	0,07 0,08	0,08 0,10	0,10 0,14
	8, 9	50 100	0,06 0,07	0,07 0,09	0,10 0,13
	10, 11, 12	50 100	0,03 0,04	0,04 0,05	0,06 0,07
Скоба резьбовая	6, 7	50 100	0,08 0,09	0,09 0,11	0,12 0,15
	8, 9	50 100	0,07 0,08	0,08 0,10	0,11 0,14
	10	50 100	0,03 0,04	0,04 0,06	0,07 0,08
Скоба индикаторная	0,01 мм	50 100 200	0,07 0,09 0,12	0,08 0,11 0,13	0,12 0,14 0,17

Таблица 4.11 – Вспомогательное время на измерение резьбы с точностью 6...7 Н пробками и кольцами резьбовыми в массовом производстве, мин.

Измеряемый размер (мм) до		Длина измеряемой резьбы (мм) до									
Диаметр	Шаг	5	10	15	20	30	40	50	60	80	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Измерение резьбовым кольцом											
10	0,5	0,15	0,28	0,41	0,54	-	-	-	-	-	-
	1	0,09	0,15	0,22	0,28	0,41	0,54	0,68	-	-	-
	1,5	0,06	0,10	0,15	0,20	0,28	0,38	0,54	-	-	-
20	1	0,09	0,16	0,23	0,30	0,45	0,59	0,72	-	-	-
	1,5	0,07	0,12	0,16	0,21	0,30	0,39	0,48	0,59	-	-
	2	0,05	0,10	0,13	0,16	0,23	0,30	0,37	0,45	0,59	-
	2,5	0,04	0,07	0,10	0,13	0,19	0,26	0,30	0,36	0,45	-
40	1	0,10	0,18	0,25	0,32	0,50	0,63	0,77	-	-	-
	1,5	0,07	0,13	0,18	0,23	0,32	0,44	0,54	0,63	-	-
	2	0,07	0,10	0,13	0,18	0,25	0,32	0,41	0,50	0,63	-
	2,5	0,05	0,09	0,12	0,15	0,21	0,27	0,32	0,39	0,50	-
	3	-	0,07	0,10	0,13	0,18	0,23	0,27	0,32	0,43	-
60	1	0,11	0,20	0,30	0,38	0,54	0,72	0,90	-	-	-
	1,5	0,08	0,15	0,20	0,26	0,38	0,50	0,59	0,72	-	-
	2	0,07	0,13	0,16	0,22	0,29	0,38	0,45	0,59	0,72	-
	3	-	0,08	0,12	0,15	0,20	0,26	0,32	0,38	0,50	-

Примечание. При измерении резьб более высокой степени точности время по таблице применять с коэффициентом 1,2.

Таблица 4.12 – Вспомогательное время на контрольные промеры универсальным инструментом с установкой его на размер в процессе измерения, мин.

Измерительный инструмент	Точность измерения	Измеряемый размер (мм) до	Измеряемая длина (мм) до				
			50	100	200	300	500
Штангенглубиномер	0,02...0,05 мм		0,16	0,18	0,20	0,22	0,24
Штангенциркуль	до 0,1 мм	50	0,12	0,15	0,18	0,20	0,24
		100	0,13	0,16	0,19	0,22	0,24
		200	0,16	0,17	0,21	0,23	0,25
		400	0,22	-	-	-	-
Микрометр	6...7 квалитет	100	0,22	0,22	0,23	0,28	0,33
		200	0,27	0,27	0,28	0,29	0,33
Нутромер индикаторный	6...7 квалитет	50	0,17	0,20	0,23	0,26	-
		100	0,19	0,22	0,24	0,27	-
		200	0,22	0,26	0,27	0,29	-
Угломер универсальный	Свыше 5' До 5'		0,20	0,23	0,24	0,27	0,33
			0,23	0,26	0,35	0,36	0,38

Таблица 4.13 – Техническое обслуживание рабочего места. Время на смену режущего инструмента, мин.

Режущий инструмент	Способ закрепления инструмента на станке	Точность установки, мм	Размер инструмента - диаметр или квадрат (мм) до			
			Ø20, Ø10	Ø30, Ø15	Ø50, Ø25	более
1	2	3	4	5	6	7
Токарно-операционные, многолезцовые, многошпиндельные токарные полуавтоматы, расточные и револьверные станки						
Резцы проходные, подрезные расточные	В резцедержатель суппорта	- свыше 0,2 до 0,2	1,0 1,7 2,5	1,3 2,0 3,3	1,5 2,5 4,0	1,7 3,0 5,8
	В гнездо головки	-	2,0	2,5	-	-
Резцы отрезные, канавочные	В резцедержатель суппорта	- свыше 0,2 до 0,2	0,8 1,3 1,7	1,1 1,5 2,0	1,2 2,0 2,3	1,3 2,0 2,3
	В гнездо головки	-	1,2	1,5	-	-
	В резцедержатель суппорта	- свыше 0,2 до 0,2	1,5 2,0 3,5	2,0 3,0 5,0	2,5 4,0 6,0	3,0 5,0 7,0
	В гнездо головки	-	2,5	3,5	-	-
Сверла, зенкеры, развертки, метчики		-	0,4	0,5	0,6	0,7
Сверлильные одношпиндельные, многошпиндельные автоматы и полуавтоматы						
Сверла, зенкеры, развертки, зенковки, метчики	В конус шпинделя	-	0,3	0,35	0,4	0,5
	В конус шпинделя со втулкой	-	0,5	0,55	0,6	0,65
	В патрон	-	0,5	0,6	-	-
Комбинированные сверла, зенкеры, развертки			-	-	0,8	1,0

Таблица 4.14 – Затраты времени на организационное обслуживание рабочего места $T_{орг}$ в процентах P от оперативного $T_{оп}$

Наименование станков	Размерные характеристики станков	Основные размеры (мм) станка или модель	Условия работы	
			С охлаждением	Без охлаждения
1	2	3	4	5
Токарно-центровые операции	Наибольший диаметр изделия над станиной	300	1,3	1,0
		400	1,5	1,2
		600	1,7	1,4
Токарные многорезцовые	-	-	1,7	1,4
Токарные многошпиндельные полуавтоматы		1262	2,4	2,1
		1283	3,1	2,9
Револьверные			1,3	1,0
Вертикально-сверлильные			1,0	0,8
Вертикально-сверлильные многошпиндельные			2,4	2,1

Таблица 4.15 – Затраты времени на перерывы, отдых и личные потребности $T_{от}$ при установке деталей вручную в процентах $P_{от}$ оперативного времени $T_{оп}$

Масса детали (кг) до	Процент ос- новного вре- мени T_o от $T_{оп}$	Оперативное время $T_{оп}$ (мин.) до						
		0,1	0,2	0,5	1	3	5	> 5
При работе с ручной подачей								
1	20	8	7	7	6	6	-	-
	40	8	7	7	7	7	-	-
	80	8	8	8	8	8	-	-
5	20	-	8	7	6	6	-	-
	40	-	8	7	7	7	-	-
	80	-	8	8	9	9	-	-
10	20	-	-	8	6	6	-	-
	40	-	-	8	7	7	-	-
	80	-	-	8	9	9	-	-
20	20	-	-	9	8	8	-	-
	40	-	-	9	9	9	-	-
	80	-	-	9	10	10	-	-
При работе с механической подачей								
1	40	-	-	7	6	6	5	-
	80	-	-	7	6	5	5	-
5	40	-	-	7	6	6	6	-
	80	-	-	7	6	6	5	-
10	40	-	-	8	6	6	6	5
	80	-	-	7	6	6	5	5
20	40	-	-	-	8	8	7	5
	80	-	-	-	7	7	6	5

Примечание. При установке деталей массой свыше 20 кг подъемником $T_{от}$ во всех случаях принимается 5 процентов от $T_{оп}$.

Приложение 5. Нормативы времени для серийного производства

Таблица 5.1 – Нормативы времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности

Наименование станка	Поб от, %
Токарные:	
высота центров до 125 мм	6
то же до 200 мм	6,5
то же до 300 мм	7
Вертикально- и радиально-сверлильные (работа с механической подачей):	
наибольший диаметр сверления до 12 мм	5,5
то же до 50 мм	6
то же до 75 мм	6,5

Таблица 5.2 – Нормативы подготовительно-заключительного времени при работе на токарных станках, мин.

Способ установки детали и наименование дополнительных приемов	Количество режущих инструментов	Высота центров станка (мм) до		
		125	200	300
1	2	3	4	5
На наладку станка, инструмента и приспособлений				
В центрах	2	6	7	8
	4	8	9	10
	6	10	12	14
В патроне самоцентрирующем, цанговом или пневматическом	2	7	8	12
	4	9	10	14
	6	11	12	16
В патроне самоцентрирующем с поджатием центром задней бабки	2	9	10	13
	4	11	12	15
	6	12	13	17
На шпиндельной оправке (концевой конусной, разжимной или резьбовой)	2	6	7	11
	4	8	9	13
	6	10	11	15
На дополнительные приемы				
Установка упора		1	1,5	2
Установка копира		4	4	5
Установка резца на многорезцовой державке на сопряженный размер		2	2	3
Установка люнета с регулировкой		2	2,7	3,8
Поворот суппорта для обточки конуса		1	1	1
Смещение задней бабки для обточки конуса		2	2,5	3
Установка подачи по ходовому винту для нарезания резьбы:				
	рычагом коробки передач	1	1	1
	перестановкой колес гитары	3	3	4
Получение инструмента, приспособлений до начала и сдача после окончания обработки		7...10		

Таблица 5.3 – Нормативы подготовительно-заключительного времени при работе на радиально- и вертикально-сверлильных станках, мин.

Способ установки детали и наименование дополнительных приемов	Количество режущих инструментов	Наибольший диаметр сверления (мм)		
		12	50	75
На наладку станка, инструмента и приспособлений				
На столе без крепления	1...5	3	4	5
	6...10	-	5	6
	свыше 10	-	7	8
На столе с креплением двумя болтами с планками	1...5	4	5	6
	6...10	-	7	8
	свыше 10	-	8	10
В приспособлении или тисках при установке вручную и без их крепления	1...5	5	6	7
	6...10	-	7	8
	свыше 10	-	9	10
В приспособлении или тисках при установке вручную с креплением приспособления четырьмя болтами	1...5	-	9	10
	6...10	-	10	11
	свыше 10	-	12	13
Сбоку стола или на весу с креплением болтами с планками	1...5	-	13	20
	6...10	-	15	22
	свыше 10	-	17	24
На дополнительные приемы				
Установка дополнительного стола		-	3	3
Поворот стола на угол		-	2	2
Установка многошпиндельной головки		-	20	25
Установка одного упора		1	1	1,5
Установка каждого дополнительного болта		-	0,6	0,6
Получение инструмента, приспособлений до начала и сдачи после окончания обработки	1...5	5	5	5
	Св. 5	7	7	7

Учебное издание

Составители: Антон Павлович Акулич
Людмила Ивановна Акулич
Виктор Александрович Сокол

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам по курсу
«Технология производства и ремонта автомобилей»
на тему «Расчёт режимов резания и определение норм времени
при выполнении токарных и сверлильных операций»
для студентов специальности
1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей»

Ответственный за выпуск: Сокол В.А.

Редактор: Строкач Т.В.

Корректор: Е.В. Никитчик Е.В.

Компьютерная вёрстка: Кармаш Е.Л.

Подписано к печати 13.04.2011 г. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага «Снегурочка».
Усл. п. л. 1,86. Уч. изд. л. 2,0. Тираж 50 экз. Заказ № 454. Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Лабораторная работа

Виды шлифования. Применяемый инструмент и режимы обработки.

Цель работы: Изучить виды шлифовальной обработки. Получить практические навыки в выборе характеристик шлифовальных кругов и назначении режимов шлифования.

Обработка абразивным инструментом – один из наиболее распространенных видов обработки деталей машин и механизмов. Обычно она применяется для повышения точности размеров, формы и снижения шероховатости поверхностей, формообразование которых было выполнено на предыдущих этапах обработки другими методами (точением, фрезерованием, строганием и т. д.).

Более 20% всего парка металлорежущих станков работают с использованием абразивного инструмента. В подшипниковой, автомобильной, моторостроительной промышленности станки для абразивной обработки составляют более 50% общего числа станков.

В последнее время области применения абразивной обработки значительно расширяются, что связано с широким использованием в машиностроении труднообрабатываемых сталей и сплавов, повышением требований к точности и качеству поверхностей деталей машин и механизмов, использованием заготовок повышенной точности обрабатываемых непосредственно шлифованием.

Наиболее распространенным методом абразивной обработки является шлифование. В зависимости от требований к точности и качеству поверхности шлифование может быть:

Предварительное (10 – 8 квалитет точности и шероховатость Ra 1,6 – 0,4)

Чистовое (8 – 6 квалитет, шероховатость Ra 0,4 – 0,1)

Тонкое (6 – 5 квалитет, шероховатость Ra 0,2 – 0,05)

Шлифованием можно обрабатывать наружные и внутренние цилиндрические, конические и фасонные поверхности, плоскости, разрезать заготовки, шлифовать резьбу, шлицы, зубья зубчатых колес, затачивать режущий инструмент и т. д.

Шлифовальная обработка производится шлифовальными кругами. Как и любой другой абразивный инструмент, шлифовальный круг имеет определенную геометрическую форму и размеры. Он состоит из абразивных зерен требуемого материала и размера (зернистости), скрепленных между собой связкой, кроме того, в абразивном инструменте имеются поры.

Форма и размеры шлифовальных кругов

Наиболее широкое применение имеют шлифовальные круги прямого профиля. Они используются при круглом наружном и внутреннем шлифовании, плоском шлифовании периферией круга, а также при резьбо-, шлице-, и зубошлифовании. Круг такой формы обозначается буквами ПП.

Наружный диаметр круга (D) может иметь значения:

40, 50, 80, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 750 мм

Высота (ширина) круга (B):

10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 130, 150, 200 мм

Диаметр посадочного отверстия (d) для установки круга на шпиндель:

10, 13, 16, 20, 32, 51, 76, 127, 150, 203, 305 мм

Выпускаются разновидности кругов прямого профиля с выточкой и конической выточкой, которые могут быть односторонними (ПВ, ПВК) и двухсторонними (ПВД, ПВКД). Круги такой формы обеспечивают более прочное закрепление и возможность обработки торцевой поверхностью круга торцов, буртиков, уступов.

Также выпускаются тарельчатые (Т) круги, круги чашечные цилиндрические (ЧЦ) и конические (ЧК), дисковые (Д), круги с коническим профилем (2П и 3П).

Абразивные материалы

Для изготовления абразивных инструментов применяют в основном искусственные абразивные материалы. Природные абразивы (кроме алмаза) имеют ограниченное применение вследствие своей неоднородности и нестабильности эксплуатационных свойств.

Электрокорунд (α – модифицированный оксид алюминия Al_2O_3) получается в

результате электрической плавки материалов богатых окисью алюминия (бокситов, глинозема) и имеет следующие разновидности:

1. Электрокорунд нормальный (93 – 95% корунда, остальное примеси), выпускается марок 13А, 14А, 15А, 16А применяется для шлифования заготовок из незакаленных (чаще) и закаленных (реже) конструкционных (углеродистых и легированных) сталей. Наиболее распространенная марка – 14А, из этого абразива выполняются шлифовальные круги, как на неорганических, так и органических связках. Марки 13А, 15А и 16А применяются для изготовления кругов на органических связках.
2. Электрокорунд белый (98 – 99% корунда), выпускается марок 22А, 23А, 24А, 25А. Более качественный материал по сравнению с нормальным электрокорундом. Имеет высокую твердость, прочность, острые кромки зерен, что обеспечивает большую абразивную способность. Рекомендуются для шлифования закаленных конструкционных сталей, также может применяться при обработке незакаленных сталей (электрокорунд марки 23А) и труднообрабатываемых сталей и сплавов (марка 25А). Круги из электрокорунда 23А выпускаются на органических связках, марок 22А и 24А на всех видах связки, марки 25А только на керамической связке.
3. Электрокорунд хромистый (марки 33А и 34А), титанистый (марка 37А) и хромотитанистый (марки 91А, 92А, 93А, 94А) представляют собой электрокорунд легированный хромом, титаном или обоими элементами одновременно (легирующих добавок не более 2 - 3%). Данные абразивные материалы по сравнению с белым электрокорундом имеют более высокие эксплуатационные свойства. Хромистый и хромотитанистый электрокорунд обеспечивают значительное повышение производительности при обработке закаленных и незакаленных конструкционных сталей. Титанистый электрокорунд применяется при скоростном шлифовании.
4. Электрокорунд циркониевый (марка 38А) дополнительно легирован цирконием. Применяется для обдирочного силового шлифования заготовок из незакаленных конструкционных сталей кругами на бакелитовой связке.
5. Монокорунд (марка 43А) в отличие от других разновидностей электрокорунда при изготовлении получается непосредственно в виде зерен, а не в качестве материала подлежащего дроблению. Обладает высокими механическими и режущими свойствами, применяется при обработке труднообрабатываемых сталей (инструментальных, жаропрочных и т. д.) и сплавов шлифовальными кругами на керамической связке.

Карбид кремния (α – модифицированный SiC) получается в результате плавки в электрических печах кварцевого песка и кокса. Имеет следующие разновидности:

1. Карбид кремния черный, выпускается марок 52С и 54С применяется для обработки заготовок из вольфрамовых твердых сплавов, чугуна, цветных металлов (алюминия, меди) и их сплавов шлифовальными кругами на всех связках.
2. Карбид кремния зеленый, выпускается марок 62С, 63С и 64С, по сравнению с черным содержит меньше примесей, имеет несколько большую хрупкость и большую абразивную способность. Рекомендуются для обработки твердых сплавов (титановых и титанотанталовых), чугуна, цветных металлов и сплавов шлифовальными кругами на всех связках.

В качестве абразивного материала для изготовления шлифовальных кругов также используются природный и синтетический алмаз, эльбор (синтетический материал на основе кубического нитрида бора BN). Область применения данных материалов – шлифование доводка и отделка твердых сплавов (алмаз) и окончательная обработка высокоточных заготовок из труднообрабатываемых закаленных сталей (эльбор).

Шлифовальные круги из этих абразивов имеют особое обозначение и в данной работе не рассматриваются.

Зернистость абразивных материалов

Зернистость – условное обозначение размера зерен абразивного материала. Зернистость выражается в сотых долях миллиметра.

Шлифзерно: 200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 16.

Шлифпорошки: 12, 10, 8, 6, 5, 4.

Микрошлифпорошки и тонкие микрошлифпорошки в данной работе не рассматриваются.

В зависимости от процентного содержания зерен основной фракции зернистость имеет четыре индекса:

В – с высоким содержанием (60 – 55%) зерен основной фракции, для шлифовальных кругов не применяется;

П – с повышенным содержанием (55 – 45%), применяется для кругов класса точности АА диаметром до 300 мм;

Н – с нормальным содержанием зерен основной фракции (45 – 40%), для кругов диаметром более 300 мм;

Д – с допустимым содержанием (41 – 37%) применяется относительно редко для кругов на органических связках.

Зернистость шлифовального круга выбирается в зависимости от условий обработки, требуемой точности и шероховатости, которые должна иметь обрабатываемая поверхность.

Для зачистки отливок, поковок, штамповок применяются круги зернистостью 125 – 80; для плоского шлифования торцом круга, отрезки, заточки резцов – круги зернистостью 80 – 50; для предварительного и комбинированного шлифования (предварительное и окончательное шлифование выполняется без съема изделия со станка), заточки режущего инструмента – круги зернистостью 63 – 25 (достигаемая шероховатость Ra 1,6 – 0,8); для чистового шлифования, обработки фасонных поверхностей, заточки мелкого инструмента – круги зернистостью 32 – 16 (шероховатость Ra 0,8 – 0,2); для отделочного шлифования, доводки режущего инструмента, в том числе и из твердых сплавов, и резьбошлифования – круги зернистостью 12 – 4 (шероховатость Ra 0,2 – 0,02).

Связка абразивного инструмента

Связка служит для скрепления абразивных зерен в инструменте.

Связки делятся на две группы: органические и неорганические.

К неорганическим связкам относятся керамическая, магнезиальная, силикатная и металлическая.

Керамическая связка является наиболее распространенной (60% абразивного инструмента) и представляет собой стекловидную или фарфороподобную массу, составные части которой – огнеупорная глина, полевой шпат, кварц и другие материалы.

Инструменты на керамической связке обладают высокой прочностью, жесткостью, устойчивы при высоких температурах, имеют высокую химическую стойкость, что допускает применение при шлифовании различных смазывающих и охлаждающих жидкостей. К недостаткам связки можно отнести ее хрупкость.

Керамическую связку применяют для всех видов шлифования кроме отрезки, прорезки узких пазов, плоского шлифования торцом круга. Применяются следующие виды керамической связки К1, К2, К4, К5, К6 (для инструмента из электрокорунда) и К3, К10 (для инструмента из карбида кремния).

К органическим связкам относятся бакелитовая и вулканитовая.

Бакелитовая связка представляет собой бакелитовую смолу и является наиболее распространенной и органических связок (30% абразивного инструмента).

Круги на бакелитовой связке по сравнению с керамическими имеют более высокую прочность, большую упругость, что позволяет изготавливать круги толщиной 1 мм и меньше, применяемые при отрезании и прорезке пазов. Недостатки бакелитовой связки – низкая теплостойкость (не более 250° С) и недостаточная химическая стойкость в щелочных растворах.

Бакелитовая связка изготавливается марок Б, Б1, Б2, Б3, Б4 и применяется для шлифовальных кругов используемых при плоском шлифовании торцом круга, прорезке узких пазов, обдирочном шлифовании.

Вулканитовая связка (6% абразивного инструмента) является провулканизированной смесью синтетического каучука и серы. Вулканитовые связки выпускаются марок В, В1, В2, В3, В4, В5.

Шлифовальные круги на вулканитовой связке имеют высокую эластичность и применяются для прорезки пазов и отрезки, фасонного шлифования.

Твердость абразивного инструмента

Под твердостью шлифовального круга понимают способность связки удерживать абразивные зерна на поверхности инструмента.

По твердости шлифовальные инструменты делятся на восемь основных групп. Внутри каждой группы инструменты разделяются по номерам, при этом большему номеру соответствует большая твердость.

ВМ – весьма мягкие (ВМ1, ВМ2)

М – мягкие (М1, М2, М3)

СМ – среднемягкие (СМ1, СМ2)

С – средние (С1, С2)

СТ – среднетвердые (СТ1, СТ2, СТ3)

Т – твердые (Т1, Т2)

ВТ – весьма твердые (ВТ1, ВТ2)

ЧТ – чрезвычайно твердые (ЧТ1, ЧТ2)

При выборе твердости абразивного круга руководствуются следующими соображениями: чем тверже обрабатываемый материал, тем мягче должен быть круг. В этом случае режущие зерна интенсивно изнашиваются, поэтому необходимо, чтобы они быстрее удалялись с поверхности круга и заменялись другими, более острыми. Исключение составляет шлифование фасонных поверхностей, резьбошлифование, когда для сохранения требуемого профиля инструмента при обработке твердых материалов, например, закаленных сталей, используют круги высокой твердости.

При обработке мягких материалов абразивные зерна дольше сохраняют свои режущие свойства, поэтому круг должен быть тверже, чтобы незатупившиеся или малоизношенные зерна дольше оставались на поверхности инструмента.

Ниже приведены области применения шлифовальных кругов различной твердости.

М2 – СМ2 плоское шлифование торцом круга, шлифование специальных труднообрабатываемых сплавов;

СМ1 – С2 чистовое и комбинированное круглое наружное и внутреннее шлифование стали, плоское шлифование периферией круга;

С2 – СТ2 профильное шлифование, обработка прерывистых поверхностей;

С1 – СТ1 плоское шлифование торцом кольцевого или сегментного круга на бакелитовой связке;

С2 – СТ2 предварительное круглое наружное шлифование незакаленных сталей и ковкого чугуна;

СТ2 - Т2 отрезка, прорезка канавок, круглое наружное шлифование методом врезания при необходимости сохранить профиль круга (фасонное шлифование).

Структура абразивного инструмента

Под структурой абразивного инструмента понимают соотношение в объеме инструмента абразивного материала, связки и пор.

По структуре абразивный инструмент подразделяется на 12 групп, которым присвоены номера от №1 до №12. Чем выше номер группы, тем меньше в объеме шлифовального круга зерен, больше связки и пор. Для структуры №1 содержание абразивных зерен составляет 60%, при переходе к следующему номеру содержание абразивных зерен уменьшается на 2%, достигая у №12 - 38%.

Структуры с номерами 1 – 4 относятся к закрытым (плотным), структуры с номерами 5 – 8 являются средними, с номерами 9 – 12 открытыми.

Увеличение количества и размеров пор в шлифовальном круге облегчает удаление стружки, образовавшейся в процессе обработки, улучшает условия охлаждения места контакта инструмента и заготовки, при этом быстрее идет процесс самозатачивания круга. Но инструмент с высоким содержанием пор менее прочен и подвергается большему изнашиванию, чем плотный.

Ниже приведены области применения шлифовальных кругов различной структуры.

Номера 3 - 4 фасонное шлифование при необходимости сохранить профиль круга, отрезка, шлифование при больших нагрузках, шлифование прерывистых поверхностей;

Номера 5 - 6 круглое наружное шлифование, плоское шлифование периферией круга;

Номера 7 - 9 плоское шлифование торцом круга, круглое внутреннее шлифование;

Номера 8 - 12 шлифование и заточка инструмента, резбошлифование.

При выборе структуры круга помимо приведенных рекомендаций необходимо учитывать, что круги с мелким зерном должны быть более плотными, чем крупнозернистые, для лучшего удержания абразивных зерен на поверхности инструмента.

Класс точности абразивного инструмента

В зависимости от требований к зерновому составу, предельным отклонениям взаимного расположения поверхностей, наличию сколов, раковин и трещин шлифовальные круги выпускаются трех классов точности: АА (наиболее точный), А и Б.

Класс неуравновешенности инструмента

Уравновешенность шлифовальных кругов во многом определяет производительность обработки, качество поверхности детали, стойкость круга. По неуравновешенности круги разделяются на 4 класса.

Круги класса точности АА должны соответствовать 1 классу неуравновешенности, круги класса точности А – 1 или 2 классам, а круги класса точности Б – 1, 2 или 3 классу неуравновешенности.

Балансировка шлифовальных кругов производится перед установкой их на станок на специальных стендах.

Правка шлифовальных кругов

Правкой восстанавливают режущие свойства и правильную геометрическую форму круга. Правке подвергаются вновь устанавливаемые и затупившиеся в процессе работы инструменты.

Критерием затупления шлифовальных кругов является снижение точности и ухудшение качества обработанной поверхности, появление прижогов, участков, выделяющихся блеском, вибраций.

Правку осуществляют обтачиванием алмазным инструментом (алмазными карандашами и иглами, алмазами в оправе), обкатыванием металлическими и твердосплавными дисками, шлифованием.

Наиболее распространена правка обтачиванием в этом случае правящий инструмент выполняет роль резца.

Обозначение шлифовальных кругов

Все характеристики абразивного инструмента, в том числе и шлифовального круга, обозначаются условными знаками в определенной последовательности.

Рассмотрим пример условного обозначения

ПП 500×50×305 24А 10П С2 7 К5 35 м/с А1 кл. ГОСТ 2424-83

Обозначение расшифровывается следующим образом:

ПП – круг прямого профиля

500 – наружный диаметр круга (D) в миллиметрах

50 – высота (ширина) круга (B) в миллиметрах

305 – диаметр посадочного отверстия (d) в миллиметрах

24А – марка абразивного материала (электрокорунд белый)

10П – зернистость абразивных зерен (0,1 мм) с повышенным содержанием зерен основной фракции

С2 – твердость круга (средняя)

7 – номер структуры круга (средняя)

К5 – вид связки (керамическая)

35 м/с – рабочая скорость круга

А – класс точности круга

1 кл. – класс неуравновешенности

Также приведен ГОСТ в соответствии с которым изготавливаются шлифовальные круги.

Виды и способы шлифования

В данном разделе рассматриваются наиболее распространенные методы шлифования, особенности обработки и используемое оборудование.

А. Круглое наружное шлифование.

Обработка выполняется на круглошлифовальных станках. Ниже приведены основные характеристики станка 3М151.

Наибольшие размеры обрабатываемых заготовок, мм	
диаметр	200
длина	700
Частота вращения заготовки, об/мин	50...500
Скорость перемещения стола, м/мин	0,05...5
Размеры шлифовального круга, мм (используются круги прямого профиля)	600× 80× 305
Мощность электродвигателя шлифовального круга, кВт	10

Привод вращения заготовки и перемещения стола имеют бесступенчатое регулирование.

При шлифовании заготовка устанавливается в центрах, в патроны и на оправки различных конструкций, при обработке длинных нежестких заготовок используются дополнительные опоры – люнеты.

Главным движением в процессе обработки является вращение шлифовального круга.

Движения подачи:

Вращение обрабатываемой заготовки – круговая подача *Сокр*.

Возвратно-поступательное движение стола с обрабатываемой заготовкой – продольная подача *Спрод*.

Периодическое радиальное перемещение бабки со шлифовальным кругом на заготовку в конце каждого хода или двойного хода стола – поперечная подача *Споп*.

Схема обработки приведена на рисунке 1.

Данная разновидность шлифования носит название круглого наружного шлифования с продольной подачей. Метод является универсальным, обеспечивает высокую точность и минимальную шероховатость обрабатываемой поверхности.

Величина продольного перемещения стола с установленной заготовкой (ход стола) выбирается таким образом, чтобы круг выходил за границы заготовки на 0,5 своей ширины.

Относительно короткие (менее 50 мм) наружные поверхности вращения обрабатывают круглым наружным врезным шлифованием. В этом случае в процессе обработки имеет место круговая подача заготовки (*Сокр*) и непрерывная поперечная подача шлифовального круга на заготовку (*Споп*).

Врезное шлифование более производительно, но требует применения более мощных и жестких станков.

Б. Круглое шлифование внутренних поверхностей

Обработке внутренних поверхностей вращения производится на внутришлифовальных станках. Ниже приведены основные характеристики станка 3К227В.

Наибольшие размеры обрабатываемых заготовок, мм	
диаметр	400
длина	125
Наибольший диаметр шлифуемых отверстий, мм	150
Частота вращения заготовки, об/мин	140...1000
Скорость перемещения стола м/мин (на столе станка установлена бабка шлифовального круга)	1...7
Размеры шлифовального круга (максимальные), мм (используются круги прямого профиля)	100× 50× 20
Мощность электродвигателя шлифовального круга, кВт	4

Привод вращения заготовки и привод перемещения стола имеют бесступенчатое регулирование.

При шлифовании заготовка устанавливается в патрон.

Как и при круглом шлифовании наружных поверхностей при внутреннем шлифовании главным движением в процессе обработки является вращение шлифовального круга.

Движения подачи:

Вращение обрабатываемой заготовки – круговая подача *Сокр*.

Возвратно-поступательное движение шлифовального круга относительно обрабатываемой заготовкой – продольная подача *Спрод*.

Периодическое радиальное перемещение бабки с шлифовальным кругом на заготовку в конце каждого двойного хода стола – поперечная подача $S_{\text{поп}}$.

Схема обработки приведена на рисунке 2.

Ход стола принимается с перебегом шлифовального круга на каждую сторону заготовки равным 0,5 от ширины круга.

Диаметр шлифовального круга при внутреннем шлифовании принимается равным 0,7 – 0,9 от диаметра обрабатываемого отверстия. Высота круга - 0,8 от длины отверстия.

При внутреннем шлифовании с продольной подачей черновая и чистовая обработка, как правило, ведутся за одну операцию, т. е. используется метод комбинированного шлифования.

При обработке коротких поверхностей может применяться врезное внутреннее шлифование.

Внутришлифовальные станки оснащаются торцешлифовальным устройством, которое позволяет после обработки отверстия шлифовать (используются чашечные конические круги ЧК) прилегающий к отверстию торец заготовки.

В. Плоское шлифование периферией круга

Обработка производится на плоскошлифовальных станках с прямоугольным столом и горизонтальным шпинделем. Ниже приведены основные характеристики плоскошлифовального станка 3П722.

Размеры рабочей поверхности стола, мм	1250×320
Скорость продольного перемещения стола, м/мин	3...45
Скорость поперечного перемещения стола, м/мин	0,5...3
Размеры шлифовального круга (максимальные), мм (используются круги прямого профиля)	450×80×203
Мощность электродвигателя шлифовального круга, кВт	15

Привод продольного и поперечного перемещения стола имеет бесступенчатое регулирование.

Обрабатываемые заготовки устанавливаются на стол станка. В качестве приспособлений используются магнитные плиты, также могут применяться и другие приспособления. Размеры рабочей поверхности магнитной плиты позволяют одновременно устанавливать и обрабатывают несколько заготовок.

Главное движение при обработке – вращение шлифовального круга.

Движения подачи:

Возвратно-поступательное движение стола станка – продольная подача $S_{\text{прод}}$.

Периодическое поперечное перемещение стола за один его ход - поперечная подача $S_{\text{поп}}$.

Периодическое вертикальное перемещение шлифовальной бабки на толщину срезаемого слоя – вертикальная подача $S_{\text{верт}}$. Подача $S_{\text{верт}}$ осуществляется в момент реверсирования поперечного движения подачи, т. е. после снятия с обрабатываемой поверхности одного слоя металла.

Схема обработки приведена на рисунке 3.

Продольный ход стола на 10 – 15 мм больше длины обрабатываемой поверхности.

Поперечный ход стола принимается с перебегом шлифовального круга на каждую сторону заготовки равным 0,5 от ширины круга.

Плоское шлифование может производиться и торцом круга. Обработка в этом случае производится на плоскошлифовальных станках с вертикальным шпинделем.

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Краткая характеристика шлифовальных кругов и шлифования, как метода обработки, виды шлифования.
3. Содержание задания и исходные данные для расчета.
4. Эскиз обработки.
5. Выбор характеристик шлифовального круга.
6. Назначение режимов резания при шлифовании.
7. Расчет основного времени на обработку.

