

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)**

**Кафедра ТМС**

## **Практические работы**

**по дисциплине: «Технологические процессы в машиностроении»  
для студентов направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическая  
подготовка производства»**

**Составитель  
Жарков Н.В.**

**Владимир, 2016**

## **Техника безопасности**

В целях исключения травматизма, а также поломки приборов и порчи оборудования каждый студент перед выполнением практической работы должен изучить правила техники безопасности.

Запрещается:

- приступать к работе без ознакомления с правилами по технике безопасности и проведения вводного инструктажа;
- подходить к оборудованию, подключать его к источникам питания, переключать и настраивать в отсутствие преподавателя или учебного мастера.

Перед выполнением работы следует:

- надеть средства защиты и спецодежду;
- проверить наличие диэлектрических ковриков и заземления установок;
- работу проводить под наблюдением преподавателя или учебного мастера.

## Практическая работа № 1

### ИЗУЧЕНИЕ КЛАССИФИКАЦИИ И МАРКИРОВКИ СТАЛЕЙ И ЧУГУНОВ

#### Цель работы:

1. получить основные сведения о принципах классификации и маркировке сталей и чугунов;
2. ознакомиться с делением сталей и чугунов по классификационным группам;
3. приобрести навыки в чтении химического состава сталей и механических свойств чугунов по их маркировке.

#### Теоретические положения

Сплавы на основе железа называют сталями и чугунами

**Сталь** – железоуглеродистый сплав, является основным видом металла, применяемым для создания машин.

Это объясняется тем, что сталь обладает: высокими прочностью и износостойкостью; хорошо сохраняет приданную форму в изделиях; сравнительно легко поддается различным видам обработки; кроме того, основной компонент стали – железо – является широко распространенным элементом в земной коре.

**Чугунами** называют железоуглеродистые сплавы, в которых углерода более 2,14% и затвердевающие с образованием эвтектики (тонкая смесь твердых веществ, которые выкристаллизовываются из расплава одновременно при температуре более низкой, чем температура плавления отдельных элементов смеси).

Благодаря сочетанию высоких литейных свойств, достаточной прочности, износостойкости, относительной дешевизне чугуны получили широкое распространение в машиностроении. Их используют для получения качественных отливок сложной формы при отсутствии жестких требованиям к габаритам и массе деталей.

Содержание углерода и примесей в стали значительно ниже, чем в чугуне (табл.1). Классификация и маркировка сталей показана в таблицах 2 и 3.

Таблица 1.1.

Состав переклельного чугуна и низкоуглеродистой стали, %

Материал	C	Si	Mn	P	S
Переклельный чугун	4...4,4	0,56...1,26	До 1,75	0,1...0,3	0,03...0,07
Низкоуглеродистая сталь	0,12...0,25	0,12...0,3	0,3...0,9	0,05	0,050

Таблица 1.2.

Классификация сталей

назначению	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. конструкционные;</li> <li>2. инструментальные;</li> <li>3. стали и сплавы с особыми свойствами</li> </ol>
------------	---

составу По химическому	<b>Углеродистые</b>	<b>легированные</b>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Низкоуглеродистые (C до 0,25%);</li> <li>2. Среднеуглеродистые (C: 0,25 – 0,45%);</li> <li>3. Высокоуглеродистые (C: 0,45 – 0,75%)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Низколегированные с содержанием легирующих элементов до 2,5%;</li> <li>2. Среднелегированные – от 2,5 до 10%;</li> <li>3. Высоколегированные – более 10%</li> </ol>

качеству По	<b>обыкновенного назначения</b>	<b>качественная</b>	<b>высококачественная</b>	<b>особо высококачественная</b>
	<i>S</i> до 0,05%; <i>P</i> до 0,04%.	<i>S</i> до 0,04%; <i>P</i> до 0,035%.	<i>S</i> до 0,025%; <i>P</i> до 0,025%.	<i>S</i> до 0,015%; <i>P</i> до 0,025%.

	<b>спокойные</b>	<b>полу-спокойные</b>	<b>Кипящие</b>
	Содержат мало кислорода и затвердевают спокойно, без газовыделения.	Занимают промежуточное положение.	Перед раскислением имеют повышенное количество кислорода, при затвердении он взаимодействует с углеродом и удаляется в виде газа CO: сталь «кипит». Результат «кипения» стали – повышенное содержание в ней газообразных примесей.

<b>По характеру раскисления и заглавления</b>			
---	--	--	--

Таблица 1.3.

Маркировка сталей

<b>Углеродистые</b>	<b>Обыкновенного назначения</b>
	Индекс «Ст.» и <b>порядковый номер</b> : Ст.1, Ст.2, ... Чем выше номер в обозначении, тем выше прочность и ниже пластичность стали.
	<b>Качественные</b>
	Словом «сталь» и <b>цифрами</b> , указывающими среднее содержание углерода в сотых процента: сталь 10, сталь 20 ... сталь 80.
	<b>Высококачественные и особовысококачественные</b>
Также как качественные. У особовысококачественных в маркировке указывают способ выплавки и последующей ее механической обработки.	
<b>Углеродистые инструментальные</b>	С содержанием углерода более 70% имеют в обозначении букву «У» и <b>цифру</b> , указывающую содержание углерода в десятых долях процента: <b>У7, У8, ... У13</b>

<b>Легированные конструкционные</b>	<p>В основу маркировки легированных сталей положена буквенно-цифровая система (ГОСТ 4543-71).  Леглирующие элементы обозначаются буквами:  марганец – <b>Г</b>; кремний – <b>С</b>; хром – <b>Х</b>, никель – <b>Н</b>;  вольфрам – <b>В</b>; ванадий – <b>Ф</b>; титан – <b>Т</b>; молибден – <b>М</b>;  кобальт – <b>К</b>; алюминий – <b>Ю</b>; медь – <b>Д</b>; бор – <b>Р</b>; ниобий – <b>Б</b>;  цирконий – <b>Ц</b>; азот – <b>А</b>.</p>
	<p>Количество углерода указывается в сотых долях % цифрой, стоящей в начале обозначения.  Количество леглирующего элемента указывается в процентах целой цифрой, стоящей после соответствующего индекса.  Отсутствие цифры после индекса элемента указывает, что его содержание меньше 1,5%.  Высококачественные стали имеют в обозначении букву <b>А</b>, а особовысококачественные – букву <b>Ш</b>, проставляемую в конце.  <i>Например</i>, сталь 12Х2Н4А содержит 0,12% С (углерода), около 2% хрома, около 4% никеля и менее 0,04% серы и 0,035% фосфора (буква А).</p>

*Примечание:* 1. В маркировке стали иногда ставят буквы, указывающие на их применение: А – автоматные (А12, А20, А40Г), Р - быстрорежущие (Р6М5), Ш - шарикоподшипниковые (ХШ15), электротехнические (Э).

2. Все леглирующие стали являются высококачественными.

### **Классификация чугунов**

В зависимости от того в какой форме присутствует углерод в сплавах различают чугуны: белые, серые, высокопрочные, чугуны с вермикулярным графитом (особый сплав магния и железа), ковкие чугуны.

**Белыми** называют чугуны, в которых весь углерод находится в связанном состоянии в виде *цементита*. Из-за большого количества цементита они твердые, хрупкие, и для изготовления деталей машин не используются.

В промышленности широко применяются серые, высокопрочные и ковкие чугуны, в которых весь углерод или часть его находится в виде графита.

Графит обеспечивает хорошую обрабатываемость, высокие антифрикционные свойства вследствие низкого коэффициента трения. Вместе с тем включения графита снижают твердость, прочность и пластичность, так как нарушают сплошность металлической основы сплава.

**Серыми** называют чугуны с *пластинчатой* формой графита.

Обозначают серые чугуны индексами **СЧ20, СЧ25, СЧ30**. Цифра в обозначении указывает на предел прочности чугуна при растяжении в 0,1МПа (таблица 1.1).

Таблица 1.4.

Свойства серых чугунов

Марка чугуна	Предел прочности на растяжение $\sigma_{0,1}$ МПа	Относительное удлинение $\delta, \%$	Твердость НВ
Серые чугуны (ГОСТ 1412- 85)			
СЧ10	100	-	≈190
СЧ15	150	-	163-210
СЧ25	250	-	180-245
СЧ35	350	-	220-275

**Высокопрочными** называют чугуны, в которых графит имеет *шаровидную* форму.

Такие чугуны получают модифицированием магнием, который вводят в жидкий чугун в количестве 0,02...0,08% или магнием и никелем. Шаровидный графит – менее сильный концентратор напряжений, чем пластинчатый. Поэтому он меньше снижает механические свойства металлической основы. Из него изготавливают крупные коленчатые валы, шпиндели к крупным станкам.

Марка высокопрочного чугуна состоит из букв **ВЧ** и **числа**, обозначающего уменьшенное в 10 раз значение его временного сопротивления (таблица 1.2).

Таблица 1.5.

Свойства высокопрочных чугунов

Марка чугуна	Предел прочности на растяжение $\sigma_{0,1}$ МПа	Относительное удлинение $\delta, \%$	Твердость НВ
Высокопрочные чугуны (ГОСТ 7293-85)			
ВЧ35	350	22	140-170
ВЧ45	450	10	140-225
ВЧ60	600	3	192-227
ВЧ80	800	2	248-351
ВЧ100	1000	2	270-360

У чугунов с вермикулярным графитом структура формируется под действием комплексного модификатора, содержащего магний и редкоземельные металлы. Графит приобретает шаровидную (около 40%) и вермикулярную – в виде мелких тонких прожилок - форму.

Чугуны с вермикулярным графитом производят 4-х марок: **ЧВК-30, ЧВК-35, ЧВК-40, ЧВК-45** (таблица 1.3). Число в марке обозначает уменьшенное в 10 раз значения временного сопротивления.

По механическим свойствам чугуны с вермикулярным графитом занимают промежуточное значение между серым и высокопрочным. Они прочнее серых чугунов, особенно при циклических нагрузках. Отличаются хорошей теплопроводимостью, что обеспечивает их стойкость к теплосменам.

Таблица 1.6.

Свойства вермикулярного чугуна

Марка чугуна	Предел прочности на растяжение $\sigma_b$ , 0,1 МПа	Относительное удлинение $\delta$ , %	Твердость НВ
Чугуны с вермикулярным графитом (ГОСТ28384-84)			
ЧВГ-30	300	3	130-180
ЧВГ-35	350	2	140-190
ЧВГ-40	400	1,5	170-220
ЧВГ-45	450	0,8	190-250

**Ковким** называются чугуны, в которых графит имеет *хлопковидную* форму.

Такой графит по сравнению с пластинчатым меньше снижает механические свойства металлической основы, вследствие чего ковкие чугуны по сравнению с серыми обладают более высокими прочностью и пластичностью.

Ковкие чугуны обозначаются **индексом** и **последующими цифрами**, первая из которых характеризует его прочность, а вторая – пластичность: **КЧ-30-6, КЧ-45-7** и т.д. (таблица 1.4).

Таблица 1.7.

Свойства ковкого чугуна



Марка чугуна	Предел прочности на растяжение $\sigma_{0,1}$ МПа	Относительное удлинение $\delta$ , %	Твердость НВ
Чугуны ковкие			
КЧ-30-6	300	6	100-163
КЧ-35-8	350	8	100-163
КЧ-37-12	370	12	110-163
КЧ-45-7	450	7	150-207
КЧ-60-3	600	3	200-269
КЧ-80-1,5	800	1,5	270-320

### Технологические свойства металлов и сплавов

При выборе материала при создании конструкции необходимо комплексно учитывать его прочностные, технологические и эксплуатационные характеристики.

Таблица 1.8.

#### Обрабатываемость конструкционных материалов резанием

Конструкционные материалы деталей машин			
Легкообрабатываемые	Средней обрабатываемости	Ниже средней обрабатываемости	Труднообрабатываемые
Мягкие чугуны (НВ 140...160), латуни, бронзы, дуралюмины.  $K_o < 1$	Углеродистые стали (сталь 45), низколегированные стали, чугуны средней твердости (НВ 160...180).  $K_o = 1$	Высоколегированные стали, твердые чугуны (НВ 180...200).  $K_o > 1$	Жаростойкие стали, кислотостойкие стали, никелевые сплавы, композиционные материалы, твердые сплавы и т.п.  $K_o \gg 1$
Условные обозначения: $K_o$ – коэффициент обрабатываемости			

### Содержание практического занятия

Занятие состоит в освоении классификации черных металлов и сплавов, выделении в отдельные классификационные группы металлов заданного списка, расшифровки их химического состава по маркировке.

### Порядок выполнения работы.

1. Ознакомиться с заданным списком металлов и сплавов;
2. Выявить классификационные группы, к которым они принадлежат;
3. Расшифровать их химический состав по маркировке;
4. Заполнить таблицу с данными по классификации черных металлов и сплавов, их химическому составу (механическим свойствам) и обрабатываемости по изученному списку;
5. Ответить на контрольные вопросы.

### Задание

По маркировке металлов и сплавов заданного списка (таблица 1.9.) установить: классификационную группу, к которым они принадлежат, и их химический состав;

Отчет представить в виде таблицы (таблица 1.10).

*Таблица 1.9.*

### Варианты заданий

<b>№ варианта</b>	<b>Список материалов</b>
1	Ст.3, стали 15кп, 65Г, 36Г2С, 20ХН3А, Х13Н4Г9; СЧ12-28, ВЧ35, ЧВГ-30, КЧ-30-6
2	Ст.3кп, стали 20, 50Г2, 33ХС, 40ХФА, Х18Н11Б; СЧ15-32, ВЧ45, ЧВГ-35, КЧ-35-8.
3	Ст.3, стали 60Г, У7А, 15ХФ, 20ХГС, 4Х13; СЧ 18-36, ВЧ60, ЧВГ-40, КЧ-37-12.
4	Ст.4, стали 30, У10А, 20ХФ, 18ХГТ, 1Х18Н9Т; СЧ 21-40, ВЧ80, ЧВГ-45, КЧ-60-3.
5	Ст.5, стали 45, У12А, 35ХМ, 13Н2ХА, Х17Н2; СЧ 24-44, ВЧ100, ЧВГ-30, КЧ-45-7.
6	Ст.6, стали 35, 1Х13, 40ХГ, 40ХНВА, Х5ВФ; СЧ 28-48, ВЧ35, ЧВГ-35, КЧ-45-7.
7	Ст.4, стали 50, 20Х, 35ХВ, 40ХНМА, Х7СМ; СЧ 32-52, ВЧ45, ЧВГ-40, КЧ-30-6.
8	Ст.6, стали 10кп, 38ХА, 40ХН, 38ХГН, Х10С2М; СЧ 35-

	56, ВЧ60, ЧВГ-45, КЧ-35-8.
9	Ст.3, стали 40, 35Х, 12ХМ, 12ХН2, 1Х18Н9; СЧ 38-60, ВЧ80, ЧВГ-30, КЧ-37-12.
10	Ст.3кп, стали 65Г, 15Х, 20ХГ, 40ХГТ, 2Х18Н9; СЧ 21-40, ВЧ100, ЧВГ-35, КЧ-60-3.

### Отчет по работе

Отчет должен содержать:

Наименование, цель, содержание работы.

Список металлов и сплавов по заданию.

Таблицу (по образцу таблицы 1.10) с характеристикой металлов и сплавов по заданию.

Таблица 1.10.

Характеристикой металлов и сплавов по заданию (пример)

<b>Классификационная группа металла</b>	<b>Марка металла, сплава</b>	<b>Обрабатываемость металла, сплава, Ко</b>	<b>Химический состав в % (для сталей), механические свойства (для чугунов)</b>
Сталь углеродистая обыкновенного качества	Ст.6	1	Поставляются по механическим свойствам.
Сталь углеродистая качественная	Сталь 15	1	С- 0,15%
Сталь углеродистая высококачественная			И т.д.
Сталь углеродистая инструментальная			
Сталь конструкционная легированная			
Чугун серый			
Чугун высокопрочный			
Чугун с вермикулярным графитом			
Чугун ковкий			

## **Контрольные вопросы**

1. Расшифруйте марку чугуна 4ВК-35 и дайте характеристику;
2. Область применения чугунов марки ВЧ45;
3. Назначение и характеристика стали марки 65Г;
4. Расшифруйте марку чугуна КЧ-45-7 и дайте характеристику;
5. Что характеризует буква «А» в марке стали.

## **Практическая работа № 2**

### **ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ВЫПЛАВКИ ЧУГУНА В ДОМЕННОЙ ПЕЧИ**

**Цель работы:** изучение процесса получения чугуна в доменных печах.

#### **Теоретические положения**

Чугун – это железоуглеродистый сплав, в котором углерода более 2,14%. Чугун выплавляют в печах шахтного типа – доменных печах.

*Сущность* процесса получения чугуна заключается в восстановлении оксидов железа, входящих в состав руды, оксидом углерода, водородом, выделяющимися при сгорании топлива в печи, и твердым углеродом кокса.

#### ***Устройство доменной печи.***

Она имеет стальной кожух, выложенный внутри огнеупорным шамотным кирпичом. Рабочее пространство печи включает (рис. 2.1.) колошник 6, шахту 5, распар 4, заплечики 3, горн 1, лещадь 15.

В верхней части колошника находится засыпной аппарат 8, через который в печь загружают шихту (офлюсованный агломерат и окатыши). Шихту взвешивают, подают в вагонетки 9 подъемника, которые передвига-

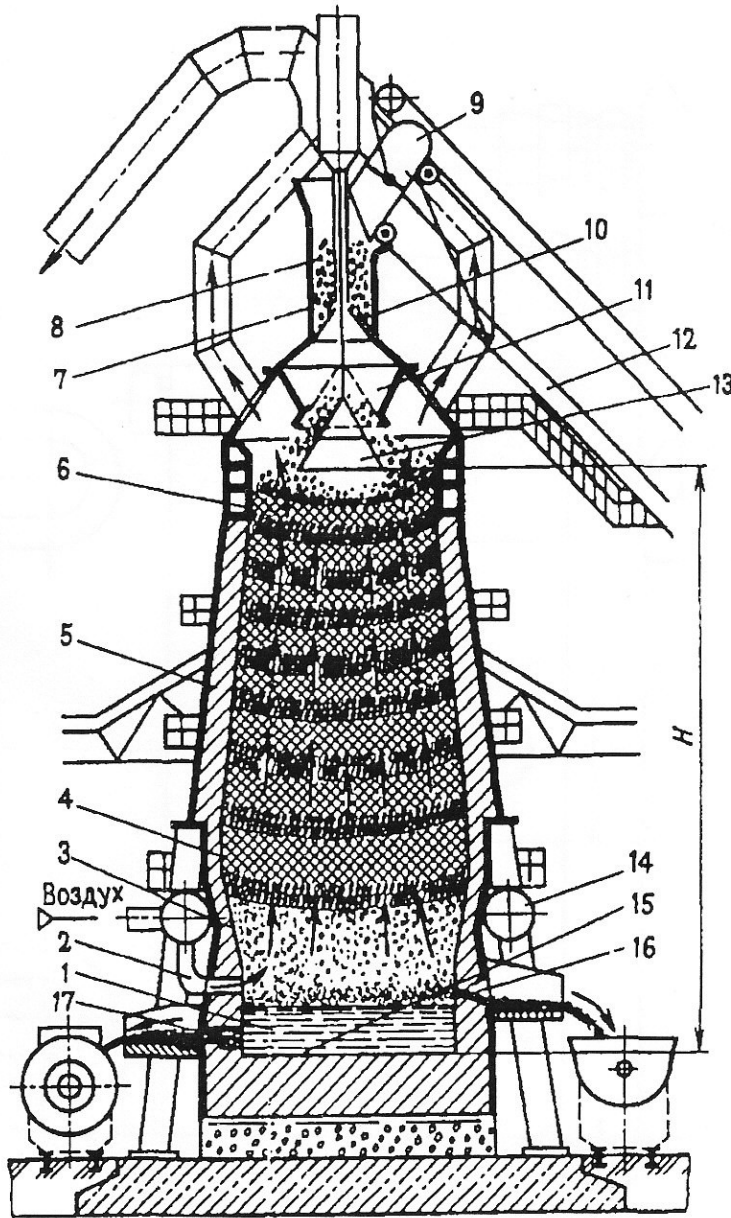


Рис.2.1. Устройство доменной печи (*H* – полезная высота доменной печи, достигает 35 м)

через которые в печь поступает нагретый воздух, необходимый для горения. Воздух поступает в доменную печь из воздухонагревателя, внутри которого имеются камера сгорания и насадка. Насадка выложена из огнеупорных кирпичей, так что между ними образуются вертикальные каналы. В камеру сгорания к горелке подается очищенный от пыли доменный газ, который сгорает и образует горячие газы.

Газы, проходя через насадку, нагревают ее и удаляются через дымовую трубу. Затем подача газа к горелке прекращается, и через насадку пропускается воздух, подаваемый турбовоздуходувной машиной. Воздух, проходя через насадку, нагревается до температуры 1000...1200°С и

ются по мосту 12 к засыпному аппарату 8 и, опрокидываясь, засыпают шихту в приемную воронку 7 распределителя шихты.

При опускании малого конуса 10 засыпного аппарата шихта попадает в чашу 11, а при опускании большого конуса 13 – в доменную печь, что предотвращает выход газов из доменной печи в атмосферу.

При работе печи шихтовые материалы, проплавляясь, опускаются, а через загрузочное устройство в печь подаются новые порции шихты в таком количестве, чтобы весь полезный объем печи был заполнен.

В верхней части горна 1 находятся фурменные устройства 14,

поступает к фурменному устройству 14, а оттуда через фурмы 2 – в рабочее пространство.

Доменная печь имеет несколько воздухонагревателей: в то время как в одних насадках воздух нагревается, в других насадка отдает теплоту холодному воздуху, нагревая его. После охлаждения насадки воздухом нагреватели переключаются.

**Физико-химические процессы доменной плавки.** Условно процессы, протекающие в доменной печи, разделяют на горение топлива; разложение компонентов шихты; восстановление железа; науглероживание железа; восстановление марганца, кремния, фосфора, серы; шлакообразование. Все эти процессы происходят одновременно, но с разной интенсивностью, при различных температурах и на разных уровнях.

*Горение топлива.* Вблизи фурм 2 углерод кокса, взаимодействуя с кислородом воздуха, сгорает. В результате выделяется теплота и образуется газовый поток, содержащий CO, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, и др. При этом в печи несколько выше уровня фурм развивается температура выше 2000°C. Горячие газы, поднимаясь, отдают теплоту шихтовым материалам и, нагревая их, охлаждаются до температуры 300...400°C у колошника.

*Разложение компонентов шихты* происходит в верхней части доменной печи, где разрушаются гидраты оксидов железа и алюминия. Известняк флюса разделяется по реакции  $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$ .

*Восстановление железа* происходит в результате взаимодействия оксидов железа с оксидом углерода и твердым углеродом кокса, а также с водородом. Восстановление газами сопровождается выделением теплоты и происходит в верхних горизонтах печи. Восстановление твердым углеродом сопровождается поглощением теплоты и протекает в нижней части доменной печи, где температура более высокая. Восстановление железа из руды происходит по мере продвижения шихты вниз по шахте печи и повышения температуры в несколько стадий – от высшего оксида к низшему:  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{FeO} \rightarrow \text{Fe}$ .

*Науглероживание железа.* Восстановление железа начинается при 500...570°C и заканчивается при 1100...1200°C. При этих температурах восстановленное железо с  $T_{пл} = 1539^\circ\text{C}$  находится в твердом состоянии или в виде губчатой массы. Параллельно с восстановлением железа происходит и его науглероживание при взаимодействии с оксидом углерода, коксом, сажистым углеродом. Это приводит к образованию жидкого расплава, который каплями начинает стекать в горн.

Эти капли, протекая по кускам кокса, насыщаются углеродом, марганцем, кремнием, фосфором, которые при температуре 1000...1200°C восстанавливаются из руды, а также серой, содержащейся в коксе.

Таким образом, в доменной печи образуется чугун.

*Шлакообразование* активно происходит в распаре после окончания процессов восстановления железа путем сплавления флюсов, добавляемых в доменную печь для обеспечения достаточной жидкотекучести, оксидов пустой породы и золы кокса. Шлак стекает в горн и скапливается на поверхности жидкого чугуна благодаря меньшей плотности.

Чугун выпускают из печи каждые 3...4 ч, а шлак – через 1...1,5 ч. Чугун выпускают через чугунную летку 16 – отверстие в кладке, расположенное несколько выше лещади 15, а шлак – через шлаковую летку 17. Чугунную летку открывают бурильной машиной, после выпуска чугуна ее закрывают огнеупорной массой. Чугун сливают в чугуновозные ковши, шлаки – в шлаковозные чаши. Чугун транспортируют в кислородно-конвертерные или мартеновские цехи для передела в сталь. Чугун, не используемый в жидком виде, разливают в изложницы, где он затвердевает в виде чушек-слитков массой 45 кг.

***Продукты доменной плавки.*** Чугун – основной продукт доменной плавки. В доменных печах получают чугун различного химического состава.

*Передельный чугун* выплавляют для передела его в сталь.

*Литейный чугун* используют на машиностроительных заводах при производстве фасонных отливок.

*Побочные продукты* доменной плавки – шлак и доменный газ. Из шлака изготавливают шлаковату, цемент, а доменный газ после очистки используют как топливо для нагрева воздуха, вдуваемого в доменную печь.

## Содержание работы

Работа заключается в изучении устройства доменной печи и физико-химических процессов, протекающих в ней при выплавке чугуна. Заполнение опросных рамок в раздаточных картах, иллюстрирующих устройство доменной печи и последовательность физико-химических процессов, протекающих при выплавке чугуна в доменной печи.

**Заготовки:** раздаточные карты, иллюстрирующие устройство доменной печи и содержание процессов выплавки чугуна в доменной печи.

## **Порядок выполнения работы.**

1. Изучить процесс плавки чугуна по теоретической части работы. Усвоить сущность процесса получения чугуна.
2. Ознакомиться с устройством доменной печи, сопоставляя иллюстрации в раздаточных картах и теоретической части работы, усвоить назначение ее отдельных элементов.
3. Ознакомиться с физико-химическими процессами выплавки чугуна, протекающими в доменной печи.
4. Заполнить опросные рамки в раздаточных картах, иллюстрирующих схему устройства доменной печи и содержание физико-химических процессов выплавки чугуна в доменной печи.

## **Отчет о работе**

Отчет о работе должен содержать:

- $\frac{35}{17}$  Наименование, цель, содержание работы;
- $\frac{35}{17}$  Заполненные раздаточные карты;
- $\frac{35}{17}$  Ответы на контрольные вопросы.

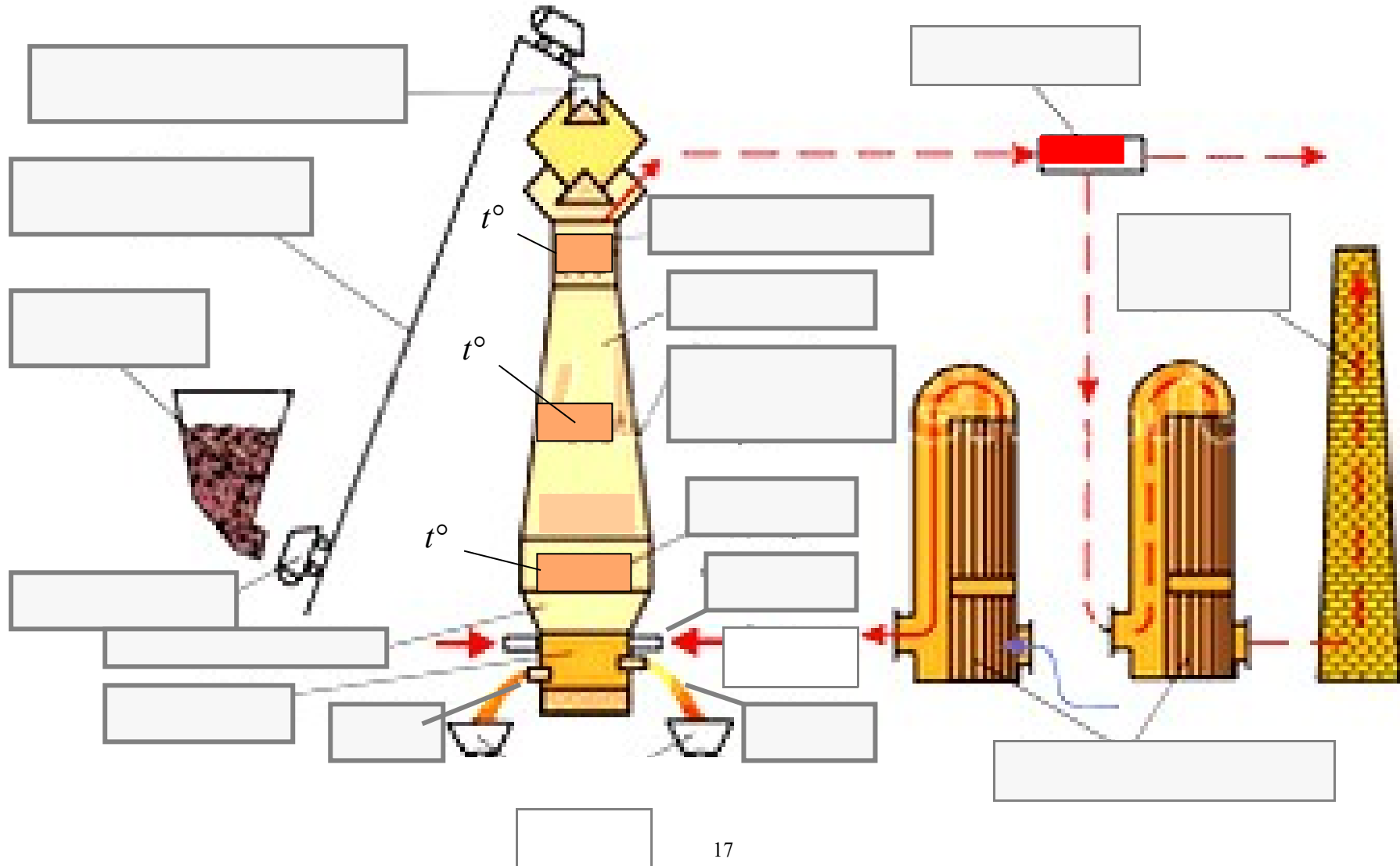
## **Контрольные вопросы**

1. Чем отличается чугун от стали;
2. Побочные продукты доменного производства и их использование;
3. Для чего нужен литейный чугун;
4. Назовите периодичность выпуска чугуна из доменной печи и шлака;
5. Что такое передельный чугун.



## Раздаточная карта № 1

**Задание:** заполнить рамки, вписав в них названия элементов устройства доменной печи и температурного режима, сопровождающего процесс плавки



## Раздаточная карта № 2

### *Физико-химические процессы доменной плавки*

**Задание:** разместить по уровням доменной печи физико-химические процессы, протекающие в ней при выплавке чугуна, в их последовательности.

Процессы, протекающие в доменной печи, разделяют на:

$\frac{35}{17}$  горение топлива;

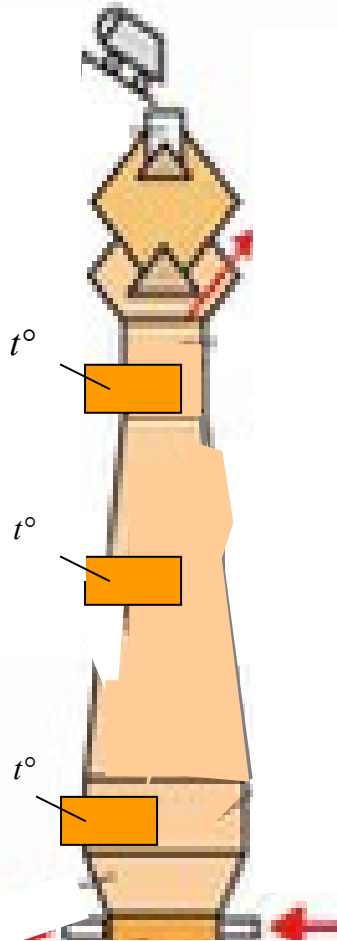
$\frac{35}{17}$  разложение компонентов шихты;

$\frac{35}{17}$  восстановление железа;

$\frac{35}{17}$  науглероживание железа;

$\frac{35}{17}$  восстановление марганца, кремния, фосфора, серы;

$\frac{35}{17}$  шлакообразование.



