

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Л. М. Акулович, А. В. Миранович, Л. Е. Сергеев

**ТЕХНОЛОГИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ.
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением
по аграрному техническому образованию
в качестве учебно-методического пособия для студентов
учреждений высшего образования
по специальностям: 1-74 06 03 «Ремонтно-обслуживающее
производство в сельском хозяйстве»; 1-36 12 01 «Проектирование
и производство сельскохозяйственной техники»*

Минск
БГАТУ
2020

УДК 631.3:621(075)
ББК 34.4я7
А44

Рецензенты:

кафедра «Конструирование и производство приборов»
Белорусского национального технического университета
(доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой *М. Г. Киселев*);
кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией
Государственного научного учреждения
«Физико-технический институт НАН Республики Беларусь» *И. И. Вегера*

Акулович, Л. М.

А44 Технология сельскохозяйственного машиностроения. Лабораторный практикум : учебно-методическое пособие / Л. М. Акулович, А. В. Миранович, Л. Е. Сергеев. – Минск : БГАТУ, 2020. – 208 с.
ISBN 978-985-25-0040-1.

Практикум ориентирован на формирование теоретических знаний о влиянии параметров технологической системы на показатели качества обрабатываемых поверхностей, умений производить оценку качества разрабатываемых технологических процессов, практических навыков наладки на примере металлорежущих станков учебно-исследовательского корпуса БГАТУ. Содержит три группы методических указаний по выполнению лабораторных работ: исследование влияния параметров технологических систем на точность обрабатываемых поверхностей и их шероховатость, исследование структуры и параметров технологических процессов, наладка металлорежущих станков.

Для студентов первой ступени высшего образования, обучающихся по специальностям 1-74 06 03 «Ремонтно-обслуживающее производство в сельском хозяйстве» и 1-36 12 01 «Проектирование и производство сельскохозяйственной техники».

УДК 631.3:621(075)
ББК 34.4я7

ISBN 978-985-25-0040-1

© БГАТУ, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа 1. Определение жесткости токарного станка модели 16ВТ-20 динамическим методом.....	5
Лабораторная работа 2. Определение погрешности базирования заготовок	13
Лабораторная работа 3. Определение параметров настройки технологических систем	19
Лабораторная работа 4. Оценка надежности технологических систем по параметрам точности.....	34
Лабораторная работа 5. Оценка точности обработанных заготовок деталей методом построения кривых распределения размеров.....	43
Лабораторная работа 6. Определение последовательности обработки, обеспечивающей требуемое качество поверхности	53
Лабораторная работа 7. Разработка технологического маршрута обработки заготовок деталей машин (вал, зубчатое колесо, корпус).....	68
Лабораторная работа 8. Расчет припусков и межоперационных размеров на механическую обработку	78
Лабораторная работа 9. Техническое нормирование технологических операций	88
Лабораторная работа 10. Исследование влияния режимов резания при шлифовании на шероховатость поверхности	99
Лабораторная работа 11. Наладка плоскошлифовального станка модели ОШ-400 на обработку плоских поверхностей	110
Лабораторная работа 12. Влияние режимов шлифования отверстий на шероховатость поверхности на станке модели 3У12-СМК	120
Лабораторная работа 13. Влияние режимов резания шлифования наружных поверхностей на шероховатость поверхности на станке модели 3У12-СМК.....	130

Лабораторная работа 14. Технологическое оснащение и наладка радиально-сверлильного станка модели ГС545 на обработку резьбовых отверстий.....	139
Лабораторная работа 15. Наладка вертикально-фрезерного станка модели FSS450MR на фрезерование шпоночного паза.....	150
Лабораторная работа 16. Разработка технологической операции заточки токарного резца на точильно-шлифовальном станке модели ТШ-3	161
Лабораторная работа 17. Проектирование технологического процесса сборки.....	179
Лабораторная работа 18. Достижение точности сборки методами полной и неполной взаимозаменяемости	193
Список литературы	205
Приложение	207

Лабораторная работа 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ТОКАРНОГО СТАНКА МОДЕЛИ 16ВТ-20 ДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Цель работы: ознакомление с методикой определения жесткости и податливости токарного станка путем обработки на нем деталей тел вращения типа колец разного диаметра.

Работа рассчитана на два академических часа.

Студент должен знать:

- понятие точности механической обработки;
- погрешности, входящие в состав суммарной погрешности механической обработки;
- понятие жесткости и податливости технологической системы и методы их определения;
- сущность статической и динамической методик определения жесткости и податливости токарного станка.

Студент должен уметь:

- пользоваться статическим и динамическим методами определения жесткости станка.

1.1. Основные положения

Качество деталей машин, обеспечиваемое при механической обработке, определяется показателями точности и качества поверхностей. Точность деталей характеризуется точностью размеров, формы и взаимного расположения поверхностей; качество поверхностей – параметрами шероховатости и физико-механическими свойствами поверхностного слоя.

Точность механической обработки зависит от большого числа факторов, так называемых первичных погрешностей. Характер и степень влияния этих факторов определяются методом обеспечения точности и видом обработки.

При механической обработке на предварительно настроенном станке суммарная погрешность в общем случае складывается из следующих основных первичных погрешностей:

$$\Delta = \Delta_y + \Delta_z + \Delta_n + \Delta_{и} + \Delta_p + \sum \Delta_{\phi},$$

где Δ_y – погрешность размера, возникающая в результате упругого отжатия звеньев технологической системы вследствие нестабильности сил резания; Δ_z – погрешность размера, возникающая при установке заготовки; Δ_n – погрешность размера, возникающая при настройке станка; $\Delta_{и}$ – погрешность размера, вызываемая размерным износом режущего инструмента; Δ_p – погрешность размера, вызываемая тепловыми деформациями технологической системы; $\sum \Delta_{\phi}$ – суммарная погрешность формы обработанной поверхности.

Погрешность Δ_y представляет разность предельных значений упругого отжатия частей технологической системы **СПИД** (станок – приспособление – инструмент – деталь), что вызывается нестабильностью факторов, влияющих на усилие резания. На точность обработки оказывают воздействие преимущественно те деформации технологической системы, которые изменяют расстояние между режущей кромкой инструмента и обрабатываемой поверхностью, т. е. деформации, направленные нормально к обрабатываемой поверхности.

Способность системы противостоять действию силы, вызывающей деформации, характеризует ее **жесткость**.

Жесткостью технологической системы называют отношение радиальной силы резания P_y , направленной перпендикулярно обрабатываемой поверхности, к смещению y режущей кромки инструмента относительно обрабатываемой поверхности заготовки в том же направлении:

$$j = P_y / y.$$

Для облегчения расчетов жесткости технологической системы введено понятие **податливости** W , т. е. величины обратной жесткости:

$$W = 1/j.$$

Жесткость имеет размерность Н/мм или Н/мкм, а податливость – мм/Н, мкм/Н.

Жесткость станка можно определить **статическим методом** – нагружением узлов неработающего станка, и **динамическим (производственным) методом** – испытанием на жесткость работающего станка.

Статический метод заключается в постепенном нагружении узлов станка силами, соответствующими тем, которые возникают в процессе работы станка, с выполнением замеров деформации.

При применении производственного метода, испытания на жесткость проводят в процессе обработки заготовки с разной глубиной резания и неизменными остальными параметрами режима резания. Обработку ведут на коротких участках, после чего измеряют высоту уступа на обработанной поверхности. Разница размеров уступов является следствием различного отжатия заготовки, обусловленного глубиной резания. Чем меньше отжатие детали, тем меньше погрешность и тем выше жесткость станка или жесткость технологической системы (деформацией заготовки при испытании пренебрегают).

Статическая податливость узлов и суммарная податливость станков приводятся в справочной литературе. Жесткость новых станков составляет 20...100 кН/мм, что соответствует податливости 0,05...0,01 мм/кН.

1.2. Методические указания

При определении податливости системы шпиндель – задняя бабка – суппорт токарного станка производственным методом, производится обточка комплекта колец различного диаметра, установленных на достаточно жесткой центральной оправке (рис. 1.1).

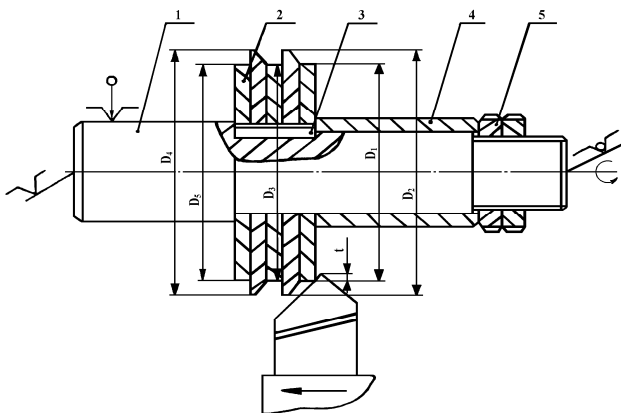


Рис. 1.1. Схема обработки при определении жесткости станка:
1 – оправка; 2 – комплект колец; 3 – шпонка; 4 – втулка; 5 – гайка

В работе используются кольца диаметром 80...160 мм и шириной 10...15 мм. Разница в диаметрах колец при выполнении одного опыта – 4...6 мм. Материал колец – стали марок Ст.3, Ст.4, Ст.5 и стали 35, 40, 45. Кольца закрепляются на оправке с посадочным диаметром 60 мм и длиной 300 мм. Кольцо, обрабатываемое первым, должно иметь наименьший диаметр. Рекомендуется многократное использование одного комплекта колец путем их последовательной переточки на меньшие диаметры.

В задании указываются числовые значения исходных диаметров колец, например, $D_1 = 154,0$ мм; $D_2 = 159,0$ мм; $D_3 = 154,5$ мм; $D_4 = 160,0$ мм; $D_5 = 154,0$ мм.

Обработка комплекта колец производится за один проход установленного на размер инструмента. Глубина при обработке каждого кольца различна, поэтому изменяется усилие резания, а следовательно, и упругое отжатие при переходе от каждого обработанного кольца к следующему. Таким образом, диаметры колец после обработки несколько отличаются друг от друга. Производя измерения диаметров колец до и после обработки, можно определить уточнение для каждой пары колец:

$$\varepsilon_i = \frac{\Delta_i}{\delta_i},$$

где Δ_i – разность диаметров соседних колец, $\Delta_i = D_i - D_{i+1}$; δ_i – разность диаметров соседних колец после обточки, $\delta_i = d_i - d_{i+1}$; i – порядковый номер кольца.

Затем определяется среднее значение уточнения:

$$\varepsilon = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i,$$

где n – число пар колец, используемых в опыте. В случае обработки комплекта, состоящего из пяти колец (рис. 1.1), $n = 4$.

Измерение диаметральных размеров колец до и после обработки производится микрометром. Результаты измерений заносятся в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Вычисление уточнения

Номер кольца	Диаметр кольца, мм				ε
	D_i	$\Delta_i = D_i - D_{i+1}$	d_i	$\delta_i = d_i - d_{i+1}$	
1					
2					
3					
4					
5					
Среднее значение уточнения					

Жесткость системы шпиндель – задняя бабка – суппорт токарного станка определяется по формуле

$$j = 10\lambda' C_p S^{0,75} \varepsilon,$$

где λ' – коэффициент, характеризующий отношение P_y/P_z и зависящий от геометрии реза, состояния режущей кромки, режимов резания, механических свойств обрабатываемого материала и других факторов; C_p – коэффициент, зависящий от механических свойств обрабатываемого материала и угла резания; S – продольная подача, мм/об.

Податливость системы СПИД определяется по формуле

$$W = 1000/j.$$

При использовании одной и той же оправки результаты эксперимента зависят от положения задней бабки на станине станка. Расстояние от корпуса задней бабки до правого торца оправки, установленной в центрах (вылет пиноли), приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Вылет пиноли задней бабки токарного станка

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм	100	125	160	200	250	320	400	500
Расстояние от торца корпуса задней бабки до торца оправки, мм	50	60	70	80	95	115	140	170

Обработка производится проходным резцом, оснащенным пластинкой твердого сплава T15K6 следующей геометрии: передний угол $\gamma = 0^\circ$; задний угол $\alpha = 10^\circ$; угол превышения режущей кромки $\lambda = 0^\circ$; главный угол в плане $\varphi = 45^\circ$; дополнительный угол в плане $\varphi_1 = 10^\circ$; радиус закругления вершины резца $r = 1$ мм.

Чтобы определить коэффициент λ , необходимо рассчитать P_y и P_z для принятых режимов резания, используя для этой цели эмпирические формулы. Некоторые значения коэффициента, рассчитанные таким путем, приведены в табл. 1.3. Значение коэффициента C_p с достаточной для практики точностью можно определить по табл. 1.4 в зависимости от предела прочности или твердости обрабатываемого материала. Режимы резания выбираются с таким расчетом, чтобы после проточки колец достигалась шероховатость поверхности Ra не более 8 мкм. Это необходимо для обеспечения точного измерения диаметров колец после обработки.

Таблица 1.3

Значение коэффициента λ

Скорость резания, м/мин	Глубина резания, мм	Подача, мм/об			
		0,15	0,21	0,26	0,34
60	0,25	0,78	0,74	0,72	0,69
	0,50	0,73	0,69	0,67	0,64
	1,00	0,68	0,65	0,63	0,60
	1,50	0,65	0,62	0,60	0,58
	2,00	0,63	0,60	0,58	0,56
	3,00	0,61	0,58	0,56	0,54
	4,00	0,59	0,56	0,54	0,52
80	0,25	0,75	0,71	0,69	0,66
	0,50	0,75	0,71	0,69	0,61
	1,00	0,65	0,62	0,60	0,57
	1,50	0,62	0,59	0,57	0,55
	2,00	0,60	0,57	0,55	0,53
	3,00	0,58	0,56	0,54	0,52
	4,00	0,57	0,54	0,52	0,50
100	0,25	0,72	0,69	0,67	0,64
	0,50	0,68	0,64	0,62	0,59
	1,00	0,63	0,60	0,58	0,56

Окончание таблицы 1.3

Скорость резания, м/мин	Глубина резания, мм	Подача, мм/об			
		0,15	0,21	0,26	0,34
	1,50	0,60	0,57	0,56	0,54
	2,00	0,58	0,56	0,54	0,52
	3,00	0,57	0,54	0,52	0,50
	4,00	0,55	0,52	0,50	0,48

Рекомендуемые режимы резания: $t = 0,2...0,3$ мм (на кольца с наименьшим диаметром); $S = 0,15...0,35$ мм/об; $V = 60...80$ м/мин.

Таблица 1.4

Коэффициент C_p при обработке конструкционной стали

Предел прочности σ_b , МПа	Твердость		C_p
	HB	HRC	
350	103	–	144
450	133	–	155
550	163	–	165
650	190	–	180
750	220	–	193
850	250	–	205

1.3. Порядок выполнения работы

1. Осуществить наладку станка по заданной схеме: установить оправку с комплектом колец, проходной резец; установить режим резания.

