

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт морских технологий, энергетики и транспорта

Кафедра судостроения и энергетических комплексов морской техники

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практических, лабораторных и самостоятельных работ для студентов всех направлений и специальностей по дисциплинам: «Материаловедение», «Технология конструкционных материалов», «Материаловедение и технология конструкционных материалов», часть 2

Авторы:

Ангелло Г.Н. – к.т.н., доцент;

Азизова Г.У. – старший преподаватель кафедры судостроения и энергетических комплексов морской техники

Рецензент:

Кораблин А.В. – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой техники и технологии наземного транспорта

Методические указания содержат требования и рекомендации кафедры судостроения и энергетических комплексов морской техники по выполнению, оформлению и защите отчетов по практическим, лабораторным работам, а также по самостоятельной работе студентов всех направлений и специальностей, изучающих дисциплины: «Материаловедение», «Технология конструкционных материалов», «Материаловедение и технология конструкционных материалов». В методических указаниях изложены цели, приборы и оборудование, краткие теоретические сведения, порядок выполнения работ, требования к отчету, а также контрольные вопросы при защите отчетов по всем видам работ.

Методические указания по выполнению практических, лабораторных и самостоятельных работ для студентов всех направлений и специальностей по дисциплинам: «Материаловедение», «Технология конструкционных материалов», «Материаловедение и технология конструкционных материалов», часть 2 / АГТУ. Сост. Ангелло Г.Н., Азизова Г.У. – Астрахань, 2015 – 222 с.

Методические указания утверждены на заседании кафедры «Судостроение и энергетические комплексы морской техники» «11» декабря 2015 года, протокол № 4.

Предисловие

Цель настоящего учебного пособия - помочь студентам механических специальностей в изучении теоретических и практических вопросов, связанных с изготовлением деталей машин на всех этапах их производства, начиная с выбора конструкционных материалов и оптимальных технологических методов и способов получения заготовок для их дальнейшей обработки режущими инструментами.

Обработка заготовок методами резания осуществляются с помощью различных металлорежущих станков, имеющих общие принципы и особенности кинематики и конструирования, которыми также необходимо овладеть будущим инженерам-механикам.

Пособие состоит из двух частей: лабораторного практикума и методических указаний по выполнению расчетно-графических работ.

Лабораторный практикум содержит десять лабораторных работ, в каждой из которых приведены теоретические сведения и методические указания, помогающие студентам грамотно и осмысленно их выполнить. Заканчивается каждая работа контрольными вопросами.

Расчетно-графические работы (РГР) выполняются самостоятельно во внеурочное время, поэтому методические указания содержат основные справочные и нормативные сведения для успешного выполнения РГР в условиях недостаточной библиографической оснащенности.

Учебное пособие составлено в соответствии с Государственными образовательными стандартами многих технических и механических специальностей.

Часть 1. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Раздел 1. ЗАГОТОВИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Работа 1.1. ИЗУЧЕНИЕ ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПРОДУКТОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Цель работы: ознакомление с основными исходными материалами для производства черных металлов, с продукцией доменного производства и сортаментом проката.

1. Теоретические сведения.

Основными *исходными материалами* для производства черных металлов и сплавов на основе железа служат железные руды, топливо и флюсы.

Железная руда — горная порода, представляющая собой оксиды или карбонаты железа и другие соединения, из которой в основном извлекают железо в промышленных масштабах. Железные руды состоят из рудной части (Fe_3O_4 ; Fe_2O_3 ; $FeCO_3$) и пустой породы (SiO_2 ; Mn_2O_3 ; Al_2O_3 ; $MgCO_3$ и др.) с вредными примесями (P_2O_5 ; FeS).

Промышленное применение имеют магнитные, красные, бурые и шпатовые железняки.

Магнитный железняк (руда, образованная *магнетитом* - Fe_3O_4) содержит 55...60% железа, имеет черный цвет, плотное строение и хорошо восстанавливается. Пустая порода кремнистая и глиноземистая.

Красный железняк (руда, образованная *гематитом* - Fe_2O_3) содержит 55...65% железа, может иметь красный, серый или темно-синий цвет. Встречается в виде плотных кусков и в пылевидном состоянии. Легко восстанавливается. Пустая порода обычно кремнистая.

Бурый железняк (руда с *гидратами оксидов* - $2Fe_2O_3 \cdot nH_2O$) содержит 35...50% железа и относится к бедным рудам. Встречается в виде кусков и в пылевидном состоянии. Хорошо восстанавливается.

Шпатовый железняк (руда, образованная *сидеритом* - $FeCO_3$) содержит 30...40% железа, имеет светло-серый и желтовато-белый цвет, легко восстанавливается.

Железные руды загружают в доменную печь преимущественно в виде агломерата или окатышей.

Агломерат — пористые куски руды, более удобные для переработки в чугун, чем обычные железные руды. Для его получения мелкоизмельченную руду смешивают с 6...12% коксовой мелочи. Смесь поджигают на специальной установке, при этом мелкие куски руды спекаются, образуя агломерат.

Окатыши – офлюсованные рудные шарики диаметром 10...15 мм.

Топливо — различные естественные и искусственные продукты, выделяющие при сжигании значительное количество тепла и допускающие рентабельное их использование. Топливо содержит органические соединения углерода, водорода, азота, кислорода, серы, а также влагу и золу. Топливо тем лучше, чем больше в нем углерода и водорода и чем меньше серы, влаги, золы.

В доменной печи основным топливом используют кокс (иногда - древесный уголь). Получают кокс из коксующихся углей сухой перегонкой без доступа воздуха в специальных коксовальных печах при температуре 900...1100°C в течение 15...18 часов.

Кокс представляет собой ноздреватые куски черного цвета, имеющие прочность в два-три раза выше, чем у древесного угля.

В мартеновских печах используют *три вида топлива*:

- коксовальный, доменный, генераторный и природный газы;
- мазут;
- пылевидное топливо.

Коксовальный газ получают попутно при производстве кокса, *доменный* - при сжигании топлива в доменных печах, *генераторный* газ - при сжигании твердого топлива в газогенераторах.

Мазут получают при крекинговании нефти, *пылевидное топливо* - измельчением в дробилках каменных углей в тонкий порошок.

Основные виды топлива и их характеристика приведены в таблице 1.

Таблица 1. **Виды топлива и их характеристика**

Топливо	Теплотворная способность, кДж/м ³
<i>Естественное</i>	
Антрацит	$(29,4...21,0) \cdot 10^3$
Нефть	$(46,2...42,0) \cdot 10^3$
Природный газ	$(35,7...31,5) \cdot 10^3$
<i>Искусственное</i>	
Древесный уголь	$(31,5...27,3) \cdot 10^3$
Кокс	$27,3 \cdot 10^3$
Мазут	$42,0 \cdot 10^3$
Генераторный газ	$(5,88...4,62) \cdot 10^3$
Доменный газ	$(4,62...3,36) \cdot 10^3$

Флюсы предназначены для сплавления пустой породы и золы в шлак. Окислы, содержащиеся в железной руде, делятся на основные (FeO ; MnO ; CaO ; MgO), кислотные (SiO ; P_2O_5) и амфотерные (Al_2O_3).

Основные и кислотные окислы при смешении их при высоких температурах образуют легкоплавкие соединения. Так, температура плавления SiO_2 - 1750°C, CaO - 2100°C, а температура плавления их смеси ($CaO \cdot SiO_2$) 1350°C. Поэтому, если пустая порода содержит кремнезем (SiO_2), к ней добавляют обожженный известняк (CaO), если пустой породой служит *основной окисел* - флюсом должен быть кремнезем (SiO_2). В доменных печах в качестве флюса применяют обожженный известняк.

Огнеупоры - материалы, которые выдерживают без разрушения высокую рабочую температуру печей (от 600 до 2000°C). Огнеупоры применяют в виде кирпичей, фасонных изделий, влажных и сухих порошков, набоек (сбитой массы) для кладки печей и облицовки ковшей. Краткие сведения об огнеупорных материалах приведены в таблице 2.

Основной продукцией доменного производства являются чугун, побочной - шлаки и газы. В таблице 3 приведены сведения о химическом составе чугунов и их применении.

Шлаки — сплавы различных окислов, образующиеся в результате физико-химического взаимодействия их с флюсами. Доменные шлаки применяют для изготовления цемента, кирпича, гравия, стеклянной ваты и др.

Доменные газы - (CO – 26...30%; H_2 - 1,0...2,5%; CH_4 - 0,2...0,5%; CO_2 – 9...16%; остальное - N_2) используют для отопления воздухонагревателей, котлов, коксовальных печей и других нагревательных установок.

Таблица 2. **Основные виды огнеупорных материалов**

Вид огнеупора	Наименование огнеупора	Химическая формула	Температура оплавления, °C
Кислый	Динас	SiO_2	1750...1800
Полукислый	Шамот	$Al_2O_3 + SiO_2$	1650...1700
Основной	Доломит Магнезит	$CaO + MgO$ MgO	1800...1950 2000
Полуосновной	Хромомагнезит	$Cr_2O_3 + MgO$	1700...1800
Нейтральный	Хромистый	Cr_2O_3	1750...1850

Таблица 3. **Химический состав и применение различных чугунов**

Название чугунов	Химический состав, %					Область применения
	C	Mn	Si	P	S	
Серые (литейные)	2,5...3,5	0,5...1,5	2,5...3,5	0,1...0,3	0,07...0,15	Для изготовления отливок
Белые (пердеельные)	2,5...4,0	1,5...2,5	1,0...1,5	0,1...0,3	0,07...0,09	Для передела в сталь и ковкий чугун
Специальные: ферросилиций ферромарганец	1,0...2,5	до 3,0	9,0...13,0	< 0,2	< 0,04	Для раскисления и легирования стали
	4,5...7,0	70...75	1,5...2,0	0,35...0,45	< 0,03	

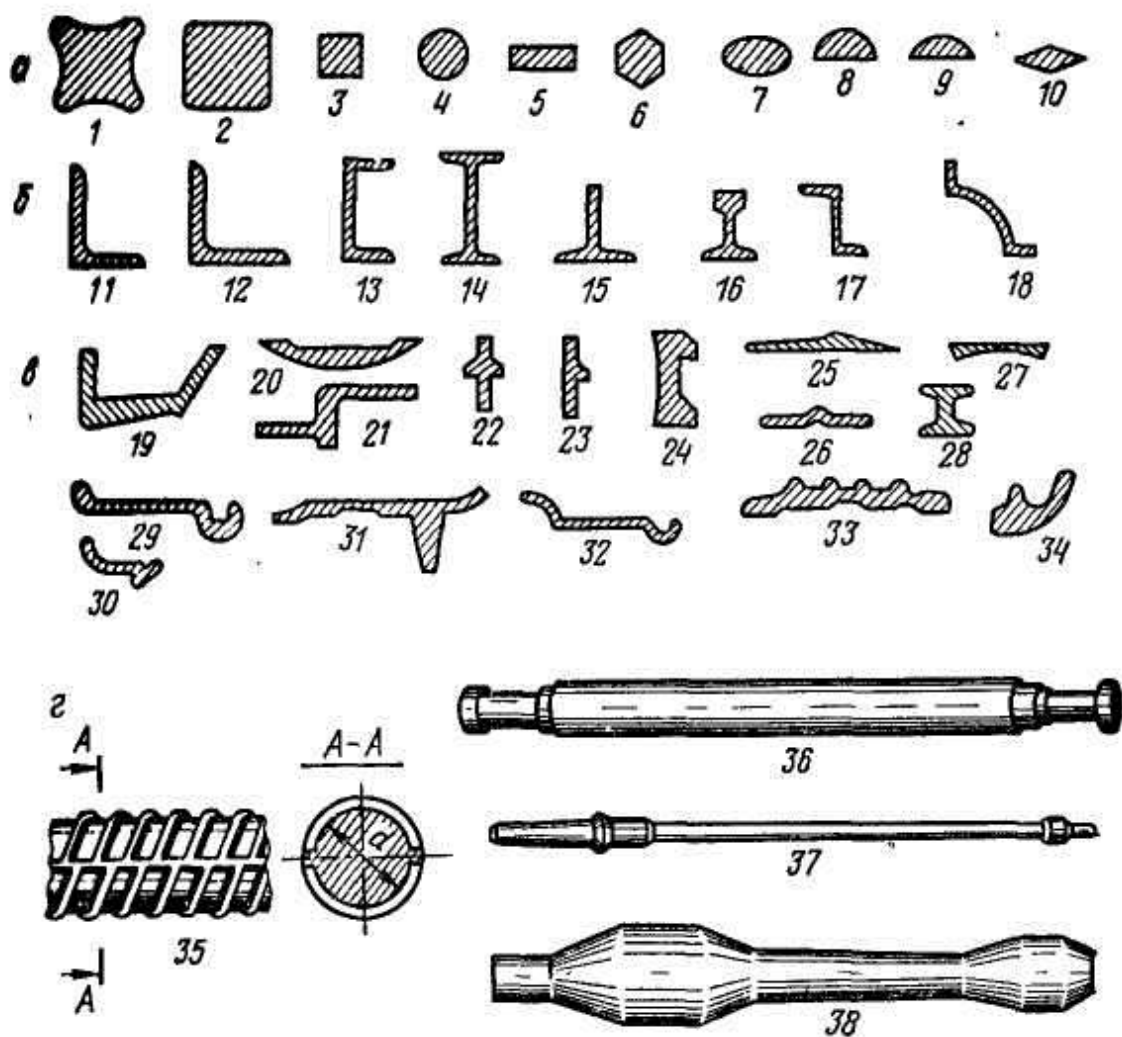


Рис.1. Сортамент изделий, полученных прокаткой:
 а) прокат простого профиля; б) сложного профиля;
 в) профили специального назначения; г) периодического профиля.

Сортамент проката делят на следующие группы (рис.1.):

- а) *простого* профиля:
 - фасонный - 1; квадратный - 2, 3; круглый - 4; полосовой - 5;
 - шестигранный - 6; овальный - 7; полуовальный - 8;
 - сегментный - 9; ромбовидный - 10;
- б) *сложного* профиля:
 - неравнобокий - 11; равнобокий - 12; швеллерный - 13;
 - двутавровый - 14; тавровый - 15; рельсовый - 16;
 - зетовый - 17; квадрантный - 18;
- в) *профили специального назначения* (19—34);
- г) *периодического* профиля:
 - арматурная сталь - 35; заготовка вагонной оси - 36;
 - полуось автомобиля «Москвич» - 37; заготовка шатуна двигателя автомашины - 38.

2. Порядок выполнения работы.

1. Изучить по данному учебному пособию исходные материалы и продукцию металлургического производства.
2. Ознакомиться с образцами железных руд, топлива, флюсов, огнеупоров, чугунов, шлаков и профилей проката и описать их особенности.

3. Содержание отчета.

В отчет необходимо включить описание:

- образцов изучаемых руд (наименование, химическая формула соединения железа, цвет, примерное содержание железа);
- кокса и огнеупорных материалов (наименование, химическая формула, примерная температура плавления);
- перечень и область применения чугунов;
- основные виды сортамента проката.

4. Контрольные вопросы

1. Какие руды используют для производства чугуна?
2. Какое топливо применяют при плавке чугуна?
3. Назовите виды чугунов и их особенности.
3. Перечислите основные виды сортамента проката.

Работа 1.2. ФОРМОВКА В ДВУХ ОПОКАХ

Цель работы:

Умение проектировать и изготавливать литейную форму для получения отливки в двух опоках по разъемной модели.

Содержание работы:

Сконструировать и изготовить литейную форму в двух опоках по разъемной модели.

1. Исходные данные

Исходными данными для выполнения лабораторной работы является *рабочий чертеж детали.*

2. Оборудование и материалы

Оборудованием и материалами для выполнения работы являются:

- модель и модельная оснастка;
- элементы литниковой системы;
- облицовочная и наполнительная формовочные смеси и стержневая смесь;
- порошок графита и разделительный песок;
- стержневой ящик, опоки и формовочный инструмент.

3. Содержание и последовательность выполнения

1) Разработка модельно-литейного чертежа.

Разработку модельно-литейного чертежа следует выполнять на основании рабочего чертежа детали.

На модельно-литейном чертеже необходимо нанести технологические указания по изготовлению модели:

- поверхность разъема модели и формы;
- положение модели при формовке;
- формовочные уклоны, припуски на усадку и механическую обработку;
- контуры и положение стержня, а также место его установки.

2) Выбор литниковой системы.

Главной задачей при выборе литниковой системы является определение оптимального места подвода жидкого металла в полость формы.

Выбор литниковой системы осуществляется исходя из следующих положений:

- при получении отливок из серого чугуна металл подводят к наиболее тонким частям отливки;
- при литье стали:
 - к мелким и средним отливкам – по разъему формы или сбоку;
 - к средним и невысоким – снизу;
 - к крупным – комбинированно (питатели системы располагают на разной высоте отливки);
- при литье сплавов с повышенной усадкой жидкий металл подводят к наиболее массовой части отливки.

3) Выбрать модельный комплект и оснастку.

В состав модельного комплекта и литейной оснастки входят:

- модель и стержень;

- модель литниковой системы;
- опоки и подмодельные плиты;
- стержневой ящик;
- формовочные материалы;
- формовочный инструмент и приспособления.

Литейная модель - приспособление, при помощи которого в литейной форме получают отпечаток, соответствующий конфигурации и размерам отливки.

Модель для единичного производства чаще изготавливают из дерева. Размеры модели отличаются от размеров детали в соответствии с модельно-литейным чертежом. Конструкция модели должна обеспечивать её свободное извлечение из формы, поэтому модели делают разъемными и с литейными уклонами.

Стержни устанавливают в формы для образования полостей, отверстий и других сложных контуров. Стержни фиксируют во впадины в полости формы при помощи выступов (знаков).

Литниковая система – система каналов и элементов формы, которые служат для подвода жидкого металла в полость формы. К элементам литниковой системы относятся литниковая чаша, стояк, шлакоуловитель, питатели, питающие выпоры и прибыли.

Диаметры прибыли должны быть на 30% больше толщины мест отливки, над которыми она располагается, а высота – на 50% больше её диаметра и установлена над массовой частью отливки.

Выпоры служат для питания мелких и средних отливок из серого чугуна и устанавливаются на противоположной стороне от места подвода жидкого металла. Сечение выпора принимают равным $\frac{1}{2} \dots \frac{1}{4}$ сечения стенки отливки. Сечение выпора от основания увеличивается.

Опоки представляют собой ящики без дна и крышки, изготовленные из стальных пластин. Опоки служат для сохранения формы и уплотненной формовочной смеси. Размеры опок регламентированы стандартом.

Стержневой ящик служит для изготовления стержня. Внутренняя полость стержневого ящика соответствует конфигурации стержня со стержневыми знаками, служащими для фиксации в знаках формы. Размеры стержня выполняют с учетом усадки металла. В единичном производстве используют деревянные стержневые ящики.

Формовочные материалы – это совокупность природных и искусственных материалов, используемых для приготовления исходных, формовочных, стержневых и дополнительных смесей.

К *исходным смесям* относят огнеупорную основу: кварцевый песок и связующие – глина, смолы, масла (льняное и хлопковое), канифоль, битум, жидкое стекло и различные добавки (древесные опилки, молотый уголь, цемент, мазут).

Формовочные и стержневые смеси готовят из исходных смесей с добавлением отработанных.

Вспомогательные материалы (покрытия, клеи, замазки и др.) обеспечивают необходимые свойства смесей, а также выполняют отделку и исправление форм и стержней.

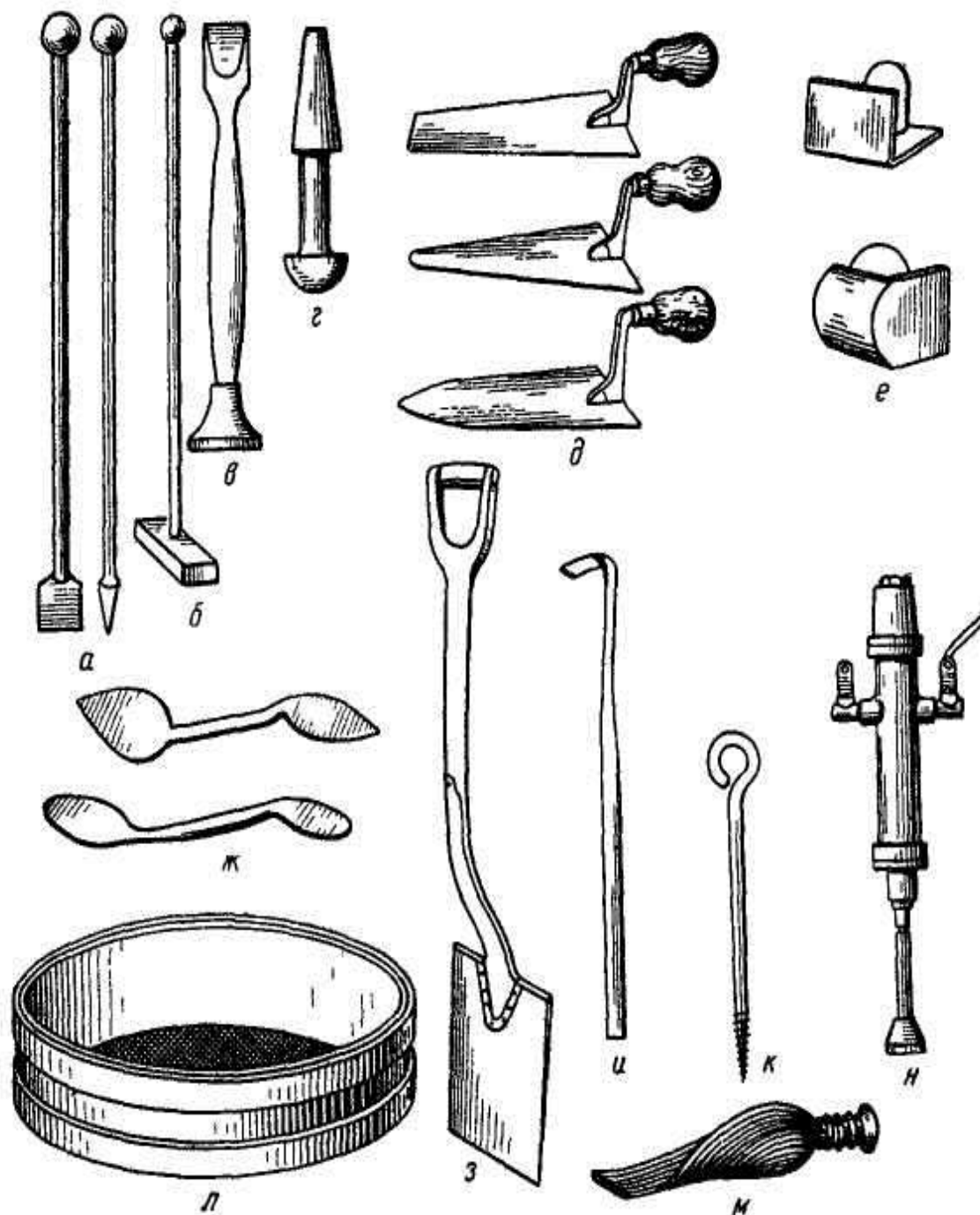


Рис.2. Инструмент для формовки:

а, б, в, г) трамбовки; д) гладилки; е) фасонные гладилки; ж) ланцеты; з) лопата; и) крючок; к) подъемник; л) сито; м) кисть; н) пневматическая трамбовка.

Формовочный инструмент, используемый при изготовлении песчано-глинистой формы и стержней, делится на две группы (рис.2):

- а) инструмент и приспособления, используемые для:
 - наполнения опок и стержневых ящиков (совок, лопата);
 - уплотнения смесей (трамбовки: ручные и пневматические);
 - вентиляции формы (вентиляционные иглы);
 - выравнивания формы со стороны набивки (линейки).
- б) инструмент и приспособления, используемые для:
 - извлечения моделей (полумоделей) из формы: подъемы, деревянные молотки, крючки с лезвиями разных размеров;
 - отделки поверхностей формы и стержней: ланцеты, гладилки, ложечки, кисточки;
 - очистки и окраски поверхностей формы: щетки, пульверизаторы.

4) Разработка эскиза собранной (готовой к заливке) литейной формы.

Эскиз собранной литейной формы представляет собой изображение собранных опок, заполненных формовочной смесью и стержнем, с рабочей полостью формы заданной детали.

5) Изготовление литейной песчано-глинистой формы ручной формовкой.

Изготовление литейной формы выполняется поэтапно:

I этап. Изготовление нижней полуформы (рис.3):

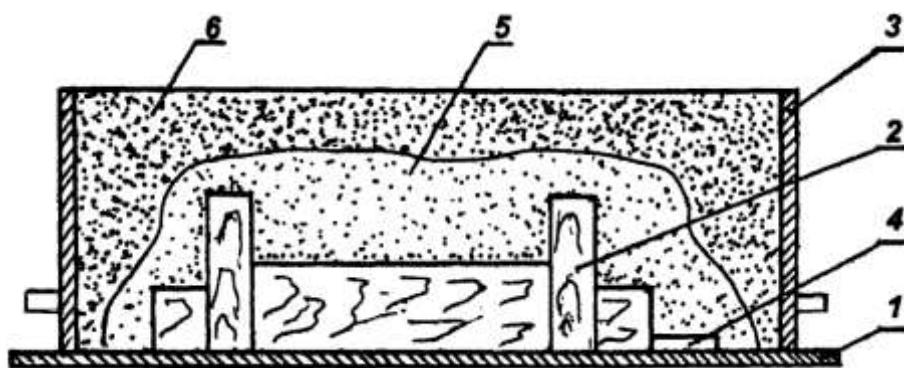


Рис.3. Изготовление нижней полуформы.

- 1 - подмодельная плита; 2 - 1-ая полумодел; 3 - 1-ая опока;
- 4 - питатель; 5 - облицовочная смесь; 6 - наполнительная смесь.

- на плиту 1 уложить полумодел 2;
- установить нижнюю опоку 3;
- подвести к модели два питателя 4;
- обсыпать модель и питатели порошком графита;

- засыпать модель облицовочной смесью 5 и уплотнить (толщина слоя 30...40 мм);
- засыпать оставшийся объем опоки наполнительной формовочной смесью 6 и уплотнить;
- снять излишки смеси линейкой;
- наколоть уплотненную смесь душником (металлической иглой).

II этап. Изготовление верхней полуформы (рис.4):

- повернуть на 180° нижнюю полуформу и установить плоскостью разъема модели вверх на подмодельную плиту;
- установить на полумодель 2 верхнюю полумодель 7 с фиксацией на шипы 17;
- установить верхнюю опоку 8;
- зацентрировать и закрепить опоки с помощью проушин 10 и штырей 9;
- посыпать поверхность нижней полуформы тонким слоем разделительного песка;
- установить модели выпоров 14;
- установить модели шлакоуловителя 11 и стояка 12 с чашей 13;

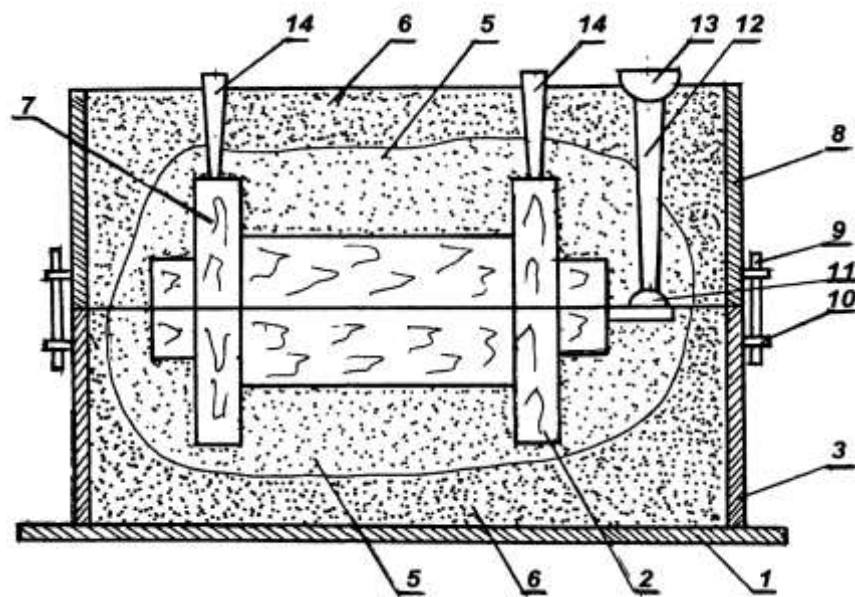


Рис.4. Изготовление верхней полуформы.

7 - 2-ая полумодель; 8 - 2-ая опока; 9 - штырь; 10 - проушина;
11 - шлакоуловитель; 12 - стояк; 13 - чаша; 14 - выпор.

- обсыпать модели детали, шлакоуловителя и выпоров порошком графита;
- засыпать модель облицовочной смесью 5 и уплотнить;
- засыпать оставшийся объем опоки наполнительной формовочной смесью 6 и уплотнить;

- наколоть уплотненную смесь душником;
- извлечь модели выпоров и стояка с чашей.

Этап III. Подготовка литейной формы к заливке:

- раскрепить опоки;
- снять верхнюю полуформу и установить на подмодельную плиту плоскостью разъема вверх (рис.5);
- извлечь верхнюю и нижнюю полумодели из опок с помощью крючков (рис.5 и 6);
- извлечь модели питателей;
- установить стержень 15 на знаки нижней полуформы (рис.6);
- собрать литейную форму из нижней и верхней полуформ, закрепив их штырями (рис.7).

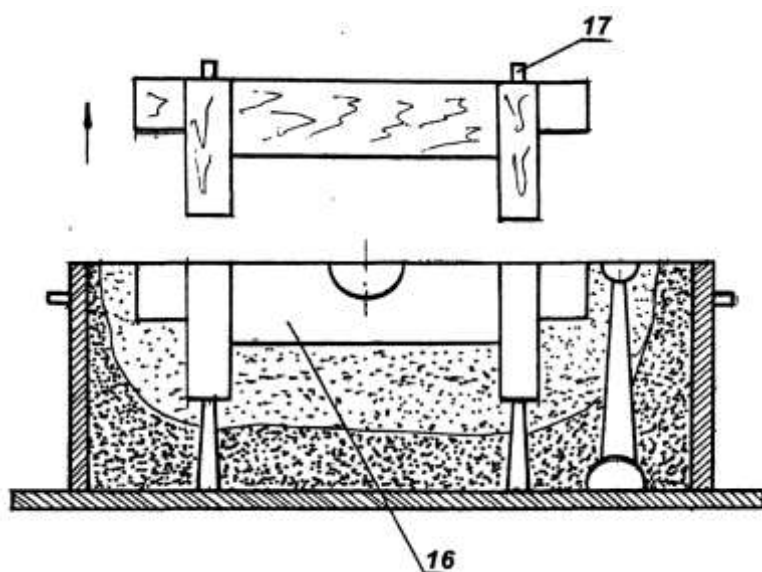


Рис.5. Извлечение верхней полумодели:
15 - стержень; 16 - внутренняя полость формы;
17 - установочный шип.

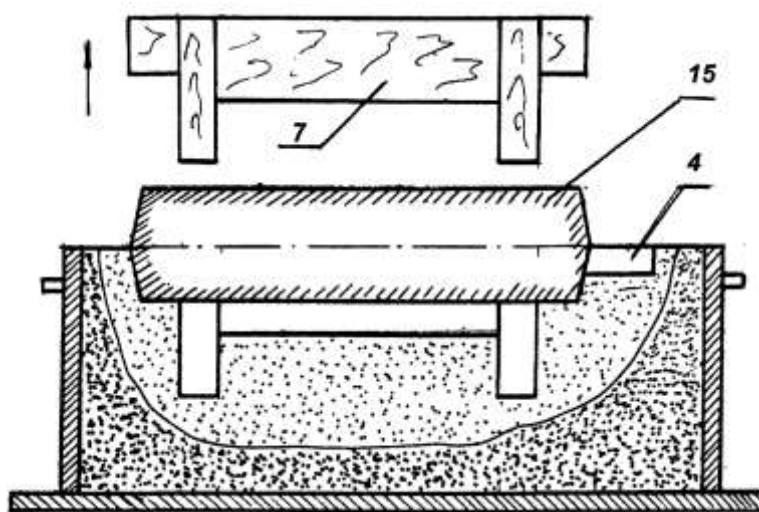


Рис.6. Извлечение нижней полумодели и установка стержня.

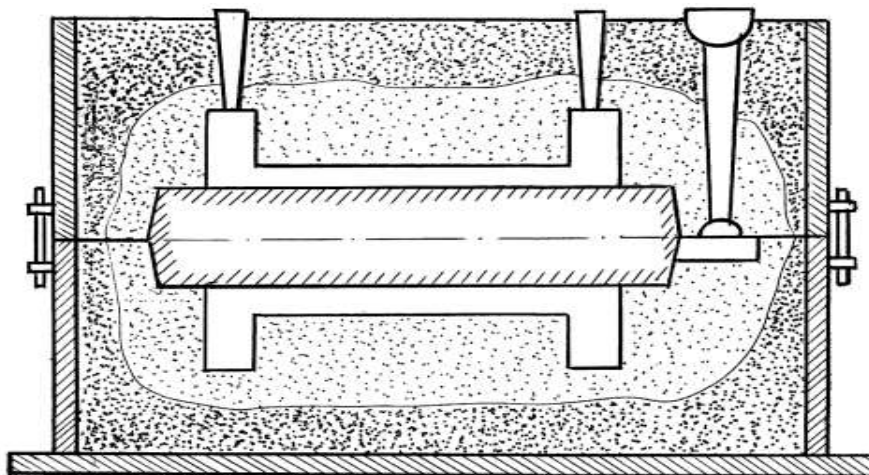
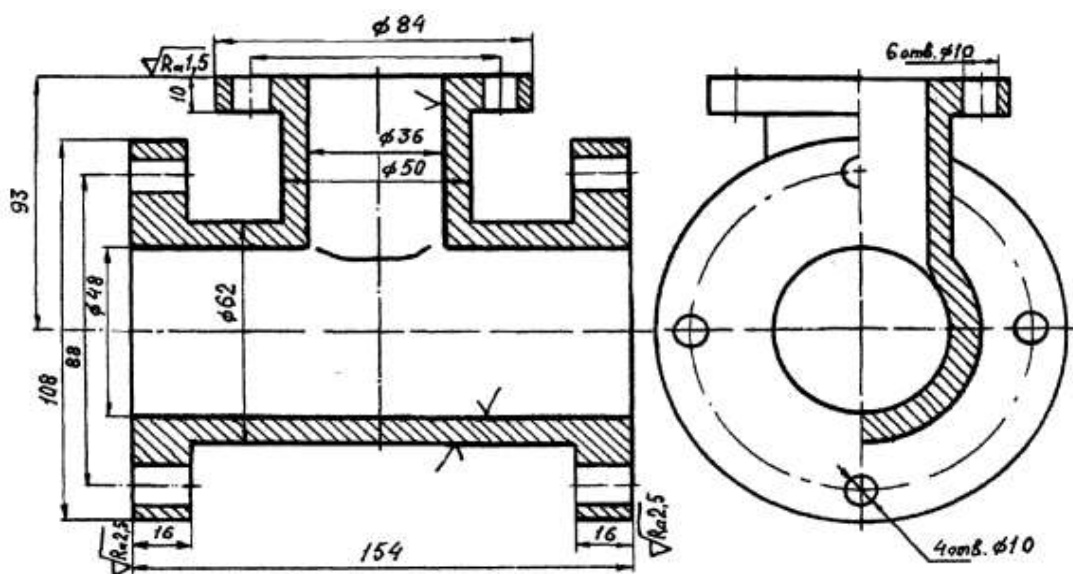


Рис.7. Эскиз формы, готовой к заливке расплавом.

4. Содержание отчета

1. Рабочий чертеж детали (рис.8).
2. Чертеж полуформ модели (рис.9).
3. Эскизы модели и стержня (рис.10).
4. Эскиз собранной формы, готовой к заливке расплавом (рис.7).
4. Эскиз отливки с литниковой системой (рис.11).
5. Краткое описание основных стадий разработки технологического процесса формовки заданной детали.



Материал детали: СЧ 24

Рис.8. Чертеж детали.

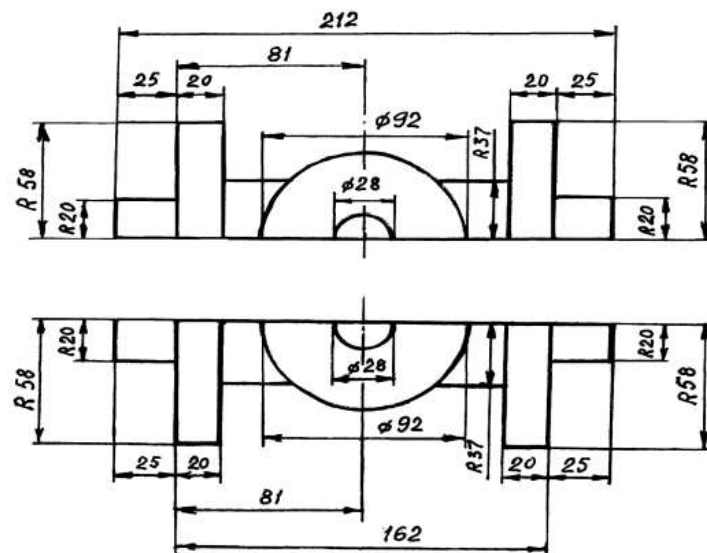


Рис. 9. Чертеж полуформ модели.

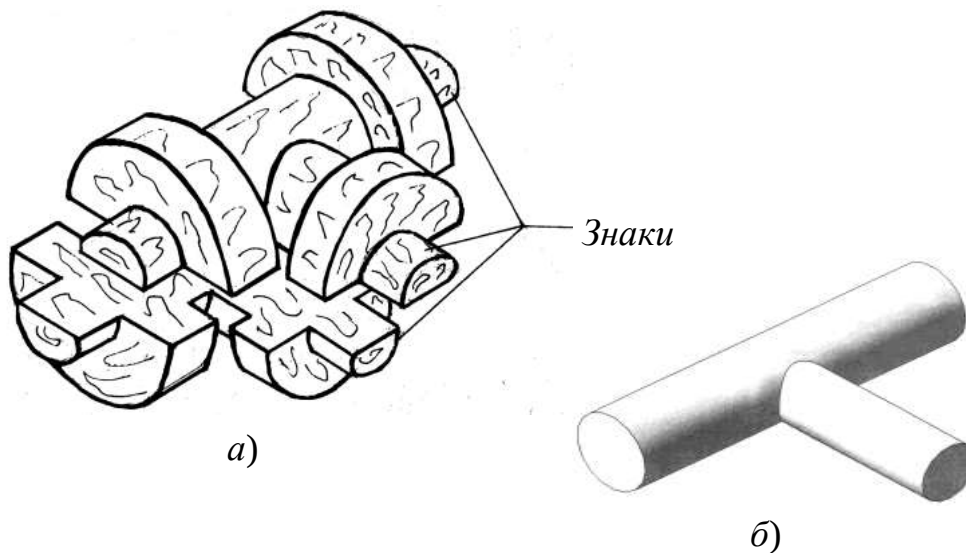


Рис.10. Эскизы модели (а) и стержня (б).

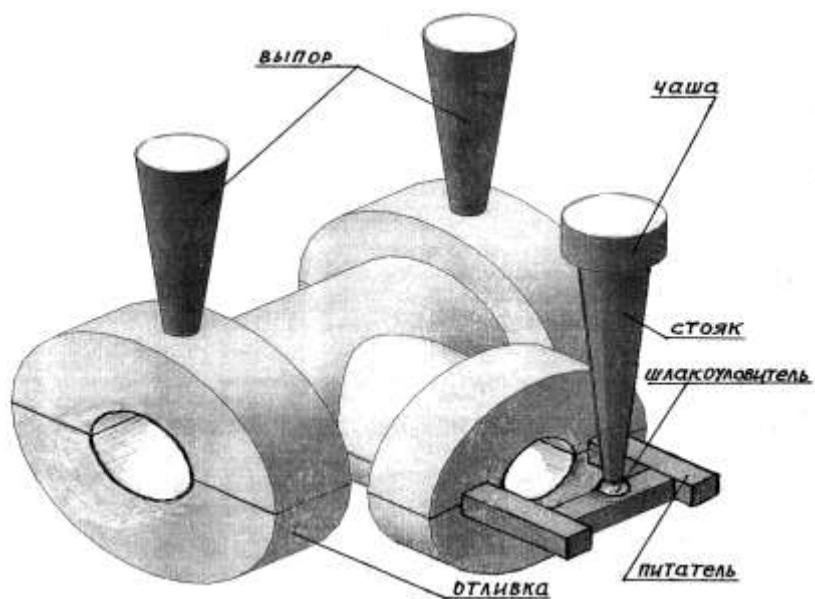


Рис.11. Эскиз отливки с литниковой системой.

5. Контрольные вопросы

1. Сущность технологического процесса получения отливки.
2. Основные преимущества производства заготовок литьем.
3. Основные требования, предъявляемые к конструкции литых заготовок.
4. Этапы разработки модельно-литейного чертежа с учетом усадки металла, формовочных уклонов и т.п.
5. Понятия о стержневых ящиках, стержнях и знаках.
6. Назначение и выбор основных элементов литниковой системы и места их установки при литье.

Работа 1.3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОКОВКИ

Цель работы: изучение технологии свободнойковки, ознакомление с методикой её разработки и умение составлять технологические карты на изготовление поковки.

1. Разработка технологического процесса.

Свободнойковкой изготавливают в условиях индивидуального и мелкосерийного производств поковки массой примерно от 150г и до 300...350 т. Свободнуюковку проводят на гидравлических прессах (тяжелые поковки), паровоздушных молотах (средние поковки массой 8...750 кг) и на пневматических молотах (мелкие поковки). Исходными заготовками для свободнойковки служит прокат, блюмсы и в некоторых случаях слитки.

Разработка технологического процесса свободнойковки состоит из следующих этапов.

1. Проектирование поковки.
2. Расчет размеров и массы заготовки для поковки.
3. Назначение кузнечных переходов.
4. Выбор оборудования.
5. Определение режима нагрева и охлаждения.
6. Назначение термообработки для поковки.

1.1. Проектирование поковки.

Чертеж поковки разрабатывают по чертежу детали. Размеры поковки по сравнению с размерами готовой детали увеличивают на величину *припуска*. Для упрощения формы поковки по отдельным поверхностям (получение которых ковкой невозможно или затруднительно) дают местное увеличение припуска, называемое *напуском*.

На все размеры поковки назначают *допуски*. Припуски и допуски на поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемой свободной ковкой на молотах, регламентированы ГОСТом 7829-70, а на прессах - ГОСТом 7062-54.

В таблице 4 приведена выдержка из ГОСТа 7829-70 по припускам и допускам для гладких поковок круглого, квадратного и прямоугольного сечений.

Для поковок круглого и квадратного сечений с уступами предусмотрены дополнительные припуски (на несоосность) величиной от 3 до 10 мм при разности диаметров (размеров) наибольшего и рассматриваемого сечений от 0 до 40 мм и свыше 180 мм. На общую длину поковки припуски и допуски берут по таблице 4 и увеличивают в 2,5 раза.

Таблица 4. Припуски (на две стороны) и допуски на гладкие поковки

Длина детали L , мм	Диаметр детали D или размер сечения $B \times B$, мм					
	до 50	св. 50 до 70	св. 70 до 90	св. 90 до 120	св. 160 до 200	св. 300 до 360
	Припуски и допуски					
До 250	5±2	6±2	7±2	8±3	11±3	14±4
Св. 250 до 500	6±2	7±2	8±2	9±3	12±3	15±4
Св. 500 до 800	7±2	8±2	9±3	10±3	13±4	16±4
Св. 800 до 1200	8±2	9±3	10±3	11±3	19 ±5	22 ±6

1.2. Расчет размеров и массы заготовки.

Массу исходной заготовки G_z при ковке из проката определяют по формуле:

$$G_z = G_n + G_o,$$

где G_n – масса поковки, кг;

G_o – масса отходов на обсечки и угар, кг.

Если поковка обрабатывается резанием, то подсчет массы металла проводят по номинальным размерам поковки без учета допусков.

Если поковка механически не обрабатывается, то подсчет массы металла поковки проводят с учетом максимальных значений допусков, т. е. по максимальным размерам поковки.

Массу поковки подсчитывают по формуле:

$$G_n = V_n \cdot \rho,$$

где V_n – объем металла поковки, см³;

ρ – плотность, равная для стали 7,85 г/см³.

Масса отходов на обсечки и угар берется обычно в процентах от массы поковки.

Ее значение составляет 1,5...25% (глухие фланцы - 1,5%, зубчатые колеса - 8...10%, сварные кольца, втулки, обечайки - 3...5%, гладкие валы, бруски - 5...7%, валы и вилки с уступами, болты - 7...10%, гаечные ключи, шатуны - 15...18%, рычаги сложные, кривошипы - 18...25%).

Площадь поперечного сечения исходной заготовки определяют, исходя из площади поперечного сечения детали, характера обработки и степени уковки.

Если основной операцией при ковке является вытяжка, то площадь поперечного сечения исходной заготовки F_z находят так:

$$F_z = F_n \cdot K,$$

где F_z - площадь поперечного сечения поковки, см²;

K - степень уковки, равная для проката 1,3...1,5,
для слитка 1,5...2.

Для операции осадки высота исходной заготовки должна быть менее трех ее диаметров.

Длину исходной заготовки L_z , см, можно определить из формулы:

$$L_z = \frac{V_n + V_o}{F_z} = \frac{V_z}{F_z},$$

где V_o - объем отходов, см³;

V_a - объем заготовки, см³.

Для облегчения расчетов объемы сложных деталей разбивают на объемы элементарных фигур.

1.3. Назначение кузнечных переходов.

При разработке технологииковки необходимо стремиться к наименьшему числу переходов, к минимуму отходов металла и получению детали с высокими механическими свойствами. Для создания высоких механических свойств поковки важное значение имеет устранение в ней дендритной (древовидной) структуры, получаемой в отливках, т. е. раздробление ее до мелкозернистого строения. Поэтому при ковке ряда деталей (шестерни, валы, оси, инструмент и др.) для раздробления дендритной структуры применяют многократное обжатие поковки в продольном и поперечном направлениях.

В качестве примера расчленения кузнечной операции на переходы приведен технологический процессковки болта (табл. 5).

Выбор оборудования проводится по массе падающих частей ковочных молотов в зависимости от размеров заготовки и операции (табл. 6).

Таблица 5. Схема ковки болта

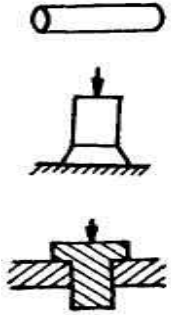
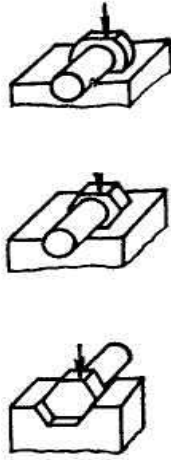
Переходы	Эскизы
Отрезать заготовку Нагреть один конец заготовки Осадить нагретый конец заготовки Высадить заготовку болта в подкладном штампе	
Отковать шестигранную головку: а) отковать две плоскости головки; б) повернуть болт на 60° и отковать еще две плоскости; в) повторить пункт б. Отковать окончательно головку в шестигранной обжимке. Выправить стержень болта.	

Таблица 6. Данные для выбора массы падающих частей ковочных молотов

Масса падающих частей молота, кг	Максимальное сечение заготовки: сторона квадрата или диаметр исходной заготовки, мм	
	осадка	вытяжка
100	50	90
200	70	120
300	85	140
400	100	160
500	115	180
750	135	200
1000	160	230
2000	225	280
3000	270	330
5000	350	400

1.4. Определение режима нагрева и охлаждения.

Для нагрева поковок применяют пламенные и электрические (сопротивления и индукционные) печи.

Максимально допустимая температура нагрева $t^{\circ}_н$ перед свободной ковкой для углеродистых сталей примерно на 150°C ниже линии солидуса AE на диаграмме железо – цементит.

Температура конца горячей обработки $t^{\circ}_к$ для углеродистых сталей устанавливается на $50...70^{\circ}\text{C}$ выше линии GSK .

В таблице 7 приведены температурные интервалыковки для ряда марок конструкционных углеродистых и легированных сталей.

Таблица 7. Температурные интервалыковки конструкционных углеродистых и легированных сталей

Марка стали	Интервал температурковки, $^{\circ}\text{C}$
10, 15	1280...750
20, 25, 30, 35	1250...800
40...60, 15Г...60Г	1200...800
40ХС, 25ХГС, 25ХГСА	1150...830
20Х, 30Х, 50Х, 30ХА	1200...800

При окончанииковки при температуре более высокой, чем рекомендуемые, и последующем медленном охлаждении поковки из заэвтектоидной стали (с содержанием углерода более 0,8%) получают грубую цементитную сетку, а из легированной - карбидную сетку. Такие стали хрупки и плохо поддаются исправлению термической обработкой.

Нагревать заготовку следует равномерно во избежание резкого перепада температур в наружных и внутренних ее слоях, что может привести к образованию трещин.

Нагрев до температур $800...850^{\circ}\text{C}$ ведется медленно, а затем быстрее.

Время нагревания заготовок τ , ч, в пламенных печах определяют по формуле:

$$\tau = K \cdot D \sqrt{D},$$

где D - диаметр круглой или сторона квадратной заготовки, м;

K - коэффициент, равный 10 для конструкционной углеродистой и низколегированной стали и 20 для высоколегированной и высокоуглеродистой сталей.

В формулу времени нагрева вводят также поправочные коэффициенты, зависящие от длины заготовки L_z и ее диаметра D .

Например: при $\frac{L_3}{D} > 3$ - $K_1 = 1$; при $\frac{L_3}{D} = 2$ - $K_1 = 0,98$;
при $\frac{L_3}{D} = 1$ - $K_1 = 0,71$.

Охлаждение поковок послековки должно быть равномерным и не очень быстрым, так как иначе возможно образование трещин.

Нельзя ставить поковки на чугунные плиты, а также оставлять на сквозняке. Поковки охлаждают (в зависимости от марки стали и размеров) на воздухе, в ящиках или колодцах на воздухе, или в засыпке сухим песком вместе с печью.

Поковки мало- и среднеуглеродистых, некоторых легированных сталей (15X...45X, 25Н, 30Н) охлаждают на воздухе. Поковки размером до 100 мм из высокоуглеродистых сталей (У7...У10) и некоторых легированных сталей охлаждают на воздухе, при размерах 100...200 мм - в штабелях на воздухе, при размерах 200...300 мм - в колодце на воздухе.

Термообработка поковок применяется для устранения в них крупнозернистого строения, наклепа, внутренних напряжений и подготовки их к механической обработке.

Для этой цели поковки в ряде случаев подвергают отжигу или нормализации.

2. Порядок составления технологической карты.

1. По чертежу детали (вал, зубчатое колесо и др.) разработать чертеж поковки.
2. Рассчитать размеры и массу заготовки для поковки.
3. Назначить кузнечные переходы.
4. Выбрать оборудование.
5. Определить режим нагрева и охлаждения.
При необходимости определить термообработку.

3. Содержание отчета.

В отчет необходимо включить заполненную технологическую карту кузнечной обработки.

4. Контрольные вопросы

1. Из каких этапов состоит технологический процессковки?
2. Как определяются размеры и масса поковки?
3. Как определяется температура и время нагрева поковки?

Работа 1.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДУГОВОЙ СВАРКИ

Цель работы: изучение режима и оборудования дуговой сварки и умение правильно их назначать.

Содержание работы:

- рассчитать оптимальный режим дуговой сварки;
- настроить оборудование на этот режим;
- экспериментально проверить правильность выбора режима определением технологических коэффициентов дуговой сварки.

1. Теоретические сведения.

1.1. Выбор режима сварки.

Качество сварного соединения зависит от правильности выбора режима сварки.

В понятие режима сварки входит: диаметр электрода, сила сварочного тока, напряжение, скорость сварки.

Диаметр электрода выбирают в зависимости от толщины металла и типа сварного соединения. С одной стороны, диаметр электрода должен быть по возможности наибольшим, чтобы обеспечить максимальную производительность сварки. С другой стороны, применение слишком большого диаметра электрода, особенно при малой толщине металла, может привести к пережогу металла.

Диаметр электрода определяют по эмпирической формуле

$$d = \frac{S}{2} + 1,$$

где d - диаметр электрода, мм;

S - толщина свариваемого металла, мм.

При толщине металла свыше 20 мм диаметр электрода будет не более 8—10 мм.

Сила сварочного тока $I_{св}$, А, определяет качество и производительность работ. Она зависит от толщины свариваемого металла S , диаметра электрода d , коэффициента теплопроводности λ , от типа сварного соединения (стыковое, тавровое, угловое и т. д.), скорости сварки, положения сварного шва в пространстве (нижнее, верхнее, потолочное).

Практически силу сварочного тока определяют по формуле:

$$I_{св} = Kd, \text{ где } K - \text{коэффициент плотности тока, А/мм.}$$

Для обычной ручной электродуговой сварки коэффициент плотности тока K равен:

- для металлических электродов - 40...50 А/мм,
- для угольных электродов - 5...8 А/мм,
- для графитовых электродов - 18...20 А/мм.

С увеличением теплопроводности металла, которая в основном зависит от химического состава, сила сварочного тока увеличивается. Например, теплопроводность железа $\lambda_{Fe} = 40...50$ ккал/(м·ч·°С), а алюминия $\lambda_{Al} = 150...170$ ккал/(м·ч·°С), и поэтому при сварке алюминия сила сварочного тока равна:

$$I_{св}^{Al} = (1,3...1,5) \cdot I_{св}^{Fe}.$$

При сварке легированных сталей, обладающих пониженной теплопроводностью из-за содержания в них легирующих элементов (*Ni, Cr, W, Mn, V*), возникает опасность образования высоких термических напряжений, могущих привести к образованию в детали трещин. Поэтому при сварке легированных сталей применяется так называемый мягкий режим:

$$I_{св}^L = (0,8...0,9) \cdot I_{св}^Y,$$

где $I_{св}^L$ - сила сварочного тока для легированных сталей, А;

$I_{св}^Y$ - сила сварочного тока для углеродистых сталей, А.

При сварке на переменном токе из-за отсутствия достаточной ионизации и охлаждения межэлектродного пространства при перемене полярности требуется повышенный сварочный ток:

$$I_{св}^{nep} = (1,1...1,2) \cdot I_{св}^{noc},$$

где $I_{св}^{nep}$ - сила сварочного тока при сварке на переменном токе, А;

$I_{св}^{noc}$ - сила сварочного тока при сварке на постоянном токе, А.

Окончательно силу сварочного тока устанавливают с учетом соотношений толщины металла S и диаметра электрода d .

При толщине металла $S > 3d$ силу сварочного тока увеличивают на 10...15%, а при $S < 1,5 \cdot d$ уменьшают на 10...15%.

Сварку вертикальных, горизонтальных и потолочных швов ведут при силе тока на 10...15% меньшей, чем при сварке горизонтальных швов. Повышение скорости сварки дает возможность без снижения качества сварных соединений повысить силу сварочного тока.

Силу сварочного тока при ручной электродуговой сварке стали можно также определить по приближенной формуле:

$$I_{св} = (20 + 6d_9) \cdot d_9.$$

Напряжение сварочной дуги U_c , В, определяют в зависимости от длины дуги L_d по формуле:

$$U_c = U_{ак} + U_d \cdot L_d,$$

где $U_{ак}$ - падение напряжения на аноде или катоде, не зависит от длины дуги, равно 10...12 В;

U_d - падение напряжения, отнесенное к 1 мм длины дуги, равное 2...3 В на 1 мм.

L_d - длина дуги, зависит от диаметра электрода и определяется по формуле: $L_d = 0,5(d + 2)$.

Скорость сварки $V_{св}$, м/ч, определяется по формуле:

$$V_{св} = \frac{I_{св} \cdot K_n}{B},$$

где K_n - коэффициент наплавки, г/(А·ч) (для качественных электродов $K_n = 10...12$ г/(А·ч), для стабилизирующих $K_n = 8$ г/(А·ч);

B - масса наплавленного металла на 1 м длины, г/м.

Количество наплавленного металла Q_n , г, рассчитывают по коэффициенту наплавки K_n и времени горения дуги t , ч, по зависимости:

$$Q_n = K_n \cdot I_{св} \cdot t.$$

Расход электрической энергии P , кВт·ч, определяется по формуле:

$$P = \frac{U \cdot I_{св} \cdot t}{\eta \cdot 1000} + M_x \cdot (T - t),$$

где η - коэффициент полезного действия источника питания (для трансформатора при $I_{св} = 100...450$ А равен 0,8...0,85, для генератора - 0,3...0,4);

M_x - мощность холостого хода источника питания дуги (для трансформатора равна 0,2...0,4 кВт·А, для генератора - 2...3 кВт·А);

T - общее время работы источника питания, ч (рабочее и холостое).

В среднем расход электрической энергии на 1 кг наплавленного металла при ручной электродуговой сварке: на переменном токе составляет 3,5...4,5 кВт·ч, на постоянном токе - 7...8 кВт·ч.

1.2. Определение технологических коэффициентов при электродуговой сварке.

Технологические коэффициенты при электродуговой сварке характеризуют экономическую эффективность сварки и правильность режима сварки.

К технологическим коэффициентам относятся:

K_n - коэффициент наплавки;

K_p - коэффициент расплавления;

K_n - коэффициент потерь.

Коэффициенты K_n , K_p , K_n рассчитывают по формулам и по данным опыта.

Коэффициент наплавки K_n , г/(А·ч), характеризует технологическое качество применяемых электродов и определяется по формуле:

$$K_n = \frac{Q_n}{I_{св} \cdot t},$$

где Q_n - масса наплавленного металла, г;

t - время горения дуги, ч;

$I_{св}$ - рабочий сварочный ток, А.

Для широко применяемых электродов $K_n = 5...13$ г/(А·ч).

Коэффициент расплавления K_p , г/(А·ч), учитывает разбрызгивание металла при электродуговой сварке и вычисляется по формуле:

$$K_p = \frac{Q_p}{I_{св} \cdot t},$$

где Q_p - количество расплавленного металла, г.

Коэффициент K_p не должен значительно превышать коэффициент K_n , так как это будет указывать на нерационально выбранный электрический режим сварки. Чем больше разница между K_p и K_n , тем больше потери металла. Считается нормальным, если $K_p = (1,2...1,3) \cdot K_n$.

Коэффициент потерь K_n рассчитывают по формуле:

$$K_n = \frac{Q_p - Q_n}{Q_p} \cdot 100\%.$$

2. Порядок выполнения работы.

1. Для заданного листового материала (марка стали, толщина) рассчитать оптимальные режимы сварки (d , $I_{св}$, U , $V_{св}$) на переменном и постоянном токе. Рассчитать расход электрической энергии.
2. Взвесить электрод и пластину на весах с точностью $\pm 0,5$ г.
3. Настроить аппаратуру на необходимый режим.
4. Наплавить валик (шов) на пластину (за один проход необходимо расплавить не менее $\frac{3}{4}$ длины электрода) и записать значения тока (по показаниям амперметра) и времени сварки (по показаниям секундомера).
5. Взвесить последовательно на весах остаток электрода и пластину с наплавленным валиком. Рассчитать количество расплавленного и наплавленного металла.
6. Определить технологические коэффициенты K_s , K_p и K_n .
7. Проверить правильность выбора режима сварки.

3. Содержание отчета.

В отчет необходимо включить:

- расчет оптимального режима сварки на переменном и постоянном токах;
- расчеты по определению технологических коэффициентов K_n , K_p и K_n ;
- протокол опытных данных.

В выводах оценить правильность выбранного режима сварки и настройки аппаратуры.

4. Контрольные вопросы

1. Какие параметры входят в режим сварки?
2. Как определяется сила и напряжение сварочного тока?
3. Перечислите технологические коэффициенты и как рассчитывается правильность режима сварки?

Работа 1.5. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНОГО ШВА МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Цель работы: изучение наружных и внутренних дефектов сварных швов и ознакомление с методами их выявления.

1. Теоретические сведения.

Основные типы сварных швов показаны на рис.12.

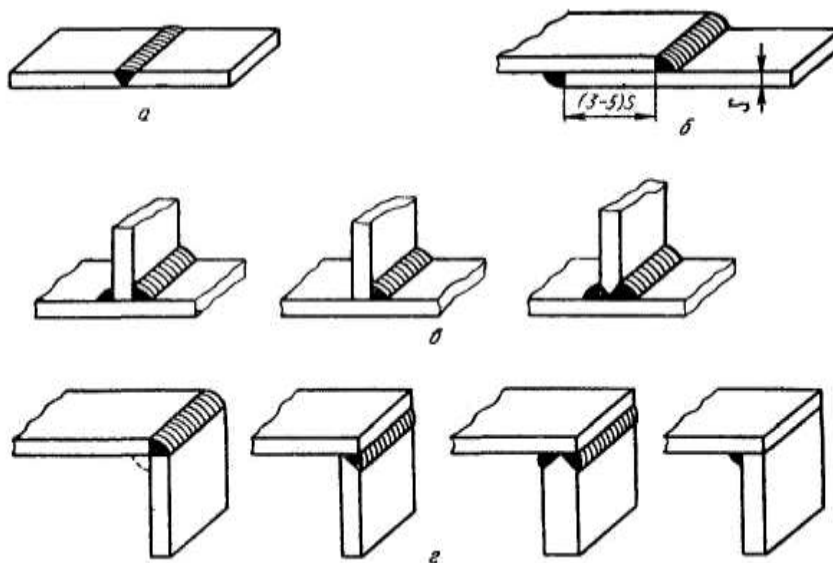


Рис.12. Основные типы сварных соединений:
а) стыковое; б) нахлесточное; в) тавровое; г) угловое

2. Дефекты сварных швов.

Дефекты в шве по расположению бывают наружные и внутренние.

К *наружным дефектам* относят:

продольные и поперечные трещины, подрезы, кратеры, остатки шлака, неровную поверхность шва, наплывы и др.

Трещины (рис.13 а, б) чаще всего получаются из-за внутренних напряжений, образующихся вследствие неравномерного нагрева и охлаждения металла, изменения его структуры при сварке и наличия в нем повышенного содержания серы, фосфора, водорода, кислорода и др.

Подрез (рис.13 в, г) характеризуется наличием канавки у края шва. Подрезы получаются при сварке током большой силы или горелкой большой мощности.

Кратеры (незаплавленные углубления), остатки шлака и неровная поверхность шва появляются при низкой квалификации или небрежности сварщика.

К *внутренним дефектам* относят:

внутренние трещины, непровар корня шва или его кромки, поры, шлаковые включения, пережог металла шва и др.

Внутренние трещины обычно возникают по тем же причинам, что и наружные.

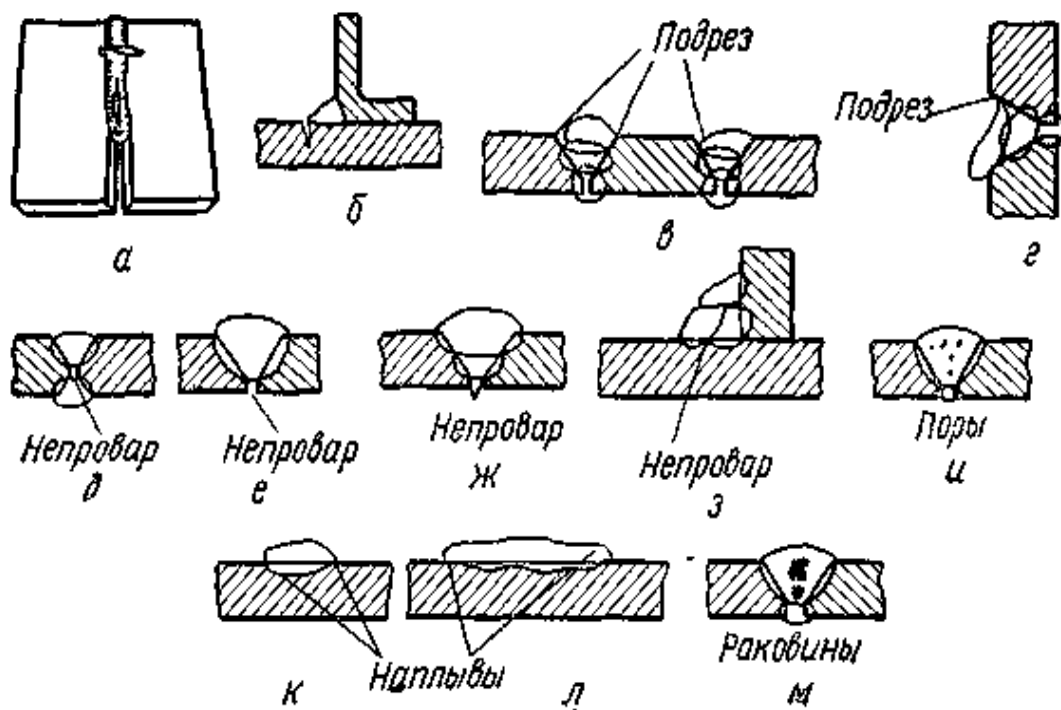


Рис.12. Дефекты сварных швов.

Непровар корня шва или его кромки (рис.13 д, е, ж, з) характеризуется плохим сплавлением или даже отсутствием сцепления наплавленного металла с основным металлом. Этот дефект получается вследствие

плохого прогрева свариваемого металла, из-за некачественной разделки кромок (малый угол среза), недостаточного зазора между свариваемыми деталями, малого тока или малой мощности горелки, из-за слишком большой скорости сварки.

Поры (рис.13 и) чаще заполнены газом (водородом, окисью углерода и др.) и получаются преимущественно из-за влажности электродного покрытия или неправильной регулировки газовой горелки, плохой очистки свариваемой поверхности от грязи, масла, ржавчины и окалины.

Наплывы (рис.13 к, л) образуются при слишком быстром плавлении электрода или присадочной проволоки и при недостаточной прогретости свариваемого металла.

Шлаковые включения (рис.13 м) образуются при сварке длинной дугой или окислительным пламенем. При такой сварке из-за недостаточного прогрева жидкого металла он недостаточно интенсивно перемешивается, быстро затвердевает и из него плохо удаляется шлак.

Пережог представляет собой окисленный крупнозернистый металл шва, который получается вследствие применения тока большой силы или горелки большой мощности, сильно окислительной среды, медленного перемещения электрода или горелки.

3. Контроль дефектов сварных швов.

Наружные дефекты швов обычно контролируют визуально или через лупу при небольшом увеличении (в 10...20 раз). Иногда, например, для выявления трещин прибегают к травлению шва 10%-ным раствором азотной кислоты.

Для обнаружения *внутренних дефектов сварных швов* применяют:

- просвечивание шва рентгеновскими или гамма-лучами (трещины, непровары, поры, шлаковые включения);
- ультразвуковой метод (трещины, поры);
- магнитный метод (трещины, непровары);
- металлографический метод и др.

Плотность швов, т. е. их непроницаемость, проверяют гидравлическим или пневматическим нагружением сварных изделий или керосиновой пробой.

При первых двух методах контроля дефектные места устанавливают по течи воды или выделению пузырьков воздуха через сварной шов. При последнем методе сварной шов покрывают меловой обмазкой, а противоположную сторону сварного соединения смачивают керосином. Если шов имеет неплотность, то на меловой обмазке выступит керосин.

В *металлографическом методе* изделие разрезают вдоль и поперек шва или вырезают из него образцы. Затем это изделие или образцы шлифуют, полируют, травят и выполняют макро- и микроанализ.

Макроанализ внутренних дефектов шва по разрезу детали или вырезанным образцам осуществляют визуально или через линзу при

небольшом увеличении, что позволяет обнаружить трещины, поры, раковины, шлаковые включения, непровары, границу раздела шва и основного металла, дендритность шва - направленность и величину столбчатых кристаллов. Вдоль самих столбчатых кристаллов и в местах окончания их кристаллизации нередко получают трещины.

При *микроанализе*, который выполняется на микроскопе при увеличении в 100...1000 раз, в структуре шва можно обнаружить микротрещины, перегрев или пережог металла, границу раздела шва и основного металла.

4. Порядок выполнения работы.

1. Осмотреть дефектные и бездефектные сварные соединения, выполненные различными способами сварки (ручная и автоматическая, дуговая и газовая).
2. Получить для исследования комплект макро- и микрошлифов сварных швов с различными наружными и внутренними дефектами (трещины, подрезы, кратеры, шлаковые включения, наплывы, поры, непровары, пережог и дендритность) и без дефектов с указанием химического состава металла шва и основного металла, лупу и металлографический микроскоп.
3. Изучить и зарисовать наружные дефекты сварных швов.
4. Изучить и зарисовать макро- и микроструктуру внутренних дефектов сварных швов.
5. Изучить и зарисовать макро- и микроструктуру качественного сварного шва.
6. При исследовании отметить вид дефекта, указать его размер, место расположения и причину возникновения, определить границу раздела шва и основного металла (по макро- и микроструктуре) и дать оценку дефектной и качественной структуры сварного шва.
7. Результаты исследований внести в протокол отчета.

5. Содержание отчета.

В отчет необходимо включить:

- описание основных дефектов сварных соединений и причины их образования;
- рисунки наружных дефектов, макро-, микроструктуры внутренних дефектов и качественного шва и их описание.

В выводах по работе дать сравнительную оценку изученным сварным швам, указать, какие дефекты являются наиболее опасными и какой должна быть макро- и микроструктура качественного шва.

6. Контрольные вопросы.

1. Перечислите виды сварных швов.
2. Какие бывают наружные дефекты сварных швов?
3. Назовите внутренние дефекты сварных швов.
4. Перечислите методы обнаружения дефектов сварных швов.

Раздел 2. ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ РЕЗАНИЕМ

Работа 2.1. КОНСТРУКТИВНЫЕ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ

Цель работы: умение классифицировать токарные резцы, определять и измерять их геометрические элементы.

Содержание работы:

- 1) Ознакомиться по методическим указаниям, плакатам, витринам с конструкциями токарных резцов.
- 2) Изобразить в рабочем положении каждый резец из предложенного набора, описать его классификацию и показать геометрические элементы лезвия.

1. Классификация токарных резцов

Резец - однолезвийный инструмент для обработки с поступательным или вращательным главным движением резания и возможностью движения подачи в любом направлении.

Токарный резец выполнен из двух основных частей - режущей (*головки*) и крепежной (*державки*).

Существенное разнообразие конструктивного исполнения, видов резцов позволяет классифицировать их по следующим признакам:

- а) по назначению и виду обработки;
- б) по конструктивной форме;
- в) по направлению движения подачи;
- г) по конструкции режущей части;
- д) по способу соединения частей резца;
- ж) по инструментальному материалу режущего лезвия.