Горение топлива

Разложение компонентов шихты

Восстановление железа оксидом углерода

Восстановление железа твердым топливом

Науглероживание железа

Восстановление марганца, кремния, фосфора, серы

Шлакообразование

### Практическая работа № 3.

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ ДЛЯ ЛИТЬЯ В ПЕСЧАНЫЕ ФОРМЫ

**Цель работы.** Получить начальное представление о способе формообразования путем литья в песчаные формы.

Освоить навыки изготовления песчаной формы в двух опоках.

### Теоретические положения

Отливкой называют изделие, полученное при затвердевании металла или иного материала в литейной форме.

Литейная форма, независимо от ее конструкции, имеет внутреннюю полость, конфигурация и размеры которой соответствуют будущей отливке. Литейные формы могут быть: разовыми, которые заполняют металлом один раз и затем разрушают, и постоянными, которые используют до нескольких тысяч раз.

Большую часть средних и крупных отливок получают в разовых песчаных литейных формах. Эти формы пригодны для изготовления отливок практически любой сложности. Они находят широкое применение в массовом, серийном и индивидуальном производстве. Преимуществами литья в песчаные формы являются их универсальность и низкая себестоимость.

*Песчаные литейные формы* изготавливают из формовочных смесей, состоящих из кварцевого песка, глины, воды и материалов, улучшающих технологические свойства смесей и качество отливок. В автотракторостроении этим методом получают чугунные блоки цилиндров двигателей внутреннего сгорания, корпуса коробок передач, детали заднего моста, рычаги, траки гусениц, ведущие звездочки, опорные катки и др.

К недостаткам способа относятся низкая точность размеров отливок и большая шероховатость поверхности, что приводит к увеличению объема механической обработки. Для процесса характерна оптимальная трудоемкость получения отливок, большой расход формовочных материалов при изготовлении форм и стержней, неблагоприятные условия труда из-за загазованности и запыленности литейного цеха. Отмеченные негативные факторы приводят к использованию других способов литья. Однако этот процесс происходит медленно, и литье в песчаные формы еще долго будет доминировать.

На рис.1 показана отливка, которую следует получить в песчаной форме. Отливка может быть выполнена из чугуна, стали, алюминиевого сплава (силумина), сплавов на основе меди (бронзы, латуни).

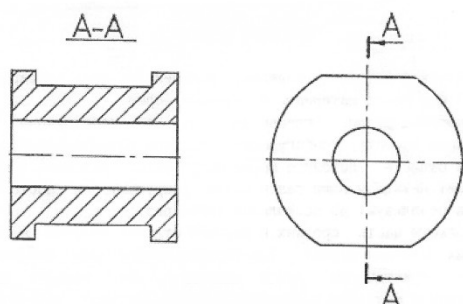


Рис.3.1. Эскиз отливки

На рис.3.2. показана в разрезе песчаная литейная форма для получения отливки. Она состоит из нижней и верхней полуформ. Полуформы изготавливают в нижней 1 и верхней 2 опоках, представляющих собой металлические ящики без дна и крышки. Опоки придают песчаным полуформам необходимую прочность и жесткость.

Собранные полуформы соприкасаются друг с другом по плоскости разъема 3. Для точной установки полуформ используют центрирующие штыри 11. а скрепление опок перед заливкой производится скобами 12. Рабочая полость 17 повторяет наружную конфигурацию будущей отливки. Металл подается в рабочую полость формы через систему каналов - литниковую систему. Она служит для заполнения рабочей полости формы металлом, а также для улавливания шлака и удаления воздуха, вытесненного из рабочей полости. Литниковая система состоит из литниковой чаши 7, стояка 8, шлакоуловителя 9, питателя 10 и выпоров 6. Стояк и выпор имеют форму усеченного конуса с уклоном 3-5°. Шлакоуловитель и питатель в поперечном сечении имеют вид трапеции. Для образования полости в отливке в форму устанавливают стержень 16, который закрепляется своими концами (знаками) в форме.

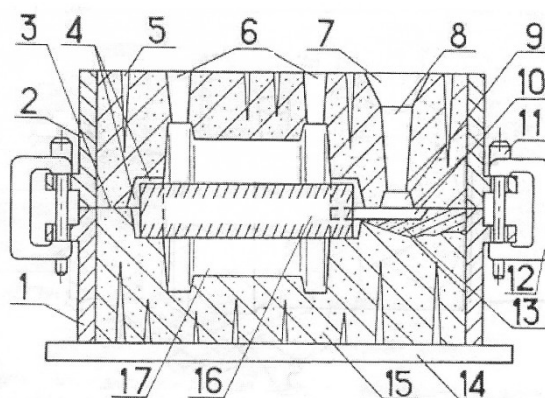


Рис. 3.2. Эскиз песчаной литейной формы в сборе: 1 – нижняя опока; 2 – верхняя опока; 3 – плоскость разъема; 4 – зазоры; 5 – вентиляционный канал; 6 – выпоры; 7 – литниковая чаша; 8 – стояк; 9 – шлакоуловитель; 10 – питатель; 11 – центрирующий штырь; 12 – скоба; 13 – местный разрез; 14 – плита; 15 – формовочная смесь; 16 – стержень; 17 – рабочая полость формы

Собранную форму устанавливают на металлическую плиту 14. Заливка формы металлом производится из ковша через литниковую чашу непрерывно до того момента, пока металл не покажется в выпоре.

Спустя некоторое время после заливки металл затвердевает и отливку вместе с элементами литниковой системы (рис.3.3) извлекают из формы. Сами полуформы и стержень при этом разрушают. Затем от отливки отделяют элементы литниковой системы, которые впоследствии переплавляют.

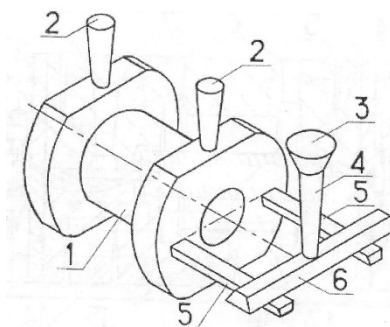


Рис.3.3. Эскиз отливки с элементами литниковой системы: 1 – отливка; 2 – выпор; 3 – чаша; 4 – стояк; 5 – питатель; 6 – шлакоуловитель

Для изготовления формы используют модель отливки – элемент технологической оснастки, по которой получают негативный отпечаток внешних очертаний будущей отливки в пластичной формовочной смеси. Модели бывают разъемные и неразъемные. Основными материалами для моделей служат: древесина, алюминиевые сплавы, чугун и др.

Модель отливки, показанная на рис.4, является разъемной и состоит из двух симметричных половинок - верхней и нижней. Половинки модели соединяют по плоскости разъема 4, совпадающей с плоскостью разъема литейной формы. В нижней половинке модели отливки есть отверстия, а из верхней

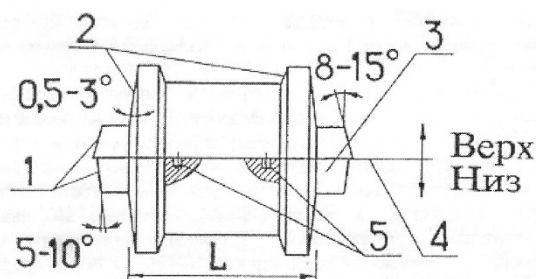


Рис. 3.4. Эскиз модели отливки: 1 – уклоны знака; 2 – уклоны основной части модели; 3 – знак модели; 4 – плоскость разъема; 5 - центрирующие шипы

модели шипы 5 входят в отверстия и препятствуют сдвигу верхней половинки относительно нижней в процессе формовки.

Основная (профилирующая) часть модели отливки длиной  $L$  соответствует наружной конфигурации (профилю) будущей отливки.

Кроме того, модель отливки имеет знаки 3, по которым в форме отпечатываются углубления для установки стержня.

На модели предусмотрены литейные уклоны 1 и 2, которые обеспечивают беспрепятственное извлечение модели из уплотненной песчаной формы в процессе ее изготовления. Уклоны назначают на всех поверхностях модели, перпендикулярных плоскости разъема формы. Величина уклонов основной части модели 2 составляет  $0,5-3^\circ$ , а величина уклонов знаков модели 1 -  $5-15^\circ$ .

Стержень, показанный на рис. 3.5, служит для получения внутренней полости в отливке. Стержень состоит из основной (профилирующей) части 1 и знаков 2, являющихся опорными частями стержня.

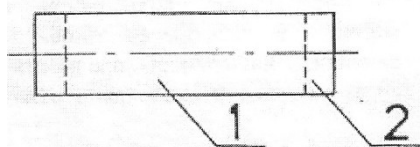


Рис. 3.5. Эскиз стержня: 1 – основная (профилирующая) часть стержня; 2 – знак стержня

При длине основной части стержня до 250 мм диаметр (длина) стержневого знака модели больше диаметра (длины) знака стержня на 0.2-2,4 мм. За счет этого между формой и стержнем образуются зазоры 4, что хорошо видно на рис. 3.2. Зазоры между формой и стержнем в области знаков облегчают установку стержня в полость нижней полуформы, а также верхней полуформы на нижнюю с предварительно установленным стержнем. Благодаря зазорам устраняется возможность деформации и разрушения формы стержнем в области знаков.

Операции изготовления форм (формовку) выполняют на автоматических или механизированных линиях в серийном и массовом производстве, на отдельных машинах в мелкосерийном производстве или вручную в индивидуальном производстве.

*Формовочные и стержневые смеси* являются строительным материалом для разовых форм и стержней. Смеси должны обладать следующими основными технологическими свойствами: пластичностью, прочностью, газопроницаемостью, выбиваемостью и огнеупорностью. Кроме того, смеси должны отвечать требованиям санитарии и гигиены, а также быть, по возможности, недорогими.

Пластичность смесей обеспечивает получение точного отпечатка формы и стержня с рабочих поверхностей модели и стержневого ящика.

Прочность смесей обеспечивает сохранность конфигурации и размеров полости формы в процессе ее изготовления, транспортировки и заливки. Избыточная прочность нежелательна, так как увеличивается трудоемкость извлечения отливки из формы и стержня из отливки.

Газопроницаемость смесей обеспечивает удаление газов из формы и стержня. После заливки металла форма и стержень выделяют газы в количестве 15-45 см<sup>3</sup> из 1 см<sup>3</sup> смеси. Газы могут образовать в отливках газовую пористость и газовые раковины. Эти дефекты приводят к браку.

Огнеупорность определяется температурой плавления смеси. Температура плавления формовочной и стержневой смесей должна быть выше температуры заливаемого в форму металла. Для получения отливок из сплавов на основе железа (стали, чугуна) достаточную температуру плавления имеет кварцевый песок (около 1700°C). Естественно, для сплавов на основе алюминия или меди, кварцевый песок является абсолютно надежным огнеупорным материалом.

Выбиваемость определяется работой, затрачиваемой на разрушение разовых форм и стержней в процессе извлечения отливок.

Состав стержневых и формовочных смесей оказывают заметное влияние на санитарно-гигиенические условия труда в литейном цехе, так как они выделяют пыль и вредные газы (окись углерода, формальдегид, фенолы). В производстве применяют все методы изоляции источников пыле- и газовой выделений, а также методы сокращения количества выделяющихся пыли и газов.

Типовая формовочная смесь содержит: 90% кварцевого песка; 5-10% глины; до 5% компонентов, улучшающих свойства смесей; 3-6% воды сверх 100% сухой смеси. Кварцевый песок SiO<sub>2</sub> - огнеупорная основа смеси. Он состоит из зерен размером 0,06-0,8 мм. Глина является связующим материалом песчаных смесей. Свои связующие свойства глина проявляет только в присутствии воды. К добавкам, позволяющим регулировать свойства смеси, относятся: молотый уголь, мазут, асбестовая крошка, опилки, битум и ряд других материалов.

Типовая стержневая смесь содержит: 94-98% кварцевого песка; 2-6% связующих материалов на основе синтетических смол и других добавок. К стержневым смесям предъявляются более высокие требования, чем к формовочным. Стержень испытывает тяжелые механические и температурные воздействия, поскольку находится внутри расплавленного металла. При остывании окружающий металл пытается сдавить стержень. Поэтому до заливки металла стержневая смесь должна иметь более высокую прочность, чем формовочная. После заливки металла стержневая смесь должна резко снижать свою прочность до уровня самовысыпания за счет выгорания смолы. Упрочнения достигают за счет введения в смесь 2-6% связующих материалов на основе синтетических смол и других добавок. При сушке стержня происходит взаимодействие связующих добавок с кварцевым

песком, вследствие чего стержневая смесь приобретает повышенную прочность.

Огнеупорная глина в стержневую смесь или не вводится, или вводится ограниченно только для повышения пластичности. Это объясняется тем, что при заливке формы металлом может произойти затвердевание стержня в случае наличия в нем глины. В результате затрудняется выбивание стержня из готовой отливки.

*Последовательность изготовления песчаной формы в опоках.*

Независимо от степени механизации формовка проводится в определенной последовательности.

На рис.6 показана установка нижней половины модели отливки, модели питателя и нижней опоки на подмодельную плиту. На шипы 5 подмодельной плиты 4 устанавливают половину модели отливки 1 и модели питателей (модель питателя) 2 с отверстиями под шипы. Нижнюю опоку 3 устанавливают на центрирующие штыри 6. Модель питателя, имеющего в сечении форму трапеции, кладут большим основанием вниз. Модели отливки и питателя необходимо располагать так, чтобы между опокой и моделями сохранялось расстояние не менее 30 мм.

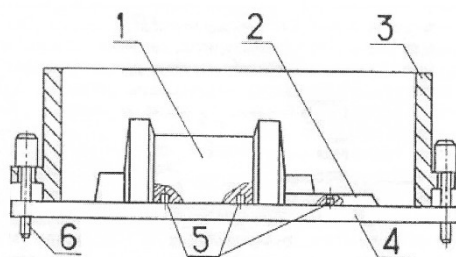


Рис. 3.6. Установка нижней половины модели отливки, модели питателя и нижней опоки на подмодельную плиту: 1 – половина модели отливки; 2 – модель питателя; 3 – нижняя опока; 4 – подмодельная плита; 5 – центрирующие шипы; 6 – центрирующий штырь.

На рис. 3.7. показана набитая нижняя опока - полуформа. Для ее получения на модель насыпают слой формовочной смеси 1 толщиной 20-25 мм и уплотняют острым концом трамбовки. Насыпают и уплотняют следующие слои смеси до верха опоки. Верхний слой утрамбовывают плоским концом трамбовки. Срезают избыток смеси поверх опоки плоской заостренной линейкой, и душником делают наколы (вентиляционные каналы 2) в набитой нижней опоке. Душник имеет форму длинного шила диаметром около 3 мм. Конец душника не должен доходить до поверхности модели на 10-15 мм. На 100 см<sup>2</sup> поверхности приходится 3-4 канала.



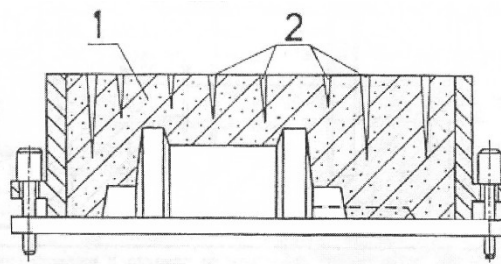


Рис. 3.7. Набитая нижняя опока – полуформа: 1 – формовочная смесь; 2 – вентиляционные каналы

На рис.8 показаны набитые верхняя и нижняя опоки полуформы. Для изготовления верхней полуформы переворачивают нижнюю набитую опоку 8. Устанавливают верхнюю половину модели детали 2 так, чтобы центрирующие шипы вошли в отверстия нижней половины. Модели шлакоуловителя 6, стояка 3 и выпоров 1 устанавливают аналогично. Модель выпора устанавливают в самой верхней точке модели отливки. Если таких точек две и больше, то ставят несколько выпоров. Плоскость разъема опок посыпают сухим кварцевым песком. Затем устанавливают по центрирую-

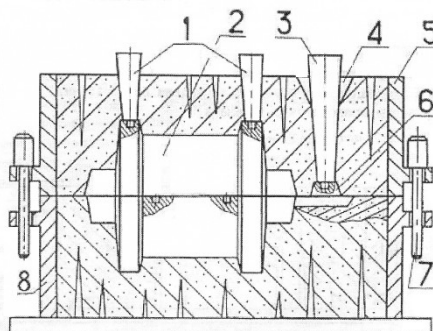


Рис. 3.8. Набитые верхняя и нижняя опоки – полуформы: 1 – модели выпоров; 2 – модель отливки; 3 – модель стояка; 4 – литниковая чаша; 5 – верхняя опока; 6 – модель шлакоуловителя; 7 – центрирующий штырь; 8 – нижняя опока

щим штырем 7 верхнюю опоку 5, которую заполняют послойно формовочной смесью и уплотняют так же, как и нижнюю. После удаления избытка смеси и накола вентиляционных каналов в верхней полуформе вырезают литниковую чашу 4.

Производят раскрытие полуформ, из которых извлекают при помощи подъемников половинки модели отливки и модели элементов литниковой системы. Подъемником называют инструмент в виде стержня с резьбой на конце, ввинчивающийся в отверстие в модели. Подъемники могут соединяться с моделью и другим более удобным способом. Если есть повреждения полуформ, их исправляют.

При сборке формы (см. рис. 3.2) в нижнюю полуформу устанавливают стержень 16 и затем по штырям 11 накрывают верхней полуформой. Опоки

скрепляют скобами 12. После спаривания опок внутри образуется рабочая полость литейной формы 17, которая будет заполнена металлом через литниковую систему.

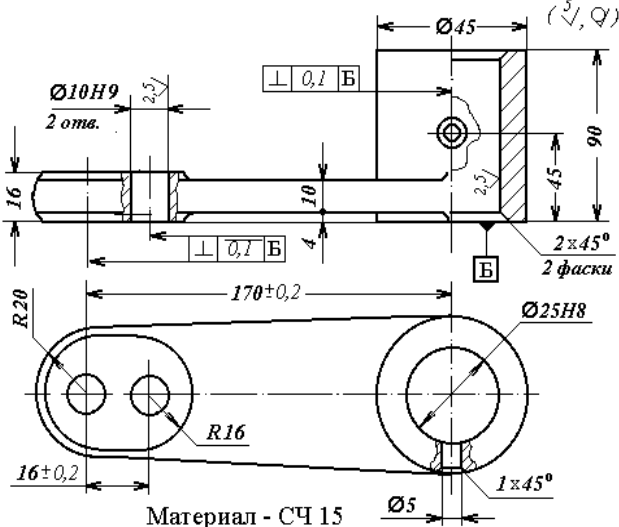
Форму устанавливают на заливочный участок, где производится заливка металла в форму из ковша. Металл должен быть предварительно очищен от шлака. Струя металла падает с небольшой высоты в литниковую чашу. Перерыв в процессе заливки не допускается. Заливка прекращается, как только металл появится в выпоре.

После остывания металла форма разрушается и извлекается отливка. Затем из отливки удаляется производится обрубка элементов литниковой системы отливок.

### Порядок выполнения работы.

1. Изучить принципиальную конструкцию песчаной литейной формы.
2. Изучить конструкцию литниковой системы.
3. Изучить конструкцию опок, модели отливки и моделей элементов литниковой системы.
4. Изучить составы и свойства формовочной и стержневой смесей.
5. Изготовить самостоятельно песчаную форму вручную в соответствии с вариантом задания.

### Варианты заданий

№ варианта	Чертеж детали
<p data-bbox="316 1525 347 1559"><b>1.</b></p> <p data-bbox="276 1608 379 1641">Рычаг</p>	 <p data-bbox="790 2022 997 2049">Материал - СЧ 15</p>

<p>2.</p> <p>Рычаг – вилка</p>	<p>Материал - СЧ 18</p>
<p>3.</p> <p>Крышка подшипника</p>	<p>Материал - СЧ 15</p>
<p>4.</p> <p>Рычаг вилчатый</p>	<p>Материал - СЧ 15</p>

Отчет о работе

Отчет о работе должен содержать:

1. Эскиз отливки в разрезе по плоскости симметрии в соответствии с вариантом задания.
2. Эскиз стержня с указанием его частей.
3. Эскиз модели отливки с указанием ее частей, уклонов и плоскости разъема.
4. Эскиз литейной песчаной формы с указанием всех частей.
5. Последовательность операций при изготовлении песчаной литейной формы.
6. Состав, свойства и различия формовочной и стержневой смесей.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие бывают литейные формы;
2. Дайте характеристику песчаным литейным формам;
3. Для чего нужны литейные уклоны на модели;
4. Назовите состав типовой формовочной смеси;
5. Назовите состав типовой стержневой смеси.

## Практическая работа №4

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВКИ - ОТЛИВКИ

**Цель работы:** познакомиться с методикой конструирования заготовки, получаемой литьем, и получить навыки расчета конструктивных параметров заготовок – отливок.

#### Теоретические положения

При разработке заготовки детали должны быть определены ее размеры и назначены на них предельные отклонения.

Установление размеров заготовки выполняется прибавлением к номинальному размеру поверхности детали припуск металла на ее обработку, который должен быть удален в процессе ее обработки для обеспечения поверхности заданного качества.

Различают промежуточный и общий припуск на обработку.

*Промежуточным припуском* называют слой материала, снимаемый при выполнении данного технологического перехода механической обработки.

*Общим припуском* называется сумма промежуточных припусков по всему технологическому маршруту обработки данной поверхности. Общий припуск определяется как разность размеров заготовки и готовой детали.

Для отливок величина припуска зависит от класса ее размерной точности, класса точности массы, степени коробления и степени точности поверхности.

#### Содержание работы

Разработать конструкцию заготовки-отливки и выполнить расчет размеров ее конструктивных параметров.

#### Порядок выполнения работы

**1. Установить** для конкретного способа литья в зависимости от габаритных размеров и материала отливки достижимые классы точности, размеров и масс и соответствующие им ряды припусков по таблице 4.1.

Таблица 4.1.

**Классы точности размеров и масс и ряды припусков  
на механическую обработку отливок**

Способ литья	Наибольший габаритный размер, мм	Тип металла и сплава		
		Цветные с температурой плавления ниже 700°С.	Цветные с температурой плавления выше 700°С. Серый чугун	Чугун ковкий, высокопрочный и легированный. Сталь.
		Классы точности размеров и масс (числитель) и ряды припусков (знаменатель)		
Литье в песчаные формы	До 630	$\frac{6-11}{2-4}$	$\frac{7T-12}{2-4}$	$\frac{7-13T}{2-5}$
Оболочковое литье.	До 100	$\frac{4-9}{1-2}$	$\frac{5T-10}{1-3}$	$\frac{5-11T}{1-3}$
Литье в кокили	Св.100 до 630	$\frac{5T-10}{1-3}$	$\frac{5-11T}{1-3}$	$\frac{6-11}{2-4}$
Литье по выплавляемым моделям	До 100	$\frac{3-6}{1}$	$\frac{4-7T}{1}$	$\frac{5T-7}{1-2}$
	Св.100	$\frac{4-7}{1}$	$\frac{5T-7}{1-2}$	$\frac{5-8}{1-2}$

*Примечание:* В числителе указаны классы размеров и масс, в знаменателе – ряды припусков. *Меньшие* их значения относятся к простым отливкам и условиям массового автоматизированного производства; *большие* – к сложным и условиям мелкосерийного и единичного производства; *средние* – к отливкам средней сложности и условиям механизированного серийного производства.

**2. Установить допуски на размеры отливки** в зависимости от класса их точности (таблица 4.2).

Таблица 4.2.

**Допуски на размеры**

Размеры, мм	Допуски на размеры отливок для класса точности, мм									
	2	3T	3	4	5T	5	6	7T	7	8
Св. 6 до 10	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80
Св. 10 до 16	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90
Св.16 до 25	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00
Св.25 до 40	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10
Св. 40 до 63	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20
Св.63 до 100	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40
Св. 100 до 160	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60
Св.160 до	-	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80

250										
Св.250 до	-									
400		0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00

**3. Назначить основной припуск на механическую обработку в зависимости от допуска на размер отливки и ряда припусков (таблица 4.3).**

Таблица 4.3

Основные припуски на механическую обработку

Допуски размеров отливок, мм	Основной припуск для рядов, мм					
	1	2	3	4	5	6
Св. 0,12 до 0,16	<u>0,3</u> 0,5	<u>0,6</u> 0,8				
Св. 0,16 до 0,20	<u>0,4</u> 0,6	<u>0,7</u> 1,0	<u>1,0</u> 1,4			
Св. 0,20 до 0,24	<u>0,5</u> 0,7	<u>0,8</u> 1,1	<u>1,1</u> 1,5			
Св. 0,24 до 0,3	<u>0,6</u> 0,8	<u>0,9</u> 1,2	<u>1,2</u> 1,6	<u>1,8</u> 2,2	<u>2,6</u> 3,0	
Св. 0,3 до 0,4	<u>0,7</u> 0,9	<u>1,0</u> 1,3	<u>1,3</u> 1,8	<u>1,9</u> 2,4	<u>2,8</u> 3,2	
Св. 0,4 до 0,5	<u>0,8</u> 1,0	<u>1,1</u> 1,4	<u>1,5</u> 2,0	<u>2,0</u> 2,6	<u>3,0</u> 3,4	
Св. 0,5 до 0,6	<u>0,9</u> 1,2	<u>1,2</u> 1,6	<u>1,6</u> 2,2	<u>2,2</u> 2,8	<u>3,2</u> 3,6	
Св. 0,6 до 0,8	<u>1,0</u> 1,4	<u>1,3</u> 1,8	<u>1,8</u> 2,4	<u>2,4</u> 3,0	<u>3,4</u> 3,8	<u>4,4</u> 5,0
Св. 0,8 до 1,0	<u>1,1</u> 1,6	<u>1,4</u> 2,0	<u>2,0</u> 2,8	<u>2,6</u> 3,2	<u>3,6</u> 4,0	<u>4,6</u> 5,5
Св. 1,0 до 1,2	<u>1,2</u> 2,0	<u>1,6</u> 2,4	<u>2,2</u> 3,0	<u>2,8</u> 3,4	<u>3,8</u> 4,2	<u>4,8</u> 6,0
Св. 1,2 до 1,6	<u>1,6</u> 2,4	<u>2,0</u> 2,8	<u>2,4</u> 3,2	<u>3,0</u> 3,8	<u>4,0</u> 4,6	<u>5,0</u> 6,5
Св. 1,6 до 2,0	<u>2,0</u> 2,8	<u>2,4</u> 3,2	<u>2,8</u> 3,6	<u>3,4</u> 4,2	<u>4,2</u> 5,0	<u>5,0</u> 7,0

*Примечание:* для каждого интервала допусков на размеры отливки в каждом ряду допусков в таблице 4.3 предусмотрены два значения основного припуска. Большие значения припусков устанавливаются при более точных качествах с учетом рекомендаций таблица 4.4.

Таблица 4.4

Зависимость точности размеров отливок от точности размеров детали

Класс точности размеров отливок	1 – 3т	3 – 5т	5 - 7	7 – 9т	9 – 16

Квалитет точности размеров деталей, получаемых механической обработкой отливок	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13
	<u>и грубее</u> IT8 и точнее	<u>и грубее</u> IT8 – IT9	<u>и грубее</u> IT9 – IT10	<u>и грубее</u> IT9 – IT11	<u>и грубее</u> IT10 – IT12

**4. Назначить дополнительный припуск** (таблица 4.8), который компенсирует отклонение расположения элементов отливки: смещение по плоскости разъема (таблица 4.5), коробление (таблица 4.6).

Дополнительный припуск учитывается только в том случае, если наибольшее из двух указанных отклонений расположения превышает половину допуска на соответствующий размер отливки.

Таблица 4.5

Предельные отклонения смещения по плоскости разъема

Расстояние между центрирующими устройствами формы, мм	Предельные отклонения смещения ± мм для классов точности размеров отливок				
	1 - 3	4 – 5т	5 - 6	7т - 7	8 – 9т
До 630 включительно	0,24	0,30	0,4	0,5	0,6
Расстояние между центрирующими устройствами формы, мм	Предельные отклонения смещения ± мм для классов точности размеров отливок				
	9 - 10	11т - 11	12 – 13т	13 - 14	15 – 16
До 630 включительно	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0

Таблица 4.6

Предельные отклонения коробления

Наибольший габаритный размер отливки, мм	Предельные отклонения коробления ± мм для степеней коробления отливок								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
До 100					0,10	0,16	0,24	0,40	0,6



включительно									
Св.100 до 160				0,10	0,16	0,24	0,40	0,6	1,0
Св.160 до 240			0,10	0,16	0,24	0,40	0,60	1,0	0,6
Св.240 до 400		0,10	0,16	0,24	0,40	0,6	1,0	0,6	2,4
Св. 400 до 630	0,10	0,16	0,24	0,40	0,60	1,0	1,6	2,4	4,0

Степень коробления отливки устанавливается по таблице 4.7.

Таблица 4.7

Степень коробления отливки

Отношение наименьшего габаритного размера отливки к наибольшему	Св. 0,20	0,20...0,1	0,1...0,05	До 0,05
Степень коробления	1 - 7	2 - 8	3 - 9	4 - 10

Значения дополнительных припусков приведены в таблице 4.8.

Таблица 4.8

Дополнительный припуск

Допуски размеров отливки, мм	Наибольшая погрешность расположения, мм	Дополнительный припуск, мм
Св. 0,24 до 0,30	Св. 0,12 до 0,24	0,1
	Св. 0,24 до 0,40	0,2
	Св.0,40 до 0,50	0,3
	Св. 0,50 до 0,60	0,5
Св. 0,30 до 0,40	Св. 0,15 до 0,30	0,1
	Св. 0,30 до 0,40	0,2
	Св.0,40 до 0,50	0,3
	Св. 0,50 до 0,60	0,4
	Св.0,60 до 0,80	0,6
Св. 0,40 до 0,50	Св. 0,20 до 0,40	0,1
	Св. 0,40 до 0,50	0,2
	Св.0,50 до 0,60	0,3
	Св. 0,60 до 0,80	0,5
	Св.0,80 до 1,00	0,8
Св. 0,50 до 0,60	Св. 0,25 до 0,50	0,1
	Св. 0,50 до 0,60	0,3
	Св.0,60 до 0,80	0,4
	Св. 0,80 до 1,00	0,6
	Св.1,00 до 1,20	1,0
Св. 0,60 до 0,80	Св. 0,30 до 0,50	0,1
	Св. 0,50 до 0,60	0,2
	Св.0,60 до 0,80	0,4
	Св. 0,80 до 1,00	0,5
	Св.1,00 до 1,20	0,8
	Св. 1,20 до 1,60	1,2

Св. 0,80 до 1,00	Св. 0,40 до 0,60	0,1
	Св. 0,60 до 0,80	0,2
	Св. 0,80 до 1,00	0,4
	Св. 1,00 до 1,20	0,6
	Св. 1,20 до 1,60	1,0
	Св. 1,60 до 2,00	1,6
Св. 1,00 до 1,20	Св. 0,50 до 0,80	0,2
	Св. 0,80 до 1,00	0,3
	Св. 1,00 до 1,20	0,5
	Св. 1,20 до 1,60	0,8
	Св. 1,60 до 2,00	1,2
	Св. 2,00 до 2,40	2,0
Св. 1,20 до 1,60	Св. 0,60 до 1,00	0,2
	Св. 1,00 до 1,20	0,3
	Св. 1,20 до 1,60	0,6
	Св. 1,60 до 2,00	1,0
	Св. 2,00 до 2,40	1,6
	Св. 2,40 до 3,00	2,4
Св. 1,60 до 2,00	Св. 0,80 до 1,20	0,2
	Св. 1,20 до 1,60	0,3
	Св. 1,60 до 2,00	0,8
	Св. 2,00 до 2,40	1,2
	Св. 2,40 до 3,00	2,0

**5. Рассчитать *общий припуск* ( $Z_{общ}$ ) на механическую обработку (на сторону) по каждой поверхности детали как сумму основного и дополнительного припусков.**

**6. Рассчитать размеры отливки –**

для тела вращения как  $A_{заг_i} = A_{дет_i} + 2 Z_{общ_i}$  ;

для плоских поверхностей как  $A_{заг_i} = A_{дет_i} + Z_{общ_i}$  .

