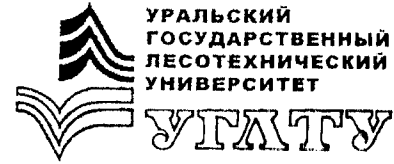


↓

621  
И49



В.В. Илюшин  
Б.А. Потехин

# ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Екатеринбург  
2011

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ГОУ ВПО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Кафедра технологии металлов

В.В. Илюшин  
Б.А. Потехин

# **ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

Методические указания  
для выполнения домашних заданий и курсовых работ  
для студентов очной и заочной форм обучения  
направления 190500 «Эксплуатация транспортных средств»  
специальностей 190603, 150405

Екатеринбург  
2011

Печатается по рекомендации методической комиссии ЛМФ.  
Протокол № 6 от 27 мая 2011 г.

Рецензент — д-р техн. наук, директор ООО «Гурбомет» В.И. Лесников

Редактор Е.Л. Михайлова  
Оператор компьютерной верстки Г.И. Романова

Подписано в печать 10. 06. 2011	Внеплановая
Плоская печать	Формат 60x84 1/16 Тираж 120 экз.
Заказ 334	Печ. л. 1,86 Цена 9 руб. 60 коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ  
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ



## ОГЛАВЛЕНИЕ

Содержание, порядок оформления и представления работы студентом .....	4
1. Выбор заготовки .....	4
2. Обоснование маршрута изготовления детали .....	4
3. Выбор оборудования, инструментов и приспособлений .....	5
4. Выбор режимов резания .....	6
5. Проверка оборудования по крутящему моменту .....	8
6. Определение трудоемкости изготовления детали .....	9
7. Определение коэффициента использования металла .....	11
Рекомендуемая литература .....	11
Приложение 1. Задания к работе .....	12
Приложение 2. Пример выполнения работы .....	16

## СОДЕРЖАНИЕ, ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РАБОТЫ СТУДЕНТОМ

Расчетно-пояснительная записка должна быть представлена строго в следующем порядке.

1. Титульный лист.
2. Маршрутная технологическая карта.
3. Описание выбора заготовки.
4. Обоснование технологического процесса изготовления детали.
5. Выбор оборудования, инструментов и приспособлений.
6. Выбор режимов резания.
7. Проверка оборудования по мощности.
8. Расчет трудоемкости изготовления детали.
9. Расчет коэффициента использования металла.
10. Список используемой литературы.

### 1. ВЫБОР ЗАГОТОВКИ

Заготовка выбирается так, чтобы она по геометрии минимально отличалась от готовой детали, при этом коэффициент использования металла  $K_{\text{им}}$  (см. п. 7) должен быть максимально возможным. Требуемое количество металла, например длина заготовки сортового металла, рассчитывается на всю партию изделий с учетом припусков на изготовление, например на разрезку проката и торцевание заготовки (детали). Типовой сортамент выбирается по специальной литературе, например [1, 2], и должен соответствовать требованиям ГОСТ.

### 2. ОБОСНОВАНИЕ МАРШРУТА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

Технологический процесс (последовательность операций) нельзя составлять фрагментами, т.е. его следует разработать полностью, чтобы увидеть целиком и, если требуется, обсудить с преподавателем.

Следует стремиться к использованию наименьшего количества оборудования, инструментов, приспособлений, операций, переходов; необходима бдительность при выборе места термической обработки в технологическом процессе.

При разработке технологического процесса следует хорошо понимать следующие термины:

- *технологический процесс* – это часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению состояния предмета труда (ГОСТ 3.1109 – 82);

- *технологическая операция* – законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте;

- *технологический переход* – законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных технологических режимах и установке заготовки;

- *установ* – часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки;

- *проход* (*рабочий ход*  $i = 1, \dots, n$ ) – часть перехода, осуществляемая при одном рабочем перемещении инструмента в направлении подачи. За один проход снимают один слой металла.

### 3. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ, ИНСТРУМЕНТОВ И ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Выбор оборудования следует выполнять из условия обеспечения высокой производительности процесса, минимальных энергозатрат производства и требуемого класса точности готовой продукции.

При выборе станков следует руководствоваться габаритами устанавливаемой заготовки. Для токарного станка максимальный диаметр заготовки ограничивается расстоянием от оси вращения шпинделя до направляющих суппорта. Максимальный размер (диаметр) длиномерной заготовки – проката – ограничивается диаметром отверстия в шпинделе. Для фрезерного и сверлильного станков максимальный размер устанавливаемой заготовки следует ограничить габаритами стола для закрепления. При этом максимальная величина обрабатываемого размера, например длина, ограничивается положением конечных выключателей, которые определяют возможное перемещение стола.

Инструменты следует выбирать многофункциональные, чтобы одним резцом, например, можно было: торцевать заготовку, точить поверхность, снимать фаски и др.

При выборе оборудования, инструмента и приспособлений рекомендуется опираться на литературу [3, 4].

В настоящем разделе записки обязательно следует привести характеристики выбранных станков, характеристики и эскизы основных резцов, фрез. Для типового инструмента (сверл, метчиков, плашек, зенкеров, разверток) можно лишь указать их характеристики, без эскизов.

В технологической карте для каждой операции, каждого перехода необходимо указывать применяемые инструменты и приспособления (тисы, оправки, патроны, люнеты, хомуты, слесарный инструмент и др.).

#### 4. ВЫБОР РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

Режимы резания следует выбирать по табл. 1 и 2 из условия обеспечения рациональной производительности процесса резания, требуемой шероховатости и точности изготовления детали.

Допустимую скорость резания  $[V_{рез}]$  при достаточной стойкости инструмента  $T = 40$  мин в первом приближении можно определить по табл. 1. При этом целесообразно скорость резания при точении принимать равной  $V_{рез} = 0,5 \dots 0,75 [V_{рез}]$ , а при фрезеровании и сверлении —  $V_{рез} = 0,25 \dots 0,5 [V_{рез}]$ .

Таблица 1

Значение допустимой скорости резания  $[V_{рез}]$ , м/мин, для марки режущей части инструмента при твердости заготовки НВ

Твердость заготовки НВ, кгс/мм <sup>2</sup>	Марка режущей части инструмента	
	Т15К6	Р6М5
200	300	60
300	200	40
400	100	20
500	50	-

После выбора скорости резания определяются обороты шпинделя, об/мин:

$$n_{шп} = \frac{1000 V_{рез}}{\pi D}, \quad (1)$$

где  $D$  — диаметр заготовки при токарной обработке, диаметр фрезы или сверла соответственно при фрезеровании или сверлении, мм.

Расчетное значение оборотов шпинделя согласуют с рядом стандартных значений оборотов шпинделя конкретного станка, выбранного в п. 3, округляя в меньшую сторону. Данные о частоте вращения шпинделя приведены в технической характеристике станка (паспорте) либо на панели управления станка.

