

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

Институт химических и нефтегазовых технологий  
Кафедра энергоресурсосберегающих процессов  
в химической и нефтегазовой технологиях

Эдуард Муратович Махамбетов

## **ПМ.05 ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ**

Методические материалы к практическим занятиям

Рекомендовано цикловой методической комиссией  
специальности 15.02.17 Монтаж, техническое обслуживание,  
эксплуатация и ремонт промышленного  
оборудования (по отраслям)  
в качестве электронного издания  
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2024

Рецензенты: Андрюшков А.А. – кандидат техн. наук, и. о. зав. кафедрой ЭПХиНТ ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева».

**Махамбетов, Э.М. ПМ.05 Технология выполнения работ:** методические материалы к практическим занятиям и самостоятельной работ для обучающихся специальности 15.02.17 Монтаж, техническое обслуживание, эксплуатация и ремонт промышленного оборудования (по отраслям) очной формы обучения / сост. Э.М. Махамбетов; Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. – Кемерово, 2024. – Текст: электронный.

Приведено содержание практических работ, порядок их оформления, а также материал, необходимый для успешного изучения дисциплины. Назначение издания – помощь обучающимся в получении знаний по дисциплинам «Технология выполнения работ» и организация практических работ.

© Кузбасский государственный  
технический университет имени  
Т. Ф. Горбачева, 2024  
© Махамбетов Э.М.,  
составление, 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |    |
|--|----|
| Практическое занятие №1 «Сборка – разборка механизмов».....                      | 4  |
| Практическое занятие №2 «Расчет режимов резания».....                            | 15 |
| Практическое занятие №3 «Технологический процесс слесарной обработки» .....      | 24 |
| Практическое занятие № 4 «Восстановление деталей».....                           | 31 |
| Практическое занятие № 5 «Типовые технологические процессы обработки валов»..... | 35 |
| САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА .....   | 44 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....  | 44 |
| Приложение 1 .....   | 45 |

## **Практическое занятие №1** **«Сборка – разборка механизмов»**

**Цель практической работы:** изучить технологические процессы сборки механизмов.

**Содержание работы:** по заданию преподавателя определить этапы сборки/разборки механизма и составить технологическую схему сборки механизма, оформить отчет.

Разборка оборудования является начальным этапом производственного процесса ремонта. Правильная организация и высокое качество выполнения разборочных работ оказывают значительное влияние на продолжительность, трудоемкость и качество ремонта.

В зависимости от характера износа и повреждения деталей оборудования и номенклатуры деталей, требующих дефектации, ремонта или замены, разборка может быть частичная (с различной глубиной) или полная. Частичная разборка имеет место при текущем и среднем ремонтах, полная — при капитальном ремонте.

Исходной документацией для проектирования технологического процесса разборки являются:

- сборочные чертежи;
- монтажные схемы;
- руководство по ремонту;
- руководство по эксплуатации;
- дефектная ведомость;
- нормы времени на выполнение отдельных операций, приемов, переходов.

Рабочей документацией для разборки являются:

- схемы разборки;
- технологические карты;
- руководство по ремонту.

Технологические карты и схемы разборки устанавливают последовательность и уровень глубины разборки. В технологической карте указываются:

- 1) последовательность операций, переходов, приемов (в

повелительном наклонении);

2) применяемое оборудование, инструмент, приспособления;

3) основные технические условия, которые необходимо выполнять при разборке: требования к комплектации; требования к необезличиванию; указания о нанесении меток, рисок или других пометок, используемых при последующей сборке; указание об удалении смазок; технологические усилия, моменты, направления приложения сил и т. п.; порядок откручивания крепежных деталей и др.;

4) нормы времени на операции, приемы.

Схемы разборки составляются в случае ремонта сложного или нового для данного предприятия оборудования, а также в случае недостаточной квалификации ремонтных рабочих.

Детали и сборочные единицы показывают на схеме условными обозначениями. На рисунке 1 даны условные обозначения детали и сборочной единицы.

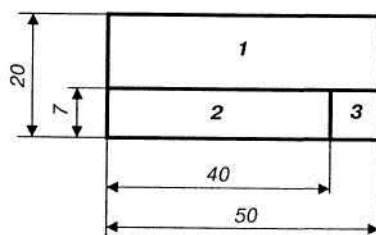


Рисунок 1 – Условное обозначение детали и сборочной единицы:

1 — наименование детали или сборочной единицы по спецификации сборочного чертежа или каталогу; 2— цифровое обозначение (код) детали или сборочной единицы по спецификации сборочного чертежа или каталогу; 3 — количество снимаемых с изделия деталей или сборочных единиц при выполнении данной операции или перехода

Схема разборки изделия представляет собой иерархическое дерево состояний объекта разборки (рисунок 2). Составляется схема слева направо от изделия в сборе до базовой детали (базовой сборочной единицы).

Схема разборки используется также для сборки изделия. В этом случае последовательность сборки определяется движением

по схеме справа налево.

Для обеспечения требуемого качества разборочных работ необходимо, чтобы рабочие знали и соблюдали основные требования и правила:

1. Слесари, выполняющие разборку оборудования, должны хорошо знать его конструкцию и принцип действия.

2. Разборку следует вести строго по схеме или карте, а при их отсутствии — в таком порядке:

— сначала изделие разделяют на составные части — крупные сборочные единицы;

— одновременно с этим с изделия снимают детали, не входящие ни в одну составную часть (крышки, кожухи, ремни и др.);

— затем составные части разбирают на более мелкие сборочные единицы и крупные детали;

— мелкие сборочные единицы разбирают, по мере необходимости, на детали (при участии в процессе разборки нескольких рабочих разборка мелких сборочных единиц может происходить параллельно).

3. Применение приемов и инструмента, приводящих к повреждению деталей, недопустимо.

4. Сборочные единицы, требующие специфическую технологию ремонта, после снятия с оборудования должны направляться в ремонт в комплектном виде.

5. Все крепежные детали следует складывать и хранить на время ремонта отдельно от других деталей по возможности, видам и размерам.

6. Детали, которые при изготовлении обрабатывают в сборе (совместно), а также приработавшиеся во время эксплуатации и годные к дальнейшей работе, не следует разукomплектовывать.

7. При разборке следует соблюдать чистоту, монтажные метки и риски тщательно оберегать от уничтожения.

8. При разборке необходимо пользоваться исправным инструментом. Инструмент и приспособления должны соответствовать технологическим требованиям (универсальный или специальный, размер, номер, материал и др.).

9. Крупные и тяжелые сборочные единицы и детали следу-

ет снимать и перемещать с использованием грузоподъемных механизмов.

10. Слесари должны хорошо знать способы выполнения разборочных операций и владеть приемами таких работ, как: разъединение плотных и прессованных сопряжений; разъединение корродированных резьбовых соединений; удаление поломанных (срезанных) пальцев, шпилек, болтов и др.

**Технологические схемы сборки.** Построение технологических процессов общей и узловой сборки может быть представлено с помощью технологических схем сборки. Эти схемы отражают структуру и последовательность сборки изделия и его составных частей. В качестве примера на рис. 1 показаны технологические схемы общей (а) и узловой (б) сборки. На этих схемах каждый элемент изделия обозначен прямоугольником, разделенным на три части. В его верхней части дано наименование элемента; в левой нижней части - числовой индекс, а в правой нижней - число элементов, входящих в данное соединение.

Индексацию элементов производят в соответствии с номерами, проставленными на сборочных чертежах и в спецификациях. Перед числовым индексом составной части изделия ставят буквы сб. (сборка), перед индексом составной части второго порядка - 2 сб. и т. д.

Элемент, с которого начинают сборку, изделия (его составной части), называется базовым. По его номеру ставят числовой индекс составной части, в которую он входит.

Процесс *общей сборки* изображают на схеме горизонтальной линией, ее проводят в направлении от базового элемента изделия к собранному объекту, вверху располагают в порядке последовательности сборки условные обозначение всех непосредственно входящих в изделие деталей, а снизу всех непосредственно входящих в изделие составных частей. На технологических схемах узловой сборки эти составные части расчленяют на составные части высших порядков, а в отдельных случаях - только на *детали*

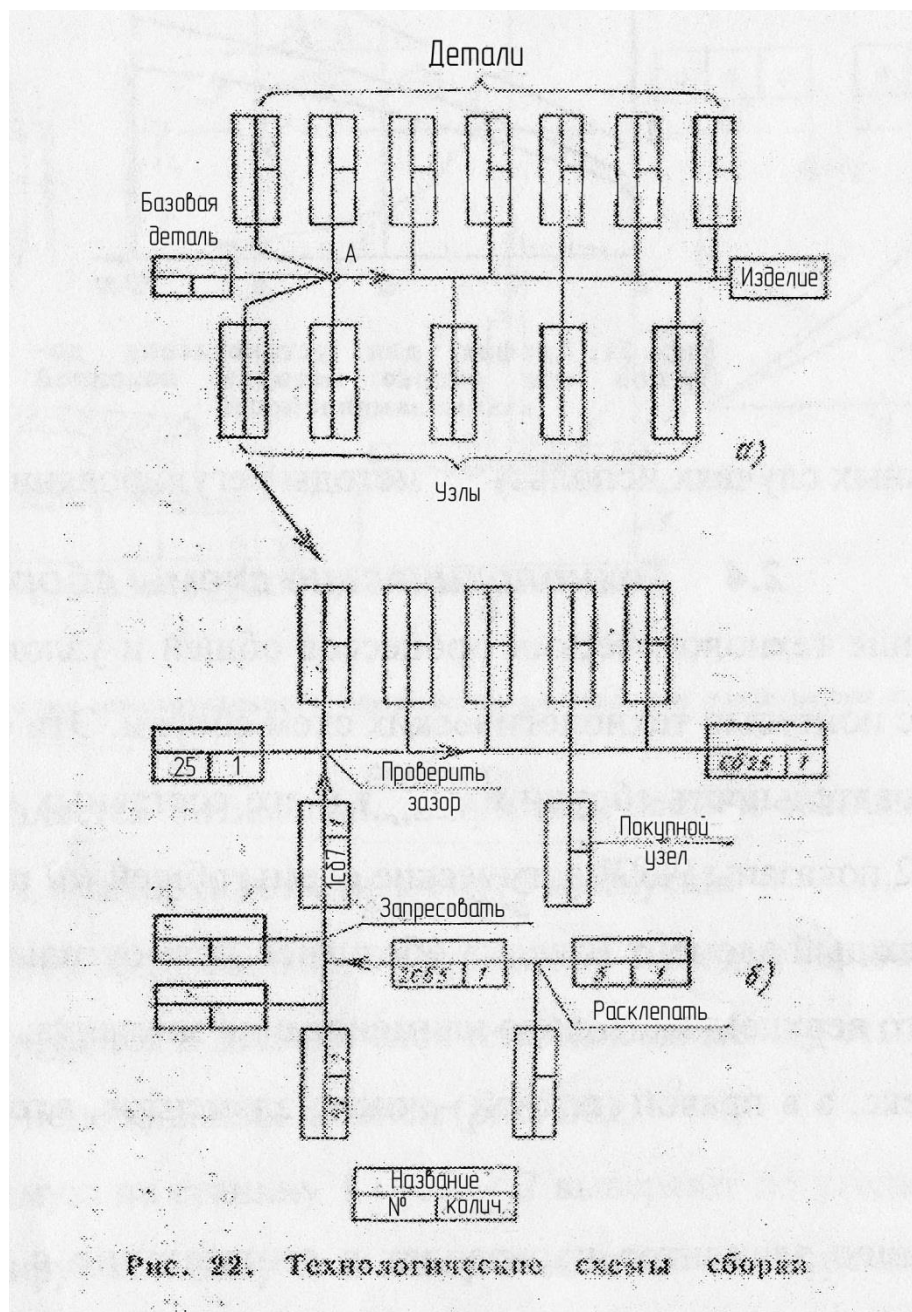
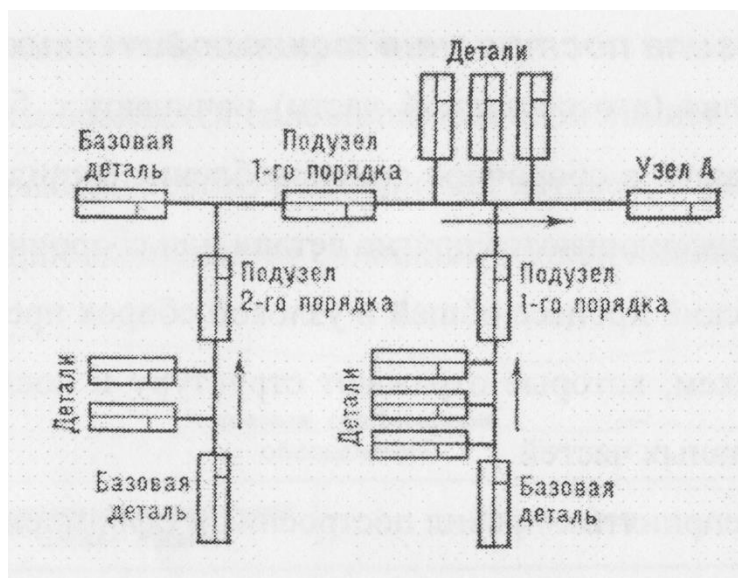


Рисунок 1 – Технологические схемы сборки

Технологические схемы сборки снабжают надписями - сносками, поясняющими характер сборочных работ (запрессовку, пайку, клепку, выверку, регулирование, проверку зазоров и пр.), когда они не ясны из схемы, и выполняемый при сборке контроль. Дополнительные работы, к которым можно отнести частичную или полную разборку составных частей при сборке машины, также отражают на схеме пояснительной надписью.





Технологические схемы упрощают проектирование процессов сборки, и позволяют оценить технологичность конструкции изделия. Предпочтительна та конструкция изделия, которая позволяет выполнять его сборку из - предварительно собранных взаимозаменяемых составных частей. В этом случае сборку составных частей и изделия выполняют параллельно, что сокращает ее длительность. Схемы отражают возможность одновременной установки нескольких составных частей изделия на его базовую деталь (точка А на рис. 1, а), что также сокращает длительность цикла сборки. Кроме того, составные части поступают на сборку изделия после технического контроля их качества, что позволяет быстрее обнаруживать дефекты общей сборки, которые в этом случае следует искать в соединениях составных частей, а не внутри их. Составляют схему общей сборки, а затем схемы узловой сборки (параллельно), обеспечивая необходимую согласованность и координацию действий на основе схемы общей сборки изделия. При построении технологических схем можно также выявить допущенные конструктивные неувязки собираемого изделия.

**Правила построения технологических схем сборки.** Сборку изделия (его составной части) начинают с базовой детали, которая первая устанавливается в сборочное приспособление (стенд, панель) и к которой в процессе сборки присоединяются другие детали или сборочные единицы.

Технологический процесс общей и узловой сборок представляется с помощью технологических схем, которые отражают структуру и последовательность сборки изделия и его составных частей.

Единых общепринятых правил построения и оформление схем сборки в отечественной технологии машиностроения нет, в различных источниках могут встречаться не совпадающие рекомендации. Тем не менее можно сформулировать ряд правил, которые следует соблюдать при построении схем и их использовании, исходящих из общепринятых требованиям наглядности и однозначности представлений.

На схемах каждый элемент изделия (деталь, сборочная единица) имеет свое условное обозначение (таблица). Деталь обозначается прямоугольником, сборочная единица шестиугольником, которые разделены на три зоны:

- в зоне 1 проставляются обозначение и позиция детали (сборочной единицы) по чертежу;
- в зоне 2 - наименование детали (сборочной единицы) по чертежу;
- в зоне 3 - количество одновременно устанавливаемых деталей (сборочных единиц).