**7. Выполнить чертеж отливки и отработать ее форму на технологичность.**

При выполнении чертежа отливки вычерчивается копия чертежа детали тонкими линиями. На обрабатываемых поверхностях показывается общий припуск на ее обработку, и оформляются утолщенными линиями проекции разработанной заготовки. На чертеже проставляют размеры отливки с допускаемыми отклонениями и все припуски на обработку ее поверхностей.

Разъем модели и формы указывают буквенным обозначением МФ; положение отливки в форме – буквами В (верх) и Н (низ), проставленными у стрелок (рис. 4.1). Если деталь обладает симметрией, то плоскость симметрии целесообразно принять за плоскость разъема модели и формы.

На чертеже указываются технические требования к отливке, в которые входят данные о классе точности, твердости отливки, требуемой термической обработке и ее месте в технологическом процессе, размерах линейных уклонов и радиусов, способе очистке от пригаров и формовочной земли, окраске и т.п. Например:

1. допуски на размеры литья соответствуют I классу по ГОСТ 26645-85
2. отливку подвергнуть стабилизирующему отпуску;
3. твердость участков, подлежащих механической обработке, HB 240... 270;
4. литейные уклоны 3...5°;
5. литье очистить от пригара и формовочной земли дробеструйной обработкой;
6. отливку окрасить.

При конструировании отливок необходимо на необрабатываемых поверхностях, перпендикулярных плоскостям разъема формы, выполнять конусность, величина которой зависит от способа литья и высоты поверхности (рис. 2). Для отливок из чугуна, алюминиевых и магниевых сплавов –  $R = 0,3h$ . Для отливок из литейной стали и медных сплавов –  $R = 0,4h$ .

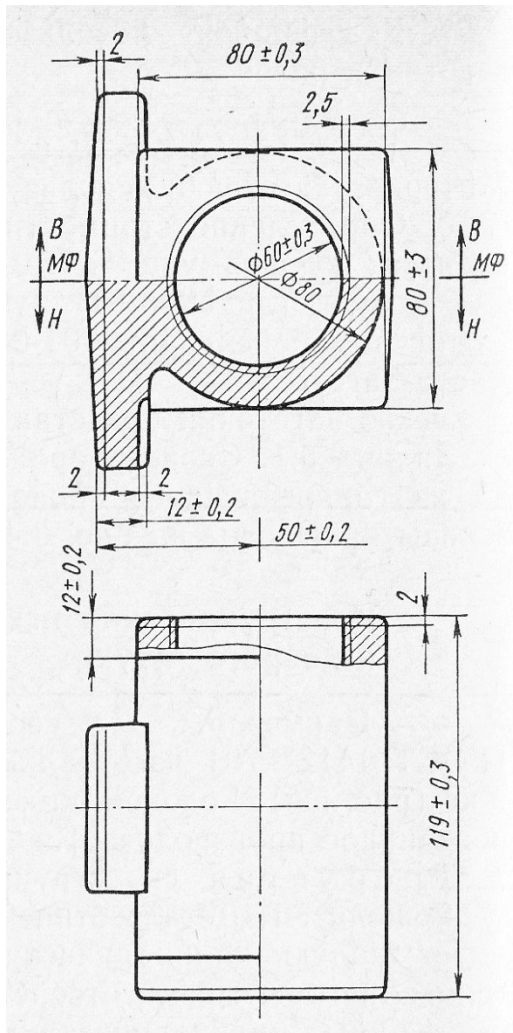
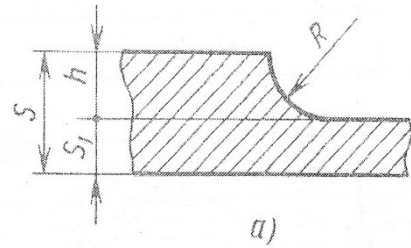
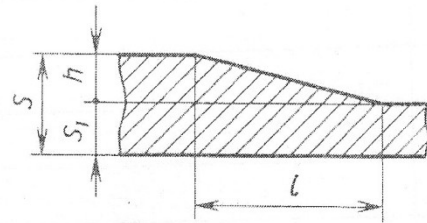


Рис. 4.1. Чертеж отливки



а)



б)

Рис. 2. Сопряжения:

- а) радиусное;
- б) клиновое

Длину участка перехода от одной толщины к другой принимают для отливок из чугуна, алюминиевых и магниевых сплавов –  $l \geq 4h$ ; для отливок из литейной стали и медных сплавов –  $l \geq 0,5h$ .

Таблица 4.9

Углы конусов поверхностей, перпендикулярных  
плоскости разреза формы

Высота конуса, мм	Угол конуса, не менее, при литье				
	в песчаные формы	под давлением	в кокиль	по выплавляемым моделям	в оболочковые формы
До 20	10°	1°	5°	30'	3°
20...50	8°	45'	4°	20'	2°30'
50...100	5°	30'	3°	20'	2°
100...200	5°	30'	2°30'	15'	2°
200...5000	5°	20'	2°	15'	1°30'

## **Отчет о работе**

Отчет о работе должен содержать:

1. Название, цель, содержание работы.
2. Расчеты общего припуска на обработку поверхностей заготовки и ее размеры.
3. Чертеж отливки с техническими требованиями.

## **Контрольные вопросы**

1. Что такое общий припуск;
2. Максимальные размеры литья в песчаные формы;
3. Перечислите технические требования к отливкам, которые указываются на чертеже;
4. Как обозначается разъем модели и формы;
5. В каком случае учитывается дополнительный припуск.

## **ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВКИ ШТАМПОВКОЙ**

### **Цель работы:**

1. Получить начальное представление о способе формоизменения заготовки за счет пластической деформации металла под действием внешних сил;
2. Изучение технологических особенностей изготовления поковок и выполнения ковочных операций.

### **Теоретические положения**

Поковкой называют заготовку детали, полученную ковкой или штамповкой. Они имеют приближенно форму и размеры готовых деталей и, для получения окончательных размеров и качества поверхностей деталей, требующих обработки резанием. Их применяют в качестве заготовок для деталей тел вращения: типа дисков, стаканов, валов, рычагов, вилок и т.п. деталей. Исходными заготовками для получения поковок являются слитки или сортовой прокат круглого, квадратного или прямоугольного сечения.

В единичном и мелкосерийном производствах поковки получают свободной ковкой на ковочных молотах. В этом случае форма заготовки приближается к упрощенному очертанию детали. В серийном, крупносерийном и массовом производствах поковки получают ковкой в штампах на молотах и прессах, на ГКМ и др. Форма штампованной заготовки близка к форме детали, поэтому при их обработке снижается трудоемкость механической обработки и лучше используется металл. Но для изготовления штамповок требуется дорогостоящий специальный инструмент – штамп, стоимость которого переносится на себестоимость детали. Поэтому такой вид заготовок целесообразно использовать при достаточно большом выпуске изделий.

Штампом называют инструмент, в котором имеется полость – ручей, представляющая собой точную копию поковки или ее отдельных участков. Штампы обычно состоят из верхней и нижней частей, центрирующихся относительно друг друга с помощью направляющих колонок или каким-либо другим способом.

Последовательность работы при изготовлении поковки: на плоский нижний боек молота или пресса устанавливают нижнюю часть штампа и укладывают в ее полость, нагретую до состояния пластичности исходную

заготовку; по колоннам устанавливают верхнюю часть штампа и нажатием верхнего плоского бойка прессы или ударами молота деформируют заготовку, которая заполняет полость, образовавшуюся между верхней и нижней частями штампа, принимая форму этой полости; поднимают верхнюю часть штампа и вынимают поковку из нижней части.

В зависимости от степени сложности формы поковки применяют несколько способов штамповки: одноручьевую, многоручьевую, расчлененную и комбинированную. Одноручьевая штамповка заключается в деформировании заготовки в одном ручье, применяется для несложных поволоков. Многоручьевая штамповка (рис. 5.1) является наиболее распространенным способом, который состоит в деформировании заготовки последовательно в нескольких ручьях. В первых ручьях осуществляется фасонирование заготовок под штамповку в окончательном ручье. Расчлененную и комбинированную применяют для получения сложной заготовки, используя несколько штампов на разных машинах.

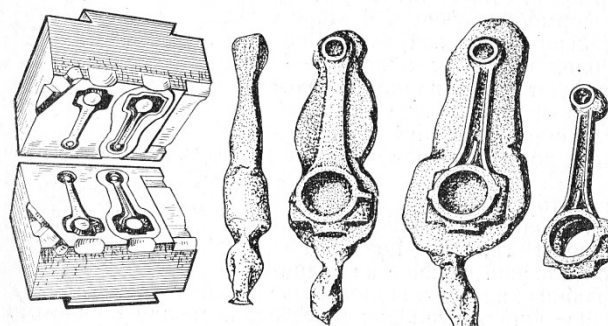
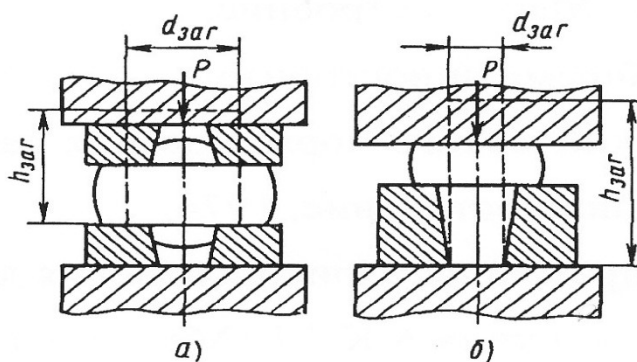


Рис. 5.1. Штампование шатуна с крышкой

Процесс получения заготовки состоит из чередования в определенной последовательности основных и вспомогательных операций. Каждая операция определяется характером деформирования и применяемым инструментом. К основным схемам деформирования относятся *осадка, протяжка, разгонка, прошивка, отрубка, гибка, подкатка*.

Осадка (рис. 5.2, а) - операция **уменьшения высоты заготовки при увеличении площади ее поперечного сечения**. Осаживают заготовки между бойками или подкладными плитами.



Разновидностью осадки является операция **высадки** (рис. 5.2, б), при которой металл осаживают лишь на части длины заготовки.

Рис. 5.2. Операция осадки заготовки

Протяжка – операция удлинения заготовки или ее части за счет уменьшения площади поперечного сечения.

Протяжку производят последовательными ударами или нажатиями на отдельные участки заготовки, примыкающие один к другому, с подачей заготовки вдоль оси протяжки и с поворотами ее на 90° вокруг этой оси.

Протягивать можно плоскими и вырезными бойками.

Разгонка (рис. 5.4) – операция увеличения ширины части заготовки за счет уменьшения ее толщины.

Протяжка с оправкой (рис. 5.5) – операция увеличения длины пустотелой заготовки за счет уменьшения толщины ее стенок.

Протяжку выполняют в вырезных бойках при нижнем вырезном 3 и верхнем плоском 2 на

слегка конической оправке 1. Протягивают в одном направлении – к расширяющемуся концу оправки, что облегчает ее удаление из поковки.

Раскатка на оправке (рис. 5.6) – операция одновременного увеличения наружного и внутреннего диаметров кольцевой заготовки за счет уменьшения толщины ее стенок. Заготовка 5 опирается внутренней поверхностью на цилиндрическую оправку 6, устанавливаемую концами на подставках 7, и деформируется между оправкой и узким длинным бойком 4.

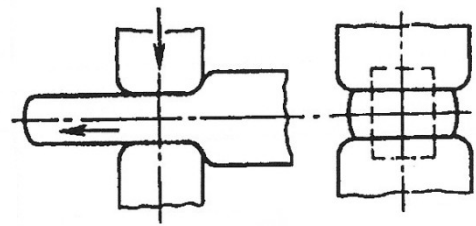


Рис. 5.3. Операция протяжки заготовки

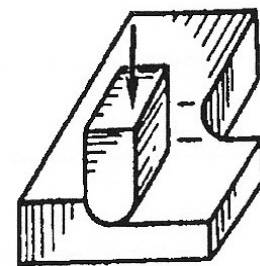


Рис. 5.4. Операция разгонки заготовки

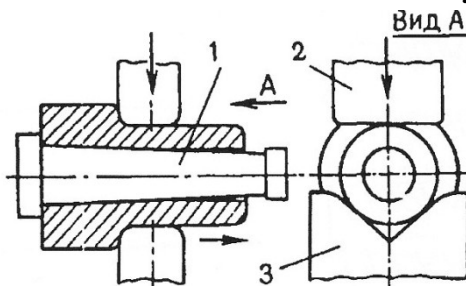


Рис. 5.5. Операция протяжки с оправкой

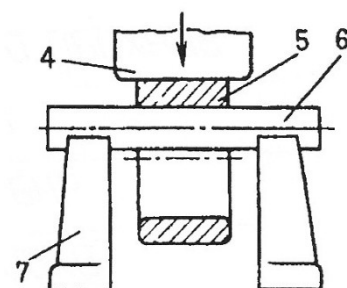


Рис. 5.6. Операция раскатка на оправке

Протяжку с оправкой и раскатку на оправке часто применяют совместно. Вначале раскаткой уничтожают бочкообразность предварительно осаженой и прошивной заготовки и доводят ее внутренний диаметр до



требуемых размеров. Затем протяжкой с оправкой уменьшают толщину стенок и увеличивают до заданных размеров длину поковки.

**Прошивка (рис.5.7) - операция получения полостей в заготовке за счет вытеснения металла.**

Прошивкой можно получить сквозное отверстие и углубление. Инструментом для прошивки служат прошивки. При сквозной прошивке тонких поволоков используют подкладные кольца.

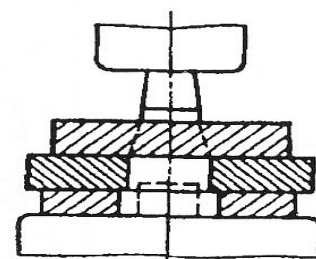


Рис. 5.7. Операция прошивки

**Отрубка (рис. 5.8) – операция отделения части заготовки по незамкнутому контуру путем внедрения в заготовку деформирующего инструмента – топора.** Отрубку применяют для получения из заготовки большой длины несколько коротких, для удаления излишков металла на концах поволоков.

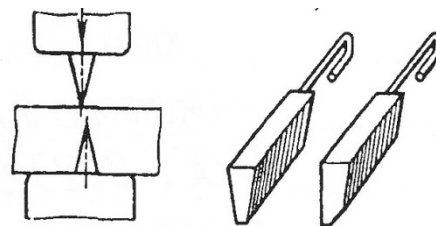


Рис. 5.8. Операция отрубки

**Гибка (рис. 5.9) – операция придания заготовке изогнутой формы по заданному контуру.** Этой операцией получают угольники, скобы, крючки, кронштейны и т.п.

Подкатка служит для **местного увеличения сечения заготовки за счет уменьшения сечения рядом лежащих участков**, т.е. происходит перераспределение объема металла вдоль оси заготовки. При обработке в подкатном ручье заготовку поворачивают вокруг оси после каждого удара.

Перечисленными операциями трудно изготовить поковки с относительно сложной формой. Поэтому при изготовлении небольшой партии таких поволоков применяют так называемую штамповку в подкладных штампах (рис. 5.10).

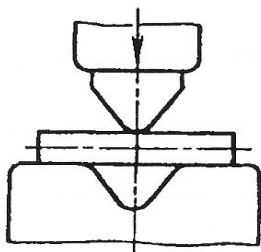


Рис. 5.9. Операция гибки

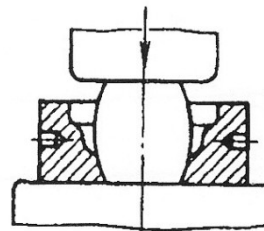


Рис. 5.10. Штамповка в подкладном штампе

На рис. 5.11 показан многоручьевой штамп с пятью ручьями для получения заготовки изогнутого рычага. Протяжной ручей 1 служит для увеличения длины отдельных участков заготовки за счет уменьшения площади их поперечного сечения. Подкатной ручей 2 обеспечивает перераспределение объема металла вдоль оси заготовки. При обработке в подкатном ручье заготовку поворачивают вокруг оси после каждого удара. Гибочный ручей 3 придает заготовке изогнутую форму.

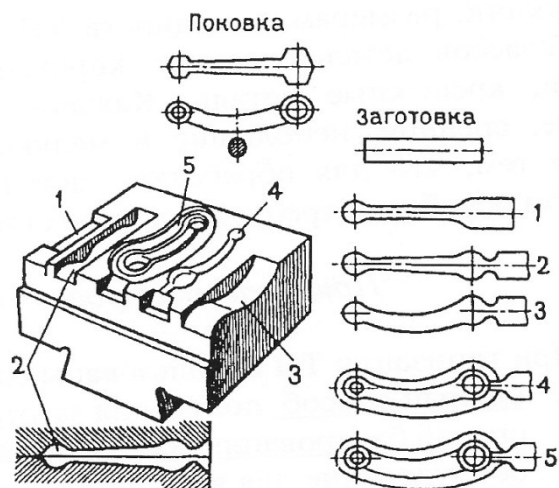


Рис. 5.11. Многоручьевой штамп для получения заготовки изогнутого рычага

Ручей 5 чистовой. Служит для получения готовой поковки.

Назначение чернового ручья 4 заключается в основном в снижении износа чистового. При наличии чернового ручья в нем происходит основное формообразование, в чистовом же ручье окончательно получают требуемые размеры поковки. Черновой ручей применяют при штамповке поковок сложной конфигурации.

В зависимости от формы заготовок и применяемого штампа используют открытую с облоем или закрытую без облоя схемы штамповки (рис. 5.12).

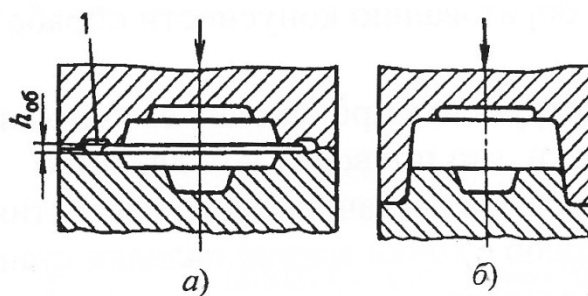


Рис. 5.12. Схемы штамповки в открытых - а) и в закрытых - б) штампах:

1 – облойная канавка

Штамповка в открытых штампах (облойная) (рис. 5.12, а). Характерна тем, что после заполнения металлом полости ручья штампов избыток его вытесняется в специальную полость 1, образуя при этом отход, называемый облоем. Облой с поковки затем обрезается при помощи особых штампов. При штамповке в открытых штампах из заготовки с размерами малой

точности получают поковки высокой точности за счет различного объема облоя. Однако на облой расходуется 10...30% металла от массы поковки.

Штамповка в закрытых штампах (безоблойная) (рис. 5.12, б). Характеризуется тем, что полость штампа в процессе деформирования остается закрытой. Зазор между подвижной и неподвижной частями штампа при этом постоянный и небольшой. Образование в нем облоя не предусмотрено. При штамповке в закрытых штампах необходимо строго соблюдать равенство объемов заготовки и поковки. Иначе при недостатке металла не заполняются углы полости штампа. А при избытке - размер поковки по высоте будет больше требуемого. Процесс получения заготовки в этом случае усложняется, поскольку отрезка заготовки должна обеспечивать высокую точность. Существенное преимущество получения поковки в закрытых штампах – уменьшение расхода металла, поскольку нет отхода в облой.

### Технологические особенности изготовления поковок

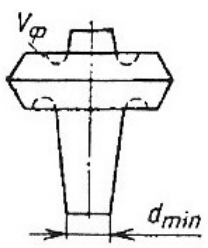
В зависимости от способа штамповки (плашмя или осадкой в торец), формы и соотношения основных размеров поковок, их изготовление имеет свои технологические особенности, которые показаны в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Технологические особенности изготовления поковок

Технологические особенности изготовления поковок	Поковки типа
<i>Поковки, штампуемые перпендикулярно оси заготовки (штамповка плашмя)</i>	
Необходимы заготовительные операции для распределения металла исходной заготовки в соответствии с площадями поперечных	С простыми поперечными сечениями (круглые, трапециевидные и т.д.), получаемые при незначительном выдавливании металла.
Со сложными поперечными сечениями (ребристые,	

	двуставровые и т.д.), получаемые при значительном выдавливании металла
Необходимы заготовительные операции: высадка фланца или бурта	С фланцем относительно небольшого объема
	$V_{\phi} < 3 \frac{\pi d_{\min}^3}{4}$
Необходимы заготовительные операции: высадка с предварительной протяжкой	С фланцем большого объема
	$V_{\phi} > 3 \frac{\pi d_{\min}^3}{4}$
<i>Поковки, штампуемые вдоль оси заготовки (штамповка осадкой в торец)</i>	
Необходимы заготовительные операции: высадка фланца или бурта	С относительно небольшим объемом фланца
	$V_{\phi} < 3 \frac{\pi d_{\min}^3}{4}$
Необходимы	С большим объемом фланца

<p>заготовительные операции: высадка и протяжка</p>	$V_{\phi} > 3 \frac{\pi d_{min}^3}{4}$ 
---	---

**Общий технологический процесс изготовления поковок горячей штамповкой** состоит, как правило, из следующих операций:

- 1) резка прутков на мерные заготовки;
- 2) нагрев;
- 3) штамповка;
- 4) обрезка облоя и прошивка плен;
- 5) правка;
- 6) термообработка;
- 7) очистка от окалины;
- 8) калибровка;
- 9) приемка ОТК.

Коэффициент использования металла поковок лежит в пределах 0,4...0,8

### Пример штамповки в открытом штампе

Задача: разработать технологический процесс изготовления заготовки прицепного шатуна штамповкой (рис. 5.13). Габариты: 592,3x78, масса – 10,9 кг.

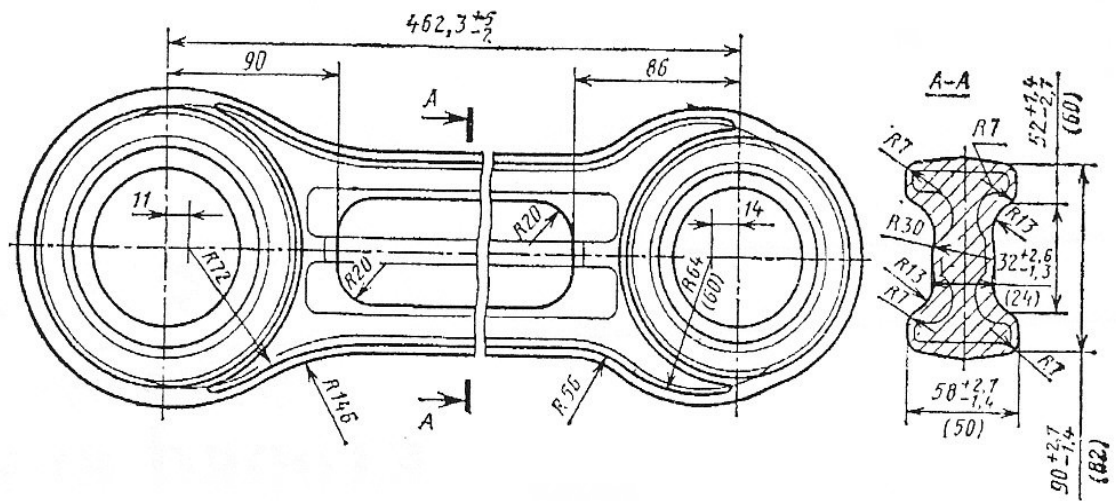


Рис. 5.13. Чертеж шатуна прицепного

## Технологическая карта на изготовление прицепного шатуна

		ВПТИтяжмаш	Карта технологическог о процесса
		№ цеха	Материал
		Сталь 18Х2Н4МА ГОСТ 4543-71	
		Исходная заготовка	
		Вид	Профиль и размеры
Прокат		Круг 100, L = 6000 мм	
№ опера- ции	Наименование и содержание операции	Оборудование	Бойки, штампы, приспособления
005	Технический контроль: проверить штанги по сертификату		
010	Транспортирование: переместить штанги на разрезку	Кран грузоподъемнос тью 5т	
015	Разрезка: разрезать (с подогревом) штанги на заготовки; $l = 645 \overset{\circ}{\underset{H}{\pm}} 3$ мм	Печь нагревательная; ножницы сортовые усилием 10 МН	Ножи диаметром 100мм
020	Транспортирование: переместить заготовки к нагревательной установке	Кран грузоподъемнос тью 5т	
025	Нагрев: нагреть заготовки до $1180 \overset{\circ}{\underset{H}{\pm}} 20$ °С	Печь нагревательная	
030	Объемная штамповка: подкатать в закрытом ручье; штамповать в предварительном ручье; штамповать в окончательном ручье при температуре обработки 1150...950°С	Молот штамповочный; масса падающих частей 5 т	Штамп молотовый. Кран-манипулятор подвесной.
035	Транспортирование: переместить поковки на образку облоя	Кран-манипу- лятор подвесной грузоподъемнос тью 250 кг	
040	Обрезка: обрезать облой; прошить отверстия при температуре обработки 900... 850°С	Пресс обрезной усилием 6,3 МН	Штамп обрезной; штамп прошивной; кран-манипулятор подвесной грузоподъемностью 250 кг
045	Транспортирование:		

	переместить поковки на калибровку		
050	Калибровка: калибровать поковки при температуре обработки 800...750°С.	Молот штамповочный; масса падающих частей 5 т	Штамп чеканочный; кран-мани-пулятор подвесной грузоподъемностью 250 кг

### **Содержание работы**

Работа заключается в изучении способов формоизменения заготовки за счет пластической деформации под действием внешних сил; изучении ковочных операций и технологических особенностей изготовления поковок; особенностей построения технологического процесса получения заготовки штамповкой, изучении операционных эскизов технологических переходов формоизменения исходной заготовки по заданию и установлении видов ковочных операций, использованных на его операциях.

### **Оборудование**

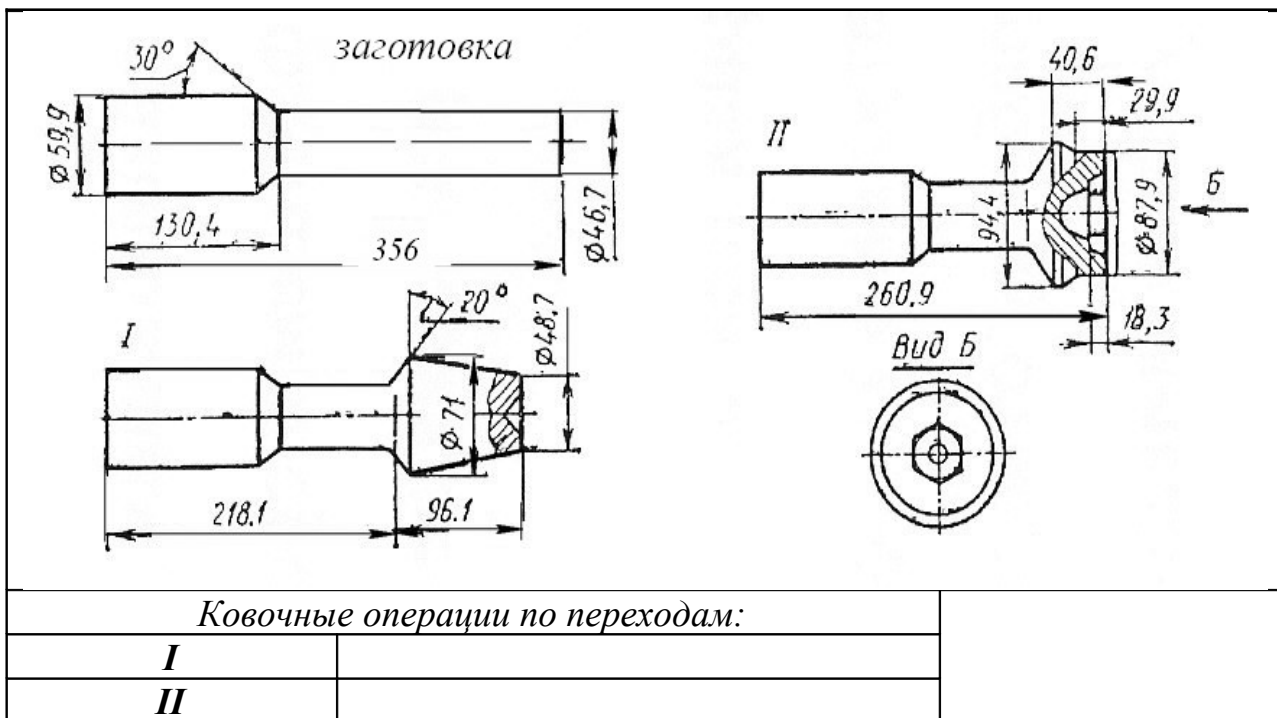
Образцы многоручьевых штампов; заготовки, получаемые в них; операционные эскизы переходов формоизменения исходной заготовки.

### **Порядок выполнения работы.**

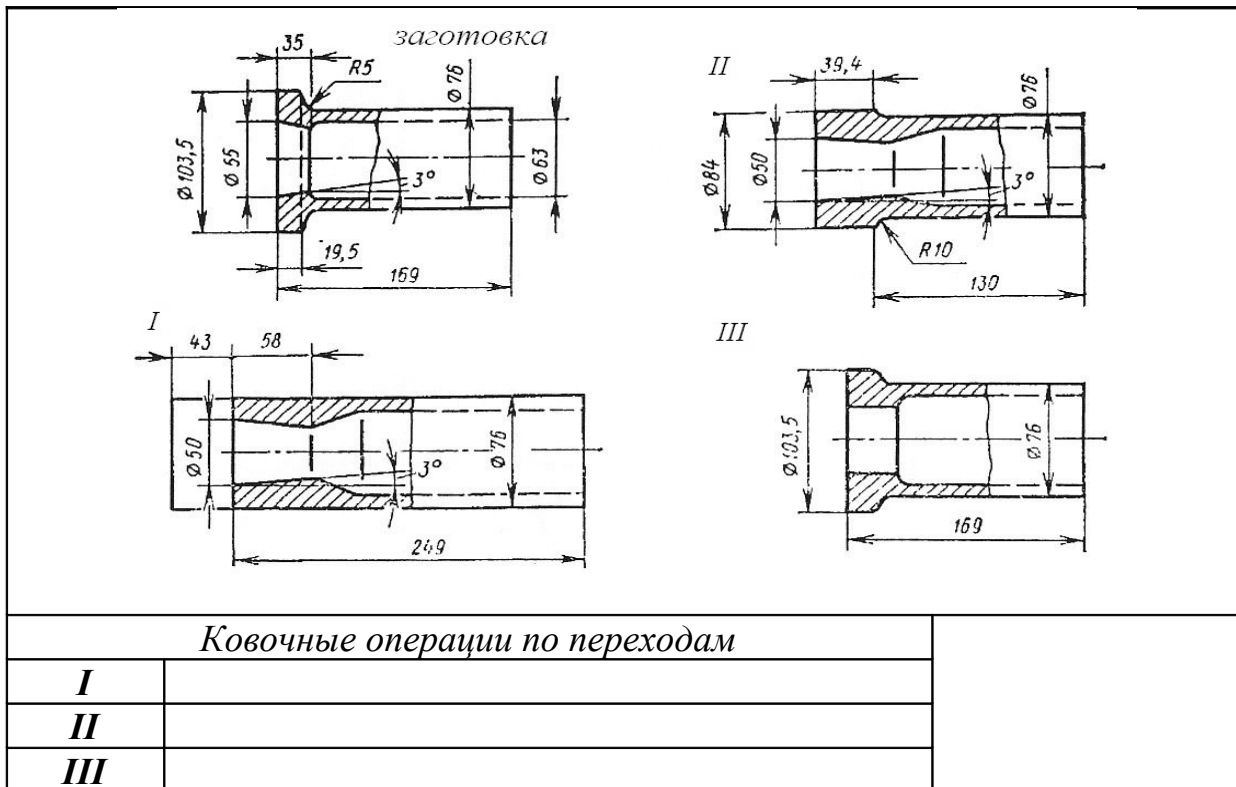
1. Ознакомиться со способами формоизменения заготовки за счет пластической деформации под действием внешних сил, технологическими особенностями изготовления поковок и построения технологического процесса получения заготовки штамповкой по теоретической части работы.
2. Ознакомиться с устройством многоручьевых штампов и последовательностью технологических переходов при формировании поковки штамповкой при его использовании.
3. Изучить операционные схемы переходов деформирования заготовки по заданию при штамповке, установить виды ковочных операций, использованных на операциях и составить технологическую карту на изготовление поковки.

