

Министерство образования Белгородской области
Областное государственное автономное профессиональное образовательное учреждение

«ШЕБЕКИНСКИЙ ТЕХНИКУМ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТРАНСПОРТА»

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора (по УМР)

_____ В.Н. Долженкова

«__» _____ 2026

**Методические указания
к выполнению практических работ**

**ОП.05 ПРОЦЕССЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ И
ИНСТРУМЕНТЫ**

15.02.16Технология машиностроения

ТМ-14

Составил преподаватель

подпись

В.В. Бряник
И.О. Фамилия

Рассмотрены и одобрены на заседании
цикловой комиссии

Протокол

от «__» _____ 2026 №__

Председатель цикловой комиссии _____

подпись

И.О. Фамилия

Шебекино- 2026

Перечень практических и лабораторных работ

Название работы	Кол-во часов
1. Практическое занятие № 1. Расчет припусков заготовок получаемых литьем	2
2. Практическое занятие № 2. Расчет припусков заготовок, получаемых обработкой давлением	2
3. Практическое занятие № 3. Расчет припусков заготовок, получаемых штамповкой	2
4. Практическое занятие № 4. Построение таблицы классификации металлорежущих станков	2
5. Практическое занятие № 5. Общая классификация инструментов формообразования в машиностроении: для механической обработки (точение, сверление, фрезерование и т.п.) металлических и неметаллических материалов	2
6. Практическое занятие № 6. Разработка чертежа штамповочной поковки	2
7. Практическое занятие № 7. Расчет режимов резания при точении	2
8. Практическое занятие № 8. Определение поправочных коэффициентов при расчете скорости резания по справочным таблицам	2
9. Практическое занятие № 9. Расчет режимов резания при сверлении, развертывании	2
10. Практическое занятие № 10. Расчет режимов резания при обработке отверстий	2
11. Практическое занятие № 11. Расчёт режимов резания при фрезеровании	2
12. Практическое занятие № 12. Расчет режимов резания при нарезании резьбы	2
13. Практическое занятие № 13. Расчет режимов резания при протягивании	2
14. Практическое занятие № 14. Сравнительная характеристика абразивных, естественных и искусственных материалов	2
15. Практическое занятие № 15. Расчет режимов резания при шлифовании	2
16. Практическое занятие № 16. Расчёт режимов резания при наружном круглом шлифовании	2
17. Практическое занятие № 17. Изучение процессов суперфиниширования и хонингования поверхности вращения	2
18. Практическое занятие № 18. Изучение электрофизических и электрохимических методов обработки	2
19. Практическое занятие № 19. Принципиальная схема и конструкция лазерной установки	2
20. Практическое занятие № 20. Расчет режимов резания при зубонарезании	2
ИТОГО	40

Информационные источники

(из рабочей программы)

Электронные учебники

1. Черепашин, А. А. Процессы формообразования и инструменты : учебник / А. А. Черепашин, В. В. Клепиков. - Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2022. - 224 с. - (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-906818-43-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/1817913> (дата обращения: 19.06.2025). – Режим доступа: по подписке.

Основная литература:

1. Гоцеридзе Р. М. Процессы формообразования инструменты: учебник для студ. учреждений СПО. – М.: Академия, 2019

Дополнительная литература:

1. Агафонова Л. С. Процессы формообразования инструменты. Лабораторно-практические работы: учеб. пособие для студ. учреждений СПО. – М.: Академия, 2013

Практическое занятие №1

«Расчет припусков заготовок, получаемых литьем»

Цели и задачи:

научиться рассчитывать припуски при обработке заготовки, полученной литьем, работать со справочной и нормативной литературой

Осваиваемые компетенции:

ОК 01, ОК 02, ОК 04, ОК 09

ПК 1.1-1.4, ПК 4.1

Раздаточный материал: инструкционно-технологическая карта

Ход работы:

Задание

Определить припуски при выполнении токарной обработки детали втулка на токарно-винторезном станке 16К20. Заготовка вала подрезана в размер по длине и зацентрирована. Тип производства – серийное.

Исходные данные определить по таблице 1, согласно варианту.

Таблица 1. Таблица заданий по вариантам

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Материал детали	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013. Для всех вариантов $\sigma_{\text{в}} = 600 \text{ МПа}$									
Припуск на обработку	Поковка. Для всех вариантов – 2 мм на сторону									
Способ установки заготовки	Для всех вариантов – в центрах с надеванием хомутика									
Режущий инструмент	Для всех вариантов – резец подрезной Т15К10									
Число деталей в партии, шт.	150	250	300	170	270	220	190	350	180	200
Масса заготовки, кг	2,3	4,2	3,0	2,8	5,1	4,0	3,8	3,1	6,0	2,6
Длина обработки, мм	80	60	60	120	80	50	75	65	100	40
	Станок 16К20 N= 10 кВт Максимальный диаметр надстаниной 400 мм.									

Вывод формируется согласно цели работы

Контрольные вопросы

1. Дать характеристику процессу литья
2. Описать технические характеристики токарно-винторезному станку 16К20

Практическое занятие № 2

«Расчет припусков заготовок, получаемых обработкой давлением»

Цели и задачи:

Развить навыки расчета припусков аналитическим и табличным методами.

Развить и закрепить навыки по расчету межоперационных размеров и размеров заготовки.

Осознать содержание и практическое использование материала выполненной работы

Осваиваемые компетенции:

ОК01, ОК02, ОК04, ОК09

ПК1.1 – 1.4

Раздаточный материал: инструкционно-технологическая карта

Ход работы:

Задание:

Рассчитать припуски, операционные размеры, размеры заготовки аналитическим методом на 1 поверхность.

Определить табличным методом припуски и рассчитать размеры заготовки на все оставшиеся поверхности.

Выполнить эскиз заготовки. Варианты заданий;

Эскиз детали.

Отчет должен содержать.

Эскиз детали.

План обработки поверхностей.

Таблицу аналитического расчета припусков и размеров.

Расчет припусков аналитическим методом.

Схему расположения припусков, допусков и операционных размеров.

Расчет операционных размеров.

Таблица для определения припусков и размеров по таблицам.

Эскиз заготовки.

Технические требования к заготовке.

Расчет объема (V) и массы (m) детали и заготовки. 11. Расчет КИМ.

12. Вывод.

Таблица 1 - Приспособление: 3х кулачковый патрон, оправка

№ варианта	Диаметр, мм	Длина, мм	Масса тд, кг	Заготовка L	L1	d	d
d							
ГКМ 11 гр.	75h12	45h12	315h7	115h1185H8	7,96	30ХГСА	штамповка
	85h12	55h12	340h7	130h11	80H8	11,65	
	65h12	35h12	175h7	95h1175H8	4,25		
	95h12	55h12	315h7	135h11	90H8	11,6	
	60h12	25h12	215h7	85h1170H8	3,15		
105 h12		65 h12	290 h7	125 h11	110 H8	19,23	35 ХГСЛ литье в
кокиль 11 гр.	70 h12	35 h12	295 h7	105 h11	75 H8	5	
	100 h12		60 h12	280 h7	130 h11	100 H8	15,5
	80 h12	45 h12	330 h7	125 h11	80 H8	9,9	

	55h12	20h12	200h7	80h1170H8	2,45	
ГКМ 11 гр.	75h12	45h12	315h7	115h1185H8	7,96	30ХГСАштамповка
	85h12	55h12	340h7	130h11	80H8	8,47
	65h12	35h12	175h7	95h1175H8	4,25	
	15h12	10h12	50h7	20h1125H8	1,6	
	60h12	25h12	215h7	85h1170H8	3,2	
105 h12		65 h12	290 h7	125 h11	110 H8	19,23 35 ХГСЛ литье в
кокиль 11 гр.	70 h12	35 h12	295 h7	105 h11	75 H8	15
	100 h12		60 h12	280 h7	130 h11	100 H8 25,5
	80 h12	45 h12	330 h7	125 h11	80 H8	4,9
	15 h12	5 h12	50 h7	20 h11	25 H8	0,45

Теоретические положения

Припуски на механическую обработку

Припуском называется слой металла, подлежащий удалению с поверхности заготовки в процессе механической обработки для получения готовой детали. Величина припуска определяется требованиями по точности и наличием дефектов, связанных с получением заготовки (для их устранения).

Припуск на механическую обработку удаляется последовательно за несколько переходов. На каждом последующем переходе размер промежуточного припуска меньше, чем на предыдущем, а также с каждым последующим переходом увеличивается точность и уменьшается шероховатость обрабатываемой поверхности. Важной и ответственной работой при проектировании технологических процессов механической обработки деталей является установление оптимального для данного перехода промежуточного припуска, после чего можно определить промежуточные размеры на операциях, которые указываются в технологической документации.

Определение припусков и размеров

Промежуточные припуски на каждый переход можно установить двумя методами:

1. Опытно-статистический метод, пользуясь таблицами (СТМ, 1).
2. Расчетно-аналитический метод базируется на анализе факторов, влияющих на припуски предшествующего и выполняемого переходов. Значение припуска определяется методом дифференцированного расчета по элементам, составляющим припуск. Этот метод предусматривает расчет припусков по всем последовательно выполняемым технологическим переходам обработки данной поверхности детали (промежуточные припуски), их суммирование для определения общего припуска на обработку поверхности и расчет промежуточных размеров, определяющих положение поверхности и размеров заготовки. Расчетной величиной является минимальный припуск на обработку, достаточный для устранения на выполняемом переходе погрешностей обработки и дефектов поверхностного слоя, полученных на предшествующем переходе, и компенсации погрешностей, возникающих на выполняемом переходе. Промежуточные размеры, определяющие положение обрабатываемой поверхности, и размеры заготовки рассчитывают с использованием минимального припуска. Расчетные формулы для определения величин припуска на обработку.

При последовательной обработке противоположных или отдельно расположенных поверхностей (односторонний припуск):

$$Z_{imin} = R_{zi-1} + T_{i-1} + p_{i-1} + \varepsilon U_i.$$

При параллельной обработке противоположных поверхностей (двухсторонний припуск):

$$2Z_{imin} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + p_{i-1} + \varepsilon U_i).$$

При обработке наружных и внутренних поверхностей вращения:

$2 Z_{\min} = \sqrt{2(R_{z_{i-1}} + T_{z_{i-1}})^2 + (p_{z_{i-1}})^2 + (\epsilon_{y_i})^2}$ где $Z_{\min}$ - минимальный операционный припуск;

$R_{z_{i-1}}$ - высота микронеровностей на поверхности после предшествующего перехода;

T_{i-1} - толщина дефектного слоя, полученная на предшествующем переходе (литейная корка,

обезуглероженный слой);

p_{i-1} - суммарное значение пространственных отклонений взаимосвязанных поверхностей.

(Уменьшается с каждым последующим переходом: $p_1=0,06 p_0$; $p_2=0,05 p_1$; $p_3=0,040 p_2$); ϵ_{y_i} - погрешность установки заготовки на станке при выполнении, рассматриваемого перехода

Алгоритм выполнения работы

Выполнить эскиз детали (указать м.м.; вес; вид заготовки).

Составить план обработки поверхности детали.

Найти элементы припусков (T ; R_2 ; p ; ϵ) для расчета припусков аналитическим методом на одну поверхность и занести в таблицу:

№п/п	Технологическая операция (переход)	Элементы припуска, мкм	Припуск $Z_{\min}$ мм	Допуск S мм
	Наименьший размер, мм	Наибольший размер, мм	Операционный	

размер с доп., мм

R_2 T p ϵ_y Поверхность с размером

Привести расчет по операциям элементов припусков (p ; ϵ_y), занести данные расчетов в таблицу.

Рассчитать межоперационные припуски для данной поверхности. Занести в таблицу.

Выбрать допуски (S_1 ; S_2 ; S_3) на операционные размеры, размер детали и заготовки. Занести в таблицу.

Построить схему расположения припусков, допусков, операционных размеров для данной поверхности.

Рассчитать операционные размеры Для вала:

$V_{нi-1} = V_{нi} + Z_i$ $V_{нi} = V_{нi-1} + Z_i$

Размеры, полученные на заключительной операции (размеры детали) $V_{д.нд.} =$ $V_{д.нм} =$

Размеры, полученные на предпоследней операции

$V_{нм.i} = V_{д.нб.} + z_i$ $V_{нб.i} = V_{нм.i} + s_i$

Размеры заготовки

$V_{з.нм} = V_{нб1.} + z_1$ $V_{з.нб} = V_{з.нм} + s_3$

Для отверстия:

$A_{нi-1} = A_{нi} - Z_i$ $A_{нi-1} = A_{нi} - S_{i-1}$

От размеров готовой детали последовательно вычитаются припуски (Z_i) и допуски(S_{i-1}) на операции.

Занести рассчитанные операционные размеры в таблицу,

Определить припуски табличным методом, рассчитать операционные размеры и размеры заготовки. Внести выбранные и расчетные значения в таблицу:

№п/п	Технологическая операция (переход)	Элементы припуска, мкм	Припуск $Z_{\min}$ мм	Допуск S мм
	Наимень-ший размер, мм	Наиболь-ший размер, мм	Операцион-ный	
	размер с доп., мм			

Поверхность с размером
заготовка

2

3

Поверхность с размером
заготовка

2

3

Выполнить эскиз заготовки, обозначив контуры детали штрих -пунктирной линией, и проставить размеры заготовки.

Записать технические требования на заготовку:

- штампованные заготовки:

группа точности;

смещение по плоскости разъема штампов;

глубина внешних дефектов;

штамповочные радиусы;

штамповочные уклоны.

- литейные заготовки:

класс точности;

литейные уклоны;

литейные радиусы.

Рассчитать КИМ.

Масса $m = V \rho$; где V - объем детали или заготовки.

ρ - удельная плотность материала. Для стали $\rho = 7,5 - 8 \text{ г/см}^3$;

Для чугуна $\rho = 6,6 - 7,4 \text{ г/см}^3$; , Для алюминиевых сплавов $\rho = 2,75 - 2,9 \text{ г/см}^3$.

Сделать вывод:

Практическое занятие № 3

«Расчет припусков заготовок, получаемых штамповкой»

Цели и задачи:

Развить навыки расчета припусков заготовок, получаемых штамповкой.

Развить и закрепить навыки по расчету межоперационных размеров и размеров заготовки.

Осознать содержание и практическое использование материала выполненной работы

Осваиваемые компетенции:

ОК01, ОК02, ОК04

ПК 4.1

Раздаточный материал: инструкционно-технологическая карта

Ход работы

Припуск - это слой материала, удаляемый с поверхности заготовки последовательными переходами, с целью достижения требуемой формы, точности размеров и шероховатости обрабатываемой поверхности.

Припуски назначаются на каждый переход. Завышенные припуски увеличивают расход металла, объем металлообработки и себестоимость изготовления детали. Заниженные припуски не обеспечивают достижения нужного качества обработки и приводят к браку.

В машиностроении применяют опытно-статистический метод изготовления припусков на обработку.

При этом методе общие и промежуточные припуски берут по таблицам, составленным на основе обобщения производственных данных. Недостатком этого метода является то, что припуски назначают без учета маршрута обработки детали, без учета схемы установки заготовки на станке, без учета погрешностей предшествующей обработки. Опытно-статистические припуски в большинстве своем завышены.

В данной практике будет разобран расчетно-аналитический метод определения припусков, он более точный, хотя и трудоемкий.

В основе расчетно-аналитического метода назначения припусков лежит определение минимально необходимого припуска на переход, который должен перекрыть следующие погрешности и который рассчитывается по формуле:

$$Z_{\min} = T_{i-1} + R_{zi-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2},$$

где T_{i-1} - толщина дефектного слоя (наклеп, трещины, прижоги), оставшегося с предшествующего перехода, мкм;

R_{zi-1} - высота микронеровностей, оставшихся с предшествующего перехода, мкм; ρ_{i-1} - погрешность формы заготовки (коробление, изогнутость, биение), оставшаяся с предшествующего перехода, мкм; ε_i - погрешность установки заготовки на выполняемом переходе, мкм.

Погрешность формы и погрешность установки являются векторными величинами и поэтому суммируются по правилу квадратного корня.

В случае, когда удаление припуска осуществляется одновременно с двух сторон поверхности (обтачивание, шлифование цилиндрических поверхностей), минимальный припуск, назначаемый на диаметр, удваивается, то есть берется

$$2 \cdot Z_{\min}.$$

Значение величин дефектного слоя и шероховатость определяются методом получения заготовки и методом обработки.

Погрешность формы также зависит от метода получения заготовки. На последующих этапах обработки погрешность формы резко уменьшается и ее величина определяется коэффициентом уточнения, то есть: $\rho_i = \rho_{i-1} \cdot K_u$. Значение

коэффициента уточнения приведены в работе ([1], стр. 187; [2], стр.33)

Погрешность установки заготовки на выполняемом переходе определяется по формуле:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2};$$

где ε_6 - погрешность базирования, которая возникает при несовпадении установочной и измерительной баз, рассчитывается в зависимости от схемы

установки ([3], стр. 104); ε_3 - погрешность закрепления, возникающая в результате смещения установочной базы относительно опоры в результате упругих и контактных деформаций элементов приспособления и детали.

Пример: Требуется рассчитать припуски на обработку и промежуточные предельные размеры на поверхность $\varnothing 30k6$ вала-шестерни (рис. 1).

Определяем метод получения заготовки.

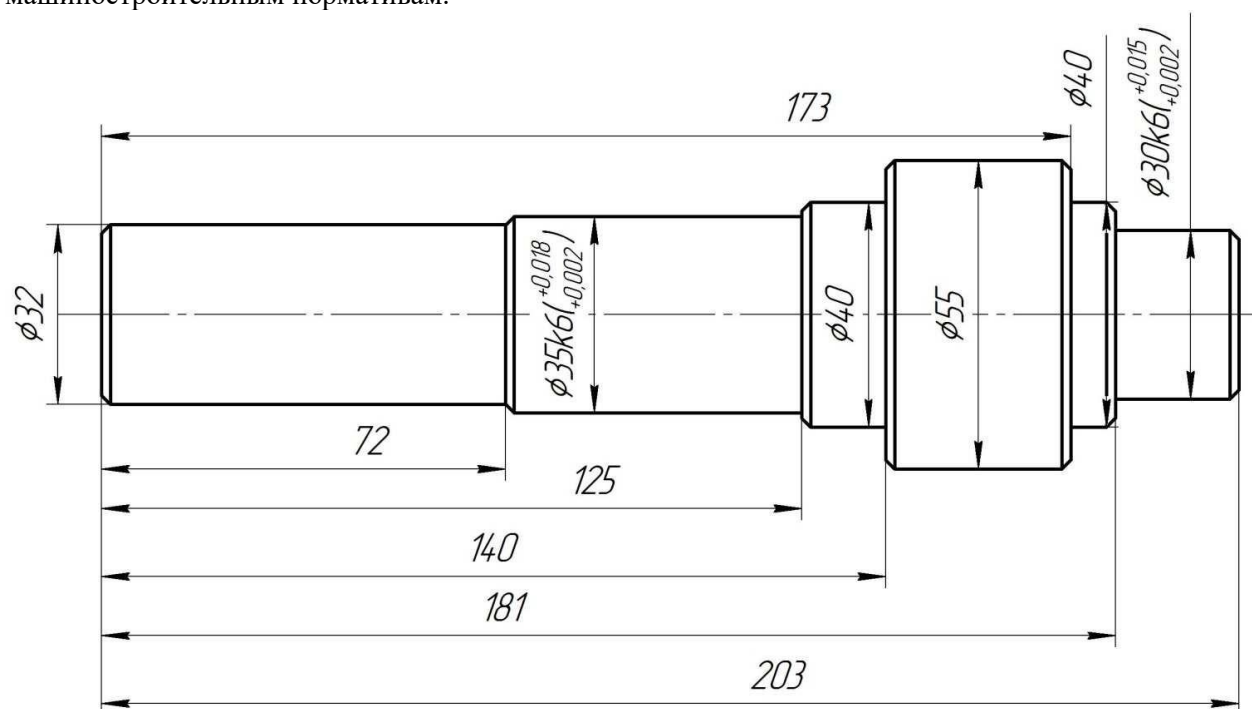
Материал детали - сталь 45. Заготовка деталей для массового производства - штамповка на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ).

Определяем типоразмер заготовки.

Определения типоразмера заготовки производится по массе заготовки и ее длине. Массу заготовки ($m_{\text{заг}}$) можно ориентировочно принять как:

$m_{\text{заг}} = m_{\text{дет}} + 0,4 \cdot m_{\text{дет}}$, где $m_{\text{дет}}$ - масса детали, кг.

Коэффициент 0,4 – это 40% от массы заготовки, которая уходит в стружку - по общим машиностроительным нормативам.



Материал- сталь 45 ГОСТ 1050-88

Рис. 1. Вал

Рассчитываем массу заготовки; учитывая, что плотность стали 45 $\rho = 7825 \text{ кг/м}^3$.

$$m_{\text{дет}} = \left(\frac{\pi \cdot 32^2}{4} \cdot 72 + \frac{\pi \cdot 35^2}{4} \cdot 53 + \frac{\pi \cdot 40^2}{4} \cdot 15 + \frac{\pi \cdot 55^2}{4} \cdot 25 + \frac{\pi \cdot 40^2}{4} \cdot 8 + \frac{\pi \cdot 30^2}{4} \cdot 22 \right) \cdot 7825 \cdot 10^{-9} \approx 1,81 \text{ (кг)}$$

Тогда масса заготовки приблизительно:

$$m_{\text{заг}} = m_{\text{дет}} + 0,4 \cdot m_{\text{дет}} = 0,4 \cdot 1,81 + 1,81 = 2,53 \text{ (кг)}.$$

Таким образом, типоразмер детали: масса - 2,53 кг, длина - 203 мм. По данным работы ([1], стр. 244, табл. 47; [4]) для данного типоразмера (без учета класса точности, группы стали, степени точности) поле допуска составляет 1800

$$\text{мкм} \left(d_{\text{з}}^{+1,2}_{-0,6} \text{ мм} \right).$$

Составляем примерный технологический процесс обработки детали

для достижения заданной точности размера - $\varnothing 30k6$ (Заполнение столбцов 1 и 7 табл. 1).

По данным работы ([5], стр. 165, табл. П2.2) определяем количество вид операций по механической обработки, обеспечивающих заданную точность: точение черновое (12 кв.), точение чистовое (10 кв.), шлифование черновое (8 кв.), шлифование чистовое (6 кв.). Схема закрепления при точении- центра

(один жесткий, один вращающийся) и поводковый патрон (рис. 2), при шлифовании- центра (оба жесткие) и поводковый патрон (рис. 3)

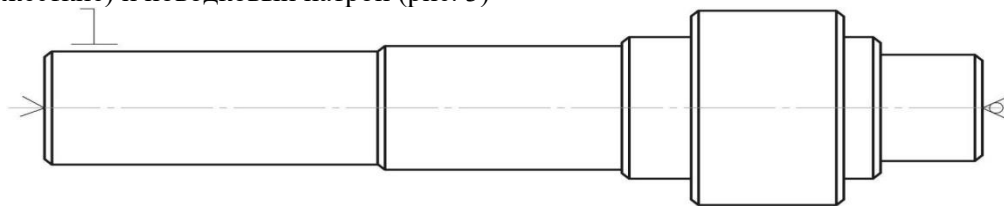


Рис. 2. Схема закрепления вала на токарных операциях

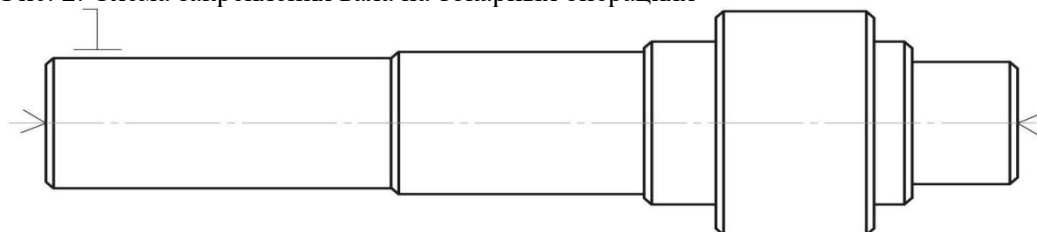


Рис. 3. Схема закрепления вала на шлифовальных операциях

Составляем таблицу элементов расчета припусков (таблица 1).