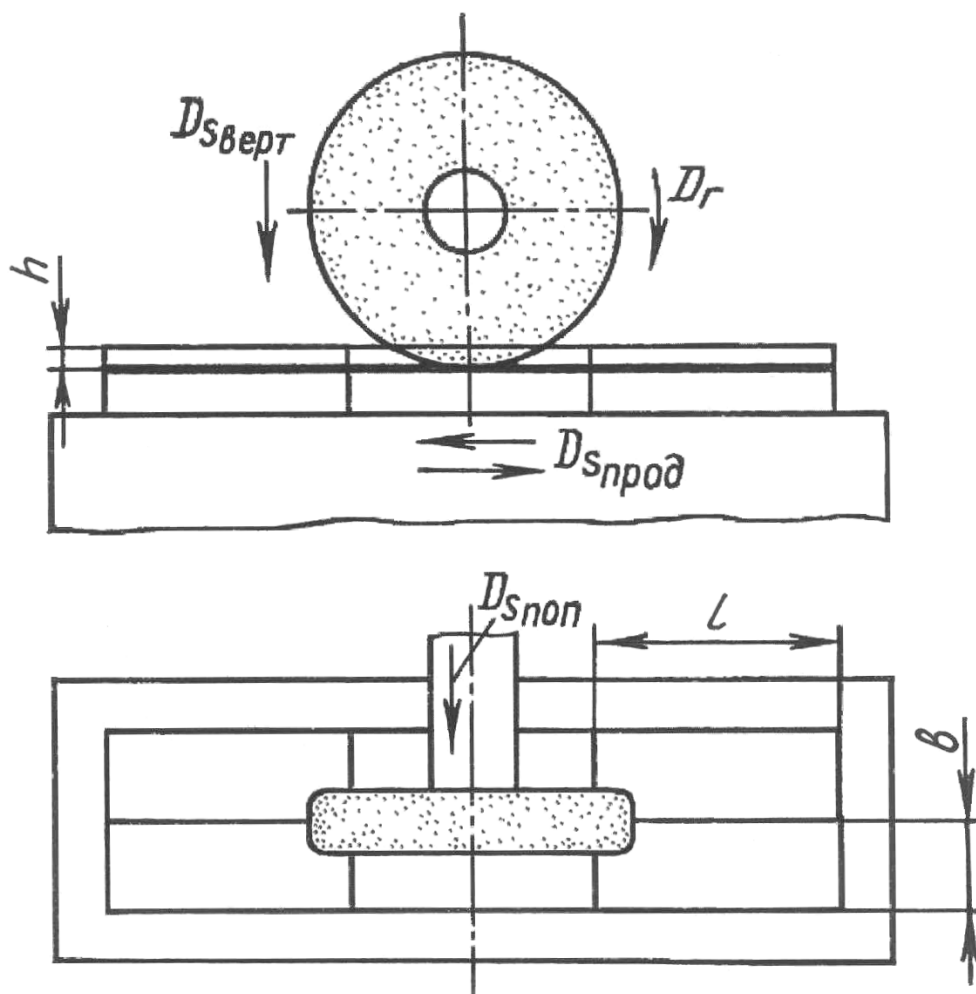


Рисунок 3. Схема обработки при плоском шлифовании

Таблица 1. Режимы резания при шлифовании

Характеристика процесса шлифования	Скорость круга, м/с	Скорость заготовки, м/мин	Глубина шлифования, мм	Продольная подача, мм/об
Круглое наружное шлифование				
С продольной подачей на каждый ход предварительное окончательное	30 - 35	12 - 25 15 - 55	0,01 - 0,025 0,005 - 0,015	$(0,3 - 0,7) \cdot B$ $(0,2 - 0,4) \cdot B$
С продольной подачей на каждый двойной ход	30 - 35	20 - 30	0,015 - 0,05	$(0,3 - 0,7) \cdot B$
Круглое внутреннее шлифование				
С продольной подачей на каждый двойной ход предварительное окончательное	30 - 35	20 - 40	0,005 - 0,02 0,0025 - 0,01	$(0,4 - 0,7) \cdot B$ $(0,2 - 0,4) \cdot B$
Плоское шлифование периферией круга				
На станках с прямоугольным столом предварительное окончательное	30 - 35	8 - 30 15 - 30	0,015 - 0,04 0,005 - 0,015	$(0,4 - 0,7) \cdot B$ $(0,2 - 0,3) \cdot B$

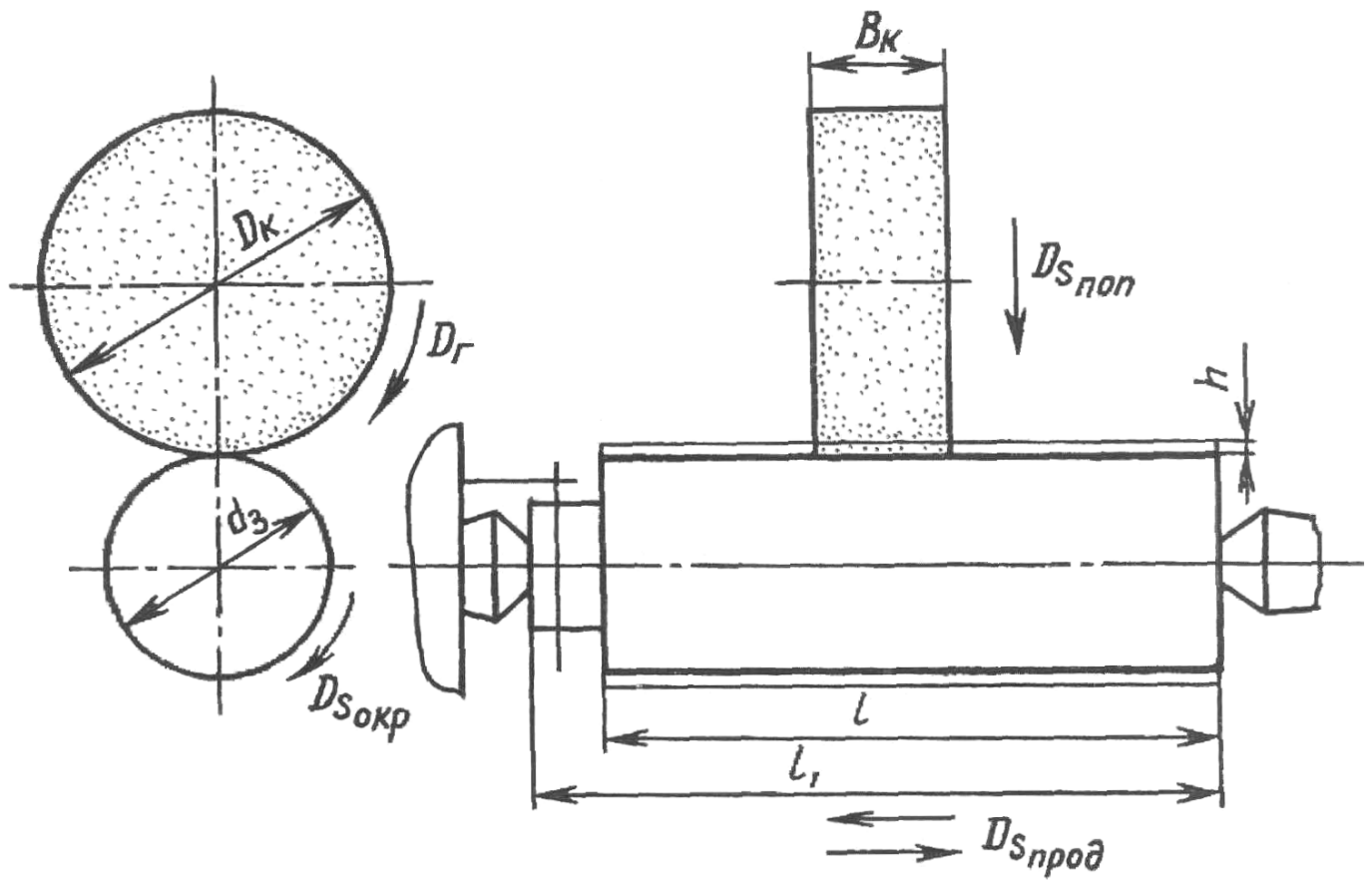


Рисунок 1. Схема обработки при круглом наружном шлифовании.

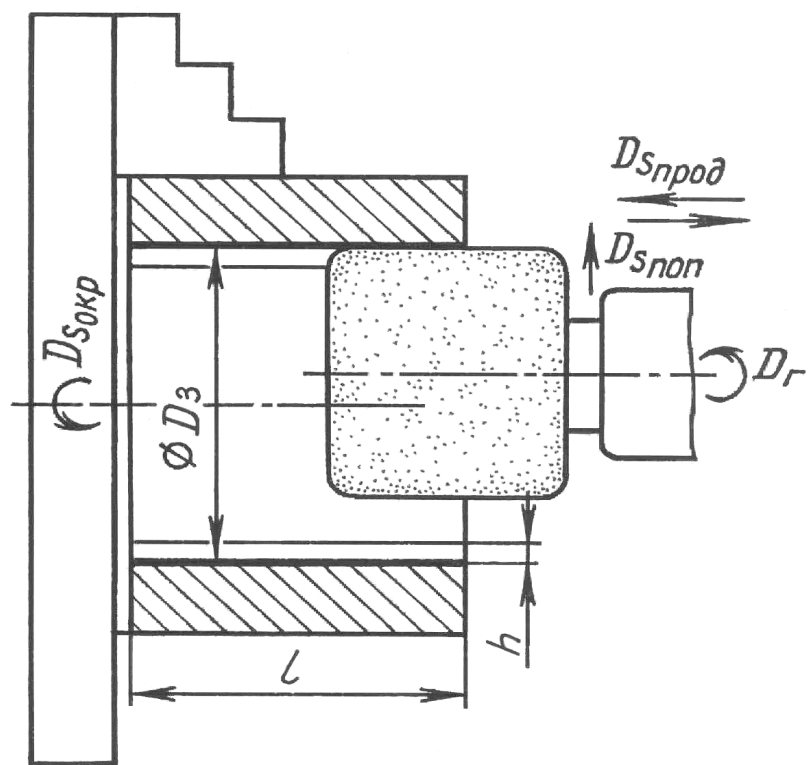


Рисунок 2. Схема обработки при внутреннем шлифовании.

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

СБОРНИК МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ

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

Брест 2007

УДК 621.744

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

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

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

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Проектирование заготовок, получаемых отливкой в песчано-глинистые формы

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

Работа рассчитана на два академических часа.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

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

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

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

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

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

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

При вычерчивании чертежа отливки (заготовки) необходимо учитывать:

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

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

Порядок выполнения работы

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

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

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

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

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

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

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

Продолжение таблицы 1.3

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

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

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

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

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

Таблица 1.6 - Допускаемые отклонения по массе отливок, %

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

Таблица 1.7 - Допускаемые отклонения на размеры радиусов сопряжений, мм

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

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

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

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

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

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

Литература

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

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Проектирование заготовок методом литья в кокиль

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

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

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

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

Процесс изготовления отливок в кокилях состоит из следующих операций:

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

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

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

А также некоторые недостатки:

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

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

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

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

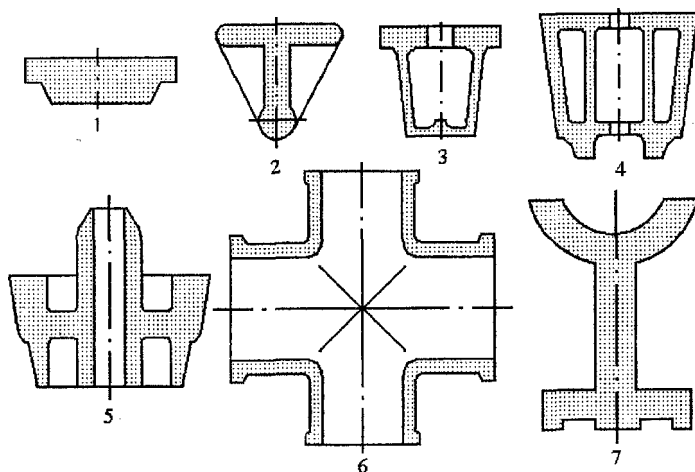


Рисунок 2.1- Примеры кокильных отливок

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

Первая группа (1Г) - отливки неответственного назначения.

Вторая группа (2Г) - отливки ответственного назначения.

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

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

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

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

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

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

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

Допускаемые отклонения на размеры радиусов сопряжений должны соответствовать таблице 2.4.

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

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

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Таблица 2.1 - Количество допускаемых раковин

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

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

Таблица 2.2 - Уклоны стенок отливок

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

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

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

Таблица 2.4 - Допускаемые отклонения на радиусы сопряжений (мм)

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

Таблица 2.5 - Минимальная толщина стенок отливок

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

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

Радиус закруглений при угловом сопряжении стенок принимают:

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

где δ_1 и δ_2 – толщины сопрягаемых стенок.

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

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

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

Пример выполнения чертежа отливки в кокиль приведен в приложении.

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

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

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

Рассмотрены должны быть при этом поверхности:

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

Следует охарактеризовать возможное влияние точности и состояния поверхностей анализируемых заготовок на механическую обработку и качество готовой детали, а также определить, могут ли выявленные дефекты быть допущены (по техническим требованиям), или заготовки должны быть забракованы.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Выполнить рабочий чертеж заданной детали с соответствующими техническими требованиями (ГОСТ 2.423-73).

2. Проверить возможность изготовления в отливке отверстий, возможность получения минимальной толщины стенки. Принять разъем форм.

3. Установить параметры точности отливки (ГОСТ 26645 - 85): класс точности размеров, степень коробления, степень точности поверхности отливки, класс точности массы, ряд припусков на мех.обработку. Назначить по ГОСТ 26645 - 85 припуски на обработку поверхностей детали.

Назначить по ГОСТ 26645 - 85 допускаемые отклонения на литейные размеры, допуски массы отливки; определить допускаемые толщины стенок и радиусы сопряжений, по ГОСТ 3212-80 назначить уклоны и нанести все на чертеж заготовки.

4. Оформить чертеж отливки с соответствующими техническими требованиями.

ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ДОПОЛНИТЕЛЬНО ВЫПОЛНЯЮТСЯ ПУНКТЫ

5. Вычертить приближенный эскиз заготовки анализируемого типоразмера с указанием контролируемых в работе размеров и характерных поверхностей.
6. Установить критерии оценки состояния поверхностей данного вида заготовок.
7. Произвести измерения этих размеров на 3-5 однотипных заготовках. Результаты занести в таблицу.
8. Подсчитать средние арифметические значения измеренных размеров и установить класс точности анализируемых заготовок.
9. Произвести усредненную оценку состояния характерных поверхностей заготовок по выбранным критериям. Оценить шероховатость указанных поверхностей в сравнении с образцами. Результаты занести в таблицу.
10. Дать краткую характеристику возможного влияния точности и состояния поверхностей анализируемых заготовок на механическую обработку и качество готовой детали.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название работы, цель.
2. Задание, необходимая оснастка и инструменты.
3. Чертеж заданной детали и анализ ее конструкции.
4. Назначение припусков, допусков, радиусов скруглений, выбор положения в форме.
5. Чертеж отливки.

ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА

6. Эскиз заготовки анализируемого типоразмера с указанием контролируемых размеров и характерных поверхностей.
7. Таблица измерений заданных размеров для 3 - 5 однотипных заготовок.
8. Расчет средних арифметических значений заданных размеров и установление класса точности анализируемых заготовок.
9. Таблица усредненной оценки состояния характерных поверхностей заготовок по выбранным критериям и шероховатости указанных поверхностей в сравнении с образцами.
10. Краткая характеристика возможного влияния точности и состояния поверхностей анализируемых заготовок на механическую обработку и качество готовой детали.
11. Чертеж отливки с назначенными по соответствующим стандартам припусками и допусками на обрабатываемые поверхности детали.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем преимущества и недостатки кокильного литья?
2. На сколько групп разделяются кокильные отливки по конфигурации наружной и внутренней поверхности?
3. На сколько и какие группы разделяются отливки из алюминиевых сплавов по назначениям и видам контроля?
4. Сколько классов точности кокильных отливок из алюминиевых сплавов?
5. Какие наиболее характерные отклонения по качеству необрабатываемых и обрабатываемых поверхностей алюминиевых отливок в кокиль?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Проектирования заготовок, получаемых штамповкой

Цель работы: практическое освоение проектирования заготовок, получаемых штамповкой на молотах, прессах, ГKM и приобретение навыков оценки их качества.

Работа рассчитана на 4 академических часа.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I. Проектирование чертежа штампованной заготовки

Чертёж штампованной заготовки (поковки) разрабатывается на основании чертежа готовой детали. При этом выполняется следующее: выбирается форма поковки; устанавливается положение линии разреза штампа; назначаются припуски на обрабатываемые резанием поверхности и допуски на размеры, относящиеся к этим поверхностям; выбираются радиусы закруглений; определяются штамповочные уклоны; определяются форма и размеры наметок отверстий и перемычки под их прошивку; оформляется чертёж заготовки в соответствии с требованиями ГОСТ 7505-89 и с указанием технических требований на изготовление поковки.

Выбор формы поковки

При выборе формы поковки следует учитывать следующие рекомендации:

1. Выполнение сквозных отверстий и углублений в поковках, изготавливаемых на прессах, обязательно в тех случаях, когда оси отверстий или углублений совпадают с направлением движения ползуна пресса, а размеры или диаметры отверстий и углублений больше или равны высоте поковки, но не менее 30 мм.

Углубления делаются общей глубиной не более 0,85 их диаметра.

Для заготовок, штампуемых на ГKM, длина прошиваемых отверстий не должна превышать их диаметров.

2. Если перепад диаметров готовой детали превышает 5-7 мм, а высота ступеней больше 10 мм, то заготовки, масса которых находится в пределах 5-25 кг, целесообразно выполнять ступенчатыми.

3. Форма поковки зависит также от метода штамповки (в открытых или закрытых штампах, на молотах и прессах или на ГKM).

Выбор поверхности разреза штампа

При установлении поверхности разреза штампов руководствуются следующими правилами в соответствии с таблицей 1.1.

1. Плоскость разреза должна гарантировать выемку детали из верхней и нижней частей штампа.

2. Глубина выемок должна быть по возможности меньше. Это правило может быть сформулировано ещё таким образом: линия разреза должна, по возможности, совпадать с плоскостью двух наибольших взаимно перпендикулярных разрезов поковки. Однако от этого правила следует отступать, если при ином разрезе достигается значительное уменьшение массы поковки (например, на счёт получения в поковке углублений или отверстий), экономия на отходах (за счёт уменьшения периметра поковки по линии среза заусенца). Ручей в верхней половине штампа обычно заполняется легче, поэтому наиболее трудноформируемые части поковки следует располагать в верхней половине штампа. Контур поковки верхней и нижней половины штампа по плоскости разреза дол-

жен быть одинаков. Если поковка имеет форму тела вращения длиной меньше 3 диаметров, её удобнее и проще штамповать в торец и в нижней половине штампа допустить глубокую выемку. При длине детали больше 3 диаметров плоскость разъёма следует намечать по продольной оси детали.

3. Плоскость разъёма не должна совпадать с верхней плоскостью детали. В противном случае невозможно контролировать взаимное смещение частей штампа.

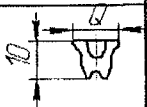
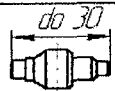
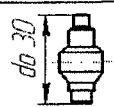
4. Концы детали должны находиться на одной высоте, иначе при штамповке деталь будет сдвигаться. В этом случае желательно сдвигать поковки.

5. Линия разъёма, по возможности, должна быть прямой.

6. Плоскость разъёма не должна пересекать волокна, что весьма существенно для малопластичных сплавов.

Выбор линии разъёма штампа

Таблица 3.1- Выбор линии разъёма штампа

неправильно	правильно	номер прибора	неправильно	правильно	номер прибора
		1			3
		2			4
		2			4 и 5
		2			4

Назначение допусков и припусков на обрабатываемые поверхности

Величины и правила назначения припусков, допусков и кузнечных напусков при штамповке стальных поковок регламентируются ГОСТ 7505-89.

Стандарт предусматривает разделение стальных поковок по точности изготовления на 2 класса:

1. Класс 1 – поковки повышенной точности.
2. Класс 2 – поковки нормальной точности.

Поковки более высокой точности, достигаемой калибровкой, выделены в специальный класс. Класс точности изготовления поковок следует устанавливать в зависимости от предъявленных требований к точности размеров поковок, а также условий и характера производства (серийное или массовое). При этом допускаются различные классы точности для разных размеров одной и той же поковки. Класс точности должен указываться в технических требованиях на чертёж поковки.

Стандарт предусматривает также классификацию поковок:

1. По группам стали (группа М – углеродистые и легированные стали с содержанием до 0,45% С и до 0,2% легирующих элементов; М2 – легированные стали, кроме указанных выше);

2. По степени сложности поковок (4 степени сложности С1-С4);

3. По конфигурации поверхности разъёма штампа (плоская и изогнутая).

Штамповка на КГШП в закрытых ручьях обеспечивает более высокую точность чем в открытых. При массовом выпуске ответственных деталей при использовании закрытых штампов обеспечивается повышенная точность изготовления поковок (1 класс).

Если по условиям производства нет необходимости в такой точности, то может быть принят 2 класс точности. Однако при этом допуски на вертикальные размеры поковки можно принимать в пределах 0,5-0,7 от соответствующих допусков, предусмотряемых ГОСТ 7505-89.

Допуски на горизонтальные размеры можно оставить без изменения по сравнению со значениями рекомендуемыми ГОСТ 7505-89.

ГОСТ 7505-89 указывает также величину наибольших припусков на последующую механическую обработку поковки в зависимости от перечисленных выше факторов, а также от размера поковки и требуемой шероховатости поверхности.

Практически величина припуска P составляет 0,5-6 мм и ориентировочно может быть рассчитана по эмпирической формуле:

$$P = 0,4 + 0,015h + 0,0015L, \quad (3.1)$$

где h и L – наибольшие размеры поковки по высоте и в плоскости разъёма, мм.

Величины припусков, установленные ГОСТ 7505-89, следует назначать на сторону на номинальные размеры детали. Повышенный припуск бывает необходим в соответствующих местах у поковок, претерпевающих значительное коробление при термообработке, а также со стороны мест неизбежного скопления окалины в окончательном ручье и т.д. Уменьшенный против нормального припуск следует назначать на базовые поверхности 1-й операции обработки резанием, поскольку эти поверхности строго координируются относительно обработанных поверхностей. При изготовлении поковок из заготовок, подвергающихся пламенному нагреву, допускается увеличение припуска на обработку на сторону для поковок массой до 2,5 кг – до 0,5 мм; для поковок массой свыше 2,5 кг до 6,0 кг – до 0,8 мм, для поковок свыше 6,0 – до 1,0 мм.

Поскольку при штамповке на КГШП в закрытых штампах смещение штампов практически отсутствует, на величину смещения матриц, необходимо уменьшить припуски на соответствующие поверхности. Величины смещения для различных классов точности и массы поковок приведены в ГОСТ 7505-89.

Штамповочные уклоны

Уклоны штамповочной поковки назначаются для облегчения удаления поковки из штампа. Это достигается за счёт снижения вертикального усилия, необходимого для преодоления силы трения и уменьшения пути, на котором эти силы преодолеваются.

Штамповочные уклоны устанавливаются при штамповке на молотах и прессах на всех вертикальных поверхностях поковок, а при изготовлении последних на ГKM – на всех поверхностях выступов, углублений и сквозных отверстий, выполняемых пуансонами. При штамповке ступенчатых штампов на ГKM уклоны назначаются также на всех замкнутых штампом поверхностях, расположенных перпендикулярно к движению высадочного пуансона.

Величина штамповочных уклонов определяется в 7 градусах для внешних и 10 градусов – для внутренних поверхностей при штамповке на молотах и соответственно 5 гр. и 7 гр. при штамповке на прессах с выталкивателем и ГKM. При изготовлении поковок с впадинами и с сквозными отверстиями на горизонтально-ковочных машинах уклоны на поверхностях впадин или отверстий не должны превышать 3 гр. При штамповке в закрытых штампах на прессах величина штамповочных уклонов поднимается в пределах

1гр.30 – 1гр., а при использовании ГKM – 1гр. – 0гр. 30мин. Внутренние уклоны при пустотелых штамповках принимаются несколько больше 1 – 3 гр.

Если по конструктивным соображениям уклоны желательны, их рекомендуется делать максимально возможными или по ГОСТ 7505-89. Если же они не желательны, то можно назначать их максимальными по таблице 3.2.

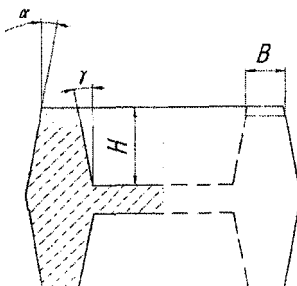


Рисунок 3.1- Схема штамповочных уклонов.

Таблица 3.2 - Штамповочные уклоны в градусах в зависимости от отношения высоты ребра к его ширине. Штампы с выталкивателями.

Допустимо			Рекомендуется		
Н : В	α°	γ°	Н : В	α°	γ°
до 2	1	1,5	до 1	1	1,5
4	2	3	4	2	3
6	3	5	3	3	5

Радиусы и закругления

Радиусы закруглений бывают наружными R, образуются при заполнении металлом углов в углублениях штампов, и внутренние z, образуемые пунсоном и выступами штампов при вдавливании их в металл. Чем больше радиусы закруглений в углах штампов и на соответствующих поверхностях поковок, тем выше стойкость штампов (так как ниже концентрация напряжений в углах штампов при их работе) и меньше необходимое усилие штамповки (так как металл легче вдавить в углы штампов с большими радиусами).

Наименьшие радиусы закруглений внешних углов поковок приведены в таблице 3.3. Практически достаточно, чтобы значения этих радиусов были на 0,5- 1,0 мм больше величины нормального припуска на механическую обработку этой поковки, независимо от того, к каким сопрягаемым поверхностям относятся эти радиусы – к подвергаемым или не подвергаемым механической обработке.

Внутренние радиусы закруглений на поковках должны быть примерно в 3 – 4 раза больше принятых для данной поковки наружных радиусов закруглений. Если при этом радиус получается меньше разности значений внутреннего радиуса закруглений у обработанной детали и назначенного припуска, то необходимо его увеличить до значения, равного указанной разности. Необходимо стремиться к унификации радиусов в каждой поковке.

Наименьшие технологические радиусы скругления при штамповке (z) в открытых штампах приведены в таблице 3.4. При штамповке из малопластичных сплавов указанные значения радиусов увеличиваются в 1,5 раза.

Таблица 3.3 - Наименьшие радиусы закруглений внешних углов поковок по ГОСТ 7505-89

Масса поковки, кг	Наименьшие радиусы закруглений R, мм при глубине полости ручья штампа, мм			
	До 10	Св. 10 до 25	Св. 25 до 50	Св. 50
До 1,0	1	1,5	2	3
Св. 1 до 6	1,5	2	2,5	3,5
Св. 6 до 16	2	2,5	3	4
Св. 16 до 40	2,5	3	4	5
Св. 40 до 100	3	4	5	7
Св. 100	4	5	6	8

Таблица 3.4 - Внутренние радиусы закруглений г

Высота ребра h, мм	Радиус г, мм	Высота ребра h, мм	Радиус г, мм
До 5	3	25 – 30	8
5 – 10	4	35 – 50	10
10 – 16	5	50 – 70	12,5
16 – 25	6	70 – 100	15

Наметки и перемычки под прошивку отверстий

После штамповки на молотах и прессах в заготовках часто прошиваются сквозные отверстия, диаметром 30 и более мм. Для этой цели в деталях типа тел вращения по центру образуется наметка с одной или с двух сторон. Между верхней и нижней наметками образуется перемычка (плёнка). Формы наметок и перемычек зависят от размеров конструктивных элементов заготовок. На рисунке 3.2 показаны наиболее часто применяемые формы наметок и перемычек.

Оформление наметок и перемычек на чертеже заготовки начинается с расчёта диаметра прошивки отверстий d .

$$d = d_o - 2z_{ном} - 2r; \quad (3.2)$$

где d_o - диаметр отверстия готовой детали;

$z_{ном}$ - номинальный припуск на сторону отверстия;

r - внутренний радиус наметки по таблице 4.

Затем определяем диаметр наметки в плоскости разбёма штампа d_o

$$d_o = d + 2r \quad (3.3)$$

Наибольший диаметр наметки D определяется по формуле:

$$D = d_o + h \tan \gamma, \quad (3.4)$$

где h - высота (глубина) наметки;

γ - угол внутреннего штамповочного уклона 7 – 10 гр.

Толщина перемычки S принимается как 0,1D, не менее 4 мм.

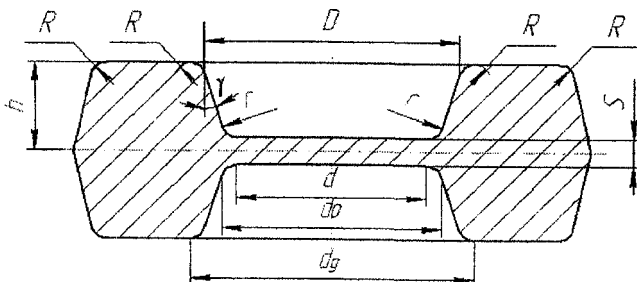


Рисунок 3.2 - Формы наметок и перемычки под прошивку.

Если отношение $2h / D \geq 1.7$ (или углубление наметки требуется более $0,8 S D$), то прошивка отверстия не выполняется. В этом случае ограничиваются односторонней или двухсторонней наметкой (см. рис. 3.3), на котором показана глухая наметка без последующей прошивки отверстия. Если глубина глухой наметки не ограничена глубиной выемки у готовой детали, то рекомендуется дать полное закругление вершины полости (рис. 3.3) одним радиусом.

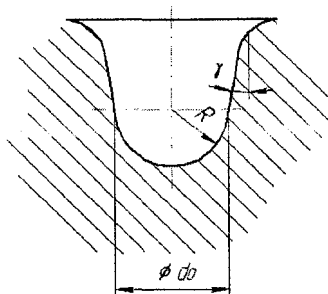


Рисунок 3.3 - Глухая наметка.

$$R = \frac{d_0}{2 \operatorname{tg} (45^\circ - \frac{\gamma}{2})}, \quad (3.5)$$

где d_0 диаметр наметки в плоскости разреза штампа,

γ - угол внутреннего штамповочного уклона $7 - 10$ гр.

В частности, при $\gamma = 10$ гр. и полном закруглении вершины наметки $R = 0.595 d_0$.

Оформление чертежа поковки

Чертёж поковки разрабатывают на основе чистого чертежа детали. Готовую деталь на чертеже поковки показывают штрихпунктирной линией (сплошной тонкой линией), давая лишь необходимые контуры детали, наглядно показывающие наличие припуска на обработку. Подробное изображение готовой детали следует давать преимущественно в разрезах и сечениях только один раз, не повторяя его в других проекциях поковки.

Поковку желательно вычерчивать в том положении, которое она занимает в штампе, масштабе вычерчивания $1 : 1$. Допустимо уменьшение масштаба ($1 : 2$) при вычерчивании крупногабаритных поковок (свыше 750 мм) и увеличение последнего ($2 : 1$) для поковок сложных форм размером менее 50 мм.

Система простановки размеров поковки должна полностью соответствовать системе размеров детали и учитывать: исходные базы механической обработки; удобства проверки величины припуска путём сравнения размеров на чертеже поковки с размерами готовой детали; удобство проверки размеров на поковке; простоту разметки поковки при контроле. На чертеже поковки не следует указывать размеров напуска и размеров, определяющих положение линии разреза на поковке, а также не следует проставлять размеры от линии разреза. Все размеры на чертеже поковки проставляются с допусками, что необходимо для контроля поковок.

На чертеже поковки наносятся технические требования в порядке, оговорённом ГОСТ 2.316 – 68. Они располагаются параллельно основной подписи чертежа. Состав технических требований на поковку регламентирован ГОСТ 8479 – 70.

Технические требования содержат обычно следующую информацию, расположенную в указанной последовательности: термообработку и твёрдость поковок; класс точ-

ности изготовления, степень сложности поковки; допускаемая величина заусенца и смещения штампа; точность неоговариваемых размеров поковки; допуски по необходимости прошиваемых в поковках наметок к внешним контурам поковки; допускаемые отклонения по изогнутости, неплоскостности и прямолинейности (для плоских поверхностей), а также радиальному биению (для цилиндрических поверхностей); не обозначенные на чертеже радиусы закруглений и штамповочные уклоны; допуски на радиусы закруглений; глубина внешних дефектов и другие требования к качеству поверхности, условия и методы испытаний (места отпечатка при испытании, места образцов, вырезаемых для механических испытаний и др.); указания о маркировании и клеймении; ссылки на другие документы, содержащие технические требования, распространяющиеся на данные изделия, но не приведённые на чертеже.

Место отпечатка твёрдости следует указать на плоской поверхности, лучше на необрабатываемой, учитывая также удобство укладки поковки на стол прессы для испытания твёрдости. Место клеймения предпочтительнее указать на необработанной поверхности, в противном случае надо учесть последовательность дальнейшей механической обработки с тем, чтобы снятие клеймённой поверхности производилось после перенесения клейма на ранее обработанную поверхность.

II. Анализ качества поковок

К техническим погрешностям при штамповке относятся: неточность диаметральных и продольных размеров, сдвиг по разъёму, неосторожность прошиваемых в поковках отверстий к внешним контурам, непараллельность торцов поверхности, изогнутость, отатки заусенец. Эти погрешности определяются путём измерения заготовок.

Кроме того, такие виды погрешностей, как забоины, недоштамповка, незаполнение формы, заштамповка окалины – устанавливаются внешним осмотром (визуально).

Для измерения диаметров продольных размеров, величины сдвига (смещения) следует использовать штангенциркуль с ценой деления 0,65 мм. Остатки заусенцев измеряются штангенциркулем с ценой деления 0,1 мм, используя его как глубиномер.

Изогнутость повок типа «стержень» определяется в призме, с помощью индикатора часового типа, закреплённого в стойке, аналогично проверке биения.

Непараллельность торцов заготовки проверяется с помощью индикатора часового типа, закреплённого в стойке. Деталь при этом располагается на плите.

Несоосность прошитого в поковке отверстия к внешнему контуру можно определить как половину максимальной разности толщины стенок полого цилиндра, измеренных в четырёх равнорасположенных по окружности точках.

Результаты измерений и внешнего осмотра заготовки должны соответствовать требованиям, изложенным в чертеже анализируемой заготовки. После чего сделать соответствующие выводы.

В выводах нужно дать заключение о годности заготовки для получения из неё детали заданного качества.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить чертёж детали, выданной для проектирования заготовки.
2. Выбрать метод штамповки.
3. Выбрать форму заготовки, назначить плоскость разъёма, уклоны, радиусы закругления, припуски и допуски на обрабатываемые поверхности.
4. Выполнить чертёж (эскиз) заготовки (поковки).
5. Изучить чертёж заготовки, выданной для анализа её качества.
6. Выполнить измерения заданных параметров заготовки и анализ её качества.
7. Составить отчёт.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Проектирование сварных заготовок

Цель работы: освоение методики проектирования сварных заготовок.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Электродуговая сварка широко применяется в машиностроении как один из методов соединения деталей в сборочные единицы, в том числе для получения сварных заготовок деталей машин. Сварные заготовки имеют ряд преимуществ перед другими заготовками, например, изготовленными литьем, ковкой и штамповкой или резанием из сортового проката в связи с простотой метода, его высокой производительностью, высоким коэффициентом использования металла, возможностью изготовления деталей весьма сложной конструкции. Сварные заготовки наиболее часто изготавливают в мелко- и среднесерийном производстве, так как в этих условиях производства не представляется рациональным и возможным конструирование и изготовление штампов, литейных форм и другой сложной оснастки, требующей больших трудовых и материальных затрат, а также длительной технологической подготовки производства. По данным к 1980 году в СССР производство сварных конструкций составило около 80млн. т. в год. Свыше 80% стального проката потребляется для сварных конструкций. При конструировании сварных заготовок в первую очередь необходимо оценить возможность расчленения заготовки на отдельные элементы и степень свариваемости применяемого материала.

Под свариваемостью понимают способность однородных металлов образовывать сварное соединение, надежно работающее на заданных режимах эксплуатации изделия. Сведения о свариваемости стали см. в табл.4.1.

Не рекомендуется выполнять заготовки сварными при ограниченной и плохой свариваемости материала заготовки.

Сварной вариант заготовки может быть выполнен лишь в том случае, если деталь может быть расчленена на простейшие элементы в виде пластин, косынок (уголков), цилиндров, полос и др.

Таблица 4.1-Свариваемость стали в зависимости от отношения легирующих примесей к содержанию углерода

Сумма примесей в %	Свариваемость при содержании углерода в %			
	хорошая	удовлетворительная	ограниченная	плохая
До 1	До 0,25	0,25-0,3	0,3-0,45	Свыше 0,45
1-3	До 0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	Свыше 0,4
Свыше 3	До 0,18	0,18-0,28	0,28-0,38	Свыше 0,38

В данной работе рассматривается ручная дуговая (стальных конструкций) электрическая сварка металлическим электродом.

Ручная дуговая сварка металлическим электродом осуществляется за счет теплоты электрической дуги, горящей между электродом и свариваемыми деталями. Электрическая дуга или электрический разряд в газовом промежутке характеризуется:

- а) низким напряжением на электродах (25-40 В);
- б) высокой температурой столба дуги(6000-10000° С);
- в) большой силой тока(100-350 А).

Для ручной дуговой сварки может быть применен как постоянный, так и переменный род тока. При постоянном токе дуга горит устойчиво, что важно для сварки сталей малых толщин (до 3 мм) и специальных марок сталей. Однако в этом случае требуется более сложная и дорогостоящая аппаратура, увеличивается расход электроэнергии, в

результате повышается себестоимость сварки.

При переменном токе условия сварки немного ухудшаются (возможна пористость шва, меньшая устойчивость горения дуги), однако процесс сварки более экономичен, чем в первом случае.

Сравнительные данные некоторых показателей источников питания даны в табл.4.2.

Питание дуги постоянным током осуществляется с помощью выпрямителей или генераторов, а переменным - с помощью аппарата, состоящего из сварочного понижающего трансформатора и дросселя. Дроссель служит для ограничения тока короткого замыкания, улучшения горения дуги за счет сдвига фаз между током и напряжением и регулирования силы сварочного тока.

Таблица 4.2-Экономические показатели источников тока

Показатели	Род тока	
	переменный	постоянный
Средний расход энергии в кВт ч на 1 кг наплавленного металла	3-4	6-8
Мощность при холостом ходе, кВт	0,2	2-3
Стоимость энергии в %	50-60	100
Стоимость оборудования в %	30-40	100
Средний к.п.д.	0,8-0,85	0,3-0,6
Средний $\cos \varphi$	0,3-0,4	0,6-0,7
Занимаемая площадь на 1 установку, м ²	1-1,5	1,5-2

Во избежание прожога тонких стенок деталей при сварке постоянным током ее обычно ведут с обратной полярностью, т.е. деталь подключают к отрицательному полюсу, так как на этом полюсе выделяется меньше тепла. Особо ответственные конструкции также сваривают постоянным током с обратной полярностью с целью обеспечения более высокого качества сварного соединения.

Основными причинами брака являются деформации сварных заготовок и дефекты сварочных швов.

В процессе изготовления в сварных конструкциях возникают внутренние напряжения, вызывающие деформации. Причинами возникновения внутренних напряжений могут быть дефекты подготовки и сборки (неправильный угол скоса кромок, неравномерное притупление по длине кромок или непостоянство зазора между ними, несовпадение стыкуемых плоскостей, расслоения и загрязнения на кромках и т.п.), неравномерность нагрева свариваемого металла, литейная усадка наплавленного металла и структурные изменения в металле шва, происходящие при его затвердевании (главным образом при сварке легированных и высокоуглеродистых сталей, склонных к закалке).

Дефекты сварочных швов - это трещины, непровары, прожоги, подрезы, натеки, поры, шлаковые и окисные включения, а также дефекты формы швов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Анализ качества

Для анализа качества сварных заготовок студентам выдается чертеж сварной заготовки, чертежи составных частей заготовки и комплект сварных конструкций, в который входят элементы конструкции, прихваченные сваркой в отдельных точках, и полностью сваренная заготовка

Для проектирования сварной заготовки выдаются чертежи других деталей.

Для оценки качества составных частей и заготовки следует произвести измерения геометрических параметров разделок и швов и оценить их соответствие требованиям чертежа. Внешним осмотром проверяют наличие трещин, подрезов, прожогов, натеков,

непроваров корня и кромок, пор, шлаковых и окисных включений. По внешнему виду сварные швы должны иметь гладкую или мелкочешуйчатую поверхность (без наплывов, прожогов, сужений и перерывов) и плавный переход к основному металлу; наплавленный металл должен быть плотным по всей длине шва, не иметь трещин, скоплений и цепочек поверхностных пор (отдельно расположенные поры допускаются); подрезы основного металла допускаются глубиной не более 0,5 мм при толщине свариваемого металла до 10 мм и не более 1 мм при толщине свыше 10 мм.

2. Конструирование сварной заготовки

Конструирование сварной заготовки выполняется в три этапа.

1. Производится анализ чертежа детали. При этом изучаются марка стали, ее свариваемость и возможность расчленения детали на простейшие элементы, технические требования на изготовления детали, в том числе точность размеров и требуемая шероховатость поверхностей.

2. Выполняются эскизы отдельных элементов будущей сварной заготовки с простановкой размеров с допусками и знаков шероховатости. Размеры проставляются с учетом припусков на обработку сварной заготовки. Необходимо предусматривать припуски на те поверхности составных элементов заготовки, которые на чертеже ограничены жесткими допусками и низкой шероховатостью. Следует иметь в виду, что заготовка в ходе сварки подвергается существенной деформации, поэтому на те поверхности, к которым предъявляются требования в отношении прямолинейности, плоскостности, перпендикулярности, соосности и параллельности, также необходимо предусматривать припуски для окончательной обработки их после сварки. На эскизах указывается форма кромок под сварку с простановкой необходимых размеров и указания шероховатости.