## Варианты заданий

### Задание 1



### Задание 2



### Задание 3



		<i>Ковочные операции по переходам</i>	
		<b>I</b>	
		<b>II</b>	
		<b>III</b>	
<b>IV</b>		<p>a) заготовка;  б) технологические переходы операции формоизменения</p>	

### Контрольные вопросы

1. Перечислите основные схемы деформирования при штамповке;
2. Что такое подкатка;
3. Дайте пояснение штамповке в открытых и закрытых штампах;
4. Из каких операций состоит технологический процесс горячей штамповки;
5. Дайте пояснение способам штамповки.

### Практическая работа № 6

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВКИ-ПОКОВКИ

**Цель работы:** познакомиться с методикой конструирования заготовки, получаемой давлением, и освоить навыки расчета размеров конструктивных параметров заготовок – поковок.

### Теоретические положения

При разработке заготовки детали должны быть определены ее размеры и назначены на них предельные отклонения. Установление размеров заготовки выполняется прибавлением к номинальному размеру поверхности детали общего припуска металла на ее обработку.

Для поковок величина общего припуска зависит от:

1. группы стали, из которой она изготавливается;
2. массы заготовки;
3. класса ее точности;
4. ее степени сложности;
5. конфигурации поверхности разъема штампа.

Группа стали зависит от содержания в ней углерода и легирующих элементов (Si, Mn, Cr, Ni, V и т.д.) (таблица 6.1).

Таблица 6.1

### Установление группы стали

Группа стали	Характеристика химического состава стали		
	Массовая доля углерода		Массовая доля легирующих элементов
M1	До 35% включительно	и	До 2,0% включительно
M2	Свыше 0,35% до 0,65% включительно	или	Свыше 2,0% до 5,0% включительно
M3	Свыше 0,65%	или	Свыше 5,0%

Масса заготовки на этом этапе определяется ориентировочно как  $M_з = M_д \cdot K_p$ .  $K_p$  – расчетный коэффициент, определяется по таблица 6.2.

Таблица 6.2

### Коэффициент для определения массы заготовки

Группа	Характеристика детали	Типовые Представители	$K_p$
1-я	Удлиненной формы:	Валы, оси, шатуны Рычаги	1,3 – 1,6 1,1 – 1,4
	С прямой осью С изогнутой осью		
2-я	Круглые и многогранные в плане:	Шестерни, фланцы, ступицы Гайки, крестовины Вилки	1,5 – 1,8 1,3 – 1,7
	Круглые		
	Квадратные, прямоугольные		

	Многогранные с отрезками		
3-я	Комбинированные из элементов 1-й и 2-й групп	Кулаки, коленчатые валы, распределительные валы	1,3 – 1,8
4-я	С большим объемом необрабатываемых поверхностей	Коробки передач, рычаги Переключения	1,1 – 1,3

Класс точности поковок зависит от используемого для ее получения оборудования и технологического процесса (таблица 6.3).

Таблица 6.3

Выбор класса точности поковок

Деформирующее оборудование, Технологические процессы	Класс точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
Кривошипные горячештамповочные прессы: открытая штамповка закрытая штамповка		*	*	*	*
Горизонтально-ковочные машины				*	*
Прессы винтовые, гидравлические				*	*
Штамповочные молоты				*	*
Калибровка объемная	*	*			

Степень сложности формы поковки (таблица 6.4) определяется как отношение массы (объема) поковки  $G_1$  к массе (объему) геометрической фигуры  $G_0$ , в которую вписывается форма поковки (рис. 6.1).

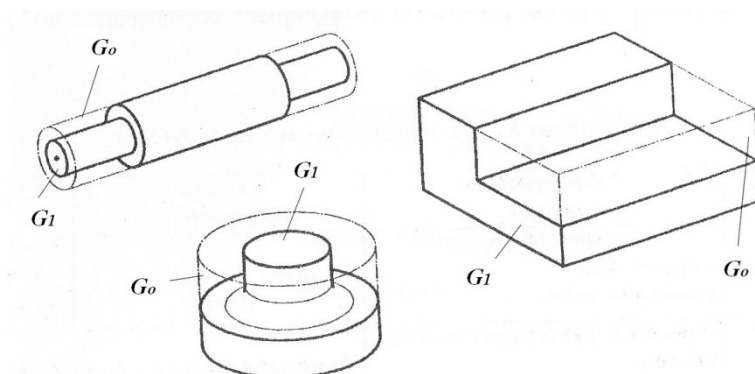


Рис. 6.1. К расчету степени сложности формы поковки

Таблица 6.4

## Установление степени сложности формы поковки

Степень сложности формы поковки			
С1	С2	С3	С4
При $G_1/G_0$			
Свыше 0,63	Свыше 0,32 до 0,63 включительно	Свыше 0,16 до 0,32 включительно	Свыше 0,16

*Конфигурация поверхности разъема штампа* может быть: плоская (П), симметрично изогнутая (Ис), несимметрично изогнутая (Ин).

Для установления основных припусков, допусков и допускаемых отклонений устанавливается *исходный индекс*, который зависит от массы поковки, группы стали, степени сложности и класса точности поковки (таблица 6.5).

Общий припуск включает в себя основной и дополнительный припуски. Основной зависит от исходного индекса, размеров и шероховатости детали (таблица 6.6). Дополнительный – учитывает смещение по поверхности разъема штампов, изогнутость и отклонение поверхностей заготовки (таблица 6.7).

Таблица 6.5

### Определение исходного индекса поковки

Масса поковки, кг	Группа стали			Степень сложности поковки				Класс точности поковки					Исходный индекс		
	M1	M2	M3	C1	C2	C3	C4	T1	T2	T3	T4	T5			
До 0,5															1
Свыше 0,5 до 1,0															2
Свыше 1,0 до 1,8															3
Свыше 1,8 до 3,2															4
Свыше 3,2 до 5,6															5
Свыше 5,6 до 10,0															6
Свыше 10,0 до 20,0															7
															8
															9
															10
															11
															12
															13
															14
															15
															16
															17
															18
															19
															20

Например: для поковки массой 1,5 кг с группой стали М2, степенью сложности поковки С3 и классом точности Т4 исходный индекс равен 12

Таблица 6.6

### Основные припуски на механическую обработку (на сторону), мм

индекс	Исходный								
	Длина, ширина, диаметр, высота детали, мм								
	До 40			40 - 100			100 – 160		
	при шероховатости, мкм								
	100 – 12,5	10 – 1,6	1,6 – 1,25	100 – 12,5	10 – 1,6	1,6 – 1,25	100 – 12,5	10 – 1,6	1,6 – 1,25
1	0,4	0,6	0,7	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7
2	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9
3	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9
4	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0
5	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1
6	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2
7	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4
8	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5
9	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6
10	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8
11	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9
12	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0
13	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2
14	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5
15	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7
16	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0
17	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3
18	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5
19	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8
20	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1
индекс	Исходный								
	Длина, ширина, диаметр, высота детали, мм								
	160 - 250			250 – 400					
	при шероховатости, мкм								
	100 – 12,5	10 – 1,6	1,6 – 1,25	100 – 12,5	10 – 1,6	1,6 – 1,25			
1	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9			
2	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0			
3	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1			
4	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2			
5	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4			
6	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5			
7	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6			
8	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8			

Продолжение таблицы 6. 6

Длина, ширина, диаметр, высота детали, мм	
160 – 250	250 – 400

Индекс Исходный	при шероховатости, мкм					
	100 – 12,5	10 – 1,6	1,6 – 1,25	100 – 12,5	10 – 1,6	1,6 – 1,25
9	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9
10	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0
11	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,0
12	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5
13	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7
14	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0
15	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3
16	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5
17	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8
18	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1
19	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7
20	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1

Таблица 6.7

Дополнительный припуск на смещение по поверхности  
разъема штампов, мм

Масса поковки, кг	Припуски для классов точности							
	Плоская поверхность разъема (П)							
	T1	T2	T3	T4	T5			
	Симметрично изогнутая поверхность разъема (Ис)							
	T1	T2	T3	T4	T5			
Несимметрично изогнутая поверхность разъема, (Ин)								
	T1	T2	T3	T4	T5			
До 0,5 включительно		0,1	0,1	0,1	0,2	0,2		0,3
Св. 0,5 до 1,0	0,1			0,2			0,3	
Св. 1,0 до 1,8						0,3		0,4
Св. 1,8 до 3,2			0,2		0,3		0,4	0,5
Св. 3,2 до 5,6		0,2		0,3		0,4	0,5	0,6
Св. 5,6 до 10	0,2		0,3		0,4	0,5	0,6	0,7
Св. 10 до 20	0,3	0,3		0,4	0,5	0,6	0,7	0,9

Таблица 6.8

Дополнительный припуск на неплоскостность и непрямолинейность, мм

Наибольший размер поковки, мм	Припуски для классов точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
До 100 включительно	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4

Св. 100 до 160	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
Св. 160 до 250	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Св. 250 до 400	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8

Таблица 6.9

Допуски и допустимые отклонения размеров поковок, мм

Исход- ный индекс	Длина, ширина, диаметр, высота поковки, мм									
	До 40		40 - 100		100 - 160		160 - 250		250 – 400	
1	0,3	+0,2 -0,1	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,25 -0,2
2	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,5	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3
3	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3
4	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3
5	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4
6	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5
7	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5
8	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7
9	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8
10	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9
11	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0
12	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1
13	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2

Продолжение таблицы 6.9

Исход- ный индекс	Длина, ширина, диаметр, высота поковки, мм									
	До 40		40 - 100		100 - 160		160 - 250		250 – 400	
14	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3
15	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5

16	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7
17	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9
18	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1
19	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4
20	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7

### Содержание работы

Разработать конструкцию заготовки-поковки и выполнить расчет размеров ее конструктивных параметров.

#### Порядок выполнения работы

**1. Сбор исходных данных**

- $\frac{35}{17}$  выбрать деформирующее оборудование;
- $\frac{35}{17}$  установить группу стали (таблица 6.1);
- $\frac{35}{17}$  определить массу заготовки;
- $\frac{35}{17}$  выбрать класс точности заготовки (таблица 6.3)
- $\frac{35}{17}$  установить степень точности формы заготовки (таблица 6.4).

**2. Определить основные припуски на обработку по поверхностям детали**

**3. Определить дополнительные припуски на обработку по поверхностям детали**

**4. Определить общий припуск на обработку**

**5. Определить размеры поковки**

**6. Назначить допустимые отклонения на размеры поковки (табл. 6.9)**

**7. Составить чертеж поковки, используя образцы на рис. 6.2 и 6.3.**

*Назначить технические требования к заготовке.*



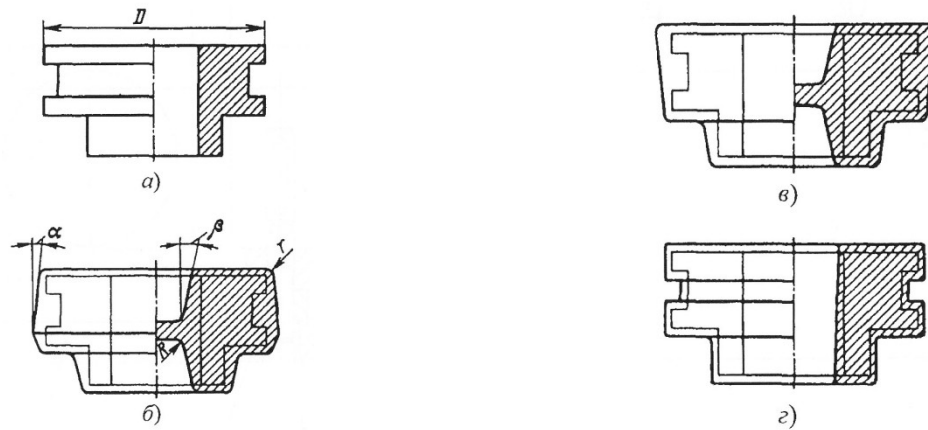


Рис. 6.2. Примеры вида чертежей поковки:

*a* – деталь; *б* – поковка при штамповке в открытом штампе; *в* – то же, в закрытом штампе; *г* – то же, на горизонтально-ковочной машине

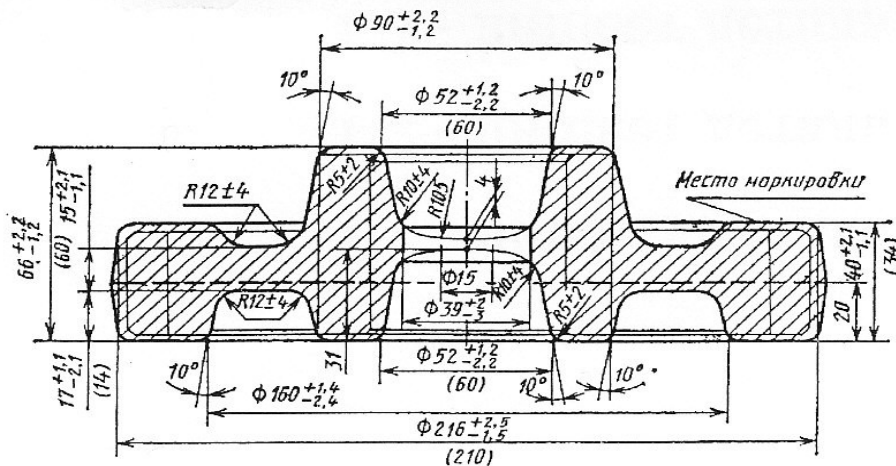


Рис. 6.3. Чертеж поковки шестерни

## Отчет о работе

Отчет о работе должен содержать:

1. Название, цель, содержание работы.
6. Расчеты общего припуска на обработку поверхностей заготовки и ее размеры.
7. Чертеж поковки с техническими требованиями.

## Контрольные вопросы

1. Перечислите технические требования к заготовке указываемые в чертеже заготовки;
2. Назовите конфигурации разъема штампа;
3. Что в себя включает «исходный индекс»;
4. Какие величины включает в себя основной и дополнительный припуски;

5. Как определяется степень сложности формы поковки.

## Практическая работа №7

### ТОКАРНАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ МАШИН

#### Цель работы:

1. получить основные сведения о токарной обработке;
2. ознакомиться с компоновкой токарного станка, его назначением, применяемым режущим инструментом и токарными приспособлениями;
3. изучить технологические операции обработки деталей на токарном станке.

#### Теоретические положения

Обработка резанием заключается в образовании новых поверхностей путём отделения поверхностных слоёв материала (припуска на обработку) с заготовки с образованием стружки. В основе токарного станка лежит метод точения.

На токарных станках изготавливают детали - тела вращения (валы, шкивы, зубчатые колёса, втулки и т.п.) (рис. 7.1). Токарной обработкой (точением) получают детали с цилиндрическими, коническими, фасонными и плоскими (торцы) поверхностями, а также нарезают резьбу, делают фаски и галтели (рис. 7.2).

Для осуществления процесса резания на токарном станке необходимы два движения: главное движение и движение подачи. Главным движением является вращательное движение заготовки. Движение подачи - это поступательное движение резца, обеспечивающее непрерывное врезание его в новый слой металла.

Процесс резания характеризуется определённым режимом. К элементам режима резания относятся:

$t$  - величина срезаемого слоя за один проход резца. При наружном продольном точении глубина резания определяется как разность между диаметром заготовки  $D$  и диаметром обработанной поверхности  $d$ , т.е.  $t=(D-d)/2$  мм;

$S$  – подача - величина перемещения режущей кромки в направлении движения резца за один оборот заготовки (мм/об);

$V$  - скорость резания - путь, пройденный наиболее отдаленной от оси вращения точкой обрабатываемой поверхности относительно режущей кромки резца за единицу времени (м/с).

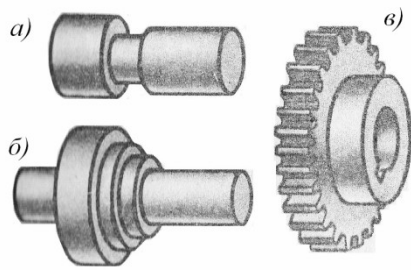


Рис. 7.1 Типовые детали, получаемые обработкой на токарных станках:  
*a* - ступенчатый вал; *б* – шкив; *в* – зубчатое колесо (шестерня)

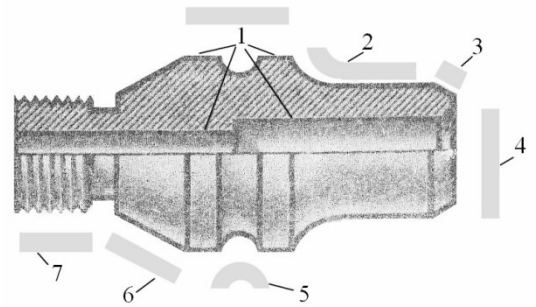


Рис. 7.2 Виды поверхностей, получаемые токарной обработкой:  
 1 – цилиндрическая; 2 – галтель; 3 – фаска; 4 – плоская (торцовая); 5 – фасонная; 6 – коническая; 7 – резьбовая

### Компоновка токарного станка

Общий вид токарно-винторезного станка представлен на рис. 7.3. На *станине* станка смонтированы основные механизмы станка: передняя бабка, внутри которой расположены главный орган станка шпиндель и коробка скоростей. Шпиндель представляет собой полый вал, на правом конце которого крепят приспособления, зажимающие заготовку. Шпиндель получает вращение от расположенного в левой тумбе станины электродвигателя через клиноременную передачу и систему зубчатых колёс и муфт, размещенных внутри передней бабки. Этот механизм называют *коробкой скоростей*. Он позволяет изменять частоту вращения  $n$  (число оборотов в минуту) шпинделя.

Для закрепления резца и обеспечения ему движения подачи, т.е. перемещения резца в различных направлениях служит *суппорт* *б*. Он состоит из каретки, которая перемещается по направляющим станины; фартука, в котором расположен механизм преобразования вращательного движения ходового вала и ходового винта в прямолинейное движение суппорта; механизма поперечных салазок; механизма резцовых (верхних) салазок и механизма резцедержателя.

*Коробка подач* закреплена на станине ниже передней бабки. Внутри коробки находится механизм передачи вращения от шпинделя к ходовому валу или ходовому винту. Она позволяет изменять скорость движения суппорта (величину подачи). Вращательное движение в коробке подач передаётся от шпинделя через реверсивный механизм и гитару со сменными зубчатыми колёсами.

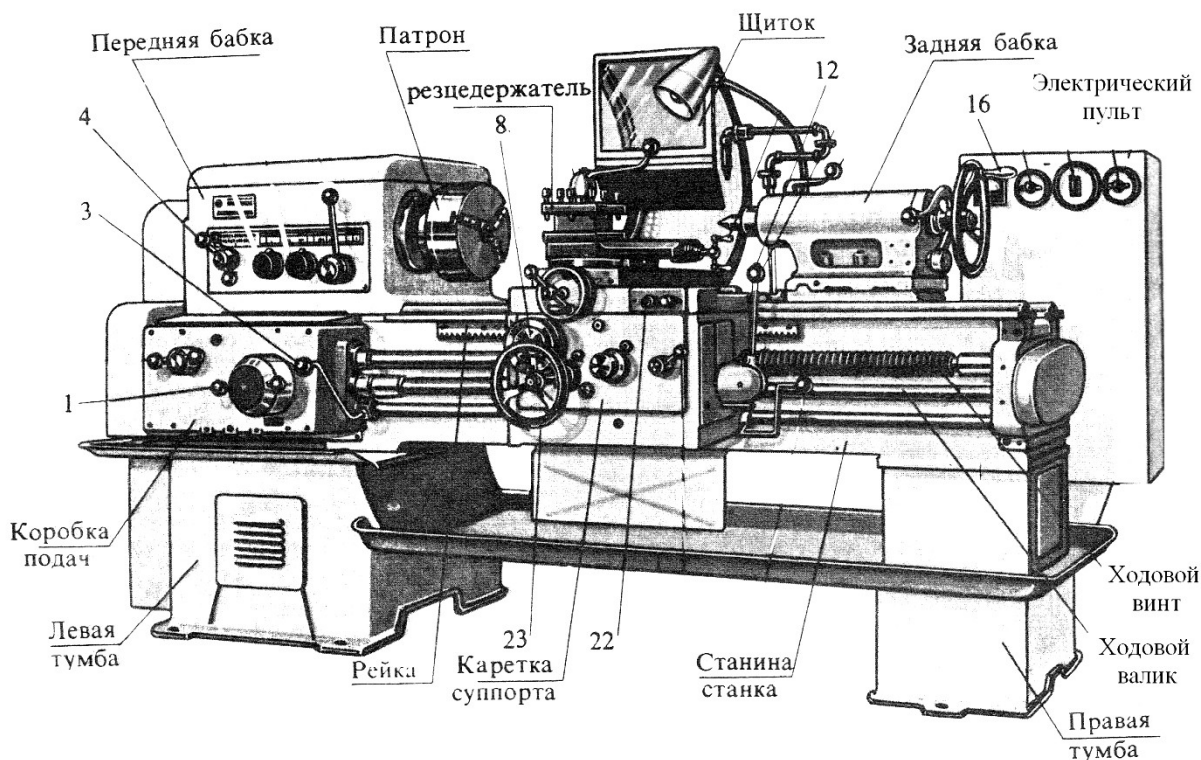


Рис. 7.3. Токарно-винторезный станок

*Рукоятки управления:* 1 – установка величины подачи или шага резьбы; 3 – включение-отключение вращения шпинделя станка при работающем двигателе главного движения; 4, 7 - установка частоты вращения шпинделя; 9 – перемещение поперечных салазок суппорта; 10 – поворот и зажим резцедержателя; 11 – перемещение верхних салазок суппорта; 13 - включение подачи каретки и поперечных салазок суппорта; 12 – включение ускоренной подачи каретки и поперечных салазок суппорта; 22 – кнопка пуска и остановки двигателя главного движения.

*Маховички:* 16 – подача пиноли задней бабки; 23 – перемещение каретки.

*Гитара* предназначена для настройки станка на требуемую величину подачи или шаг нарезаемой резьбы путём установки соответствующих сменных зубчатых колёс.

*Задняя бабка* предназначена для поддерживания конца длинных заготовок в процессе обработки, а также для закрепления и подачи стержневых инструментов (свёрл, зенкеров, развёрток).

Электрооборудование станка размещено в шкафу.

Для закрепления заготовок на токарном станке применяют: патроны, планшеты, цанги, центры, хомутики, оправки.

Для контроля точности обработки деталей используют штангенциркули, микрометры, калибры, шаблоны, угломеры и другие измерительные инструменты.

*Классификация токарных резцов по назначению*

Для токарной обработки применяют разнообразные по назначению резцы: проходные, упорные, подрезные, отрезные, фасонные, резьбовые и расточные (рис. 7.4 а – к).

Рабочая часть резца должна обладать высокой твердостью, красностойкостью (способности не терять твердости при высокой температуре), высокой износостойкостью (сопротивлением истиранию), высокой вязкостью (сопротивлением ударной нагрузке). Режущую часть резцов изготавливают:

<sup>35</sup><sub>17</sub> из быстрорежущей стали (Р9; Р6М5). После термической обработки она приобретает высокую твердость (HRC 62...65), высокую износостойкость и красностойкость до 650°;

<sup>35</sup><sub>17</sub> из твердых сплавов, выпускаемых в виде пластинок различных размеров и форм. Красностойкость достигает 1500...1900°С. Для обработки сталей применяют твердые сплавы титановольфрамкобальтовой группы (ТК): Т5К10 – для черновой обработки, Т15К6 – для получистовой и чистовой. Для обработки чугуна, цветных металлов и сплавов применяют твердые сплавы вольфрамкобальтовой группы (ВК): ВК8 – для обдирочной работы, ВК6 – для получистовой и чистовой обработки.

<sup>35</sup><sub>17</sub> синтетические сверхтвердые и керамические материалы. Инструментальная промышленность выпускает большое разнообразие сверхтвердых материалов (СТМ) на основе **нитрида бора** (композиты) и керамических материалов на основе **оксида алюминия** (керамика). Применяются в основном для чистовой и тонкой обработки металлов, в том числе и закаленных.

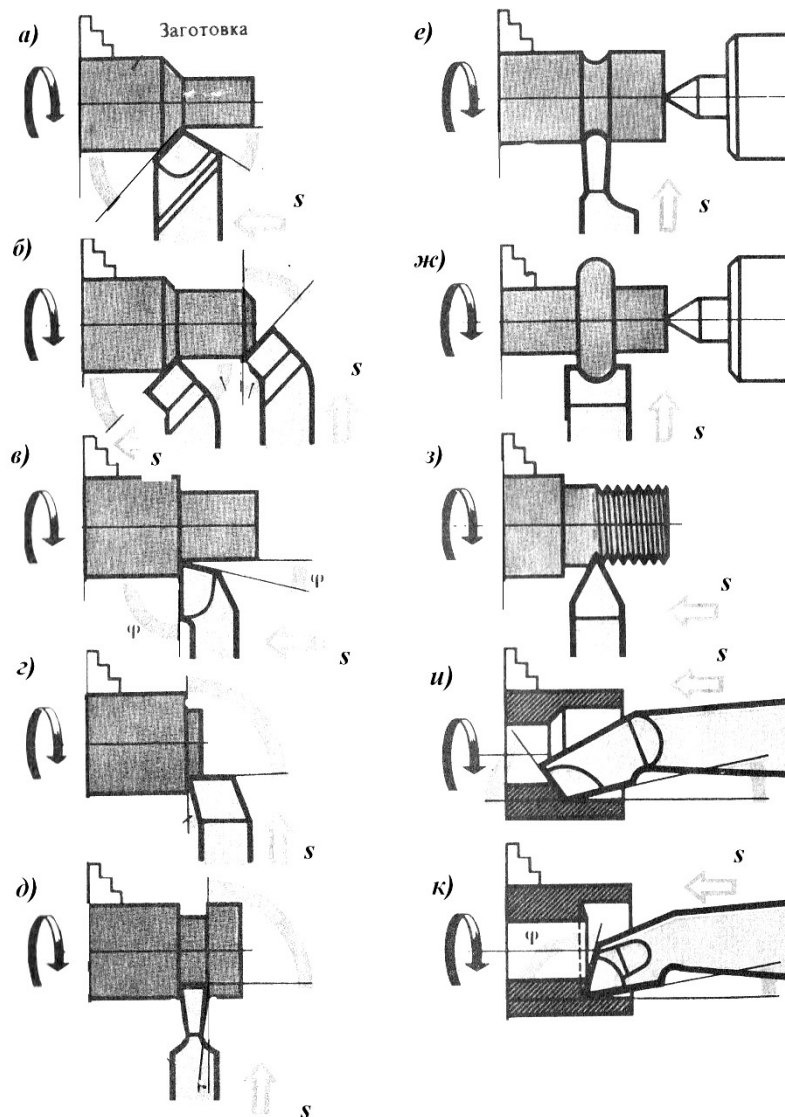


Рис. 7.4 Классификация резцов по назначению: а – проходной прямой; б – проходной отогнутый; в – проходной упорный; г – подрезной; д – отрезной; е – прорезной; ж – фасонный; з – резьбовой; и – расточной проходной; к – расточной упорный

#### Схемы установки заготовок на станке

Заготовки небольшой длины на токарных станках устанавливают и закрепляют в патронах (рис.7.5). Заготовки валов, длина которых превышает диаметр в пять и более раз, обычно обрабатывают с установкой коническими поверхностями центровых отверстий на центрах станка (рис.7.6).

При обработке партии одинаковых валов точность диаметральных размеров обеспечивают установкой резца в нужное положение относительно оси вращения шпинделя станка пробными проходами. Деление лимба, соответствующее требуемому диаметру ступени запоминают или

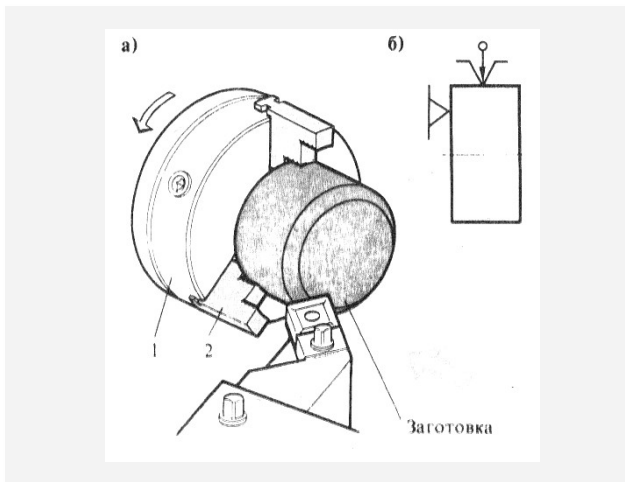


Рис. 7.5. Установка заготовки в патроне (а), условная схема (б). Технологические базы – торец и ось заготовки.

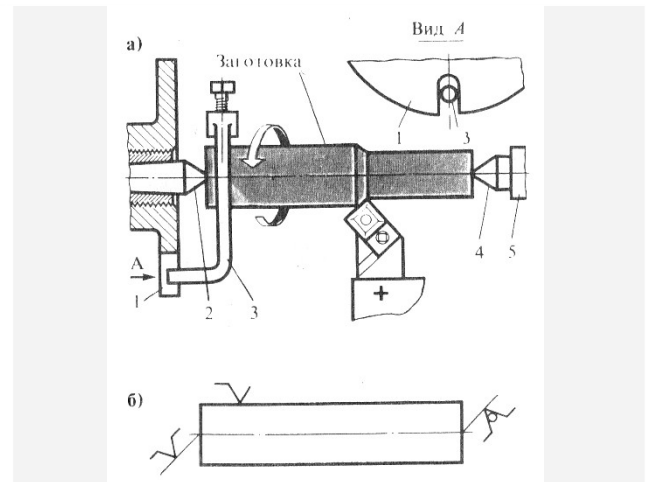


Рис. 7.6. Установка заготовки в центрах (а), условная схема (б). Технологические базы - конические поверхности центровых отверстий в торцах вала.

записывают. Точность линейных размеров может быть обеспечена по лимбу продольной подачи. Поворот лимба на одно деление соответствует перемещению суппорта на один миллиметр. По лимбу продольной подачи можно контролировать продольное перемещение резца и отводить его в тот момент, когда получена нужная длина ступени.

Большую партию ступенчатых валов обрабатывают, пользуясь продольным упором, закрепленным на направляющих станины и ограничивающих перемещение суппорта (рис.7.7). Заготовки с несколькими ступенями обрабатывают по упору с мерными длиноограничителями, в качестве которых можно использовать наборы мерных плиток или специальные шаблоны, которые размещают между упором 1 (рис.7.8) и суппортом.