2. Измерить диаметры колец микрометром. Данные измерений занести в табл. 1.1.

3. Проточить комплект колец за один проход с заданным режимом.

4. Измерить диаметры колец после проточки. Данные измерений занести в табл. 1.1.

5. Вычислить уточнение для каждой пары колец ϵ_i и среднее уточнение ϵ .

6. Вычислить жесткость и податливость станка.

7. Проанализировать полученные результаты.
8. Составить отчет.

1.4. Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Эскиз обработки.
4. Режимы обработки и исходные данные для расчета.
5. Результаты измерений и вычисление уточнения (табл. 1.1).
6. Расчет жесткости и податливости станка.
7. Выводы.

1.5. Контрольные вопросы

1. Что такое жесткость и податливость технологической системы?
2. В каких единицах измеряются жесткость и податливость?
3. В чем сущность динамического метода определения жесткости станка?
4. Что называется уточнением?
5. Как определить жесткость станка, зная уточнение?

1.6. Необходимое оборудование, оснастка и материалы

1. Токарно-винторезный станок модели 16ВТ-20 – 1 шт.
2. Оправка центровая $\varnothing 70$ мм; $l = 300$ мм – 1 шт.
3. Микрометры: МК-50, МК-75, МК-100, МК-125, МК-150, МК-175 ГОСТ 6507–90 – 6 шт.
4. Резец проходной 2100 – 0423 Т15К6 ГОСТ 18878–73 – 1 шт.
5. Комплект колец $\varnothing 160$ мм (5 шт.) – 1 комп.
6. Микрокалькулятор – 1 шт.

Рекомендуемая литература: [1...6].

Лабораторная работа 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ БАЗИРОВАНИЯ ЗАГОТОВОК

Цель работы: практическое освоение методики определения влияния погрешности заготовки угла призмы на точность базирования при установке цилиндрической детали в призме и анализ путей уменьшения погрешностей.

Работа рассчитана на два академических часа.

Студент должен знать:

- базы и погрешности заготовки;
- типы баз и правило их выбора;
- факторы, влияющие на точность механической обработки;
- пути повышения точности механической обработки.

Студент должен уметь:

- рассчитывать погрешность базирования заготовок при их механической обработке;
- определять показания рассеяния;
- строить графики зависимости погрешности базирования от угла призмы по расчетным и экспериментальным данным.

2.1. Основные положения

Базирование – придание заготовке, детали или сборочной единице требуемого положения относительно выбранной системы координат.

База – поверхность или сочетание поверхностей, линия (ось) или точка, принадлежащие изделию и используемые для базирования. При конструировании, изготовлении и сборке механизмов и машин принято различать следующие разновидности баз: технологические, сборочные и конструктивные базы.

При совмещении этих баз уменьшается погрешность, связанная с установкой детали, отпадает необходимость дополнительной проверки детали.

Несоблюдение этого правила влечет за собой потерю взаимозаменяемости деталей и требует дополнительной подгонки или резко снижает качество изделия.

2.2. Методические указания

При установке цилиндрической детали в призме (рис. 2.1, 2.2) погрешность базирования при обработке партии деталей в размере h на настроенном станке определяется по следующей формуле:

$$\varepsilon_{\delta h} = \delta_D / 2 (l / \sin(\alpha / 2) - l), \quad (1)$$

где δ_D – допуск на диаметр вала; α – угол призмы.

Поле рассеяния выдерживаемого размера определяется суммой первичных погрешностей, присущих данному методу и условиям обработки при установке на плоскость (а) и (б):

$$\omega = \sum_{i=1}^n \Delta_i,$$

где Δ_i – первичные погрешности.

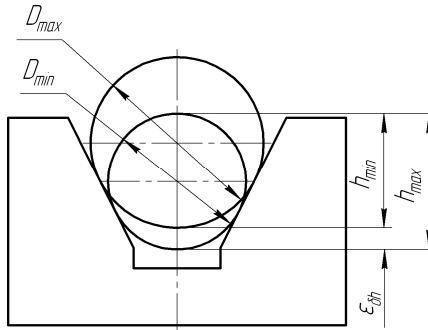


Рис. 2.1. Схема образования погрешности базирования

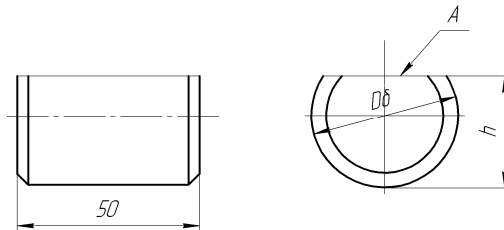


Рис. 2.2. Эскиз детали

Выделим из этой суммы погрешность базирования $\varepsilon_{\delta h}$ и запишем выражение поля рассеяния для нескольких партий деталей, обработанных на одном и том же станке при постоянных условиях обработки, но различных схемах базирования. Допуская, что сумма всех первичных погрешностей (за исключением погрешности базирования) для различных партий обработанных деталей одинакова, получим

$$\omega_1 = \sum_{i=1}^{n-1} \Delta_i + \varepsilon_{\delta 1},$$

$$\omega_j = \sum_{i=1}^{n-1} \Delta_i + \varepsilon_{\delta j},$$

где ω_1 и ω_j – поля рассеяния для первой и j -й схем базирования; $\varepsilon_{\delta 1}$ и $\varepsilon_{\delta j}$ – погрешности базирования для первой и j -й схем базирования.

После почленного вычитания приведенных уравнений получим

$$\omega_j - \omega_1 = \varepsilon_{\delta j} - \varepsilon_{\delta 1}.$$

Если при установке по первой схеме совместить измерительную и технологическую базы, то погрешность базирования обратится в нуль, а полученное уравнение примет удобный для определения погрешности базирования вид

$$\varepsilon_{\delta j} = \omega_j - \omega_1. \quad (2)$$

Для проведения лабораторной работы используется заранее подготовленная партия цилиндрических деталей в количестве 25 шт. (рис. 2.2). Рекомендуемые размеры деталей $D = 30 \dots 40$ мм с допуском $\delta_D = 0,17 \dots 0,34$ мм; $h = 25 \dots 35$ мм.

Обработка поверхности A в размер h (рис. 2.2) у данной партии деталей должна быть выполнена при постоянной настройке режущего инструмента. Необходимо, чтобы установка деталей для обработки производилась цилиндрической поверхностью на плоскость, что обеспечивает совмещение измерительной и технологической баз. Погрешность базирования при этом равна нулю.

Если у данной партии деталей произвести измерение отклонений положения поверхности A от некоторого номинального

значения (определяемого настройкой индикатора по эталону) при установке на плоскость и в призму, то можно определить поля рассеяния, ω_1 и ω_j , а затем по формуле (2) – погрешность базирования ε_{δ_j} при установке деталей в призму. Измерение отклонений положения поверхности A производится при помощи индикаторных приспособлений. Схемы измерения приведены на рис. 2.3.

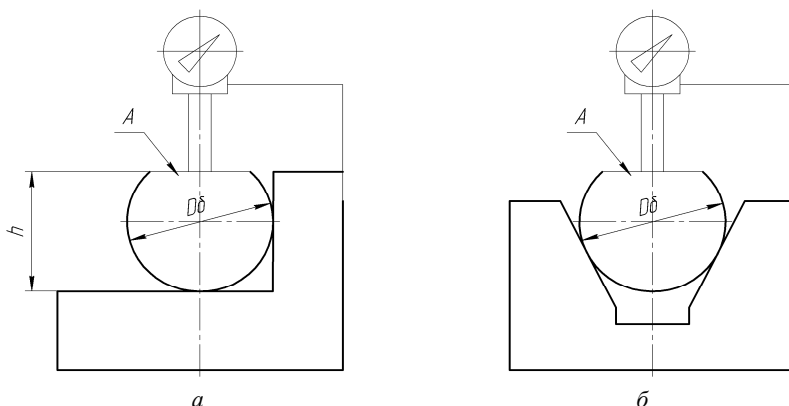


Рис. 2.3. Схема измерения отклонений положения поверхности A :
 a – в призме $\alpha = 90^\circ$; b – в призме $\alpha = 60^\circ$

Настройка индикаторов на нулевые значения производится по эталону. Измерение диаметра деталей выполняется микрометром. Все измерения производятся с точностью до 0,01 мм. Результаты измерений заносятся в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Результаты измерений размеров деталей

Номер детали	Отклонение диаметра от нормального значения	Отклонение положения поверхности A (мм) при базировании			
		на плоскость $\alpha = 180^\circ$	в призме $\alpha = 60^\circ$	в призме $\alpha = 90^\circ$	в призме $\alpha = 120^\circ$
1					
2					
...					
25					

Поля рассеяния определяются на основании результатов измерения параметров:

$$\omega_j = X_{\max} - X_{\min},$$

где X_{\max} , X_{\min} – наибольшее и наименьшее значения измеряемых параметров (D ; h).

Показатель рассеяния диаметра детали определяется по формуле

$$k_p = \frac{\omega_D}{\delta_D},$$

где ω_D – поле рассеяния диаметра детали; δ_D – допуск на диаметр детали.

Погрешность базирования расчетным путем определяется по формуле (1) на основании заданного допуска на диаметр детали и угла призмы.

2.3. Порядок выполнения работы

1. Определить погрешность базирования по размеру h при установке цилиндрической детали в призмах с углами 60° , 90° и 120° .

2. Измерить у 25 пронумерованных деталей:

а) диаметр D ;

б) высоту h при установке детали цилиндрической поверхностью на плоскость;

в) высоту h при установке детали цилиндрической поверхностью в призмы с углами 60° , 90° и 120° .

Результаты измерений занести в табл. 2.1.

3. Определить поля рассеяния размеров D и h для всех случаев измерений.

4. Определить показатель рассеяния диаметра детали.

5. На основе проведенных измерений определить погрешности базирования при установке деталей в призмы с углами 60° , 90° и 120° .

6. Построить графики зависимости погрешности базирования от угла призмы (60° , 90° , 120° и 180°) по расчетным и экспериментальным данным.

7. Составить отчет.

2.4. Содержание отчета

1. Содержание задания.
2. Расчет погрешностей базирования при установке деталей в призму.
3. Схемы измерения отклонений положения поверхностей A при установке на плоскость и в призму.
4. Результаты измерений (табл. 2.1).
5. Определение погрешностей базирования по результатам измерений.
6. Графики зависимости потребностей базирования от угла призмы по расчетным и экспериментальным данным.
7. Выводы.

2.5. Контрольные вопросы

1. Из каких первичных погрешностей складывается погрешность установки?
2. В каких случаях погрешность базирования имеет численное значение и когда она равна нулю?
3. От каких параметров зависит погрешность базирования при установке цилиндрической детали в призму?
4. Как определить показатель рассеяния?
5. Какие пути уменьшения погрешностей базирования известны?

2.6. Необходимое оборудование, оснастка и материалы

1. Контрольное индикаторное приспособление – 1 шт.
2. Базирующие элементы к приспособлениям:
 - призма с углом 60° – 1 шт.
 - призма с углом 90° – 1 шт.
 - призма с углом 120° – 1 шт.
3. Индикатор с ценой деления 0,01 мм ИЧ-2 – 4 шт.
4. Микрометры МК-25, МК-50 ГОСТ 6507–90 – 2 шт.
5. Эталон для настройки контрольного приспособления – 4 шт.
6. Детали для измерений $D 30 \times 50$ мм – 1 комп. (25 шт.).

Рекомендуемая литература: [1, 5, 7].

Лабораторная работа 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Цель работы: изучение методов настройки технологической системы, определение настроечного размера, погрешности и допуска настройки.

Работа рассчитана на два академических часа.

Студент должен знать:

- параметры настройки технологических систем и методы их определения;
- параметры точности в сельскохозяйственном машиностроении;
- закономерности выбора метода достижения заданной точности;
- физическую природу возникновения погрешностей установки режущего инструмента.

Студент должен уметь:

- рассчитывать параметры настройки технологических систем;
- настраивать технологическую систему универсальных металлорежущих станков (токарного, сверлильного, шлифовального, фрезерного, строгального и др.).

3.1. Основные положения

Для осуществления практически любого технологического процесса (ТП) в сельскохозяйственном машиностроительном производстве используется совокупность орудий производства, называемых **средствами технологического оснащения (СТО)**.

Технологическим оборудованием называются СТО, в которых для выполнения определенной части ТП имеются материалы или заготовки, а также средства воздействия на них. Примерами технологического оборудования являются металлорежущие станки, прессы, литейные машины, печи, гальванические ванны и т. д.

СТО, дополняющие технологическое оборудование для выполнения определенной части ТП, называются **технологической**

оснасткой (режущий инструмент, штампы, приспособления, калибры и т. д.).

Наладка (ГОСТ 3.1109–81) технологической системы – это приведение ее в рабочее состояние, пригодное для использования при выполнении технологической операции процесса.

Настройка (регулирование) технологической системы станка на размер, являясь частью наладки, включает согласованную установку режущего инструмента, рабочих органов станка, приспособления в положение, которое обеспечивает получение заданного размера с установленным допуском на изготовление.

Взаимное положение элементов технологической системы определяется *установочным размером*. Поле рассеяния положений инструмента при наладке называется *погрешностью наладки станка* на размер (Δ_n). Ориентировочно погрешность Δ_n принимается равной разности между предельными значениями установочного размера.

В настоящее время применяются два метода настройки станков: *статический и динамический* (по пробным заготовкам с помощью рабочего калибра и по пробным заготовкам с помощью универсального мерительного инструмента).

Из указанных динамических методов наибольшее распространение получил метод настройки по пробным заготовкам с помощью универсального мерительного инструмента, обеспечивающий более высокую точность обработки деталей. Метод настройки по пробным заготовкам с помощью рабочего калибра в работе не рассматривается.

3.2. Методические указания

При статической настройке установка режущего инструмента на размер осуществляется по эталону (детали), представляющему собой упрощенный макет обрабатываемой детали.

Погрешность настройки рассчитывается по формуле

$$\Delta_{н.ст} = \sqrt{\Delta_{эт}^2 + \Delta_{уст.ин}^2}, \quad (1)$$

где $\Delta_{\text{эт}}$ – погрешность изготовления и установки эталона на станке, мкм; $\Delta_{\text{уст. ин}}$ – погрешность установки инструмента по эталону, мкм.

Погрешность $\Delta_{\text{эт}}$ определяется суммой

$$\Delta_{\text{эт}} = \Delta_{\text{изг. эт}} + \Delta_{\text{уст. эт}}, \quad (2)$$

где $\Delta_{\text{изг. эт}}$, $\Delta_{\text{уст. эт}}$ – погрешности изготовления и установки эталона на станке соответственно, мкм.