3. Выполняется эскиз сварной заготовки (в сборе) с обозначениями сварных швов по ГОСТ 2.312-72 (см.п.2.4), простановкой размеров с допусками и шероховатостями поверхностей и техническими требованиями к заготовке. Для заготовок из углеродистых сталей рекомендуется предусматривать термообработку, а также правку (рихтовку). При назначении величины припуска на отдельные поверхности следует считать, что сварка производится в специальном приспособлении и коробление заготовки будет умеренным.

Для компенсации возможного коробления заготовки следует увеличивать табличные значения припусков в 1,2...1,3 раза. Табличные значения припусков на различные виды обработки см. в табл.4.6-4.9.

3. Технология сварки

При разработке технологии сварки в первую очередь назначают вид сварного соединения, форму подготовки кромок в соответствии с ГОСТ 5264-80 «Швы сварных соединений. Ручная дуговая сварка» (см. табл.4.5). Затем назначают режим сварки: выбирают тип, марка и диаметр электрода, определяется сила сварочного тока и полярность (для постоянного рода тока).

Диаметр электрода выбирается по ГОСТ 9467-75 в зависимости от толщины свариваемого металла, типа шва и его положения в пространстве. При вертикальном и поточном швах диаметр электрода не должен превышать 4 мм. Чем больше толщина свариваемого металла, тем больше должен быть диаметр электрода (см. табл.4.3).

Таблица 4.3 - Данные для выбора диаметра электрода

Толщина свариваемых частей, мм	0,5-1	1-2	2-5	5-10	Св.10
Диаметр электрода, мм	1-1,5	1,5-2,5	2,5-4	4-5	5-8

Тип и марка электрода принимаются в зависимости от требований к прочности и пластичности сварного шва по табл.4.4 с учетом коэффициента наплавки, характери-

зующего производительность сварки. Наиболее часто применяемые в машиностроении типы и марки электродов см. в таблице 4.4.

Таблица 4.4 - Характеристики электродов и их назначение

Тип электрода	Марка электрода	Механические свойства металла шва			Коэффициент наплавления $\frac{\%}{A_{н.ч.}}$ $\frac{K_n}{K_n}$	Род тока	Назначение электрода
		σ_T МПа	σ_s МПа	$\frac{a_n}{\frac{K_n}{M^2}}$			
Э42	СМ-5	320	460	1200	7,2	П.Пер	1
	АНО-5	350	470	1400	11	П.Пер	1
	АНО-6	330	450	1400	8,5	П.Пер	1
	АНО-1	380	460	1300	15	П.Пер	1,2
Э42А	УОНИ 13/45	360	460	2200	8,5	ПО	1а,2а
	СМ-11	360	480	2200	9,5	ПО.Пер.	1,2
	УП-2/45	380	460	2400	10	ПО.Пер.	1а,2а
	ОЗС-2	380	460	1800	8,5	ПО.Пер.	1а,2а
Э46	АНО-4	370	480	1500	8,3	П.Пер	1
	МР-3	380	480	1500	7,8	ПО.Пер.	1а
Э50	УОНИ-13/55	420	520	2000	9	ПО	1а,2а
	УП-1/55	400	540	2400	10	ПО.Пер.	1а,2а
	УП-2/55	400	540	2400	10	ПО.Пер.	1а,2а
	К-5А	-	520	1500	9	ПО.Пер.	1,2

Обозначения в таблице: П - род тока постоянный, ПО - постоянный обратный полярности, Пер.-переменный ток.

В графе «назначение электрода» 1 - для сварных конструкций из низкоуглеродистых сталей, 1а - для сварных конструкций наиболее ответственных из низкоуглеродистых сталей, 2 - для сварных конструкций из низколегированных сталей и 2а - для наиболее ответственных и напряженных сварных конструкций из низколегированных сталей.

Электродные стержни обычно изготавливаются из проволоки марок Са-08 и Са-08А, Са-08ГА, Са-10ГА, Са-10ГА.

В графе «Тип электрода» цифры после буквы Э означают номинальный предел прочности при растяжении в десятках МПа -/10 МПа/.

В случае применения электродов с защитно-легирующими покрытиями предел прочности сварного шва увеличивается. Индекс «А» означает, что сварной шов, наплавленный этим электродом, имеет повышенные пластические свойства.

Марки электродов отличаются друг от друга по химическому составу их покрытий, в том числе по количеству легирующих добавок в покрытиях. Например, электроды марки УОНИ-13/45 имеют защитно-легирующее покрытие фтористо-кальциевого типа. Электроды этой марки применяются для сварки ответственных деталей, требующих высоких пластических свойств наплавленного металла. Химический состав этого покрытия: жидкое стекло - 15-18%, мрамор-53%, плавиковый шпат-18%, кварц- 9%,сода-1,6%, ферромарганец - 2%, ферросилиций - 3%, ферротитан - 15%, силикат натрия - 4%, бентонит - 1%.

Необходимая сила сварочного тока определяется по формуле:

$$I = (20 + 6d_3) \cdot d_3 ; \quad (4.1)$$

где I - сила тока, А;

d_3 - диаметр электрода, мм.

В зависимости от требуемой силы сварного тока, толщины стенок свариваемой заготовки и заданного качества сварного шва выбираем источник питания сварочной дуги.

Источниками переменного тока при ручной сварке могут служить трансформаторы ТД-300, ТД-500, ТД -502, ТД-102, ТД-306.

Источниками постоянного тока могут служить сварочные выпрямители ВД-306,ВД-502,ВДУ-305,ВДУ-504.

В индексации моделей трансформаторов и выпрямителей первая цифра после букв и тире номинальный ток источника округленно в сотнях ампер.

Основное время T_0 в мин, при ручной дуговой сварке рассчитывают по формуле:

$$T_0 = \frac{60 \cdot F \cdot l \cdot \gamma}{K_H \cdot I} ; \quad (4.2)$$

где F - площадь поперечного сечения шва, см^2 ;

l - длина шва, см ;

γ - плотность наплавленного металла, $\text{г}/\text{см}^3$;

K_H - коэффициент наплавки (по табл. 27), $\text{г}/\text{А} \cdot \text{ч}$;

I - сила сварочного тока, А .

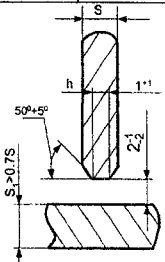
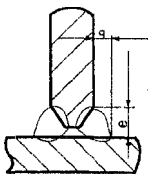
Площадь поперечного сечения F (которое существенно зависит от вида сварки) может быть определена расчетом как сумма площадей треугольников, прямоугольников и других геометрических фигур, на которые разбивается сечение наплавленного металла.

Плотность наплавленного металла шва принимается равной плотности основного металла.

Таблица 4.5 - Конструктивные элементы подготовленных кромок деталей и швов стальных соединений по ГОСТ 5264-80

Обознач. шва	Конструктивные элементы		S	с=в или h	не более или K	q
	подготовленных кромок деталей	шва сварного соединения				
У6			4 6 8 10	1±1	12 16 18 22	0.5 ^{+1.0} _{-0.5}
				2 ⁺¹ ₋₂		0.5 ^{+1.0} _{-0.5}
У9			12-14 16-18 20-22 24-26	2 ⁺¹ ₋₂	28 32 36 42	0.5 ^{+2.0} _{-0.5}
Т8			5-6 7-9 10-15 16-21	0 ⁺²	4 ⁺² ₋₁ 5 ⁺² ₋₁ 6 ⁺² ₋₁ 7±2	
				0 ⁺³		

Продолжение таблицы 4.5

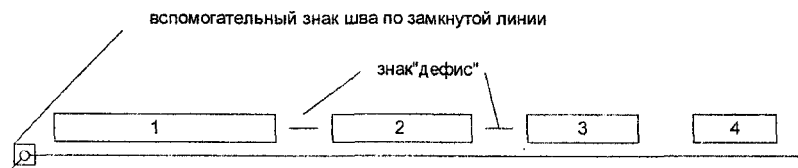
Т9			12-14 16-18 20-22 24-26	5-6 7-8 9-10 11-12	16 18 20 24	3
						5

Условные изображения и обозначения швов сварных соединений по ГОСТ 2.312-72

Шов сварного соединения независимо от способа сварки условно изображают: видимый – сплошной линией; невидимый – штриховой линией.

От изображения шва проводят линию – выноску, заканчивающуюся односторонней стрелкой. Линию-выноску предпочтительно проводить от изображения видимого шва.

Структура условного обозначения стандартного шва:



где, 1 - обозначение стандарта на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений;

2 - буквенно-цифровое обозначение шва по стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений;

3 - знак и размер катета согласно стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений;

4 - вспомогательные знаки.

Условное обозначение шва наносят:

а) на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва с лицевой стороны;

б) под полкой линии-выноски, проведенной от изображения шва с оборотной стороны.

Примечание. 1. За лицевую сторону одностороннего шва сварного соединения принимают сторону, с которой производят сварку.

2. За лицевую сторону двухстороннего шва сварного соединения с симметрично подготовленными кромками может быть принята любая сторона.

Знак, вспомогательные знаки выполняются сплошными тонкими линиями. Высота знаков должна быть одинаковой с высотой цифр, входящих в обозначение шва. Вспомогательные знаки для обозначения сварных швов:

а)  - усиление шва снять;

б)  - наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу;

в)  - шов по замкнутой линии. Диаметр знака 3...5 мм;

г)  - шов по незамкнутой линии. Знак применяют, если расположение шва ясно из чертежа.

Обозначение шероховатости механически обработанной поверхности шва наносят на полке или под полкой линии-выноски после условного обозначения шва.

При наличии на чертеже одинаковых швов обозначение наносят у одного из изображений, а от изображений остальных одинаковых швов проводят линии-выноски с полками. Всем одинаковым швам присваивают один порядковый номер, который наносят:

а) на линии-выноске, имеющей полку с нанесенным обозначением шва;

б) на полке линии-выноски или под ней, проведенной от изображения шва, не имеющего обозначения.

Примечание. Швы считаются одинаковыми, если одинаковы их типы и размеры конструктивных элементов в поперечном сечении и к ним предъявляют одни и те же технические требования.

Таблица 4.6 - Припуски на наружное точение

Диаметр детали, мм	Черновое точение		Чистовое точение после черного	
	Припуск на диаметр при длине детали, мм			
	До 200	Св. 200	До 200	Св. 200
Св. 10 до 18	1,5	1,7	1,0	1,3
Св. 18 до 30	2,0	2,2	1,3	1,3
Св. 30 до 50	2,0	2,2	1,4	1,5
Св. 50 до 80	2,3	2,5	1,5	1,8
Св. 80 до 120	2,5	2,8	1,5	1,8
Св. 120 до 180	2,5	2,8	1,8	2,0

Допуски на черновое точение по h 13, на чистовое по h 10.

Таблица 4.7 - Припуски на фрезерование плоскостей шириной до 200 мм

Толщина, мм	Припуск на толщину при длине заготовки			
	Черновое фрезерование		Чистовое фрезерование после черного	
	До 100 мм	Св. 100 мм до 250 мм	До 100 мм	Св. 100 мм до 250 мм
Св. 6 до 30 мм	1,0	1,2	0,7	1,0
Св. 30 до 50 мм	1,0	1,5	1,0	1,0
Св. 50	1,5	1,7	1,0	1,3

Допуск на толщину для черного фрезерования по h14, для чистового по h11.

Таблица 4.8 - Припуски на обработку отверстий после сверления

Диаметр отверстия, мм	Растачивание черновое	Растачивание чистовое
Св. 10 до 18	0,8	0,5
Св. 18 до 30	1,2	0,8
Св. 30 до 50	1,5	1,0
Св. 50 до 80	2,0	1,0

Допуск на черновое растачивание H12, на чистовое по H 10

Таблица 4.9 - Припуски на подрезание торцов

Диаметр детали, мм	Длина детали, мм			
	до 18	св. 18 до 50	св. 50 до 120	св. 120 до 260
до 30	0,4	0,5	0,7	0,8
св. 30 до 50	0,5	0,6	0,8	0,8
св. 50 до 120	0,6	0,7	0,8	1,0

Допуск на подрезание торцов по h12.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Провести анализ чертежа детали, полученного в соответствии с заданием, с целью определения степени свариваемости металла заготовки и возможности расчленения ее на простые элементы.
2. Наметить типы сварных соединений и формы подготовки кромок под сварку.
3. Назначить припуски на поверхности, подлежащие обработке после сварки заготовки.
4. Выполнить эскизы составных частей заготовки с простановкой размеров, допусков и шероховатости поверхностей.
5. Составить эскиз сварной заготовки с указанием размеров, допусков на размеры, шероховатости поверхностей и технических требований.
6. Выбрать тип, марку и диаметр электродов, определить необходимую силу сварочного тока, его род и полярность.
7. Выбрать источник питания электрической дуги.
8. Рассчитать основное время, необходимое для сварки заготовки.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название работы.
2. Содержание задания.
3. Эскизы отдельных элементов проектируемой сварной заготовки и эскиз спроектированной сварной заготовки.
4. Тип и марка электрода.
5. Расчет силы сварочного тока.
6. Сварочное оборудование.
7. Расчет основного времени.
8. Выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимают под степенью свариваемости металла?
2. От чего зависит свариваемость металла?
3. Какими технологическими возможностями располагает электродуговая сварка?
4. Какими параметрами и их значениями характеризуется электрическая дуга?
5. Какой род тока применяется при дуговой сварке?
6. Перечислите преимущества и недостатки применения постоянного и переменного тока при сварке?
7. Какие Вы знаете источники питания электрической дуги?
8. Что означают цифры в индексации модели источника питания?
9. Как расшифровывается индекс типа электрода?
10. Чем определяется марка электрода? От чего зависит его диаметр?
11. С какой целью ведут сварку с обратной полярностью тока?
12. Как рассчитывается необходимая сила сварочного тока?
13. Как назначаются припуски на последующую обработку?
14. Как рассчитывается основное время на сварку?
15. Какие типы сварочных соединений Вы знаете? Какие формы подготовки кромок под сварку Вам известны?

Литература

1. Барановский М.А., Дмитриевич А.М. и др. Справочник технолога./Пособие для технологов литейных, кузнечных и сварочных цехов./ -Мн.: Беларусь, 1966, с. 552.
2. Технология металлов и других конструкционных материалов/Учебное пособие для механических специальностей втузов машиностроительного профиля./ Под общей ред. А.М. Дмитриевича. - Мн.: Вышэйшая школа, 1973, с. 528.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Проектирование отливки методом горизонтального непрерывного литья.

Цель работы: практическое освоение проектирования заготовок, получаемых горизонтальным непрерывным и полунепрерывным литьем.

Данная практическая работа рассчитана на 4 академических часа.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Технологический процесс получения заготовок методом горизонтального непрерывного литья, в дальнейшем ГНЛ, представляет собой комплекс различных операций (рис. 2), обеспечивающих получение заготовок высокого качества. Такой метод, как горизонтальное литье является действительно непрерывным процессом. Для своего осуществления оно требует такой организации загрузки печи, плавнения, легирования, обработки расплава рафинирующими реагентами, которая могла обеспечить непрерывную подачу металла, начиная от заливки металла в металлоприемник и кончая непрерывным получением заготовок с их резкой, складированием и упаковкой.

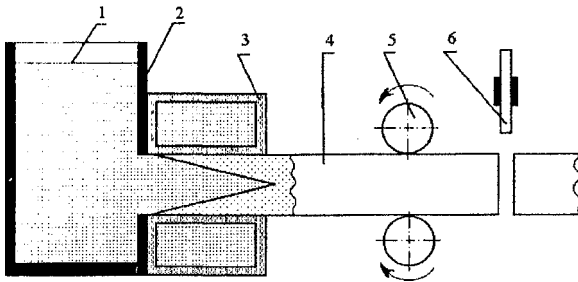


Рисунок 1.1- Схема процесса горизонтального непрерывного литья

Метод горизонтального непрерывного литья (рис. 1.1) заключается в том, что жидкий металл 1, предварительно залитый из плавильной печи в металлоприемник 2, непрерывно поступает из него в водоохлаждаемую горизонтальную изложницу - кристаллизатор 3, который является центральным и самым главным формообразующим и теплообменным элементом машины горизонтального непрерывного литья, в дальнейшем МГНЛ. До того как начать литье в кристаллизатор вводится специальная конструкция - затравка, которая закрывает его открытое выходное отверстие и служит для охлаждения первой порции жидкого металла. По мере затвердевания и сцепления металла с затравкой она удаляется из кристаллизатора 3, увлекая за собой сформировавшийся слиток 4. Этот слиток периодически (вытягивание - остановка) извлекается из кристаллизатора тянущейся клетью 5, то есть одновременно идет заливка, затвердевание и вытягивание слитка из формы.

Этот процесс может идти непрерывно, а образующаяся в результате такого процесса отливка, пройдя тянущую клеть, разрезается пилой 6 на нужные размеры по ходу процесса. Заготовки, уже отрезанные, скатываются в специально для этого приготовленные поддоны, а затем перевозятся на склад готовой продукции предприятия. Все технологические операции контролируются системой управления. Схематически МГНЛ показана на рис.1.2.

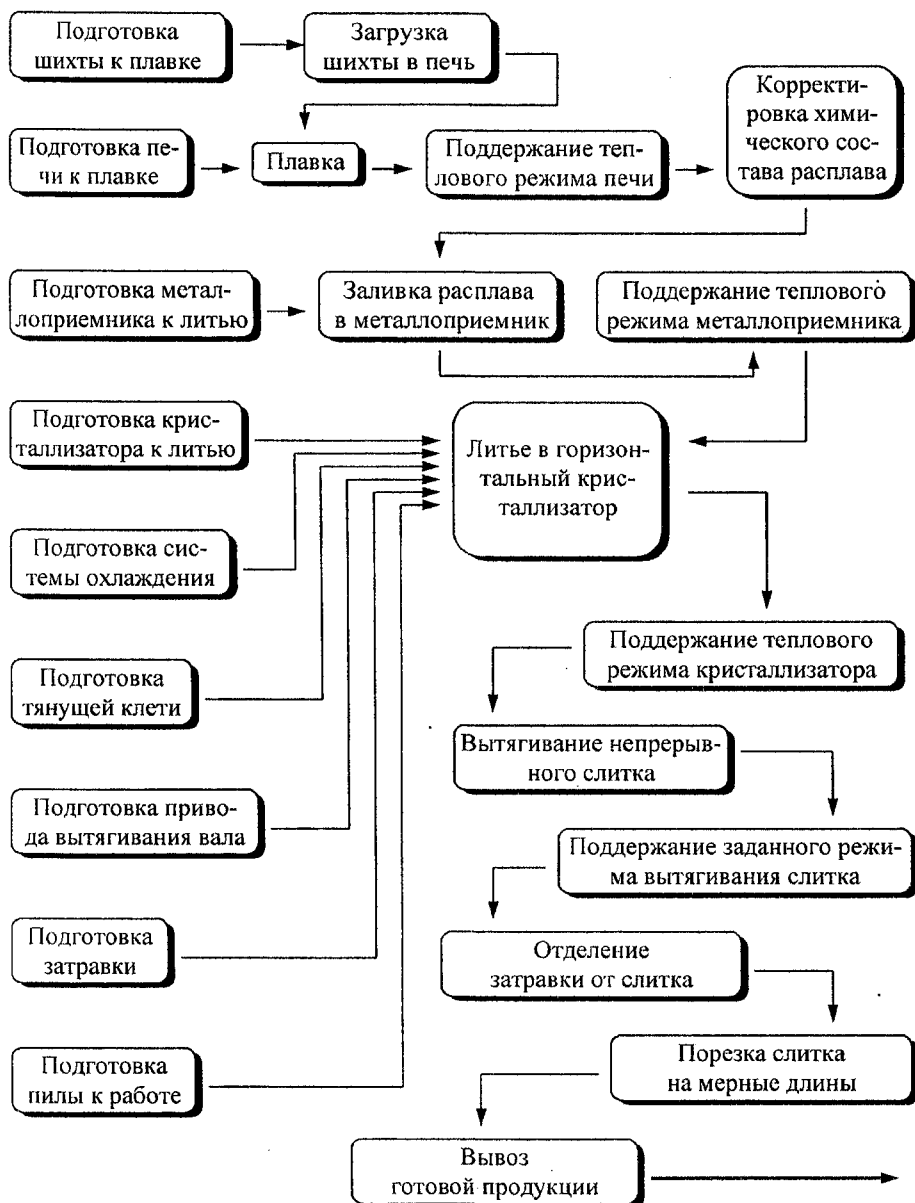


Рисунок 1.2 - Структура технологического процесса горизонтального непрерывного литья

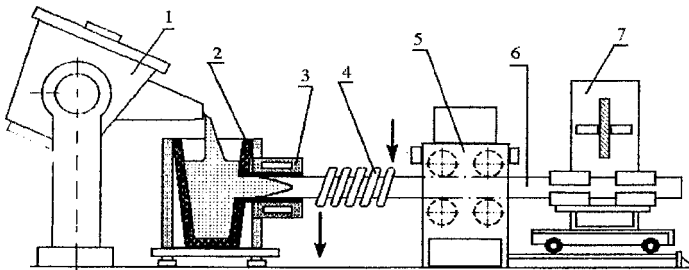


Рисунок 1.3 - Машина горизонтального непрерывного литья.

1 - плавильная печь; 2 - металлоприемник; 3 - кристаллизатор; 4 - устройство вторичного принудительного охлаждения; 5 - механизм вытягивания; 6 - отливаемая заготовка; 7 - механизм разрезки.

Существует деление кристаллизаторов. Их подразделяют:

- по способу установки - подвижные и неподвижные;
- по материалу рабочей вставки - графитовые и металлические;
- по количеству ручьев - одно- и многоручьевые;
- по расположению ручьев - одно- и двухрядные;
- по конструкции охлаждающих корпусов - цельные и составные;
- по способу изготовления охлаждающих корпусов - сварные; литые, получаемые заливкой графитовой вставки; литые с последующей установкой графитовой вставки;
- по конфигурации наружной охлаждаемой поверхности вставки - круглые, прямоугольные, фасонные.

Длинные металлические подвижные кристаллизаторы совершают при литье возвратно поступательные перемещения вдоль отливаемого слитка. Такие кристаллизаторы предотвращают приваривание металла к стенкам кристаллизатора; улучшают качество поверхности отливки за счет меньшего трения и особых условий отвода тепла; способствует образованию мелкозернистой кристаллической структуры слитков. Но эти кристаллизаторы имеют более сложную конструкцию, недостаточную ее надежность, трудности с управлением. Именно из-за этих особенностей подвижные кристаллизаторы не получили широкого распространения.

Неподвижные короткие кристаллизаторы нашли наиболее широкое применение. Такая конструкция кристаллизатора позволяет периодически вытягивать слитки с высокой скоростью и малым шагом. Уменьшение шага и увеличение частоты вытягивания частоты вытягивания способствует образованию мелкозернистой кристаллической структуры слитка, повышению его механических свойств, улучшению качества поверхности, стабилизации процесса литья.

Наибольшее распространение получили кристаллизаторы с графитовыми вставками. При повышенных температурах графит обладает высокими плотностью и прочностью, термостойкости и теплопроводностью, низким коэффициентом трения и не смачивается расплавленными металлами. Графит легко обрабатывается.

Металлические вставки в кристаллизаторах выполняют из стали, молибдена, меди или бронзы. Для повышения качества поверхности слитков часто применяют смазку внутренней рабочей поверхности кристаллизаторов.

Одноручьевые кристаллизаторы используют при производстве заготовок большого сечения и сложного профиля. Многоручьевые одно- и двухрядные - при производстве простых и мелких заготовок.

Охлаждающий корпус предназначен для установки графитовой или металлической вставки, ее охлаждения и крепления всего кристаллизатора к металлоприемнику. Охла-

ждающие корпуса изготавливаются из стали, чугуна, меди. При литье сложных профилей заготовок и заготовок прямоугольного сечения с отношением сторон 2,5 и более применяют составные охлаждающие корпуса.

Материал заготовок, получаемых непрерывным литьем: алюминиевые, магниевые, медные сплавы, конструкционные углеродистые и низкоуглеродистые стали, чугуны.

Возможны следующие профили заготовок: круг, прямоугольник, многогранник, трубы, фасонный профиль.

Положительные свойства, которыми обладают отливки, полученные непрерывным литьем:

- высокая химическая однородность;
- стабильная, плотная, мелкозернистая структура без пор и раковин;
- повышенные механические свойства;
- незначительная анизотропия механических свойств;
- более высокий коэффициент использования металла.

В отливках не наблюдаются неметаллические включения, усадочная пористость, усадочные раковины.

Также существуют и недостатки метода ГНЛ:

- дополнительные плавильные печи, которые должны работать круглые сутки;
- ограниченность размеров слитков;
- ограниченность толщины стенки труб;
- трудность обеспечения надежной непрерывной смазки поверхности металлических кристаллизаторов.

Разработка технологии ГНЛ заключается в определении оптимальных параметров:

- температуры жидкого металла в металлоприемнике;
- скорости вытягивания заготовки;
- времени остановки;
- величины шага вытягивания;
- расходы воды на охлаждение кристаллизатора.

Сложные связи между физическими свойствами металла, характеристиками систем «слиток – кристаллизатор» и переменными технологическими величинами, а также значительное разнообразие номенклатуры заготовок затрудняют выдачу общих рекомендаций по выбору оптимальных технологических режимов литья.

Тепловые параметры процесса ГНЛ определяются в основном конструкцией и материалом кристаллизатора и металлоприемника, а также условиями охлаждения отливки вне кристаллизатора. ГНЛ применяют для получения накладных направляющих станков, гильз, втулок, подшипников скольжения, валов и осей и пр. Целесообразно использовать этот метод в том случае, когда общая масса всех отливок превышает несколько тонн.

РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ЗАГОТОВКИ

Разработка заготовки осуществляется в следующей последовательности:

- анализ технологичности конструкции детали, заготовки;
- выбор формы отливки;
- определение допусков, припусков, погрешностей формы отливки по ГОСТ 26645-85;
- формулирование технических требований на изготовление и приемку заготовки;
- оформление чертежа заготовки.

Анализ технологичности конструкции детали, заготовки

По чертежу детали проверяют возможность получения заготовки, сравнивая размеры (с учетом припусков) и форму заданной детали с рекомендуемыми профилем и размерами заготовок, получаемых горизонтальным непрерывным литьем (табл. 1.1, рис. 1.4).

Если заготовку возможно получить непрерывным литьем, то следует определить степень сложности отливки (табл. 1.2, рис. 1.5).

Выбор формы отливки осуществляется на основании анализа технологичности. Например, если размеры пазов не удовлетворяют размерам пазов, указанных в примечаниях к табл. 1.1, то в отливке выполнять такие пазы нежелательно.

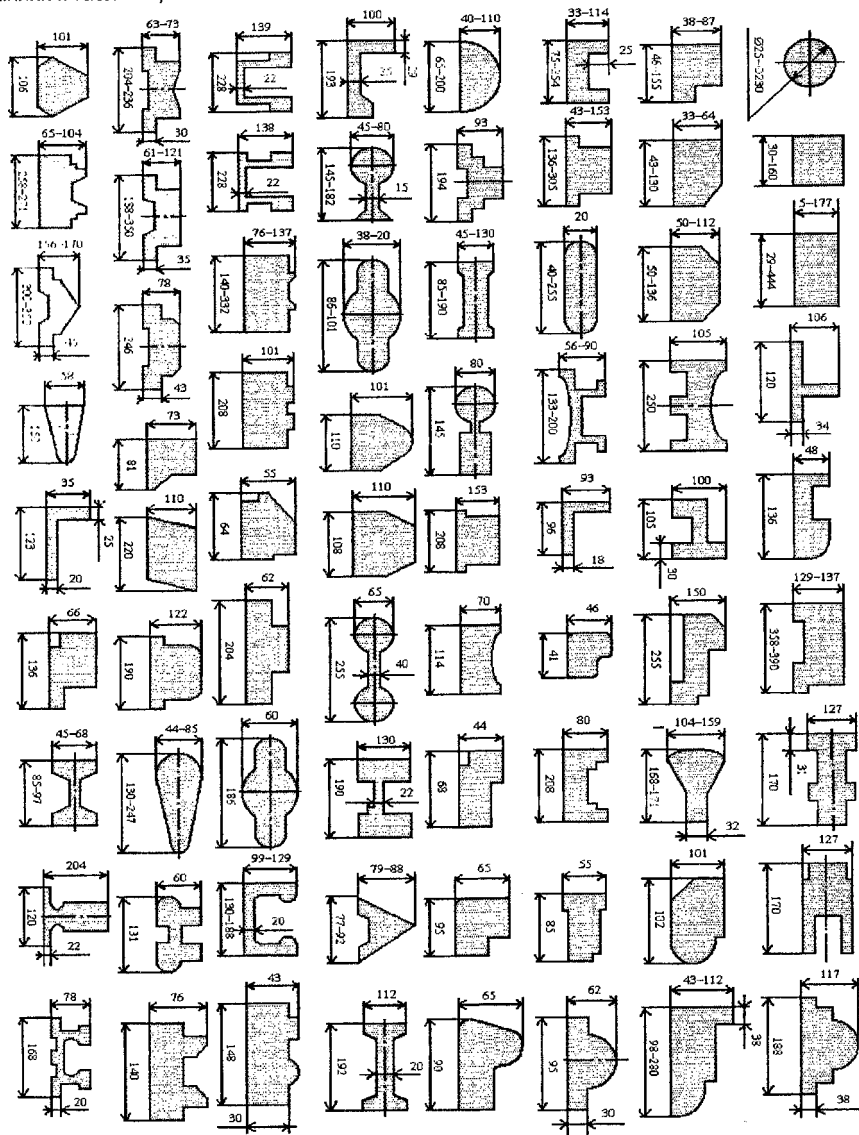


Рисунок 1.4 - Профили заготовок, получаемых методом ГНД

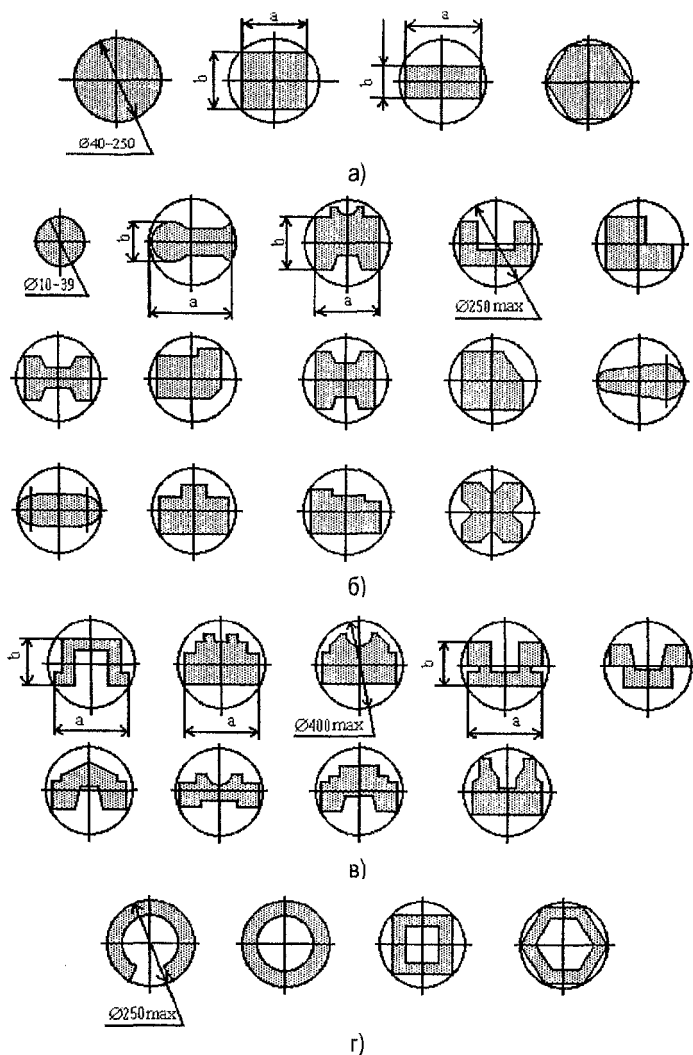


Рисунок 1.5 - Заготовки различной степени сложности

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Проектирование заготовки, получаемой непрерывным литьем, рассмотрено на примере направляющей (рис.1.6).

Анализ технологичности конструкции детали, заготовки. Конфигурация детали простая. Деталь имеет пазы, шириной более 30 мм. Максимальная толщина стенки в детали - 47,5 мм, минимальная толщина стенки - 22 мм. Разница в толщине стенок не пре-

вышает допустимую. Форма и размеры детали соответствуют форме и размерам заготовки, приведенной на рис.1.4. Деталь имеет технологичную конструкцию.

Отношение габаритных размеров

$$120 / 180 = 0,66 > 0,5.$$

Следовательно, степень сложности отливки - 3 (табл.1.2).

Таблица 1.1- Выбор формы отливки

Материал отливки	Профиль поперечного сечения отливки				
	Круг	Труба	Прямоугольник	Многоугольник	Фасонный
Чугун	Ø25 ... Ø230 мм	Наружный Ø10 ... 300 мм толщина стенки 4 ... 30 мм	15 ... 200 мм	Ø описанной окружности 30 ... 230 мм	Рис.4
Сталь	Ø80 ... Ø200 мм	толщина стенки 15 - 20 % наружного Ø	80 ... 160 мм	Ø описанной окружности 80 ... 200 мм	
Медные сплавы	Ø30 ... Ø250 мм	толщина стенки 10 ... 40 мм	20 ... 250 мм	Ø описанной окружности 30 ... 250 мм	
Алюминиевые сплавы	Ø15 ... Ø300 мм	наружный Ø40 ... 300 мм минимальный Ø отверстия 30 мм, минимальная толщина стенки 10% от наружного Ø	20 ... 300 мм	Ø описанной окружности 20 ... 300 мм	

Примечания: 1. В заготовке можно получить пазы при условии $c > 30$ мм или, если $c \leq 30$ мм, то $d \leq c$; $S \leq c$ (где c - ширина паза, d - глубина паза, S - толщина паза).

2. Разница в толщине стенок в деталях с пазами и выступами не должна превышать 60 ... 80 мм.

Таблица 1.2- Распределение отливок по степени сложности

Степень сложности	Профиль					Соотношение сторон $b : a$	Примечание
	Круг	Прямоугольник	Многогранник	Фасонный	Пустотелый		
1	+	+	+			0,5	рис. 5 а;
2	+	+		+		0,5	рис. 5 б; фасонные отливки с выступами и пазами глубиной до 20 мм, шириной 20 ... 30 мм
3				+			рис. 5 в; выступы и пазы глубиной до 30 мм и больше и шириной до 20 мм и больше
4					+		рис. 5 г

Определение конфигурации отливки. Конфигурация отливки такая же, как и у детали. Необрабатываемые плоскости 2; 3; 4; 7; 8.

V - образные пазы и отверстия в заготовке получаться не будут.

Определение допусков, припусков, погрешностей формы отливки. Допуски, припуски, погрешности формы определены по ГОСТ 26645-85 и сведены в табл. 3. Тип производства мелкосерийный.

Номера поверхностей обозначены на рис.1.6.

При определении класса размерной точности, степени точности поверхности клас-

са точности массы принят технологический процесс литья - литье в облицованный кокиль. Наибольший габаритный размер отливки от 1600 до 4000 мм.

Таблица 1.3- Допуски, припуски и погрешности формы отливки.

Обрабатываемые поверхности	11, 5	1, 6	9	10
Размер	180	120	84	47,5
Допуск размера детали, мм	1,15	0,87	0,87	0,62
Шероховатость	Ra 5 Ra 5	Ra 2,5 Ra 5	Ra 2,5	Ra 2,5
Допуск формы и расположения обработанной поверхности	$1,15 \cdot 0,5 = 0,575$	$0,87 \cdot 0,5 = 0,435$	$\perp$ 0,016	$\perp$ 0,016
Класс размерной точности	9т - 13 Принято 12			
Допуск размера отливки (предельные отклонения)	7,0 ($\pm 3,5$)	6,4 ($\pm 3,2$)	5,6 ($\pm 2,8$)	5,0 ($\pm 2,5$)
Степень коробления элементов отливки	5 - 8 Принято 5			
Допуск формы и расположения элементов отливки, мм	5,0	5,0	5,0	5,0
Общий допуск, мм	$10 \cdot 0,5 = 5$	$9 \cdot 0,5 = 4,5$	9,0	8,0
Соотношение между допусками размера детали и отливки	$\frac{1,15}{7,0} = 0,164$			
Соотношение между допусками формы и расположения поверхности детали и отливки			$\frac{0,016}{5,0} = 0,0032$	$\frac{0,016}{5,0} = 0,0032$
Вид окончательной механической обработки	черновая черновая	получистовая черновая	чистовая	чистовая
Степень точности поверхности	12 - 19 Принято 17			
Шероховатость поверхностей отливки	Ra 80			
Ряд припуска	9			
Припуск, мм	4,0 4,0	5,5 4,0	9,8	9,8
Размеры отливки, мм	$188 \pm 3,5$	$129,5 \pm 3,2$	$99,3 \pm 2,8$	$61,3 \pm 2,5$
Класс точности массы	7т - 14 Принято 13т			

Отношение наименьшего размера элемента отливки к наибольшему

$$\frac{(32+10)}{2000} = 0,021.$$

Вид окончательной механической обработки для поверхности 1 выбран в соответствии с шероховатостью этой поверхности. Кроме того, поверхность 1 будет использована в качестве чистовой базы при обработке поверхностей 9 и 10.

Значения припусков взяты при среднем уровне точности обработки.

На рис.1.6 показан чертеж заготовки.

1. НВ 163 ... 229
2. Точность отливки 12 - 5-17-13т ГОСТ 26645 - 85.
3. Неуказанные радиусы закруглений 5 мм.
4. Отклонения от прямолинейности не более 5 мм.
5. Отклонения от плоскостности не более 5 мм.
6. * - размер для справок.
7. V - Черновые базы.