Указанные в таблице размеры условного обозначения элемента изделия желательно выдерживать, составляя технологическую схему сборки, при выполнении данной лабораторной работы. В общем случае условные элементы изображаются произвольного масштаба, одинакового для данной схемы.

Процесс общей сборки изображают на схеме сплошной горизонтальной линией. Начало линии сборки обозначается сплошь зачерненным кружком  $\varnothing 5$  мм.

Построение технологической схемы общей сборки начинают с базового элемента изделия, который располагают в левой части схемы, условное обозначение собранного объекта - в правой. Процесс узловой сборки изображается линией, которую проводят в направлении от базового элемента к собранному объекту.

Линия сборки изображается сплошной основной линией по ГОСТ 2.303-68. Условное изображение сборочных единиц, дета-

лей, а также линии установки, демонтажа, информации выполняется сплошной тонкой линией по ГОСТ 2.303-68.

| Условные графические обозначения             |             |
|--|-------------|
| Наименование элементов схемы сборки          | Обозначения |
| Деталь                                       |             |
| Конструкторская сборочная единица            |             |
| Технологическая сборочная единица            |             |
| Линия сборки                                 |             |
| Линия установки деталей или сборочных единиц |             |

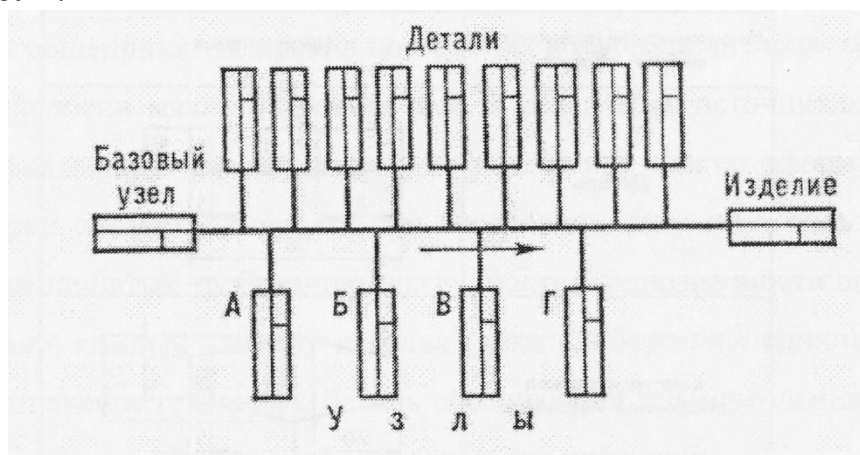
Условное обозначение всех деталей непосредственно входящих в изделие располагают сверху в порядке последовательности сборки.

Условное обозначение всех непосредственно входящих в изделие сборочных единиц располагают снизу.

При возможности одновременной установки нескольких составных частей изделия на его базовую деталь их соединительные линии на схеме сходятся в одной точке.

При необходимости технологические схемы сборки снабжают надписями-сносками, поясняющими характер сборочных работ (запрессовку, смазку, проверку зазора, доработку, клепку, вывер-

ку и т.п.), когда они не ясны из схемы, и выполняемый при сборке контроль.

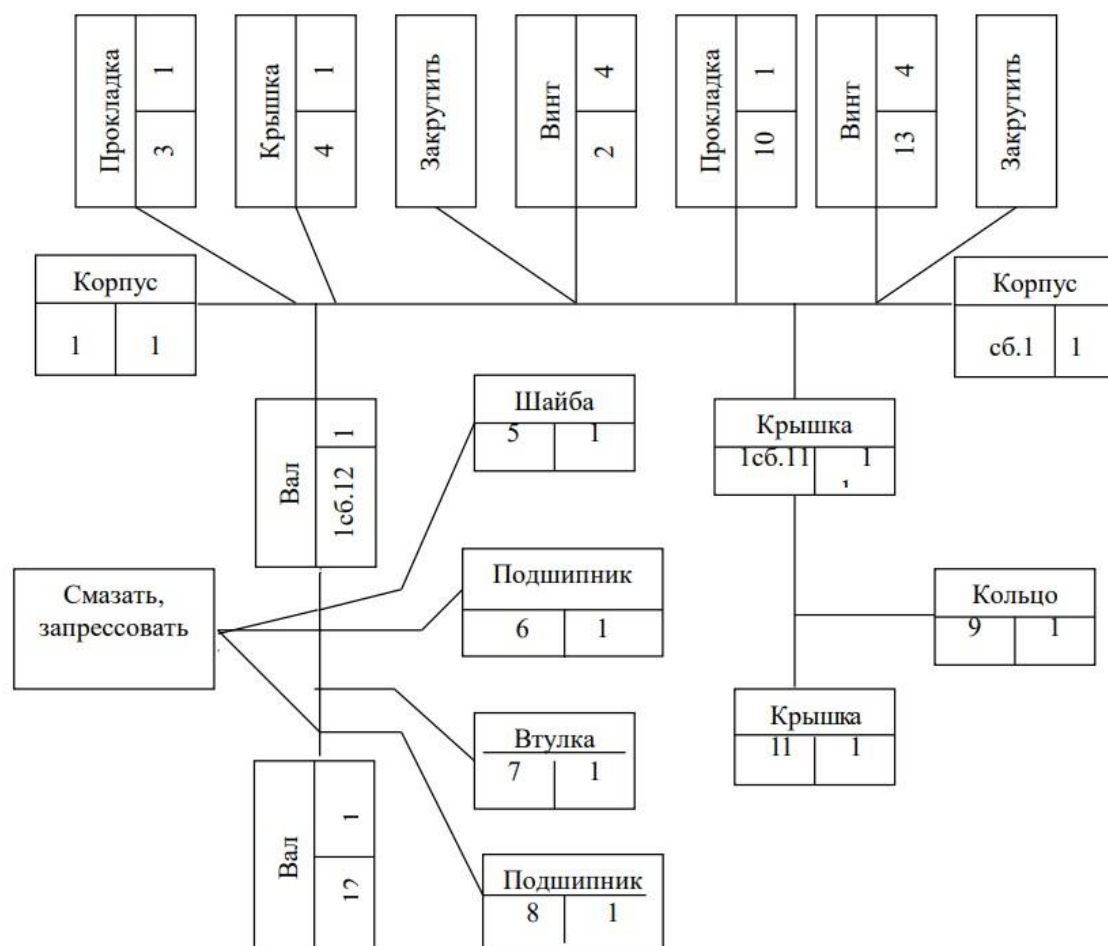
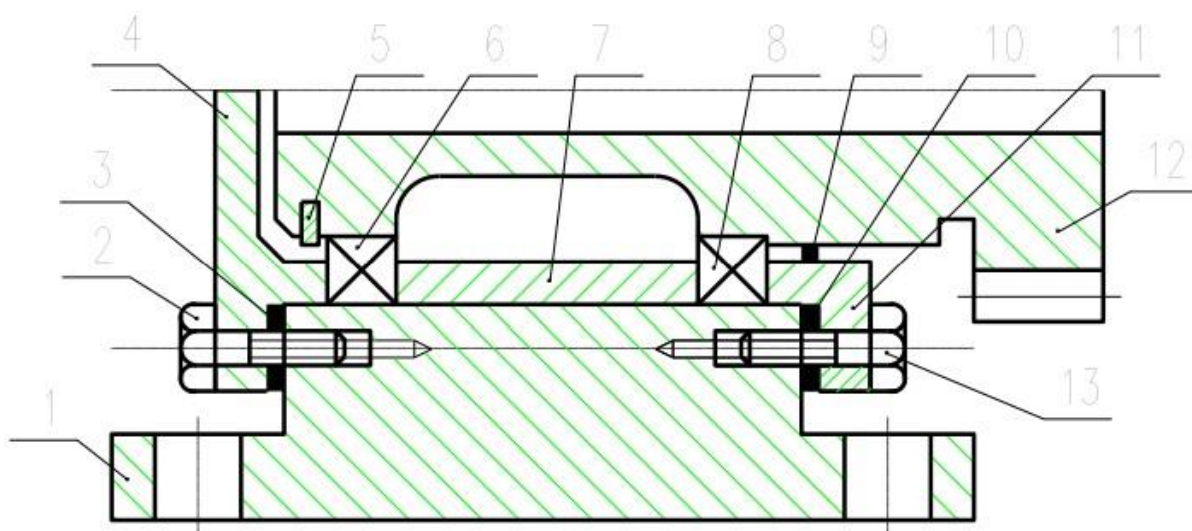


Составляют в первую очередь схему общей сборки, а затем схемы узловой сборки (параллельно), обеспечивая необходимую согласованность и координацию действий на основе схемы общей сборки изделия.

Технологические схемы сборки на одно и то же изделие можно составить в нескольких вариантах, которые отличаются структурой и последовательностью комплектования сборочных элементов. Принятый вариант фиксируют составленной схемой, которая является одним из технологических документов.

Создавая новые машины, следует предусмотреть их общую сборку из предварительно собранных составных частей (принцип узловой сборки), что обеспечивает преимущества не только при их производстве, но также при обслуживании, эксплуатации и ремонте.

**Пример.** В процессе разборки и сборки изделия определяется правильность разработанной технологической схемы сборки и маршрутного технологического процесса сборки. При этом устраняются замеченные ошибки, вносятся изменения в последовательность сборки, дополняются технологические примечания и т.д. Вал-шестерня 12 вращается в шарикоподшипниках 6 и 8 и от осевого перемещения фиксируется разрезанной шайбой 5 и распорной втулкой 7. В собранном виде он закрепляется в корпусе 1 с помощью крышек 4, 11 и болтов 2, 13. Кольцо 9 и прокладки 3 и 10 предохраняют от утечки смазки.



## Маршрутный технологический процесс сборки узла

| Номер операции | Наименование операции   | Содержание операции  | Оборудование и инструмент  |
|----------------|-------------------------|--|--|
| 05             | Сборка вала (1 сб.12)   | Закрепить вал (дет.12) в приспособление.<br><br>Смазать и запрессовать подшипник (дет.8).<br>Протереть и установить втулку (дет.7).<br>Смазать и запрессовать подшипник (дет.6).<br>Установить шайбу (дет.5).  | Приспособление для закрепления вала<br><br>Пресс гидравлический<br><br>Оправка для установки шайбы                                     |
| 10             | Сборка крышки (1 сб.11) | Установить крышку (дет.11) в приспособление.<br>Установить кольцо (дет.9).   | Приспособление для закрепления крышки.<br>Оправка для установки кольца   |
| 15             |                         | Закрепить корпус (дет.1).<br>Установить прокладку (дет.3).<br>Протереть и установить крышку (дет.4).<br>Закрепить крышку винтами (дет.2).<br>Установить вал (1 сб.12).<br>Установить прокладку (дет.10).<br>Установить крышку (1 сб.11).<br>Закрепить крышку винтами (дет.13). | Приспособление для закрепления корпуса<br><br><br><br><br><br>Пневматическое устройство для одновременного закручивания четырех винтов |
| 20К            | Контрольная             | Проверить легкость вращения вала (дет.12).   |  |

### Отчет о работе должен содержать:

- название и цель работы;
- результаты выполнения работы;
- защита работы.

### Правила оформления отчета:

Отчет оформляется в соответствии с ГОСТ Р 2.105-2019.

Текст документа рекомендуется оформлять с использованием полуторного межстрочного интервала, шрифтом Times New Roman размера 12-14пт. Расстояние от рамки формы до границ

текста в начале и в конце строк – не менее 3 мм. Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10 мм. Абзацы в тексте начинают отступом 12,5 мм.

Отчет в общем виде включает в себя следующие структурные элементы: титульный лист, цель работы, индивидуальное задание, расчетные формулы, расчеты, итоговые таблицы, вывод.

### **Примерные контрольные вопросы:**

1. Назовите элементы структуры сборочной операции?
2. Что такое «базовая» деталь?
3. Назовите основные этапы процесса сборки?
4. Назовите неподвижные разборные соединения?
5. Назовите неподвижные неразборные соединения?
6. Назовите порядок сборки резьбовых соединений?
7. Назовите способы стопорения резьбовых соединений?

## **Практическое занятие №2 «Расчет режимов резания»**

**Цель практической работы:** приобретение практических навыков по расчету режимов резания при заданных условиях обработки. Содержание работы: по заданию преподавателя определить режим резания для обработки заготовки, оформить отчет.

Шлифование – процесс резания материалов с помощью абразивного инструмента, режущими элементами которого являются абразивные зерна. Движение резания при шлифовании – вращение шлифовального круга, движение подачи – возвратно-поступательное движение стола станка с заготовкой и (или) поступательное движение шлифовальной бабки со шлифовальным кругом.

Различают круглое наружное шлифование, внутреннее круглое шлифование, плоское шлифование, бесцентровое шлифование. Круглое наружное шлифование применяется для обработки цилиндрических наружных поверхностей и осуществляется двумя способами: с продольной подачей (метод врезания) – приме-

няется если длина шлифуемой поверхности меньше ширины круга.

Разработку режимов резания при шлифовании начинают с выбора характеристики шлифовального круга.

Для этого устанавливают:

- тип (форму) шлифовального круга,
- материал абразивного зерна,
- зернистость,
- индекс зернистости,
- твердость,
- структура,
- класс круга.

Выбор характеристики шлифовального круга можно провести по приложению 1 к данной инструкции.

После выбора элементов характеристики следует записать полную характеристику, которая содержит такие параметры: форму (тип), марку зерна, зернистость, индекс зернистости, твердость круга, структуру, тип связки, класс круга, допустимую окружную скорость.

Основными элементами режима резания при шлифовании являются:

- окружная скорость в м/с (указывается в конце характеристики круга и является максимальной допускаемой прочностью круга);
- скорость вращательного или поступательного движения детали в м/мин;
- глубина шлифования  $t$  мм – слой металла, снимаемый шлифовальным кругом за один или двойной ход при круглом или плоском шлифовании или же равная всему припуску на сторону при врезном шлифовании;
- продольная подача  $S$  – перемещение шлифовального круга вдоль своей оси в мм на оборот заготовки при круглом шлифовании или в мм на каждый ход стола при плоском шлифовании периферией круга;



- радиальная подача  $S_p$  – перемещение шлифовального круга в радиальном направлении в мм на один оборот детали при врезном шлифовании.

Эффективная мощность (мощность необходимая для резания) рассчитывается по эмпирической формуле или определяется по таблицам нормативов.

Основное время при круглом шлифовании с продольной подачей

$$T_o = \frac{L \cdot h}{1000 \cdot V_c \cdot t} \cdot K, \text{ мин}$$

где  $h$  – припуск на сторону, мм;

$V_c$  – скорость продольного хода стола, м/мин;

$t$  – глубина шлифования, мм;

$K$  – коэффициент выхаживания;

$K = 1,4$  – при чистовом шлифовании;

$K = 1,1$  – при предварительном шлифовании;

$L$  – величина хода стола, мм

$L = l - (1 - K \cdot m) \cdot B_k$ , мм

где  $l$  – длина шлифуемой поверхности;

$K$  – число сторон перебега круга ( $K = 2$  – при сбеге круга в обе стороны,  $K = 1$  – при сбеге круга в одну сторону,  $K = 0$  – без сбега);

$m$  – перебег в долях ширины круга;

$B_k$  – ширина шлифовального круга, мм.

При круглом наружном шлифовании методом врезания

$$T_o = \frac{h}{n_z \cdot S_p} \cdot K, \text{ мин},$$

где  $n_z$  – частота вращения заготовки, об/мин;

$S_p$  – радиальная подача, мм/об.