Погрешность изготовления эталона можно брать в пределах 10...20 мкм, погрешность установки также не должна превышать 10...20 мкм.

Погрешность установки инструмента по эталону зависит от способа установки и определяется по табл. 3.1.

Таблица 3.1

Погрешность установки инструмента по эталону $\Delta_{\text{уст. ин}}$, мкм

Способ установки инструмента	На сторону	На диаметр
Закрепление резца винтами после касания с эталоном	100...130	200...260
Подведение резца, закрепленного в резцедержателе: до непосредственного касания с эталоном;	20...30	40...60
с некоторым зазором, определяемым с помощью бумажного шупа;	10...20	20...40
металлического шупа;	7...10	14...20
индикатора	5...15	10...30

Для компенсации изменения фактических размеров обрабатываемых заготовок установочные калибры или эталонные детали при статической настройке изготавливаются с отступлением от чертежа заготовки на величину некоторой поправки $\Delta_{\text{попр}}$. В этом

случае расчетный настроечный размер $L_{\text{расч}}^H$ эталона определяется по формуле

$$L_{\text{расч}}^H = \frac{L_{\text{min}} + L_{\text{max}}}{2} \pm \Delta_{\text{попр}}, \quad (3)$$

где L_{min} и L_{max} – соответственно наименьший и наибольший предельные размеры детали по чертежу; $\Delta_{\text{попр}}$ – поправка, учитывающая деформацию в упругой технологической системе и высоту неровностей поверхности эталона, по которой производится настройка:

$$\Delta_{\text{попр}} = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3,$$

где Δ_1 , Δ_2 , Δ_3 – составляющие поправки, учитывающие соответственно действие сил резания, высоту неровностей поверхности обрабатываемых заготовок и величину зазора в подшипниках шпинделя.

В формуле (1) знак (–) принимается для случая обработки вала, а знак \pm – отверстия.

При односторонней обработке

$$\Delta_1 = \frac{P_y}{j},$$

где P_y – нормальная составляющая силы резания, Н; j – жесткость станка, Н/мм.

При двухсторонней обработке значение Δ_1 удваивается:

$$\Delta_2 = Ra,$$

где Ra – шероховатость поверхности заготовки, мкм.

Значение Δ_3 принимается равным 20...40 мкм. Статический метод настройки не позволяет получить точность деталей выше 8...9-го квалитетов.

Варианты задания для первого случая приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Варианты заданий для определения настроечного размера $L_{расч}^H$ и погрешности настройки $\Delta_{н. ст}$ по эталону

Вариант	Размер детали по чертежу L , мм	Шероховатость заготовки Ra , мкм	Сила резания P_y , Н	Жесткость системы j , Н/мм
Наружная поверхность вращения				
1	20 _{-0,033}	50	80	6000
2	46 _{-0,160}	25	90	5000
3	36 _{-0,160}	50	100	10 000
4	56 _{-0,046}	100	50	9000
Цилиндрическая поверхность отверстия				
1	30 ^{+0,084}	25	50	6000
2	19 ^{+0,130}	50	75	10 000
3	36 ^{+0,160}	50	100	7000
4	40 ^{+0,160}	25	60	8000
Торцевая поверхность				
1	250 _{-0,240}	100	80	5500
2	190 _{-0,115}	50	100	6000
3	370 _{-0,360}	100	75	8000
4	280 _{-0,200}	100	200	7000

При обработке деталей в специальных приспособлениях, например на фрезерных станках, фреза устанавливается с помощью щупа по эталону, закрепленному на его корпусе.

В этом случае определяют промежуточный размер эталона

$$L_{эт}^{пром} = L_{min} + \frac{\delta}{2}, \quad (4)$$

где L_{min} – наименьший размер детали в пределах допуска на обработку, мм; δ – допуск на обработку, мм.

Затем производят обработку пробных деталей (3...5 шт.) и определяют универсальным измерительным инструментом их размеры L_i максимально точно.

Рассчитывают значения среднего размера пробных деталей \bar{L} и среднего квадратичного отклонения σ .

Величина поправки настроечного размера $\Delta_{\text{попр}}$ равна

$$\Delta_{\text{попр}} = \bar{L} - L_{\text{эт}}^{\text{пром}}.$$

Окончательный размер эталона определяется по формуле

$$L_{\text{эт}} = L_{\text{мин}} + 3\sigma - \Delta_{\text{попр}} - a, \quad (5)$$

где a – толщина шупа.

Погрешность настройки для этого случая равна

$$\Delta_{\text{н}} = \sqrt{\Delta_{\text{эт}}^2 + \Delta_{\text{из}}^2 + \Delta_{\text{уст.ин}}^2}, \quad (6)$$

где $\Delta_{\text{из}}$ – погрешность изготовления шупа; $\Delta_{\text{уст.ин}}$ – погрешность установки режущего инструмента по шупу.

Значения $\Delta_{\text{уст.ин}}$ принимаются по табл. 3.1.

Варианты заданий для определения параметров настройки по установку представлены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Варианты заданий для определения настроечного размера $L_{\text{расч}}^{\text{н}}$ и погрешности настройки $\Delta_{\text{н}}$ по установку

Вариант	Размер детали по чертежу L , мм	Размер пробных деталей, мм	Размер шупа a , мм
1	124 _{-0,1}	123,98 123,98 123,99 123,98	1 _{-0,006}
2	230 _{-0,13}	229,96 229,96 229,96	5 _{-0,008}

Окончание таблицы 3.3

3	85 _{-0,087}	84,90 85,00 84,99 84,97 84,98	3 _{-0,008}
4	43 _{-0,062}	42,97 42,97 42,98	1 _{-0,006}
5	185 _{-0,29}	184,88 184,89 184,87 184,88	3 _{-0,008}
6	260 _{-0,32}	259,98 259,98 259,97	5 _{-0,008}
7	65 _{-0,19}	64,88 64,87 64,86 64,88	1 _{-0,006}
8	93 _{-0,14}	92,96 92,97 92,98	3 _{-0,008}
9	145 _{-0,25}	144,88 144,86 144,89	3 _{-0,008}
10	210 _{-0,115}	209,96 209,96 209,96	5 _{-0,008}

Динамическая настройка станка с контролем пробных деталей универсальным измерительным инструментом предусматривает, что режущий инструмент устанавливается на размер

$$L_0 = L_{\min} + \frac{\Delta_{\text{н.д}}}{2}, \quad (7)$$

где $\Delta_{\text{н.д}}$ – погрешность динамической настройки (для вала (+), для отверстия (-)), мкм.

Величина $\Delta_{н.д.}$ определяется по формуле

$$\Delta_{н.д.} = 1,2 \sqrt{\Delta_{см}^2 + \Delta_{рег}^2 + \Delta_{изм}^2}, \quad (8)$$

где $\Delta_{см}$ – смещение центра группирования размеров пробных деталей относительно середины поля рассеяния размеров, мкм; $\Delta_{рег}$ – погрешность регулирования положения режущего инструмента на станке, мкм; $\Delta_{изм}$ – погрешность измерения пробных деталей, мкм.

В свою очередь

$$\Delta_{см} = \frac{\Delta_{сл}}{\sqrt{m}}, \quad (9)$$

где $\Delta_{сл}$ – мгновенная погрешность обработки, мкм; m – количество пробных деталей, 3...5 шт.

Варианты заданий для определения параметров настройки динамическим методом представлены в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Варианты заданий для определения параметров настройки динамическим методом

Вариант	Размер детали по чертежу, мм	Размер пробных деталей, мм	Сила резания P_y , Н	Жесткость системы j , Н/мм
Точение наружной цилиндрической поверхности				
1	52 _{-0,12}	51,895 51,941 51,884	150	12 000
2	60 ^{-0,06} _{-0,106}	59,838 59,860 59,894 59,876	90	4500
3	68 _{-0,046}	67,967 67,970 67,971 67,969	98	7800
4	73 _{-0,046}	72,974 72,976 72,975	140	11 000

Окончание таблицы 3.4

5	$67_{-0,106}^{-0,06}$	66,896	110	14 800
		66,976		
		66,890		
Шлифование наружной цилиндрической поверхности				
6	$50_{-0,05}^{-0,025}$	49,968	–	9500
		49,971		
		49,974		
7	$62_{-0,174}^{-0,10}$	61,959	–	19 300
		61,960		
		61,968		
		61,962		
8	$73_{-0,074}$	72,961	–	11 200
		72,960		
		72,960		
9	$80_{-0,174}^{-0,10}$	79,958	–	25 800
		79,957		
		79,961		
		79,959		
10	$52_{-0,106}^{-0,06}$	51,875	–	11 800
		51,890		
		51,876		

Мгновенную погрешность обработки $\Delta_{\text{сл}}$ следует принимать по табл. 3.5 и 3.6. Погрешность регулирования положения режущего инструмента зависит от применяемого способа регулирования и определяется по табл. 3.7.

Таблица 3.5

Значения мгновенной погрешности обработки $\Delta_{\text{сл}}$
на токарных станках, мкм

Размеры, мм	Сила резания P_y , Н	Жесткость системы j , Н/мм		
		4000...6000	6000...10 000	10 000...15 000
50...80	50...100	46	32	60
	100...150	47	33	62

Таблица 3.6

Значения мгновенной погрешности обработки $\Delta_{сл}$
на круглошлифовальных станках, мкм

Размеры, мм	Сила резания P_y , Н	Жесткость системы j , Н/мм		
		4000...6000	6000...10 000	10 000...15 000
50...80	—	18	15	12

Таблица 3.7

Погрешности регулирования $\Delta_{рег}$ инструмента, мкм

Способ регулирования положения режущего инструмента	На диаметр	Способ регулирования положения режущего инструмента	На диаметр
По лимбу с ценой деления, мм:		По индикатору с ценой деления, мкм:	
0,01	10...20	1	4
0,02	20...30	2	10
0,05	30...60	5	20
0,1...0,5	—	10	30

Значения погрешностей измерения $\Delta_{изм}$ принимаются равными предельной погрешности используемого измерительного инструмента или прибора.

Измерительный инструмент выбирается по табл. 3.8.

Таблица 3.8

Измерительные инструменты для динамической настройки станков

Допуск на обработку, мм	Инструмент для рациональной настройки	Цена деления инструмента, мм
0,50 и более	Штангенциркуль	0,10
0,25...0,50	—	0,05
0,05...0,25	Микрометр	0,01
0,01...0,05	Индикаторная скоба	0,01...0,002

Погрешности измерения для различных измерительных инструментов приведены в табл. 3.9.

Таблица 3.9

Предельные погрешности измерения размеров (50...80 мм) $\Delta_{\text{изм}}$, мкм

Наименование приборов и инструментов	Предельные погрешности
Миниметр с ценой деления, мм: 0,001	0,8...2,0
0,002	1,4...2,5
0,005	2,5...3,0
Индикаторы с ценой деления 0,01 мм при работе в пределах одного оборота стрелки	10...20
Микрометр	6...14
Штангенциркуль с отсчетом по нониусу, мм	
0,02	45
0,05	90
0,10	180

Примечание. Для определения $\Delta_{\text{изм}}$ принятые предельные погрешности следует умножить на 2.

Допуск настройки определяется по формуле

$$\delta_n = 1,2\sqrt{\Delta_{\text{рег}}^2 + \Delta_{\text{изм}}^2}. \quad (10)$$

Затем производится обработка пробных деталей и определяется фактический уровень настройки:

$$L_{\text{y.n}} = \frac{\sum L_i}{m},$$

где L_i – размеры пробных деталей, мм.

Далее определяют величину смещения настройки:

$$\delta_{\text{см}} = L_0 - L_{\text{y.n}}, \quad (11)$$

где $L_{\text{y.n}}$ – фактический уровень настройки пробных деталей, мм.

Если выполняется условие $\delta_n > \delta_{\text{см}}$, то настройку следует считать выполненной правильно.

Если $\delta_n < \delta_{см}$, то положение инструмента регулируют до приближения уровня настройки к оптимальному настроечному размеру L_0 . Перемещение инструмента при двухсторонней обработке (обработка цилиндрических поверхностей) равно $\Delta_{кор} = 0,5\delta_{см}$. При корректировке должно выполняться условие $\Delta_{кор} \leq (0,1 \dots 0,2) \cdot \Delta_{рег}$.

Варианты заданий для определения параметров настройки динамическим методом приведены в табл. 3.4.

3.3. Примеры расчета параметров настройки технологических систем

Пример 1. Настройка статическим методом по эталону для obtачивания наружной цилиндрической поверхности размером $L = 42_{-0,100}$ на токарном станке. Высота неровностей заготовки $Ra = 60$ мкм. Сила резания $P_y = 75$ Н. Жесткость токарного станка $j = 9000$ Н/мм.

Определяем погрешность эталона по формуле (2):

$$\Delta_{эт} = 10 + 15 = 25 \text{ мкм.}$$

При установке резца подведением до непосредственного касания с эталоном (табл. 3.1) $\Delta_{уст. ин} = 50$ мкм.

Тогда погрешность настройки согласно формуле (1) будет равна

$$\Delta_{н. ст} = \sqrt{25^2 + 50^2} = 55,9 \text{ мкм.}$$

Для определения расчетного настроечного размера эталона $L_{расч}^H$ вычисляем величину поправки $\Delta_{попр}$, учитывая, что

$$\Delta_1 = \frac{75}{9000} = 0,008 \text{ мм; } \Delta_2 = 60 \text{ мкм.}$$

Величину Δ_3 принимаем равной 30 мкм.

Тогда

$$\Delta_{попр} = 8 + 60 + 30 = 98 \text{ мкм.}$$

Расчетный настроечный размер эталона определяем по формуле (3):

$$L_{\text{расч}}^{\text{н}} = \frac{41,9 + 42}{2} - 0,098 = 41,852 \text{ мм.}$$

Пример 2. Настройка по эталону (установу) на фрезерном станке. Размер детали по чертежу $227_{-0,13}$. Размеры пробных деталей, измеренных универсальным измерительным инструментом: $L_1 = 226,941$ мм; $L_2 = 226,94$ мм; $L_3 = 226,942$ мм. Размер щупа $a = 3_{-0,08}$ мм.