По данным работ ([2], стр. 24, табл. 2.12; [5], стр. 165, табл. П.2.2, [6], стр. 63, табл. 4.3;] выписываем в таблицу 1 соответствующие заготовке и каждому технологическому переходу значения элементов припуска из справочника
(Заполнение столбцов 2 и 3 табл. 1).

Таблица 1
Элементы расчета припусков

Технологические переходы обработки поверхности Ø30к6	Элементыприпуска			Расчетныйприпуск, мкм	Расчетныйразмерd _p , мм	Допуск δ, мкм	Предельныйразмер, мм		Предельныезначения припусков, мкм	
	Rz, мкм	ТД, мкм	ρ, мкм				d _{max}	d _{min}	Z _{max}	Z _{min}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Заготовка	160	200	753	-	32,814	1800	34,7	32,9	-	-
Точениечерновое (12 кв.) (1)	50	50	45	2·1113	30,588	300	30,9	30,6	3800	2300
Точениечистовое (10 кв.) (2)	25	25	38	2·145	30,298	100	30,4	30,3	500	300
Шлифованиечерновое (8 кв.) (3)	10	20	30	2·88	30,122	40	30,17	30,13	230	170
Шлифованиечистовое (6 кв.) (4)	5	15	23	2·60	30,002	16	30,018	30,002	152	128
Σ									4682	2898

Определяем погрешность установки. Погрешность установки при установке детали в центрах для обработки диаметрального размера равна нулю.

Таким образом, формула для расчета припуска приобретает вид:

$$Z_{\min} = 2 \cdot (T_{i-1} + R_{zi-1} + \rho_i) .$$

Рассчитываем отклонение от формы (заполнение столбца 4 табл. 1).

Отклонение от формы в данном случае имеет вид:

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2};$$

где $\rho_{\text{см}}$ - смещение осей поволоков, мкм; $\rho_{\text{кор}}$ - кривизна поволоков, мкм; $\rho_{\text{ц}}$ - погрешность зацентровки, мкм.

Смещение осей поволоков, определяется по таблице в зависимости от класса точности поковки. В данном примере для 2 –го класса точности (нормальная)

смещение осей поволоков, согласно работы [1], составляет 0,6 мм (600 мкм).

Кривизна поволоков определяется в зависимости от вида штамповки через значение удельную кривизну поволоков Δk и длину шейки L . Согласно данным работы ([1], стр. 185, табл. 13.), удельная кривизна штамповки, полученной на ГKM составляет $\Delta k = 3$ мкм на 1 мм длины. Таким образом: $\rho_{\text{кор}} = \Delta k \cdot l = 3 \cdot 22 = 66$ мкм.

Погрешность центровки заготовки: $\rho_{\text{ц}} = 0,25 \times \sqrt{\sigma^2 + 1}$, где δ - допуск на диаметральный размер базовой поверхности заготовки, мкм.

Таким образом, в данном случае, по данным работы ([1], стр.182, табл. 6),

$\delta = 1800$ мкм: $\rho_{\text{ц}} = 0,25 \times \sqrt{1800^2 + 1} = 450$ мкм. Отклонение от формы

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2} = \sqrt{600^2 + 60^2 + 450^2} = 753 \text{ мкм}$$

Для последующих операций погрешность формы определяется через коэффициент уточнения. Значения коэффициентов уточнения взяты из работы

([1], стр. 202, табл. 31).

Для чернового точения: $\rho_1 = 0,06 \cdot \rho = 0,06 \cdot 753 \cdot \approx 45$ мкм .

Для чистового точения: $\rho_2 = 0,05 \cdot \rho = 0,05 \cdot 753 \cdot \approx 38$ мкм .

Для чернового шлифования: $\rho_3 = 0,04 \cdot \rho = 0,04 \cdot 753 \cdot \approx 30$ мкм .

Для чистового шлифования: $\rho_4 = 0,03 \cdot \rho = 0,03 \cdot 753 \cdot \approx 23$ мкм.

Рассчитываем минимальное значение припусков (заполнение столбца 5 табл. 1): $2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot (T_{i-1} + R_{zi-1} + \rho_i)$

Под черновое точение: $2 \cdot Z_{\min 1} = 2 \cdot (160 + 200 + 753) = 2 \cdot 1113 \cdot$ мкм .

Под чистовое точение: $2 \cdot Z_{\min 2} = 2 \cdot (50 + 50 + 45) \cdot = 2 \cdot 145 \cdot$ мкм .

Под черновое шлифование: $2 \cdot Z_{\min 3} = 2 \cdot (25 + 25 + 38) \cdot = 2 \cdot 88 \cdot$ мкм.

Под чистовое шлифование: $2 \cdot Z_{\min 4} = 2 \cdot (10 + 20 + 30) = 2 \cdot 60 \cdot$ мкм .

Рассчитаем расчетный размер (заполнение столбца 6 табл. 1).

Данная колонка заполняется, начиная с конечного размера (указанного на чертеже), путем последовательного прибавления расчетного минимального припуска каждого технологического перехода.

Для чистового шлифования: $dp_4 = 30,002$ мм

Для чернового шлифования: $dp_3 = dp_4 + 2 \cdot Z_{\min 4} = 30,002 + 0,120 = 30,122$ мм

Для чистового точения: $dp_2 = dp_3 + 2 \cdot Z_{\min 3} = 30,122 + 0,176 = 30,298$ мм

Для чернового точения: $dp_1 = dp_2 + 2 \cdot Z_{\min 2} = 30,298 + 0,29 = 30,588$ мм

Для заготовки: $d_{dz} = p_1 + 2 \cdot Z_{\min 1} = 30,588 + 2,226 = 32,814$ мм

Наименьший предельный размер – это округленный расчетный размер. Округление производится по следующему правилу: округление идет в увеличение до значащей цифры допуска (заполнение столбца 9 табл. 1). $dp_4 = 30,002$ мм $\Rightarrow 30,002$ мм ($\delta = 0,016$ мм)

$dp_3 = 30,122$ мм $\Rightarrow 30,13$ мм ($\delta = 0,04$ мм)

$dp_2 = 30,298$ мм $\Rightarrow 30,3$ мм ($\delta = 0,1$ мм)

$dp_1 = 30,588$ мм $\Rightarrow 30,6$ мм ($\delta = 0,3$ мм)

$d_{dz} = 32,814$ мм $\Rightarrow 32,9$ мм ($\delta = 1,8$ мм)

Наибольший предельный размер $d_{\max} = d_{\min} + \delta$ (заполнение столбца 8 табл. 1)

$d_{\max 4} = 30,002 + 0,016 = 30,018$ мм.

$d_{\max 3} = 30,13 + 0,04 = 30,17$ мм. $d_{\max 2} = 30,3 + 0,1 = 30,4$ мм. $d_{\max 1} = 30,6 + 0,3 = 30,9$ мм.

$$d_{\max 3} = 32,9 + 1,8 = 34,7 \text{ мм.}$$

Определение $Z_{\max}$ (заполнение столбца 10 табл. 1):

$$Z_{\max} = d_{\max i-1} - d_{\max 1}$$

Для чистового шлифования:

$$Z_{\max 4} = d_{\max 3} - d_{\max 4} = 30,17 - 30,018 = 0,152 \text{ мм.}$$

$$\text{Для чернового шлифования: } Z_{\max 3} = d_{\max 2} - d_{\max 3} = 30,4 - 30,17 = 0,123 \text{ мм.}$$

$$\text{Для чистового точения: } Z_{\max 2} = d_{\max 1} - d_{\max 2} = 30,9 - 30,4 = 0,5 \text{ мм.}$$

$$\text{Для чернового точения: } Z_{\max 1} = d_{\max \text{заг}} - d_{\max 1} = 34,7 - 30,9 = 3,8 \text{ мм.}$$

Определение $Z_{\min}$ (заполнение столбца 11 табл. 1)

$$Z_{\min i} = d_{\min i-1} - d_{\min i}$$

Для чистового шлифования:

$$Z_{\min 4} = d_{\min 3} - d_{\min 4} = 30,13 - 30,002 = 0,128 \text{ мм.}$$

$$\text{Для чернового шлифования: } Z_{\min 3} = d_{\min 2} - d_{\min 3} = 30,3 - 30,13 = 0,17 \text{ мм.}$$

$$\text{Для чистового точения: } Z_{\min 2} = d_{\min 1} - d_{\min 2} = 30,6 - 30,3 = 0,3 \text{ мм.}$$

$$\text{Для чернового точения: } Z_{\min 1} = d_{\min \text{заг}} - d_{\min 1} = 32,9 - 30,6 = 2,3 \text{ мм.}$$

Общий $Z_{\max}$ и $Z_{\min}$:

$$Z_{\max o} = d_{\max \text{заг}} - d_{\max 4} = 34,7 - 30,018 = 4,682 \text{ мм}$$

$$Z_{\min o} = d_{\min \text{заг}} - d_{\min 4} = 32,9 - 30,002 = 2,898 \text{ мм}$$

Строим графическое расположение полей припусков и допусков (рис.4.).

Рассчитываем номинальный припуск: $Z_{\text{ном}} = Z_{\min} - (H_z - H_d)$, где $Z_{\min}$ – минимальный общий припуск, мм; H_z – нижнее отклонение заготовки, мм; H_d – нижнее отклонение детали, мм.

Указанные в формуле отклонения берутся со своим знаком.

$$Z_{\text{ном}} = 2,898 - (-0,600 - 0,002) = 3,5 \text{ мм}$$

Производим проверку правильности полученного расчета для каждой операции по формуле: $Z_{\max} - Z_{\min} = \delta_{\text{заг}} - \delta_{\text{дет}}$

Шлифование чистовое:

$$Z_{\max} - Z_{\min} = 152 - 128 = 24 \text{ мкм; } \delta_{\text{заг}} - \delta_{\text{дет}} = 40 - 16 = 24 \text{ мкм Шлифование предварительное:}$$

$$Z_{\max} - Z_{\min} = 230 - 170 = 60 \text{ мкм; } \delta_{\text{заг}} - \delta_{\text{дет}} = 100 - 40 = 60 \text{ мкм}$$

Точение чистовое:

$$Z_{\max} - Z_{\min} = 500 - 300 = 200 \text{ мкм; } \delta_{\text{заг}} - \delta_{\text{дет}} = 300 - 100 = 200 \text{ мкм}$$

Точение черновое:

$$Z_{\max} - Z_{\min} = 3800 - 2300 = 1500 \text{ мкм; } \delta_{\text{заг}} - \delta_{\text{дет}} = 1800 - 300 = 1500 \text{ мкм}$$

Определяем установленный по ГОСТу припуск на обработку по данным работы ([1], стр. 248, табл. 49; [4]), для $\varnothing 30$ мм при массе поковки – 2,53 кг - припуск на сторону на механическую обработку составляет 1,8 мм.

Ранее рассчитанные по формулам припуски сравниваем с устанавливаемыми по ГОСТам. Сравнение производится по номинальным значениям припусков на сторону. Соотношение рассчитанных и гостовских припусков позволяет определить коэффициент уменьшения припусков

$$\eta = \frac{Z_{\text{расч}}}{Z_{\text{ГОСТ}}}$$

где $Z_{\text{расч}}$ – номинальный общий припуск на сторону, определенный расчетным методом (1,75 мм);

$Z_{\text{ГОСТ}}$ – общий припуск на сторону, устанавливаемый соответствующим ГОСТом или другим нормативным материалом (1,8 мм).

Расчетный припуск обычно получается меньше устанавливаемого по ГОСТ, так как последний предусматривается для наиболее невыгодного случая, но может быть и больше:

$$\eta = \frac{Z_{\text{расч}}}{Z_{\text{ГОСТ}}} = \frac{1,75}{1,8} = 0,97$$

По тому же ГОСТу или другому нормативному материалу, по которому определялся припуск для сравнения с рассчитанным, определяются припуски на остальные диаметральные размеры обрабатываемых поверхностей детали и сводятся в таблицу (табл. 2). Найденные припуски умножаются на ранее рассчитанный коэффициент уменьшения припусков.

Номинальное значение диаметра заготовки определяется по формуле: $d_{\text{номзаг}} = d_{\text{номдет}} + 2 \cdot Z_{\text{ном}}$

Например, для диаметра $\varnothing 30k6$: $\varnothing 30k6 = 30 + 2 \cdot 1,75 = 33,5 \text{ мм.}$

Таблица 2

Размеры заготовки

Размер	Припуск по ГОСТ	Припуск расчетный	Допуск и отклонения	Номинальный диаметр заготовки
Ø30k6	2·1,8	2·1,75	$T = 1,8 \text{ мм}; \begin{smallmatrix} +1,2 \\ -0,6 \end{smallmatrix}$	Ø33,5
Ø40	2·1,8	2·1,75	$T = 1,8 \text{ мм}; \begin{smallmatrix} +1,2 \\ -0,6 \end{smallmatrix}$	Ø43,5
Ø55	2·1,9	2·1,84	$T = 2,0 \text{ мм}; \begin{smallmatrix} +1,3 \\ -0,7 \end{smallmatrix}$	Ø58,68 ($\approx 58,7$)
Ø35	2·1,8	2·1,75	$T = 1,8 \text{ мм}; \begin{smallmatrix} +1,2 \\ -0,6 \end{smallmatrix}$	Ø38,5
Ø32	2·1,8	2·1,75	$T = 1,8 \text{ мм}; \begin{smallmatrix} +1,2 \\ -0,6 \end{smallmatrix}$	Ø35,5
72	1,9	1,84	$T = 2,0 \text{ мм}; \begin{smallmatrix} +1,3 \\ -0,7 \end{smallmatrix}$	72
125	2,2-2,2=0	2,13-2,13=0	$T = 2,6 \text{ мм}; \begin{smallmatrix} +1,7 \\ -0,9 \end{smallmatrix}$	125
140	2,2-2,2=0	2,13-2,13=0	$T = 2,6 \text{ мм}; \begin{smallmatrix} +1,7 \\ -0,9 \end{smallmatrix}$	140
173	2·2,2	2·2,13	$T = 2,6 \text{ мм}; \begin{smallmatrix} +1,7 \\ -0,9 \end{smallmatrix}$	177,26($\approx 177,3$)
181	2·2,2	2·2,13	$T = 2,6 \text{ мм}; \begin{smallmatrix} +1,7 \\ -0,9 \end{smallmatrix}$	185,26($\approx 185,3$)
203	2·2,2	2·2,13	$T = 2,6 \text{ мм}; \begin{smallmatrix} +1,7 \\ -0,9 \end{smallmatrix}$	207,26($\approx 207,3$)

По полученным размерам строим чертеж заготовки (рис. 5).

Вывод формируем по цели работы

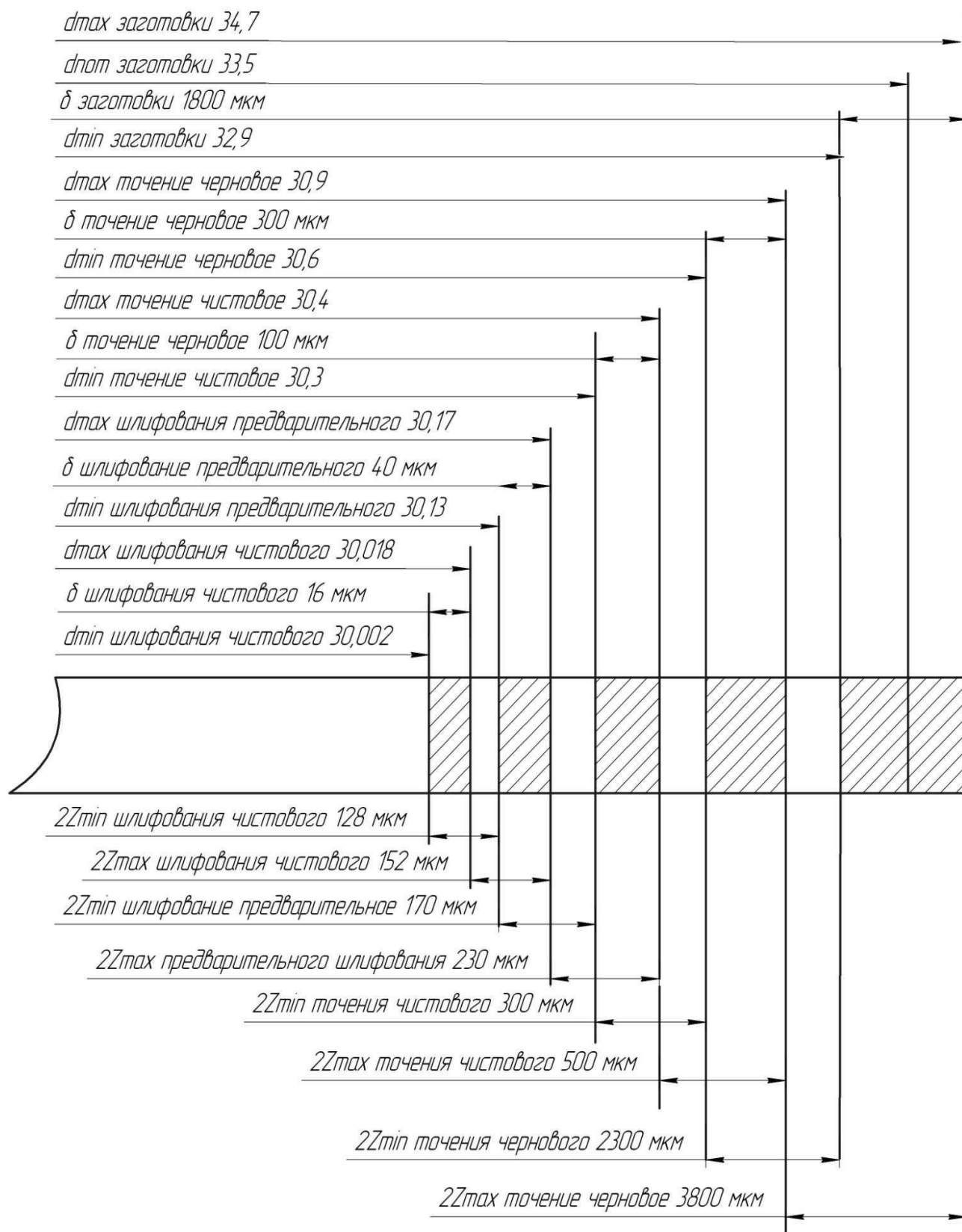


Рис. 4. Схема графического расположения припусков и допусков на обработку вала Ø30k6

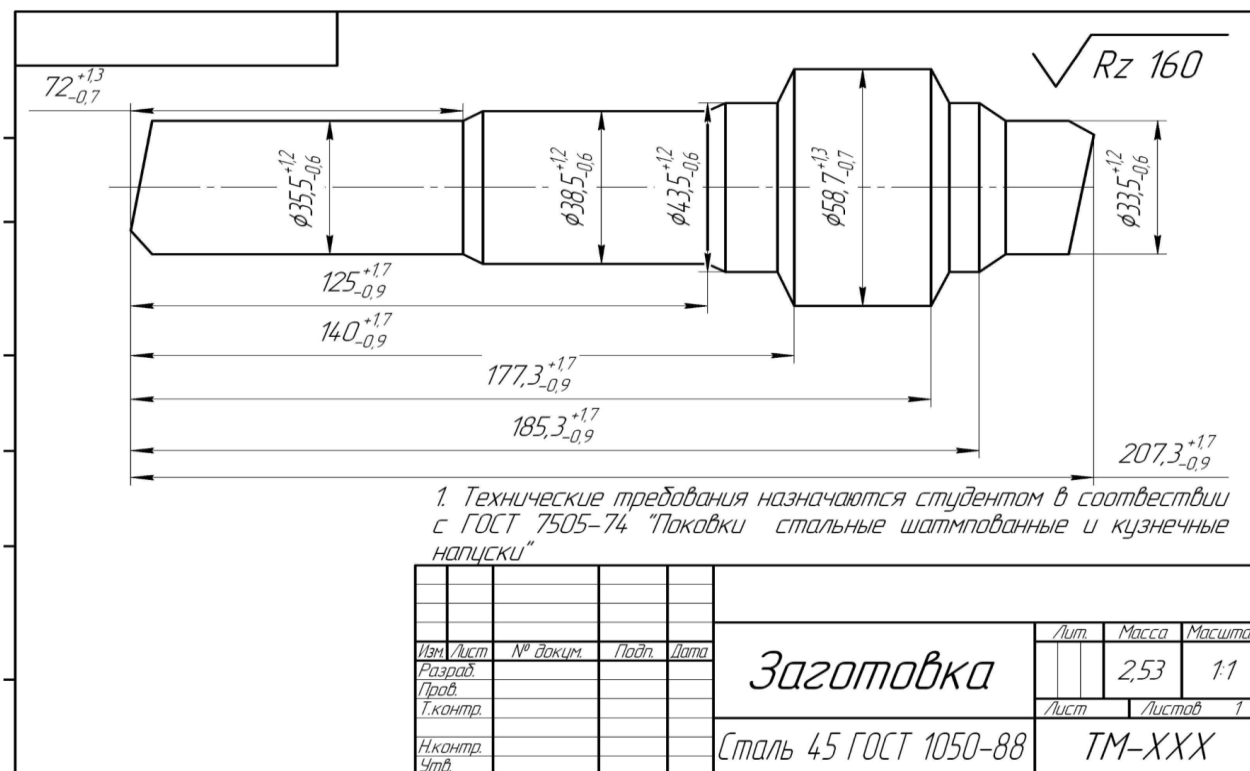


Рис. 5. Чертеж заготовки вала

Практическое занятие № 4

«Построение таблицы классификации металлорежущих станков»

Цели и задачи:

научиться выбирать необходимое оборудование из общего классификатора станков, работать с нормативной литературой

Осваиваемые компетенции:

ОК01, ОК02, ОК04

ПК 4.1

Раздаточный материал: инструкционно-технологическая карта

Ход работы

Теоретическое обоснование работы

Перечислить группы станков для обработки металла

Классификация оборудования по типам, универсальности, точности, автоматизации

Нумерация станков

Выполнить схему классификации станков в зависимости от типа обработки Выводы по работе

Все металлообрабатывающее оборудование классифицируется по определенным признакам, зависящим от рода технологического процесса, режущего инструмента, компоновки станка.