По назначению и виду обработки (типы) резцы бывают:

- *проходные* - предназначенные для наружного точения с продольной подачей (рис.14 а, б, в, г, л, м);
- *подрезные* - предназначенные для подрезания торцов при точении с поперечной подачей (рис.14 д);
- *отрезные* (прорезные, канавочные), предназначенные для отрезания заготовок, прорезания канавок (рис.14 е, н);
- *расточные для обработки сквозных отверстий*, предназначенные для растачивания сквозных отверстий, предварительно полученных любым технологическим методом (сверлением, литьем, прошивкой и др.) (рис.14 ж);
- *расточные для обработки глухих отверстий*, предназначенные для растачивания отверстий, не имеющих выхода с другой стороны заготовки (рис.14 и);

- *резьбовые* - для нарезания наружных и внутренних резьб (рис.14 к);
- *фасонные* – предназначенные для точения различных фасонных поверхностей (рис.14 н).

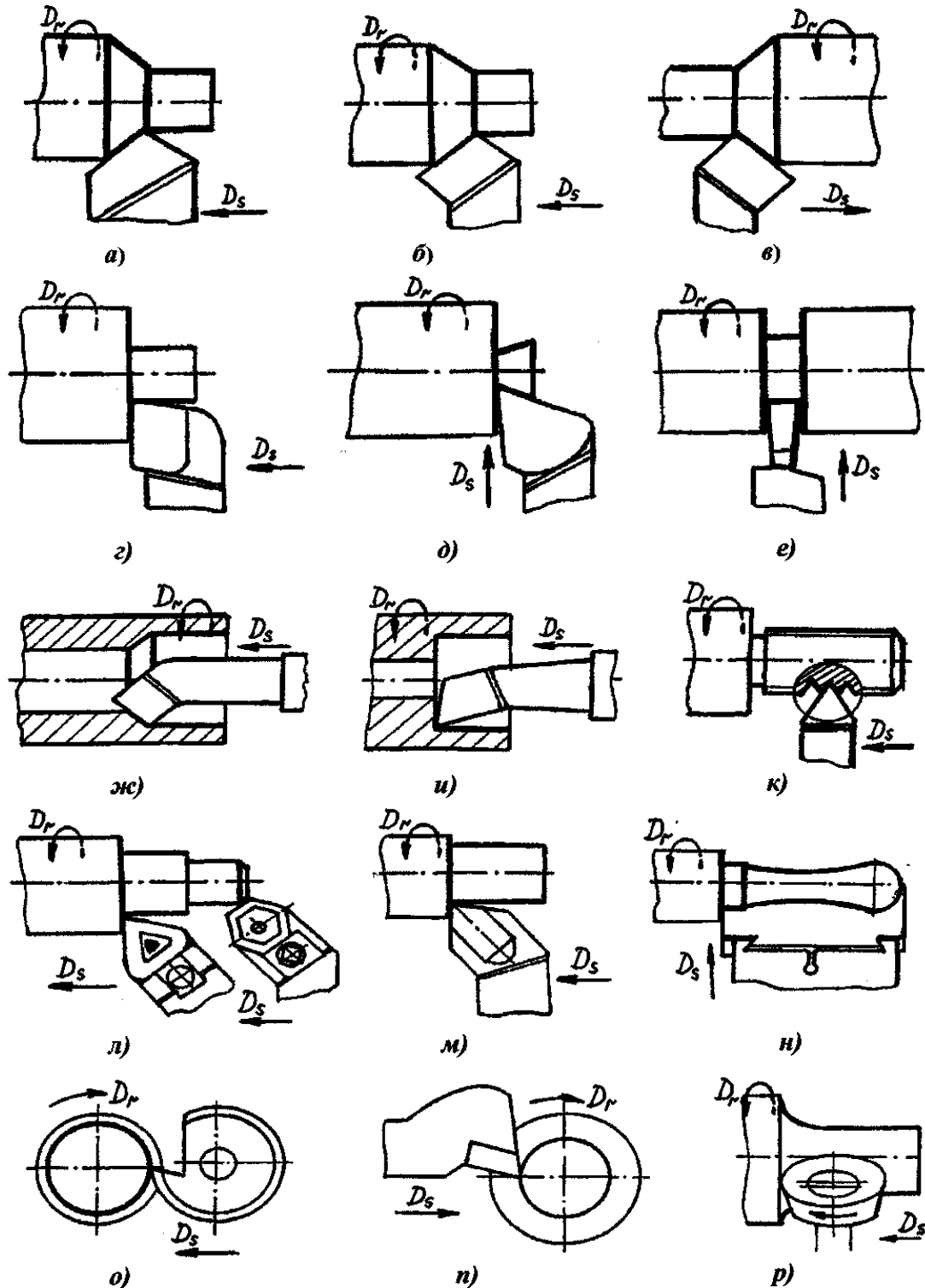


Рис. 14. Классификация токарных резцов.

По конструктивной форме резцы могут быть:

стержневые (рис.14 а - м), *призматические* (рис.14 н),
дисковые (рис.14 о) и *круглые* (рис.14 р).

По направлению подачи различают резцы:

- *правые* - при точении движение подачи осуществляется справа налево (рис.14 а, б, г, л, м);
- *левые* - при точении движение подачи осуществляется слева направо (рис.14 в).

По конструкции режущей части резцы могут быть:

- *прямые* - без искривления оси резца (рис.14 а);
- *отогнутые* - ось резца искривлена в горизонтальной плоскости (рис.14 б, в);
- *изогнутые* - ось резца искривлена в вертикальной плоскости (рис.14 н);
- *оттянутые* - режущая часть резца значительно тоньше крепежной части (рис.14 е).

По способу соединения частей резцы могут быть:

- *цельные* - изготовленные из одного материала (рис.14 о);
- *составные* - с неразъемным соединением режущей и крепежной частей (сварные, напаянные, приклеенные или с наплавленным лезвием) (рис.14 а – к, м);
- *сборные* - с разъемным соединением его частей (с механическим закреплением режущего лезвия) (рис.14 л, н, р).

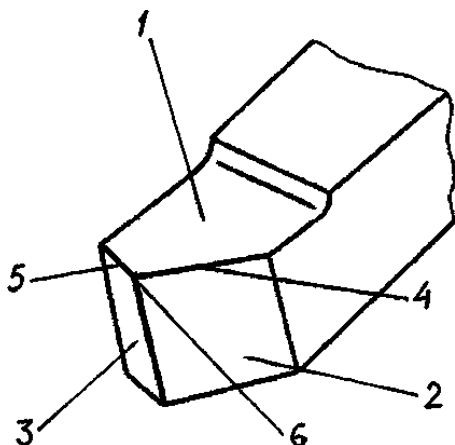
По инструментальному материалу режущей части резцы бывают:

- *быстрорежущие* - лезвие из быстрорежущей стали;
- *твердосплавные* - лезвие из металлокерамических сплавов;
- *минералокерамические* - лезвие из минералокерамики;
- *сверхтвердые* - лезвие из композита или алмаза.

2. Геометрические элементы резцов

Определения общих понятий и элементов лезвия резца приняты по ГОСТ 25762-83.

Режущая часть резца состоит из: передней поверхности, главной и вспомогательной задних поверхностей, главной и вспомогательной режущих кромок и вершины (рис.15).



- 1 - передняя поверхность (A_f);
- 2 - главная задняя поверхность (A_a);
- 3 - вспомогательная задняя поверхность (A'_a);
- 4 - главная режущая кромка (K);
- 5 - вспомогательная режущая кромка (K');
- 6 - вершина резца (B).

Рис.15. Элементы режущей части
токарного резца.

Передняя поверхность лезвия (A_γ) - поверхность лезвия резца, контактирующая в процессе резания со срезаемым слоем металла (стружкой).

Задние поверхности лезвия (A_α и A'_α) - поверхности лезвия резца, контактирующие в процессе резания с поверхностями заготовки.

Режущие кромки (главная - K и вспомогательная - K') - кромки лезвия резца, образуемые пересечением передней и задних поверхностей лезвия.

Вершина лезвия (B) - участок пересечения режущих кромок и грани задних поверхностей.

Для определения геометрических элементов лезвия инструмента, используют системы координат и координатные плоскости.

Различают следующие *системы координат*:

- *инструментальная система координат (ИСК)* – применяется для изготовления и контроля инструмента.
- *статическая система координат (ССК)* - применяется для приближенных расчетов углов лезвия в процессе резания, с учетом изменения их после установки инструмента на станке.
- *кинематическая система координат (КСК)* - система координат, скорректированная относительно направления скорости результирующего движения резания.

Координатные плоскости:

- *основная плоскость* (P_V) - проходит через рассматриваемую точку режущей кромки перпендикулярно к направлению скорости главного или результирующего движения резания;
- *плоскость резания* (P_n) - касательная плоскость к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная к основной плоскости P_V ;
- *главная секущая плоскость* (P_T) - перпендикулярная к линии пересечения основной плоскости P_V и плоскости резания P_n .

Кроме того, различают еще плоскости:

- *рабочая плоскость* (P_S) - плоскость, в которой расположены направления скоростей главного движения резания и движения подачи.
- *нормальная секущая плоскость* (P_n) перпендикулярная к режущей кромке в рассматриваемой точке.

Под *геометрией резца* понимают углы, которые определяют положение элементов рабочей части относительно координатных плоскостей.

Рассмотрим образование углов в ССК у проходного прямого резца (Рис.16).

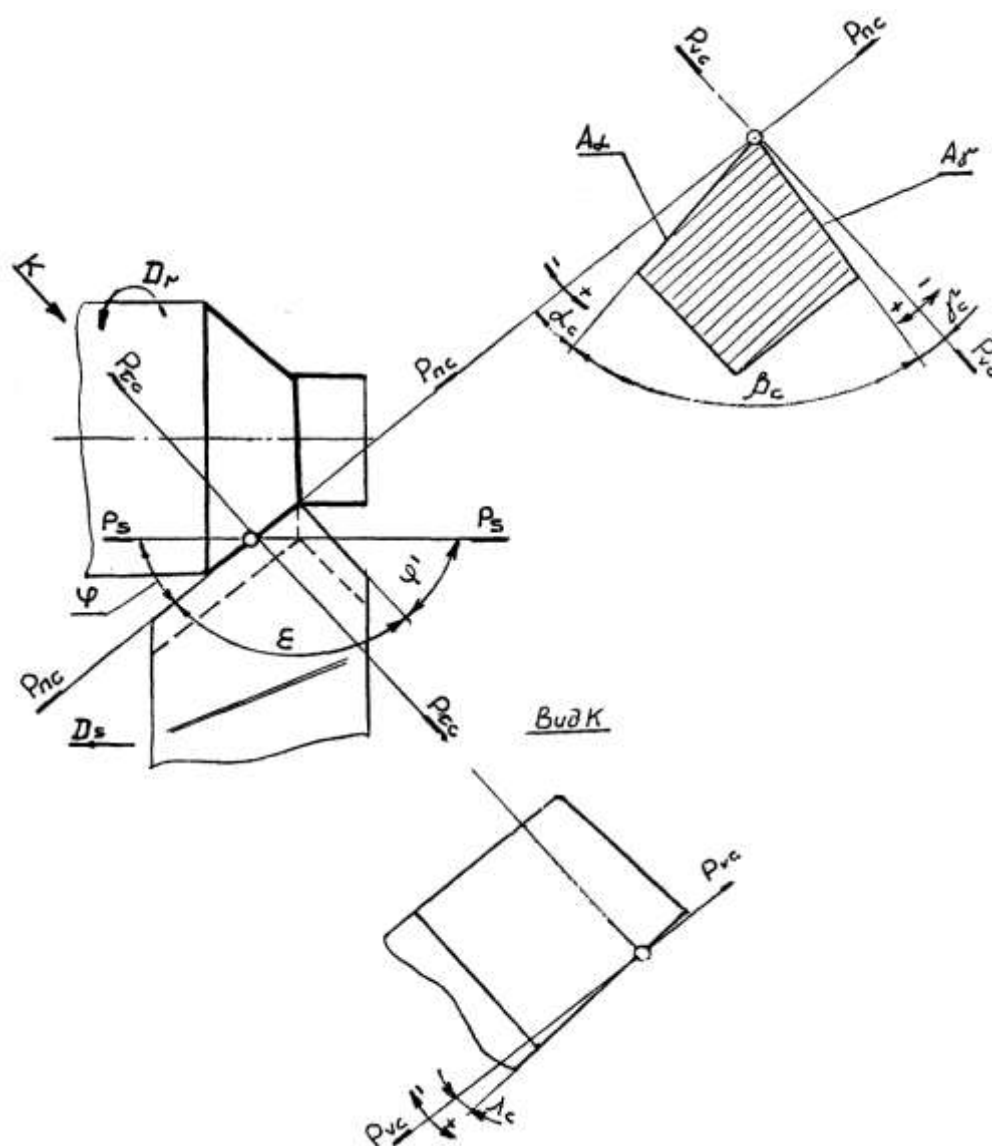


Рис.16. Углы прямого проходного резца.

Различают углы в плане и в сечении.

Углы в плане:

φ - *главный угол в плане* - угол в основной плоскости между плоскостью резания P_n и рабочей плоскостью P_s ;

φ' - *вспомогательный угол в плане* - угол в основной плоскости между вспомогательной режущей кромкой и рабочей плоскостью;

ε - *угол при вершине* - угол между проекциями режущих кромок.

Углы в главном сечении:

α - *главный задний угол* - угол в секущей плоскости P_τ между главной задней поверхностью A_α и плоскостью резания P_n ;

γ - *передний угол* - угол в секущей плоскости P_τ между передней поверхностью A_γ и основной плоскостью P_V ;

β - *угол заострения* - угол между передней и главной задней поверхностями в основной плоскости P_V ;

λ - угол наклона главной режущей кромки - угол в плоскости резания P_n между главной режущей кромкой и основной плоскостью P_v .

3. Измерения углов

Для измерения углов резцов используют *угломеры*: универсальные, маятниковый и настольный (рис.17, 18, 19 и 20).

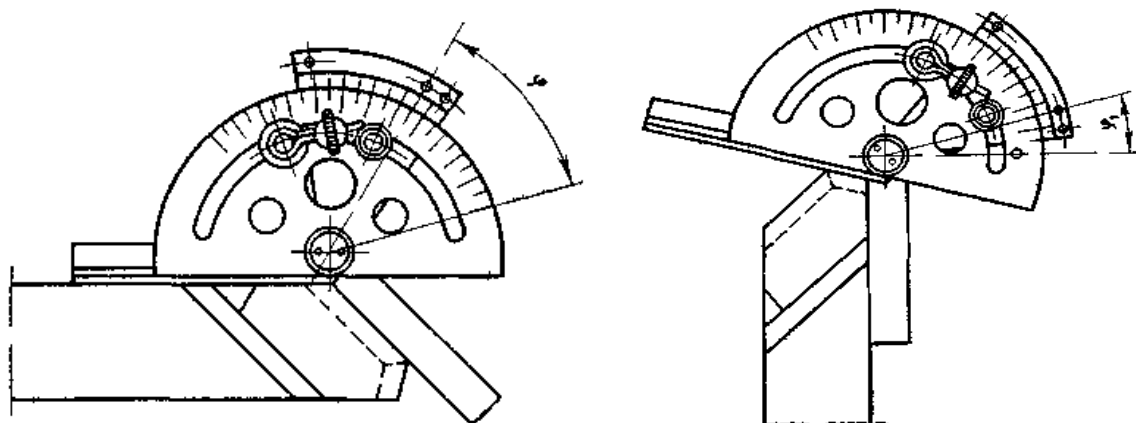


Рис.17. Измерения универсальным угломером.

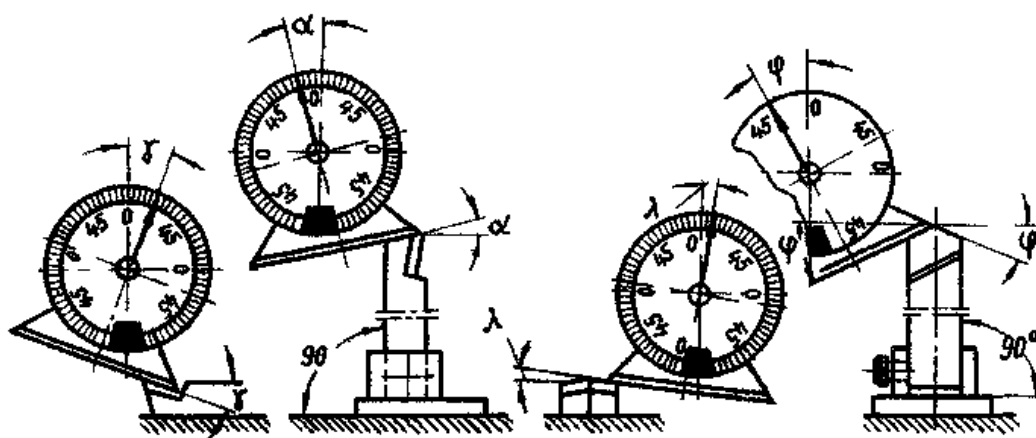


Рис.18. Измерение маятниковым угломером.

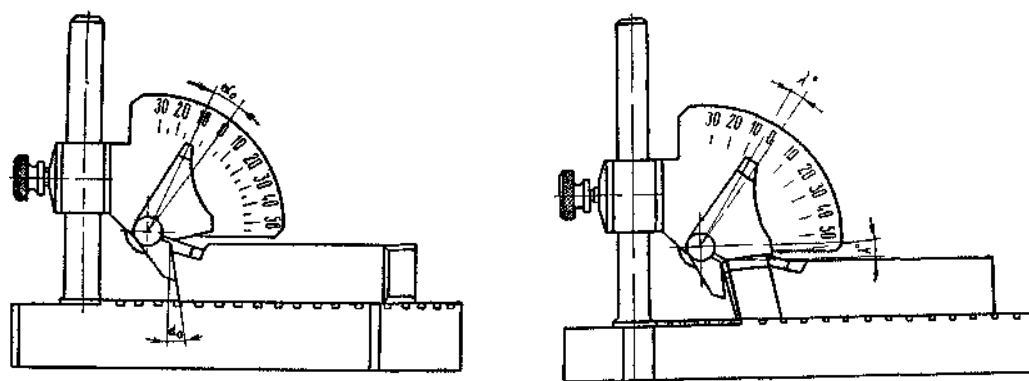


Рис.19. Измерения настольным угломером.

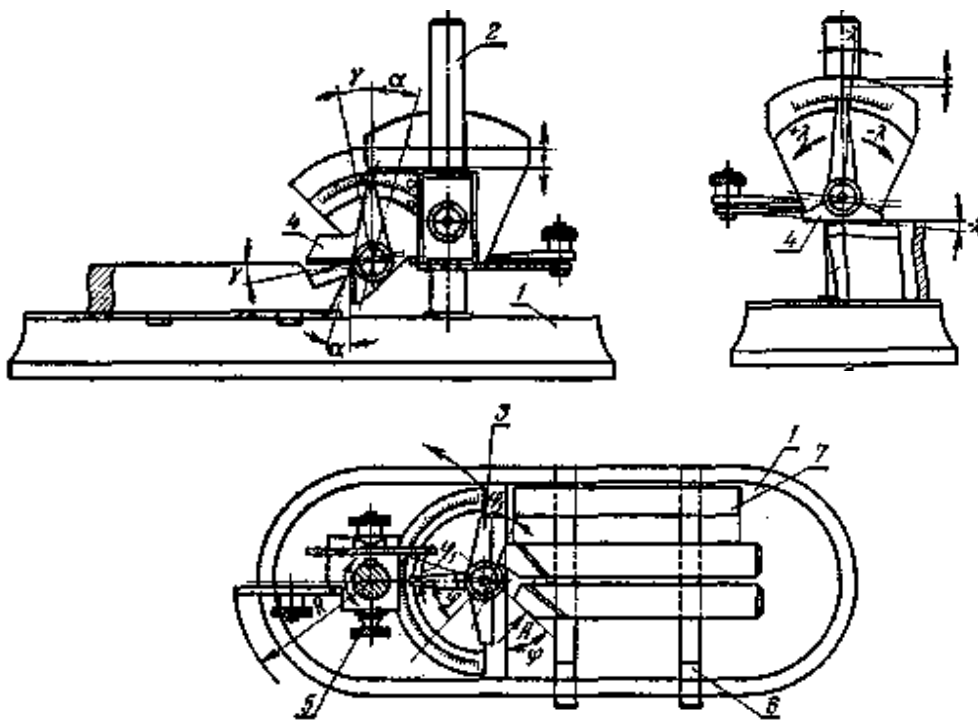


Рис.20. Измерения универсальным угломером ЛМТ.

4. Контрольные вопросы

1. По каким признакам различают токарные резцы?
2. Назовите основные типы резцов по назначению и виду обработки.
3. Какие инструментальные материалы применяются для изготовления режущей части резца?
4. Какими угломерами можно измерить углы резца?

Работа 2.2. КОНСТРУКТИВНЫЕ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ФРЕЗ

Цель работы: умение классифицировать фрезы, определять и измерять их геометрические элементы.

Содержание работы:

- 1) Ознакомиться по методическим указаниям, плакатам и стенду с конструкциями фрез.
- 2) Классифицировать фрезы из предложенного набора и изобразить их в рабочем положении вместе с заготовкой.
- 3) Обозначить рабочие движения, а также глубину резания и ширину фрезерования.

1. Классификация фрез

Фреза - многолезвийный инструмент для обработки фрезерованием. Фрезы представляют собой тела вращения с формой производящей поверхности, зависящей от формы обрабатываемой поверхности и расположения оси фрезы относительно заготовки.

Фрезы отличаются большим разнообразием типов, форм и назначения, как стандартизованных, используемых на универсальных фрезерных станках, так и специальных, проектируемых для обработки конкретных поверхностей.

Среди всех видов лезвийного инструмента фрезы выделяются наибольшим разнообразием и различаются по *следующим признакам*:

- а) расположению зубьев на исходном цилиндре;
- б) способу закрепления на станке;
- в) характеру выполняемой работы;
- г) направлению зуба на цилиндре;
- д) инструментальному материалу режущего лезвия (зуба);
- ж) форме задней поверхности зуба;
- з) способу закрепления режущего элемента зубьев;
- и) виду хвостовика для крепления фрезы;
- к) размеру зуба.

По расположению зубьев на исходном цилиндре фрезы бывают:

цилиндрические - зубья расположены на поверхности цилиндра (рис.21 а, б);

торцовые - зубья расположены на торце цилиндра (рис.21 в, г, д);

одно-, двух- и трехсторонние - зубья могут быть на цилиндрической и торцовых поверхностях (рис.22 в...е).

По способу закрепления на станке:

насадные - с отверстием под оправку (рис.21 и 22 в...ж);

хвостовые - с хвостовиком (коническим или цилиндрическим).

По характеру выполняемой работы:

шпоночные - для изготовления шпоночных пазов на валу;

угловые - для обработки угловых пазов и наклонных поверхностей;

фасонные - для обработки фасонных поверхностей;

пазовые - для получения различных пазов;

прорезные - для прорезания узких канавок;

отрезные - для отрезания заготовок;

резьбовые и зуборезные - для нарезания резьб и зубчатых колес.

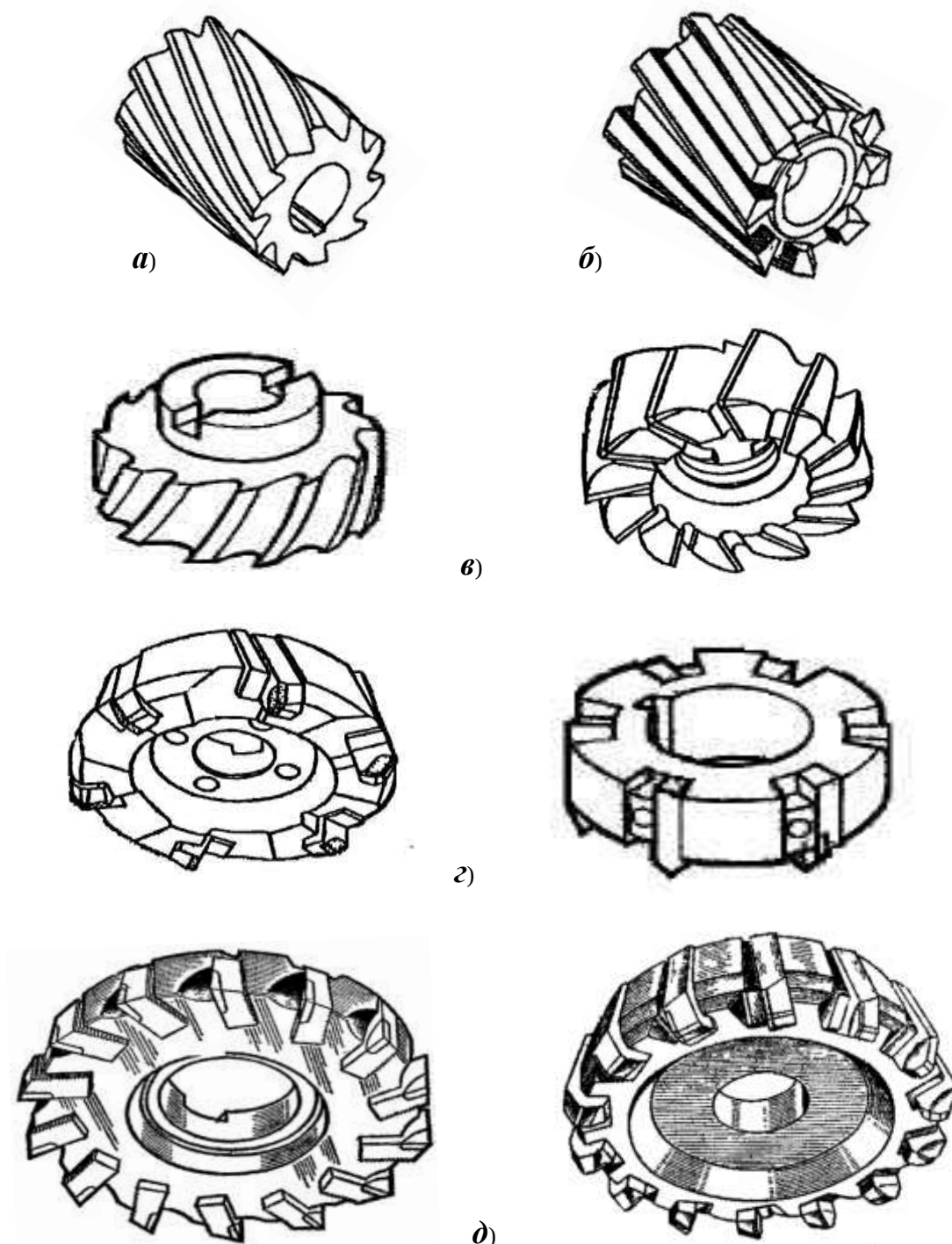


Рис.21. Конструкции цилиндрических и торцевых фрез:
 - цилиндрические: цельная (а) и составная (б);
 - торцевые: цельная (в) и составные (г и д):

По направлению зуба на цилиндре:

прямозубые - режущая кромка прямолинейна и параллельна оси фрезы;
с винтовым (косым) зубом - режущая кромка направлена под углом к оси фрезы;

с разнонаправленным зубом - режущие кромки отдельных зубьев направлены под углом в разные стороны от оси фрезы.

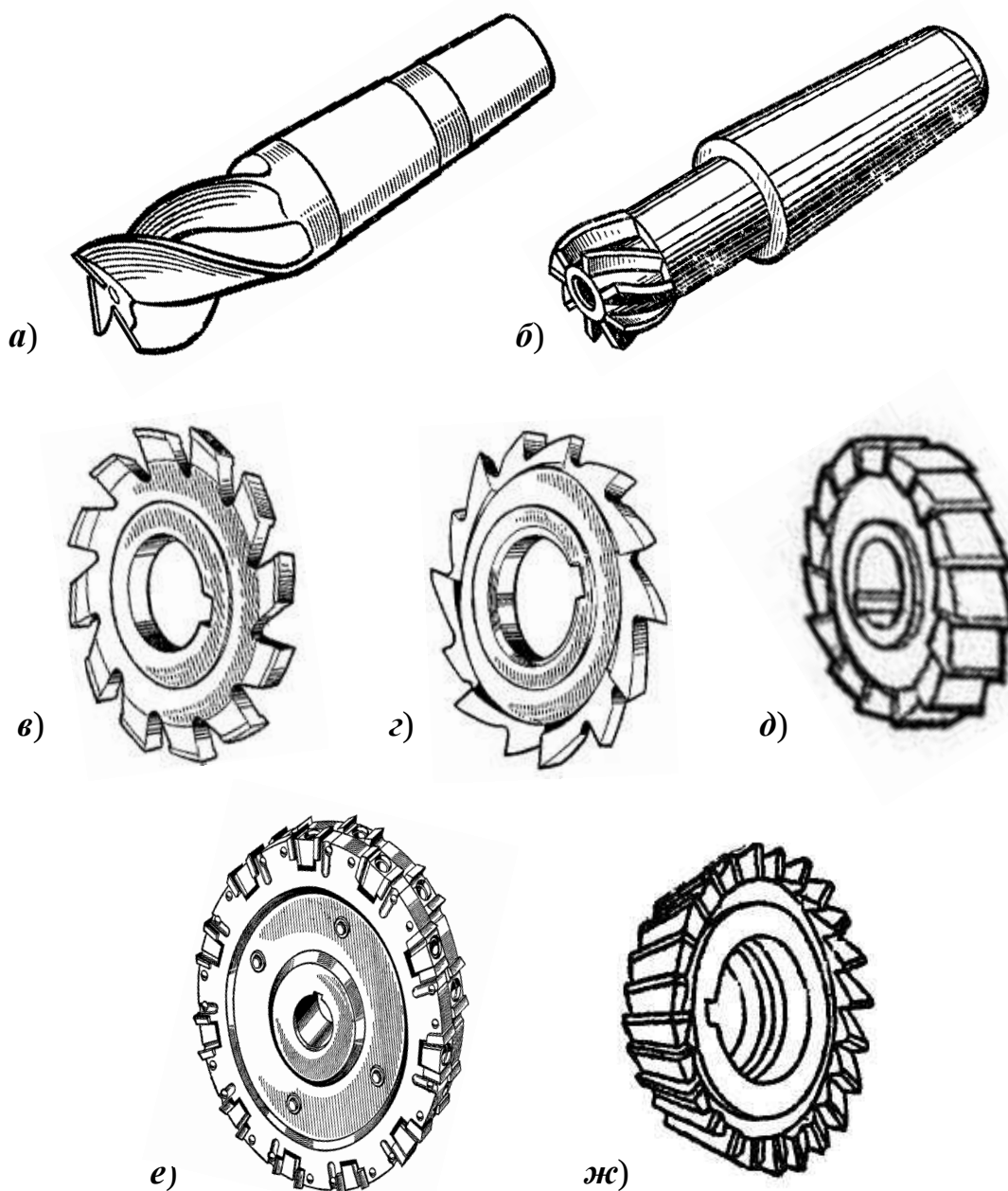


Рис.22. Конструкции концевых, дисковых и угловых фрез:

- концевые: цельная (а) и составная (б);
- дисковые: цельные (в, г и д) и сборная (е);
- одноугловая (ж).

По материалу режущей части:

- быстрорежущие* - лезвие из быстрорежущей стали;
- твердосплавные* - лезвие из металлокерамических сплавов;
- сверхтвердые* - лезвие из композитов (Эльбор-Р, Гексанит-Р и др.).

По форме задней поверхности зуба:

- остроконечные* - с плоской задней поверхностью (рис. 23 а);
- затылованные* - задняя поверхность заточена по спирали (рис. 23 б).

По способу закрепления режущего элемента:

- цельные* - из одного материала;

составные - с неразъемным соединением частей (напаянными или приклеенными пластинами);

сборные - с разъемным соединением частей (с вставными ножами, с механическим креплением и др.).

По виду хвостовика для крепления фрезы:

с цилиндрическим и коническим хвостовиком.

По размеру зуба:

с мелким и крупным зубом.

На основании перечисленных отличающих признаков можно выделить следующие типы фрез:

- *основные*: цилиндрические, торцовые, дисковые, концевые, угловые, фасонные и отрезные;
- *специальные*: шпоночные, пазовые ("Т-образные", типа "Ласточкин хвост" и др.), резьбовые, модульные и др..

Цилиндрические фрезы (Рис. 21 а, б) применяют для обработки открытых плоскостей. Такие фрезы могут быть с правыми и левыми винтовыми канавками, которые обеспечивают более равномерное фрезерование по сравнению с прямозубыми фрезами. Для уменьшения вибрации применяют фрезы с неравномерным шагом между зубьями.

Цилиндрические фрезы устанавливаются на станках с горизонтальным расположением шпинделя (горизонтальных и универсальных) и зажимаются на оправке шпинделя с помощью колец и зажимной гайки.

Торцовые фрезы (Рис. 21 в...д) имеют режущие кромки на торцовой и цилиндрической поверхностях, их применяют для обработки открытых плоскостей на любых типах фрезерных станков.

Концевые фрезы (Рис. 22 а, б) применяют для обработки плоскостей, уступов, пазов и криволинейных контуров по разметке или копиру. Концевые фрезы имеют режущие кромки на цилиндрической части и торце. Обычно концевые фрезы выполняются заодно целое с хвостовиком и имеют длину большую, чем диаметр.

Дисковые фрезы (Рис. 22 в...е) применяют для обработки уступов, пазов, лысок, многогранных поверхностей на прямоугольных и круглых заготовках. Дисковые фрезы могут быть одно-, двух- и трехсторонними в зависимости от наличия режущих кромок на цилиндрической части или на торцах. Дисковые фрезы устанавливаются в основном на станках с горизонтальным шпинделем.

Угловые фрезы (Рис. 22 ж) используют для обработки поверхностей, расположенных под углом друг к другу или угловых пазов и канавок. Различают одно- и двухугловые фрезы.

Фасонные фрезы применяют для изготовления сложно-фасонных поверхностей, при этом профиль фасонной фрезы должен соответствовать профилю обрабатываемой поверхности.

Фрезы, применяемые для получения определенных элементов на заготовке, относятся к *специальным* и имеют соответствующие названия, такие как:

модульная - для прорезания впадин зубчатых колес;

пазовая - для получения специальных пазов (типа «ласточкин хвост» или «Т-образная»);

шпоночная - концевая двузубая фреза для получения закрытых шпоночных пазов;

резьбовая - для нарезания резьбы и др.

2. Геометрические элементы фрез

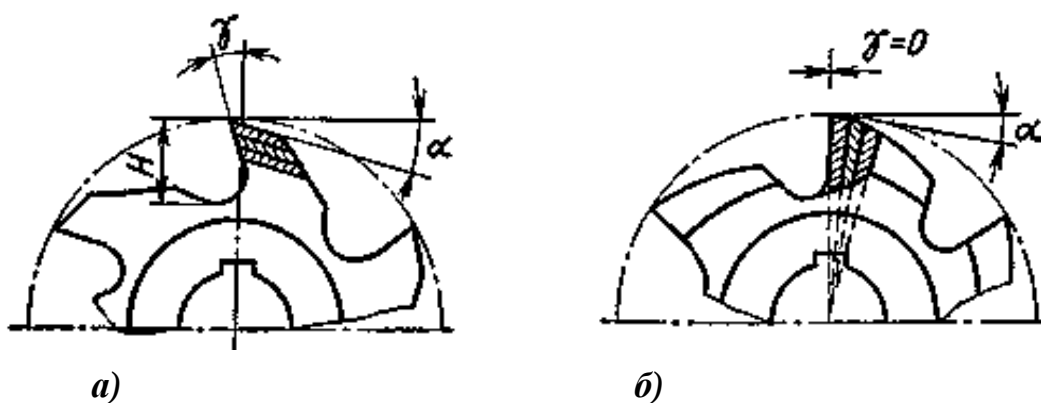


Рис. 23. Форма заточки поверхностей зуба фрезы:
а) острозаточенный; б) затылованный.

При определении геометрических элементов фрезы её необходимо установить в рабочее положение, определить направление движения подачи и координатных плоскостей.

Для определения углов фрезы используют такие же координатные плоскости, что и при точении: основная плоскость (P_v), плоскость резания (P_n), главная секущая плоскость (P_r) и рабочая плоскость (P_s). .

Углы зубьев фрезы (рис.24...26) образуются и называются так же, как у резцов:

- передний угол (γ) и задние углы (α и α_1);
- угол заострения (β) и угол наклона зуба (ω);
- главный (φ) и вспомогательный (φ') углы в плане и др.

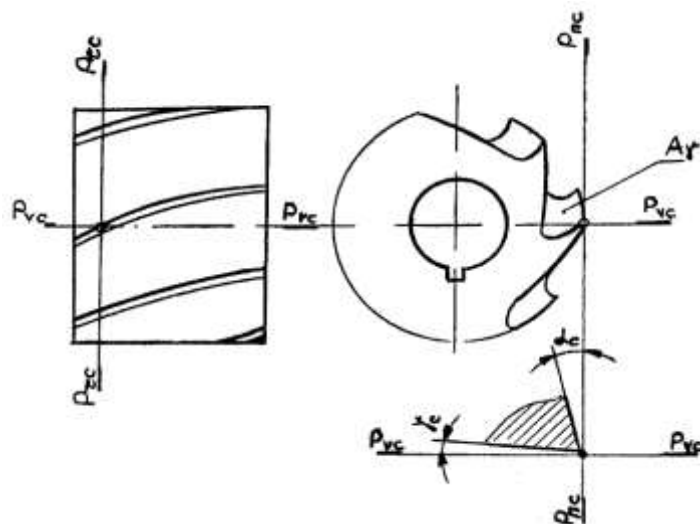


Рис.24. Геометрические элементы цилиндрической фрезы.

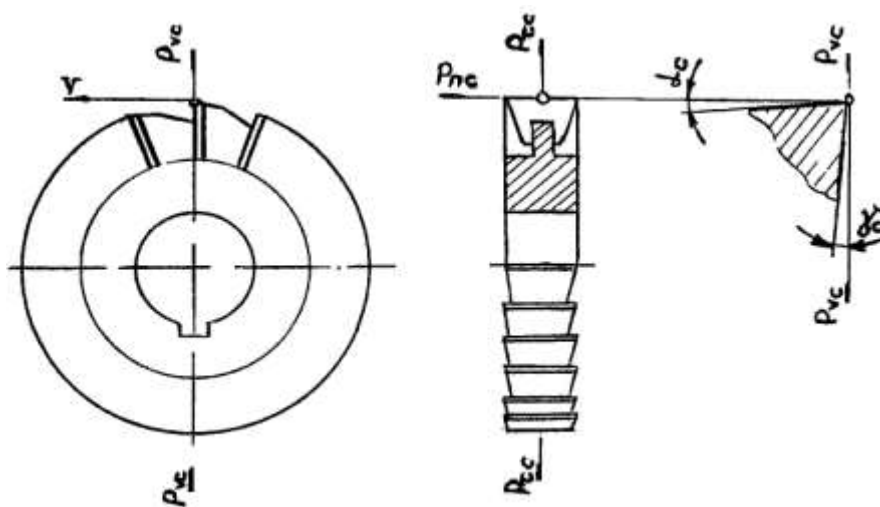


Рис.25. Геометрические элементы дисковой фрезы.

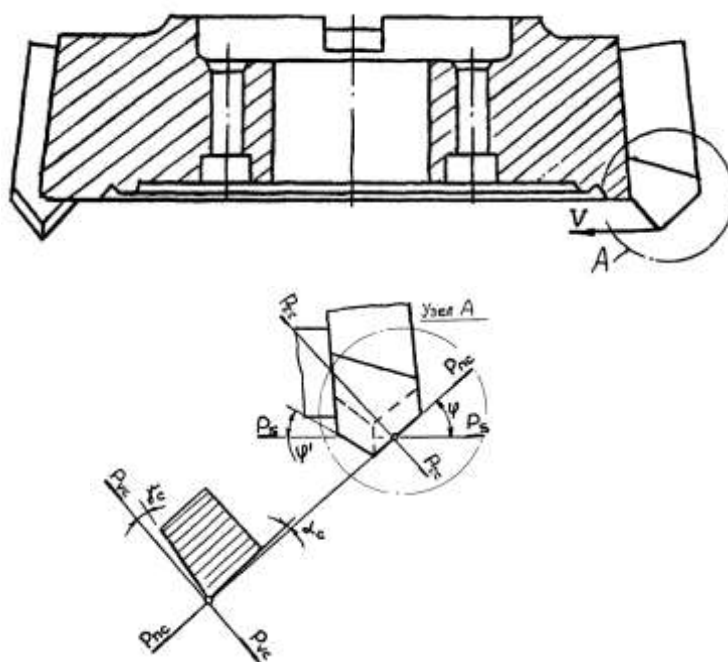


Рис.26. Геометрические элементы торцевой фрезы.

3. Измерение углов фрез

Измерение углов фрезы можно выполнять угломерами: универсальным (рис.27) и маятниковым (рис.28).

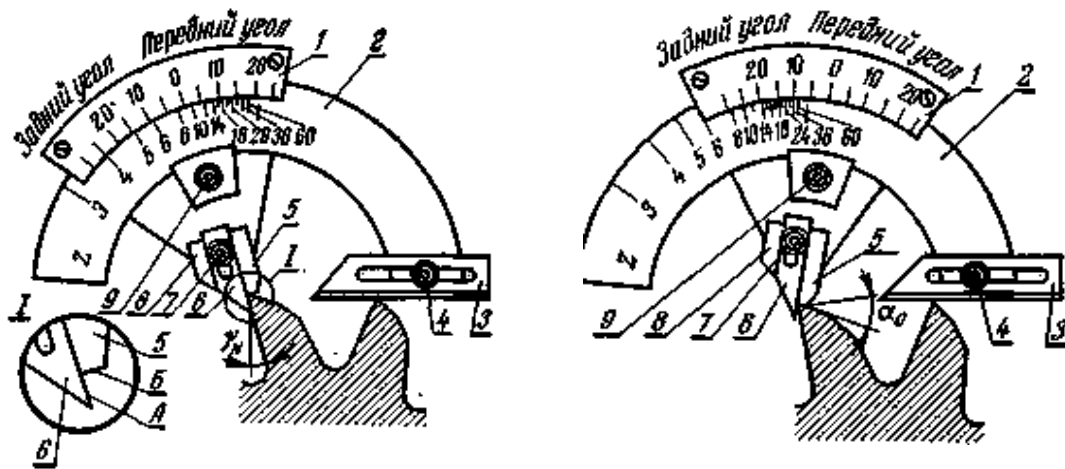


Рис.27. Измерения углов фрезы универсальным угломером.

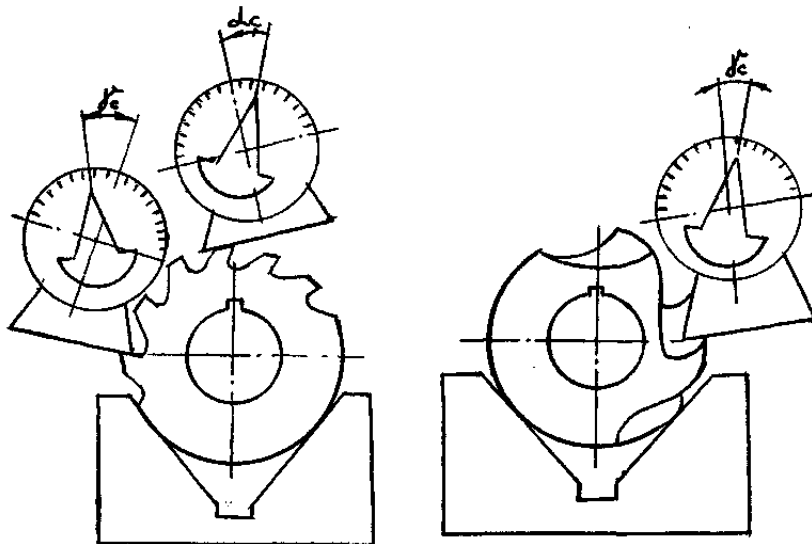


Рис.28. Измерения углов фрезы маятниковым угломером.

4. Контрольные вопросы

1. По каким признакам различают конструкции фрез?
2. Назовите основные типы фрез.
3. Как и чем измерять углы фрез?
4. Как осуществляют закрепление фрезы и заготовки на станке?

Работа 2.3. КОНСТРУКТИВНЫЕ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ОСЕВОГО ИНСТРУМЕНТА

Цель работы: умение классифицировать инструмент для обработки отверстия и определять их геометрические элементы.

Содержание работы:

- 1) Ознакомиться по методическим указаниям, плакатам и витринам с конструкциями инструмента для обработки отверстия (осевого инструмента).
- 2) Описать классификацию, изобразить в рабочем положении каждый инструмент и указать углы

1. Классификация и конструкции осевых инструментов

Осевой режущий инструмент - лезвийный инструмент для обработки с главным вращательным движением резания и движением подачи вдоль оси инструмента.

К осевому инструменту относится инструмент для обработки отверстий: сверло, зенкер, зенковка, цековка и развертка.

1.1. Сверла

Сверло - осевой инструмент для образования отверстий в сплошном материале и увеличения диаметра имеющегося отверстия.

В зависимости от назначения и конструктивных особенностей различают следующие типы сверл:

- центровочные;
- спиральные и перовые для цилиндрических отверстий;
- для глубокого сверления;
- специальные, комбинированные и др.

Центровочные сверла (рис. 29 а, б) используют для получения центровых отверстий в заготовках для их закрепления на центрах.

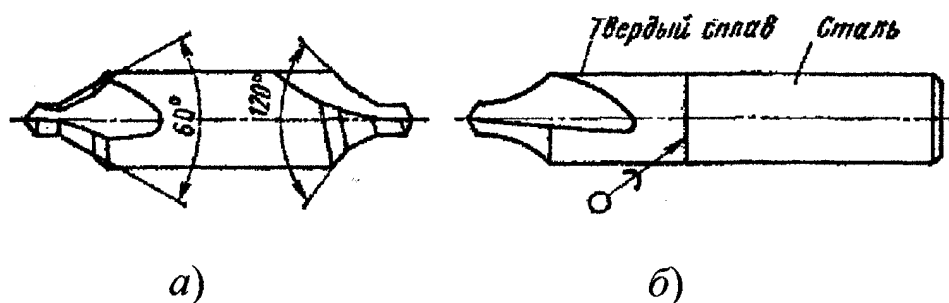


Рис.29. Центровочные сверла:

а) двустороннее; б) одностороннее.

Наибольшее применение имеют *спиральные сверла* (рис.32).

Перовые сверла имеют простую конструкцию (рис.30 а), но, вследствие малой производительности и низкой точности получаемых отверстий, применяются очень редко.

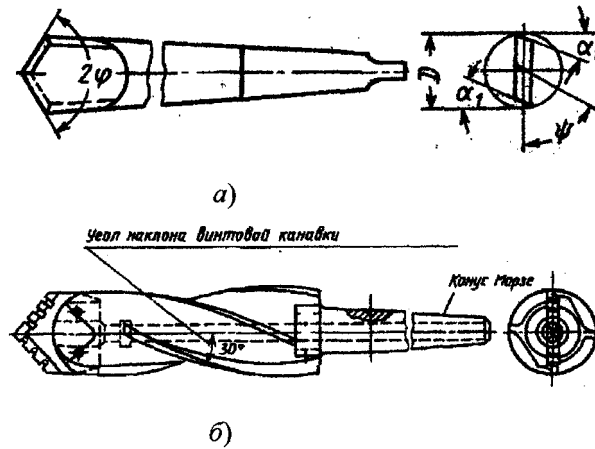


Рис. 30. Перовые сверла: а) простое;
б) с внутренним подводом жидкости
и спиральным отводом стружки.

Сверла для глубокого сверления (рис.31) могут быть однокромочные и многокромочные с перемычкой.

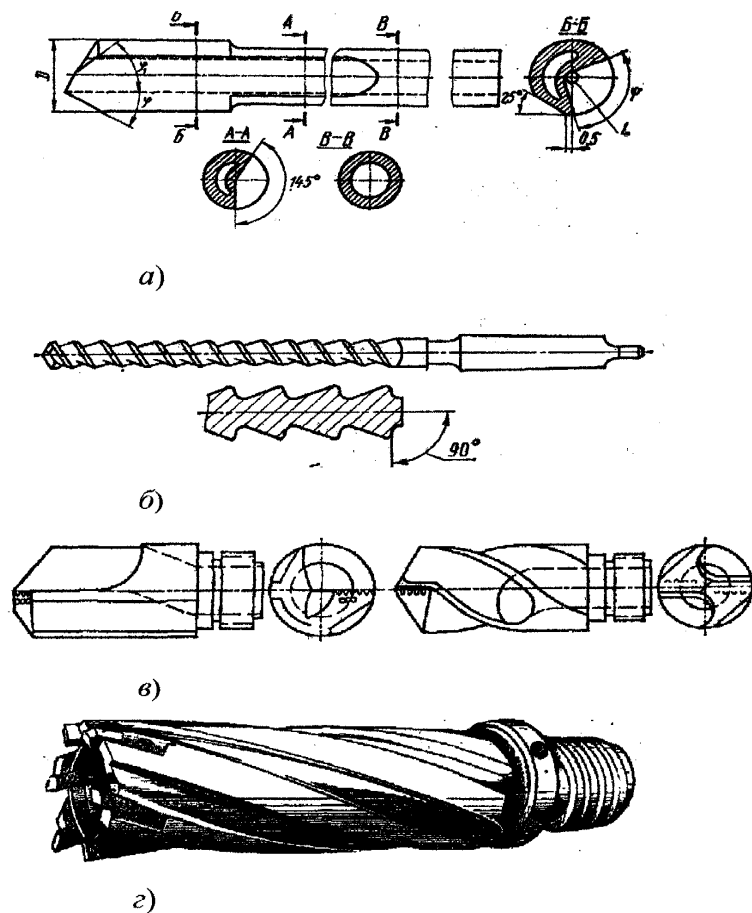


Рис. 31. Сверла для глубокого сверления: а) ружейное;
б) шнековое; в) эжекторные; г) для кольцевого сверления.

Однокромочные сверла: ружейные (рис. 31 а), пушечные и другие имеют меньшую производительность по сравнению с *многокромочными* (шнековые (рис. 31 б), эжекторные с наружным и внутренним отводом стружки (рис. 31 в) и др.

Головки для кольцевого сверления (рис. 31 г) применяют для получения отверстий большого диаметра (более 70 мм) при одновременном сохранении средней части (сердечника), которую можно использовать как заготовку.

Классификация сверл производится и по другим признакам: по форме зуба; по конструкции хвостовика; по материалу зуба.

По форме зуба сверла могут быть :

- *с прямым зубом* - сверла, у которых направляющая линия передней поверхности лезвия прямолинейна и перпендикулярна направлению скорости главного движения резания (рис. 30 а и рис. 31 а, в);
- *с винтовым зубом*, у которых направляющая линия передней поверхности является винтовой (рис. 30 б; 31 б, г; 32).

По конструкции зуба сверла бывают:

- *с цельным зубом* - изготовленное из одного инструментального материала;
- *составные* - с неразъемным соединением лезвия и тела (с напаянной или наклеенной пластинкой);
- *сборные* - с разъемным соединением режущей части и хвостовика, с механическим закреплением многогранных пластин или головки.

По конструкции хвостовика различают сверла:

- *с коническим хвостовиком*;
- *с цилиндрическим хвостовиком*.

По материалу зуба сверла могут быть:

- *быстрорежущие*;
- *твердосплавные* (металлокерамические);
- *сверхтвердые* (алмазные и эльборные).

Рассмотрим элементы конструкции (рис. 32) и геометрии режущей части (рис. 33) спирального сверла.

Спиральное сверло состоит из следующих основных частей: режущей, калибрующей или направляющей, соединительной и хвостовой (рис. 32).

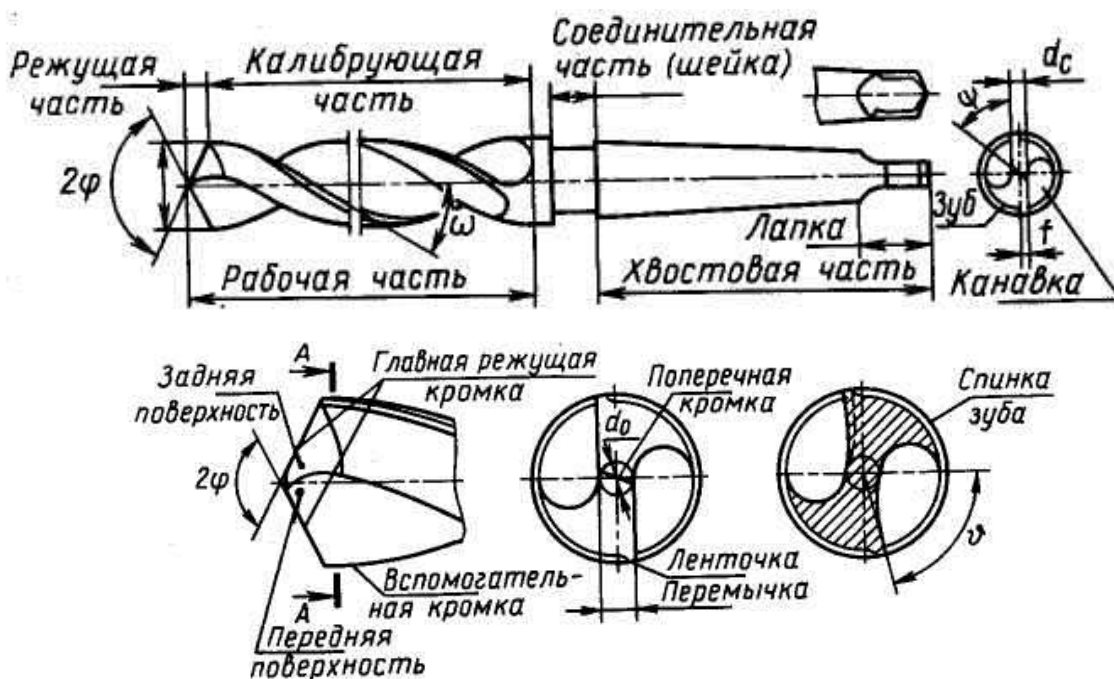


Рис. 32. Конструктивные элементы спирального сверла.

Режущая и калибрующая части сверла составляют его рабочую часть, на которой образованы две винтовые канавки, создающие два зуба, обеспечивающие процесс резания. На рабочей части сверла (рис. 32) имеется пять режущих кромок: две главных, две вспомогательных, расположенных на калибрующей (направляющей) части сверла и поперечной - на перемычке.

Для уменьшения трения об обрабатываемую поверхность отверстия и уменьшения теплообразования в процессе работы, сверло на всей длине направляющей части имеет занижение по спинке зуба с оставлением у режущей кромки ленточки шириной $0,2 \dots 2$ мм в зависимости от диаметра сверла. Ленточки обеспечивают направление сверла в процессе резания и только в начале на длине равной $0,5$ значения подачи, они работают в качестве вспомогательной режущей кромки.

Для уменьшения трения при работе на ленточках делают утоньшение по направлению к хвостовику на угол φ_1 (рис. 33), обратную конусность равной $0,03 \dots 0,12$ мм по диаметру на длине 100 мм.

При выполнении лабораторной работы необходимо сверло показать в рабочем положении, определить направление движения подачи и кинематические элементы резания.

Углы лезвия определяют в статической системе координат с началом в рассматриваемой точке режущей кромки, ориентированной относительно направления скорости главного движения.

Для определения *геометрических элементов сверла* используют те же координатные плоскости, что и при точении:

P_v - основная плоскость, P_n - плоскость резания,

P_τ - главная секущая плоскость.

Эти плоскости образуют следующие углы сверла (рис. 33):

2φ - главный угол в плане сверла (или угол при вершине), образуется на режущей части между главными режущими кромками и имеет различные значения ($110...125^\circ$) в зависимости от обрабатываемого материала заготовки.

γ - передний угол главных режущих кромок сверла.

Угол γ переменный: имеет максимальное значение в точке, расположенной у наружного диаметра сверла, и уменьшается, доходя до отрицательных значений (-90°)...(-60°) у промежуточного лезвия.

α - задний угол на главных и поперечной режущих кромках сверла.

Угол α также переменный: на периферии равен $8...14^\circ$, а у поперечной кромки (перемычки) $20...25^\circ$.

γ_n и α_n - передний и задний углы на перемычке.

ψ - угол наклона поперечной кромки (у стандартных сверл $50...55^\circ$);

ω - угол наклона *винтовых канавок* сверл, в зависимости от диаметра бывает разным:

- для обработки сталей и чугунов $25...30^\circ$;
- для обработки цветных сплавов $35...45^\circ$.

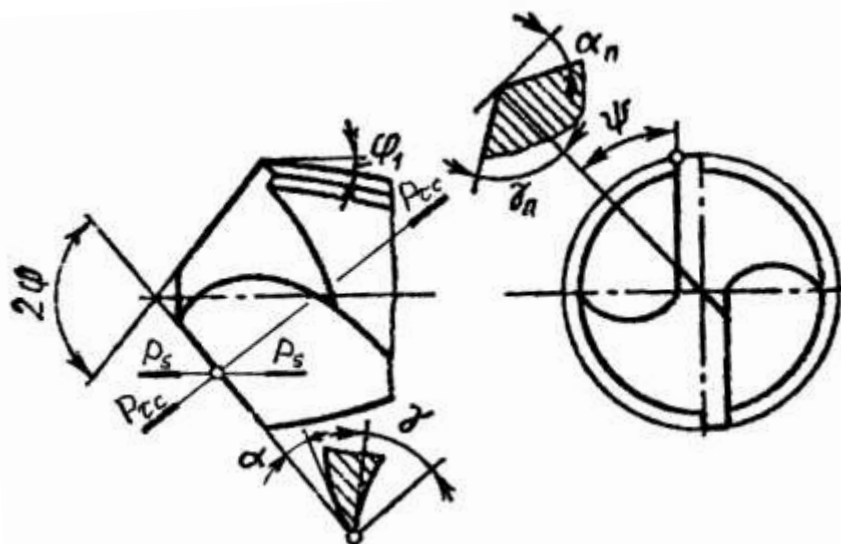


Рис. 33. Геометрические параметры спирального сверла.

Для продления срока службы сверл и повышения их производительности проводят улучшение геометрических элементов (Рис. 34).

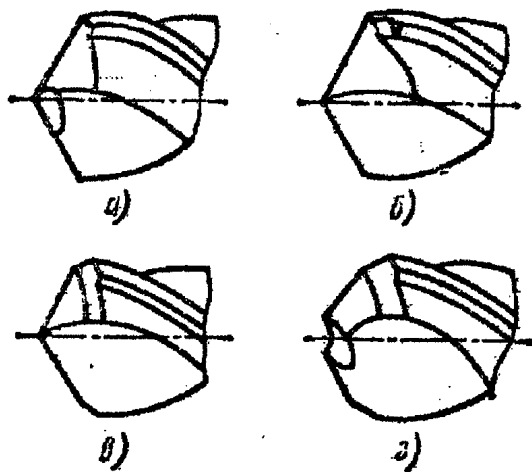


Рис. 34. Улучшение геометрии сверл:

- а) подточка перемычки;
- б) подточка ленточки;
- в) двойная заточка режущей кромки;
- г) двойная заточка и срез.

1.2. Зенкеры, зенковки и цековки

Основные типы и конструкции инструментов показаны на рис.35:

Зенкер - осевой режущий инструмент для увеличения диаметра отверстия и повышения точности его размера и формы.

Зенковка - осевой многолезвийный инструмент для обработки конического отверстия.

Цековка - осевой многолезвийный инструмент для обработки цилиндрического или торцевого участка отверстия.

Классификацию этих инструментов проводят по следующим признакам:

- по закреплению на станке:
хвостовые и насадные;
- по форме хвостовика:
с цилиндрическим и коническим хвостовиком;
- по креплению режущей части:
цельные (диаметром до 32 мм), составные и сборные;
- по форме зуба:
с прямым зубом и винтовым зубом;
- по инструментальному материалу лезвия зуба:
быстрорежущие и твердосплавные (металлокерамические).

Элементы конструкции и геометрии режущей части цилиндрического зенкера показаны на рис. 36. Зенкеры имеют от трёх до шести зубьев и отличаются от сверл отсутствием перемычки.

Для определения геометрических параметров зенкера, зенковки и цековки используют те же координатные плоскости в статической системе координат, что и при определении геометрических элементов сверла.

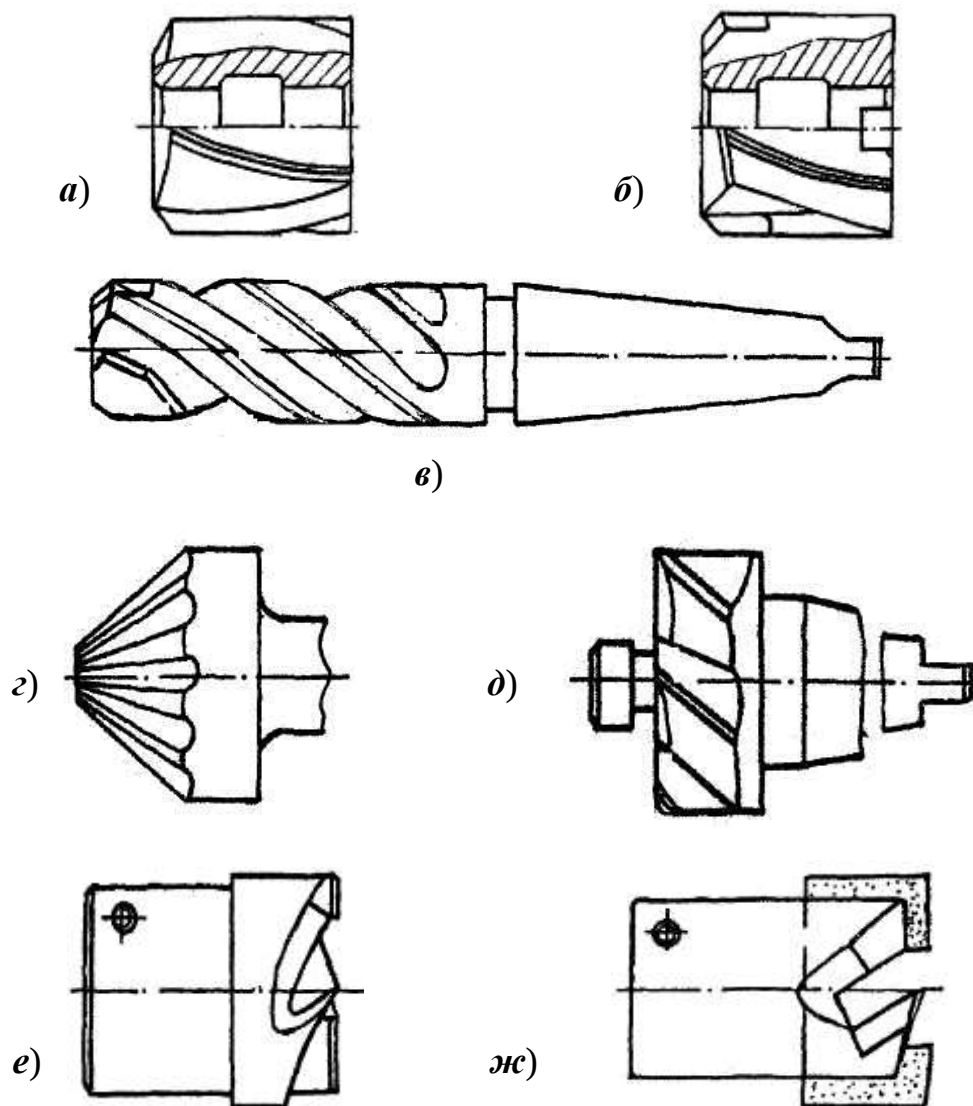


Рис. 35. Зенкеры: насадные - цельный (а) и составной (б),
хвостовой составной (в);
- зенковки: коническая (г) и цилиндрическая (д);
- цековки насадные: цельная (е) и сборная (ж).

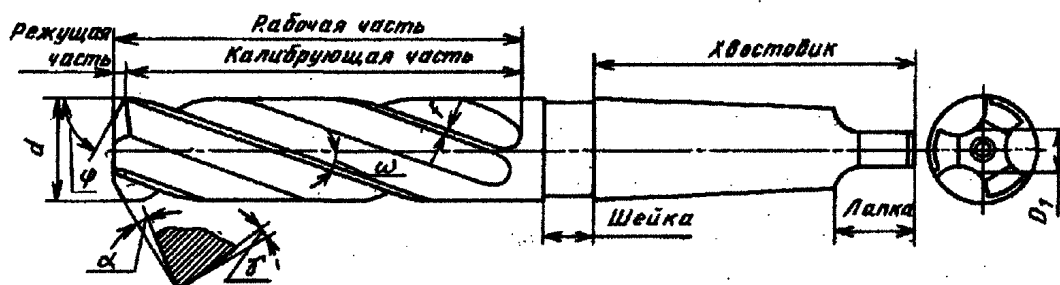


Рис. 36. Элементы конструкции и геометрии зенкера.

1.3. Развертки

Развертка - осевой режущий инструмент (рис. 37, 38), используемый для повышения точности формы и размера отверстия и снижения шероховатости поверхности.

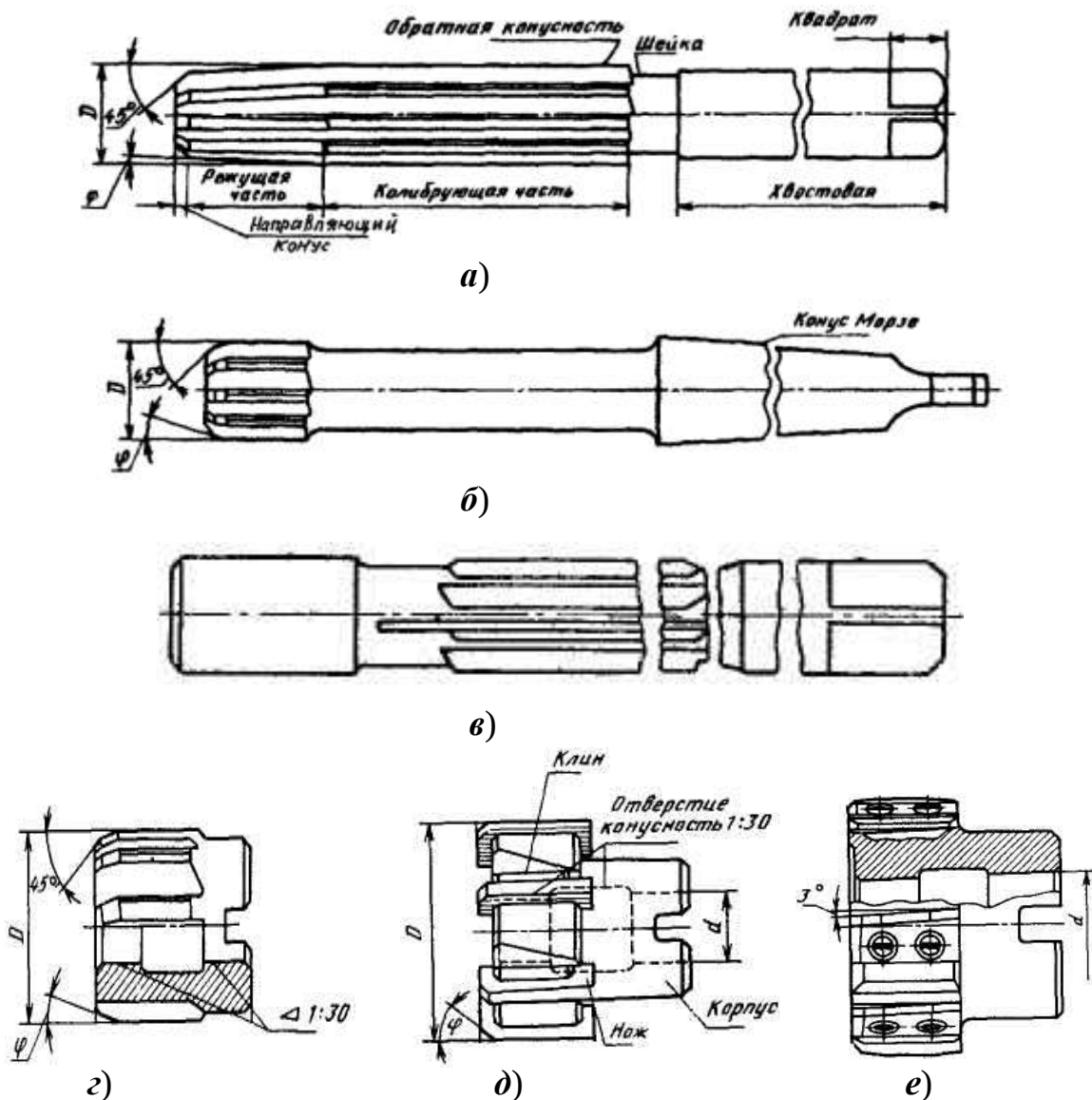


Рис. 37. Конструкции цилиндрических разверток:

- хвостовые: ручная (а), машинная (б) и регулируемая (в);
- насадные: цельная (г) и сборные (д, е).

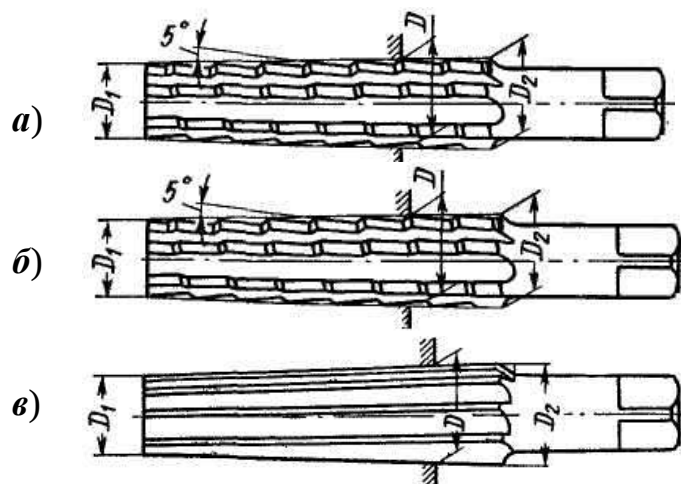


Рис. 38. Конструкции конических разверток:

- а) черновая; б) получистовая; в) чистовая.

Классификацию разверток производят по следующим *признакам*:

- по форме отверстия:
цилиндрические и конические;
- по способу крепления на станке:
хвостовые и насадные;
- по форме хвостовика:
с цилиндрическим и коническим хвостовиком;
- по креплению режущей части:
цельные, составные и сборные;
- по степени механизации:
ручные и машинные;
- по постоянству размера:
нерегулируемые и регулируемые.
- по материалу режущей части:
быстрорежущие и твердосплавные (металлокерамические).

Конструктивно развертка состоит из тех же элементов, что и зенкер, однако, у рабочей части развертки ещё имеется направляющий и обратный конусы (Рис.37). Зубья, расположенные на режущей части, затачиваются без ленточки, на калибрующей части по задней поверхности вдоль режущей кромки оставляют цилиндрическую ленточку шириной 0,05 - 0,3 мм для лучшего направления при работе и сохранения диаметра развертки. Число зубьев у разверток в зависимости от диаметра принимают равным 6...14.

Для получения конических отверстий развертки изготавливают комплектами из трех штук (Рис. 38): черновой, получистовой и чистовой.

Геометрические элементы развертки аналогичны геометрическим элементам сверла и зенкера.

2. Измерения геометрических параметров инструмента.

Измерение углов осевого инструмента осуществляется с помощью универсального и настольного угломеров (Рис. 39...42).