Промежуточный размер эталона находим по зависимости (4):

$$L_{\text{эт}}^{\text{пром}} = 226,87 + 0,065 = 226,935 \text{ мм.}$$

Средний размер пробных деталей

$$\bar{L} = \frac{226,941 + 226,941 + 226,941}{3} = 226,941 \text{ мм.}$$

Среднее квадратичное отклонение размера пробных деталей от среднего значения равно

$$L_{\text{эт}}^{\text{пром}} = 226,87 + 0,065 = 226,935 \text{ мм, } \sigma = 1,0008 \text{ мм.}$$

Величина поправки настроечного размера

$$\Delta_{\text{попр}} = 226,941 - 226,935 = 0,006 \text{ мм.}$$

Тогда окончательный размер эталона определяем по формуле (4):

$$L_{\text{эт}}^{\text{пром}} = 226,87 + 3 \cdot 1,0008 - 0,006 - 3 = 226,866 \text{ мм.}$$

Погрешность эталона для этого случая равна

$$\Delta_{\text{эт}} = 10 + 20 = 30 \text{ мкм.}$$

Погрешность установки инструмента выбираем по табл. 3.1:

$$\Delta_{\text{уст. ин}} = 15 \text{ мкм.}$$

Общую погрешность настройки определяем по формуле (6):

$$\Delta_{\text{н}} = \sqrt{30^2 + 8^2 + 15^2} = 34,5 \text{ мкм.}$$

Пример 3. Настройка динамическим методом при обработке на токарном станке для обтачивания наружной цилиндрической поверхности размером $L = 53_{-0,12}$. Усилие резания $P_y = 150$ Н, жесткость системы $j = 11\,000$ Н/мм. Размеры пробных деталей: $L_1 = 52,897$ мм; $L_2 = 52,903$ мм; $L_3 = 52,899$ мм.

Для расчета погрешности настройки определяем $\Delta_{\text{см}}$ по формуле (9), предварительно выбрав по табл. 3.5 величину $\Delta_{\text{сл}} = 62$ мкм.

Тогда

$$\Delta_{\text{см}} = \frac{62}{\sqrt{3}} \approx 36 \text{ мкм.}$$

Погрешность регулирования по лимбу выбираем по табл. 3.7 $\Delta_{\text{рег}} = 15$ мкм. Выбираем по табл. 3.8 микрометр для измерения пробных деталей.

Погрешность измерения выбираем по табл. 3.9:

$$\Delta_{\text{изм}} = 2 \cdot 10 = 20 \text{ мкм.}$$

Общая погрешность настройки по формуле (8) будет равна

$$\Delta_{\text{н.д}} = 1,2 \cdot \sqrt{36^2 + 15^2 + 20^2} = 53 \text{ мкм.}$$

Рассчитываем размер L_0 по зависимости (7):

$$L_0 = 52,88 + \frac{0,053}{2} \approx 52,906 \text{ мкм.}$$

Допуск настройки определяем по зависимости (10):

$$\delta_{\text{н}} = 1,2 \cdot \sqrt{15^2 + 20^2} = 30 \text{ мкм.}$$

Средний размер пробных деталей

$$\bar{L} = \frac{52,897 + 52,903 + 52,899}{3} = 52,9 \text{ мм.}$$

Определяем величину смещения настройки по формуле (11):

$$\delta_{\text{см}} = 52,906 - 52,9 = 0,006 \text{ мм.}$$

В результате получаем, что $\delta_{\text{н}} > \delta_{\text{см}}$, следовательно, корректировка в данном случае не нужна.

3.4. Порядок выполнения работы

1. Провести анализ выданного задания.
2. Рассчитать для настройки системы статическим методом $\Delta_{\text{эт}}$, $\Delta_{\text{н. ст}}$, $L_{\text{расч}}^{\text{н}}$.
3. Рассчитать для настройки системы по эталону (установу) $L_{\text{эт}}^{\text{пром}}$, $\Delta_{\text{попр}}$, $L_{\text{эт}}$, $\Delta_{\text{н}}$.
4. Рассчитать для настройки динамическим методом $\Delta_{\text{н. д}}$, L_0 , $\delta_{\text{н. д}}$, $\delta_{\text{см}}$. Определить величину корректировки режущего инструмента.
5. Проанализировать полученные результаты.
6. Составить отчет.

3.5. Содержание отчета

1. Название работы.
2. Содержание задания по каждому методу настройки.
3. Расчет необходимых параметров настройки системы в соответствии с заданием.
4. Выводы.

3.6. Контрольные вопросы

1. Какие методы настройки технологической системы на размер существуют?
2. По какой формуле определяется погрешность настройки статическим методом по эталону?
3. По какой формуле определяется погрешность настройки по установу?
4. По какой формуле определяется погрешность динамической настройки?

Рекомендуемая литература: [1, 8...10].

Лабораторная работа 4

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПО ПАРАМЕТРАМ ТОЧНОСТИ

Цель работы: определение возможности применения рассматриваемого технологического процесса для изготовления детали с требуемыми параметрами качества; оценка изменения характеристик точности технологических систем во времени и определение их соответствия требованиям, установленным в технической документации; получение информации для регулирования технологического процесса (операции).

Работа рассчитана на два академических часа.

Студент должен знать:

- параметры погрешностей механической обработки и причины их обуславливающие;
- способы обеспечения заданной точности при изготовлении деталей;
- функциональные, конструкторские и технологические допуски.

Студент должен уметь:

- производить анализ точности деталей методами математической статистики;
- разрабатывать технологические процессы механической обработки заготовок с заданной точностью;
- оценивать надежность технологических систем по параметрам точности.

4.1. Основные положения

Контроль точности технологических систем следует производить по альтернативному или количественному признаку.

При контроле по альтернативному признаку проверяют соответствие параметров технологического процесса и средств технологического оснащения требованиям, установленным в научно-технической документации. Этот контроль необходимо осуществлять в соответствии с ГОСТ 27.203–83 в следующих случаях:

–при разработке технологических процессов на этапе технологической подготовки производства;

–при управлении технологическими процессами.

Контроль точности технологических систем по количественному признаку производится в случаях, когда выполняются:

–разработка технологических процессов на этапе технологической подготовки производства;

–выбор методов и планов статистического регулирования технологических процессов (операций);

–замена, модернизация или ремонт средств технологического оснащения;

–совершенствование технологических систем в части повышения их надежности и качества изготовления изделий.

Для оценки надежности технологических систем по параметрам точности следует использовать *расчетные, опытно-статистические методы*, а также *метод квалитетов* по ГОСТ 27.202–83.

Области их использования приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Области использования методов оценки надежности технологических систем

Область применения	Вид оценки	
	Количественная	Альтернативная
Технологическая подготовка производства	Расчетные методы	Метод квалитетов
Изготовление продукции	Опытно-статистические методы	

Расчетные методы основаны на использовании:

– математических моделей изменения параметров качества изготавливаемых изделий или параметров технологического процесса с учетом физики отказов и имеющихся априорных данных о свойствах технологических систем данного класса;

– данных о закономерностях изменения во времени факторов (износ инструмента, температурные и упругие деформации и т. д.), влияющих на один или одновременно на несколько параметров качества изделий.

На практике применяются следующие расчетные методы:

– случайных функций, заключающийся в расчете характеристик изменения математического ожидания и дисперсии;

– элементарных погрешностей, основанный на расчете суммарной погрешности контролируемого параметра, исходя из известных значений элементарных погрешностей (погрешности установки детали в приспособлении, геометрической неточности, настройки станков, тепловых деформаций и т. д.).

Суммарная погрешность в этом случае равна

$$\omega = \delta_{\Sigma} = K\sqrt{\lambda_1\Delta_1^2 + \lambda_2\Delta_2^2 + \dots + \lambda_n\Delta_n^2},$$

где K – коэффициент риска; $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ – коэффициенты, учитывающие закон распределения элементарных погрешностей при равновероятном их выходе за обе границы поля допуска; $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ – предельные значения элементарных погрешностей.

При нормальном распределении элементарных погрешностей и равновероятном их выходе за обе границы поля допуска вероятность получения брака равна

$$P = 100[1 - 2\Phi(K)] \%,$$

где $\Phi(K)$ – функция; K – коэффициент, значение которого может быть определено по табл. 4.2.

Таблица 4.2

Значения коэффициента K

$P, \%$	32,00	10,00	4,50	1,00	0,27	0,10	0,01
K	1,00	1,65	2,00	2,57	3,00	3,29	3,89

В технологических расчетах чаще всего принимается $P = 0,27 \%$ и $K = 3,00$. Коэффициенты $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ определяют по ГОСТ 19415–75 при наличии фактических данных о законе распределения элементарных погрешностей. При нормальном законе распределения коэффициенты $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ равны 0,111.

Для обеспечения надежности технологических операций по точности необходимо, чтобы

$$\delta_{\Sigma} < T,$$

где T – допуск на контролируемый параметр.

Метод квалитетов основан на сравнении требуемых значений параметров технологической системы с их предельными возможными значениями, установленными в справочной и нормативно-технической документации в зависимости от квалитетов точности применяемых средств технологического оснащения и предметов производства.

Пример 1. Оценить точность токарной операции методом квалитетов. Исходные данные: операция выполняется на многшпindelном прутковом горизонтальном автомате класса H ; заготовка – пруток из автоматной стали $\varnothing 30$ мм; Δ_u – максимально возможное смещение режущей кромки резца, равное 12 мкм (износ, тепловые деформации и т. п.). Допуск на обработку $\varnothing 28h10$ равен 84 мкм.

По ГОСТ 8831–79 находим, что допуск на диаметр обрабатываемой заготовки в поперечном сечении равен 80 мкм.

$$\delta_{\Sigma} = \Delta_{\text{обр}} + 2\Delta_u,$$

где $\Delta_{\text{обр}}$ – допуск на диаметр образца изделия.

Получаем

$$\delta_{\Sigma} = 80 + 2 \cdot 12 = 104 \text{ мкм.}$$

Сравнивая величину δ_{Σ} с допуском на обработку контролируемого параметра $\varnothing 28h10$, делаем вывод о том, что точность рассматриваемой операции следует считать неудовлетворительной.

Опытно-статистические методы основаны на использовании данных измерений параметров качества изделий, полученных в результате специального выборочного обследования и испытаний технологической системы и ее элементов. Они основаны на расчете среднего арифметического значения \bar{X} и среднего квадратичного отклонения σ , а также их доверительных интервалов с последующим

определением критериев согласия Пирсона χ^2 , определяющих достоверность выбранного закона распределения.

При контроле по количественному признаку определяют показатели точности технологических систем.

1. Коэффициент точности (по контролируемому параметру):

$$K_T = \frac{\omega}{T},$$

где ω – поле рассеяния или разность максимального и минимального значений контролируемого параметра за установленную наработку технологической системы, определяемое с доверительной вероятностью γ по формуле $\omega = L_{(\gamma)}\sigma$, где $L_{(\gamma)}$ – коэффициент, зависящий от закона распределения контролируемого параметра и величины γ (коэффициент риска), при $\gamma = 0,9973$ (нормальный закон) $\omega = 6 \cdot \sigma$, где σ – среднее квадратичное отклонение контролируемого параметра; T – допуск на контролируемый параметр.

$$K_T = K_{T.o} < 1,$$

где $K_{T.o}$ – нормативное (предельное), технически обоснованное значение.

2. Коэффициент мгновенного рассеяния:

$$K_p(t) = \frac{\omega(t)}{T},$$

где $\omega(t)$ – поле рассеяния контролируемого параметра в момент времени t (относится к мгновенной выборке).

3. Коэффициент смещения контролируемого параметра:

$$K_c(t) = \frac{\bar{\Delta}(t)}{T},$$

где $\bar{\Delta}(t)$ – среднее значение отклонения контролируемого параметра относительно середины поля допуска в момент времени t .

$$\bar{\Delta}(t) = \left| \bar{x}(t) - x_0 \right|,$$

где $\bar{x}(t)$ – среднее значение контролируемого параметра; x_0 – значение параметра, соответствующее середине поля допуска (при симметричном поле допуска x_0 совпадает с номинальным значением $x_{ном}$).

4. Коэффициент запаса точности:

$$K_3(t) = 0,5 - K_c(t) - 0,5K_p(t).$$

Величина $K_3(t)$ должна быть больше нуля.

Пример 2. Определить коэффициент запаса точности $K_3(t)$ при следующих исходных данных: контролируемый размер $40 \pm 0,1$ мм; $T = 0,2$ мм; $\omega(t) = 0,12$ мм; $\bar{x}(t) = 40,05$ мм.

Порядок определения $K_3(t)$ следующий:

$$\bar{\Delta}(t) = \bar{x}(t) - x_0 = 40,05 - 40,00 = 0,05 \text{ мм};$$

$$K_c(t) = \frac{\bar{\Delta}(t)}{T} = \frac{0,05}{0,2} = 0,25;$$

$$K_p(t) = \frac{\omega(t)}{T} = \frac{0,12}{0,2} = 0,60;$$

$$K_3(t) = 0,50 - 0,25 - 0,30 = -0,05.$$

Так как величина $K_3(t) < 0$, то в данном случае отсутствует запас точности по контролируемому параметру.

4.2. Методические указания

Для выполнения работы студентам выдается задание по одному из вариантов, приведенных в табл. 4.3 и 4.4.

На основании исходных данных требуется рассчитать величины K_T и $K_3(t)$ и сделать заключение о точности выполнения операции, получив вариант задания.

1. Определить коэффициент точности K_T операции обработки корпусной заготовки на вертикально-фрезерном станке торцевой фрезой при исходных данных, представленных в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Значения параметров для заданий по вариантам

Параметр	Номер варианта				
	1	2	3	4	5
Геометрическая погрешность станка, мкм	40	30	35	45	50
Погрешность базирования, мкм	60	0	50	45	65
Погрешность закрепления, мкм	30	20	35	15	40
Погрешность изготовления приспособления, мкм	30	20	15	25	10
Погрешность изготовления инструмента, мкм	5	0	10	0	15
Погрешность настройки фрезы на размер, мкм	50	40	20	15	30
Погрешность, связанная с размерным износом инструмента, мкм	15	0	5	20	10
Погрешность измерений, мкм	100	90	60	40	50
Погрешность, вызванная упругими деформациями под действием сил резания, мкм	40	30	25	35	20
Допуск на контролируемый параметр, мкм	300	200	150	250	350
Принимаемый риск Р, %	1,00	0,27	0,10	1,00	0,27

Распределение элементарных погрешностей близко к распределению Гаусса.

2. Определить величину $K_3(t)$ при исходных данных, предложенных в табл. 4.4.

Значения параметров для заданий по вариантам

Параметр	Номер варианта				
	1	2	3	4	5
Контролируемый размер, мм	$40 \pm 0,08$	$50^{+0,39}$	$75_{-0,46}$	$100^{+0,22}$	$150^{+0,40}$
Величина допуска, мм	0,16	0,39	0,46	0,22	0,40
Среднее значение контролируемого размера $\bar{x}(t)$, мм	40,05	50,3	74,7	100,1	150,3
Коэффициент поля рассеяния $K(t)$ контролируемого размера в момент времени t , мм	0,12	0,1	0,1	0,08	0,06

4.3. Порядок выполнения работы при определении коэффициента точности K_T

1. Вычислить величину суммарной погрешности контролируемого параметра (поле рассеяния – $\delta_\Sigma(\omega)$) с учетом исходных данных.

2. Рассчитать коэффициент точности K_T , по определенной величине $\delta_\Sigma(\omega)$ и заданному допуску T на контролируемый параметр.