Подачу  $S$  при черновой обработке принимают исходя из требований максимальной производительности, минимального количества проходов и возможностей оборудования. При назначении подачи для черновой обработки можно воспользоваться уравнением (8) приведенным в п. 5. Значение подачи не рекомендуется назначать более 0,5 мм/об при точении, сверлении и 200 мм/мин при фрезеровании.

Допустимые подачи  $[S]$  при точении и сверлении или  $[S_z]$  при фрезеровании для обеспечения требуемой по чертежу шероховатости поверхности  $Ra$  выбирают в зависимости от радиуса  $r$  вершины резца (см. табл. 2).

Таблица 2

Значение допустимой подачи  $[S]$ , мм/об (при точении, сверлении), или  $[S_z]$ , мм/зуб, при фрезеровании для получения требуемой шероховатости  $Ra$  в зависимости от радиуса  $r$  вершины резца

Шероховатость $Ra$ , мкм	Радиус вершины резца $r$ , мм		
	0,2	0,5	1,0
0,125	0,03	0,05	0,08
0,63	0,07	0,10	0,12
1,25	0,10	0,15	0,18
2,50	0,15	0,20	0,25
4,00	0,25	0,30	0,38
6,30	0,35	0,45	0,50
12,50	0,50	0,65	0,70

В общем случае при фрезерной обработке оперируют минутной подачей  $S_m$ , мм/мин, которая связана с подачей на зуб фрезы  $S_z$  следующими соотношениями:

$$S_m = S_z Z n, \quad (2)$$

где  $S_m$  — минутная подача, величина перемещение заготовки в направлении подачи за одну минуту, мм/мин;

$S_z$  — подача на один зуб фрезы, величина перемещения заготовки за время поворота фрезы на один зуб, мм/зуб.

Выборную подачу  $S$ , об/мин, при точении и сверлении либо рассчитанную  $S_m$ , мм/мин, при фрезеровании согласуют с рядом стандартных значений подач конкретного станка, выбранного в п. 3, округляя в меньшую сторону.

Глубина резания  $t$  для черновой обработки выбирается максимальная (желательно снять черновой припуск за один проход) исходя из возможности оборудования по крутящему моменту на шпинделе станка.

#### 5. ПРОВЕРКА ОБОРУДОВАНИЯ ПО КРУТЯЩЕМУ МОМЕНТУ

Проверять возможности станка следует по одной самой напряженной операции, связанной с наружным точением (обтачиванием, торцеванием)

Самой напряженной является операция, для которой произведение  $t \cdot S \cdot HB$  максимально. Как правило, такому условию соответствуют операции черновой обработки с максимальными значениями глубины резания  $t$  и подачи  $S$ .

Крутящий момент на шпинделе  $M_{шп}$  станка зависит от мощности приводного электродвигателя  $N_{дв}$  и числа оборотов шпинделя  $n_{шп}$ :

$$M_{шп} = \frac{7600 N_{дв}}{n_{шп}}, \quad (3)$$

где  $M_{шп}$  – крутящий момент на шпинделе, Н·м;  
 $N_{дв}$  – мощность электродвигателя станка, кВт;  
 $n_{шп}$  – число оборотов шпинделя, об/мин.

В процессе резания на заготовке силы резания создают момент резания противоположного знака, который направлен навстречу крутящему моменту на шпинделе. Величина момента резания пропорциональна глубине резания, подаче, прочности на срез  $\tau_{ср}$  и радиусу обрабатываемой детали или радиусу инструмента  $R$ :

$$M_{рез} = \tau_{ср} t S R, \quad (4)$$

где  $M_{рез}$  – момент резания на заготовке, Н·м;  
 $\tau_{ср}$  – прочность материала заготовки на срез, МПа;  
 $t$  – глубина резания, мм;  
 $S$  – подача, мм/об;  
 $R$  – радиус обрабатываемой детали, м.

Учитывая, что  $\tau_{ср} \approx 2,5HB$ , имеем:

$$M_{рез} = 2,5HB t S R. \quad (5)$$

Условием резания является

$$M_{шп} > M_{рез} \quad (6)$$

или после преобразований:

$$\frac{7600 N_{дв}}{n_{шп}} \geq 2,5HB t S R. \quad (7)$$

Это уравнение можно представить в виде

$$[t S] \leq \frac{7600 N_{дв}}{n_{шп} \cdot 2,5HB R} \leq \frac{3040 N_{дв}}{n_{шп} HB R}. \quad (8)$$

Если момент на шпинделе  $M_{шп}$  не обеспечивает обработку на выбранных в п. 4 режимах резания  $V_{рез}$ ,  $S$  и  $t$ , то следует их соответствующим образом откорректировать. Например, уменьшить  $n_{шп}$  в 2 раза, при этом  $M_{шп}$  повысится в 2 раза (3), либо, если необходимо, выбрать станок требуемой мощности.

## 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

Трудоемкость изготовления детали определяется затратами рабочего времени. **Штучное время** представляет собой затрату рабочего времени, приходящуюся на изготовление одной детали  $T_{шт}$ , мин [5]:

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{всп} + T_{доп}, \quad (9)$$

где  $T_{осн}$  – основное время, затрачиваемое на снятие стружки;  
 $T_{всп}$  – вспомогательное время, затрачивается на установку детали, операторскую работу станочника, измерения детали и др.;  
 $T_{доп}$  – дополнительное время (перерывы в работе, отдых и др.).

**Основное время**  $T_{осн}$ , мин, для точения и сверления легко рассчитать по известным расчетной длине обработки  $l_p$  (мм), подаче  $S$  (мм/об), числу оборотов шпинделя  $n$  (об/мин) и числу проходов ( $i$ ):

$$T_{осн} = \frac{l_p}{S n} i. \quad (10)$$

Например, длина точения цилиндра  $l = 100$  мм, прибавим путь врезания  $l_{вр}$  и путь схода (выхода)  $l_{сх}$  по 2 мм [4], получим:

$$l_p = l + l_{вр} + l_{сх} = 104 \text{ мм},$$

при  $S = 0,05$  мм/об,  $n = 500$  об/мин, точение в один проход  $i = 1$  получаем:

$$T_{осн} = \frac{104}{0,05 \cdot 500} = 4,16 \text{ мин.}$$

Основное время  $T_{осн}$  для фрезерной обработки рассчитывается по формуле

$$T_{осн} = \frac{l_p}{S_M} i. \quad (11)$$

Значение основного времени должно лежать в **разумных пределах**, например время обработки поверхности длиной  $l_p = 100$  мм не может быть 0,01 мин, т.е. 0,6 с. При необходимости следует откорректировать режимы резания.

**Вспомогательное время**  $T_{всп}$  определяется по таблицам, справочникам, хронометражем или принимается ориентировочно:

$$T_{всп} = 0,5T_{осн}; 1T_{осн} \text{ или } 1,5T_{осн}. \quad (12)$$

При этом значение  $T_{всп}$  на каждом переходе операции механической обработки принимают не менее 15 с (например, установка и снятие детали, подвод и отвод инструмента, измерение детали и т.п.).