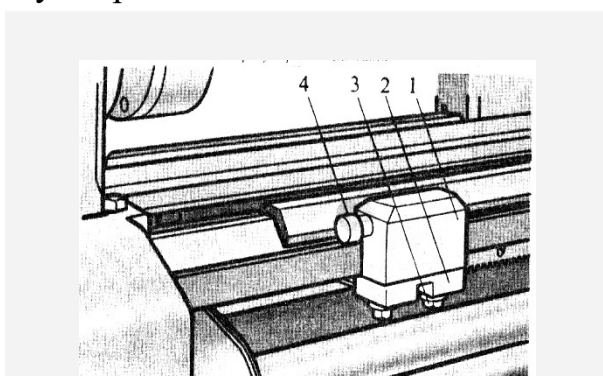


Рис.7.7. Продольный упор к токарному станку: 1 – корпус упора; 2 – прижимная планка; 3 – зажимной винт; 4 – регулировочный винт

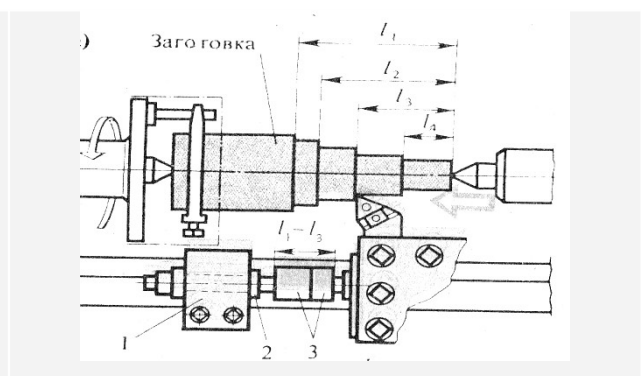


Рис.7.8. Обтачивание ступенчатого вала по упору с длиноограничителями: 1 – упор; 2 – регулировочный винт; 3 – мерные плитки - длиноограничители



## **Правила построения технологического процесса обработки детали**

### *Правила для единичного производства:*

1. Обработку заготовок по возможности выполняют за два установка: сначала с одной стороны (обработка чистовой базы), затем с другой стороны (таблица 7.1).
2. Укрупнять операции, т.е. объединять выполнение нескольких переходов при одном установе детали.

### *Правила для серийного производства:*

1. Технологический процесс обработки деталей расчленять на несколько простых операций (см. таблицу 7.1).
2. Для каждой операции предусматривать выполнение продольных размеров по продольному упору или лимбу продольной подачи, а поперечных размеров – по поперечному упору или лимбу винта поперечных салазок суппорта.
3. На первой операции у заготовки обработать поверхности, принятые за чистовую технологическую базу.

## **Содержание работы**

Работа заключается:

1. в ознакомлении с компоновкой токарно-винторезного станка, его узлами и их назначением; схемами установки заготовок на станке, классификацией токарных резцов и способами обеспечения точности диаметральных и линейных размеров;
2. в изучении основных схем выполнения токарной обработки и наблюдением за выполнением мастером основных токарных операций на станке;
3. в ознакомлении с правилами построения технологического процесса обработки детали на станке, изучение процесса изготовления детали по заданию и в составлении технологической карты токарной обработки этой детали.

### **Оборудование, инструмент, заготовки.**

Оборудование: токарно-винторезный станок МК6056.

Приспособления: трёхкулачковый патрон.

Инструмент: режущий - резцы, сверла, зенкеры, развертки, измерительный – штангенциркули.

Заготовки: образцы заготовок, материал-сталь 45

### **Порядок выполнения работы.**

1. Выслушать пояснение мастера об устройстве токарно-винторезного станка: его компоновке, узлах, их назначении, его управлении.
2. Наблюдать за выполнением мастером на станке продольного, радиального, фасонного точений, точения конусов, резьбы, сверления, зенкерования, развертывания, растачивания осевого отверстия и других операций. Обратить внимание на режущий инструмент, приспособления для установки заготовки и режущего инструмента, усвоить виды и название режущих инструментов. Обратить внимание на способы достижения точности диаметральных и линейных размеров обрабатываемой детали, используемые мастером при выполнении операций.
3. Сделать эскизы: а) общего вида токарно-винторезного станка; б) продольного, радиального, фасонного точений, точения конусов, резьбы, сверления, зенкерования, развертывания, растачивания осевого отверстия и других выполненных мастером токарных операций. На эскизах указать способ установки заготовки, размеры обрабатываемой поверхности, режущий инструмент в конце обработки, рабочие движения (главное и подачи).
4. Изучить особенности построения технологического процесса обработки деталей на токарном станке в единичном и серийном производствах (таблица 7.1). Изучить процесс токарной обработки детали по заданию. Оформить его в технологической карте (таблица 7.2)

### **Отчет о работе**

Отчет должен содержать:

1. Наименование, цель, содержание работы, используемое оборудование.
2. Эскиз общего вида токарно-винторезного станка с указанием на нем узлов станка.
3. Схемы продольного, радиального, фасонного точений, точения конусов, резьбы, сверления, зенкерования, развертывания, растачивания осевого отверстия и других токарных операций.
4. Технологическую карту токарной обработки детали по заданию.

Таблица 7.1

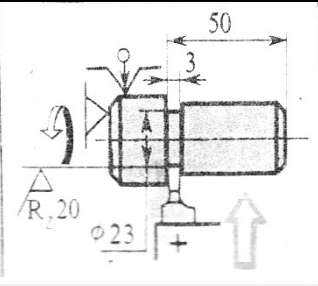
Технологический процесс изготовления детали «палец»

Единичное производство	Серийное производство
<p><b>Деталь «Палец»</b></p> <p><b>Установ А</b></p> <p><b>Установ Б</b></p> <p><b>Схема наладки резцедержателя</b></p>	<p><b>Заготовка</b></p> <p><b>II операция</b></p> <p><b>I операция</b></p>

Таблица 7.2

## Технологическая карта токарной операции обработки детали «Палец»

		Наименование операции		№ операции		
		Токарная		010		
		Количество деталей в партии		100		
		Материал - сталь	Марка – сталь30	Свр = 60 кг/мм <sup>2</sup>		
		Станок	16К20	Професси я рабочего	Разряд	
				токарь	3	
Установ	Переход	Содержание переходов	Схемы переходов	Приспособлен ия	Инструмент	
					режущ ий	измери тельны й
I	-	Установить заготовку в патрон за поверхность Ø32, с вылетом 52 мм		Трехкулачковый самоцентрирующий патрон с сырыми кулачками, продольный упор, мерная плитка $l = 50$ мм	Проходной резец Т15К6	Штангенциркуль
	1	Подрезать торец (поверхность 1) в размер 65 мм				
	2	Точить поверхность (5) Ø25 мм на длину 50 мм		Трехкулачковый самоцентрирующий патрон с сырыми кулачками, упор	Упорный резец Т15К6	То же
3	Точить фаску (6) 2 x 45° начисто		Трехкулачковый самоцентрирующий патрон с сырыми кулачками	Проходной резец Т15К6	То же	

4	Выточить канавку (4) шириной 3 мм, глубиной 1 мм		Трехкулачковый самоцентрирующий патрон с сырыми кулачками, продольный упор	Канавочный резец Т15К6	То же
---	--	---	--	------------------------	-------

### Задание:

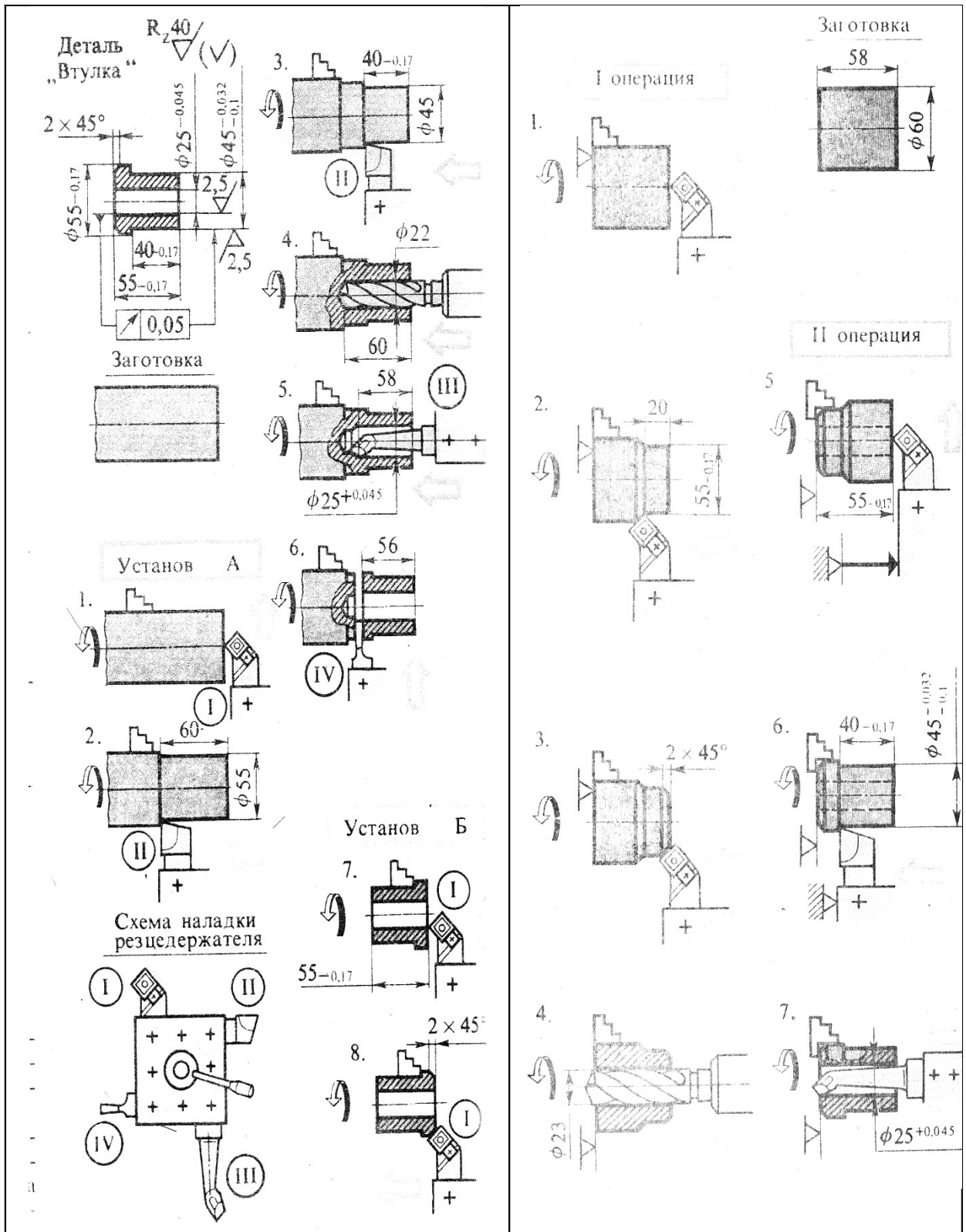
Изучить токарную операцию обработки детали по заданию и составить технологическую карту токарной обработки этой детали.

№ задания	№ варианта	Для условий:
1	1	Операция I при обработке детали «Втулка с канавкой».
2	1	Операция II при обработке детали «Втулка с канавкой»
3	2	Схема 1 последовательности обработки отверстия детали «Втулка»
4	2	Схема 2 последовательности обработки отверстия детали «Втулка»
5	3	Единичное производство, установ А, переходы обработки наружных поверхностей детали «Втулка».
6	3	Единичное производство, установ А, переходы обработки отверстия детали «Втулка».
7	3	Единичное производство, установ Б при обработке детали «Втулка».
8	4	Серийное производство, операция I при обработке детали «Втулка».
9	4	Серийное производство, операция II при обработке детали «Втулка».

### Вариант 1

Технологический процесс изготовления детали «Втулка с канавкой»	
Операция I	Операция II





### Контрольные вопросы

1. Какие величины режима резания используются при токарной обработке;

2. Перечислите основные механизмы (узлы) токарно – винторезного станка;
3. Дайте классификацию токарных резцов по назначению;
4. Какие материалы применяются в качестве режущей части резца;
5. Назначение задней бабки токарно – винторезного станка.



## Практическая работа №8

### РАЗРАБОТКА ПЛАНА ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ НА СТАНКЕ С ЧПУ

Цель работы: Изучить основы создания управляющих программ и технологии обработки для токарно – фрезерной обработки деталей на токарно-фрезерном станке EMCO CONCEPT TURN 155. Получить знания и навыки по программированию обработки деталей на токарном станке, оснащённом системой ЧПУ (FANUC 21F, SIEMENS SINUMERIC 820/840D, HEIDENHAIN TNT 230).

#### Теоретические положения

Проектирование технологических процессов обработки деталей на станках с ЧПУ отличаются от работ, проводимых при использовании обычного универсального и специального оборудования. Прежде всего, значительно возрастает сложность технологических задач и трудоёмкость проектирования технологического процесса. Для обработки на станках с ЧПУ необходим детально разработанный технологический процесс, построенный по переходам. При обработке на универсальных станках излишняя детализация не нужна. Рабочий, обслуживающий станок, самостоятельно принимает решение о необходимом числе переходов и проходов, их последовательности. Сам выбирает требуемый инструмент и назначает режимы обработки.

При использовании станка с ЧПУ появляется принципиально новый элемент технологического процесса – управляющая программа, для разработки и отладки которой требуются дополнительные программные продукты и время.

Существенной особенностью технологического проектирования для станков с ЧПУ является необходимость точной увязки траектории автоматического движения режущего инструмента с системой координат станка, исходной точкой и положением заготовки. Это налагает дополнительные требования к приспособлениям для зажима и ориентации заготовки, к режущему инструменту.

Расширенные технологические возможности станков с ЧПУ обуславливают некоторую специфику решения таких традиционных задач технологической подготовки, как проектирование операционного технологического процесса, базирование детали, выбор инструмента и т.д.

На стадии разработки технологического процесса необходимо определить обрабатываемые контуры и траекторию движения инструмента в процессе обработки, установить последовательность обработки контуров. Без этого не возможно рассчитать координаты опорных точек, осуществить точную размерную увязку траектории инструмента с системой координат станка, исходной точкой положения инструмента и положением заготовки.

В процессе обработки детали инструмент рассматривается в системе координат станка. При токарной обработке центр инструмента совпадает с центром окружности при вершине резца. Траектория инструмента совпадает с эквидистантой к контуру детали и отстоит от контура на величину радиуса при вершине резца. Эквидистанта состоит из отдельных участков, разделенных опорными точками.

При построении маршрута обработки деталей на станках с ЧПУ необходимо руководствоваться общими принципами, положенными в основу выбора последовательности операций механической обработки на станках с ручным управлением. Кроме того, должны учитываться специфические особенности станков с ЧПУ. Поэтому маршрут обработки рекомендуется строить следующим образом.

1. Процесс механической обработки делить на стадии (черновую, чистовую и отделочную), что обеспечивает получение заданной точности обработки за счет снижения ее погрешности вследствие упругих перемещений технологической системы, температурных деформаций и остаточных напряжений. При этом, следует иметь в виду, что станки с ЧПУ более жесткие по сравнению с универсальными станками, с лучшим отводом теплоты из зоны резания, поэтому допускается объединение стадий обработки. Например, на токарных станках с ЧПУ часто совмещаются черновая и чистовая операции, благодаря чему значительно снижается трудоемкость изготовления детали, повышается коэффициент загрузки оборудования.

2. В целях уменьшения погрешности базирования и закрепления заготовки соблюдать принципы постоянства баз и совмещения конструкторской и технологической баз. На первой операции целесообразно производить обработку тех поверхностей, относительно которых задано положение остальных или большинства конструктивных элементов детали (с целью обеспечения базы для последующих операций).

3. При выборе последовательности операций стремиться к обеспечению полной обработки детали при минимальном числе ее установок.

4. Для выявления минимально необходимого количества типоразмеров режущих инструментов при выборе последовательности обработки детали проводить группирование обрабатываемых поверхностей. Если количество инструментов, устанавливаемых в револьверной головке или в магазине, оказывается недостаточным, операцию необходимо разделить на части и выполнять на одинаковых установках, либо подобрать другой станок с более емким магазином.

5. При точении заготовок типа тел вращения первоначально обрабатывается более жесткая часть (большой диаметр), а затем зона малой жесткости.

### **Содержание работы**

Работа заключается в приобретении теоретических и практических знаний по программированию обработки деталей на токарно-фрезерном станке EMCO CONCEPT TURN 155 с ЧПУ. А так же проведению имитации обработки для токарно-фрезерного станка EMCO CONCEPT TURN 155 с ЧПУ при помощи эмулятора токарно-фрезерного станка EMCO CONCEPT TURN 155 с ЧПУ и дальнейшей обработке детали на станке.

### **Оборудование, инструмент, заготовки**

Оборудование: токарно-фрезерном станка EMCO CONCEPT TURN 155, эмулятор токарно-фрезерного станка EMCO CONCEPT TURN 155 с ЧПУ (FANUC 21F, SIEMENS SINUMERIC 820/840D, HEIDENHAIN TNT 230).

Приспособления: трехкулачковый патрон, центр задний.

Инструмент: режущий – резцы проходные, отрезные, фасонные; фрезы; сверла; измерительный – штангенциркуль, микрометр.

Заготовки: вал Ø35 – 50 мм, материал – Сталь 45.

### **Порядок выполнения работы**

1. Изучить основы обработки на станках с ЧПУ.

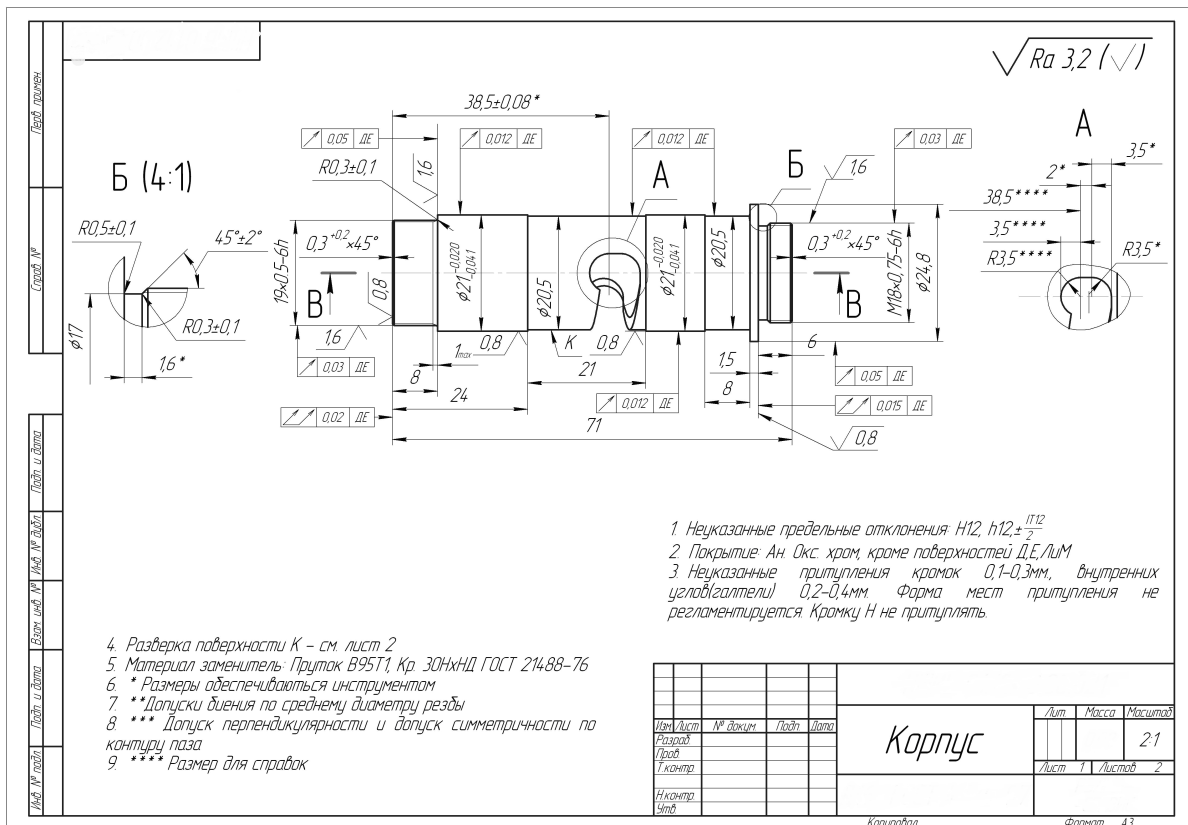


Рис. 8.1. Чертеж детали «Корпус»

2. Самостоятельно запрограммировать обработку детали (для своего варианта по заданию преподавателя). В данной работе представлен пример по детали «Корпус».

По рабочему чертежу детали рис. 8.1. и техническим требованиям предъявляемым к детали строим в системе PRO – ENGINEER 3D модель данной детали рис. 8.2.

Проведя анализ чертежа детали и технических требований для заданной детали составляем управляющую программу обработки детали на токарно-фрезерном станка EMCO CONCEPT TURN 155 с ЧПУ.

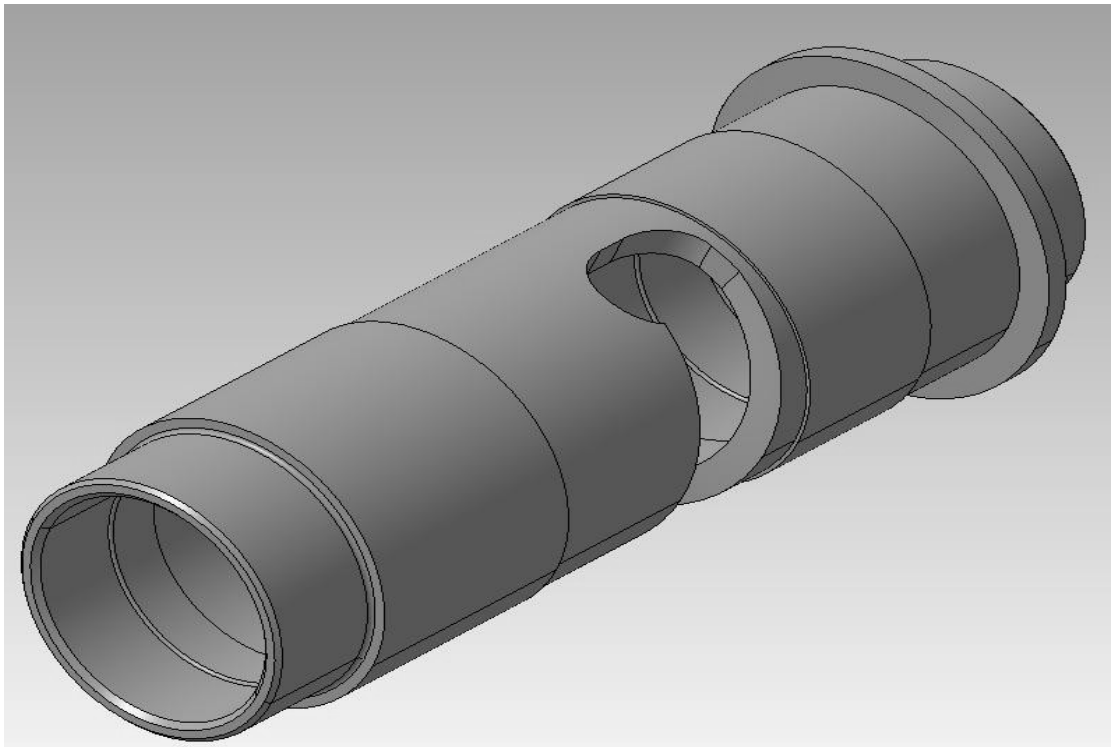


Рис. 8.2. 3D модель детали «Корпус»

Рабочая программа обработки детали «Корпус»:

```
G90 G54
G0 X50 Z150
T11 D1
M4 S2000
G0 X50 Z150
G0 X32 Z0
G1 X12 F0.05
G0 X50 Z150
M5
T8 D1
G0 X50 Z50
M3 S1200
G0 X12 Z2
CYCLE95("KONT2_1",0.5,0.07,0.07,0,0.1,0.1,0.05,11,0,0,0)
CYCLE95("KONT2_1",0.8,0.07,0.07,0,0.1,0.1,0.05,7,0,0,0)
CYCLE95("KONT2_1",0.8,0.07,0.07,0,0.1,0.1,0.05,7,0,0,0)
G0 X50 Z50
T1 D1
G0 X50 Z50
G0 X12 Z2
CYCLE95("KONT2",0.5,0.05,0.05,0,0.1,0.05,0.05,7,0,0,0)
CYCLE95("KONT2",0.5,0.05,0.05,0,0.1,0.05,0.05,7,0,0,0)
CYCLE95("KONT2",0.5,0.05,0.05,0,0.1,0.05,0.05,7,0,0,0)
```

G0 X50 Z50  
 M5  
 G0 X50 Z50  
 T11 D1  
 G0 X50 Z150  
 M4 S2000  
 G0 X32 Z3  
 CYCLE95("KONT1",1.3,0,0,0.05,0.1,0.05,0.05,9,0,0,0)  
 G0 X50 Z150  
 M5  
 T10 D1  
 G0 X50 Z150  
 M3 S1200  
 G0 X22 Z-24  
 G1 X21 F0.05  
 G1 X20.5 F0.025  
 G1 Z-43.1  
 G1 X20.8 F0.05  
 G1 X22 F0.1  
 G0 X22 Z-55.5  
 G1 X21 F0.1  
 G1 X20.5 F0.025  
 G1 Z-61.6  
 G1 X22 F0.1  
 G0 X27  
 G0 X30  
 G0 X50 Z150  
 M5  
 G0 X50 Z150  
 T3 D1  
 G0 X50 Z100  
 M3 S700  
 G0 X19 Z2  
 CYCLE97(0.5,,1,-7,18.92,18.92,0,0,0.306,0.05,0,0,6,4,1,1,0)  
 G0 X50 Z150  
 T6 D1  
 G0 X17 Z100  
 M3 S700  
 G0 X17 Z2  
 CYCLE97(0.5,,1,-5,16.48,16.48,0,0,0.306,0,0,0,6,3,4,1,0)  
 G0 X50 Z100  
 M5  
 SPOS=0  
 G0 C0  
 G0 X50 Z100  
 T5 D1

SETMS(2)  
G0 X50  
G0 X27 Z-38.5  
M3 S1500  
G1 X21 F0.2  
G1 X20.5 F0.005  
G1 X20.5 Z-40.5  
G1 X19.5 Z-38.5  
G1 X18.5 Z-40.5  
G1 X17.5 Z-38.5  
G1 X16.5 Z-40.5  
G1 X15.5 Z-38.5  
G1 X14 F0.005  
G1 Z-40.5 F0.025  
G1 C-12 F0.15  
G1 C-123 Z-35.5 F0.1  
G1 C-135 F0.15  
G1 Z-35.6 F0.025  
G1 C-123 F0.3  
G1 C-12 Z-40.6 F0.3  
G1 C0.1 F0.3  
G1 Z-38.5 F0.05  
G1 X27 F0.3  
M5  
G0 X50 Z100  
SETMS(1)  
M5  
G90 G54  
G0 X50 Z100  
T10 D1  
M3 S1200  
G0 X27 Z150  
G0 X27 Z-65  
G1 X18 F0.02  
G0 X25.5  
G0 Z-66  
G1 X18 F0.05  
G0 X25.5  
G0 Z-67  
G1 X18 F0.05  
G0 X25.5  
G0 Z-68  
G1 X18 F0.05  
G0 X25.5  
G0 Z-69  
G1 X18 F0.05

G0 X25.5  
G0 Z-70  
G1 X18 F0.05  
G0 X25.5  
G0 Z-71  
G1 X18 F0.05  
G0 X25.5  
G0 Z-72  
G1 X18 F0.05  
G0 X25.5  
G0 Z-73  
G1 X18 F0.05  
G0 X25.5  
G0 Z-74  
G1 X18 F0.05  
G0 X25.5  
G0 Z-75  
G1 X18 F0.05  
G0 X25.5  
G0 Z-76  
G1 X18 F0.05  
G0 X25.5  
G0 Z-77  
G1 X18 F0.05  
G0 X25.5  
G0 Z-78  
G1 X18 F0.05  
G0 X25.5  
G0 Z-79  
G1 X18 F0.05  
G0 X25.5  
G0 Z-80  
G1 X18 F0.05  
G0 X25.5  
G0 Z-81  
G1 X18 F0.05  
G0 X25.5  
G0 Z-82  
G1 X18 F0.05  
G0 X25.5  
G0 Z-83  
G1 X18 F0.05  
G0 X25.5  
G1 X17.82 F0.05  
G1 Z-65  
G1 X24.6

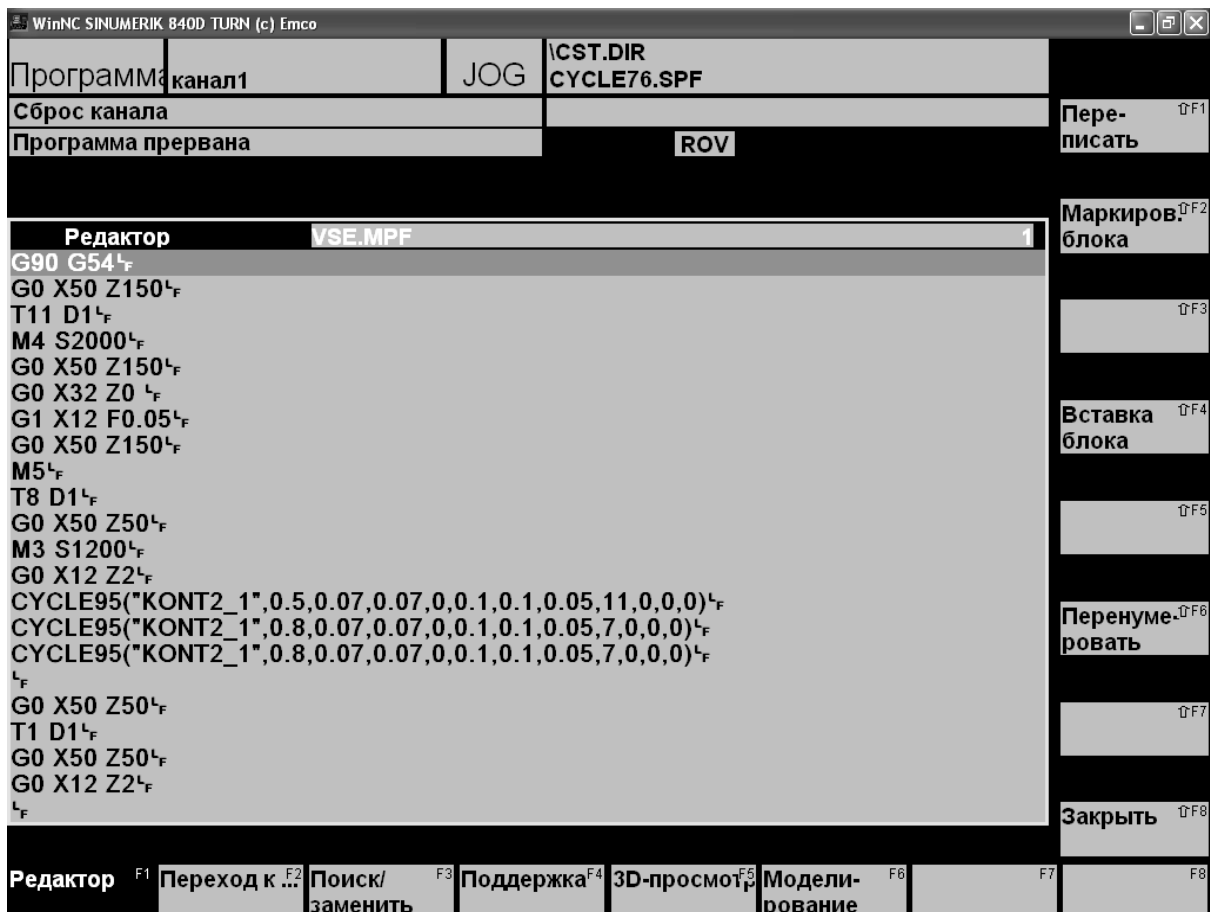


G2 X24.8 Z-64.9 CR0.1  
G1 X25  
G0 X30 Z-65  
G0 X50 Z150  
M5  
G0 X50 Z150  
T3 D1  
M3 S700  
G0 X50 Z150  
G0 X35 Z-66  
G0 X19  
CYCLE97(0.75,,-66,-72,17.9,17.9,0,0,0.46,0.02,0,0,4,3,1,1,0)  
G0 X30  
G0 X50 Z150  
M5  
G0 X50 Z150  
T10 D1  
G0 X50 Z150  
M3 S1200  
G0 X27 Z-71  
G0 X18.5  
G1 X16.5 F0.02  
G1 X18 Z-70.25 F0.02  
G1 Z-71 F0.1  
G1 X13.5 F0.05  
G0 X30  
G0 X50 Z150  
M30

Сохраняем полученную управляющую программу в памяти. В дальнейшем управляющую программу можно загружать из памяти.