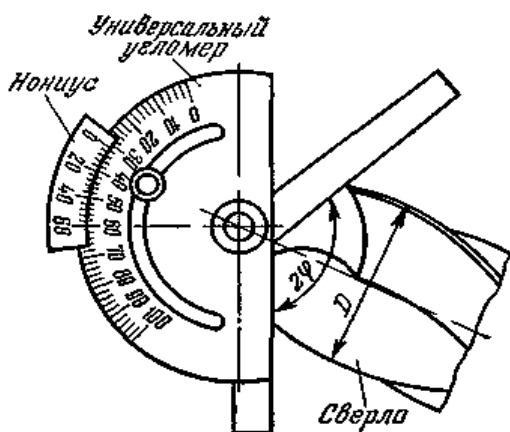


Рис. 39. Измерение угла при вершине -2φ сверла универсальным угломером.

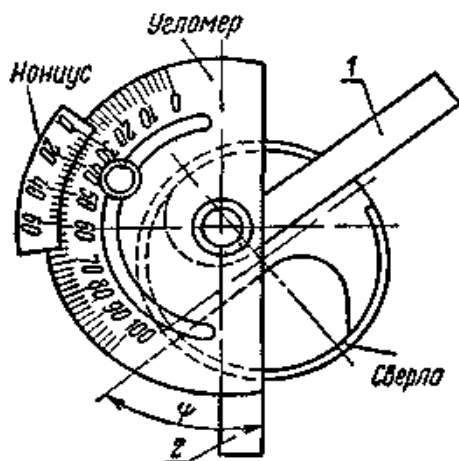


Рис. 40. Измерение угла наклона поперечной кромки – ψ сверла универсальным угломером.

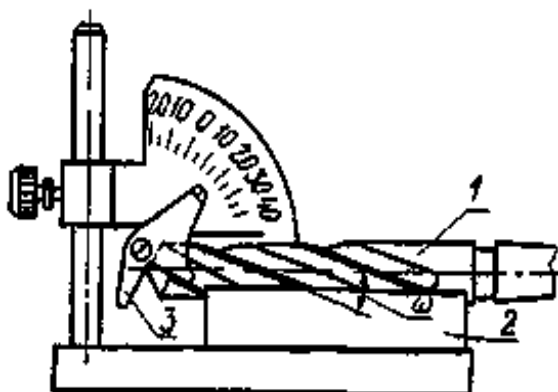


Рис. 41. Измерение угла наклона винтовой канавки - ω сверла настольным угломером.

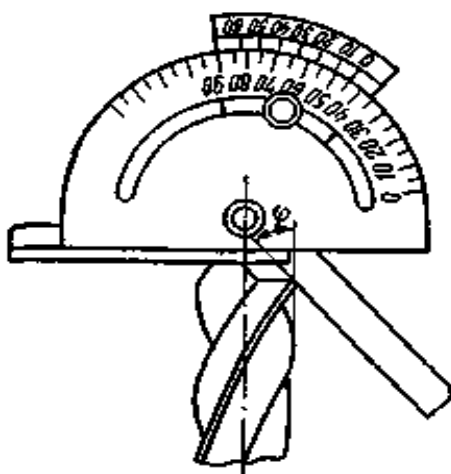


Рис. 42. Измерение главного угла в плане - φ зенкера.

3. Контрольные вопросы

1. По каким признакам различают осевой инструмент?
2. Назовите основные конструктивные элементы осевого инструмента.
3. Какова последовательность обработки отверстия осевым инструментом?
4. Как осуществляется измерение углов осевого инструмента?
5. Какие инструментальные материалы применяют для изготовления осевого инструмента?

Работа 2.4. МЕХАНИЗМЫ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Цель работы: умение классифицировать механизмы по назначению и составлять их кинематические схемы и уравнения баланса кинематической цепи.

Содержание работы:

- 1) Изобразить кинематические схемы простейших механизмов машин и металлообрабатывающего станка с использованием условных обозначений.
- 2) Описать их классификацию, конструкцию и область применения механизмов.
- 3) Составить уравнения баланса кинематических цепей механизмов и станка.

1. Основные элементы кинематических схем

Формообразование на металлообрабатывающих станках осуществляется при определенном сочетании взаимных перемещений режущего инструмента и заготовки.

Совокупность подвижно соединенных тел (звеньев), совершающих под действием приложенных сил определенные целесообразные движения, называется *механизмом*.

По структурным признакам и характеру взаимодействия звеньев различают рычажные, винтовые, зубчатые, кулачковые, планетарные, волновые, фрикционные механизмы и механизмы с гибкими звеньями.

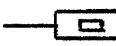
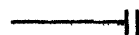
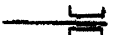
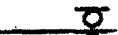
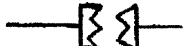
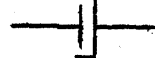
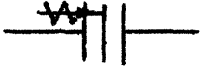
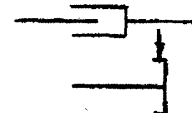
Твердое тело, входящее в состав механизма и состоящее из одной детали или совокупности деталей, не имеющих между собой относительного движения, называется *звеном механизма*.

Подвижное соединение двух звеньев, соприкасающихся между собой с помощью элементов поверхностей, линии или точек, называется *кинематической парой*.

Графическое изображение последовательности соединения кинематических звеньев с указанием размеров звеньев называется *кинематической схемой*. Условные обозначения на кинематической схеме основных элементов и их соединения приведены в таблице 2.1 (СТ СЭВ 2519-80).

Звено, которому сообщается движение, преобразуемое механизмом в требуемые движения других звеньев, называется *ведущим звеном*. Ведущее звено обычно соединяется с двигателем или ведомым звеном другого механизма.

Таблица 2.1. Условные обозначения элементов кинематических схем

Наименование элемента	Обозначение
Вал, ось, стержень	
Конец шпинделя: - для центровых работ - для патронных работ - для сверления	  
Ходовой винт	
Подшипники: - без уточнения типа: радиальный упорный	 
- скольжения: радиальный радиально-упорный	 
- качения: радиальный радиально-упорный	 
Муфты: - без уточнения типа - упругая - кулачковая односторонняя - фрикционная дисковая односторонняя - фрикционная электромагнитная - телескопическая	     
Тормоз (без уточнения типа)	
Соединение шестерни с валом: - глухое или неподвижное - подвижное вдоль оси - свободное для вращения	  

- с помощью вытяжной шпонки	
Передачи: - зубчатая: цилиндрическая коническая - червячная - реечная - винтовая: неразъемная разъемная - ременная: с плоским, клиновым или зубчатым ремнем	

Звено, совершающее движение, для выполнения которого предназначен механизм, называется *ведомым*. Ведомое звено обычно соединено с исполнительным устройством, рабочим органом, инструментом или ведущим звеном другого механизма. В технологических машинах ведомое звено обычно является исполнительным звеном, выполняющим заданные перемещения с целью изменения размеров, формы обрабатываемой заготовки.

Совокупность механизмов, передающих движение от источника движения (двигателя) к рабочим органам станка (шпинделю, суппорту, столу и др.) называют *приводом*.

Различают приводы главного движения, подачи и вспомогательных движений. Приводы могут быть со ступенчатым и бесступенчатым регулированием величины движения рабочего органа.

Ступенчатое регулирование привода осуществляется с помощью зубчатых передач, а бесступенчатое - изменением величины напряжения в двигателях постоянного тока или вариаторами.

В передаче различают: *ведущий* элемент - передающий движение, и *ведомый* - получающий движение.

Механизм, передающий движение от одного элемента к другому (с вала на вал) или преобразующий одно движение в другое (вращательное в поступательное или наоборот) называется *передачей*.

Для передачи *вращательного* движения применяют ременные, цепные, зубчатые и фрикционные передачи, для *поступательного* - винтовые, реечные, кулачковые и др.

2. Классификация простейших механизмов станков

Приводы металлорежущих станков обычно состоят из нескольких элементарных механизмов, которые по функциональному назначению можно разделить на 4 группы:

- 1) регулирующие,
- 2) реверсивные,
- 3) трансформирующие (преобразующие),
- 4) суммирующие.

Регулирующие механизмы предназначены для изменения величины скорости движения ведомого вала при ступенчатом регулировании привода станка. Для бесступенчатого регулирования используют вариаторы.

Различают следующие основные конструкции регулирующих механизмов:

- конус шестерен с накидной шестерней (конус Нортон) (рис. 43 а);
- конус шестерен с вытяжной шпонкой (рис. 43 б);
- скользящий блок шестерен (рис. 43 в);
- механизм геометрического ряда (Меандр) (рис. 43 г).

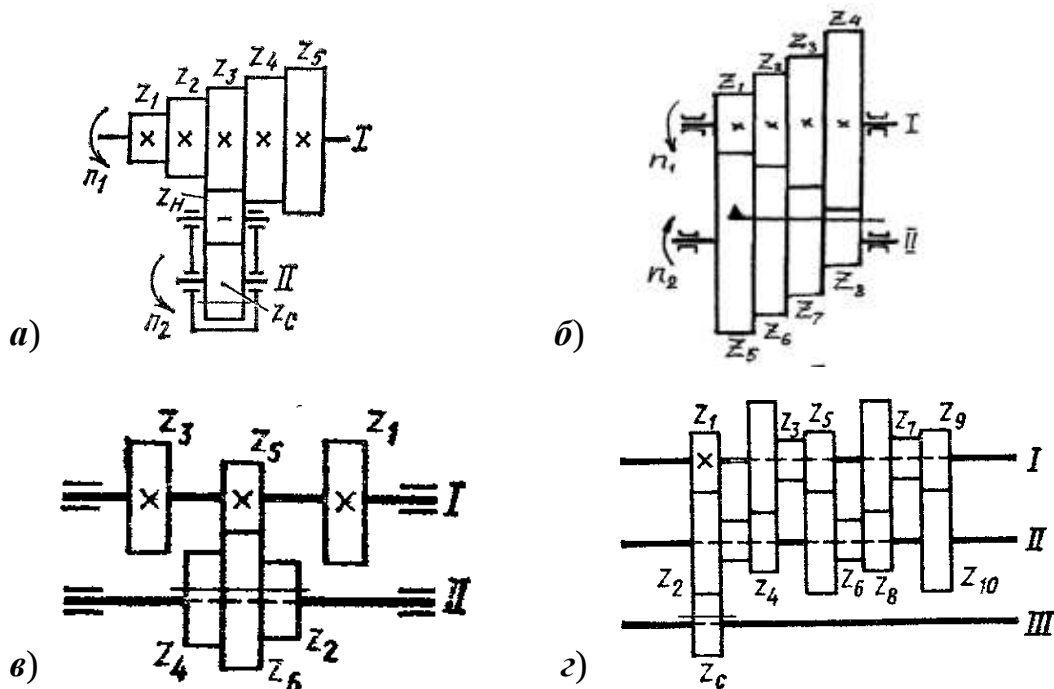


Рис. 43. Примеры изображения схем регулирующих механизмов.

Реверсивные механизмы используются для изменения направления движения ведомого звена. Основные конструкции:

- с двусторонней муфтой и цилиндрическими или коническими зубчатыми колесами (рис. 44 а);
- с введением промежуточной шестерни (трэнзель).

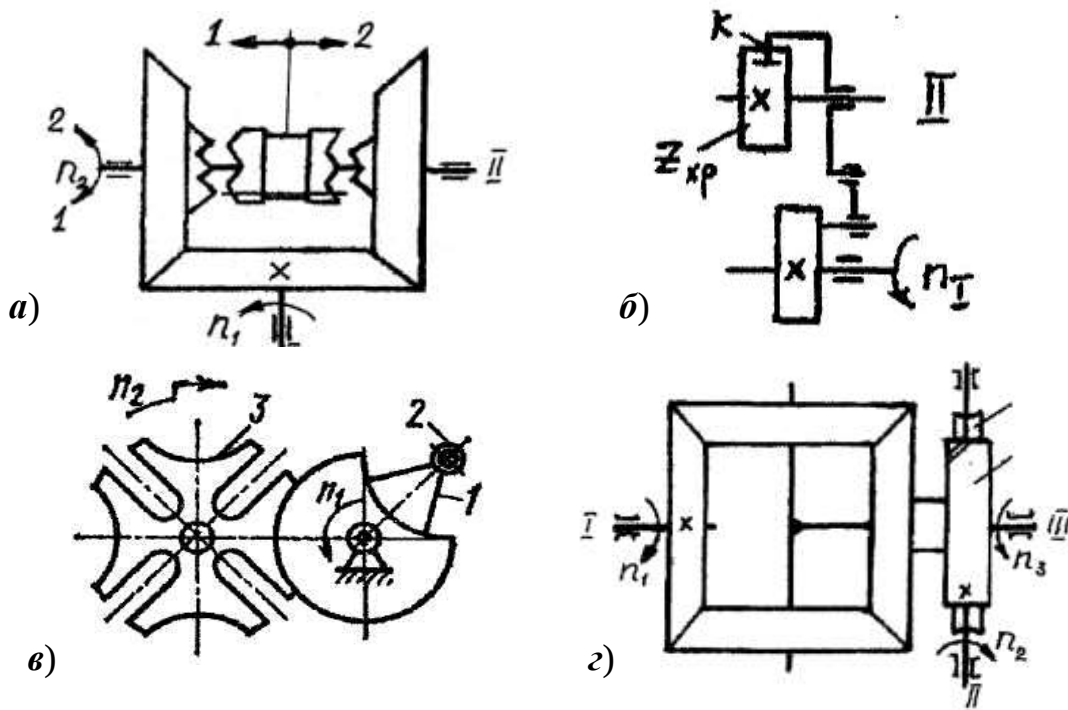


Рис. 44. Примеры схем элементарных механизмов.

Трансформирующие механизмы преобразуют или изменяют вид движения (вращательное в поступательное и наоборот, непрерывное в прерывистое). Основные конструкции:

- механизмы, преобразующие вращательное движение в поступательное: реечный, винтовой, кулисный, кулачковый.
- механизмы для осуществления прерывистого движения: храповой (рис. 44 б) и мальтийский (рис. 44 в).

Суммирующие механизмы осуществляют сложение движений с нескольких ведущих звеньев на одно ведомое звено. Различают дифференциальный (рис. 44 г) и планетарный суммирующие механизмы.

3. Анализ и расчет кинематических схем механизмов

Основной характеристикой кинематической передачи является передаточное отношение, которое показывает во сколько раз частота вращения ведомого элемента (вала) отличается от частоты вращения ведущего элемента (вала):

$$i = \frac{n_{\text{вм}}}{n_{\text{виц}}} = \frac{n_2}{n_1};$$

где $n_{\text{вм}}(n_2)$ - частота вращения ведомого вала;

$n_{\text{виц}}(n_1)$ - частота вращения ведущего вала.

Передаточные отношения передач можно определить через известные параметры элементов передач:

- зубчатой и цепной передач: $i = \frac{Z_1}{Z_2},$

- ременной передачи: $i = \frac{d_1}{d_2} \eta_p,$

где Z_1 и Z_2 – числа зубьев ведущей и ведомой шестерен;

d_1 и d_2 - диаметры ведущего ведомого шкивов;

η_p - коэффициент проскальзывания ремня ($\eta_p = 0,9...0,96$).

- червячной передачи: $i = \frac{k}{Z_{\text{чк}}},$

- храпового механизма: $i = \frac{X}{Z_{\text{хк}}},$

где k - число заходов червяка;

$Z_{\text{чк}}$ - число зубьев червячного колеса;

X - число зубьев, захватываемых собачкой;

$Z_{\text{хк}}$ - число зубьев храпового колеса.

Для привода, состоящего из нескольких последовательно соединенных передач *общее передаточное отношение* равно произведению передаточных отношений передач, входящих в кинематическую цепь:

$$i_{\text{общ}(1-j)} = \frac{n_j}{n_1} = i_{1-2} \cdot i_{2-3} \cdot \dots \cdot i_{(j-1)-j};$$

где n_1 - частота вращения ведущего элемента;

n_j - частота вращения ведомого элемента;

$i_{1-2}, i_{2-3}...i_{(j-1)-j}$ – передаточное отношение передач цепи.

Такое равенство называют уравнением кинематического баланса и используется при расчете кинематических цепей станков.

При расчете трансформирующих механизмов следует определить ход трансформирующей кинематической пары (P):

- для *реечного* механизма: $P = \pi \cdot t \cdot Z_{\text{рк}}, \text{ мм};$

- для *винтового* механизма: $P = k \cdot p_{\text{в}}, \text{ мм},$

где t - модуль зацепления реечной передачи, мм;

$Z_{\text{рк}}$ - число зубьев реечного колеса;

k - число заходов винта;

$p_{\text{в}}$ - шаг винта, мм.

Пример расчета передаточных отношений ступеней регулирования регулирующего механизма, изображенного на рис. 45:

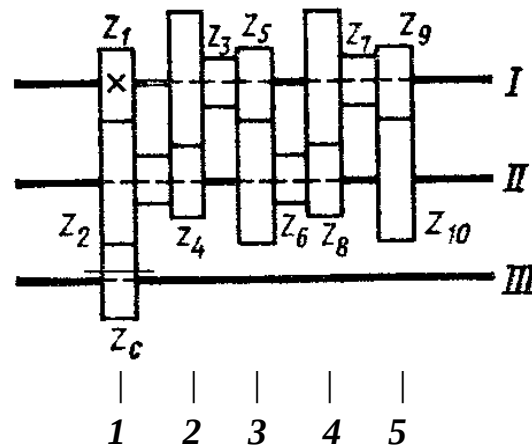


Рис. 45. Схема регулирующего механизма геометрического ряда.

Необходимо определить ведущий вал (I) и ведущее зубчатое колесо, жестко связанное с этим валом (шестерня Z_1).

Разметить позиции, которые может занимать шестерня Z_c , скользящая вдоль ведомого вала (III). Может быть пять возможных положений.

Для каждой позиции (5 ступеней регулирования) через числа зубьев шестерен, входящих в кинематическую цепь, можно рассчитать значения передаточных отношений:

$$i_1 = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_2}{Z_c}; \quad i_2 = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_4}{Z_c}; \quad i_3 = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_4}{Z_3} \cdot \frac{Z_5}{Z_6} \cdot \frac{Z_6}{Z_c};$$

$$i_4 = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_4}{Z_3} \cdot \frac{Z_5}{Z_6} \cdot \frac{Z_8}{Z_c}; \quad i_5 = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_4}{Z_3} \cdot \frac{Z_5}{Z_6} \cdot \frac{Z_8}{Z_7} \cdot \frac{Z_9}{Z_{10}} \cdot \frac{Z_{10}}{Z_c}.$$

4. Анализ кинематических схем станка

При анализе кинематических схем металлорежущих станков следует определить кинематические цепи приводов главного движения и движений подач, установить характер движения исполнительных механизмов и составить уравнение кинематического баланса цепи для заданной цепи.

Пример выполнения задания

На рисунке 46 изображена кинематическая схема главного движения горизонтально-фрезерного станка, для которого следует составить уравнение кинематического баланса.

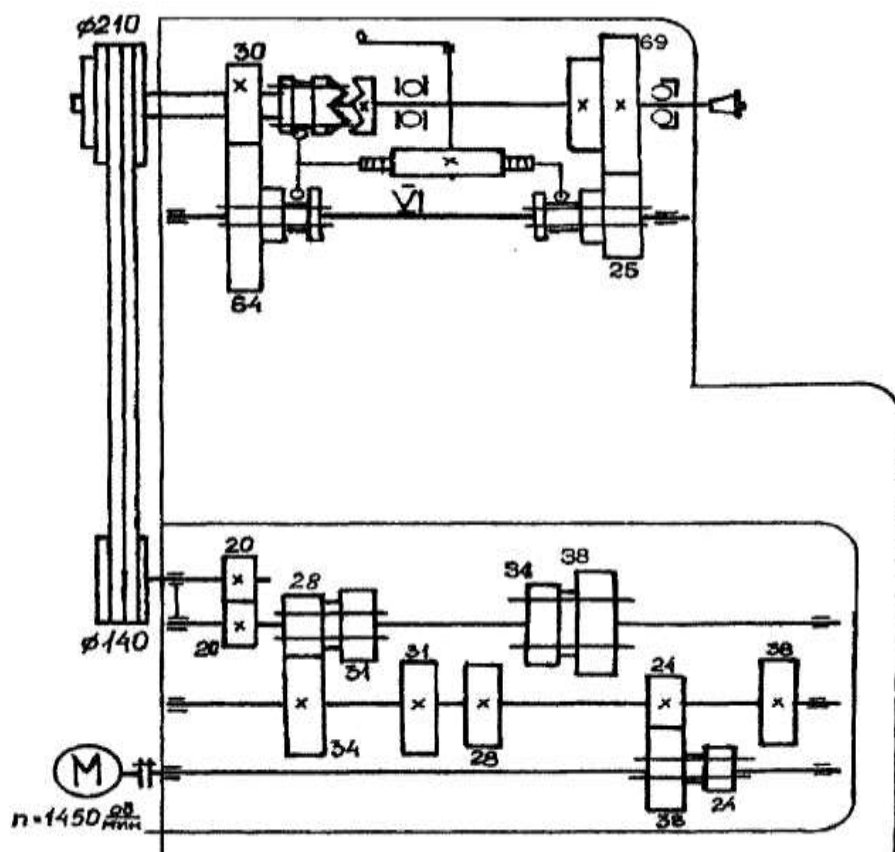


Рис.46. Кинематическая схема цепи главного движения станка.

Главным движением является вращение шпинделя станка с фрезой. Источником движения (ведущим элементом) является фланцевый электродвигатель - М, который имеет частоту вращения $n_{эд} = 1450$ об/мин. Вращение передается через полужесткую муфту на вал I, с которого через скользящий двойной блок Б1 (регулирующий механизм с двумя ступенями регулирования) передается на вал II. На валу III находятся еще два двойных скользящих блока Б2 и Б3, которые представляют собой регулирующий механизм с четырьмя ступенями регулирования.

Кроме того, в кинематической цепи главного движения станка присутствует клиноременная передача и перебор, который обеспечивает две ступени регулирования.

Уравнение баланса кинематической цепи главного движения станка в общем виде: $n_{шп} = n_{эд} \cdot i_{эд-шп}$, об/мин.

Выразив через известные значения элементов кинематической цепи получим *полное уравнение кинематического баланса*:

$$n_{шп} = 1450 \cdot \left| \frac{38/24}{24/38} \right| \cdot \left| \frac{28/34}{31/31} \right| \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{140}{210} \cdot 0,98 \cdot \left| \frac{30}{64} \cdot \frac{25}{69} \right| \cdot \frac{1}{1}, \text{ об/мин.}$$

5. Содержание отчета по лабораторной работе

- 1) Изобразить конструкцию, используя стандартные условные обозначения, описать классификацию и область применения заданных простейших механизмов.
- 2) Выполнить расчеты:
 - для регулирующих механизмов определить значения передаточных отношений для ступеней регулирования;
 - для трансформирующих механизмов вычислить величину хода ведомого элемента;
 - для реверсивного механизма системой стрелок указать изменение направления движения каждого элемента.
- 3) При анализе кинематической схемы станка составить уравнение кинематического баланса цепи главного движения и рассчитать значения максимальной ($n_{\max}$) и минимальной ($n_{\min}$) частоты вращения шпинделя станка.

6. Контрольные вопросы

1. Назовите основные группы элементарных механизмов.
2. Какие бывают регулирующие и трансформирующие механизмы, их назначение и применение?
3. Что такое передаточное отношение кинематической пары и как оно определяется для различных передач?
4. Что такое уравнение кинематического баланса и его вид?

Работа 2.5. УСТРОЙСТВО И НАСТРОЙКА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА 16K20

Цель работы: знание общего устройства и кинематической схемы универсального токарно-винторезного станка 16K20, умение выполнять его настройку на заданный режим резания.

Содержание работы:

- 1) Изучить устройство и кинематическую схему станка 16K20.
- 2) Настроить коробку скоростей на необходимую частоту вращения шпинделя (по индивидуальному заданию: чертеж детали, элементы режима резания).
- 3) Настроить коробку подач на заданную величину подачи и для нарезания резьбы с заданным шагом.

1. Устройство токарно-винторезного станка 16K20

Универсальный токарно-винторезный станок 16K20 предназначен для:

- точения цилиндрических, конических и фасонных наружных поверхностей;
- подрезания торцов и отрезание заготовок;
- растачивания, сверления, рассверливания, зенкерования и развертывания отверстий;
- точения и растачивания канавок;
- нарезания метрических, дюймовых, модульных, питчевых и торцовых резьб и др.

Общий вид токарно-винторезного станка показан на рисунке 47.

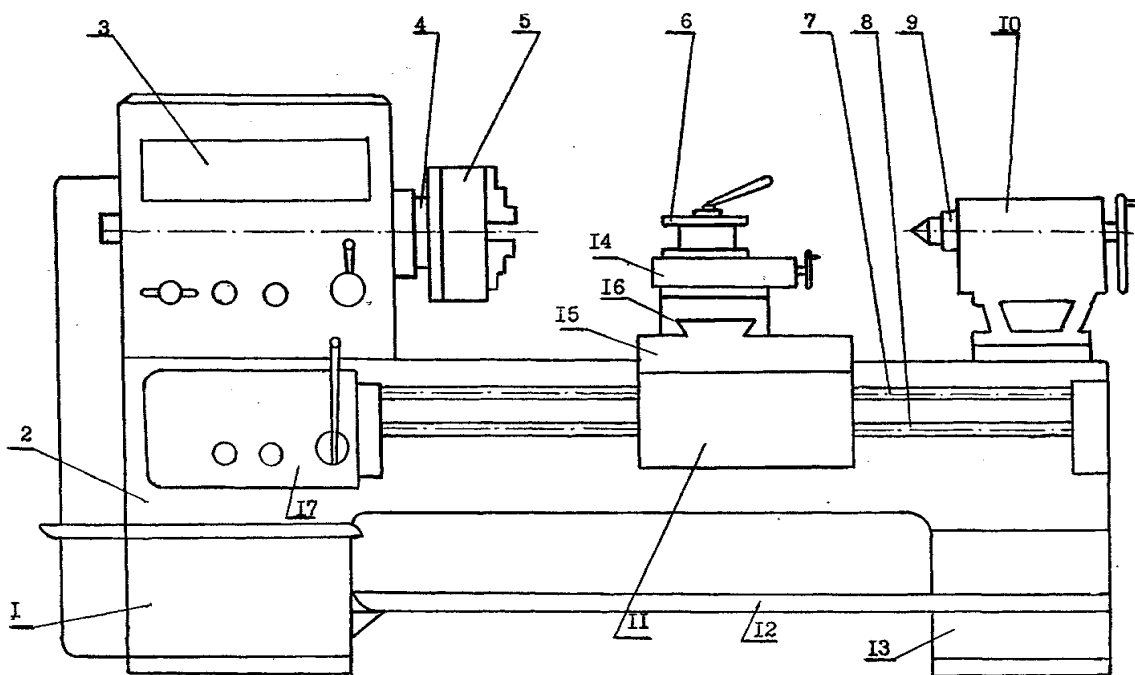


Рис. 47. Общий вид токарно-винторезного станка.

Станина 2, установленная на *передней* 1 и *задней* 13 тумбах, несет на себе все остальные узлы станка. Слева на станине неподвижно установлена *передняя бабка* 3, внутри которой находится шпиндель и *коробка скоростей*, позволяющая регулировать частоту вращения шпинделя с помощью рычагов управления, вынесенных на лицевую сторону передней бабки.

Шпиндель выполнен в виде пустотелого вала, имеющего наружную резьбу, на которую навинчивают планшайбу 4 с патроном 5. В коническом отверстии шпинделя можно закрепить передний центр.

Справа на станине расположена *задняя бабка* 10, которую можно перемещать вдоль станины по ее направляющим и закреплять в нужном положении. Задняя бабка служит для поддержания длинных заготовок с помощью заднего центра, закрепленного в *пиноли* 9, а также для закрепления осевого инструмента при сверлении, зенкеровании, развертывании отверстий и нарезании резьбы метчиками.

На станине 2 установлен *суппорт*, в четырехместном поворотном резцедержателе которого закрепляют резцы.

Суппорт состоит из:

- продольного суппорта 15, который может перемещаться вдоль станины по направляющим;
- поперечного суппорта 16, который может перемещаться поперек станины по направляющим типа "ласточкин хвост";
- верхнего поворотного суппорта 14, который имеет поворотную часть и поэтому может перемещаться под углом к линии центров.

К продольному суппорту 15 прикреплен фартук 11, механизмы которого позволяют преобразовывать вращательное движение ходового вала 8 в поступательное движение суппорта. С помощью ходового винта 7 осуществляется движение винторезной подачи резца.

Скорость движения подач (продольной, поперечной, наклонной и винторезной) регулируют с помощью *коробки подач* 17. Коробка подач состоит из ряда валов с зубчатыми колесами и системы рычагов для переключения муфт, блоков, колес и т.п. Коробка подач соединена с коробкой скоростей сменными зубчатыми колесами гитары.

Необходимые взаимные перемещения заготовки и инструмента обеспечиваются кинематическими цепями, состоящими из ряда передач, валов, муфт, винтов и т.п.

Кинематическая схема позволяет анализировать кинематические цепи приводов движений: цепь главного движения и цепи движений подач.

Технические характеристики станка 16K20:

Наибольший диаметр заготовки, мм	400
Наибольший диаметр прутковой заготовки, мм	50
Расстояние между центрами, мм	710...2000
Частота вращения шпинделя, об/мин.....	12,5...1600
Подача продольная, мм/об	0,05...2,8
Подачи: поперечная и наклонная, мм/ об	0,025...1,4
Подача винторезная: шаг метрической резьбы, мм.....	0,5...112
- дюймовой, число ниток на 1"	56...0,25
- модульной, модуль	0,5...112
- питчевой, питч	56...0,25

2. Настройка кинематической цепи привода главного движения

Настройка кинематической цепи главного движения заключается в ее подготовке к выполнению вращательного движения шпинделя. При настройке необходимо найти передаточное отношение механизмов и передач в коробке скоростей, при котором шпиндель получит нужную частоту вращения. Частота вращения шпинделя регулируется путем смещения блоков зубчатых колес.

В уравнении баланса кинематической цепи из нескольких возможных вариантов передаточных отношений передач (записанных в столбец) следует выбрать в каждом случае одно конкретное значение, обеспечивающее нужную частоту вращения шпинделя (или ближайшее меньшее к заданному значению).

Вращательное движение шпинделя осуществляется от электродвигателя M_1 через клиноременную передачу шкивов диаметрами 140 и 258 мм на входной вал 1 коробки скоростей (рис. 48). На входном валу установлена двусторонняя фрикционная муфта M_ϕ .

Для получения прямого вращения шпинделя муфту M_ϕ сдвигают влево, и привод вращения осуществляется по следующей цепи зубчатых колес: 56/34 или 51/39 на вал II в зависимости от положения двойного блока зубчатых колес; с вала II движение передается на вал III через тройной блок колес 29/47 или 21/55 или 38/38; далее через зубчатые колеса 60/48 или 30/60 (когда двойной блок зубчатых колес 48 - 60 по шлицам шпинделя смещен влево), или через «перебор» (блок колес 48 - 60 смещен вправо).

Уравнение баланса кинематической цепи главного движения в общем виде можно представить следующим образом:

$$n_{\text{шп}} = n_{\text{эд}} \cdot i_{\text{крп}} \cdot \eta \cdot i_{\text{кс}}, \text{ об/мин},$$

где $n_{\text{шп}}$ - частота вращения шпинделя, об/мин;

$n_{\text{эд}}$ - частота вращения вала электродвигателя $M1$, об/мин;

$i_{\text{крп}}$ - передаточное отношение клиноременной передачи;

$\eta = 0,98$ - коэффициент проскальзывания ремня клиноременной передачи;

$i_{\text{кс}}$ - общее передаточное отношение коробки скоростей.

Для получения больших частот вращения шпинделя в диапазоне $n_{\text{шп}} = 200 \dots 1600$ об/мин, учитывая варианты положений двух двойных и одного тройного блока зубчатых колес, получим уравнение баланса кинематической цепи:

$$n_{\text{шп}} = 1500 \cdot \left| \frac{140}{258} \right| \cdot 0,98 \cdot \left| \frac{56/34}{51/39} \right| \cdot \left| \frac{21/55}{29/47} \right| \cdot \left| \frac{60/48}{30/60} \right|, \text{ об/мин}.$$

Для удобства вычислений рекомендуется в уравнении баланса кинематической цепи выделить постоянные величины структурной формулы и подсчитать их как коэффициент данной кинематической цепи, определив значение постоянной величины:

$$C_1 = 1500 \cdot \frac{140}{258} \cdot 0,98 \approx 798, \quad \text{уравнение принимает вид:}$$

$$n_{\text{шп}} = C_1 \cdot \left| \frac{56/34}{51/39} \right| \cdot \left| \frac{21/55}{29/47} \right| \cdot \left| \frac{60/48}{30/60} \right|, \text{ об/мин}.$$

Пользуясь этим уравнением можно получить 12 различных скоростей вращения шпинделя.

Для получения на шпинделе малых частот вращения в диапазоне $n_{\text{шп}} = 12,5 \dots 160$ об/мин вращение с вала III передается через механизм «перебор» (валы V и VI) колеса 45/45 или 15/60, когда двойной блок колес 48 - 60 сдвинут вправо, и через передачи 18/72 и 30/60 - на шпиндель.

Уравнение баланса кинематической цепи главного движения в этом случае:

$$n_{\text{шп}} = 1500 \cdot \left| \frac{140}{258} \right| \cdot 0,98 \cdot \left| \frac{56/34}{51/39} \right| \cdot \left| \frac{21/55}{29/47} \right| \cdot \left| \frac{45/45}{15/60} \right| \cdot \frac{18}{72} \cdot \frac{30}{60}, \text{ об/мин}.$$

Пользуясь этим уравнением можно получить еще 12 скоростей вращения шпинделя. Таким образом, всего на шпинделе могут быть установлены 24 частоты вращения.

Реверсирование шпинделя выполняется перемещением муфты M_ϕ вправо. Тогда вращение с вала I на вал II передается через зубчатые передачи 50/24 и 36/38, а шпиндель получает обратное вращение.

Фрикционная муфта M_ϕ конструктивно связана с ленточным тормозом T (вал III), так, что торможение шпинделя происходит при нейтральном (выключенном) положении муфты M_ϕ .

3. Настройка кинематических цепей привода движений подач

Настройка цепей движений подач инструмента, закрепленного в резцедержателе, может осуществляться по разным кинематическим цепям: продольной, поперечной и наклонной.

Настройка кинематических цепей подач сводится к определению положений подвижных блоков зубчатых колес коробки подач.

1) Настройка цепи продольной подачи

Настройка цепи движения продольной подачи резца начинается от шпинделя и заканчивается на реечном механизме в фартуке станка.

От вала IV через передачу 60/60 (двойной блок колес 60-45 сдвинут вправо) вращение передается на вал VII , через передачу 30/45 реверсивного механизма (трэнзель) на вал $VIII$ и сменные колеса гитары $K = 40$, $L = 86$, $N=64$, затем на входной вал IX коробки подач. Муфты M_1 и M_2 отключены, а муфты M_3 и M_4 включены, тогда вращение с вала IX передается через колеса 28/28 через включенную муфту M_3 на вал X . С него вращение передается на вал XI через передачи 42/30 или 30/25 или 28/28 или 28/35, а далее через включенную муфту M_4 на вал XII .

С вала XII на вал XIV вращение передается через передачи 18/45 или 28/35 и 15/48 или 35/28 с вала XIV вращение передается колесами 23/40, 24/39, 28/35 на ходовой вал станка. Зубчатое колесо с 30 зубьями связано с ходовым валом скользящей шпонкой, что позволяет этому колесу скользить вдоль шпоночного паза вращающегося ходового вала.

С ходового вала вращение передается через колеса 30-32-32-30, червячную передачу 4/21, передачу 36/41, муфту M_5 , передачу 17/66 на реечное колесо с числом зубьев 10 и модулем $m = 3$ мм, которое перекачивается по прикрепленной к станине рейке, заставляет перемещаться фартук вместе с суппортом. При включении муфты M_6 направление вращения колеса 10 меняется на обратное, т.е. изменяется направление движения подачи резца.

Уравнение баланса кинематической цепи продольных подач:

$$S_{np} = 1об.шп \cdot \frac{60}{60} \cdot \frac{30}{45} \cdot \frac{K}{L} \cdot \frac{L}{N} \cdot \frac{28}{28} \cdot \left| \frac{42/30}{28/35} \right| \cdot \left| \frac{18}{45} \right| \cdot \left| \frac{15}{48} \right| \cdot \frac{23}{40} \times \\ \times \frac{24}{39} \cdot \frac{28}{35} \cdot \frac{30}{32} \cdot \frac{32}{32} \cdot \frac{32}{30} \cdot \frac{4}{21} \cdot \frac{36}{41} \cdot \frac{17}{66} \cdot \pi \cdot 3 \cdot 10, мм/об.$$

Из этого уравнения следует, что можно получить 16 различных продольных подач резца в интервале $S_{np} = 0,05...0,7$ мм/об.

Для получения больших подач (больше 0,7 мм/об) в цепи используют ЗУШ (звено увеличения шага).

2) Настройка поперечной подачи

Кинематическая цепь поперечной подачи связывает шпиндель станка с винтом поперечного суппорта с шагом $P = 5$ мм. При этом вращение от шпинделя до винта поперечной подачи передается также, как для продольной подачи, только вращение с вала червячного колеса передается через колеса 36/36, муфту M_7 (или M_8 для реверсирования движения поперечной подачи резца) и колеса 34 -55 -29 -16.

Уравнение баланса кинематической цепи поперечных подач:

$$S_{non} = 1об.шп \cdot \frac{60}{60} \cdot \frac{30}{45} \cdot \frac{K}{L} \cdot \frac{L}{N} \cdot \frac{28}{28} \cdot \left| \frac{42/30}{28/35} \right| \cdot \left| \frac{18}{45} \right| \cdot \left| \frac{15}{48} \right| \cdot \frac{23}{40} \times \\ \times \frac{24}{39} \cdot \frac{28}{35} \cdot \frac{30}{32} \cdot \frac{32}{32} \cdot \frac{32}{30} \cdot \frac{4}{21} \cdot \frac{36}{36} \cdot \frac{34}{55} \cdot \frac{55}{29} \cdot \frac{29}{16} \cdot 5, мм/об.$$

Данное уравнение обеспечивает поперечную подачу резца в диапазоне $S_n = 0,025...0,35$ мм/об.

Для получения подачи больше 0,35 мм/об в цепи используют звено увеличения шага (ЗУШ).

3) Настройка наклонной подачи

Кинематическая цепь наклонной подачи связывает шпиндель станка с винтом наклонной подачи с шагом $P = 5$ мм, который расположен

в верхних резцовых салазках. Вращение от шпинделя до муфт M_7 и M_8 передается также, как в поперечной подаче, а затем через передачи 34/18, 20/20, колеса 20-23-30-28-36 и передачу 20/20 на гайку винтового механизма наклонной подачи.

Уравнение баланса цепи наклонных подач обеспечивает значения подач резца в диапазоне $S_n = 0,025...0,35$ мм/об. Для получения подачи больше 0,35 мм/об в цепи используют звено увеличения шага.

Уравнение баланса кинематической цепи наклонных подач:

$$S_{\text{нак}} = 1_{\text{об.шп}} \cdot \frac{60}{60} \cdot \frac{30}{45} \cdot \frac{K}{L} \cdot \frac{L}{N} \cdot \frac{28}{28} \cdot \left| \frac{42/30}{30/25} \cdot \frac{28/35}{28/28} \right| \cdot \left| \frac{18}{45} \cdot \frac{15}{48} \right| \cdot \frac{23}{35} \cdot \frac{23}{40} \times \\ \times \frac{24}{39} \cdot \frac{28}{35} \cdot \frac{30}{32} \cdot \frac{32}{32} \cdot \frac{32}{30} \cdot \frac{4}{21} \cdot \frac{36}{36} \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{20}{23} \cdot \frac{23}{30} \cdot \frac{30}{28} \cdot \frac{28}{36} \cdot \frac{20}{20} \cdot 5, \text{мм/об.}$$

4. Настройка движений привода винторезных цепей

Движение винторезной подачи осуществляется с помощью ходового винта с шагом $P = 12$ мм. Вращение шпинделя кинематически согласовано с поступательным движением суппорта: за один оборот шпинделя суппорт с резцом должен переместиться на величину шага P нарезаемой резьбы, если она однозаходная, и на величину хода резьбы « $K \cdot P$ », если резьба имеет K заходов.

Исключением является настройка цепи подач при нарезании особо точных и нестандартных резьб. При нарезании таких резьб коробка подач из работы исключена (ходовой винт соединен непосредственно с гитарой), а регулировать величину шага можно за счет изменения чисел зубьев сменных колес гитары.

1) Настройка метрической резьбы

Цепь подачи нарезания метрических резьб начинается от шпинделя и включает в себя сменные колеса гитары с постоянным передаточным

отношением: $i_{\text{ГШ}} = \frac{K}{L} \cdot \frac{L}{N} = \frac{40}{86} \cdot \frac{86}{64}$.

В коробке подач муфты M_2 , M_3 , M_4 включены, а муфта M_1 отключена.

Уравнение баланса кинематической цепи метрической резьбы в диапазоне шагов $P_m = 0,5 \dots 7$ мм имеет вид:

$$P_m = 10б.шп \cdot \frac{60}{60} \cdot \frac{30}{45} \cdot \frac{K}{L} \cdot \frac{L}{N} \cdot \frac{28}{28} \cdot \left| \frac{42/30}{28/35} \right| \cdot \left| \frac{18}{28} \right| \cdot \left| \frac{15}{35} \right| \cdot 12, мм.$$

При нарезании резьбы с шагом больше 7 мм в цепь включается *ЗУШ* (звено увеличения шага), в этом случае вращение валов *III*, *V*, *VI* начинается с двойного блока зубчатых колес 48-60 на шпинделе и передаточные отношения *ЗУШ* имеют следующие значения:

$$i_{ЗУШ1} = \frac{60}{30} \cdot \frac{45}{45} = 2; \quad i_{ЗУШ2} = \frac{60}{30} \cdot \frac{72}{18} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{45}{45} = 8;$$

$$i_{ЗУШ3} = \frac{60}{30} \cdot \frac{72}{18} \cdot \frac{60}{15} \cdot \frac{45}{45} = 32;$$

2) Настройка дюймовой резьбы

Цепь подач для нарезания дюймовых резьб начинается от шпинделя и включает в себя сменные колеса гитары, такие же как для метрической резьбы. В коробке подач муфта M_2 включена, а муфты M_1 , M_3 , M_4 отключены.

Так как шаг дюймовой резьбы задается числом ниток n (витков резьбы) на один дюйм (1" равен 25,4 мм) ее длины, поэтому шаг дюймовой резьбы определяется в миллиметрах, через $P_d = 25,4 / n$, мм.

Уравнение баланса кинематической цепи дюймовой резьбы:

$$P_d = 10б.шп \cdot \frac{60}{60} \cdot \frac{30}{45} \cdot \frac{K}{L} \cdot \frac{L}{N} \cdot \frac{28}{28} \cdot \frac{38}{34} \cdot \left| \frac{42/30}{28/35} \right| \cdot \left| \frac{30}{33} \right| \cdot \left| \frac{18}{28} \right| \cdot \left| \frac{15}{35} \right| \cdot 12, мм.$$

3) Настройка модульной резьбы

Цепь подач для нарезания модульных резьб начинается от шпинделя и включает в себя сменные колеса гитары $\left(\frac{K}{M} \times \frac{L}{P} = \frac{40}{73} \times \frac{86}{36} \right)$.

В коробке подач муфты M_2 , M_3 и M_4 включены, а муфта M_1 отключена.

Так как шаг модульной резьбы задается модулем « m », то необходимо шаг выразить в миллиметрах следующим образом:

$$P_{мод} = \pi \cdot m \cdot k, \text{ мм.}$$

Уравнение баланса кинематической цепи модульной резьбы:

$$P_{\text{мод}} = 106,6 \cdot \frac{60}{60} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{K}{M} \cdot \frac{L}{P} \cdot \frac{28}{28} \cdot \left| \frac{30/42}{25/30} \cdot \frac{18}{45} \cdot \frac{15}{48} \right| \cdot 12, \text{ мм.}$$

4) Настройка питчевой резьбы

Для нарезания питчевых резьб в коробке подач муфта M_2 включена, а муфты M_1 , M_3 и M_4 отключены. Гитара сменных шестерен такая же, как для модульной резьбы. Так как шаг питчевой резьбы задается в «питчах», а шаг резьбы ходового винта станка в миллиметрах, то необходимо заданный шаг выразить также в мм по зависимости:

$$P_{\pi} = \frac{25,4 \cdot \pi}{P_{\pi}}, \text{ мм,}$$

где P_{π} - заданный шаг резьбы в питчах.

Уравнение баланса кинематической цепи питчевой резьбы:

$$P_{\pi} = 106,6 \cdot \frac{60}{60} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{K}{M} \cdot \frac{L}{P} \cdot \frac{28}{28} \cdot \frac{38}{34} \cdot \left| \frac{30/42}{25/30} \cdot \frac{30}{33} \cdot \frac{18}{45} \cdot \frac{15}{48} \right| \cdot 12, \text{ мм.}$$

5) Настройка особо точных и нестандартных резьб

Цепь подач для нарезания резьб особоточных и с нестандартным шагом начинается от шпинделя и включает в себя сменные колеса гитары, число зубьев которых определяются расчетом. В коробке подач включены муфты M_1 и M_2 , тем самым выключаются из цепи регулирующие механизмы коробки подач.

В этом случае уравнение кинематического баланса имеет вид:

$$P_{\text{от}} = 106,6 \cdot \frac{60}{60} \times \frac{30}{45} \times \frac{A}{B} \times \frac{C}{D} \times 12, \text{ мм,}$$

где $i_{\text{гш}} = \frac{A}{B} \times \frac{C}{D}$ - передаточное отношение сменных колес гитары, которое рассчитывается по заданному шагу резьбы.

5. Контрольные вопросы

1. Из каких основных частей состоит токарно-винторезный станок?
2. Какие работы выполняются на токарно-винторезном станке?
3. Указать на кинематической схеме станка цепь главного движения и цепи подач (продольной, поперечной и наклонной).
4. В чем заключается настройка станка?
5. Указать на кинематической схеме станка цепь подач с использованием *ЗУШ* (звено увеличения шага).

Работа 2.6. ЗУБОНАРЕЗАНИЕ МЕТОДОМ КОПИРОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ДЕЛИТЕЛЬНОЙ ГОЛОВКИ

Цель работы: умение использовать универсальную делительную головку (УДГ) для деления окружности заготовки на заданное число частей и для фрезерования винтовых канавок при изготовлении цилиндрических зубчатых колес.

Содержание работы:

- 1) Изучить устройство УДГ и способы деления на ней.
- 2) Определить, в соответствии с индивидуальным заданием, диаметральные размеры заготовки
- 3) Выбрать режущий инструмент, фрезерный станок и УДГ, выполнить все расчеты, необходимые для её настройки.
- 4) Настроить УДГ и станок для изготовления зубчатых колес.

1. Теоретические сведения

Методы нарезания зубчатых колес

В современной технике широкое применение имеют зубчатые колеса, которые используют для передачи вращательного движения от одного вала к другому.

Для изготовления зубчатого колеса необходимо в заготовке прорезать впадины заданного профиля с определенным шагом.

Различают два основных метода изготовления зубчатых колес: метод копирования и метод обкатки (огибания).

Метод копирования заключается в прорезании впадин на заготовке модульной фрезой (дисковой или пальцевой), профиль режущей части которой соответствует профилю впадины нарезаемого зубчатого колеса.

Достоинство метода в том, что он может выполняться на обычном фрезерном станке.

Недостатки этого метода:

- низкая производительность (обработка выполняется отдельно по одной впадине зуба);
- невысокая точность профиля зубьев;
- необходимость иметь большой набор модульных фрез (комплектами для каждого модуля в зависимости от числа зубьев нарезаемого колеса и требуемой точности его изготовления).

При нарезании зубчатых колес *методом обкатки* (огибания) профиль режущих лезвий инструмента отличается от профиля нарезаемых зубьев, при этом режущий инструмент и нарезаемое колесо находятся как бы в зацеплении.

Достоинства метода обкатки:

- универсальность инструмента, так как одним инструментом можно получить любое число зубьев на колесе;
- более производительен и точнее, чем метод копирования;
- меньшая шероховатость поверхности зуба

Недостаток метода: нарезание зубчатых колес методом обкатки производят специальными инструментами на дорогостоящих зубообрабатывающих станках.

2. Устройство УДГ

Универсальная делительная головка (УДГ) используется на фрезерных станках для деления окружности на равные или неравные части, а также для фрезерования винтовых канавок различного профиля, в частности, для изготовления прямозубых, косозубых и с винтовым зубом колес методом копирования.

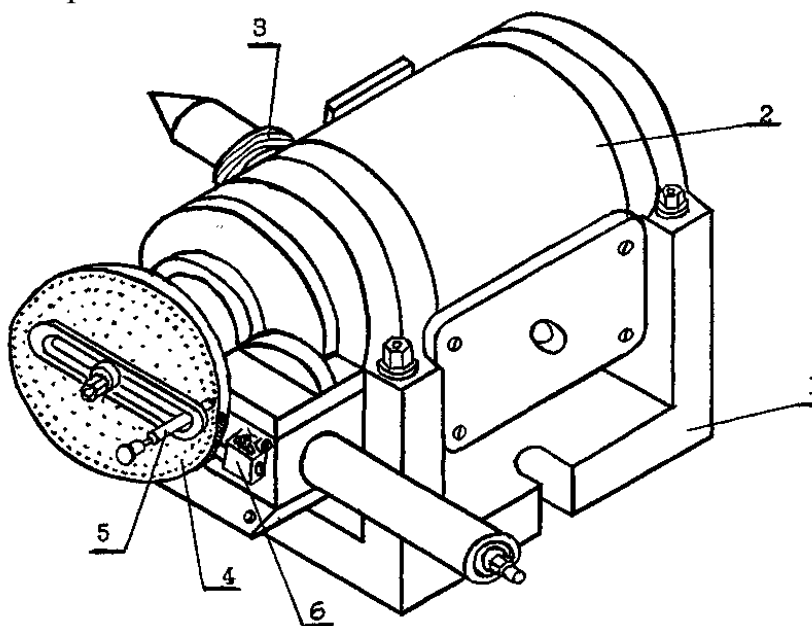


Рис. 49. Общий вид универсальной делительной головки.

Универсальная делительная головка (Рис. 49) состоит из следующих частей: 1 - основание; 2 - корпус; 3 - шпиндель; 4 - делительный лимб (диск); 5 - рукоятка с фиксатором; 6 - защелка.

Полый шпиндель 3 делительной головки имеет наружную резьбовую часть - для закрепления трехкулачкового или цангового патронов, и с двух сторон конические отверстия - для установки центра при закреплении заготовки на центрах и оправки со сменными зубчатыми колесами гитары.

Корпус 2 делительной головки можно поворачивать в вертикальной плоскости относительно основания 1 головки и поверхности стола фрезерного станка.

Делительный диск 4 имеет на обеих сторонах отверстия, равномерно расположенные по концентрическим окружностям. Каждый ряд имеет определенное число отверстий, обозначенное на диске в соответствии с таблицей 2.2. Рукоятку с фиксатором 5 можно устанавливать по любому ряду делительного диска. Делительный диск может быть застопорен защелкой 6, которая находится на корпусе, или быть свободным от неё.

Упрощенная кинематическая схема УДГ для разных способов деления показана на рисунках 50, 51 и 52.

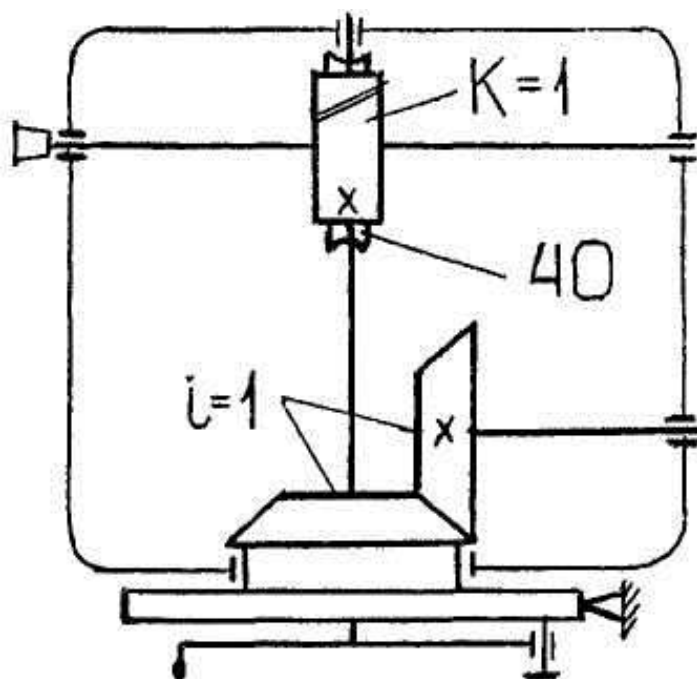


Рис. 50. Кинематическая схема УДГ при простом делении.

На шпинделе делительной головки неподвижно закреплено червячное колесо ($z = 40$), в паре с которым работает однозаходный червяк ($k = 1$). Вал рукоятки свободно проходит внутри гильзы, на которой закреплены делительный диск и коническое зубчатое колесо. Движение от рукоятки на заготовку передается через червячную пару с передаточным отношением $i = 1/40$ (характеристика УДГ $N = 40$).

Таблица 2.2. Характеристики УДГ (по ГОСТ 8615)

Модели делительных головок	Наибольший диаметр заготовки	Характеристика УДГ, N	Диаметр отверстия шпинделя, мм	Число отверстий делительного диска	
				1-я сторона	2-я сторона
УДГ-Д-160	160	40	14,5	16, 19 23, 30 33, 39 49	17, 21 29, 31 37, 41 54
УДГ-Д-200	200		19,7	16 17	33 37
УДГ-Д-250	250		26,5	19 21	39 41
УДГ-Д-320	320		37,5	23 29	43 47
УДГ-Д-400	400			30 31	49 54

УДГ позволяет производить деление на равные части простым и дифференциальным способами.

1) Способ простого деления окружности заготовки

Для поворота шпинделя с заготовкой на $1/z$ -ю часть, необходимо определить число оборотов рукоятки головки – n_p . Так как поворот шпинделя осуществляется через червячную передачу (рис.6.2), имеющую передаточное отношение $i = 1/40$ (число заходов червяка – $k = 1$ и зубьев червячного колеса – $z_{чк} = 40$), то для поворота шпинделя на 1 полный оборот (z частей) необходимо выполнить 40 оборотов рукоятки (поэтому характеристика головки $N = 40$).

Следовательно, для поворота на $1/z$ -ю часть необходимо сделать n_p оборотов рукояткой: $n_p = N/z = 40/z$.

В общем случае это отношение можно представить виде простой дроби:

$$n_p = \frac{40}{z} = A \frac{B}{C};$$

где A – число целых оборотов рукоятки;

B – число отверстий на делительном диске, на которое необходимо установить рукоятку с фиксатором (дополнительно к целым её оборотам);

C – число отверстий выбранной окружности на делительном диске (из Табл. 2.2).

Примечание: При простом делении делительный диск должен быть застопорен защелкой 6.

Пример простого деления

Требуется разделить окружность на $z = 18$ частей.

1) Определить число оборотов рукоятки - n_p :

$$n_p = \frac{40}{z} = \frac{40}{18} = 2 \frac{4}{18} = 2 \frac{2}{9} \cdot \frac{6}{6} = 2 \frac{12}{54}.$$

2) Установить рукоятку с фиксатором на окружности диска с 54-мя отверстиями (по Таблице 6.1).

3) Повернуть заготовку на $1/18$ часть, при этом необходимо:

- зафиксировать защелкой делительный диск;
- вывести из зацепления с делительным диском фиксатор рукоятки;
- повернуть рукоятку на два полных оборота и дополнительно на 12 отверстий;
- ввести фиксатор в зацепление с диском.

2) Дифференциальное деление окружности заготовки

Если деление окружности заготовки на заданное число (z) частей невозможно простым способом (когда по Таблице 2.2 не удастся подобрать окружность на диске с нужным числом отверстий), то необходимо использовать способ дифференциального деления.

При *дифференциальном делении*, чтобы обеспечить периодический поворот заготовки на $1/z$ - ю часть, необходимо определить число оборотов рукоятки n_p , которое представляет собой сумму двух движений:
- вращение рукоятки n'_p относительно делительного диска и вращение самого диска Δn :

$$n_p = \frac{40}{z} = n'_p + \Delta n; \quad (1)$$

$$\text{где } n'_p = \frac{40}{z_{np}} = A \frac{B}{C} - \text{число оборотов рукоятки УДГ для поворота заготовки на } 1/z_{np} \text{ часть}; \quad (2)$$

$z_{np} = z \pm (1...3)$ - число частей окружности, приближенное к заданному числу (обычно кратное 10-и), позволяющее использовать простое деление.

Δn – вращательное движение делительного диска, которое он получает от шпинделя через гитару сменных шестерен (на рис. 51 схемы УДГ колеса - a , b , c , и d):

$$\Delta n = \frac{1}{z} \cdot i_{cm} = \frac{1}{z} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}; \quad (3)$$

Подставив выражения (2) и (3) в формулу (1) и преобразовав, получим передаточное отношение сменных зубчатых колес гитары - $i_{см}$,:

$$i_{см} = \frac{40}{z_{np}} (z_{np} - z) = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}, \quad (4)$$

где a, b, c, d - числа зубьев сменных колес гитары по Таблице 2.3.

Следовательно, для дифференциального деления необходимо определить n'_p и сменные шестерни гитары для обеспечения $i_{см}$.

Таблица 2.3. Комплект зубчатых колес, прилагаемых к УДГ

Число зубьев сменных колес	25, 25, 30, 35, 40, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100
-------------------------------	---

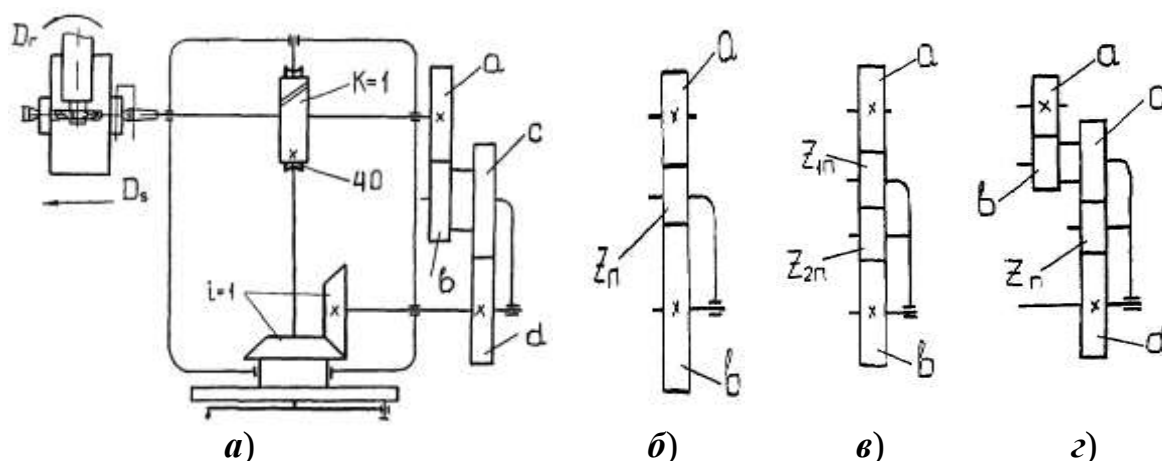


Рис. 51. Схема УДГ при дифференциальном делении и варианты схем настройки гитары сменных шестерен.

В зависимости от принятого значения z_{np} , передаточное отношение сменных колес гитары $i_{см}$ может иметь разные знаки: «плюс» или «минус»

При $i_{см} > 0$ делительный диск должен поворачиваться в ту же сторону, что и рукоятка, тогда гитара может иметь два варианта настройки:

- четыре сменных зубчатых колеса (по рис. 51 а);
- два сменных колеса с включением между ними промежуточного зубчатого колеса - z_n с произвольным числом зубьев (из набора колес по табл. 2.3 в соответствии со схемой на рис. 51 б).

При $i_{см} < 0$ направления поворота делительного диска и рукоятки должны быть противоположными. Для этого можно использовать также две схемы настройки гитары, показанные на рис. 51 в и 51 г.

Следует отдавать предпочтение схемам на рис. 51 б и 51 в.

При настройке гитары сменных колес по схемам, указанным на рис. 51а и 51г, необходимо проверить выбранные сменные колеса на сцепляемость по условию: $a + в > c + 15$ и $c + d > в + 15$.

Пример дифференциального деления окружности заготовки

Требуется разделить окружность заготовки на $z = 59$ частей.

Простое деление использовать нельзя, так как $n_p = 40/59$, а на делительном диске нет окружности с 59-ю отверстиями (табл. 2.2) или числом отверстий кратным 59.

Принимаем $z_{np} = 60$ частей. Тогда число оборотов рукоятки n_p' относительно делительного диска определяем по формуле (2):

$$n_p' = \frac{40}{z_{np}} = \frac{40}{60} = \frac{2}{3} \cdot \frac{7}{7} = \frac{14}{21};$$

где 21 - число отверстий на окружности диска, на которую устанавливается рукоятка с фиксатором (из табл. 2.2);

14 - число отверстий, на которое необходимо переставить рукоятку с фиксатором, чтобы повернуть заготовку на $1/z_{np}$ - ю часть.

Определяем $i_{см}$ и выбираем сменные колеса гитары по формуле (4) с учетом комплекта колес из табл. 2.3:

$$i_{см} = \frac{40}{z_{np}} (z_{np} - z) = \frac{40}{60} (60 - 59) = \frac{2}{3} \cdot \frac{20}{20} = \frac{40}{60} = \frac{a}{b},$$

т.е. $a = 40$, $b = 60$ и $z_n = 25$ зубьев по схеме на рис. 51 б.

Или
$$i_{см} = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{1} = \frac{2 \cdot 30}{1 \cdot 25} \cdot \frac{1 \cdot 25}{3 \cdot 30} = \frac{60}{25} \cdot \frac{25}{90} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d},$$
 тогда

$a = 60$, $b = 25$, $c = 25$ и $d = 90$ зубьев по схеме на рис. 51 а.

Проверяем на сцепляемость гитару сменных шестерен, выбранную по варианту схемы на рис. 51 а:

$$a + b = 60 + 25 > c + 15 = 25 + 15; \quad c + d = 25 + 90 > b + 15 = 25 + 15.$$

3) Настройка УДГ на фрезерование винтовой канавки (или косого зуба)

Для образования винтовой канавки на заготовке необходимо обеспечивать согласованность двух движений заготовки относительно фрезы. За один оборот заготовки ее осевое смещение должно быть равно шагу (T) винтовой канавки.

Поступательное движение заготовки вместе с УДГ обеспечивается движением стола фрезерного станка от ходового винта с шагом $P_{хв} = 6$ мм (рис. 52).

Вращательное движение заготовка получает по следующей цепи: ходовой винт стола станка - гитара сменных колес - конические зубчатые колеса - делительный диск - рукоятка (через фиксатор) - червячная передача - шпиндель - заготовка.

Согласованность движений заготовки достигается подбором сменных колес гитары по формуле:

$$i_{см} = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{40 \cdot P_{хв}}{T} = \frac{40 \cdot P_{хв} \cdot \sin \beta}{\pi \cdot m \cdot z},$$

где a_1, b_1, c_1, d_1 - сменные шестерни гитары;

$P_{хв} = 6$ мм - шаг ходового винта универсально-фрезерного станка;

$$T = \frac{\pi \cdot D_{заг}}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{\pi \cdot m \cdot z}{\sin \beta}, \text{ мм} - \text{ шаг винтовой канавки}$$

(в частном случае для косого зуба).

Подбор сменных колес a_1, b_1, c_1, d_1 (из табл. 2.3) выполняется так же, как для дифференциального деления окружности заготовки.

Сцепляемость выбранных колес гитары проверяют по условию:

$$a_1 + v_1 > c_1 + 15 \text{ и } c_1 + d_1 > v_1 + 15.$$

Схема обработки косого зуба на заготовке цилиндрической шестерни показана на рис. 52. В этом случае УДГ устанавливают на универсально-фрезерном станке, так как необходимо стол станка вместе с заготовкой повернуть на угол наклона зуба - β .

При настройке УДГ необходимо учитывать заданное направление косого зуба. На рис. 6.4 приведена схема УДГ, настроенной на фрезерование косого зуба левого направления. Для фрезерования канавки правого направления необходимо между колесами a_1 и b_1 установить промежуточное колесо $z_n = 40$ и развернуть стол фрезерного станка в противоположную сторону на угол β .

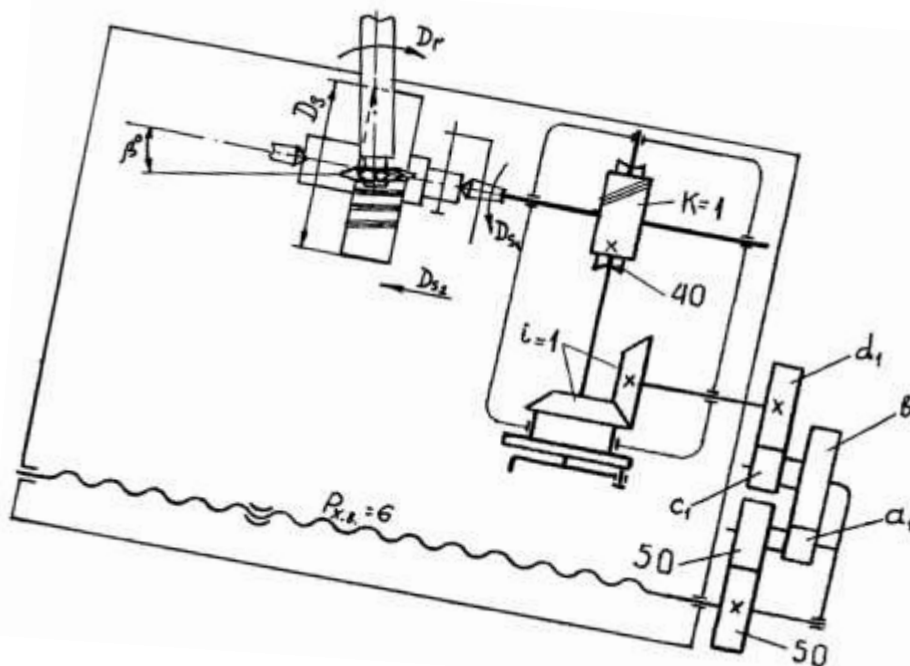


Рис. 52. Схема настройки УДГ на фрезерование косого зуба.

Следовательно, при настройке УДГ для фрезерования косозубой шестерни нужно определить n_p (деление выполняется только простым делением, т.к. дифференциальное деление невозможно) и настроить сменные шестерни гитары для получения $i_{см}$.

3. Методика выполнения лабораторной работы

Лабораторная работа состоит из решения двух заданий:

Задача №1. Нарезать цилиндрическое прямозубое колесо.

Задача №2. Нарезать цилиндрическое колесо с косым зубом.

Схема изготовления колес показана на рис. 53.

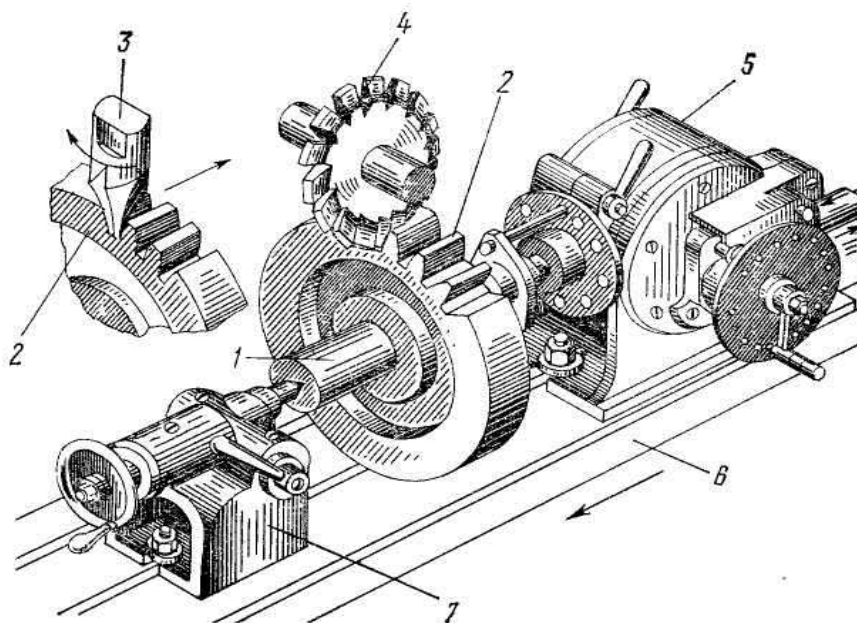


Рис. 53. Схема нарезания зубчатого колеса модульными фрезами:

- 1 – оправка; 2 – заготовка зубчатого колеса;
 3 – пальцевая фреза; 4 – дисковая фреза;
 5 – делительная головка; 6 – стол фрезерного станка;
 7 – задняя бабка.

Исходные данные для выполнения лабораторной работы принимаются по таблице 2.4.

1) Последовательность выполнения задания № 1

- 1) Изучить устройство УДГ и методику простого и дифференциального деления окружности заготовки.
- 2) Определить диаметр заготовки прямозубого колеса по формуле:

$$D_{заг} = m(z + 2), \text{ мм}.$$
- 3) Исходя из диаметра заготовки выбрать модель УДГ (табл. 2.2).
- 4) Назначить тип фрезерного станка и способ закрепления заготовки.
- 5) Выбрать номер и тип фрезы в зависимости от числа нарезаемых зубьев (из табл. 2.5).

- 6) Рассчитать число оборотов рукоятки (n'_p), необходимое для поворота заготовки на 1 зуб, и число зубьев сменных шестерен гитары (с использованием комплекта зубчатых колес из табл. 2.3).
- 7) Изобразить схему УДГ с указанием сменных колес гитары, закрепления заготовки и рабочих движений при фрезеровании.