Пример классификации станков в зависимости от типа обработки Общая классификация

Оборудование для обработки металла подразделяются на 11 групп:

Токарные станки по металлу. Обрабатывают внешние и внутренние поверхности вращения. Их объединяет одно: вращение детали вокруг своей оси.

Сверлильные станки. В эту группу входят и расточные станки. Используются для прохода сквозных и глухих отверстий. Их объединяет вращение рабочего инструмента с одновременной его подачей. В горизонтально-расточных механизмах подача происходит благодаря перемещению рабочего стола с закрепленной деталью.

Шлифовальные станки. У всех подобных станков в качестве рабочего инструмента выступает абразивный шлифовальный круг.

Полировальные и доводочные станки. Общий признак — использование абразивных кругов, полировальных пастообразных материалов.

Зубообрабатывающие станки. Предназначены для нарезки зубьев шестерен и колес. Сюда же входят и шлифовальные станки.

Фрезерные станки. В этой группе рабочим инструментом выступает многолезвийная фреза.

Строгальные станки. У этих станков рабочим ходом является возвратно-поступательное перемещение резца или заготовки.

Разрезные станки. Служат для деления на части способом разрезания металлического профиля (уголок, швеллер, прутки и т. д.).

Протяжные станки. Рабочим инструментом служат специальные многолезвийные протяжки.

Резьбообрабатывающие станки. Сюда входит оборудование, специально предназначенное для нарезания резьбы. К этой группе не относятся токарные станки.

Вспомогательные и разные станки. Относятся к отдельной группе, выполняют различные вспомогательные операции.

Классификация по типам

Оборудование одного типа может иметь разную компоновку. Фрезерный станок может называться горизонтальным или вертикальным - по расположению оси шпинделя. Различаются кинематические схемы передачи перемещений, системы управления, параметры точности резания.

Однотипные станки со схожей компоновкой, кинематикой, но имеющие различные размеры, объединяются в размерный ряд. Например, зубофрезерные станки делятся на 12 типоразмеров в зависимости от изготавливаемых деталей (от 80 мм до 12000 мм). Каждый типоразмер станка, предназначенный для определенной обработки деталей, называется моделью. Каждая модель имеет свои обозначения: сочетание цифр и букв, указывающие на группу станка, предельные размеры заготовки, отличие от базовой модели.

Классификация по универсальности

Обрабатывающие механизмы одной и той же группы могут выполнять различные задачи:

Универсальные обрабатывают изделия широкой номенклатуры. Размеры заготовок могут быть различными.

Способны выполнять любые технологические операции, предусмотренные для данной группы.

Специализированные изготавливают однотипные детали (детали корпусов, валы, сходные по форме, но отличающиеся размерами).

Специальные выполняют операции с одной деталью различных размеров.

Классификация по степени точности

Степень точности обработки на данном станке указывается буквой, входящей в его обозначение:

Н — нормальная точность; П — повышенная точность; В — высокая точность;

А — особо высокая точность;

С — особо точные мастер-станки.

Пример: 16K20П — станок токарный, имеющий повышенную точность. Классификация по степени автоматизации

Обрабатывающее оборудование делится на автоматы и полуавтоматы. Рабочий цикл у автоматов полностью автономный. В полуавтоматах загрузку заготовок и снятие обработанных изделий проводит оператор. Он же выполняет запуск очередного цикла обработки.

Комплексная автоматизация крупносерийного изготовления металлопродукции подразумевает установку автоматических технологических линий из отдельных станков-автоматов. Выпуск продукции небольшими партиями осуществляется гибкими производственными модулями. Станки, производящие продукцию под управлением ЧПУ, обозначаются буквой Ц (цикл) или Ф. Цифры обозначают особенность системы управления:

Ф1 — цифровая индикация и предварительный выбор координат; Ф2 — позиционная система управления;

Ф3 — контурная система управления;

Ф4 — универсальная система управления.

Например, ассортимент токарных станков по металлу с ЧПУ от компании СтанкоМашКомплекс можно посмотреть по указанной ссылке.

Классификация по массе

В зависимости от массы изготавливаемых деталей станки делятся на: легкие, весом до 1000 кг;

средние, весом до 10000 кг;

тяжелые, весом от 10000 кг, которые, в свою очередь, подразделяются на крупные (16000 — 30000 кг) и собственно тяжелые (до 100000 кг); особо тяжелые — свыше 100000 кг.

Нумерация станков

Идентификация любого металлообрабатывающего станка основана на присвоении ему буквенно-цифрового шифра.

Цифры говорят, к какой группе относится станок (токарной, фрезерной и т. д.), указывают на тип и условный размер оборудования. Расшифровав нумерацию, можно узнать высоту центров, предельные размеры заготовок или диаметры сверления обрабатываемых деталей.

Обрабатывающие станки одного размера, но с разными характеристиками обозначаются буквой, введенной между первой и второй цифрой. Например, токарные станки моделей 162 и 1K62 различаются максимальной скоростью вращения. У первого она 600 об/мин, у второго — 2000 об/мин.

Различие модификаций станков одной и той же модели можно определить по букве в конце номера. Если нумерация базовой модели горизонтально-фрезерного станка — 6H82, то упрощенная модификация этого станка — 6H82Г.

Встречается нумерация, когда четвертая цифра определяет усовершенствованный вариант станка того же типоразмера. Так, горизонтально-расточной станок модели 262 имеет современную модификацию, обозначаемую 2620.

Присвоение металлообрабатывающим станкам буквенно-цифровых индексов позволяет с легкостью найти соответствующее оборудование по специальным каталогам. Также индексация дает возможность быстрого поиска необходимых запасных частей.

Практическое занятие № 5

«Общая классификация инструментов формообразования в машиностроении: для механической обработки (точение, сверление, фрезерование и т.п.) металлических и неметаллических материалов»

Цели и задачи:

научиться выбирать необходимый инструмент из общего классификатора инструментов, работать с нормативной литературой

Осваиваемые компетенции:

ОК01, ОК02, ОК04

ПК 4.1

Раздаточный материал: инструкционно-технологическая карта

Ход работы

Порядок выполнения работы: Теоретическое обоснование работы

Критерии классификации

Виды инструмента

Характерные конструктивные особенности всех видов инструмента

Виды обрабатываемых поверхностей

Прочие критерии классификации инструментов

Построить схему классификации инструментов и работ выполняемых ими Выводы по работе

Таблица 1 - Схема классификации инструментов

№ п/п	Вид инструмента	Применение инструмента	Вид обрабатываемой поверхности
-------	-----------------	------------------------	--------------------------------

1

2

КРИТЕРИИ КЛАССИФИКАЦИИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Оборудование для резки металла, которое требуется при выполнении различных строительных и ремонтных работ, в промышленности и в быту может быть самым разнообразным. Классификация режущих инструментов производится главным образом исходя из того, какое назначение выполняют те или иные типы инструментов. Многообразие режущего оборудования позволяет использовать наиболее подходящее для каждой конкретной цели. Выбор инструмента зависит от особенностей выполняемой работы и желаемого результата, а также от характеристик обрабатываемого металла.

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Классификация режущих инструментов может быть выполнена с учетом различных критериев. Основной – это конструкция оборудования. В зависимости от конструкции могут быть выделены такие виды инструмента, как: фрезы; резцы; зенкеры; сверла; цековки; развертки; метчики; плашки;

ножовочные полотна; шеверы;

абразивный инструмент.

Конструкция резца

ХАРАКТЕРНЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Каждый из перечисленных видов обладает некоторыми характерными конструктивными особенностями, которые и определяют принадлежность к тому или иному виду режущего инструмента. Так, однолезвенные инструменты – это резцы. Они обеспечивают возможность обрабатывать металл, применяя разнонаправленное движение подачи.

Обработка металла фрезами подразумевает выполнение вращательных движений инструментом по траектории с фиксированным радиусом. При этом направление движения подачи не совпадает с направлением оси инструмента.

Сверла – это режущее оборудование осевого типа. Их применяют в тех случаях, когда требуется изготовить отверстие в обрабатываемом материале или увеличить уже готовые отверстия. При обработке сверла совершают вращательные движения, которые для получения требуемого результата дополняются движениями подачи. Ось вращения и направление движения подачи совпадают.

Зенкеры также относятся к осевым инструментам. Они позволяют откорректировать форму и размер отверстий в металле, кроме того, с их помощью можно сделать диаметр отверстия больше. Для обработки отверстий могут использоваться и развертки. Этот тип оборудования предназначен для удаления шероховатостей со стенок отверстий. Этот процесс принято называть чистовой обработкой. Торцевые и цилиндрические участки обрабатываются таким осевым инструментом, как цековки.

Для изготовления наружной резьбы на металлических заготовках цилиндрической формы используются плашки. Нарезать резьбу во внутренней части отверстий можно метчиками.

Ножевые полотна – это многолезвийные инструменты. По форме они представляют собой металлические полосы, на которых сделаны многочисленные зубья одинаковой высоты. Их применяют, если нужно отрезать кусок заготовки или сделать пазы в ней. Поступательные движения в этом случае являются основными рабочими.

Долбяки используются для заточки зубьев на различных деталях. Например, на зубчатых колесах, валах и т. д. Зубчатые колеса также могут быть обработаны шеверами.

Действие этих инструментов напоминает скобление. В результате выполняется чистовая обработка деталей.

Группа абразивных инструментов включает в себя различные приспособления и материалы для чистовой обработки деталей. Это могут быть специальные порошки, зерна, бруски, кристаллы и прочее.

ВИДЫ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Помимо особенностей конструкции, классификация оборудования (инструмента) для резки металлов может быть выполнена и по другим критериям. Например, в зависимости от вида поверхности, для обработки которой предназначено оборудование. По этому критерию могут быть выделены следующие разновидности:

Конструкция сверла

Изделия, применяемые для работы с телами вращения плоских и наружных фасонных поверхностей. К этой группе оборудования относятся резцы, абразивные круги, фрезы и подобные инструменты.

Оборудование, позволяющее выполнить обработку отверстий. К этой группе принадлежат сверла, протяжки, расточные резцы, зенкеры.

Приспособления, позволяющие нарезать резьбу. К подобным изделиям можно отнести накатные ролики, метчики, плашки.

Изделия, позволяющие выполнить обработку деталей, основной элемент которых – зубья, то есть шлицевых валов, звездочек и прочего. Для этого применяются шеверы, шлифовальные круги, долбяки, обкаточные резцы, дисковые фрезы.

ПРОЧИЕ КРИТЕРИИ КЛАССИФИКАЦИИ

Кроме того, можно классифицировать оборудование для резки по тому, каким образом оно взаимодействует с обрабатываемым металлом. С учетом этого критерия различают инструменты:

обычные;

ротационные (с непрерывно обновляющимся круговым лезвием).

Следует принимать во внимание и такой критерий, как тип изготовления. В зависимости от него существуют изделия следующих разновидностей:

цельные; составные; сборные.

Сборные отличаются от составных типом соединения элементов. В первом случае соединение разъемное, во втором – неразъемное.

В зависимости от способа крепления к станку они могут быть:

призматические;

хвостовые

насадные.

Стоит отметить и классификацию по критерию, связанному со способом применения.

Инструменты могут быть ручными, автоматическими или комбинированными.

Практическое занятие № 6

«Разработка чертежа штамповочной поковки»

Цели и задачи:

выработка навыков и умений при расчете основных параметров горячей объемной штамповки — массы и размеров поковки

Осваиваемые компетенции:

ОК01, ОК02, ОК04

ПК 4.1

Раздаточный материал: инструкционно-технологическая карта

Ход работы

Посмотреть видео : <https://www.youtube.com/watch?v=qlTDJtc7OQU>

Общие сведения

Расположение плоскости разъема должно обеспечивать свободный выем поковки из штампа, при этом полости штампа должны иметь наименьшую глубину и наибольшую ширину, а поверхность разъема не должна быть криволинейной. Если поковка несимметричная, то ребра жесткости, бобышки и глубокие полости необходимо располагать в верхней половине штампа, так как металл течет вверх.

При штамповке на ГKM плоскости разъема выбираются исходя из возможности получения требуемой конфигурации поковки;

назначение припусков, допусков и напусков для поковок, полученных горячей объемной штамповкой (ГОСТ 7505 — 89).

Припуск (рис. 2.1) — поверхностный слой металла, который срезается режущим инструментом в процессе механической обработки. Припуски назначаются только для поверхностей, подвергаемых механической обработке и указанных на чертеже детали. Размеры припусков зависят от массы детали, материала заготовки и т.д. После назначения припусков следует определить номинальные размеры поковки.

Допуск — допустимое предельное отклонение от номинальных размеров поковки, учитывающее возможность получения поковки требуемой точности на молоте или прессе. Допуски на номинальные размеры назначаются по ГОСТ 7505—89.

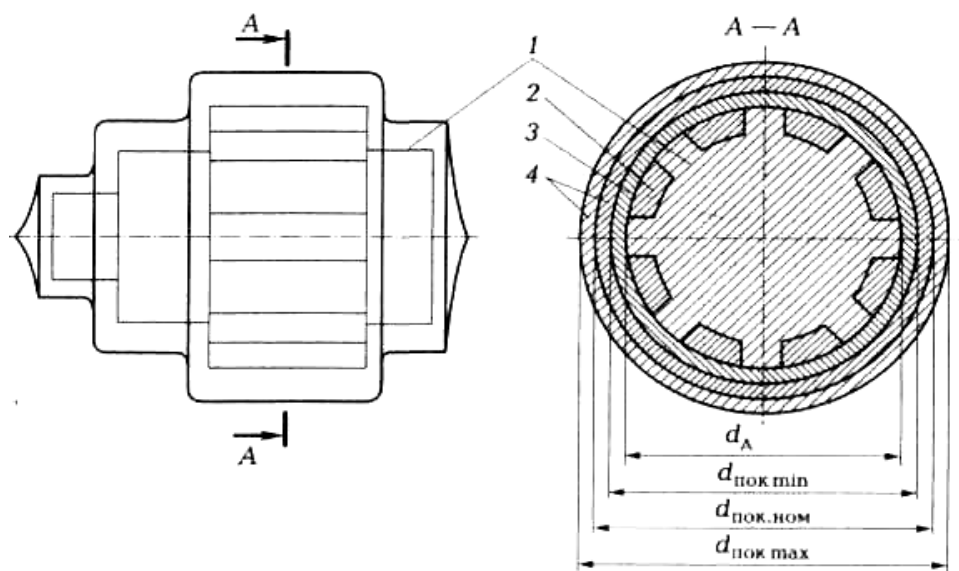


Рис. 2.1. Чертеж поковки для детали с основными размерами, напуском, припуском и допуском: 1 — готовая деталь; 2 — напуск; 3 — припуск; 4 — допуск;

d_K и d_m — диаметры детали и поковки (минимальный, номинальный и максимальный)

Напуск — дополнительный объем металла, упрощающий форму и процесс изготовления поковки. Напуски предусматриваются в тех местах, где деталь имеет небольшие уступы, проточки и отверстия. Отверстия

диаметром менее 30 мм в соответствии с ГОСТ 7505—89 не штампуются, а металл, удаляемый при сверлении этих отверстий, является напуском. Кроме того, напуски образуются штамповочными уклонами, внутренними радиусами закруглений и т.д. Если деталь или стержень имеет ступенчатую форму (рис. 2.2), то напуск предусматривается по всей длине уступов, а на максимальный диаметр назначается припуск на обработку;

применение штамповочных уклонов. Уклоны необходимы для облегчения заполнения полости штампа и выема поковки из ручьев штампа. Уклоны принимаются для всех поверхностей поковки, расположенных параллельно направлению движения бабы молота или ползуна пресса по ГОСТ 7505—89. Штамповочные уклоны для стальных поковок принимаются в пределах $3... 10^\circ$; при этом для наружных поверхностей уклоны (а) принимаются меньшими, чем для внутренних поверхностей (Р);

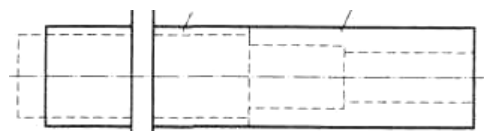


Рис. 2.2. Поковка, штампованная на ГKM

принятие радиусов закруглений. Закругления необходимы для сопряжения поверхностей. Они облегчают течение металла в ручьях и углах штампа и предохраняют его от преждевременного износа и поломок. Радиусы закруглений выбираются в зависимости от глубины полости ручья штампа и массы поковки согласно ГОСТ 7505—89. Обычно наружные радиусы закруглений - 1...6 мм, а внутренние (R) — принимаются большими в 3 — 4 раза; конструирование наметок под прошивку

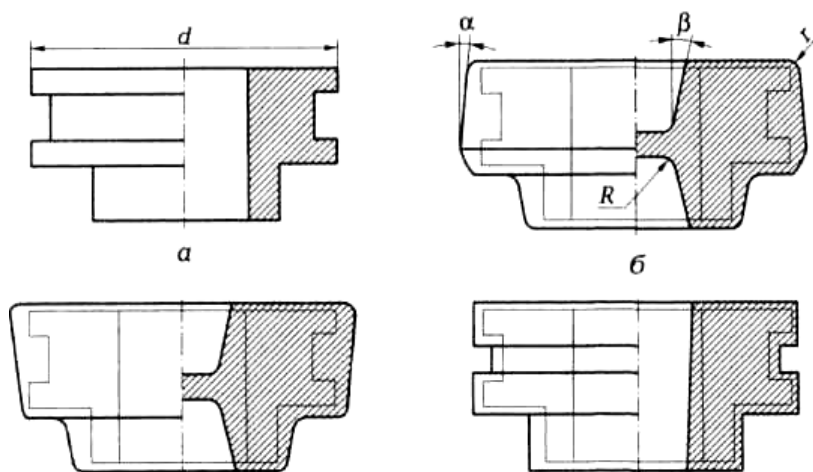


Рис. 2.3. Примеры для детали (а) чертежей поковок, получаемых штамповкой в открытом штампе (б), в закрытом штампе с одной плоскостью разъема (в) и в закрытом штампе с двумя плоскостями разъема (г): d — диаметр детали; α, R — штамповочные уклоны; г, R — соответственно наружный и внутренний радиус закругления

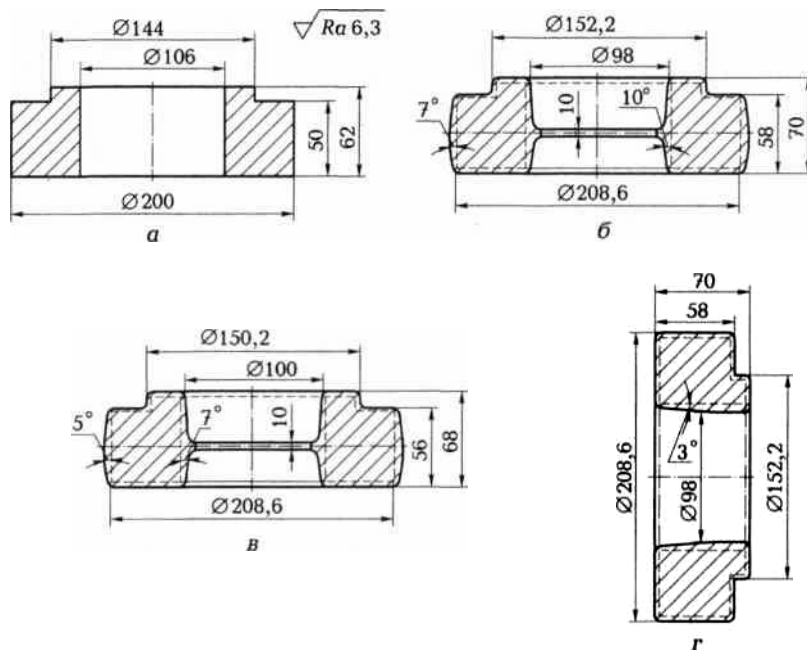


Рис. 2.4. Примеры для детали (а) чертежей поковок, получаемых штамповкой на молоте (б), штамповкой на КГШП (в) и штамповкой на ГKM (г)

Операция сводится к определению толщины пленки 2 (см. рис. 2.2) между наметками по формуле $S = 0,1D$ где D — диаметр отверстия с учетом припуска. Эта пленка удаляется при обрезке облоя, поэтому начертате поковки показывают только следы ее верхней и нижней плоскостей;

г) выполните чертеж поковки:

штриховой линией нанесите контур детали;

затем, учитывая припуски, напуски, радиусы закруглений и штамповочные уклоны, нанесите основными линиями контур поковки;

проставьте размеры поковки с допусками (размеры детали на чертеже поковки не указываются);

на чертеже поковки укажите массу детали, поковки и заготовки, а также материал и технические условия на изготовление и приемку.

На рис. 2.3, б — г для детали, чертеж которой приведен на рис. 2.3, а, показаны примеры чертежей поковок, получаемых в открытом и закрытых штампах с одной и двумя плоскостями разреза.

На рис. 2.4, б—г для детали, чертеж которой приведен на рис. 2.4, а, показаны примеры чертежей поковок, получаемых штамповкой на молоте, на КГШП и на ГKM;

д) установите переходы штамповки, необходимые для придания поковке заданной формы, каждый из которых выполняется в соответствующем ручье штампа;

е) произведите расчет массы и размеров поковки.

Содержание отчета по работе

Название и цель работы.

Чертеж детали.

Чертеж поковки.

Расчет основных параметров горячей объемной штамповки — массы и размеров поковки.

Выводы по результатам работы.

Контрольные вопросы:

1. В чем заключается сущность обработки металлов давлением?
2. Чем определяется формоизменение металла?
3. Чем определяется наибольшая допустимая степень пластической деформации?
4. Какие факторы влияют на пластичность металла и его сопротивление деформированию?
5. Что называется наклепом?
6. Как изменяются свойства металла при наклепе?
7. Что такое рекристаллизация металлов?
8. При какой температуре обработка металлов давлением считается горячей?
9. Какие требования предъявляются к нагреву металла при обработке давлением?
10. Как выбирается температура нагрева при обработке металла давлением?
11. Какие дефекты могут возникнуть в металле при неправильном нагреве?

12. Чем определяется необходимое время нагрева заготовок?
13. Для чего назначаются штамповочные уклоны и радиусы закруглений?
14. Как рассчитывается масса заготовки?
15. Какие штампы называются открытыми?
16. Чем закрытые штампы отличаются от открытых?
17. В чем заключаются достоинства и недостатки закрытых штампов?

Практическое занятие №7

«Расчет режимов резания при точении»

Цели и задачи:

выработка навыков и умений при расчете основных параметров горячей объемной штамповки – массы и размеров поковки

Осваиваемые компетенции:

ОК1, ОК2, ОК4, ОК9

ПК1.1 – 1.4 ПК 4.1

Раздаточный материал: инструкционно-технологическая карта

Ход работы

Цель работы: Освоение методики расчета и назначения рациональных режимов резания при точении, пользуясь таблицами справочной литературы.

Краткая теоретическая справка

Назначать основные элементы режимов резания – это значит определить глубину резания, подачу и скорость; при этом оптимальными из них будут те, которые обеспечивают на данном станке наименьшую себестоимость процесса обработки детали. Такой порядок назначения элементов режима резания, когда для заданного инструмента сначала выбирается максимально возможная глубина резания t , затем максимально возможная подача s , а потом уже подсчитывается (с учетом оптимальной стойкости и других конкретных условий обработки) скорость резания V , объясняется тем, что для обычных резцов на температуру резания, а следовательно на износ и стойкость резца наименьшее влияние оказывает глубина резания, большее – подача и еще большее – скорость резания.