3. После завершения создания управляющей программы обработки детали «Корпус» проверяем работоспособность управляющей программы (перед запуском на станке), используя возможности эмулятора токарно – фрезерного станка.

3.1. Открываем сохраненную управляющую программу обработки детали «Корпус» и выбираем из меню команду «Моделирование».



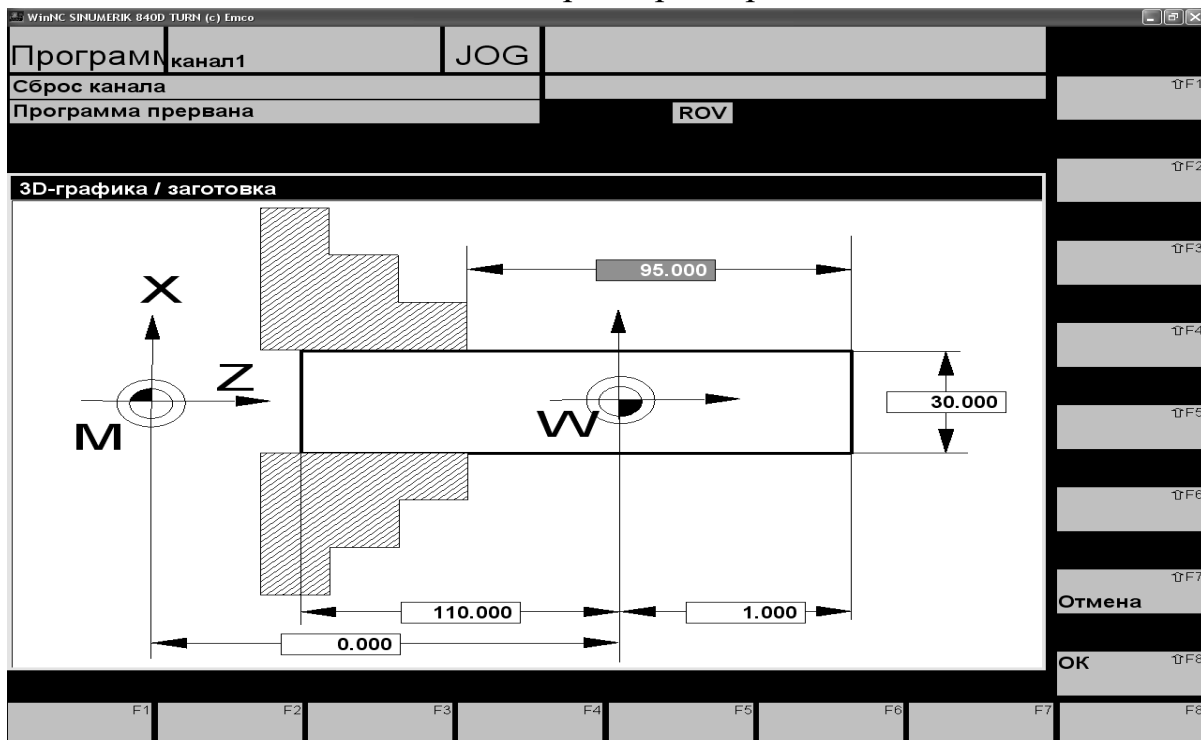
3.2. Нажав F7 (Отдельный кадр) выполняем просмотр траектории движения пошагово для каждого отдельного инструмента.



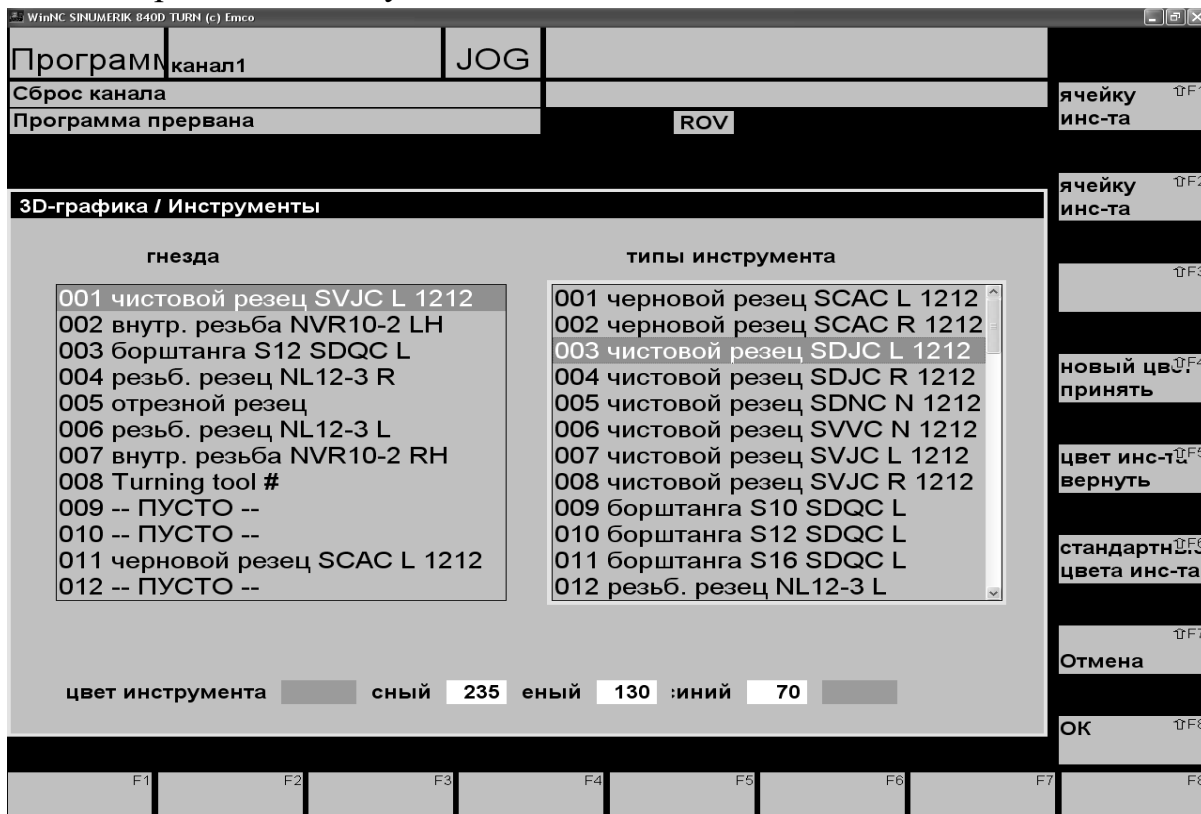
3.3. Нажимаем F1 и возвращаемся в «Редактор».

3.4. Нажимаем F5 «3D-просмотр».

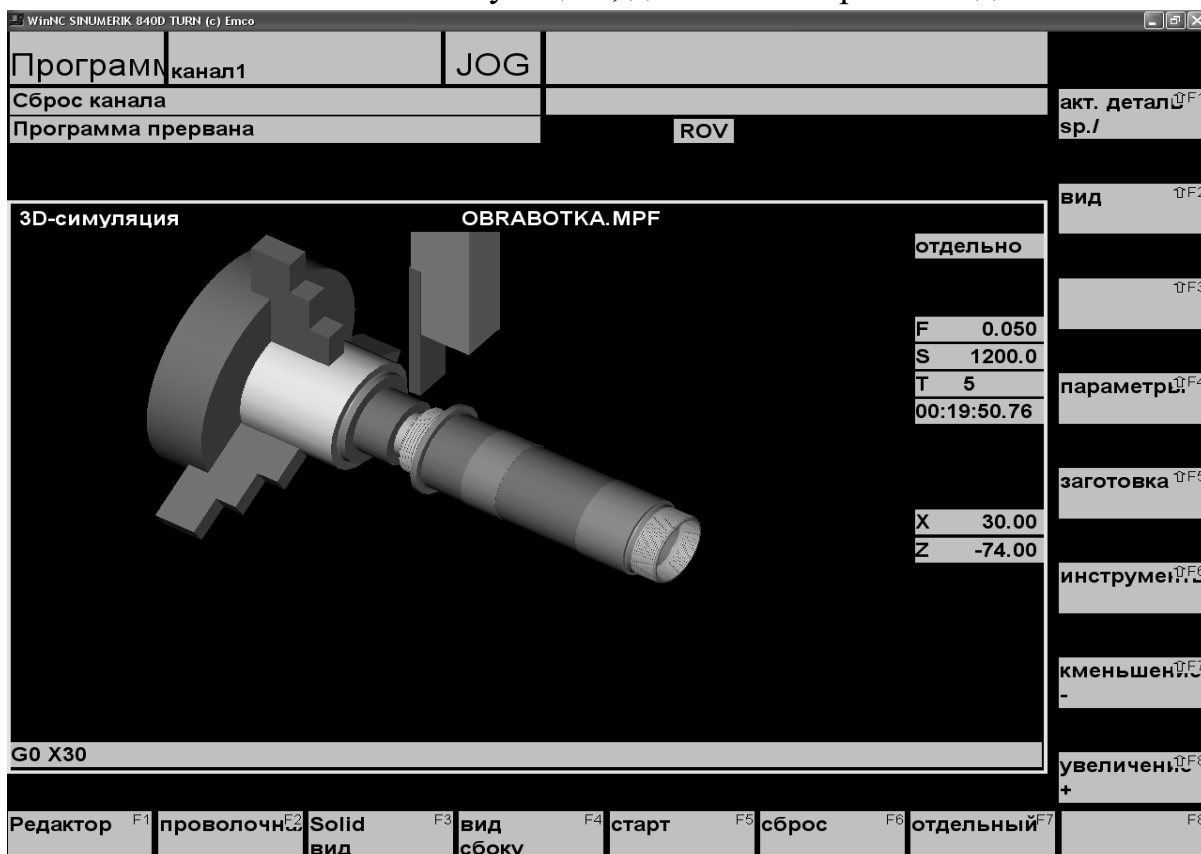
3.5. Задаем все необходимые параметры обрабатываемой заготовки.



3.6. Выбираем нужный тип инструмента и гнездо в револьверной головке в которое хотим его установить.



### 3.7. Выполняем 3D – симуляцию, до полной обработки детали.



3.8. После окончания моделирования возвращаемся в «Редактор» нажав F1.

4. Устранить выявленные недочеты (если таковые имеются).
5. Выполнить обработку данной детали на токарно-фрезерном станке EMCO CONCEPT TURN 155.

Перед началом обработки выполнить установку заготовки, необходимый для обработки детали инструмент.

Перенести в станок разработанную и отработанную управляющую программу обработки детали.

6. Выполнить измерение полученной детали.
7. По результатам работы сделать вывод.

## Отчет о работе

Отчет о работе должен содержать:

1. Наименование, цель, содержание работы, используемое оборудование.
2. Эскиз общего вида токарно-фрезерного станка EMCO CONCEPT TURN 155 с ЧПУ, с указанием основных узлов станка.
3. Чертеж детали.
4. Изображение детали в 3D.

5. Программу обработки детали на токарно-фрезерном станка EMCO CONCEPT TURN 155 с ЧПУ.

### **Контрольные вопросы**

1. Какими принципами необходимо руководствоваться при построении маршрута обработки деталей на станках с ЧПУ;
2. Приспособления применяемые на токарном станке с ЧПУ;
3. Какая часть заготовки первоначально обрабатывается при точении заготовок типа тел вращения;
4. Какие инструменты применяются при обработке тел вращения;
5. Что необходимо соблюдать для уменьшения погрешности базирования и закрепления.

## Практическая работа №9

### ФРЕЗЕРНАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Цель работы: Изучить основы фрезерной обработки деталей машин и основы создания управляющих программ и технологии обработки для 5 – и осевого станке с ЧПУ модели Quaser M204CU. Получить знания и навыки по программированию обработки деталей на 5 – и осевых станках, оснащенных системой ЧПУ.

#### Теоретические положения

Технология обработки на фрезерных станках с ЧПУ имеет свои особенности. Они определяются тем, что благодаря автоматическому управлению, позволяющему перемещать инструмент в рабочей зоне станка по любой траектории, появляются возможности при одном закреплении заготовки на станке обработать большее количество различных поверхностей. При этом на ряде станков могут быть использованы различные способы обработки: фрезерование плоскостей и криволинейных поверхностей, включая отверстия и наружные цилиндрические поверхности; сверление, зенкерование и развертывание отверстий; растачивание точных отверстий; точение наружных цилиндрических поверхностей. В ряде случаев на фрезерных станках с ЧПУ применяются специфические приемы обработки поверхностей.

Важным свойством фрезерных станков с ЧПУ является возможность обработки на них сложных фасонных поверхностей. Особенно широкими возможностями в этом плане обладают 5 – и осевые фрезерные станки с ЧПУ. На таких станках кроме основных координат перемещений инструмента относительно заготовки можно осуществлять поворот заготовки вокруг некоторой оси. Если в качестве пятой координаты использовать изменение угла наклона оси шпинделя станка, то при одном закреплении заготовки могут быть обработаны также переходные поверхности (галтели) малых радиусов.

Последовательность пооперационного проектирования технологического процесса обработки на фрезерных станках с ЧПУ аналогична таковой на токарных станках, однако из – за особенностей обработки содержание отдельных этапов проектирования существенно изменяется. К таким особенностям относят конфигурацию обрабатываемых



Рис. 9.1. Общий вид фрезерного станка модели Quaser M204CU с ЧПУ

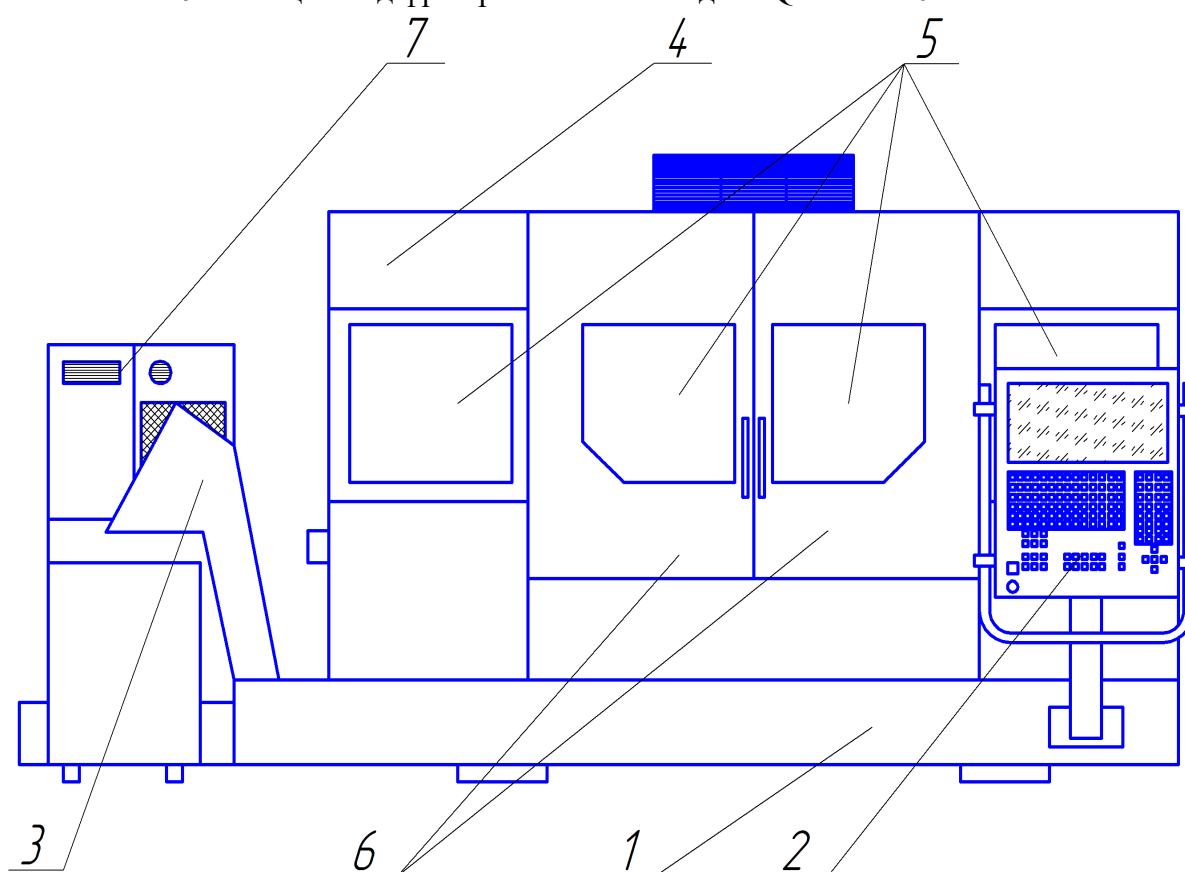


Рис. 9.2. Основные узлы фрезерного станка модели Quaser M204CU с ЧПУ  
 1 – основание станка; 2 – стойка ЧПУ; 3 – транспортер для уборки стружки;  
 4 – облицовочные панели; 5 – смотровые окна; 6 – двери доступа в рабочую зону;  
 7 – насосная станция.

заготовок, использование многолезвийного инструмента, характер обработки, управление по 3 –м или 5 - координатам при фасонной обработке сложных поверхностей.

Наиболее распространенным режущим инструментом, применяемым для обработки на фрезерных станках с ЧПУ, являются различные типы концевых фрез.

Число и последовательность технологических переходов при фрезеровании на станках с ЧПУ зависят от количества и конфигурации поверхностей и отдельных зон, обрабатываемых на данной операции, от требований к точности обработки и шероховатости поверхностей.

Наиболее сложной задачей при проектировании обработки на фрезерных станках с ЧПУ является определение рациональной траектории рабочих перемещений при фрезеровании каждой конкретной зоны поверхности.

### **Содержание работы**

Работа заключается в ознакомлении с компоновкой 5 – и осевого станка оснащенного системой ЧПУ модели Quaser M204CU, его узлами и их назначении; написании технологического процесса (управляющей программы) для обработки детали (по заданию преподавателя); выборе инструмента для обработки детали; имитации обработки детали; обработка детали на станке.

### **Оборудование, инструмент, заготовки**

Оборудование: 5 - и осевой станок с ЧПУ модели Quaser M204CU, компьютер.

Приспособление: тиски фрезерные.

Инструмент: режущий - фрезы, сверла, метчики необходимые для обработки заданной детали фирм: Sandvik, Garant, Dormer, Mitsubisi; измерительный – штангенциркуль, головка Reneshaw (головка Ренешоу).

Заготовки: призматические сечением  $60\frac{3}{2}70$ . Длина заготовки 100 мм.  
Материал: сталь 45.

### **Порядок выполнения работы**

Выполнение практической работы показано на примере обработки детали «Корпус» представленной на рис. 9.3. Для выполнения практической работы необходимо получить индивидуальное задание у преподавателя.



1. **Выслушать** пояснение мастера об устройстве 5 - и осевого станка с ЧПУ модели Quaser M204CU: его компоновке, узлах, их назначении, его управлении.

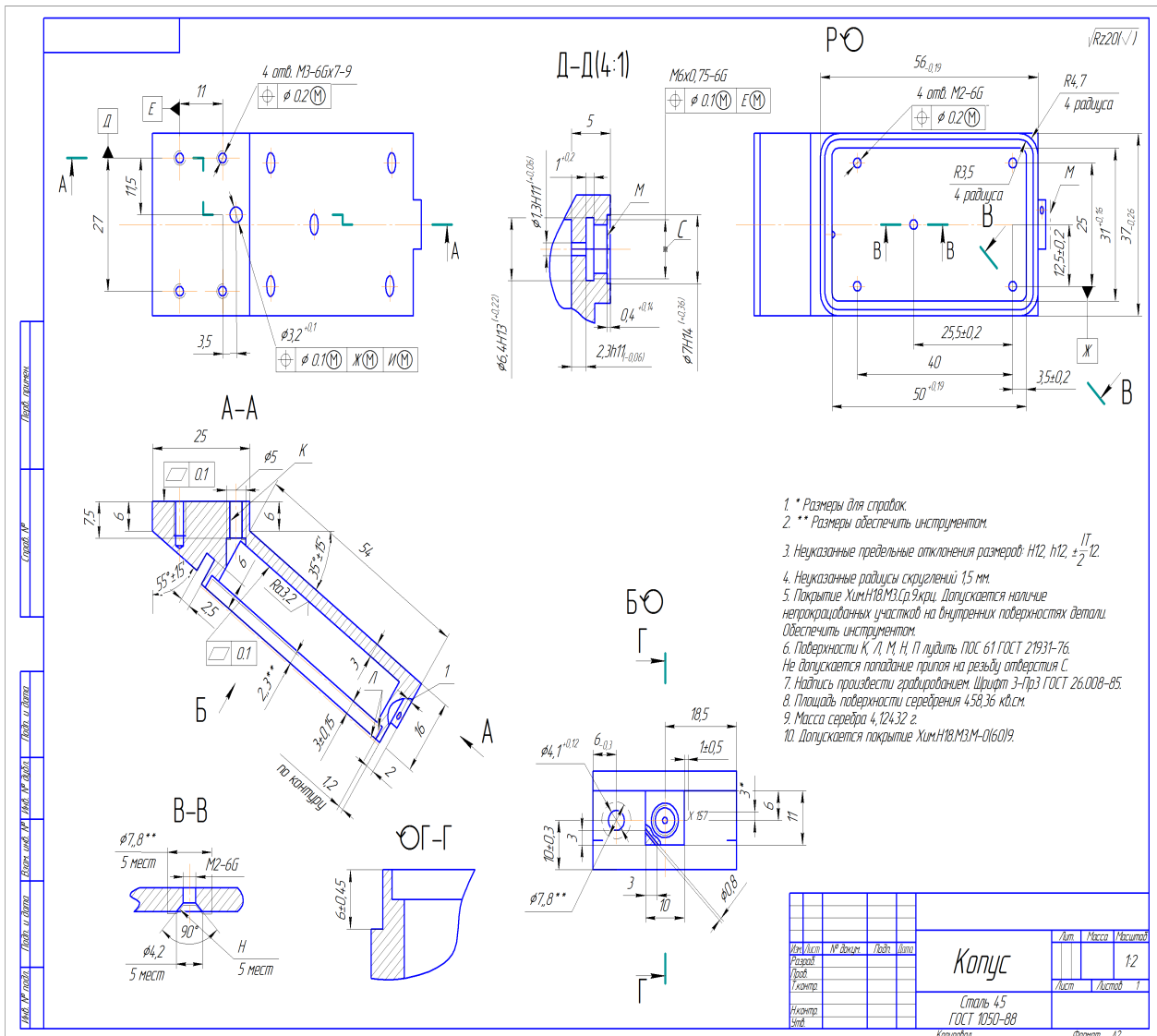
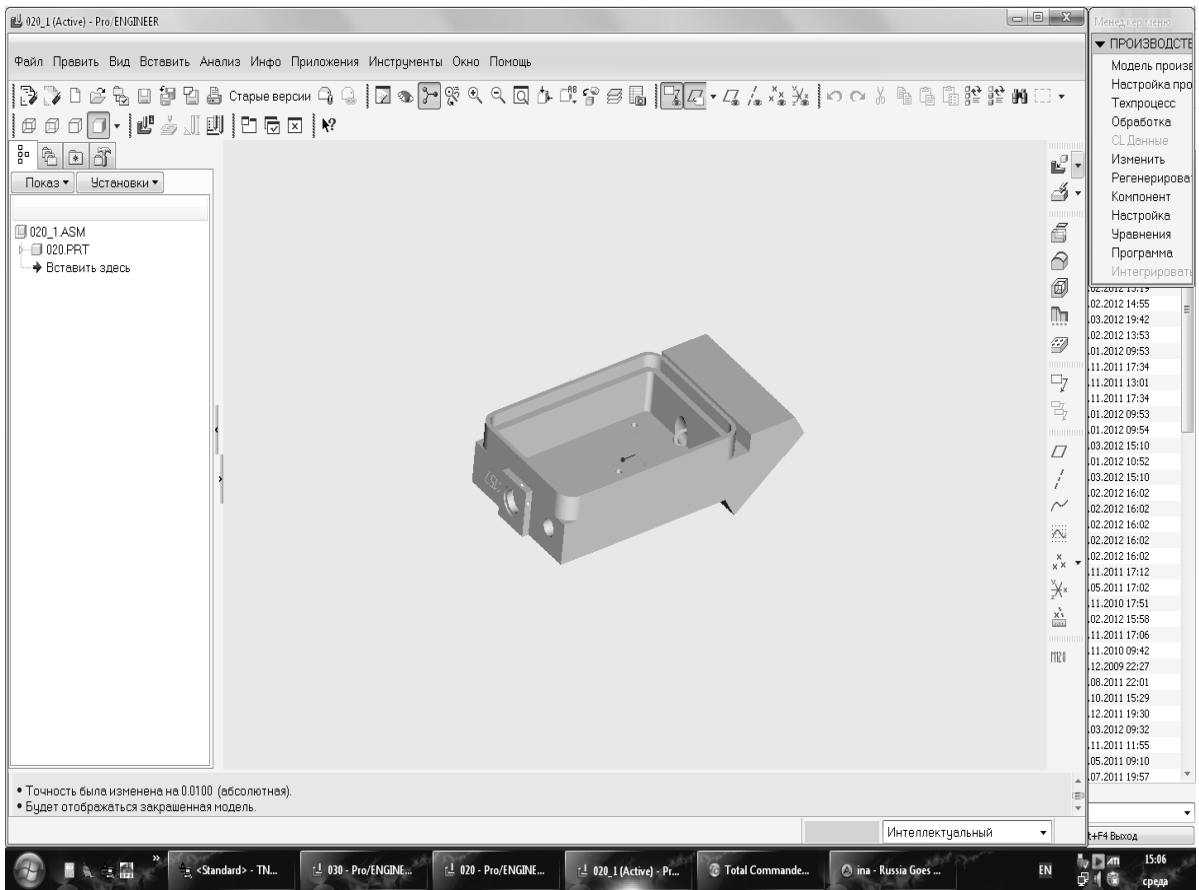
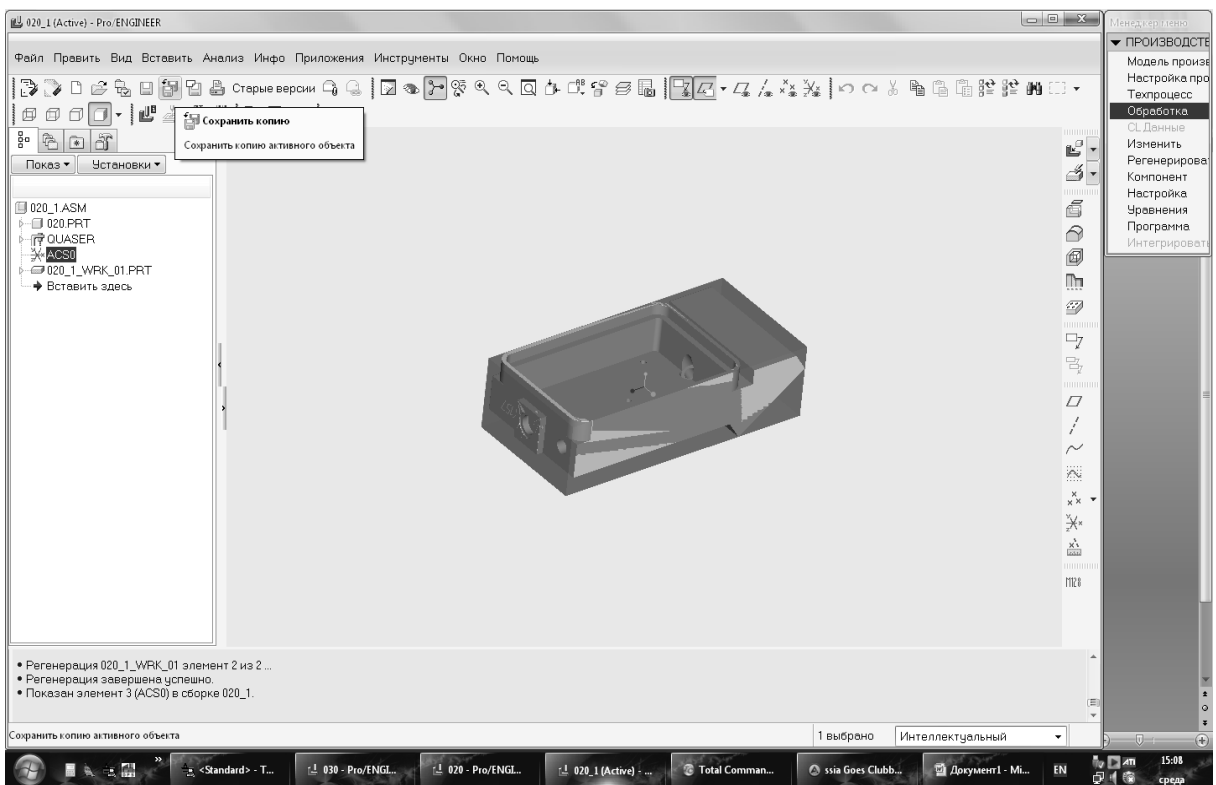


Рис. 9.3. Чертеж детали «Корпус».

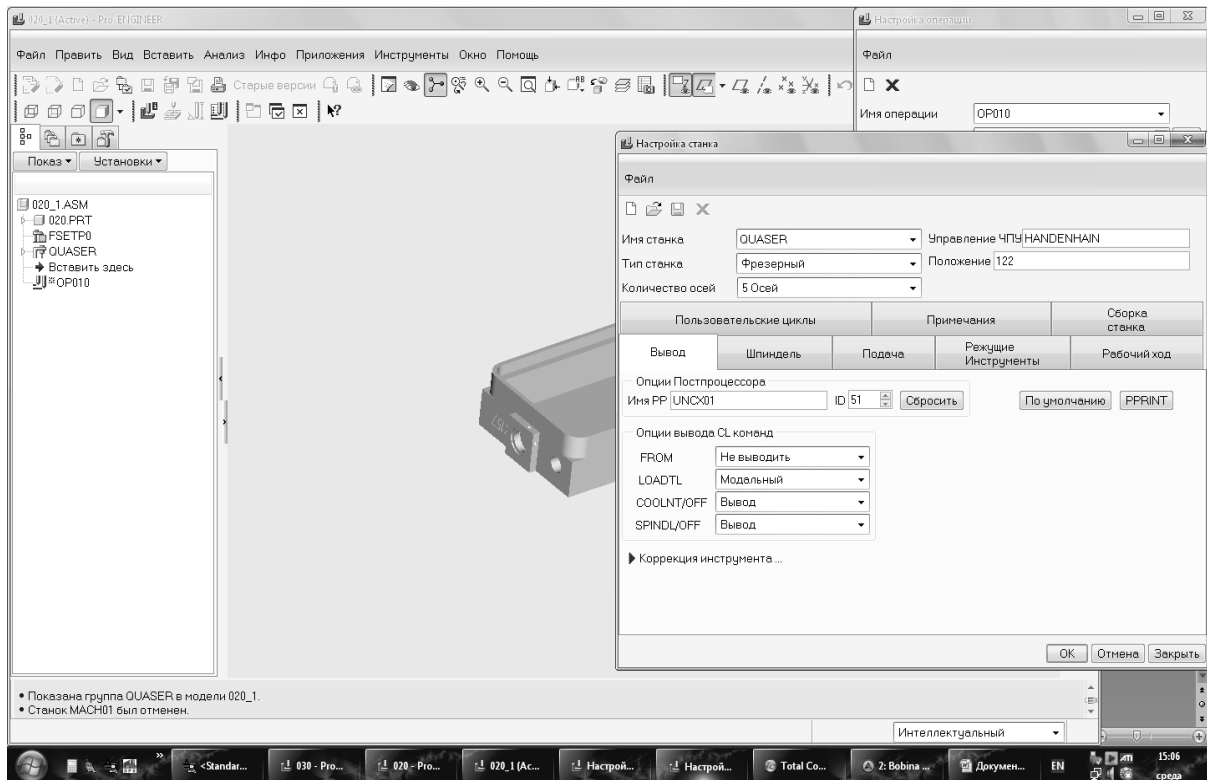
2. Вычерчиваем «Корпус» с помощью Pro/ENGINEER в 3D.