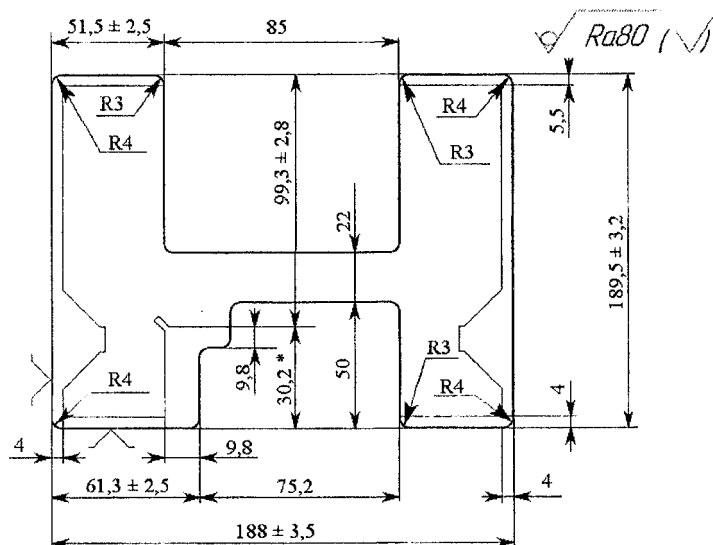


Рисунок 1.6 - Чертеж заготовки.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Провести анализ технологичности детали.
2. Определить форму поперечного сечения отливки.
3. Определить допуски размеров, припуски погрешности формы, размеры отливки.
4. Вычертить чертеж детали

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название работы.
2. Чертеж детали.
3. Анализ технологичности конструкции детали.
4. Определение допусков размеров, припусков, погрешности формы, размеров отливки.
5. Чертеж детали.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сущность технологического процесса получения заготовок методом непрерывного или полунепрерывного литья.
2. Какие кристаллизаторы используются в машинах горизонтального литья?
3. Какие материалы можно отливать методом непрерывного литья? Какой профиль заготовки можно получить?
4. Достоинства и недостатки метода непрерывного литья.

Литература

1. Специальные способы литья: Справочник / В. А. Ефимов, Г.А. Анисович, В.Н. Бабич и др.; / Под общ. Ред. В. А. Ефимова. - М.: Машиностроение, 1991. - 430 с.
2. ГОСТ 26645 - 85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Проектирования технологического процесса свободнойковки

ВВЕДЕНИЕ

Свободнаяковка - вид горячей обработки давлением, при котором порция металла определенного объема (исходная заготовка) путем воздействия на нее универсального ковочного оборудования и инструмента деформируется, изменяет форму и, превращаясь в поковку (кованую заготовку), приближается своей формой к конфигурации детали. Степень приближения формы поковки к детали оценивается по коэффициенту использования металла:

$$K_{им} = V_d / V_n = m_d / m_n, \quad (2.1)$$

где V_d , m_d - соответственно объем и масса детали;
 V_n , m_n - объем и масса поковки.

Ковка - один из самых древних видов обработки металлов, который и в настоящее время служит для изготовления поволоков от самых мелких, массой, измеряемой в граммах, до самых крупных, массой до 300 тонн и более. Причем, при изготовлении тяжелых поволоков для валов гидротурбин, коленвалов судовых двигателей, валков прокатных станов и др., ковка является единственно возможным способом. Поволовки меньшей массы (до 350 кг) могут изготавливаться и ковкой и штамповкой. Но в единичном и мелкосерийном производстве ковка обычно более экономически целесообразна, так как при ней используется универсальный инструмент, а изготовление специальных штампов для небольшой партии одинаковых поволоков может оказаться экономически невыгодным. Решение об экономической целесообразности изготовления поволоков по тому либо иному варианту должно приниматься после расчета приведенной себестоимости поволоков для каждого варианта. Выбираться должен вариант с наименьшей себестоимостью, и с учетом снижения себестоимости механической обработки.

1. Цель работы

1. Научиться использовать информацию из ГОСТ 7829-70 для построения поволоки по заданному чертежу детали, изготавливаемой в условиях мелкосерийного и индивидуального производства.

2. Приобрести навыки:

- выбора исходной заготовки и расчета ее объема и массы.
- проектирования структуры технологического процесса свободнойковки для спроектированной поволоки;
- определения влияния техпроцессаковки на макро- и микроструктуру материала детали;
- реализации основных и вспомогательных операцийковки на пластическом материале модели спроектированной поволоки вручную;
- оформления чертежа поволоки.

2. Порядок выполнения работы

1. Начертить эскиз детали (варианта задания).
2. Определить тип, к которому относится поволока для заданной детали по ГОСТ 7829-70.
3. Определить номинальные размеры с предельными отклонениями и допуски расположения поверхностей поволоки.
4. Выбрать исходную заготовку, обеспечивающую оптимальную уковку металла и макроструктуру детали, и начертить ее эскиз.

5. Рассчитать объем и массу исходной заготовки.
6. Выбрать оборудование для изготовления поковки.
7. Спроектировать последовательность основных и вспомогательных операций технологического процесса свободнойковки.
8. Проверить выполнимость элементов поковки и назначить, при необходимости, напуски.
9. Начертить окончательный вариант поковки.
10. При необходимости, повторить пункты 5 и 7.
11. По окончательному варианту техпроцессаковки изготовить из пластического материала модель поковки.

3. Проектирование поковки и техпроцесса свободнойковки

От готовой детали поковка отличается размерами, увеличенными на величину припусков на механическую обработку, большими допусками на размеры, и упрощенной формой, более удобной дляковки.

Припуски - это предусмотренные при проектировании поковки превышения ее размеров над номинальными размерами детали, обеспечивающие после обработки резанием требуемые чертежом размеры детали и чистоту ее поверхностей.

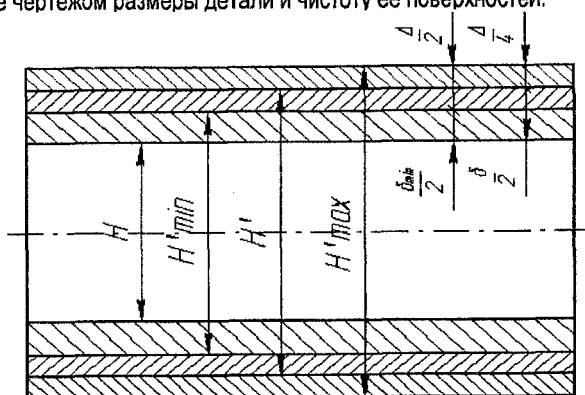


Рисунок 2.1 – Схема расположения размеров поковки и детали

Допуск на кузнечную обработку - разность между наибольшим H'_{max} и наименьшим H'_{min} предельными размерами поковки. Наименьший предельный размер поковки равен сумме номинального размера детали H и минимального припуска δ_{min} .

$$H'_{min} = H + \delta_{min} \quad (2.2)$$

Поскольку точно по размеру H'_{min} поковку на практике отковать невозможно нормируется наибольший предельный размер поковки H'_{max}

$$H'_{max} = H'_{min} + \Delta, \quad (2.3)$$

где Δ - допуск на свободнуюковку, задающий разрешенное поле изменения фактических размеров поковки.

На чертеже поковки проставляется номинальный размер H' (расчетный размер)

$$H' = H + \delta = H + \delta_{min} + \Delta/2 \quad (2.4)$$

где H' - номинальный размер поковки;

δ - номинальный припуск на номинальный размер детали H .

$$\delta = \delta_{\min} + \Delta/2 \quad (2.5)$$

где $\delta_{\min}$ - минимальный припуск (минимально необходимый для обеспечения качества и точности поверхности детали);

$\Delta/2$ - половина поля допуска на номинальный размер поковки Н'.

Рядом с номинальным размером поковки Н' указываются предельные отклонения + Δ_n и - Δ_v . Для поковок, изготавливаемых свободной ковкой, по ГОСТ 7829-70 и ГОСТ 7062-79 верхнее и нижнее отклонения устанавливаются симметричными, равными половине поля допуска Δ :

$$\Delta_n - \Delta_v = \pm \Delta/2 \quad (2.6)$$

поэтому на чертеже проставляется Н'± $\Delta/2$.

Напуск - увеличение припуска, упрощающее конфигурацию поковки из-за невозможности или нерентабельности изготовления поковки по контуру детали.

Припуски и допуски, а также некоторые напуски для кованных заготовок стандартизованы. Например, вышеупомянутые стандарты содержат значения припусков, допусков и напусков для поковок из углеродистой и легированной сталей, изготавливаемых свободной ковкой на молотах (ГОСТ 7829-70) и на прессах (ГОСТ 7062-79).

Величины припусков, устанавливаемые упомянутыми стандартами, следует назначать на номинальные размеры детали, когда механическая обработка поковки будет производиться с двух сторон. Предельные отклонения устанавливаются на номинальные размеры поковок.

Допускается сферичность торцов у поковок, изготавливаемых вытяжкой, если не производится обрубка, сферичность боковой поверхности поковок, изготавливаемых осадкой, а также скосы между уступами, косина рубя на торцах, конусность или уклон в отверстиях в пределах, предусмотренных таблицах 1 и 6...12.

Скосы от отрубки поковок должны быть без заусенцев и не должны препятствовать центровке.

Для деталей, обрабатываемых с одной стороны, величину припуска следует принимать с коэффициентом 0.5 от табличного значения. А величины предельных отклонений в этом случае принимать равными табличным значениям.

Для необрабатываемых поверхностей деталей припуск не назначается, а величины предельных отклонений определяются по таблицам стандарта в зависимости от группы, к которой относится поковка, и ее размеров.

Согласно ГОСТ 7829-70 поковки по форме можно разделить на 7 групп:

1. Удлиненные поковки круглого, квадратного и прямоугольного сечения с уступами (рисунок 2.2, а... ж);
2. Диски, цилиндры, бруски, кубики, пластины сплошные и диски, втулки, бруски и пластины с отверстиями (рисунок 2.2, з...м);
3. Раскатные кольца (рисунок 2.2, н);
4. Цилиндры с отверстиями (рисунок 2.2, о);
5. Полые валы (рисунок 2.2, п);
6. Втулки с уступами и с отверстиями, изготавливаемые в подкладных кольцах (рисунок 2.2, р);
7. Втулки с уступами и с отверстиями, изготавливаемые в подкладных штампах (рисунок 2.2, р).

Определения конфигураций зависят от соотношений размеров поковок. Например, к удлиненным относятся поковки при отношении длины L к наибольшему размеру поперечного сечения D больше 1,5 раз ($L/D > 1,5$); к дискам относятся поковки при $H/D \leq 0,5$; к цилиндрам, брускам, кубикам, втулкам – при $0,5 < H/D \leq 1,5$. Отдельные участки поковки в зависимости от места расположения и соотношения размеров имеют следующие названия:

– фланец (рисунок 2.2, е) – концевой участок вала увеличенного диаметра, у которого длина (l) меньше $l \leq 0,3D$ или $l \leq 0,3B$, где D – диаметр, а B – большая сторона прямоугольного сечения фланца;

– бурт (рисунок 2.2, ж) – неконцевой участок поковки с увеличенными поперечными размерами при таких же как у фланца соотношениях размеров;

Тип поковки	Эскиз поковки	Соотношения размеров
Круглого, квадратного и прямоугольного сечений, гладкие а)		$L > 1,5D$
		$L > 1,5B$ $H < B < 1,5H$
Круглого сечения с уступами б)		$L > 1,5D$ $l > 0,3D$
Круглого сечения с эсикой в)		$L > 1,5D$
Квадратного сечения с уступами тех же типов, как и круглого сечения г)		$L > 1,5B$
Круглого и квадратного сечения с уступами разной конфигурации д)		$L > 1,5D$
Круглого сечения с фланцем е)		$L > 1,5D$ $l < 0,3D$
Круглого сечения с буртом ж)		

Тип поковки	Эскиз поковки	Соотношения размеров
Диски з)		$H < 0,5D$
Бруски, бруски, пластины и)		$H < B$ $B < L < 1,5B$
Диски с отверстиями к)		$H < 0,5D$ $d < 0,5D$
Втулки л)		$0,5D < H < 1,5D$ $d < 0,5D$
Бруска и пластины с отверстиями м)		$H < B$ $B < L < 1,5B$ $d < 0,5B$
Кольца раскатные н)		$H < D$ $d > 0,5D$
Цилиндры с отверстиями о)		$D < H < 1,5D$ $d > 0,5D$
Валы полые п)		$L > 1,5D$ $d > 0,5D$
Втулки с уступами сплошными и с отверстиями, изготовляемые в подкладных кольцах или подкладных штампах* р)		$h < D_1$ $h < 0,75H$ $D_1 - D_2 > 0,2D$ $0,5D_1 > d$ $> 0,4H$

Рисунок 2.2 - Основные виды поковок.

– уступ (рисунок 2.2, б, г, д) – участок поковки с меньшим поперечным сечением, чем смежный с ним участок. Для поковок типа вала величина уступа выражается полуразностью диаметров смежных участков;

– выступ – участок поковки с большим поперечным сечением, чем смежный с ним участок;

– выемка (рисунок 2.2, в, д) – участок поковки, диаметр или сторона которого меньше диаметров или сторон двух смежных с ним участков.

Стандартные припуски и допуски для каждой из групп поковок сведены в таблицы (см. таблицы 2.1... 2.11) и зависят от двух наибольших размеров детали (длины и диаметра, ширины и высоты и т.п.). Значения припусков и допусков в таблицах установлены исходя из того, что используемое оборудование и инструмент находятся в удовлетворительном состоянии, и чтоковка выполняется кузнецами достаточно высокой квалификации.

Припуски и предельные отклонения установлены для случая изготовления поковок из проката или ободранного (после черновой механической обработки) слитка. При ковке из неободранного слитка допускается увеличение припуска на величину не более 20% от табличных значений припусков.

Припуски и предельные отклонения для поковок 1-й группы назначаются основные и дополнительные по следующим правилам:

– основные припуски и предельные отклонения назначаются в соответствии с рисунком 2.3 и таблицей 2.1;

– припуск δ и отклонения $\pm \Delta/2$ на диаметр и размер сечения назначают по табл. 2.1 в зависимости от общей длины детали L и диаметра D или наибольшего из размеров поперечного сечения B (H);

– припуск δ на общую длину детали принимают равным 2.5 припускам на диаметр или наибольший размер сечения;

– предельные отклонения $\pm \Delta/2$ на общую длину детали принимают равными 2.5 отклонениям на диаметр или наибольший размер сечения;

– припуски на длину уступов и выступов принимают кратными припуску δ на диаметр или наибольший размер сечения согласно рис. 2.3. При этом длину уступов и выемок на чертеже поковки указывают от единой базы. За базу принимают торец наибольшего сечения, не являющийся торцом поковки;

– предельные отклонения на длину уступов и выступов принимают равным $\pm 1.5\Delta/2$ на диаметр или наибольший размер сечения рисунок 2.3;

– если длина между засечками перед ковкой выемки меньше ширины бойка, то допускается увеличение припуска и предельных отклонений на 10% против значений таблицы 2.1;

– дополнительный припуск S следует назначать по таблице 2.2 на диаметры (размеры) всех сечений, кроме основного, в зависимости от разности размером наибольшего и рассматриваемого сечений детали с назначенными на нее основными припусками.

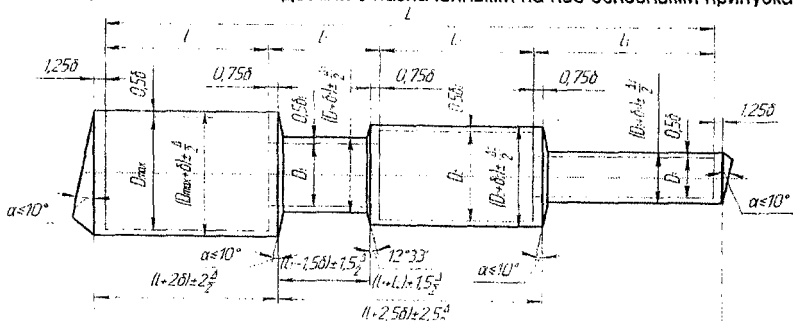


Рисунок 2.3 - Схема назначения припусков и допусков для поковок 1-ой группы

Таблица 2.1 - Припуски и допуски для удлиненных поковок с уступами

Длина детали L, мм	Диаметр детали D или размер сечения B, Н мм								
	до 50	70	90	120	100	200	250	300	360
Припуски δ , δ_1 , δ_2 и предельные отклонения $\pm\Delta/2$, $\Delta_1/2$, $\Delta_2/2$, мм									
до 250	5 $\pm$ 2	6 $\pm$ 3	7 $\pm$ 2	8 $\pm$ 3	9 $\pm$ 3	-	-	-	-
500	6 $\pm$ 2	7 $\pm$ 3	8 $\pm$ 2	9 $\pm$ 3	10 $\pm$ 3	11 $\pm$ 3	12 $\pm$ 3	13 $\pm$ 4	14 $\pm$ 4
800	7 $\pm$ 2	8 $\pm$ 3	9 $\pm$ 3	10 $\pm$ 3	11 $\pm$ 3	12 $\pm$ 3	13 $\pm$ 4	14 $\pm$ 4	15 $\pm$ 4
1200	8 $\pm$ 2	9 $\pm$ 3	10 $\pm$ 3	11 $\pm$ 3	12 $\pm$ 3	13 $\pm$ 4	14 $\pm$ 4	15 $\pm$ 4	16 $\pm$ 4
1700	-	10 $\pm$ 3	11 $\pm$ 3	12 $\pm$ 3	13 $\pm$ 4	14 $\pm$ 4	15 $\pm$ 4	16 $\pm$ 5	17 $\pm$ 5
2300	-	11 $\pm$ 3	12 $\pm$ 3	13 $\pm$ 4	14 $\pm$ 4	15 $\pm$ 4	16 $\pm$ 5	17 $\pm$ 5	18 $\pm$ 5
3000	-	-	13 $\pm$ 4	14 $\pm$ 4	15 $\pm$ 4	16 $\pm$ 5	17 $\pm$ 5	18 $\pm$ 5	19 $\pm$ 5
4000	-	-	-	15 $\pm$ 4	16 $\pm$ 5	17 $\pm$ 5	18 $\pm$ 5	19 $\pm$ 5	20 $\pm$ 6
5000	-	-	-	16 $\pm$ 5	17 $\pm$ 5	18 $\pm$ 5	19 $\pm$ 5	20 $\pm$ 6	21 $\pm$ 6
6000	-	-	-	-	18 $\pm$ 5	19 $\pm$ 5	20 $\pm$ 6	21 $\pm$ 6	22 $\pm$ 6

Примечание: в случае обработки поверхности детали с чистотой Ra=10 мкм и менее допускается увеличивать табличные значения припуска, но не более чем на 1 мм.

Таблица 2.2- Дополнительные припуски поковок с уступами

Разность диаметров (р-ров) наибольшего и рассматриваемого сечений, мм	до 40	80	10	120	140	160	180	свыше 180
Дополнительный припуск на диаметр (р-р) S, мм	3	4	5	6	7	8	9	10

Основное сечение поковки - это сечение элемента поковки с наибольшим объемом (массой) - определяется в следующем порядке:

- если поковка имеет ступень с необрабатываемой поверхностью, то за основное сечение принимают сечение этой ступени;

если все ступени поковки подлежат последующей обработке, то для определения основного сечения рассчитывают площади продольных сечений наиболее объемных (массивных) ступеней $D'_1I'_1$, $D'_2I'_2$, $D'_3I'_3$, ... и сравнивают их с площадью продольного сечения элемента поковки с наибольшим диаметром (размером) $D'_{max}I'$;

- если все произведения $D'_1I'_1$, $D'_2I'_2$, $D'_3I'_3$ меньше чем $D'_{max}I'$, то за основное сечение принимают выступ с наибольшим диаметром;

- если среди $D'_1I'_1$, $D'_2I'_2$, $D'_3I'_3$ есть произведения большие, чем $D'_{max}I'$, то для тех произведений $D'_iI'_i$, которые больше рассчитывают величины $A_i = S_i \cdot (D'_iI'_i - D'_{max}I')$ и т.д. и за основное сечение принимают сечение, для которого величина A_i имеет наибольшее значение;

- если за основное сечение принята не ступень с наибольшим диаметром D'_{max} , то дополнительный припуск переносят с основного сечения на выступ наибольшего диаметра.

Выполнимость на поковках концевых и промежуточных уступов (рисунок 2.4, а), выемок (рисунок 2.4, б), фланцев (рисунок 2.4, в) и буртов (рисунок 2.4, г) проверяют после назначения основных и дополнительных припусков. Проверка выполнимости осуществляется с использованием таблицы 2.3 и с учетом следующих требований:

1) - концевые и промежуточные уступы (рисунок 2.4, а) выполняют, если их высоты h_i не менее значений, указанных в таблице 2.3, и если их длина l_i по отношению к ширине бойка B_b составляет величину не менее указанной в таблице 2.4;

- если высота h_i уступа менее значений, указанных в таблице 2.3, то уступ отковывается по диаметру соседнего выступа;

- если длина уступа менее значений, приведенных в таблице 2.4, то его отковывают в том случае, когда объем напуска при доведении его длины до выполнимой меньше, чем объем напуска при отковывании его по диаметру соседнего выступа.

2) - выемку I'_2 (рисунок 2.4, б) выполняют, если длина l'' между засечками (рисунок 2.5) перед ковкой выемки по отношению к ширине бойка молота B_b составляет величину, не менее указанной в таблице 2.5.

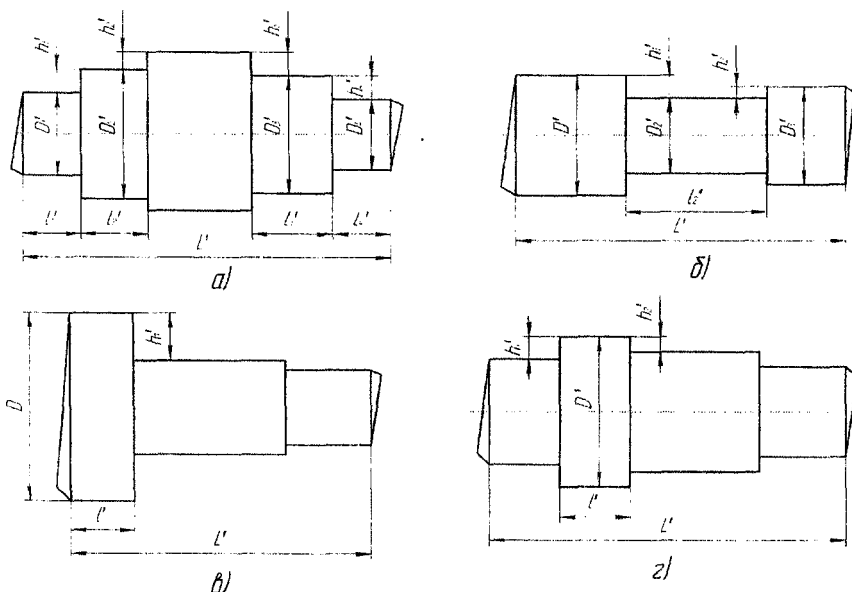


Рисунок 2.4 - Примеры деталей: (а) - с выступами; (б) - выемкой; (в) - фланцем; (г) - буртом

- если длина участка поковки, присекаемого для выполнения выемки, менее указанных в таблице 2.5, то на диаметр выемки назначают напуск из расчета, чтобы длина 1" присечки была равна соответствующему значению таблицы 2.5;

3) - фланец (рисунок 2.4, в) выполняют, если его длина l' более высоты выступа h' в 1.2 раза и не менее $0.2 \cdot D'$ ($1.2 \leq h' < l' < 0.2 \cdot D'$);

- если длина l' фланца меньше высоты выступа, увеличенной в 1.2 раза, то длину фланца доводят до выполнимого размера $l' = 1.2 \cdot h'$, за счет напуска или со стороны уступа или со стороны торца, исходя из условия минимального объема напуска. Предельная минимальная длина фланца не должна быть менее 0.2 его диаметра;

4) - бурт (рисунок 2.4, г) выполняют, если его длина l' более высоты h_2 меньшего прилегающего уступа, но не менее $0.2 \cdot D'$ ($h_2 < l' < 0.2 \cdot D'$);

- если длина бурта l' менее высоты меньшего прилегающего уступа h_2 или менее $0.2 \cdot D'$, то длину бурта l' доводят до выполнимого размера $l' = h_2$ за счет напуска со стороны любого из торцов, при обеспечении минимального объема назначаемого напуска.

Таблица 2.3 - Выполнимость уступов, выемок, фланцев и буртов по высоте

Диаметр (D_1' ; D_2' ; D_3') или p -в уступа мм	до 100	180	250	свыше 250
Минимальная выполнимая высота уступа (h_1' , h_2' , h_3')	4	5	6	7

Таблица 2.4 - Выполнимость уступов, выемок, фланцев и буртов по длине

Ширина бойка B_6 , мм	до 150	до 300	свыше 300
Минимальная длина выполнимого уступа (l_1' , l_2' , l_3')	$0,3 \cdot B_6$	$0,4 \cdot B_6$	$0,5 \cdot B_6$

Таблица 2.5 - Выполнимость уступов, выемок, фланцев и буртов по длине

Ширина бойка B_6 , мм	до 300	400	свыше 400
Минимальная длина участка между засечками l'' , мм	$0,5 \cdot B_6$	$0,7 \cdot B_6$	B_6

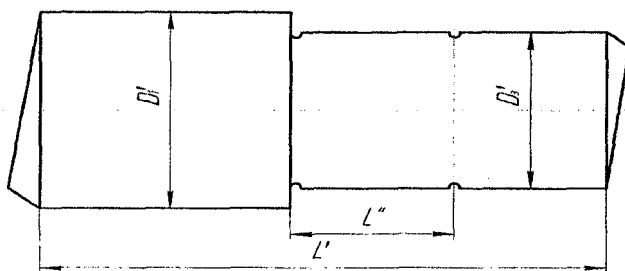


Рисунок 2.5 - Пример выполнения засечек дляковки выемки

Таблица 2.6 - Назначение припусков и допусков для поковок 2-ой группы

Диаметр детали D или размеры L, B, мм	Размеры, на кот. назначаются припуски и предельные отклонения	Припуски (δ , δ_1 , δ_2) и предельные отклонения ($\pm\Delta/2$, $\Delta_1/2$, $\Delta_2/2$)										
		Для высоты детали H, до мм										
		50	65	80	100	125	150	180	215	250	300	360
ДО 50	H, D, L, B	6±2	6±2	7±2	-	-	-	-	-	-	-	-
	d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
80	H	6±2	7±2	8±2	9±2	9±2	-	-	-	-	-	-
	D, L, B	7±2	7±2	8±2	9±2	9±2	-	-	-	-	-	-
	d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
110	H	7±2	8±2	8±2	9±2	10±3	11±3	12±3	-	-	-	-
	D, L, B	8±2	8±2	9±2	10±2	10±2	11±3	12±4	-	-	-	-
	d	14±2	15±2	15±2	16±2	16±2	17±3	18±4	-	-	-	-
50	H	7±2	8±2	8±2	9±2	10±3	11±3	12±3	13±4	14±5	-	-
	D, L, B	9±2	9±2	10±2	11±3	11±3	12±4	13±4	14±5	14±5	-	-
	d	15±2	16±2	16±2	17±3	17±3	18±4	19±4	20±5	20±5	-	-
200	H	7±2	8±2	8±2	9±2	10±3	11±3	12±3	13±4	14±5	15±5	-
	D, L, B	10±3	10±3	11±3	12±4	12±4	13±4	13±4	14±5	14±5	15±5	-
	d	16±3	17±3	17±3	18±4	18±4	19±4	19±4	20±5	21±5	22±5	-
250	H	8±3	9±3	9±3	10±3	11±4	12±4	13±4	14±5	15±6	16±6	17±6
	D, L, B	11±3	11±3	12±3	13±4	13±4	14±4	14±4	15±5	16±6	17±6	18±6
	d	17±3	18±3	18±3	19±4	19±4	20±4	20±4	21±5	22±6	23±6	24±6
300	H	9±3	10±3	10±3	11±3	12±4	13±4	14±4	15±5	16±6	17±6	18±6
	D, L, B	12±4	12±4	13±4	14±5	14±5	15±5	15±5	16±6	17±7	18±7	19±7
	d	18±4	19±4	19±4	20±5	20±5	21±5	21±5	23±6	23±7	24±7	25±7
360	H	9±3	10±3	10±3	11±3	12±4	13±4	14±4	15±5	16±6	17±6	18±6
	D, L, B	13±4	13±4	14±4	15±5	15±5	16±5	16±5	17±6	18±7	19±7	20±7
	d	19±4	20±4	20±4	21±5	21±5	22±5	22±5	23±6	24±7	25±7	26±7

Примечания к таблице 2.6:

1. Припуски и предельные отклонения для деталей прямоугольного сечения назначаются в зависимости от наибольшего размера (ЦВ).

2. На цилиндрических поковках, с отношением $D/H > 6$, допускается сферичность, величина которой не контролируется.

3. Разрешается не прошивать отверстия с $d_n < 40$ мм и при отношении высоты поковки к диаметру прошивня $(d_n)H'/d_n > 3$.

4. В отверстиях поковки сверх припуска допускается уклон 1/20.

Информация для определения размеров бойков ковочного оборудования приводится в таблице 2.6.

Припуски и предельные отклонения для поковок 2-й группы (дисков, цилиндров, втулок, брусков, кубиков, пластин сплошных и дисков, цилиндров, втулок, брусков, кубиков, пластин с отверстиями) следует назначать в соответствии с рисунком 2.6 и таблицей 2.6.

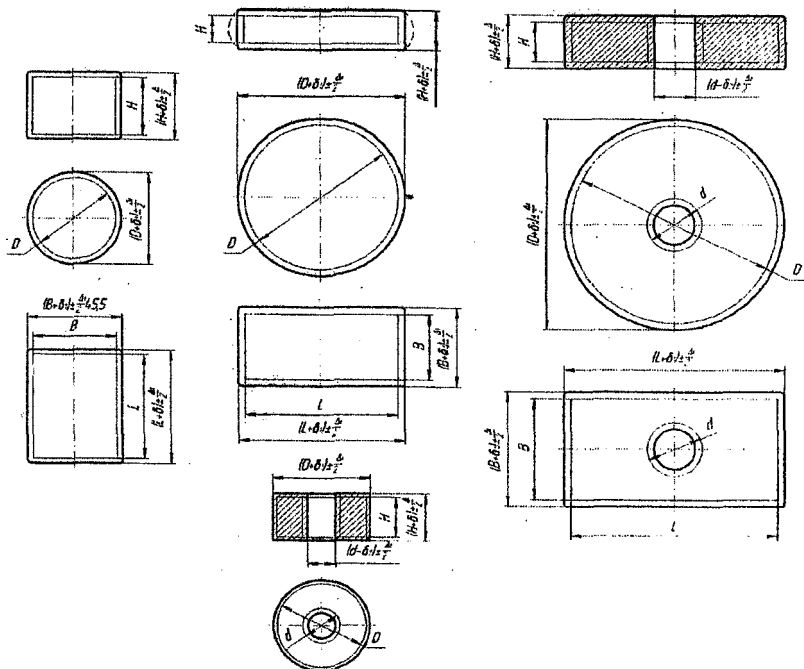


Рисунок 2.6 - Схема назначения припусков и допусков для поковок 2-ой группы

Припуски и предельные отклонения для поковок 3-й группы (типа раскатных колец) следует назначить в соответствии с рисунком 2.7 и таблицей 2.7. В отверстии сверл допускается конусность 1/20.

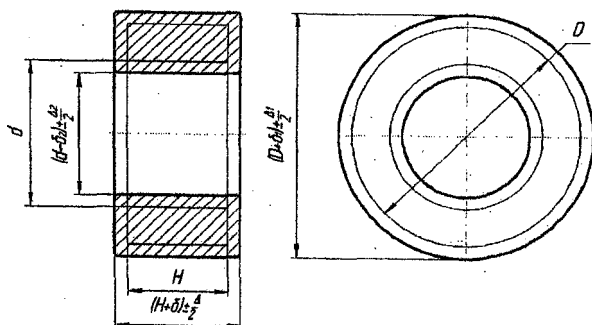


Рисунок 2.7 - Схема назначения припусков и допусков для поковок 3-ей группы

Припуски и предельные отклонения для поковок 4-й группы (типа цилиндров) следует назначать в соответствии с рисунком 2.8 и таблицей 2.8. Разрешается не выполнять в поковке отверстие диаметром $d < 40$ мм. В отверстии сверх припуска допускается уклон 1/20.

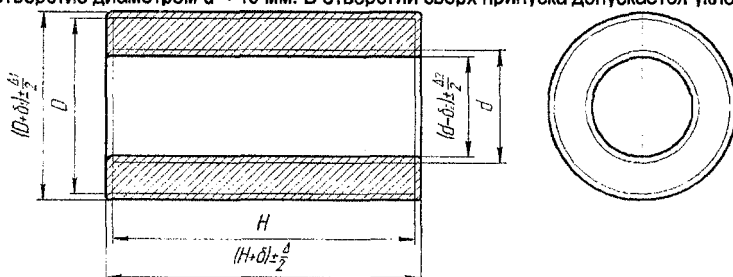


Рисунок 2.8 – Схема назначения припусков для поковок 4-ой группы

Таблица 2.7 - Назначение припусков и допусков для поковок 3-ей группы

Диаметр детали D, мм	Размеры, на которые назначаются припуски и предельные отклонения	Высота детали H									
		до 50	Св. 50 до 65	Св. 65 до 80	Св. 80 до 100	Св. 100 до 125	Св. 125 до 150	Св. 150 до 180	Св. 180 до 215	Св. 215 до 250	Св. 250 до 300
		Припуски (δ , δ_1 , δ_2) и предельные отклонения ($\pm\Delta/2$, $\Delta_1/2$, $\Delta_2/2$)									
До 110	H	6±2	7±2	8±3	9±3	10±3	-	-	-	-	-
	D	9±3	10±3	11±3	12±4	12±4	-	-	-	-	-
	d	12±3	13±3	14±3	15±4	15±	-	-	-	-	-
Св. 110 До 150	H	7±2	8±2	9±3	10±3	11±4	12±4	-	-	-	-
	D	10±3	11±3	11±3	12±4	13±4	14±4	-	-	-	-
	d	13±3	14±3	14±3	15±4	16±4	17±4	-	-	-	-
Св. 150 До 200	H	7±2	8±2	9±3	10±3	11±4	12±4	13±5	14±5	-	-
	D	11±3	12±3	12±3	13±4	13±4	14±4	15±5	16±6	-	-
	d	14±3	15±3	15±3	16±4	16±4	17±4	18±5	19±5	-	-
До 200	при D-d	до 50 Св. 50 до 100	15±3	16±3	16±3	17±4	17±4	18±4	19±5	20±5	-
Св. 200 До 250	H	7±2	8±2	9±3	10±3	11±4	12±4	13±5	14±5	15±6	-
	D	11±3	12±3	13±4	14±4	14±4	15±4	16±5	17±5	18±6	-
	d	14±3	15±3	16±4	17±4	17±4	18±4	19±5	20±5	21±6	-
До 250	при D-d	до 50 Св. 50 до 125	15±3	16±3	17±4	18±4	18±4	19±4	20±5	21±5	22±6
Св. 250 До 300	H	8±2	9±2	10±3	11±3	12±4	13±4	14±5	15±5	16±6	17±6
	D	12±3	13±4	14±4	15±5	15±5	16±5	17±6	18±6	19±6	20±6
	d	до 50 Св. 50 до 125 Св. 125 до 150	15±3	16±4	17±4	18±5	18±5	19±5	20±6	21±6	22±6
До 300	при D-d	до 50 Св. 50 до 125 Св. 125 до 150	16±3	17±4	18±4	19±5	19±5	20±5	21±6	22±6	23±6
Св. 300 До 360	H	9±3	10±3	11±4	12±4	13±5	14±5	15±5	16±6	17±6	18±7
	D	13±4	14±4	15±5	16±5	16±6	17±6	18±6	19±6	20±7	21±7
	d	до 50 Св. 50 до 125 Св. 125 до 180	16±4	17±4	18±5	19±5	19±6	20±6	21±6	22±6	23±7
До 360	при D-d	до 50 Св. 50 до 125 Св. 125 до 180	17±4	18±4	19±5	20±5	20±6	21±6	22±6	23±6	24±7
			18±4	19±4	20±5	21±5	21±5	22±6	23±6	24±6	25±7

Таблица 2.8 - Назначение припусков и допусков для поковок 4-ой группы

Высота детали Н	Наружный диаметр детали D	Припуски (δ , δ_1 , δ_2 , δ_3) и предельные отклонения ($\pm\Delta/2$, $\Delta_1/2$, $\Delta_2/2$, $\Delta_3/2$)		
		На высоту Н	На наружный диаметр D	На внутренний диаметр d
До 80	До 80	13±4	12±3	17±3
		14±5	12±3	17±3
Св. 80 до 100	Св. 80 до 100	14±5	13±4	18±4
Св. 100 до 125	Св. 80 до 100	15±6	13±4	18±4
	Св. 100 до 125	15±6	14±4	19±4
Св. 125 до 150	Св. 80 до 125	16±6	14±4	19±4
	Св. 125 до 150	16±6	15±5	20±5
Св. 150 до 180	Св. 100 до 150	17±6	15±5	20±5
	Св. 150 до 180	17±6	16±5	21±5
Св. 180 до 215	Св. 120 до 150	18±6	15±5	20±5
	Св. 150 до 180	18±6	16±5	21±5
	Св. 180 до 215	18±6	17±6	22±6
Св. 215 до 250	Св. 145 до 180	19±7	16±5	21±5
	Св. 180 до 215	19±7	17±6	22±6
	Св. 215 до 250	19±7	18±6	23±6
Св. 250 до 300	Св. 165 до 215	20±7	17±6	22±6
	Св. 215 до 250	20±7	18±6	23±6
	Св. 250 до 300	20±7	19±6	24±6
Св. 300 до 360	Св. 200 до 250	21±8	18±6	23±6
	Св. 250 до 300	21±8	19±6	24±6
	Св. 300 до 360	21±8	20±7	25±7
Св. 360 до 420	Св. 240 до 300	22±8	20±7	25±7
	Св. 300 до 360	22±8	21±7	26±7
Св. 420 до 485	Св. 280 до 320	23±9	21±7	26±7
	Св. 320 до 360	23±9	22±8	27±8
Св. 485 до 530	Св. 325 до 360	24±10	23±9	28±9

Припуски и предельные отклонения для поковок 5-й группы (типа полых валов) следует назначать в соответствии с рисунком 2.9, таблицами 2.9, 2.10 и с учетом следующих требований:

а) основной припуск δ предельные отклонения $\pm \Delta/2$ на наружные диаметры назначают по таблице 2.9 в зависимости от наибольшего диаметра и общей длины детали;

б) дополнительный припуск назначают по таблице 2.2 на диаметры всех сечений, кроме наибольшего (основного), в зависимости от разности диаметров наибольшего и рассматриваемого сечений;

в) припуск и предельные отклонения $\pm\Delta/2$ на внутренний диаметр назначают по таблице 2.10 в зависимости от номинального диаметра отверстия детали и среднего диаметра оправки;

г) припуск и предельные отклонения на длину детали назначают в зависимости от соотношения размеров детали:

- если длина детали $L \geq 2D$, то припуск принимают равным 5δ , а предельные отклонения $\pm 5\Delta/2$;

- если длина детали $L < 2D$, то припуск принимают равным 3.5δ , а отклонения $\pm 3.5\Delta/2$ (δ и $\Delta/2$ - величины соответственно припуска и предельных отклонений на наибольший диаметр детали D).