Методика назначения элементов режима резания при точении:

Глубина резания определяется в основном величиной припуска на обработку: $t = \frac{D - d}{2}$, где D - диаметр заготовки в мм, где d - диаметр обработанной поверхности в мм

Глубина резания оказывает большое влияние на силы резания, увеличение которых может привести к снижению точности обработки. Поэтому, когда к обработанной поверхности предъявляются повышенные требования, глубину резания назначают меньшей.

Так, при полунормальной обработке глубина резания назначается в пределах 0,5-2 мм, а при чистовой - в пределах 0,1-0,4 мм.

Подача. Для уменьшения машинного времени, т. е. повышения производительности труда, целесообразно работать с максимально возможной подачей с учетом факторов, влияющих на ее величину. Подача обычно назначается из таблиц справочников по режимам резания, составленных на основе специально проведенных исследований и опыта работы машиностроительных заводов. После выбора величины подачи из справочников ее корректируют по кинематическим данным станка, на котором будет вестись обработка (берется ближайшая меньшая).

Скорость резания также назначается из таблиц справочников по режимам резания, с учетом предварительно назначенной величины оптимальной стойкости.

Частота вращения шпинделя станка (заготовки) подсчитывается по найденной скорости резания:

$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}$ и корректируется по станку (берется ближайшее меньшее или большее, если оно не превышает 5%), т. е. находится паспортное значение $n_{\text{п}}$, с которой будет вестись обработка.

Действительная скорость резания подсчитывается с учетом паспортного значения частоты вращения шпинделя:

Проверка выбранных элементов режима резания. При черновой обработке назначенная подача обязательно проверяется по прочности деталей механизма подачи станка, а в отдельных случаях (при нежестких и тяжелых условиях резания) — по прочности и жесткости инструмента, жесткости заготовки и

прочности деталей механизма главного движения станка. Проверяем расчетный режим по мощности. Резание возможно, если

$$N_{\text{эф}} \leq N_{\text{ст}}$$

где $N_{\text{эф}}$ - мощность потребляемая на резание, кВт

$N_{\text{ст}}$ - фактически развиваемая мощность на шпинделе станка, кВт Мощность, затрачиваемая на резание:

$$N_{\text{эф}}, \text{ кВт}$$

где F_t – тангенциальная сила резания, Н

Если окажется, что мощности электродвигателя данного станка, на котором должна происходить обработка, не хватает, т.е. $N_{\text{эф}} > N_{\text{ст}}$, то необходимо уменьшить скорость резания.

Основное время на обработку подсчитывается с учетом паспортных значений частоты вращения шпинделя и подачи.

где L - длина рабочего хода инструмента в мм Задание для аудиторной работы

Определить режимы резания при продольном точении заготовки диаметром D для заданных условий обработки в диаметр d на длину l . Инструмент - резец токарный проходной, оснащенный пластиной из твердого сплава.

Станок – токарно-револьверный с горизонтальной осью вращения револьверной головки мод. 1Г340.

Пример решения:

Дано: Заготовка — прокат горячекатаный из стали 45 с $\sigma_{\text{в}} = 610 \text{ МПа}$. Резец токарный проходной, оснащенный пластиной из твердого сплава Т5К10.

Геометрические элементы резца: $\sigma = 60^\circ$; $\phi = 12^\circ$; $\alpha = 12^\circ$; $r = 1 \text{ мм}$. Форма передней поверхности — радиусная с отрицательной фаской.

$$D = 47,8 \text{ мм}; d = 45 \text{ мм}; l = 25 \text{ мм}$$

Определяем глубину резания:

$$b, \text{ мм}$$

Определяем подачу:

$$S_{\text{об}}, \text{ мм/об} [4, \text{ стр.36, карта 1}] \text{ Поправочный коэффициент:}$$

$$K_{\text{п}}, \text{ мм/об}$$

Принимаем по паспорту станка: мм/об

Определяем допускаемую скорость резания:

$$V_{\text{д}}, \text{ м/мин} [4, \text{ стр.44, карта 6}]$$

$$K_U = 0,9$$

$$V_{\text{р}}, \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = 899 \text{ мин}^{-1}$$

Принимаем по паспорту станка мин⁻¹

Действительная скорость резания при точении:

$$V_{\text{д}}, \text{ м/мин}$$

Проверяем расчетный режим по мощности. Мощность, затрачиваемая на резание:

$$N_{\text{эф}}, \text{ кВт} [3, \text{ с.271}]$$

где F_t – тангенциальная сила резания, Н Сила резания:

$$F_t, \text{ Н} [3, \text{ с.271}]$$

Из таблицы 22 [с.273]:

Для станка мод.1Г340 по паспорту станка: кВт; □

Проверяем достаточность мощности привода станка: кВт (1,19

Основное время:

Варианты к заданию

№ Материал заготовки Заготовка Геометрические элементы резца

Дмм d

мм l

мм Марка твердого сплава Форма передней поверхности □ □ □ г мм

1 Сталь жаропрочная 12Х18Н9Т 141 НВ

Поковка

	82	78,4	50	ВК8	Радиусная с фаской	45	8	10	2
2	Серый	чугун							

НВ 160	Отливка	48,5	46	120	ВК8	Плоская	60	8	5	1			
3	Сталь 20												
	σв=500МПа	Прокат	52		50,2	35	Т15К6	Радиусная	фаской	90	12		
10	1,5												
4	Серый	чугун											
НВ 180	Отливка		44		42	40	ВК6	Плоская		45	10	5	1
5	Сталь 38Х												
	σв=680МПа	Прокат	38		34,5	64	Т5К10	Плоская		60	8	10	1
6	Сталь 40Х												
	σв=700МПа												
	Поковка												
	96,4	95	80		Т15К6	Радиусная	фаской		90	8	5	1	
7	Серый	чугун											
НВ 200	Отливка		56,2		52	32	ВК8	Плоская		60	12	10	1
8	Сталь 45ХН												
	σв=750МПа	Поковка											
	28	26	125		Т30К4	Радиусная	фаской		45	10	5	2	
9	Сталь Ст5												
	σв=600МПа	Прокат	40		38,4	78	Т15К6	Плоская		45	8	10	1
10	Серый	чугун											
НВ 180	Отливка		75		70	18	ВК3	Плоская		60	8	5	2

Контрольные вопросы

1. Что значит назначить основные элементы режимов резания? Порядок их определения.
2. Какие элементы режимов резания находятся по таблицам справочной литературы?
3. Какие из элементов режимов резания корректируются по паспортным данным
4. При какой обработке делаем проверочный расчет по мощности станка?

Практическое занятие №8

«Определение поправочных коэффициентов при расчете скорости резания по справочным таблицам»

Цели и задачи:

научиться рассчитывать элементы режимов резания металлов на примере токарной обработки

Осваиваемые компетенции:

ОК1, ОК2, ОК4, ОК9

ПК1.1 – 1.4 ПК 4.1

Раздаточный материал: инструкционно-технологическая карта

Ход работы

Пример 1. Определить скорость резания при обработке заготовки диаметром $D = 120$ мм на токарном станке с частотой вращения шпинделя $n = 500$ об/мин.

Решение. Скорость резания при точении

$$v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 120 \cdot 500}{1000} = 189 \text{ м/мин} \approx 3,2 \text{ м/с}$$

Задача 1. Определить скорость резания при обтачивании заготовки диаметром D (мм) на токарном станке с частотой вращения шпинделя n (об/мин) в соответствии с вариантом, определенным преподавателем (таблица 1).

Таблица 1- Данные к задаче 1

№ варианта	D, мм	n (об/мин)	№ варианта	D, мм	n (об/мин)	№ варианта	D, мм	n (об/мин)
------------	-------	------------	------------	-------	------------	------------	-------	------------

1	80	860	5	220	250	8	95	630
2	150	315	6	180	315	9	110	400
3	45	1600	7	30	2000	10	60	1000
4	70	1250						

Пример 2. Определить частоту вращения шпинделя станка при обтачивании заготовки диаметром $D = 80$ мм на токарном станке со скоростью резания $V = 215$ м/мин $\approx 3,6$ м/с.

Решение. Частота вращения шпинделя токарного станка

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 215}{3,14 \cdot 80} = 860 \text{ об/мин.}$$

Задача 2.

Определить частоту вращения шпинделя станка n об/мин при обтачивании заготовки диаметром D мм на токарном станке со скоростью резания v м/с (таблица 2).

Таблица 2 - Данные к задаче 2

№ варианта	D, мм	v		№ варианта	D, мм	v	
		м/мин	м/с			м/мин	м/с
1	140	140	1,47	6	64	200	3,33
2	37	37	3,89	7	150	80	1,33
3	90	90	2,95	8	54	170	2,84
4	120	120	1,98	9	43	216	3,6
5	72	280	4,67	10	210	133	2,22

Пример 3. Определить глубину резания t при обтачивании заготовки диаметром $D = 150$ мм на токарном

станке в два перехода.

При переходе предварительной обработки заготовка обтачивается до $D_0 = 142$ мм, а при окончательной обработке до $d = 140$ мм.

Решение. При предварительном обтачивании глубина резания

$$t = \frac{D - D_0}{2} = \frac{150 - 142}{2} = 4 \text{ мм.}$$

При окончательном обтачивании

$$t = \frac{D_0 - d}{2} = \frac{142 - 140}{2} = 1 \text{ мм.}$$

Задача 3.

Определить глубину резания t при обтачивании заготовки диаметром D мм на токарном станке в два перехода.

При переходе предварительной обработки заготовка обтачивается до D_0 мм, а при окончательной обработке до d (таблица 3)

Таблица 3 - Данные к задаче 3

№ варианта	D, мм	D0	d	№ варианта	D, мм	D0	d
1	188	182	180	6	87	81,5	80
2	67	61,5	60	7	216	208	206
3	66	51	50	8	50	43,5	42
4	120	114	112	9	140	132	130
5	95	88,5	87	10	73	66,5	65

Пример 4. Определить основное время при продольном обтачивании на проход шейки вала от $D = 70$ мм до $d = 64$ мм на длине $l = 200$ мм. Частота вращения шпинделя станка $n = 600$ об/мин; подача резца $s = 0,4$ мм/об.

Обработка производится за один проход. Резец проходной с главным углом в плане $\varphi = 45^\circ$.

Решение. Основное время при точении

$$T_0 = \frac{Li}{ns}$$

По условию известны все величины, входящие в формулу, кроме длины прохода резца $L = l + y + \Delta$, где врезание резца $y = t \operatorname{ctg} \varphi$; перебег резца $\Delta = 1 \div 3$ мм.

При числе проходов $i = 1$ глубина резания

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{70 - 64}{2} = 3 \text{ мм};$$

тогда $y = 3 \operatorname{ctg} 45^\circ = 3 \cdot 1 = 3$ мм.

Принимаем перебег резца $\Delta = 2$ мм. Таким образом, $L = 200 + 3 + 2 = 205$ мм.

$$T_0 = \frac{205 \cdot 1}{600 \cdot 0,4} = 0,85 \text{ мин.}$$

Задача 4.

Определить основное время при продольном обтачивании на проход шейки вала от D мм до d мм на длине l мм.

Частота вращения шпинделя станка n об/мин; подача резца s мм/об. Обработка производится за один проход.

Резец проходной с главным углом в плане φ (таблица 4).

Таблица 4 - Данные к задаче 4

№ варианта	D	d	l	n (об/мин)	s, мм/об	φ0	№ варианта	D	d	l	n (об/мин)	s, мм/об	φ0
	мм							мм					
1	54	50	200	1000	0,32	45	6	43	40	55	1600	0,26	45
2	118	110	350	315	0,52	60	7	64	60	80	1000	0,34	90
3	80	75	130	800	0,43	90	8	37	35	45	2000	0,17	45
4	72	71	60	60	0,21	30	9	158	150	480	250	0,61	60
5	90	82	150	150	0,57	60	10	142	140	140	500	0,28	30

**Практиче
ское
занятие
№9**

«Расчет режимов резания при сверлении, развертывании»

Цели и задачи:

Сделать расчеты режимов резания при сверлении, зенкеровании, развертывании (с использованием таблиц нормативов), определить мощность резания ($N_{рез.}$), определить основное время (T_0)).

Осваиваемые компетенции:

ОК1, ОК2, ОК4, ОК9

ПК1.1 – 1.4 ПК 4.1

Раздаточный материал: инструкционно-технологическая карта

Ход работы

Под режимом резания подразумеваются принятые глубина резания (t), подача (S) и скорость резания (V), с которыми производится обработка детали.

Под режимом резания подразумевается: глубина резания (t); подача (S); скорость резания (V_p)- с которыми производится обработка детали.

а) Глубина резания (t).

При сверлении:

$$t = 0,5 \times D \text{ (мм)}$$

При рассверливании (зенкерования, развертывании):

$$t = 0,5 \times (D - D_0) \text{ (мм)}$$

D_0 -диаметр ранее просверленного отверстия (мм)

D -диаметр инструмента (мм).

б) Подача (S) - величина перемещения инструмента вдоль оси за один его оборот (или за один оборот заготовки, если она вращается, а сверло имеет только продольное перемещение).

У сверла 2 режущие кромки, тогда подача, приходящаяся на каждую из них (S_z):
Подача на зуб

$$S_z = \frac{S}{z} \quad (\text{мм/об})$$

z – число зубьев инструмента

Минутная подача (S_m):

$S_m = S \times n$ (мм/мин),

n – частота вращения (об/мин)

или

выбирается по таблицам справочника

г) Скорость резания (V) - путь перемещения режущей кромки инструмента относительно обрабатываемой детали в единицу времени.

$$V = \frac{\pi \times D \times n}{1000} \quad (\text{м / мин})$$

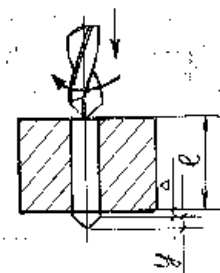
Где D – диаметр сверла (мм);

n - частота вращения сверла (об/мин)

V - скорость резания выбирается по таблицам справочника, из предложенной формулы находим частоту вращения n и корректируем полученное значение по паспорту станка

Машинное время T_m

$$T_m = \frac{L}{S \times n} = \frac{l + y + \Delta}{S \times n} \quad (\text{мин})$$



L - путь, проходимый инструментом в направлении подачи (мм)

l - глубина сверления (зенкерования, развертывания) (мм)

Δ - величина перебега инструмента (1-3 мм)

y - величина врезания при сверлении:

$$y = D/2 \times \text{ctg} \varphi$$

при рассверливании зенкерования, развертывании:

$$y = t \times \text{ctg} \varphi \quad (\text{мм})$$

n – частота вращения сверла (об/мин);

S – подача (мм/об).

Аналогично выполняется выбор режимов резания на зенкерование и развертывание отверстия.

Задание

Задача 1. На вертикально – сверлильном станке производят сверление (сквозного) отверстия диаметром D и глубиной l . Материал заготовки.....

Определить:

Выбрать режущий инструмент.

Назначить режим резания.

Определить осевую силу P_0 .

Определить крутящий момент $M_{кр}$.

Определить мощность резания $N_{рез}$.

Определить основное время T_0

Практическое занятие №10

«Расчет режимов резания при обработке отверстий»

Цели и задачи:

Сделать расчеты режимов резания при сверлении, зенкеровании, развертывании (с использованием таблиц нормативов), определить мощность резания ($N_{рез.}$), определить основное время (T_o)).

Осваиваемые компетенции:

ОК1, ОК2, ОК4, ОК9

ПК1.1 – 1.4 ПК 4.1

Раздаточный материал: инструкционно-технологическая карта

Ход работы

Научиться производить режимов резания при обработке отверстий по нормативно-справочной литературе

Краткие теоретические сведения

Сверлильные операции представляют собой обработку отверстий сверлением, рассверливанием, зенкерованием, развёртыванием и нарезание резьбы метчиками на сверлильных станках.

Возможны три варианта их осуществления:

в одну операцию при одной установке заготовки с заменой инструмента;

выделение каждого перехода в отдельную операцию;

в одну операцию с применением многшпиндельной головки и поворотного стола (агрегатные и специальные сверлильные станки).

На практике наиболее часто используются первые два варианта. Основное время по ним примерно одинаково, а вспомогательное время различно, т.к. при первом варианте возможны большие затраты времени на изменение режимов резания и замену инструментов.

Главным движением при сверлении, рассверливании, зенкерованием и развёртывании является вращение инструмента.

Подачу получает шпиндель вместе с инструментами или стол вместе с деталью.

Деталь устанавливается на столе и в процессе обработки неподвижна относительно стола.

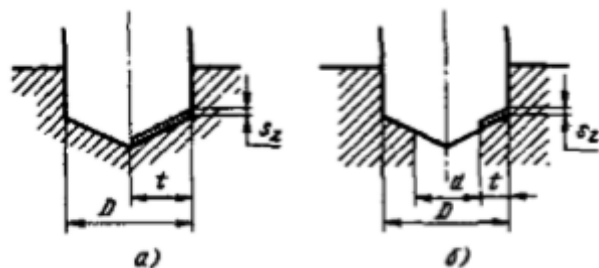


Рис. 1. Схемы резания:

а – при сверлении, б – при рассверливании, зенкеровании и развёртывании

Глубина резания определяется:

при сверлении:

$$t = D/2; \quad (1)$$

при рассверливании, зенкеровании и развёртывании:

$$t = (D-d)/2; \quad (2)$$

где D – диаметр отверстия после выполнения перехода;

d – диаметр отверстия перед выполнением перехода;

Подачу на один оборот выбирают по нормативам в зависимости от обрабатываемого материала, режущего инструмента, точности обрабатываемой поверхности и жёсткости обрабатываемой детали и определяют по формуле:

$$s_o = s_{o.T} \cdot K_s ; \quad (3)$$

где $s_{o.T}$ – табличное значение подачи по нормативам в зависимости от обрабатываемого материала, режущего инструмента, точности обрабатываемой поверхности и жёсткости обрабатываемой детали; принимают по табл. 25;

K_s – поправочный коэффициент на подачу; принимают по примечаниям к табл. 25.

Полученную расчётную подачу сопоставляют с подачами по паспорту станка; как правило, при сверлении принимают большие подачи, при зенкерования и, особенно при развёртывании – меньшие.

Скорость резания определяется по формуле:

при сверлении:

$$V = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot S_z^{y_v}} \cdot K_v, \quad (4)$$

- при рассверливании, зенкерования и развёртывании:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S_z^{y_v}} \cdot K_v$$

где C_v и показатели степени q , x_v , y_v , m приведены для сверления в табл. 28, для рассверливания, зенкерования и развёртывания – в табл. 29, значение периода стойкости сверла T – в табл. 30.

K_v – общий поправочный коэффициент на скорость резания;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} \cdot K_{Пv}, \quad (5)$$

где K_{mv} – коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал, определяем по таблицам 1... 2;

K_{uv} – коэффициент, учитывающий влияние материала режущей части инструмента; принимаем по табл. 6;

K_{lv} – коэффициент, учитывающий глубину сверления; принимаем по табл. 31;

$K_{Пv}$ – коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки при рассверливании и зенкерования литых и штампованных отверстий; принимаем по табл. 5; для условий задачи, при обработке ранее обработанных поверхностей $K_{Пv} = 1,0$.

Число оборотов детали в минуту находится в следующей зависимости от скорости резания:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (6)$$

где v – скорость резания, м/мин;

D – диаметр обрабатываемой детали (наибольший), мм;

1000 – числовой множитель для перевода метров в миллиметры.

Расчётную частоту вращения корректируем по паспорту станка пст. Фактическая скорость резания:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{cm}}{1000}, \quad (7)$$

Осевую силу рассчитываем по формуле:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^{q_p} \cdot S^{y_p} \cdot K_p, \quad (8)$$

где C_p и показатели степени q_p и y_p приведены в табл. 32;

K_p – поправочный коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала, приведен в табл. 9

Определим крутящий момент, возникающий при сверлении:

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^{q_M} \cdot S^{y_M} \cdot K_P, \quad (9)$$

где C_M и показатели степени q_m и u_m приведены в табл. 32;

K_{mp} – поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала приведен в табл. 9

Определим мощность, необходимую для операции сверления по формуле:

$$N_e = \frac{M_{kp} \cdot n}{9750}, \quad (10)$$

Мощность на шпинделе:

$$N_{шп} = N_{дв} \cdot \eta, \quad (11)$$

где $N_{дв}$ – мощность двигателя;

$\eta = 0,75$ – КПД станка;

Проверка возможности обработки отверстия по рассчитанным режимам резания на выбранном оборудовании:

- если $N_{шп} > N_{рез}$, то обработка возможна,

- если $N_{рез} < N_{шп}$, то обработка невозможна.

Задание:

Записать краткие теоретические сведения.

Произвести расчет режимов резания при сверлении отверстий по нормативно-справочной литературе по вариантам, представленным в таблице исходных данных

Обработка для всех вариантов ведется на станке 2A135.

Исходные данные

Номер варианта	D	L	Материал обрабатываемой детали	
			Марка	Механические свойства
1	50	60	Сталь 45	$\sigma_B = 610$ МПа
2	40	90	Сталь 50	$\sigma_B = 750$ МПа
3	30	220	Сталь 20Х	$\sigma_B = 800$ МПа
4	20	70	Сталь 40	$\sigma_B = 1000$ МПа
5	50	70	Сталь 38ХМЮА	$\sigma_B = 850$ МПа
6	40	130	Ст3	$\sigma_B = 450$ МПа
7	30	70	Ст5	$\sigma_B = 550$ МПа
8	20	40	Сталь 25Л	$\sigma_B = 440$ МПа
9	50	60	Сталь 35Л	$\sigma_B = 490$ МПа
10	40	300	Сталь 15Л	$\sigma_B = 390$ МПа

Приложение:

1. Поправочный коэффициент K_{mv} , учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания

Обрабатываемый материал	Расчетная формула
Сталь	$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_b} \right)^{n_p}$

Примечания: 1. σ_b и HB – фактические параметры, характеризующие обрабатываемый материал, для которого рассчитывается скорость резания.