3. Проанализировать полученные результаты и сделать заключение о точности операции по величине коэффициента K_T .

4.4. Порядок выполнения работы при определении коэффициента запаса точности $K_3(t)$

1. Определить величину $\bar{\Delta}(t)$ с учетом значений $\bar{x}(t)$ и x_0 .

2. Рассчитать коэффициент смещения $K_c(t)$ по величинам $\bar{\Delta}(t)$ и T .

3. Определить коэффициент мгновенного рассеяния $K_p(t)$ с учетом значений $\omega(t)$ и T .
4. Определить коэффициент запаса точности $K_3(t)$ по величинам $K_c(t)$ и $K_p(t)$.
5. Проанализировать полученный результат и сделать заключение о точности данной операции по величине $K_p(t)$.

4.5. Содержание отчета

1. Название работы.
2. Исходные данные, необходимые для расчета K_T и $K_3(t)$.
3. Расчет величин δ_Σ , $\bar{\Delta}(t)$, $K_c(t)$, $K_p(t)$, K_T и $K_3(t)$.
4. Выводы.

4.6. Контрольные вопросы

1. Каковы цели определения надежности технологических систем по параметрам точности?
2. В каких случаях производится контроль точности технологических систем по альтернативному признаку?
3. Когда выполняется контроль точности технологических систем по количественному признаку?
4. Какие методы используются для оценки надежности технологических систем по параметрам точности?
5. В чем заключается сущность расчетных методов?
6. Каковы особенности методов квалитетов и опытно-статистических?
7. Как определяется коэффициент точности K_T ?
8. По какой зависимости определяется коэффициент $K_3(t)$?

Рекомендуемая литература: [1, 5, 6, 11].

Лабораторная работа 5

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ОБРАБОТАННЫХ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ ПОСТРОЕНИЯ КРИВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ

Цель работы: определение характера распределения размеров при механической обработке (на примере точения) методами математической статистики; приобретение навыков расчета поля рассеяния размеров, среднего арифметического размера, среднего квадратичного отклонения, вероятности брака (%).

Работа рассчитана на два академических часа.

Студент должен знать:

- способ построения кривых распределения;
- законы распределения размеров;
- факторы, влияющие на вероятность возникновения брака при обработке;
- пути повышения точности механической обработки.

Студент должен уметь:

- рассчитывать средний арифметический размер и среднее квадратичное отклонение;
- определять вероятность возникновения брака при обработке на металлорежущих станках;
- строить кривые распределения размеров.

5.1. Основные положения

Точность обработки деталей можно оценить путем построения кривых распределения размеров.

Способ построения кривых распределения размеров применим при производстве большого числа одинаковых деталей, обрабатываемых как на предварительно настроенных станках, так и методом пробных рабочих ходов (пробных стружек). Данный способ позволяет оценить точность обработки.

Кривые распределения размеров строят следующим образом. Обрабатывают партии деталей в одинаковых условиях. Затем детали

измеряют по одному важному размеру, определяющему точность. При этом оказывается, что, несмотря на одинаковые условия обработки, размеры отличаются друг от друга, хотя в отдельных случаях и совпадают. Разность максимального и минимального размеров партии деталей называют **полем рассеяния размеров**. Поле рассеяния размеров характеризует точность обработки: чем меньше поле рассеяния, тем точнее принятый метод и условия обработки.

Точность обработки характеризуется также **законом распределения размеров** (кривая распределения).

Для построения кривых распределения размеров измеряют данный размер у определенного числа деталей n (от 50 до 250). Совокупность измерений размеров деталей разбивают на ряд групп размеров с одинаковыми интервалами. Число групп размеров N определяют по приближенной формуле

$$N \cong \sqrt{n} .$$

Полученные данные представляют в виде графика, называемого гистограммой распределения, в котором по оси абсцисс откладывают размеры групп, а по оси ординат – число деталей m , чьи размеры лежат в пределах соответствующих групп. После нанесения на график точек получают ломаную линию, называемую **полигоном распределения**. Вместо абсолютного числа деталей по оси ординат можно откладывать отношение этого числа m к общему числу деталей n в партии; отношение $\frac{m}{n}$ – называют **относительной частотой**, или **частотью**, где m – абсолютная частота в данном интервале размеров.

При обработке деталей на металлорежущих станках кривая распределения часто близка к кривой нормального распределения (закон Гаусса) (рис. 5.1). При обработке точных деталей (5...7-й квартал) распределение размеров деталей может следовать другим законам (равной вероятности, треугольника – закон Симпсона и др.).

Кривая нормального распределения описывается уравнением Гаусса:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-x_{\text{cp}})^2}{2\sigma^2}} ,$$

где x и y – текущие абсцисса и ордината кривой; x_{cp} – среднее арифметическое всех измерений размеров; σ – среднее квадратичное отклонение; e – основание натуральных логарифмов.

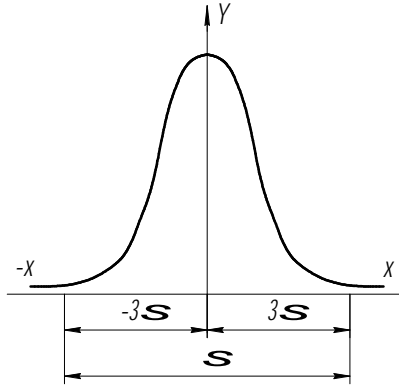


Рис. 5.1. Кривая нормального распределения (Гаусса)

Среднее значение размера

$$x_{cp} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_1^n x_i}{n},$$

где x_i – значение текущего измерения; n – число произведенных измерений.

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - x_{cp})^2 + (x_2 - x_{cp})^2 + \dots + (x_n - x_{cp})^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_1^n (x_i - x_{cp})^2}{T}}.$$

Величина x_{cp} соответствует максимуму кривой y_{max} . В этом случае $x = x_{cp}$.

$$y_{пер} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cong \frac{0,4}{\sigma}.$$

Точки перегиба кривой Гаусса находятся на расстоянии $+\sigma$ и $-\sigma$ от x_{cp} (оси симметрии кривой). Если $x_{cp} = 0$, $x = \sigma$, то

$$y_{пер} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{a^2}{2a^2}} = \frac{y_{max}}{\sqrt{e}} \cong 0,6y_{max} \cong \frac{0,4}{\sigma}.$$

Ветви кривой Гаусса уходят в бесконечность, асимптотически приближаясь к оси X .

Приближенное построение теоретической кривой Гаусса возможно по пяти точкам, координаты которых приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Координаты точек для приближенного построения кривой Гаусса

Номер точки	x_i	y_i
1	$x_1 = -3\sigma$	$y_1 = 1$
2	$x_2 = -\sigma$	$y_2 = \frac{0,24}{\sigma} = 0,6y_{max}$
3	$x_3 = 0$	$y_3 = y_{max} = \frac{0,4}{\sigma}$
4	$x_4 = \sigma$	$y_4 = \frac{0,24}{\sigma} = 0,6y_{max}$
5	$x_5 = 3\sigma$	$y_5 = 0$

Из уравнения кривой распределения Гаусса следует, что форма кривой определяется величиной среднего квадратичного отклонения σ . При уменьшении величины σ кривая получается менее растянутой, что соответствует меньшему рассеянию размеров.

При помощи кривой распределения можно определить вероятное число годных деталей и вероятное число бракованных деталей, размеры которых выходят за поле допуска.

Если отложить по оси X (по обе стороны от нуля) величину $\pm 3\sigma$, то оказывается, что в данном интервале содержится 99,73 % всех величин (отклонений), относящихся к данной кривой (см. рис. 5.1). Участками кривой Гаусса $x > 3\sigma$ и $x < -3\sigma$ можно пренебречь.

На основании этого поле допуска на размер должно быть равно или больше 6σ . При расширении поля допуска сверх 6σ вероятность появления брака снижается незначительно.

В результате действия систематических причин (например, подналадка станка) кривая распределения может быть двухвершинной (рис. 5.2). В этом случае поле рассеяния увеличивается на величину ε и допуск σ на размер (без опасности появления брака) должен быть равен

$$\sigma \geq 6\sigma + \varepsilon.$$

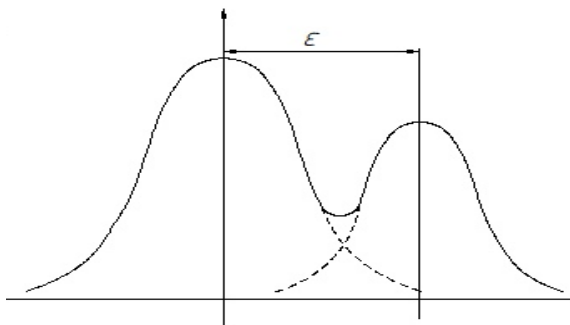


Рис. 5.2. Двухвершинная кривая распределения

Определим вероятность возникновения брака при обработке. Брак возникает, если допуск на обработку меньше поля рассеяния размеров. Предположим, что поле допуска σ установлено двумя размерами x_1 и x_2 границ этого допуска от среднего размера (рис. 5.3). Вероятное число годных деталей в этом случае определяется отношением

$$\frac{F_1 + F_2}{F},$$

где F_1 и F_2 – площади между участками кривых Гаусса и осью абсцисс при размерах x_1 и x_2 ; F – площадь между всей кривой Гаусса и осью абсцисс. При значительном расширении поля допуска ($x_1 = x_2 = 3\sigma$) отношение площадей приближается к единице, так как $F_1 + F_2 = F$. В этом случае считают, что вероятность данного достоверного события равна единице.

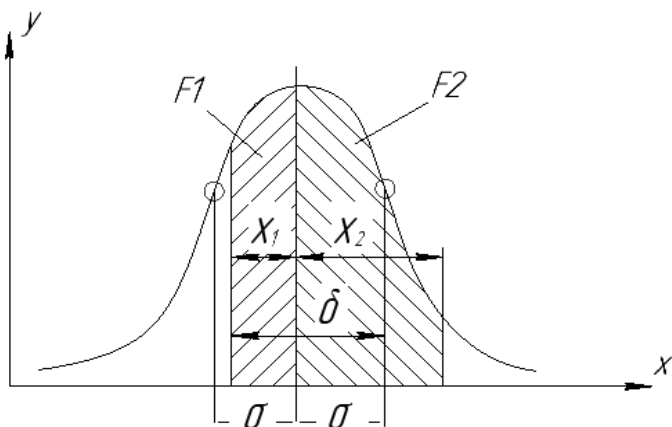


Рис. 5.3. Кривая нормального распределения с полем допуска

Определим площади заштрихованных участков F_1 и F_2 при симметричном расположении кривой распределения относительно оси ординат:

$$F_1 = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{x_1} e^{\frac{-x^2}{2\sigma^2}} dx,$$

$$F_2 = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{x_2} e^{\frac{-x^2}{2\sigma^2}} dx.$$

Эти интегралы представляют в виде функции $\Phi(z)$, где $z = \frac{x}{\sigma}$:

$$F_1' = 0,5\Phi(z_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{z_1} e^{-\frac{z^2}{2}} dz,$$

$$F_2' = 0,5\Phi(z_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{z_2} e^{-\frac{z^2}{2}} dz.$$

Величины F_1' и F_2' меньше единицы. Они выражают долю всей площади между кривой Гаусса и осью абсцисс. Площадь между

всей кривой Гаусса и осью абсцисс при этом принимают за единицу.

Значения функции $\Phi(z)$ через десятую долю аргумента приведены в табл. 5.2. При $z = \pm 3$ функция $\Phi(z) = 0,9973$. Это значит, что из всей партии обработанных деталей размеры только 0,27 % выходят за пределы допуска $\sigma = 6\sigma$.

Таблица 5.2

Значения функции $\Phi(z)$

z	$\Phi(z)$	z	$\Phi(z)$	z	$\Phi(z)$
0,0	0,0000	1,2	0,7699	2,4	0,9836
0,1	0,0797	1,3	0,8064	2,5	0,9876
0,2	0,1585	1,4	0,8385	2,6	0,9907
0,3	0,2358	1,5	0,8664	2,7	0,9931
0,4	0,3108	1,6	0,8904	2,8	0,9949
0,5	0,3829	1,7	0,9109	2,9	0,9963
0,6	0,4515	1,8	0,9281	3,0	0,9973
0,7	0,5161	1,9	0,9426	3,1	0,99806
0,8	0,5763	2,0	0,9545	3,2	0,99862
0,9	0,6319	2,1	0,9643	3,3	0,99903
1,1	0,6827	2,2	0,9722	3,4	0,99933
1,2	0,7287	2,3	0,9786	3,5	0,99953

5.2. Примеры расчета точности обработки деталей по кривым распределения размеров

Пример 1. Определить вероятность получения брака деталей, если среднее квадратичное отклонение метода обработки $\sigma = 0,02$ мм, допуск на обработку $\delta = 0,08$ мм. Границы поля допуска (см. рис. 5.3) расположены на расстояниях $x_1 = 0,02$ мм и $x_2 = 0,06$ мм от центра группирования.

Найдем значения z_1 и z_2 :

$$z_1 = \frac{x_1}{\sigma} = 0,02 : 0,02 = 1; \quad z_2 = \frac{x_2}{\sigma} = 0,06 : 0,02 = 3.$$

По табл. 5.2: $F_1' = 0,5\Phi(z_1) = 0,3413$; $F_2' = 0,5\Phi(z_2) = 0,4986$.

Вероятность получения брака

$$W = 1 - (F_1' + F_2') = 1 - (0,3413 + 0,4986) = 0,16.$$

Пример 2. Насколько уменьшится вероятность получения брака по условиям предыдущей задачи, если центр группирования кривой распределения совместить с серединой поля допуска путем настройки технологической системы?

В данном случае $z_1 = z_2 = z = 0,04 : 0,02 = 2$. По табл. 5.2 $F_1' = F_2' = 0,5\Phi(z) = 0,4772$.

Вероятность получения брака $W = 1 - (F_1' + F_2') = 1 - (0,4772 + 0,4772) = 0,046$.

По сравнению с предыдущим случаем вероятность получения брака уменьшилась на 11,4 %.

5.3. Порядок выполнения работы

1. Точить на токарном станке по наружному диаметру 50 штук заготовок типа «диск», установленных на оправке, которая зажата в трехкулачковом патроне с закреплением гайкой (рис. 5.4). Заготовки обрабатывать при одной настройке станка без смены инструмента и его подналадки. Настройку станка на размер произвести на первой заготовке, а затем при обточке других заготовок резец не отводить в радиальном направлении. Для этого снимать обработанную заготовку при выключенном станке в крайнем левом положении резца, после чего отводить резец в крайнее правое положение и крепить следующую заготовку.

2. Измерить микрометром обточенные заготовки и результаты замеров занести в протокол отчета.