При круглом шлифовании

$$T = \frac{L \cdot h}{n_z \cdot S \cdot t} \cdot K, \text{ мин}$$

где  $S$  – продольная подача, мм/об.

При круглом внутреннем шлифовании перебега круга в обе стороны равен  $0,5 \cdot B$ , тогда

$$L = l - (1 - 2 \cdot 0,5) \cdot B, \text{ т.е. } L = l \text{ мм}$$

Плоское шлифование

$$T_0 = \frac{H \cdot L \cdot h}{1000 \cdot V_c \cdot S \cdot t \cdot g} \cdot K, \text{ мин}$$

где  $H$  – перемещение шлифовального круга в направлении поперечной подачи, мм;

$L$  – величина хода стола, мм;

$h$  – припуск на сторону;

$V_c$  – скорость движения стола, м/мин;

$g$  – число одновременно шлифуемых заготовок.

$$H = B_3 + B_k + 5, \text{ мм}$$

где  $B_3$  – суммарная ширина заготовок, установленных на столе, мм.

$B_k$  – величина шлифовального круга, мм.

$$L = l + (10 \dots 15), \text{ мм}$$

где  $l$  – суммарная длина заготовок, установленных на столе, мм.

### **Пример.**

На кругло шлифовальном станке 3М131 шлифуется шейка вала диаметром  $D = 80h6$  мм длиной  $l = 300$  мм, длина вала  $l_1 = 550$  мм. Параметр шероховатости обработанной поверхности  $Ra = 0,4$  мкм. Припуск на сторону  $0,2$  мм. Материал заготовки – сталь 45 закаленная, твердостью HRC45.

Необходимо: выбрать шлифовальный круг, назначить режим резания; определить основное время.

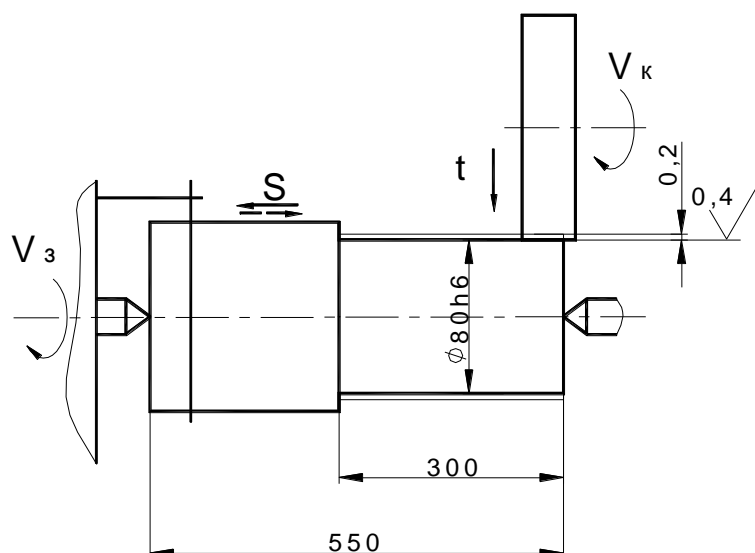


Рисунок 1 – Эскиз обработки

### Решение:

#### 1. Выбор шлифовального круга.

Для круглого наружного шлифования с продольной подачей (шлифовать с радиальной подачей нельзя из-за большой длины шлифуемой поверхности), параметра шероховатости  $Ra = 0,4$  мкм, конструкционной закаленной стали до HRC45 принимаем:

- шлифовальный круг формы ПП, [2],
- характеристика – 24 А401К, [6],
- индекс зернистости – Н, [2],
- структура – 5, [6],
- класс – А, [2],

**Полная маркировка круга ПП24 А40НС15КА 35 м/с.**

Размеры шлифовального круга  $D_k = 600$  мм;  $B_k = 63$  мм (по паспорту станка).

#### 2. Режим резания

2.1 Скорость шлифовального круга  $V_k = 35$  м/с.

Частота вращения шпинделя шлифовальной бабки

$$n_{ш} = \frac{1000 \cdot V_k \cdot 60}{\pi \cdot D_k}, \text{ мин}^{-1}$$

$$n_{ш} = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3,14 \cdot 600} = 1114,6 \text{ мин}^{-1}$$

Корректируя по паспортным данным станка, принимаем  $n_{ш} = 1112 \text{ мин}^{-1}$  (корректируется только в меньшую сторону).

Режимы резания для окончательного круглого наружного шлифования конструкционных сталей с подачей на каждый ход определяют.

2.2. Окружная скорость заготовки  $V_z = 15 \dots 55 \text{ м/мин}$ ; принимаем  $V_z = 30 \text{ м/мин}$ .

Частота вращения шпинделя передней бабки, соответствующая принятой окружной скорости заготовки,

$$n_z = \frac{1000 \cdot V_z}{\pi \cdot D_z}, \text{ мин}^{-1}$$

$$n_z = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 80} = 119,4 \text{ мин}^{-1}$$

Так как частота вращения заготовки регулируется бесступенчато, принимаем  $n_z = 120 \text{ мин}^{-1}$ .

2.3. Глубина шлифования  
 $t = 0,005 \dots 0,015 \text{ мм}$ .

Принимаем, учитывая бесступенчатое регулирование поперечной подачи шлифовального круга на ход стола,  
 $t = 0,005 \text{ мм}$ .

2.4. Продольная подача  
 $S = (0,2 \dots 0,4) \cdot B_k, \text{ мм/об}$ .

Принимаем  $S = 0,25 \cdot B_k = 0,25 \cdot 63 = 15,75 \text{ мм/об}$ .

2.5 Скорость продольного хода стола

$$V_c = \frac{S \cdot n_z}{1000} = \frac{15,75 \cdot 120}{1000} = 1,89 \text{ м/мин}$$

С учетом паспортных данных (бесступенчатое регулирование скорости продольного хода стола) принимаем  $V_c = 1,9 \text{ м/мин}$ .

3. Проверка достаточности мощности станка

### 3.1 Мощность затрачиваемая на резание

$$N_p = C_N \cdot V_3^z \cdot t^x \cdot S^y \cdot d^q, \text{ кВт},$$

где  $C_N$  – коэффициент, учитывающий условия шлифования;

$x, y, z, q$  – показатели степени;

$V, t, S$  – элементы режима резания;

$d$  – диаметр шлифования, мм.

Для круглого наружного шлифования закаленной стали с подачей на каждый ход шлифовальным кругом зернистостью 40, твердостью СМ1

$C_N = 2,65; z = 0,5; x = 0,5; y = 0,55; q = 0,$

тогда  $N_p = 2,65 \cdot 30^{0,5} \cdot 0,005^{0,5} \cdot 15,75^{0,55} \cdot = 2,65 \cdot 5,48 \cdot 0,07 \cdot 4,55 = 4,63$  кВт.

### 3.2 Мощность на шпинделе станка

$$N_{ш} = N_o \cdot \eta, \text{ кВт}$$

где  $N_o = 7,5$  кВт;  $\eta = 0,8$  – паспортные данные станка (см. приложение 2 к данным методическим указаниям).

$$N_{ш} = 7,5 \cdot 0,8 = 6 \text{ кВт}.$$

Так как  $N_{ш} = 6 \text{ кВт} > N_p = 4,63 \text{ кВт}$ , то обработка возможна.

### 4. Основное время

$$T_0 = \frac{L \cdot h}{1000 \cdot V_c \cdot t} \cdot K, \text{ мин}$$

$$L = l - (1 - K \cdot m) \cdot B_k, \text{ мм}$$

где  $m$  – доля перебега круга, принимаем  $m = 0,5$  (т.е. половина круга);  $K = 1$  – число сторон перебега круга (см. эскиз обработки),

тогда

$$L = l - (1 - 1 \cdot 0,5) \cdot B_k = l - 0,5 \cdot B_k = 300 - 0,5 \cdot 63 = 268,5 \text{ мм}$$

$K = 1,4$  – коэффициент выхаживания

$$T_0 = \frac{268,5 \cdot 0,2}{1000 \cdot 1,9 \cdot 0,005} \cdot 1,4 = 7,92 \text{ мин}$$

### Варианты задания к практической работе

| №  | Материал заготовки и его свойства | Вид обработки и параметр шероховатости поверхности, мкм | Размер шлифуемой поверхности, мм | Припуск на сторону, мм |
|----|-----------------------------------|---|----------------------------------|------------------------|
| 1  | 2                                 | 3   | 4                                | 5                      |
| 1  | Сталь 45ХН закаленная, HRC45      | Окончательная, Ra=0,8                                   | D=60h8<br>l=240                  | 0,22                   |
| 2  | Сталь 40X незакаленная            | Окончательная, Ra=0,4                                   | D=55h7<br>l=40                   | 0,15                   |
| 3  | Серый чугун СЧ30, HB220           | Предварительная, Ra=1,6                                 | D=120H8<br>l=140                 | 0,25                   |
| 4  | Серый чугун СЧ15, HB190           | Окончательная, Ra=0,8                                   | D=80H7<br>l=60                   | 0,2                    |
| 5  | Сталь 12X18H9T незакаленная       | Предварительная, Ra=1,6                                 | B=250<br>l=300                   | 0,4                    |
| 6  | Сталь 40X закаленная, HRC52       | Окончательная, Ra=0,4                                   | D=55H7<br>l=50                   | 0,18                   |
| 7  | Сталь 47A закаленная, HRC60       | Окончательная, Ra=0,8                                   | B=200<br>l=300                   | 0,25                   |
| 8  | Серый чугун СЧ20, HB200           | Предварительная, Ra=1,6                                 | B=280<br>l=650                   | 0,5                    |
| 9  | Бронза Бр АЖН 10-4 HB170          | Окончательная, Ra=0,8                                   | D=45h7<br>l=120                  | 0,2                    |
| 10 | Сталь 40 закаленная, HRC35        | Окончательная, Ra=0,4                                   | D=84h7<br>l=300                  | 0,1                    |
| 11 | Сталь Ст5 незакаленная            | Предварительная, Ra=1,6                                 | D=120h8<br>l=48                  | 0,25                   |
| 12 | Сталь 45X закаленная, HRC45       | Окончательная, Ra=0,8                                   | D=85H7<br>l=60                   | 0,18                   |
| 13 | Сталь 40ХНМА закаленная, HRC55    | Окончательная, Ra=0,8                                   | B=120<br>l=270                   | 0,2                    |
| 14 | Латунь ЛМцЖ 52-4-1                | Предварительная, Ra=1,6                                 | D=120H8<br>l=80                  | 0,25                   |
| 15 | Сталь 48A закаленная, HRC60       | Окончательная, Ra=0,4                                   | D=80H7<br>l=70                   | 0,15                   |
| 16 | Сталь 35 незакаленная             | Предварительная, Ra=1,6                                 | D=75h8<br>l=55                   | 0,3                    |

|    |                                |                         |                  |      |
|----|--------------------------------|-------------------------|------------------|------|
| 17 | Сталь 45 закаленная, HRC40     | Окончательная, Ra=0,8   | D=38h7<br>l=100  | 0,15 |
| 18 | Серый чугун СЧ10, HB180        | Предварительная, Ra=1,6 | D=65h7<br>l=90   | 0,2  |
| 19 | Серый чугун СЧ30, HB220        | Окончательная, Ra=0,8   | B=45<br>l=250    | 0,25 |
| 20 | Сталь 40 незакаленная          | Предварительная, Ra=1,6 | D=58H8<br>l=60   | 0,3  |
| 21 | Сталь 40X закаленная, HRC50    | Окончательная, Ra=0,4   | D=65H7<br>l=70   | 0,25 |
| 22 | Сталь Ст3 незакаленная         | Предварительная, Ra=1,6 | B=55<br>l=150    | 0,45 |
| 23 | Сталь 45X закаленная, HRC52    | Предварительная, Ra=1,6 | B=80<br>l=250    | 0,35 |
| 24 | Серый чугун СЧ20, HB200        | Предварительная, Ra=1,6 | D=110h8<br>l=280 | 0,2  |
| 25 | Сталь 30ХГТС закаленная, HRC55 | Окончательная, Ra=0,4   | D=65h7<br>l=50   | 0,25 |
| 26 | Сталь 40X закаленная, HRC40    | Окончательная, Ra=0,8   | D=65h7<br>l=200  | 0,3  |

### **Отчет о работе должен содержать:**

- название и цель работы;
- результаты выполнения работы;
- защита работы.

### **Правила оформления отчета:**

Отчет оформляется в соответствии с ГОСТ Р 2.105-2019. Текст документа рекомендуется оформлять с использованием полуторного межстрочного интервала. Расстояние от рамки формы до границ текста в начале и в конце строк – не менее 3 мм. Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10 мм. Абзацы в тексте начинают отступом 12,5мм.

Отчет в общем виде включает в себя следующие структурные элементы: титульный лист, цель работы, индивидуальное задание, расчетные формулы, расчеты, итоговые таблицы, вывод.

### **Примерные контрольные вопросы:**

1. Каким образом выполняется точение на токарных станках?
2. Для чего выполняется точение?
3. Виды точения?
4. В чем состоит определение режимов резания?
5. В каком порядке устанавливаются режимы резания?
6. Назовите режущие инструменты для резания металлов?

### **Практическое занятие №3** **«Технологический процесс слесарной обработки»**

**Цель практической работы:** изучить приемы обработки металла с соблюдением правил техники безопасности и охраны труда.

Данный этап предполагает предварительное определение содержания операций, а также предварительное определение типа оборудования и оснастки.

При установлении последовательности обработки данной детали учитывается необходимость поэтапного выполнения обработки.

Этапы обработки деталей.

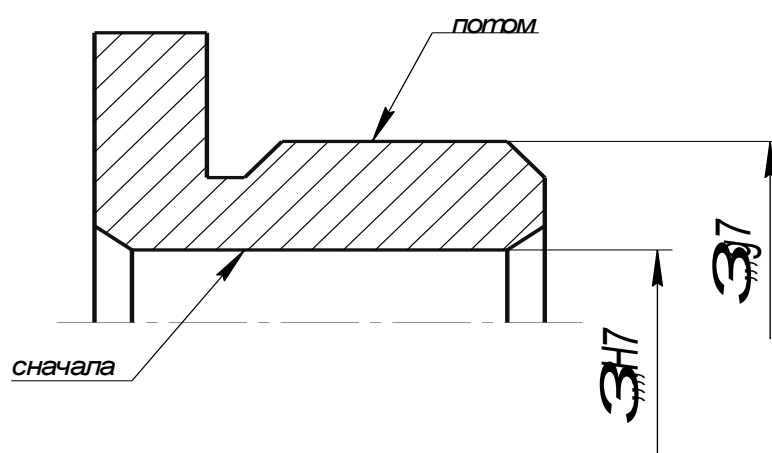
1. Заготовительный
2. Т/о заготовки (снятие внутреннего напряжения)
3. Этап черновой обработки (обдирка + черновая обработка), (ИТ 15 ... 12 )
4. Т/о (для снятия остаточных напряжений, возникающих вследствие черновой обработки и для улучшения обрабатываемости).
5. Этап п/чистой обработки 1. (лезвийная обработка всех поверхностей), (ИТ 12 ... 10 ) , (фаски, канавки, шлицы, пазы).
6. Цементация
7. П/чистовая обработка 2. (лезвийная обработка поверхностей, которые не надо закаливать после цементации, дополнительные отверстия, пазы, фаски, канавки)
8. Т/о(закалка).



9. Чистовая обработка 1. (*IT 9...7*)
10. Азотирование
11. Чистовая обработка 2
12. Гальваническая обработка.
13. Отделочная обработка.