2. Коэффициент K_r , характеризующий группу стали по обрабатываемости, и показатель степени n_p см в табл. 2

2. Значения коэффициента K_r и показатели степени n_p в формуле для расчета коэффициента обрабатываемости стали K_{mv} , приведенные в табл. 1

Обрабатываемый материал	Коэффициент K_r для материала инструмента		Показатели степени n_p , при обработке					
			резцами		сверлами, зенкерами, развертками		фрезами	
	из быстрорежущей стали	из твердого сплава	из быстрорежущей стали	из твердого сплава	из быстрорежущей стали	из твердого сплава	из быстрорежущей стали	из твердого сплава
Сталь: углеродистая ($C \leq 0,6\%$), σ_b , МПа:								
< 450	1,0	1,0	–1,0		–0,9		–0,9	
450 – 550	1,0	1,0	1,75		–0,9		–0,9	
> 550	1,0	1,0	1,75		0,9		0,9	

5. Поправочный коэффициент K_{pv} , учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания

Состояние поверхности заготовки					
без корки	с коркой				
	Прокат	Поковка	Стальные и чугунные отливки при корке		Медные и алюминиевые сплавы
			нормальной	сильно загрязненной	
1,0	0,9	0,8	0,8 – 0,85	0,5 – 0,6	0,9

6. Поправочный коэффициент $K_{ин}$, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания

Обрабатываемый материал	Значения коэффициента $K_{ин}$ в зависимости от марки инструментального материала						
Сталь конструкционная	T5K12B 0,35	T5K10 0,65	T14K8 0,8	T15K6 1,00	T15K6 1,15	T30K4 1,4	BK8 0,4
Коррозионно-стойкие и жаропрочные стали	BK8 1,0	T5K10 1,4	T15K6 1,9	P18 0,3	–		

9. Поправочный коэффициент K_{mp} для стали и чугуна, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости

Обрабатываемый материал	Расчетная формула	Показатель степени n при определении		
		составляющей P_z силы резания при обработке резцами	крутящего момента M и осевой силы P_0 при сверлении, рассверливании и зенкеро-вании	окружной силы резания P_z при фрезеровании
Конструкционная углеродистая и легированная сталь σ_B , МПа: ≤ 600 > 600	$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n$	0,75/0,35	0,75/0,75	0,3/0,3
		0,75/0,75	0,75/0,75	0,3/0,3

Примечание. В числителе приведены значения показателя степени n для твердого сплава, в знаменателе – для быстрорежущей стали.

25. Подачи, мм/об, при сверлении стали, чугуна, медных и алюминиевых сплавов сверлами из быстрорежущей стали

Диаметр сверла D , мм	Сталь				Серый и ковкий чугун, медные и алюминиевые сплавы	
	$HB < 160$	$HB 160 - 240$	$HB 240 - 300$	$HB > 300$	$HB \leq 170$	$HB > 170$
2–4	0,09–0,13	0,08–0,10	0,06–0,07	0,04–0,06	0,12–0,18	0,09–0,12
4–6	0,13–0,19	0,10–0,15	0,07–0,11	0,06–0,09	0,18–0,27	0,12–0,18
6–8	0,19–0,26	0,15–0,20	0,11–0,14	0,09–0,12	0,27–0,36	0,18–0,24
8–10	0,26–0,32	0,20–0,25	0,14–0,17	0,12–0,15	0,36–0,45	0,24–0,31
10–12	0,32–0,36	0,25–0,28	0,17–0,20	0,15–0,17	0,45–0,55	0,31–0,35
12–16	0,36–0,43	0,28–0,33	0,20–0,23	0,17–0,20	0,55–0,66	0,35–0,41
16–20	0,43–0,49	0,33–0,38	0,23–0,27	0,20–0,23	0,66–0,76	0,41–0,47
20–25	0,49–0,58	0,38–0,43	0,27–0,32	0,23–0,26	0,76–0,89	0,47–0,54
25–30	0,58–0,62	0,43–0,48	0,32–0,35	0,26–0,29	0,89–0,96	0,54–0,60
30–40	0,62–0,78	0,48–0,58	0,35–0,42	0,29–0,35	0,96–1,19	0,60–0,71
40–50	0,78–0,89	0,58–0,66	0,42–0,48	0,35–0,40	1,19–1,36	0,71–0,81

Примечание. Приведенные подачи применяют при сверлении отверстий глубиной $l \leq 3D$ с точностью не выше 12-го квалитета в условиях жесткой технологической системы. В противном случае вводят поправочные коэффициенты:

- 1) на глубину отверстия – $K_{ls} = 0,9$ при $l \leq 5D$; $K_{ls} = 0,8$ при $l \leq 7D$; $K_{ls} = 0,75$ при $l \leq 10D$;
- 2) на достижение более высокого качества отверстия в связи с последующей операцией развертывания или нарезания резьбы – $K_{os} = 0,5$;
- 3) на недостаточную жесткость системы СПИД: при средней жесткости $K_{жс} = 0,75$; при малой жесткости $K_{жс} = 0,5$;
- 4) на инструментальный материал – $K_{ис} = 0,6$ для сверла с режущей частью из твердого сплава.

28. Значения коэффициента C_v и показателей степени в формуле скорости резания при сверлении

Обрабатываемый материал	Материал режущей части инструмента	Подача s , мм/об	Коэффициент и показатели степени				Охлаждение
			C_v	q	y	m	
Сталь конструкционная углеродистая, $\sigma_b = 750$ МПа	P6M5	$\leq 0,2$ $> 0,2$	7,0 9,8	0,40	0,70 0,50	0,20	Есть
Сталь жаропрочная 12X18H9T, HB 141		—	3,5	0,50	0,45	0,12	

Примечание. Для сверл из быстрорежущей стали рассчитанные по приведенным данным скорости резания действительны при двойной заточке и подточенной перемычке. При одинарной заточке сверл из быстрорежущей стали расчетную скорость резания следует уменьшать, умножая ее на коэффициент $K_{30} = 0,75$.

29. Значения коэффициента C_v и показателей степени в формуле скорости резания при рассверливании, зенкеровании и развертывании

Обрабатываемый материал	Вид обработки	Материал режущей части инструмента	Коэффициент и показатели степени					Охлаждение
			C_v	q	x	y	m	
Конструкционная углеродистая сталь, $\sigma_b = 750$ МПа	Рассверливание	P6M5 BK8	16,2 10,8	0,4 0,6	0,2	0,5 0,3	0,2 0,25	Есть
	Зенкерование	P6M5 T15K6	16,3 18,0	0,3 0,6		0,5 0,3	0,3 0,25	
	Развертывание	P6M5 T15K6	10,5 100,6	0,3 0,3	0,2 0	0,65 0,65	0,4	

30. Средние значения периода стойкости сверл, зенкоров и разверток

Инструмент (операция)	Обрабатываемый материал	Материал режущей части инструмента	Стойкость T , мин, при диаметре инструмента, мм							
			До 5	6—10	11—20	21—30	31—40	41—50	51—60	61—80
Сверло (сверление и рассверливание)	Конструкционная углеродистая и легированная сталь	Быстрорежущая сталь	15	25	45	50	70	90	110	—
		Твердый сплав	8	15	20	25	35	45	—	—
	Коррозионно-стойкая сталь	Быстрорежущая сталь	6	8	15	25	—	—	—	—

32. Значения коэффициентов и показателей степени в формулах крутящего момента и осевой силы при сверлении, рассверливании и зенкерование

Обрабатываемый материал	Наименование операции	Материал режущей части инструмента	Коэффициент и показатели степени в формулах							
			крутящего момента				осевой силы			
			C_M	q	x	y	C_P	q	x	y
Конструкционная углеродистая сталь, $\sigma_B = 750$ МПа	Сверление	Быстрорежущая сталь	0,0345	2,0	—	0,8	68	1,0	—	0,7
	Рассверливание и зенкерование		0,09	1,0	0,9	0,8	67	—	1,2	0,65
Жаропрочная сталь 12Х18Н9Т, HV 141	Сверление		0,041	2,0	—	0,7	143	1,0	—	0,7
	Рассверливание и зенкерование		0,106	1,0	0,9	0,8	140	—	1,2	0,65

41. Поправочный коэффициент K_{IV} на скорость резания при сверлении, учитывающий глубину обрабатываемого отверстия

Параметр	Сверление					Рассверливание, зенкерование, развертывание
Глубина обрабатываемого отверстия	3D	4D	5D	6D	8D	—
Коэффициент K_{IV}	1,0	0,85	0,75	0,7	0,6	1,0

Паспортные данные вертикально-сверлильного станка 2Н55.

Наибольший диаметр сверла – 55 мм.

Частоты вращения шпинделя – 68, 100, 140, 195, 275, 400, 530, 750, 1100 об/мин.

Подачи шпинделя – 0,115; 0,15; 0,2; 0,32; 0,43; 0,57; 0,725; 0,96; 1,22; 1,6 мм/об.

Мощность главного электродвигателя – 4,5 кВт, частота вращения – 1440 об/мин.

Практическое занятие №11

«Расчёт режимов резания при фрезеровании»

Цели и задачи:

Формирование навыков расчета режимов резания при фрезерной обработке для заданных условий. Закрепить навыки использования справочной литературы.

Осваиваемые компетенции:

ОК1, ОК2, ОК4, ОК9

ПК1.1 – 1.4 ПК 4.1

Раздаточный материал: инструкционно-технологическая карта

Ход работы

Общие сведения

Конфигурация обрабатываемой поверхности и вид оборудования определяют тип применяемой фрезы (цилиндрическая, торцовая, дисковая, концевая, фасонная, шпоночная). Её размеры определяются размерами обрабатываемой поверхности и глубиной срезаемого слоя (рисунок 1). Диаметр фрезы для сокращения основного технологического времени и расхода инструментального материала выбирают по возможности наименьшей величины, учитывая при этом жесткость технологической системы, схему резания и размеры обрабатываемой заготовки.

При торцевом фрезеровании для достижения производительных режимов резания диаметр фрезы $D = (1,25 \dots 1,5)B$, где B – ширина фрезерования. При обработке стальных заготовок обязательным является их несимметричное расположение относительно фрезы. Несоблюдение указанных правил ведет к значительному снижению стойкости инструмента.

Глубина t и ширина B фрезерования. Во всех видах фрезерования, кроме торцевого, t определяет продолжительность контакта зуба фрезы с заготовкой. Глубина резания при цилиндрическом фрезеровании зависит от припуска, а так же от жесткости и мощности станка. Ширина фрезерования B определяет длину лезвия зуба фрезы, участвующую в резании. При торцевом фрезеровании эти понятия меняются местами. Подача. При фрезеровании различают подачу на один зуб S_z , подачу на один оборот фрезы S и подачу минутную S_m мм/мин, которые находятся в следующем соотношении:

где n – частота вращения фрезы, об/мин; z – число зубьев фрезы.

Исходной величиной подачи при черновом фрезеровании является величина ее на один зуб S_z , при чистовом фрезеровании – на один оборот фрезы S , по которой для дальнейшего использования вычисляют величину подачи на один зуб $S_z = S/z$.

Рекомендуемые подачи для различных фрез и условий резания приведены в таблицах 2.78 – 2.83 [4].

Скорость резания – окружная скорость фрезы, м/мин,

Значения коэффициента C_v и показателей степени приведены в таблице 2.84, а периода стойкости T – в таблице 2.85 [4].

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания,

$K_v = K_{Mv}K_{nv}K_{uv}$,

где K_{Mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала (см. таблицы 2.1 – 2.4);

K_{nv} – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки (см. таблицу 2.5); K_{uv} – коэффициент, учитывающий материал инструмента (см. таблицу 2.6) [4].

Рисунок 1 – Виды фрезерования

Сила резания. Составляющая силы резания при фрезеровании – окружная сила, H где z – число зубьев фрезы; n – частота вращения фрезы, об/мин.

Значение коэффициента и показателей степени приведены в таблице 2.86, поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала для стали и чугуна – таблица 2.8, а для медных и алюминиевых сплавов – таблица 2.7. Величины остальных составляющих силы резания устанавливают из соотношения с главной составляющей по таблице 2.87 [4].

Крутящий момент, Nm , на шпинделе

где D – диаметр фрезы, мм.

Мощность резания. Эффективная мощность резания, кВт

Задание: По заданным исходным данным подберите инструмент, определите режимы резания при фрезеровании (подачу, скорость резания, общий поправочный коэффициент на скорость резания, силу резания, крутящий момент и мощность резания)

Исходные данные для расчета:

№ варианта Мощность станка Обрабатываемый материал Способ обработки Глубина фрезерования t , мм
Число зубьев фрезы Ширина фрезерования B , мм

2 кВт	Сталь Т15К6	Черновое фрезерование	3	4	30
4 кВт	Сталь Т5К10	Черновое фрезерование	5	6	40
6 кВт	Чугун ВК6	Черновое фрезерование	8	8	30
8 кВт	Чугун ВК8	Черновое фрезерование	12	4	40
10 кВт	Сталь Т15К6	Черновое фрезерование	3	6	30
2 кВт	Сталь Т5К10	Черновое фрезерование	5	8	40

4 кВт	Чугун ВК6	Черновое фрезерование	8	4	30
6 кВт	Чугун ВК8	Черновое фрезерование	12	6	40
8 кВт	Сталь Т15К6	Черновое фрезерование	3	8	30
10 кВт	Сталь Т5К10	Черновое фрезерование	5	4	40

Исходные данные для расчета записать из таблицы исходных данных по своему

По заданной ширине фрезерования определить диаметр фрезы $D = (1,25 \dots 1,5)B$, мм, полученное значение округлить в большую сторону до размерного ряда диаметров (20,25,40,60,75,,90,110....)

По таблице 2.79 определить подачу на один зуб S_z при средней жесткости системы.

Определить скорость резания (окружную скорость фрезы) v , м/мин для торцевой фрезы, необходимые значения коэффициентов и показатели степени приведены в таблицах 2.84 и 2.85

Определить общий поправочный коэффициент на скорость резания, необходимые коэффициенты определяем из таблиц 2.1 – 2.9. (свд для стали и НВ для чугуна принять из таблицы 2.86)

Определить силу резания, принимая степень и коэффициенты по таблице 2.86. Определить крутящий момент на шпинделе, Н м.

Определить эффективную мощность резания, кВт.

Вывод: В ходе выполнения практической работы.

Практическое занятие №12

«Расчет режимов резания при нарезании резьбы»

Цели и задачи: Ознакомиться с расчетами режимов резания при нарезании резьбы на токарно-винторезном станке.

Осваиваемые компетенции:

ОК1, ОК2, ОК4, ОК9

ПК1.1 – 1.4 ПК 4.1

Раздаточный материал: инструкционно-технологическая карта

Ход работы

Задание. Рассчитать передаточное число i_g и числа зубьев гитары сменных колес a, b, c, d и числа зубьев колес механизма Нортон для нарезания метрической и дюймовой резьбы на токарно-винторезном станке. Для гитары выполнить проверку по условию сцепляемости.

Исходные данные: $P_{нр}$ – шаг метрической резьбы; мм; $P_{хв}$ – шаг ходового винта, мм; p – число ниток на дюйм для дюймовой резьбы; C – постоянная кинематической цепи; $K_{нр}$ – число заходов нарезаемой резьбы. Исходные данные приведены в табл.10. Число заходов нарезаемой резьбы для всех вариантов принимается равным 1.

Теоретические сведения. Одной из функций токарно-винторезного станка является нарезание резьбы резцом. Кинематическая цепь, служащая для настройки токарно-винторезного станка на нарезание резьбы резцом, является внутренней цепью и связывает вращение шпинделя и перемещение суппорта. Для нарезания резьбы нужно, чтобы при повороте шпинделя на один оборот суппорт с резцедержателем переместился на ход резьбы, равный $P_{нр} \cdot K_{нр}$. Ходовой винт, сообщаящий резцу прямолинейное движение через разъемную гайку, получает вращение от шпинделя через гитару сменных колес (рис. 7) или механизм Нортон (рис. 8).

Таблица 10 Исходные данные для расчета настройки токарно-винторезного станка на нарезание резьбы резцом

Шестиступенчатый механизм Нортон служит для настройки токарно-винторезного станка на нарезание резьбы резцом.

Рисунок 8 - Механизм Нортон: 1 – блок зубчатых колес; 2 – паразитное колесо; 3 – подвижное колесо

Он состоит из конусного блока зубчатых колес 1, которые могут последовательно входить в зацепление с подвижным колесом 3 через паразитное колесо 2 и множительного механизма, служащего для увеличения диапазона шагов нарезаемой резьбы. При настройке механизма Нортон на нарезание метрической и модульной резьбы ведущим является конусный блок колес, на нарезание дюймовой резьбы – подвижное колесо.

Для расчета параметров настройки механизма Нортон следует определить номер ступени механизма Нортон, передаточное число множительных передач, ведомое и ведущее звенья механизма Нортон (табл.

11).

Таблица 11 - Данные расчета механизма Нортон

Значения шагов по вертикали можно получить переключением механизма Нортон, а по горизонтали – переключением множительного механизма. Механизм Нортон можно рассчитать по любому столбцу таблицы 11 в том случае, если задана постоянная кинематической цепи C по формуле

Практическое занятие №13 **«Расчет режимов резания при протягивании»**

Цели и задачи: научиться определять режимы резания и основного времени при протягивании цилиндрического отверстия.

Осваиваемые компетенции:

ОК1, ОК2, ОК4, ОК9

ПК 1.2,

Раздаточный материал: инструкционно-технологическая карта

Ход работы

Теоретические сведения

Пример расчета режимов резания и основного времени для протягивания цилиндрического отверстия

Задание:

На горизонтально-протяжном станке 7Б55 производится протягивание предварительно обработанного цилиндрического отверстия диаметром $D = 55H7(^{+0,03})$ мм и длиной $l = 62$ мм. Параметр шероховатости обработанной поверхности $Ra = 2$ мкм. Штампованная заготовка из стали 40ХН твердостью НВ 220. Производство – массовое. Обрабатывается одна заготовка. Протяжка круглая, переменного резания, из быстрорежущей стали Р18. Подача (подъем) черновых зубьев на сторону $S_o = 0,07$ мм/зуб. Шаг черновых зубьев $t_o = 12$ мм. Число зубьев в секции $Z_c = 2$. Общая длина протяжки $L = 570$ мм. Длина протяжки до первого зуба $l_1 = 265$ мм. Геометрические параметры протяжки: передний угол $\gamma = 20^\circ$, задний угол на чистовых зубьях $\alpha = 3^\circ$, на чистовых зубьях $\alpha = 2^\circ$ на калибрующих зубьях $\alpha = 1^\circ$.

Требуется назначить режим резания, определить основное время.

Решение.

Расчет ведем по нормативам (13). Подача является элементом конструкции и рассчитывается конструктором.

1. Устанавливаем группу обрабатываемости протягиваемого материала. По карте 1(с.44) сталь 40ХН твердостью НВ 220 относится к первой группе обрабатываемости.
2. Устанавливаем группу качества протягиваемой поверхности. По карте 2 (с.50) цилиндрическое отверстие точностью Н7 с параметром шероховатости $Ra = 2$ мкм относится ко второй группе качества поверхности.
3. Выбираем вид смазочно-охлаждающей жидкости. По карте 23 (с.76-77) для протягивания стали 1-й группы обрабатываемости и 2-й группы качества поверхности принимаем сульфифрезол (условное обозначение в карте «В»)
4. Определяем осевую силу резания $P = q_o \sum l_p k_p$,

где q_o – осевая сила резания, приходящаяся на 1 мм длины режущей кромки (кгс),

$\sum l_p$ – суммарная длина режущих кромок зубьев, одновременно участвующих в работе, мм

k_p – общий поправочный коэффициент на осевую силу резания, учитывающий измененные условия работы

По карте 24, с.79 для $S_o = 0,07$ мм и переднего угла $\gamma = 20^\circ$ определяем $q_o = 14,19$ кгс.

Учитываем поправочные коэффициенты на осевую силу резания (карта 25, с.81-82):

$k_m = 1$, т.к. сталь 1-й группы обрабатываемости и твердостью НВ 220;

$k_p = 1$, т.к. стружка разделяется на зубьях выкружками;

$k_k = 1$, т.к. приняты протяжка, перетачиваемая по передней поверхности и 2-я группа качества протягиваемой поверхности.

Определяем $\sum l_p$ для цилиндрических отверстий

Для круглых протяжек переменного резания

$$\sum l_p = \pi D z_p / z_c \quad (\text{с.26}),$$

где $D = 55$ мм – наибольший диаметр зубьев протяжки,

z_p – число зубьев, одновременно участвующих в работе

z_c – число зубьев в секции

$$z_p = l / t_o + 1 \quad (\text{с.18}),$$

где l – длина протягиваемой поверхности,

t_o – шаг черновых зубьев:

$$z_p = 62 / 12 + 1 = 6,17.$$

Результат округляется до ближайшего меньшего целого числа, т.е.

$z_p = 6$, $z_c = 2$ (по принятой конструкции протяжки)

$$\sum l_p = \pi D z_p / z_c = 3,14 \times 55 \times 6 / 2 = 518 \text{ мм}$$

Осевая сила резания

$$P = q_0 \sum l_p k_m k_o k_p k_k = 14,19 \times 518 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 7350 \text{ кгс} = 72103 \text{ Н}$$

5. Проверяем, достаточна ли тяговая сила станка.

Протягивание возможно при $P < Q$, где Q – тяговая сила станка. У станка 7Б55 $Q = 10\,000$ кгс, следовательно, протягивание возможно ($7350 < 10\,000$).

6. Назначаем скорость резания (карта 4, с.53-54). Для круглых протяжек

1-й группы обрабатываемости, 2-й группы качества протягиваемой поверхности и массового производства принята $v = 8$ м/мин. Поправочный коэффициент на скорость резания $k_v = 1$, т.к. рекомендуется протяжка из быстрорежущей стали Р18. Корректируем найденную скорость резания по паспортным данным станка; $v = 8$ м/мин. может быть установлена на станке 7Б55, где осуществляется бесступенчатое регулирование скорости в пределах 1,5–11,5 м/мин.

Определяем скорость резания, допускаемую мощностью электродвигателя станка:

$$V_{\text{доп}} = (60 \times 102 \times N_d \eta) / P.$$

По паспортным данным станка 7Б55 мощность его электродвигателя $N_d = 17$ кВт, КПД $\eta = 0,85$;

$$V_{\text{доп}} = (60 \times 102 \times 17 \times 0,85) / 7350 = 12 \text{ м/мин}$$

Таким образом, выполняется условие $V < V_{\text{доп}}$ ($8 < 12$). Следовательно, принимаем скорость резания $v = 8$ м/мин. ($0,13$ м/с).

7. Находим стойкость протяжки. По карте 6 (с.75) стойкость протяжки определяется в метрах суммарной длины протянутой поверхности до затупления протяжки. Значения скоростей приведены в зависимости от скорости резания и подачи на зуб. Стойкость режущих зубьев протяжки указывается в карте раздельно для черновой и чистовой частей.

По карте 6 устанавливаем, что при $v = 8$ м/мин условие равной стойкости будет достигнуто при подаче черновых зубьев

$S_o = 0,25$ мм/зуб на сторону. В принятой конструкции протяжки предусмотрена меньшая подача черновых зубьев ($S_o = 0,07$ мм/зуб), при которой стойкость их $T_m = 125$ м. Стойкость чистовых зубьев $T_m = 68$ м. Так как чистовые зубья имеют меньшую стойкость, чем черновые, то стойкость протяжки в целом будет равна стойкости ее чистовых зубьев, т.е. $T_m = 68$ м.

Нормативная стойкость протяжки

$$T_{mn} = T_m K_v K_r K_m K_o K_d K_z \text{ (с. 16)}$$

По карте 23 (с.90-93) учитываем поправочные коэффициенты на табличное значение стойкости T_m : $K_v = 1$, так как зубья протяжки перетачиваются по передней поверхности, протягивается цилиндрическое отверстие и принята 2-я группа качества поверхности; $K_r = 1$, так как протяжка переменного резания; $K_z = 1$, так как заготовка штампованная, с предварительно обработанным отверстием; $K_m = 1$, так как материал протяжки – сталь Р18; $K_o = 1$, так как смазочно-охлаждающая жидкость –

сульфофрезол; $K_d = 1$, так как протяжка с доведенными зубьями.
 $T_{мн} = 68 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 68 \text{ м.}$

8. Определяем число заготовок, протянутых между переточками:

$$n_d = 1000 T_{мн} / l \quad (\text{с.13})$$

где l – длина протягиваемой поверхности,

$$n_d = 1000 \times 86 / 62 = 1096 \text{ шт.}$$

9. Основное время:

$$T_o = (L_{рх} / 1000 v_q) / k_1 i \quad (\text{с.19-20})$$

где q – число одновременно обрабатываемых заготовок;

k_1 – коэффициент, учитывающий обратный ускоренный ход;

i – число проходов.