Для термических операций  $T_{всп}$  рекомендуется принимать: для закалки – не менее 3 мин (например, загрузка и вынимание заготовок, перенос до закалочной ванны и т.д.); для отпуска – не менее 2 мин.

Для химико-термической операции – цементации – вспомогательное время  $T_{всп}$  принимают равным 15 мин.

**Дополнительное время**  $T_{доп}$  для операций механической обработки принимается как 10 % от оперативного времени ( $T_{осн} + T_{всп}$ ), т.е.:

$$T_{доп} = 0,1(T_{осн} + T_{всп}). \quad (13)$$

Дополнительное время для термической и химико-термической операции принять  $T_{доп}=0$ .

## 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАЛЛА

Коэффициент использования металла  $K_{им}$ , %, определяется как:

$$K_{им} = \frac{nV_{дет}}{\sum V_{заг}}, \quad (14)$$

где  $V_{дет}$  – объем детали, рассчитываемый по чертежу,  $мм^3$ ;

$V_{заг}$  – суммарный объем металла (заготовки), предназначенный для изготовления всей партии деталей,  $мм^3$ ;

$n$  – число деталей в партии (указано в задании).

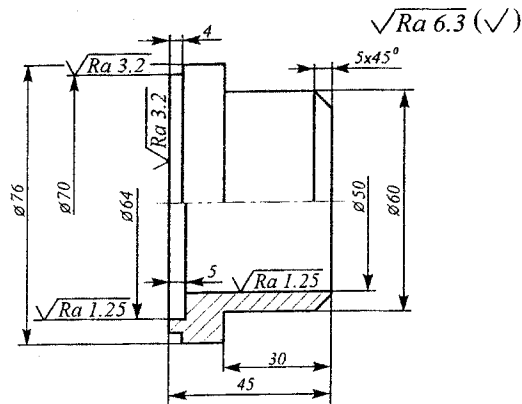
## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора–машиностроителя / под ред. И.Н. Жестковой. – В 3 т. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001. – Т. 1. – 920 с.: ил.
2. Стали и сплавы. Марочник: справ. изд. / В.Г. Сорокин и др.; ред. В.Г. Сорокин, М.А. Гервасьев. М.: «Интермет Инжиниринг», 2001. – 608 с.: ил.
3. Справочник технолога-машиностроителя / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещеряковой. – В 2 т. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с., ил.
4. Ягуткин В.А. Потехин Б.А. Технология машиностроения: учеб. пособие. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2005. – 192 с., ил.
5. Ягуткин В.А., Потехин Б.А., Джемилев Н.К. Технология машиностроения: учеб.-метод. пособие для студ. спец. 17.04.00; 23.01.00; 55.21.00; 15.02.00, 26.02.00. – Екатеринбург, УГЛТУ, 2001. – 60 с., ил.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

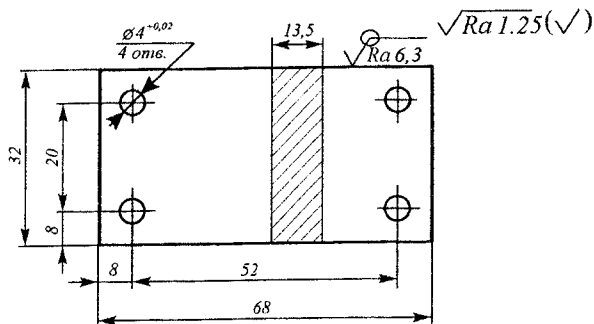
ЗАДАНИЯ К РАБОТЕ

Ниже представлены задания для выполнения контрольных, домашних и курсовых работ (для студентов немашиностроительных специальностей). Для студентов заочного отделения номер задания соответствует последней цифре номера зачетной книжки. Предпоследней нечетной цифре номера зачетной книжки соответствует вариант а), предпоследней четной - вариант б).



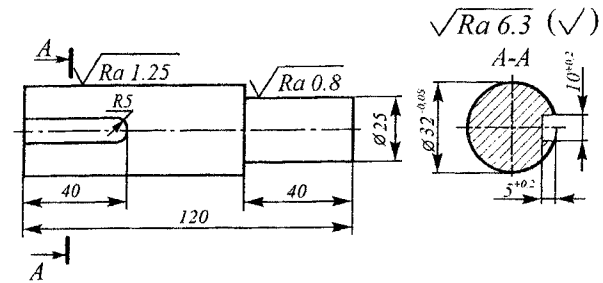
Задание № 1

Деталь: корпус  
Количество: 6 шт.  
Материал: сталь 35  
Твердость:  
а) 150 ... 180 HB  
б) 220 ... 230 HB



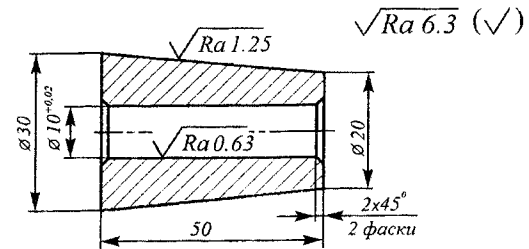
Задание № 2

Деталь: основание  
Количество: 4 шт.  
Материал: сталь 20X  
Твердость:  
а) 160 ... 200 HB  
б) 55 ... 63 HRC на глубину  $h = 1$  мм



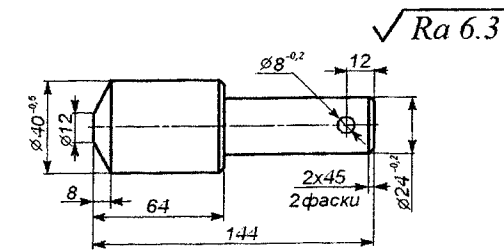
Задание № 3

Деталь: вал  
Количество: 6 шт.  
Материал: сталь 30ХГС  
Твердость:  
а) 44 ... 55 HRC  
б) 190 ... 220 HB



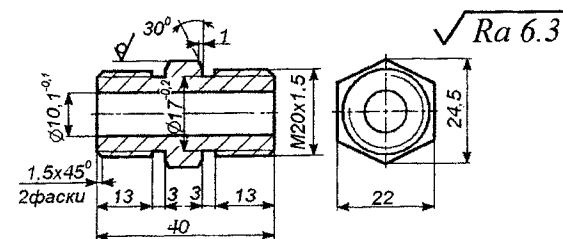
Задание № 4

Деталь: конус  
Количество: 12 шт.  
Материал: сталь 65Г  
Твердость:  
а) 280 ... 340 HB  
б) 58 ... 63 HRC