Обратить внимание:

- 1) Первоочерёдно обрабатывают поверхности, принятые за чистовые базы;
- 2) На первых операциях необходимо выдерживать размеры, связывающие необработанные и обработанные поверхности;
- 3) Общая последовательность обработки зависит от способа простановки размеров на деталь. В начало маршрута стараются вынести обработку поверхностей, относительно которых координируется наибольшее число других поверхностей.
- 4) При грубой заготовке в начале обрабатывают поверхности, с которыми снимается максимальный слой металла;
- 5) Последующая обработка строится по принципу: чем точнее, тем позднее.



В начале обрабатывают поверхности, которые сложнее повредить случайным образом.

- 6) Операции обработки второстепенных поверхностей, не влияющих на точность основных показателей деталей, выполняют в конце ТП, но до операций окончательной обработки ответственных поверхностей;
- 7) Если заготовку подвергают т/о, то при её недостаточной жёсткости в ТП предусматривают дополнительные операции правки. Кроме того, для всех заготовок может быть введена до-

полнительная обработка отдельных поверхностей для обеспечения заданной точности и шероховатости.

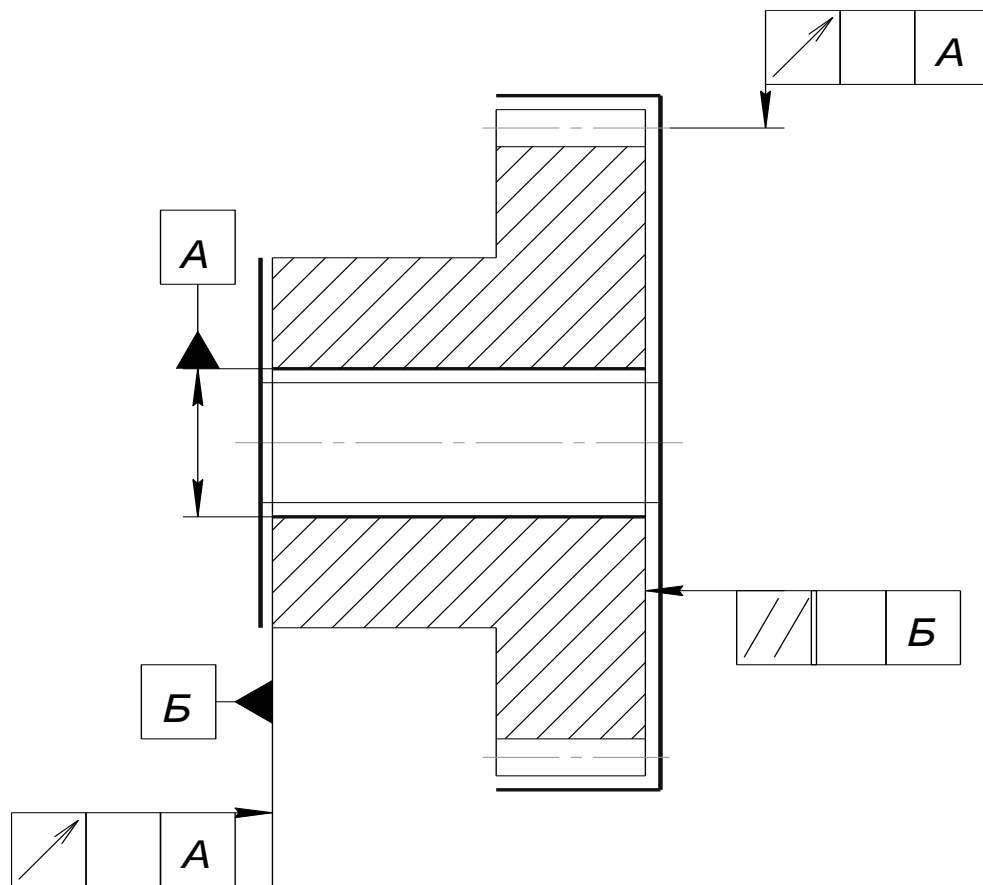
При необходимости механической обработки после т/о должна быть предусмотрена операция дополнительной обработки чистовых баз.

Особенности обработки прецизионных деталей.

1. Строго соблюдение стадийной обработки.
2. На точность изготовления прецизионных деталей особое влияние оказывает самопроизвольное изменение формы и размеров этих деталей из-за нестабильности структуры материала и перераспределения остаточных напряжений. Для изменения влияния этих факторов необходимо стабилизировать размеры прецизионных деталей. Это достигается чередованием операций, механической обработки и стабилизацией размеров, например низкотемпературным стабилизирующим отпуском или вибрационным старением.

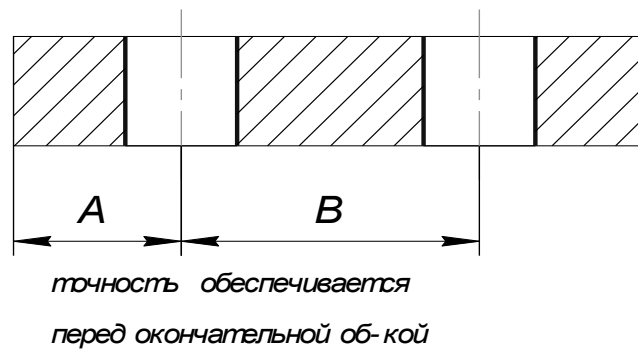
Основные исключения из вышеизложенных принципов:

- 1) При обработке жёстких заготовок, при малых размерах обрабатываемых поверхностей окончательную обработку некоторых точных поверхностей ведут в начале ТП (несменяемые чистовые базы);
- 2) Применение станков типа обрабатывающий центр часто противоречит принципу разделения маршрута на стадии;
- 3) Предварительное содержание операций устанавливается объединением технологических переходов данной стадии, которая могут быть выполнены на одном станке. Однако обработку взаимосвязанных поверхностей следует выполнять в одной операции.



4) В отдельные операции выносят обработку поверхностей, требующих специального оборудования (пазов, шлицев, зубчатых поверхностей, некруглых отверстий в отдельной операции);

5) Перед операциями, в которых используются самоустанавливающиеся инструменты: развёртки с плавающим креплением протяжки, при хонинговании отверстий, обязательны операции обеспечивающие достижение окончательно точности размера и взаимного положения этих поверхностей друг относительно друга.



Предварительно выбираются тип оборудования и оснастки.

В зависимости от выбранного вида обработки устанавливают группу станков. В соответствии с назначением станка и его компоновкой, степенью автоматизации и видом используемого инструмента определяют тип станка.

Тип станка призван обеспечить определение вида формообразования, а так же возможность положения требуемой точности размера, формы и шероховатости.

Если эти требования обеспечивают станка разных типов, то принимают во внимание:

- 1) Соответствие габаритов станка с габаритами заготовки;
- 2) Производительность станка;
- 3) Возможность наиболее полного использования станка, как по времени, так и по маршруту;
- 4) Наименьшие затраты времени на обработку;
- 5) Наименьшую себестоимость обработки;
- 6) Наименьшую отпускную цену станка;
- 7) Возможность использования имеющегося оборудования.

Тип производства определяет выбор станков. В единичном производстве выбирают станки с гибкостью и универсальностью формообразования; с широким диапазоном габаритных размеров обрабатываемых деталей (токарно-вертикальные и радиально-сверлильные, универсальные и широко-универсальные фрезерные, кругло-шлифовальные).

Мелкосерийное и серийное производство – станок меньшей универсальности, но большей производительности с автоматизацией управления (токарно-револьверные, сверлильные одно и много-шпиндельные, п/автоматы, барабанно-фрезерные станки, токарно-винторезные станки с ЧПУ)

Крупносерийное и массовое – станок узкой специализации, высокой производительности и высокой степени автоматизации, агрегатные станки, ... станки с ЧПУ, станков п/автоматов, жёстких автоматических линий из агрегатных и специальных станков.

Однозначно с выбором станка выбираются станочные приспособления. Если они являются неотъемлемым элементом станка, то указывается их наименьшее. В случае специализированного приспособления технолог приводит схемы приспособления и

оговаривает его общее устройство. Так же технолог предварительно определяет РИ, обеспечивающий наибольшую производительность, а так же требуемую точность и шероховатость. При этом обязательно указывается наличие инструмента, марка материала режущей части и конструктивной особенностью инструмента, обеспечение полное нужных показателей обработанных поверхностей.

Подбирается вспомогательный инструмент и средства измерения для контроля параметров детали, уходящий на следующей операции.

Пример:

| № Опер | Наименование,<br>содержание операции   | Операционный эскиз | Станок,<br>приспособл  |
|--------|--|--------------------|--|
| 000    | Заготовительная  | Смотреть рисунок 2 | ГКМ  |
| 005    | Токарная<br><br>Позиция 1 –<br>– загрузочная<br><br>Позиция 2 –<br>точение черновое<br>точить поверхности<br>①, ②, ③<br><br>Позиция 3 –<br>точение черновое<br>точить поверхности<br>④, ⑤<br><br>Позиция 4 –<br>точение чистовое<br>точить поверхности<br>⑥, ⑦, ⑧<br><br>Позиция 5 –<br>точение чистовое<br>точить поверхности<br>⑨, ⑩<br><br>Позиция 6 –<br>точение тонкое<br>точить поверхность<br>⑪ |                    | Токарный<br>п/автомат<br>мод 1А283<br><br>Патрон<br>токарный<br>самоцентрир.<br>кулачковый<br>ГОСТ 3889-71 |

**Содержание работы:** по заданию преподавателя составить инструкционно-технологическую карту основных слесарных операций (разметка, правка, гибка, рубка, резка, опилование, обработка отверстий, обработка резьбовых поверхностей) деталей из приложения 1, оформить отчет.

**Отчет о работе должен содержать:**

- название и цель работы;
- результаты выполнения работы;
- защита работы.

**Правила оформления отчета:**

Отчет оформляется в соответствии с ГОСТ Р 2.105-2019. Текст документа рекомендуется оформлять с использованием полуторного межстрочного интервала. Расстояние от рамки формы до границ текста в начале и в конце строк – не менее 3 мм. Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10 мм. Абзацы в тексте начинают отступом 12,5мм. Отчет в общем виде включает в себя следующие структурные элементы: титульный лист, цель работы, индивидуальное задание, расчетные формулы, расчеты, итоговые таблицы, вывод.

**Примерные контрольные вопросы:**

1. Как определить шаг резьбы?
2. Можно ли завернуть гайку М20\*1,5 на болт М20?
3. Назовите инструменты для выполнения разметки.
4. Назовите инструменты для нарезания резьбы.
5. Назовите инструменты для резки металла.
6. Назовите основные принципы правки листового металла

## Практическое занятие № 4 «Восстановление деталей»

**Цель практической работы:** изучение технологии восстановления деталей наплавкой.

Для восстановления деталей подвижного состава в условиях локомотивных и вагонных депо, в отдельных случаях и на ремонтных заводах широко применяется ручная дуговая наплавка, так как ремонт деталей носит мелкосерийный характер. При расчете режима наплавки необходимо знать основные параметры процесса и можно пользоваться схемой, приведенной на рис. 1.

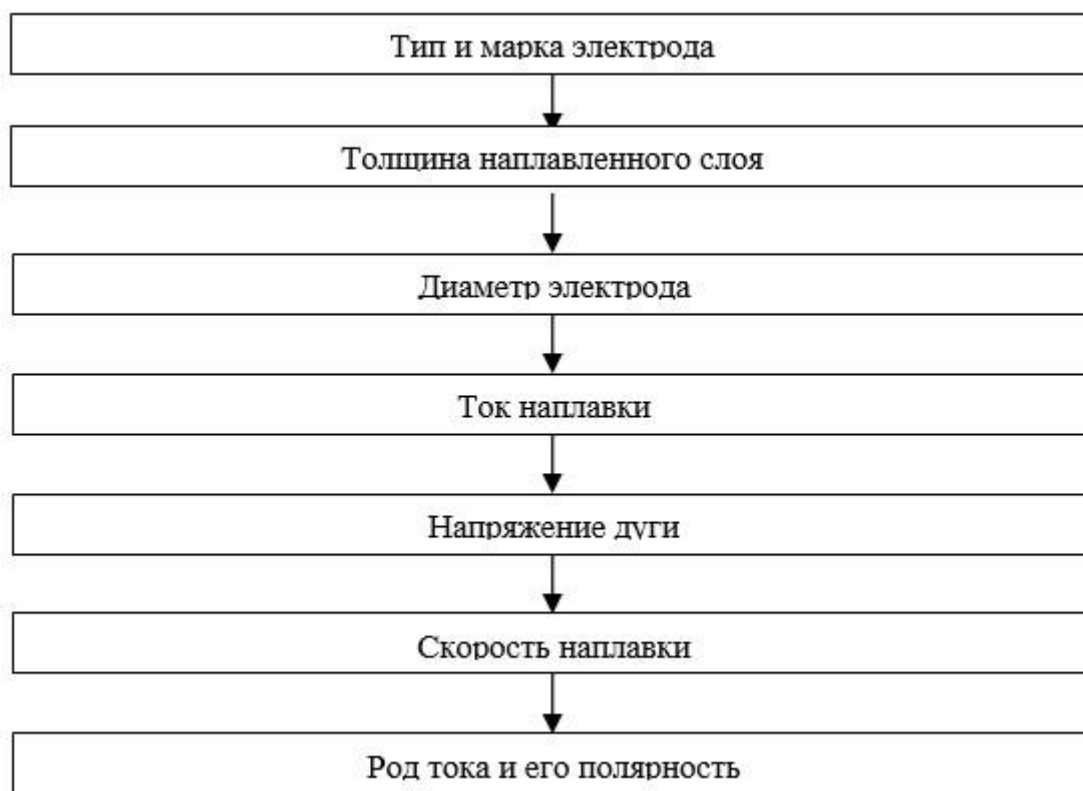


Рисунок 1 - Основные параметры процесса ручной дуговой наплавки

Выбор состава наплавленного металла зависит от условий работы детали и вида износа восстанавливаемой поверхности. Большинство деталей подвижного состава работает в условиях трения металла о металл при нормальной температуре. Для их восстановления применяют наплавку низкоуглеродистой и низ-

колегированной стальной проволокой. Главная цель наплавки – восстановление размеров и свойств детали до уровня первоначальных значений. Твердость наплавляемого слоя зависит от твердости детали, с которой взаимодействует в процессе работы восстанавливаемая деталь, кроме того, после наплавки деталь подвергают механической обработке, поэтому твердость наплавленного металла не должна превышать HB149.

Выбираем тип электрода .

Тип электрода: Э55;

Марка электрода: УОНИИ-13/55;

Коэффициенты:

наплавки, г/А·ч:  $\alpha_n=8,5$

расхода:  $\alpha_p=1,7$ .

Толщина наплавленного слоя выбирается с учетом износа и припуска на последующую механическую обработку

$$\delta_n = \delta_{из} + \delta_0,$$

где  $\delta_{из}$  – износ, мм;  
 $\delta_0$  – припуск на последующую механическую обработку, мм.

$$\delta_n = 1,3 + 2 = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Ручная наплавка производится широким валиком с амплитудой поперечного перемещения от двух до четырех диаметров электрода :

$$b = (2 - 4) \cdot d_{эл},$$

$$b = 2 \cdot 4 = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Диаметр электрода:  $d_{эл}= 4 \text{ мм}$ ;

Такой прием увеличивает ширину валика, способствует замедлению охлаждения сварочной ванны, что уменьшает возможность появления непроваров, шлаковых включений и пор. Валики накладываются после удаления шлака так, чтобы каждый последующий перекрывал предыдущий на  $1/2 - 1/3$  его ширины. Поверхность наплавки получается ровной, припуск на механическую обработку составляет 2-3 мм. При значительном износе детали наплавка производится в несколько слоев.