Длина рабочего хода протяжки

$$L_{рх} = l_p + l + l_{доп}$$

Длина рабочей части протяжки $l_p = L - l_1$.

По условию $L = 570 \text{ мм}$, $l_1 = 265 \text{ мм}$; $l = 62 \text{ мм}$.

Тогда $l_p = 570 - 265 = 305 \text{ мм}$

Перебег $l_{доп} = 30 \dots 50 \text{ мм}$, принимаем $l_{доп} = 50 \text{ мм}$,

Таким образом, $L_{рх} = 305 + 62 + 50 = 417 \text{ мм}$

Коэффициент $k_1 = 1 + V/V_{ох}$.

У станка 7Б55 скорость обратного хода $V_{ох} = 20 \text{ м/мин}$

$$k_1 = 1 + 8/20 = 1,4$$

По условию обрабатывается одна заготовка, т.е. $q = 1$, число проходов $i = 1$.

$$T_o = (417 / 1000 \times 8 \times 1) / 1,4 \times 1 = 0,073 \text{ мин}$$

Задание

1. Ознакомиться с теоретическим материалом (лекция 11)
2. Ознакомиться с примером расчета режимов резания
3. Назначить режим резания и определить основное время для обработки протягиванием цилиндрического отверстия в соответствии с вариантом
4. Ответить на контрольные вопросы

Исходные данные по вариантам

№ задачи	Материал заготовки	Размеры отверстия		Конструктивные элементы протяжки								Станок
		D	l	So	L	l ₁	t _o	Zc	γ	α	Схема резания	
		мм								град		
131	Сталь20 HB 155	32H9	45	0,025	510	265	8	-	18	3	П	7Б55
132	СЧ 15 HB 190	50H9	75	0,10	490	285	13	2	8	3	ПР	
133	Сталь40X HB210	45H7	58	0,025	580	278	10	-	15	3	П	
134	Сталь12ХН 3 HB 215	65H7	110	0,08	780	320	18	2	15	3	ПР	7Б56
135	СЧ 10 HB 170	60H9	100	0,05	650	320	16	-	5	3	П	7Б55
136	Сталь30ХГ С HB 240	35H7	44	0,025	510	265	8	-	12	3	П	
137	Сталь 38ХА HB 200	40H7	52	0,10	445	272	9	2	15	3	ПР	
138	СЧ 30 HB 220	55H7	65	0,10	450	285	12	2	5	3	ПР	7Б56
139	Сталь 45 HB 198	28H9	40	0,02	510	265	8	-	15	3	П	
140	Сталь20ХН 3 HB 232	70H7	125	0,07	820	335	20	3	12	3	ПР	7Б55

Примечание: П – профильная схема резания;

ПР – схема переменного резания

Контрольные вопросы

1. Какими способами можно определить режимы резания и основное время?
2. Почему аналитический способ является более точным?
3. В каком порядке производится расчет ?
4. Почему при определении режима резания необходимо пользоваться паспортными данными станка?

Практическое занятие №14

«Сравнительная характеристика абразивных, естественных и искусственных материалов»

Цели и задачи: научиться сравнивать абразивные, естественные и искусственные материалы

Осваиваемые компетенции:

ОК01, ОК02, ОК4, ОК09

ПК1.3 ПК1.4

Раздаточный материал: инструкционно-технологическая карта

Ход работы

1. Указать область применения абразивных материалов.

2. Заполнить таблицу 11 «Виды природных и синтетических абразивных материалов».

3. Расшифровать маркировку шлифовального круга.

4. Ответить на контрольные вопросы.

Краткие теоретические сведения.

Абразивные материалы – вещества, обладающие чрезвычайно высокой твердостью, теплостойкостью и износостойкостью. По природе своего происхождения различают абразивные материалы естественного (природного) происхождения и искусственного.

Твердость абразивного инструмента

Под твердостью абразивного инструмента понимается способность связки удерживать абразивные зерна в круге под воздействием внешних усилий. Разработана шкала твердости, согласно которой все абразивные круги делятся на 16 степеней твердости.

ВМ1, ВМ2 – весьма мягкие

М1, М2, М3 – мягкие

СМ1, СМ2 – средне-мягкие

С1, С2 – средние

СТ1, СТ2, СТ3 – средне-твердые

Т1, Т2 – твердые

ВТ – весьма твердые

ЧТ – чрезвычайно твердые

Область применения.

М1-СМ2 заточка и доводка твердосплавного инструмента, плоское шлифование торцем круга деталей из меди, латуни, жаропрочных и труднообрабатываемых сплавов.

СМ1-СМ2 шлифование закаленной стали и чугуна периферией круга, заточка режущего инструмента, резьбошлифование с крупным шагом.

С1-СТ2 шлифование деталей из незакаленной стали и ковкого чугуна, хонингование, профильное шлифование.

СТ1-СТ2 обдирочное шлифование, профильное шлифование, шлифование отливок и поковок.

ВТ, ЧТ шлифование шарикоподшипников, деталей приборов и часовых механизмов.

Правило: чем мягче обрабатываемый материал, тем тверже выбирается круг, и наоборот.

Исключение составляют очень мягкие и пластичные металлы: медь, алюминий, которые быстро засаливают круг.

Структура абразивного инструмента

Структурой абразивного инструмента называют соотношение в процентах объемов, занятых в нем абразивными зернами, связкой и порами. Структуру обозначают номерами от 0 до 20.

Структуры 0-4 называют закрытыми или плотными. Их применяют при шлифовании твердых и хрупких материалов с малой шероховатостью поверхности, при доводке, при обработке деталей шарикоподшипников.

Структуры 5-8 называют средними – почти все виды шлифования металлов с высоким сопротивлением разрыву, шлифование вязких металлов с низким сопротивлением разрыву, заточка инструментов.

Структуры 9-12 называют открытыми. Их применяют при скоростном шлифовании для уменьшения теплообразования.

Структуры 13-20 называют очень открытыми. Применяют при шлифовании неметаллических материалов и металлов с низкой теплопроводностью (устранение прижогов и трещин).

Правило: чем больше номер структуры, тем ниже качество обработанной поверхности. Чем больше номер структуры, тем больше связки и меньше абразива в единице объема инструмента. По форме шлифовальные круги разделяют на следующие типы:

плоские прямого профиля (ПП)

плоские с выточкой (ПВ)

кольцевые (К)

чашечные цилиндрические (ЧЦ)

чашечные конические (ЧК)

тарельчатые (Т) и др.

Следовательно, шлифовальные круги характеризуются материалом, связкой, зернистостью, твердостью, структурой, формой и размерами. Все эти характеристики отражаются в маркировке шлифовальных кругов.

Пример маркировки круга

- 44A40C26K5ПП500×50×305, 35м/с

Означает, что круг изготовлен из монокорунда марки 44А, зернистостью 40, твердость С2, структура №6, связка керамическая К5, по форме сечения плоский прямого профиля (ПП), размером (наружный диаметр×высота×диаметр посадочного отверстия) 500×50×305, допускает скорость вращения 35м/с.

Иногда делают сокращенную маркировку:

- 63С16СМ15К3 – карбид кремния зеленый 63С, зернистость 16, твердость СМ1, структура №5, связка керамическая К3.

- 24А12СВ – электрокорунд белый 24А, зернистость 12, твердость С, связка вулканитовая В.

Таблица 11 «Виды природных и синтетических материалов»

Природный абразивный материал	Синтетический абразивный материал
1.	1.
2.	2.
3.	3.
4.	4.

Варианты заданий

№ варианта	Марки шлифовального круга
1	48A20C29K5ПП400×20×305, 35м/с
	55C10CM12K4
2	55A40C12K5ПП600×60×305, 35м/с
	68C18CM10K8

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение твердых сплавов и минералокерамических материалов?
2. Укажите область применения твердых сплавов и минералокерамических материалов?
3. Что такое литые твердые сплавы?
4. Назовите область применения вольфрамовых твердых сплавов?
5. Что такое порошковая металлургия?

Практическое занятие №15

«Расчет режимов резания при шлифовании»

Цели и задачи: Освоение методики расчета режимов резания на круглошлифовальную операцию, закрепление навыков работы с нормативной и справочной литературой

Осваиваемые компетенции:

ОК01, ОК02, ОК4, ОК09

ПК1.3 ПК1.4

Раздаточный материал: инструкционно-технологическая карта

Ход работы

Задание

Согласно варианту задания выполнить расчеты времени на круглошлифовальную операцию по исходным данным на универсальном круглошлифовальном станке модели 3У131 (техническая характеристика станка прилагается). Расчёт вести по пособию ОНВ (общемашиностроительные нормативы времени) при работе на шлифовальных станках.

Методические указания по выполнению задания Выбрать исходные данные по варианту.

Основное время шлифования определить по формуле, согласно исходным данным: $T_o = \frac{L}{L_{\text{ш}}} \cdot K$ мин. где L – длина обработки, мм;

Z – припуск на обработку, мм; $S_{\text{прод}}$ – продольная подача, мм/об;

$n_{\text{заг}}$ – частота вращения заготовки, об/мин; t – глубина шлифования, мм;

K – коэффициент выхода, принимаем 1,4.

Вспомогательное время на установку и съём детали (туст.) определить по карте 62 согласно указанному способу установки детали по варианту.

Вспомогательное время, связанное с обработкой поверхности ($t_{\text{пер}}$) определить по карте 63 согласно указанному методу шлифования по варианту.

Подготовительно – заключительное время ($T_{\text{п.з.}}$) определить по карте 65 с правкой шлифовального круга для всех вариантов.

Время на обслуживание рабочего места в процентах от оперативного времени определить по карте 65, аобщ %

Время на перерывы, отдых и личные надобности в процентах от оперативного времени определить по карте 82, аот.л %.

Поправочный коэффициент на вспомогательное время ($K_{\text{тв}}$) определить по карте 1. Штучное время определить по формуле $T_{\text{шт}} = (T_o + T_{\text{в}} \cdot K_{\text{тв}})(1 + \dots)$ мин

Норму времени определить по формуле $N_v = T_{\text{шт}} + \dots$ мин.

Таблица заданий

Исходные данные			Варианты заданий									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Обрабатываем												
диаметр, мм	150h7	60h8	82h7	120h7	75h9	120h9	75h7	94h8	120h9	140h7	Длина	
шлифования, Lмм	200	100	350	80	360	145	130	290	60	120		
Припуск Z на сторону, мм			0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2
0,4												
Подача Sпрод., мм/об	15	20	25	15	25	20	20	25	15	20		
Частота вращ. заготовки nзаг, мин	53	130	100	66	110	66	110	85				
66	60											
Глубина шлифов. t, мм	0,015	0,02	0,015	0,015	0,025	0,025	0,015	0,02	0,025	0,015		
Коэффиц. выхаживания	Для всех вариантов K = 1,4											
Способ установки детали	В центрах безнадев. хомутикаа										В центр. с надев. хомутика на	
центров-ую. гладк. оправку	свобод. одевание											
На концевой оправке с гайкой с быстросъемной шайбой	Смоцентрирующий патрон											
пневматический												
В патроне с под-жатием центром безлюнета в центрах без хомутика												
На центровой оправке с гайкой, с шайбой. шапровой шайбой	на шлицевой оправке, надева											
ние свободное	В центрах с на-деванием хомутика											

Вес детали, кг	3,5	0,870	4,3	2,5	4,6	7,2	3,6	6,1	10,2	3,8
Метод шлифования	Шлифование с продольной подачей, с измерением при обработке - для всех вариантов.									
Партия деталей, шт	20	25	28	30	25	10	5	10	8	15

Практическое занятие №16

«Расчёт режимов резания при наружном круглом шлифовании»

Цели и задачи: Приобретение навыков расчета режимов резания при шлифовании

Осваиваемые компетенции:

ОК01, ОК02, ОК4, ОК09

ПК1.3 ПК1.4

Раздаточный материал: инструкционно-технологическая карта

Ход работы

Выполнение расчета и выбора элементов режима резания, инструмента, основного времени. Эскиз обработки. Вывод о возможности шлифования при выбранных режимах резания.

При круглом наружном шлифовании обрабатываемая деталь крепится в патроне, на разжимной оправке или устанавливается в центрах, при внутреннем шлифовании деталь крепится в патроне.

После обработки обеспечиваются 5-9 квалитеты точности, а параметры шероховатости обработанной поверхности достигают $Ra=2 \dots 0,2$ мкм. Инструмент при шлифовании различных конструкционных и инструментальных материалов выбирают по данным условиям обработки.

Порядок выполнения работы

Записать данные своего варианта (см. таблицу).

Установить характеристику инструмента. [3.к143 стр348] или [4.стр242-258]

Назначить элементы режима резания.

1. Скорость главного движения резания (шлифовального круга) V_k , м/с [4. табл. 55стр301]

2. Скорость заготовки V_z , м/мин [4. табл. 55стр301]

3. Определяем частоту вращения заготовки, соответствующую принятой скорости

$$n_z = \frac{1000 \cdot V_z}{\pi \cdot d_z}, \text{об/мин}$$

d_z - диаметр заготовки.

Найденное значение n_z корректируется на соответствие по паспорту станка. При бесступенчатом регулировании в пределах диапазона.

4. Глубина шлифования t , мм [4. табл. 55стр301]

Меньшее значение - для чистовой обработки, большее - для черновой.

5. Определяем продольную подачу на оборот заготовки S , мм/об [4. табл. 55стр301]

6. Определяем мощность, затраченную на резание:

$N_{рез} = C_N \cdot V_{zr} \cdot tX \cdot SY \cdot dq$ - при шлифовании периферией круга с продольной подачей.

$N_{рез} = C_N \cdot V_{zr} \cdot SpY \cdot dq \cdot bZ$ - при врезном шлифовании периферией круга

$N_{рез} = C_N \cdot V_{zr} \cdot tX \cdot bz$

D , мм - диаметр шлифования

B , мм - ширина шлифования, равная длине шлифуемого участка.

C_n - коэффициент, значения [4.табл.56 стр303]

z, x, y, q, r - показатели степени [4.табл.56 стр303]

Проверяем, достаточна ли мощность двигателя шлифовальной бабки.

$N_{шт} = N_{дв} \cdot \eta$ (по паспорту станка)

$N_{рез} < N_{шт}$ - условие нормальной работы станка.

В случае перегрузки станка по мощности, можно снизить мощность $N_{рез}$ путем соответствующего уменьшения величины $V_{сок}$ в пределах диапазона.

7. Основное время

$$T_o = \frac{L \cdot h}{n_3 \cdot S \cdot S_x} \cdot K$$

мин – при продольной подаче. $T_o = (h / n_3 \cdot S) \cdot K$ – при радиальной подаче.

$S_x = t$

L - длина хода стола; при перебега круга на каждую сторону равном $0,5 V_k$.

$L = l - (0,2 \dots 0,4) \cdot V_k$, мм - при шлифовании на проход

$L = l - (0,4 \dots 0,6) \cdot V_k$, мм при шлифовании в упор

l - длина шлифуемой поверхности

V_k - ширина круга

$L = l$ - при радиальном движении подачи.

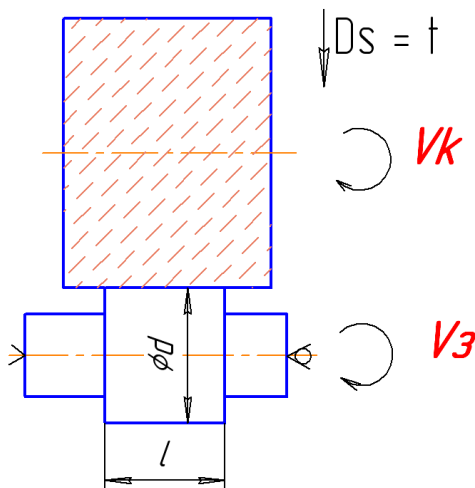
h - припуск на сторону

K - коэффициент точности, учитывающий время на «выхаживание», т. е. шлифование без поперечной подачи.

$K \sim 1,2$ - при предварительном шлифовании

$K \sim 1,4$ - при окончательном шлифовании

1 - эскиз для движения подачи – радиальное



6. Требования к оформлению расчета

6.1. Выполненное задание оформляется на стандартных листах.

Пример выполнения задания

Вариант №31

Задание: На кругло шлифовальном станке 3М131 шлифуется шейка вала диаметром d_3 и длиной l ; длина вала l_1 . Припуск на сторону h .

Необходимо выбрать шлифовальный круг; назначить элементы режима резания; определить основное время

Таблица

№ варианта	Материал заготовки	Обработка параметров шероховатость поверхности R_a , мкм	d_3	l	l_1	h	Движение подачи
мм							
	Сталь 45 не закаленная	Чистовая 0,8	60f7			0,2	Продольное на проход

Выбор характеристики круга

1. Форма круга 1 - плоский прямого профиля.

2. Размер круга - $D \times B \times d$

600x63x305

3. Шлифовальный материал 25А (электрокорунд белый)

4. Зернистость — 40

5. Индекс зернистости - Н
6. Структура - СТ2 - среднетвердая
7. Связка К8 - керамическая
8. Класс точности круга - А
9. Допустимая окружная скорость круга $V_{\text{доп}} = 33$ м/сек.

Принятая маркировка характеристики круга

1. 600 х 63 х 32 25А 40Н СТ2 К8 А 35м/с [3. к 143 стр. 348]

Назначение элементов режима резания

1. Скорость главного движения резания (шлифовального круга)

$V_k = 30$ м/с [4. табл. 55стр301]

2. Скорость заготовки

$V_z = 20$ м/мин [4. табл. 55стр301]

3. Определяем частоту вращения заготовки, соответствующую принятой скорости

$$n_z = \frac{1000 \cdot V_z}{\pi \cdot d_z}, \text{ об/мин}$$

$$n_z = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 60} = 107,5 \text{ об/мин}$$

d_z - диаметр заготовки.

бесступенчатое регулирование в пределах диапазона

4. Глубина шлифования

$t = 0,005$ мм [4. табл. 55стр301]

5. Определяем продольную подачу на оборот заготовки

$S = (0,2-0,4) V_k$, мм/об [4. табл. 55стр301]

$$S = 0,2 \cdot 63 = 31,5 \text{ мм/об}$$

6. Определяем мощность, затрачиваемую на резание

$N_{\text{рез}} = C_N \cdot V_{\text{др}} \cdot t_X \cdot S_Y \cdot d_q$

$C_N = 2,65$; $r = 0,5$; $x = 0,5$; $y = 0,55$; $q = 0$ [4. табл. 56 стр 303]

$$N_{\text{рез}} = 2,65 \cdot 200,5 \cdot 0,0050,5 \cdot 31,50,55 = 2,56 \cdot 5,916 \cdot 0,1 \cdot 4,902 = 7,7 \text{ кВт.}$$

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

$N_{\text{рез}} > N_{\text{шп}}$

Обработка не возможна. Необходимо уменьшить величину $V_{\text{сокр}}$ в пределах диапазона.

Принимаем $V_{\text{сокр}} = 20$ м/мин

$$N_{\text{рез}} = 2,65 \cdot 200,5 \cdot 0,0050,5 \cdot 31,50,55 = 5,8 \text{ кВт.}$$

$N_{\text{рез}} < N_{\text{шп}}$

$$5,8 < 6$$

7. Основное время

$$T_o = \frac{L \cdot h}{n_z \cdot S \cdot S_x} \cdot K \quad (\text{мин})$$

$$S_x = t$$

$$L = 1 - 0,2 \cdot V_k = 350 - 0,2 \cdot 63 = 337,4 \text{ мм}$$

$K = 1,4$ - обработка чистовая

$$T_o = \frac{337,4 \cdot 0,1}{107,5 \cdot 31,5 \cdot 0,005} \cdot 1,4 = 1,61 \text{ мин}$$

Эскиз обработки

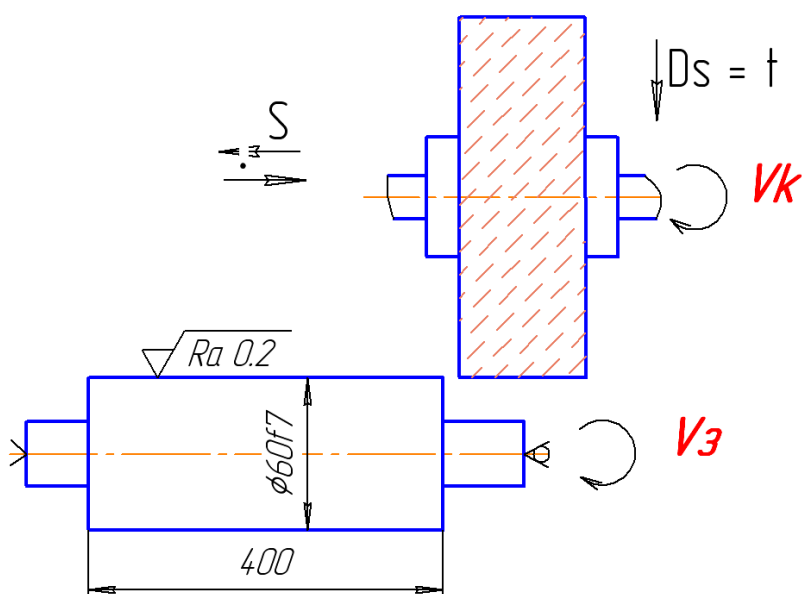


Таблица- варианты заданий

№ варианта	Материал заготовки	Обработка параметров шероховатой поверхности Ra, мкм	dз	l	l1	h	Движение подачи
мм							
1	Сталь 40ХНМА закаленная, 56HRC	Чистовая 0,4	60h7			0,15	Продольное в уг
2	Сталь 40Х закаленная 42HRC	Чистовая 0,4	45f7			0,2	Продольное на г
3	Сталь 45 не закаленная	Предварительная 1,6	30h8			0,25	Радиальное
4	Сталь 45ХН закаленная	Чистовая 0,8	38h7			0,2	Радиальное
5	Сталь 10 не закаленная	Предварительная 1,6	42h9			0,22	Продольное в уг
6	Сталь 65Г закаленная 58HRC	Чистовая 0,8	58h7			0,15	Продольное на г
7	Сталь 3 5 не закаленная	Предварительная 1,6	46h9			0,25	Радиальное
8	Сталь 45Х закаленная 46HRC	Чистовая 0,4	75h7			0,18	Радиальное
9	Сталь 40 закаленная 42HRC	Чистовая 0,8	50h8			0,2	Радиальное
10	Сталь 45 не закаленная	Предварительная 1,6	80h9			0,25	Продольное в уг
11	Сталь 20 не закаленная	1,6	64h9			0,25	Продольное в уг
12	Сталь У 10 закаленная 61HRC	Чистовая 0,4	25h6			0,2	Радиальное
13	Сталь 9хС закаленная 54HRC	Чистовая 0,4	20h6			0,2	Продольное на г
14	Сталь 15 не закаленная	Предварительная 1,6	28h9			0,25	Продольное на г

15	Сталь ХВГ закаленная 46HRC	Чистовая 0,4	34h7			0,15	Радиальное
16	Сталь 20X не закаленная	Предварительная 1,6	40h9			0,2	Радиальное
17	Сталь 20 не закаленная	Чистовая 0,8	56h8			0,2	Продольное на п
18	Сталь 35 не закаленная	Предварительная 1,6	84f9			0,25	Продольное на п
19	Сталь 40XH закаленная 58HRC	Чистовая 0,4	70h7			0,2	Продольное на п
20	Сталь У10А закаленная 59HRC	Чистовая 0,4	68q7			0,15	Радиальное
21	Сталь ХВГ закаленная 40HRC	Предварительная 1,6	52h9			0,25	Продольное на п
22	Сталь 45 закаленная 37HRC	Чистовая 0,8	15h8			0,2	Продольное на п
23	Сталь 65 закаленная 42HRC	Чистовая 0,5	18h7			0,15	Радиальное
24	Сталь 9XC не закаленная	Предварительная 1,6	22h9			0,2	Радиальное
25	Сталь 5 не закаленная	Предварительная 1,6	26h9			0,25	Радиальное

Пример расчета элементов режима резания при внутреннем шлифовании

Задание: На внутришлифовальном станке 3К228В шлифуется глухое отверстие диаметром D и длиной l . Припуск на сторону h . Необходимо: выбрать шлифовальный круг; назначить режим резания; определить основное время.