Таблица 2.4. Исходные данные

№ варианта	Задача № 1 (прямозубая шестерня)		Задача № 2 (косозубая шестерня)			
	Число нарезаемых зубьев, Z_1	Модуль m , мм	Число нарезаемых зубьев, Z_2	Модуль m , мм	Угол наклона зуба, β , град	Направление зуба
1	61	1	90	3	15	Прав
2	67	1	86	2,5	16,3	Лев
3	71	1,5	85	2,5	17,6	Прав
4	73	1,5	82	2	16	Лев
5	77	2	55	1,5	17,3	Прав
6	79	2	98	1	18,6	Лев
7	83	2,5	100	1,5	17	Прав
8	89	2,5	94	2	18,3	Лев
9	91	3	72	2	19,6	Прав
10	97	3	75	2,5	18	Лев
11	101	3	76	1,5	19,3	Прав
12	103	3,5	80	3	10,6	Лев
13	107	3	64	2,5	19	Прав
14	109	3,5	65	2,5	10,3	Лев
15	111	3	68	2	11,6	Прав
16	61	1,5	56	2	10	Лев
17	67	1,5	98	3	11,3	Прав
18	71	2	86	1,5	12,6	Лев
19	73	2	70	1	11	Прав
20	77	2	94	1,5	12,3	Лев
21	79	2,5	62	2	13,6	Прав
22	83	2,5	64	3	12	Лев
23	89	2,5	65	1,5	13,3	Прав
24	91	3	60	1,5	14,6	Лев
25	97	3	90	2	13	Прав
26	101	3	82	1	14,3	Лев
27	103	3,5	62	2,5	15,6	Прав
28	107	3,5	88	2	14	Лев
29	109	3,5	84	1,5	15,3	Прав
30	111	2,5	58	3	16,6	Лев

Таблица 2.5. Комплект дисковых модульных фрез

Номер фрезы	1	2	3	4	5	6	7	8
Число нарезаемых зубьев колеса	12...13	14...16	17...20	21...25	26...34	35...54	55...134	135 и более

2) Последовательность выполнения задания № 2

- 1) Изучить устройство УДГ, методику простого деления и настройку при фрезеровании винтовых канавок (косого зуба).
- 2) Определить диаметр заготовки косозубого колеса по формуле:

$$D_{заг} = \frac{m \cdot z}{\cos \beta} + 2m, \text{ мм.}$$

- 3) Исходя из диаметра заготовки выбрать модель УДГ (табл.2.2).
- 4) Назначить тип фрезерного станка и способ закрепления заготовки.
- 5) Выбрать тип и номер фрезы (из табл.2.5) в зависимости от приве-

денного числа нарезаемых зубьев - $z_{прив} = \frac{z}{\cos^3 \beta}.$

- 6) Рассчитать число оборотов рукоятки (n_p), необходимое для поворота заготовки на 1 зуб, и число зубьев сменных шестерен гитары (с использованием комплекта зубчатых колес из табл. 2.3).
- 7) Изобразить схему УДГ с указанием сменных колес гитары, закрепления заготовки, поворота стола с заготовкой на заданный угол и направление зуба, указав рабочие движения при фрезеровании косого зуба.

4. Контрольные вопросы

1. В чем достоинства и недостатки метода копирования?
2. Назовите типы фрезерных станков, используемых при нарезании колес.
3. Для чего и как устроена универсальная делительная головка?
4. В чем заключается настройка УДГ на фрезерование винтовой канавки?
5. Почему при нарезании колес с винтовым зубом используется универсально-фрезерный станок?

Работа 2.7. ЗУБОНАРЕЗАНИЕ МЕТОДОМ ОБКАТКИ НА ЗУБОДОЛБЕЖНОМ СТАНКЕ 5В12

Цель работы: умение выполнять настройку и наладку зубодолбежного станка для нарезания цилиндрических зубчатых колес.

Содержание работы:

- 1) Изучить устройство и кинематическую схему станка модели 5В12.
- 2) В соответствии с индивидуальным заданием, определить диаметр заготовки;
- 3) Выбрать режущий инструмент и настроить станок.

1. Устройство зубодолбежного станка 5В12

Внешний вид станка модели 5В12 представлен на рисунке 54.

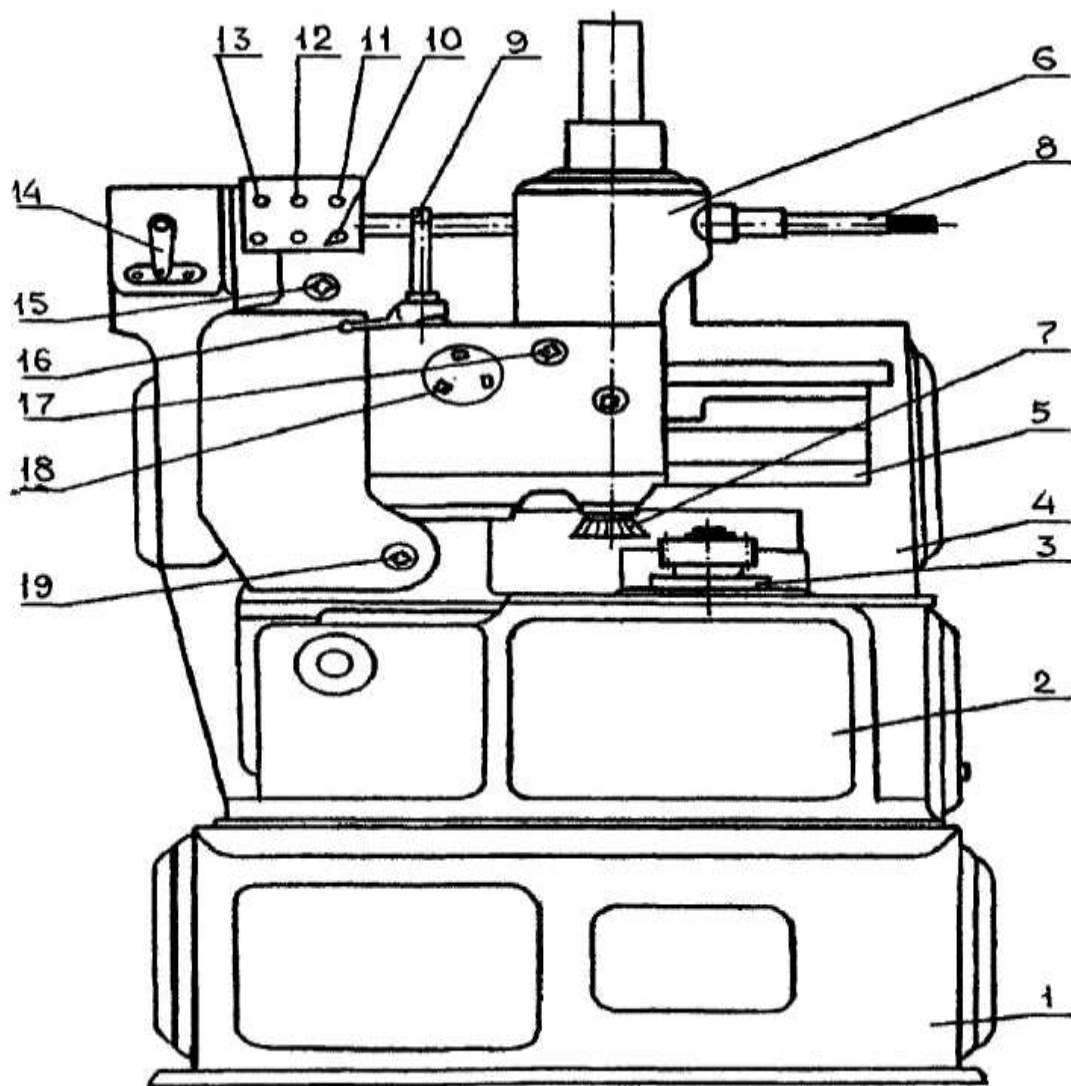


Рис. 54. Общий вид зубодолбежного станка модели 5В12.

Станок имеет вертикальную компоновку и крепится на нижней станине 1, представляющей собой жесткую тумбу коробчатой формы, в которой расположены электродвигатель, насос и панель гидравлической системы, а также резервуар для масла и охлаждающей жидкости.

К нижней станине прикреплена средняя станина 2. В средней станине смонтированы: стол 3, в шпинделе которого на оправке закрепляют заготовку, механизмы реверсирования и качания стола.

Верхняя станина 4 закреплена на средней станине. На горизонтальных направляющих 5 верхней станины смонтирован суппорт 6, в корпусе которого имеются: штоссель (шпиндель), с закрепленным на нем долбяком 7; главный вал кривошипно-шатунного механизма; механизмы реверсирования штосселя и суппорта.

На верхней станине расположена панель управления с кнопкой 11 "Толчок", кнопками 12 «Пуск и останов станка», кнопками 13 «Пуск и останов гидронасоса», выключателем местного освещения 10.

Зубодолбежный станок модели 5В12 предназначен для нарезания цилиндрических прямозубых и косозубых колес наружного и внутреннего зацепления.

Формообразование профиля зубьев производится методом обкатки, когда долбяк и заготовка в процессе обработки воспроизводят движения пары цилиндрических зубчатых колес.

Станок 5В12 имеет следующие основные *характеристики*:

- Наибольший диаметр обрабатываемых колес, мм

наружного зацепления.....	200
внутреннего зацепления.....	220
- Модуль нарезаемых колес, мм 1...4
- Номинальный диаметр устанавливаемого долбяка, мм..... 75
- Наибольший ход штосселя, мм 55
- Наибольшее продольное перемещение суппорта, мм 250
- Число двойных ходов долбяка в минуту (2ход/мин)...200, 315, 425, 600
- Пределы круговых подач долбяка, мм/2ход..... 0,1...0,46

2. Последовательность выполнения лабораторной работы

Нарезать прямозубое цилиндрическое колесо по заданию в таблице 2.6.

Таблица 2.6. Исходные данные

№ варианта	Число нарезаемых зубьев, Z	Модуль зацепления, m , мм	Ширина венца, B , мм	Скорость резания, V , м/мин	Круговая подача, $S_{кр}$, мм/2ход
1	57	1	15	30	0,13
2	71	1,5	16	31	0,18
3	97	2	17	32	0,21
4	40	2,5	18	35	0,15
5	42	3	19	34	0,25
6	64	3,5	20	30	0,28
7	50	1	21	32	0,31
8	52	1,5	22	33	0,17
9	62	2	23	35	0,2
10	63	2,5	24	32,5	0,19
11	84	3	25	31,5	0,15
12	69	3,5	26	30,5	0,2
13	79	1	27	30	0,35
14	87	1,5	28	32	0,32
15	48	2	29	34	0,16
16	32	2,5	30	35	0,18
17	39	3	16	32	0,21
18	55	3,5	17	30	0,31
19	77	1	18	31	0,21
20	81	1,5	19	32	0,2
21	70	2	20	30	0,17
22	65	2,5	21	31	0,2
23	54	3	22	34	0,3
24	96	3,5	23	30	0,28
25	56	1	24	32	0,35
26	58	1,5	25	28	0,15
27	67	2	26	29	0,18
28	72	2,5	27	30	0,2
29	41	3	28	31	0,24
30	85	3,5	29	32	0,3

ПРИМЕЧАНИЯ: 1. Материал колеса - конструкционная сталь 45.
 2. Долбяк изготовлен из стали P18.
 3. Обработка ведется за одну обкатку (один проход).

Задание выполняется в определенной последовательности:

- 1) Расчет размеров и установка заготовки;
- 2) Выбор типа долбяка и расчет глубины врезания;

- 3) Расчет и установка длины хода долбяка;
- 4) Настройка цепи главного движения;
- 5) Настройка цепи круговых подач;
- 6) Настройка цепи деления (вращение стола с заготовкой);
- 7) Настройка цепи движения радиальной подачи суппорта с долбяком.

1) Расчет размеров и установка заготовки

Диаметр заготовки для изготовления зубчатого колеса определяется по формуле:

$$D_{заг} = m(Z + 2), \text{ мм};$$

где m - модуль, мм;

Z - заданное число нарезаемых зубьев колеса.

Заготовка закрепляется на оправке, которая установлена в шпинделе стола станка (кинематическая схема станка 5В12 показана на рис. 55). Заготовка центрируется оправкой и подставкой, имеющей точно обработанные торцовые плоские поверхности.

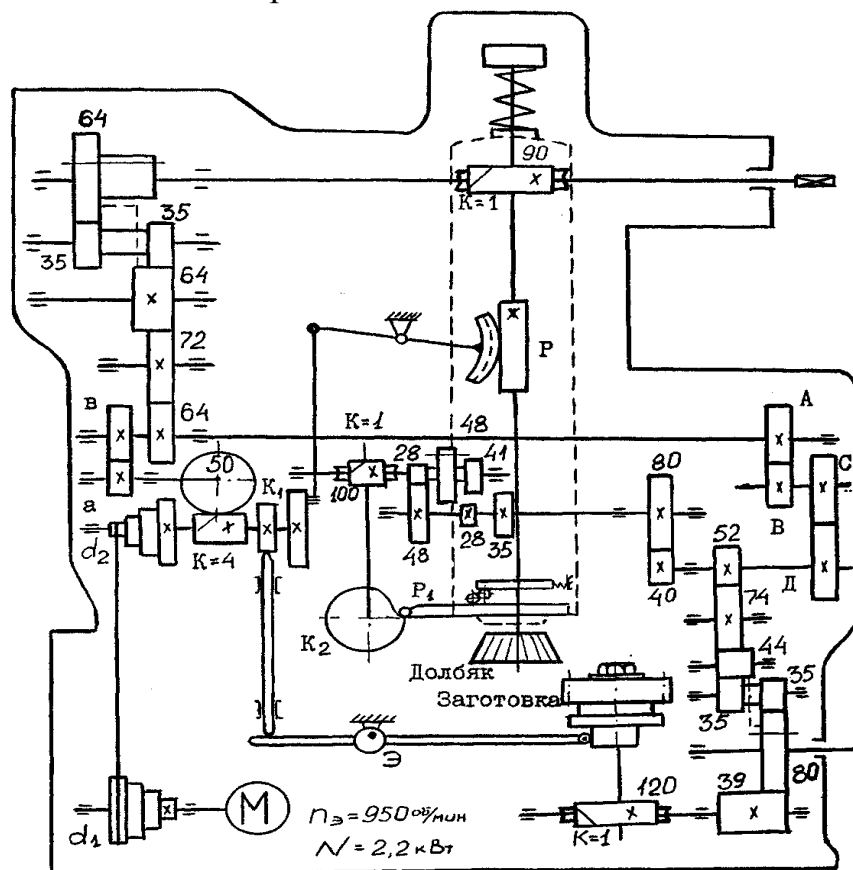


Рис. 55. Кинематическая схема станка 5В12.

При подъеме долбяка (холостой ход) стол с заготовкой отходит и тем самым исключается трение долбяка о заготовку. Качательное движение стола осуществляется от кулачка K_1 (рис. 55) через толкатель и рычаг с эксцентриком Э.

2) Выбор типа долбяка, расчет длины хода и глубины врезания долбяка

Выбор типа долбяка обусловлен типом нарезаемого зубчатого колеса. Для нарезания одинарных цилиндрических колес наружного зацепления используют дисковые долбяки. В таблице 2.7 приведены размеры дисковых долбяков, по которому, в соответствии с заданием, необходимо выбрать долбяк.

При установке долбяка на станке (рис. 56) необходимо насадить его на штоссель без ударов режущими кромками вниз. Если между долбяком и штосселем прокладывается опорное кольцо, то последнее должно иметь достаточную ширину для обеспечения жесткого закрепления долбяка.

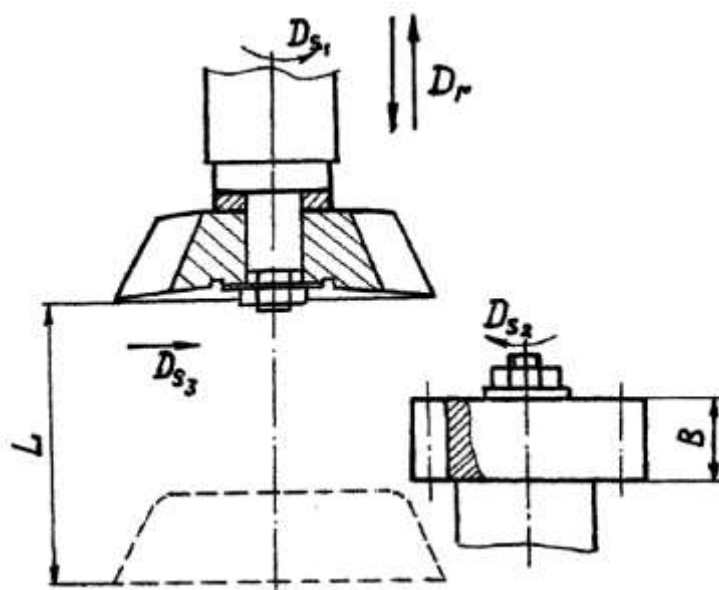


Рис. 56. Схема зубодолбления.

Длину хода долбяка можно определить (приблизительно) по формуле:

$$L = 5/4 \cdot B, \text{ мм};$$

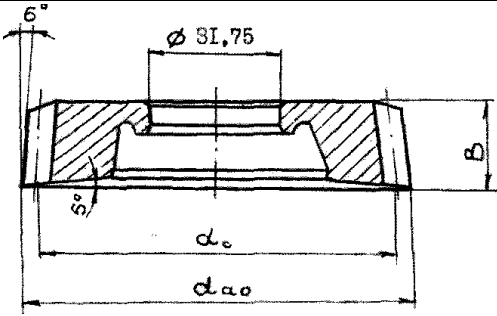
где B - ширина венца (длина зуба) нарезаемого колеса, мм.

Длина хода штосселя должна быть такой, чтобы режущие кромки долбяка при его нижнем положении выходили за пределы нижнего торца заготовки на величину не менее $0,1 \cdot L$ и при своем верхнем положении - выше верхнего торца заготовки на ту же величину.

Длина хода долбяка регулируется изменением эксцентриситета пальца на кривошипном колесе, а измеряется непосредственно отсчетом по линейке, представленной сбоку штосселя. Для этого, поворачивая ключом вал 19 (рис. 54), штосселю вручную сообщают возвратно-поступательное движение.

Глубина врезания долбяка равна высоте зуба нарезаемого колеса и рассчитывается по формуле: $h = 2,2 \cdot m$, мм, и устанавливается при настройке станка перед обработкой в определенной последовательности.

Таблица 2.6. Основные размеры дисковых прямозубых долбяков
(выборка из ГОСТ 9323-79)

				
Модуль, m , мм	Число зубьев, Z_o	Диаметр окружности, мм		Высота долбяка B , мм
		делительной, d_o	вершин зубьев d_{ao}	
1	76	76	79,82	12
1,25	60	75	79,38	
1,5	50		79,95	
2	38	76	82,12	15
2,5	30	75	82,25	
3	25		83,40	17
4	19	76	86,72	

3) Настройка цепи главного движения

Главным движением на станке 5В12 является возвратно-поступательное движение долбяка. Число двойных ходов долбяка в минуту при обработке зубчатого колеса зависит от выбранной скорости резания и длины хода долбяка, которое определяется по формуле:

$$n_{\text{долб}} = \frac{V}{2 \cdot L} \cdot 2 \text{ход/мин},$$

где V - скорость резания, заданная для обработки колеса, м/мин;

L – длина хода долбяка, м.

Возвратно-поступательное движение долбяка осуществляется по следующей цепи (рис. 55): электродвигатель - четырехступенчатая клиноременная передача - кривошипно-шатунный механизм - зубчатый сектор - цилиндрическая рейка P штосселя.

Уравнение баланса кинематической цепи главного движения:

$$n_{\text{долб}} = n_z \cdot i_p \cdot \eta = 950 \cdot \frac{d_1}{d_2} \cdot 0,98, \quad 2 \text{ход/мин};$$

где i_p - передаточное отношение клиноременной передачи;

$\eta = 0.98$ - КПД клиноременной передачи;

$d_1 = 90; 130; 160; 200$ - диаметры ведущего шкива, мм;

$d_2 = 410; 385; 350; 310$ - диаметры ведомого шкива, мм.

Для настройки цепи главного движения необходимо, рассчитав $n_{\text{долб}}$, принять ближайшее меньшее значение числа двойных ходов долбяка в минуту по паспортным данным станка (таблица характеристик) и установить клиновые ремни на шкивах, с необходимыми диаметрами:

$$i_p = \frac{d_1}{d_2} = \frac{n_{\text{долб}}}{931}.$$

4) *Настройка цепи круговых подач*

Вращение долбяка (движение круговой подачи) на станке осуществляется по следующей цепи (рис. 55): электродвигатель - ременная передача - червячная передача с передаточным отношением 4/50 - сменные колеса гитары (a/v) - зубчатые пары колес 64/72, 72/64 – реверсивный механизм (64/35, 35/64 или 64/64) – червячная передача 1/90 - штоссель с долбяком.

Круговая подача $S_{кр}$ долбяка - это величина дуги делительной окружности долбяка, на которую он поворачивается вокруг своей оси за время одного двойного хода.

Таким образом, вращательное движение долбяка согласуется с его возвратно-поступательным движением и уравнение баланса кинематической цепи круговой подачи имеет следующий вид:

$$S_{кр} = 1_{\text{дв.х.долб.}} \cdot \frac{4}{50} \cdot \frac{a}{v} \cdot \frac{64}{72} \cdot \frac{72}{64} \cdot \frac{64}{35} \cdot \frac{35}{64} \cdot \frac{1}{90} \cdot \pi \cdot d_o, \text{ мм/2ход},$$

где d_o - диаметр делительной окружности долбяка по табл. 2.6.

Настройка цепи круговой подачи заключается в расчете числа зубьев колес гитары « a и v ». Задав величину $S_{кр}$ (по данным станка) из уравнения баланса, следует определить передаточное отношение сменных колес:

$$i_{см} = \frac{1125 \cdot S_{кр}}{\pi \cdot d_o} = \frac{a}{v}$$

и подобрать колеса из комплекта с числом зубьев: 35, 40, 46, 52, 58, 64, 70, 75.

При выборе сменных колес « a и v » должно выполняться условие: $a + v = 110$. Выбранные сменные колеса необходимо установить в гитару станка.

5) *Настройка цепи деления*

Настройка цепи деления (вращательного движения стола с заготовкой) заключается в настройке движения обката и деления заготовки на необходимое число частей по цепи (рис. 55): червячная пара

наоборот (90/1) - реверсивный механизм (64/35, 35/64 или 64/64) - зубчатые пары колес 64/72, 72/64 - сменные колеса гитары A/B , C/D - зубчатые пары колес 52/74, 74/44 - реверсивный механизм (44/35, 35/80 или 44/80) - зубчатая пара 80/39 - червячная пара 1/120 - стол с заготовкой.

Для реализации метода обкатки следует согласовать вращательное движение заготовки с вращением долбяка: при повороте долбяка на $1/Z_0$ (на один зуб) заготовка должна повернуться также на один зуб, т.е. на $1/Z$. В кинематической цепи обкатки (деления) ведущим элементом является штоссель, а ведомым - стол с заготовкой.

Уравнение баланса кинематической цепи обкатки:

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{Z_0} \cdot \frac{90}{1} \cdot \frac{64}{35} \cdot \frac{35}{64} \cdot \frac{64}{72} \cdot \frac{72}{64} \cdot \frac{A}{B} \cdot \frac{C}{D} \cdot \frac{52}{74} \cdot \frac{74}{44} \cdot \frac{44}{35} \cdot \frac{35}{80} \cdot \frac{80}{39} \cdot \frac{1}{120}.$$

Из этого уравнения необходимо определить передаточное отношение:

$$i_{cm} = \frac{Z_0}{Z} = \frac{A}{B} \cdot \frac{C}{D} \text{ и подобрать сменные колеса «} A, B, C, D \text{»}$$

из комплекта колес, прилагаемого к станку:

24, 25, 27, 28, 30, 36, 38, 40, 43, 44, 45, 47,
48, 49, 50, 52, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 64, 65,
66, 68, 69, 70, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81,
82, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 92, 94, 95, 96, 98.

Чтобы правильно собрать гитару, должны выполняться следующие условия: $A + B = 120$; $C + D > 86$; $C < 98$; $C + D > B + 22$.

6) Настройка цепи движения радиальной подачи

Движение радиальной подачи суппорта с долбяком, необходимое для прорезания зубьев на полную высоту, осуществляется по цепи (рис. 55): профильный кулачок K_2 - червячная пара наоборот 100/1 - регулирующий механизм с тремя ступенями (48/28, 28/48, 41/35) - зубчатая пара 80/40 - цепочка передач 52/44 и 74/44 - реверсивный механизм (44/35, 35/80 или 44/80) - зубчатая пара 80/39 - червячная пара 1/120.

На данном станке можно обрабатывать зубья колес в один, два или три прохода, т. е. за один, два или три оборота заготовки. Для этого устанавливают соответствующий кулачок для одного, двух или трех проходов (Рис. 57) и вводят в зацепление соответствующую зубчатую пару в регулирующем механизме (48/28 - для одного, 41/35 - двух и 28/48 - трех проходов), обеспечивая требуемую величину радиальной подачи - $S_{рад}$.

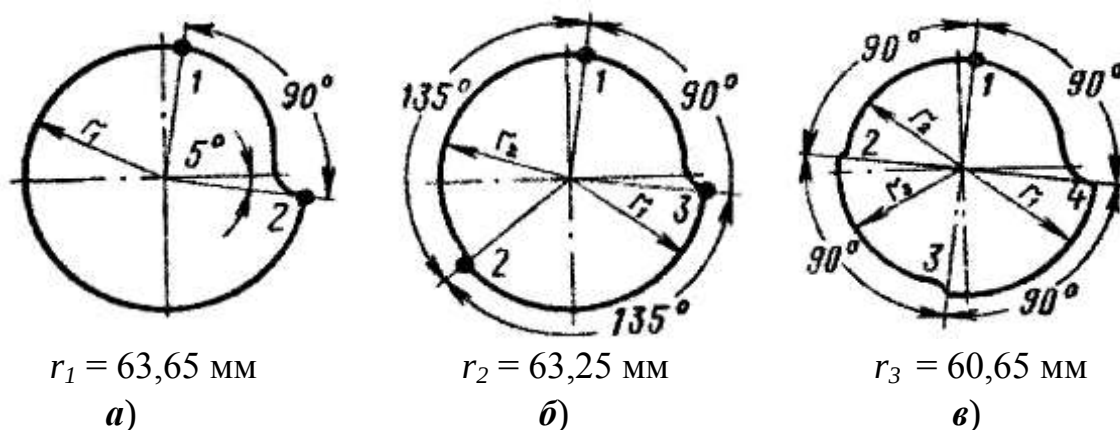


Рис. 57. Профильные кулачки врезания долбяка:
 а) однопроходный; б) двухпроходный; в) трехпроходный.

На участках 90° профиль кулачка имеет подъемы, по которым суппорт станка перемещается к заготовке и происходит врезание долбяка в заготовку на полную высоту зуба. На участке, где профиль кулачка очерчен по окружности, радиальной подачи нет, т.е. происходит нарезание зубьев постоянной высоты.

3. Пример выполнения задания

Задание: Нарезать прямозубое колесо с исходными данными:

- $Z = 35$ - число нарезаемых зубьев;
- $m = 2 \text{ мм}$ - модуль зацепления;
- $B = 21 \text{ мм}$ - ширина венца колеса;
- $V = 33,5 \text{ м/мин}$ - скорость резания;
- $S_{кр} = 0,26 \text{ мм/2ход}$ - круговая подача;
- Материал колеса - сталь 45;
- Материал долбяка - сталь P18;
- Обработка за одну обкатку.

Решение задания

1) Определяем диаметр заготовки для изготовления зубчатого колеса:

$$D_{заг} = m \cdot (Z + 2) = 2 \cdot (35 + 2) = 74 \text{ (мм)};$$

2) Выбираем дисковый прямозубый долбяк (Табл. 2.6) с размерами.

Для модуля зацепления - $m = 2 \text{ мм}$:

$Z_0 = 38$ и $B = 15 \text{ мм}$ - число зубьев и высота долбяка;

$d_0 = m \cdot Z_0 = 76 \text{ мм}$ - диаметр делительной окружности долбяка.

Определяем длину хода долбяка:

$$L = 5/4 \cdot B = 5/4 \cdot 15 = 18,75 \text{ мм} = 0,01875 \text{ м}.$$

Глубина врезания долбяка: $h = 2,25 \cdot m = 2,25 \cdot 2 = 4,5 \text{ мм}$

3) Выполняем расчеты для настройки цепи главного движения.

- Определяем число двойных ходов в минуту:

$$n_{\text{долб}} = \frac{V}{2 \cdot L} = \frac{33,5}{2 \cdot 0,0187} = 896, \text{ 2ход/мин},$$

Устанавливаем на станке ближайшее меньшее $n_{\text{долб}} = 600$ (2ход/мин);

- Рассчитываем необходимые диаметры шкивов клиноременной передачи:

$$i_p = \frac{d_1}{d_2} = \frac{n_{\text{долб}}}{931} = \frac{600}{931} = 0,645 = \frac{200}{310};$$

Следовательно: $d_1 = 200$ мм, $d_2 = 310$ мм.

4) Выполняем настройку круговой подачи (поворота долбяка).

Задаемся величиной $S_{\text{кр}} = 0,2$ мм/2ход и определяем числа зубьев сменных шестерен «а и в»:

$$i_{\text{см}} = \frac{a}{в} = \frac{1125 \cdot S_{\text{кр}}}{\pi \cdot d_o} = \frac{1125 \cdot 0,2}{3,14 \cdot 76} = 0,943, \text{ т.к. ближайшее отношение}$$

$a / в = 52 / 58 = 0,896$, т.е. $a = 52$ и $в = 58$; следовательно, уточненная величина круговой подачи равна:

$$S_{\text{кр}} = \frac{\pi \cdot d_o}{1125} \cdot \frac{a}{в} = \frac{3,14 \cdot 76}{1125} \cdot 0,896 = 0,19 \text{ (мм/2ход)}.$$

5) Выполняем настройку цепи деления, т.е. согласовываем вращательные движения долбяка и заготовки.

Определяем числа зубьев сменных колес гитары цепи обкатки:

$$i_{\text{см}} = \frac{Z_{\text{д}}}{Z} = \frac{A}{B} \cdot \frac{C}{D} = \frac{38}{35} = 1,086 = \frac{70}{50} \cdot \frac{45}{58},$$

т.е. устанавливаем в гитару шестерни: $A = 70$; $B = 50$; $C = 45$; $D = 58$ и проверяем правильность подбора по условиям:

$$A + B = 70 + 50 = 120;$$

$$C + D = 45 + 58 = 103 > 86;$$

$$C = 45 < 98;$$

$$C + D = 103 > 72 = B + 22 = 50 + 22.$$

Все условия выполняются, следовательно цепь деления настроена правильно.

4. Контрольные вопросы

- 1 Из каких основных частей состоит станок модели 5В12?
- 2 Какие работы выполняют на зубодолбежных станках?
- 3 В чем сущность метода обкатки при нарезании зубьев колес?
- 4 В чем заключается настройка станка на изготовление шестерни?
- 5 Какое движение на станке 5В12 является главным?

Часть II. ПРАКТИКУМ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РГР

Раздел 1. ЗАГОТОВИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Требования к выполнению расчетно-графической работы

При выполнении расчетно-графической работы (РГР) необходимо применять стандартные обозначения, терминологию и инструменты, которые приняты и в данном методическом указании.

Следует сопровождать краткое описание к расчетам ссылками на использованные источники и нормативно-техническую документацию с указанием номеров таблиц, приложений, формул и страниц.

РГР выполняется в виде расчетно-пояснительной записки, изложенной на стандартных листах писчей бумаги формата А4 (210×297), сопровождая графической частью (чертежами, эскизами и т.п.).

Оформление титульного листа выполняются по Приложению 1.

Расчетно-графическая работа № 1

«Проектирование технологического процесса получения отливки»

Отливки являются заготовками, полученными различными методами литейного производства. Литьем можно изготавливать изделия очень сложной конфигурации, которые другими видами обработки сложно или невозможно получить. Литые заготовки являются наиболее дешевыми и имеют меньший припуск на механическую обработку.

Литейные технологии позволяют получать изделия из сплавов любого состава. В современном машиностроении около 60% всех деталей изготавливают литьем.

Сущность процессов получения заготовок методами литья заключается в том, что расплавленные металлы и сплавы заливают в заранее приготовленные литейные формы, внутренняя полость которых соответствует наружным очертаниям детали. Затвердевая в форме заготовка приобретает конфигурацию и размеры близкие к форме и размерам детали.

В зависимости от назначения формы могут быть временные или разовые, полупостоянные и постоянные. Разовые литейные формы имеют широкое применение (до 75% всех отливок) в практике литейного производства. Процесс получения таких одноразовых литейных форм называют формовкой. Заливку жидкого металла можно проводить как в сухие так и в сырые формы (по-сырому).

В практике литейного производства широко распространена формовка в опоках – ящиках без дна и крышки, в которых удерживается форма из песчано-глинистой смеси.

Различают следующие виды формовки в опоках:

- в двух опоках по неразъемной модели;
- в двух опоках по разъемной модели;
- в трех и более опоках.

Цель работы

Умение проектировать литниковую форму для получения отливки в двух опоках по разъемной модели.

Исходные данные

Для выполнения РГР необходимо выбрать исходные данные и рабочий чертеж детали, приведенные в соответствии с вариантом в Таблицах 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1. Исходные данные

№ вар	№ эски- за	Размеры деталей , мм										Материал детали
		L_1	L_2	L_3	l_1	l_2	l_3	D_1	D_2	D_3	D_4	
1	1	300	300	260	140	60	50	220	180	200	230	Сталь 20Л
2	2	170	60	--	30	30	30	90	90	60	60	Латунь ЛЦ40С
3	3	80	200	160	50	20	10	80	70	50	30	Чугун СЧ10
4	4	350	40	--	60	10	6	160	100	90	80	Сталь 15Л
5	5	600	400	--	120	70	70	520	200	350	--	Чугун ВЧ40
6	3	450	300	240	350	160	60	180	150	120	60	Сталь 30Л
7	1	250	220	170	100	50	60	180	140	160	200	Чугун КЧ37-12
8	2	105	50	--	20	20	20	65	65	40	40	Латунь ЛЦ30А3
9	3	300	300	250	220	60	50	250	220	160	100	Сталь 20Л
10	4	400	40	--	100	12	10	180	120	100	85	АЛ9
11	5	500	380	--	250	120	150	300	150	180	--	АЛ7
12	4	120	25	--	40	10	20	205	180	165	120	Чугун СЧ18
13	1	110	250	210	60	30	30	80	50	65	110	Чугун КЧ30-6
14	2	80	60	--	15	15	15	80	80	60	60	Сталь 15Л
15	3	150	200	180	110	40	30	100	85	65	42	Чугун СЧ10
16	4	200	20	--	50	8	10	160	120	110	90	Чугун ВЧ60
17	2	305	150	--	60	60	60	100	100	540	54	Сталь 35Л
18	5	520	360	--	120	80	90	200	100	120	--	АЛ4
19	1	180	200	150	80	40	40	100	60	80	125	Чугун КЧ55-4
20	2	200	120	--	45	45	45	120	120	64	64	Сталь 20Л
21	3	400	400	320	320	80	60	200	180	150	100	Сталь 20Л
22	4	180	30	--	40	8	6	80	70	60	50	Чугун СЧ15
23	1	350	300	240	150	75	50	200	110	180	180	АЛ27
24	5	220	160	--	190	100	105	105	60	75	--	Сталь 30Л
25	1	200	200	140	100	50	30	120	60	90	130	Бронза БрО8Ц4
26	2	160	100	--	40	40	40	100	100	62	62	Сталь 20Л
27	3	190	150	120	100	40	25	120	90	60	40	Латунь ЛЦ5К4
28	4	300	30	--	50	15	5	200	140	125	100	Чугун СЧ15
29	3	120	180	120	90	40	15	115	100	70	45	Сталь 55Л
30	5	250	200	--	80	50	60	160	125	140	--	Бронза БрО10С8

Общие условия для всех вариантов:

Вид производства детали (отливки) – *единичное*.

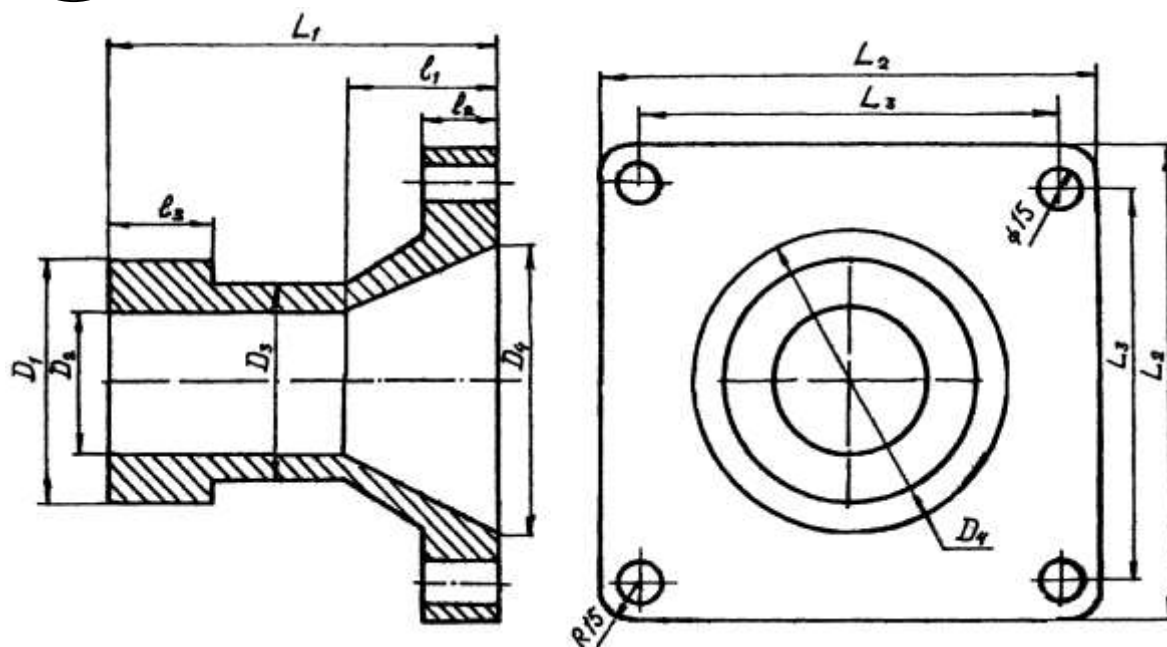
Способ формовки – *формовка в опоках*. Вид формовки – *сырой*.

Материал формовки – *песчано-глинистая смесь*.

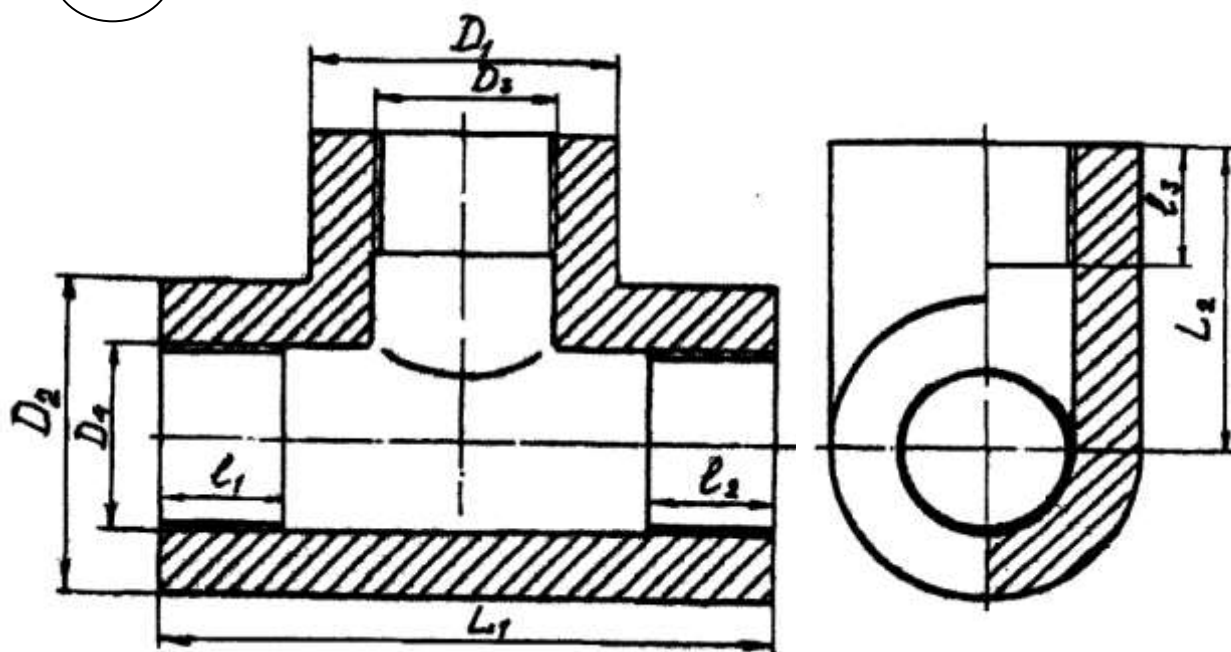
Дополнительные данные принимаются по рекомендациям справочной литературы.

Таблица 1.2. Эскизы деталей заданий

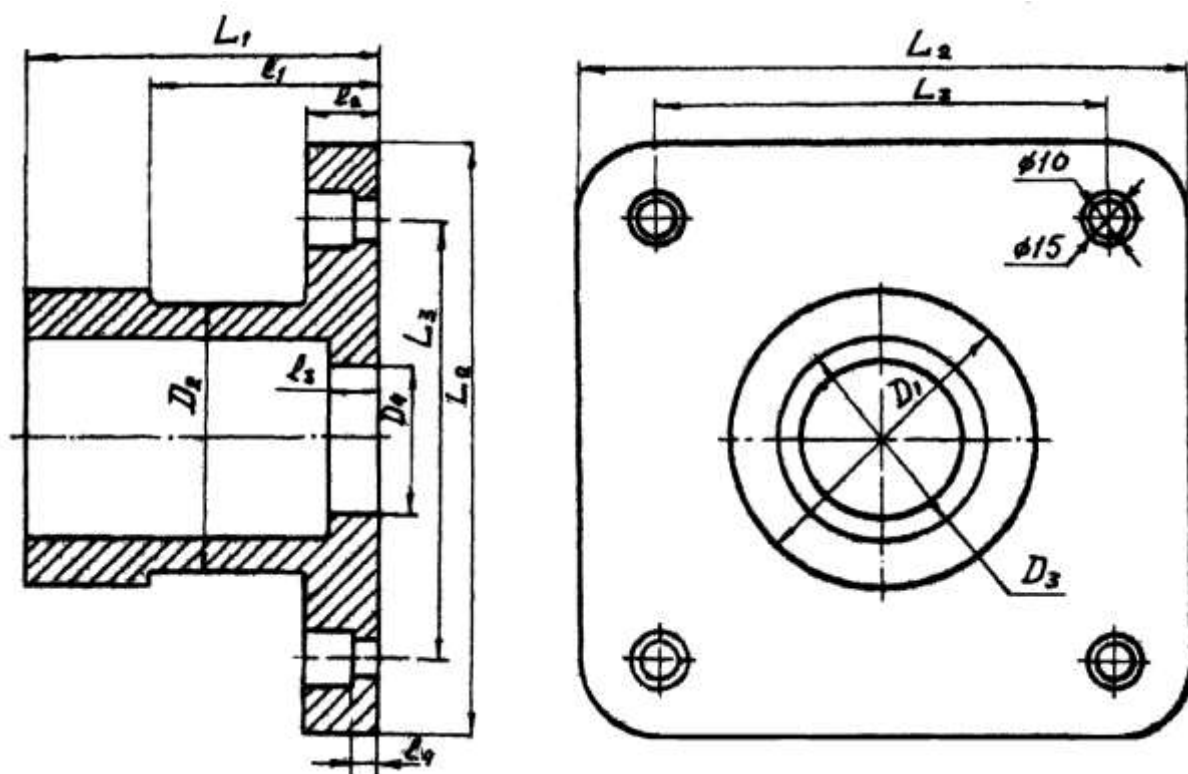
1



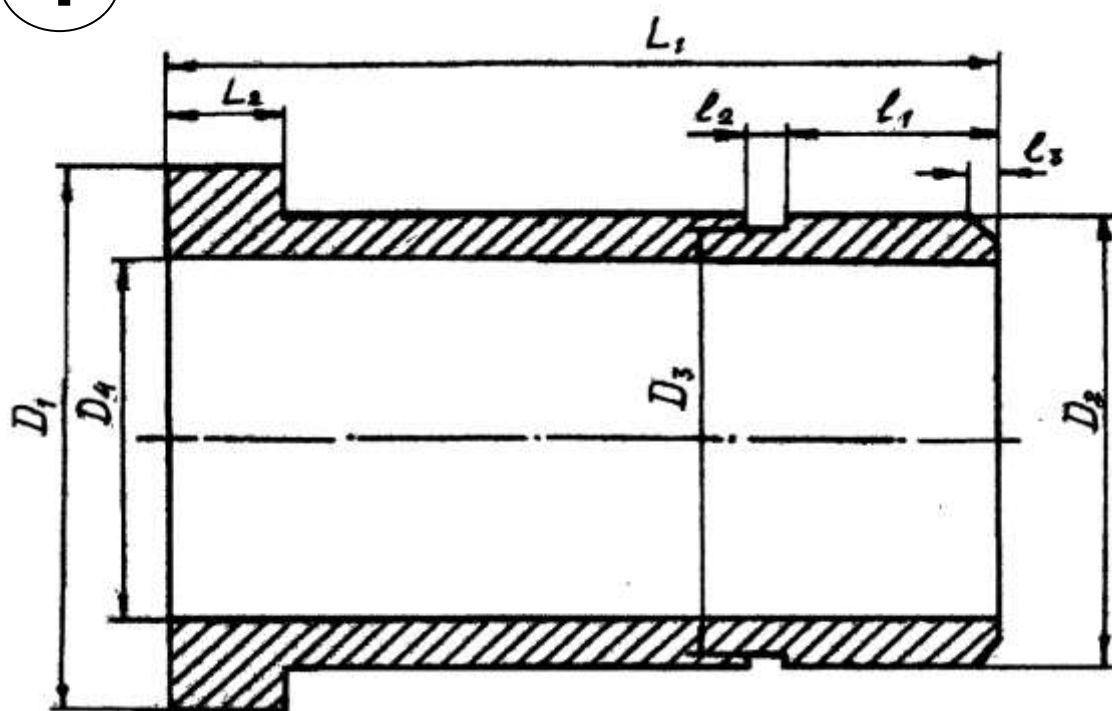
2

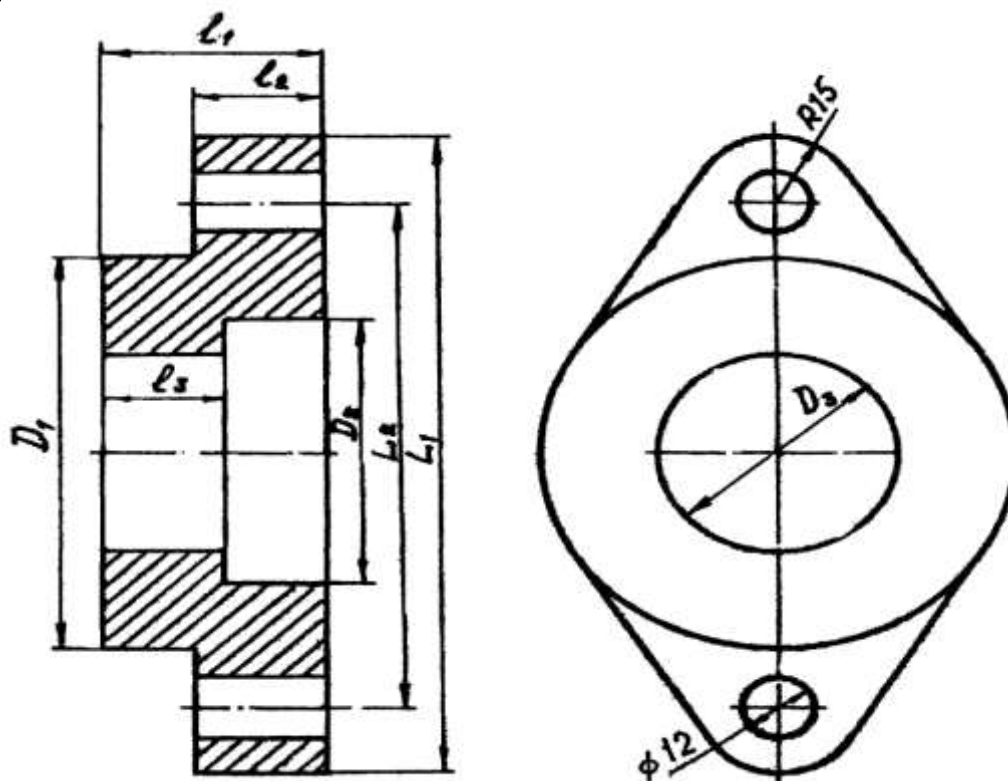


3



4





1.1. Порядок выполнения работы

1.1.1. Разработка модельно-литейного чертежа отливки.

Чертеж отливки или модельно-литейный чертеж является первичным технологическим документом, на котором нанесены следующие указания по изготовлению модели:

- положение модели при формовке и положение отливки при заливке расплавом;
- поверхность разъема модели и формы;
- формовочные уклоны, припуски на усадку и механическую обработку;
- контуры и положение стержней и места их установки.

На основании модельно-литейного чертежа назначается модельный комплект (стержни и модель), технологический процесс формовки.

1.1.2. Конструирование литниковой системы.

Литниковая система служит для подвода расплава металла в форму.

Место подвода выбирается из следующих соображений:

- при получении отливок из *серого чугуна* жидкий металл подводят к тонким частям отливки;
- при литье из *ковкого чугуна* жидкий металл подводят в наиболее толстые части отливки;

- при литье из *стали*:
 - к мелким и средним отливкам металл подводят по разьему формы или сверху;
 - к крупным отливкам выполняют комбинированную подводку металла (питатели располагают на разной высоте отливки);
- при литье из *сплавов, отличающихся повышенной усадкой*, жидкий металл подводится в наиболее массивную часть отливки.

Примечание:

Независимо от марки металла подвод его должен осуществляться так, чтобы исключить разрыв стенок формы и стержней и обеспечить равномерное или направленное затвердевание отливки.

Питание жидким металлом отливки необходимо подводить к необрабатываемым резанием поверхностям.

1.1.3. Проектирование модельной и опочной оснастки.

Для изготовления литейной песчано-глинистой формы необходима литейная оснастка, в состав которой входят:

- *модельный комплекс*: модель, стержневые ящики, стержни, модели литниковой системы, подмодельные плиты;
- *опоки*;
- *формовочный инструмент и приспособления*;
- *формовочные материалы*.

1.2. Методика выполнения работы.

1.2.1. Выбор положения отливки в форме

При выполнении работы на данном этапе разрабатывается чертеж отливки, на котором указывают положение отливки в форме.

Необходимо при этом руководствоваться следующими правилами:

- ответственные части отливки располагаются в нижней части формы;
- тонкие части отливки располагаются в нижней части, а массивные – в верхней;
- отливки, имеющие форму цилиндра, внешние и внутренние поверхности которых подвергают обработке резанием, при заливке должны располагаться вертикально;
- поверхности отливок, являющихся базой при обработке резанием, следует располагать в одной полуформе;
- массивные части отливок из чугуна располагаются внизу, а из стали и цветных сплавов – наверху;
- поверхности отливки, подвергающиеся механической обработке, располагаются внизу;

- если затруднен процесс формовки детали, то поверхности отливки, подвергающиеся механической обработке, располагают вертикально или наклонно.

1.2.2. Выбор плоскости разъема модели и формы

При решении вопроса о выборе оптимальной поверхности разъема модели и формы исходят из следующих положений:

- число поверхностей разъема должно быть минимальным;
- поверхность разъема формы должна обеспечивать свободное извлечение модели из формы и удобство установки стержней на стержневые знаки формы;
- поверхности разъема должны быть плоскими и горизонтальными;
- выбранный разъем формы должен обеспечить сборку формы с надежной фиксацией стержней и удобство уплотнения формовочной смеси;
- при выборе разъема формы необходимо учитывать расположение отливки в форме (целесообразно, чтобы поверхность разъема формы при заливке располагались горизонтально);
- желательно располагать отливку целиком в нижней полуформе (если позволяет конструкция детали по модельно-литейному чертежу);
- форма должна иметь как можно меньше стержней по возможности простой конфигурации.

Разъем модели и формы обозначают отрезком основной линии.

В случае совпадения плоскостей разъема модели и формы на линии разъема ставят буквы **МФ** (рис.1.1а), при несовпадении – буквы **РМ** (для модели) и **РФ** (для формы).

В случае использования неразъемной модели отмечают только разъем формы буквой **Ф** (рис.1.1б). Двумя стрелками указывают положение отливки в форме: верх (**В**) и низ (**Н**) (рис.1.1).

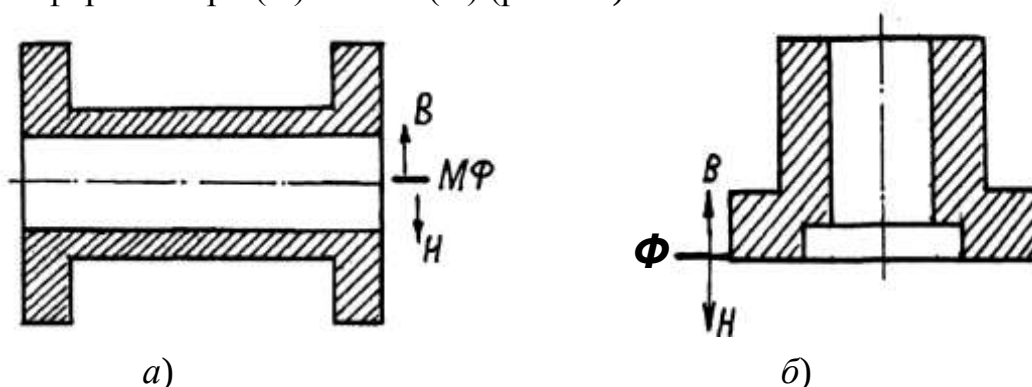


Рис.1.1. Положение отливки в форме: **В** – верх; **Н** – низ;
МФ – место разъема модели и формы;
Ф – место разъема формы.

1.2.3. Технологические упрощения чертежа детали.

Решив вопрос о положении отливки в форме (п.1.2.1), на чертеже детали необходимо внести *изменения-упрощения очертаний детали*:

- исключить из детали отверстия диаметром менее 20 мм, мелкие пазы, выемки на внутренних и наружных поверхностях детали, которые на рабочем чертеже зачеркивают или заштриховывают перекрестными линиями (рис.1.2);
- назначить *формовочные уклоны* основных поверхностей (рис.1.3 и Прилож.1.1):
 - на поверхностях, обрабатываемых резанием (с указанием знака шероховатости) формовочные уклоны назначаются сверх припуска на обработку путем увеличения размера отливки в «плюс» (рис.1.3 а);
 - на необрабатываемые поверхности отливки уклоны назначаются в «минус» путем одновременного увеличения и уменьшения размеров отливки по средней линии (рис.1.3 б, в);
- назначить *припуск на усадку металла* путем увеличения размера детали (по рабочему чертежу) на величину линейной усадки:
 - для серых чугунов – 0,8...1,2 %;
 - для углеродистых сталей – 1,5...2,0 %;
 - для сплавов на основе меди – 1,2...1,5 %;
 - для сплавов на основе алюминия – 1...1,5 %;
- исключить *резкие переходы* от тонких стенок детали к толстым путем назначения радиусов скругления (галтелей) внутренних и наружных поверхностей детали (Прилож.1.2);
- назначить *припуски на механическую обработку*, указанных знаком и параметром шероховатости (Прилож.1.3).

Примечание:

Припуски на усадку металла и на механическую обработку учитываются при изготовлении модели путем увеличения размеров (или уменьшения для отверстий) по сравнению с размерами отливки.

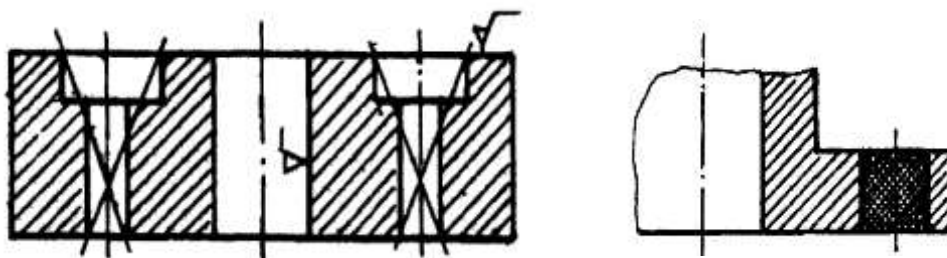


Рис.1.2. Пример исключения отверстий менее 20 мм, пазов и впадин на деталях.

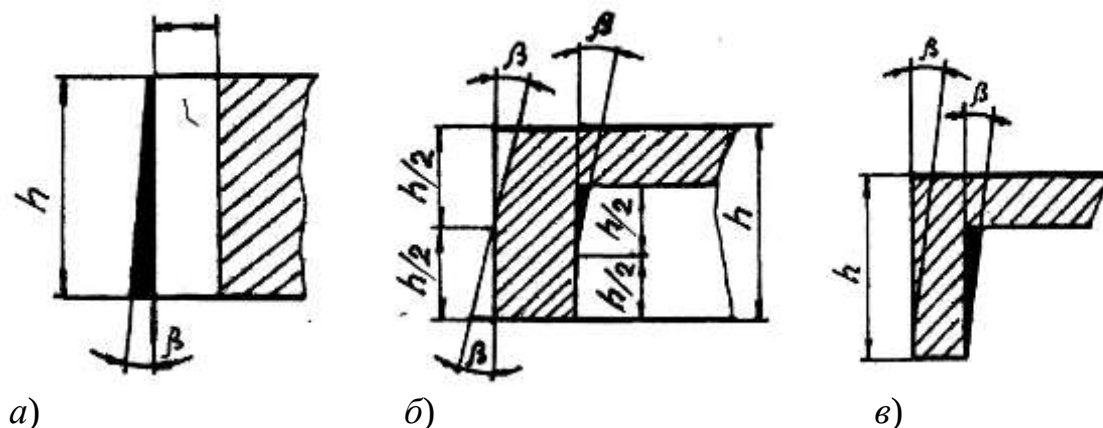


Рис.1.3. Формовочные уклоны β основных поверхностей модельного комплекса (h – высота уклона).

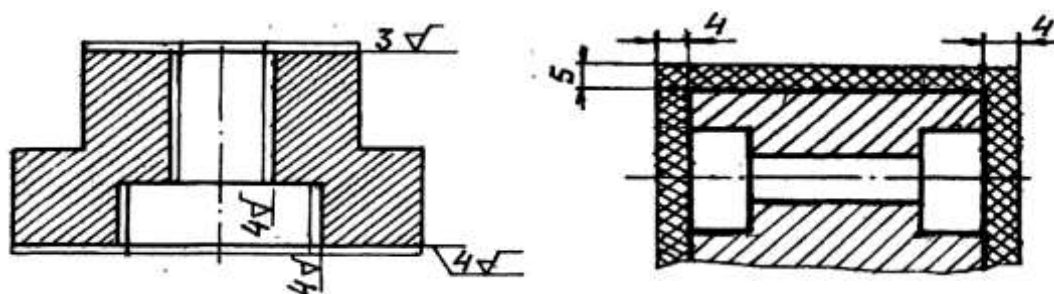


Рис.1.4. Пример обозначения на отливке припусков на механическую обработку поверхностей детали.

1.2.4. Конструирование стержней и стержневых ящиков.

Для образования внутренних полостей и отверстий в деталях применяют стержни, контуры которых наносят на чертеж отливки, где указывают размеры стержневых знаков, выбранных по Приложению 1.4.

Стержневые знаки на моделях делают больше, чем в стержневых ящиках, на величину зазора по рекомендациям рис.1.5 и Приложению 1.5.

Уклон верхнего стержневого знака составляет $\beta = 5...8^\circ$, нижнего знака – $\alpha = 3...5^\circ$ (рис.1.5).

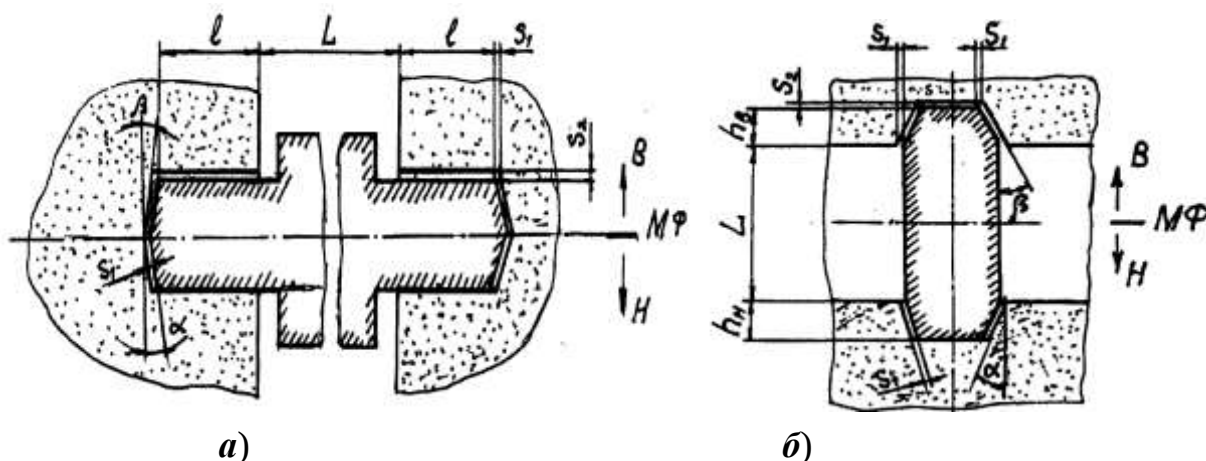


Рис.1.5. Пример установки горизонтальных (а) и вертикальных (б) стержней на знаки в опоке.

1.2.5. Выбор и расчет литниковой системы.

Литниковая система – система каналов и элементов формы, которые служат для подвода жидкого металла в полость формы тем или иным способом. Примеры изображения способов подвода и литниковой системы приведен на рис.1.6 и 1.7.

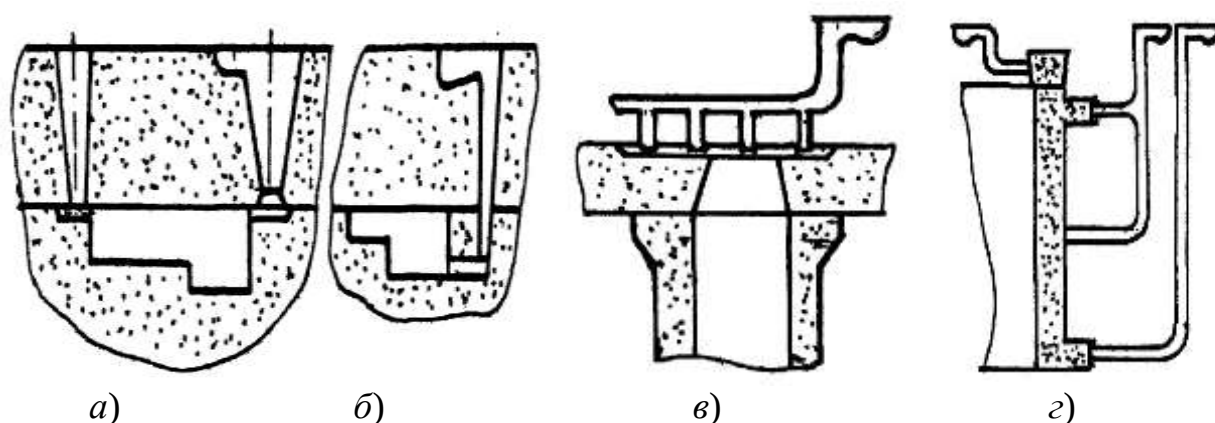


Рис.1.6. Способы подвода жидкого металла отливкам:
а) по разъему формы; б) снизу; в) сверху; з) комбинированно.

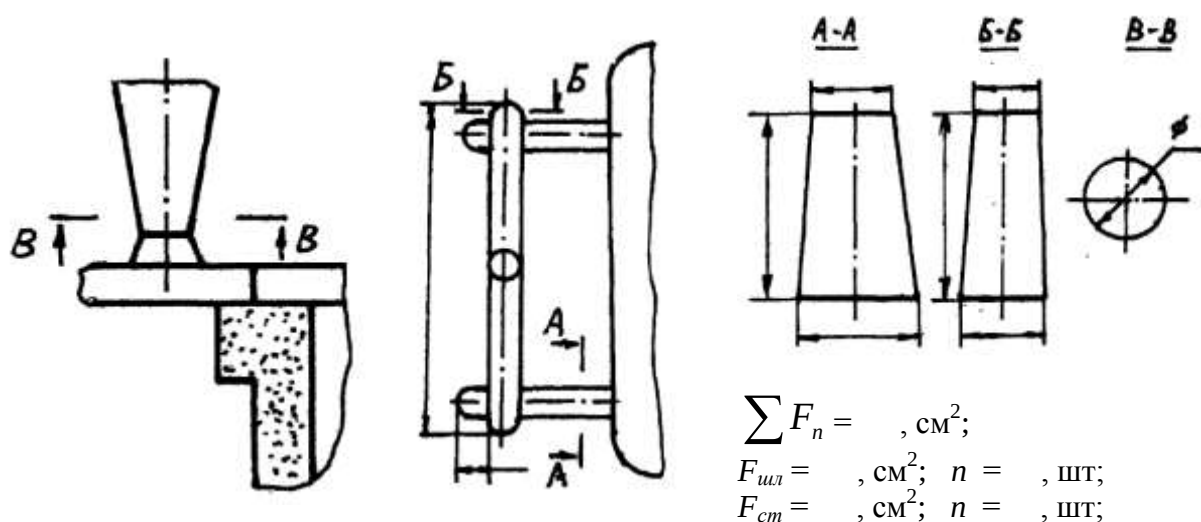


Рис.1.7. Пример изображения литниковой системы.

К элементам литниковой системы, обеспечивающих питание отливки жидким металлом при её затвердевании, относятся питающие выпоры и прибыли (рис.1.8).

Прибыли применяют при получении отливок, обладающих большой усадкой (рис.1.8 а). Диаметры прибыли должны быть на 30 % больше толщины места отливки, над которым она располагается, а высота – на 50 % больше её диаметра и установлена над массовой частью отливки.

Выпоры служат для питания мелких и средних отливок из серого чугуна и устанавливаются на противоположной стороне от места подвода жидкого металла (рис.1.8 б, в).

Сечение выпора принимают равным $\frac{1}{2} \dots \frac{1}{4}$ сечения стенки отливки. Сечение выпора от основания увеличивается.

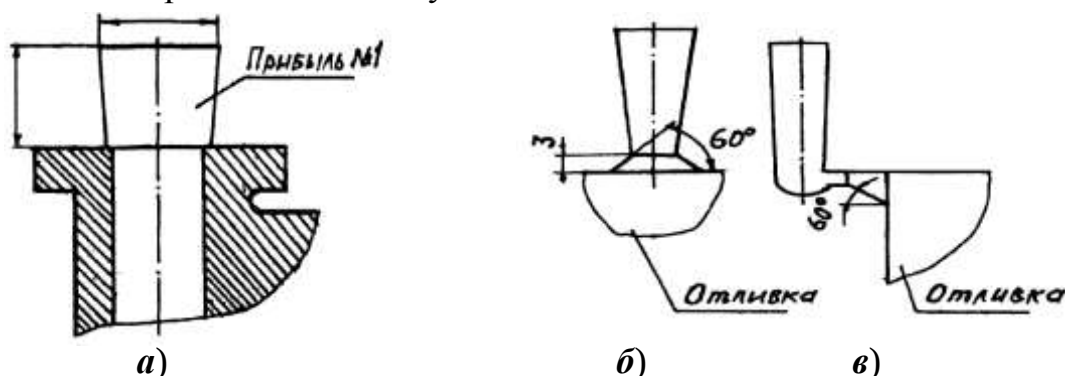


Рис.1.8. Примеры изображения прибыли (а) и выпора: прямого (б); отводного (в).

Расчет литниковой системы заключается в определении сечения её элементов и установлении соотношений между ними.

1) Расчет суммарного сечения питателей выполняется по формуле:

$$\sum F_n = \frac{Q}{L \cdot K_y \cdot t}, \text{ см}^2,$$

где Q – масса отливки, кг;

K_y – удельная скорость заливки, $\frac{\text{кг}}{\text{см}^2 \cdot \text{с}}$;

L – коэффициент жидкотекучести:

чугунные и цветные отливки – $L = 1$;

остальные – $L = 0,8$.

t – продолжительность заливки, с.

2) Расчет продолжительности заливки (t) выполняется по формулам:

$$t = 1,11 \cdot S \cdot \sqrt{Q}, \text{ с} – \text{ для отливки из серого чугуна};$$

$$t = S \cdot \sqrt{Q}, \text{ с} – \text{ для отливки из стали и цветных сплавов},$$

где S – поправочный коэффициент, зависящий от толщины стенки, определяется из таблицы:

Толщина стенки, мм	до 10	св.10 до 20	св. 20 до 40	свыше 40
Величина S	1	1,3	1,5	1,7

3) Выбор оптимального соотношения между отдельными элементами литниковой системы выполняется по Приложению 1.6.

4) Через площади сечения питателя выполняются расчеты:

- площади сечения шлакоуловителя – $F_{шл}$;

- площади сечения стояка – $F_{ст}$;

$$\text{- диаметров стояка} – D_{ст} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{ст}}{\pi}} \cdot \text{см}.$$

1.2.6. Выбор толщины формовочной смеси и размера опоки.

Минимальную толщину слоя формовочной смеси вокруг модели следует определять по Приложению 1.7.

Размеры опоки выбираются по Приложению 1.8.

1.2.7. Оформление технологического процесса.

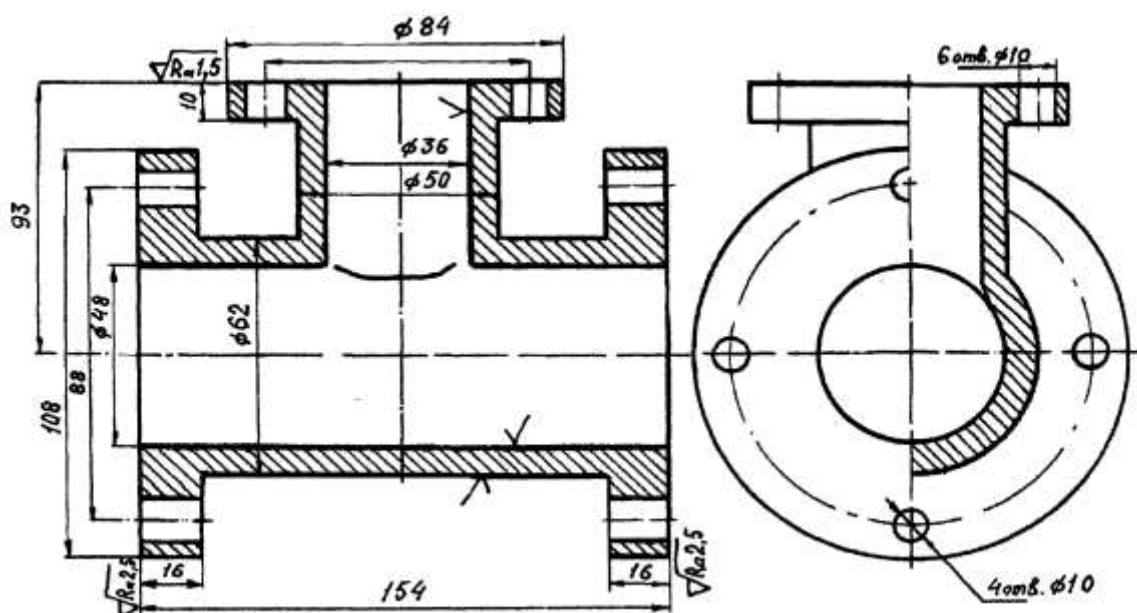
В оформление технологического процесса получения литейной формы входит следующая информация:

- чертеж детали;
- данные о химическом составе материала и его литейных свойствах;
- способ формовки;
- материал формовки;
- размеры применяемых опок;
- количество применяемых стержней;
- расчет размеров сечений элементов литниковой системы.