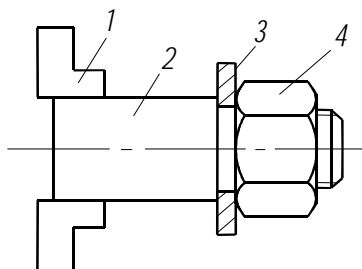


Рис. 5.4. Схема установки заготовки на станке:
1 – кулачок патрона; 2 – оправка; 3 – заготовка; 4 – гайка

3. Построить кривую распределения фактических размеров.

По оси Y отложить значения относительной частоты $\frac{m}{n}$, а по оси

X размеры деталей с рассчитанным интервалом.

4. Вычислить величину среднего квадратичного отклонения и на кривой распределения нанести границы $\pm 3\sigma$.

5. Сделать вывод о возможной величине допуска на данную деталь, при которой брак будет практически отсутствовать ($W = 0,27\%$).

6. Построить приближенную кривую Гаусса по 5 точкам. Пример построения полигона распределения и приближенной теоретической кривой Гаусса приведен на рис. 5.5.

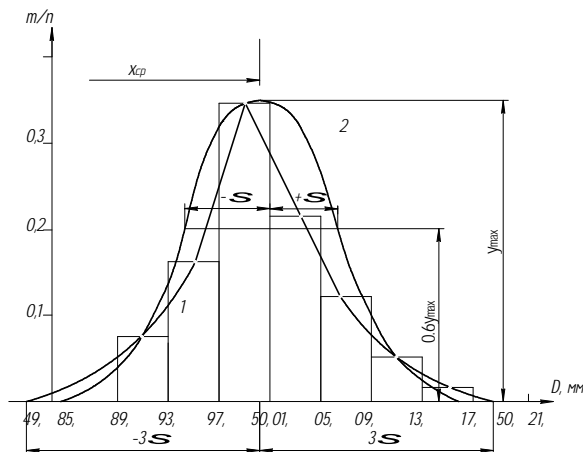


Рис. 5.5. Полигон распределения размеров (1) и теоретическая кривая нормального распределения (2)

7. Определить вероятность получения брака деталей, в том числе исправимого, при заданной величине допуска.

5.4. Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Эскиз обработки.
4. Условия обработки (станок, приспособления, режим резания, обрабатываемый материал, измерительный инструмент).
5. Протокол замеров деталей.
6. Таблица для построения кривой распределения действительных размеров (интервалы размеров, абсолютная частота m , относительная частота $\frac{m}{n}$).
7. Расчет величины среднего квадратичного отклонения.
8. Кривые распределения фактических размеров и приближенная Гаусса.
9. Выводы.

5.5. Контрольные вопросы

1. Каковы цели построения кривых распределения размеров?
2. Чем характеризуется точность обработки деталей на металлорежущих станках?
3. Каким образом строятся кривые распределения размеров?
4. В чем заключается сущность определения вероятности возникновения брака при обработке?
5. Каким законам подчиняется распределение размеров деталей при обработке деталей на металлорежущих станках?
6. Как определяются средний арифметический размер, среднее квадратичное отклонение, вероятность получения брака деталей (%)?

Рекомендуемая литература: [1, 2, 5, 11].

Лабораторная работа 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ТРЕБУЕМОЕ КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ

Цель работы: приобретение навыков выбора и определения последовательности способов обработки заготовки деталей машин, обеспечивающей требуемое качество поверхности.

Работа рассчитана на два академических часа.

Студент должен знать:

- закономерности получения точности размеров, формы и взаиморасположения обрабатываемых поверхностей заготовок;
- закономерности формирования физико-механических и эксплуатационных свойств поверхностного слоя деталей.

Студент должен уметь:

- проектировать технологический процесс изготовления деталей сельскохозяйственных машин;
- разрабатывать технологические операции.

6.1. Основные положения

Технологическое обеспечение параметров качества поверхности (шероховатость, волнистость, макроотклонения) и поверхностного слоя (физико-механические свойства) является одним из определяющих факторов формирования требуемых эксплуатационных свойств изделий на стадии изготовления.

Как известно, эксплуатационные свойства деталей машин (износостойкость, выносливость, коррозионная стойкость, усталостная прочность, теплопроводность, контактная жесткость, прочность посадок, герметичность соединений, отражательная способность и т. д.) зависят от размерной точности и качества их поверхностей. Последнее в свою очередь определяется совокупностью характеристик шероховатости поверхности, физико-механическими свойствами (твердость, микротвердость, величина и знак остаточных напряжений и др.) и микроструктурой поверхностного слоя.

Размерная точность и шероховатость поверхностей детали определяется способом (последовательностью способов) ее механической обработки. Каждому способу механической обработки соответствует свой диапазон размерной точности и высоты микронеровностей.

Для обеспечения требуемых физико-механических свойств поверхностного слоя детали машин подвергаются упрочняющей обработке. Различным способам такой обработки присущи свои технологические возможности.

6.2. Методические указания

В данной работе необходимо произвести выбор и определение последовательности способов механической и упрочняющей обработки, обеспечивающих требуемую размерную точность и качество поверхности детали, а следовательно, требуемые эксплуатационные свойства.

При выборе и определении способа (последовательности способов) механической и упрочняющей обработки следует руководствоваться техническими требованиями чертежа детали, а также известными зависимостями между параметрами качества поверхности и условиями эксплуатации детали. Например, повышение износостойкости достигается за счет высокой твердости (микротвердости) поверхностного слоя. Увеличение выносливости обеспечивается в результате создания минимальной высоты микронеровностей, значительной твердости (микротвердости), сжимающих остаточных напряжений и т. д.

Экономически целесообразно применять методы обработки, при которых достигается наименьшая технологическая себестоимость. В случае если достижение одинаковых параметров качества поверхности возможно при различных способах механической обработки, то производится сопоставление их себестоимости по приведенным затратам $C_{п.з.}$.

Себестоимость рассчитывается по зависимости

$$C = \frac{C_{п.з.} T_{шт}}{60},$$

где $T_{шт}$ – штучное время на операцию, мин.

Выполнение работы осуществляется в соответствии с заданием, которое выдается преподавателем на группу из двух–трех студентов. Варианты задания приведены в табл. 6.1.

Значения приведенных затрат штучного времени, средней экономической точности и высоты микронеровностей поверхности деталей, достигаемые при различных способах механической обработки наружных поверхностей тел вращения и цилиндрических отверстий, приведены в табл. 6.2.

Технологические возможности некоторых способов упрочняющей обработки сведены в табл. 6.3.

Используя исходные данные, а также сведения из табл. 6.2 и 6.3, осуществляют выбор и определение последовательности способов обработки детали.

Необходимо иметь в виду, что при назначении промежуточных методов механической обработки следует руководствоваться тем, что каждая последующая обработка повышает точность размеров на 1...2 квалитета и уменьшает высотные параметры шероховатости в 2...6 раз. Например, если необходимо обработать наружную поверхность вращения вала с точностью по 6-му квалитету и параметром шероховатости $Ra = 0,6...1,0$ мкм, а заготовкой служит поковка, то необходимо предусмотреть следующие промежуточные операции или переходы:

–обтачивание:

черновое – 12-й квалитет,

чистовое – 10-й квалитет ($Ra = 2,0...3,0$ мкм);

–шлифование:

предварительное – 8-й квалитет,

чистовое – 6-й квалитет ($Ra = 0,6...1,0$ мкм).

Отделочная и упрочняющая обработки заготовки, как правило, выполняются на конечной стадии технологического процесса. При выборе способа упрочняющей обработки необходимо иметь в виду, что стали с содержанием углерода до 0,4 % подвергаются химико-термической обработке (цементация, азотирование, силицирование, оксидирование, фосфатирование, сульфидирование, сульфоцианирование и др.). Поверхностное пластическое деформирование (ППД) используется для нетермообработанных деталей.

Таблица 6.1

Значения параметров для выполнения заданий по вариантам

Номер варианта	Тип поверхности	Материал, сталь	Требования к размерной точности и качеству поверхности детали				
			Квалитет допуска размера	Ra , мкм	Твердость, НРС	Величина остаточных напряжений сжатия, МПа	Толщина упрочненного слоя, мм
1	Наружная вращения	40X	6	0,2	54	600	1,0
2		35	7	0,4	60	800	0,1
3		18ХГТ	6	0,2	62	950	1,2
4		45	10	0,6	40	750	1,5
5		25	6	0,2	52	500	1,4
6		40ХН	8	0,4	54	650	0,6
7		12ХН2	6	0,2	62	900	1,0
8		30	7	0,6	50	550	0,8
9	Внутренняя цилиндри- ческая	20	6	0,2	62	900	1,0
10		50	7	0,4	66	1000	0,4
11		40X	8	0,1	55	650	1,6
12		Ст.3	7	0,1	32	700	0,4
13		20X	7	0,2	58	680	0,4
14		45	8	0,4	52	500	0,8
15		20ХГР	7	0,2	56	850	0,1

Таблица 6.2

Приведенные затраты и время на выполнение операций, точность и высота микронеровностей при различных способах обработки

Способ	Приведенные затраты $C_{плз}$, у.е./ч.	Штучное время $T_{шт}$, мин	Квалитет допуска размера	Параметр шероховатости Ra , мкм
Наружные поверхности вращения				
Обтачивание: – получистовое или однократное	22,4	2,29	11...13	16,0...2,0
– чистовое	22,4	2,49	8...10	3,2...0,8
– тонкое	26,9	2,19	6...9	1,6...0,2
Шлифование: – предварительное	23,0	2,14	8...9	6,3...0,4
– чистовое	23,0	2,14	6...7	3,2...1,25
– тонкое	31,7	2,66	5...6	0,25...0,05
Полирование обычное	–	–	4...5	0,08...0,008
Притирка, суперфиниширование	–	–	4...5	0,1...0,01
Внутренние цилиндрические поверхности вращения				
Сверление и рассверливание	23,7	2,25	9...13	12,0...3,2
Зенкерование: – литого или прошитого отверстия	23,7	2,25	10...13	2,5...8,0
– чистовое после чернового сверления	23,7	1,53	8...9	3,2...1,25

Способ	Приведенные затраты $C_{п.з}$ у.с./ч.	Штучное время $T_{шт}$, мин	Квалитет допуска размера	Параметр шероховатости R_a , мкм
Развертывание: – нормальное – точное – тонкое	23,7 23,7 23,7	1,74 2,32 3,87	10...11 7...9 5...6	2,5...1,25 6,3...0,4 0,63...0,32
Протягивание: – литого или прошитого отверстия – чистовое после чернового сверления	26,8 26,8	0,8 0,8	10...11 6...9	1,25...0,8 1,25...0,32
Растачивание: – черновое – чистовое – тонкое	36,1 24,1 24,1	1,49 1,72 1,96	11...13 8...10 5...7	12,5...2,5 6,3...0,4 0,8...0,2
Шлифование: – предварительное или однократное – чистовое – тонкое	22,0 22,0 30,0	7,2 8,28 8,64	8...9 6...7 5	3,2...1,6 1,6...0,32 0,32...0,08
Хонингование: – черновое – чистовое – тонкое	22,8 22,8 22,8	– – –	5...6 4...5 4...5	3,2...1,25 1,25...0,25 0,25...0,04
Притирка	22,8	–	4...5	0,16...0,02

Таблица 6.3

Классификация и технологические возможности
способов упрочняющей поверхностной обработки деталей машин

Процессы и параметры поверхностного слоя, обуславливающие упрочнение	Способ упрочнения	Технологические возможности						
		Материал заготовки	Точность обработки	Параметр шероховатости Ra , мкм	Твердость обработанной поверхности, HRC	Величина остаточных напряжений в поверхн. слое, МПа	Толщина упрочненного слоя, мм	
							min	max
Упрочнение пластическим деформированием поверхностного слоя (наклепом). Повышение физико-механических свойств поверхностного слоя, изменение величины и знака остаточных напряжений в поверхностном слое, улучшение микрогеометрии обработанной поверхности	Накатывание роликом	Чугун, сталь, сплавы из цветных металлов	Сохраняется от предшествующей обработки	1,6...0,05	Увеличивается на 20...50 %	600...800	1,0	2,0
	Накатывание шариком	То же	То же	0,4...0,05	Увеличивается на 10...20 %	То же	0,3	0,5
	Раскатывание шариком (роликом)	То же	7...9-й квал.	0,4...0,05	То же	То же	0,1	0,5
	Алмазное выглаживание	То же	То же	0,4...0,02	–	–	0,1	0,6

Продолжение таблицы 6.3

Процессы и параметры поверхностного слоя, обуславливающие упрочнение	Способ упрочнения	Технологические возможности						
		Материал заготовки	Точность обработки	Параметр шероховатости Ra , мкм	Твердость обработанной поверхности, HRC	Величина остаточных напряжений в поверхн. слое, МПа	Толщина упрочненного слоя, мм	
							min	max
Упрочнение поверхностной химико-термической (термодиффузионной) обработкой. Изменение физико-химических свойств и структуры поверхностного слоя, изменение величины и знака остаточных напряжений в поверхностном слое	Цементация	Малоуглеродистая сталь	Коробление (поводка) 0,05...0,15 мм	Увеличивается в 2...4 раза	60...70	400...1000	0,5	2,0
	Азотирование	Сталь, чугун	Коробление 0,05...0,10 мм	То же	58...70	–	0,05	0,60
	Цианирование	Сталь	То же	То же	60...75	–	0,01	2,5
	Хромирование	Сталь	То же	То же	72...80	–	0,02	0,30

Процессы и параметры поверхностного слоя, обуславливающие упрочнение	Способ упрочнения	Технологические возможности						
		Материал заготовки	Точность обработки	Параметр шероховатости Ra , мкм	Твердость обработанной поверхности, HRC	Величина остаточных напряжений в поверхн. слое, МПа	Толщина упрочненного слоя, мм	
							min	max
Упрочнение поверхностной термообработкой. Изменение физико-механических свойств и структуры поверхностного слоя, изменение величины и знака остат. напряжений	Закалка с нагревом ТВЧ	Сталь	Коробление 0,03...0,07 мм	Не изменяется	–	–	0,2	10
Упрочнение поверхностей заготовок в электромагнитном поле	Электромагнитная наплавка	Сталь	12-й квал.	20...6,3	50...56	600...800	0,6	1,2

Так наружные и внутренние поверхности изделий типа тел вращения твердостью менее 45...50 HRC эффективно обрабатывать накатыванием роликовым или шариковым инструментом, а поверхности твердостью более 50 HRC – методом алмазного выглаживания. Для упрочнения традиционных, более дешевых марок сталей обычного качества (Ст.3, Ст.4, Ст.5 ГОСТ 380–88) твердостью, не превышающей 200 HB, перспективно применять электромагнитную наплавку (ЭМН) или комбинированный метод ЭМН с ППД порошковых материалов. Эти методы позволяют формировать в поверхностных слоях изделий типа тел вращения прогнозируемый уровень остаточных сжимающих напряжений, положительно влияющих на усталостную прочность, а также увеличивать ресурс деталей, работающих в условиях высоких нагрузок и интенсивного абразивного изнашивания. Отделочными методами обработки (шлифование, хонингование, полирование, притирка и т. п.), которые производятся после термического, химико-термического упрочнения и ЭМН, возможно получение параметра шероховатости в диапазоне $Ra = 1,6 \dots 0,025$ мкм. В табл. 6.4 приведены различные диапазоны и предпочтительные значения получаемых параметров шероховатости после механической обработки упрочненных поверхностей.