Таблица 28

№ варианта	Материал заготовки	Обработка параметров шероховатость поверхности R_a , мкм	d_3	l	l_1	h	Движение пода
мм							
	Сталь 45 не закаленная	Черновая, 1,6	60H9			0,3	Продольное

Выбор характеристики круга

1. Форма круга 1 - плоский прямого профиля.
2. Размер круга - $D \times B \times d = 60 \times 0,9 = 54 \text{ мм } 50 \times 25 \times 16$
3. Шлифовальный материал 25А (электрокорунд белый)
4. Зернистость — 40
5. Индекс зернистости - Н
6. Структура - СТ2 - среднетвердая
7. Связка К8 - керамическая
8. Класс точности круга - А
9. Допустимая окружная скорость круга $V_{\text{доп}} = 35 \text{ м/сек.}$

Принятая маркировка характеристики круга

1. 50 x 25 x 16 25А 40Н СТ2 К8 А 35м/с [3. к 143 стр. 348]

Назначение элементов режима резания

1. Скорость главного движения резания (шлифовального круга)

$V_k = 30 \text{ м/с}$ [4. табл. 55стр301]

2. Скорость заготовки

$V_3 = 20 \text{ м/мин}$ [4. табл. 55стр301]

3. Определяем частоту вращения заготовки, соответствующую принятой скорости

$$n_3 = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot d_3}, \text{ об/мин}$$

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 60} = 107,5 \text{ об/мин}$$

d_3 - диаметр заготовки.

бесступенчатое регулирование в пределах диапазона

4. Глубина шлифования

$$t = 0,01 \text{ мм [4. табл. 55 стр 301]}$$

5. Определяем продольную подачу на оборот заготовки

$$S = (0,4-0,7) V_k, \text{ мм/об [4. табл. 55 стр 301]}$$

$$S = 0,4 \cdot 25 = 10 \text{ мм/об}$$

6. Определяем мощность, затрачиваемую на резание

$$N_{\text{рез}} = C_N \cdot V_{\text{др}} \cdot t_X \cdot S_Y \cdot dq$$

$$C_N = 0,36; r = 0,35; x = 0,4; y = 0,4; q = 0,3 \text{ [4. табл. 56 стр 303]}$$

$$N_{\text{рез}} = 0,36 \cdot 200,35 \cdot 0,010,4 \cdot 100,4 \cdot 60^{0,3} = 1,29 \text{ кВт}$$

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

7. Основное время

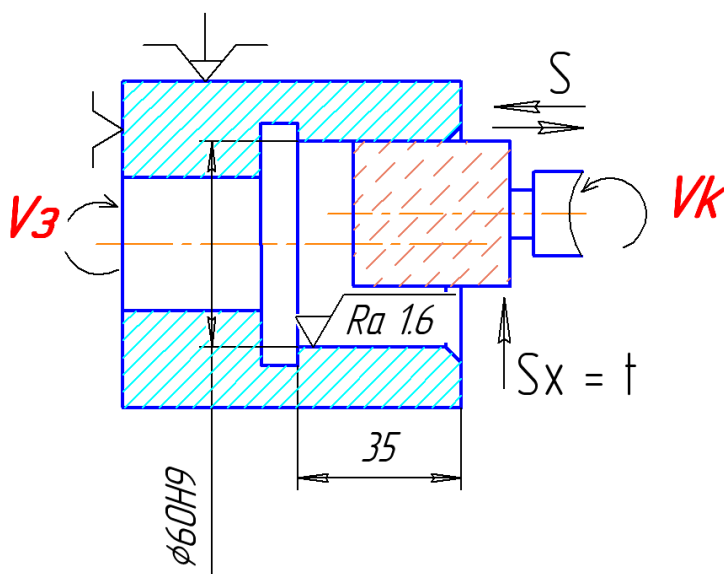
$$T_o = \frac{L \cdot h}{n_3 \cdot S \cdot S_x} \cdot K \quad (\text{мин})$$

$$S_x = t$$

$$L = 1 - 0,6 \cdot V_k = 35 - 0,6 \cdot 25 = 20 \text{ мм } K = 1,2 - \text{ обработка чистовая}$$

$$T_o = \frac{20 \cdot 0,15}{107,5 \cdot 10 \cdot 0,01} \cdot 1,2 = 0,33 \text{ мин}$$

Эскиз обработки



Пример расчета элементов режима резания при плоском шлифовании

Задание: На плоскошлифовальном станке 3П722с прямоугольным столом шлифуется плоская поверхность заготовки прямоугольной формы шириной В и длиной l; высота заготовки h1.

Припуск на сторону h. На магнитном столе станка установлено q заготовок. Необходимо: выбрать шлифовальный круг; назначить режим резания; определить основное время.

Таблица 29

№ варианта	Материал заготовки	Ra, мкм	B	l	h1	h	q	Способ расположения заготовок на столе станка
мм								
	Сталь 45 закаленная 40HRC	0,8			20-0.02	0,25		В 2 ряда по 6 шт. в ряду

Выбор характеристики круга

1. Форма круга 1 - плоский прямого профиля.
2. Размер круга - Д х В х d 450 × 80 × 127
3. Шлифовальный материал 25А (электрокорунд белый)
4. Зернистость — 25
5. Индекс зернистости - Н
6. Структура – СМ2 - среднемягкая
7. Связка К7 - керамическая
8. Класс точности круга - А
9. Допустимая окружная скорость круга $V_{доп} = 35$ м/сек.

Принятая маркировка характеристики круга

1.450 х 80 х 127 25А 25Н СМ2 К7 А 35м/с [3. к 143 стр. 348]

Назначение элементов режима резания

1. Скорость главного движения резания (шлифовального круга)

$V_k = 30$ м/с [4. табл. 55стр. 302]

2. Скорость заготовки

$V_z = 3$ м/мин [4. табл. 55стр. 302]

3. Глубина шлифования

$t = 0,005$ мм [4. табл. 55стр. 302]

4. Определяем поперечную подачу круга

$S_o = 32$ мм/ход [1. табл. 312стр. 627]

5. Определяем мощность, затрачиваемую на резание

$N_{рез} = C_N \cdot V_{др} \cdot t_X \cdot S_Y$

$C_N = 0,52$; $r = 1$; $x = 0,8$; $y = 0,8$; [4. табл. 56 стр. 303]

$N_{рез} = 0,52 \cdot 31 \cdot 0,0050,8 \cdot 320,8 = 0,32$ кВт

$N_{шп} = 7,5 \cdot 0,8 = 6$ кВт.

$N_{рез} < N_{шп}$

6. Основное время

$$T_o = \frac{H \cdot L \cdot h}{1000 \cdot V_z \cdot S_o \cdot S_x \cdot q} \cdot K \quad (\text{мин})$$

$S_x = t$

$H = V_z + B_k + 5$

V_z – суммарная ширина шлифуемых поверхностей заготовок, установленных на столе

B_k – ширина круга

$H = 2 \cdot 110 + 80 + 5 = 305$ мм

$L = L_z + (10 \dots 15)$, мм

L_z – суммарная длина заготовок, установленных на столе

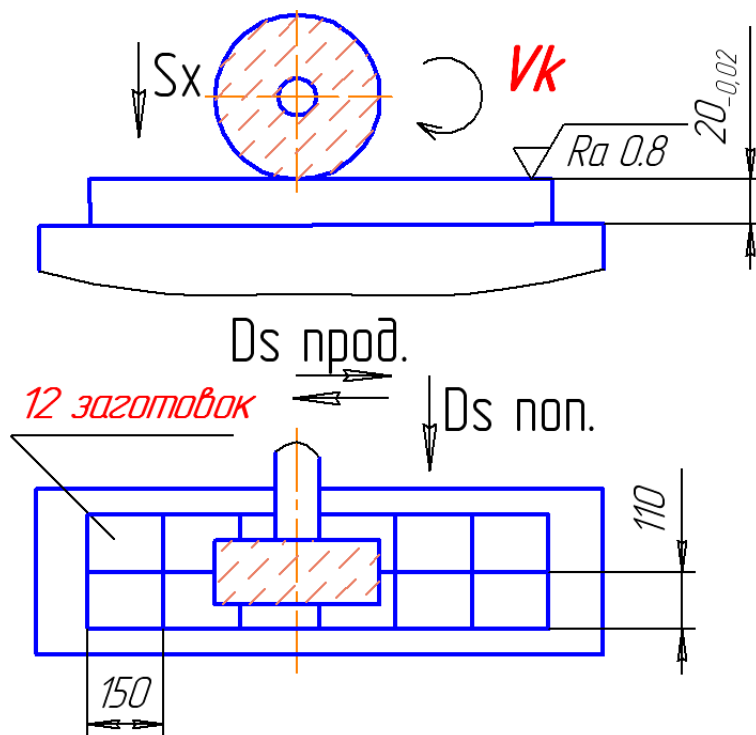
$L_z = 6 \cdot 150 + 15 = 915$ мм

$K = 1,2$ - обработка чистовая

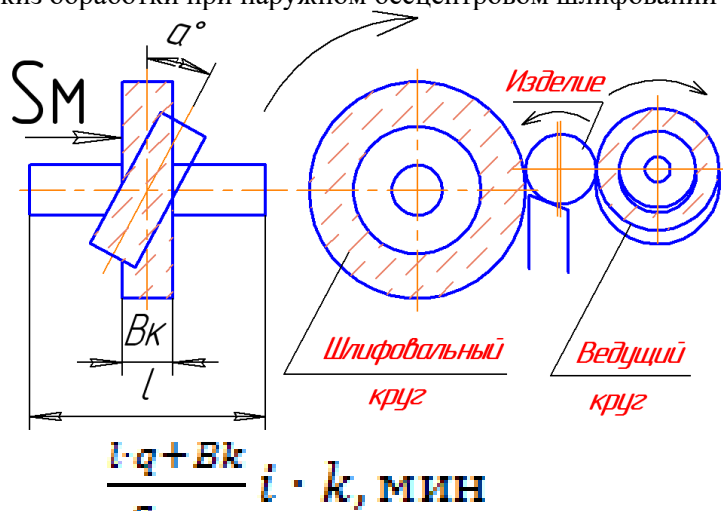
q – число заготовок, одновременно устанавливаемых на столе станка

$$T_o = \frac{305 \cdot 915 \cdot 0,25}{1000 \cdot 3 \cdot 32 \cdot 0,005 \cdot 12} \cdot 1,2 = 14,54 \text{ мин}$$

Эскиз обработки



Эскиз обработки при наружном бесцентровом шлифовании на проход



$$T_o = \frac{l \cdot q + B_k}{S_m \cdot q} i \cdot k, \text{ мин}$$

q – число деталей в партии
 S_m – продольная подача детали, мм/мин
 i – число проходов

Практическое занятие №17

«Изучение процессов суперфиниширования и хонингования поверхности вращения»

Цели и задачи: изучить методики и приобретение навыков расчета режима резания при шлифовании аналитическим способом

Осваиваемые компетенции:

ОК01, ОК02, ОК04, ОК09

ПК1.1 – 1.4 ПК 4.1

Раздаточный материал: инструкционно-технологическая карта

Ход работы

1. Повторить теоретический материал.
2. Записать условия задания и выполнить расчет.

Краткие теоретические сведения

Хонингование является отделочной операцией, позволяющей получить высокую точность, малый параметр шероховатости поверхностей, специальную сетку микропрофиля обрабатываемой поверхности (рис. 10). Такой микропрофиль необходим для удержания на поверхностях смазочного материала. Хонингование чаще применяют для отделки отверстий диаметром 2-1000 мм (стенки цилиндров, гильз двигателей внутреннего сгорания и т. п.) и длиной до 30 м. Обработка производится мелкозернистыми абразивными брусками, закрепленными в хонинговальной головке - хоне. При хонинговании внутренних поверхностей хону сообщается три движения: вращение D_r , движение подачи вдоль оси D_s , радиальное движение подачи брусков.

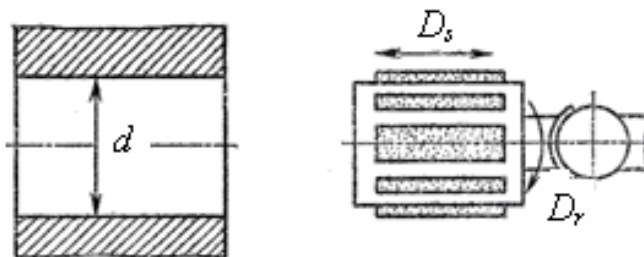


Рисунок 10. Схема хонингования

Суперфинишированием называют технологический процесс тонкой отделочной обработки поверхностей заготовок брусками, изготавливаемыми из различных абразивных материалов.

Абразивные бруски закрепляют в специальной державке; они совершают сложные движения (рис. 11). Упруго закрепленные бруски совершают не менее трех составных движений.

Режимы обработки различаются в зависимости от материала обрабатываемой заготовки. При суперфинишировании снимается очень небольшой припуск (5—10 мкм) и время протекания процесса обычно очень мало (30—60 с).

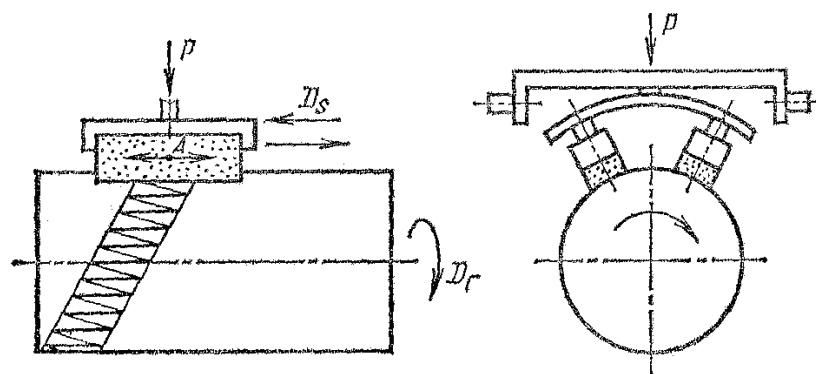


Рисунок 11. Схема суперфиниширования

Полирование - одним из самых распространенных методов уменьшения шероховатости. Этим методом шероховатость уменьшают до минимума, придавая полируемым поверхностям зеркальный блеск. Полированию подвергают ответственные части деталей (дорожки колец подшипников); оно применяется также для декоративных целей (автомобилестроение и др.).

Полирование может производиться эластичными (войлочными, фетровыми и др.) кругами, абразивными лентами, абразивно-жидкостной суспензией (рис. 12).

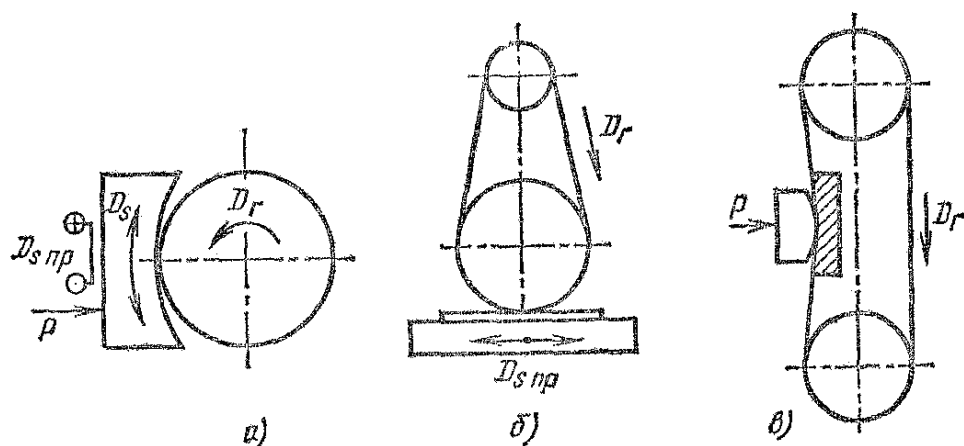


Рисунок 12. Схемы полирования: а -криволинейной поверхности; б -абразивными лентами; в -комбинированное

К параметрам доводочных процессов относятся:

1. Припуск на обработку рассчитывается по формуле:

$$h = \frac{D_1 - D_2}{2}, \text{ мм} \quad (53)$$

где D_1 - первоначальный диаметр деталь, мм;
 D_2 - диаметр деталь после обработки, мм.

2. Число проходов инструмента рассчитывается по формуле:

$$i = \frac{h}{t}, \text{ шт} \quad (54)$$

где h - припуск на обработку, мм;

t - толщина металла срезаемая за один проход, мм.

3. Частота вращения рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_2}, \text{ об/мин} \quad (55)$$

где V - скорость резания, м/мин;

D_2 - диаметр деталь после обработки, мм.

Условие задания (согласно своего варианта см. табл. 22). Выполнить расчет припуска на обработку, числа проходов инструмента, частоты вращения, если известно, что первоначальный диаметр деталь $D_1 = \underline{\hspace{1cm}}$ мм, диаметр деталь после обработки $D_2 = \underline{\hspace{1cm}}$ мм, толщина металла, срезаемая за один проход $t = \underline{\hspace{1cm}}$ мм, скорость резания $V = \underline{\hspace{1cm}}$ м/мин, толщина слоя металла.

Таблица 22. Варианты заданий

№ варианта	D_1 , мм	D_2 , мм	t , мм	V , м/мин
1	100,46	100,16	0,0,75	100
2	32,40	32,00	0,2	90
3	45,77	45,37	0,1	80
4	51,53	51,13	0,1	70
5	63,86	63,56	0,15	60
6	89,95	89,55	0,2	50

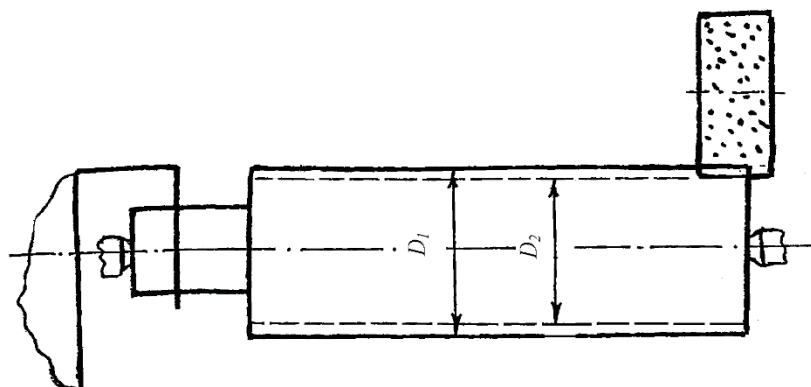


Рисунок 13. Эскиз технологического процесса полирования

Последовательность выполнения практической работы

1. Изучить краткие теоретические сведения.
2. Записать условие задания (согласно своего варианта см. табл. 22).
3. Выполнить эскиз технологического процесса полирования.
4. Рассчитать припуск на обработку.
5. Рассчитать число проходов инструмента.
6. Рассчитать частоту вращения.
7. Рассчитать число двойных ходов головки.
8. Результаты расчетов занести в табл. 23.

Таблица 23. Результаты расчетов

№ варианта	h , мм	i , шт	n , об/мин

Контрольные вопросы

1. Перечислите доводочные процессы.
2. Влияет ли изменение первоначального диаметра детали на припуск на обработку и как.
3. Влияет ли изменение толщины металла, срезаемого за один проход на число проходов инструмента и как.
4. Влияет ли изменение скорости резания на частоту вращения и как.

Практическое занятие №18

«Изучение электрофизических и электрохимических методов обработки»

Цели и задачи: изучить методики и приобретение навыков расчета технологических параметров процесса холодного выдавливания аналитическим способом

Осваиваемые компетенции:

ОК01, ОК02, ОК04, ОК09

ПК1.1 – 1.4 ПК 4.1

Раздаточный материал: инструкционно-технологическая карта

Ход работы

1. Повторить теоретический материал.
2. Записать условия задания и выполнить расчет.

Краткие теоретические сведения

Процесс холодного выдавливания применяется для обработки глухих полостей сложной формы с выпукло-вогнутым рельефом.

Специальный инструмент (пуансон) под давлением гидравлического пресса мощностью 100 т и более медленно погружается в заготовку профилируемой детали штампа или пресс-формы и, таким образом, создает в ней углубление, обратное форме рабочей части инструмента.

Применяются два способа холодного выдавливания: **открытое и закрытое**.

Открытым способом называют такой способ выдавливания (рис. 14, а), при котором отсутствует ограничение для радиального течения металла под воздействием силы давящего инструмента.

При закрытом выдавливании (рис. 14, б) радиальное течение металла ограничивается стенками обоймы, охватывающей заготовку.

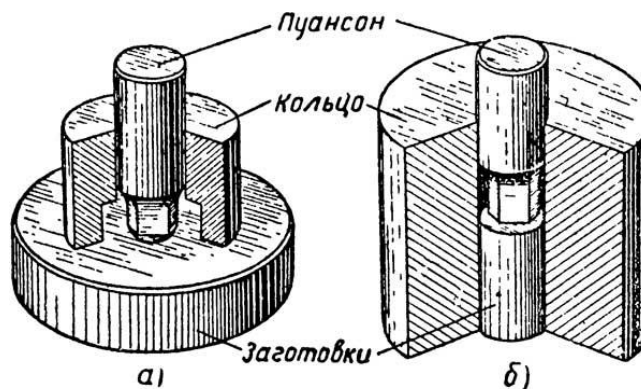


Рисунок 14. Способы холодного выдавливания

В результате металл может двигаться только в направлении хода давящего инструмента (пуансона). Закрытое выдавливание требует воздействия больших сил по сравнению с открытым выдавливанием.

Большее распространение получило закрытое выдавливание, приводящее к лучшим результатам. После штамповки изделий производят ряд завершающих операции: обрезку, прошивку отверстий, правку, термическую обработку (отжиг или нормализацию), очистку от окалины, контроль качества паковок.