Задание № 5

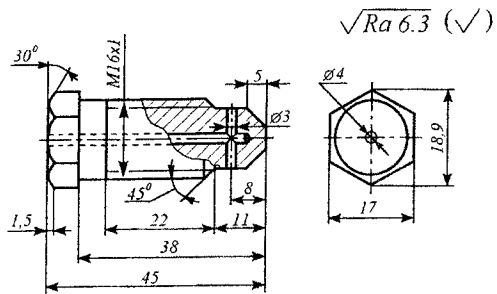
Деталь: била  
Количество: 60 шт.  
Материал:  
а) сталь 40X  
б) сталь 20X  
Твердость:  
а) 280 ... 340 HB  
б) 55 ... 63 HRC на глубину  $h = 1$  мм



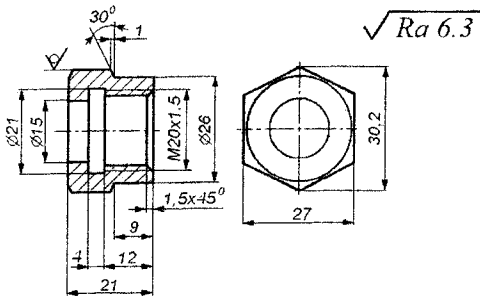
Задание № 6

Деталь: переходник  
Количество: 40 шт.  
Материал: сталь 40ХН  
Твердость:  
а) 370 ... 400 HB  
б) 230 ... 250 HB

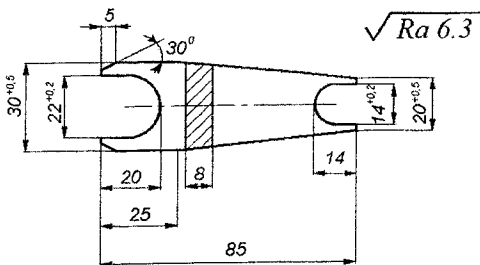




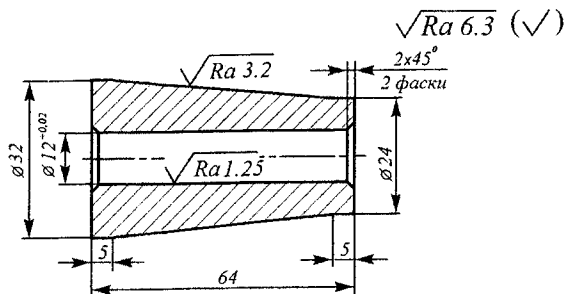
**Задание № 7**  
 Деталь: кран  
 Количество: 12 шт.  
 Материал:  
 сталь 40Х  
 Твердость:  
 а) 170...210 НВ  
 б) 380...410 НВ



**Задание № 8**  
 Деталь: гайка  
 Количество: 25 шт.  
 Материал:  
 сталь 40ХН  
 Твердость:  
 а) 230...250 НВ  
 б) 370...400 НВ



**Задание № 9**  
 Деталь: ключ  
 Количество: 4 шт.  
 Материал:  
 сталь 55  
 Твердость:  
 а) 280...320 НВ  
 б) 54...58 HRC

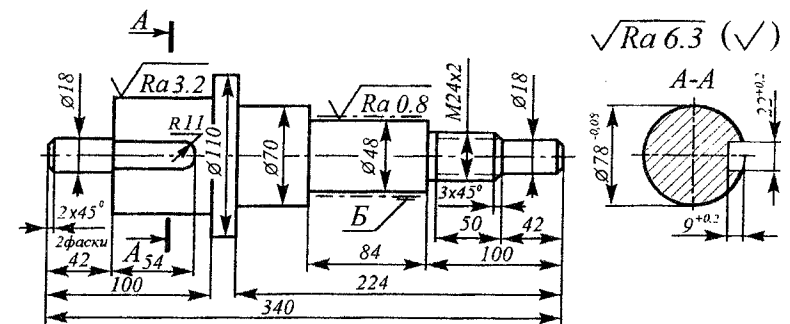


**Задание № 10**  
 Деталь: втулка  
 Количество: 6 шт.  
 Материал:  
 сталь У8  
 Твердость:  
 а) 56...61 HRC  
 б) 300...340 НВ

## ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ЗАДАНИЯ

- Найти зависимость влияния режимов резания ( $S$ ,  $t$ ) и геометрии ( $\varphi$ ,  $\varphi_1$ , радиус  $r$  при вершине) токарного реза (проходного, резьбового) при точении заготовки диаметром  $D$  и длиной  $L$ :
  - на сечение стружки  $F_{стр.}$ , т.е.  $F_{стр.} = f(S, t, \varphi, \varphi_1)$  вариант 1);
  - объем снятой стружки  $V_{стр.}$ , т.е.  $V_{стр.} = f(S, t, \varphi, \varphi_1)$  вариант 2);
  - шероховатость  $Ra$ , т.е.  $Ra = f(S, \varphi, \varphi_1, r)$  (вариант 3).
 Исходные данные (чертеж детали) назначает преподаватель.

- Назначить припуски на заготовку [4] и разработать технологический процесс изготовления вала.



Вариант №	Материал	Твердость	Заготовка
1	сталь 45Л	а) 160...220 НВ б) 43...46 HRC	Отливка
2	сталь 38Х2Н2МА	а) 44...48 HRC б) 300...340 НВ	Поковка (поковка ковкая)
3	сталь 38Х2МЮА	а) 360...380 НВ б) 270...300 НВ, поверхность Б азотировать на глубину $h=0,5$ мм (850 ... 1050 НВ)	Штамповка (поковка штампованная)

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

РАЗРАБОТКА		ФАМИЛИЯ	ПОДПИСЬ	ЧИСЛО					
ТАЛ		Волгихин							
ПРОВЕРИЛ		Потехин							
<b>МАРШРУТНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА</b> (УЧЕБНАЯ)									
<b>НАЗВАНИЕ ДЕТАЛИ, КОЛИЧЕСТВО, ШТ</b>		СТАЛЬ	ГОСТ	НВ					
Матрица, 4 шт		40Х	4543-71	280...320					
<b>ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТ, ПРИСПОСОБЛЕНИЕ</b>		РАЗМЕР ЗАГОТОВКИ							
		Ø 45мм, L=84мм							
		К <sub>пл</sub> 0,65							
РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ									
№	ОПЕРАЦИИ, ПЕРЕХОДЫ	V/n	S	t	i	T <sub>осн</sub>	T <sub>всп</sub>	T <sub>доп</sub>	T <sub>итт</sub>
		Станок ИИ611П, трёхшлицевой патрон, резец проходной с отогнутой головкой, с пластиной из твёрдого сплава Т15К6							
05	<b>ТОКАРНАЯ</b> Торцевать заготовку (нов.1), в партии 4 шт.	141/1000	0,4	1	1	0,015	0,063	0,008	0,086