Таблица 6.4

Значения параметра шероховатости

Ra , мкм		Ra , мкм	
Диапазон	Предпочтительное значение	Диапазон	Предпочтительное значение
80; 63; 40	50	0,63; 0,5; 0,32	0,4
40; 32; 20	25	0,32; 0,25; 0,16	0,2
20; 16; 10	12,5	0,16; 0,125; 0,08	0,1
10; 8; 5	6,3	0,08; 0,063; 0,04	0,05
5; 4; 2,5	3,2	0,04; 0,032; 0,02	0,025
2,5; 2; 1,25	1,6	0,02; 0,016; 0,01	0,012
1,25; 1; 0,63	0,8	0,01; 0,008	–

Ниже показаны примеры выполнения работы. Задания для рассматриваемых примеров приведены в табл. 6.5.

Таблица 6.5

Значения параметров для рассматриваемых примеров

Тип поверхности	Материал, сталь	Требования к размерной точности и качеству поверхности детали				
		Квалитет допуска размера	Ra , мкм	Твердость, HRC	Величина остаточных напряжений сжатия, МПа	Толщина упрочненного слоя, мм
Наружная вращения	20X	6	0,2	62	850	1,2
Внутренняя цилиндрическая	40X	6	0,4	55	640	0,3
Наружная вращения	Ст.3	7	0,4	60	750	1,0

Пример 1. Анализируя задание, приходим к заключению, что требования к размерной точности и шероховатости наружной поверхности вращения можно обеспечить в результате следующей последовательности способов механической обработки: обтачивание предварительное и чистовое, шлифование предварительное, чистовое и тонкое (табл. 6.2). Учитывая, что деталь изготавливается из малоуглеродистой стали ($C = 0,2\%$), в соответствии с требованиями к твердости, величине остаточных напряжений и толщине упрочненного слоя выбирается способ упрочняющей обработки – цементация (см. табл. 6.3).

Тогда вся последовательность способов обработки, обеспечивающая требуемую размерную точность и качество поверхности, представляет собой следующее: обтачивание предварительное и чистовое, цементация, шлифование предварительное, чистовое. Принятая последовательность способов обработки изображается в виде схемы (рис. 6.1).

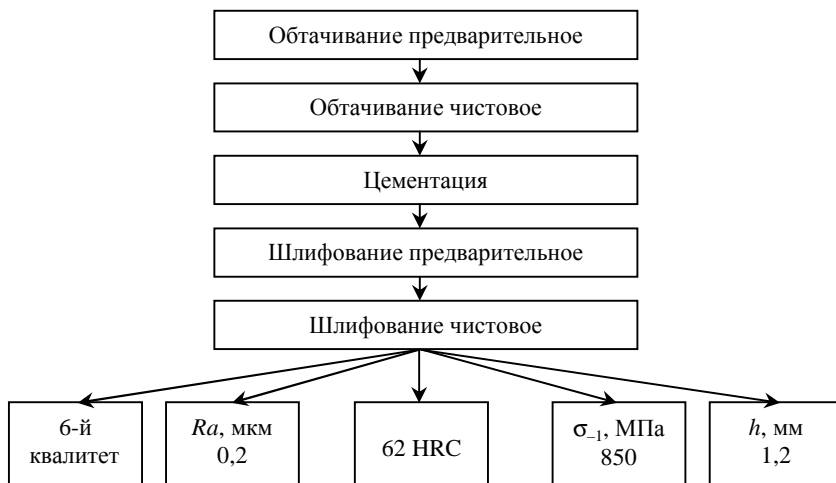


Рис. 6.1. Схема комплекса способов и результаты обработки наружной поверхности вращения

Пример 2. Действуя в той же последовательности, что и в первом случае, из табл. 6.4 выбирается комплекс способов механической обработки: зенкерование, черновое растачивание или протягивание, тонкое растачивание и однократное шлифование. В данном случае возможны три варианта предварительной обработки отверстия. Выбор способа обработки производится по результатам определения себестоимости. Используя данные табл. 6.4, определяем себестоимость каждого варианта обработки.

Обозначим себестоимость: зенкерования C_1 , чернового растачивания C_2 и протягивания C_3 .

Тогда

$$C_1 = \frac{23,7 \cdot 1,53}{60} = 0,604 \text{ у.е.};$$

$$C_2 = \frac{36,1 \cdot 1,49}{60} = 0,896 \text{ у. е.};$$

$$C_3 = \frac{26,8 \cdot 0,80}{60} = 0,357 \text{ у. е.}$$

Таким образом, по минимальной себестоимости предпочтение следует отдать протягиванию.

Материал детали содержит 0,4 % С. С учетом требований к физико-механическим свойствам поверхностного слоя выбирается способ упрочнения (табл. 6.3) – поверхностная закалка с нагревом токами высокой частоты (ТВЧ). Тогда вся последовательность способов обработки представляет собой следующее: протягивание, растачивание чистовое, поверхностная закалка с нагревом ТВЧ, шлифование однократное. Весь комплекс способов обработки представлен на рис. 6.2.

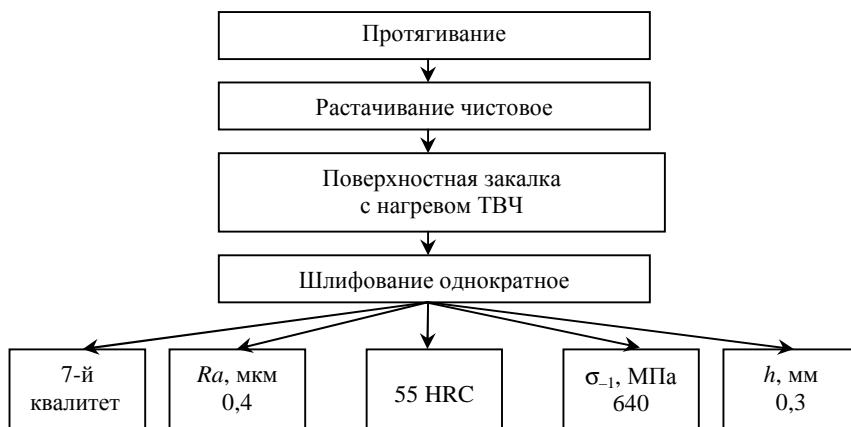


Рис. 6.2. Схема комплекса способов и результаты обработки внутренней цилиндрической поверхности

Пример 3. В результате проведенного анализа задания (материал обрабатываемой детали – сталь обычного качества марки Ст.3) предложена разработка технологического процесса обработки и упрочнения изделия с использованием метода электромагнитной наплавки в сочетании с поверхностным пластическим деформированием, который позволяет упрочнить рабочую поверхность детали, а также восстановить ее геометрические размеры. Требования к размерной точности, шероховатости, твердости поверхностного слоя детали можно обеспечить в результате следующей последовательности способов механической и упрочняющей обработок: обтачивание предварительное, ЭМН с ППД, шлифование

предварительное и чистовое (табл. 6.2 и 6.3). Принятая последовательность способов обработки представлена в виде схемы (рис. 6.3).

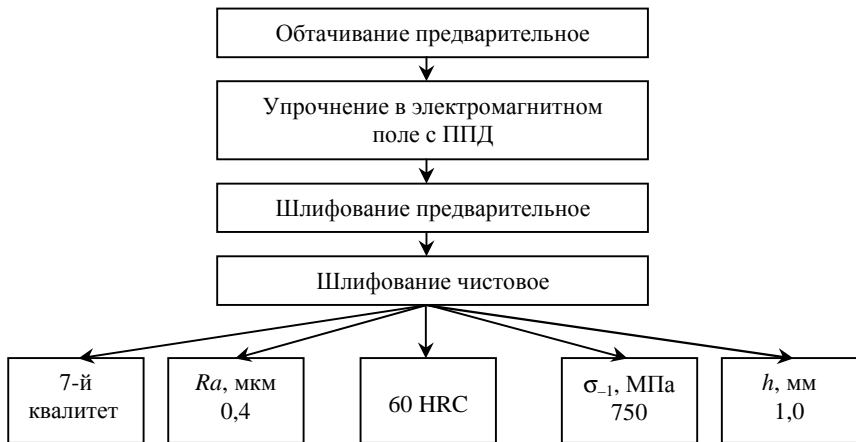


Рис. 6.3. Схема комплекса способов и результаты упрочнения в электромагнитном поле в сочетании с поверхностным пластическим деформированием и последующей обработкой наружной поверхности вращения

6.3. Порядок выполнения работы

1. Проанализировать полученное задание.
2. Выбрать последовательность механической обработки (табл. 6.1 и 6.2) в зависимости от типа поверхности и требований к размерной точности и шероховатости поверхности.
3. Произвести сравнение вариантов механической обработки по себестоимости.
4. Выбрать способ упрочняющей обработки (табл. 6.3) в зависимости от материала детали и требований к физико-механическим свойствам поверхности.
5. Определить общую последовательность способов обработки, обеспечивающую требуемое качество поверхности.
6. Составить схему выбранной последовательности способов обработки.
7. Проанализировать полученные результаты.
8. Составить отчет.

6.4. Содержание отчета

1. Название работы.
2. Содержание задания.
3. Анализ задания и обоснование выбранной последовательности механической обработки и способа упрочнения.
4. Схема последовательности способов обработки.
5. Выводы.

6.5. Контрольные вопросы

1. Какими исходными данными необходимо пользоваться для выбора последовательности способов обработки?
2. Как определяется себестоимость механической обработки по приведенным затратам?
3. Как выбирается способ поверхностного упрочнения?
4. В каких случаях применяются способы химико-термического и термического упрочнения?
5. Для обеспечения каких физико-механических свойств используются способы поверхностного пластического деформирования?

Рекомендуемая литература: [1, 4, 5, 12].

Лабораторная работа 7

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МАРШРУТА ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ МАШИН (ВАЛ, ЗУБЧАТОЕ КОЛЕСО, КОРПУС)

Цель работы: закрепление, углубление и обобщение знаний, полученных на предыдущих этапах изучения дисциплины; приобретение практических навыков разработки маршрутных технологических процессов обработки заготовок деталей машин, выбора средств технического оснащения и оформления технологической документации.

Работа рассчитана на четыре академических часа.

Студент должен знать:

- типы машиностроительного производства;
- последовательность разработки маршрутного технологического процесса;
- структуру технологической операции;
- назначение, устройство и технологические возможности основных типов металлорежущих станков;
- прогрессивные технологические процессы металлообработки.

Студент должен уметь:

- заполнять маршрутную и операционную карты и выполнять операционный эскиз;
- определять режим резания и подбирать металлорежущий станок и технологическую оснастку;
- определять норму времени на технологическую операцию;

7.1. Основные положения

Технология машиностроительного производства представляет собой совокупность различных технологических процессов – литья,ковки, штамповки, термической обработки и др. Технология же машиностроения охватывает заключительные стадии машиностроительного производства – превращение заготовок в готовые детали и сборку, т. е. изготовление машин, которое осуществляется в результате производственного процесса.

Производственный процесс – это совокупность всех действий людей и орудий труда, необходимых на данном предприятии для изготовления и ремонта продукции. Важнейшим элементом производственного процесса является технологический процесс.

Технологический процесс (ТП) – это часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда. К предметам труда относят **заготовки и изделия**.

По последовательности выполнения различают ТП изготовления исходных заготовок, термической обработки, механической (и другой) обработки заготовок, сборки изделий.

При механической обработке наблюдается последовательное изменение состояния исходной заготовки (ее геометрических форм, размеров и количества поверхностей) до получения готовой детали.

ТП выполняют на рабочих местах. **Рабочим местом** называют участок производственной площади, оборудованный в соответствии с выполняемой на нем работой.

Технологической операцией называют законченную часть ТП, выполняемую на одном рабочем месте. Операция охватывает все действия оборудования и рабочих над одним или несколькими совместно обрабатываемыми или собираемыми объектами производства.

Операции, входящие в состав ТП, выполняют в определенной последовательности. Содержание, состав и последовательность технологических операций определяют структуру ТП.

Операция – основной элемент ТП – имеет собственную структуру: технологический переход, вспомогательный переход, рабочий ход, установ, позицию, прием.

Технологический переход – законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же СТО при постоянных технологических режимах. Технологический переход характеризует постоянство применяемого инструмента, поверхностей, обрабатываемых обработкой или соединяемых при сборке, а также постоянство технологического режима.

Вспомогательный переход – законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и (или) оборудования, которые не сопровождаются изменением свойств предметов труда, но необходимы для выполнения технологического перехода (закрепление заготовки, смена инструмента и т. д.).

Рабочий ход – законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменениями формы, размеров, качества поверхности или свойств заготовки.

Установ – часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки или сборочной единицы.

Позиция – фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной обрабатываемой заготовкой или собираемой сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижных частей оборудования.

Прием – законченная совокупность действий человека при выполнении перехода или его части, объединенных одним цельным назначением.

При выполнении ТП на предприятии заготовка или сборочная единица последовательно проходит по цехам и производственным участкам в соответствии с выполняемыми операциями. Указанную последовательность называют **технологическим маршрутом**.

Последовательность технологических операций, результатом выполнения которых является достижение фиксированного состояния предмета труда (изготовление детали или сборочной единицы), называют **маршрутным ТП**.

Составление маршрута изготовления детали

При составлении маршрута изготовления детали производят сокращенное описание всех технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения без указания переходов и технологических режимов, но с указанием типа оборудования (станка). Маршрутное описание ТП обычно является основным в единичном и мелкосерийном производствах и сопроводительным (дополнительным) в других типах производств. Исходные данные для разработки маршрутной технологии: рабочий чертеж детали с техническими требованиями, чертеж заготовки с техническими условиями, ранее установленный тип производства, ранее проведенная отработка технологичности конструкции детали, предварительно определенные маршруты обработки отдельных поверхностей, ранее выбранные технологические базы с предварительно намеченным планом обработки заготовки.