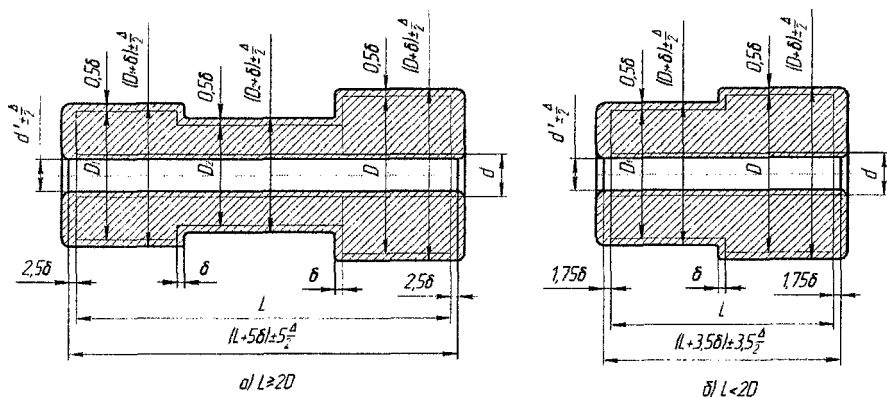


Рисунок 2.9 – Схема назначения припусков и допусков для поковок 5-ой группы

Таблица 2.9 - Припуски и допуски для поковок 5-ой группы

Длина детали	Наибольший диаметр детали D мм					
	до 150	180	215	250	300	360
	Припуск δ и предельные отклонения $\pm \Delta/2$					
До 500	16 $\pm$ 6	17 $\pm$ 7	18 $\pm$ 7	19 $\pm$ 8	20 $\pm$ 8	22 $\pm$ 9
Св. 500 до 700	17 $\pm$ 7	18 $\pm$ 7	19 $\pm$ 8	20 $\pm$ 8	21 $\pm$ 8	-
Св. 700 до 900	-	19 $\pm$ 8	20 $\pm$ 8	21 $\pm$ 8	22 $\pm$ 9	-
Св. 900 до 1100	-	-	21 $\pm$ 8	22 $\pm$ 9	23 $\pm$ 9	-
Св. 1100 до 1300	-	-	22 $\pm$ 9	23 $\pm$ 9	24 $\pm$ 9	-

Таблица 2.10 - Припуски и допуски для отверстий в поковках 5-ой группы

Диаметр отверстия детали d	От 120 до 130	Св. 130 до 140	Св. 140 до 150	Св. 150 до 160	Св. 160 до 170	Св. 170 до 180	Св. 180 до 200	Св. 200 до 220	Св. 220 до 240	Св. 240 до 260	Св. 260 до 280
Средний диаметр оправки $d_{оп}$	90	100	110	120	130	140	150	165	185	205	225
Диаметр отверстия в поковке d	90 $\pm$ 10	100 $\pm$ 10	110 $\pm$ 10	120 $\pm$ 10	130 $\pm$ 10	140 $\pm$ 10	150 $\pm$ 10	165 $\pm$ 10	185 $\pm$ 10	205 $\pm$ 10	225 $\pm$ 10

Примечания:

1. При диаметре оправки $d_{оп} < 120$ мм и длине поковки $L > 6 d_{оп}$ допускается изготовление сплошных поковок.
2. Неровность торцов (бахрома) на поковке не контролируется.
3. В отверстия поковки допускается уклон 1:100 сверх припусков.
4. Допускается изготовление сплошных поковок, у которых при $L < 750$ мм разность диаметров $(D'-d') < 60$ мм, а при $L > 750$ мм разность диаметров $(D'-d') < 80$ мм.

Припуски, основные и дополнительные, и предельные отклонения для поковок 6-й группы (типа втулок с уступами, сплошных и с отверстием), изготавливаемых в подкладных кольцах, назначаются в соответствии с рисунком 2.10, таблицей 2.11 с учетом следующих требований:

а) основные припуски и предельные отклонения на размеры H, h, D₁ и d назначают в зависимости от диаметра фланца и общей высоты детали по таблице 2.11;

б) основной припуск δ_2 и предельные отклонения $\pm \Delta_2/2$ на диаметр ступицы D_2 назначают по таблице 2.11 в зависимости от диаметра ступицы и общей высоты детали;

в) дополнительный припуск на несоосность S определяют по таблице 2.2 в зависимости от разности диаметров фланца и ступицы в поковке и назначают на диаметр фланца или диаметр ступицы, следующим образом:

- при $D_1' \cdot h' > D_2(H-h')$ дополнительный припуск назначают на ступицу;
- при $D_1' \cdot h' < D_2(H-h')$ дополнительный припуск назначают на фланец.

Припуски, основные и дополнительные, и предельные отклонения для поковок 7-й группы (типа втулок с уступами, сплошных и с отверстием), изготавливаемых в подкладных штампах, назначаются в соответствии с рисунком 2.11 и с учетом следующих требований:

а) припуски и предельные отклонения на размеры H , h , D_1 и d назначают в зависимости от диаметра фланца и общей высоты детали;

б) припуск δ_2 и предельные отклонения $\pm \Delta_2/2$ на диаметр ступицы D_2 назначают в зависимости от диаметра ступицы и общей высоты детали.

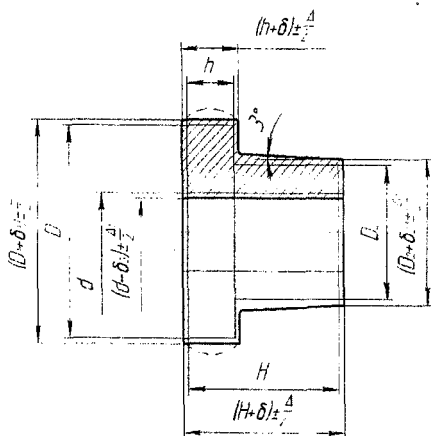


Рисунок 2.10 - Схема назначения припусков и допусков для поковок 6-ой группы

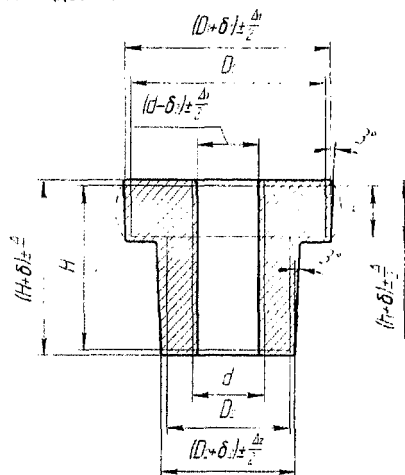


Рисунок 2.11 - Схема назначения припусков и допусков для поковок 7-ой группы

Таблица 2.11- Припуски и допуски для поковок 6-ой группы

Диаметр детали D_1 или D_2 , мм	Размер, на кот. назнач. припуск и предельные отклонения, мм	Высота детали H , мм										
		до 50	св. 50 до 65	св. 65 до 80	св. 80 до 100	св. 100 до 125	св. 125 до 150	св. 150 до 180	св. 180 до 215	св. 215 до 250	св. 250 до 300	св. 300 до 360
		Припуски (δ , δ_1 , δ_2 , δ_3) и предельные отклонения ($\pm \Delta/2$, $\Delta_1/2$, $\Delta_2/2$, $\Delta_3/2$)										
до 50	H ; h	7 ± 2	7 ± 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D_1	7 ± 2	7 ± 2	7 ± 2	-	-	-	-	-	-	-	-
	D_2	$5 +^{+2}_{-1}$	$6 +^{+2}_{-1}$	$6 +^{+2}_{-1}$	$7 +^{+3}_{-1}$	$7 +^{+3}_{-1}$	-	-	-	-	-	-
	d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 2.11

Диаметр детали D ₁ или D ₂ , мм	Размер, на кот. назнач. припуск и предельные отклонения, мм	Высота детали H, мм										
		до 50	св. 50 до 65	св. 65 до 80	св. 80 до 100	св. 100 до 125	св. 125 до 150	св. 150 до 180	св. 180 до 215	св. 215 до 250	св. 250 до 300	св. 300 до 360
		Припуски (δ, δ ₁ , δ ₂ , δ ₃) и предельные отклонения (±Δ/2, Δ ₁ /2, Δ ₂ /2, Δ ₃ /2)										
св. 50 до 80	H; h	7±2	7±2	8±2	9±2	-	-	-	-	-	-	-
	D ₁	7±2	8±2	8±2	9±2	-	-	-	-	-	-	-
	D ₂	5+ ⁺² ₋₁	6+ ⁺² ₋₁	7+ ⁺³ ₋₁	8+ ⁺⁴ ₋₂	8+ ⁺⁴ ₋₂	9+ ⁺⁴ ₋₂	-	-	-	-	-
	d	13±2	14±2	14±2	15±2	-	-	-	-	-	-	-
св. 80 до 110	H; h	7±2	8±2	9±2	10±2	10±3	11±3	-	-	-	-	-
	D ₁	8±2	9±2	9±2	10±3	10±3	11±3	-	-	-	-	-
	D ₂	6±2	7±3	7±3	8±4	8±4	9±4	3±4	10±4	-	-	-
	d	14±2	15±2	15±2	15±2	16±2	17±3	-	-	-	-	-
св. 110 до 150	H; h	7±2	8±2	9±2	10±3	10±3	11±3	12±3	13±4	-	-	-
	D ₁	9±2	10±2	10±3	11±3	11±3	12±3	13±4	13±4	-	-	-
	D ₂	7+ ⁺³ ₋₁	8+ ⁺⁴ ₋₂	8+ ⁺⁴ ₋₂	9+ ⁺⁴ ₋₂	9+ ⁺⁴ ₋₂	10+ ⁺⁴ ₋₂	10+ ⁺⁴ ₋₂	11+ ⁺⁵ ₋₂	11+ ⁺⁵ ₋₂	12+ ⁺⁶ ₋₂	13+ ⁺⁶ ₋₂
	d	15±2	16±2	16±2	17±3	17±3	18±4	19±4	20±5	-	-	-
св. 150 до 200	H; h	8±2	8±2	9±3	10±3	11±3	12±3	13±4	14±4	15±4	-	-
	D ₁	10±3	11±3	11±3	12±3	12±3	13±4	13±4	14±4	15±4	-	-
	D ₂	8+ ⁺⁴ ₋₂	8+ ⁺⁴ ₋₂	9+ ⁺⁴ ₋₂	9+ ⁺⁴ ₋₂	10+ ⁺⁴ ₋₂	11+ ⁺⁵ ₋₂	11+ ⁺⁵ ₋₂	12+ ⁺⁵ ₋₂	12+ ⁺⁵ ₋₂	13+ ⁺⁶ ₋₂	14+ ⁺⁶ ₋₂
	d	16±3	17±3	17±3	18±4	18±4	19±4	19±4	20±5	20±5	-	-
св. 200 до 250	H; h	8±2	9±3	10±3	11±3	12±3	13±3	14±4	15±5	16±6	17±5	18±6
	D ₁	11±3	12±3	12±3	13±4	13±4	14±4	14±4	15±5	16±5	17±6	18±6
	D ₂	9+ ⁺⁴ ₋₂	9+ ⁺⁴ ₋₂	10+ ⁺⁴ ₋₂	10+ ⁺⁴ ₋₂	11+ ⁺⁵ ₋₂	12+ ⁺⁵ ₋₂	12+ ⁺⁵ ₋₂	13+ ⁺⁶ ₋₂	13+ ⁺⁶ ₋₂	14+ ⁺⁶ ₋₂	14+ ⁺⁶ ₋₂
	d	17±3	18±3	18±3	19±4	19±4	20±4	20±4	21±6	22±6	23±6	24±6
св. 250 до 300	H; h	9±3	10±3	11±3	12±3	13±4	14±4	15±4	16±4	17±5	18±6	19±6
	D ₁	12±4	13±4	13±4	14±5	14±5	15±5	15±5	16±6	17±7	18±7	19±7
	D ₂	9+ ⁺⁴ ₋₂	10+ ⁺⁴ ₋₂	11+ ⁺⁵ ₋₂	11+ ⁺⁵ ₋₂	12+ ⁺⁵ ₋₂	13+ ⁺⁶ ₋₂	13+ ⁺⁶ ₋₂	14+ ⁺⁶ ₋₂	14+ ⁺⁶ ₋₂	15+ ⁺⁶ ₋₂	15+ ⁺⁶ ₋₂
	d	18±4	19±4	19±4	20±5	20±5	21±5	21±5	22±6	23±7	24±7	25±7
св. 300 до 360	H; h	-	10±3	11±3	12±4	13±4	14±4	15±4	16±5	17±6	18±6	19±6
	D ₁	-	13±4	14±4	15±5	15±5	16±5	16±5	17±6	18±7	19±7	20±7
	D ₂	-	11+ ⁺⁵ ₋₂	11+ ⁺⁵ ₋₂	12+ ⁺⁵ ₋₂	13+ ⁺⁶ ₋₂	14+ ⁺⁶ ₋₂	14+ ⁺⁶ ₋₂	15+ ⁺⁶ ₋₂	15+ ⁺⁶ ₋₂	16+ ⁺⁷ ₋₂	16+ ⁺⁷ ₋₂
	d	-	20±4	20±4	21±5	21±5	22±5	22±5	23±5	24±6	25±7	26±7
св. 360 до 420	H; h	-	11±3	12±3	13±4	14±4	15±4	16±5	17±5	18±6	19±6	20±7
	D ₁	-	14±5	15±5	16±6	16±6	17±6	17±6	18±7	19±8	20±8	21±8
	d	-	21±5	21±5	22±6	22±6	23±6	23±6	24±7	25±8	26±8	27±8
св. 420 до 485	H; h	-	-	12±3	13±4	14±4	15±4	16±5	17±6	18±6	19±7	20±7
	D ₁	-	-	16±5	17±6	17±6	18±6	18±6	19±7	20±8	21±8	22±8
	d	-	-	22±5	23±6	23±6	24±6	24±6	25±7	26±8	27±8	28±8
св. 485 до 550	H; h	-	-	13±4	13±4	14±4	15±5	16±6	17±6	18±7	19±7	20±7
	D ₁	-	-	17±6	18±7	18±7	19±7	19±7	20±8	21±9	22±9	23±9
	d	-	-	23±6	24±7	24±7	25±7	25±7	26±8	27±9	28±9	29±9

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Проектирование заготовок, получаемых методом порошковой металлургии

Цель работы: практическое освоение методики расчета размеров заготовки, рабочей полости прессинструмента при получении заготовок методом порошковой металлургии.

Работа рассчитана на 4 академических часа.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Основное преимущество металллокерамического производства перед обычным – малые потери материала (7...10%) на протяжении всего производственного цикла.

Получение заготовок методом порошковой металлургии экономически оправдано при крупносерийном и массовом производстве. Высокие удельные давления прессования, низкая текучесть порошков ограничивают использование этого метода получения заготовок для деталей сложной формы и больших размеров. Именно поэтому наиболее характерными порошковым изделием стала деталь массой до одного килограмма.

Самый распространенный, простой и экономически целесообразный метод формирования порошковых материалов – метод холодного прессования в закрытых формах. Технологический процесс производства изделий состоит из следующих основных операций: получение металлического порошка или смеси порошков, прессование (формование), спекание (термообработка), окончательная обработка (механическая обработка, доводка, калибровка, термообработка).

При анализе технологичности производства порошковых изделий следует учитывать: размеры деталей; отношение длины к диаметру (не более 3...4); отношение высоты изделия к толщине стенки (не более 8...10); наличие радиальных выступов, канавок, углублений, резьбы, конусности, продольных и радиальных отверстий; изменений в сечениях деталей; требуемая их плотность; величины допусков и шероховатость поверхностей; требования, предъявляемые по механическим и физико-химическим свойствам.

При выборе спеченного материала следует рассматривать плотность и пределы прочности при изгибе и растяжении материала детали и порошка. Химический состав и свойства порошков приведены в таблице 1.

Таблица 3.1 - Химический состав и свойства порошков и конструкционных материалов на основе железа

Марка	Химический состав, %	Плотность, $\times 10^3$ кг/м ³ (г/см ³)	Прочность на изгиб, $\times 10$ МПа (кг/мм ²)	Ударная вяз- кость, $\times 100$ кДж/м ²	Твердость НВ
1	2	3	4	5	6
Железный порошок ГОСТ 9849-74					
ПЖ4М2 ПЖ4М3	Fe-98; C-0,12; 5,3...6,1; Si-0,25; Mn-0,5; O ₂ -1,0				
Медный порошок ГОСТ 4960-75					
ПМС-1 ПМС-2	Fe-0,02; Cu-0,15 Pb-0,05; O ₂ -1,0;				
Никелевый порошок ГОСТ 9722-71					
ПНК-ОТ2 ПНК-2Т2	Fe-0,015; C-0,15 Ni-99,8; Fe-0,01; C-0,3; Ni-99,7;				
Оловянный порошок ГОСТ 9723-73					
ПО1, ПО2	Fe-0,02; Cu-0,03 Sn-99,1;				

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6
Конструкционные материалы на основе железа					
Ж-6,6	Fe-100	6,6	22	1,5	70
Ж-7,3	Fe-100	7,3	50	9,0	90
ЖГр0,5-7,3	Fe-основа C-0,4...0,6	7,3	60	1,0	100
Конструкционные материалы на основе железа					
ЖГр1-6,6	Fe-основа; Cu-0,6...1	6,6	35	0,4	80
ЖДЗ-6,6	Fe-основа; Cu-2,5...3	6,6	30	0,6	70
ЖДЗН2-6,6	Fe-основа; Cu-2,5...3; Ni-1,6...2,0	6,6	40	1,7	80
ЖД5Н5-6,6	Fe-основа; Cu-4...5; Ni-1,6...2,0	6,6	60	0,7	100
ЖД1703-6,9	Fe-основа; Cu-16...17 Sn-2,5...3,0	6,9	55	1,0	80
ЖГр0,4	Fe-основа; Cu-0,4...0,6	6,6	80	0,4	130
Д4НЗ-6,6	Cu-3,5...4 Ni-2,5...3,0				
ЖД302-6,6	Fe-основа; Cu-2,5...3; Sn-1,5...2,0	6,6	25	0,3	80
ЖГр0,4	Fe-основа; Cu-0,4...0,6	7,3	110	1,5	150
Д4НЗ7,3	Cu-3,5...4Ni-2,5...3,0				
ЖД2НЗМ-7,3	Fe-основа; Cu-2...2,5; Ni-2,5...3,0 Mo-0,8...1,0	7,3	90	2,5	150

Примечание: насыпная плотность порошков, $\times 10^3 \text{ кг/м}^3$ (г/см^3):

ПЖ4М2-2,3...2,5; ПЖ4М3 $\geq$ 2,6; ПМС-1; ПМС-2-1,25...2,0;
ПНК-0Т2; ПНК-2Т2-2,51...2,99; ПО1-3,0...4,0; ПО2-3,2...4,2

Изделия, которые прежде изготавливались из малоуглеродистых сталей и чугунов, можно изготавливать либо из чистого железного порошка марки ПЖ4МЗ, МЖ4МЗ либо из железного порошка, содержащего до 1% графита.

При проектировании заготовки следует максимально упростить форму детали. На рис. 3.1 приведены примеры необходимого упрощения формы деталей. При конструировании деталей 4,6 следует избегать выточек и отверстий с острыми углами. Детали 1,2,5 не могут быть спрессованы в окончательном виде.

1 — прямозубые шестерни можно изготавливать прессованием, начиная с модуля более 0,8мм; диаметр ступицы зубчатого колеса должен быть минимум на 2мм меньше диаметра окружности впадин; отверстия должны быть по возможности круглыми, чтобы не прибегать к дорогому инструменту;

2 — "обратная" конусность возможна только при введении обработки резанием;

3 — из-за конструктивных ограничений пресса перепад ступеней по диаметру не должен быть менее 2мм;

4 — толщина стенки эксцентрично расположенного отверстия должна быть не менее 1мм;

5 — деталь должна иметь закругленные кромки;

6 — переходы от ступицы к плечу рычага целесообразно выполнять так, как показано на рисунке;

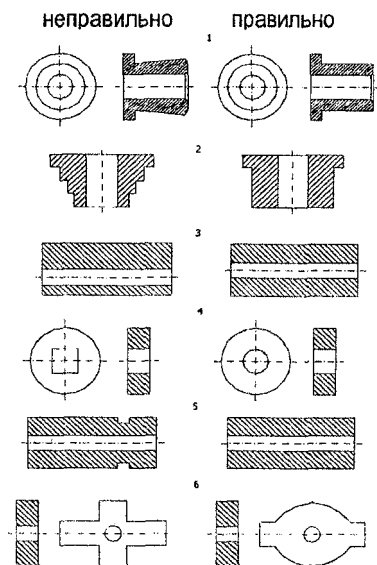


Рисунок 3.1- Примеры конструирования металлокерамических заготовок

7 – изготовление канавки прессованием невозможно, необходима дополнительная обработка резанием.

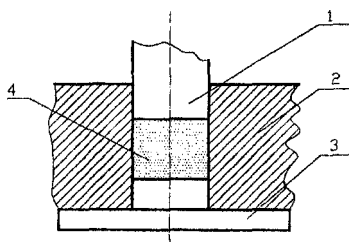
При сопряжении поверхностей следует предусматривать радиус закругления не менее 0,25мм. При прессовании "глухих" отверстий фланец должен располагаться у дна. Разница между двумя рядом расположенными отверстиями (наружными поверхностями) должна быть не менее 2мм. При наличии у деталей ребер, выемок, приливов их следует располагать как можно ближе к верхнему краю матрицы. Не рекомендуется прессовать изделия с тонкими лезвиями, узкими и глубокими шлицами клиновидного сечения, шпунтовые канавки, тонкие шпильки и т.д.

При проектировании изделий с рельефным профилем необходимо определить направление наиболее выгодного прессования. При выборе направления прессования следует руководствоваться тем, что для изделий, имеющих ось вращения, усилие прессования должно быть направлено вдоль оси, а изделия, не имеющие оси вращения, должны прессоваться в таком положении, при котором они имеют наименьшее количество переходов или изменений толщины.

Сложными для изготовления являются детали, имеющие различно расположенные по высоте внешние или внутренние фланцы, а также детали, имеющие отверстия. Для изготовления таких деталей применяются многопуансонные прессформы. Монолитным пуансоном прессуют только те изделия, сечение которых изменяется по высоте не более, чем на 25%. Изготовление отверстий любой формы (размерами не менее 2...3мм), расположенных в направлении прессования, с помощью стержней не представляет каких-либо трудностей.

Схема прессформы для получения изделий простой цилиндрической формы с отношением высоты к диаметру меньше 1 односторонним прессованием приведена на рис. 3.2

При необходимости прессования изделий с отношением высоты к диаметру (поперечному размеру) более 1, или когда форма изделия такова, что одностороннее прессо-



- 1 – верхний пуансон,
- 2 – матрица,
- 3 – нижний пуансон,
- 4 – порошок.

Рисунок 3.2 - Схема прессформы.

вание не может обеспечить равномерную плотность по объему изделия, используют прессформы двустороннего прессования, схемы которых приведены на рис. 3.3.

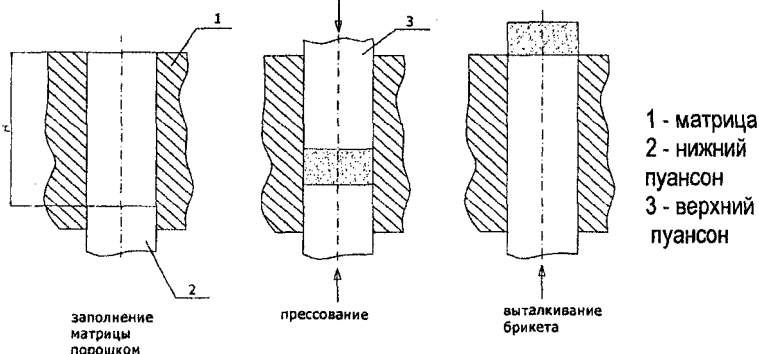


Рисунок 3.3 - Схема прессформы с неподвижной матрицей

В этом случае матрица может быть неподвижна (усилие прикладывается к верхнему и нижнему пуансонам), подвижна или "плавать", опираясь на пружины (усилие прикладывается к верхнему пуансону).

Для прессования изделий очень сложной формы применяют верхние и (или) нижние составные пуансоны с несколькими подвижными частями, количество которых соответствует количеству переходов (изменение размеров по высоте) по высоте.

Основные размеры пуансонов и внутренние полости матрицы определяются размерами изделия с учетом технологических и физических свойств порошка, припусков на механическую обработку. Расчету подлежат высота и диаметр (поперечный размер) матрицы, формирующий наружный габаритный размер прессовки, диаметр стержня, формирующего отверстие детали или размеры составных пуансонов, а также высота верхнего и нижнего пуансонов.

При проектировании прессформы предварительно составляют ее эскизную схему с учетом направления и специфических особенностей прессования.

Высоту матрицы рассчитывают по формуле:

$$H_{\text{МАТР}} = \frac{\gamma_{\text{п}}}{\gamma_{\text{н}}} \cdot \left(h_{\text{н}} \pm \frac{A_{\text{н}}}{2} + q_{\text{н}} - \Delta h_{\text{н}} \pm \Delta h_{\text{вс}} \right) + 2 \cdot l, \quad (3.1)$$

где $\gamma_{\text{н}}$ – насыпная плотность порошка, кг/м³;

$\gamma_{\text{н}}$ – плотность спрессованного изделия, кг/м³;

$h_{\text{н}}$ – номинальная высота готового изделия, мм;

$A_{\text{н}}$ – допуск на размер $h_{\text{н}}$, мм;

q_n – припуск на дополнительную обработку, мм;
 Δh_n – величина упругого последдействия ($\Delta h_n = 0,005 \cdot h_n$);
 Δh_{yc} – величина усадки ($\Delta h_{yc} = [0,01 \dots 0,02] \cdot h_n$), причем величина усадки берется со знаком "+", если при спекании размер уменьшается, и со знаком "-", если этот размер увеличивается;

l – высота заходной части матрицы под верхний или нижний пуансоны, принимаемая обычно равной 10...15мм.

Размер полости матрицы рассчитывается по формуле:

$$D_{\text{матр}} = D_n \pm \frac{A_D}{2} - \Delta l_n \pm \Delta l_{yc} + q_D, \quad (3.2)$$

где D_n – соответствующий номинальный размер наружной поверхности изделия, формирующийся в данной полости матрицы, мм;

A_D – допуск на размер D_n , мм;

Δl_n – величина упругого последдействия по размеру D_n , мм.

$$\Delta l_n = 0,003 \cdot D_n$$

Δl_{yc} – величина усадки при спекании по размеру D_n , мм

$$\Delta l_{yc} = [0,01 \dots 0,02] \cdot D_n$$

Если при спекании размер уменьшается, то в расчете берется знак "+", если увеличивается, то знак "-".

q_D – припуск на дополнительную обработку.

Формулу (2) используют также для определения размера стержня (d_{ct}), формирующего внутреннее отверстие изделия, причем за D_n принимают соответствующий размер отверстия. При расчете $D_{\text{матр}}$ половину допуска $A_D/2$ берут со знаком "-", при расчете d_{ct} половину допуска $A_D/2$ берут со знаком "+".

Высоту пуансона, к которому прикладывают прессующее усилие и который одновременно служит для выталкивания изделия, можно определить по формуле:

$$H_{\text{пн.лн}} = H_{\text{матр}} + L, \quad (3.3)$$

где l – либо высота, необходимая для крепления пуансона в пуансонодержателе, либо размер, равный 5...10мм, если пуансон не нужно крепить в пуансонодержателе.

Высота второго пуансона в этом случае должна быть равна высоте заходной части матрицы и составляет обычно 10...15мм. Если же пуансон, к которому прикладывается прессующее усилие, не является одновременно и выталкивателем, то его высота определяется по формуле:

$$H_{\text{пн.лн}} = H_{\text{матр}} - h - l + (5 \dots 10),$$

где $H_{\text{матр}}$, h , l – имеют значения, указанные в формуле (1), а высота второго пуансона, служащего для выталкивания, рассчитывается по формуле (3).

Рекомендуются следующие посадки на сопрягаемые поверхности деталей прессформ: Н7/ф7, Н8/е8, Н9/е9.

Достижимая точность металлокерамических изделий в пределах допусков 8, 9 классов, шероховатость $R_a=2,5 \dots 1,25$; рекомендуемая точность размеров – 10, 11 классы, шероховатость $R_a=5 \dots 1,25$. При более высоких требованиях к точности металлокерамических изделий они калибруются (шлифуются или полируются). При этом достигается точность размеров в пределах 7 класса, шероховатость $R_a=1,25 \dots 0,32$.

В практической работе припуск на калибровку рекомендуется оставлять 0,25...0,5мм. Калибровка производится по высоте и диаметру. Наружные поверхности следует калибровать с большими припусками, а внутренние с меньшими.

Правильность выбора навески прессуемого порошка – одно из важных условий изготовления деталей заданных размеров и формы. При расчете навески пользуются формулой:

$$Q = \gamma_K \cdot V \cdot (1 - \Pi) \cdot m_1 \cdot m_2, \quad (3.4)$$

где V – объем готового изделия, м^3 ;

γ_k – плотность беспористого материала (для стали $\gamma_k=7800\text{кг/м}^3$);

Π – достигаемая пористость готового изделия;

m_1 – коэффициент, учитывающий потери порошка при прессовании (в зависимости от точности изготовления деталей прессформы $m_1=1,005\dots 1,01$);

m_2 – коэффициент, учитывающий потерю веса при спекании в результате восстановления окислов и выгорания примесей ($m_2=1,01\dots 1,03$).

При прессовании многокомпонентных материалов (порошковых смесей) их плотность рассчитывается по правилу аддитивности:

$$\gamma_k = \frac{100}{\frac{a_1}{\gamma_1} + \frac{a_2}{\gamma_2} + \dots + \frac{a_n}{\gamma_n}}, \quad (3.5)$$

где $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$ – плотность отдельных компонентов, кг/м^3 ;

$a_1, a_2, \dots, a_n$ – содержание отдельных компонентов в шихте, в %.

Заготовки контролируются по следующим параметрам: внешний вид, геометрические размеры, плотность, твердость, химический состав готового изделия.

С помощью визуального осмотра выявляются такие виды брака, как сколы, трещины, задиры, окисление поверхности заготовки. Если дефекты незначительны, их устраняют в процессе дальнейшей механической обработки заготовки. Изделия с окисленными поверхностями подвергаются повторному спеканию или дополнительному нагреву при температуре $800\dots 900^\circ\text{C}$.

Геометрические размеры деталей контролируют с помощью стандартного измерительного инструмента (штангенциркуль, микрометр) с точностью до $0,01\dots 0,1\text{мм}$. Если геометрические размеры детали превышают расчетные, но масса соответствующей заданной, деталь подвергают повторному прессованию.

Плотность спеченных изделий правильной геометрической формы определяются расчетным путем, который заключается в измерении детали, определении ее объема, взвешивании, расчете плотности. Плотность $\gamma_{\text{изд}}$ определяется по формуле:

$$\gamma_{\text{изд}} = \frac{m_1}{V}, \quad (3.6)$$

где m_1 – масса детали, кг ;

V – объем детали, м^3 .

Наряду с плотностью важное значение имеет пористость $\Pi_{\text{об}}$ которая выражается по формуле:

$$\Pi_{\text{об}} = \left(1 - \frac{\gamma_{\text{изд}}}{\gamma_k}\right) \cdot 100 \quad (3.7)$$

Плотность изделий сложной геометрической формы определяется методом гидростатического взвешивания.

Твердость спеченных изделий измеряется с помощью приборов Бринелля или Роквелла.

Химический состав спеченных конструкционных изделий определяется с помощью химического анализа. В материалах на основе железа целесообразно контролировать лишь те компоненты, содержание которых может изменяться в процессе спекания (графит, сульфиды металлов).

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Методика выполнения работы рассматривается на следующем примере.

Втулка, показанная на рис.3.7, должна иметь следующие технические характеристики: масса $0,032\text{кг}$; пористость – $17\dots 25\%$, $\sigma = 170\text{МПа}$, $\alpha_k = 40\text{кДж/м}^2$; НВ90.

Исходя из дальнейших свойств детали, выбирается материал детали (таблица 3.1). В данном случае заданным техническим характеристикам удовлетворяют материалы:

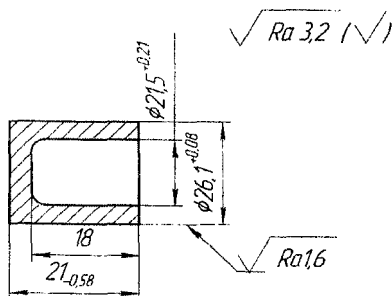


Рисунок 3.4 - Втулка

Ж-7,3; ЖГр0,5-7,3; ЖД5Н5-6,6. Для изготовления втулки выбирается ЖГр0,5-7,3. Относительная плотность спрессованного изделия: $100 \cdot (17 \dots 25) = 83 \dots 75(\%)$, плотность спрессованного изделия, которую необходимо получить:

$$\gamma_{изд} = 7800 \cdot (0,83 \dots 0,75) = 6800 \dots 5800 \text{ кг/м}^3.$$

Деталь не имеет: изменений по диаметру, острых углов, выступов, конусности; толщина стенки - 2,3мм, отношение длины к диаметру составляет $21:26,1 = 0,81$, отношение высоты к толщине стенки - $18:2,3 = 7,8$, что не превышает допустимого. Точность изготовления:

поверхность $\varnothing 26,1_{-0,08}$ - h10, поверхность $\varnothing 21,5^{+0,21}_{-0,08}$ - H12, остальные размеры по 14 квалитету, шероховатость рабочих поверхностей $R_a = 1,6$, остальные $R_a = 3,2$.

Деталь может быть спрессована в конечном виде без дополнительной обработки. С точки зрения порошковой металлургии она технологична. При прессовании усилие прессования должно быть направлено вдоль оси. С целью получения изделия с равномерной твердостью и плотностью применяется двустороннее прессование, которое осуществляется за счет приложения усилия прессования к верхнему пуансону, с принудительным опусканием матрицы ("плавающая матрица"). Схема прессформы приведена на рис. 3.5.

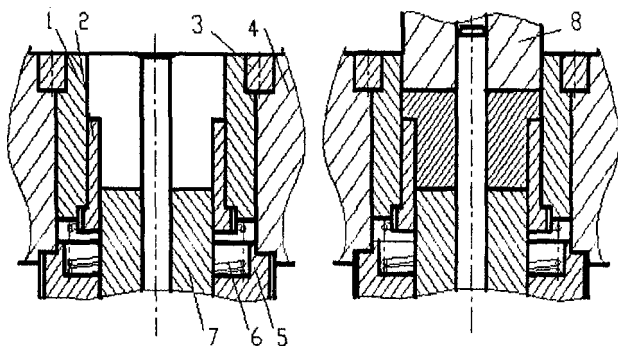


Рисунок 3.5 - Схема прессования.

1 - матрица; 2, 7 - составные элементы нижнего пуансона; 3 - кольцо; 4 - обойма; 5 - упор; 6 - пружина; 8 - верхний пуансон.