Значение тока наплавки выбирают на основании рекомендаций, помещенных в паспортах электродов и справочных таблицах, или рассчитывают по эмпирической формуле:

$$I_{\text{н}} = \frac{\pi d_{\text{эл}}^2}{4} j$$

где  $j$  - плотность тока А/мм<sup>2</sup>

$$I_{\text{н}} = \frac{3,14 \cdot 16}{4} \cdot 10 = 125,6$$

Ориентировочно значение тока при ручной дуговой наплавке определяют по формуле:

$$I_{\text{н}} = (20 + 6 \cdot d_{\text{эл}}) \cdot d_{\text{эл}} ;$$

$$I_{\text{н}} = (20 + 24) \cdot 4 = 180$$

Особенностью ручной дуговой наплавки является ведение процесса возможно более короткой дугой, длина, м, которой определяется по формуле:

$$l_{\text{д}} = (0,5 - 1,1) \cdot d_{\text{эл}}$$

$$l_{\text{д}} = 0,6 \cdot 4 = 2,4 \cdot 10^{-3}$$

Значение напряжения дуги определяют по справочным данным или рекомендациям сертификатов, которыми сопровождаются все марки электродов. Для большинства марок электродов, используемых при наплавке углеродистых и легированных конструкционных сталей, рекомендуется выбирать напряжение дуги в пределах 20-32В. Точное значение применяемого напряжения дуги в зависимости от тока рассчитывают по формуле, В:

$$U_{\text{д}} = 20 + 0,04 \cdot I_{\text{н}} ;$$

$$U_{\text{д}} = 20 + 0,04 \cdot 180 = 27,2$$

Скорость наплавки, м/ч:

$$V_{\text{н}} = \frac{\alpha_{\text{н}} I_{\text{н}}}{F_{\text{н}} \rho} ,$$

где  $\alpha_{\text{н}}$  – коэффициент наплавки, г/А·ч;

$F_{\text{н}}$  – площадь наплавленного слоя одного прохода, мм<sup>2</sup>;

$\rho$  – плотность металла шва, 7,8 г/см<sup>3</sup>.

Площадь поперечного сечения наплавленного валика, мм<sup>2</sup>:

$$F_H = \delta_H \cdot a \cdot b$$

где  $a$  – коэффициент, учитывающий отклонение площади наплавленного валика от площади прямоугольника,  $a = 0,6 – 0,7$ .

$$F_H = 3,3 \cdot 8 \cdot 0,6 = 15,84 \cdot 10^{-6}$$

$$V_H = \frac{8,5 \cdot 180}{15,84 \cdot 7,8} = 12,38$$

При выборе тока следует учитывать экономические и эксплуатационные преимущества переменного тока перед постоянным. Однако в некоторых случаях использование переменного тока при наплавке электродами УОНИ – 13, ОЗН не допускается. Так, характер наплавочных работ обуславливает необходимость получения слоя наплавленного металла за счет возможно большего количества электродного металла при минимальной глубине проплавления основного металла, поэтому для наплавочных работ следует предпочесть постоянный ток и вести наплавку на обратной полярности, обеспечивающей более высокую производительность процесса и меньшую глубину проплавления поверхности детали.

**Содержание работы:** по заданию преподавателя рассчитать параметры режимов наплавки, ответить на контрольные вопросы, оформить отчет.

**Отчет о работе должен содержать:**

- название и цель работы;
- результаты выполнения работы;
- защита работы.

**Правила оформления отчета:**

Отчет оформляется в соответствии с ГОСТ Р 2.105-2019. Текст документа рекомендуется оформлять с использованием полutorного межстрочного интервала. Расстояние от рамки формы до границ текста в начале и в конце строк – не менее 3 мм. Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10 мм. Абзацы в тексте

начинают отступом 12,5мм. Отчет в общем виде включает в себя следующие структурные элементы: титульный лист, цель работы, индивидуальное задание, расчетные формулы, расчеты, итоговые таблицы, вывод.

**Примерные контрольные вопросы:**

1. Суть процесса газотермического напыления?
2. Чем отличается плазменная дуга от свободно горячей электрической дуги?
3. В чем сущность процессов плазменной резки?
4. В каких областях применяют электроннолучевую плавку?
5. В чем сущность автоматической наплавки под флюсом?

**Практическое занятие № 5**

**«Типовые технологические процессы обработки валов»**

**Цель практической работы:** изучение процесса обработки валов.

Несмотря на большое разнообразие размеров и конструктивных форм, валы подвергаются одинаковым процессам изготовления. Типичными установочными базами для них являются центровые отверстия. На некоторых операциях обработки при воздействии изгибающие сил резания, например при фрезеровании плоскостей, сверлении радиальных отверстий, в качестве установочных баз используют обработанные шейки.

В зависимости от конструкций или программы выпуска изделий технологические процессы изготовления валов могут различаться только последовательностью обработки или введением дополнительных операций.

Типовую схему процесса изготовления валов можно представить следующим образом:

1) подготовка технологических баз — подрезание торцов и центрование. Эту операцию при серийном и массовом производстве выполняют на центровальных и фрезерно-центровальных станках двустороннего или барабанного типа;

2) черновая токарная обработка обоих концов вала, подрезание торцов и уступов;

3) чистовая токарная обработка, осуществляемая в той же последовательности, что и черновая. Наружные поверхности валов обтачивают на токарно-копировальных и многорезцовых одно- и многошпиндельных автоматах;

4) черновое шлифование шеек вала, служащих дополнительными базами при фрезеровании, сверлении, растачивании отверстий на одном из концов вала;

5) правка заготовки при изготовлении нежестких валов;

6) черновая и чистовая обработка фасонных поверхностей — нарезание шлицев, зубчатых венцов, фрезерование кулачков и т.д.;

7) выполнение последующих операций — сверления, развертывания, нарезания резьбы, фрезерования лысок, шпоночных канавок;

8) термическая обработка всей детали или отдельных ее поверхностей;

9) правка вала;

10) черновое и чистовое шлифование наружных поверхностей, торцов, отверстий;

11) доводка особо точных поверхностей.

Оборудование для выполнения типового процесса может быть разным, но порядок и характер операций при изготовлении валов должны оставаться неизменными.

При разработке технологических процессов изготовления валов необходимо руководствоваться типовыми технологическими процессами обработки различных поверхностей (таблица 1).

**Таблица 1 – Типовые технологические процессы (операции)  
обработки различных поверхностей валов в условиях серийного  
производства**

| Поверхности                                 | Точность                      | Шероховатость<br>Ra, мкм | Характер и последовательность выполнения операций (переходов)  |
|---|-------------------------------|--------------------------|--|
| Не закаливаемые цилиндрические и конические | Квалитет 11 и грубее          | 25 и грубее              | Черновое точение на станках класса Н   |
|   | Квалитет 9 и грубее           | 3,2 и грубее             | Черновое и чистовое точение на станках класса Н  |
|   | Квалитеты 6...8               | 0,4...1,6                | 1.Черновое, чистовое (получистовое) точение и круглое шлифование на станках класса Н<br>2.Предварительное и чистовое точение на станках класса П   |
| Закаливаемые цилиндрические и конические    | Квалитеты 6...8               | 0,4...1,6                | 1.Черновое и получистовое точение, закалка и круглое шлифование на станках класса Н<br>2.Черновое, чистовое (получистовое) точение, закалка, чистовое точение на станках класса П с использованием сверхтвердых режущих материалов на основе нитрида бора (композит 01), карбонада (например марки АСПК) и др. |
| Не закаливаемые шлицевые поверхности        | Квалитет 6 наружного диаметра | 0,4...1,6                | 1.Черновое и чистовое точение, круглое шлифование, шлицефрезерование<br>2.Черновое и чистовое точение, круглое шлифование, шлицефрезерование, круглое шлифование   |
| Закаливаемые шлицевые                       | Квалитет 6, 7 внут-           | 0,4...1,6                | 1.Черновое и чистовое точение, шлицефрезерование, за-  |

|   |   |                      |   |
|---|---|----------------------|---|
| вые поверх-<br>ности  | ренного<br>диаметра   |                      | калка, шлищешлифование<br>2.Получистовое точение,<br>шлицефрезерование, закалка,<br>шлищешлифование   |
| Цилиндриче-<br>ская со шпо-<br>ночной кан-<br>навкой                    | Ширина<br>канавки<br>квалитетов<br>8, 9, точ-<br>ность диа-<br>метра ква-<br>литетов<br>8,9 | 1,6<br><br>0,4...0,8 | 1.Черновое и чистовое точе-<br>ние, шпоночное фрезерова-<br>ние, круглое шлифование<br>2.Получистовое точение, фре-<br>зерование шпоночного паза,<br>круглое шлифование   |
| Резьбовая<br>(крепёжная<br>резьба) с<br>нормальным<br>и мелким<br>шагом | 8h...8g   | 1,6                  | 1.Черновое и чистовое точе-<br>ние, нарезание резьбы плаш-<br>ками или резьбофрезерование<br>2.Получистовое точение,<br>нарезание резьбы плашками<br>или резцами<br>3.Получистовое точение,<br>накатывание резьбы |
| Резьбовая с<br>нормальным<br>и мелким<br>шагом                          | 4h...6g   | 0,8                  | 1.Черновое и чистовое точе-<br>ние, нарезание резьбы резца-<br>ми<br>2.Черновое и чистовое точе-<br>ние, резьбонакатывание,<br>шлифование резьбы  |

Получение исходной информации. В качестве примера принят вал, материал — сталь 20Х, масса детали 4,9 кг, годовой объём выпуска 1250 шт., режим работы двухсменный при 40-часовой рабочей неделе.

Технологический контроль чертежа. Деталь представляет собой ступенчатый вал. Точность изготовления основных поверхностей находится в пределах квалитетов 6...8. Отношение длины (325 мм) к диаметру (в среднем 50 мм) составляет 6,5. Вал можно считать достаточно жестким, что не вызывает трудностей в получении заданной точности. Шероховатость посадочных шеек находится в пределах 1,25 мкм, точность расположения поверхностей — в пределах 0,02 мм. Весьма мал допуск на погрешность формы шеек диаметром 45 мм. Диаметральные размеры шеек вала уменьшаются к концам. Конфигурация вала, раз-

меры поперечных канавок позволяют производить обработку на токарных станках различного типа. Обеспечение точности и шероховатости диаметральных поверхностей не вызывает трудностей.

Необходимо отметить некоторые недостатки конструкции детали. На валу имеется три шпоночных паза: два закрытого типа и один полузакрытого на резьбовом конце. Вызывает сомнение правильность такого конструктивного решения. Для уменьшения номенклатуры инструментов целесообразно применять один размер: 14N9 или 16N9. Для шеек диаметром 45 мм рекомендуемым номинальным размером шпоночных пазов является размер 14. Поэтому в обоих случаях принимаем размер шпоночных пазов 14N9.

Определение типа производства. Пользуясь справочными таблицами, можно установить, что производство серийное. Величина партии деталей:

$$n = \frac{N \cdot a}{m}$$

где N — годовая программа выпуска деталей одного наименования, шт.; a — необходимый запас деталей на складе, дней; m — количество рабочих дней в году (при пятидневной рабочей неделе  $m = 254$ ).

Если принять:  $a = 6$  дней,  $N = 1250$  штук,  $m = 254$  дней.

$$n = \frac{1250 \cdot 6}{254} = 29,52 \approx 30 \text{ штук}.$$

По величине партии в 30 штук можно уточнить, что производство среднесерийное.

Выбор вида заготовки. В связи с небольшим объемом производства в качестве заготовки принимают прокат горячекатаный (ГОСТ 2590-91). Заготовки получают путем резки прутка дисковыми пилами. Диаметр прутка выбирают по наибольшему диаметру детали с учетом припуска на обработку и стандартного ряда диаметров согласно ГОСТ 2590-91. Длина заготовки принята равной 328<sub>0,8</sub>.

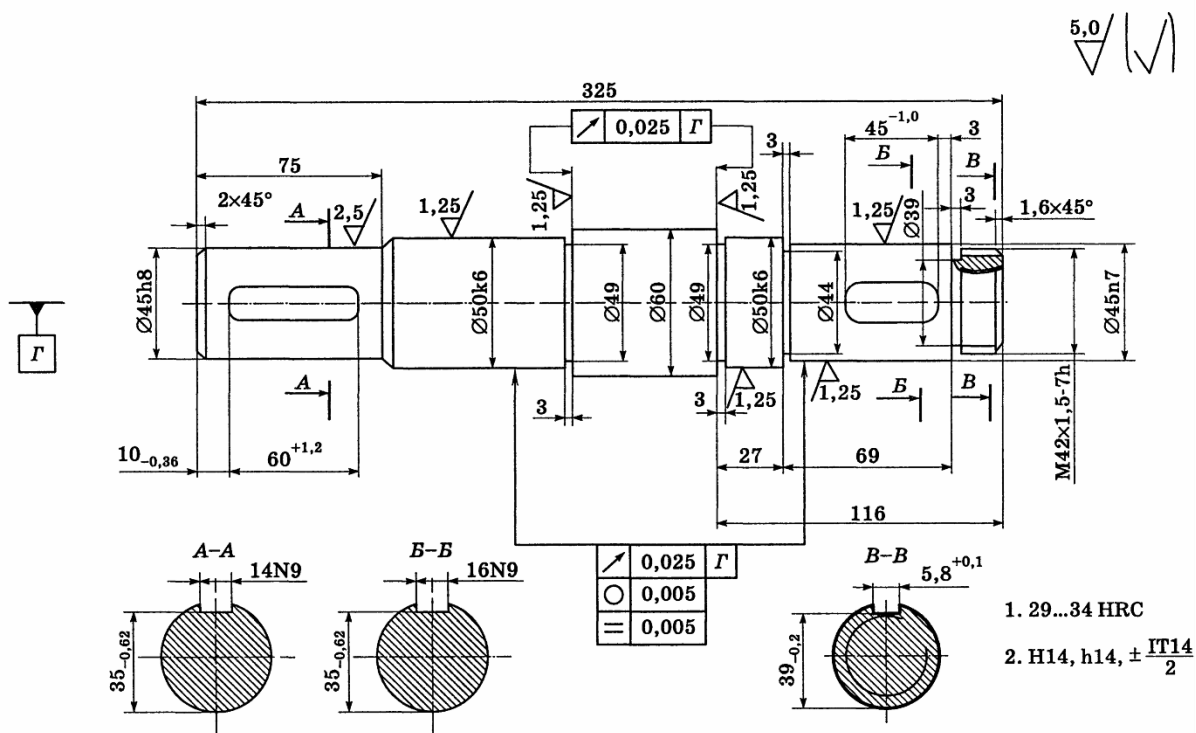


Рисунок 1 – Вал

Предварительная разработка технологического маршрута. Серийное производство в настоящее время имеет свои особенности. Широкое распространение в нем получили станки с ЧПУ и промышленные роботы. Использование станков с ЧПУ позволяет сконцентрировать ряд операций на одном рабочем месте.

Оборудование должно иметь возможность его быстрой переналадки на выпуск других деталей, сходных по технологическому процессу с рассматриваемой, т.е. обеспечивать возможность групповой обработки. В качестве оборудования используются в основном станки с ЧПУ.

Разработанный технологический маршрут обработки вала приведен в таблице 6.2. Маршрут и принятое оборудование позволяют обрабатывать ступенчатые валы различного назначения.