уста-нов 2 пер.	Торцевать заготовку (нов.2), в партии 4 шт.	Станок ИИ611П, трёхшлицевой патрон, резец проходной с отогнутой головкой, с пластиной из твёрдого сплава Т15К6								
10 1 пер.	<b>РАЗМЕТОЧНАЯ</b> Разметить центры отверстий по чертежу, в партии 4 шт.	141/1000	0,4	1	1	0,015	0,063	0,008	0,086	
2 пер.	Накернить центры отверстий, в партии 4 шт.	Разметочная плита, чертилка, штангенциркуль ШЦ-1-125-0,05								
		Разметочная плита, керно, молоток								
		0,08 0,12 0,02 0,22								
15	<b>СВЕРЛИЛЬНАЯ</b> Сверлить 4 отверстия (нов.3) d=7,8 мм по керновке, в партии 4 шт.	Станок 2А125, сверло d=7,8мм, новоротный стол БЗСП 7204-0003								
		14/580	0,4	3,9	4	0,37	0,555	0,093	1,018	

20	<b>ТОКАРНАЯ</b> Точить заготовку (нов.4) до $d=42,3$ мм на длину заготовки, в партии 4 шт.	Станок 1И611П, трёхкулачковый патрон, резец проходной с отогнутой головкой, с пластиной из твёрдого сплава Т15К6, задний вращающийся центр, установочные приспособления				0,053	0,011	0,117
		14/1000	0,4	1,35	1	0,053	0,011	0,117
25 1 пер.	<b>ТЕРМИЧЕСКАЯ</b> Нагреть 850 °С, 45 мин и закалить в партии 4 шт.	Нагревательная печь МИМП-3УЭ				11,25	0,75	0 12
2 пер.	Отпустить при 520 °С, 2 ч, в партии 4 шт.	Нагревательная печь МИМП-3УЭ				30	0,5	0 30,5
30	<b>СВЕРЛИЛЬНАЯ</b> Развернуть 4 отверстия (нов.3) до $d=8$ мм, в партии 4 шт.	Станок 2А125, развёртка $d=8$ мм, поворотный стол БЗСП 7204-0003				4,04	2,02	0,2 6,26
		7/272	0,1	0,1	4	4,04	2,02	0,2 6,26
35 установ 1 пер.	<b>ТОКАРНАЯ</b> Точить до $d=42$ мм на длину заготовки (нов.4), начисто, в партии 4 шт.	Станок 1И611П, трёхкулачковый патрон, резец проходной торцевой с пластиной из твёрдого сплава Т15К6, задний вращающийся центр, установочные приспособления				0,1	0,1	1 0,22
		69/520	0,4	0,1	1	0,1	0,1	0,02 0,22

установ 2 пер.	Точить с торца (нов.1), начисто	Станок 1И611П, трёхкулачковый патрон, резец проходной торцевой с пластиной из твёрдого сплава Т15К6				0,29	0,29	0,058 0,638
		69/520	0,15	0,25	1	0,29	0,29	0,058 0,638
3 пер.	Отрезать деталь в размер 18 мм	Станок 1И611П, трёхкулачковый патрон, резец отрезной с пластиной из твёрдого сплава Т15К6				0,22	0,22	0,044 0,484
		69/520	0,2	3	1	0,22	0,22	0,044 0,484
установ 3 пер.	Точить деталь с торца 0,25 мм (нов.5), начисто	Станок 1И611П, трёхкулачковый патрон, резец проходной торцевой с пластиной из твёрдого сплава Т15К6				0,29	0,29	0,058 0,638
		69/520	0,15	0,25	1	0,29	0,29	0,058 0,638
						<b><math>T_{шт.} = 53,64</math> мин</b>		

## 1. ВЫБОР ЗАГОТОВКИ

Для изготовления четырёх штук матриц выбираем заготовку из прокатной стали с сечением в виде круга диаметром  $d = 45$  мм длиной 84 мм из стали 40Х ГОСТ 4543-71 [2]. Требуемая длина заготовки рассчитана с учетом ширины отрезного реза и необходимости торцевания заготовки. Условное обозначение заготовки:

$$\frac{45 \text{ ГОСТ}2590 - 88}{40\text{X} \text{ ГОСТ}4543 - 71}$$

## 2. ОБОСНОВАНИЕ МАРШРУТА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

Учитывая размеры матрицы рационально провести часть механической обработки поверхностей и термическую обработку одновременно во всей партии и, затем, разрезать заготовку на детали.

Вводим нумерацию обрабатываемых поверхностей заготовки матрицы (рис. 1).

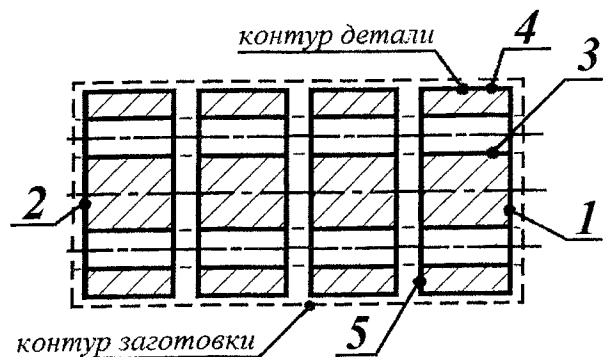


Рис. 1. Условное обозначение поверхностей заготовки

Режимы термической обработки назначаем по рекомендациям [2, 3]. Технологический маршрут изготовления детали – матрицы:

Операция	Содержание операции
05 Токарная:	
уст.1 1 переход -	торцевать пов.1 заготовки (1-й установ);
уст.2 2 переход -	торцевать пов.2 заготовки (2-й установ)

10 Разметочная:	
1 переход -	разметить центры отверстий по чертежу;
2 переход -	кernить центры отверстий по разметке
15 Сверлильная:	сверлить 4 отверстия пов. 3 $d=7,8$ мм по керновке
20 Токарная:	точить пов. 4 до $d=42,3$ мм на длину заготовки, на оправках
25 Термическая:	
1 переход -	нагреть 850 °С, 45 мин и закалить;
2 переход -	отпустить 520 °С, 2 ч.
30 Сверлильная:	развернуть 4 отверстия пов. 3 до $d=8$ мм начисто
35 Токарная:	
уст.1 1 переход -	точить пов. 4 до $d = 42$ мм на длину заготовки, на оправке начисто (1-й установ);
уст.2 2 переход -	точить с торца, пов. 1, начисто (2-й установ);
3 переход -	отрезать деталь в размер 18 мм, в партии 4 шт.;
уст.3 4 переход -	точить с торца, пов.2, начисто (3-й установ)

## 3. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ, ИНСТРУМЕНТОВ, ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

### 3.1. Выбор оборудования

Учитывая габариты заготовки, для проведения токарных операций выбираем токарно-винторезный станок марки 1И611П, так как он позволяет провести все операции, связанные с точением, при минимальном энергопотреблении.

Операцию сверления выполняем на сверлильном станке 2А125.