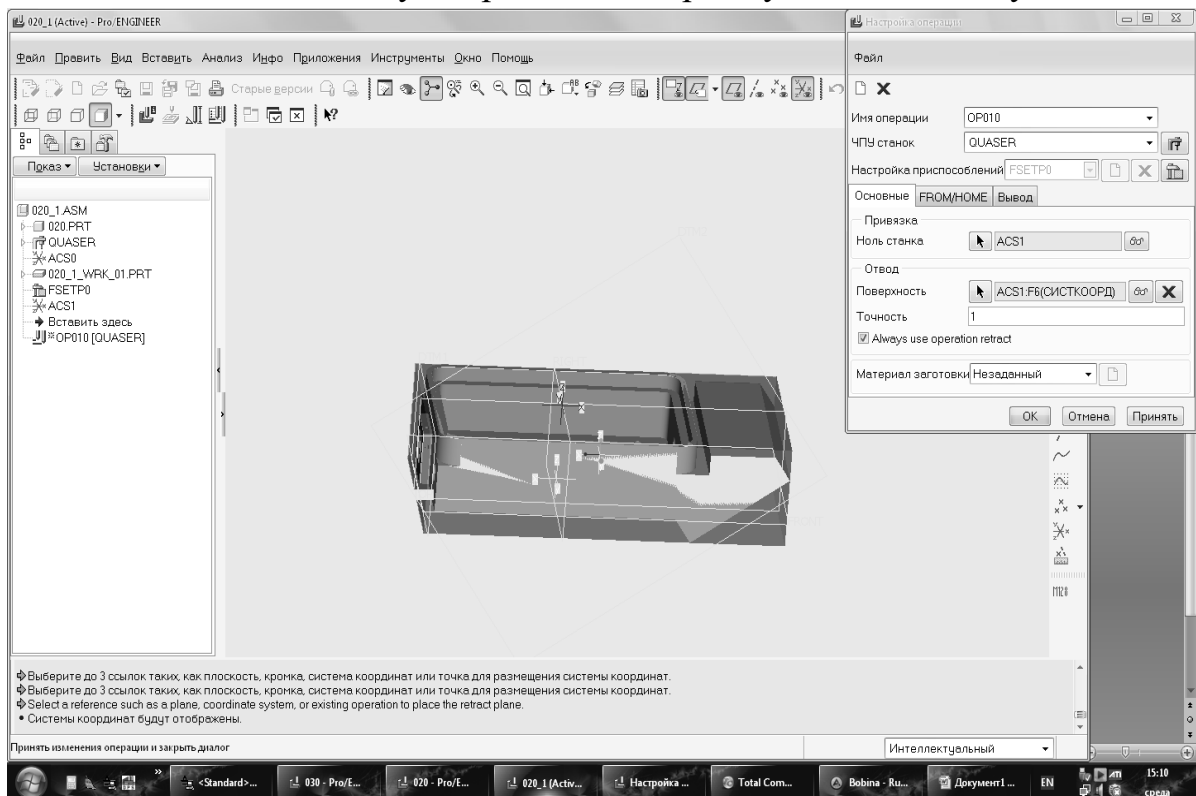
### 3. Создаем заготовку для детали «Корпус».



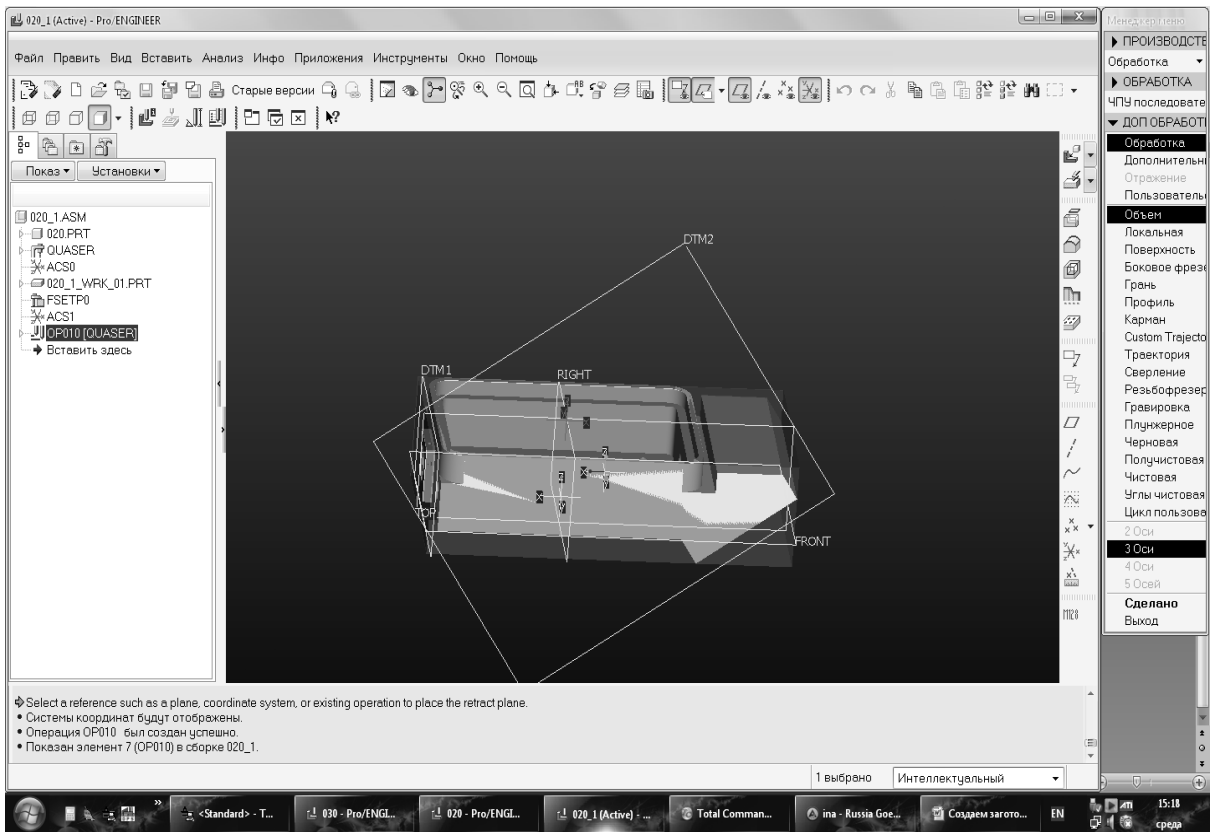
4. Задаем настройки станка, где указываем на каком станке будем работать. В нашем случае 5 – и осевой станок с ЧПУ Quaser MV204CU.



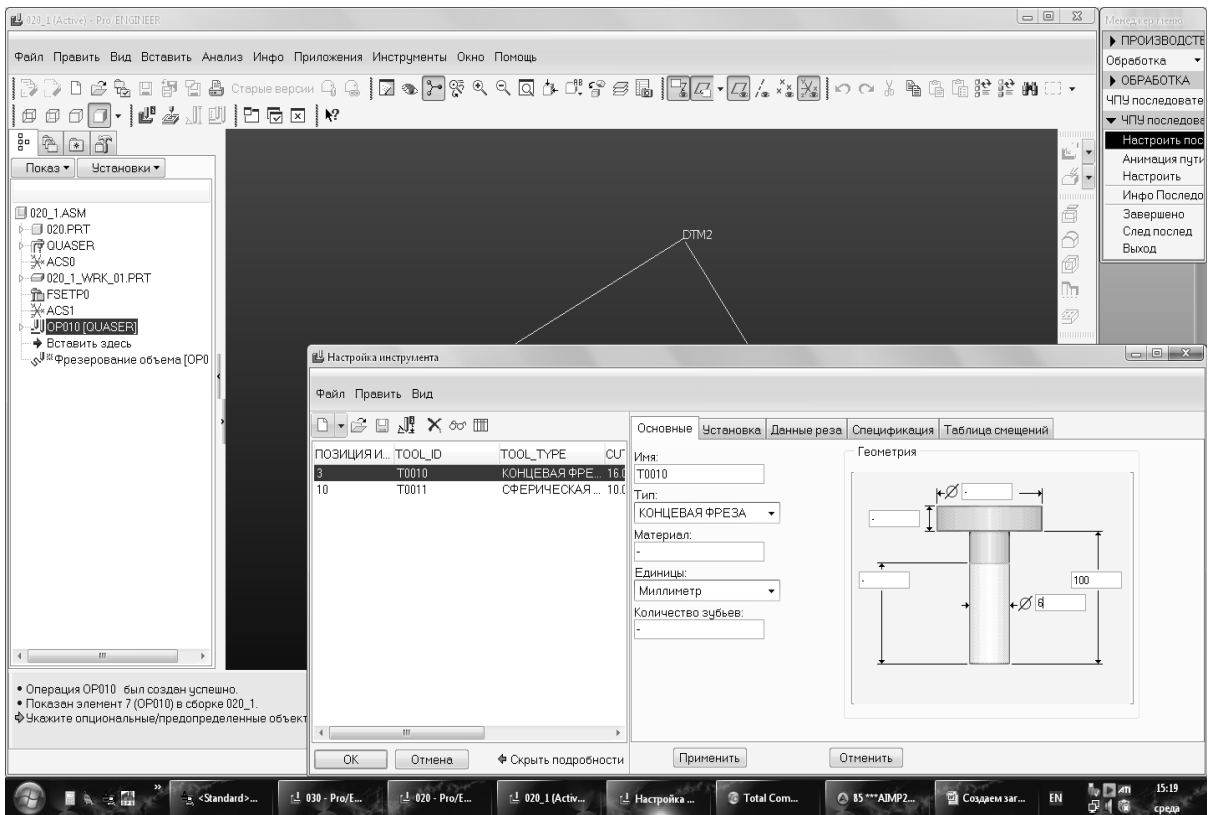
5. Указываем систему координат, которая будет являться нулем станка.



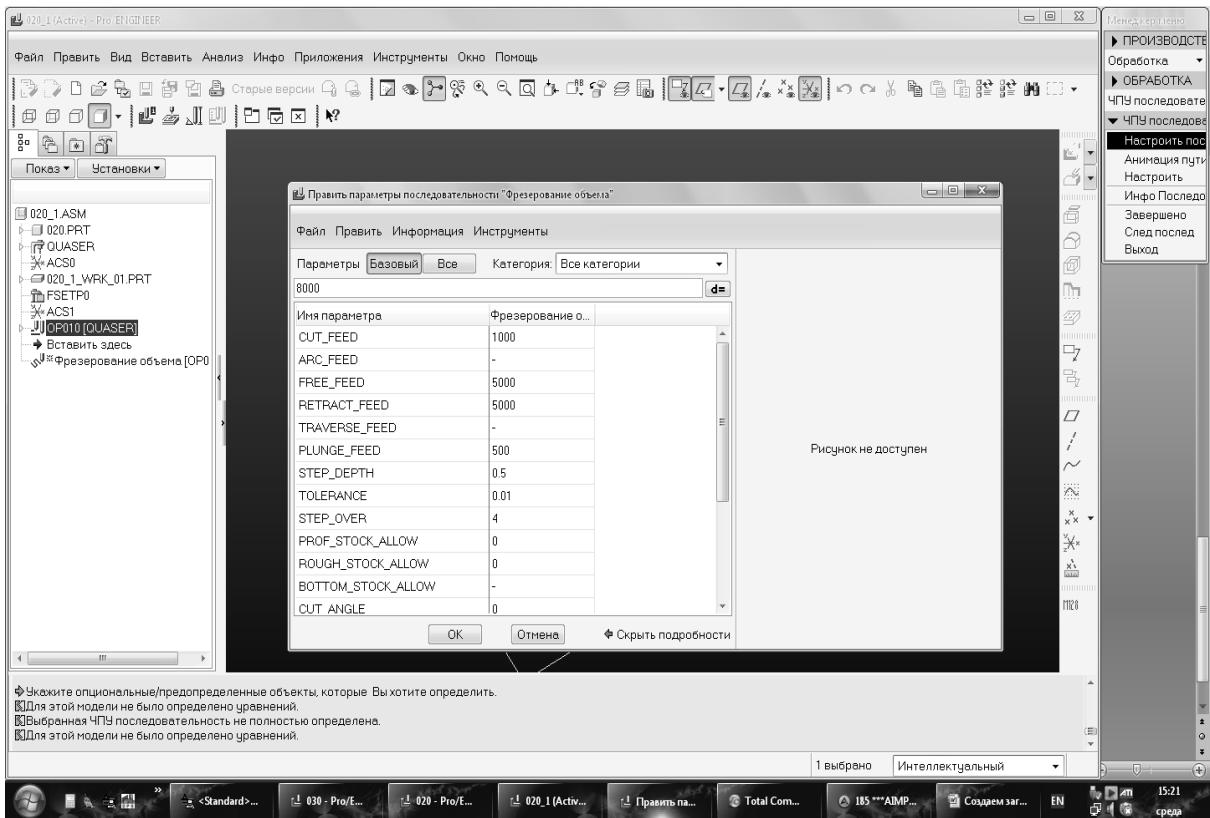
6. Выбираем тип обработки. В данном случае объем по 3-м осям.



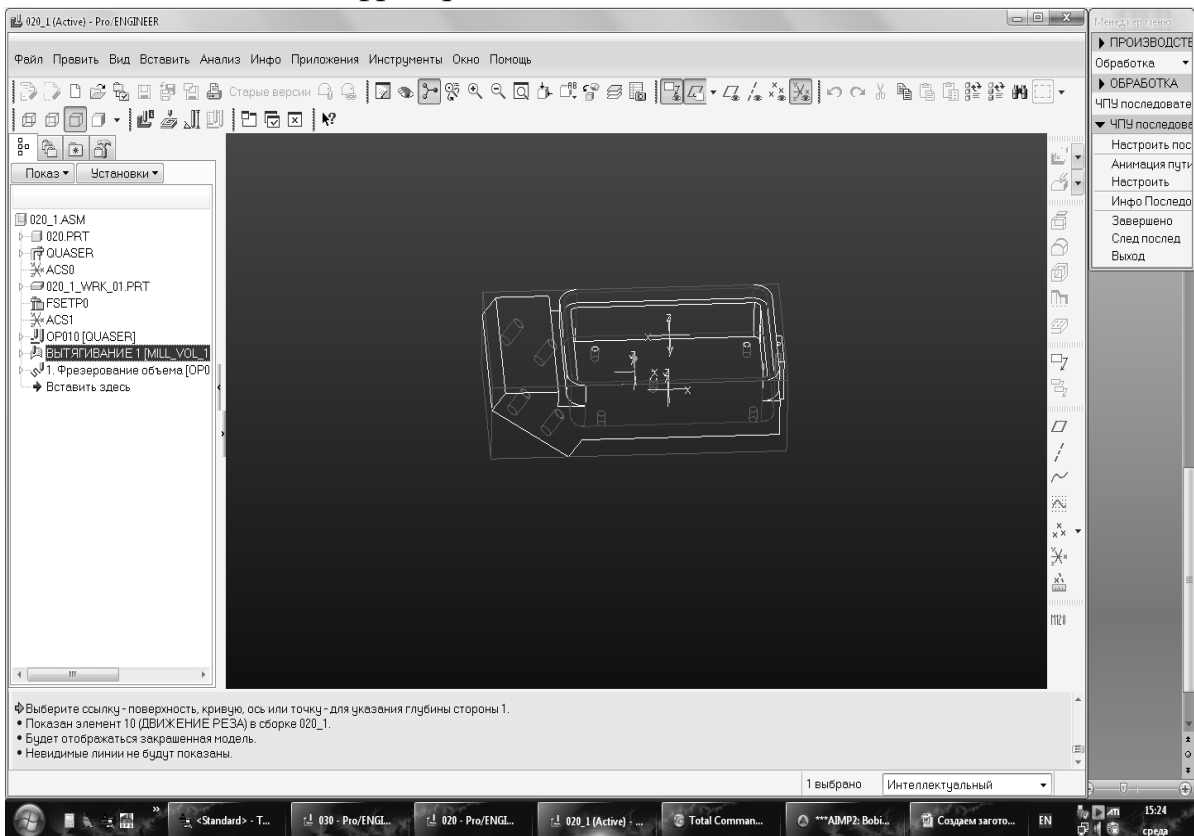
7. По каталогам подбираем инструмент необходимый для обработки детали.



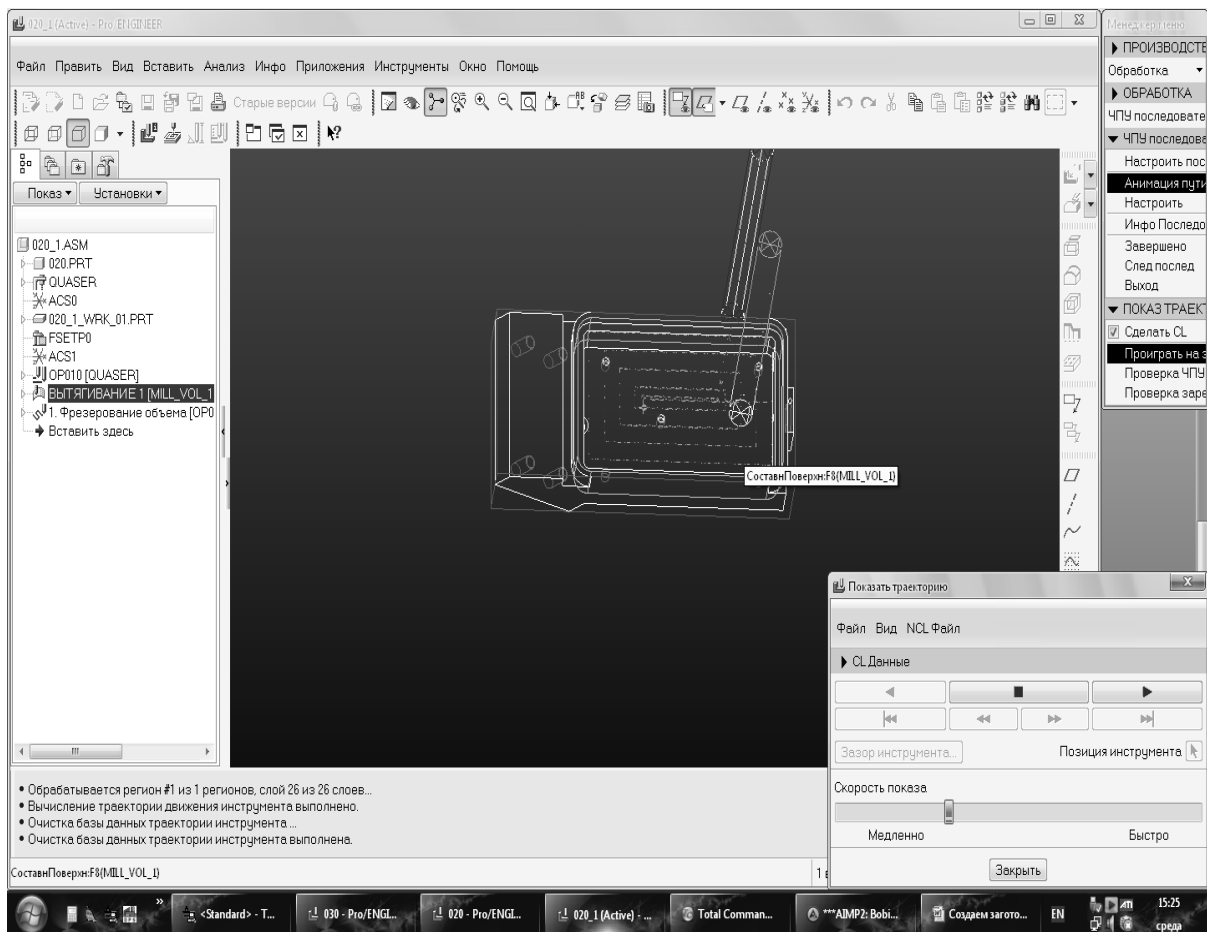
8. Задаем режимы резания: скорость, глубина, обороты шпинделя.



## 9. Создаем объем фрезерования.



## 10. Проигрываем траекторию движения инструмента.



11. Убедившись, что при имитации обработка происходит без зарезов детали, создаем управляющую программу для фрезерования объема детали «Корпус».

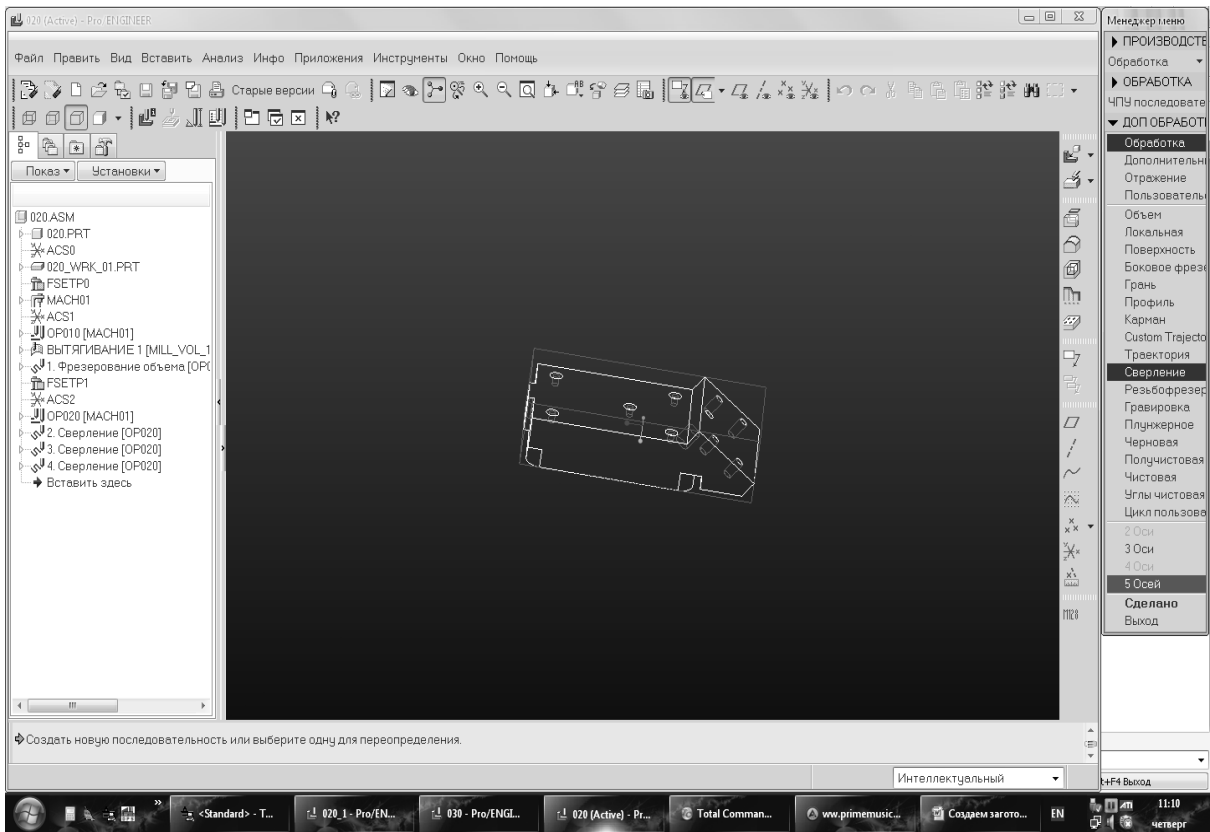
```

%SEQ0001 G71
N5 G17 S8000 T3
N6 G90 G40
N7 G0 G80 A0. C0.
N8 G0 G80
N9 M91 Z+0 F5000
N10 M91 X+0 Y+0 F5000
N11 M126
N12 M129
N13 ;G62 T0.02 P01 0
P02 5
N14 M3
N15 G1 X-11.3 Y1.8 Z50.
F5000
N16 Z1.
N17 Z-4. F500
N18 Y-1.8 F1000
N19 X11.3
N20 Y1.8
N21 X-13.8
N61 Y-13.8
N62 G3 X-23.3 Y-14.3
R.5
N63 G1 X23.3
N22 Y-4.3
N23 X13.8
N24 Y4.3
N25 X-13.8
N26 Y1.8
N27 X-18.8
N28 Y-9.3
N29 X18.8
N30 Y9.3
N31 X-18.8
N32 Y1.8
N33 X-23.8
N34 Y-13.8
N35 G3 X-23.3 Y-14.3
R.5
N36 G1 X23.3
N37 G3 X23.8 Y-13.8 R.5
N38 G1 Y13.8
N39 G3 X23.3 Y14.3 R.5
N40 G1 X-23.3
N110 X-18.8
N111 Y-9.3
N112 X18.8
N113 Y-1.8
N41 G3 X-23.8 Y13.8 R.5
N42 G1 Y1.8
N43 X-11.3
N44 Z-8. F500
N45 Y-1.8 F1000
N46 X11.3
N47 Y1.8
N48 X-13.8
N49 Y-4.3
N50 X13.8
N51 Y4.3
N52 X-13.8
N53 Y1.8
N54 X-18.8
N55 Y-9.3
N56 X18.8
N57 Y9.3
N58 X-18.8
N59 Y1.8
N60 X-23.8

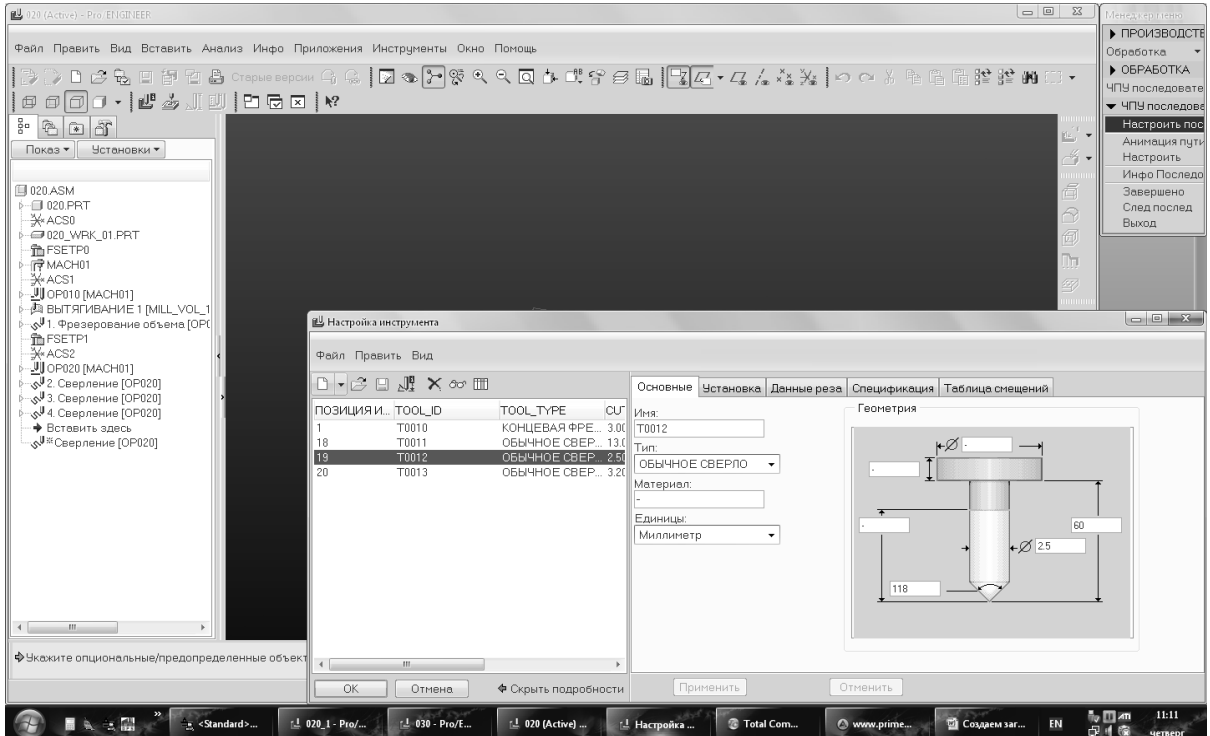
```

N64	G3	X23.8	Y-13.8	R.5	N114	X23.8
N65	G1	Y13.8			N115	Y13.8
N66	G3	X23.3	Y14.3	R.5	N116	G3 X23.3 Y14.3 R.5
N67	G1	X-23.3			N117	G1 X-23.3
N68	G3	X-23.8	Y13.8	R.5	N118	G3 X-23.8 Y13.8
N69	G1	Y1.8				R.5
N70	X-11.3				N119	G1 Y-13.8
N71	Z-12.	F500			N120	G3 X-23.3 Y-14.3
N72	Y-1.8	F1000				R.5
N73	X11.3				N121	G1 X23.3
N74	Y1.8				N122	G3 X23.8 Y-13.8
N75	X-13.8					R.5
N76	Y-4.3				N123	G1 Y-1.8
N77	X13.8				N124	Z50. F5000
N78	Y4.3				N125	M5
N79	X-13.8				N126	M91 Z+0 F5000
N80	Y1.8				N127	M91 X+0 Y+300
N81	X-18.8					F5000
N82	Y-9.3				N128	G0 G80 A0. C0.
N83	X18.8				N129	G0 G80
N84	Y9.3				N130	G1 A0 F5000
N85	X-18.8				N131	C0
N86	Y1.8				N132	M129
N87	X-23.8				N133	M30
N88	Y-13.8					
N89	G3	X-23.3	Y-14.3			
						R.5
N90	G1	X23.3				
N91	G3	X23.8	Y-13.8	R.5		
N92	G1	Y13.8				
N93	G3	X23.3	Y14.3	R.5		
N94	G1	X-23.3				
N95	G3	X-23.8	Y13.8	R.5		
N96	G1	Y1.8				
N97	X11.3	Y-1.8				
N98	Z-13.	F500				
N99	Y1.8	F1000				
N100	X-11.3					
N101	Y-1.8					
N102	X13.8					
N103	Y4.3					
N104	X-13.8					
N105	Y-4.3					
N106	X13.8					
N107	Y-1.8					
N108	X18.8					
N109	Y9.3					

## 12.Создаем операцию сверления в 5 –и осях.

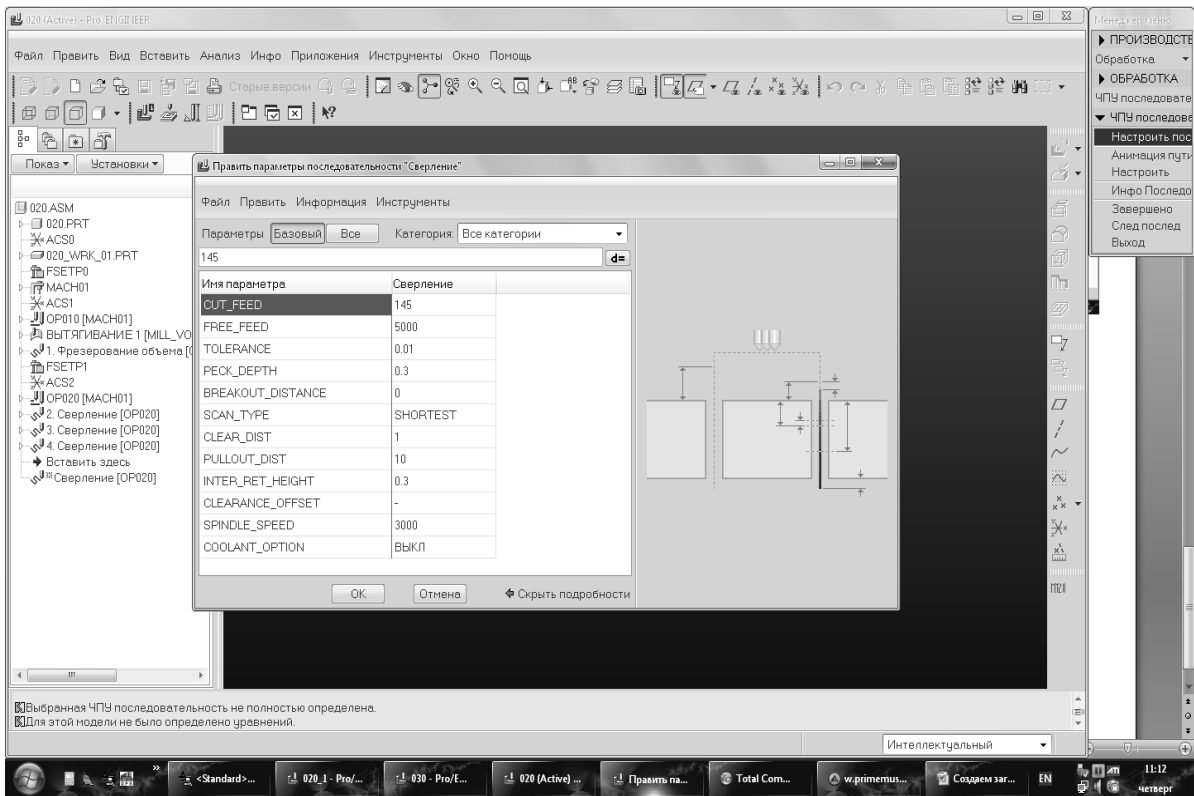


13. Выбираем инструмент для сверления отверстий. Для данной детали выбираем сверло Ø2,5 мм.