1.3. Содержание графической части

1. Чертеж детали с указанием поверхностей, обрабатываемых резанием.
2. Чертеж модели с указанием размеров и мест разъема полуформ.
3. Эскиз полуформ модели и стержня.
4. Эскиз формы готовой к заливке.
5. Эскиз отливки с литниковой системой.

Пример оформления графической части работы приведен на рис.1.9...1.13.



Материал детали: СЧ 24

Рис.1.9. Чертеж детали.

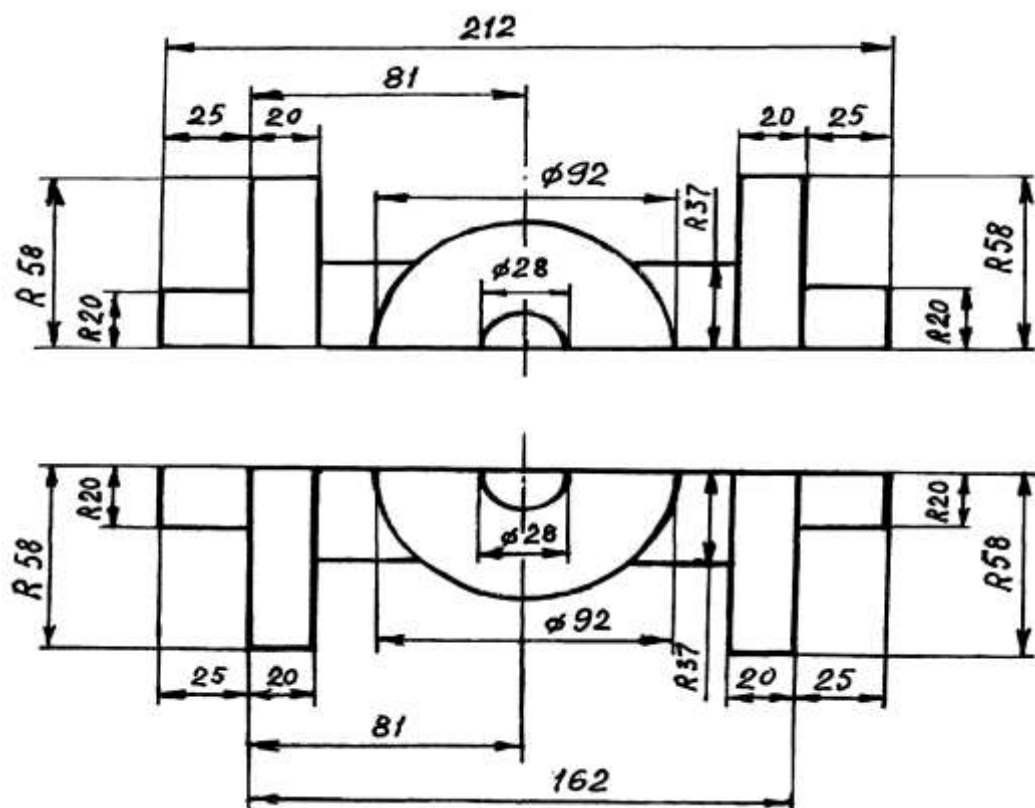


Рис.1.10. Чертеж полуформ модели.

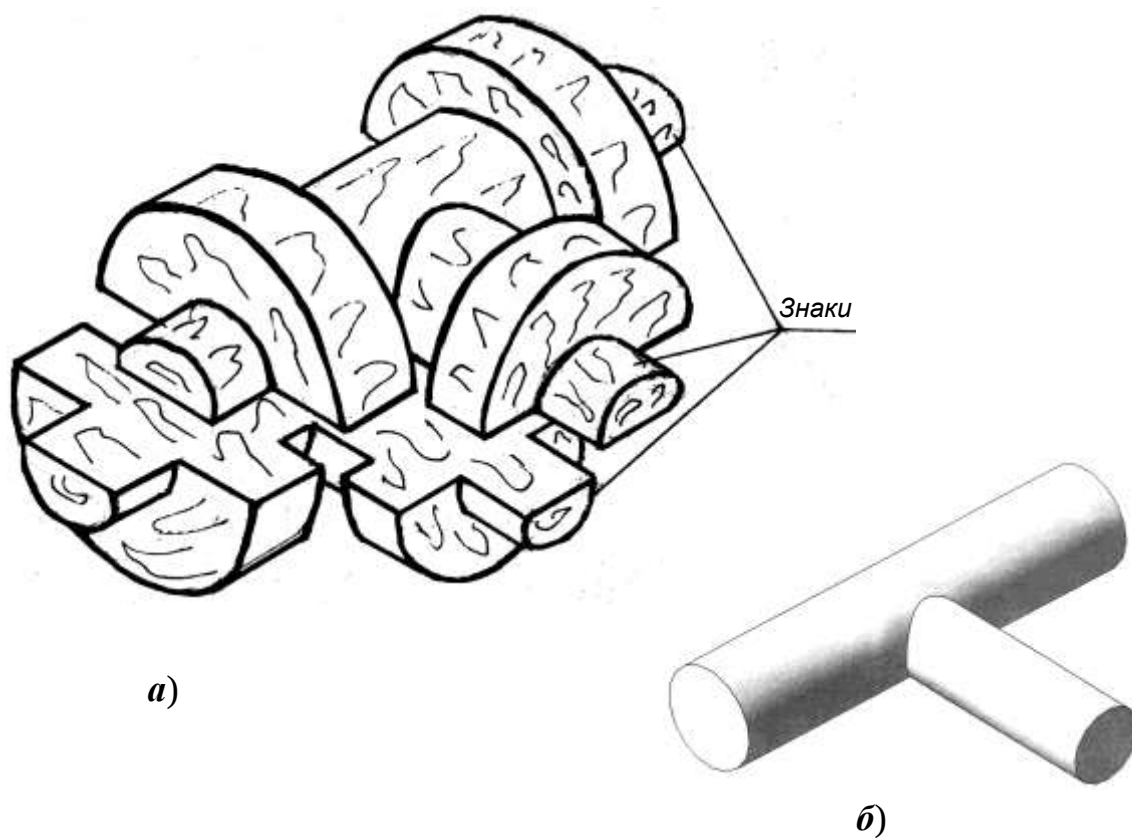


Рис.1.11. Эскизы модели (а) и стержня (б).

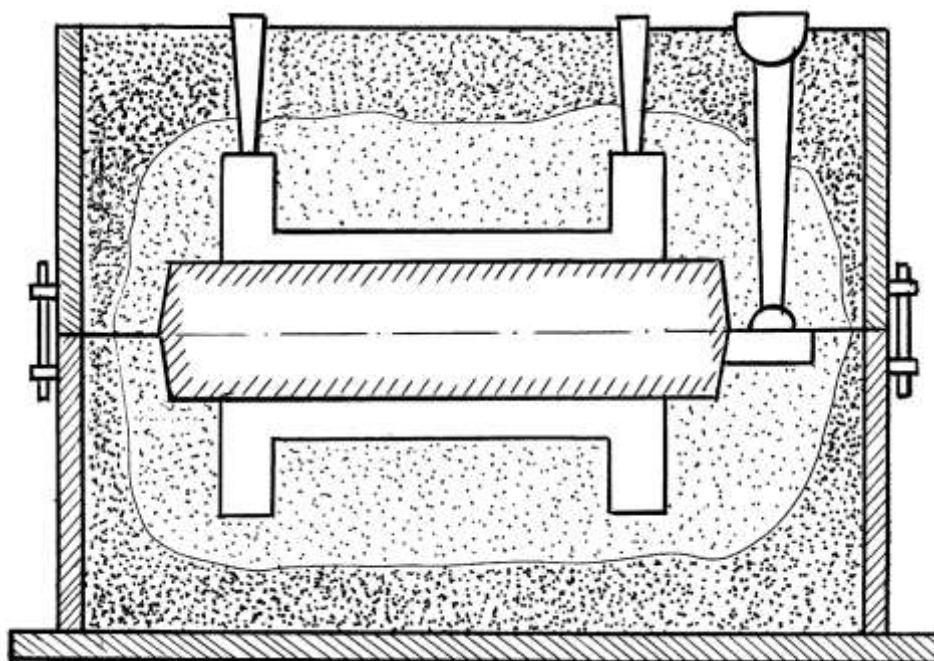


Рис.1.12. Эскиз формы, готовой к заливке.

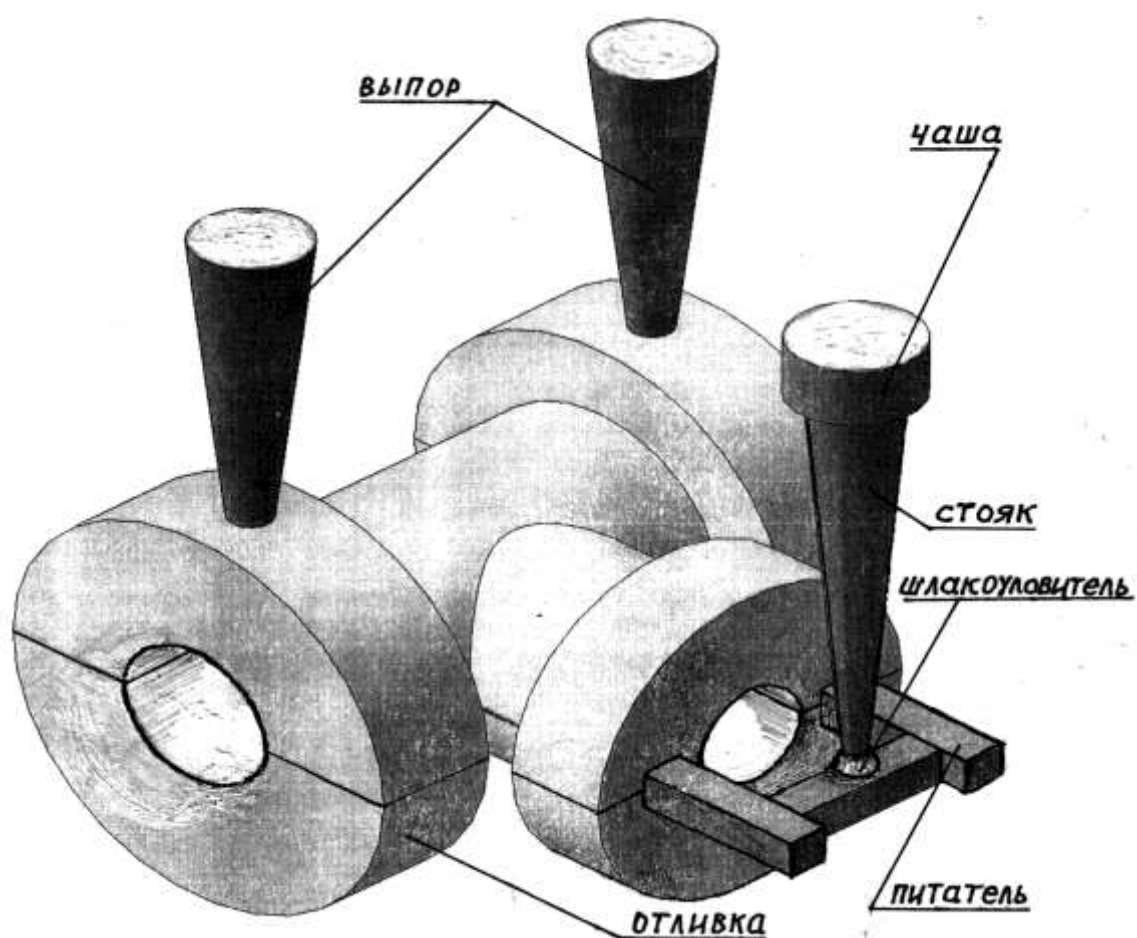


Рис.1.13. Эскиз отливки с литниковой системой.

1.4. Контрольные вопросы по РГР 1

1. Сущность технологического процесса получения отливки.
2. Основные преимущества производства заготовок литьем.
3. Основные требования, предъявляемые к конструкции литых заготовок.
4. Этапы разработки модельно-литейного чертежа с учетом усадки металла, формовочных уклонов и т.п.
5. Понятия о стержневых ящиках, стержнях и знаках.
6. Назначение и выбор основных элементов литниковой системы и места их установки при литье.

Расчетно-графическая работа №2

«Проектирование технологического процесса свободнойковки»

В машиностроении одним из основных способов формообразования деталей машин является обработка давлением.

Все процессы обработки давлением можно объединить в две основные группы: процессы металлургического производства (прокатка, прессование и волочение) и машиностроительного производства (ковка, объемная и листовая штамповка, специальные виды обработки давлением).

Свободную ковку целесообразно использовать при производстве поковок сложной конфигурации в условиях мелкосерийного производства и при ремонте. Процесс свободнойковки может быть осуществлен вручную, молотом или прессом.

Цель работы

Умение проектировать технологический процесс свободнойковки в условиях мелкосерийного производства заготовок или при ремонте.

2.1. Исходные данные

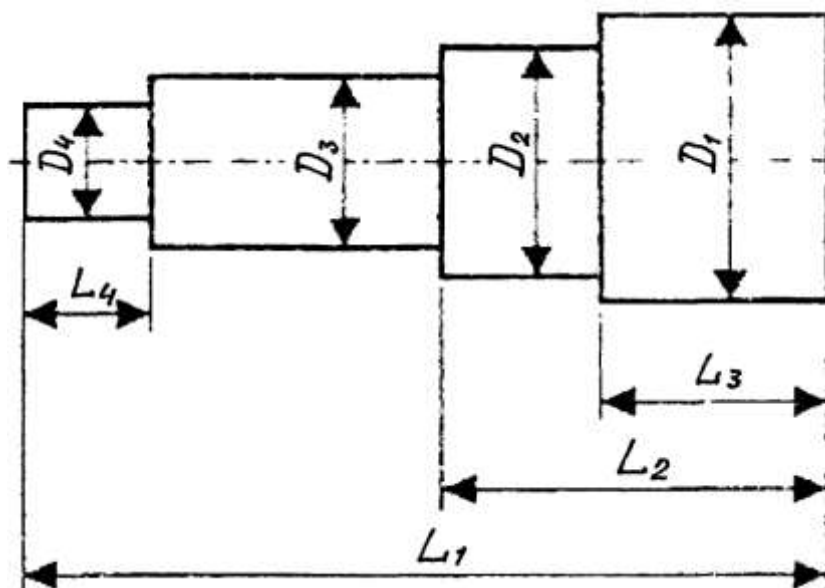
Для выполнения работы необходимо выбрать исходные данные и рабочий чертеж детали, приведенные в Таблицах 2.1 и 2.2, в соответствии с вариантами и эскизами деталей задания.

Таблица 2.1. Исходные данные заданий.

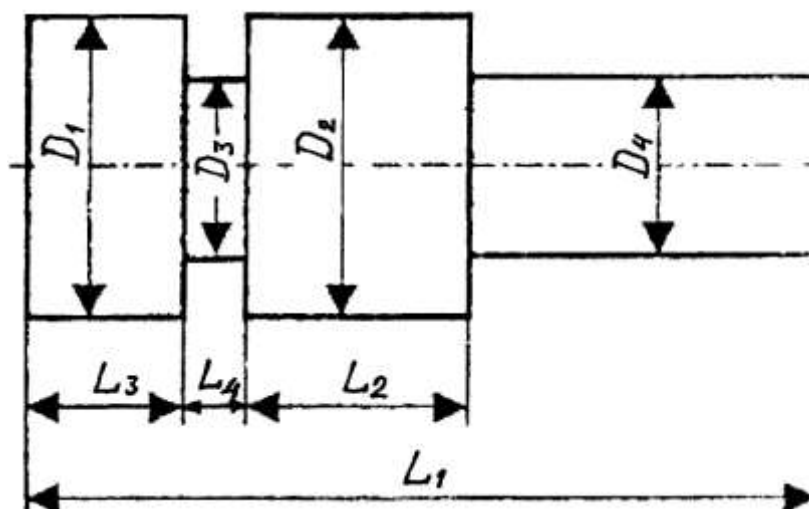
№ варианта	№ эскиза	Размеры детали, мм							
		<i>D₁</i>	<i>D₂</i>	<i>D₃</i>	<i>D₄</i>	<i>L₁</i>	<i>L₂</i>	<i>L₃</i>	<i>L₄</i>
1	1	260	220	160	140	410	140	80	50
2	2	250	240	200	190	460	70	60	30
3	3	270	260	200	160	400	90	80	60
4	4	160	130	120	80	210	70	60	50
5	5	180	140	120	90	240	80	70	30
6	6	210	120	180	70	300	120	110	30
7	7	200	140	130	100	270	140	60	30
8	1	250	210	140	120	400	130	70	40
9	2	240	230	190	180	440	60	50	25
10	3	260	250	210	150	410	100	90	70
11	4	170	140	130	90	220	80	70	60
12	5	190	150	130	100	250	90	80	40
13	6	220	130	190	80	310	130	120	40
14	7	210	150	140	110	280	150	70	30
15	1	270	230	170	130	400	150	90	60
16	2	260	250	210	200	450	80	70	40
17	3	250	270	190	170	390	110	100	80
18	4	180	150	140	90	200	90	80	40
19	5	170	130	110	80	230	70	60	30
20	6	200	110	170	90	290	110	100	40
21	7	190	130	120	110	290	160	80	40
22	1	240	220	150	120	390	140	100	70
23	2	250	240	200	190	420	100	90	50
24	3	240	260	190	180	380	130	110	90
25	4	160	140	120	80	210	100	80	30
26	5	190	140	120	90	240	80	70	40
27	6	210	130	160	80	280	100	90	50
28	7	200	140	130	100	300	170	90	50
29	3	260	250	200	160	400	120	90	70
30	4	170	150	130	90	190	110	90	35

Таблица 2.2. Эскизы деталей заданий.

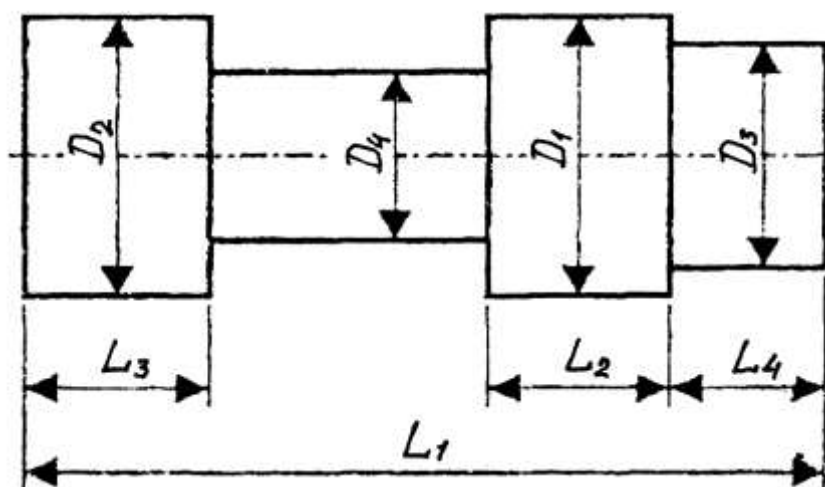
1



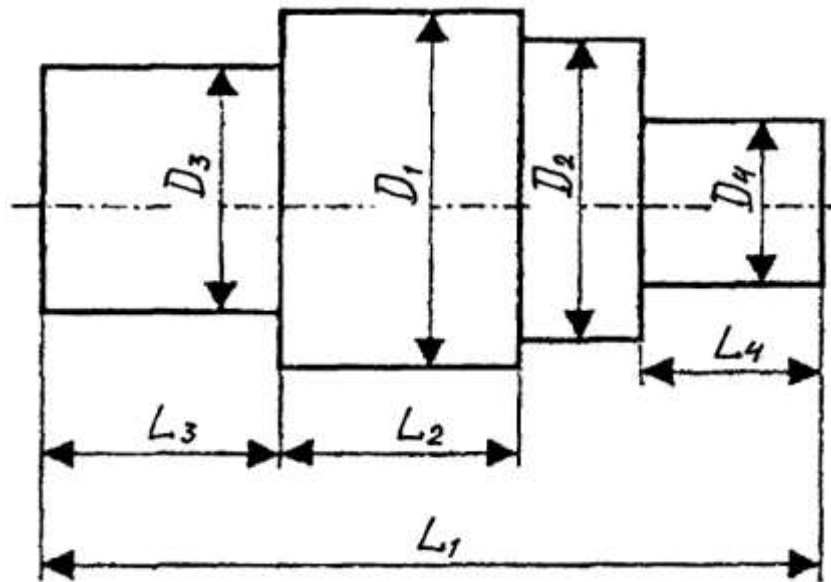
2



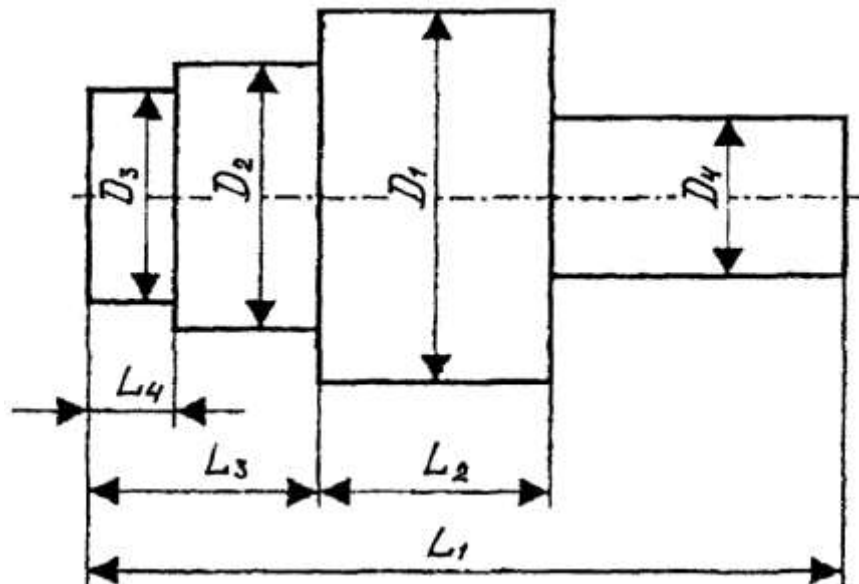
3



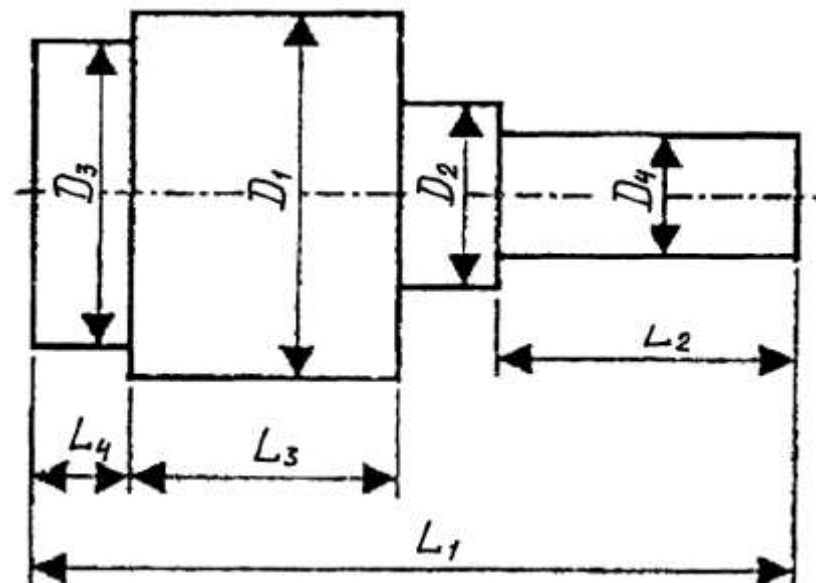
4

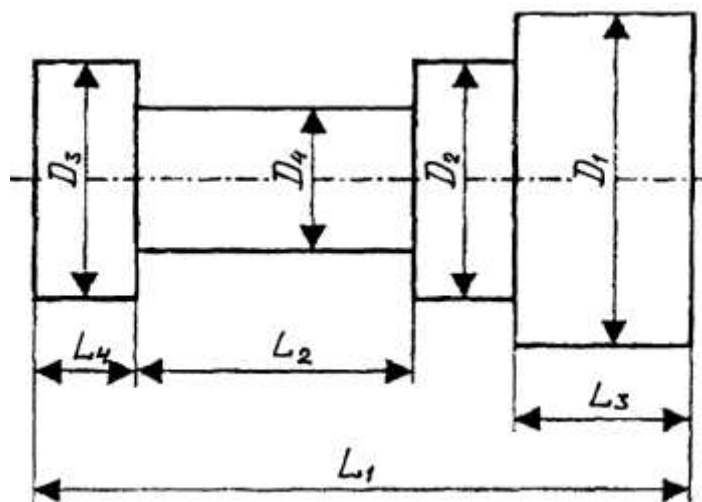


5



6





2.2. Методика разработки технологического процесса свободнойковки

Разработка технологического процессаковки разделяется на этапы:

- составление чертежапоковки;
- определение объема и массы заготовки;
- определение операцийковки и последовательности их выполнения;
- выбор ковочного оборудования;
- установление теплового режима обработки;
- указания о технических условиях и методах контроляпоковок.

2.2.1. Разработка чертежапоковки

Чертежпоковки составляется на основании чертежа готовой детали, разработанной конструктором. Отдельные участки сложных по формепоковок вала могут иметь уступ, выемку, бурт и фланец (рис.2.1 и прилож.2.1).

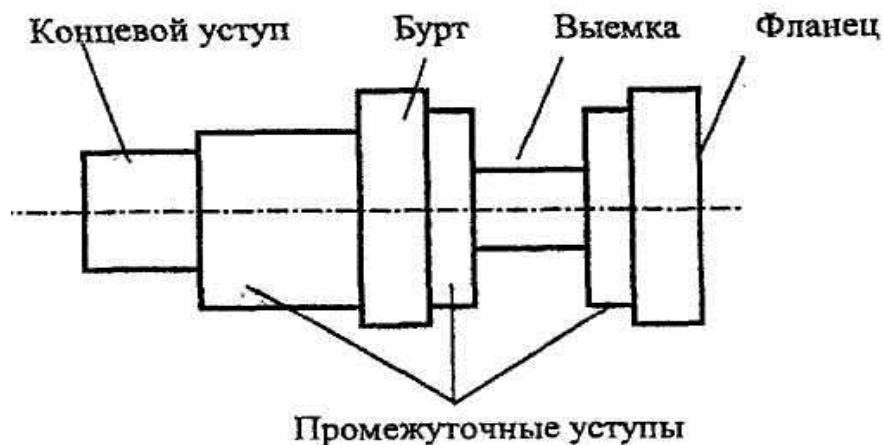


Рис.2.1. Элементыпоковки вала.

Поковка отличается от готовой детали прежде всего размерами с припусками на обработку резанием, менее жесткими допусками на размеры и упрощениями формы для удобства свободнойковки, так называемыми напусками (рис.2.2).

Припуск – слой металла, на который увеличивают наружные размеры поковки и который затем удаляют с поверхности заготовки резанием. С целью экономии металла, сокращения времени на механическую обработку необходимо стремиться к изготовлению поковок с минимальными припусками и допусками.

Напуск – упрощение формы поковки по сравнению с формой готовой детали местным увеличением припуска. Напуски назначаются на те участки поковки (узкие и глубокие углубления, переходы), которые невозможно или нерентабельно изготовить её по контуру детали.

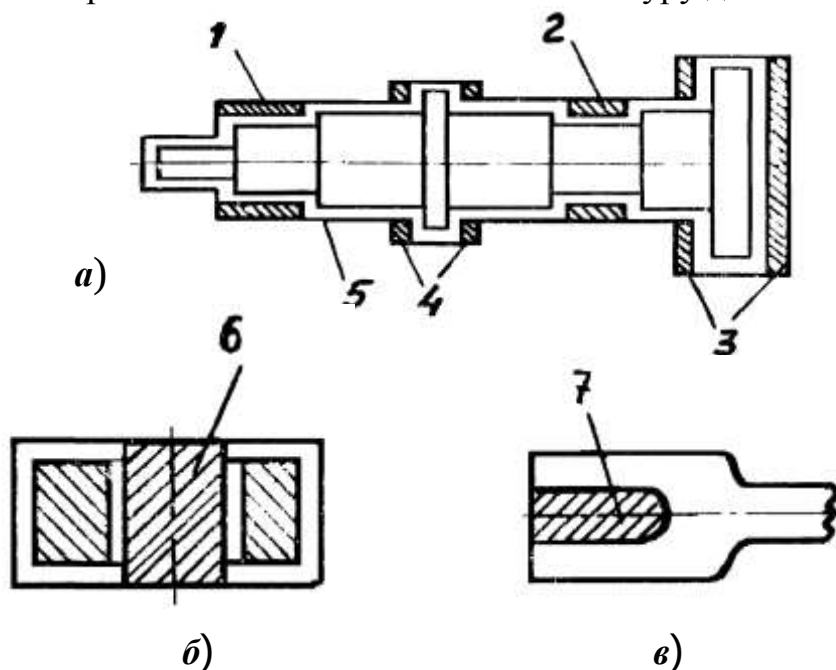


Рис.2.2. Схема нанесения припусков и напусков (заштриховано)

на поковки типа вала (а), кольца (б) и вилки (в):

- 1 – на уступ; 2 – на выемку; 3 – на фланец; 4 – на бурт;
5 – припуск; 6 – на отверстие; 7 – на зев вилки.

Напуски удаляются вместе с припусками при последующей обработке. Несмотря на то, что использование напусков приводит к дополнительному расходу металла, такой технологический прием является необходимым для получения таких поковок.

Составление чертежа поковки начинается с вычерчивания тонкими линиями чистового контура детали, соответствующего чертежу конструктора. Затем штриховыми линиями наносятся напуски и по рекомендациям стандартов (Приложения 2.2...2.5) назначаются припуски и допуски (предельные отклонения) на механическую обработку.

После этого жирными линиями выполняется чертеж поковки, на котором наносят размерные линии. Номинальные размеры поковки с допусками проставляют над размерными линиями, а номинальные размеры детали под размерной линией (пример на рис.2.6).

2.2.2. Расчет размеров и веса заготовки.

1) Определение объема и массы поковки.

Объем поковки определяется по номинальным размерам, указанным на поковочном чертеже. Объем металла поковок, изготавливаемых на молотах обычно вычисляют в куб. см. (для мелких поковок) или в куб. дм. (для средних и крупных поковок), а вес поковок соответственно получается в граммах и килограммах.

Объем и массу заготовки определяют, пользуясь законом постоянства объема, в соответствии с которым, объем металла в процессе деформации остается постоянным. Однако, на практике всегда имеют технологические отходы, т.е. объем заготовки ($V_{заг}$) всегда принимается больше объема поковки ($V_{пок}$) на величину отходов ($V_{отх}$):

$$V_{заг} = V_{пок} + V_{отх}.$$

При ковке поковки из слитка объем заготовки ($V_{заг сл}$) определяется по формуле:

$$V_{заг сл} = V_{пок} + V_{пр} + V_{дн} + V_{обс} + V_{уг},$$

где $V_{пр}$ и $V_{дн}$ - объемы прибыльной и донной частей слитка, отрубаемые при ковке;

$V_{обс}$ - объем обсечек (концевых отходов, отрубаемых от поковки после протяжки);

$V_{уг}$ - объем угара (металла превратившегося в окалину).

При изготовлении поковки из проката в формуле для определения объема заготовки ($V_{заг пр}$) отсутствуют отходы на прибыльную ($V_{пр}$) и донную ($V_{дн}$) части слитка, т.е.:

$$V_{заг пр} = V_{пок} + V_{обс} + V_{уг}.$$

Объем поковки ($V_{пок}$) определяют по чертежу поковки, разбивая поковку на более простые фигуры (для удобства расчета).

После определения объема заготовки рассчитывают её массу.

Общая масса заготовки, если она в виде слитка ($Q_{заг сл}$), определяется по формуле:

$$Q_{заг сл} = Q_{пок} + Q_{пр} + Q_{дн} + Q_{обс} + Q_{уг},$$

где $Q_{пок} = V_{пок} \cdot \gamma$ - масса поковки, кг;

$V_{пок}$ - объем поковки, м³;

$\gamma = 7850 \text{ кг/м}^3$ - плотность конструкционной стали;

Q_{np} – масса отходов, связанная с удалением прибыльной части слитка. Эти отходы составляют для слитков:

- из конструкционной углеродистой стали - 20...25% от массы слитка;
- из легированной стали – 25...30%.

$Q_{дн}$ – масса отходов, связанная с удалением донной части слитка. Отходы донной части составляют для слитков:

- из конструкционной углеродистой стали – 3...5% от массы слитка;
- из легированной стали – 5...7%.

$Q_{обс}$ – масса концевых отходов - обсечек, величина которых составляет 1...5% от веса поковки.

$Q_{уг}$ – масса отходов металла от угара, принимается:

- на полный нагрев - 2...3%;
- на каждый подогрев - 1,5...2%.

При определении общей массы заготовки для поковки из проката ($Q_{заг\ пр}$) отсутствуют отходы на прибыльную (Q_{np}) и донную ($Q_{дн}$) части слитка, т.е.:

$$Q_{заг\ пр} = Q_{пок} + Q_{обс} + Q_{уг}.$$

Обсечка (обрубка) и угар неизбежные отходы при свободной ковке. Обсечки, как правило, получают с концов поковки, изготавливаемой протяжкой, когда длину поковки надо сделать в размер (например, для вала).

На практике потери металла на обсечку и угар принимают по заводским нормам.

Для валов с уступами или фланцами суммарные отходы на обсечку и угар составляют 7...10%, а для валов с двусторонними уступами или буртами – 10...12%.

Следовательно, общую массу поковки из проката можно определить по формулам:

- для валов с уступами или фланцами:

$$Q_{заг\ пр} = (1,07...1,1) \cdot Q_{пок};$$

- для валов с двусторонними уступами или буртами:

$$Q_{заг\ пр} = (1,1...1,12) \cdot Q_{пок}.$$

2) Выбор вида исходной заготовки.

Вид исходной заготовки (отливки или проката) выбирается после определения массы заготовки. Для крупных стальных поковок (массой более 700 кг) в качестве заготовки используют слиток, для мелких и средних поковок используют сортовой прокат различного сечения. Сталь горячекатаная круглого профиля сечения приведена в Приложении 2.6.

3) Определение размеров заготовки.

Площадь поперечного сечения заготовки определяется по заданной величине укова и площади поперечного сечения поковки.

Уковом (U) при вытяжке называют отношение площади поперечного сечения заготовки ($F_{заг}$) к поперечному сечению поковки ($F_{пок}$), отсюда:

$$F_{заг} = F_{пок} \cdot U,$$

где $F_{пок}$ - максимальное сечение поковки;

U - величина укова для:

- заготовки из слитка – $U = 2,5 \dots 3$;

- заготовки из проката – $U = 1,3 \dots 1,5$.

Определяется диаметр сечения заготовки (слитка или проката):

$$D_{заг} = \sqrt{\frac{4F_{заг}}{\pi}}.$$

Так как в сортаменте на слитки основной характеристикой является их масса, то исходя из вычисленной массы заготовки, выбирают массу слитка. Слиток должен иметь поперечное сечение, обеспечивающее необходимый уков заготовки.

Если выбранный из сортамента слиток по массе соответствует расчетному, но мал по размеру сечения, то выбирают слиток требуемого сечения, но большего веса, чтобы из него изготовить слиток требуемой массы, при этом в технологический процесс изготовления поковки включают операцию осадки.

Вычисленное значение диаметра заготовки из сортового проката сравнивают со стандартными данными (Приложение 2.6. Если значение требуемого диаметра в ГОСТе отсутствует, то принимается фактическое ближайшее большее значение.

По выбранному фактическому значению диаметра заготовки ($D_{заг.ф}$) определяют фактическую площадь поперечного сечения заготовки ($F_{заг.ф}$) и длину заготовки ($L_{заг}$) по формулам:

$$F_{заг.ф} = \frac{\pi \cdot (D_{заг.ф})^2}{4} \quad \text{и} \quad L_{заг} = \frac{Q_{заг}}{\gamma \cdot F_{заг.ф}},$$

где $Q_{заг}$ - вес фактической заготовки, кг;

γ - плотность конструкционной стали, кг/м³.

2.2.3. Выбор операций ковки и определение их последовательности

Технологический процесс изготовления заготовки детали ковкой состоит из отдельных операций, выполняемых в определенной последовательности. Выбор операций, определение их последовательности и подбор инструмента, используемого для их выполнения, определяются только формой и размерами поковки.

Номенклатура поковок, выполняемых в практике кузнечного производства, весьма разнообразна, поэтому общих правил выбора наиболее рационального технологического процессаковки применительно ко всем типам поковок не имеется.

Изготовление более сложных поковок требует большего числа операций, некоторые из них могут быть проведены несколько раз, при этом необходимо проводить промежуточные подогревы поковок.

Для простых по конфигурации и небольших по массе поковок число операций минимально и для осуществленияковки проводят только один нагрев заготовки.

Все операции свободнойковки можно разделить на предварительные, основные, вспомогательные и отделочные.

К *предварительным* операциям относятся: биллетировка, отрубка и разрубка.

Биллетировка – превращение слитка путем протяжки в заготовку цилиндрической формы.

Отрубка и *разрубка* – операции разделения слитка, заготовки или поковки на отдельные части кузнечным топором (рис.2.3 з).

К *основным* операциям свободнойковки относятся: осадка, высадка, протяжка, прошивка, раскатка, разгонка, гибка, обжатие.

Осадка – операция, при которой уменьшают высоту заготовки с одновременным увеличением её поперечных размеров (рис.2.3 а).

Высадкой называется осадка, производимая на некоторой части заготовки (рис.2.3 б, в).

Протяжку применяют, если необходимо увеличить длину заготовки за счет уменьшения поперечного сечения (рис.2.3 г).

Прошивка представляет собой операцию получения сквозного отверстия или углубления в заготовке (рис.2.3 е).

Раскатке подвергается прошита заготовка, с целью уменьшения толщины стенки кольца и увеличения его внутреннего и наружного диаметров (рис.2.3 к).

Разгонка – увеличение ширины части заготовки за счет уменьшения её толщины (рис.2.3 ж).

Гибку выполняют, если заготовке необходимо придать прогнутую форму по заданному контуру (рис.2.3 и).

Вспомогательными операциями являются: оттяжка, растяжка, прожимка, обкатка, засечка, надрубка, скручивание, кузнечная сварка.

Оттяжка – протяжка концевой части заготовок.

Растяжка – местное уменьшение площади сечения заготовки.

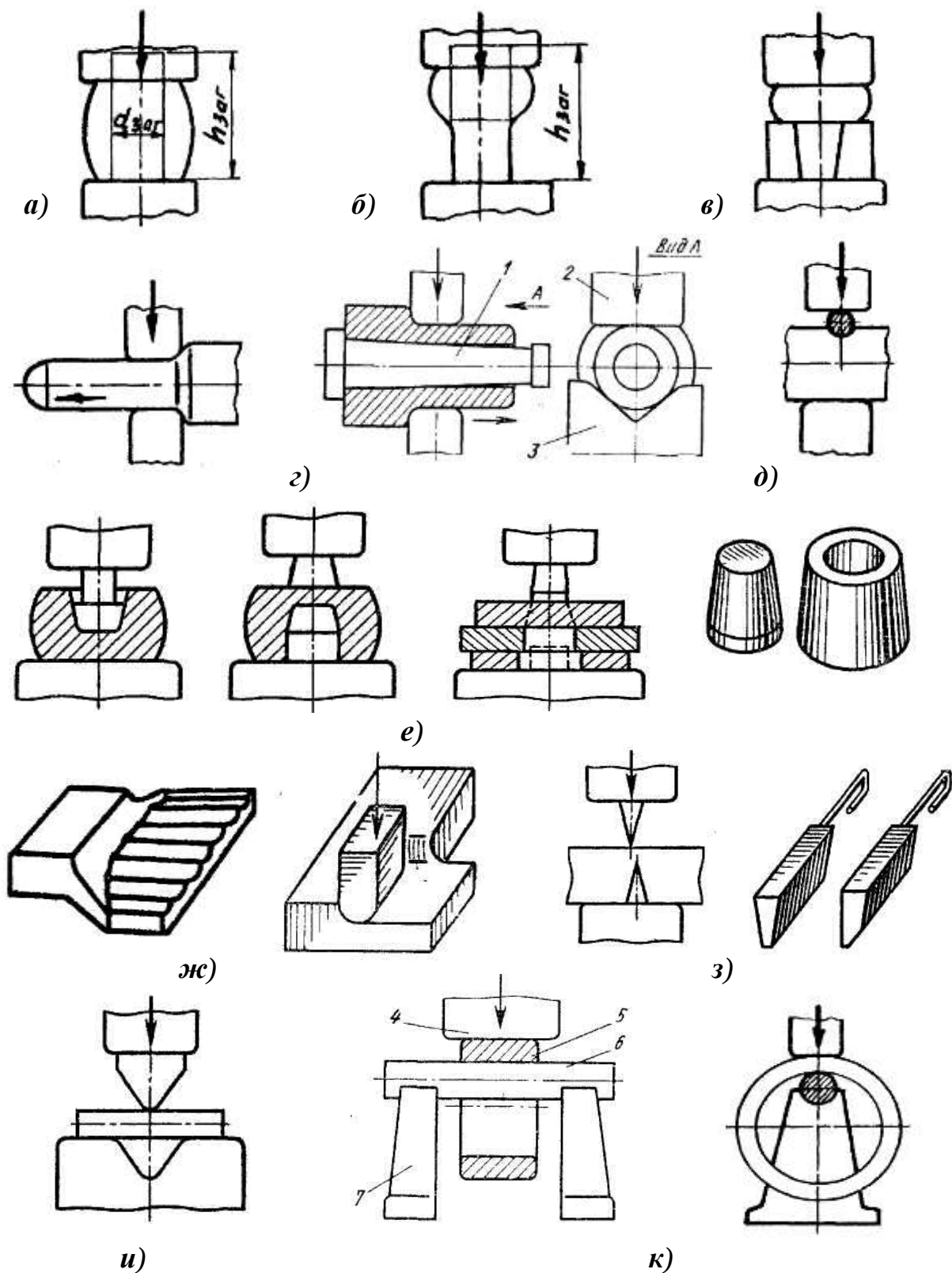


Рис.2.3. Операции свободнойковки:

а) осадка; б) высадка с местным нагревом; в) высадка с помощью колец;
 г) протяжка простая и с оправкой; д) прожимка; е) двусторонняя
 и сквозная прошивки и прошивки; ж) разгонка; з) отрубка и топоры;
 и) гибка; к) раскатка на оправке.

1 – коническая оправка; 2 – верхний плоский боек; 3 – нижний
 вырезной боек; 4 – верхний узкий боек; 5 – заготовка;
 6 – цилиндрическая оправка; 7 – подставки.

Прожимка – местное уменьшение площади сечения заготовки обжатием (рис.2.3 д).

Обкатка – придание заготовке формы тела вращения повторными ударами.

Засечка (разметка) – выделение части объема заготовки нанесением углублений по её границам.

Надрубка – внедрение деформирующего инструмента на неполную толщину заготовки для образования уступов, выступов.

Скручивание – поворот части заготовки или поковки вокруг продольной оси.

Сварка кузнечная – соединение частей заготовки ковкой на молотах.

На рис.2.4 приведен пример выбора переходов при ковке втулки.

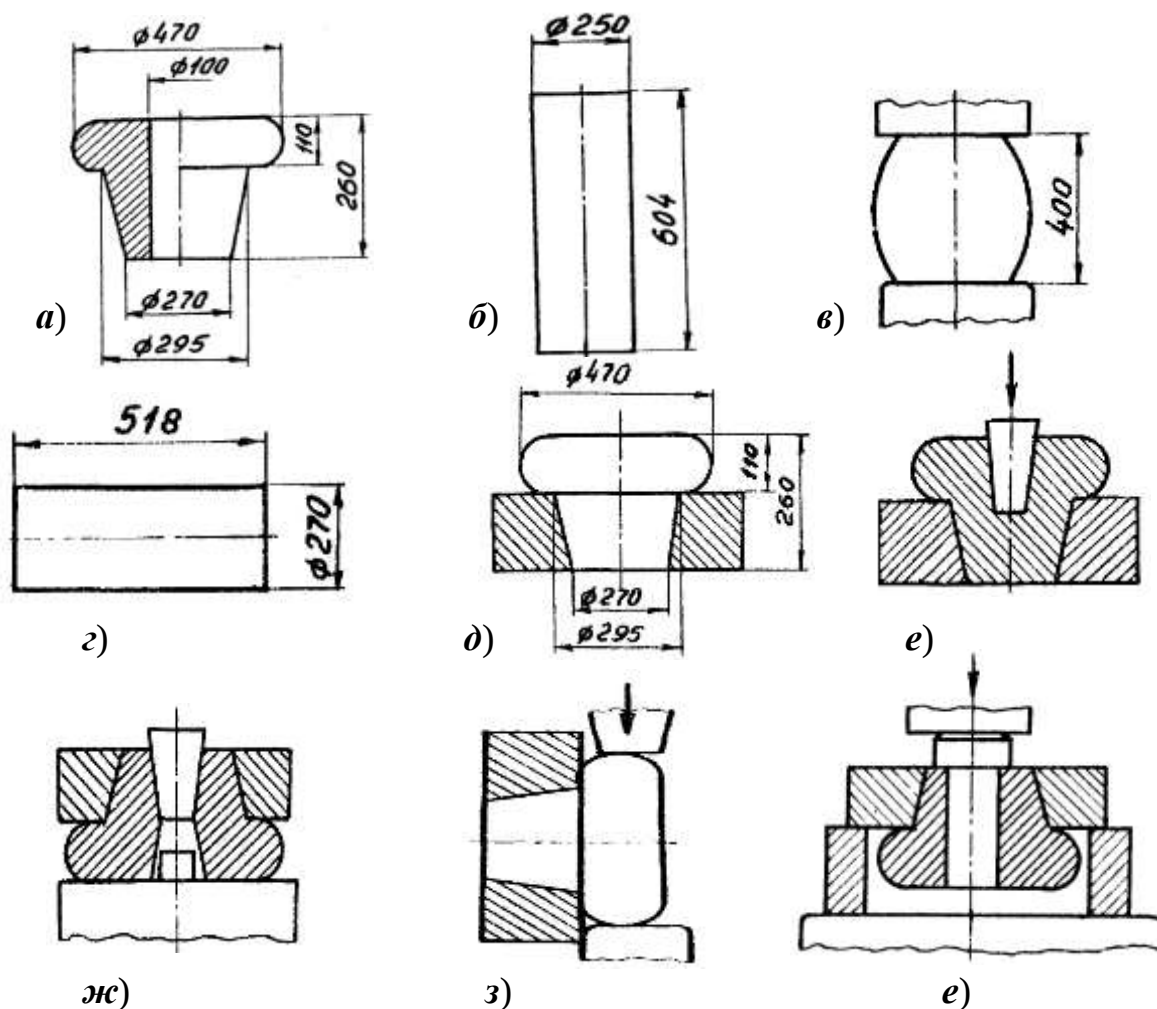


Рис.2.4. Переходы при ковке втулки:

- а) эскиз поковки; б) эскиз заготовки; в) осадка заготовки до высоты 400 мм; г) протяжка на круг $\phi 270$ мм; д) высадка фланца на высоту 110 мм в кольцо; е) частичная прошивка отверстия со стороны фланца; ж) поворот заготовки с подкладным кольцом на 180° и окончательная прошивка отверстия; з) обкатка поковки с прошивком и кольцом по диаметру; и) удаление поковки из кольца.

Отделочными операциями являются:
обрезка, правка, проглаживание, клеймение.

Обрезка заключается в устранении заусенцев путем их сдвига.

Правка – устранение непредусмотренной кривизны поковки.

Проглаживание – операция, которую проводят для устранения неровностей у плоской или круглой поковки путем пластического деформирования.

Клеймение заключается в нанесении знаков марки, номера плавки, шифра поковки и др.

Основные, вспомогательные и отделочные операции целесообразно выбирать по технологическому процессуковки аналогичной детали данного предприятия с учетом предшествующего опыта, возможностей предприятия, имеющегося оборудования и инструмента.

2.2.4. Выбор ковочного оборудования

Свободную ковку выполняют на пневматических, паровоздушных и гидравлических молотах и прессах. На ковочных молотах на заготовку оказывается динамическое (ударное) воздействие, а на прессах – статическое.

В зависимости от массы получаемых поковок *пневматические* молоты бывают:

- двухстоечные (арочные) – наиболее распространенные молоты;
- мостовые – применяют для изготовления крупных поковок;
- одностоечные – используются для изготовления средних и мелких поковок из сортового проката (примерно до 250 кг).

На *паровоздушных* молотах обрабатывают слитки и блюмы массой до 2...3 т, чаще всего – до 1,5 т.

Выбор молота осуществляется в зависимости от сечения заготовки (Прил.2.7). Основные параметры и размеры ковочных молотов выбирают из Приложений 2.8 и 2.9.

Ковку слитков более 2...3 тонн, как правило, производят на гидравлических прессах с усилием прессования 5...50 МН (Прил.2.10).

Типоразмер оборудования дляковки определяют по операции, требующей наибольших ударных частей молота или усилия пресса. Как правило, наибольшего усилия требует операция осадки по сравнению с другими операциями.

На выбор оборудования в первую очередь оказывает влияние так называемый термомеханический режим обработки данного металла или сплава, связывающий скорость деформации с температурой его нагрева и скоростью рекристаллизации.

Металлы и сплавы, обладающие низкими скоростями рекристаллизации и пониженной пластичностью (высоколегированные стали, жаропрочные и некоторые цветные сплавы), не допускают большой скорости деформации. При ковке таких металлов рекомендуется применять прессы, а не молоты.

Масса падающих частей молота (G), характеризующих его мощность, ориентировочно определяется по эмпирической формуле:

$$G_{\text{мол}} = F_{\text{заг}} \cdot K, \text{ кг},$$

где $F_{\text{заг}}$ – площадь поперечного сечения заготовки, мм^2 ;

K – опытный коэффициент, равный $0,07 \text{ кг/мм}^2$.

По вычисленному значению G из Приложения 2.7...2.9 выбирается тип и мощность молота с ближайшей большей массой частей.

При изготовлении поковки из слитка на ковочном гидравлическом прессе усилие пресса можно выбрать из Приложения 2.10 по массе и диаметру слитка, не подтверждая дополнительным расчетом.

При выборе мощности молота надо иметь ввиду, что недостаточная мощность не обеспечивает требуемое значение укова и высокие механические свойства поковок. В этом случае увеличивается число повторных нагревов, что приводит к увеличению потерь металла на угар, продолжительность процессаковки и повышению стоимости поковки.

Оптимальный выбор типа молота и его мощности определяется не только площадью поперечного сечения заготовки, но и видом операций свободнойковки, с помощью которых будет изготовлена поковка. Так, если одной из операций в технологическом процессе получения поковки является осадка заготовки большой длины, то при выборе молота необходимо учесть высоту рабочей зоны в свету (величину хода верхнего бойка). При малой высоте (ходе) сила удара верхнего бойка невелика, а это потребует увеличения числа ударов на проведение операции, т.е. большей продолжительности осадки.

2.2.5. Установление теплового режима обработки

1) Определение температурного интервалаковки

Изменение размеров и формы заготовки при свободной ковке основано на пластичности металла. Чем выше пластичность, тем выше ковкость металла, т.е. его способность деформироваться под действием внешней нагрузки, и потребность в оборудовании меньшей мощности. Как известно, пластичность возрастает при нагреве, поэтому, нагрев металла является одной из основных операций кузнечного производства.

Температурный режим нагрева металла при свободной ковке, как и при других методах горячей обработки металлов давлением, определяется

величиной температур начала и концаковки, а также продолжительностью нагрева заготовки до температуры началаковки. Область температур между началомковки и её окончанием называют *температурным интерваломковки*, для некоторых сталей его можно определить по Прилож. 2.12.

Верхний предел температуры началаковки ограничивается температурами *перегрева* и *пережога*, которые являются браком.

Если брак от перегрева можно исправить отжигом на мелкое зерно, то пережог является неисправимым браком. При пережоге наблюдается полная потеря пластичности стали.

Окончаниековки при температуре ниже рекомендуемой приводит к тому, что деформация осуществляется в условиях низкой пластичности вследствие упрочнения (наклепа) стали. Деформация стали при таких температурах может вызвать образование в поковке трещин.

2) Выбор типа нагревательной печи

Нагрев заготовок до температур началаковки осуществляют в нагревательных печах и устройствах. По источнику энергии различают *пламенные* и *электрические* печи, а также *электронагревательные устройства*.

Нагревательные пламенные печи по конструкции и характеру распределения температур в рабочем пространстве печи делятся на *камерные*, в которых температура по всему рабочему пространству одинакова, и *методические*, где температура в рабочем пространстве повышается от загрузочного окна к окну выдачи нагретых заготовок.

Электронагревательные устройства могут быть *индукционного* и *контактного типа*. В зависимости от режима загрузки индукционные установки бывают *периодического* действия, в которых заготовки нагреваются до требуемой температуры в неподвижном положении относительно индуктора, и *непрерывного*, в которых заготовки нагреваются до конечной температуры методически по мере их передвижения в индукторе.

3) Определение продолжительности нагрева заготовок в печи

Время необходимое для равномерного нагрева слитка или заготовки из проката до заданной температуры называют *продолжительностью нагрева*.

При медленном нагреве заготовок происходит чрезмерный рост зерна стали, который приводит к перегреву и снижению механических свойств стали. Устранение перегрева требует дополнительных затрат времени и энергии на термическую обработку.

При быстром нагреве заготовок до температур началаковки возникают большие внутренние напряжения и образуются трещины вследствие неравномерного нагрева внешних и внутренних слоев металла заготовки.

Оптимальная скорость нагрева определяется продолжительностью нагрева и зависит от свойств металла, размеров заготовок и способа их расположения на поду печи. Из многообразия способов и методов определения времени нагрева стали под ковку чаще всего применяется расчет по эмпирической формуле профессора Н.Н. Доброхотова:

$$T = \alpha \cdot K \cdot D \cdot \sqrt{D},$$

где T – время нагрева, ч;

α – коэффициент, учитывающий способ укладки заготовок на поду печи, принимаются из прилож.2.13;

K – коэффициент теплопроводности:

- для углеродистых сталей $K = 10$,

- для легированных сталей $K = 20$;

D – диаметр или сторона квадрата заготовки, м.

2.3. Пример выполнения РГР 2.

2.3.1. Исходные данные

Разработать технологический процесс изготовления поковки вала, изображенного на рис.2.5, из конструкционной стали 40 со степенью укова $U = 1,5$.

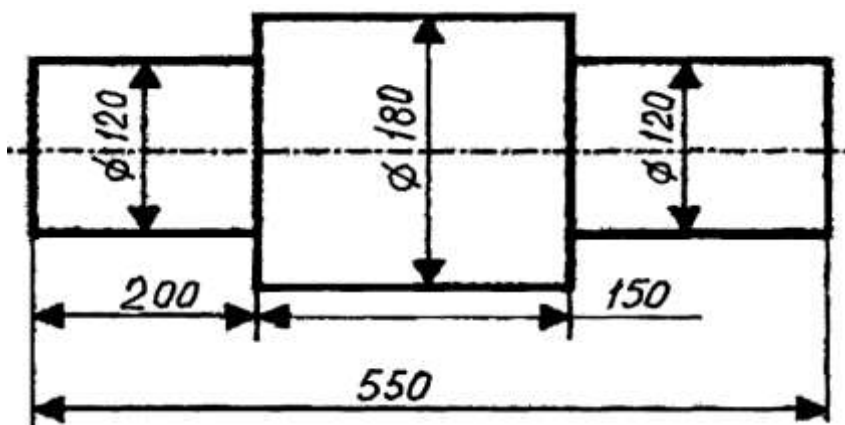


Рис.2.5. Эскиз вала.

2.3.2. Составление чертежа поковки

Предварительно определяем, что тип поковки вала представляет собой вал с выступом, длина которого должна отвечать (согласно Приложения 2.1б) условию $l > 0,3 \cdot d$. В данном случае это соотношение выполняется, т.к. $150 > (0,3 \cdot 180) = 54$.

Тонкими линиями вычерчиваем чертеж вала.

Из таблицы припусков на механическую обработку поковок и допусков на ковку под молотом круглых поковок (Прил.2.5) по длине заданного вала (550 мм) определяем припуски на все элементы вала с учетом значений диаметров.

Для заданного вала с выступом (длиной 150 мм, диаметром $\varnothing 180$ мм) и двумя концевыми уступами (длиной 200 мм, диаметром $\varnothing 120$ мм) поковочные диаметры, их припуски и допуски будут равны соответственно:

$$180 + (13^{+3}_{-4}) = 193^{+3}_{-4} \text{ и } 120 + (11 \pm 3) = 131 \pm 3.$$

Из той же таблицы (Прилож.2.5) определяем припуск на длину выступа (0,75 от припуска на диаметр на одну сторону или 1,5 припуска на всю длину) и допуск (0,75 или 1,5 от допуска на диаметр).

Тогда длина выступа диаметром 180 будет равна:

$$0,75 \cdot 13 + 150 + 0,75 \cdot 13 = 169,5 \approx 170,$$

а величина допуска на длину выступа составит:

$$0,75 \cdot (+3) + 0,75 \cdot (+3) \approx +4 \text{ и } 0,75 \cdot (-4) + 0,75 \cdot (-4) \approx -6.$$

Таким образом, длина выступа поковки с допуском равна 170^{+4}_{-6} .

Припуск и допуск на концевые уступы принимается равным 1,5 припуска и 1,5 допуска на их диаметры. Т.к. диаметры концевых уступов равны 120 мм, то припуск на каждый конец вала равен:

$$11 \cdot 1,5 = 16,5 \text{ мм},$$

тогда, полная длина поковки вала составит:

$$16,5 + 550 + 16,5 = 583 \text{ мм}.$$

Величина допуска на один конец поковки будет: $1,5 \cdot (\pm 3) = \pm 4,5$, тогда общая длина поковки вала с припусками и допусками составит - 583 ± 9 .

Так как нет надобности в упрощении чертежа детали, то напуски для поковки данного вала не используются.

Определив все размеры поковки, выполняем жирными линиями вокруг чистового контура вала поковочный чертеж вала. Штрихуем поле припусков и проставляем поковочные размеры, как показано на рис.2.6.

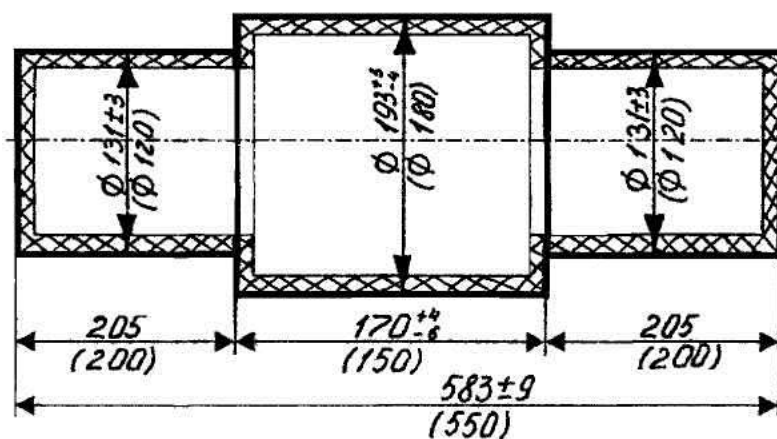


Рис.2.6. Пример чертежа поковки вала.

2.3.3. Определяем объем и массу поковки.

Для определения объема поковки вала делим его на три части:

- два одинаковых концевых уступа и средний выступ.

Объемы равных концевых уступов – $V_{ку}$:

$$V_{ку} = \frac{\pi \cdot D_{ку}^2}{4} \cdot l_{ку} = \frac{3,14 \cdot 131^2}{4} \cdot 205 = 2,765 \cdot 10^6 \text{ мм}^3.$$

Объем среднего выступа – $V_{св}$:

$$V_{св} = \frac{\pi \cdot D_{св}^2}{4} \cdot l_{св} = \frac{3,14 \cdot 193^2}{4} \cdot 170 = 4,974 \cdot 10^6 \text{ мм}^3.$$

Суммарный объем поковки:

$$V_{пок} = 2 \cdot V_{ку} + V_{св} = (2 \cdot 2,765 + 4,974) \cdot 10^6 = 10,5 \cdot 10^6 \text{ мм}^3 = \underline{0,0105 \text{ м}^3}.$$

Определяем массу поковки:

$$Q_{пок} = V_{пок} \cdot \gamma_{ст} = 0,0105 \cdot 7850 = \underline{82,4 \text{ кг}},$$

где $\gamma_{ст} = 7850 \text{ кг/м}^3$ - плотность конструкционной стали.

2.3.4. Выбираем вид заготовки.

Так как поковка имеет относительно малый вес, то в качестве заготовки выбираем прокат круглого сечения, сортамент которого представлен в Приложении 2.6.

2.3.5. Определяем массу и размеры заготовки.

Массу заготовки рассчитываем по формуле:

$$Q_{заг} = Q_{пок} + Q_{обс} + Q_{уг}.$$

Суммарные потери на угар и обсечку принимаем равными 10% от массы поковки, тогда:

$$Q_{заг} = 1,1 \cdot Q_{пок} = 1,1 \cdot 82,4 = \underline{90,6 \text{ кг}}.$$

Определяем площадь сечения заготовки ($F_{заг}$) по формуле:

$$F_{заг} = F_{пок} \cdot U = 0,0292 \cdot 1,5 = \underline{0,0438 \text{ м}^2},$$

где $U = 1,5$ – величина укова поковок из горячекатаной стали;

$$F_{пок} = \frac{\pi \cdot D_{пок}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (0,193)^2}{4} = 0,0292 \text{ м}^2 - \text{площадь}$$

поковки, определяемая по наибольшему диаметру поковки равному $\varnothing 193 \text{ мм}$.

Определяем диаметр заготовки:

$$D_{заг} = \sqrt{\frac{4F_{заг}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0438}{3,14}} = 0,236 \text{ м} = 236 \text{ мм}.$$

Выбираем ближайшее большее значение диаметра заготовки из сортамента проката (Прилож.2.6), которым является равный $\varnothing 240 \text{ мм}$.

Следовательно, в качестве заготовки принимаем сортовой прокат круглого сечения $\varnothing 240$ мм.

Уточняем фактическую площадь поперечного сечения заготовки:

$$F_{\text{заг.ф}} = \frac{\pi \cdot (D_{\text{заг.ф}})^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (0,24)^2}{4} = 0,0452 \text{ м}^2.$$

Определяем длину заготовки:

$$L_{\text{заг}} = \frac{Q_{\text{заг}}}{\gamma \cdot F_{\text{заг.ф}}} = \frac{90,6}{7850 \cdot 0,0452} = 0,255 \text{ м} = 255 \text{ мм}.$$

Примечание: Если нужного диаметра заготовки в сортаменте не имеется, то можно принимать заготовку меньшего диаметра, но тогда первой операцией ковки должна быть осадка, после которой получается заготовка требуемого диаметра, обеспечивающего заданный уков.

2.3.6. Назначаем операции ковки и их последовательность.

I операция – от сортового проката $\varnothing 240$ мм отмеряем заготовку

$$L = 255 \text{ мм}.$$

II операция – отрубка (отрезка) заготовки длиной $L = 255$ мм.

III операция – вытяжка заготовки на диаметр $\varnothing 193$ мм.

IV операция – разметка заготовки.

V операция – протяжка левого концевого уступа на диаметр $\varnothing 131$ мм.

VI операция – отрубка левого концевого уступа вала в размер.

VII операция – протяжка правого концевого уступа на диаметр $\varnothing 131$ мм.

VIII операция – отрубка правого концевого уступа вала в размер.

IX операция – правка поковки вала и отделка поверхности.

Используемый инструмент:

Линейка, кронциркуль, треугольная пережимка (для разметки), клещи, плоские бойки, топор, накладки (для отделки поковки).

2.3.7. Выбор ковочного оборудования.

Поковки с расчетной массой заготовки равной 90,6 кг рекомендуется ковать на молотах.

Для осуществления процесса ковки заготовки данного вала выбираем из Приложения 2.7 ковочный паровоздушный молот с весом падающих частей:

$$G_{\text{мол}} = F_{\text{заг}} \cdot K = 45200 \cdot 0,07 = 3164 \text{ кг} \approx 3,15 \text{ т}.$$

где $F_{\text{заг}} = 45200 \text{ мм}^2$ – площадь поперечного сечения заготовки;

$K = 0,07 \text{ кг/мм}^2$ – опытный коэффициент.

2.3.8. Определяем температурный интервалковки и продолжительность нагрева заготовок в печи.

Температурный интервалковки поковок из углеродистой стали 40 определяем из Приложения 2.12, который составляет: 1200...800 С°

Продолжительность нагрева заготовок из стали 40 диаметром $\varnothing 240$ мм рассчитываем по формуле Н.Н. Доброхотова:

$$T = \alpha \cdot K \cdot D \cdot \sqrt{D} = 10 \cdot 1,3 \cdot 0,24 \cdot \sqrt{0,24} = 1,56 \text{ ч},$$

где $K = 10$ – коэффициент теплопроводности для углеродистой стали;

$\alpha = 1,3$ – коэффициент расположения заготовок на поду печи, при расположении заготовок на расстоянии $2d$ (Прил.2.13);

$D = 0,24$ – диаметр заготовки, м.

Следовательно, время нагрева заготовки составляет 1,56 ч.

2.3.9. Выбор типа нагревательной печи.

В мелкосерийном и серийном производстве для нагрева заготовок используют камерные нагревательные печи, работающие на газообразном и жидком топливе. В данном случае нагреваем заготовку вала в камерной нагревательной печи, работающей на газообразном топливе.

2.4. Контрольные вопросы по РГР 2.

1. Как называются заготовки, получаемые свободной ковкой?
2. Что называется припуском и напуском, для чего их назначают?
3. Из каких операций состоит процесс получения поковки?
4. Что используют в качестве заготовки для получения поковки?
5. Какое оборудование для нагрева заготовок при ковке?
6. Как влияет нагрев металла на его свойства и как назначается оптимальный режим нагрева заготовок?
7. Какое оборудование применяют для свободнойковки и от чего зависит его выбор?
8. Какие детали изготавливают методом свободнойковки?
9. Какие кромековки бывают виды обработки металлов давлением?

Расчетно-графическая работа № 3

«Проектирование токарной операции»

3.1. Цель работы

Приобретение навыков по выбору и расчету оптимальных значений элементов режима резания, геометрии токарных резцов при проектировании токарной операции с учетом обеспечения формы и качества обработанной поверхности.

Умение читать кинематические схемы и выполнять расчеты кинематических цепей привода при настройке токарных станков.

3.2. Содержание и порядок выполнения работы

3.2.1. Исходные данные:

- эскиз и материал детали, способ получения заготовки;
- форма и параметр шероховатости обработанной поверхности;
- модель токарно-винторезного станка;
- наличие смазочно-охлаждающей жидкости при точении.

3.2.2. Последовательность выполнения РГР 3

- 1) *Выбрать в соответствии с заданием* (Табл. 3.1 и 3.2) в определенной последовательности:
 - стадию обработки заданной поверхности (черновая или чистовая);
 - тип, конструкцию и основные размеры токарного резца;
 - форму заточки передней поверхности резца;
 - углы заточки режущей части резца;
 - изобразить эскиз токарного резца.
- 2) *Определить оптимальный режим точения* заданной поверхности:
 - назначить припуск на точение поверхности;
 - назначить глубину резания;
 - выбрать рекомендуемую подачу;
 - назначить период стойкости режущей части резца;
 - рассчитать теоретическую скорость резания;
 - рассчитать частоту вращения заготовки;
 - выбрать действительную частоту вращения шпинделя станка по паспортным данным станка;
 - рассчитать действительную скорость резания;
 - рассчитать основное (технологическое) время точения поверхности заготовки.
- 3) *Проверить правильность выбора* режима точения:
 - определить усилие и мощность резания при точении резцом;
 - проверить загрузку токарно-винторезного станка по мощности.

4) *Выполнить настройку кинематических цепей* привода токарно-винторезного станка:

- составить уравнение баланса кинематической цепи привода главного движения;
- составить уравнение баланса кинематической цепи привода подачи токарного резца.

3.3. Методика выполнения работы

3.3.1. Выбор исходных данных

В соответствии с заданными вариантами и эскизами деталей по таблицам 3.1 и 3.2 выбрать исходные данные.