Таблица 6.2 – Технологический маршрут механической обработки вала

| №    | Наименование и содержание операции                                 | Эскиз обработки, базирование  | Оборудование                              |   |   |   |   |    |    |    |                                    |
|------|--|---|---|---|---|---|---|----|----|----|------------------------------------|
| 00   | Заготовительная  |   | Круглопильный автомат 8Г642               |   |   |   |   |    |    |    |                                    |
| 10   | Фрезерно-центровальная операция: фрезерование торцов и центрование |   | Фрезерно-центровальный полуавтомат МР-76М |   |   |   |   |    |    |    |                                    |
| 20   | Токарная операция: обработка со стороны выходного конца вала       |   | Токарно-винторезный станок 16К20Т1        |   |   |   |   |    |    |    |                                    |
| 30   | Токарная операция: обработка со стороны резьбового конца вала      | <table border="1"> <tr> <td>Поз.</td> <td>А</td> <td>В</td> <td>В</td> </tr> <tr> <td>Ø</td> <td>49</td> <td>44</td> <td>39</td> </tr> </table> | Поз.                                      | А | В | В | Ø | 49 | 44 | 39 | Токарно-винторезный станок 16К20Т1 |
| Поз. | А  | В   | В   |   |   |   |   |    |    |    |                                    |
| Ø    | 49   | 44  | 39  |   |   |   |   |    |    |    |                                    |

Продолжение таблицы 1

|    |  |  |  |
|----|--|--|--|
| 40 | Фрезерная операция: фрезерование шпоночных пазов                       |  | Вертикально-фрезерный станок 6Р13Ф3 и револьверная головка |
| 45 | Термическая операция: цементация, закалка, отпуск                      |  | Печь цементационная Ц105, печь отпускная                   |
| 50 | Шлифовальная операция: шлифовать поверхности Ø50к6, Ø45h8 и торец      |  | Шлифовальный станок 3Т161Е                                 |
| 60 | Шлифовальная операция: шлифовать поверхности Ø45n7, Ø50к6 и торцы      |  | Шлифовальный станок 3Т161Е                                 |
| 70 | Слесарная операция: калибрование резьбы                                |  | Верстак слесарный  |
| 75 | Моечная операция   |  | Моечная машина   |
| 80 | Контрольная операция: контроль всех диаметров и длин и шпоночных пазов |  | Стол ОТК   |

**Содержание работы:** по заданию преподавателя составить технологическую карту обработки вала, ответить на контрольные вопросы, оформить отчет.

**Отчет о работе должен содержать:**

- название и цель работы;
- результаты выполнения работы;
- защита работы.

**Правила оформления отчета:**

Отчет оформляется в соответствии с ГОСТ Р 2.105-2019. Текст документа рекомендуется оформлять с использованием полуторного межстрочного интервала. Расстояние от рамки формы до границ текста в начале и в конце строк – не менее 3 мм. Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10 мм. Абзацы в тексте начинают отступом 12,5мм. Отчет в общем виде включает в себя следующие структурные элементы: титульный лист, цель работы, индивидуальное задание, расчетные формулы, расчеты, итоговые таблицы, вывод.

**Примерные контрольные вопросы:**

1. Какие методы используются для контроля качества валов в процессе обработки?
2. Какими инструментами осуществляется измерение размеров и формы валов?
3. Какие параметры и характеристики валов являются критическими для их качества?
4. Как происходит процесс контроля твердости и поверхностного состояния валов?
5. Какие методы используются для обеспечения высокой точности обработки валов?
6. Какие технологические процессы применяются для обработки валов различных материалов (стали, чугуна, алюминия, титана и т. д.)?

## **САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА**

Охрана труда при работе со слесарным инструментом, на технологическом оборудовании.

Оказание первой помощи при поражении электрическим током, при механическом травмировании человека, обмороках.

Изучение оснастки токарного станка.

Методы организации ремонтных работ.

Изучение оснастки фрезерного станка.

Виды токарных и фрезерных инструментов.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Иванов Б.К. Слесарь по контрольно-измерительным приборам и автоматике. - Феникс, 2021.

2. Каминский М.Л., Каминский В.М. Монтаж приборов и систем автоматизации.-М.: Высшая школа, 2019.

3. Николайчук О.И., Современные средства автоматизации. – М.: Инфра-Инженерия, 2021.

4. Шишмарев В.Ю. Измерительная техника –М :Академия.2021

5. Зайцева С.А. Контрольно-измерительные приборы и инструменты. Учебник. – М.:ПрофОбрИздат, 2021.

## Приложение 1

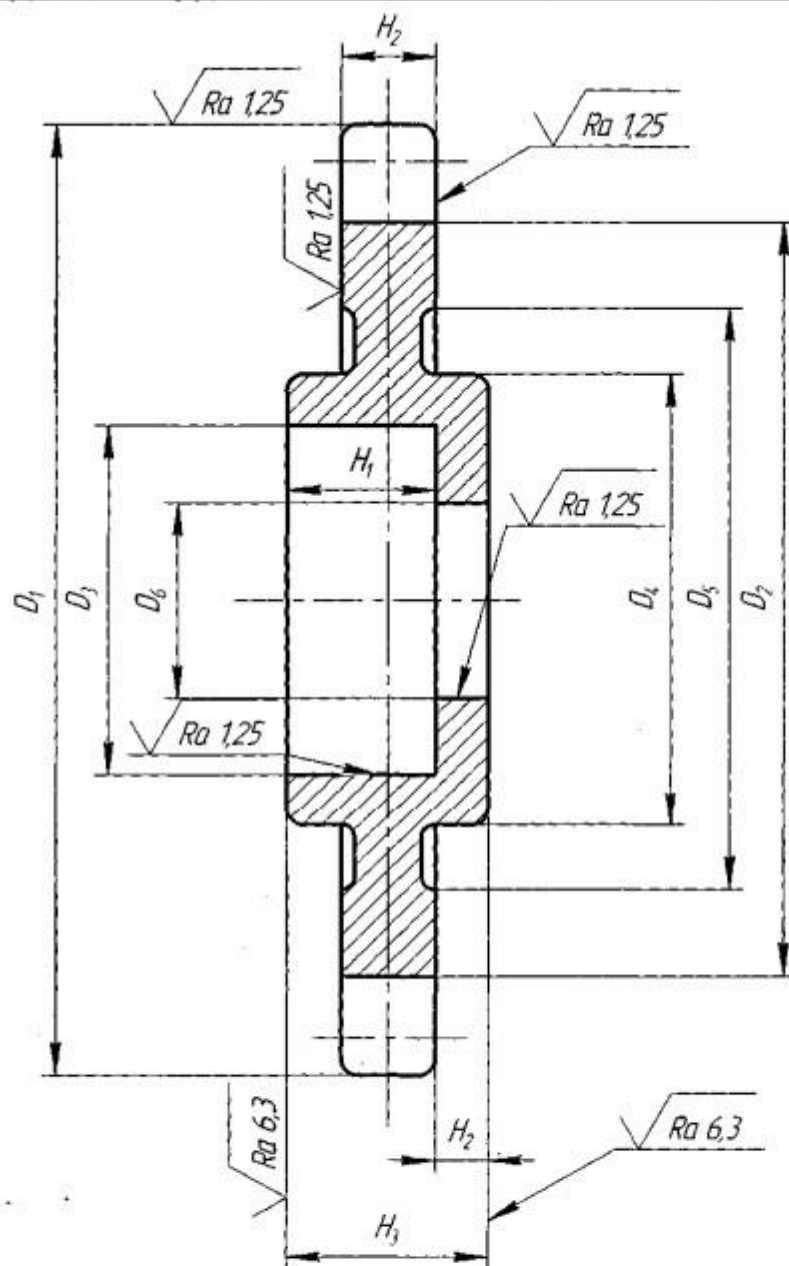


Рисунок 1 а,б – Звёздочка

| № Варианта         | Произв.  | Материал  | Вес, кг | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ | $D_4$ | $D_5$ | $H_4$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
|--------------------|----------|-----------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Вариант 1 рис 1(а) | Массовое | СТ 20     | 3,1     | 190   | 160   | 112   | 105   | 80    | 12    | 80    | 24    | 20    |
| Вариант 2 рис 1(б) | Серийное | Сталь 45Х | 2,5     | 140   | 110   | 87    | 80    | 60    | 12    | 60    | 20    | 18    |

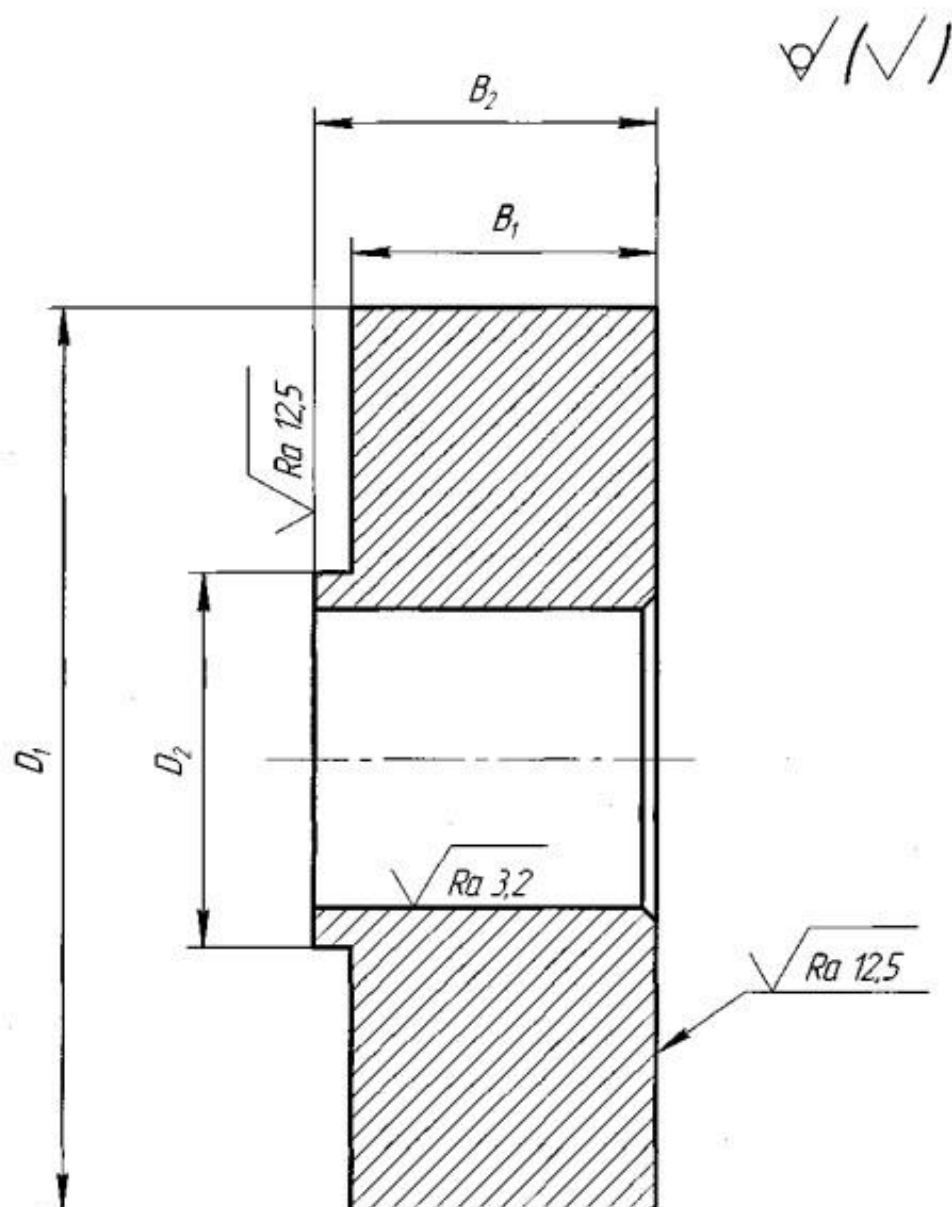


Рисунок 2 а,б – Блок

| № Варианта          | Произв.  | Материал | Вес, кг | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ | $D_4$ |
|---------------------|----------|----------|---------|-------|-------|-------|-------|
| Вариант 3 рис. 2(а) | Массовое | СТ 45Х   | 19      | 120   | 50    | 50    | 60    |
| Вариант 4 рис. 2(б) | Серийное | Ст 30    | 13      | 100   | 40    | 32    | 30    |

✓✓✓

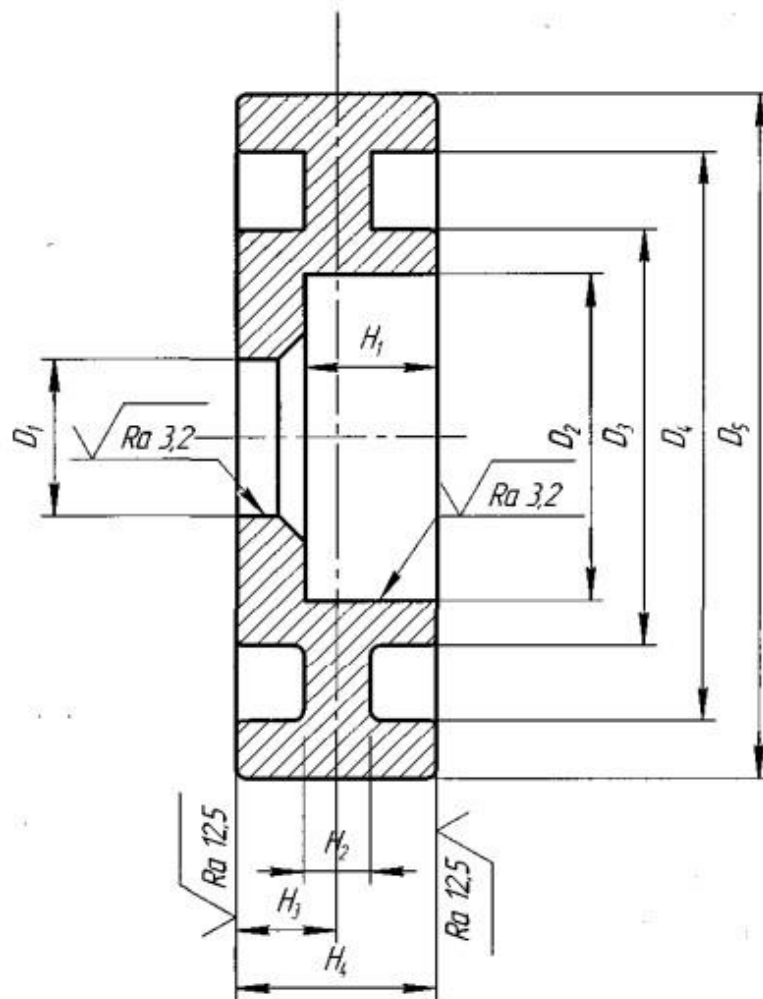


Рисунок 3 а,б – Ролик

| № Варианта          | Произв   | Материал | Вес, кг | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ | $D_4$ | $D_5$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ | $H_4$ |
|---------------------|----------|----------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Вариант 5 рис. 3(а) | Массовое | Сталь 30 | 0,9     | 35    | 52    | 65    | 90    | 105   | 22    | 8     | 15    | 30    |
| Вариант 6 рис. 3(б) | Серийное | СТ 35    | 15      | 38    | 56    | 70    | 100   | 120   | 27    | 10    | 18    | 35    |