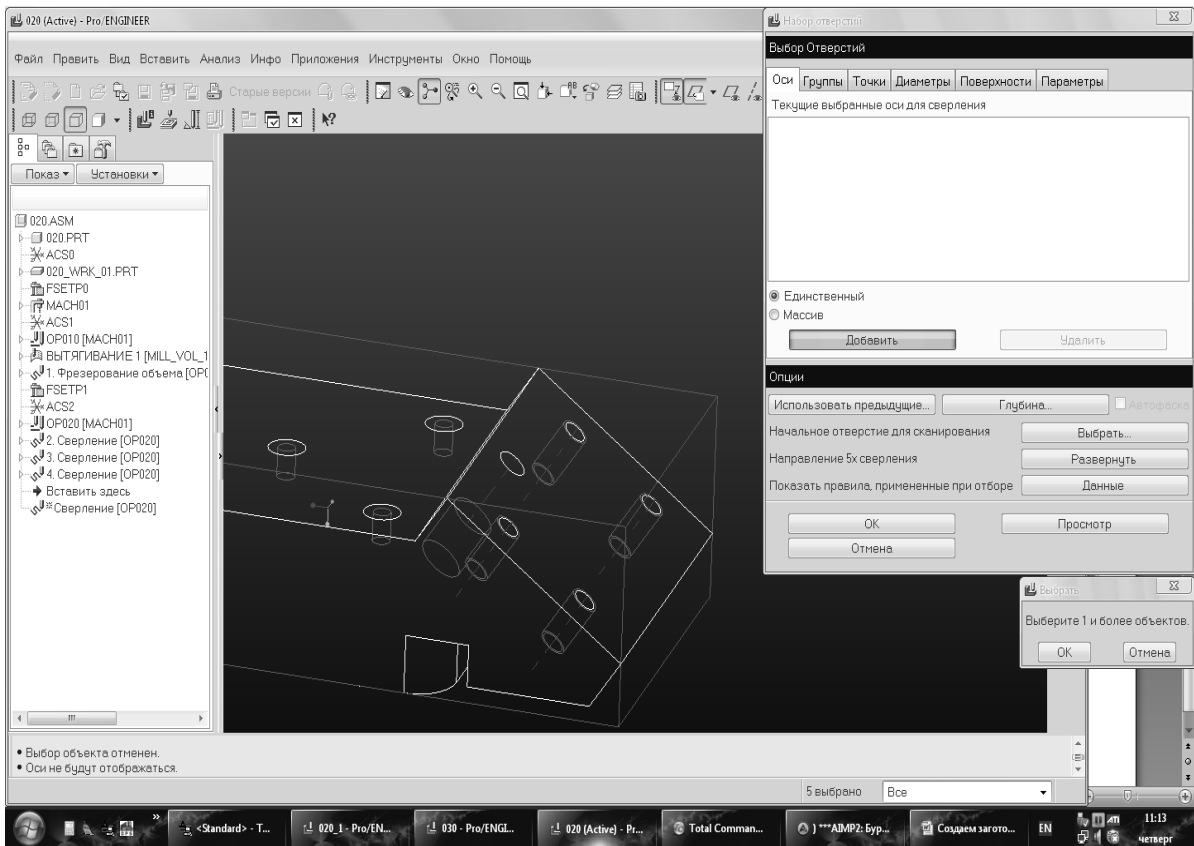


14. Задаем режимы резания.

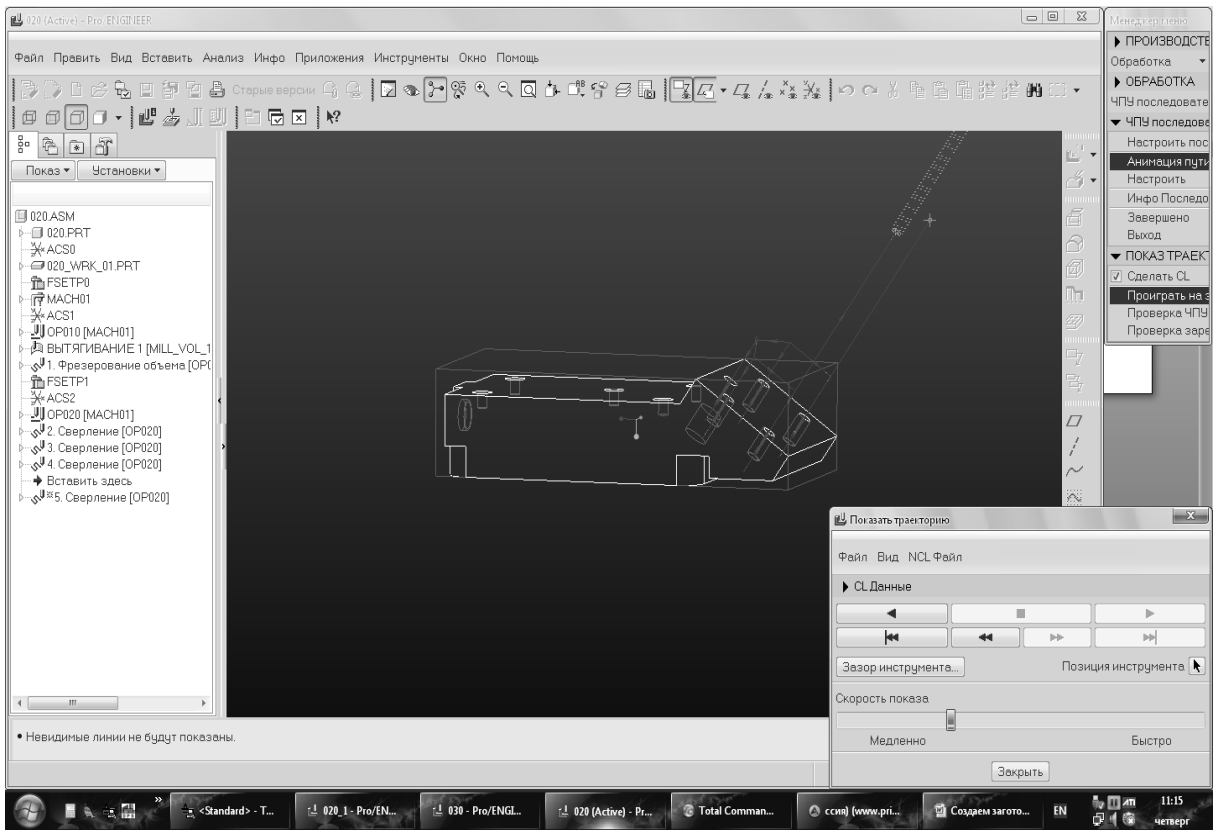




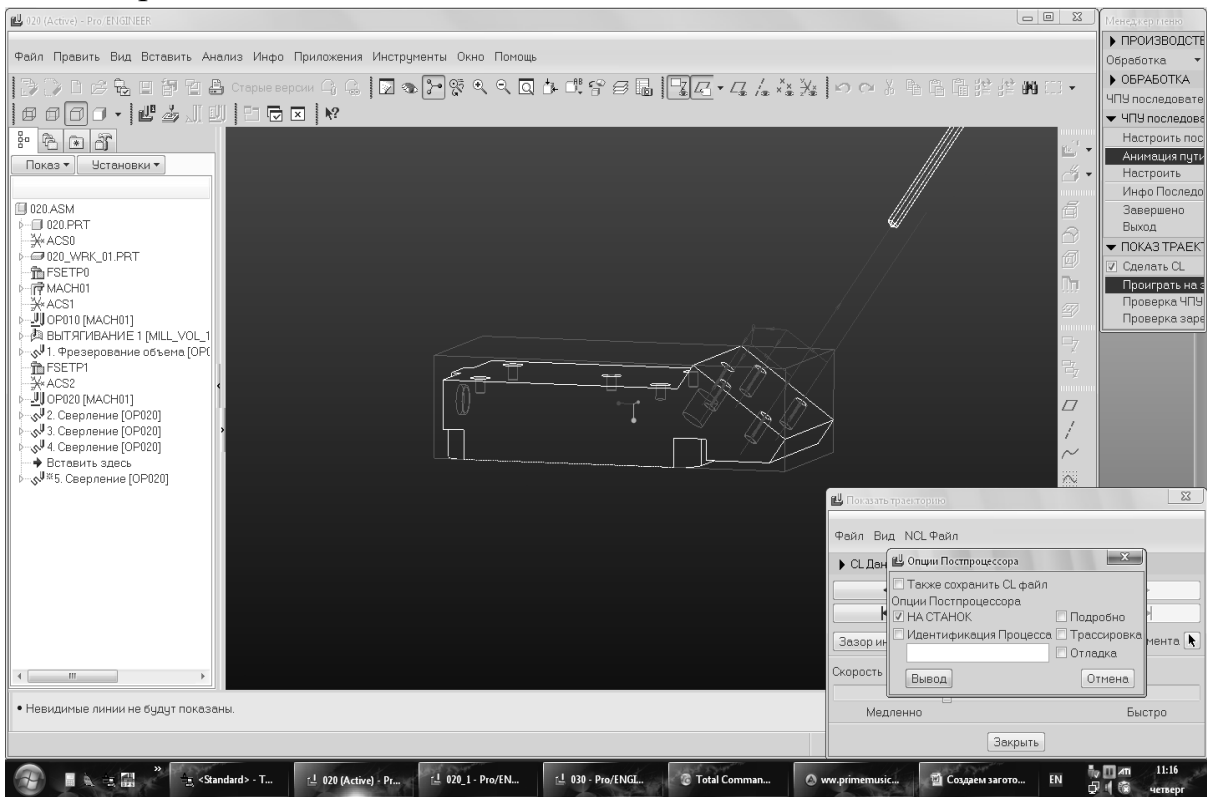
15. Выбираем отверстия, которые будем обрабатывать.



16. Производим имитацию выполнения данной операции.



17. В меню выбираем «Отправить на станок» и программа автоматически переводится в ISO код.



## 18. Пример программы операции сверления в 5 осях.

```
%SEQ0005 G71
N5
N6 G17 S3000 T19
N7 G90 G40
N8 G0 G80 A0. C0.
N9 G0 G80
N10 M91 Z+0 F5000
N11 M91 X+0 Y+0 F5000
N12 M126
N13 ;G62 T0.02 P01 0 P02 5
N14 M3 M128
N15 G1 X-13.5 Y99.781 Z50. A-35. C0. F5000
N16 Y72.76 Z11.41
N17 Y66.594 Z2.604 F145
N18 Y77.922 Z18.782 F5000
N19 Y68.911 Z25.091
N20 Y63.749 Z17.719
N21 Y57.583 Z8.913 F145
N22 Y68.911 Z25.091 F5000
N23 X2. Y66.044 Z27.099
N24 Y60.882 Z19.727
N25 Y54.716 Z10.921 F145
N26 Y66.044 Z27.099 F5000
N27 X13.5 Y68.911 Z25.091
N28 Y63.749 Z17.719
N29 Y57.583 Z8.913 F145
N30 Y68.911 Z25.091 F5000
N31 Y77.922 Z18.782
N32 Y72.76 Z11.41
N33 Y66.594 Z2.604 F145
N34 Y77.922 Z18.782 F5000
N35 M129
N36 Y53.057 Z98.19
N37 M5
N38 M91 Z+0 F5000
N39 M91 X+0 Y+300 F5000
N40 G0 G80 A0. C0.
N41 G0 G80
N42 G1 A0 F5000
N43 C0
N44 M129
N45 M30
```

19. Выполнить обработку детали на станке Quaser MV204CU с ЧПУ.

20. Произвести измерение полученной детали.

21. На основании проведенной работы сделать выводы.

### Отчет о работе

Отчет о работе должен содержать:

1. Наименование, цель, содержание работы, используемое оборудование.

2. Эскиз общего вида станка Quaser MV204CU с ЧПУ, с указанием основных узлов станка.
3. Чертеж детали.
4. Изображение детали в 3D;
5. Программу обработки детали на станке Quaser MV204CU с ЧПУ;
6. Выводы о работе.

### **Контрольные вопросы**

1. Перечислите основные узлы фрезерного станка;
2. Какой инструмент является наиболее распространенным при обработке на фрезерных станках с ЧПУ;
3. После чего можно начинать написание управляющей программы;
4. От чего зависит число и последовательность технологических переходов при фрезеровании на станках с ЧПУ;
5. Назовите основные особенности обработки на фрезерных станках с ЧПУ.

## Практическая работа №10

### Исследование процесса лазерной резки деталей

Цель работы: Практическое освоение методов и средств лазерной резки металлов, ознакомление с физическими процессами при лазерной резке металлов, а так же элементами технологического оборудования для лазерной резки металлов.

#### Теоретическая часть

Наиболее распространенным технологическим процессом в машиностроении является резка.

В промышленности получил распространение ряд процессов разделения материалов, основанных на электрохимическом, электрофизическом и физикохимических воздействиях. Ацетиленокислородная резка, плазменная резка, проникающей дугой и другие физикохимические методы разделения обеспечивают повышение производительности по сравнению с механическими методами, но не обеспечивают высокой точности и чистоты поверхностей реза и требуют в большинстве случаев последующей механической обработки.

Возникает насущная необходимость в разработке и освоении методов резки современных конструкционных материалов, сочетающих высокие показатели как по производительности процесса, так и по точности и качеству поверхностей реза. К числу таких перспективных процессов разделения материалов следует отнести *лазерную резку металлов*.

#### Сущность процесса

При лазерной резке нагревание и разрушение участка материала осуществляется с помощью лазерного луча.

В отличие от обычного светового луча для лазерного луча характерны такие свойства как направленность, монохроматичность и когерентность.

За счет направленности энергия лазерного луча концентрируется на относительно небольшом участке. Так, по своей направленности лазерный луч в тысячи раз превышает луч прожектора.

Лазерный луч по сравнению с обычным светом является монохроматичным, т. е. обладает фиксированной длиной волны и частотой. Это облегчает его фокусировку оптическими линзами.

Лазерный луч имеет высокую степень когерентности – согласованного протекания во времени нескольких волновых процессов. Когерентные колебания вызывают резонанс, усиливающий мощность излучения.

Благодаря перечисленным свойствам лазерный луч может быть сфокусирован на очень маленькую поверхность материала и создать на ней плотность энергии, достаточную для нагревания и разрушения материала.

Воздействие лазерного излучения на металл при разрезании характеризуется общими положениями, связанными с поглощением и отражением излучения, распространением поглощенной энергии по объему материала за счет теплопроводности и др., а также рядом специфических особенностей.

В области воздействия лазерного луча металл нагревается до первой температуры разрушения – плавления. С дальнейшим поглощением излучения происходит расплавление металла, и фазовая граница плавления перемещается в глубь материала. В то же время энергетическое воздействие лазерного луча приводит к дальнейшему увеличению температуры, достигающей второй температуры разрушения – кипения, при которой металл начинает активно испаряться.

Таким образом, возможны два механизма лазерной резки – плавлением и испарением. Однако последний механизм требует высоких энергозатрат и осуществим лишь для достаточно тонкого металла. Поэтому на практике резку выполняют плавлением. При этом в целях существенного сокращения затрат энергии, повышения толщины обрабатываемого металла и скорости разрезания применяется вспомогательный газ, вдуваемый в зону реза для

удаления продуктов разрушения металла. Обычно в качестве вспомогательного газа используется кислород, воздух, инертный газ или азот. Такая резка называется газолазерной.

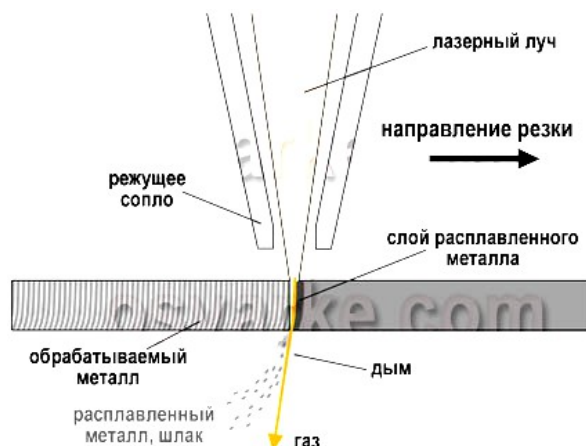


Рис. 10.1. Схема лазерной резки

Например, кислород при газолазерной резке выполняет тройную функцию:

вначале содействует предварительному окислению металла и снижает его способность отражать лазерное излучение;

затем металл воспламеняется и горит в струе кислорода, в результате выделяется дополнительная теплота, усиливающая действие лазерного излучения;

кислородная струя сдувает и уносит из области резки расплавленный металл и продукты его сгорания, обеспечивая одновременный приток газа непосредственно к фронту реакции горения.

В зависимости от свойств разрезаемого металла применяются два механизма газолазерной резки. При первом значительный вклад в общий тепловой баланс вносит теплота реакции горения металла. Такой механизм резки обычно используется для материалов, подверженных воспламенению и горению ниже точки плавления и образующих жидкотекучие оксиды. Примерами могут служить низкоуглеродистая сталь и титан.

При втором механизме резки материал не горит, а плавится, и струя газа удаляет жидкий металл из области реза. Данный механизм применяется для металлов и сплавов с низким тепловым эффектом реакции горения, а также для тех, у которых при взаимодействии с кислородом образуются тугоплавкие оксиды. Например, легированные и высокоуглеродистые стали, алюминий, медь и др.

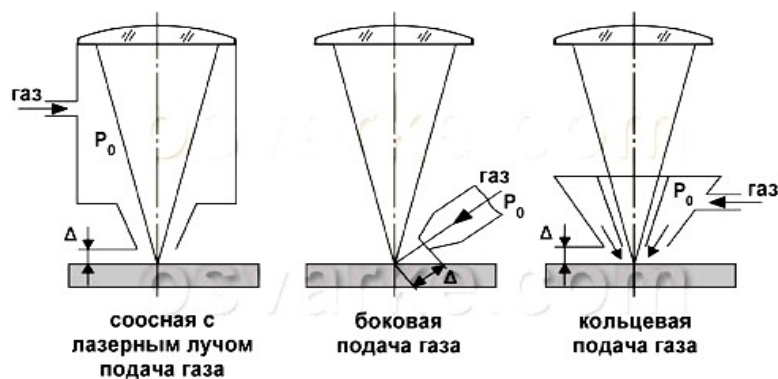


Рис. 10.2. Схемы подачи вспомогательного газа в зону резки

## Типы лазеров

Лазер, как правило, состоит из трех основных узлов:

- ${}_{17}^{35}$  источника энергии (механизма или системы накачки);
- ${}_{17}^{35}$  активного (рабочего) тела, которое подвергается «накачке», что приводит к его вынужденному излучению;
- ${}_{17}^{35}$  оптического резонатора (системы зеркал), обеспечивающего усиление вынужденного излучения активного тела.

Для резки обычно применяются следующие типы лазеров:

твердотельные и газовые – с продольной либо поперечной прокачкой газа, щелевые, а также газодинамические.

В осветительной камере твердотельного лазера размещаются лампа накачки и активное тело, представляющее собой стержень из рубина, неодимового стекла (Nd-Glass) или алюмо-иттриевого граната, легированного иттербием (Yb-YAG) либо неодимом (Nd-YAG). Лампа



накачки создает мощные световые вспышки для возбуждения атомов активного тела. По торцам стержня расположены зеркала – частично прозрачное (полупрозрачное) и отражающее. Лазерный луч усиливается в результате многократных отражений внутри активного тела и выходит через частично прозрачное зеркало.

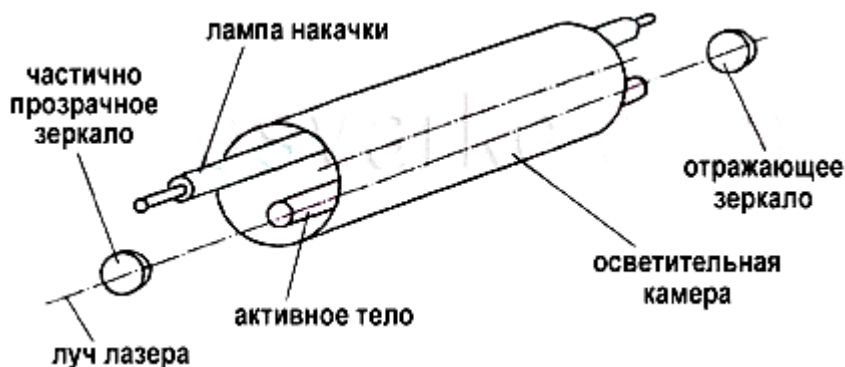


Рис. 10.3 Схема твердотельного лазера

Серийные твердотельные лазеры имеют сравнительно небольшую мощность, как правило, не превышающую 1–6 кВт. Длина волны – около 1 мкм (рубинового лазера – около 694 нм). Режим излучения может быть как непрерывным, так и импульсным.

В газовых лазерах в качестве активного тела применяется смесь газов, обычно углекислого газа, азота и гелия. В лазерах с продольной прокачкой газа смесь газов, поступающих из баллонов, прокачивается с помощью насоса через газоразрядную трубку. Электрический разряд между электродами, подключенными к источнику питания, используется для энергетического возбуждения газа. По торцам трубки размещены отражающее и полупрозрачное зеркала.

Более компактными и мощными являются лазеры с поперечной прокачкой газа. Их общая мощность может достигать 20 кВт и выше.

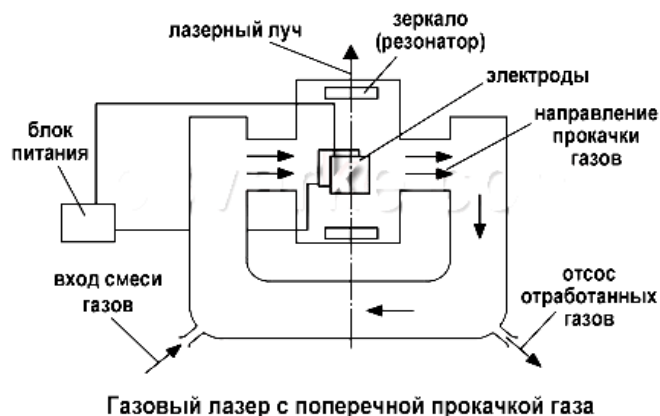
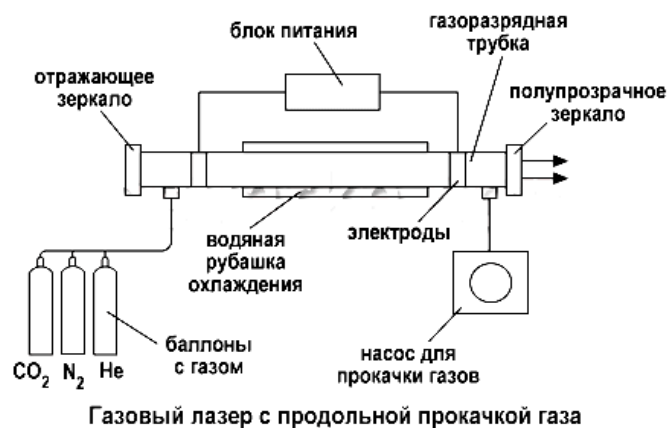


Рис. 10.4. Схемы лазеров с продольной и поперечной прокачкой газа

Весьма эффективны щелевые CO<sub>2</sub>-лазеры (рис.10.5). Они имеют еще меньшие габариты, а мощность их излучения обычно составляет 600–8000 Вт. Режим излучения – от непрерывного до частотно-импульсного.

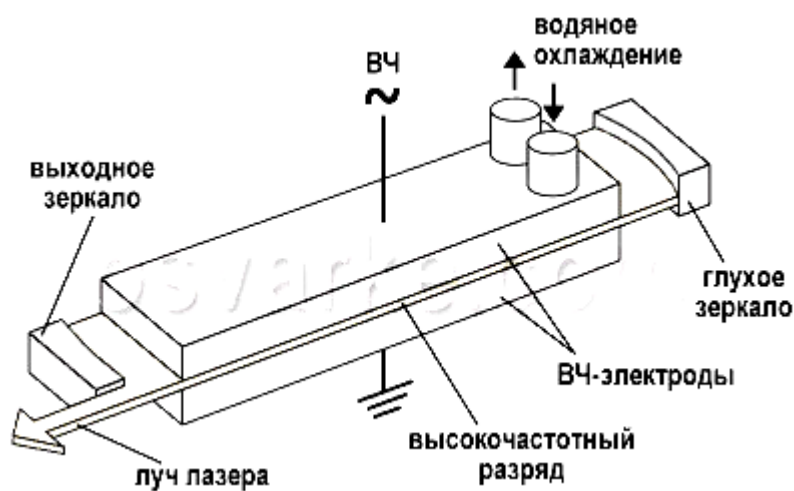


Рис. 10.5. Схема щелевого лазера

В щелевом лазере применяется поперечная высокочастотная накачка активной среды (с частотой от десятков МГц до нескольких ГГц). Благодаря такой накачке увеличивается устойчивость и однородность горения разряда. Щель между электродами составляет 1–5 мм, что способствует эффективному отводу тепла от активной среды.

Наиболее мощные лазеры – газодинамические (100–150 кВт и выше) (рис.10.6). Газ, нагретый до температуры 1000–3000 К, протекает со сверхзвуковой скоростью через сопло Лавалья (суженный посередине канал), в результате чего он адиабатически расширяется и охлаждается в зоне оптического резонатора. При охлаждении возбужденных молекул углекислого газа происходит испускание когерентного излучения. Накачка лазера может осуществляться вспомогательным лазером или другим мощным источником энергии.

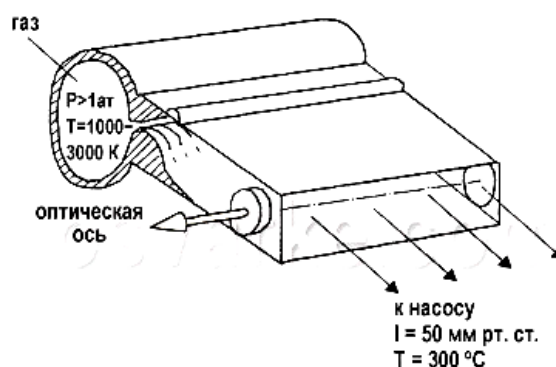


Рис. 10.6. Схема газодинамического лазера

Длина волны излучения углекислотных лазеров составляет 9,4 или 10,6 мкм.

Твердотельные лазеры плохо обрабатывают неметаллы, поскольку ряд таких материалов полностью или частично прозрачен для излучения с длиной волны около 1 мкм, например, оргстекло. Лазерный луч более чувствителен к неровной поверхности обрабатываемого материала. Однако при раскросе алюминиевых сплавов, меди и латуни твердотельные лазеры имеют преимущество по сравнению с углекислотными, поскольку

поглощение излучения поверхностью этих металлов значительно выше на длине волны твердотельного лазера.

Углекислотные лазеры более универсальны и применяются для обработки почти любых металлов и неметаллов. Кроме того, у них очень низкая расходимость луча, что дает возможность разместить источник излучения далеко от зоны обработки без потери качества луча.

Основными технологическими параметрами процесса лазерной резки являются:

- <sup>35</sup><sub>17</sub> мощность излучения;
- <sup>35</sup><sub>17</sub> скорость резки;
- <sup>35</sup><sub>17</sub> давление вспомогательного газа;
- <sup>35</sup><sub>17</sub> диаметр сфокусированного пятна и др.

При импульсном режиме к данным параметрам добавляются:

- <sup>35</sup><sub>17</sub> частота повторения импульсов;
- <sup>35</sup><sub>17</sub> длительность импульсов;
- <sup>35</sup><sub>17</sub> средняя мощность излучения.

Эти параметры влияют на ширину реза, качество резки, зону термического влияния и другие характеристики.

### **Оборудование, инструмент, заготовки**

**Оборудование:** Лазерный раскройный станок с волоконным иттербиевым лазером ЛС-3 для высокоскоростного точного раскроя листовых металлических материалов по контуру любой сложности. Высококачественная импортная механика (линейные направляющие SBG, зубчатая рейка-шестерня фирмы Gudel-Швейцария, редукторы ALFA-Германия), сервопривод постоянного тока с обратной связью по положению и скорости, система ЧПУ на базе контроллера FESTO, надежная стальная конструкция основания, высокое качество и точность реза. Передача луча лазера по волоконному кабелю. Выдвижная паллета загрузочного устройства (как опция- челночный вариант с двумя паллетами). Оптический резак

производства IPG с бесконтактной следящей системой за поверхностью металла. В комплекте чиллер-автономная система охлаждения лазера. Отсутствие внешней транспортирующей оптики гарантирует стабильность качества раскроя по всей рабочей зоне и освобождает от массы проблем с юстировкой и эксплуатацией комплекса. Очень низкое энергопотребление. Средняя потребляемая мощность всем комплексом (без вентиляции и компрессора) 18 – 20 кВт.

### **Технические характеристики**

Скорость перемещения, мах, мм/с-1000

Дискретность задания размеров,мм-0,01

Динамическая точность,мм-0,1

Повторяемость,мм-0,05

**Инструмент:** Оптический микроскоп, приборы для измерения шероховатости профилометр Mitutoyo Corp. Surftest SJ-201.

**Заготовки:** Лист стальной горячекатаный Ст3пс/сп5.

### Содержание работы и порядок ее выполнения.

1. Инструктаж по технике безопасности при работе на лазерной установке.
2. Провести лазерную резку листовых заготовок с различными параметрами;
3. Исследовать ширину реза на нижней и верхней кромке, клиновидность реза в тонколистовых образцах стали при различных режимах резки;
4. Исследовать микрорельеф поверхности реза  $R_z$  при различных режимах резки.

## Результаты измерений

Режимы лазерной резки				Характеристики реза		Микрорельеф поверхности реза $R_z$
Мощность, Вт	Частота импульсов	Длительность импульса излучения	Скорость обработки, мм/с	Ширина, мм	Глубина, мм	
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						

## Содержание отчета:

1. Название работы и ее содержание;
2. Функциональная схема установки;
3. Описание принципа действия лазера;
4. Таблица с результатами измерений (Таблица 10.1)
5. Построить соответствующие экспериментальные зависимости по результатам выполнения;
6. Выводы по работе

## Контрольные вопросы

1. В чем основные преимущества лазерной резки металлов?
2. Какие типы лазерного излучения используются при лазерной резке и в чем их особенности?
3. Какие наиболее важные технологические параметры с точки зрения качества получаемого реза вы знаете?
4. Каков механизм поглощения лазерного излучения металлами?
5. Какие схемы формообразования реза по глубине материала вы знаете?