Исходя из габаритов заготовки ( $\varnothing 45$ ,  $L=84$ ) и требования наименьших энергозатрат для выполнения термической операции выбираем муфельную электропечь сопротивления МИМП-3УЭ и ванну закалочную.

Ниже приведены основные технические характеристики выбранного оборудования.

### 1. Токарно-винторезный станок ИБ11П

Максимальный диаметр точения, мм:	
над станиной .....	250
над суппортом .....	125
Наибольший диаметр обрабатываемого прутка, мм .....	24
Максимальная длина обрабатываемого изделия, мм .....	500
Наибольшее сечение резца, мм .....	16x16
Частоты вращения шпинделя, об/мин: 20; 25; 32; 40; 52; 66; 82; 100; 126;	
160; 204; 256; 300; 410; 520; 660; 810; 1000; 1310; 1610; 2000	
Продольные подачи, мм/об: 0,01; 0,15; 0,02; 0,025; 0,03; 0,04; 0,045; 0,05;	
0,075; 0,125; 0,15; 0,22; 0,25; 0,3; 0,375; 0,4; 0,6; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75; 2,0	
Поперечные подачи – для определения поперечной подачи необходимо	
продольную подачу для данной ступени разделить на два	
Мощность электродвигателя, кВт .....	2,5

### 2. Вертикально-сверлильный станок 2А125

Наибольший диаметр сверления, мм .....	25
Вылет шпинделя, мм .....	250
Наибольший ход шпинделя, мм .....	175
Частоты вращения шпинделя, об/мин: 97; 140; 195; 272; 392; 545; 580; 960; 1360	
Подачи, мм/об: 0,1; 0,13; 0,17; 0,22; 0,28; 0,36; 0,48; 0,62; 0,81	
Мощность электродвигателя, кВт .....	2,8

### 3. Печь муфельная МИМП-3УЭ

Напряжение питания, В: .....	220
Диапазон задания температурных величин, °С: .....	1-1150 с шагом 1
Отклонение температуры от задания, °С: .....	2
Размеры рабочей камеры (Ширина x Высота x Глубина), мм .....	155x105x200
Габариты печи, мм .....	420x460x520
Потребляемая мощность, Вт, не более: .....	2500

#### 3.2. Выбор инструментов и приспособлений

Для торцевания и точения применяем стандартный резец токарный проходной с отогнутой головкой и пластиной из твердого сплава Т15К6 по ГОСТ 18877-73 (рис. 2, а). Для отрезания применяем резец токарный отрезной с пластиной из твердого сплава Т15К6 по ГОСТ 18884-73 (рис. 2, б) и шириной режущей кромки 3 мм. Сечения державок выбранных резцов 16x12 мм [4].

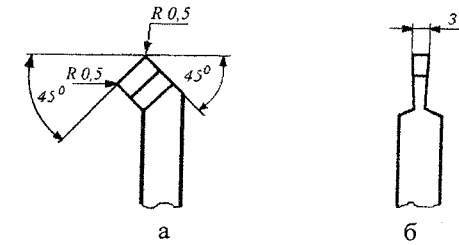


Рис. 2. Схемы резцов: а – резец токарный проходной с отогнутой головкой и пластиной из твердого сплава Т15К6; б – резец токарный отрезной с пластиной из твердого сплава Т15К6

Для установки и закрепления заготовки при точении используем специальные установочные приспособления (рис. 3).

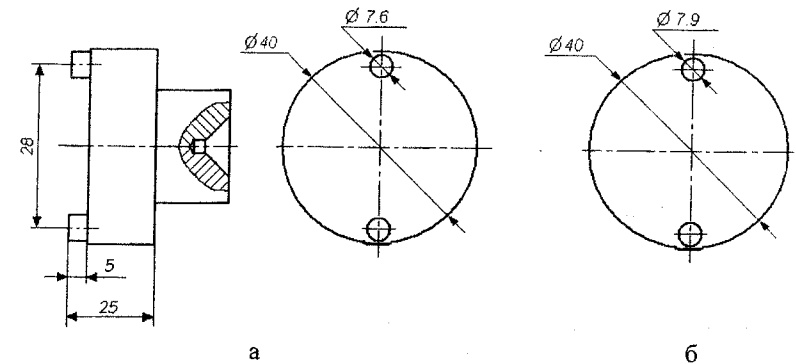


Рис. 3. Установочные приспособления: а – для чернового точения; б – для чистового точения

Для выполнения разметочной операции применяем разметочную плиту, штангенциркуль ШЦ-1-125-0,05, чертило, керно и молоток.

В качестве инструментов при сверлении используем длинное спиральное сверло  $d = 7,8$  мм с коническим хвостовиком по ГОСТ 10902-77 с длиной рабочей части  $l = 100$  мм, общая длина сверла  $L = 180$  мм [4]. Материал сверла – быстрорежущая сталь Р6М5.

Для чистовой обработки отверстий используем машинную цельную развертку  $d = 8$  мм с удлиненной рабочей частью по ГОСТ 11172-70 с длиной рабочей части  $l = 100$  мм, общая длина развертки  $L = 180$  мм [4]. Материал развертки – быстрорежущая сталь Р6М5.

При сверлении и развертывании заготовку закрепляем на поворотном столе модели БЗСП 7204-0003.

#### 4. ВЫБОР РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

Скорость резания определяем исходя из твердости обрабатываемой заготовки и материала инструмента. В состоянии поставки заготовка из стали 40Х имеет твердость не более  $HB = 217$  [2, 3]. После проведения операции термической обработки твердость заготовки составляет  $HB = 280 \dots 320$ . Согласно рекомендациям [1, табл. 1], учитывая материал режущей части инструмента, определяем допускаемую скорость резания  $V_{рез}$ . Число оборотов шпинделя рассчитываем по формуле

$$n_{шп} = \frac{1000 V_{рез}}{\pi D}, \quad (1)$$

где  $D$  – диаметр заготовки при токарной операции или диаметр сверла при сверлильной операции, мм.

Допускаемая скорость резания и число оборотов шпинделя

- 05, 20 токарная: для  $HB=217$  и материала режущей кромки Т15К6 [ $V_{рез}$ ] = 200 м/мин, учитывая рекомендации п.4 [1], принимаем  $V_{рез} = 100 \dots 150$  м/мин;  $n_{шп} = 707 \dots 1061$  об/мин, согласуя со стандартным рядом, принимаем  $n_{шп} = 1000$  об/мин;
- 15 сверлильная: для  $HB=217$  и материала режущей кромки Р6М5 [ $V_{рез}$ ] = 40 м/мин, учитывая рекомендации п.4 [1], принимаем  $V_{рез} = 10 \dots 20$  м/мин;  $n_{шп} = 408 \dots 817$  об/мин, согласуя со стандартным рядом, принимаем  $n_{шп} = 580$  об/мин;
- 30 сверлильная: для  $HB=280 \dots 320$  и материала режущей кромки Р6М5 [ $V_{рез}$ ] = 20 м/мин, учитывая рекомендации п.4 [1], принимаем  $V_{рез} = 5 \dots 10$  м/мин;  $n_{шп} = 199 \dots 398$  об/мин, согласуя со стандартным рядом, принимаем  $n_{шп} = 272$  об/мин;
- 35 токарная: для  $HB=280 \dots 320$  и материала режущей кромки Т15К6 [ $V_{рез}$ ] = 100 м/мин (по максимальному значению твердости), учитывая рекомендации п.4 [1], принимаем  $V_{рез} = 50 \dots 75$  м/мин;  $n_{шп} = 398 \dots 597$  об/мин, согласуя со стандартным рядом, принимаем  $n_{шп} = 520$  об/мин.