Основные размеры рабочей полости прессформы:

$$1) H_{МАТР} = \frac{\gamma_H}{\gamma_H} \cdot (h_H - \frac{A_h}{2} + q_h - 0,005 \cdot h_H + 0,02 \cdot h_H) + 2 \cdot l$$

где $\gamma_H = 2500 \text{ кг/м}^3$; $\gamma_H = 7300 \text{ кг/м}^3$; $h_H = 21 \text{ мм}$;

$A_h = 0,58 \text{ мм}$; $q_h = 0$; $l = 10 \text{ мм}$.

$$H_{МАТР} = \frac{7300}{2500} \cdot (21 - \frac{0,58}{2} - 0,005 \cdot 21 + 0,02 \cdot 21) + 2 \cdot 10 = 80,97 \text{ мм}$$

Принимаем 81мм

$$2) H_{спрессовки} = h_H - \frac{A_h}{2} + 0,02 \cdot h_H = 21 - \frac{0,58}{2} + 0,02 \cdot 21 = 21,13 \text{ мм}$$

$$3) D_{МАТР} = D_H - \frac{A_D}{2} + 0,003 \cdot D_H + 0,02 \cdot D_H + q_D$$

где $D_H = 26,1 \text{ мм}$; $A_D = 0,08$; $q_D = 0$

$$D_{МАТР} = 26,1 - \frac{0,08}{2} + 0,003 \cdot 26,1 + 0,02 \cdot 26,1 = 26,504 \text{ мм}$$

Принимаем $26,5 \text{ мм}$

$$D_{прессовки} = D_{МАТР} + \frac{\Delta D}{2} = 26,58 \text{ мм}$$

$$4) d_{стержня} = d_H + \frac{A_D}{2} + 0,003 \cdot d_H - 0,02 \cdot d_H - q_D \quad \text{где } d_H = 21,5 \text{ мм}; A_D = 0,21; q_D = 0$$

$$d_{стержня} = 21,5 + \frac{0,21}{2} + 0,003 \cdot 21,5 - 0,02 \cdot 21,5 = 21,24 \text{ мм}$$

$$5) d_{прессовки} = d_{ст} - \frac{\Delta d}{2} = 21,17 \text{ мм}$$

$$6) H_{ВЕР.ПУАН} = H_{МАТР} - h - l + (5 \dots 10)$$

$$H_{ВЕР.ПУАН} = 81 - 21 - 10 + 10 = 60 \text{ мм}$$

$$7) H_{стержня} = H_{МАТР} + L = 81 + 35 = 116 \text{ мм}$$

Масса навески для прессования втулки:

$$Q = \gamma_K \cdot V \cdot (1 - \Pi) \cdot m_1 \cdot m_2,$$

$$\text{где } \gamma_K = \frac{100}{\frac{a_1}{\gamma_1} + \frac{a_2}{\gamma_2}} = \frac{100}{\frac{0,5}{2200} + \frac{99,5}{7800}} = 7740 \text{ кг/м}^3;$$

$$1 - \Pi = \frac{7300}{7800} = 0,93$$

$$Q = 7740 \cdot 4,4 \cdot 10^{-6} \cdot 0,93 \cdot 1,01 \cdot 1,03 = 0,0329 \text{ кг}$$

Для оценки качества заготовок, полученных методом порошковой металлургии, вы-
дается чертеж детали и 5 заготовок этой детали, имеющей форму, аналогичную задан-
ной. Заготовки следует проконтролировать по следующим параметрам: внешний вид
(виды брака указаны в общих положениях), геометрические размеры, сравнить шерохо-
ватость поверхностей с образцами, рассчитать плотность и пористость изделия по фор-
мулам (3.6) и (3.7). Результаты оценки качества заносятся в таблицу 3.2.

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

Сделать вывод о годности деталей.

Таблица 3.2- Результаты оценки качества

№ дет	Контролируемые параметры					Расчетные параметры		
	Наруж. диа- метр, мм	Внутр. диа- метр, мм	Высота, мм	Внеш- ний вид	Шерохо- ватость	Масса кг	Объем $V, \text{ м}^3$	Плотность $\gamma_{изд}, \text{ кг/м}^3$
1								
2								
3								
4								
5								
Сред. арифм. Квалитет точности								

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Провести анализ технологичности детали, выбрать материал.
2. Выбрать схему прессования.
3. Определить размеры рабочей полости прессинструмента.
4. Определить массу навески.
5. Вычертить эскиз прессовки.
6. Вычертить эскиз детали, выданной для оценки качества заготовок. Установить критерии оценки состояния поверхностей заготовок.
7. Произвести измерения этих размеров у 5-ти заготовок. Взвесить эти заготовки.
8. Оценить заготовки по внешнему виду, оценить шероховатость указанных поверхностей в сравнении с образцами.
9. Подсчитать средние арифметические значения измеренных размеров, установить качество анализируемых заготовок.
10. Сделать выводы.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название работы.
2. Чертеж детали, технические характеристики материала.
3. Анализ технологичности конструкции детали.
4. Схема прессования.
5. Определение размеров рабочей полости: высота, поперечный размер матрицы, пуансона, стержней.
6. Масса навески.
7. Чертеж прессовки.
8. Эскиз детали для оценки качества заготовок.
9. Таблица контролируемых и расчетных параметров оценки качества. Результаты расчета η_n и Π .
10. Выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Преимущества и недостатки получения заготовок методом порошковой металлургии.
2. Какая последовательность производства изделий методом порошковой металлургии?
3. Какие основные требования к технологичности конструкции детали при производстве ее методом порошковой металлургии?
4. Как рассчитать высоту рабочей полости матрицы?
5. Как определить поперечный размер рабочей полости матрицы?
6. Виды брака.

Литература

1. Ермаков С.С., Вязников Н.Ф. Металлокерамические детали в машиностроении. – Л.: Машиностроение, 1975, с. 232
2. Григорьев А.К., Грохольский Б.П. Порошковая металлургия и применение композиционных материалов. – Л.: Лениздат., 1982, с. 143
3. Кипарисов С.С., Либенсон Г.А. Порошковая металлургия. – М., 1972, с. 328
4. Раковский В.С., Саклинский В.В. Порошковая металлургия в машиностроении. Справочник – М.: Машиностроение, 1973, с.126
5. Руководящий технический материал РТМ 231-03-82. Порошки металлические, 1982 Л; БРНПО ПМ. – с.141.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

Проектирование заготовок, получаемых методом поперечно-клиновой прокатки

Цель работы: приобретение практических навыков оценки качества (точности основных размеров и состояние поверхностей) и освоение методики конструирования заготовок, изготавливаемых поперечно-клиновой прокаткой.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Методом поперечно-клиновой прокатки (ПКП) рекомендуется изготавливать осесимметричные заготовки из конструкционных сталей, имеющие несколько ступеней со значительными перепадами диаметров (см. рис. 1). При этом значительно увеличивается производительность труда по сравнению с обработкой таких деталей методом резания и уменьшается расход металла на 30-50%.

В качестве исходной заготовки для прокатки используется круглый пруток, который рубится на штучные или сдвоенные заготовки.

Заготовки, полученные методом поперечно-клиновой прокатки, является прокатка цилиндрических поверхностей плоским клином инструментом в открытых калибрах. Инструментом служат плоские клинообразные элементы, устанавливаемые на плиты поперечно-клиновых машин, работающих в автоматическом режиме. Штучные заготовки укладываются поперек заходной части на поддерживатель инструмента. Оба инструмента, перемещаясь навстречу друг другу, синхронно и параллельно внедряются в заготовку, вызывая ее вращение. Инструменты имеют боковые наклонные деформирующие грани формообразующего участка М, которые заставляют вращаться избыток металла по направлению к торцам, тем самым удлиняя заготовку. На участке захвата А клин внедряется в заготовку и образует на ней кольцеобразную канавку, которая затем расширяется благодаря воздействию наклонной боковой грани М расположенной под углами α и заострения β . На участке прокатки и калибровки Б на мостике К происходит калибровка деформирующего материала по мере его выхода с наклонной на калибрующую плоскость мостика.

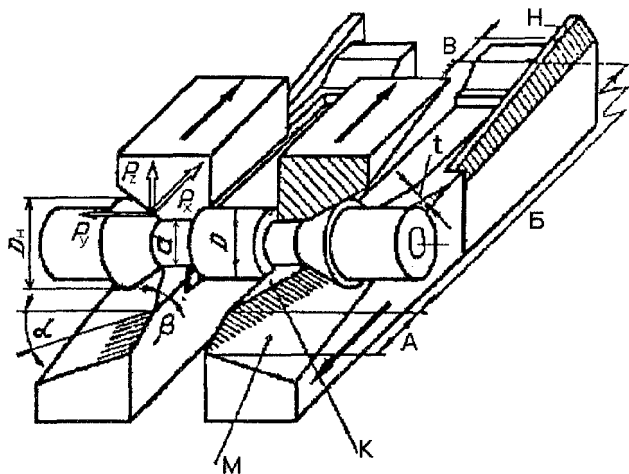


Рис.4.1 Схема процесса поперечно-клиновой прокатки

Участок В обеспечивает плавный выход заготовки из контакта с клиньями. При прокатке заготовки образуются концевые отходы или избытки металла, которые удаляются отрезными ножами Н, установленными по обе стороны инструмента. После отрезки прибылей заготовка поступает в сборник готовой продукции, а подвижный инструмент возвращается в исходное положение. Перед прокаткой исходные штучные заготовки нагреваются ТВЧ до 1000-1200 °С.

Устойчивое вращение заготовки в процессе прокатки обуславливается правильным выбором степени обжатия ε и величиной углов α , β инструмента.

$$\varepsilon = \frac{d_o^2}{d_{pi}^2}, \quad (4.1)$$

где d_o - диаметр исходной заготовки, мм;

d_{pi} - диаметр заготовки после обжатия, мм.

Предельная степень обжатия заготовки за один проход $[\varepsilon]=2$.

Углы клинового инструмента, обеспечивающего вращение заготовки без проскальзывания, должны находиться в пределах: $\alpha=15-45^\circ$, $\beta=3-15^\circ$.

При поперечно-клиновой прокатке возможны следующие погрешности.

К технологическим погрешностям относятся:

1. Смятие при выходе прокатных деталей из контакта с инструментом;
2. Искривление оси детали;
3. Конусность ступеней вала;
4. Огранка поперечного сечения;
5. Смещение заготовки в процессе прокатки.

Смятие прокатываемых заготовок происходит по двум причинам: из-за отступления на инструменте плавного выхода (уклона), обеспечивающего постепенное ослабление контакта между прокатываемой заготовкой и инструментом, и проскальзыванием одного инструментов относительно заготовки. Последнее обстоятельство может быть причиной характерного для клиновой прокатки вида брака- недоката.

Причинами искривления оси заготовки являются: перекос заготовки в момент захвата; ее проскальзывание в процессе прокатки; скручивание отдельных сечений из-за различных радиусов качения и др.

Конусность прокатываемых участков и огранка поперечного сечения заготовок объясняется клиновой конструкцией инструмента и зависят от его геометрических параметров.

Смещение заготовки в процессе прокатки происходит из-за неравномерного нагрева концевых участков заготовки, неидентичности геометрического выполнения клиновых элементов и шероховатости поверхностей, непараллельности установки клинового инструмента и др. Смещение заготовки при прокатке ступенчатых деталей приводит к зарезанию торцовых поверхностей ступеней и образованию характерного вида брака- поперечного заката.

Анализ качества заготовок, полученных методом поперечно-клиновой прокатки

Путем внешнего осмотра заготовки (визуально) определяется: смятие, недокат, смещение заготовки и поперечный закат.

Искривление оси детали определяется путем измерения радиального биения ступеней вала, установленного в призмах, с помощью индикатора часового типа.

Конусность ступеней заготовки измеряется следующим образом. С помощью штангенциркуля с ценой деления 0,05 мм замеряют диаметры шейки вала в двух крайних сечениях и расстояние между сечениями. Затем по формуле вычитают конусность.

Огранку измеряют с помощью индикатора часового типа на отдельных ступенях за-

готовки, установленной на призму с углом 90° . Индикатор часового типа закрепляется на стойке. Деталь устанавливается на призму ступенью, на которой определяется огранка.

Измеренные значения линейных размеров, погрешностей формы кривизны и др. затем необходимо сопоставить с техническими требованиями чертежа заготовки.

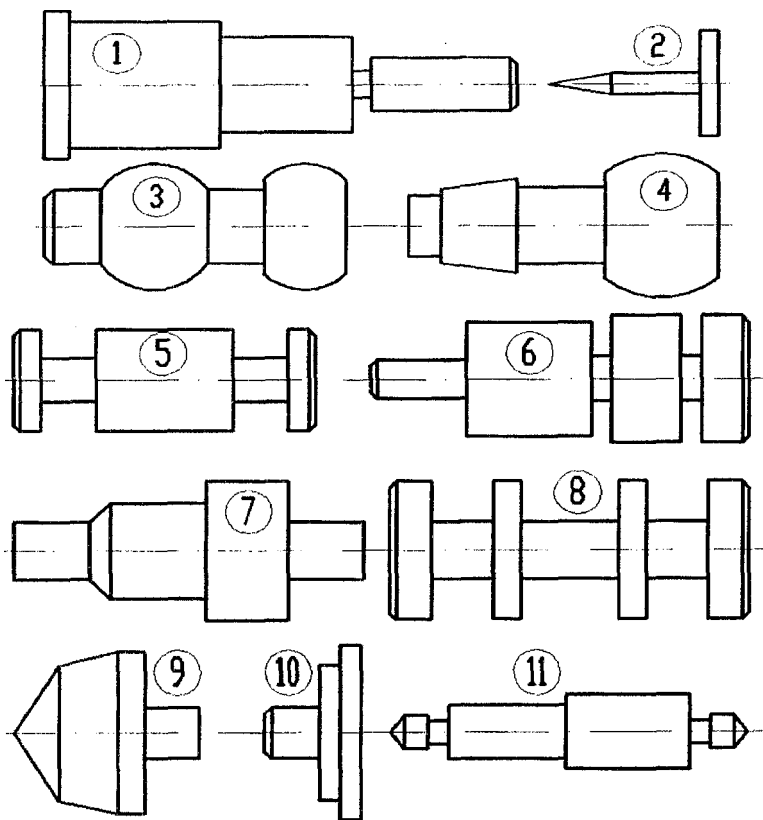


Рисунок 4.2- Детали, получаемые методом поперечно-клиновой прокатки

Проектирование чертежа заготовки

Чертеж заготовки составляется на основании чертежа готовой детали. На поверхности детали назначаются припуски, допуски, радиусы скруглений углов, напуски. Устанавливаются технические требования к заготовке. Точность размеров заготовки, полученной поперечно-клиновой прокаткой, обычно соответствует 2-му классу по ГОСТ 7505-74.

Номинальные размеры прокатной заготовки получают путем прибавления к наибольшим предельным размерам готовой детали припусков $2Z$ для диаметральных размеров и Z для остальных. Значения припусков на сторону Z приведены в табл. 4.1

На торцах заготовки, оформляемых отрезными ножами клинообразного инструмента, необходимо предусматривать выступы высотой до 1 мм.

Радиусы скруглений внешних и внутренних углов заготовки назначаются по табл. 4.2

Таблица 4.1 - Радиусы скруглений углов прокатанных заготовок 2-го класса точности по ГОСТ 7505-74

Масса прокатанной заготовки, кг	Номинальные радиусы скругления углов, мм	
	Внешних	Внутренних
0,25-0,63	0,8	1,1
0,63-1,6	1,0	1,5
1,6-2,5	1,2	1,9
2,5-4,0	1,5	2,2
4,0-6,3	1,5	2,2
6,3-10,0	1,7	2,6
св. 10,0	1,7	2,6

Концевые канавки целесообразно прокатывать при ширине, превышающей 8 мм.

На номинальные диаметральные размеры прокатной заготовки назначаются верхние отклонения es и нижние отклонения ei .

$$\begin{aligned} es &= es_{U1} + es_{U2} + es_p + es_i, \\ ei &= ei_{U2} + ei_i, \end{aligned} \quad (4.2)$$

где es_{U1} – отклонение на износ рабочего инструмента, мм;

es_{U2} – отклонения, учитывающие погрешность изготовления рабочего инструмента;

es_p – отклонения от параллельности опорных (под инструмент) поверхностей поперечно- клиновой машины;

es_i, ei_i – отклонения по температурному интервалу, учитывающее усадку инструмента.

Допустимые отклонения номинальных продольных размеров – верхнее es_i и нижнее ei_i – определяется по формулам:

$$\begin{aligned} es &= es_{U1} + es_{U2} + es_i, \\ ei &= ei_{U2} + ei_c + ei_i, \end{aligned} \quad (4.3)$$

где ei_c – отклонение, учитывающее взаимное смещение клинового инструмента вдоль оси заготовки.

Отклонения номинальных размеров заготовок по отдельным элементам приведены в табл. 4.3, 4.4. Приведенные выше зависимости для определения верхних и нижних отклонений продольных размеров распространяется на все «внешние» размеры. Для «внутренних» продольных размеров отклонения рассчитываются по этим зависимостям, но принимаются затем с обратным знаком.

Допуски на кривизну и коробление заготовки см. табл.4.3

Таблица 4.2- Припуски на механическую обработку на сторону заготовки, получаемые методом поперечно-клиновой прокатки для деталей с шероховатостью Ra 80...20 мкм

Масса прокатанной заготовки, кг	Диаметр заготовки, мм		Длина прокатанной заготовки, мм							
	До 50	Св.50 до 120	До 50	Св.50 до 120	Св.120 до 180	Св.180 до 260	Св.260 до 360	Св.360 до 500	Св.500 до 630	Св.630 до 800
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
До 0,25	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3
Св.0,25-0,63	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5
0,63-1,60	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6
1,60-2,50	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7
2,50-4,00	0,8	0,9	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9
4,00-6,30	1,0	1,1	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1

Продолжение таблицы 4.2

6,30-10,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2
10,0-16,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3

Примечание: при меньшей шероховатости обрабатываемых поверхностей к припускам прибавляют:

- а) при шероховатости Ra 10...2,5 – 0,3...0,5 мм
- б) при шероховатости Ra 1,25 и менее - 0,5...0,8 мм

Таблица 4.3 - Отклонения размеров заготовок, получаемых поперечно-клиновой прокаткой по 2-му классу точности ГОСТ 7505-74 (определяемые по массе заготовки), мм

Масса прокатанной заготовки, кг	es_{U1}	es_p	ei_c
1	2	3	4
0,25-0,63	+0,38	+0,06	-0,15
0,63-1,6	+0,47	+0,1	-0,2
1,6-2,5	+0,6	+0,1	-0,2
2,5-4,0	+0,67	+0,2	-0,3
4,0-6,3	+0,75	+0,2	-0,3
6,3-10,0	+0,82	+0,2	-0,3
10,0-16,0	+0,9	+0,2	-0,3

Таблица 4.4 - Отклонения размеров заготовок, получаемых поперечно-клиновой прокаткой по 2-му классу точности ГОСТ 7505-74 (определяемые по размерам заготовки), мм

Диаметр или длина	es_i	ei_i	es_{U2}	ei_{U2}	Кривизна
1	2	3	4	5	6
До 50	+0,06	-0,05	+0,05	-0,05	0,3
50-120	+0,12	-0,12	+0,07	-0,07	0,4
120-180	+0,18	-0,18	+0,08	-0,08	0,5
180-260	+0,25	-0,25	+0,09	-0,09	0,6
260-380	+0,36	-0,36	+0,1	-0,1	0,8
380-500	+0,5	-0,5	+0,12	-0,12	1,0
500-630	+0,63	-0,63	+0,14	-0,14	1,2
630-800	+0,8	-0,8	+0,15	-0,15	1,5

В технических требованиях при оформлении чертежа заготовки необходимо указать: твердость HB, класс точности заготовки, допустимые значения огранки и конусности шеек вала, кривизны. Следует также указать на недопустимость смятия, недоката, смещения и поперечного заката (по примеру выданного студенту, для анализа качества, чертежа заготовки). Значения допустимых огранки и конусности можно, в зависимости от габаритов заготовки, принимать 0,2-0,6 мм.

Расчет размеров прутка под прокатку заготовки

Расчет размеров прутка под прокатку (т.е. исходной заготовки) выполняется в два этапа.

1. Определяется расчетный диаметр прутка d_p по наибольшему диаметру заготовки, полученной методом поперечно-клиновой прокатки

$$d_p = d_{max} + es_{d_{max}}, \quad (4.4)$$

где d_{max} – номинальное значение наибольшего диаметра прокатанной заготовки;

$es_{d_{max}}$ – верхнее отклонение этого диаметра.

Номинальный диаметр прутка d_o выбирается из сортамента по ГОСТ 2590-71, как ближайшее большее значение по отношению к d_p . При этом должно выполняться условие

$$d_{max} + ei_{d_{max}} \leq \frac{d_o - ei_{d_o}}{K_y}, \quad (4.5)$$

где $ei_{d_{max}}$ – нижнее отклонение наибольшего диаметра прокатанной заготовки;

ei_{d_o} – нижнее отклонение диаметра прутка;

K_y – коэффициент, учитывающий угар металла при нагреве прутка под прокатку, равный 1,01.

2. Номинальный размер прутка по длине L_o определяется по формуле:

$$L_o = 1.27 \times \frac{V_o}{(d_o - 0.5 \times ei_{d_o})^2} \quad (4.6)$$

Объем V_o прутка вычисляется по формуле:

$$V_o = K_y \times V_{п.з.} \times V_K, \quad (4.7)$$

где $V_{п.з.}$ – объем прокатанной заготовки, подсчитанный по наибольшим предельным размерам;

V_K – объем концевых отходов, определяемый по формуле:

$$V_K = 0.75 \pi (K_{h1} \times d_{K1}^3 + K_{h2} \times d_{K2}^3), \quad (4.8)$$

где d_{K1}, d_{K2} – диаметры концевых элементов изделия, мм;

K_{h1}, K_{h2} – коэффициенты, определяемые по графику рис. 4, для каждого торца заготовки, (для $\alpha = 20^\circ$).

Допуск на длину прутка принимается равным 2 мм, т.е. $\pm 1,0$ мм.

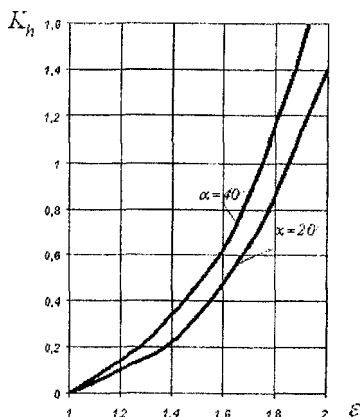


Рисунок 4.3 - График зависимости коэффициента K_h от степени обжатия, заготовки ε и угла наклона α деформируемой грани клиновидного инструмента

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить чертеж заготовки, выданный для анализа ее качества. Ознакомиться с техническими требованиями на ее изготовление.
2. Произвести анализ качества заготовки путем сопоставления измеренных параметров заготовки с заданными.
3. Изучить чертеж детали, выданной для разработки чертежа прокатанной заготовки.
4. Определить степень обжатия заготовки на каждой ступени.
5. Назначить припуски на токарную обработку заготовки.
6. Рассчитать отклонения на диаметральные и продольные размеры.
7. Сформулировать технические требования на получение заготовки.
8. Выполнить чертеж заготовки в соответствии с требованиями ГОСТа.
9. Рассчитать размеры прутка для прокатки заготовки.
10. Составить отчет.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название работы, задание и необходимая оснастка.
2. Эскиз заготовки анализируемого типа-размера с указанием контролируемых размеров, параметров и технических требований.
3. Таблица измеренных значений анализируемых размеров (параметров).
4. Выводы о соответствии параметров заготовки заданным.
5. Чертеж спроектированной заготовки, оформленной по ГОСТу.
6. Результаты расчета припусков и предельных отклонений размеров.
7. Эскиз прутка для прокатки и его объем.
8. Коэффициент использования материала.
9. Выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сущность процесса поперечно-клиновой прокатки и его значение.
2. Допустимая степень обжатия заготовки за один проход.
3. Как рассчитываются отклонения на размеры заготовки?
4. Как назначаются припуски на диаметральные и продольные размеры?
5. Как рассчитать размеры прутка под прокатку?
6. Как определяется объем прутка под прокатку?
7. Какие виды технологического брака характерны для прокатки заготовок и методы его обнаружения?
8. Как определяется объем концевых отходов металла при прокатке?
9. Как изменяется огранка, кривизна и конусность заготовки?
10. Как рассчитывается коэффициент использования материала?

Литература

1. Клушин В.А., Макушов Е.М., Шукин В.Я. Совершенствование поперечно-клиновой прокатки. – Мн.: Наука и техника, 1980. - 280 с.
2. Методические рекомендации. Расчет технологических процессов и проектирование инструмента поперечно-клиновой вальцовки. - Воронеж: ЭНИКМАШ, 1976. - 99с.

Учебное издание

Составители: Левданский Алексей Маратович,
Кудрицкий Ярослав Владимирович.

СБОРНИК МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ

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

Ответственный за выпуск: Левданский А. М.

Редактор: Строкач Т. В.

Компьютерная вёрстка: Кармаш Е.Л.

Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано к печати 21.05. 2007. Формат 60х84 1/16. Бумага «Снегурочка». Усл. п. л. 3,95.
Уч. изд. 4,25. Тираж 100 экз. Заказ №543. Отпечатано на ризографе учреждения
образования «Брестский государственный технический университет». 224017,
Брест, ул. Московская, 267

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА МАШИНОВЕДЕНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

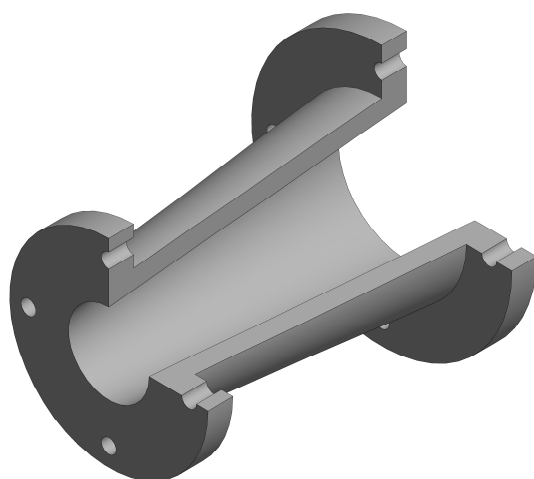
к выполнению лабораторной работы на тему

**«Разработка отдельных этапов производства
отливок в песчаных формах»**

по дисциплине

«Технология конструкционных материалов»

для студентов машиностроительных специальностей



Брест 2023

Методические указания предназначены для обеспечения помощи студентам специальностей 6-05-0714-02 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» (профилизации – «Технологическое оборудование машиностроительного производства», «Технология машиностроения»), 6-05-0715-07 «Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин и комплексов» (профилизации – «Техническая эксплуатация автомобилей», «Автосервис»), 6-05-0714-04 «Технологические машины и оборудование» при выполнении и защите лабораторной работы «Разработка отдельных этапов производства отливок в песчаных формах» по дисциплине «Технология конструкционных материалов».

В методических указаниях приведена методика выполнения работы, варианты индивидуальных заданий, справочные таблицы.

Методические указания обсуждены и одобрены на заседании кафедры машиноведения и рекомендованы к изданию.

Составители: Литвинович А. Н., ассистент
Мирошниченко И. А., старший преподаватель

Рецензент: Кухарук Е. С., гл. инженер ООО «Завод АллуАр»

СОДЕРЖАНИЕ

Цель работы	4
Задание.....	4
Методика выполнения работы	5
1 Выбор положения отливки в форме	5
2 Назначение допусков и припусков на механическую обработку отливки	6
3 Назначение формовочных уклонов модели.....	7
4 Нанесение припусков и уклонов на эскиз детали	8
5 Окраска и маркировка модельного комплекта.....	8
6 Выбор контура литейных стержней и знаковых частей.....	8
7 Проектирование и расчет литниковой системы.....	9
8 Определение размеров и конструкции литейной формы.....	12
Исходные данные	15
Контрольные вопросы.....	16
Литература	18
Приложения	19

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является разработка отдельных этапов технологического процесса изготовления отливки в разовой песчано-глинистой литейной форме.

ЗАДАНИЕ

В соответствии с вариантом индивидуального задания (рисунок 1, таблица 3) необходимо разработать этапы технологического процесса получения отливки будущей детали в виде пустотелого усеченного конуса с фланцами литьем в песчано-глинистую разовую форму.

При оформлении отчета по лабораторной работе необходимо произвести следующие действия:

1) выполнить таблицу с исходными данными для заданного варианта. Начертить рисунок 1 с подстановкой заданных размеров. Расшифровать все обозначения, присутствующие на рисунке;

2) определить степень точности поверхности, ряд припуска. Начертить таблицу 1 и заполнить ее;

3) назначить формовочные уклоны модели, занести данные в таблицу 2;

4) начертить рисунок 4. Нанести на него найденные припуски и уклоны;

5) определить цвет модельного комплекта (для деревянных моделей);

6) определить длину знака l ; зазоры S_1 , S_2 , S_3 ; формовочные уклоны знаковых частей стержня и нанести их на рисунок 5;

7) рассчитать литниковую систему;

8) определить минимальные размеры опок, округлить их в большую сторону до стандартных значений. Начертить эскиз литейной формы в сборе (рисунок 8).

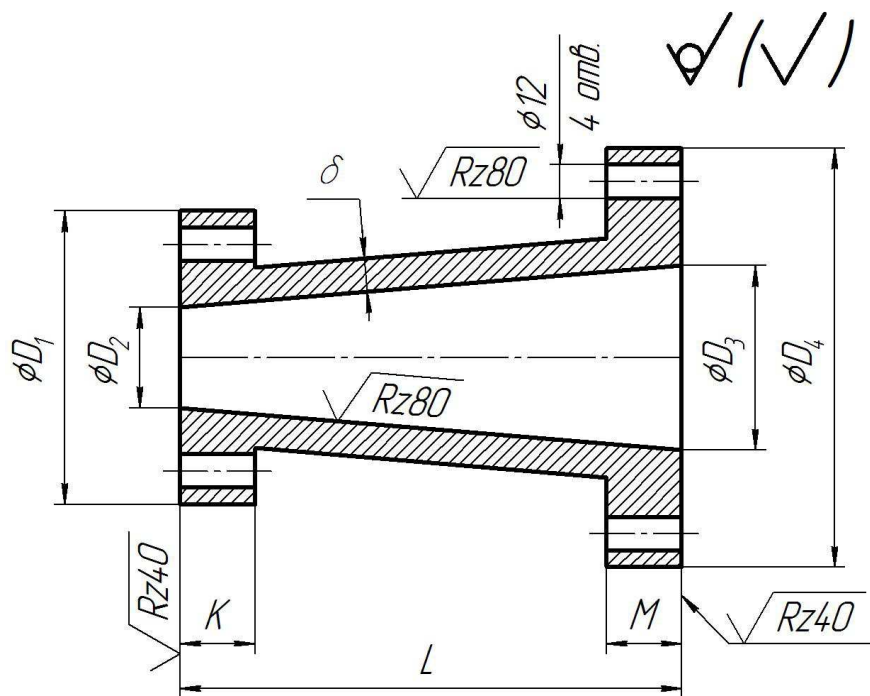


Рисунок 1 – Эскиз детали

Обозначения на рисунке:

- $\sqrt{Rz\ 40}$ – шероховатость поверхности;
- (✓) – «остальные поверхности» (шероховатость которых на чертеже не указана);
- ✓ – поверхности, обозначенные этим знаком, механической обработке не подлежат и их шероховатость соответствует обеспечиваемой данным способом литья;
- ✓(✓) – «остальные поверхности» (шероховатость которых на чертеже не указана), механической обработке не подлежат и их шероховатость соответствует обеспечиваемой данным способом литья.

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

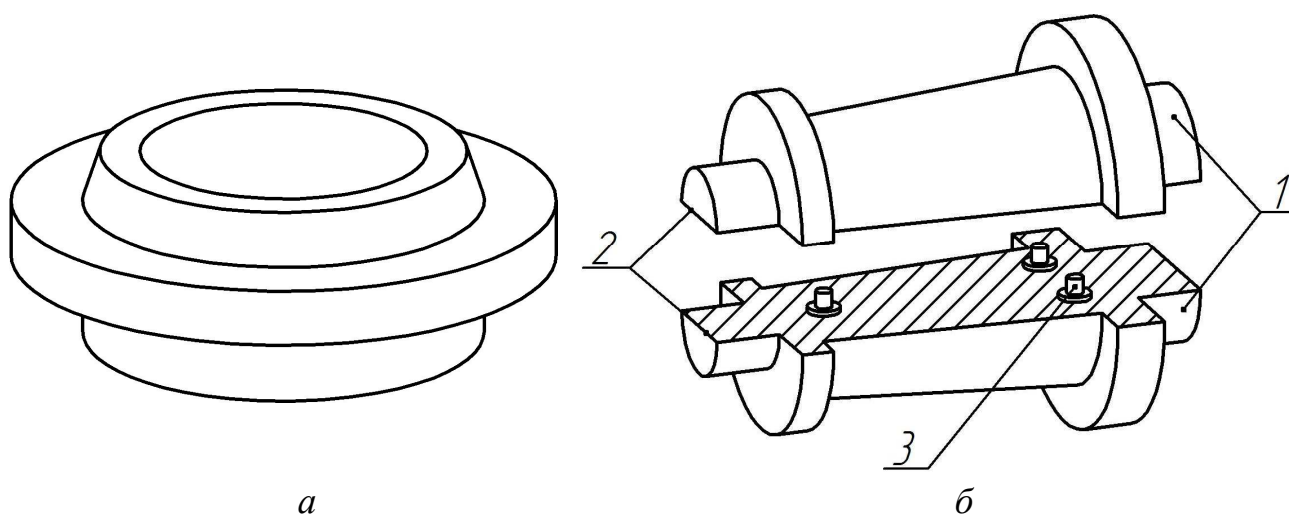
1 Выбор положения отливки в форме

Разработку технологии получения отливки следует начинать с изучения чертежа и выявления ответственных частей детали. Ответственные обрабатываемые поверхности детали желательно располагать в литейной форме внизу или вертикально. Выбирая положение, следует учитывать, что наиболее массивные части отливки или преобладающая ее часть должны располагаться в нижней части литейной формы.

Литейная форма – система элементов (опок, формовочной смеси, стрежней), образующих рабочую полость, при заливке которой жидким металлом формируется отливка.

Для изготовления отливки необходим ее прообраз – литейная модель.

Литейная модель – элемент для образования в литейной форме отпечатка, соответствующего конфигурации и размерам отливки. Учитывая сложность отливки, модель изготавливают разъемной (рисунок 2б) или неразъемной (рисунок 2а). Разъемная модель может состоять из двух или более частей.



а – неразъемная; б – разъемная;
1, 2 – знаки; 3 – шипы для крепления частей модели

Рисунок 2 – Виды моделей

На эскизе детали плоскость разреза модели (М) и формы (Ф) показывают отрезком или ломаной штрихпунктирной линией, заканчивающейся знаком $\times \rightarrow \times$, над которой указывают буквенное обозначение разреза – МФ (рисунок 4). Направление разреза показывают сплошной основной линией, ограниченной стрелками и перпендикулярной линией разреза.

При применении неразъемных моделей указывают только разрезы формы – Ф (рисунок 3). Положение отливки в форме обозначают буквами В (верх) и Н (низ). Буквы проставляют у стрелок, показывающих направление разреза формы.

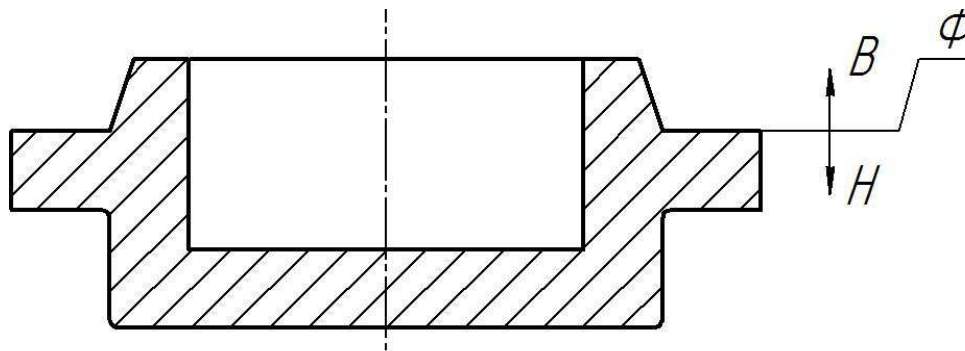


Рисунок 3 – Эскиз неразъемной модели

2 Назначение допусков и припусков на механическую обработку отливки

После выбора положения отливки в форме на чертеж детали наносят припуски на механическую обработку отливки и формовочные уклоны.

Припуск – это слой металла, срезаемый при механической обработке с целью получения заданного размера и требуемой шероховатости.

Допуск – это интервал, в котором должны находиться размеры получаемой поверхности.

Данные, необходимые для построения чертежа отливки, сводятся в таблицу 1.

Таблица 1 – Данные для построения чертежа отливки

Размер детали, мм	Шероховатость поверхности, мкм	Допуск размеров, мм	Общий припуск, мм	Размер отливки, мм
$D_1 =$	–	D_1	–	$D_{1л} = D_1$
$D_2 =$	80	D_2	$2 \cdot P_3 \leftarrow$	$D_{2л} = D_2 - 2 \cdot P_3$
$D_3 =$	80	D_3	$\leftarrow 2 \cdot P_3 \rightarrow$	$D_{3л} = D_3 - 2 \cdot P_3$
$D_4 =$	–	D_4	–	$D_{4л} = D_4$
$K =$	–	D_5	$P_6 \leftarrow$	$K_{л} = K + P_6$
$L =$	40	D_6	$2 \cdot P_6 \rightarrow$	$L_{л} = L + 2 \cdot P_6$
$M =$	–	D_7	$P_6 \leftarrow$	$M_{л} = M + P_6$
$\delta =$	–	D_8	$\rightarrow P_3$	$\delta_{л} = \delta + P_3$

Примечание – обозначения, вписанные в ячейки столбцов № 3–5, студентом в отчет не вносятся, они необходимы для пояснения методики их заполнения.

Допуски линейных размеров $D_1...D_8$ зависят от номинальных размеров детали и классов точности размеров (таблица 3 в приложении).

Общий припуск на механическую обработку определяется по величине допуска размеров отливки, виду окончательной обработки и величине ряда припуска (таблица 5 в приложении). Вид окончательной обработки зависит от конфигурации обрабатываемой поверхности (наружная или внутренняя цилиндрическая, плоскость), ее шероховатости и метода обработки (таблица 4 в приложении).

Для определения ряда припуска (таблица 2 в приложении) необходимо найти степень точности поверхности (таблица 1 в приложении).

Значения припусков P_3 и P_6 находятся по значениям допусков D_3 и D_6 соответственно. У размеров D_2 , D_3 и L значения припусков умножаются на двойку, т. к. их значения в приложении даются на одну сторону.

Припуск в последующем будет удален механической обработкой со снятием стружки, например, на токарных, фрезерных, строгальных и т. п. станках.

Мелкие отверстия, впадины и т. п., невыполняемые при литье, на чертеже отливки перечеркиваются сплошной тонкой линией (это напуск).