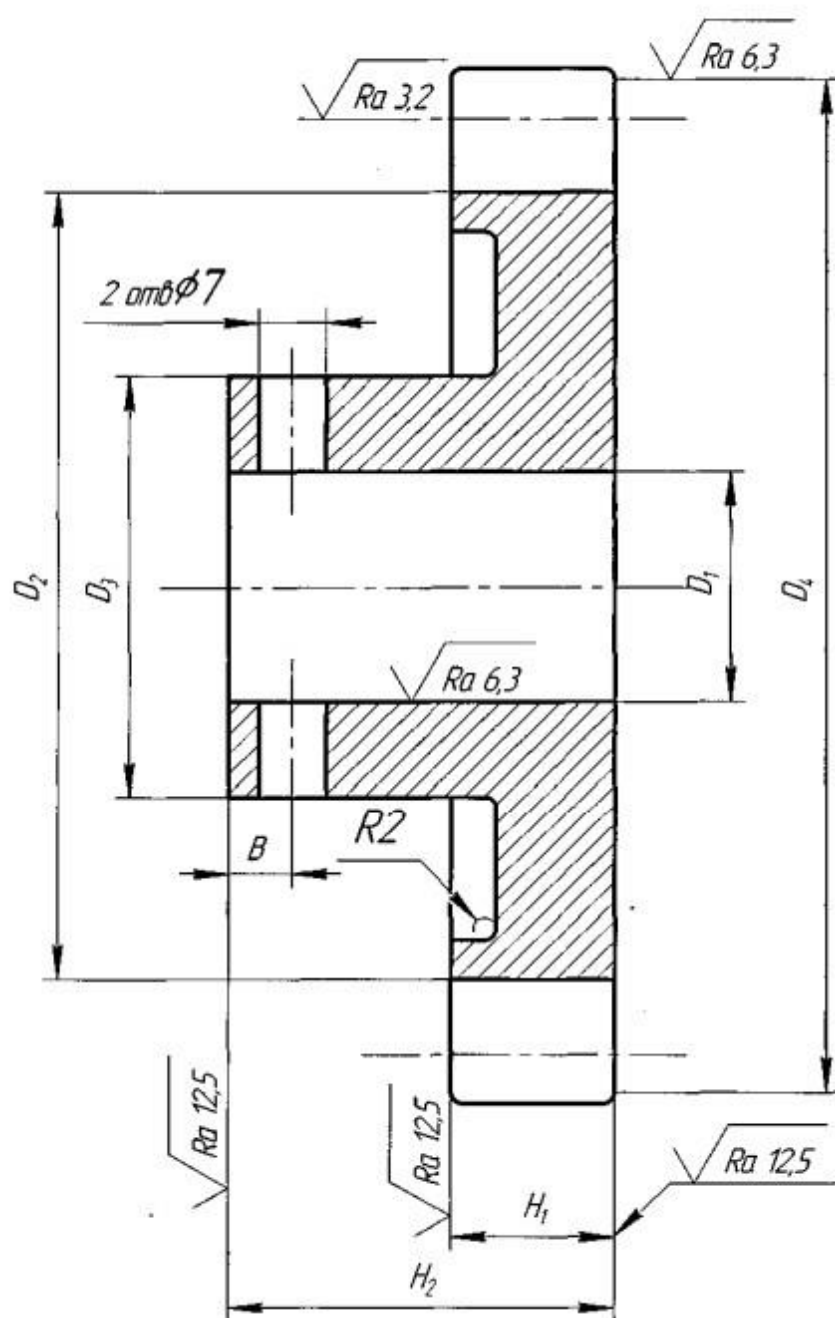
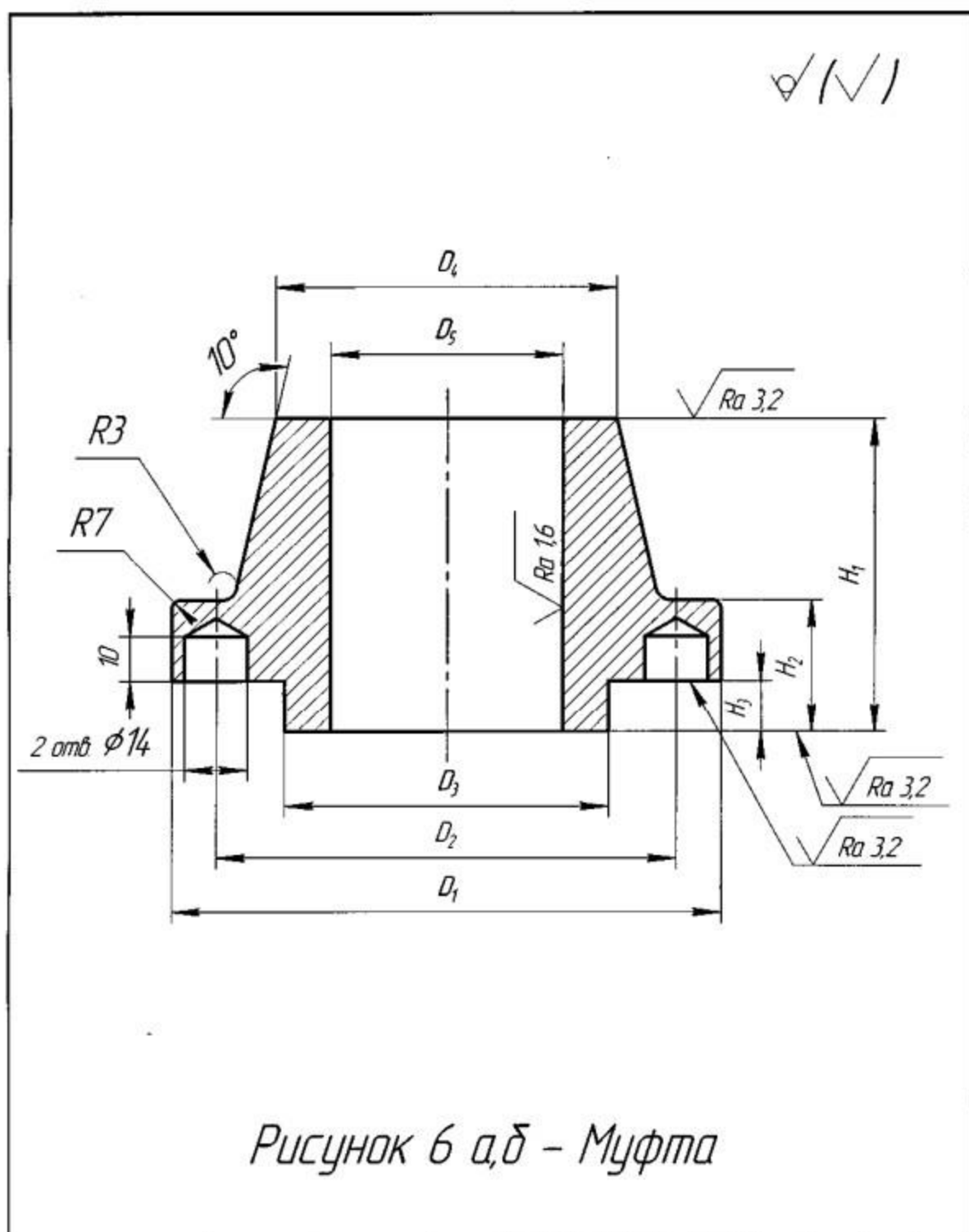


Рисунок 5 а,б – Зубчатое колесо

| № Варианта          | Произв   | Материал | Вес, кг | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ | $D_4$ | $D_5$ | $B$ | $H_1$ | $H_2$ |
|---------------------|----------|----------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|
| Вариант 9 рис 5(а)  | Массовое | СТ 20    | 0,85    | 70    | 82    | 43    | 108   | 25    | 10  | 127   | 40    |
| Вариант 10 рис 5(б) | Серийное | Ст 40ХГС | 1,7     | 90    | 12    | 56    | 134   | 30    | 12  | 20    | 42    |



| № Варианта          | Произв.  | Материал  | Вес, кг | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ | $D_4$ | $D_5$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
|---------------------|----------|-----------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Вариант 11 рис 6(а) | Массовое | СТ 20     | 1,2     | 95    | 76    | 49    | 52    | 30    | 55    | 25    | 8     |
| Вариант 12 рис 6(б) | Серийное | Сталь 45Х | 2,2     | 120   | 100   | 70    | 75    | 50    | 70    | 30    | 12    |

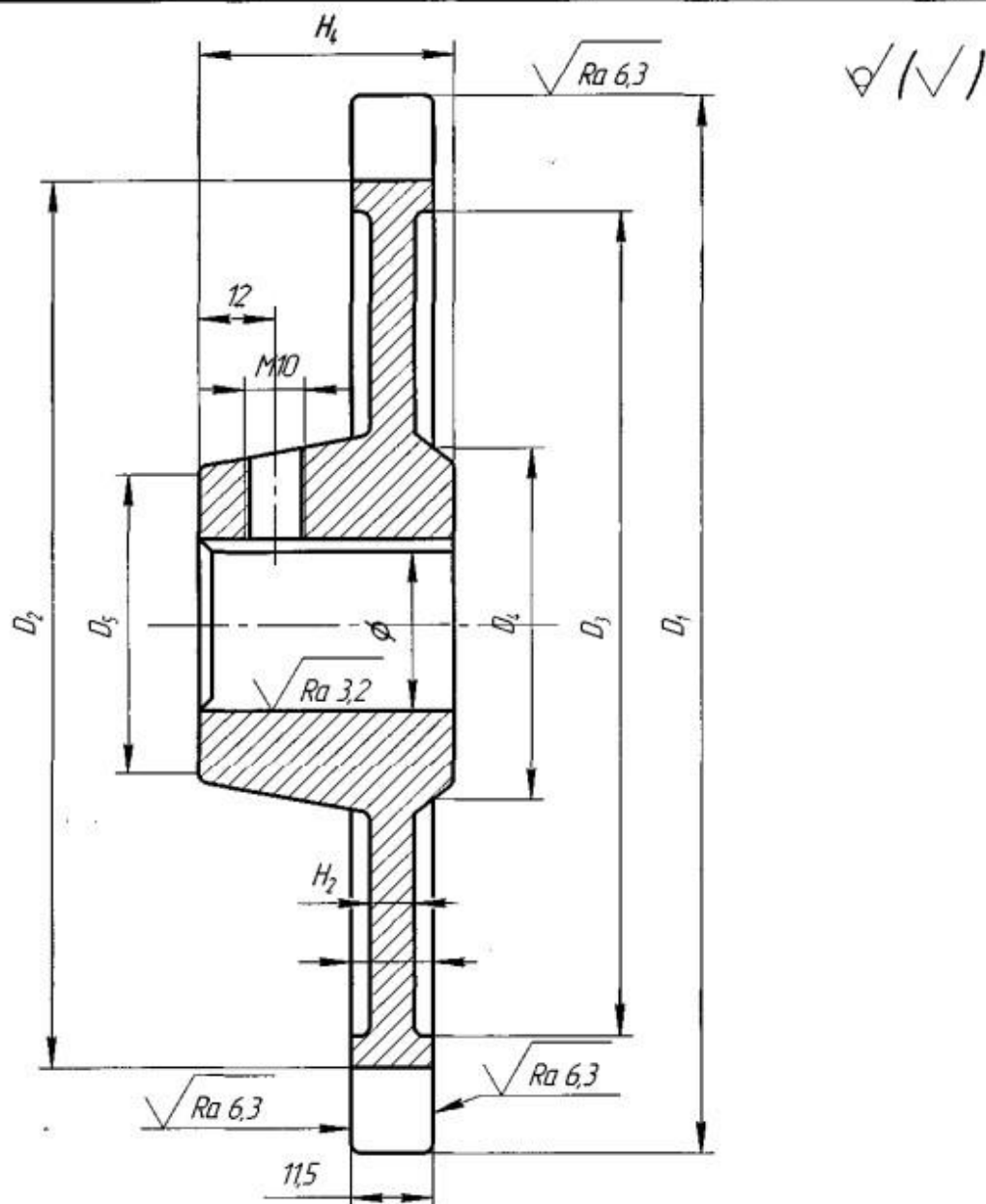


Рисунок 7 а,б - Звёздочка

| № Варианта          | Произв.  | Материал  | Вес, кг | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ | $D_4$ | $D_5$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ | $H_4$ |
|---------------------|----------|-----------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Вариант 13 рис 7(а) | Массовое | СТ 20     | 19      | 155   | 134   | 120   | 50    | 25    | 12    | 8     | 23    | 40    |
| Вариант 14 рис 7(б) | Серийное | Сталь 45Х | 2,3     | 167   | 146   | 130   | 60    | 50    | 14    | 10    | 28    | 45    |

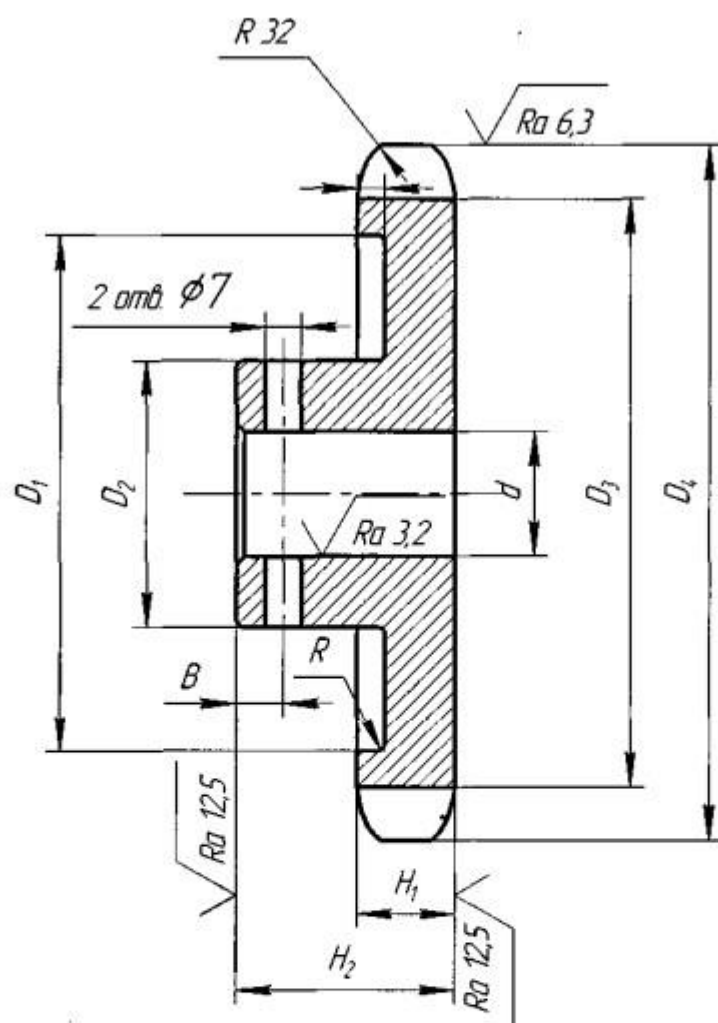


Рисунок 10 а,б - Звёздочка

| № Варианта            | Произв.  | Материал | Вес, кг | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ | $D_4$ | $d$ | $B$ | $H_1$ | $H_2$ |
|-----------------------|----------|----------|---------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-------|-------|
| Вариант 19 рис 10 (а) | Массовое | Сталь 25 | 0,85    | 70    | 43    | 82    | 106   | 25  | 10  | 17    | 40    |
| Вариант 20 рис 10 (б) | Серийное | Ст 40    | 1,7     | 90    | 56    | 112   | 134   | 30  | 12  | 20    | 42    |