Подачу  $S$  для чистовой обработки выбираем согласно рекомендациям [1, табл. 2] в зависимости от требуемой шероховатости поверхностей и принимая радиус резца при вершине  $r = 0,5$  мм

30 сверлильная: для обеспечения  $Ra=0,63$  мкм -  $S = 0,10$  мм/об;

35 токарная:

1 переход - для обеспечения  $Ra=6,3$  мкм -  $S = 0,45$  мм/об;

2 и 4 переход - для обеспечения  $Ra=1,25$  мкм -  $S = 0,15$  мм/об.

Глубина резания  $t$  при черновой обработке выбирается максимальной (желательно снять черновой припуск за один проход).

05 токарная -  $t = 1$  мм;

15 сверлильная -  $t = 3,9$  мм ( $0,5D_{сверла}$ );

20 токарная -  $t = 1,35$  мм;

30 сверлильная -  $t = 0,1$  мм;

35 токарная:

1 переход -  $t = 0,15$  мм,

2 и 4 переход -  $t = 0,25$  мм,

3 переход -  $t = 3$  мм (глубина резания равна ширине отрезного резца).

Допустимую подачу для черновой обработки, ограниченную мощностью станка, определяем по формуле [1, (8)]:

$$[S] \leq \frac{3040 N_{дв}}{t n_{шп} HB R}, \quad (2)$$

где  $N_{дв}$  – мощность двигателя станка, кВт;

$R$  – радиус заготовки или сверла, м.

Результаты расчета максимально допустимых значений подач и принятые значения подач (с учетом корректировок в п. 6 и стандартным рядом подач станка) приведены в таблице.

Допустимые и принятые значения подач

Операция	Подача $S$ , мм/об	
	допустимая	расчетная
<i>Черновая обработка</i>		
05 токарная	1,87	0,40
15 сверлильная	4,45	0,40
20 токарная	1,38	0,40
35 токарная		
3 переход	0,84	0,20
<i>Чистовая обработка</i>		
30 сверлильная	0,1	0,075
35 токарная		
1 переход	0,45	0,40
2 и 4 переход	0,15	0,15

## 5. ПРОВЕРКА ОБОРУДОВАНИЯ ПО КРУТЯЩЕМУ МОМЕНТУ

Проверку выбранного оборудования по крутящему моменту выполняем для самой напряженной токарной операции, для которой произведение  $t \cdot S \cdot HB$  максимально.

Операция	Критерий $t \cdot S \cdot HB$
05 токарная	87
20 токарная	117
35 токарная	
1 переход	19
2 и 4 переход	12

Условия работы наиболее тяжелые для операции 20, на которой происходит черновое обтачивание поверхности 4.

Проверим выбранный станок 1И611П на требуемую мощность резания для операции 20.

Проверку проводим согласно рекомендациям [1] по формуле

$$[t \cdot S] \leq \frac{3040 N_{осн}}{n_{шт} HB R} = \frac{3040 \cdot 3}{1000 \cdot 217 \cdot 0,0225} = 1,87.$$

Для самой напряженной операции 20 глубина резания  $t=1$  мм, подача  $S=0,4$  мм/об. Принятое значение  $t \cdot S=0,4$  меньше допускаемого  $[t \cdot S]=1,87$ , следовательно, мощности станка 1И611П будет достаточно для выполнения всех токарных работ в разрабатываемом технологическом процессе.

## 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

В разработанном технологическом процессе обрабатывается одна заготовка и затем она разрезается на отдельные детали. То есть вся партия деталей обрабатывается одновременно, кроме переходов 2, 3 и 4 в операции 35. Поэтому, чтобы узнать время, затрачиваемое на изготовление одной детали в каждой операции, требуется полученное расчетное значение поделить на количество деталей  $n$  в партии, в нашем случае  $n=4$ .

### 05 Токарная

1 переход:  $l_p = l + l_{сп} + l_{сх} = 22,5 + 2 + 0 = 24,5$  мм;  
время на обработку партии деталей (4 шт)

$$T_{осн} = \frac{l_p}{S n} \cdot i = \frac{24,5}{0,4 \cdot 1000} \cdot 1 = 0,06 \text{ мин},$$

$$T_{всн} = T_{осн} \cdot 1,5 = 0,06 \cdot 1,5 = 0,09 \text{ мин}, \text{ принимаем } T_{всн} = 0,25 \text{ мин (15 с)},$$

$$T_{дон} = 0,1(T_{осн} + T_{всн}) = 0,1(0,06 + 0,25) = 0,03 \text{ мин},$$

тогда время на обработку одной детали

$$T_{осн} = 0,06/4 = 0,015 \text{ мин},$$

$$T_{всн} = 0,25/4 = 0,063 \text{ мин},$$

$$T_{дон} = 0,03/4 = 0,008 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{всн} + T_{дон} = 0,015 + 0,063 + 0,008 = 0,086 \text{ мин}.$$

2 переход: действия на этом переходе аналогичны действиям на переходе 1, поэтому:

$$T_{осн} = 0,015 \text{ мин},$$

$$T_{всн} = 0,063 \text{ мин},$$

$$T_{дон} = 0,008 \text{ мин},$$

$$T_{шт} = 0,086 \text{ мин}.$$

### 10 Разметочная

1 переход: принимаем  $T_{осн} = 2/4 = 0,5$  мин, тогда

$$T_{всн} = 1,5 \quad T_{осн} = 1,5 \cdot 0,5 = 0,75 \text{ мин},$$

$$T_{дон} = 0,125 \text{ мин},$$

$$T_{шт} = 1,375 \text{ мин}.$$

2 переход: принимаем  $T_{осн} = 0,3/4 = 0,08$  мин, тогда

$$T_{всн} = 1,5 \quad T_{осн} = 0,12 \text{ мин},$$

$$T_{дон} = 0,02 \text{ мин},$$

$$T_{шт} = 0,22 \text{ мин}.$$

### 15 Сверлильная

$$l_p = l + l_{сп} + l_{сх} = 82 + 2,5 + 1,5 = 86 \text{ мм},$$

$$T_{осн} = \left(\frac{l_p}{S n} \cdot i\right) / 4 = \left(\frac{86}{0,4 \cdot 580} \cdot 4\right) / 4 = 0,37 \text{ мин},$$