3 Назначение формовочных уклонов модели

Формовочные уклоны модельного комплекта вертикальных поверхностей предназначены для свободного извлечения модели из песчаной смеси после формования и литейных стержней из стержневых ящиков. Они регламентированы ГОСТом 3212-92. При применении песчано-глинистых смесей уклоны назначают в зависимости от типа модели и формы, а также от высоты формообразующей поверхности (таблица 6 в приложении).

В зависимости от требований, предъявляемых к поверхности отливки, формовочные уклоны следует выполнять:

- на обрабатываемых поверхностях отливки сверх припуска на механическую обработку за счет увеличения размеров отливки;
- на необрабатываемых поверхностях отливки за счет увеличения или уменьшения размеров отливки.

Данные по литейным уклонам сводятся в таблицу 2.

Таблица 2 – Определение формовочных уклонов

Высота основной формообразующей поверхности, мм	Формовочный уклон
$\frac{D_{1л}}{2} =$	$\gamma_1 =$
$\frac{D_{4л}}{2} =$	$\gamma_2 =$
$\frac{D_{1л}}{2} - \frac{D_{2л}}{2} - \delta_л =$	$\gamma_3 =$
$\frac{D_{4л}}{2} - \frac{D_{3л}}{2} - \delta_л =$	$\gamma_4 =$

4 Нанесение припусков и уклонов на эскиз детали

Припуски на механическую обработку на чертеже изображают сплошной тонкой линией, параллельной обрабатываемой поверхности. Величину припуска на механическую обработку указывают цифрой (в мм) перед знаком шероховатости детали. Формовочные уклоны и припуски проставляются на эскизе детали (рисунок 4).

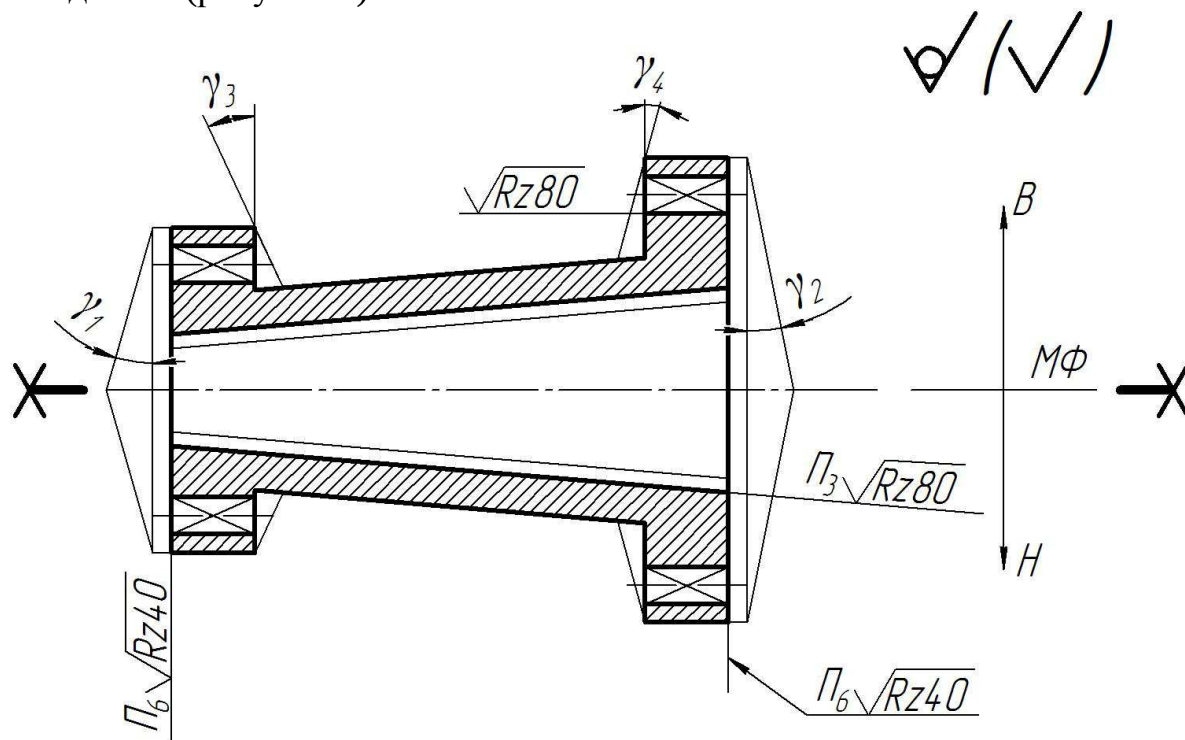


Рисунок 4 – Эскиз детали с обозначением припусков и уклонов

5 Окраска и маркировка модельного комплекта

Для предохранения деревянных моделей и стержневых ящиков от набухания и предотвращения прилипания к ним формовочных и стержневых смесей их покрывают различными красками. Цвет краски показывает назначение комплекта (для отливок из чугуна – красный, стали – серый, цветных сплавов – желтый). По краске основного цвета наносят различные условные обозначения и маркировку модельного комплекта.

6 Выбор контура литейных стержней и знаковых частей

Литейные стержни предназначены для формирования полости в отливке или в отдельных ее частях. Мелкие же отверстия, пазы и выемки получают при последующей механической обработке сверлением, точением, строганием, фрезерованием. Стержни повторяют конфигурацию внутренней полости отливки, имеют знаковые части (знаки), с помощью которых они закрепляются в литейной форме (см. рисунок 2б). Размеры знаков и зазоры между ними и формой S_1, S_2, S_3 определяются по ГОСТу 3212-92. Длина знака l определяется в зависимости от диаметра стержня (принимается равным большему диаметру $D_{3л}$), типа формы (сырая, сухая, твердеющая в контакте с оснасткой) и длины стержня (равна длине отливки L_n) (таблица 7 в приложении).

Формовочные уклоны знаковых частей определяются в зависимости от высоты знака и расположения в форме (таблица 8 в приложении). Зазоры между знаковыми поверхностями формы и стержня назначают в зависимости от высоты знака, длины стержня и типа модельного комплекта (таблица 9 в приложении), который зависит от класса точности модельного комплекта (таблица 10 в приложении) и типа модели.

Стержни в разрезе штрихуют только у контурных линий (рисунок 5).

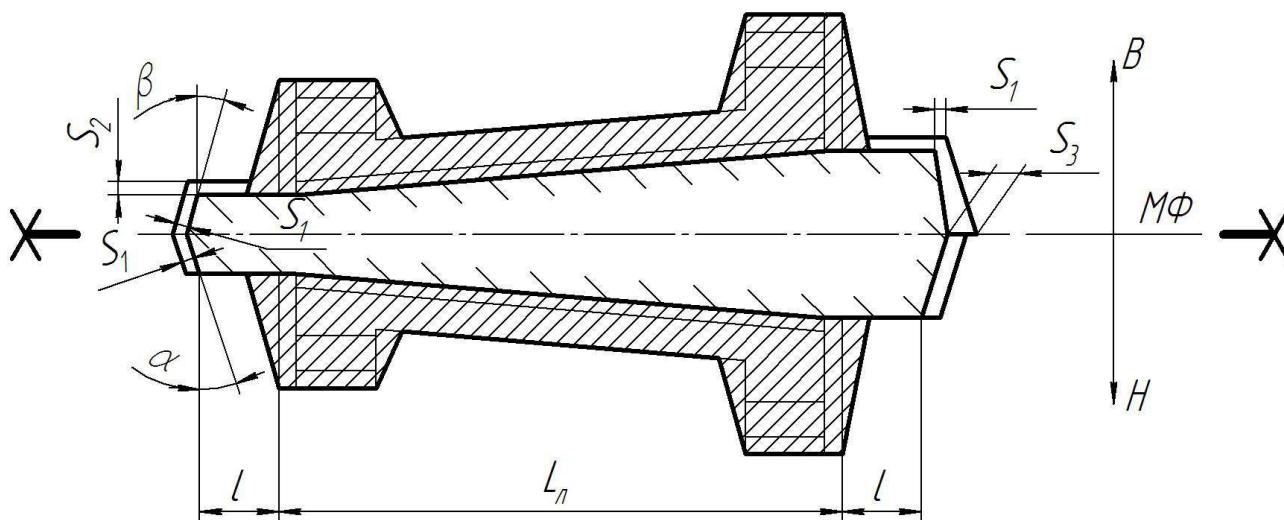


Рисунок 5 – Эскиз отливки с литейным стержнем

7 Проектирование и расчет литниковой системы

Литниковая система – это система каналов и устройств для подвода в определенном режиме жидкого металла в полость литейной формы, для отделения неметаллических включений и обеспечения питания отливки при затвердевании. Она включает, как правило, следующие элементы:

стояк – вертикальный канал, соединяющий литниковую чашу (или воронку) со шлакоуловителем;

шлакоуловитель – горизонтальный трапециевидальный канал, соединяющий стояк с питателями и задерживающий шлак и неметаллические включения;

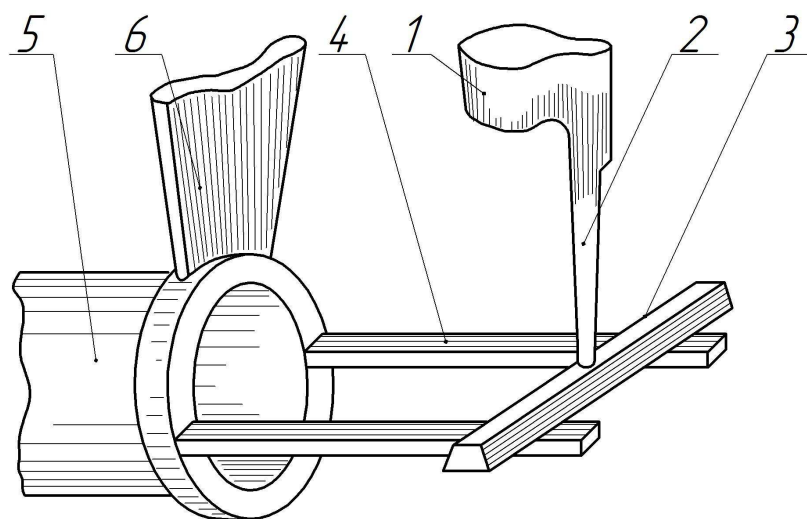
питатель – горизонтальный канал, соединяющий шлакоуловитель с полостью формы;

выпор – вертикальный канал, расположенный в самой верхней части полости формы, служащий для вывода газов из формы, а также для наблюдения за ходом заливки;

прибыль – элемент системы, служащий для питания отливки жидким металлом в период затвердевания и усадки;

литниковая чаша (воронка) – элемент системы для приема жидкого металла и его направления в стояк или непосредственно в форму.

Элементы литниковой системы показаны на рисунке 6.



1 – чаша; 2 – стояк; 3 – шлакоуловитель; 4 – питатель; 5 – отливка; 6 – прибыль
Рисунок 6 – Элементы литниковой системы

После выбора типа литниковой системы (бывает горизонтальная, вертикальная, верхняя, дождевая, сифонная) и места подвода металла к отливке рассчитывают площади поперечных сечений и определяют размеры элементов литниковой системы из условия заполнения формы за оптимальное время τ , рассчитываемое по формуле, с:

$$\tau = S \cdot \sqrt[3]{\delta_{\text{л}} \cdot G}, \quad (1)$$

где S – коэффициент, учитывающий жидкотекучесть сплава и тип литниковой системы (для сталей $S = 1,4$; для чугуна $S = 2$) [2];

$\delta_{\text{л}}$ – преобладающая или средняя толщина стенки отливки, мм;

G – масса расплава, приходящегося на отливку в форме, кг.

Параметр G может быть определен по формуле, кг:

$$G = G_{\text{чЕРН}} + G_{\text{ПРИБ}} + G_{\text{Л.С.}}, \quad (2)$$

где $G_{\text{чЕРН}}$ – черновая масса отливки, равная сумме масс детали и припусков на механическую обработку, кг;

$G_{\text{ПРИБ}}$ – масса прибылей на отливку, кг;

$G_{\text{Л.С.}}$ – масса литниковой системы, кг.

Черновая масса отливки $G_{\text{чЕРН}}$ определяется по формуле, кг:

$$G_{\text{чЕРН}} = V_{\text{отл}} \cdot \rho, \quad (3)$$

где $V_{\text{отл}}$ – объем отливки, м^3 ;

ρ – плотность сплава, $\text{кг}/\text{м}^3$ ($\rho_{\text{стали}} = 7700 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\rho_{\text{чугуна}} = 7000 \text{ кг}/\text{м}^3$).

Объем отливки $V_{\text{отл}}$ удобно определить, разбив его на простые геометрические объемы, м^3 :

$$V_{\text{отл}} = (V_1 + V_2 + V_3 - V_4) \cdot 10^{-9}, \quad (4)$$

где V_1 – объем левого фланца, мм^3 ;

V_2 – объем правого фланца, мм^3 ;

V_3 – объем центральной части отливки, мм^3 ;

V_4 – объем сквозного отверстия отливки, мм^3 .

Формулы для расчета $V_1 \dots V_4$:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D_{1л}^2}{4} \cdot K_л; \quad (5)$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot D_{4л}^2}{4} \cdot M_л; \quad (6)$$

$$V_3 = \frac{\pi}{3} \cdot (L_л - K_л - M_л) \cdot$$

$$\cdot \left[\left(\frac{D_{2л}}{2} + \delta_л \right)^2 + \left(\frac{D_{3л}}{2} + \delta_л \right)^2 + \left(\frac{D_{2л}}{2} + \delta_л \right) \cdot \left(\frac{D_{3л}}{2} + \delta_л \right) \right];$$

$$V_4 = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot L_л \cdot \left[\left(\frac{D_{2л}}{2} \right)^2 + \left(\frac{D_{3л}}{2} \right)^2 + \frac{D_{2л}}{2} \cdot \frac{D_{3л}}{2} \right]. \quad (8)$$

Масса прибылей определяется по формуле, кг:

$$G_{\text{ПРИБ}} = V_{\text{ПРИБ}} \cdot \rho. \quad (9)$$

Объем прибылей можно определить по методу И. Пржибыла, который применим для многих литейных сплавов. Более надежные результаты он дает в случае образования концентрированных усадочных раковин, например, при изготовлении отливок из стали, высокопрочного чугуна и т. д, м³:

$$V_{\text{ПРИБ}} = \frac{\beta \cdot \varepsilon_V}{1 - \beta \cdot \varepsilon_V} \cdot V_{\text{отл}}, \quad (10)$$

где β – отношение объема прибыли к объему усадочной раковины ($V_{\text{ПРИБ}}/V_p$, для прибылей с атмосферным давлением в усадочной раковине $\beta = 9...10$);

ε_V – часть объемной усадки сплава, принимающая участие в формировании усадочной раковины (для сталей и высокопрочного чугуна $\varepsilon_V = 0,045$, для ковкого чугуна $\varepsilon_V = 0,03$).

Т. к. серый чугун имеет высокие литейные свойства, это позволяет получать отливки в песчаных формах, как правило, без прибылей ($V_{\text{ПРИБ}} = 0$) [7].

$G_{\text{л.с.}}$ принимается равной 3...10 % от ($G_{\text{ЧЕРН}} + G_{\text{ПРИБ}}$). При этом большая величина выбирается для мелких отливок (до 100 кг).

Общую площадь сечений питателей $F_{\text{п}}$ определяют в зависимости от способа заливки металла в форму. Например, при заливке из поворотных ковшей $F_{\text{п}}$ определяется по формуле, см²:

$$F_{\text{п}} = \frac{10000 \cdot G}{\mu \cdot \tau \cdot \rho \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_{\text{ср}}}}, \quad (11)$$

где μ – общий коэффициент расхода в литниковой системе (таблица 11 в приложении);

g – ускорение свободного падения, м/с²;

$H_{\text{ср}}$ – средний гидростатический напор, определяемый по формуле, м:

$$H_{\text{ср}} = \left(H_{\text{ст}} - \frac{h_{\text{в}}^2}{2 \cdot h_0} \right) \cdot 10^{-3}, \quad (12)$$

где $H_{\text{ст}}$ – высота стояка от уровня чаши до питателя ($H_{\text{ст}} = h_{\text{в}} + \geq l_1$), мм;

h_B – высота части отливки от питателя до ее самой высокой точки ($h_B = D_{4Л}/2$), мм;

l_1 – расстояние от верха модели до верха опоки (таблица 14 в приложении), мм;

h_0 – общая высота отливки ($h_0 = D_{4Л}$), мм.

Все обозначения приведены на рисунке 7.

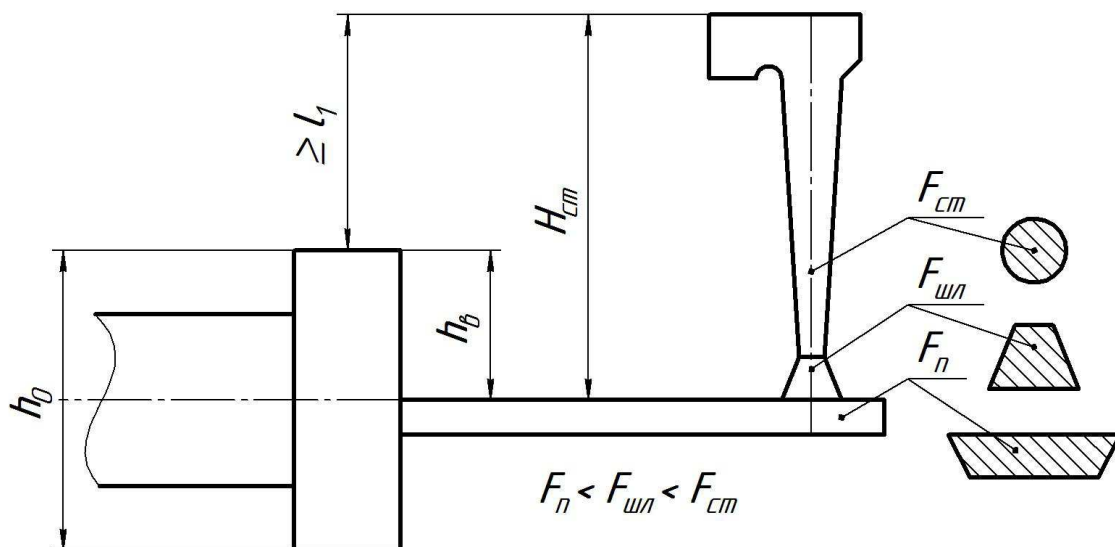


Рисунок 7 – Схема к расчету среднего гидростатического напора

После нахождения общей площади питателей F_{Π} необходимо принять площадь одного питателя. Для этого нужно $F_{\Pi} / 2$, т. к. для заданной отливки применяется два питателя (см. рисунок 6), затем полученное значение округлить к ближайшей большей площади по таблице 12 в приложении. После этого принимают окончательную общую площадь F_{Π} умножением найденного по приложению значения на двойку.

Площади поперечных сечений шлакоуловителя $F_{шл}$ и стояка $F_{ст}$ определяются из соотношения $F_{\Pi} : F_{шл} : F_{ст}$ в зависимости от материала отливки [8]:

- 1) для стальных отливок: 1 : 1,2 : 1,4;
- 2) для чугуновых отливок: 1 : 1,1 : 1,2.

В зависимости от площади поперечных сечений шлакоуловителя и питателя определяют их размеры (таблицы 12, 13 в приложении). Длину питателя берут в пределах 10–50 мм.

8 Определение размеров и конструкции литейной формы

Минимальные размеры опок определяются по рекомендуемой толщине слоев формовочной смеси на различных участках формы (таблица 14 в приложении), а также по длине знака l (см. 6-й пункт работы) и ширине шлакоуловителя a (таблица 13 в приложении), мм:

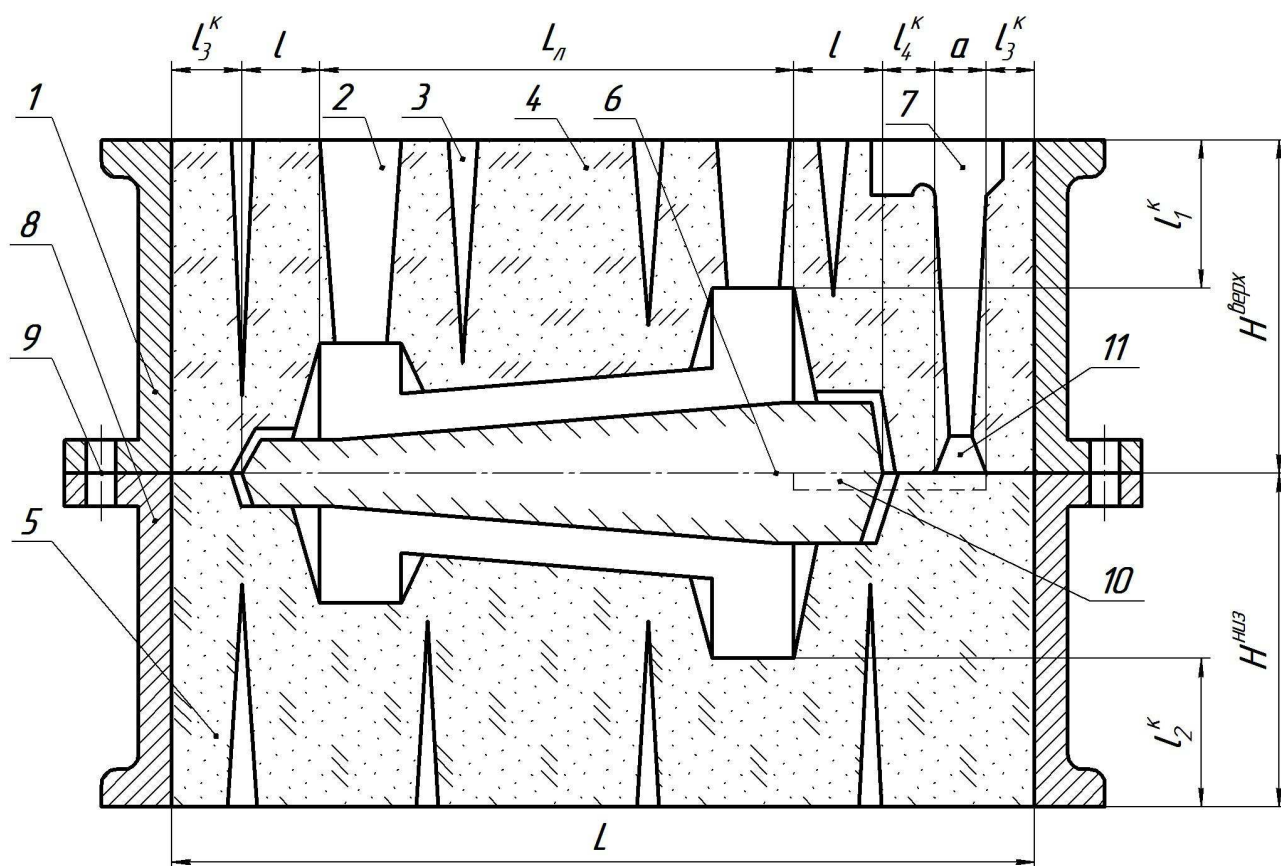
$$- \text{длина опоки: } L_{\min} = l_3 + l + L_{\text{л}} + l + l_4 + a + l_3; \quad (13)$$

– ширина опоки: $B_{min} = D_{4л} + 2 \cdot l_3$; (14)

– высота верхней опоки: $H_{min}^{верх} = \frac{D_{4л}}{2} + l_1$; (15)

– высота нижней опоки: $H_{min}^{низ} = \frac{D_{4л}}{2} + l_2$. (16)

Полученные размеры опок окончательно уточняются по ГОСТ 2133-75 (таблицы 15, 16 в приложении), при этом расчётные значения увеличивают до ближайшего большего регламентированного размера. После нахождения окончательных размеров L , B , $H^{верх}$, $H^{низ}$ необходимо увеличить размеры l_1 , l_2 , l_4 по формулам (15), (16) и (13) соответственно до значений l_1^k , l_2^k , l_4^k . Размер l_3^k принимать равным l_3 . По полученным данным вычерчивается литейная форма в сборе (рисунок 8).



1 – верхняя опока, 2 – прибыль, 3 – газоотводные наколы, 4 – верхняя полуформа, 5 – нижняя полуформа, 6 – литейный стержень, 7 – стояк, 8 – нижняя опока, 9 – центрирующее ушко, 10 – питатель, 11 – шлакоуловитель

Рисунок 8 – Литейная форма в сборе

Литейную форму, состоящую из двух полуформ, изготавливают по разъемной модели в следующей последовательности:

а) на модельную плиту 3 устанавливают нижнюю половину модели 2, модели питателей 4 и опоку 5 (рисунок 9б), в которую засыпают формовочную смесь и уплотняют;

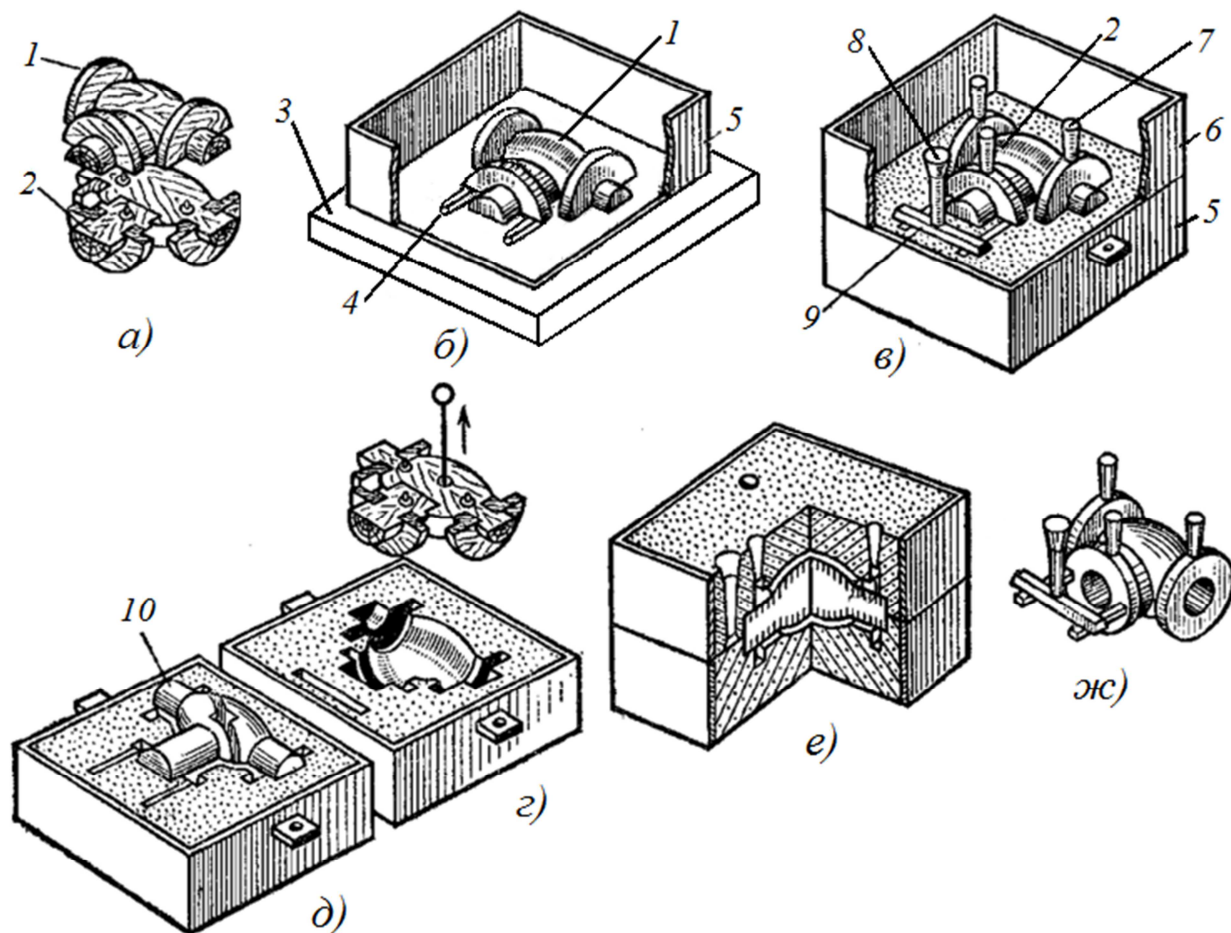
б) опоку поворачивают на 180° (рисунок 9в), устанавливают верхнюю половину модели 1, модели шлакоуловителя 9, стояка 8 и выпоров 7. По

центрирующим штырем устанавливают верхнюю опоку 6, засыпают формовочную смесь и уплотняют;

г) после извлечения модели стояка и выпоров форму раскрывают. Из полуформ извлекают модели отливки (рисунок 9г), питателей и шлакоуловителя;

д) в нижнюю полуформу устанавливают стержень 10 (рисунок 9д) и накрывают нижнюю полуформу верхней (рисунок 9е);

е) после заливки расплавленного металла и его затвердевания литейную форму разрушают и извлекают отливку (рисунок 9ж).



а – модель отливки; б – подготовка нижней полуформы; в – подготовка верхней полуформы;
г – форма с извлеченной моделью; д – установка стержня; е – собранная форма; ж – отливка;
1 – верхняя полумодель; 2 – нижняя полумодель; 3 – модельная плита; 4 – модель питателя;
5, 6 – опока; 7 – модель выпора; 8 – модель стояка; 9 – модель шлакоуловителя; 10 – стержень

Рисунок 9 – Последовательность операций изготовления литейной формы

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Таблица 3 – Варианты индивидуальных заданий

№ вар.	Размеры детали, мм								Материал	Тип модели	Тип формы	Класс точности размеров
	D_1	D_2	D_3	D_4	K	L	M	δ				
1	150	60	100	190	20	230	25	15	сч	дер	Ф1	7
2	160	65	110	210	20	240	20	15	ст	дер	Ф2	8
3	125	40	95	190	25	225	30	20	кч	дер	Ф3	9
4	140	45	60	170	20	250	25	15	кч	пл	Ф1	8
5	120	45	80	170	25	260	30	15	ст	дер	Ф2	11
6	115	30	90	170	25	230	25	20	кч	мет	Ф3	12
7	125	35	90	200	20	230	25	20	вч	мет	Ф1	13
8	135	55	90	180	25	250	30	15	сч	дер	Ф2	9
9	140	40	100	200	30	280	35	25	ст	мет	Ф3	12
10	130	45	90	200	30	230	30	20	вч	пл	Ф1	11
11	160	70	110	220	20	260	25	15	вч	мет	Ф2	12
12	155	60	100	200	25	260	30	20	ст	дер	Ф3	7т
13	130	40	90	180	30	240	35	20	кч	дер	Ф1	7
14	120	50	85	190	20	240	25	15	ст	мет	Ф3	10
15	125	50	90	180	25	230	30	15	сч	мет	Ф3	9
16	140	60	80	160	15	200	20	20	ст	дер	Ф2	10
17	150	70	90	170	15	210	25	20	кч	пл	Ф2	9
18	160	80	100	180	20	220	20	20	ст	дер	Ф3	11
19	170	90	110	190	20	230	25	20	сч	пл	Ф1	13
20	180	100	120	200	25	240	30	20	вч	мет	Ф2	11
21	190	90	120	210	25	250	30	25	ст	дер	Ф3	13
22	200	100	140	220	30	260	35	25	сч	мет	Ф1	12
23	210	115	150	250	30	270	35	25	сч	дер	Ф2	8
24	220	120	160	240	25	280	30	20	кч	мет	Ф3	11
25	230	135	170	260	25	290	25	20	кч	дер	Ф1	9
26	240	100	160	260	20	300	30	25	ст	пл	Ф2	10
27	250	130	180	270	20	310	25	25	кч	дер	Ф3	12
28	260	150	200	300	15	320	20	30	вч	пл	Ф1	9
29	270	120	180	290	15	330	20	30	кч	пл	Ф2	10
30	280	140	190	310	30	340	30	30	вч	пл	Ф3	8

Примечание

сч – серый чугун, кч – ковкий чугун, вч – высокопрочный чугун, ст – сталь литейная;

дер – деревянная, мет – металлическая, пл – пластмассовая;

Ф1 – сырая форма, Ф2 – сухая форма, Ф3 – твердеющая в контакте с оснасткой.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. От чего зависит положения отливки в форме?
2. Что означает сочетание знаков в правом верхнем углу на рисунке 1?
3. Что обозначается знаком $\sqrt{Rz\ 40}$?
4. Что такое литейная форма?
5. Что такое литейная модель?
6. Какие виды литейных моделей существуют?
7. Из каких элементов состоит литейная форма?
8. Каким образом на чертеже детали показывается плоскость разъема модели и формы?
9. От чего зависит допуск размеров?
10. От чего зависит припуск размеров?
11. Пояснить, в каком случае при расчете размера отливки припуск прибавляется, а в каком – отнимается.
12. Почему для размеров D_2 , D_3 , L значения припусков умножаются на двойку?
13. Для чего предназначены формовочные уклоны модельного комплекта и от чего они зависят?
14. Каким образом изображают припуски на чертеже?
15. Как указывают величину припуска на чертеже?
16. Почему отверстия на рисунке 4 перечеркнуты?
17. Что будет сделано с припусками после литья?
18. Для каких целей стержневые ящики и модели покрывают красками?
19. Для чего предназначены литейные стержни?
20. Для чего предназначены знаковые части стержней?
21. В зависимости от чего выбирается длина знака?
22. В зависимости от чего назначаются зазоры между знаковыми поверхностями формы и стержней?
23. Правило штриховки стержней.
24. Что такое литниковая система?
25. Какие элементы входят в литниковую систему?
26. Что такое стояк?
27. Что такое шлакоуловитель? Его предназначение.
28. Что такое питатель?
29. Что такое выпор? Его функции.
30. Что такое прибыль?
31. Что такое литниковая чаша?
32. Какие типы литниковых систем бывают?
33. Как определить массу отливки G ?
34. На какие геометрические фигуры разбивается объем $V_{отл}$?
35. Почему при расчете $V_{отл}$ объем V_4 вычитается?
36. При определении коэффициента μ необходимо определить сопротивление формы. Каким оно будет для вашей литниковой системы (см. рисунок 6)? Ответ обосновать.

37. От каких параметров зависят минимальные размеры опок?
38. Как в зависимости от минимальных размеров опок принять регламентированные размеры?
39. Отличительные особенности сложных отливок.
40. Отличительные особенности средних отливок.
41. Отличительные особенности простых отливок.
42. Пояснить назначение центрирующих ушек 9 на рисунке 8.
43. При изготовлении формы ее необходимо повернуть на 180° (см. рисунок 9). Возможно ли осуществить эту операцию для вашей отливки вручную? Ответ обосновать.
44. Возможно ли повторное использование песчаной формы? Ответ обосновать.
45. Можно ли при изготовлении детали применить литейный стержень из дерева? Ответ обосновать.

ЛИТЕРАТУРА

1. Могилев, В. К. Справочник литейщика : справочник для профессионального обучения рабочих на производстве / В. К. Могилев, О. И. Лев. – Москва : Машиностроение, 1988. – 271 с.
2. Дубровин, В. К. Технологические процессы литья: учебное пособие / В. К. Дубровин, А. В. Карпинский, О. М. Заславская. – Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 194 с.
3. Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров: ГОСТ 3212-92. – Введ. 01.07.93. – Москва : Изд-во стандартов, 2004. – 16 с.
4. Опоки литейные. Типы и основные размеры: ГОСТ 2133-75. – Введ. 01.01.77. – Москва : Изд-во стандартов, 1976. – 6 с.
5. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку: ГОСТ 26645-85. – Введ. 01.01.87 для отливок, выпускаемых и освоенных производством до 01.01.90. – Москва: Издательство стандартов, 1993. – 54 с.
6. Единая система технологической документации. Правила графического выполнения элементов литейных форм и отливок: ГОСТ 3.1125-88. – Введ. 01.01.89. – Москва: Издательство стандартов, 2003. – 13 с.
7. Технология конструкционных материалов : учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского. – 5-е изд., исправленное. – Москва : Машиностроение, 2004. – 512 с.
8. Казаков, Н. Ф. Технология металлов и других конструкционных материалов / Н. Ф. Казаков, А. М. Осокин, А. П. Шишкова ; под ред. Н. Ф. Казакова. – М. : Металлургия, 1975. – 687 с.
9. Галдин, Н. М. Литниковые системы и прибыли для фасонных отливок / Н. М. Галдин, В. В. Чистяков, А. А. Шатульский; под общ. ред. В. В. Чистякова. – М. : Машиностроение, 1992. – 256 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1 – Степень точности поверхности отливок [5]

Технологический процесс литья	Наибольший габаритный размер отливки, мм	Тип сплава	
		Чугун	Сталь
		Степень точности поверхностей	
Литье в сырые ПГФ из смесей с влажностью от 3,5 до 4,5 % и прочностью от 60 до 120 кПа с уровнем уплотнения до твердости не ниже 70 единиц. Литье в песчаные отвержденные, сухие или подсушенные формы, окрашенные самовысыхающими или самотвердеющими покрытиями, нанесенными кистью.			
	До 100 вкл.	11–18	12–19
	100...250	11–18	12–19
	250...630	13–19	14–20

Примечания

1 В таблице указаны диапазоны степеней точности поверхностей отливок, обеспечиваемых различными технологическими процессами литья. Меньшие из значений относятся к *простым* отливкам, большие – к *сложным* отливкам, *средние* – к отливкам средней сложности.

2 К *простым* по сложности относятся отливки с прямолинейными очертаниями, без значительных и сложных выемок, с простыми разъёмами, например, плиты, шайбы, диски и пр. К *средним* – отливки с прямыми и криволинейными очертаниями, требующие изготовления несложных строжневых ящиков с одним разъёмом моделей, например, подвески, кронштейны, подшипники, шкивы, маховики и т. д. К *сложным* – отливки, имеющие значительное количество внутренних выемок, сложные очертания наружных и внутренних поверхностей или несколько разъёмов в моделях: цилиндры, блоки двигателей, шестерни с литым зубом и т. д.