Таблица 3.1. Исходные данные к РГР 3

№ вар	№ эскиза	№ пов	Материал детали	Способ получения заготовки	№ вар	№ эскиза	№ пов	Материал детали	Способ получения заготовки
1	1	1	Чугун СЧ 15	Литье	16	1	2	Алюм. сплав АЛ 2	Литье
2	3	2	Закаленная Сталь 40ХН	Поковка	17	12	1	Чугун КЧ37-12	Литье
3	2	2	Алюм. сплав АК 8	Поковка	18	4	2	Сталь 33ХЗСНМА	Прокат
4	3	3	Латунь ЛЦ 40С	Литье	19	2	1	Алюм. сплав АЛ 6	Прокат
5	5	1	Чугун СЧ 18	Литье	20	5	2	Сталь 38ХРА	Поковка
6	7	2	Сталь У10	Поковка	21	7	1	Сталь 40ХН	Поковка
7	6	1	Сталь 50	Поковка	22	9	1	Сталь ХВГ	Поковка
8	10	2	Сталь 18Х2Н4ВА	Прокат	23	3	1	Чугун КЧ 35-4	Литье
9	7	3	Чугун КЧ 40-3	Литье	24	2	3	Бронза БрАЖ9-4	Поковка
10	8	1	Сталь У8А	Прокат	25	8	2	Закал. сталь 30ХГНА	Прокат
11	9	2	Чугун СЧ 30	Литье	26	9	3	Сталь 28ХЗСНМА	Поковка
12	5	3	Бронза БрОЗЦ12С5	Литье	27	6	2	Бронза БрОЦ4-3	Поковка
13	1	1	Чугун СЧ 21	Литье	28	4	1	Закал. сталь 30ХГСА	Поковка
14	11	2	Бронза БрКМц3-1	Поковка	29	11	1	Чугун КЧ 30-6	Литье
15	12	2	Сталь 35	Прокат	30	10	3	Сталь 20	Литье

Дополнительные условия:

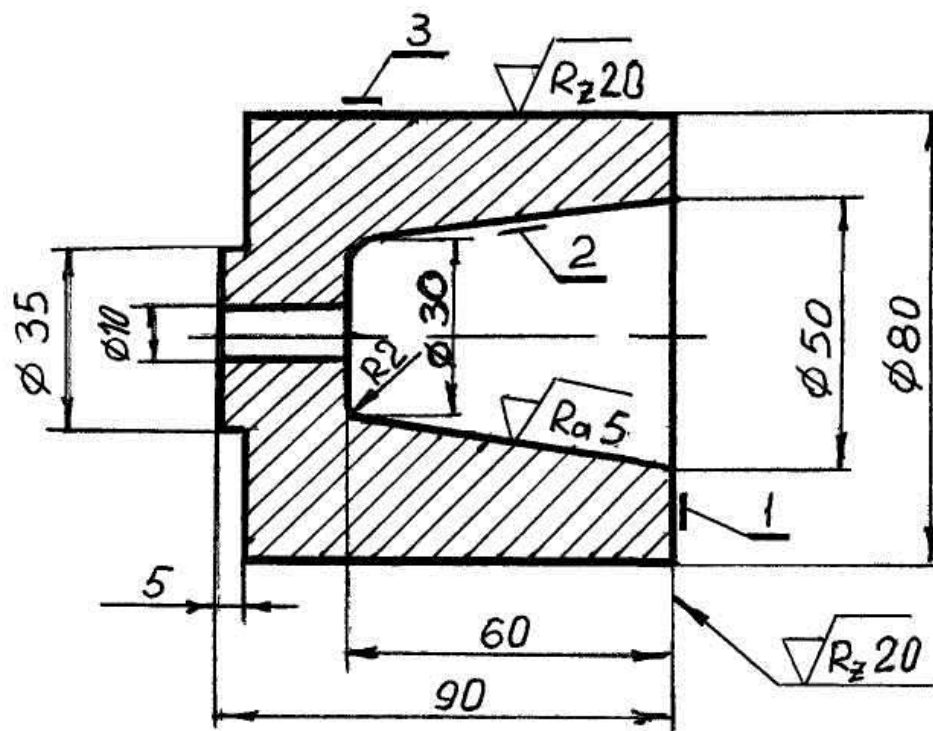
1. Станок – токарно-винторезный 16К20.
2. Четные варианты: точение с СОЖ.
3. Нечетные варианты: точение без СОЖ.

Эскиз заданной детали изобразить в пояснительной записке с указанием всех размеров, параметра шероховатости и номера заданной поверхности.

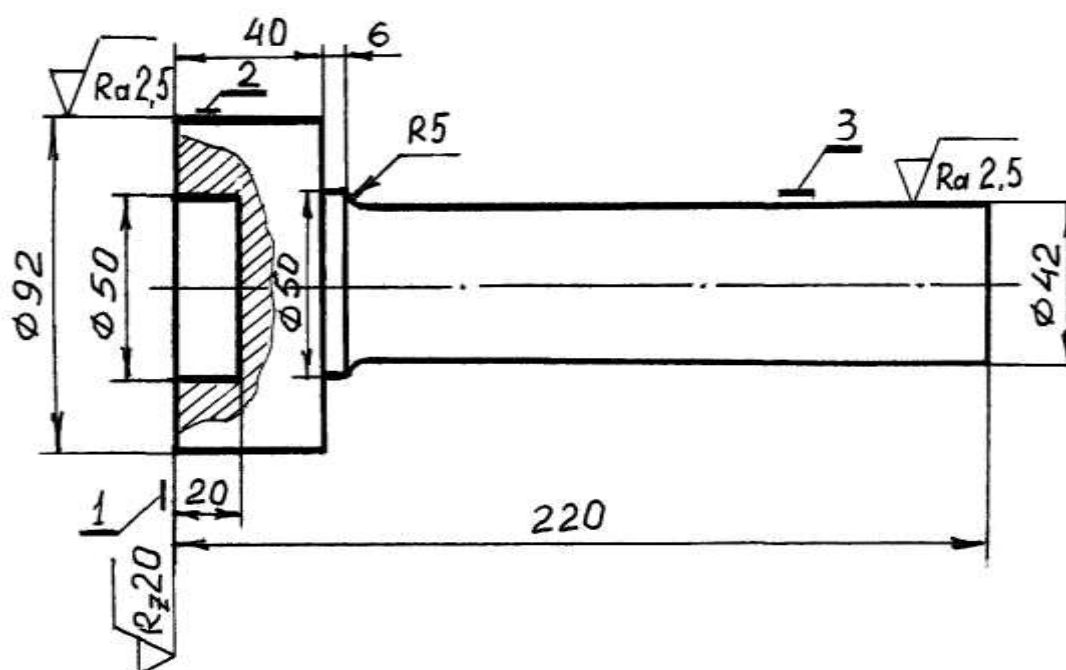
Работа выполняется в последовательности, приведенной в п.3.2.2.

Таблица 3.2. Эскизы деталей заданий.

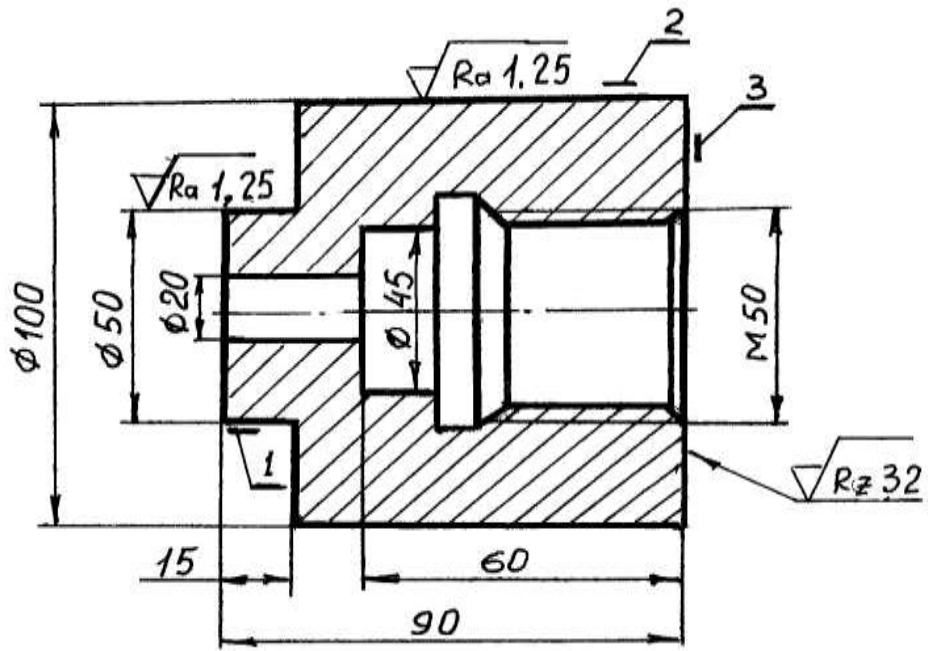
1



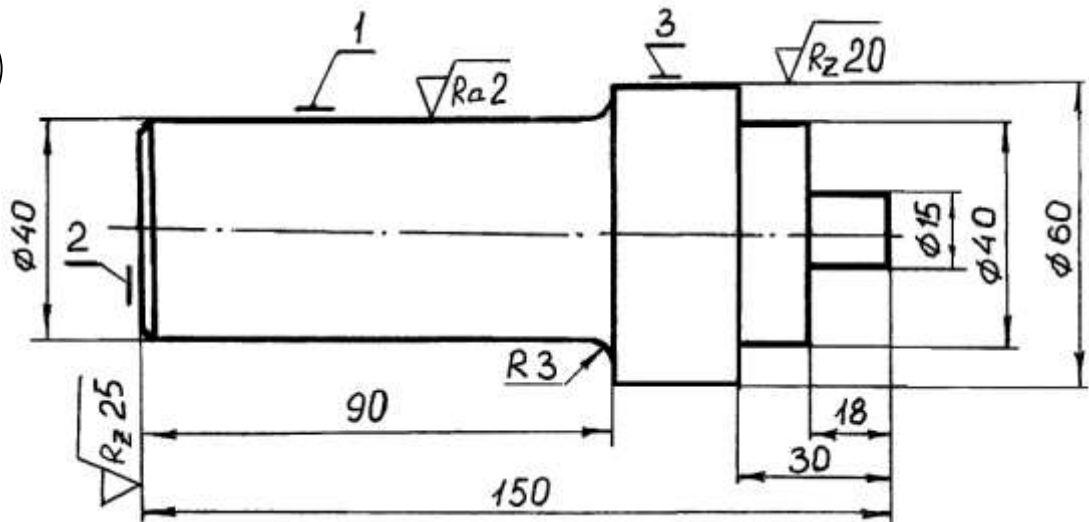
2



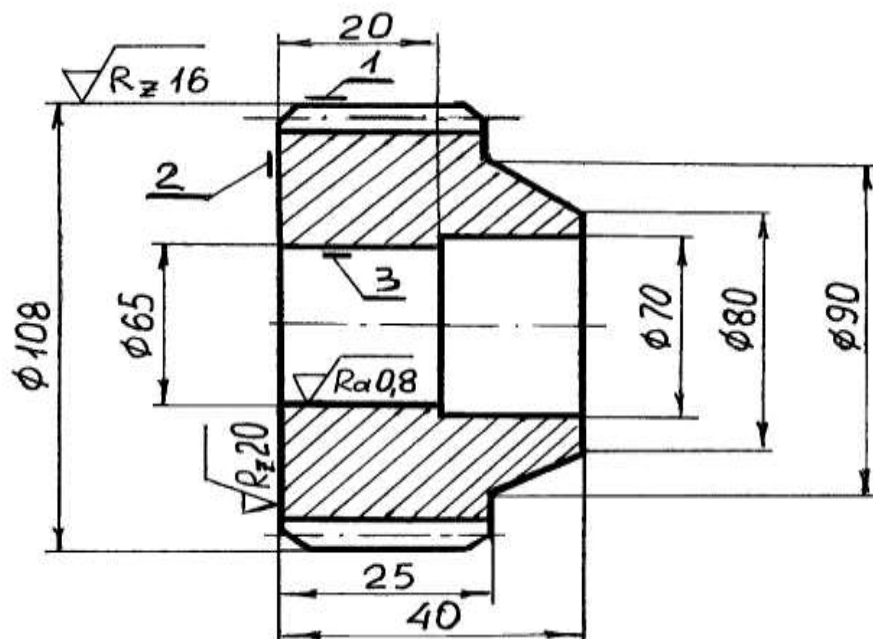
3



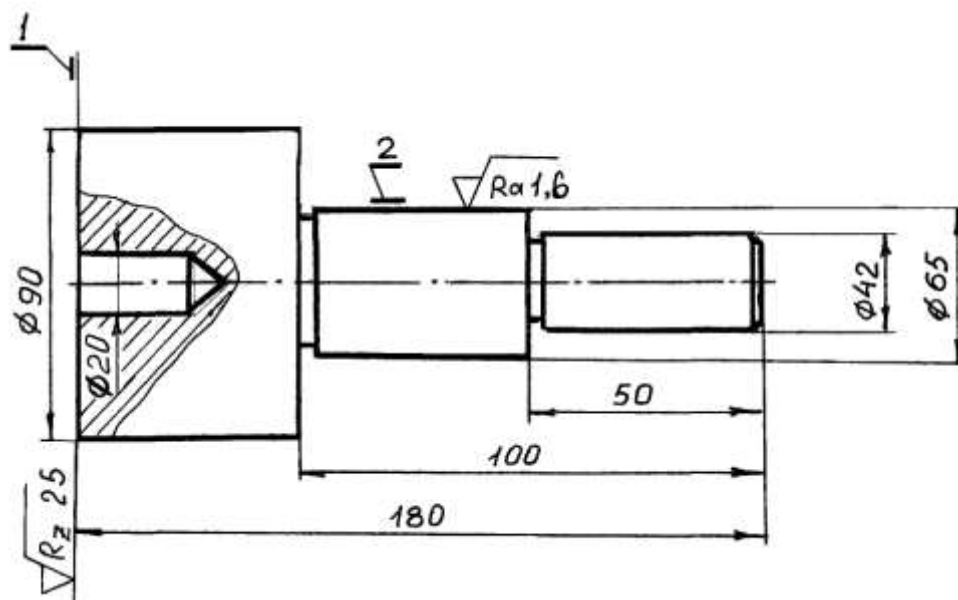
4



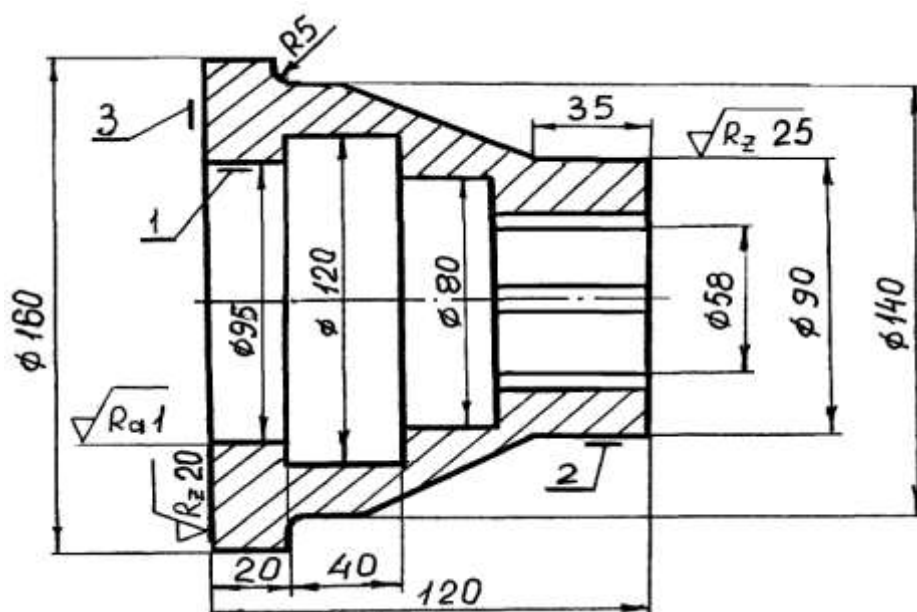
5



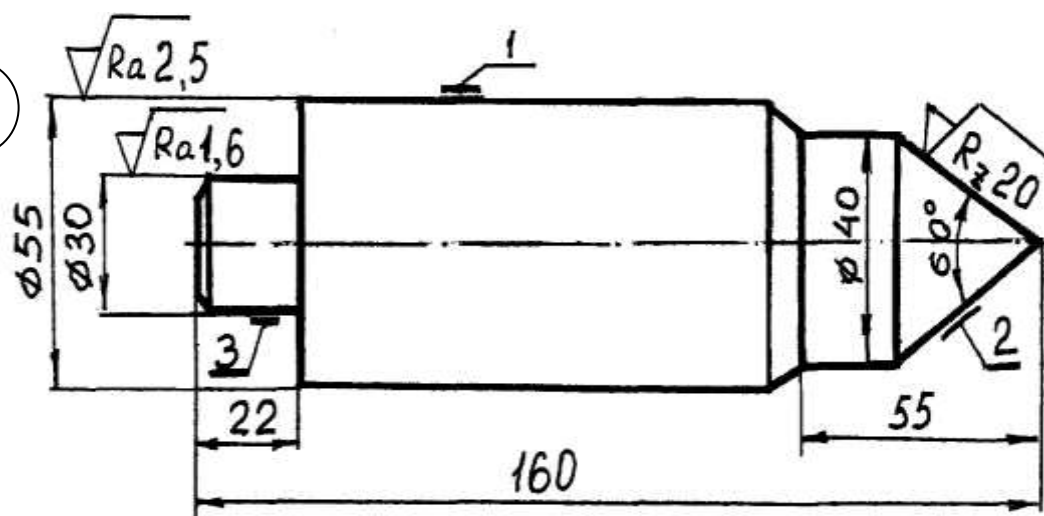
6

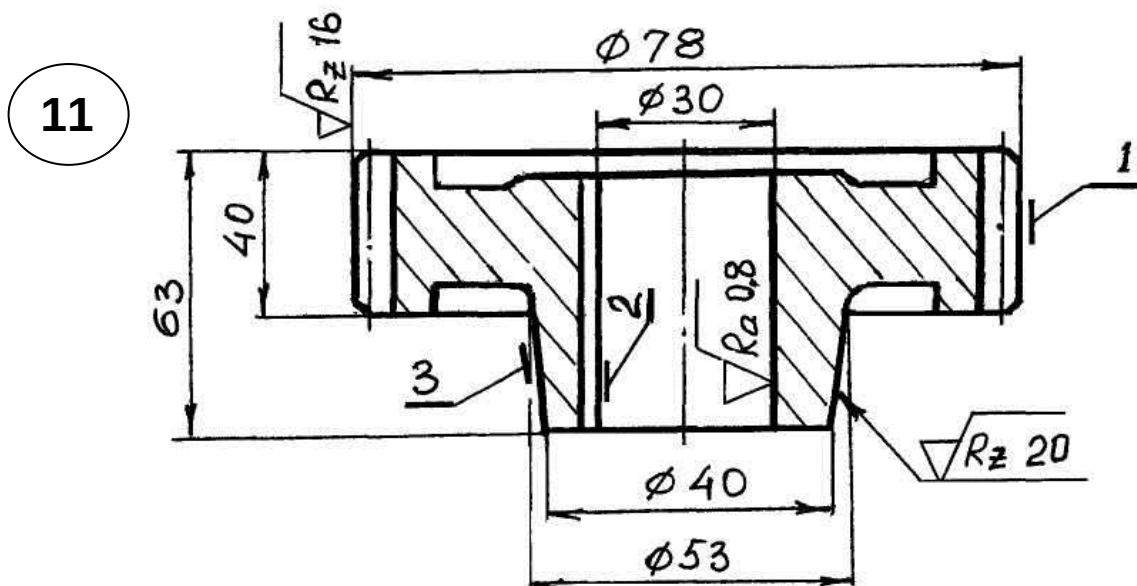
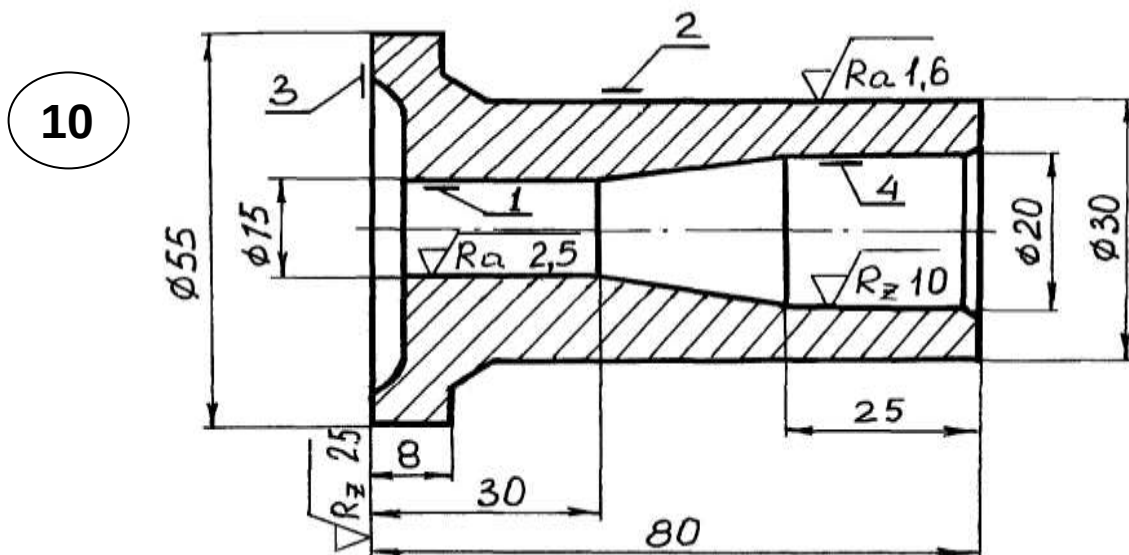
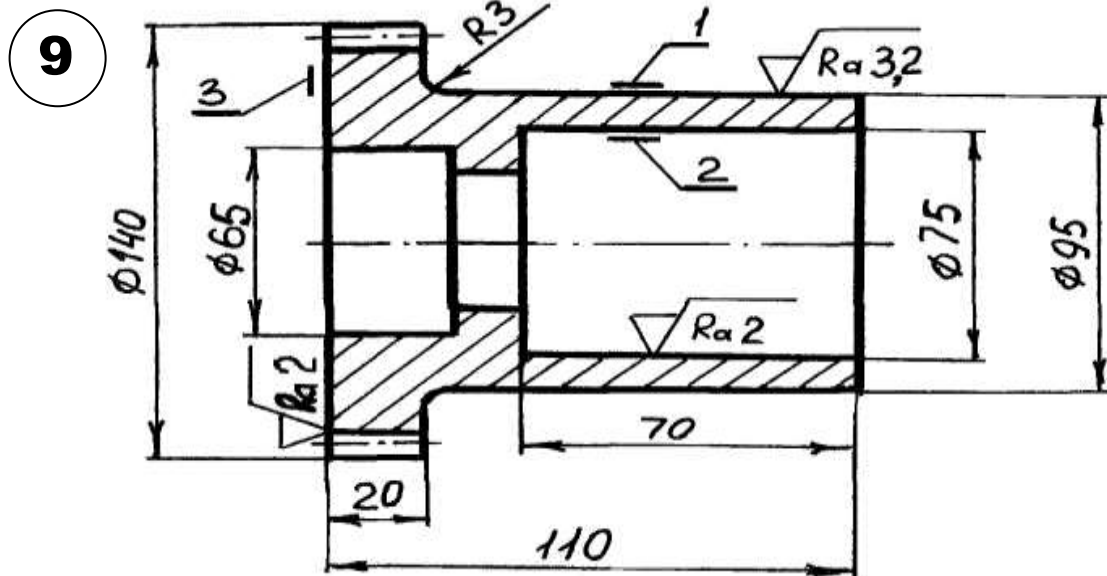


7

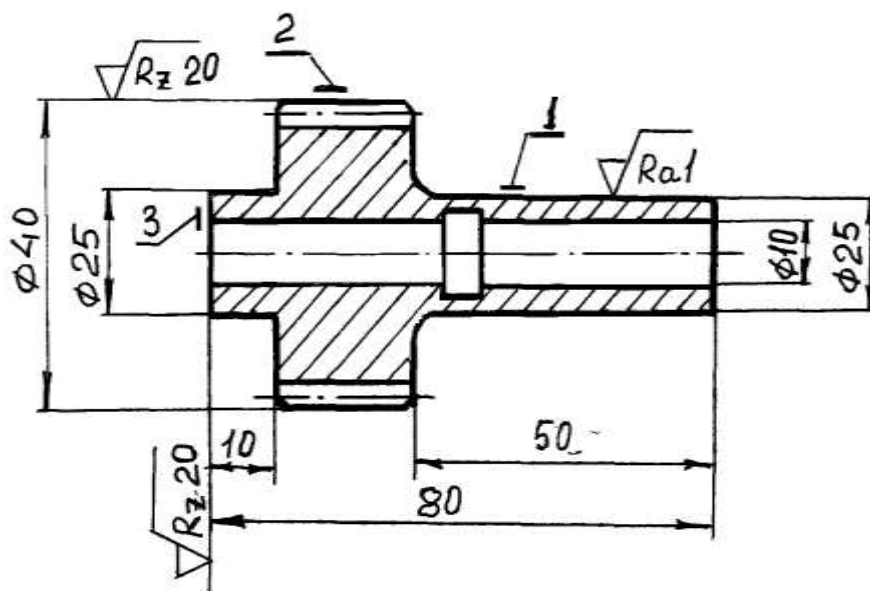


8





12



3.3.2. Составление схемы обработки и выбор токарного резца.

По заданным условиям точения поверхности заготовки необходимо:

- назначить форму и размеры исходной заготовки;
- назначить стадию обработки по параметру шероховатости поверхности (табл.3.3);

Таблица 3.3. Стадии обработки поверхности

Параметры шероховатости, мкм	Вид обработки поверхности	Стадия обработки
$Rz \geq 40$ или $Ra \geq 10$	Наружное точение, подрезание торца, отрезание	Черновая
$Rz \geq 10$ или $Ra \geq 5$	Растачивание отверстия	
$Rz < 40$ или $Ra < 10$	Наружное точение, подрезание торца, отрезание	Чистовая
$Ra < 5$ или $Ra < 5$	Растачивание отверстия	

- выбрать способ закрепления заготовки на станке;
- выбрать тип токарного резца и материал его режущей части;
- составить схему обработки поверхности.

Форма и размеры заготовки назначаются по исходным данным с учетом способа её получения.

Способ закрепления заготовки на токарно-винторезном станке зависит от её формы и расположения заданной поверхности на заготовке.

Возможны следующие способы закрепления:

- в трехкулачковом патроне за наружную поверхность заготовки;
- в трехкулачковом патроне с использованием заднего центра;
- на оправке с использованием центрального отверстия заготовки, хомутика и центров;
- на центрах с применением хомутика и люнета.

От отношения вылета заготовки из патрона к диаметру заготовки в сечении закрепления (L/D) используют следующие схемы закрепления:

- закрепление в трехкулачковом патроне при отношении $(L/D) < 4$;
- закрепление заготовки в патроне с использованием заднего центра (только при наружном точении) если $4 < (L/D) < 10$;
- закрепление заготовки с применением люнета при $(L/D) > 10$.

Марка материала режущей части токарного резца выбирается по рекомендациям (Приложения 3.1 и 3.2) в зависимости от стадии обработки заданной поверхности и материала заготовки.

Выбор типа токарного резца зависит от поверхности детали, заданной для обработки. Конструктивные типы и размеры токарных резцов приведены в Приложении 3.3.

Выбор формы передней поверхности режущей части токарного резца выполняется в зависимости от материала заготовки и выбранного материала режущей части резца (Приложение 3.4).

Значения углов режущей части резца устанавливаются по справочным данным (Приложение 3.5) в зависимости от условия обработки, материала заготовки и режущей части лезвия резца:

- углы в плане (φ и φ') - по прилож. ПЗ.5.1 и ПЗ.5.2;
- углы в сечениях (α и γ) - по прилож. ПЗ.5.3;
- углы наклона режущей кромки (λ) - по прилож. ПЗ.5.4;
- размеры радиусов и фасок для криволинейной передней поверхности резца (r , r и f) - по прилож. ПЗ.5.5.

3.3.3. Выбор и расчет оптимального режима резания

Назначение элементов оптимального режима резания является наиболее распространенной технологической и экономической задачей при обработке заготовок, т.к. расход инструмента, производительность труда существенно зависит от назначенного режима резания.

1) Этапы расчета элементов режима резания при точении.

В технологической практике, особенно в единичном и мелкосерийном производствах используют в основном метод последовательного определения элементов режима резания.

Расчет режима резания при точении включает в себя три этапа:

- отбор и анализ необходимой исходной информации;
- назначение оптимального сочетания элементов режима резания;
- проверочные расчеты.

Исходная информация об изготавливаемой детали включает:

- чертеж детали с технологическими требованиями;
- данные о заготовке, ее материале и состоянии поверхности;
- припуски на обработку.

Информация о металлорежущем станке описывает возможности станка:

- кинематические характеристики (частоты вращения шпинделя, величины подач, мощность привода);
- максимальные значения силовых нагрузок, допускаемые прочностью механизмов станка, жесткостью и виброустойчивостью основных узлов станка.

Информация о режущем инструменте описывает:

- марку инструментального материала и его свойства;
- геометрические параметры;
- прочность и жесткость по различным конструктивным элементам.

Качество исходной информации (достоверность используемых технологических зависимостей, нормативных данных и др. показателей) во многом определяет окончательные результаты расчета.

На этапе назначения оптимального сочетания элементов режима резания необходимо в правильной последовательности выбрать рекомендуемые значения этих элементов. В первую очередь необходимо определить оптимальные значения глубин резания (t) и подачи (S), т.к. они через элементы срезаемого слоя влияют на период стойкости инструмента (T) и на основное (технологическое) время обработки (T_o).

2) Технологические ограничения на элементы режима резания

Выбор оптимальных значений глубины резания - (t), подачи - (S) и скорости резания - (V) определяется не только поиском их экстремальных значений, но и с учетом необходимых технологических ограничений.

Учет и анализ ограничений являются наиболее важным на втором этапе расчета элементов режима резания.

Ограничения на глубину резания (t) могут быть обусловлены:

- величиной межоперационного припуска (h_{min}): $t < h_{min}$;

- размерами пластины инструментального материала или длиной главной режущей кромки (l_t): $t < \frac{2}{3} \cdot (l_t \cdot \sin \varphi)$ и др.

Ограничения на подачу (S) накладываются чаще по максимальному значению подачи (S_{max}):

- необходимостью обеспечения заданной шероховатости (на чистовой операции), с ограничивающим неравенством: $R_a < R_{a\ доп}$;
- обеспечением необходимой прочности инструмента, т.е. его работой без поломок и выкрашивания: $P_z < P_{z\ инстр}$;
- кинематическими данными станка: $S_{min} < S_{cm} < S_{max}$,

где S_{min} , S_{max} - предельные допустимые подачи из паспортных данных станка;

- предельными нагрузками, допускаемыми механизмами станка:

$$P_{действ} < P_{доп.ст} ,$$

где $P_{доп.ст}$ - максимальная нагрузка, допускаемая слабым звеном станка

Ограничения на скорость резания (V) чаще связаны с кинематическими возможностями привода станка (ступенчатое регулирование) и с возникновением явлений, ухудшающих качество обработки (наростообразование, вибрации и др.). Как правило, скорость резания (V) определяется расчетом с учетом, ранее назначенных, глубины резания (t) и подачи (S).

Этап проверочных расчетов заключается в оценке выбранных элементов режима резания по ограничениям, которые не учтены в расчете на втором этапе. Например: сопоставление мощности резания с мощностью на шпинделе станка.

3) Последовательность назначения элементов режима резания

Последовательность назначения элементов режима резания устанавливается на основании анализа зависимости стойкости инструмента (T) от элементов режима резания:

$$T = \frac{C}{V^n \cdot t^x \cdot S^y}, \quad \text{мин.} \quad (1)$$

Этой формулой выражается взаимосвязь стойкости инструмента (T), скорости резания (V), подачи (S) и глубины резания (t) при сохранении постоянными и стандартными всех условий резания. В формуле (1) различное влияние элементов режима резания на стойкость инструмента определяется величиной показателей степени при V , S и t . Их количественное соотношение имеет вид: $n > y > x$.

Следовательно, назначение элементов режима резания следует вести в таком порядке: сначала назначают глубину резания (t), затем выбирают подачу (S) и, наконец, определяют скорость резания (V).

В практической работе периоды стойкости инструмента (T) являются, как правило, заданными (нормированными) величинами, значения которых приведены в таблицах справочников в зависимости от ряда параметров (материала, размеров и типа инструмента, обрабатываемого материала и др.). В случае заданного периода стойкости инструмента, формулу (1) можно представить в виде зависимости, позволяющей определить скорость резания через предварительно назначенные значения периода скорости инструмента (T), глубины резания (t) и подачи (S):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}, \text{ м/мин.} \quad (2)$$

4) Назначение глубины резания

Глубина резания (t) назначается в зависимости от величины припуска на обработку - (h), который определяется:

- для продольного точения по формуле: $h = 0,5 (D - d)$, мм; (3)
- для подрезания торца по формуле: $h = (l_z - l)$, мм, (4)

где D - диаметр обрабатываемой поверхности заготовки, мм;

d - диаметр обработанной поверхности детали, мм;

l_z - длина заготовки, мм;

l - длина детали, мм.

Глубина резания назначается исходя из жесткости технологической системы (СПИД), величины припуска и стадии обработки по справочным данным из Приложения 3.6.

Если припуск (h) снимается за один рабочий ход, то глубина резания определяется как $t = h$, мм.

Если обработка поверхности разделяется на черновую и чистовую стадии, то сначала необходимо назначить глубину резания на чистовой рабочий ход: $t_{\text{чист}} = (0,2 \dots 0,25) \cdot h$ (мм), остальной припуск оставить на черновой рабочий ход, т.е.: $t_{\text{черн}} = h - t_{\text{чист}}$ (мм).

Если черновая обработка выполняется в несколько рабочих ходов, то следует, по рекомендациям выше, назначить величину $t_{\text{чист}}$, а остальную часть припуска (h) разделить на число рабочих ходов (i):

$$t_{\text{черн}} = \frac{h - t_{\text{чист}}}{i}, \text{ мм.}$$

5) Выбор подачи

Подача (S) выбирается в зависимости от назначенной глубины резания (t) и ряда ограничений по нормативным данным из Прил. ПЗ.7.1...ПЗ.7.3.

б) Расчет скорости резания

Допустимая скорость резания (V_T - теоретическая) рассчитывается в зависимости от назначенных величин глубины резания (t), подачи (S) и принятого периода стойкости инструмента (T):

$$V_T = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \text{ м/мин,} \quad (5)$$

где C_v - коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала, вида работы, толщины среза и материала лезвия резца;

x и y - показатели степени при t и S ;

m - показатель степени периода стойкости, зависящий от материала лезвия резца;

C_v , m , x и y определяются по справочным данным из Приложения ПЗ.8.1;

T - средний период стойкости резца, мин,

- при одноинструментальной обработке $T = 30 \dots 60$ мин (меньшее значение для лезвия из быстрорежущей стали);

K_v - общий поправочный коэффициент, учитывающий различие конкретных условий резания от экспериментальных, при которых определены табличные значения коэффициента C_v .

Коэффициент K_v определяется как произведение коэффициентов, учитывающих влияние различных факторов обработки поверхности:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{\Phi v} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{\varphi'v} \cdot K_{\Gamma v}, \quad (6)$$

где K_{Mv} , K_{Iv} , K_{Iv} , $K_{\Phi v}$, $K_{\varphi v}$, $K_{\varphi'v}$ и $K_{\Gamma v}$ - коэффициенты, учитывающие, соответственно: физико-механические свойства обрабатываемого материала, состояние поверхности заготовки, марку инструментального материала, форму передней поверхности резца, главный угол в плане, вспомогательный угол в плане, радиус при вершине резца (только для резцов из быстрорежущей стали), определяются из Приложений ПЗ.8.2...ПЗ.8.8.

По расчетному значению допустимой скорости резания (V_T) определяется требуемая частота вращения шпинделя станка (n_T):

$$n_T = \frac{V_T}{\pi \cdot D_3}, \text{ об/мин,} \quad (7)$$

где D_3 - диаметр обрабатываемой поверхности заготовки, м.

Расчетное значение частоты вращения (n_T) следует откорректировать по паспортным данным станка по Прилож. 3.9, приняв для конкретных условий ближайшее меньшее значение ($n_{ст}$): $n_{ст} < n_T$.

Исходя из фактической частоты вращения шпинделя станка ($n_{ст}$), определяется действительная скорость резания (V_0):

$$V_0 = \pi \cdot D_3 \cdot n_{ст}, \text{ м / мин.} \quad (8)$$

7) Расчет основного технологического времени обработки

Расчет основного технологического (машинного) времени (T_0) является завершающим этапом расчета режима резания. Он выполняется после назначения и расчета элементов режима резания или после их проверочного расчета и корректировки.

Основное технологическое время рассчитывают по формуле:

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n_{ст} \cdot S}, \text{ мин,} \quad (9)$$

где $L = l + l_1 + l_2$, - расчетная длина обработки, мм;

l - длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_1 = t / \operatorname{tg} \varphi + (0,5 \dots 2)$ - величина врезания резца, мм ;

$l_2 = 1 \dots 5$ - величина перебега резца, мм;

i - число рабочих ходов.

3.3.4. Проверка правильности выбора оптимального режима резания по мощности резания

Для проверки по мощности резания (N_p) необходимо определить значения составляющих силы резания, в частности, тангенциальную составляющую силы резания (P_z) по формуле:

$$P_z = C_p \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot V^{n_p} \cdot K_p, \text{ Н;} \quad (10)$$

где C_p - коэффициент, зависящий от физико-механических свойств обрабатываемого и инструментального материалов;

x_p , y_p и n_p - показатели степени при t , S и V ;

C_p , x_p , y_p и n_p определяются по справочным данным из Приложения П10.1;

K_p - поправочный коэффициент, учитывающий различие конкретных условий обработки от экспериментальных, при которых определен коэффициент C_p :

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}; \quad (11)$$

где K_{Mp} - коэффициент, учитывающий различие свойств обрабатываемого материала, определяется из Приложения П3.10.2 ;

$K_{\varphi p}$, $K_{\gamma p}$, $K_{\lambda p}$, K_{rp} - коэффициенты, учитывающие различие геометрических параметров режущей части резца (углов φ , γ , λ и радиуса r), определяются из Приложения П3.10.3.

По усилию резания (P_z) и действительной скорости резания можно определить мощность, затрачиваемую на резание (N_p):

$$N_p = \frac{P_z \cdot V_d}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт.} \quad (12)$$

Сравнивая мощность резания (N_p) с мощностью электродвигателя станка ($N_{ст}$), определяется коэффициент загрузки станка по мощности:

$$\eta_N = \frac{N_p}{N_{ст}} \cdot 100, \% . \quad (13)$$

Выполнение условия ($\eta_N < 100 \%$) свидетельствует о том, что мощность станка удовлетворяет энергетическим требованиям при выбранном оптимальном режиме резания. В противном случае необходимо откорректировать выбранные элементы режима резания и весь расчет повторить.

3.3.5. Настройка станка на выбранный режим резания

1) Настройка цепи привода главного движения

Для обеспечения необходимой частоты вращения шпинделя ($n_{шп}$) следует составить уравнение баланса кинематической цепи привода главного движения станка 16K20 (Приложение 3.11):

$$n_{шп} = n_{эд} \cdot i_{эд-шп}, \text{ об / мин,} \quad (14)$$

где $n_{эд}$ - частота вращения главного электродвигателя станка, об/мин (из паспортных данных или кинематической схемы станка);

$i_{эд-шп}$ - общее передаточное отношение кинематической цепи от электродвигателя станка до шпинделя.

2) Настройка цепи привода подачи

По установленной подаче необходимо составить уравнение баланса кинематической цепи привода подачи станка 16K20 (Приложение 3.11):

- для продольной подачи:

$$S_{прод} = 1_{об.шп} \cdot i_{шп-р.п} \cdot \pi \cdot m \cdot z_{р.к}, \text{ мм / об ;} \quad (15)$$

- для поперечной подачи:

$$S_{поп} = 1_{об.шп} \cdot i_{шп-в.п} \cdot P_{в.п}, \text{ мм / об ;} \quad (16)$$

- для наклонной подачи

$$S_{нак} = 1_{об.шп} \cdot i_{шп-в.н} \cdot P_{в.н}, \text{ мм / об ;} \quad (17)$$

где $i_{шп-р.п}$, $i_{шп-в.п}$, $i_{шп-в.н}$ - передаточные отношения от шпинделя станка до, соответственно: реечной передачи, винта поперечной подачи и винта наклонной подачи;

m и $z_{р.к}$ - модуль зацепления и число зубьев реечного колеса

$P_{в.л}$ и $P_{в.н}$ - шаг винта, соответственно, поперечной и наклонной подач.

Подробно методика составления и расчета уравнений баланса кинематических цепей приводов станка модели 16К20 изложена в работе 2.5.

3.4. Пример выполнения РГР 3

3.4.1. Исходные данные

Задание. Назначить оптимальный режим резания для обработки наружной цилиндрической поверхности **1** (эскиз детали на рис.3.1) и выполнить настройку кинематических цепей станка.

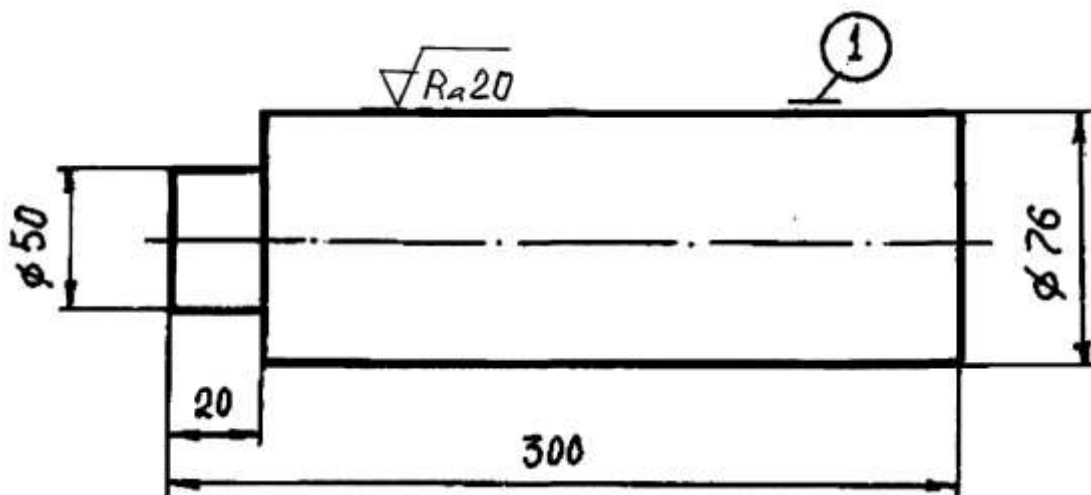


Рис.3.1. Эскиз обрабатываемой детали.

Материал детали: конструкционная углеродистая сталь 45.

Состояние поверхности заготовки: прокат с коркой.

Тип станка: токарно-винторезный модели 16К20.

Дополнительные условия обработки: точение без СОЖ.

3.4.2. Составление схемы обработки

1). Выбор способа закрепления заготовки

Выбор способа закрепления заготовки зависит от отношения (L/D). В нашем примере отношение $L/D = 290/50 = 5,8$, следовательно, необходимо использовать консольное закрепление заготовки в патроне с поджатым задним центром.

Схема обработки показана на рис.3.2.

144

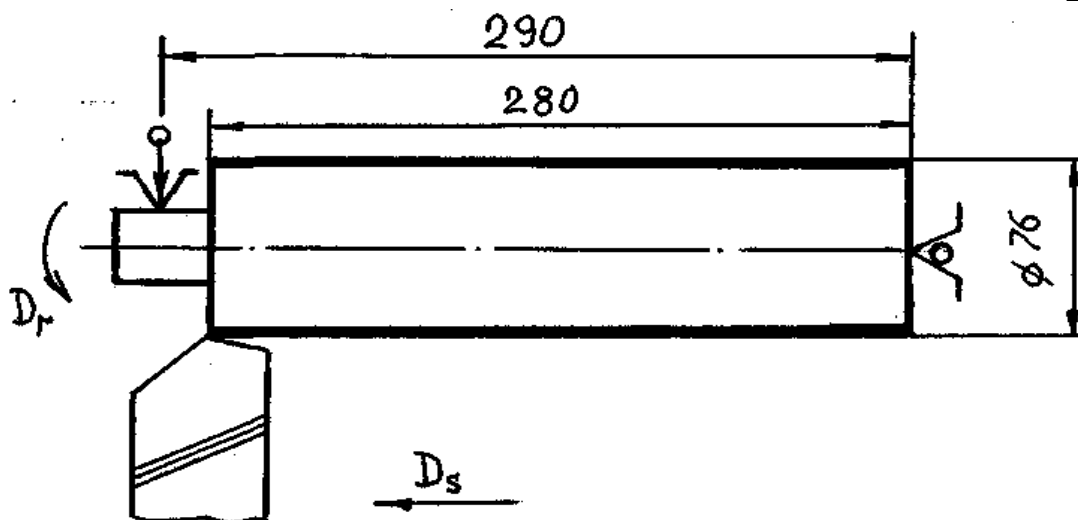


Рис.3.2. Схема обработки.

2) Выбор типа и материала лезвия резца

Выбор типа и материала лезвия резца выполняется в зависимости от формы заданной обрабатываемой поверхности, прочности обрабатываемого материала, стадии и характера обработки.

По заданной шероховатости обработанной поверхности (параметру шероховатости $R_a = 20 \text{ мкм}$) из Таблицы 3.3 определяем стадию обработки - черновая операция.

При черновой обработке поверхности из углеродистой стали 45 (с пределом прочности $\sigma_s = 950 \text{ МПа}$, с коркой) по Прилож.3.2 рекомендуется для режущей части резца применять металлокерамические твердые сплавы группы *ТК*. Используем предпочтительную марку **T15K6**.

Для наружного продольного точения открытой цилиндрической поверхности из табл. П3.3.1 выбираем прямой проходной резец с сечением крепёжной части резца (державки): **$B \times H = 16 \times 25 \text{ мм}$** .

3) Составление чертежа резца

Составление чертежа резца заключается в выборе формы заточки передней поверхности с рекомендуемыми значениями углов режущей части резца.

В нашем примере: для обработки стали 45, с пределом прочности $\sigma_s = 950 \text{ МПа}$, с коркой на поверхности заготовки, проходным прямым резцом из металлокерамического твердого сплава *T15K6* по Приложениям 3.3 и 3.4 выбираем рекомендуемые значения:

- форма заточки передней поверхности режущей части резца - **$З_T$** , т.е. плоская с отрицательной фаской;

- углы в плане: $\varphi = 45^\circ$, $\varphi' = 20^\circ$;
- углы в сечении: $\alpha = 6^\circ$, $\gamma = -5^\circ$, $\lambda = 0^\circ$.

145

Чертеж резца, выполненный с использованием данных, рекомендуемых в приложении ПЗ.3.1, показан на рис.2.22.

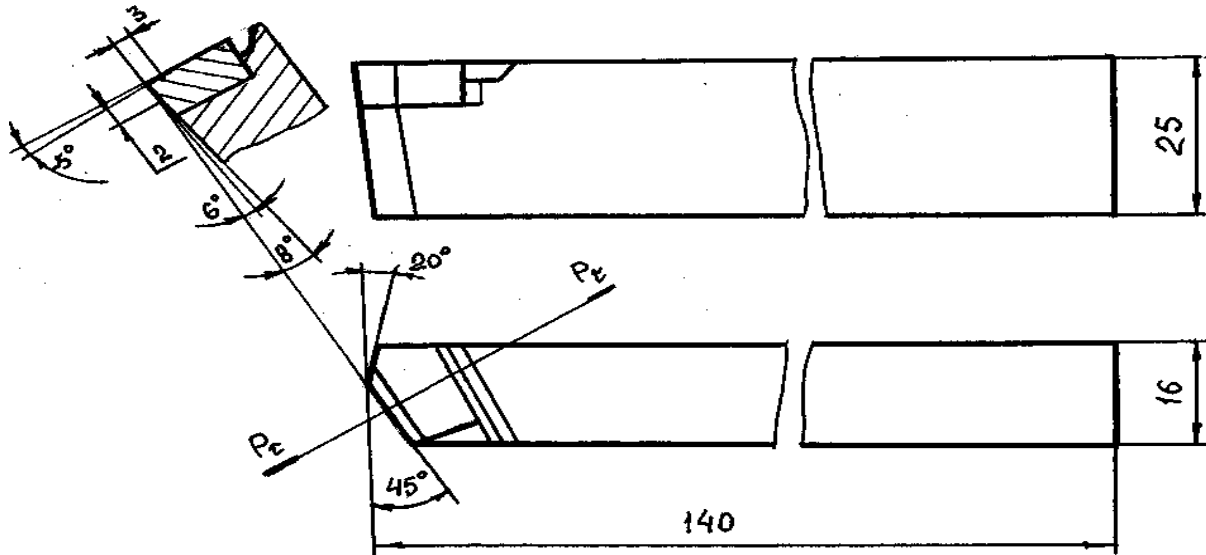


Рис.3.3. Чертеж выбранного резца.

3.4.3. Определение оптимального режима резания

1) Назначение глубины резания

Глубину резания (t) для черновой операции точения принимаем равной припуску на обработку. Если диаметр заготовки $D_3 = 80$ мм, тогда глубина резания (t) равна:

$$t = h = 0,5 (D_3 - D) = 0,5 (80 - 76) = \underline{2 \text{ мм}}.$$

Это значение глубины резания не противоречит рекомендациям Приложения 3.5.

2) Выбор величины подачи

Продольную подачу ($S_{\text{прод}}$) для наружного чернового точения стальной заготовки $D_3 = 80$ мм при глубине резания $t = 2$ мм принимаем по Приложению ПЗ.6.1: $S_{\text{прод}} = 0,5 \dots 1,1$ мм / об.

С учетом характеристик станка (Приложение 3.8) в расчет принимаем $\underline{S_{\text{прод}} = 0,5 \text{ мм/об.}}$

3) Расчет теоретической скорости резания

Скорость резания (V_T) определяем расчетом по формуле (4):

$$V_T = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_v, \text{ м / мин},$$

146

где $T = 60 \text{ мин}$ - период стойкости резца;

C_v, m, x и y определяем по Прилож. ПЗ.7.1:

$$C_v = 267; \quad x = 0,18; \quad y = 0,35; \quad m = 0,25.$$

Значения поправочных коэффициентов для определения коэффициента K_v выбираем из Приложений ПЗ.7.2...ПЗ.7.7:

$$K_{Mv} = 0,6; \quad K_{Pv} = 0,9; \quad K_{Iv} = 1,05; \quad K_{Fv} = 1,2; \quad K_{\phi v} = 1,0; \quad K_{\phi'v} = 0,94,$$

$$K_v = 0,6 \cdot 0,9 \cdot 1,05 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 0,94 = 0,64.$$

$$\text{Тогда: } V_T = (267 \cdot 0,64) / (60^{0,25} \cdot 2^{0,18} \cdot 0,5^{0,35}) = \underline{69,2} \text{ (м/мин)}.$$

4) Расчет частоты вращения шпинделя станка

Определяем требуемую частоту вращения шпинделя станка (n_T) по формуле (6):

$$n_T = V_T / (\pi \cdot D_3) = 69,2 / (3,14 \cdot 0,08) = 275,5 \text{ (об/мин)}.$$

Из паспортных данных станка 16К20 (Приложение 3.8) определяем ближайшее меньшее значение частоты вращения шпинделя станка:

$$n_{ст} = \underline{250} \text{ об/мин}.$$

5) Расчет действительной скорости резания

Действительную (фактическую) скорость резания (V_o) определяем по формуле (7):

$$V_o = \pi \cdot D_3 \cdot n_{ст} = 3,14 \cdot 0,08 \cdot 250 = \underline{62,8} \text{ (м/мин)}.$$

6) Расчет основного технологического времени обработки

Основное технологическое время (T_o) обработки поверхности проходным резцом (с продольной подачей) определяем по формуле (8):

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n_{см} \cdot S}, \text{ мин};$$

где $L = l + l_1 + l_2$ - расчетная длина обработки, мм:

$l = 280 \text{ мм}$ - длина обрабатываемой поверхности;

$l_1 = t / \operatorname{tg} \phi + (1 \dots 3) = 2 / \operatorname{tg} 45^\circ + 1,0 = 3 \text{ мм}$ - величина
врезания резца;

$l_2 = 2 \text{ мм}$ - величина перебега резца;

$i = 1$ - число рабочих ходов резца.

Тогда: $T_o = (280 + 3 + 2) / (250 \cdot 0.5) = \underline{2,28}$ (мин).

147

3.4.4. Проверка правильности выбора оптимального режима резания

Проверку правильности выбора режима резания осуществляем по мощности резания и загрузке станка модели 16K20.

1) Расчет силы резания

Тангенциальную составляющую силы резания (P_z) определяем по формуле (9):

$$P_z = C_p \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot V^{n_p} \cdot K_p, \text{ Н},$$

где C_p , x_p , y_p и n_p принимаем по Прилож. ПЗ.9.1:

$$C_p = 3000; \quad x_p = 1,0; \quad y_p = 0,75; \quad n_p = -0,15.$$

Значения поправочных коэффициентов для определения коэффициента K_p определяем по Приложениям ПЗ.9.2 и ПЗ.9.3:

$$K_{M_p} = (950 / 750)^{0,75} = 1,19; \quad K_{\phi p} = 1,0; \quad K_{\gamma p} = 1,1; \quad K_{\lambda p} = 1,25,$$

$$K_p = 1,19 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,25 = 1,64.$$

$$\text{Тогда: } P_z = 3000 \cdot 2^{1,0} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 62,8^{-0,15} \cdot 1,64 = \underline{3143} \text{ (Н)}.$$

2) Определение мощности резания

Мощность, затрачиваемую на резание (N_p) определяем по формуле (11):

$$N_p = 1,63 \cdot 10^{-5} \cdot P_z \cdot V_o = 1,63 \cdot 10^{-5} \cdot 3143 \cdot 62,8 = \underline{3,22} \text{ (кВт)}.$$

3) Определение коэффициента загрузки станка

Загрузку станка по мощности определяем по формуле (12):

$$\eta_N = (N_p / N_{ст}) \cdot 100 = (3,22 / 10,0) \cdot 100 = \underline{32,2} \text{ (\%)};$$

где $N_{ст} = 10,0$ кВт - мощность главного электродвигателя станка 16K20.

Т.к. $\eta_N < 100 \%$, то делаем вывод о том, что мощности станка достаточно для работы на выбранном оптимальном режиме резания.

3.4.5. Настройка кинематических цепей привода станка

1) Настройка главного движения

Настройку цепи главного движения выполняем по формуле (13):

$$n_{шп} = n_{эд} \cdot i_{эд-шп}, \text{ об / мин},$$

где $n_{эд} = 1450$ об/мин - частота вращения главного электродвигателя станка модели 16K20;

$i_{\text{эд-шп}}$ - общее передаточное отношение кинематической цепи от электродвигателя до шпинделя, определяемое по кинематической схеме станка 16K20 (Приложение 3.10);

148

$$n_{\text{шп}} = 1450 \cdot \frac{140}{258} \cdot 0,98 \cdot \frac{56}{34} \cdot \frac{21}{55} \cdot \frac{30}{60} = 250, (\text{об} / \text{мин}).$$

2) Настройка привода подачи

Настройку цепи привода продольной подачи $S_{\text{прод}} = 0,5 \text{ мм/об}$ выполняем по формуле (14):

$$S_{\text{прод}} = 1_{\text{об.шп}} \cdot i_{\text{шп-р.п}} \cdot \pi \cdot m \cdot z_{\text{р.к}}, \text{ мм/об},$$

$i_{\text{шп-р.п}}$ - общее передаточное отношение кинематической цепи от шпинделя до реечной передачи;

m и $z_{\text{р.к}}$ - модуль и число зубьев реечного колеса,

$i_{\text{шп-р.п}}$, m и $z_{\text{р.к}}$ определяются по кинематической схеме станка 16K20 (Прилож.3.10);

$$S_{\text{прод}} = 1_{\text{об.шп}} \cdot \frac{60}{60} \cdot \frac{30}{45} \cdot \frac{40}{86} \cdot \frac{86}{64} \cdot \frac{28}{28} \cdot \frac{30}{25} \cdot \frac{28}{35} \cdot \frac{35}{28} \cdot \frac{23}{40} \cdot \frac{24}{39} \cdot \frac{28}{35} \cdot \frac{30}{32} \cdot \frac{32}{32} \times \\ \times \frac{32}{30} \cdot \frac{4}{21} \cdot \frac{36}{41} \cdot \frac{17}{66} \cdot \pi \cdot 3 \cdot 10 = 0,5, (\text{мм} / \text{об}).$$

3.5. Контрольные вопросы

1. Перечислите основные виды обработки на токарных станках.
2. Назовите элементы режима резания при точении и последовательность их назначения.
3. Каковы единицы движения подачи и скорости главного движения при обработке заготовок на токарных станках?

Расчетно-графическая работа № 4

"Проектирование фрезерной операции"

4.1. Цель работы

Приобретение навыков и умений: по выбору и расчету оптимальных элементов режима резания при фрезеровании заготовок; назначения геометрии фрез при проектировании фрезерной операции с учетом обеспечения формы и качества обрабатываемой поверхности.

Умение читать кинематические схемы, составлять уравнения кинематических цепей приводов фрезерных станков и выполнять их настройки на требуемый режим фрезерования поверхности заготовки.

4.2. Содержание и порядок выполнения работы

4.2.1. Исходные данные:

- эскиз и материал детали;
- форма и параметр шероховатости обработанной поверхности;
- дополнительные условия фрезерования.

4.2.2. Последовательность выполнения работы

- 1) *Для фрезерования заданной поверхности* (Таблицы 4.1 и 4.2) требуемой формы, размеров, параметра шероховатости и материала заготовки необходимо:
 - назначить стадию обработки (черновая или чистовая);
 - выбрать тип, конструкцию и материал лезвия фрезы;
 - выбрать тип фрезерного станка;
 - изобразить схему обработки, выбрав способ закрепления заготовки и используемое приспособление;
 - составить чертеж фрезы с указанием элементов конструкции и геометрии режущей части.
- 2) *Назначить и рассчитать оптимальные значения* элементов режима резания (фрезерования) в определенной последовательности:
 - глубину и ширину фрезерования;
 - подачу стола фрезерного станка;
 - оптимальную теоретическую скорость резания;
 - теоретическую частоту вращения фрезы;
 - действительную частоту вращения фрезы (по паспортным данным

выбранного станка);

- действительную скорость резания;
- основное (технологическое) время фрезерования поверхности.

150

Таблица 4.1. Исходные данные к РГР 4

№ вари-анта	№ эскиза детали	№ обраб. поверх-ности	Материал детали		Состояние поверхности заготовки
			Марка	Предел прочности σ_b , МПа или твердость (НВ)	
1	1	1	Сталь 30ХГСА	1400	Без корки
2	9	1	Сталь 34ХН3М	600	По корке
3	7	3	Алюм.сплав АМг6	300 (78 НВ)	Без корки
4	6	1	Сталь 35	1000	Без корки
5	10	1	Чугун КЧ40-3	(190 НВ)	По корке
6	3	3	Ал.сплав АК6	411 (98 НВ)	Без корки
7	2	3	Чугун СЧ30	(290 НВ)	Без корки
8	5	1	Сталь 45	900	Без корки
9	8	3	Алюм.сплав АМг5	200 (63 НВ)	По корке
10	4	2	Сталь Х6СМ	900	По корке
11	2	1	Чугун СЧ15	(180 НВ)	По корке
12	1	2	Чугун КЧ30-6	(120 НВ)	По корке
13	9	3	Мед.сплав ЛЦ40С	210 (68 НВ)	Без корки
14	7	1	Сталь 30ХРА	1100	По корке
15	6	2	Сталь 30ХГСА	1400	Без корки
16	10	2	Сталь 20ХН	700	Без корки
17	3	2	Сталь 40ХН	900	Без корки
18	4	1	Сталь 28Х3СНМА	1700	По корке
19	1	3	Алюм.сплав АМг6	300 (78 НВ)	По корке
20	5	3	Мед.сплав БрАЖ9-4	500 (120 НВ)	По корке
21	7	2	Чугун СЧ18	(180 НВ)	Без корки
22	4	3	Чугун СЧ21	(190 НВ)	Без корки
23	3	1	Сталь 20	600	Без корки
24	10	3	Сталь У8А	800	Без корки
25	9	2	Мед.сплав БрКМц3-1	380 (75 НВ)	По корке
26	8	2	Чугун КЧ37-12	(160 НВ)	Без корки
27	5	2	Чугун КЧ35-4	(150 НВ)	По корке
28	8	1	Сталь 28Х3МВФ	880	Без корки

29	6	3	Сталь ХВГ	850	Без корки
30	2	2	Мед.сплав БрОЦ4-3	320 (68 НВ)	Без корки

151

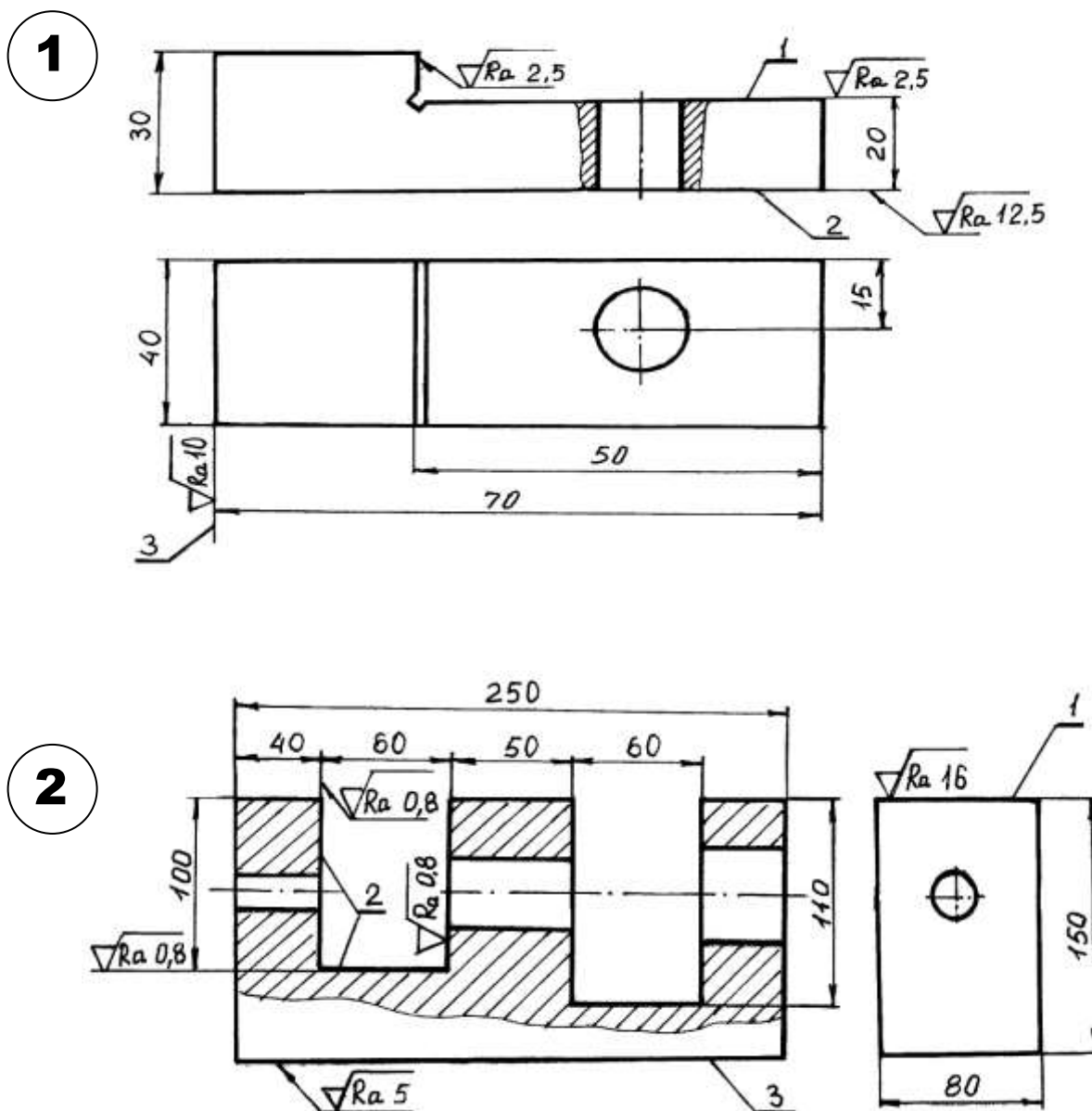
3) Проверить правильность выбора режима резания:

- определить окружную силу резания (фрезерования);
- определить крутящий момент фрезерования;
- проверить загрузку выбранного фрезерного станка по мощности резания.

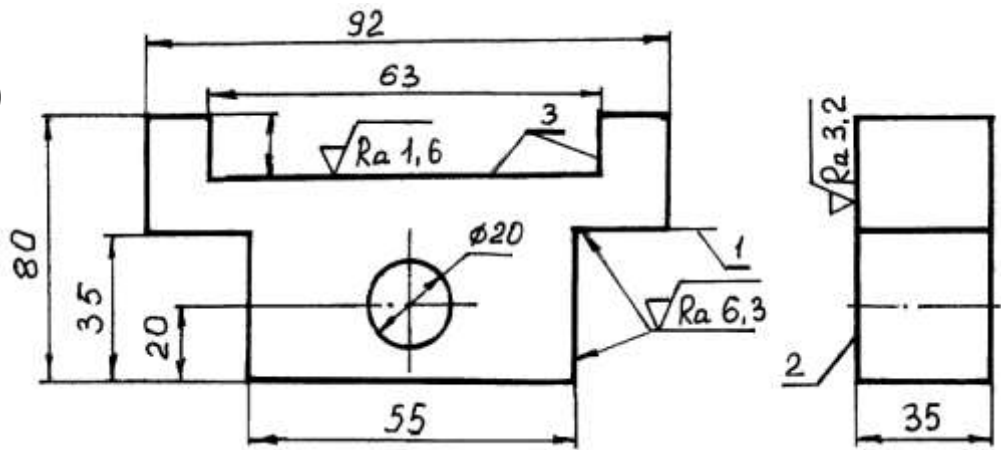
4) Выполнить настройку кинематических цепей приводов фрезерного станка;

- составить уравнение баланса привода главного движения;
- составить уравнение баланса движения подачи стола фрезерного станка.

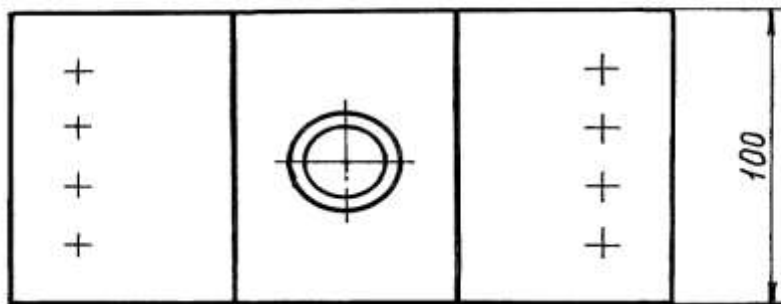
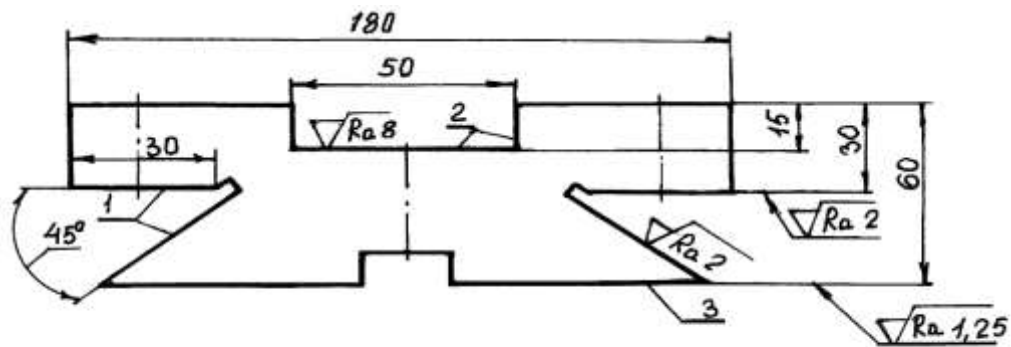
Таблица 4.2. Эскизы деталей к РГР 4.