$$T_{всн} = 1,5 \quad T_{осн} = 1,5 \cdot 0,37 = 0,555 \text{ мин},$$

$$T_{дон} = 0,093 \text{ мин},$$

$$T_{шт} = 1,018 \text{ мин}$$

## 20 Токарная

$$l_p = l + l_{вр} + l_{сх} = 82 + 1 + 1 = 84 \text{ мм};$$

$$T_{осн} = \left( \frac{84}{0,4 \cdot 1000} \cdot 1 \right) / 4 = 0,053 \text{ мин},$$

$$T_{всп} = T_{осн} = 0,053 \text{ мин},$$

$$T_{доп} = 0,011 \text{ мин},$$

$$T_{ит} = 0,117 \text{ мин}.$$

## 25 Термическая

1 переход:

$$T_{осн} = 45/4 = 11,25 \text{ мин},$$

принимаем для всей партии  $T_{всп} = 3 \text{ мин}$ , тогда для одной детали

$$T_{всп} = 3/4 = 0,75 \text{ мин},$$

принимаем  $T_{доп} = 0$ ,

$$T_{ит} = 12 \text{ мин}.$$

2 переход:

$$T_{осн} = 120/4 = 30 \text{ мин},$$

принимаем для всей партии  $T_{всп} = 2 \text{ мин}$ , тогда для одной детали

$$T_{всп} = 2/4 = 0,5 \text{ мин},$$

$$T_{доп} = 0,$$

$$T_{ит} = 30,5 \text{ мин}.$$

## 30 Сверлильная

$$l_p = l + l_{вр} + l_{сх} = 82 + 2 + 1,2 = 85,2 \text{ мм};$$

$$T_{осн} = \left( \frac{85,2}{0,075 \cdot 272} \cdot 4 \right) / 4 = 4,04 \text{ мин},$$

$$T_{всп} = 0,5 \quad T_{осн} = 0,5 \cdot 4,04 = 2,02 \text{ мин},$$

$$T_{доп} = 0,2 \text{ мин},$$

$$T_{ит} = 6,26 \text{ мин}.$$

## 35 Токарная

1 переход:  $l_p = 84 \text{ мм}$ ,

$$T_{осн} = \left( \frac{84}{0,4 \cdot 520} \cdot 1 \right) / 4 = 0,1 \text{ мин},$$

$$T_{всп} = T_{осн} = 0,1 \text{ мин},$$

$$T_{доп} = 0,02 \text{ мин},$$

$$T_{ит} = 0,22 \text{ мин}.$$

2 переход:  $l_p = 23 \text{ мм}$ ,

$$T_{осн} = \frac{23}{0,15 \cdot 520} \cdot 1 = 0,29 \text{ мин},$$

$$T_{всп} = T_{осн} = 0,29 \text{ мин},$$

$$T_{доп} = 0,058 \text{ мин},$$

$$T_{ит} = 0,638 \text{ мин}.$$

3 переход:  $l_p = 23 \text{ мм}$ ,

$$T_{осн} = \frac{23}{0,2 \cdot 520} \cdot 1 = 0,22 \text{ мин},$$

$$T_{всп} = T_{осн} = 0,22 \text{ мин},$$

$$T_{доп} = 0,044 \text{ мин},$$

$$T_{ит} = 0,484 \text{ мин}.$$

4 переход:  $l_p = 23 \text{ мм}$ ,

$$T_{осн} = \frac{23}{0,15 \cdot 520} \cdot 1 = 0,29 \text{ мин},$$

$$T_{всп} = T_{осн} = 0,29 \text{ мин},$$

$$T_{доп} = 0,058 \text{ мин},$$

$$T_{ит} = 0,638 \text{ мин}.$$

Время изготовления одной детали

$$\sum T_{ит} \approx 53,6 \text{ мин}$$

Особенностью разработанного технологического процесса является то, что обрабатывается одновременно вся партия и затем заготовка разрезается на четыре детали. Для разделения заготовки на четыре детали необходимо выполнить три реза (операция 35, переход 3) – это учитывается при расчете времени изготовления всей партии, а именно отнимается  $T_{ит}$  (операция 35, переход 3)

$$T_n = n \cdot \sum T_{ит} - T_{ит(оп35,пер3)} = 4 \cdot 53,6 - 0,48 = 213,9 \text{ мин} (\approx 3 \text{ ч } 33 \text{ мин}).$$

## 7. КОЭФФИЦИЕНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАЛЛА

Коэффициент использования металла  $K_{им}$ , %, определяется как:

$$K_{им} = \frac{\sum V_{дет}}{\sum V_{заг}},$$

где  $\sum V_{дет}$  - суммарный объем всех деталей;

$\sum V_{заг}$  - суммарный объем металла заготовки.



Объемы заготовки и детали:

$$V_{\text{заг}} = \pi r_{\text{заг}}^2 l_{\text{заг}} = 3,14 \cdot 22,5^2 \cdot 82 = 130349 \text{ мм}^3,$$

$$V_{\text{дет}} = \pi r_{\text{дет}}^2 l_{\text{дет}} - n_{\text{отв}} \pi r_{\text{отв}}^2 l_{\text{дет}} = 3,14 \cdot 21^2 \cdot 18 - 4 \cdot 3,14 \cdot 4^2 \cdot 18 = 21308 \text{ мм}^3,$$

где  $r_{\text{заг}}$ ,  $r_{\text{дет}}$ ,  $r_{\text{отв}}$  – радиусы соответственно заготовки, детали и отверстия, мм;

$l_{\text{заг}}$ ,  $l_{\text{дет}}$  – длина соответственно заготовки и детали, мм;

$n_{\text{отв}}$  – число отверстий в детали.

Коэффициент использования металла

$$K_{\text{им}} = \frac{4 \cdot 21308}{130349} = 0,65.$$

## ЛИТЕРАТУРА

1. Потехин Б.А., В.В. Илюшин. Технология машиностроения: учеб. пособие для студ спец. 190500, 190603, 150405 Екатеринбург УГЛТУ, 2011. - 30 с., ил.
2. Ануриев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя / под ред. И.Н. Жестковой. – В 3 т. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001. – Т. 1. – 920 с.: ил.
3. Сталь и сплавы. Марочник: справ. изд. / В.Г. Сорокин и др.; ред. В.Г. Сорокин, М.А. Гервасьев. - М.: «Интермет Инжиниринг», 2001. – 608 с.: ил.
4. Справочник технолога-машиностроителя / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещеряковой. – В 2 т. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с., ил.
5. Ягуткин В.А., Потехин Б.А., Джемилев Н.К. Технология машиностроения: учеб.-метод. пособие для студ спец. 17.04.00; 23.01.00; 55.21.00; 15.02.00, 26.02.00. - Екатеринбург, УГЛТУ, 2001. - 60 с., ил.