Таблица 2 – Ряды припусков на обработку отливки [5]

Степень точности поверхности	9–10	11–12	13–14	15	16	17	18	19	20
Ряды припусков	3–6	4–7	5–8	6–9	7–10	8–11	9–12	10–13	11–17

Примечания

1 Меньшие значения рядов припусков из диапазонов их значений следует принимать для термообрабатываемых отливок из цветных легкоплавких сплавов, большие значения – для отливок из ковкого чугуна, средние – для отливок из серого и высокопрочного чугуна, термообрабатываемых отливок из стальных и цветных тугоплавких сплавов.

2 Для верхних (при заливке поверхностей) отливок единичного и мелкосерийного производства, изготавливаемых в разовых формах, допускается принимать увеличенные на 1–3 единицы значения ряда припуска.

Таблица 3 – Допуски размеров отливок [5]

Интервал номинальных размеров, мм	Допуск размеров отливок, мм, не более, для классов точности размеров отливок													
	7г	7	8	9г	9	10	11г	11	12	13г	13	14	15	16
До 4 вкл.	0,40	0,50	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	–	–	–	–	–	–
Св.4 до 6	0,44	0,56	0,70	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	–	–	–	–	–

Окончание таблицы 3

6...10	0,50	0,64	0,80	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	—	—	—
10...16	0,56	0,70	0,90	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7	—	—
16...25	0,64	0,80	1,00	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8	10	12
25...40	0,70	0,90	1,10	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9	11	14
40...63	0,80	1,00	1,20	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10	12	16
63...100	0,90	1,10	1,40	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11	14	18
100...160	1,00	1,20	1,60	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12	16	20
160...250	1,10	1,40	1,80	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14	18	22
250...400	1,20	1,60	2,00	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16	20	24

Таблица 4 – Достижимые шероховатости поверхности при различных механических методах обработки

Обрабатываемые поверхности	Методы обработки	Шероховатость Rz, мкм				
		320	160	80	40	20
Наружные цилиндрические поверхности	Обтачивание	Черновое				
		Чистовое				
Внутренние цилиндрические поверхности	Обтачивание	Черновое				
		Чистовое				
Плоскости	Цилиндрическое фрезерование	Черновое				
		Чистовое				

Примечание – закрашенная клетка означает, что данный метод обработки обеспечивает получение соответствующей шероховатости.

Таблица 5 – Общий припуск на сторону [5]

Допуск размеров отливок, мм	Вид оконч. обработки	Общий припуск на сторону, мм, не более, для ряда припуска отливки										
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Св. 0,64 до 0,70	Черн.	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	2,1	2,5	3,0	3,4	4,5	5,4
	Чист.	1,4	1,4	1,6	1,9	2,2	2,6	3,1	3,6	4,1	5,3	6,3
Св. 0,70 до 0,80	Черн.	1,1	1,1	1,4	1,6	1,8	2,2	2,6	3,1	3,6	4,6	5,6
	Чист.	1,5	1,6	1,8	2,1	2,3	2,8	3,1	3,8	4,3	5,4	6,5
Св. 0,80 до 0,90	Черн.	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,6	3,2	3,7	4,6	5,6
	Чист.	1,6	1,7	1,9	2,2	2,4	2,9	3,4	3,9	4,4	5,6	6,7
Св. 0,90 до 1,00	Черн.	1,2	1,3	1,5	1,7	1,9	2,3	2,7	3,1	3,6	4,8	5,6
	Чист.	1,7	1,8	2,0	2,3	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,8	6,7
Св. 1,00 до 1,10	Черн.	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,4	2,7	3,3	3,8	4,8	5,8
	Чист.	1,8	1,9	2,1	2,4	2,6	3,1	3,4	4,1	4,6	5,8	6,7
Св. 1,10 до 1,20	Черн.	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,4	2,8	3,4	3,8	4,8	5,8
	Чист.	1,9	2,0	2,2	2,5	2,7	3,1	3,6	4,3	4,8	5,8	6,9
Св. 1,20 до 1,40	Черн.	1,5	1,6	1,8	2,0	2,1	2,5	2,9	3,5	3,9	4,9	6,0
	Чист.	2,2	2,3	2,5	2,8	3,0	3,4	3,9	4,5	5,0	6,1	7,1
Св. 1,40 до 1,60	Черн.	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,7	3,1	3,6	4,0	5,0	6,0
	Чист.	2,4	2,5	2,6	3,0	3,1	3,6	4,1	4,6	5,1	6,3	7,3
Св. 1,60 до 1,80	Черн.	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,7	3,2	3,7	4,1	5,2	6,2
	Чист.	2,5	2,6	2,8	3,1	3,3	3,8	4,3	4,8	5,3	6,5	7,5

Окончание таблицы 5

Св. 1,80 до 2,00	Черн.	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,8	3,3	3,8	4,3	5,1	6,1
	Чист.	2,7	2,8	3,0	3,4	3,6	4,0	4,4	5,0	5,4	6,7	7,8
Св. 2,00 до 2,20	Черн.	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	3,0	3,4	3,9	4,4	5,5	6,3
	Чист.	2,9	3,0	3,3	3,6	3,8	4,3	4,6	5,1	5,8	6,9	8,0
Св. 2,20 до 2,40	Черн.	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7	3,1	3,4	4,0	4,5	5,4	6,5
	Чист.	3,2	3,3	3,5	3,8	3,9	4,4	4,9	5,5	6,0	7,1	8,3
Св. 2,40 до 2,80	Черн.	2,2	2,3	2,5	2,6	2,9	3,3	3,6	4,1	4,6	5,6	6,7
	Чист.	3,5	3,6	3,8	4,0	4,3	4,8	5,2	5,8	6,1	7,5	8,5
Св. 2,80 до 3,20	Черн.	2,4	2,5	2,6	2,9	3,1	3,4	3,9	4,4	4,9	5,8	6,9
	Чист.	3,9	4,0	4,1	4,5	4,6	5,1	5,6	6,1	6,7	7,8	8,8
Св. 3,20 до 3,60	Черн.	2,6	2,7	2,9	3,1	3,3	3,6	4,1	4,6	5,2	6,2	7,1
	Чист.	4,3	4,4	4,6	4,9	5,2	5,6	6,0	6,5	7,1	8,3	9,3
Св. 3,60 до 4,00	Черн.	2,8	2,9	3,2	3,4	3,6	3,9	4,3	4,8	5,3	6,3	7,3
	Чист.	4,6	4,8	4,9	5,3	5,5	6,0	6,3	6,9	7,5	8,8	9,8
Св. 4,00 до 4,40	Черн.	2,9	3,0	3,3	3,5	3,7	4,0	4,4	4,9	5,5	6,5	7,5
	Чист.	4,9	5,0	5,1	5,4	5,8	6,1	6,7	7,3	7,8	9,0	9,8
Св. 4,40 до 5,00	Черн.	3,3	3,4	3,6	3,8	4,0	4,4	4,8	5,3	5,8	6,7	7,8
	Чист.	5,4	5,6	5,8	6,0	6,3	6,7	7,1	7,8	8,3	9,0	10,5
Св. 5,00 до 5,60	Черн.	3,6	3,6	3,9	4,1	4,3	4,8	5,2	5,6	6,2	7,1	8,0
	Чист.	6,0	6,2	6,3	6,7	6,9	7,3	7,8	8,3	8,8	10,0	11,0
Св. 5,60 до 6,40	Черн.	4,1	4,3	4,4	4,6	4,8	5,1	5,6	6,2	6,5	7,5	8,5
	Чист.	6,5	6,5	6,7	7,1	7,3	7,8	8,3	8,8	9,3	10,5	11,5
Св. 6,40 до 7,00	Черн.	4,4	4,5	4,8	4,9	5,2	5,4	6,0	6,5	6,9	8,0	9,0
	Чист.	7,1	7,3	7,5	7,8	8,0	8,5	8,8	9,5	9,8	11,0	12,0
Св. 7,00 до 8,00	Черн.	4,9	5,0	5,1	5,5	5,6	6,0	6,5	6,9	7,5	8,5	9,5
	Чист.	8,0	8,3	8,5	8,8	9,0	9,5	9,8	10,5	11,0	12,0	13,0
Св. 8,00 до 9,00	Черн.	5,4	5,6	5,8	6,0	6,1	6,5	6,9	7,5	8,0	9,0	9,8
	Чист.	9,0	9,3	9,3	9,8	9,8	10,5	10,5	11,5	12,0	13,0	14,0
Св. 9,00 до 10,00	Черн.	6,0	6,2	6,3	6,5	6,7	7,1	7,5	8,0	8,5	9,5	10,5
	Чист.	9,8	9,8	10,0	10,5	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	14,0	15,0
Св. 10,00 до 11,00	Черн.	6,5	6,5	6,7	6,9	7,1	7,5	8,0	8,5	9,0	9,8	11,0
	Чист.	10,0	10,0	10,5	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	14,0	15,0
Св. 11,00 до 12,00	Черн.	7,1	7,3	7,5	7,5	7,8	8,3	8,5	9,0	9,5	10,5	11,5
	Чист.	11,0	11,0	11,5	11,5	12,0	12,5	12,5	13,5	14,0	15,0	16,0
Св. 12,00 до 14,00	Черн.	–	8,5	8,5	8,8	9,0	9,5	9,8	10,5	11,0	12,0	13,0
	Чист.	–	12,5	13,0	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,5	17,5

Примечание – Черн. – черновая обработка, Чист. – чистовая обработка.

Таблица 6 – Формовочные уклоны модельного комплекта [3]

Высота основной формообразующей поверхности, мм	Формовочный уклон модельного комплекта			
	Металлического, пластмассового		Деревянного	
	Ф1, Ф2	Ф3	Ф1, Ф2	Ф3
До 10 вкл.	2°20'	3°30'	2°55'	4°00'
Св. 10 до 16 вкл.	1°35'	2°35'	1°55'	2°50'

Окончание таблицы 6

16...25	1°10'	1°55'	1°30'	2°20'
25...40	0°50'	1°20'	1°05'	1°30'
40...63	0°35'	0°55'	0°45'	1°05'
63...100	0°25'	0°40'	0°35'	0°45'
100...160	0°20'	0°30'	0°25'	0°35'
160...250	0°20'	0°30'	0°25'	0°35'
250...400	0°20'	0°30'	0°20'	0°35'
400...630	0°20'	0°25'	0°20'	0°35'

Таблица 7 – Длина горизонтальных знаков стержней [3]

Диаметр стержня, мм	Тип формы	Длина знака, мм, не более при длине стержня, мм						
		До 40	40...63	63...100	100...160	160...250	250...400	400...630
До 25	Ф1	20	25	30	35	–	–	–
	Ф2	15	20	–	–	–	–	–
	Ф3	10	15	20	25	–	–	–
Св. 25 до 40	Ф1	20	25	30	35	45	50	–
	Ф2	20	25	30	35	40	–	–
	Ф3	10	15	20	25	30	35	–
40...63	Ф1	20	25	30	40	50	60	75
	Ф2	20	25	30	35	40	50	–
	Ф3	10	15	20	25	30	35	40
63...100	Ф1	20	25	35	45	55	65	85
	Ф2	25	30	35	40	45	55	65
	Ф3	15	20	30	30	35	40	45
100...160	Ф1	35	40	35	50	60	75	95
	Ф2	25	30	35	40	45	55	65
	Ф3	15	20	30	30	35	40	45
160...250	Ф1	35	40	40	50	65	80	100
	Ф2	30	35	40	50	55	60	70
	Ф3	20	25	30	35	40	45	50
250...400	Ф1	40	40	45	60	75	85	110
	Ф2	35	40	45	50	55	60	70
	Ф3	25	30	35	40	45	50	55

Таблица 8 – Формовочные уклоны знаковых частей стержня [3]

Высота знака h , мм	Модельного комплекта		Модели
	для низа α	для верха β	
До 40	10°	15°	4°
Св. 40 до 63	7°	10°	4°
63...100	6°	8°	2°
100...160	5°	6°	1°
160...250	5°	6°	45'

Примечание – Принимать высоту знака $h = D_{3л}/2$.

Таблица 9 – Зазоры между знаковыми поверхностями формы и стержня [3]

Высота знака h , мм	Тип модельного комплекта	Зазор S_1 (S_2) при длине стержня, мм						
		До 40	40...63	63...100	100...160	160...250	250...400	400...630
До 25	K_1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6
	K_2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7
	K_3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3
	K_4	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,7	2,1
Св. 25 до 40	K_1	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,7
	K_2	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8
	K_3	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,6
	K_4	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,1	2,5
40...63	K_1	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,7
	K_2	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,8
	K_3	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,6
	K_4	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,2	2,6
63...100	K_1	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7
	K_2	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,8
	K_3	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,5	1,7
	K_4	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,6
100...160	K_1	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7
	K_2	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	1,0	1,0
	K_3	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7
	K_4	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,7

Примечания

1 K_1 – модельный комплект 1–6 классов точности из металлов и пластмассы; K_2 – модельный комплект 7–9 классов точности из металлов и пластмассы и 1–3 классов точности из дерева; K_3 – модельный комплект 4–6 классов точности из дерева; K_4 – модельный комплект 7–9 классов точности из дерева.

2 Значение зазора S_3 следует принимать равным $1,5S_1$.

3 Принимать высоту знака $h = D_{3л}/2$.

Таблица 10 – Соответствие классов точности отливок классам точности модельного комплекта [3]

Класс точности размеров отливок по ГОСТ 26645-85	Класс точности модельного комплекта
4, 5т, 5, 6, 7, 7т	1–3
8, 9т, 9, 10, 11т, 11	4–6
12, 13т, 13, 14, 15, 16	7–9

Таблица 11 – Значения коэффициента μ [1]

Типы формы	Сопротивление формы		
	малое	среднее	высокое
Ф1	0,42/0,5	0,32/0,42	0,25/0,35
Ф2, Ф3	0,5/0,6	0,38/0,48	0,3/0,41

Примечания

1 В числителе приведены данные для стали, в знаменателе для чугуна.

2 Малое сопротивление формы – сопротивление без поворота струи; среднее – при одном повороте струи на 90° ; высокое – при двух поворотах струи на 90° .

Таблица 12 – Размеры трапециевидных питателей [1]

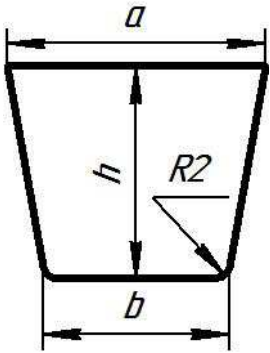
	$F_{п},$ $см^2$	а, мм, при h, мм					b, мм, при h, мм				
		3	5	8	12	16	3	5	8	12	16
	0,3	11	7	–	–	–	9	5	–	–	–
	0,5	18	11	8	–	–	16	9	5	–	–
	0,7	25	16	10	–	–	22	12	8	–	–
	0,9	31	19	12	–	–	29	17	10	–	–
	1,0	35	21	14	–	–	32	19	11	–	–
	1,2	41	25	16	–	–	39	22	14	–	–
	1,4	48	29	19	13	–	45	26	16	10	–
	1,8	61	37	24	16	13	59	34	21	13	10
	2,2	75	45	29	20	15	72	42	26	17	12
	2,5	85	51	33	22	17	82	49	30	19	14
	2,8	95	57	37	25	19	92	54	34	22	16
	3,0	–	62	39	27	20	–	59	36	23	17
	3,2	–	65	41	28	22	–	63	39	25	18
	3,4	–	69	44	30	23	–	67	41	27	20
	3,6	–	73	47	32	24	–	71	43	28	21
	3,8	–	77	49	33	25	–	75	46	30	22
	4,0	–	81	51	35	27	–	79	49	32	23
	4,5	–	91	58	39	30	–	89	55	36	26
	5,0	–	–	64	43	33	–	–	61	40	30
	5,5	–	–	70	47	36	–	–	67	44	33
	6,0	–	–	77	52	39	–	–	73	48	36

Таблица 13 – Размеры шлакоуловителя при $h \approx a$ [9]

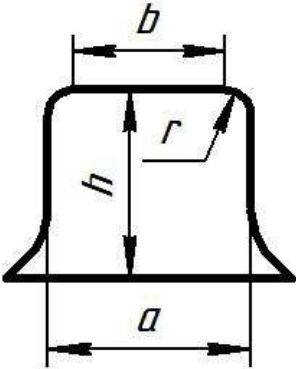
	$F_{шл},$ $см^2$	a	b	h	r	$F_{шл},$ $см^2$	a	b	h	r
		мм					мм			
	1,0	11,0	8,5	10,5	5	7,5	29,0	23,0	29,0	6
	1,5	13,0	12,0	13,0	5	8,0	30,0	24,0	30,0	8
	2,0	15,5	11,0	15,0	5	8,5	31,0	25,0	31,0	8
	2,5	17,0	14,0	16,0	5	9,0	32,0	25,0	32,0	8
	3,0	19,0	14,0	19,0	5	10,0	32,0	26,0	34,0	8
	3,5	19,0	15,0	20,5	5	11,0	35,0	28,0	35,0	8
	4,0	21,0	17,0	21,0	5	12,5	38,0	30,0	37,0	8
	4,5	22,5	18,0	22,0	5	15,0	41,0	33,0	41,0	8
	5,0	24,0	18,0	24,0	6	17,5	44,0	36,0	44,0	8
	5,5	24,5	20,0	25,0	6	20,0	47,0	38,0	57,0	8
	6,0	26,0	20,0	26,0	6	22,5	51,0	41,0	50,0	8
	6,5	27,0	22,0	27,0	6	25,0	53,0	43,0	52,0	8
	7,0	27,5	22,0	27,5	6	30,0	58,0	46,0	58,0	8

Таблица 14 – Зависимость толщины слоя формовочной смеси на различных участках формы от массы отливки [1]

Масса отливки G , кг	Минимально допустимая толщина слоя, мм			
	от верха модели до верха опоки l_1	от низа модели до низа опоки l_2	от модели до стенки опоки l_3	между моделью и шлакоуловителем l_4
До 5	40	50	20	30
5...10	50	60	30	30
11...25	60	70	40	30
26...50	70	90	50	40
51...100	90	100	60	50
100...250	100	120	70	60

Таблица 15 – Высота опок [4]

Длина опоки, мм	Высота опоки, мм												
	50	75	100	120	150	175	200	250	300	360	400	450	500
300	+	+	+	+	+								
360	+	+	+	+	+	+							
400	+	+	+	+	+	+	+						
450		+	+	+	+	+	+						
500		+	+	+	+	+	+	+	+				
560		+	+	+	+	+	+	+	+				
600		+	+	+	+	+	+	+	+				
630			+	+	+	+	+	+	+				
710			+	+	+	+	+	+	+	+			
750			+	+	+	+	+	+	+	+			
800			+	+	+	+	+	+	+	+	+		
900				+	+	+	+	+	+	+	+	+	
1000				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Примечание – рекомендуемые размеры отмечены знаком «+», 0

Таблица 16 – Ширина опок [4]

Длина опоки, мм	Ширина опоки, мм													
	250	300	360	400	450	500	560	600	630	710	750	800	900	1000
300	+	+												
360	+	+	+											
400	+	+	+	+										
450	+	+	+	+	+									
500	+	+	+	+	+	+								
560	+	+	+	+	+	+	+							
600	+	+	+	+	+	+	+	+						
630	+	+	+	+	+	+	+	+	+					
710	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
750	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
800	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
900	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
1000	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Примечание – рекомендуемые размеры отмечены знаком «+».

Учебное издание

Составители: Литвинович Александр Николаевич
Мирошниченко Игорь Александрович

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторной работы на тему

**«Разработка отдельных этапов производства
отливок в песчаных формах»**

по дисциплине

«Технология конструкционных материалов»

для студентов машиностроительных специальностей

Ответственный за выпуск: Литвинович А. Н.

Редактор: Митлошук М. А.

Компьютерная вёрстка: Ковальчук Е. Н.

Корректор: Дударук С. А.

Подписано в печать 19.12.2023 г. Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага «Performer».
Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 1,63. Уч. изд. л. 1,75. Заказ № 1319.
Тираж 19 экз. Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский
государственный технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/235 от 24.03.2014 г.

РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Контрольные вопросы по дисциплине
«Технология формообразования изделий конструкционного назначения»

1. Основные конструкционные материалы. Кристаллическое строение металлов и сплавов.
2. Дефекты строения реальных кристаллов. Влияние дефектов на прочность. Основные технологические свойства металлов.
3. Механические свойства металлов (прочность, ударная вязкость).
4. Механические свойства металлов (пластичность, твердость). Основные эксплуатационные свойства.
5. Зависимость свойств углеродистых сталей от содержания углерода и постоянных примесей.
6. Классификация сталей по назначению, химическому составу и качеству. Маркировка сталей и сплавов меди.
7. Классификация и маркировка чугунов и сплавов алюминия.
8. Материалы для производства металлов и сплавов. Металлургические процессы.
9. Исходные материалы для доменной плавки. Подготовка руд к плавке. Продукты доменной плавки.
10. Задачи, решаемые при выплавке чугуна. Устройство доменной печи.
11. Основные физико-химические процессы получения чугуна.
12. Производство стали (сущность и этапы процесса, способы раскисления сталей).
13. Производство стали в кислородных конвертерах. Легирование сталей.
14. Производство стали в электропечах.
15. Способы повышения качества стали (вакуумирование, обработка синтетическими шлаками, электрошлаковый переплав, вакуумно-дуговой переплав).
16. Порошковая металлургия.
17. Производство алюминия.
18. Производство меди, производство магния.
19. Производство титана.
20. Общая характеристика методов обработки металлов давлением. Классификация методов. Нагрев заготовок при обработке давлением.
21. Прокатка, ее сущность.
22. Теоретические основы прокатки. Продукция прокатного производства.
23. Волочение.
24. Прессование.
25. Свободная ковка. Операции свободной ковки. Оборудование для свободной ковки.
26. Инструмент для горячей объемной штамповки.
27. Кривошипные горячештамповочные прессы. Операции технологического процесса штамповки.
28. Штамповка на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ).
29. Холодная объемная штамповка (выдавливание, высадка).
30. Листовая штамповка.
31. Общие сведения о литейном производстве. Основные литейные свойства сплавов.
32. Изготовление отливок в песчаных формах. Литейная форма, ее элементы и их назначение.
33. Формовочные и стержневые смеси, их состав и свойства. Литейная технологическая оснастка.
34. Изготовление песчаных литейных форм вручную.
35. Механизация изготовления литейных форм.
36. Технологический процесс получения отливок.
37. Литье в оболочковые формы.

38. Литье по выплавляемым моделям.
39. Литье в металлические формы (кокили).
40. Литье под давлением.
41. Центробежное литье.
42. Общая характеристика сварочного производства, его особенности. Электрическая дуговая сварка, сущность процесса.
43. Понятие свариваемости. Классификация способов сварки. Электрическая дуговая сварка, сущность процесса.
44. Ручная электродуговая сварка, схема процесса. Назначение и состав покрытия электрода.
45. Автоматическая сварка под слоем флюса, схема процесса. Сварочные флюсы.
46. Дуговая сварка в среде защитных газов (аргонодуговая, азотодуговая сварка и сварка в среде углекислого газа).
47. Электрошлаковая сварка. Схема процесса.
48. Газовая сварка и термическая резка.
49. Электрическая контактная сварка, сущность процесса. Стыковая сварка.
50. Точечная сварка. Шовная сварка.
51. Ультразвуковая сварка, сущность и схема процесса.
52. Пайка, способы пайки, технология пайки.
53. Сварка трением, сущность и схема процесса.
54. Движения для осуществления процесса резания. Схема обработки. Охлаждение и смазка при обработке резанием.
55. Элементы режима резания, параметры срезаемого слоя.
56. Элементы токарного резца. Виды стружки.
57. Координатные плоскости и углы токарного резца.
58. Силы резания.
59. Наростообразование при резании, упрочение металла поверхностного слоя, тепловые явления при резании.
60. Износ режущего инструмента. Критерий износа, стойкость инструмента.
61. Назначение режимов резания.
62. Инструментальные материалы (быстрорежущие стали, твердые сплавы, керамические и сверхтвердые материалы).
63. Виды обработки точением.
64. Виды токарных резцов.
65. Обработка заготовок на сверлильных станках.
66. Обработка заготовок на фрезерных станках. Виды фрез.
67. Обработка шлифованием, ее особенности. Основные виды шлифования.
68. Обозначение шлифовальных кругов.
69. Методы отделочной обработки (тонкое растачивание, хонингование, суперфиниширование).
70. Электрофизические и электрохимические методы обработки.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Место учебной дисциплины.

Учебная дисциплина «Технология формообразования изделий конструкционного назначения» относится к компоненту учреждения высшего образования, модуль «Технология и оборудование 2» и изучается на 1 курсе во 2 семестре студентами дневной формы получения образования.

Цель преподавания учебной дисциплины: познакомить студентов с современными процессами получения и обработки основных конструкционных материалов, а также научить выбирать конструкционные материалы для изготовления деталей различного назначения.

Задачи учебной дисциплины: изучение строения и свойств металлов, сплавов, полимерных и композиционных материалов, технологии получения и обработки заготовок и готовых изделий; технологических характеристик типового оборудования, инструмента и приспособлений.

В результате изучения учебной дисциплины «Технология формообразования изделий конструкционного назначения» формируется компетенция СК-14. Применять основные технологические процессы для формообразования изделий конструкционного назначения, рассчитывать технологические параметры процессов.

В результате изучения учебной дисциплины «Технология формообразования изделий конструкционного назначения» студент должен:

знать:

- достижения отечественной и зарубежной науки в области материаловедения и технологии материалов;
- основные марки металлических и неметаллических конструкционных материалов;
- сущность методов получения заготовок литьем, обработкой давлением, сваркой, механической обработкой резанием и другими методами;
- принципиальные схемы работы технологического оборудования, инструментов, приспособлений и оснастки, их назначения и область применения;

уметь:

- правильно выбирать конструкционный материал для различных элементов конструкции с учетом условий работы;
- правильно выбирать и обосновывать рациональную совокупность методов формообразования и обработки заготовок и деталей.

владеть:

- навыками выбора конструкционного материала с учетом условий их работы с использованием справочной литературы;
- навыками выбора способа и технологического оборудования для достижения требуемых характеристик изделия.

Связь с другими учебными дисциплинами

Учебная дисциплина «Технология формообразования изделий конструкционного назначения» является базой для изучения таких дисциплин специальности, как «Механика материалов аддитивного синтеза», «Конструирование и расчет изделий», «Оборудование для трехмерных технологий».

Для успешного усвоения дисциплины «Технология формообразования изделий конструкционного назначения» необходимы знания по математике, физике, общей, неорганической химии.

**План учебной дисциплины для дневной формы
получения высшего образования**

Код специальности	Наименование 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		
6-05-0722-05	Производство изделий на основе трехмерных технологий	1	2	126	3	84	50	34	-	-	Зачет. Экзамен.

1. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1.1. ЛЕКЦИОННЫЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

Введение.

Технология формообразования изделий конструкционного назначения как научная дисциплины. Роль технологии в обеспечении качества продукции и экономической эффективности в машиностроении.

Цель, задачи и содержание курса «Технология формообразования изделий конструкционного назначения», его значение в подготовке инженеров.

Тема 1. Конструкционные материалы, их свойства и строение.

Основные конструкционные материалы и требования к ним предъявляемые.

Черные, цветные и тугоплавкие металлы и сплавы.

Основные физические, механические, эксплуатационные и технологические свойства металлов. Зависимость свойств металлов от их строения. Атомно-кристаллическое строение металлов и сплавов. Твердые растворы, химические соединения и механические смеси.

Зависимость свойств углеродистых сталей от содержания углерода, постоянных полезных и вредных примесей. Легированные стали.

Классификация сталей по назначению, химическому составу и качеству. Маркировка сталей. Классификация и маркировка сплавов цветных и тугоплавких металлов.

Неметаллические материалы, используемые в машиностроении. Классификация материалов и способов их получения.

Физические, механические, эксплуатационные и технологические свойства неметаллических материалов. Области их применения.

Тема 2. Основы металлургического производства.

Материалы для производства металлов и сплавов.

Принцип получения металлов из руд восстановлением, электролизом металлотермией.

Производства чугуна. Исходные материалы для доменной плавки. Подготовка руд к плавке. Основные физико-химические процессы получения чугуна в современных доменных печах. Продукция доменного производства.

Производство стали. Исходные материалы для плавки стали. Производство стали в кислородных конвертерах и электродуговых печах. Способы повышения качества стали: обработка стали синтетическими шлаками в ковше, вакуумирование жидкой стали, электро-шлаковый и вакуумно-дуговой переплавы.

Порошковая металлургия. Виды и свойства металлических порошковых материалов. Методы получения порошков и изготовления из них полуфабрикатов и изделий.

Производство меди. Медные руды, пирометаллургический способ производства меди, его физико-химическая сущность. Рафинирование меди.

Производство алюминия. Алюминиевые руды, сущность электролитического способа производства алюминия, рафинирование алюминия.

Производство магния. Магниевого руды, обогащение руд, электролитическое получения магния, рафинирование магния.

Производство титана. Исходные материалы, физико-химические процессы получения титана.

Вопросы техники безопасности и охраны окружающей среды.

Тема 3. Технология обработки металлов давлением.

Общая характеристика методов обработки металлов давлением. Обработка давлением, как метод малоотходной технологии формирования высококачественных заготовок. Классификация видов обработки давлением, области их применения.

Физические основы обработки давлением. Степень пластической деформации и сопротивление деформированию. Ковкость и штампуемость. Нагрев заготовок перед обработкой давлением. Требования, предъявляемые к процессу нагрева заготовок. Способы нагрева и типы нагревательных устройств.

Получение машиностроительных профилей. Определение понятия профиля и сортамента. Способы получения машиностроительных профилей.

Прокатка, сущность прокатки. Схема деформации металла. Инструмент и оборудование прокатного производства.

Прессование, сущность процесса. Инструмент и оборудование прессования.

Волочение, сущность процесса. Инструменты и оборудование волочильного производства. Технологическая схема волочения.

Способы получения поковок. Особенности получения поковок универсальным инструментом и специальным инструментом – штампом.

Ковка, сущность процесса, исходные заготовки. Операции ковки и применяемый инструмент. Технологические возможности ковки. Оборудование, применяемое при свободной ковке.

Горячая объемная штамповка, сущность процесса, исходные заготовки. Разновидности горячей объемной штамповки, роль заусенца. Штамповка в закрытых штампах. Оборудование, применяемое при штамповке.

Основные этапы технологического процесса объемной штамповки. Многоручьевая штамповка. Отделочные операции после горячей объемной штамповки: обрезка заусенцев и пробивка отверстий, очистка от окалины, правка и калибровка поковок.

Штамповка на горизонтально-ковочных машинах.

Изготовление заготовок холодной объемной штамповкой. Сущность и схемы холодного выдавливания, высадки и объемной формовки.

Листовая штамповка, сущность процесса. Разделительные и формоизменяющие операции. Инструмент и оборудование листовой штамповки.

Техника безопасности и охрана окружающей среды при обработке давлением.

Тема 4. Технология литейного производства.

Общие сведения о литейном производстве.

Литейные свойства сплавов. Литейные сплавы.

Изготовление отливок в песчаных формах, сущность метода. Литейная форма, ее элементы и их назначение. Формовочные и стержневые смеси, их состав и свойства. Литейная оснастка (модельный комплект). Изготовление песчаных литейных форм вручную. Механизация изготовления литейных форм.

Приготовление расплава, заливка литейной формы, охлаждение, выбивка, обрубка и очистка отливок.

Изготовление отливок литьем в оболочковые формы, сущность способа и его особенности. Схема процесса.

Изготовление отливок литьем по выплавляемым моделям, сущность способа и его особенности. Материалы для изготовления моделей. Технологические операции литья по выплавляемым моделям.

Изготовление отливок литьем в кокиль, сущность способа и его особенности. Технологические операции литья в кокиль.

Изготовление отливок литьем под давлением, сущность способа и его особенности. Схема процесса.

Изготовление отливок центробежным литьем, сущность способа и его особенности. Схема процесса.

Техника безопасности и охрана окружающей среды в литейном производстве.

Тема 5. Технология сварочного производства.

Общая характеристика сварочного производства, его особенности.

Физические основы процесса. Классификация способов сварки и сварных соединений. Понятие о свариваемости.

Дуговая сварка, сущность процесса.

Ручная электродуговая сварка покрытым электродом, схема процесса. Назначение и состав покрытия электрода.

Автоматическая сварка под слоем флюса, сущность процесса. Сварочные флюсы.

Сварка в атмосфере защитных газов.

Электродшлаковая сварка. Схема процесса.

Газовая сварка и термическая резка.

Электрическая контактная сварка, сущность процесса. Способы контактной электрической сварки: стыковая сопротивлением и оплавлением, точечная и шовная.

Ультразвуковая сварка, сущность и схема процесса.

Сварка трением, сущность и схема процесса.

Пайка. Физико-химическая сущность процесса. Способы пайки, материалы, применяемые при пайке, технология пайки.

Тема 6. Изготовление деталей из неметаллических материалов.

Классификация и технологические свойства пластмасс. Способы формообразования деталей в вязко-текучем состоянии. Обработка резанием заготовок из пластмасс.

Тема 7. Технология обработки заготовок. Теоретические и технологические основы механической обработки.

Движения для осуществления процесса резания. Схема обработки.

Элементы режима резания и параметры срезаемого слоя.

Элементы, координатные плоскости и углы токарного резца.

Виды стружки, силы резания, наростообразование при резании, упрочение металла поверхностного слоя и тепловые явления при резании.

Износ и стойкость режущего инструмента, охлаждение и смазка при резании, вибрации.

Показатели качества обработанной поверхности.

Назначение режимов резания.

Инструментальные материалы.

Обработка заготовок на станках токарной группы.

Обработка заготовок на сверлильных станках.

Обработка заготовок на фрезерных станках.

Обработка заготовок на шлифовальных станках. Инструмент для шлифования.

Основные схемы шлифования.

Способы отделочной обработки поверхностей заготовок (тонкое растачивание, притирка, хонингование, суперфиниширование).

Электрофизические и электрохимические методы обработки. Электроэрозионные методы обработки. Анодно-механическая обработка. Лучевые методы обработки.

Тема 8. Основные направления автоматизации механической обработки.

Общие сведения. Автоматизация производства на базе станков с программным управлением.

1.2. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

1. Разработка отдельных этапов производства отливок в песчаных формах.
2. Разработка технологического процесса изготовления поковок горячей объемной штамповкой.
3. Физическая сущность электродуговой сварки металлов. Расчет режимов электродуговой сварки.
4. Проектирование заготовок, получаемых методом порошковой металлургии.
5. Характеристики процесса точения, конструктивные и геометрические параметры токарных резцов.
6. Расчет режимов резания и определение норм времени при выполнении токарных операций.
7. Особенности процесса фрезерования, конструктивные и геометрические параметры фрез.
8. Виды шлифования. Применяемый инструмент и режимы обработки.

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

для дневной формы получения 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	2	3	4	5	6	7	8
	Введение	1				1	опрос
1	Конструкционные материалы, их свойства и строение.	5				5	опрос
1.2	Основные физические, механические, эксплуатационные и технологические свойства металлов.	2				2	опрос
1.3	Атомно-кристаллическое строение металлов.	1				1	опрос
1.4	Классификация и маркировка сталей.	1				1	опрос
1.5	Классификация и маркировка цветных сплавов.	1				1	
2	Основы металлургического производства.	8				7	опрос
2.1	Материалы для производства металлов и сплавов. Принцип получения металлов из руд.	1				1	опрос
2.2	Выплавка чугуна в доменной печи.	2				1	опрос
2.3	Производство стали.	2				2	опрос
2.4	Порошковая металлургия.	1	4			1	опрос
2.5	Производство цветных металлов.	2				2	опрос
3	Технология обработки металлов давлением.	9				7	опрос
3.1	Сущность обработки металлов давлением.	1				1	опрос
3.2	Прокатное производство.	1				1	опрос
3.3	Прессование, сущность процесса. Волочение.	1				1	опрос
3.4	Ковка, сущность процесса ковки. Основные операции ковки.	2				1	опрос
3.5	Горячая объемная штамповка, сущность процесса. Инструмент и оборудование.	2	4			1	опрос
3.6	Холодная штамповка, сущность процесса и основные схемы.	1				1	опрос
3.7	Листовая штамповка, основные операции.	1				1	опрос
4	Технология литейного производства.	6				5	опрос
4.1	Общие сведения о литейном производстве. Литейные свойства сплавов.	1				1	опрос
4.2	Изготовление отливок в песчано-глинистых формах. Литейная оснастка.	2	6			1	опрос
4.3	Специальные способы литья	3				3	опрос
5	Технология сварочного производства.	7				5	опрос

1	2	3	4	5	6	7	8
5.1	Общие сведения о сварке металлов. Основные виды сварки.	1				-	опрос
5.2	Дуговая сварка (ручная электродуговая справка, сварка под слоем флюса).	2	4			1	опрос
5.3	Сварка в атмосфере защитных газов. Электрошлаковая сварка.	1				1	опрос
5.4	Газовая сварка.	1				1	опрос
5.5	Сварка давлением. Специальные способы сварки.	1				1	опрос
5.6	Пайка металлов.	1				1	опрос
6.	Изготовление деталей из неметаллических материалов.	2				1	опрос
7	Технология обработки заготовок. Теоретические и технологические основы механической обработки.	11				10	опрос
7.1	Движения для осуществления процесса резания. Режимы резания и параметры срезаемого слоя.	1				-	опрос
7.2	Элементы и геометрические параметры токарного резца.	1	4			-	опрос
7.3	Силы резания. Наростообразование. Упрочнение поверхностного слоя детали.	1				2	опрос
7.4	Износ и стойкость режущего инструмента.	1				-	опрос
7.5	Обработка заготовок на токарных станках.	1	4			1	опрос
7.6	Обработка заготовок на сверлильных станках.	1				1	опрос
7.7	Обработка заготовок на фрезерных станках.	1	4			1	опрос
7.8	Обработка заготовок на шлифовальных станках.	1	4			1	опрос
7.9	Способы отделочной обработки.	1				2	опрос
7.10	Электрофизические и электрохимические методы обработки.	1				2	опрос
8	Основные направления автоматизации механической обработки.	2				1	опрос
	Всего часов по дисциплине	50	34			42	экзамен