К параметрам холодного выдавливания относятся:

1. Высота пресс-остатка при прессовании определяется по формуле:
- при прямом процессе прессования

$$h_{\text{пр}} = 0,25 \cdot D_k, \text{ мм}$$

- при обратном процессе прессования (55)

$$h_{\text{обр}} = 0,15 \cdot D_k, \text{ мм}$$

где D_k - диаметр контейнера, мм.

2. Площадь сечения контейнера рассчитывается по следующей формуле:

$$F_k = \frac{\pi D_k^2}{4}, \text{ мм}^2 \quad (56)$$

где D_k - диаметр контейнера, мм.

3. Диаметр заготовки рассчитывается по следующей формуле:

$$D_z = 0,975 \cdot D_k, \text{ мм} \quad (57)$$

где D_k - диаметр контейнера, мм.

4. Коэффициент распрессовки заготовки в контейнере определяется по формуле:

$$\mu = \left(\frac{D_z}{D_k} \right)^2. \quad (58)$$

где D_k - диаметр контейнера, мм;
 D_z - диаметр заготовки, мм.

Условие задания (согласно своего варианта см. табл. 24). Выполнить расчет высоту пресс-остатка, площади сечения контейнера, диаметра заготовки, коэффициента распрессовки заготовки в контейнере, если известно, что вид прессования - _____, диаметр контейнера D_k = ____ мм.

Таблица 24. Варианты заданий

№ варианта	Вид прессования	D_k , мм
1	прямое	122

2	обратное	130
3	прямое	150
4	обратное	170
5	прямое	200
6	обратное	225

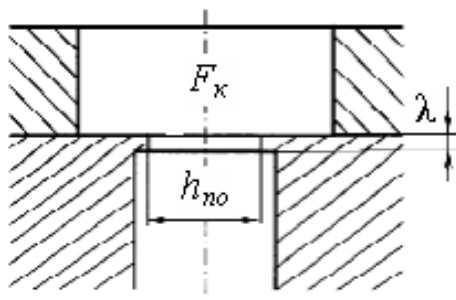


Рисунок 15. Эскиз технологического процесса холодного выдавливания

Последовательность выполнения практической работы

1. Изучить краткие теоретические сведения.
2. Записать условие задания (согласно своего варианта см. табл. 24).
3. Выполнить эскиз технологического процесса холодного выдавливания.
4. Рассчитать высоту пресс-остатка.
5. Рассчитать площадь сечения контейнера.
6. Рассчитать диаметр заготовки.
7. Рассчитать коэффициент распрессовки заготовки в контейнере.
8. Результаты расчетов занести в табл. 25.

Таблица 25. Результаты расчетов

№ варианта	$h_{по}$, мм	F_k , мм ²	$D_з$, мм	μ

Контрольные вопросы

1. Способы холодного выдавливания.
2. Влияет ли изменение диаметра контейнера на площадь сечения контейнера и как.
3. Влияет ли изменение диаметра заготовки на коэффициент распрессовки и как.

Практическое занятие №19

«Принципиальная схема и конструкция лазерной установки»

Цели и задачи: 1. Ознакомиться с устройством и использованием угломера для измерения геометрических параметров резца.

2. Измерить углы токарного резца

Осваиваемые компетенции:

ОК01, ОК02, ОК04, ОК09

ПК1.1 – 1.4 ПК 4.1

Раздаточный материал: инструкционно-технологическая карта

Ход работы

1. Повторить теоретический материал.

2. Записать условия задания и выполнить замеры.

Краткие теоретические сведения

Токарный резец состоит из стержня (державки), служащего для закрепления его в резцедержателе станка, и головки резца. Различают следующие элементы режущей части резца: передняя поверхность, по которой сходит стружка. Главная задняя поверхность, обращённая к поверхности резания заготовки. Вспомогательная задняя поверхность, обращённая к обработанной поверхности заготовки. Главная режущая кромка – линия пересечения передней и главной задней поверхностей. Вспомогательная режущая кромка – линия пересечения передней и вспомогательной задней поверхностей. Вершина резца – точка пересечения главной и вспомогательной режущих кромок. Для увеличения износостойкости резца и повышения чистоты обработанной поверхности вершину иногда закругляют или срезают прямолинейной переходной кромкой.

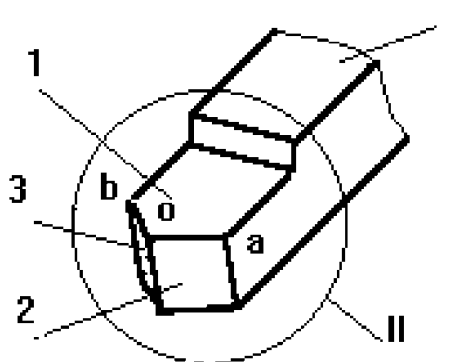


Рис.1. Основные конструктивные параметры резца:

I-головка резца

II-державка

1 - передняя поверхность; 2 - главная задняя поверхность; 3 - вспомогательная задняя поверхность;
oa- главная режущая кромка; об - вспомогательная режущая кромка; о - вершина резца;

«H»- высота державки; «B»- ширина державки

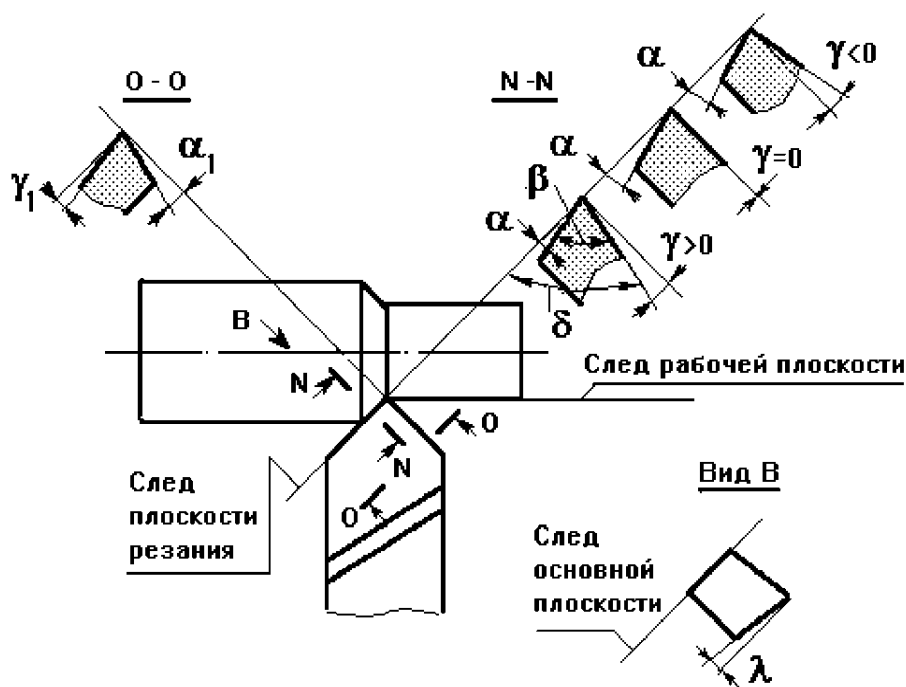


Рис. 2. Углы резца в секущих плоскостях

Углы резца делятся на главные, вспомогательные и углы в плане (рис. 2.3).

Главные углы резца измеряются в главной секущей плоскости. К ним относятся:

α – главный задний угол, заключенный между главной задней поверхностью и плоскостью резания.

β – угол заострения, образованный передней и задней поверхностями.

γ – передний угол, между передней поверхностью резца и плоскостью, перпендикулярной к плоскости резания, проходящей через главную режущую кромку.

δ – угол резания, между передней поверхностью и плоскостью резания.

При положительном значении переднего угла γ°

$$\alpha + \gamma + \beta = 90^\circ$$

$$\beta = 90^\circ - (\alpha + \gamma)$$

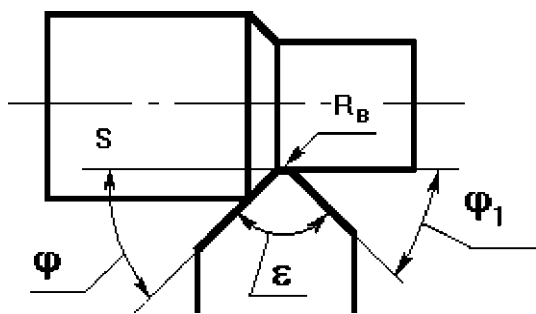


Рис. 3. Углы резца в плане.

К вспомогательным углам и углам в плане относятся:

α_1 – вспомогательный задний угол, расположен между вспомогательной задней поверхностью и плоскостью, проходящей через вспомогательную режущую кромку перпендикулярно основной плоскости.

ϵ – угол при вершине, заключенный между проекциями главной и вспомогательной режущими кромками.

ϕ – главный угол в плане, между проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи.

ϕ_1 – вспомогательный угол в плане, между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи.

λ – угол наклона главной режущей кромки, между главной режущей кромкой и линией проведенной через вершину резца параллельно основной плоскости.

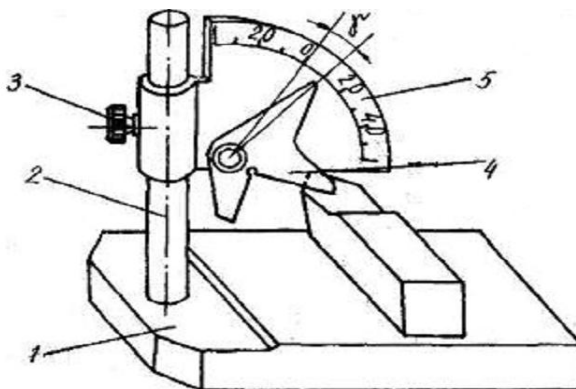
Выполнение работы.

Конструктивные и геометрические элементы резцов измеряются универсальными и специальными инструментами - штангенциркулем, универсальным угломером и другими измерительными средствами, имеющимися в лаборатории резания.

Передний угол, задние углы, угол наклона главной режущей кромки измеряют настольным угломером.

Устройство универсального угломера.

Настольный угломер (рис. 1) состоит из основания (плиты) 1- служащей основной плоскостью, вертикальной стойки 2, по которой перемещается сектор 5 со шкалой, поворотного шаблона с указателем 4 и зажимных винтов 3.



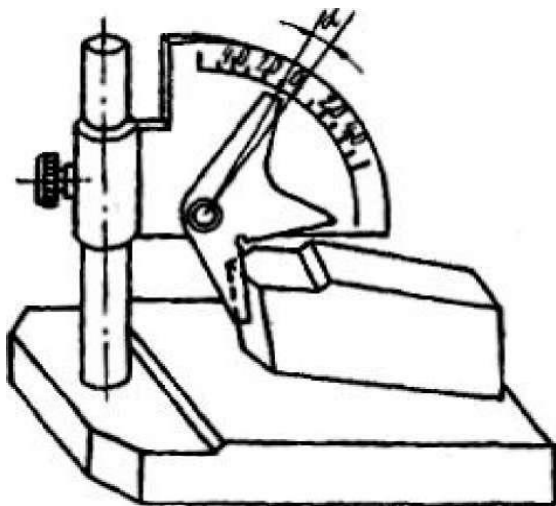
(рис. 4) измерение переднего угла γ токарного резца

При установке указателя 4 на 0° сектора 5 горизонтальная сторона шаблона расположится параллельно опорной плоскости угломера, на которую устанавливаете при измерении резец.

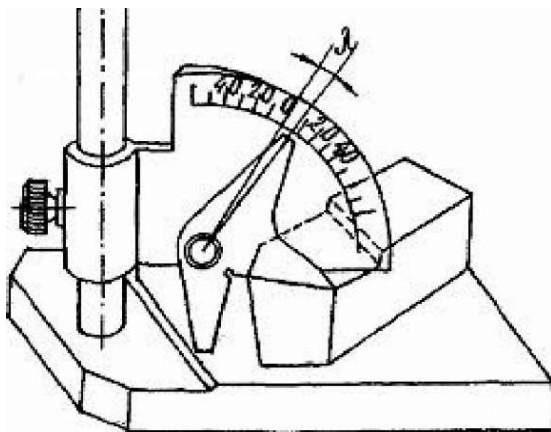
Для измерения переднего угла γ (рис. 4) резец устанавливается так, чтобы шаблон располагался нормально к проекции главной режущей кромки на основную плоскость (в главной секущей плоскости). Горизонтальная сторона шаблона совмещается без просвета с передней поверхностью лезвия, а указатель отсчитывает по шкале сектора величину угла γ .

Для измерения заднего угла α (рис.5) при той же установке резца вертикальная сторона шаблона совмещается без просвета с задней поверхностью лезвия резца. Указатель отсчитывает величину угла α .

Для измерения угла наклона режущей кромки λ (рис. 6) резец устанавливают так, чтобы горизонтальная сторона шаблона совпала без просвета с главной режущей кромкой.



(рис. 5) измерение главного заднего угла α токарного проходного резца



(рис.6) измерение угла наклона λ токарного проходного резца

Углы в плане φ и φ_1 измеряют универсальным угломером. При измерении главного угла в плане φ (рис.7) планку 1 угломера прикладывают к режущей кромке лезвия, а планку 2 - к боковой стороне резца 3. Показания на шкале угломера дают значения φ . Подобным же методом измеряют вспомогательный угол в плане φ_1

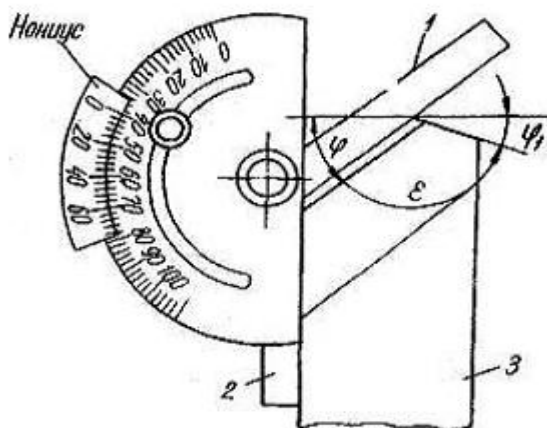


рис. 7 Измерение угла φ токарного проходного резца

Последовательность выполнения практической работы

Ознакомиться с содержанием работы и методическими указаниями для ее выполнения.

Выполнить эскиз резца и указать основные конструктивные параметры (рис.1).

Выполнить сечения в главной секущей и вспомогательной секущей плоскостях, обозначить углы (рис.2,3).

Измерить размеры В, Н и L каждого резца.

Измерить главные, вспомогательные углы и углы в плане.

Измерить радиусометром радиус при вершине «г».

Результаты измерений занести в таблицу 1.

Заполните таблицу 1.

Таблица 1.1

Геометрические параметры лезвия резцов

№ резца	Наименование резца	Размер резца ВхН, мм	Углы резца в градусах							
			главные					в плане		
			Передний α Задний	Задний γ	Заострения β	Резания δ	Угол наклона главной ре- жущей кромки λ	Главный φ	Вспомогательный φ_1	При вершине ε

Контрольные вопросы

- 1.Классификация токарных резцов, их назначение;
- 2.Формы передней поверхности резца;
- 3.Геометрия токарных резцов;
- 4.Влияние углов резца на процесс резания.

Практическое занятие №20

«Расчет режимов резания при зубонарезании»

Цели и задачи: изучить методики и приобретение навыков расчета режима резания при зубонарезании аналитическим способом.

Осваиваемые компетенции:

ОК01, ОК02, ОК04, ОК09

ПК1.1 – 1.4 ПК 4.1

Раздаточный материал:инструкционно-технологическая карта

Ход работы

1. Повторить теоретический материал.
2. Записать условия задания и выполнить расчет.

Краткие теоретические сведения

Профиль зубьев зубчатого колеса образуется путем удаления материала впадины следующими способами обработки: фрезерованием, строганием, долблением, протягиванием, шевингованием и шлифованием.

Различают два метода нарезания зубьев:

Копирования - когда форма режущей кромки инструмента соответствует форме впадины зубчатого колеса (дисковые, пальцевые модульные фрезы, зубодолбежные головки);

Обкатки - поверхность зуба получается в результате обработки инструментом, режущие кромки которого представляют собой профиль сопряженной рейки или профиль зуба сопряженного колеса и во время обработки инструмент с заготовкой образуют сопряженную зубчатую пару (червячные фрезы, долбяки, шеверы и др.).

Метод обкатки имеет следующие преимущества по сравнению с методом копирования:

- одним и тем же инструментом данного модуля можно нарезать зубчатые колеса с любым числом зубьев;

- обеспечивается более высокая точность и низкая шероховатость поверхности зубьев нарезаемого колеса;

- достигается более высокая производительность обработки благодаря непрерывности процесса и участию в работе одновременно большего количества лезвий.

Дисковая и пальцевая модульные фрезы представляют собой фасонные фрезы, профиль зуба которых повторяет профиль впадины нарезаемого колеса. Обработка производится по методу копирования. Пальцевые модульные фрезы применяют для получения шевронных и зубчатых колес большего модуля.

Главным движением (движением резания) является вращение фрезы вокруг своей оси. Движением подачи является движение фрезы вдоль оси заготовки. При обработке червячной фрезой (метод обкатывания) движение резания - вращение фрезы, движение подачи - поступательное движение фрезы вдоль оси заготовки.

Зуборезный долбяк выполнен в виде зубчатого цилиндрического колеса и снабжен режущими кромками.

Главное движение (движение резания) при зубодолблении - возвратно-поступательное движение долбяка, движений подачи два: движение обкатывания по делительным окружностям долбяка и нарезаемого колеса и радиальное перемещение.

Зубодолбление применяют для нарезания наружных и внутренних зубьев прямых и косозубых колес.

Скорость резания устанавливают в зависимости от режущих свойств инструмента. Размеров нарезаемого зуба. Глубины резания, подачи и других факторов по эмпирической формуле:

$$V = V_H \cdot K_{mv} \cdot K_{\beta v}, \text{ м/мин} \quad (41)$$

где V_H - номинальная скорость резания, м/мин;

K_{mv} - поправочный коэффициент на механические свойства долбяка;

$K_{\beta v}$ - поправочный коэффициент заточки долбяка.

Число двойных ходов долбяка в минуту, соответствующее найденной скорости резания, определяется по формуле:

$$\hat{E}_a = \frac{1000 \cdot V}{2 \cdot L}, \text{ мин}^{-1} \quad (42)$$

где V - скорость резания, м/мин;

L - величина хода долбяка, мм.

Действительная скорость резания определяется по формуле:

$$V_{\bar{A}} = \frac{2 \cdot L \cdot K_{\bar{a}}}{1000}, \text{ м/мин} \quad (43)$$

где K - число двойных ходов долбяка в минуту, дв.ход/мин;
 L - величина хода долбяка, мм.

Основное время при зубодолблении определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{\pi \cdot m \cdot z}{K_{\dot{a}} \cdot S} \cdot i + \frac{h}{K_{\dot{a}} \cdot S_p}, \text{ в мин} \quad (44)$$

где m - модуль нарезаемого колеса, мм;
 z - число зубьев нарезаемого колеса, шт;
 $K_{\dot{a}}$ - число двойных ходов в минуту долбяка, дв.ход/мин;
 S - круговая подача, мм/дв.ход;
 S_p - радиальная подача, мм/дв.ход;
 i - число проходов, шт;
 h - припуск на обработку, мм.

Условие задания (согласно своего варианта см. табл. 16). Выполнить расчет скорости резания, число двойных ходов долбяка в минуту, действительной скорости резания, основного времени при нарезании долбяком прямозубого зубчатого колеса, если известна номинальной скорости резания $V_H = \underline{\hspace{1cm}}$ м/мин, поправочном коэффициенте на механические свойства фрезы поправочный коэффициент на механические свойства долбяка $K_{mv} = \underline{\hspace{1cm}}$, поправочный коэффициент заточки долбяка $K_{\beta v} = \underline{\hspace{1cm}}$, величина хода долбяка, $L = \underline{\hspace{1cm}}$ мм, модуль нарезаемого колеса $m = \underline{\hspace{1cm}}$ мм, число зубьев нарезаемого колеса $z = \underline{\hspace{1cm}}$ шт, круговая подача $S = \underline{\hspace{1cm}}$ мм/дв.ход, радиальная подача $S_p = \underline{\hspace{1cm}}$ мм/дв.ход, число проходов $i = \underline{\hspace{1cm}}$ шт, припуск на обработку $h = \underline{\hspace{1cm}}$ мм.

Таблица 16. Варианты заданий

№ варианта	V_H , м/мин	K_{mv}	$K_{\beta v}$	L , мм	m , мм	z , шт	S , мм/дв.ход	S_p , мм/дв.ход	i , шт	h , мм
1	20	1,4	1,15	48	3	40	0,25	0,036	1	1,8
2	16	1,3	1,1	34	5	30	0,3	0,038	2	2,2
3	14	1,2	0,95	28	7	50	0,35	0,04	3	2,6
4	22	1,5	1,2	50	3	50	0,4	0,042	2	2,8
5	15	1,2	0,9	22	5	30	0,45	0,045	1	1,6
6	12	1	0,8	44	7	40	0,5	0,05	3	2,4

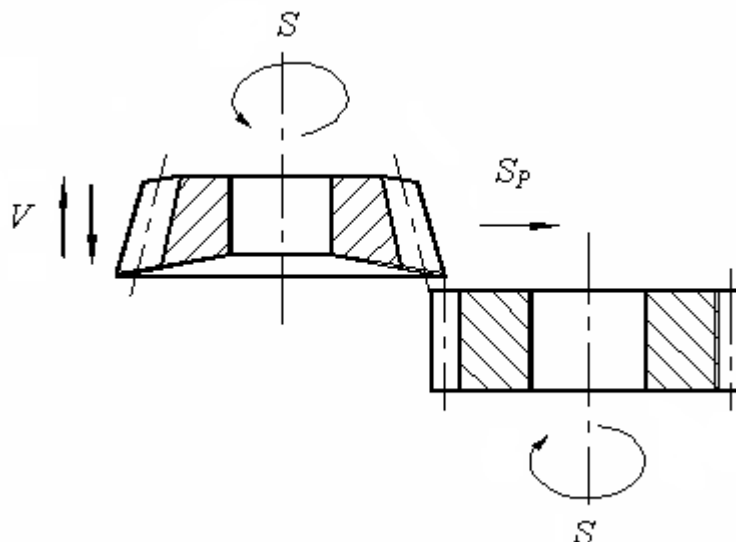


Рисунок 7. Эскиз обработки

Последовательность выполнения практической работы

1. Изучить краткие теоретические сведения.
2. Записать условие задания (согласно своего варианта см. табл. 16).
3. Выполнить эскиз обработки.
4. Рассчитать скорость резания.
5. Рассчитать число двойных ходов долбяка в минуту.
6. Рассчитать действительную скорость резания.
7. Результаты расчетов занести в табл. 17.

Таблица 17. Результаты расчетов

№ варианта	V , м/мин	K_0 , мм/дв.ход	V_d , м/мин	T_0 , мин

Контрольные вопросы

1. Методы нарезания резьбы.
2. Преимущества метода обкатки по сравнению с методом копирования.
3. Влияет ли изменение скорости резания на число двойных ходов долбяка и как.
4. Влияет ли изменение величины хода долбяка на действительную скорость резания и как.