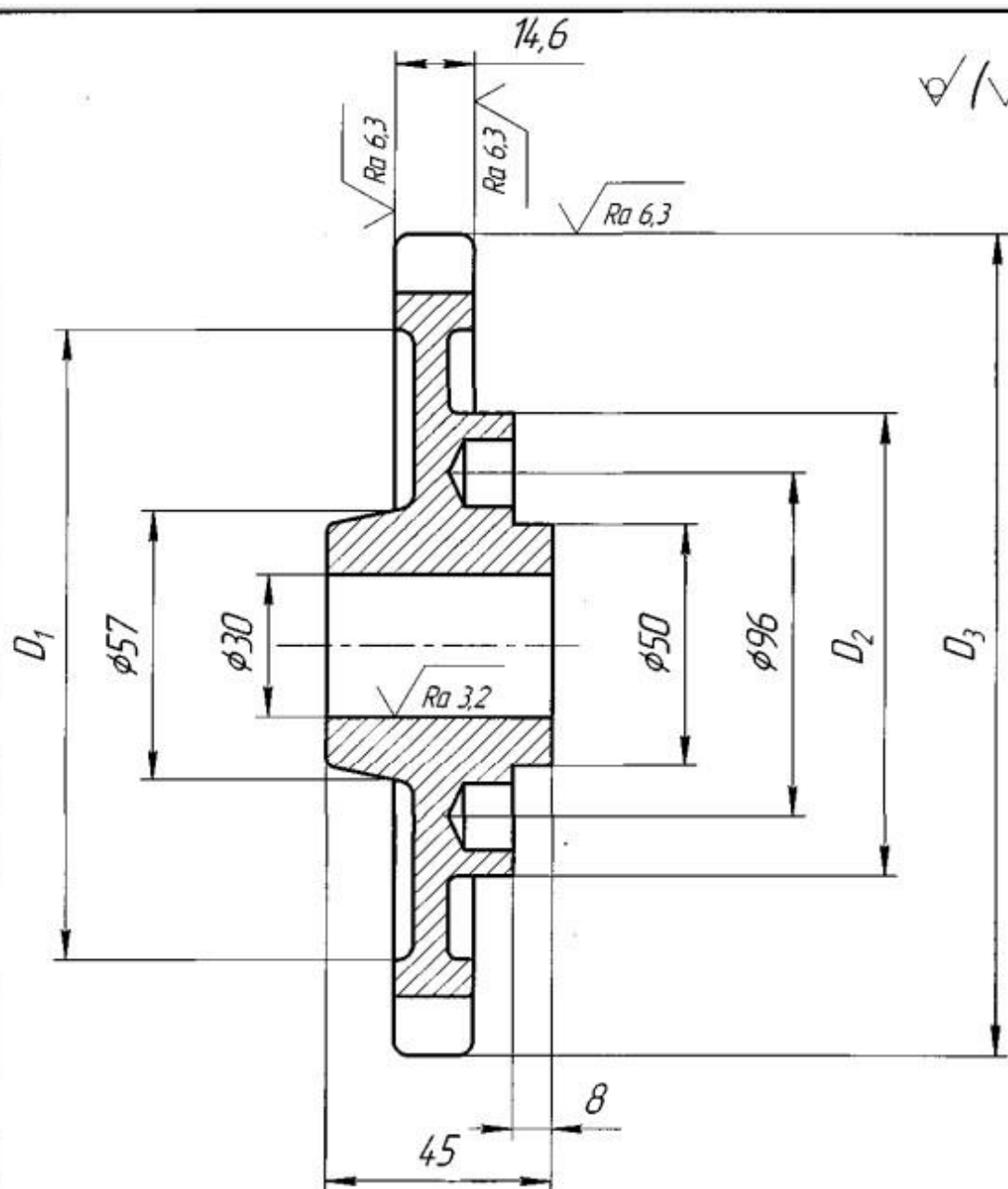


Рисунок 12 а,б – Звёздочка

| № Варианта           | Произв.  | материал | Вес, кг | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ |
|----------------------|----------|----------|---------|-------|-------|-------|
| Вариант 23 рис 12(а) | Массовое | СТ 25    | 2,8     | 133   | 146   | 174   |
| Вариант 24 рис 12(б) | Серийное | СТ 20    | 5,1     | 195   | 212   | 244   |

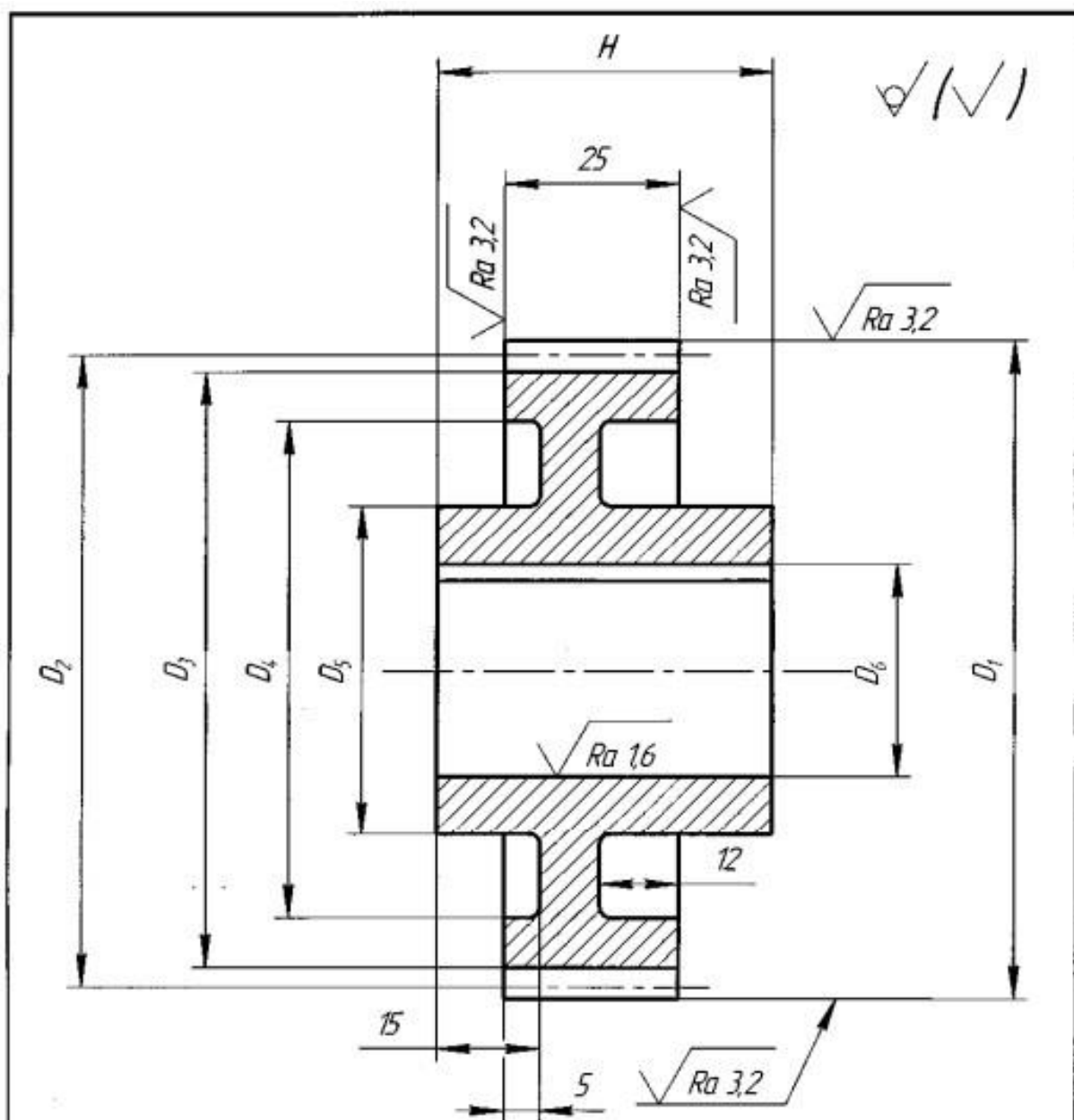


Рисунок 13 а,б - Шестерня

| № Варианта          | Произв.  | Материал | Вес, кг | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ | $D_4$ | $D_5$ | $D_6$ | H  |
|---------------------|----------|----------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| Вариант 25 рис13(а) | Массовое | Сталь 20 | 1,3     | 100   | 90    | 80    | 65    | 40    | 25    | 50 |
| Вариант 26 рис13(б) | Серийное | СТ 25    | 1,8     | 120   | 110   | 100   | 85    | 60    | 30    | 50 |



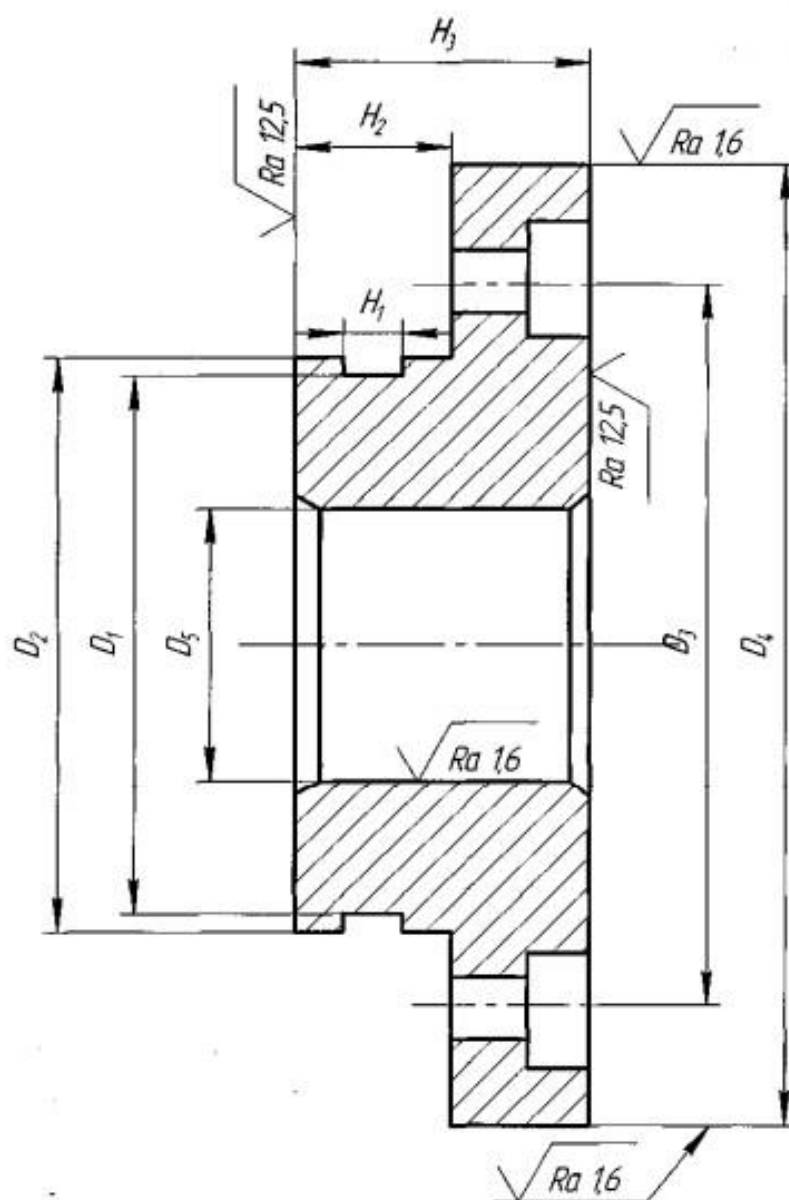


Рисунок 14 а,б - Колесо

| № Варианта           | Произв.  | Материал | Вес, кг | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ | $D_4$ | $D_5$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
|----------------------|----------|----------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Вариант 27 рис 14(а) | Массовое | СТ 20    | 0,7     | 46    | 50    | 68    | 90    | 25    | 4     | 12    | 22    |
| Вариант 28 рис 14(б) | Серийное | Сталь 40 | 0,85    | 56    | 60    | 75    | 100   | 28    | 7     | 16    | 30    |

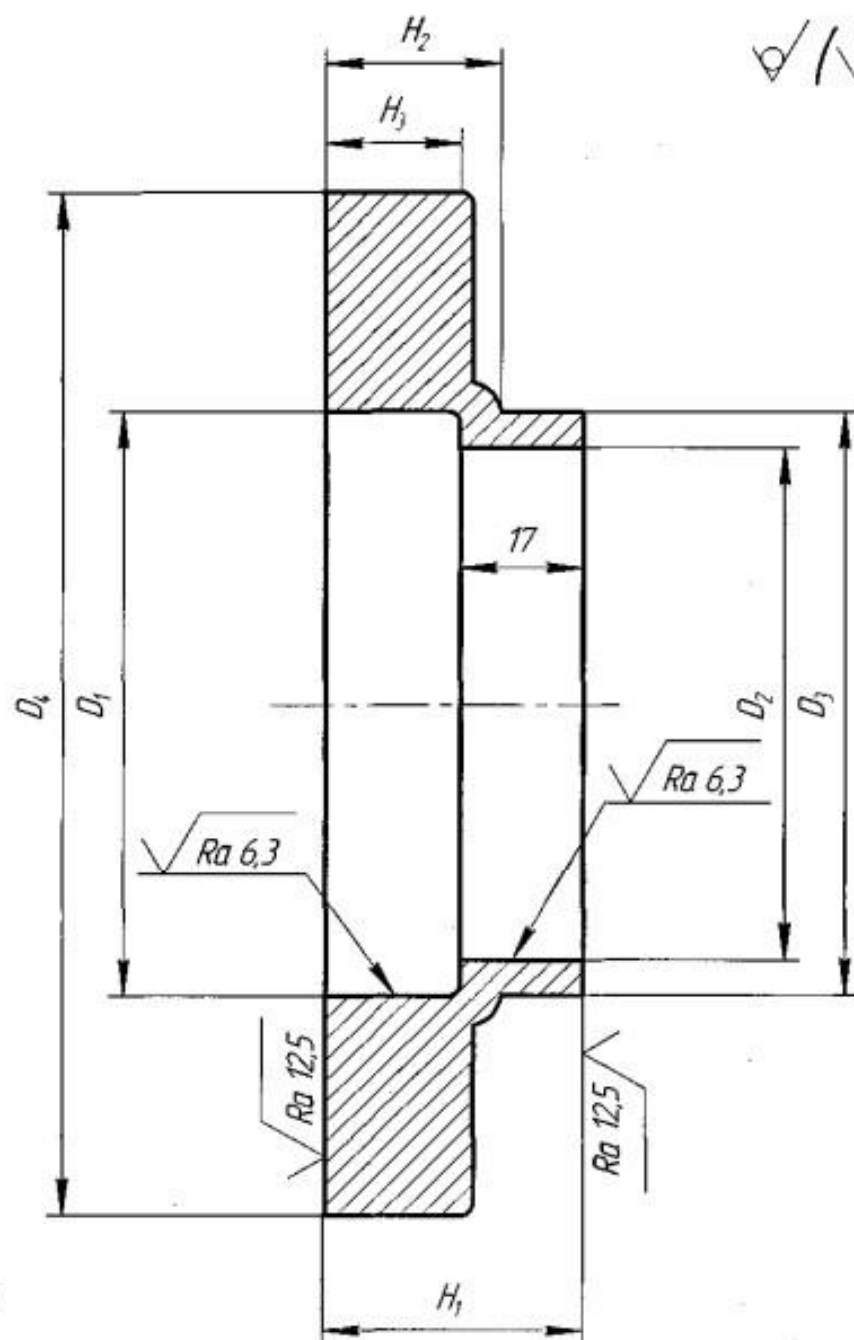


Рисунок 15  
а,б - Корпус

| № Варианта           | Произв   | Материал | Вес, кг | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ | $D_4$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
|----------------------|----------|----------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Вариант 29 рис 15(а) | Массовое | СТ 25    | 17      | 80    | 70    | 88    | 130   | 35    | 25    | 20    |
| Вариант 30 рис 15(б) | Серийное | Ст 12ХНЗ | 174     | 120   | 105   | 132   | 190   | 55    | 20    | 15    |