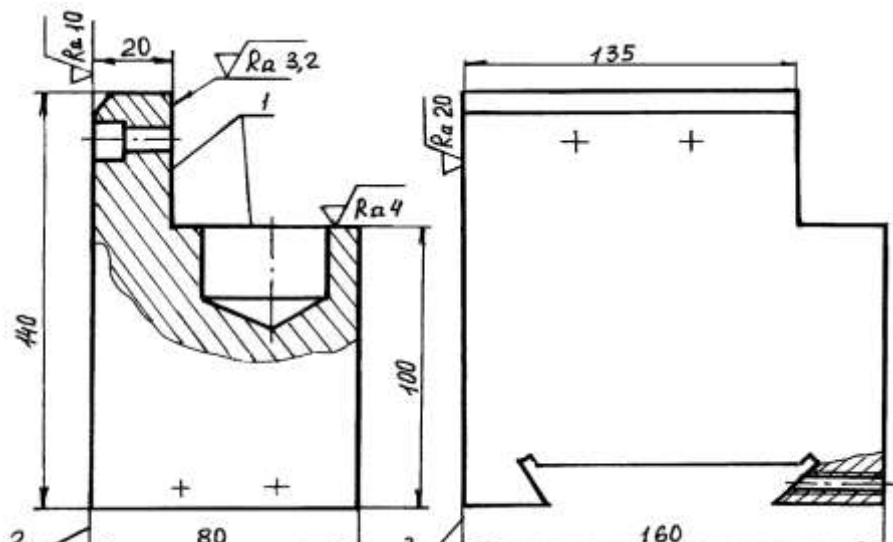
3

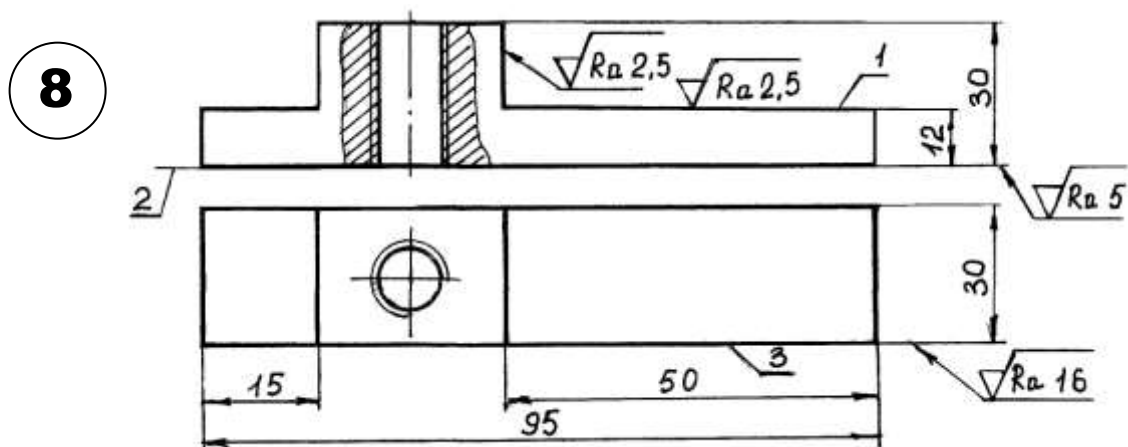
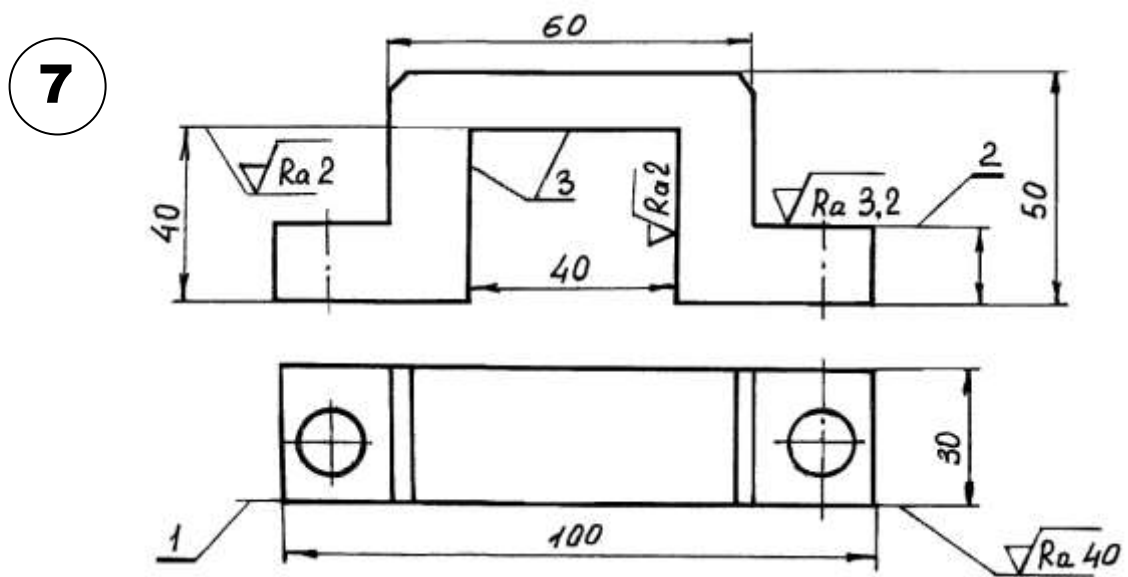
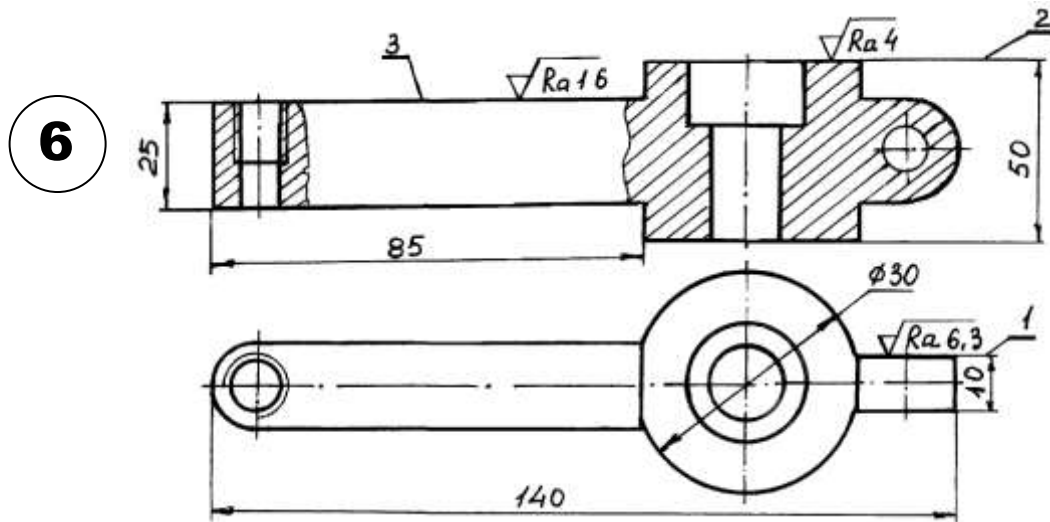


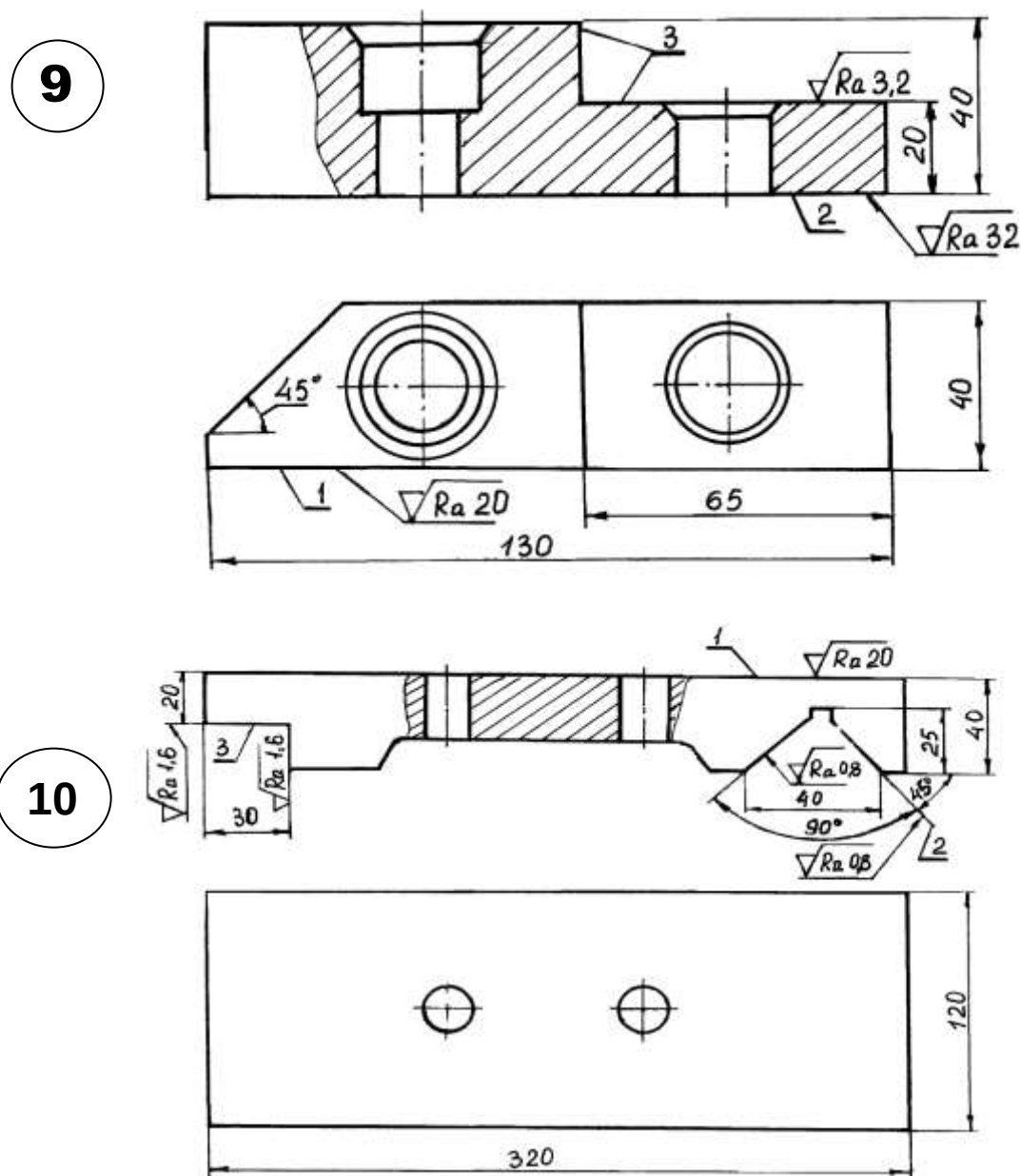
4



5







4.3. Методика выполнения работы

Для выполнения работы необходимо принять исходные данные из Таблицы 4.1 в соответствии с заданным вариантом.

Эскизы деталей с указанием формы, размеров и параметров шероховатости обрабатываемых поверхностей представлены в Таблице 4.2.

Дополнительные данные при фрезеровании студентом принимаются по рекомендациям справочной и нормативной документации [4...8].

Эскиз заданной детали изобразить в пояснительной записке с указа-

нием всех размеров, параметра шероховатости и номера заданной поверхности.

Работа выполняется в последовательности, приведенной в п.4.2.2.

155

4.3.1. Составление схемы обработки

Проектирование фрезерной операции, как и любой другой, следует начать с составления схемы обработки. Для этого необходимо выбрать тип фрезерного станка, тип и конструкцию фрезы, а также, способы и приспособления для закрепления фрезы и заготовки.

При составлении схемы обработки необходимо изобразить заготовку в контакте с режущими лезвиями фрезы, показать способ закрепления заготовки и направления рабочих движений с помощью принятых условных обозначений.

4.3.2. Выбор типа станка и фрезы

Тип фрезерного станка выбирается по конфигурации детали и форме обрабатываемой поверхности из трех наиболее распространенных моделей фрезерных станков: вертикально-фрезерного – 6Н12, горизонтально-фрезерного – 6Н81Г и универсально-фрезерного – 6Б82 (из Приложений 4.1, 4.4...4.6).

Выбор типа фрезы осуществляется исходя из формы обрабатываемой поверхности и особенностей конструкции применяемого фрезерного станка с использованием рекомендаций справочной литературы [2...8].

Цилиндрические фрезы (Рис. 4.1 а и б) применяют для обработки открытых плоскостей и поверхностей. Такие фрезы изготавливают чаще всего с косыми зубьями, что обеспечивает более плавное врезание и равномерное фрезерование. Для уменьшения вибрации применяют крупнозубые цилиндрические фрезы с неравномерным шагом. Цилиндрические фрезы устанавливают на горизонтально- и универсально-фрезерных станках (т.е. на станках с горизонтальной осью вращения шпинделя) и закрепляются на оправках шпинделя с помощью распорных колец и зажимной гайки.

Торцовые фрезы (Рис.4.1в, г и д) имеют зубья на торцевой и цилиндрической поверхностях фрезы. Эти фрезы применяют для обработки открытых поверхностей, их изготавливают чаще всего в виде массивного диска со вставными резцами. Торцовые фрезы могут устанавливаться на любых типах фрезерных станков.

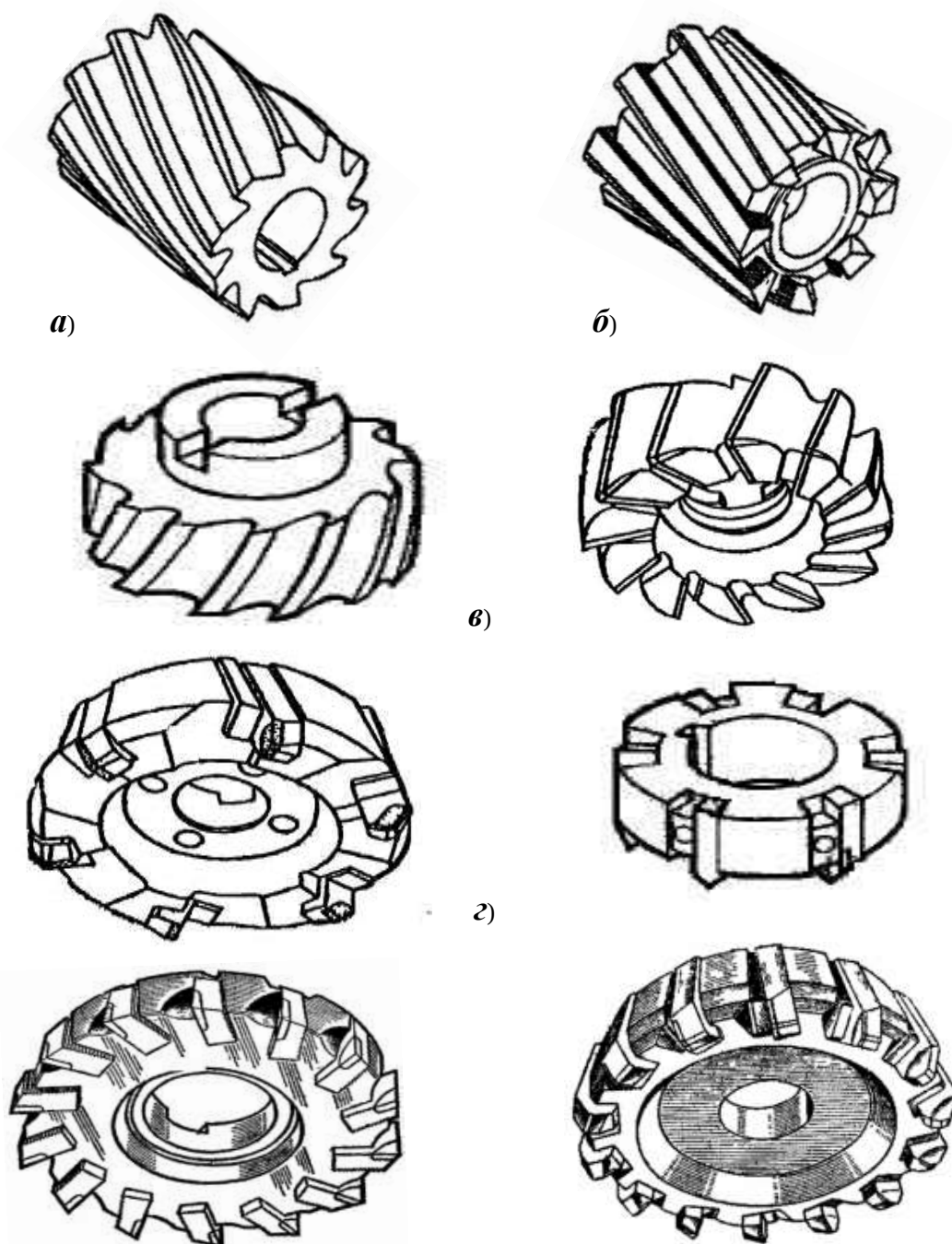
Концевые фрезы (Рис.4.2а и б) применяют для обработки поверхно-

стей, уступов, пазов и криволинейных контуров по разметке и копиру. Концевые фрезы имеют режущие кромки на цилиндрической части и на торце. Как правило, концевые фрезы имеют длину значительно большую, чем диаметр.

156

Дисковые фрезы (Рис.4.2 в, г, д и е) применяют для обработки уступов, пазов, лысок, многогранных боковых поверхностей на прямоугольных и круглых заготовках. Дисковые фрезы могут быть одно-, двух- и трехсторонними, в зависимости от наличия режущих кромок на цилиндрической части или на торцевой части фрезы. Устанавливаются дисковые фрезы в основном на станках с горизонтальной осью шпинделя.

Угловые фрезы (Рис.4.2ж) используют для обработки поверхностей, расположенных под углом друг к другу или угловых пазов и канавок. Различают одно- и двуугловые фрезы.



д)

Рис.4.1. Конструкции цилиндрических и торцовых фрез:

- цилиндрические: цельная (а) и составная (б);
- торцовые: цельная (в) и составные (г и д):

157

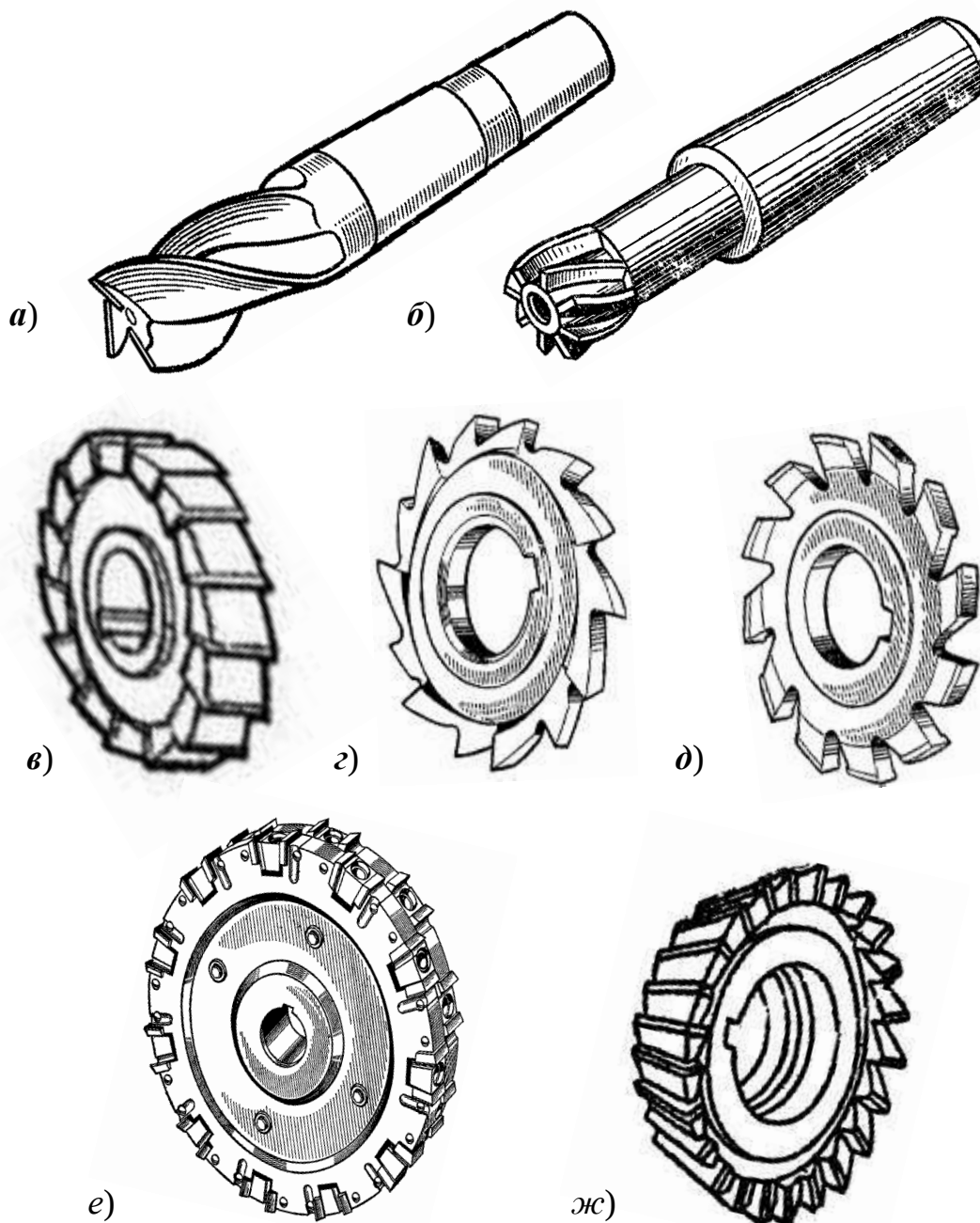


Рис.4.2. Конструкции концевых, дисковых и угловых фрез:

- концевые: цельная (а) и составная (б);
- дисковые: цельные (в, г и д) и сборная (е);
- одноугловая (ж).

Фасонные фрезы применяют для изготовления сложно-фасонных поверхностей, при этом профиль режущей кромки фасонной фрезы должен соответствовать профилю обрабатываемой поверхности.

В качестве материала для режущей части фрез применяют быстрорежущие стали марок Р6М5, Р9К10 и др., металллокерамические твердые сплавы Т15К6, Т5К10, ВК8, ВК6 и др., а также сверхтвердые материалы – композиты 05, 10 (Гексанит-Р) и минералокерамика (ВЗ и Силинит-Р).

158

Фрезы могут быть цельные, составные, сборные и наборные.

Цельные фрезы изготовлены полностью из инструментального материала, к ним относятся фрезы из быстрорежущей стали диаметром менее 12 мм и твердосплавные диаметром менее 5 мм.

Составные и сборные фрезы диаметром более 12 мм выполнены из корпуса (державки) и режущих элементов, которые в виде пластин и вставок припаяны, приклеены или механически закреплены на державке.

Выбор марки инструментального материала фрезы следует осуществлять в зависимости от физико-механических свойств (прочности и твердости) обрабатываемого материала, способа получения заготовки (наличие литейной корки или упрочнения поверхностного слоя при ковке и штамповки и др.), требуемого качества поверхности (шероховатости, точности размера) и стадии выполняемой операции (черновая, чистовая или тонкая).

Для фрезерования различных сталей (незакаленных) рекомендуются фрезы оснащенные твердыми сплавами Т15К6, Т5К10 и быстрорежущими сталями Р6М5, Р9К10. Обработку чугунов следует выполнять фрезами с твердыми сплавами ВК8, ВК6. Медные, алюминиевые и другие сплавы рекомендуется обрабатывать фрезами из быстрорежущей стали Р6М5.

При тонком фрезеровании и при обработке высокопрочных и высокопрочных материалов (закаленных сталей, титановых сплавов и др.) используют фрезы оснащенные композитами и минералокерамикой.

4.3.3. Составление чертежа фрезы

На выбранную конструкцию фрезы необходимо составить рабочий чертеж с указанием основных конструктивных размеров и значений углов заточки режущего лезвия.

Основные размеры фрезы определяются по эмпирическим зависимостям через выбранные значения элементов режима резания:

- цилиндрические фрезы: $L = (1,1...1,2) B$, мм;
- торцовые фрезы: $D = (1,25...1,4) B$, мм;
- концевые фрезы:
при обработке пазов - $D = t$, мм; $l = (1,1...1,2) B$, мм;
при обработке уступов - $D = (1,1...1,2) \cdot t$, мм; $l = (1,1...1,2) B$, мм;
- дисковые фрезы:

при обработке пазов - $B = B_{паза}$; $D = 2t + d + (12...16)$, мм;
 при обработке уступов -

$$B = (1,1...1,2) B_{уст}; D = 2t + d + (12...16), \text{ мм.}$$

где L - длина фрезы, мм;

D - диаметр фрезы, мм;

159

l - длина режущей части фрезы, мм;

B - ширина фрезерования, мм;

t - глубина резания, мм;

d - диаметр установочного кольца, мм.

Основные конструкции фрез приведены в Приложениях 4.1...4.5, стандартные конструкции специальных фрез можно определить в указанной справочной литературе [2...8].

Рекомендации по форме, размерам и значениям углов режущих лезвий фрез приведены в Приложениях 4.6 и 4.7.

4.3.4. Назначение оптимального режима резания

1) Назначение глубины и ширины фрезерования

Глубина резания " t " и ширина фрезерования " B " – понятия, связанные с размерами припуска (слоя металла на заготовке), срезаемого при фрезеровании. Во всех видах фрезерования, кроме фрезерования торцовыми фрезами, глубину резания измеряют в направлении перпендикулярном к оси фрезы (для фрезерования торцовыми фрезами " t " параллельна оси фрезы).

Ширину фрезерования " B " измеряют в направлении перпендикулярном глубине резания.

При назначении глубины и ширины фрезерования нужно стремиться снять весь припуск за один рабочий ход (с учетом мощности и жесткости станка).

Для чистового и, особенно, тонкого фрезерования следует назначать t и B такими, чтобы получить требуемое качество поверхности. Выбор стадии обработки при фрезеровании (черновое, чистовое или тонкое) выполняется исходя из требований, предъявляемых к качеству обрабатываемой поверхности, по рекомендациям в Таблице 4.3.

Таблица 4.3. Стадии фрезерования поверхностей заготовок

Параметр шероховатости, Ra , мкм	Точность размера (квалитет)	Стадии фрезерования
--	--------------------------------	------------------------

от 40 до 5	10...11	Черновое фрезерование
от 5 до 1,25	8...9	Чистовое фрезерование
от 1,25 до 0,32	6...7	Тонкое фрезерование

160

2) Назначение подачи

При фрезеровании различают три вида подач:

- минутная подача - " S_m " или скорость подачи - " V_s ", в мм/мин;
- подача на оборот фрезы - " S_o ", в мм/об;
- подача на зуб фрезы - " S_z ", в мм/зуб.

Между этими видами подач имеется взаимосвязь:

$$V_s = S_m = S_o \cdot n_{\phi} = S_z \cdot z_{\phi} \cdot n_{\phi}, \text{ мм/мин};$$

где z_{ϕ} - число зубьев фрезы,

n_{ϕ} - частота вращения фрезы, об/мин.

Рекомендуемые значения подачи при фрезеровании приведены в таблицах Прилож. 4.8.

В паспорте станка (Приложение 4.12) приводятся значения S_m , однако расчет элементов режима резания ведется по величине S_z . Основными факторами, определяющими подачу на зуб (S_z) при черновом фрезеровании, являются прочность зуба и жесткость технологической системы.

При чистовом фрезеровании подача выбирается в зависимости от необходимой величины параметра шероховатости обработанной поверхности.

Кроме того, при фрезеровании цилиндрическими фрезами следует учитывать применяемый метод фрезерования (*попутное* или *встречное*), а при торцовом фрезеровании - *симметричное* или *несимметричное* расположение фрезы относительно обрабатываемой поверхности заготовки.

3) Определение теоретической скорости резания

Скоростью резания при фрезеровании является окружная скорость фрезы, теоретическое значение которой определяется по формуле:

$$V_T = \frac{C_v \cdot D_{\phi p}^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z_{\phi p}^p} \cdot K_v, \text{ м/мин}, \quad (4.1)$$

где C_v - коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и условий обработки;

$D_{\phi p}$ - диаметр фрезы, мм;

T - период стойкости фрезы, мин;

t, S_z, B, z_{ϕ} - глубина резания, подача на зуб фрезы,
 ширина фрезерования и число зубьев фрезы;
 x, y, q, u, p - показатели степени при $t, S_z, B, z_{\phi p}$;
 m - показатель степени периода стойкости, зависящий
 от материала режущего лезвия фрезы;
 K_v - общий поправочный коэффициент, учитывающий
 отличие фактических условий резания от эталонных;

161

Значения C_v, m, x, y, q, u, p выбираются по справочным данным, которые приведены в Приложении 4.9.

Среднее значение периода стойкости фрезы (T) определяется по рекомендациям Приложения 4.10.

Коэффициент K_v определяется как произведение коэффициентов, учитывающих влияние различных факторов обработки поверхности:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{Iv},$$

где K_{Mv}, K_{Iv} и K_{Iv} - коэффициенты, учитывающие, соответственно: физико-механические свойства обрабатываемого материала, состояние поверхности заготовки и марку инструментального материала, значения которых приведены в Приложении 4.11.

4) Выбор частоты вращения фрезы.

Частота вращения фрезы и шпинделя фрезерного станка выбирается из паспортных данных используемого станка по теоретической частоте вращения фрезы (n_T), которая определяется через теоретическую скорость резания (V_T):

$$n_T = \frac{V_T}{\pi \cdot D_{\phi p}}, \text{ об/мин,} \quad (4.2)$$

где $D_{\phi p}$ - диаметр фрезы, м.

По паспортным данным фрезерного станка из Приложения 4.12 устанавливается действительная частота вращения шпинделя ($n_{ст}$), значение которой должно быть ближайшим меньшим к расчетной величине " n_T ", т.е. должно выполняться условие: $n_{ст} < n_T$.

5) Расчет действительной скорости резания

Действительная скорость резания (V_{ϕ}) определяется исходя из фактической частоты вращения шпинделя станка ($n_{ст}$):

$$V_{\phi} = \pi \cdot D_{\phi} \cdot n_{ст}, \text{ м / мин.} \quad (4.3)$$

6) Расчет машинного времени обработки

После окончательного выбора элементов режима резания определяется основное технологическое (машинное) время обработки (T_o):

$$T_o = (L \cdot i) / S_m, \text{ мин}, \quad (4.4)$$

где $L = l + y + y_1$, - расчетная длина рабочего хода фрезы, мм;

l - длина фрезеруемой поверхности, мм;

y - величина врезания фрезы, мм ;

$y_1 = 1 \dots 5$ - величина перебега фрезы, мм;

i - число рабочих ходов фрезы при снятии припуска;

162

S_m - минутная подача стола относительно фрезы, определяемая по формуле: $S_m = S_z \cdot z_{\phi} \cdot n_{\text{ст}}$, мм/мин, (4.5)

Величина врезания фрезы (y) определяется в зависимости от вида фрезерования и типа фрезы (схемы обработки показаны на рис.4.3).

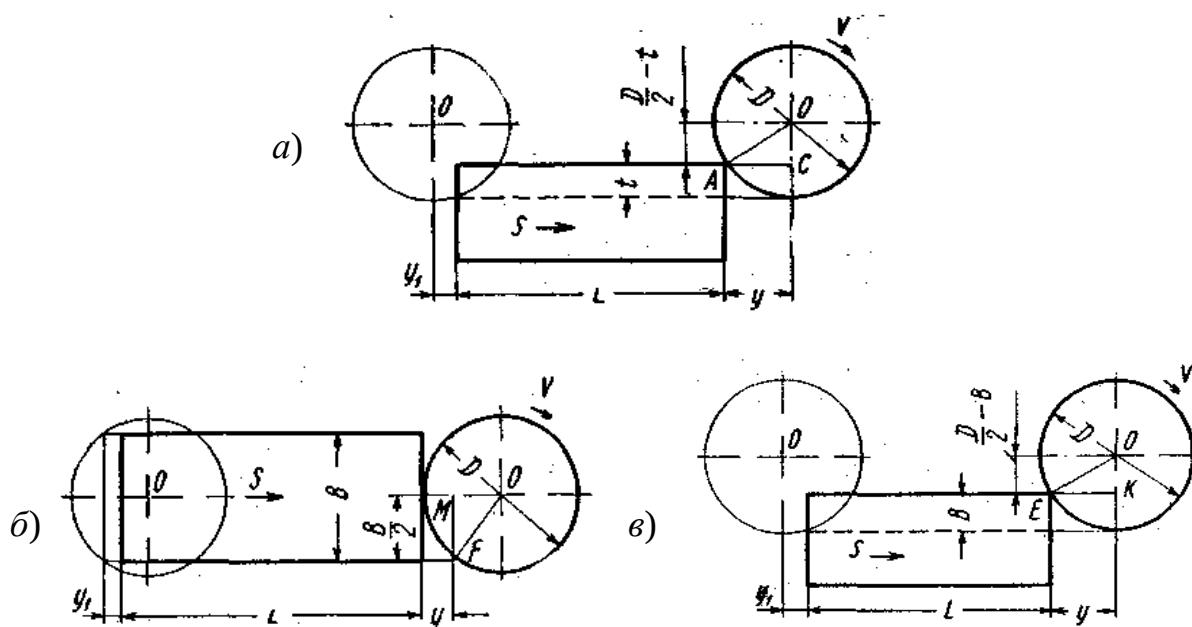


Рис.4.3. Схемы к расчету величины врезания (y) при фрезеровании:

- а) цилиндрическими, концевыми, дисковыми, угловыми и модульными фрезами;
- б) торцовыми фрезами при симметричном фрезеровании;
- в) торцовыми фрезами при несимметричном фрезеровании.

Формулы для определения величины (y) при фрезеровании:

- по схеме на рис.4.3а: $y = \sqrt{t \cdot (D - t)}$, мм;

- по схеме на рис.4.3б: $y = 0,5 \cdot (D - \sqrt{D^2 - B^2})$, мм;

- по схеме на рис.4.3в: $y = \sqrt{B \cdot (D - B)}$, мм.

4.3.5. Проверка правильности выбранного режима резания

Правильность режима резания определяется по эффективной мощности резания при фрезеровании ($N_э$), которая рассчитывается через силу резания (P_z) и крутящий момент ($M_{кр}$) относительно оси фрезы.

1) Определение силы и крутящего момента резания

Главной составляющей силы резания при фрезеровании является окружная сила P_z , которая определяется по эмпирической формуле:

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^{x_p} \cdot S_z^{y_p} \cdot B^{u_p} \cdot Z_{фр}}{D_{фр}^{q_p} \cdot n^{w_p}} \cdot K_{Mp}, \text{ Н}; \quad (4.6)$$

163

где C_p - коэффициент, зависящий от физико-механических свойств обрабатываемого и инструментального материалов;

$D_{фр}$ - диаметр фрезы, мм;

x_p, y_p, u_p, q_p и w_p - показатели степени при $t, S_z, B, D_{фр}$ и n ;

C_p, x_p, y_p, u_p, q_p и w_p - определяются по справочным данным из Приложения 4.13;

K_{Mp} - коэффициент, учитывающий свойства обрабатываемого материала, определяется по Приложению 4.14.

Крутящий момент относительно оси фрезы можно рассчитать по формуле:

$$M_{кр} = 0,5 \cdot (P_z \cdot D_{фр}), \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (4.7)$$

где $D_{фр}$ - диаметр фрезы, м.

2) Расчет эффективной мощности резания

Эффективная мощность резания определяется по формуле:

$$N_э = 1,05 \cdot 10^{-4} \cdot (M_{кр} \cdot n_{ст}), \text{ кВт}, \quad (4.8)$$

3) Проверка загрузки станка по мощности

Загрузка станка по мощности (η_N) определяется по отношению мощностей: эффективной ($N_э$) и на шпинделе станка ($N_{шп}$):

$$\eta_N = (N_э / N_{шп}) \cdot 100 \%, \quad (4.9)$$

где $N_{шп} = N_{эд} \cdot \eta_{ст}$, кВт, - мощность на шпинделе станка,

$N_{эд}$ - мощность электродвигателя станка (кВт), из паспортных данных фрезерного станка (Приложение 4.12);

$\eta_{ст}$ - коэффициент полезного действия фрезерного станка, принимается в пределах 0,85...0,9.

При правильном назначении элементов режима резания величина η_N % не должна превышать 100 %. В противном случае элементы режима

резания (t , S , B и V) необходимо скорректировать и повторить весь расчет режима резания.

4.3.6. Настройка кинематических цепей привода станка.

Настройка кинематических цепей привода фрезерного станка заключается в составлении уравнений кинематического баланса цепей приводов: главного движения и движения подачи.

Расчет и настройка кинематических цепей выполняется по кинематической схеме принятого в расчете фрезерного станка (Приложения 4.15...4.17) или [10].

164

1) Настройка цепи главного движения

Уравнение кинематического баланса цепи привода главного движения, т.е. вращения шпинделя с фрезой, имеет вид:

$$n_{\text{шп}} = n_{\text{эд}} \cdot i_{\text{эд-шп}}, \text{ об/мин}, \quad (4.10)$$

где $n_{\text{эд}}$ - частота вращения главного электродвигателя станка, об/мин;

$i_{\text{эд-шп}}$ - общее передаточное отношение в цепи привода главного движения от электродвигателя до шпинделя.

2) Настройка цепи привода подач

Уравнение кинематического баланса цепи привода движения подач составляется по величине минутной подачи (S_m), установленной расчетом.

Т.к. исполнительными трансформирующими механизмами в приводах всех подач стола служат винтовые передачи, то уравнение кинематического баланса для любой подачи (продольной, поперечной и вертикальной) имеет вид:

$$S_m = n_{\text{эдп}} \cdot i_{\text{эдп-вп}} \cdot t_{\text{хв}} \cdot K_v, \text{ мм/мин}, \quad (4.11)$$

где $n_{\text{эдп}}$ - частота вращения электродвигателя привода подач, об/мин;

$i_{\text{эдп-вп}}$ - общее передаточное отношение в коробке подач от электродвигателя до ходового винта винтовой передачи (зависит от вида подачи);

$t_{\text{хв}}$ - шаг резьбы ходового винта стола, мм;

K_v - число заходов резьбы винтовой передачи;

4.4. Образец оформления пояснительной записки РГР 4

ЗАДАНИЕ: Назначить оптимальный режим резания для фрезерования заданной поверхности детали, выполнить проверку станка по мощности и настройку кинематических цепей приводов станка.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ (из таблицы 4.1).

«ЭСКИЗ ЗАДАННОЙ ДЕТАЛИ» (из таблицы 4.2).

Последовательность выполнения работы

1. Определяем стадию обработки поверхности (из таблицы 4.3).
2. Составляем схему обработки заготовки.
 - 2.1. Выбираем тип фрезы и станка по приложениям (указать №№ приложений [*]).
 - 2.2. Выбираем способ закрепления заготовки.

165

- 2.3. Составляем схему обработки, на которой изображаем
*«ЭСКИЗ ЗАКРЕПЛЕННОЙ ЗАГОТОВКИ В КОНТАКТЕ
С ВЫБРАННОЙ ФРЕЗОЙ»*.
- 2.4. Составляем чертеж фрезы по выбранным конструктивным и геометрическим параметрам, используя информацию Приложений 12...16 [*] и таблиц (№ таблицы [*]).
Изображаем *«ЧЕРТЕЖ ФРЕЗЫ»*.

Далее задание выполняется в соответствии с п. 4.2.2 данных МУ

ПРИМЕЧАНИЕ:

1. [*] - ссылки на номер источника, представленного в РГР.
2. Ссылки на номер формулы из источника указываются в виде:
(№ формулы) [№ источника].

Литература

1. Дриц М.Е., Москалев М.А. Технология конструкционных материалов и материаловедение. - М.: Высшая школа, 1990. - 446 с.
2. Титов Н.Д., Степанов Ю.А. Технология литейного производства - М.: Машиностроение, 1985
3. Материаловедение и технология металлов / под ред. Фетисова Г.П. / - М.: Высшая школа, 2006
4. Полухин П.И., Хензель А. и др. Технология процессов обработки металлов давлением. М. Металлургия, 1988, 408с
5. Некрасов С.С., Потапов Г.К., Пономаренко А.М. Практикум по технологии конструкционных материалов и материаловедению. М., Агропромиздат, 1991, 287с.
6. Раскинд В.Л. Справочник молодого кузнеца-штамповщика. М., «Высшая школа», 1985, 256с.
7. Справочник технолога-машиностроителя./Под ред. Дальского А.К. - М.: Машиностроение, 2003.
8. Режущие инструменты, оснащенные сверхтвердыми и керамическими материалами и их применение. Справочник / В.П.Жедь. - М.: Машиностроение. 1987. - 320 с.
9. Островский В.И. Теория резания металлов. Расчет оптимальных режимов резания. Уч. пособие. - Л.: СЗПИ. 1986. - 68 с.
10. Технология конструкционных материалов. Учебник для студентов машиностр. специальностей вузов / А.М.Дальский, Т.М.Барсукова, Д.Н.Бухаркин и др.; Под общ. ред. А.М.Дальского. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1993. - 448 с.
11. Горбунов Б.Н. Обработка металлов резанием, металлорежущий инструмент и станки. - М.: Машиностроение, 1981. - 287 с.
12. ГОСТ 25762-83. Обработка резанием. Термины, определения и обозначения общих понятий.

13. ГОСТ 25751-83. Инструменты режущие. Термины и определения общих понятий.
14. ГОСТ 8615-89. Головки делительные универсальные. Общие технические условия.
15. ГОСТ 9323-79. Долбяки зуборезные чистовые. Технические условия.

167

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1.

Пример оформления титульного листа.

Кафедра технологии металлов

ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА №__

(Тема работы)

Вариант №__

Выполнил; ст. гр. __ __

(Ф И О)

Принял: (ФИО преподавателя)

200_г

168

1. ПРИЛОЖЕНИЯ к РГР 1.

Приложение 1.1.

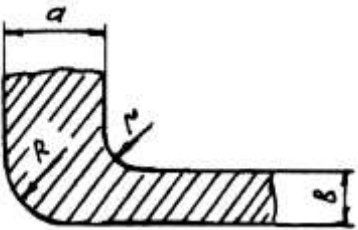
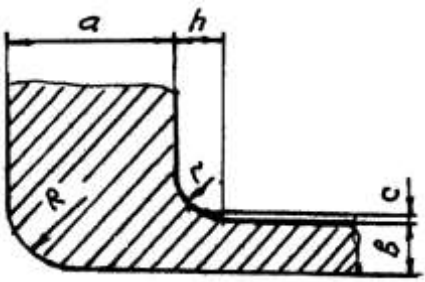
**Формовочные уклоны основных поверхностей
модельного комплекса при применении песчано-глинистых
смесей (выборка из ГОСТ 3212-80)**

Высота поверхности модели, мм	Угол наклона β деревянных моделей, град.	Высота поверхности модели, мм	Угол наклона β деревянных моделей, град.
11...30	1° 31'	121...180	0° 32'
31...50	1° 02'	181...250	0° 22'
51...80	0° 45'	251...315	0° 22'
81...120	0° 32'	316...500	0° 21'

Приложение 1.2.

Способы выполнения галтелей на отливках

Характер сопряжений стенок отливки	$a : b$	Радиусы галтелей (r)
	<2	$r = \left(\frac{1}{6} \dots \frac{1}{3}\right) \cdot 0,5 \cdot (a + b)$

	≤ 2	$R = a ;$ $r = \left(\frac{1}{6} \dots \frac{1}{3} \right) \cdot 0,5 \cdot (a + b)$
	> 2	$c = 3\sqrt{a \cdot b}; b + c \leq a ;$ $R = r + 0,5(a + b);$ $r = \left(\frac{1}{6} \dots \frac{1}{3} \right) \cdot 0,5 \cdot (a + b):$ для стали: $h = 4c;$ для чугуна и цветных сплавов: $h = 5c.$

169

Приложение 1.3.

Припуски на механическую обработку (выборки из ГОСТ 1855-55 и ГОСТ 2012-55)

Материал отливки (детали)	Наибольший размер отливки, мм	Положение модели при заливке	Припуск, мм
Чугун	до 120	верх – низ, бок	3,5...2,5
	121...200		4,0...3,0
	201...500		6,0...5,0
Сталь	до 120	верх – низ, бок	4,5...4,0
	121...260		5,0...4,0
	261...500		7,0...6,0
Сплавы цветных металлов	до 50	верх – низ, бок	1,5...1,0
	51...120		2,0...1,5
	121...250		3,0...2,0

Приложение 1.4.

Высота вертикальных и длина горизонтальных стержневых знаков при формовке по-сырому (выборка из ГОСТ 3606-80).

Размер стержня D , мм	Длина стержня между опорами, L , мм							
	≤ 50		51...150		151...300		301...500	
	h_n/h_g	l	h_n/h_g	l	h_n/h_g	l	h_n/h_g	l
до 25	20/15	15	25/15	25	--	--	--	--
26...50	20/15	20	40/25	35	65/35	45	70/40	60
51...100	25/15	25	35/20	40	50/30	50	70/40	60
101...200	30/20	30	30/20	50	40/25	55	60/35	80
свыше 200	35/20	35	40/25	55	40/25	60	50/30	90

170

Приложение 1.5.

**Зазоры между знаками формы и стержня
при формовке "по-сырому".**

Высота знака h_g и h_n или длина знака l , мм	Зазор S_1 при длине l или диаметре D стержня, мм					Зазор S_2 , мм
	до 50	51...100	101...300	301...500	501...750	
до 25	0,15	0,15	0,25	--	--	--
26...50	0,25	0,25	0,5	1,0	1,0	1,5...2,5
51...100	0,5	0,5	1,0	1,0	1,5	2,0...5,0
101...300	1,0	1,0	1,0	1,5	2,0	3,0...6,0
301...500	1,0	1,5	1,5	2,0	2,5	4,0...7,5

Приложение 1.6.

Соотношение площадей питателей.

Размеры и материал отливок	Соотношение площадей питателей $\sum F_n : F_{шл} : F_{см}$
----------------------------	---

Для мелких и средних отливок из серого чугуна	1,0 : 1,1 : 1,5
Для крупных отливок из серого чугуна	1,0 : 1,2 : 1,4
Для мелких и средних отливок из ковкого чугуна	1,0 : 1,1 : 1,2
Для мелких и средних отливок из стали	(1,0...1,5) : 1,0 : 1,0
Для отливок из сплавов цветных металлов	1,5 : 1,0 : 0,9

171

Приложение 1.7.

Толщина слоя формовочной смеси на различных участках формы.

Вид формы	Расстояние: (мм)				
	от модели до стенок опоки	от модели до верха формы	от модели до низа формы	между отдельными моделями:	
				для нижней полуформы	для верхней полуформы
Мелкие	20...30	35...60	50...75	$\frac{1}{3}$ -я часть высоты модели в полуформе	$\frac{1}{2}$ -я часть высоты модели в полуформе
Средние	50...75	75...100	120...125		
Крупные	125...200	150...250	150...250	--	--

Приложение 1.8.

Основные размеры опок (выборка из ГОСТ 2133-75).

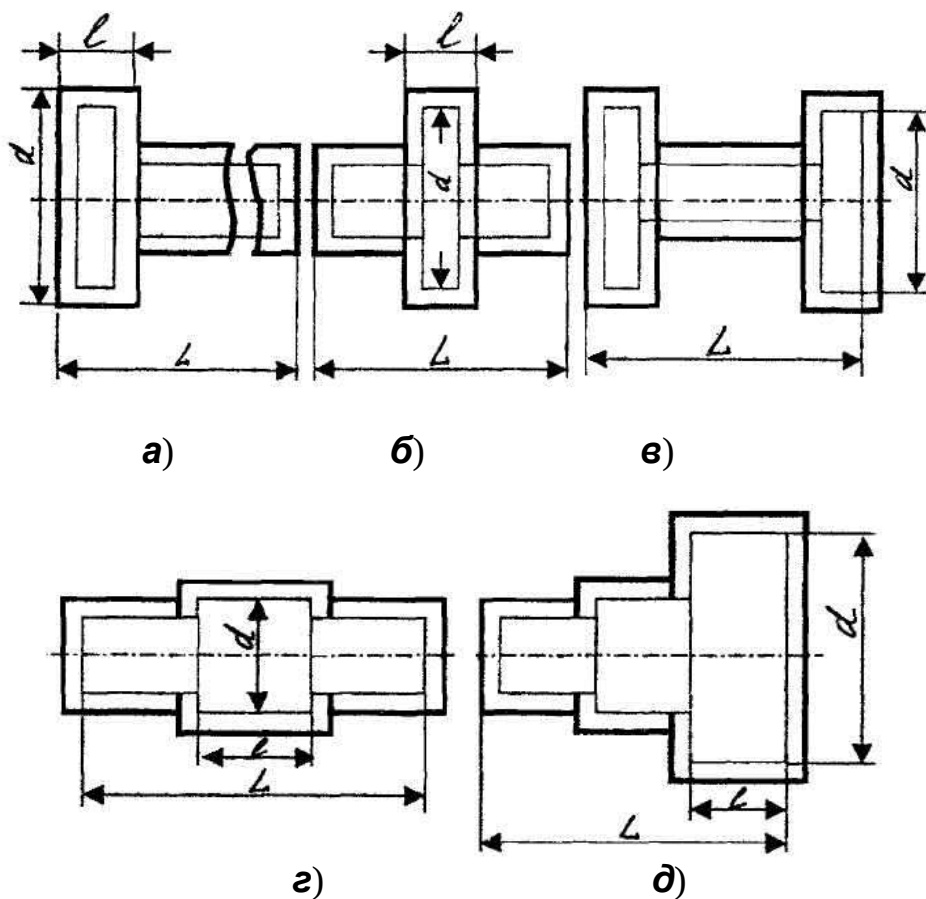
Длина L и диаметр опок, мм	Ширина опок B , мм	Высота опок H , мм
---------------------------------	----------------------	----------------------

300...500	250...500	50...300
560...750	250...750	75...360
800...1200	250...1200	100...600
1400...1600	360...1600	150...600
1800...2200	450...2200	150...600

2. ПРИЛОЖЕНИЯ К РГР 2

Приложение 2.1.

Типовые поковки валов и наименование элементов поковок.



Элемент поковки	Обозначение	Определение
Фланец (рис. а)	Ф	Концевой участок увеличенного поперечного сечения, длина которого $l \leq 0,3d$, где d – диаметр участка
Бурт (рис. б)	Б	Неконцевой участок поковки увеличенного поперечного сечения, длина которого $l \leq 0,3d$, $L > 1,5d$
Выемка (рис. в)	В	Участок поковки, поперечное сечение которого меньше поперечных сечений смежных с ним участков ($L > 1,5d$)
Уступ (рис. г)	У	Участок поковки, поперечное сечение которого меньше поперечного сечения смежного с ним участка ($l \leq 0,3d$ и $L > 1,5d$)
Выступ (рис. д)	Вс	Участок поковки, поперечное сечение которого больше поперечного сечения смежного с ним участка ($l \leq 0,3d$ и $L > 1,5d$)

173

Приложение 2.2.

Предельные длины концевых и промежуточных уступов, выполняемых на поковках, мм



Наименование уступа	Диаметр выступа или прилегающего к рассматриваемому уступу															
	До 40	41 - 50	51 - 60	61 - 70	71 - 80	81 - 100	101 - 120	121 - 140	141 - 161	161 - 181	181 - 200	201 - 220	221 - 250	251 - 280	281 - 300	
Наибольшая длина уступа l_1, l_2, l_3, l_4 , не выполняемого на поковке, а откованного по диаметру среднего выступа																
Концевой уступ	15	15	20	25	30	35	40	45	50	55	65	75	85	90	100	

До 500	12	15	15	15	20	20	22	25	30	35	40	45	50	60
501...1000	15	15	18	20	25	25	30	35	40	45	50	60	70	80
более 1000	15	20	20	25	30	35	40	45	50	55	65	75	85	100

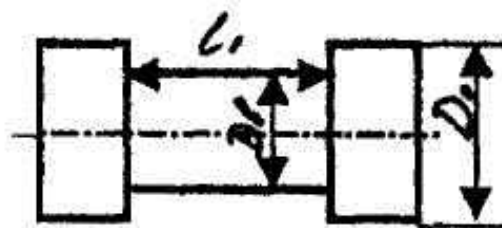
Примечания:

1. Таблица действительна только при ковке вытяжкой.
2. Если длина концевого выступа (фланца) или ширина бурта меньше личного значения, то следует назначить напуск в сторону прилежащего уступа до табличного значения.

175

Приложение 2.4.

Наименьшие размеры выемки, при которых она выполняется на поковках.



Длина выемки, l_1 , мм	Диаметр наибольшего сечения, примыкающего к выемке, D_g , мм													
	30... 50	51... 60	61... 70	71... 80	81... 100	101... 120	121... 140	141... 160	161... 180	181... 200	201... 220	221... 250	251... 280	более 300
до 70	наименьший отковываемый диаметр выемки, D_g													
71...100	35													
101...120	32	40												
121...160	30	35	45	50	70									
161...180	25	32	40	45	65	80	95							
181...200	25	30	35	45	60	75	90	110						
201...250	25	30	32	40	55	70	85	100	120					
251...280	20	25	30	35	50	65	75	90	110	120				

281...360	20	25	25	30	45	60	70	85	100	120	125	145		
361...400	20	20	25	30	40	55	65	80	90	100	120	130	150	
401...500	15	20	25	30	40	50	60	70	85	95	110	120	140	190
501...600	15	20	20	25	35	45	50	65	75	85	95	110	120	170
601...750	12	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	115	155
751...1000				20	30	35	45	50	60	70	80	90	105	140
св. 1000							40	45	55	60	70	80	90	120

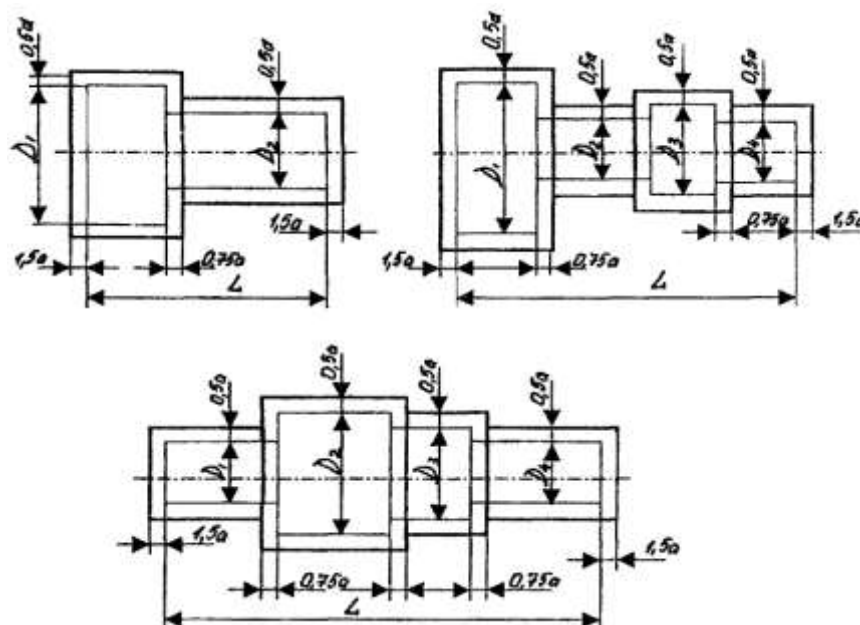
Примечание:

1. Если выемки у заданной поковки меньше указанных в таблице, то необходимо предусмотреть напуск по диаметру выемки, т.е. увеличить её диаметр до значения в таблице.
2. Если выемки у заданной поковки больше указанных в таблице, то выемка выполняется с заданными размерами.
3. Неуказанные в таблице размеры ковки не получают а выполняются напуск.

176

Приложение 2.5.

Припуски на механическую обработку поковок и допуски на ковку под молотами круглых поковок с уступами и выступами (выборка из ГОСТ 7829-70)



401...800	5±2	7±2	8 ⁺² ₋₃	9 ⁺² ₋₃	11±3	12 ⁺³ ₋₄	13 ⁺³ ₋₄	14 ⁺³ ₋₄	16 ⁺³ ₋₅	18 ⁺⁴ ₋₆	-	-
801...1600	6±2	10±3	11±3	12 ⁺³ ₋₄	13 ⁺³ ₋₄	14 ⁺³ ₋₄	15 ⁺³ ₋₄	17 ⁺⁴ ₋₅	18 ⁺⁴ ₋₆	20 ⁺⁵ ₋₈	22 ⁺⁶ ₋₁₀	24 ⁺⁷ ₋₁₀
1601...2500	8±3	11±3	12 ⁺³ ₋₄	13 ⁺³ ₋₄	14 ⁺³ ₋₄	15 ⁺³ ₋₄	16 ⁺³ ₋₅	18 ⁺⁴ ₋₆	20 ⁺⁵ ₋₈	22 ⁺⁶ ₋₁₀	24 ⁺⁷ ₋₁₀	26 ⁺⁸ ₋₁₂

Припуски и допуски назначаются:

- на диаметр – в зависимости от полной длины изделия и рассматриваемого диаметра;
- на длину – равными 0,75 и 1,5 от припуска и допуска на рассматриваемый диаметр.

Приложение 2.6.

Нормальные размеры сортового проката стали круглого сечения профиля (выборка из ГОСТ 2590-71)

Диаметр проката, мм						
20; 21;	30; 31;	40; 41;	50; 51; 52;	70; 72;	100; 105;	160; 170;
22; 23;	32; 33;	42; 43;	53; 54; 55;	75; 78;	110; 115;	180; 190;
24; 25;	34; 35;	44; 45;	56; 58; 60;	80; 82;	120; 125;	200; 210;
26; 27;	36; 37;	46; 47;	62; 63; 65;	85; 90;	130; 135;	220; 230;
28; 29;	38; 39;	48; 49;	67; 68;	95;	140; 150;	240; 250

177

Приложение 2.7. Ориентировочные данные для выбора молота.

Масса ударных частей молота, $G_{у.ч}$, кг	Максимальные диаметры (сторона квадрата) заготовки, мм	Примерная масса поковки, кг	
		гладкой	фасонной
Пневматический молот			
50	40	до 8	до 1,5
80	50	8...12	1,5...2
160	65	12...15	2...5
250	75	15...35	5...8
400	100	35...60	8...12
630	125	60...120	12...30
1000	160	120...250	30...70
Паровоздушный молот			
1000	160	до 250	до 70
2000	225	250...500	70...180
3150	275	500...750	180...320
5000	350	750...1500	320...700
8000	400	1500...2500	700...1300

Приложение 2.8. Основные параметры и размеры ковочных пневматических молотов (выборка из ГОСТ 712-75)

Параметры и размеры молотов	Номинальная масса падающих частей (G), кг						
	50	80	160	250	400	630	1000

Энергия удара, кДж	0,8	1,4	3,15	5,6	10	16	28
Число ударов в минуту	224	212	190	150	132	112	95
Высота рабочей зоны в свету, м	0,22	0,26	0,36	0,45	0,53	0,56	0,75
Размер зеркала бойков (длина × ширина), м	0,1 × 0,056	0,13 × 0,063	0,19 × 0,075	0,21 × 0,08	0,25 × 0,09	0,32 × 0,13	0,36 × 0,14

Приложение 2.9. Основные параметры и размеры ковочных паровоздушных молотов двойного действия арочного и мостового типа (выборка из ГОСТ 712-75)

Параметры и размеры молотов	Номинальная масса падающих частей (G), кг				
	1000	2000	3150	5000	8000
Энергия удара, кДж	25	50	80	125	200
Число ударов в минуту	71	56	56	45	34
Расстояние между стойками в свету, м	Арочные 1,8	Арочные 2,36	Арочные-2,8 Мостовые-4,0	Мостовые 4,0	Мостовые 4,5
Размер бойка (длина × ширина), м	0,4×0,24	0,53×0,3	0,63×0,34	0,71×0,4	0,8×0,48
Высота рабочей зоны в свету, м	0,45	0,53	0,63	0,71	0,8

178

Приложение 2.10.

Основные параметры и размеры ковочных гидравлических прессов (выборка из ГОСТ 7284-70)

Параметры и размеры	Номинальное усилие прессования, МН						
	1,86	3,09	4,9	7,83	12,2	19,6	30,9
Наибольший ход подвижной траверсы, м	0,45	0,56	0,71	0,9	1,25	1,6	2,0
Расстояние между столом и подвижной траверсой в её верхнем положении, м	1,45	1,6	1,8	2,12	2,65	3,15	4,0
Размер выдвижного стола (ширина × длина), м	0,5 × 0,56	0,63 × 0,71	0,8 × 0,9	1,0 × 1,25	1,25 × 1,6	1,6 × 2,12	2,0 × 2,5
Число рабочих ходов в минуту	50	40	25	20	16	12	10

Приложение 2.11.

Данные к определению усилия при ковке на прессах.

Усилие пресса, МН	Параметры слитка	
	Масса, т	Диаметр, м
6	0,5...2,0	0,2...0,5
8	2,0...3,0	0,25...0,6
10	4,0...8,0	0,3...0,8
20	15...30	0,4...1,2
30	30...60	0,6...1,6
60	60...120	1,0...2,5

100	150...250	2,0...2,8
-----	-----------	-----------

Приложение 2.12.

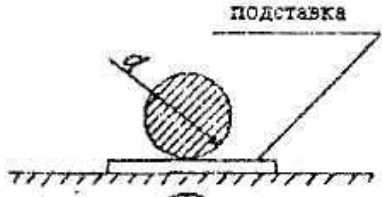
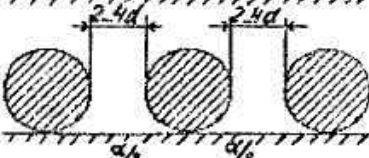
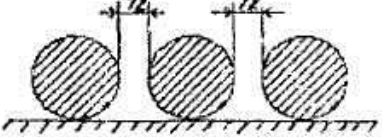
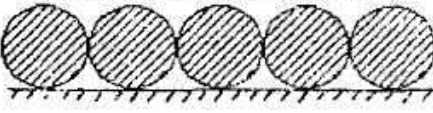
Температурный интервал ковки некоторых сплавов

Марка стали	Температура ковки, °С		
	начало	конец	рекомендуемый интервал
Углеродистые стали: 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50	1300 1280 1260	800...700 830...720 850...760	1280...750 1250...800 1200...800
Легированные стали: ШХ15, ШХ15СГ 12Х18Н9Т 30ХГС, 30ХГСА	1180 1150 1170	870...830 890...860 870...800	1120...850 1100...870 1140...830
Алюминиевые сплавы: Д1, АК8 АК4	470...440 470...420	400 350	450...420 450...380
Медные сплавы: БрАЖМц10-31,5 ЛС60-1	900 820	750 700	850...700 800...740

179

Приложение 2.13.

Значение коэффициента α , учитывающего расположения заготовки на поду печи

Расположение заготовок	Поправочный коэффициент α
	1
	1
	1,3
	1,4
	2

3. ПРИЛОЖЕНИЯ к РГР 3

Приложение 3.1.

Классификация конструкционных материалов

№ группы	Обрабатываемый материал	Марка материала	Предел прочности, σ_b , МПа, (σ_b)*, (Твердость, НВ)
1	Высокопрочные легированные стали	30ХРА, 38ХЮА, 18Х2Н4ВА 30ХГСА 28Х3СНМВФА 30ХГСНА, 12ХНЗА 33Х3СНМВФА	1100...1300 1400...1600 1100...1300 (1800)* 1600 1400...1600 (2000)* 1700
2	Углеродистые конструкционные стали	20, 25 35, 45, 50 20Х, 20ХН, 40ХН	700...900 900...1200 600...800 (1180)*
3	Инструментальные стали	У8А, У10 9ХС ХВГ	600...800 800 1100...1300
4	Чугуны серые	СЧ 15 СЧ 18	(140...160 НВ) (170...200 НВ)

		СЧ 21 СЧ 30	(170...241 НВ) (294...315 НВ)
	Чугуны ковкие	КЧ 30 - 6 КЧ 37 - 12 КЧ 35 - 4 КЧ 40 - 3	(100...120 НВ) (110...160 НВ) (150...180 НВ) (180...200 НВ)
5	Алюминиевые сплавы	АМг 5, АМг 6 АК 6 АК 8 АЛ 2	250...320 360 440 200
6	Медные сплавы	БрАЖ9-4 БрОЗЦ12С5 БрКМц3-1 БрОЦ4-3 ЛЦ3ОА3 ЛЦ40С	500 (120 НВ) 200 (58 НВ) 380 (75 НВ) 320 (68 НВ) 300...400 (100 НВ) 215 (68 НВ)

ПРИМЕЧАНИЕ: $(\sigma_s)^*$ - предел прочности для закаленных сталей.

181

Приложение 3.2.

Марки инструментальных материалов, используемых для лезвия токарных резцов

Стадия и характер обработки	Обрабатываемые материалы				Закаленные стали всех групп
	Высокопрочн. легированные стали, группа 1	Углеродист. и легированные стали гр. 2 и 3	Чугуны, группа 4	Цветные сплавы гр. 5 и 6	
Черновое точение по корке с прерывистым резанием и ударами	T5K10 P18K5Ф5 P6M5K5 T17K12 BK8B TH20 Гексанит-Р	T5K10 P18 P9 BK6 TT10K8Б	BK4 BK10-OM BOK-60	BK8 P9K5	Гексанит-Р T3OK4 BK3M TT8K6

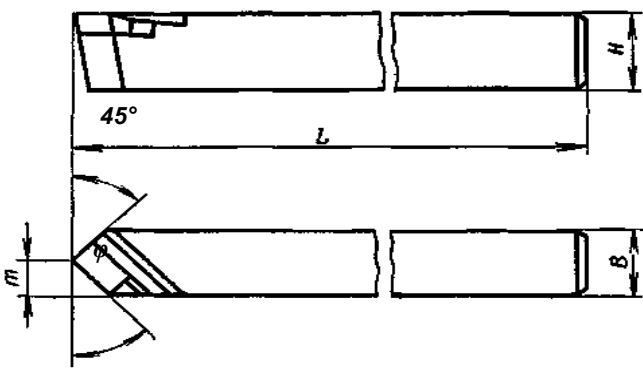
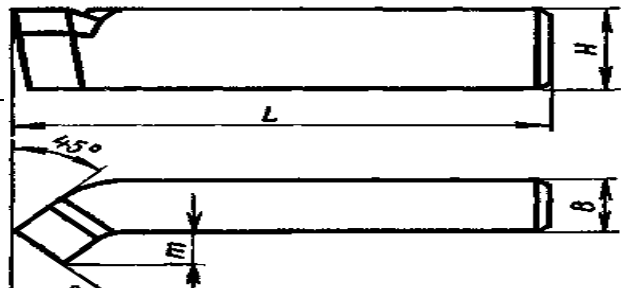
Черновое точение по корке с непрерывным резанием	P9M4K8 P1815Ф2 ВК8 ВК4 ТТ7К12 ВК10ОМ	Т15К6 Р18 Р6М5 ТТ10К8Б Т5К10	ТТ8К6	ВК4	ВЗ ВOK-60 Силинит-Р
Чистовое точение при непрерывном резании	ВК3М ВК10-ОМ ТМЗ Эльбор-Р	Т15К6 ТТ10К8Б ВК6 ТН20 ВOK-60 Эльбор-Р	ВК3М ВК6-ОМ Гексанит-Р ВЗ Эльбор-Р	ВК3 ВК6М ТТ8К6 ТН20 Силинит-Р Карбонадо	Эльбор-Р ТЗOK4 ТТ8К6 ВЗ ВOK-60

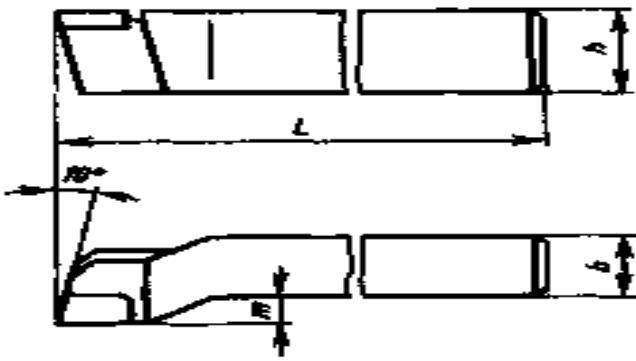
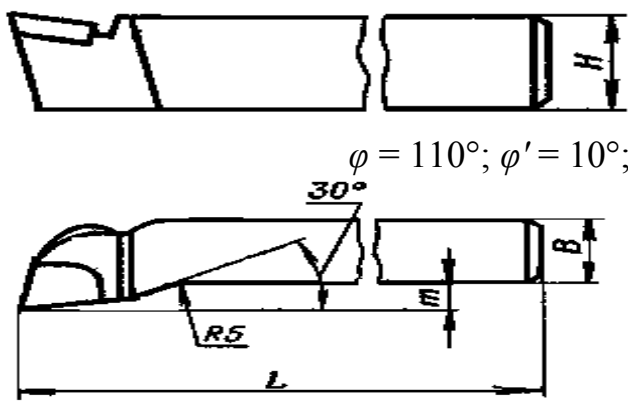
ПРИМЕЧАНИЕ:

В рамках выделены предпочтительные инструментальные материалы.

182

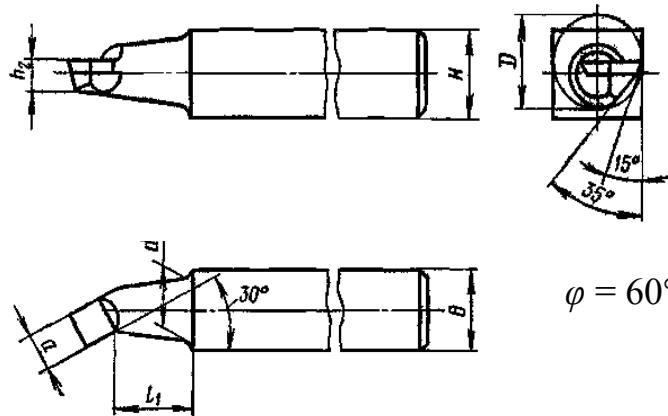
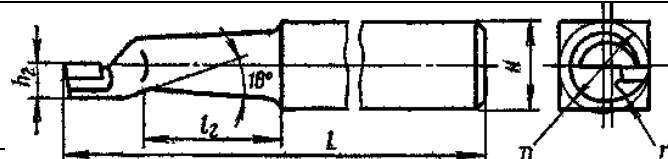
Приложение 3.3. Стандартные конструкции основных типов резцов

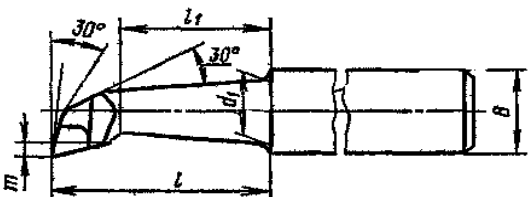
Конструкции резцов	Основные размеры			
	<i>Прямой с металлокерамическим сплавом</i>			
	<i>H × B</i>	<i>L</i>	<i>φ°</i>	<i>m</i>
	20 × 12	120	45 60 75	7,0 6,0 3,0
	25 × 16	140	45 60 75	9,0 7,0 4,0
	<i>Прямой отогнутый с металлокерамическим сплавом</i>			
	<i>H × B</i>	<i>L</i>	<i>m</i>	

	20 × 12	120	7
	25 × 16	140	10
	<i>Прходной упорный с металлокерамическим сплавом</i>		
	$h \times b$	L	m
	20 × 12	120	6
	25 × 16	140	8
	<i>Подрезной отогнутый с металлокерамическим сплавом</i>		
	$H \times B$	L	m
	20 × 12	125	6
	25 × 16	140	8

183

Продолжение *Приложения 3.3*

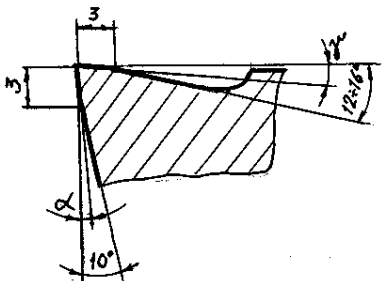
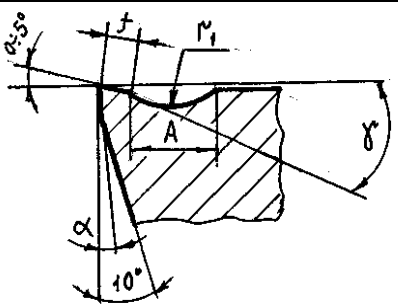
	<i>Расточной для сквозных отверстий с металлокерамическим сплавом</i>					
	$H \times B$	L	l_1	h_2	d_1	a
	16 × 16	140 150	30 48	4 5	9,5 12	6 8
	20 × 20	170 180	56 64	6 7	15 17	10 12
	25 × 25	200	79	9	24	14
	<i>Расточной для глухих отверстий с металлокерамическим сплавом</i>					
	$H \times B$	L	l_1	h_2	d_1	m

	16×16	170	48	5,5	12	6
		180	55	9	15	7
	20×20	190	64	11	17	9
	25×25	200	78	14	24	12

Приложение 3.4. Рекомендуемая форма передней поверхности резцов

№ и название формы	Эскиз передней поверхности в главной секущей плоскости	Обрабатываемый материал
--------------------	--	-------------------------

Лезвие резца из быстрорежущей стали

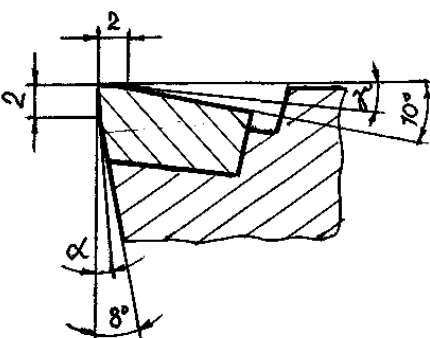
1Б Плоская с положительным передним углом		Сталь с пределом прочности $\sigma_B \geq 800 \text{ МПа}$ Серый чугун, бронза и другие хрупкие материалы
2Б Криволинейная с положительной фаской и радиусной лункой		Сталь с пределом прочности $\sigma_B < 800 \text{ МПа}$ Вязкие цветные металлы и легкие сплавы Применяется при необходимости завивания стружки

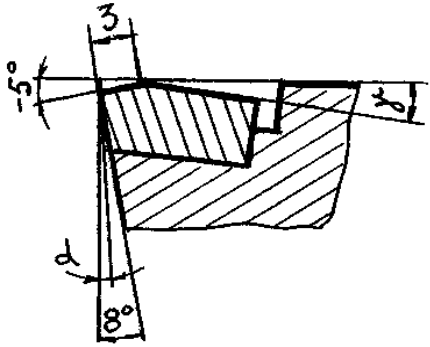
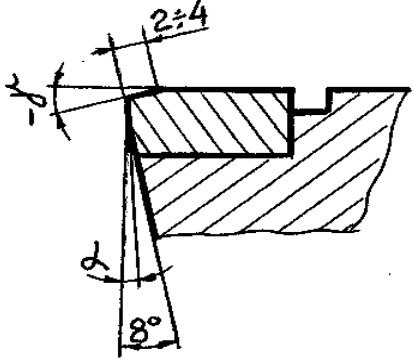
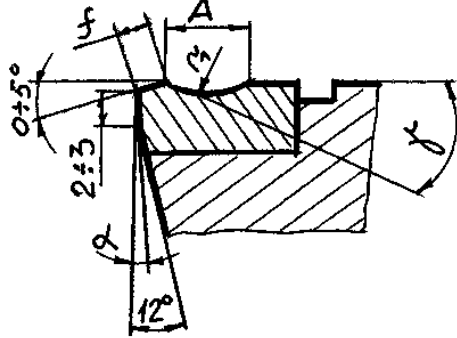
184

Продолжение Приложения 3.4.

№ и название формы	Эскиз передней поверхности в главной секущей плоскости	Обрабатываемый материал
--------------------	--	-------------------------

Лезвие резца из металлокерамических сплавов

1Г Плоская с положительным передним углом		Серый чугун, бронза и другие хрупкие материалы
---	---	--

2Т Плоская с положительным передним углом и отрицательной фаской ($-\gamma$)		Ковкий чугун Сталь с $\sigma_B < 800 \text{ МПа}$ (Для отвода и дробления стружки следует применять стружколомы)
3Т Плоская с отрицательным передним углом		Сталь с $\sigma_B > 800 \text{ МПа}$ (черновая стадия обработки). Все материалы с $\sigma_B > 1200 \text{ МПа}$ и непрерывным резанием
4Т Криволинейная с отрицательной фаской ($-\gamma$)		Все материалы с $\sigma_B < 1300 \text{ МПа}$ и непрерывным резанием

185

Приложение 3.5.

Рекомендуемые геометрические параметры режущей части токарных резцов

Таблица ПЗ.5.1 - Значения главного угла в плане (φ)

Условия обработки	Угол φ , град
Чистовое точение с малой глубиной резания в условиях высокой жесткости системы СПИД	10...30
Точение в условиях достаточной жесткости системы СПИД (наиболее распространенный угол)	30...45

Точение и растачивание на проход при недостаточной жесткости системы СПИД	60...75
Отрезание, подрезание, обтачивание и растачивание ступенчатых поверхностей в упор при малой жесткости системы СПИД	90...95

Таблица ПЗ.5.2 - Значения вспомогательного угла в плане (ϕ')

Условия обработки	Угол ϕ' , град
Черновое и чистовое точение резцами с дополнительной режущей кромкой Обработка широкими резцами.	0
Прорезание пазов и отрезание заготовок	1...3
Чистовое обтачивание проходными резцами из: а) быстрорежущих сталей б) металллокерамических сплавов и СТМ	5...10 15
Черновое обтачивание, подрезание торцов и растачивание резцами из: а) быстрорежущих сталей б) металллокерамических сплавов и СТМ	10...15 20...30

186

Таблица ПЗ.5.3 - Значения углов α и γ

Обрабатываемый материал	Лезвие резца из быстрорежущих сталей		Лезвие резца из металллокерамических сплавов	
	α , град	γ , град	α , град	γ , град
Высокопрочные, углеродистые и легированные конструкционные стали (группы 1 – 3), с пределом прочности: $\sigma_b < 800 \text{ МПа}$ $\sigma_b = 800...1100 \text{ МПа}$ $\sigma_b > 1100 \text{ МПа}$	8 8 -	10...20 10...15 -	6...8 6...8 6...8	0...15 0...10 0...6

Чугуны (гр. 4) с твердостью: HB < 220 HB > 220	6...8 6	6...12 0...6	6...8 6...8	10...15 0...10
Алюминий и его сплавы, (гр. 5)	10	25...30	8...10	10...20
Силумины [9...13% Si], (гр. 5)	-	-	8...10	8...15
Медные сплавы, (гр. 6): Латуни Бронзы	10...14 6	15...25 10...20	10...15 8...10	10...20 5...10

Таблица ПЗ.5.4 - Значения угла наклона режущей кромки (λ)

Стадия обработки поверхности	Угол λ , град
Черновое обтачивание и растачивание: а) конструкционных сталей б) чугунов и цветных сплавов	0...5 10
Чистовое обтачивание и растачивание	(-2)...(- 4)
Точение и растачивание жаропрочных сплавов	0
Точение прерывистых поверхностей	12...15

187

Таблица ПЗ.5.5 - Размеры радиусов и фасок резцов криволинейной передней поверхностью

Тип резца	Элементы режущей части передней поверхности резца	Обозначение	Размеры крепежной части резца, $H \times B$, мм	
			20 × 16 25 × 20	25 × 16 25 × 25
Проходные и подрезные	Радиус при вершине	r	1,0	1,0...1,6
Расточные			1,0...1,6	1,5...2,0

Проходные и подрезные	Форма заточки передней поверхности № 2Б (для резцов из быстрорежущих сталей)	f	0,6	0,8
Расточные		A	7	10
		r_1	8	12
Проходные и подрезные	Форма заточки передней поверхности № 4Г (для резцов из металл-керамических сплавов)	f	0,4	0,6
Расточные		A	3	4
		r_1	1,4	1,6
		f	0,4	0,5
		A	3	4
		r_1	1,4	1,6

Приложение 3.6. Рекомендуемые значения глубины резания (t).

Таблица ПЗ.6.1 – Глубина резания при обработке незакаленных материалов

Диаметр вала или отверстия, <i>мм</i>	Глубина резания при стадии обработки, <i>мм</i> , не более								
	Черновое точение, подрезание и расточивание			Чистовое точение и подрезание			Чистовое расточивание		
	При расчетной длине вала или отверстия, <i>мм</i> , не более								
	≤100	250	≥ 400	≤100	250	≥ 400	≤100	250	≥ 400
Св.10 до 40	3,0	3,5	4,0	0,8	1.0	1,2	0,7	1,0	-
Св.40 до 80	4,0	4,5	5,0	1,0	1,2	1,5	0,9	1,1	1,3
Св.80 до 120	5,0	5,5	6,0	1,2	1,5	2,0	1,0	1,3	1,5
Св.120	6,0	6,5	7,0	1,5	2,0	2,5	1,2	1,8	2,0

188

Таблица ПЗ.6.2 - Глубина резания и подача при точении резцами, оснащенными композитами (Эльбором-Р или Гексанитом-Р)

Обрабатываемый материал	Глубина резания, t , мм	Подача, S , мм
Закаленная сталь твердостью: 40...58 HRC	0,05...1,0	0,03...0,2
	0,05...0,5	0,03...0,1
Чугуны твердостью: 150...300 HB	0,05...2,0	0,05...0,7

Приложение 3.7.

Рекомендуемые значения подачи (S).

Таблица ПЗ.7.1 – Подачи при черновом продольном точении

Обрабатываемый материал	Сечение державки резца, $H \times B$, мм	Диаметр заготовки, мм	Величина подачи (S), мм/об,		
			при глубине резания (t), мм		
			до 2	2...5	5...10
Высококачест. легированные стали (гр.1)	25 × 16	20...60	0,4...0,5	0,3...0,4	0,2...0,3
	25 × 20	60...100	0,5...0,9	0,4...0,8	0,3...0,7
	25 × 25	более 100	0,6...1,2	0,5...1,1	0,6...1,0
Углеродистые и легированные стали (гр.2 и 3)	25 × 16	20...60	0,4...0,5	0,3...0,4	0,3...0,4
	25 × 20	60...100	0,6...1,2	0,5...1,1	0,5...0,9
	25 × 25	более 100	0,8...1,3	0,7...1,2	0,6...1,1
Чугуны и медные сплавы (гр. 4 и 6)	25 × 16	20...60	0,6...0,9	0,5...0,8	0,4...0,7
	25 × 20	60...100	0,8...1,4	0,7...1,2	0,6...1,0
	25 × 25	более 100	1,0...1,5	0,8...1,4	0,7...1,1
Алюминиевые сплавы (гр. 5)	25 × 16	20...60	0,6...0,7	0,5...0,6	0,4...0,5
	25 × 20	60...100	0,8...1,0	0,6...0,8	0,5...0,6
	25 × 25	более 100	1,0...1,5	0,8...1,0	0,6...0,8

ПРИМЕЧАНИЕ: 1. При растачивании отверстий рекомендуемое значение подачи необходимо умножить на **0,6**.
 2. При обработке закаленных сталей табличные значения подачи умножить на коэффициент **0,8**.

189

Таблица ПЗ.7.2 - Подачи при чистовом точении и растачивании

Параметр шероховатости Ra , мкм	Радиус при вершине резца r , мм	Группа обрабатываемого материала (по Приложению 3.1)		
		1 и закал. стали	2, 3 и 4	5 и 6
10...4	менее 0,5	0,3...0,44	0,25...0,35	0,1...0,2
3,2...2,5		0,18...0,3	0,14...0,25	0,07...0,12
2,0...0,63		0,06...0,12	0,09...0,15	0,05...0,07

10...4	от 0,5 до 2,0	0,4...0,45	0,4...0,6	0,2...0,25
3,2...2,5		0,2...0,35	0,2...0,3	0,09 – 0,15
2,0...0,63		0,08...0,12	0,1...0,15	0,05...0,07
10...4	свыше 2,0	0,35...0,7	0,5...0,65	0,25...0,4
3,2...2,5		0,25...0,4	0,25...0,4	0,15...0,25
2,0...0,63		0,09...0,2	0,1...0,2	0,08...0,15

Таблица ПЗ.7.3 - Подачи при подрезании торцев

Диаметр заготовки D_3 , мм	Обрабатываемый материал					
	Сталь с пределом прочности:				Чугуны и цветные сплавы	
	$\sigma_6 \leq 800 \text{ МПа}$		$\sigma_6 > 800 \text{ МПа}$			
	Чернов.	Чистов.	Чернов.	Чистов.	Чернов.	Чистов.
до 60	0,3...0,5	0,1...0,14	0,3...0,5	0,1...0,2	0,4...0,6	0,1...0,15
св.60 до 100	0,4...1,0	0,15...0,2	0,3...0,8	0,2...0,3	0,5...0,9	0,1...0,25
св.100 до 150	0,5...1,1	0,2...0,5	0,6...1,0	0,2...0,4	0,5...1,1	0,15...0,3
св.150	0,6...1,3	0,3...0,8	0,6...1,2	0,3...0,5	0,6...1,2	0,25...0,4

Приложение 3.8.

Параметры для определения оптимальной скорости резания при точении

Таблица ПЗ.8.1 – Значения коэффициентов C_V и показателей степени x_V , y_V , m

Обрабатываемый материал	Материал лезвия резца	Подача S , мм/об	Условия обработки без СОЖ			m
			C_V	x_V	y_V	
Конструкци-онные		до 0,3	350		0,20	

стали $\sigma_s = 750 \text{ МПа}$	Т15К6	0,3...0,7	290	0,15	0,35	0,2
		св. 0,7	280		0,45	
Серый чугун, 190 НВ	ВК6	$\leq 0,4$	292	0,15	0,2	0,2
		$> 0,4$	243		0,4	
Ковкий чугун, 150 НВ	ВК8	$\leq 0,4$	317	0,15	0,2	0,2
		$> 0,4$	215		0,45	
Медные сплавы, 100...140 НВ	Р18 (Р6М5)	$\leq 0,2$	270	0,12	0,25	0,23
		$> 0,2$	182		0,3	
Алюминиевые сплавы, $\sigma_s=100...200 \text{ МПа}$ (НВ ≤ 100)	Р18 (Р6М5)	$\leq 0,2$	485	0,12	0,25	0,28
		$> 0,2$	328		0,5	

- ПРИМЕЧАНИЕ:** 1. При растачивании, прорезании канавок в отверстиях коэффициент C_V необходимо умножить на поправочный коэффициент, равный **0,9**.
2. При обработке конструкционных сталей резцами из быстрорежущей стали без охлаждения (без СОЖ) следует C_V умножать на **0,8**.
3. При обработке с охлаждением (с СОЖ) резцами из металллокерамического твердого сплава на скорость резания вводить поправочные коэффициенты:
- для конструкционных сталей **1,4**;
 - для чугуна и цветных сплавов **1,06**.

191

Таблица ПЗ.8.2 - Коэффициент K_{Mv} , зависящий от материала заготовки

Материал лезвия резца	Обрабатываемый материал									
	Сталь конструкционная с пределом прочности σ_s , МПа				Чугун серый, с твердостью, НВ			Чугун ковкий с твердостью, НВ		
	700	800	1300	1700	140	250	315	100	150	200
Быстрорежущие стали	1,13	1,23	0,38	0,19	1,51	0,92	0,42	2,0	1,0	0,6

Металлокерамические сплавы	1,07	1,03	0,52	0,39	1,45	0,93	0,53	1,7	1,0	0,7
Быстрорежущие стали и твердые сплавы	Медные сплавы,			K_{Mv}	Алюминиевые сплавы				K_{Mv}	
	68...140 HB			1,0	$\sigma_s = 200...450, \text{ МПа}$				0,8	
	HB > 140			0,7						

Таблица ПЗ.8.3 - Коэффициент $K_{Пv}$, учитывающий состояние поверхности заготовки

Без корки	С коркой				
	Прокат	Поковка	Стальные и чугунные отливки		Медные и алюминиевые сплавы
			с нормальной коркой	сильно загрязненная	
1,0	0,9	0,8	0,75...0,85	0,5...0,6	0,9

Таблица ПЗ.8.4 - Коэффициент $K_{Иv}$, учитывающий марку инструментального материала

Материал заготовки	Инструментальный материал лезвия резца						
Сталь конструкционная	<i>T5K10</i>	<i>T14K8</i>	<i>T15K6</i>	<i>T30K4</i>	<i>BK8</i>	<i>P18</i>	<i>P6M5</i>
	0,65	0,8	1,0	1,4	0,4	0,4	0,4
Сталь закаленная	<i>T15K6</i>	<i>T30K4</i>	<i>BK4</i>	<i>BK6</i>	<i>BK8</i>	<i>Гексамет-Р</i>	--
	1,0	1,25	1,0	0,85	0,83	3,4	--
Чугуны	<i>BK8</i>	<i>BK6</i>	<i>BK4</i>	<i>BK3</i>	<i>BK2</i>	--	--
	0,83	1,0	1,1	1,15	1,25	--	--
Цветные сплавы	<i>P18</i>	<i>P6M5</i>	<i>BK4</i>	<i>BK6</i>	<i>BK8</i>	--	--
	1,0	1,0	2,5	2,7	2,7	--	--

192

Таблица ПЗ.8.5 - Коэффициент $K_{Фv}$, учитывающий форму заточки передней поверхности резца

Форма передней поверхности резца	Плоская № 1Б и 1Т	Радиусная № 2Б	Плоская и радиусная с отрицательной фаской № 2Т , 3Т и 4Т
Коэффициент $K_{Фv}$	1,0	1,05	1,2

Таблица ПЗ.8.6 - Коэффициент $K_{\phi v}$, учитывающий главный угол в плане – ϕ

Обрабатываемый материал	Главный угол в плане резца, ϕ , град					
	20	30	45	60	75	90
Сталь конструкционная	1,3	1,15	1,0	0,85	0,7	0,65
Чугун, алюминиевые и медные сплавы	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7

Таблица ПЗ.8.7 - Коэффициент $K_{\phi'v}$, учитывающий вспомогательный угол в плане - ϕ'

Инструментальный материал лезвия резца	Вспомогательный угол в плане, ϕ' , град				
	10	15	20	30	45
Быстрорежущие стали	0,7	0,65	0,62	0,6	0,58
Металлокерамические сплавы	1,0	0,97	0,94	0,91	0,87

Таблица ПЗ.8.8 - Коэффициент K_{rv} , учитывающий радиус при вершине резца - r

Стадия обработки поверхности	Радиус при вершине резца, r , мм			
	1	2	3	5
Черновая обработка стали и чугуна	0,94	1,0	1,03	1,13
Чистовая обработка стали	1,0	1,1	1,12	1,2
Чистовая обработка чугуна, алюминиевых и медных сплавов	0,9	0,95	1,0	1,05

193

Приложение 3.9.

Технические характеристики токарно-винторезного станка 16К20

Параметры	Значения параметров
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм : - над станиной - над суппортом	400 220

Наибольший диаметр отверстия шпинделя, мм	53
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм	700, 1000, 1400, 2000
Шаг нарезаемой резьбы: - метрической, мм - дюймовой, число ниток на 1"	0,5 - 112 56 - 0,5
Частота вращения шпинделя, об/мин	12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 60; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600
Наибольшее перемещение суппорта: - продольное, мм - поперечное, мм	645...1935 300
Подача суппорта: - продольная, мм/об	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; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0; 2,4; 2,8
- поперечная и наклонная, мм/об	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; 1,0; 1,2; 1,4
Число скоростей шпинделя	22
Число ступеней подач	24
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	10
Габаритные размеры, мм (длина × ширина × высота)	(2505...3795) × 1190 × 500

194

Приложение 3.10.

Параметры для определения силы резания P_z

Таблица П3.10.1 - Значения коэффициента C_p и показателей степени x_p , y_p и n_p

Обрабатываемый материал	Материал лезвия резца	Вид обработки	Коэффициент и показатели степени при расчете P_z			
			C_p	x_p	y_p	n_p
Конструкционная сталь,	Металло-керамический сплав	Наружное продольное и поперечное	3000	1,0		- 0,15

$\sigma_s = 750 \text{ МПа}$	Быстрорежущая сталь	точение. Растачивание	2000		0,75	0
Серый чугун, 190 НВ	Металло-керамический сплав	Наружное продольное и поперечное точение. Растачивание	920	1,0	0,75	0
Ковкий чугун, 150 НВ			1000			
Медные сплавы	Быстрорежущая сталь	Наружное продольное и поперечное точение. Растачивание	550	10	0,66	0
Алюминиевые сплавы			400		0,75	

Таблица ПЗ.10.2 - Коэффициент $K_{Мр}$, учитывающий влияние обрабатываемого материала

Обрабатываемый материал	Расчетные формулы	Показатель степени (n) при определении P_z для материала лезвия резца:	
		Быстрорежущая сталь	Металлокерамический сплав
Конструкционная сталь с σ_s : $\leq 600 \text{ МПа}$ $> 600 \text{ МПа}$	$K_{Мр} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n$	0,35	0,65
		0,75	0,85
Серый чугун 190 НВ	$K_{Мр} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n$	0,65	0,5
Ковкий чугун 150 НВ	$K_{Мр} = \left(\frac{HB}{150} \right)^n$	0,55	0,4
Медные сплавы с твердостью НВ: ≤ 120 > 120		$K_{Мр}$ для лезвий резцов из быстрорежущей стали и металлокерамических сплавов	
		1,0	
		0,75	
Алюминиевые сплавы с: $\sigma_s \leq 350 \text{ МПа}$ $\sigma_s = 350 \text{ МПа}$ $\sigma_s > 350 \text{ МПа}$		1,15	
		2,0	
		2,75	

195

Таблица ПЗ.10.3 - Поправочные коэффициенты $K_{\varphi p}$, $K_{\gamma p}$, $K_{\lambda p}$ и $K_{\tau p}$ при обработке стали и чугуна

Параметры		Материал лезвия резца	Поправочные коэффициенты	
Наименование	Величина, град.		Обозначение	Величина

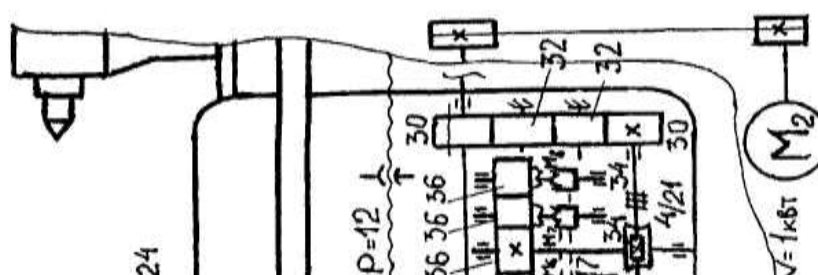
Главный угол в плане, φ	30	Быстрорежущая сталь	$K_{\varphi p}$	1,08		
	45			1,0		
	60			0,98		
	90			0,92		
	30	Металлокерамический сплав		1,05		
	45			1,0		
	60			0,94		
	90			0,89		
Главный передний угол, γ	12...15 20...25	Быстрорежущая сталь	$K_{\gamma p}$	1,15 1,0		
	-15 0 10	Металлокерамический сплав		1,25 1,1 1,0		
	Угол наклона главной режущей кромки, λ	-5...15		Металлокерамические сплавы	$K_{\lambda p}$	1,0
	Радиус при вершине резца, r , мм	0,5 1,0 2,0 3,0 4,0		Быстрорежущие стали	K_{rp}	0,87 0,93 1,0 1,04 1,1

ПРИМЕЧАНИЕ:

При обработке медных и алюминиевых сплавов значение K_p необходимо умножить на коэффициент **1,3**.

Приложение 3.11.

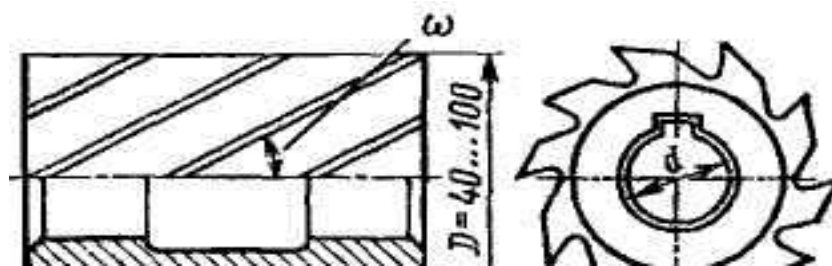
Кинематическая схема станка 16К20.



4. ПРИЛОЖЕНИЯ к РГР 4

Приложение 4.1.

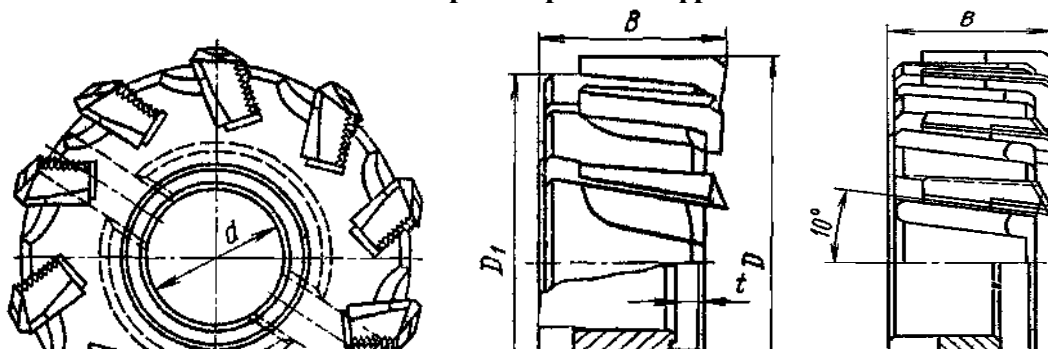
Размеры Цилиндрических фрез



Типы цилиндрических фрез	D , <i>мм</i>	L , <i>мм</i>	d , <i>мм</i>	h	r	δ , <i>мм</i>	Число зубьев $Z_{фр}$	Угол наклона ω_n град
				не менее				
Цельные из быстрорежущей стали с мелким зубом	40	40 50 63	16	4	1,5	4	10	20
	50	50 63 80	22	4,5	2,0	5	12	22
	63	63 80 100	27	5,0	2,5	6	14	24
	80	80 100 125	32	5,5	2,5	8	16	30
Цельные из быстрорежущей стали с крупным зубом	50	50 63 80 100	32	10	3,5	8	6...10	30
	80	63 80 100 125	32	10	3,5	8	10...16	30
	100	80 100 125 160	40	10	3,5	10	12	30
Сборные с винтовыми пластинками твердого сплава	63	45 70 96	27	--	--	6	8	24
	80	45 70 96	32	--	--	8	8	30
	100	45 72 100	40	--	--	10	10	30
	125	70 100	50	--	--	12	12	36

Приложение 4.2.

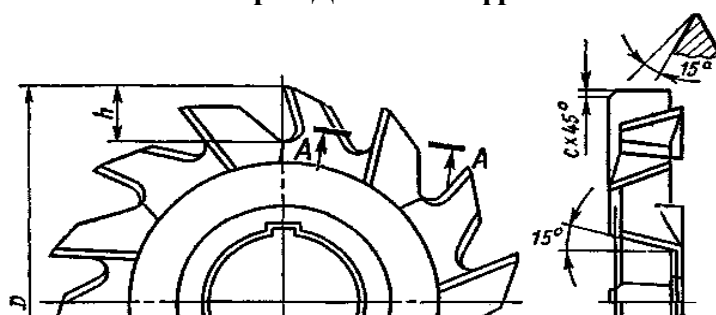
Размеры Торцовых фрез



Типы и особенности торцовых фрез	Диаметр фрезы, D , мм	Диаметр отверстия фрезы d , мм	Длина фрезы, B , мм	Число зубьев фрезы, $Z_{фр}$
Насадные цельные с продольной шпонкой, из быстрорежущей стали	40	16	32	10
	50	22	36	12
Насадные цельные с торцовой шпонкой, из быстрорежущей стали	63	27	40	8
	80	32	45	10
	100	32	50	12
Насадные мелкозубые со вставными ножами, оснащенные пластинками из быстрорежущей стали	100	32	40	10
	125	40	44	14
	160	50	49	16
	200	50	49	20
	250	50	49	26
Насадные мелкозубые со вставными ножами: из быстрорежущей стали	100	32	40	10
	125	40	44	12
	160	50	49	16
из металлокерамических сплавов	100	32	39	10
	125	40	42	12
	160	50	46	16
	200	50	46	20
Насадные с механическим креплением пластин из металлокерамических сплавов	100	32	60	10...6
	125	40	60	12...8
	160	50	60	16...10
	200	50	60	20...12

Приложение 4.3.

Размеры Дисковых фрез

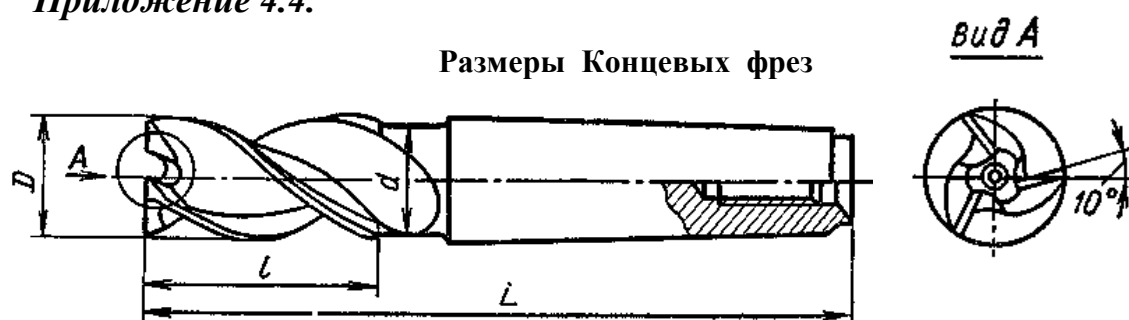


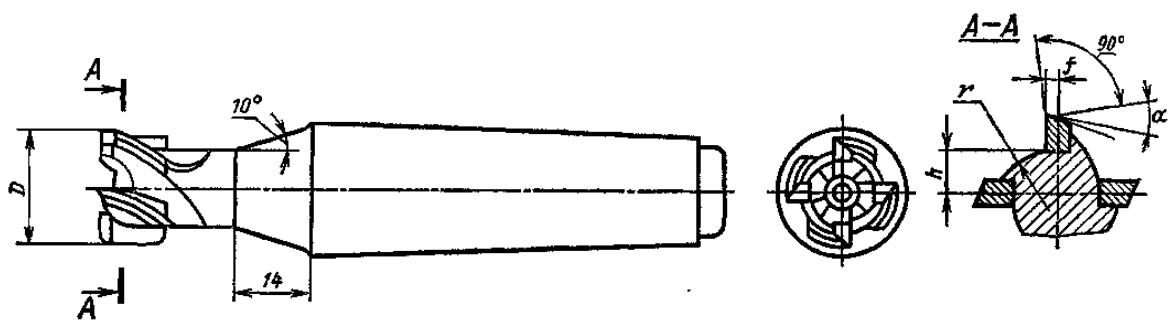
Типы дисковых фрез	Диаметр фрезы, D , мм	Толщина фрезы, B , мм	Диаметр отверстия, d , мм	Число зубьев, $Z_{фр}$
Пазовые, односторонние, цельные, из быстрорежущей стали	63	5...8	22	16
	80	8...12	27	18
	100	10...16	32	20
	125	8...25	32	22
Трехсторонние, цельные из быстрорежущей стали	63	4...16	22	16
	80	5...20	27	18
	100	6...25	32	20
	125	8...28	32	22
Трехсторонние с разнонаправленными зубьями, цельные из быстрорежущей стали	80	8...20	27	18; 14
	100	10...25	32	20; 14
	125	12...28	32	22; 18
Трехсторонние со вставными ножами: из быстрорежущей стали	125	12...32	32	10; 16
	160	14...36	40	16; 20
	200	16...40	50	16; 24
из металлокерамических сплавов	125	12...25	40 (32)	10
	160	14...28	50 (40)	12
	200	12...32	60 (50)	14
	250	14...36	60 (50)	18
	315	16...40	60 (50)	20

200

Приложение 4.4.

Размеры Концевых фрез

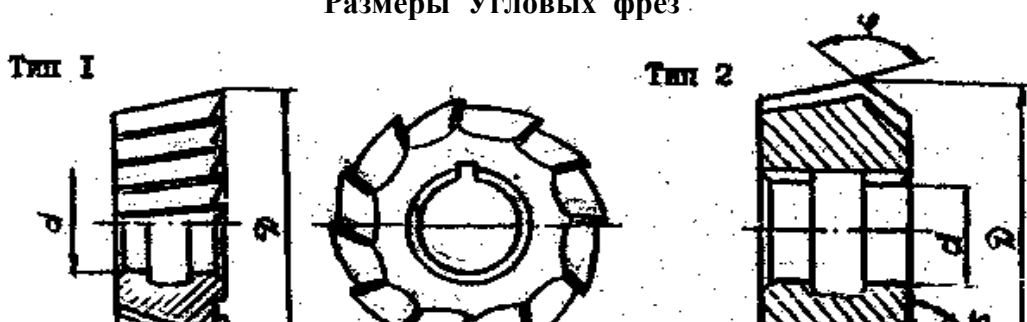




Типы фрез	Наружный диаметр, D , мм	Общая длина фрезы, L , мм	Длина режущей кромки, l , мм	Число зубьев, $Z_{фр}$
Цельные, с цилиндрическим хвостовиком, из быстрорежущей стали	16; 18; 20; 22; 25; 28	92; 104; 121	32; 38; 45	6; 4
Цельные, с коническим хвостовиком, из быстрорежущей стали	16; 18	117	32	4; 3
	20; 22; 25; 28	121; 140; 147	38; 45	5; 3
	32; 36; 40; 45	155; 178; 188; 221	53; 63	6; 4
	50; 56; 63	200; 233; 248	75; 90	8; 5
Сборные, с коническим хвостовиком, оснащенные прямыми пластинками из твердого сплава	16	105	16	4
	20; 25	125	20	5
	32; 40	150	20; 25	6; 5
	50	190	32	6
Сборные, с коническим хвостовиком, оснащенные винтовыми пластинками из металлокерамических сплавов	16	120	13	3
	20	135	14	4
	25; 32	160	19; 20	4
	40; 50	190	22; 24	6
Обдирочные, цельные, с коническим хвостовиком, из быстрорежущей стали	25	150...180	50...80	3
	32	130...225	55...130	4
	40	140...285	65...160	4
	50	160...335	70...180	4
	63	235...410	80...200	5

Приложение 4.5.

Размеры Угловых фрез



Типы фрез	Главный угол в плане, φ , град	Диаметр фрезы, D , мм	Толщина фрезы, B , мм	Диаметр отверст. d , мм	Угол φ_1 , град	
Тип 1 Одноуголовые, цельные, из быстрорежущей стали, с числом зубьев $Z_{фр} = 10; 12; 14$	45; 50 110; 120	50	10	16	0	
	55; 60 65; 70 100; 105		12			
	75; 80 85; 90	63	16			
	45; 50	70	12	22		
	55; 60 65; 70		16			
	75; 80 85; 90	90	20			
	Тип 2 Двууголовые, несимметричные, цельные, из быстрорежущей ста- ли, с числом зубьев $Z_{фр} = 10; 12; 14$	50	80	16; 20		22
60		40 50	6 8	16		
		65; 70; 80	40 50 63 80	6 8 10; 16 20; 25	16 22	
90			40 50 63 80	10 16 20 25	16 22	20

202

Приложение 4.6.

**Ограничения по выбору диаметров фрез
в зависимости от ширины фрезерования B и глубины резания t .**

Таблица П4.6.1 - Диаметры Цилиндрических фрез, мм

При ширине	Диаметр фрезы, $D_{фр}$, мм
------------	------------------------------

фрезерования, <i>B</i> , мм, не более	При глубине резания, <i>t</i> , мм, не более			
	2	5	8	10
70	63	80	100	100
100	80	100		
150 200 250	100	125	125	160
	125		160	200
	300		160	200

Таблица П4.6.2 - Диаметры Дисковых фрез, мм

При ширине фрезерования, B , мм, не более	Диаметр фрезы, $D_{фр}$, мм					
	При глубине резания, t , мм, не более					
	5	10	20	30	60	100
10	50	63	80	100	160	--
20	63	80	100	125	200	250
40	80	100	125	160	250	315

Таблица П4.6.3 - Диаметры Торцовых фрез, мм

При глубине резания, t , мм, не более	Диаметр фрезы, $D_{фр}$, мм						
	При ширине фрезерования, B , мм, не более						
	40	60	90	120	160	250	350
4	50	80	100	--	--	--	--
6	63	100	125	160	200	--	--
8	--	125	160	200	250	315	400
10	--	--	--	--	315	400	500

Приложение 4.7.

Геометрические элементы фрез

Таблица П4.7.1 - Фрезы из быстрорежущей стали

1) Передние углы (γ , град)

Обрабатываемый материал	Типы фрез				
	Торцовые, цилиндрические и концевые	Дисковые, пазовые и отрезные		Угловые для стадий:	
		при $B < 3 \text{ мм}$	при $B > 3 \text{ мм}$	Черн.	Чист.
Стали углеродистые и легированные с пределом прочности σ_b , МПа: до 600 600...1000 свыше 1000	20			5	10
	15	5	10	5	5
	10			10	--
Чугуны, твердостью НВ: до 150 150...200 свыше 200	15			15	
	10	5	10	10	5
	5			10	
Сплавы: медные алюминиевые	10	5	10	10	5
	25	25	25	--	--

2) Задние углы (α , град)

Типы фрез	Задний угол, град	
	главный, α	торцовый, α_1
Торцовые и цилиндрические: - с мелкими зубьями - с крупными зубьями и вставными ножами	16	8
	12	8
Дисковые трех- и двусторонние: - цельные - со вставными ножами	20	6
	16	6
Дисковые: пазовые и отрезные	20	--
Концевые	20	8
Угловые: - с острозаточенным зубом - с затылованным зубом	16	8
	12	--

204

Продолжение Таблицы П4.7.1.

3) Углы в плане (φ , град)

Типы фрез	Главный φ , град	Вспомогательный φ_1 , град	Переход. кромки φ_0 , град	Длина перех. кромки, f_0 , мм
-----------	--------------------------	------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------

Торцовые: - цельные	90	1...2	45	1...2
	45...60		--	--
- со вставными ножами				
Прорезные и пазовые	90	0°15'...1°30'	20...60	1...1,5
Концевые	90	3	45	0,5...1,0
Дисковые: - трех- и двусторонние	90	1...2	45	1,0...1,5
			--	--
- пазовые				

4) Углы наклона винтовых зубьев (ω , град)

Типы фрез		Угол наклона, ω , град
Цилиндрические:	крупнозубые	40
	мелкозубые	30...45
	составные	20...45
Концевые		30...45
Дисковые:	двусторонние	15
	трехсторонние сборные, при ширине: до 15 мм свыше 15 мм	8...10
		12...15
	трехсторонние: - сдвоенные - с разнонаправленными зубьями	15
		10...15
Торцовые:	с цельными зубьями	25...40
	со вставными ножами	10

205

Таблица П4.7.2 - Фрезы с пластинками из металлокерамических сплавов

1) Торцовые фрезы

Обрабатываемый материал	Передний угол, γ , град	Задний (α), при подаче S_o , мм/об		Углы в плане, град,			Угол наклона кромки λ , град
		< 0,25	> 0,25	φ	φ_o	φ_1	

Стали конструкционные с σ_s , МПа: до 800 свыше 800	-5 -10	12...16	6...8	15...60	0,5φ	5	12...15
Чугуны: серые ковкие и цветные сплавы	+5 +7	12...15 10...12	6...8	15...60 60		5 2	12...15

2) Дисковые фрезы

Обрабатываемый материал		Передний угол, γ , град	Задний угол		Угол наклона зуба, ω , °	Вспом. угол в плане, ϕ_1 , °
Стали конструкционные с σ_s , МПа:	до 800	-5	20	4	8...15	2...5
	свыше 800	-10	20...25			
Чугуны и цветные сплавы		+5	10...15			

3) Концевые фрезы

Обрабатываемый материал	Углы в сечении		Элементы фаски	
	Передний, γ , град	Задний, α , град	Ширина ленточки, f , мм	Передний угол, γ_1 , град
Стали с $\sigma_s < 750$ МПа Чугуны с HB < 200 Цветные сплавы	+5	17	--	--
Стали с $\sigma_s = 750...1400$ МПа Чугуны с HB > 200	0		0,2...0,5	0

Приложение 4.8.

Рекомендуемые подачи при фрезеровании

Таблица П4.8.1 - Подачи (S_z , мм/зуб) при черновом фрезеровании:

Торцовыми, цилиндрическими и дисковыми фрезами из быстрорежущей стали

Мощность станка, $N_{\text{ст}}$, kBm	Жесткость системы СПИД	Фрезы			
		Торцовые и дисковые		Цилиндрические	
		Подача на зуб, S_z , мм/зуб , при обработке:			
		Конструкционных сталей	Чугуна и цветных сплавов	Конструкционных сталей	Чугуна и цветных сплавов
Фрезы с крупным зубом и со вставными ножами					
до 5	средняя	0,06...0,07	0,15...0,3	0,08...0,12	0,1...0,18
	пониженная	0,04...0,06	0,1...0,2	0,06...0,1	0,08...0,15
5...10	повышенная	0,12...0,2	0,3...0,5	0,25...0,4	0,3...0,5
	средняя	0,08...0,15	0,2...0,4	0,12...0,2	0,2...0,3
	пониженная	0,06...0,1	0,15...0,25	0,1...0,15	0,12...0,2
свыше 10	повышенная	0,2...0,3	0,4...0,6	0,4...0,6	0,6...0,8
	средняя	0,15...0,25	0,3...0,5	0,3...0,4	0,4...0,6
	пониженная	0,1...0,15	0,2...0,3	0,2...0,3	0,25...0,4
Фрезы с мелким зубом					
до 5	средняя	0,04...0,06	0,12...0,2	0,05...0,08	0,06...0,12
	пониженная	0,03...0,05	0,08...0,15	0,03...0,06	0,05...0,1
5...10	повышенная	0,08...0,12	0,2...0,35	0,1...0,15	0,12...0,2
	средняя	0,06...0,1	0,15...0,3	0,06...0,1	0,1...0,15
	пониженная	0,04...0,08	0,1...0,2	0,06...0,08	0,08...0,12

ПРИМЕЧАНИЕ:

Бóльшие значения подач принимать для меньшей глубины и ширины фрезерования.

Меньшие - для больших значений глубины и ширины фрезерования.

207

Таблица П4.8.2 - Подачи ($S_z, мм/зуб$) при черновом фрезеровании

*Заготовок из конструкционной стали
концевыми и угловыми фрезами*

Диаметр	Тип	Подача на зуб фрезы, $S_z, мм$,
---------	-----	----------------------------------

фрезы, $D_{фр}, мм$	фрезы	При глубине резания, t , мм				
		1...3	3...5	5...8	8...20	20...40
16	Концевые из быстро- режущей стали	0,08...0,05	0,06...0,03	--	--	--
20		0,1...0,06	0,07...0,04	--	--	--
25		0,12...0,07	0,09...0,05	0,08...0,04	--	--
35		0,16...0,1	0,12...0,07	0,1...0,05	--	--
40		0,2...0,12	0,14...0,08	0,12...0,07	0,08...0,05	--
50		0,25...0,15	0,15...0,1	0,13...0,08	0,1...0,07	--
более 60		0,3...0,2	0,2...0,15	0,15...0,08	0,15...0,1	0,15...0,09
35	Угловые из быстро- режущей стали	0,08...0,04	0,07...0,05	0,06...0,04	--	--
40		0,09...0,05	0,07...0,05	0,06...0,03	0,06...0,03	--
50		0,1...0,06	0,08...0,05	0,07...0,04	0,06...0,03	--
более 60		0,12...0,06	0,1...0,05	0,09...0,05	0,07...0,04	0,06...0,03
20	Концевые из метало- керамиче- ских сплавов	0,06...0,1	0,05...0,08	0,03...0,05	--	--
25		0,08...0,12	0,06...0,1	0,05...0,1	0,05...0,08	--
30		0,1...0,15	0,08...0,12	0,06...0,1	0,05...0,09	--
40		0,1...0,18	0,08...0,13	0,06...0,11	0,05...0,1	0,04...0,07
50		0,1...0,2	0,1...0,15	0,08...0,12	0,06...0,1	0,05...0,09
60		0,12...0,2	0,1...0,16	0,1...0,12	0,08...0,12	0,06...0,1

ПРИМЕЧАНИЯ:

1. При фрезеровании чугуна и цветных сплавов значения подач увеличить на 30...40 %,
2. *Бóльшие* значения подач применять при малой ширине фрезерования, а *меньшие* - при большой ширине фрезерования.

Таблица П4.8.3 – Подачи (S_z , мм/зуб) при черновом фрезеровании

*Торцовыми, цилиндрическими и дисковыми фрезами
с пластинками из металлокерамических сплавов*

Мощность	Материал заготовки
----------	--------------------

станка, $N_{см}$, кВт	Конструкционная сталь		Чугун и цветные сплавы	
	Материал режущей части резца			
	<i>T15K6</i>	<i>T5K10</i>	<i>BK6</i>	<i>BK8</i>
	Подача на зуб фрезы, S_z , мм,			
5...10	0,09...0,18	0,12...0,18	0,14...0,24	0,2...0,3
свыше 10	0,12...0,18	0,16...0,24	0,18...0,28	0,25...0,38

ПРИМЕЧАНИЯ: 1. Приведенные значения подач для цилиндрических фрез действительны при $B \leq 30$ мм,
2. При $B > 30$ мм табличные значения подач уменьшить на 30 %.
3. Приведенные значения подач для дисковых фрез действительны при фрезеровании плоскостей и уступов.
4. При фрезеровании пазов табличные значения подач уменьшить в 2 раза.

Таблица П4.8.4 - Подачи (S_o , мм/об) при чистовом фрезеровании

Обрабатываемый материал	Параметр шероховатости Ra , мкм	При диаметре фрезы, $D_{фр}$, мм			
Цилиндрические фрезы из быстрорежущей стали					
Конструкционная сталь	3,2	40...75	90...130	150...200	
		1,0...2,7	1,7...3,0	2,3...4,0	
	1,6	0,6...1,5	1,0...2,0	1,3...2,5	
Чугун и цветные сплавы	3,2	1,0...2,0	1,4...2,5	1,9...3,5	
	1,6	0,6...1,3	0,8...1,7	1,1...2,1	
Концевые и угловые фрезы из быстрорежущей стали					
Все материалы	$\leq 3,2$	10...16	20...22	25...35	40...60
		0,02...0,05	0,06...0,08	0,08...0,15	0,2...0,3
	$> 3,2$	0,08...0,14	0,15...0,25	0,3...0,4	0,4...0,5
Концевые фрезы из металлокерамических сплавов					
Все материалы	$\leq 5,0$	10...16	20...22	25...35	40...60
		0,02...0,05	0,06...0,08	0,08...0,15	0,2...0,3
Торцовые и дисковые фрезы					
Все материалы		Материал лезвия фрезы			
		Быстрорежущая сталь		Металлокерамический сплав	
	5,0	1,2...2,7		--	
	3,2	0,5...1,2		0,5...1,0	
	1,6	0,23...0,5		0,4...0,6	
	0,8	--		0,2...0,3	
	0,4	--		0,15	

Приложение 4.9.

Значения коэффициента C_V и показателей степени при расчете V_T

Тип фрезы	Материал режущей части	Вид операции	Параметры срезаемого слоя, мм			Коэффициент и показатели степени в формуле для V_T						
			B	t	$S_z, \text{мм/зуб}$	C_V	q_V	x_V	y_V	u_V	p_V	m_V
1. Обработка конструкционных сталей, $\sigma_d = 750 \text{ МПа}$												
Торцовые	T15K6	Фрезерование плоскостей	--	--	--	332	0,2	0,1	0,4	0,2	0	0,2
	P6M5*				≤ 0.1	64.7	0.25		0.2	0.15		
					> 0.1	41			0.4			
Цилиндрические	T15K6		≤ 35	< 2	--	390	0.17	0.19	0.28	0.05	0.1	0.33
			> 2	443		0.38		0.08				
			> 35	< 2		616				0.19		
				> 2		700				0.38		
	P6M5*		--	--	≤ 0.1	55	0.45	0.3	0.2	0.1		
					> 0.1	35.4			0.4			
	Дисковые со вставными ножами	T15K6	Фрезерование плоск. и уступов	--	--	< 0.12	1340	0.2	0.4	0.12		
≥ 0.12						740	0.4					
Фрезерование пазов			< 0.06			1825	0.3		0.12	0.1		
			≥ 0.06			690			0.4			
P6M5*		Фрезерование плоскостей, уступов и пазов	--	--	≤ 0.1	75,5	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
					> 0.1	48,5			0,4			
					--	68,5			0,2			
Дисковые цельные									0,2			
Концевые	T15K6		--	--	--	234	0,44	0,24	0,26	0,1	0,13	0,37
	P6M5*		--	--	--	46,7	0,45	0,5	0,5		0,1	0,1
Угловые	P6M5*	Фрезерование угловых канавок	--	--	--	44	0,45	0,3	0,2			

Продолжение *Приложения 4.9.*

Тип фрезы	Материал режущей части	Вид операции	Параметры срезаемого слоя, мм			Коэффициент и показатели степени в формуле для V_T						
			B	t	S_z мм/зуб	C_V	q_V	x_V	y_V	u_V	p_V	m_V
2. Обработка серых чугунов твердостью 190 HB												
Торцовые	BK6	Фрезерование плоскостей	--	--	--	445	0,2	0,15	0,35	0,2	0	0,32
	P6M5					42	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,15
Цилиндрические	BK6		--	< 2.5	≤ 0.2	923	0.37	0.13	0.19	0.23	0.14	0.42
					> 0.2	588			0.47			
				≥ 2.5	≤ 0.2	1180		0.4	0.19			
					> 0.2	750			0.47			
	P6M5			--	≤ 0.15	57.7	0.7	0.5	0.2	0.3	0.3	0.25
					> 0.15	27			0.6			
Дисковые сборные	P6M5	Фрезерование плоскостей, уступов, пазов	--	--	--	85	0.2	0.5	0.4	0.1	0.1	0.15
Дисковые цельные						72						
Концевые			--	--	--	72	0.7	0.5	0.2	0.3	0.3	0.25

Продолжение *Приложения 4.9.*

Тип фрезы	Материал режущей части	Вид операции	Параметры срезаемого слоя, мм			Коэффициент и показатели степени в формуле для V_T						
			B	t	S_z мм/зуб	C_V	q_V	x_V	y_V	u_V	p_V	m_V

2. Обработка серых чугунов твердостью 150 HB

Торцовые	BK6	Фрезерование плоскостей	--	--	≤ 0.18	994	0,22	0,17	0,1	0,22	0	0,33	
					> 0.18	695			0,3				
	P6M5*		≤ 0.1	90.5	0,25	0,1	0,2	0,15					
			> 0.1	57.4			0,4						
Цилиндрические	P6M5*		--	--	≤ 0.1	77	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33	
					> 0.1	49.5			0,4				
Дисковые сборные	P6M5*		--	--	≤ 0.1	105.8	0,25		0,2			0,1	0,2
					> 0.1	68			0,4				
Дисковые цельные		--	--	--	95.8	0,2							
Концевые		P6M5*	--	--	--				68,5				0,45

- ПРИМЕЧАНИЯ: 1. * - обработка с использованием смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ).
2. Скорость резания действительна для *торцовых* фрез с главным углом в плане $\varphi = 60^\circ$:
 для $\varphi = 15^\circ$ следует умножить на коэффициент **1,6**; для $\varphi = 45^\circ$ - на **1,1**;
 при $\varphi = 75^\circ$ - на **0,93**; при $\varphi = 90^\circ$ - на **0,87**.

Продолжение *Приложения 4.9.*

Тип фрезы	Материал режущей части	Вид операции	Параметры срезаемого слоя, мм			Коэффициент и показатели степени в формуле для V_T						
			B	t	S_z , мм/зуб	C_V	q_V	x_V	y_V	u_V	p_V	m_V

4. Обработка медных сплавов, 100...140 HB

Торцовые и цилиндрические	P6M5*	Фрезерование плоскостей	--	--	≤ 0.1	136	0,25	0,1	0,2	0,15	0,1	0,2
					> 0.1	86,2			0,4			0,2
					≤ 0.1	115,5	0,45	0,3	0,2	0,1		0,33
					> 0.1	74,3			0,4			0,2
Дисковые: - сборные - цельные	P6M5*	Фрезерование уступов, пазов и др.	--	--	≤ 0.1	158,5	0,25		0,2			0,2
					> 0.1	102			0,4			
			--	--	--	144						
Концевые	P6M5*		--	--	--	103	0,45		0,2	0,33		

5. Обработка алюминиевых сплавов, HB $\leq$ 100

Торцовые и цилиндрические	P6M5*	Фрезерование плоскостей	--	--	≤ 0.1	245	0,25	0,1	0,2	0,15	0,1	0,2	
					> 0.1	155			0,4			0,33	
					≤ 0.1	208	0,45	0,3	0,2	0,1		0,2	
					> 0.1	133,5			0,4				
Дисковые: - сборные - цельные	P6M5*	Фрезерование уступов, пазов и др.	--	--	≤ 0.1	285	0,25		0,2				0,2
					> 0.1	183,5			0,4				
			--	--	--	259			0,2				
Концевые	P6M5*		--	--	--	185,5	0,45		0,33				

Приложение 4.10.

Среднее значение периода стойкости (T) фрез

Тип фрезы	Стойкость фрезы T , мин,								
	при диаметре фрезы $D_{фр}$, мм								
	25	40	60	75	90	110	150	200	250
Торцовые	--	120	180					240	
Цилиндрические со вставными ножами и цельные с крупным зубом	--				180			240	--
Цилиндрические с мелким зубом	--	120		180		--			
Дисковые	--				120		150	180	240
Концевые	90	120	180	--					
Фасонные и угловые	--	120			180	--			
Прорезные и отрезные	--			60	75	120		150	--

Приложение 4.11.

Значения для определения поправочного коэффициента K_V

Таблица 4.11.1 – Значения коэффициента K_{Mv}

Обрабатываемый материал	Предел прочности, σ_b , МПа; (Твердость, НВ)	Коэффициент K_{Mv} в зависимости от материала лезвия фрезы:	
		Быстрорежущая сталь	Металлокерамический сплав
Сталь конструкционная	до 700 МПа	1,03	1,07
	≥ 800 МПа	0,68	0,99
	≥ 1300 МПа	0,38	0,52
	≥ 1700 МПа	0,26	0,39
Чугун серый	(140 НВ)	1,51	1,45
	(200 НВ)	0,92	0,93
	(315 НВ)	0,42	0,53
Чугун ковкий	(100 НВ)	2,0	1,7
	(150 НВ)	1,0	1,0
	(200 НВ)	0,6	0,7
Медные сплавы	(68...140 НВ)	Быстрорежущая сталь и металлокерамический сплав	
		1,0	
	(> 140 НВ)	0,7	
Алюминиевые сплавы	200...450 МПа	0,8	

Таблица 4.11.2 – Значения коэффициента K_{Lv}

Значение коэффициента	Состояние поверхности заготовки					
	Без корки	С коркой				
		Прокат	Поковка	Отливки		
				Сталь и чугун по корке		Цветные сплавы
				нормальной	сильно загрязненная	
K_{Lv}	1,0	0,9	0,8	0,8...0,85	0,5...0,6	0,9

Таблица 22.3 – Значения коэффициента K_{Iv}

Обрабатываемый материал	Значения коэффициента K_{Iv} в зависимости от марки инструментального материала						
Стали конструкционные	<i>T5K12</i>	<i>T5K10</i>	<i>T14K8</i>	<i>T15K6</i>	<i>T30K4</i>	<i>BK8</i>	<i>P6M5; P18</i>
	0,35	0,65	0,8	1,0	1,4	0,4	1,0
Чугуны серые и ковкие	<i>BK8</i>	<i>BK6</i>	<i>BK4</i>	<i>BK3</i>	<i>BK2</i>	--	--
	0,83	1,0	1,1	1,15	1,25	--	--
Цветные сплавы	<i>BK6</i>	<i>BK4</i>	<i>P6M5</i>	<i>P9</i>	<i>P18</i>	<i>9XC</i>	--
	2,7	2,5	1,0	1,0	1,0	0,6	--

Приложение 4.12.

Технические характеристики фрезерных станков

Параметры станка	Модели станков		
	6Б12	6Н81Г	6Б82
Размеры рабочей поверхности стола, мм	320 × 1250	250 × 1000	320 × 1250
Наибольшее перемещение стола, мм: - продольное - поперечное - вертикальное	800 280 420	630 200 320	800 250 420
Наибольший угол поворота стола, град	--	--	± 45
Число скоростей шпинделя	12	16	12
Частота вращения шпинделя, об/мин: - пределы, - значения	60...1140 60; 80; 106; 122; 163; 315; 420; 556; 645; 860; 1140	60...1670 60; 77; 93; 113; 148; 193; 234; 284; 347; 452; 550; 667; 870; 1135; 1380; 1670	20...435 20; 27; 36; 46; 62; 82; 105; 142; 188; 242; 325; 435
Число рабочих подач стола	12	16	12
Подачи стола, мм/мин: а) продольная и поперечная: - пределы, - значения	26...1040 26; 37; 50; 72; 100; 136; 204; 282; 380; 556; 770; 1040	30...870 30; 36; 44; 57; 75; 90; 110; 142; 180; 220; 270; 350; 460; 550; 670; 870	20...760 20; 27; 36; 53; 74; 100; 150; 206; 280; 410; 560; 760
б) вертикальная: - пределы, - значения	13...520 13; 18.5; 25; 50; 68; 102; 141; 190; 278; 385; 520	15...435 15; 18; 22; 28.5; 37.5; 45; 55; 71; 90; 110; 135; 175; 230; 275; 335; 435	10...380 10; 13.5; 18; 26.5; 37; 50; 75; 103; 140; 205; 280; 380
Мощность э/двигателя привода главного движения, кВт	7	5,8	3,7

Приложение 4.13.

Значения коэффициентов C_p и показателей степени при расчете окружной силы P_z

Тип фрезы	Материал режущей части фрезы	Коэффициент и показатели степени					
		C_p	x_p	y_p	u_p	q_p	w_p

Обработка конструкционной стали, $\sigma_s = 750 \text{ МПа}$

Торцовые	Твердоспл.	8250	1,0	0,75	1,1	1,3	0,2
	Быстрореж.	825	0,95	0,8		1,1	0
Цилиндрические	Твердоспл.	1010	0,88	0,75	1,0	0,87	0
	Быстрореж.	682	0,86	0,72		0,86	
Дисковые, прорезные и отрезные	Твердоспл.	2610	0,9	0,8	1,1	1,1	0,1
	Быстрореж.	682	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Концевые	Твердоспл.	1250	0,85	0,75	1,0	0,73	-0,13
	Быстрореж.	682	0,86	0,72		0,86	0
Угловые	Быстрореж.	470	0,86	0,72	1,0	0,86	0

Обработка серого чугуна, 190 **HB**

Торцовые	Твердоспл.	545	0,9	0,74	1,0	1,0	0
	Быстрореж.	500	0,9	0,72	1,14	1,4	
Цилиндрические	Твердоспл.	580	0,9	0,8	1,0	0,9	0
	Быстрореж.	300	0,83	0,65		0,83	
Дисковые, концевые и угловые	Быстрореж.	300	0,83	0,65	1,0	0,83	0

Обработка ковкого чугуна, 150 **HB**

Торцовые	Твердоспл.	4910	1,0	0,75	1,1	1,3	0,2
	Быстрореж.	500	0,95	0,8		1,1	0
Цилиндрические и другие	Быстрореж.	300	0,86	0,72	1,0	0,86	0

Обработка медных сплавов

Все типы фрез	Быстрореж.	226	0,86	0,72	1,0	0,86	0
---------------	------------	-----	------	------	-----	------	---

ПРИМЕЧАНИЕ: При фрезеровании алюминиевых сплавов P_z рассчитывать как для стали, умножая на коэффициент **0,25**.

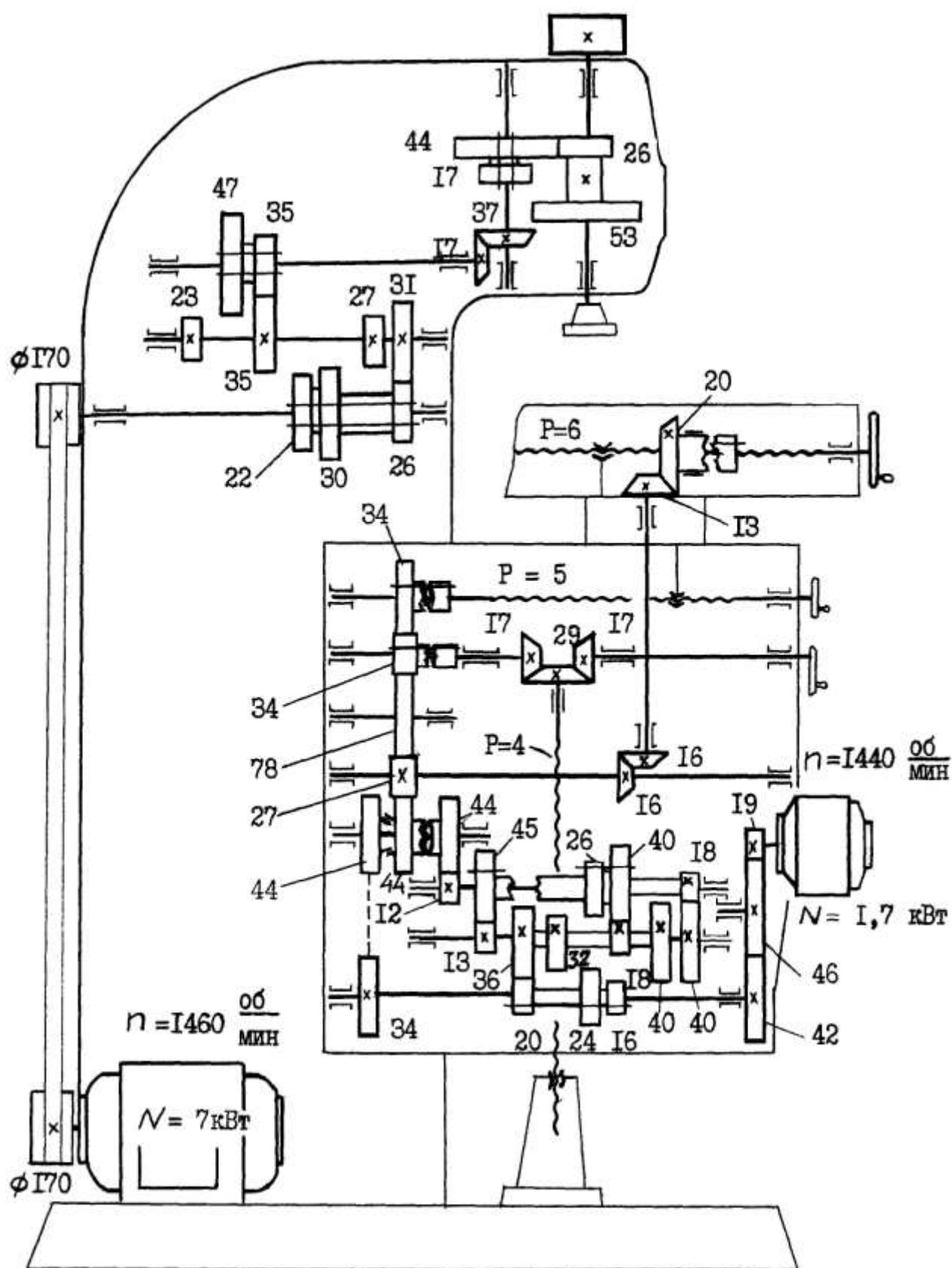
Приложение 4.14.

Поправочный коэффициент K_{Mp}

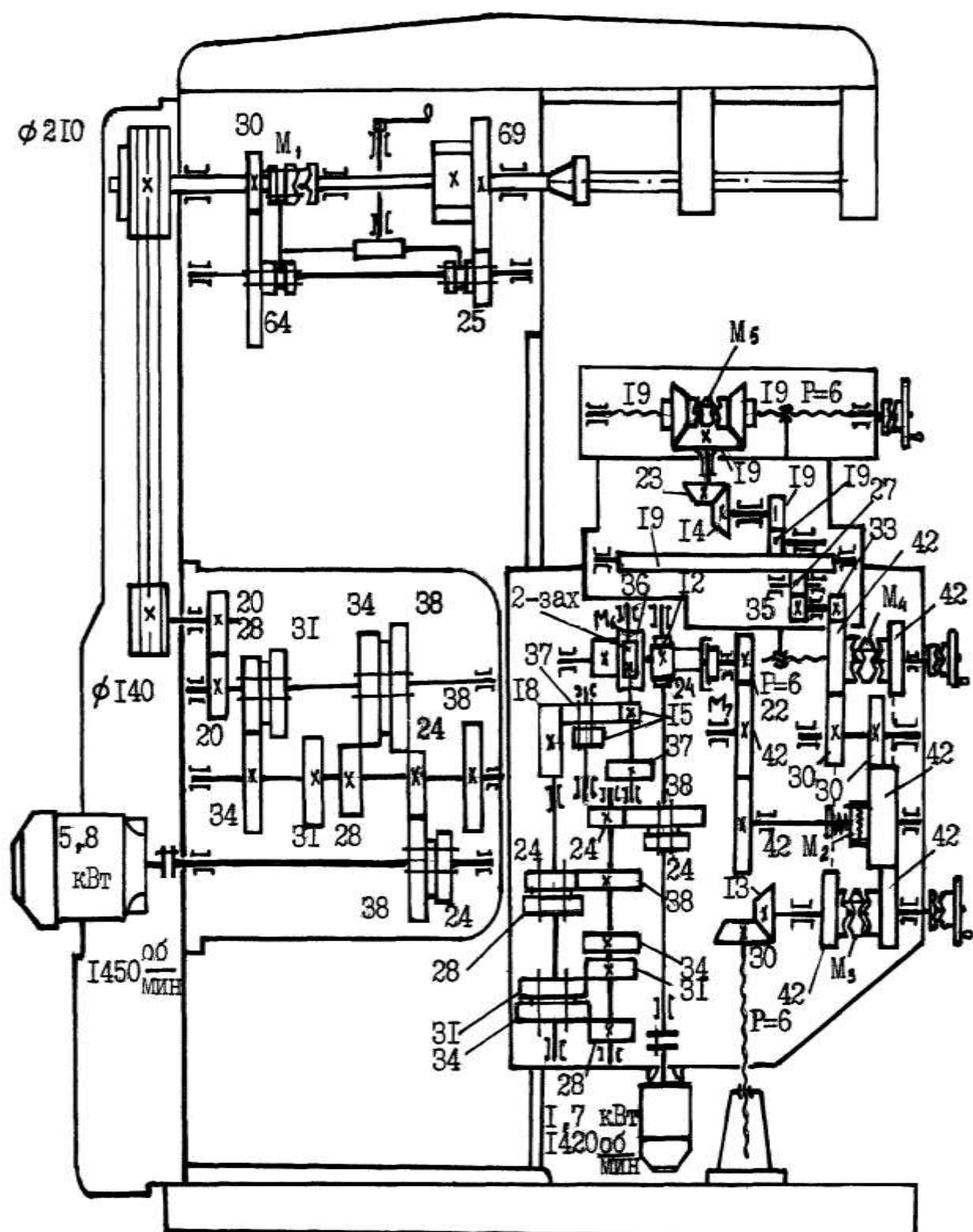
Обрабатываемый материал	Расчетная формула	Показатель степени (n) при работе фрезами из:	
		металлокерамического сплава	быстро-режущей стали
Конструкционная сталь	$K_{Mp} = (\sigma_{\sigma} / 750)^n$	0,3	0,3
Серый чугун	$K_{Mp} = (HB/190)^n$	1,0	0,55
Ковкий чугун	$K_{Mp} = (HB/150)^n$		
Медные сплавы, 			

Приложение 4.15.

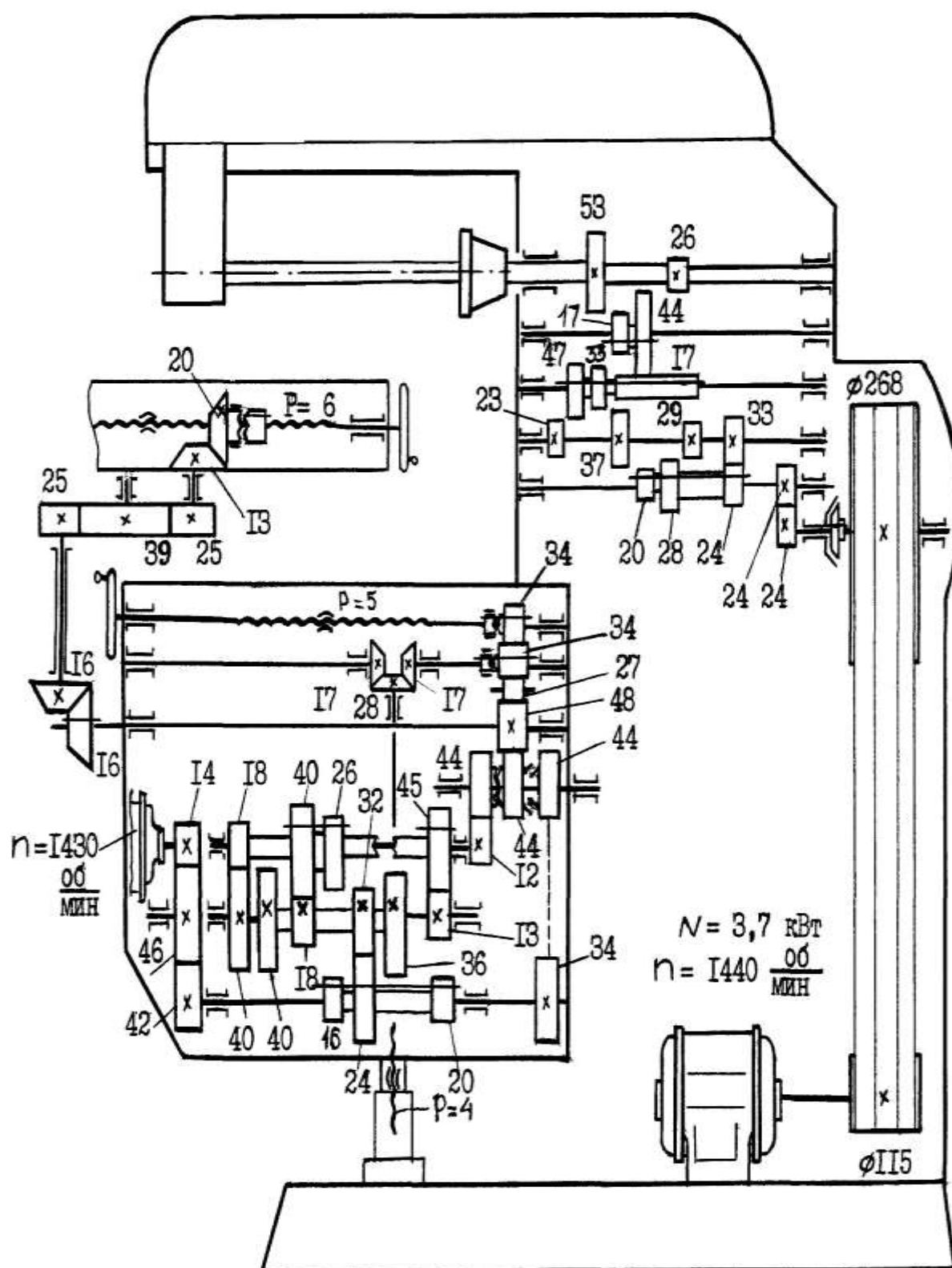
Кинематическая схема вертикально-фрезерного станка 6Б12



Кинематическая схема горизонтально-фрезерного станка 6Н81Г



Кинематическая схема универсально-фрезерного станка 6Б82



Оглавление

Предисловие.....	3
Часть I. Лабораторный практикум	4
Раздел 1. Заготовительное производство	4
Работа 1.1. Изучение исходных материалов и продуктов металлургического производства.....	4
Работа 1.2. Формовка в двух опоках.....	8
Работа 1.3. Проектирование технологического процесса изготовления поковки....	16
Работа 1.4. Определение режимов и технологических коэффициентов дуговой сварки.....	23
Работа 1.5. Контроль качества сварного шва металлографическим методом.....	27
Раздел 2. Обработка материалов резанием	31
Работа 2.1. Конструктивные и геометрические элементы токарных резцов.....	31
Работа 2.2. Конструктивные и геометрические элементы фрез.....	37
Работа 2.3. Конструктивные и геометрические элементы осевого инструмента.....	45
Работа 2.4. Механизмы металлорежущих станков	55
Работа 2.5. Устройство и настройка токарно-винторезного станка	64
Работа 2.6. Зубонарезание методом копирования с помощью УДГ.....	74
Работа 2.7. Зубонарезание методом обкатки на зубодолбежном станке 5В12	85
Часть II. Практикум и методические указания по РГР	95
Требования к выполнению расчетно-графической работы.....	95
РГР 1 - «Проектирование технологического процесса получения отливки».....	96
1.1. Порядок выполнения работы.....	100
1.2. Методика выполнения работы.....	101
1.3. Содержание графической части.....	107
РГР 2 - «Проектирование технологического процесса поковки».....	110
2.1. Исходные данные.....	110
2.2. Методика разработки техпроцесса свободной ковки.....	114
2.3. Пример выполнения РГР 2.....	125
2.4. Контрольные вопросы по РГР 2.....	129
РГР 3 - "Проектирование токарной операции".....	130
3.1. Цель работы.....	130
3.2. Содержание и порядок выполнения работы.....	130
3.3. Методика выполнения работы.....	131
3.4. Пример выполнения РГР 3.....	144
РГР 4 - "Проектирование фрезерной операции".....	150
4.1. Цель работы.....	150
4.2. Содержание и порядок выполнения работы.....	150
4.3. Методика выполнения работы.....	155
4.4. Образец оформления пояснительной записки РГР 4.....	165
Литература.....	167
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	168
1. Приложения к РГР 1.....	169
2. Приложения к РГР 2.....	173
3. Приложения к РГР 3.....	181
4. Приложения к РГР 4.....	198
Оглавление.....	222