При установлении последовательности обработки (для изготовления деталей нормальной геометрической точности) нужно руководствоваться следующими соображениями:

– следует обрабатывать поверхности, принятые за чистые (обработанные) технологические базы;

– последовательность обработки зависит от системы простановки размеров. В начало маршрута выносят обработку той поверхности, относительно которой на чертеже координировано большее число других поверхностей;

– при невысокой точности исходной заготовки сначала следует обрабатывать поверхности, имеющие наибольшую толщину удаляемого материала (для раннего выявления литейных и других дефектов, например раковин, включений, трещин, волосовин и т. п., и отсеивания брака). Далее последовательность операций необходимо устанавливать в зависимости от требуемой точности поверхности: чем точнее должна быть поверхность, тем позже ее необходимо обрабатывать, так как обработка каждой последующей поверхности может вызывать искажение ранее обработанной (снятие каждого слоя металла с поверхности заготовки приводит к перераспределению остаточных напряжений, что и вызывает деформацию заготовки). Последней нужно обрабатывать ту поверхность, которая является наиболее точной и ответственной для работы детали в машине;

– операции обработки поверхностей, имеющих второстепенное значение и не влияющих на точность основных параметров детали (сверление мелких отверстий, снятие фасок, прорезка канавок, удаление заусенцев и т. п.), следует выполнять в конце ТП, но до операций окончательной обработки ответственных поверхностей. В конец маршрута желательно также выносить обработку легкоповреждаемых поверхностей, к которым относят, например, наружные резьбы, наружные зубчатые поверхности, наружные шлицевые поверхности и т. п.;

– в случае, когда заготовку подвергают термической обработке, для устранения возможных деформаций нужно предусматривать правку заготовок или повторную обработку отдельных поверхностей для обеспечения заданных точности и шероховатости. Однако некоторые виды термической, химико-термической и гальванической обработок усложняют ТП. Например, при цементации требуется

науглеродить отдельные участки заготовки. Остальные участки защищают омеднением или оставляют на них припуск, который удаляют при механической обработке после цементации, но до закалки.

При изготовлении высокоточных (прецизионных) деталей маршрут механической обработки делят на стадии: предварительную (черновую), промежуточную (чистовую) и окончательную (отделочную). На первой снимают основную массу металла в виде припусков и напусков на всех поверхностях; на второй постепенно повышают точность поверхностей (для некоторых поверхностей она может быть окончательной стадией); на третьей обеспечивают заданные точность и качество поверхностного слоя.

Изложенные принципы построения маршрутов не во всех случаях являются обязательными. При жесткой заготовке и относительно малых обрабатываемых поверхностях окончательную обработку можно выполнять и в начале маршрута. Принцип разделения маршрута на стадии черновой, чистовой и отделочной обработок в определенной степени противоречит принципу концентрации технологических переходов в одной операции, когда можно совместить черновую и чистовую обработки (например, при изготовлении корпусных деталей из отливок и штамповок на агрегатных станках, на станках с ЧПУ типа «обрабатывающий центр»). Правильное составление маршрута изготовления детали определенного класса (конфигурации) и уровня точности может быть успешно выполнено на базе типового маршрутного ТП.

В массовом производстве содержание и объем операций определяют их длительностью, которая должна быть равной или кратной такту. На состав операции влияет также необходимость уменьшения числа переустановок заготовки со станка на станок, что имеет большое значение для обработки деталей, имеющих большую массу. При разработке маршрута изготовления детали по отдельным операциям устанавливают также типы станков и другого технологического оборудования.

Определение типа оборудования и оснастки

Выбор типа станка определяется возможностью обеспечить определенное формообразование, выполнение технических требований, предъявляемых к изготавливаемой детали в отношении точности

формы, расположения и шероховатости поверхностей. Если эти требования выполняются на различных станках, то при выборе учитывают следующие факторы:

- соответствие основных размеров станка габаритным размерам обрабатываемой заготовки или нескольких одновременно обрабатываемых заготовок;

- соответствие производительности станка годовой программе выпуска деталей или нескольких одновременно обрабатываемых заготовок;

- возможность полного использования станка, как по времени, так и по мощности;

- наименьшие затраты времени на обработку (минимальное станко-время);

- наименьшую себестоимость обработки (ориентировочную или сравнительную);

- наименьшую отпускную цену станка;

- реальную возможность приобретения станка.

Для определенного типа производства необходимо руководствоваться следующими рекомендациями по выбору станков. Для единичного производства чаще всего применяют станки, отличающиеся гибкостью и универсальностью формообразования поверхностей, большим диапазоном габаритов обрабатываемых поверхностей и отсутствием автоматизации. К их числу можно отнести универсальные станки с ручным управлением серийного производства, например токарно-винторезные, токарно-карусельные, радиально- и вертикально-сверлильные, горизонтально-фрезерные консольные, круглошлифовальные и т. п. В мелкосерийном и среднесерийном производствах для обработки партий заготовок используют станки с меньшей универсальностью, но с большей производительностью и с автоматизацией управления: токарно-револьверные полуавтоматы, сверлильные одно- и многошпиндельные полуавтоматы, токарно-винторезные с ЧПУ, вертикально-сверлильные с ЧПУ и др. Узкая специализация, высокие производительность и уровень автоматизации характерны для станков крупносерийного и массового производств. К ним можно отнести агрегатные станки, гибкие автоматические линии из станков с ЧПУ, жесткие автоматические линии из агрегатных и специальных станков.

Одновременно с выбором станка надо установить вид станочного приспособления, необходимого для выполнения на данном станке намеченной операции. Если требующееся приспособление является принадлежностью станка (патрон, тиски, люнет и т. п.), то указывают только его наименование. В крупносерийном и массовом производствах широко применяют главным образом специальные приспособления, которые сокращают основное и вспомогательное время больше, чем универсальные, при более высокой точности обработки.

При выборе станка и приспособления для каждой операции необходимо определить режущий инструмент, обеспечивающий достижение наибольшей производительности, требуемой точности и шероховатости обработанной поверхности; в маршрутной карте указывают наименование, марку материала и номер стандарта.

Применение того или иного типа инструмента зависит от вида станка, метода обработки, материала обрабатываемой заготовки, ее размера и конфигурации, требуемых точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей, типа производства. При выборе инструмента и установлении метода обработки назначают измерительный инструмент, необходимый для определения размеров поверхностей заготовки и других ее параметров точности. В маршрутную карту заносят наименование, тип, размер. В единичном производстве, когда размеры изготавливаемых деталей весьма разнообразны, применяют измерительные инструменты универсального назначения: линейки, штангенциркули, микрометры, нутромеры, глубиномеры, штихмассы и т. п. В серийном и массовом производствах применяют специальные измерительные инструменты: калибры, пробки, шаблоны, а также измерительные приспособления, часто многоместные и автоматизированные.

При разработке маршрутного ТП составляется маршрутная карта, в которую заносят наименование операций, их краткое содержание, технологические базы, тип оборудования и оснастку.

Разработка операций обработки заготовок

При разработке операций обработки заготовок необходимо решить следующие задачи:

- определить рациональную структуру операции, что позволит составить или уточнить содержание, последовательность выполнения и возможность совмещения во времени переходов операций;
- выбрать СТО;

– выбрать средства механизации и автоматизации выполнения операций (например, определить модель оборудования), включая транспортные устройства для перемещения заготовок;

– назначить и рассчитать режимы резания;

– определить нормы времени;

– установить настроечные размеры и составить схемы наладки.

Построение операции – многовариантная задача. Возможные варианты оценивают по производительности и себестоимости.

Разрабатывая операцию, стремятся к уменьшению времени выполнения технологической операции (нормы времени). При точном методе работы время изготовления единицы продукции увязывают с тактом выпуска.

7.2. Методические указания

Для выполнения работы студентам выдаются рабочие чертежи деталей по табл. 7.1, где указаны типы производства, типовые технологические процессы, нормативные и справочные материалы.

При разработке маршрута ТП механической обработки заготовки необходимо провести анализ рабочего чертежа детали, решить вопрос о методе получения заготовки, учитывая тип производства, найти и изучить аналог и типовой ТП. Для этого рекомендуется воспользоваться пособиями и приложениями к методическим указаниям.

Разработку варианта технологического маршрута обработки заготовки рекомендуется вести в следующей последовательности:

– выбрать технологические базы и схемы установки заготовок.

При этом необходимо руководствоваться основными принципами базирования;

– определить методы и маршруты обработки отдельных поверхностей заготовки, исходя из требуемой точности и качества поверхности детали и выбранной заготовки;

– по заданной точности и шероховатости детали, типа производства выбрать первый, промежуточные и завершающий методы обработки. Выбор конкретных методов производят с помощью таблиц экономической точности;

– выбрать оборудование, приспособления, металлорежущий и контрольно-измерительный инструменты;

–составить маршрут обработки заготовки в целом, включая термические и контрольные операции. При разработке рациональной последовательности операций учитывают необходимость получения на первых операциях технологических баз, разделения операций на черновые, чистовые и отделочные, завершения ТП обработкой наиболее ответственных поверхностей детали;

–выполнить нормирование времени операций ТП и определить штучное время, используя приближенные формулы для определения норм времени по обрабатываемой поверхности;

–заполнить маршрутную карту ТП;

–заполнить операционные карты и операционные эскизы.

7.3. Содержание отчета

1. Содержание задания.
2. Эскиз детали с указанием заданных размеров и шероховатости обрабатываемых поверхностей.
3. Технологический маршрут изготовления детали. Маршрутная карта.
4. Нормирование времени операций.
5. Операционная карта.
6. Операционный эскиз.
7. Выводы.

7.4. Контрольные вопросы

1. Назовите основные этапы разработки ТП изготовления детали.
2. Какие задачи решают при разработке маршрута изготовления детали?
3. Чем руководствуются при выборе средств технологического оснащения?
4. Какие правила соблюдают при определении содержания технологических операций?
5. Какими параметрами оценивают точность изготовления детали по разработанному ТП?

Варианты заданий

Номер варианта	Номер чертежа детали	Тип производства	Номер варианта	Номер чертежа детали	Тип производства
1	П - 001	Единичное	16	П - 016	Крупносерийное
2	П - 002	Мелкосерийное	17	П - 017	Единичное
3	П - 003	Среднесерийное	18	П - 018	Мелкосерийное
4	П - 004	Крупносерийное	19	П - 019	Среднесерийное
5	П - 005	Единичное	20	П - 020	Крупносерийное
6	П - 006	Мелкосерийное	21	П - 021	Единичное
7	П - 007	Среднесерийное	22	П - 022	Мелкосерийное
8	П - 008	Крупносерийное	23	П - 023	Среднесерийное
9	П - 009	Единичное	24	П - 024	Крупносерийное
10	П - 010	Мелкосерийное	25	П - 001	Единичное
11	П - 011	Среднесерийное	26	П - 002	Мелкосерийное
12	П - 012	Крупносерийное	27	П - 003	Среднесерийное
13	П - 013	Единичное	28	П - 004	Крупносерийное
14	П - 014	Мелкосерийное	29	П - 005	Единичное
15	П - 015	Среднесерийное	30	П - 006	Мелкосерийное

Рекомендуемая литература: [1, 2, 10, 12...15].

Лабораторная работа 8 РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ И МЕЖОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ

Цель работы: приобретение практического опыта по расчету межоперационных и общих припусков и допусков на механическую обработку при изготовлении деталей сельскохозяйственных машин на металлорежущих станках.

Работа рассчитана на четыре академических часа.

Студент должен знать:

- понятие о припуске на механическую обработку и методы его определения;
- расчетные формулы для определения припусков на обработку;
- правила расчета припусков на обработку;
- порядок определения предельных промежуточных размеров по технологическим операциям и окончательных размеров заготовки.

Студент должен уметь:

- разрабатывать технологический маршрут обработки заданной поверхности изготавливаемой детали;
- намечать установочные базы и определять способы крепления заготовки;
- строить схему графического расположения межоперационных припусков и допусков на обработку поверхности;
- пользоваться справочной технической литературой при определении припусков на механическую обработку.

8.1. Основные положения

Повышение эффективности машиностроительного и ремонтного производств в АПК предусматривает экономию металла, сокращение затрат труда на всех этапах производства, достижение оптимальных технико-экономических показателей при обеспечении наивысшего уровня качества и надежности машин.

Значительное сокращение расхода конструкционных материалов может быть достигнуто путем уменьшения припусков на механическую обработку, что в свою очередь связано с повышением точности заготовок, уменьшением толщины дефектного поверхностного слоя и применением принципиально новых ТП изготовления заготовок, размеры которых максимально приближаются к размерам готовых деталей.

При обработке заготовок на металлорежущих станках в условиях единичного и мелкосерийного производств 50...60 % массы металла уходит в стружку; в условиях крупносерийного и массового производств отходы металла в стружку составляют до 20 % для литых деталей и до 30 % для кованных. Правильно выбранные припуски обеспечивают стабильность качества выпускаемой продукции при наименьшей себестоимости.

Общий припуск на механическую обработку между предварительной и чистовой распределяется приблизительно следующим образом: 60 % общего припуска приходится на предварительную обработку и 40 % – на чистовую, или 45 % – на предварительную, 30 % – на получистовую, 25 % – на чистовую обработку.

Припуски на механическую обработку определяются опытно-статистическим и расчетно-аналитическим методами. Опытно-статистический метод основан на статистике и опыте большого числа предприятий. Основным преимуществом этого метода является экономия времени на определение припуска. Метод позволяет определить размеры заготовок до разработки ТП. Недостатки опытно-статистического метода заключаются в том, что припуски назначаются без учета конкретных условий построения ТП, например, общие припуски назначают без учета схемы установки заготовки и погрешностей предшествующей обработки.

Так как опытно-статистический метод определения припуска не учитывает особенностей ТП, рекомендуемые припуски завышают. Завышенный припуск ориентирован на условия обработки, при которых припуск должен обеспечить работу без брака. Нормативные таблицы для выбора припусков можно использовать в условиях единичного и мелкосерийного производств при изготовлении небольших, недорогих деталей и когда ТП разрабатываются укрупнено. Во всех остальных случаях следует применять расчетно-аналитический метод определения припусков на обработку, который базируется на анализе

факторов, влияющих на припуск предшествующей и выполняемой операций технологического процесса обработки поверхности. Значение припуска определяется методом дифференцированного расчета по элементам, составляющим припуск. Расчетно-аналитический метод предусматривает расчет межоперационных припусков, то есть припусков по всем последовательно выполняемым технологическим операциям обработки поверхности детали, их суммирование для определения общего припуска на обработку поверхности, расчет промежуточных размеров, определяющих положение поверхности и размеров заготовки. Расчетной величиной является минимальный припуск на обработку, достаточный для устранения на выполняемой операции погрешностей обработки и дефектов поверхностного слоя, полученных на предшествующей операции, и компенсации погрешностей, возникающих на выполняемой операции. Промежуточные размеры, определяющие положение обрабатываемой поверхности и размеры заготовки, рассчитывают с использованием минимального припуска.

Расчетные формулы для определения припуска на обработку приведены в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Расчетные формулы для определения припуска на обработку

Вид обработки	Расчетная формула
Последовательная обработка противоположных или отдельно расположенных поверхностей	$Z_{i \min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + p_{i-1} + \varepsilon_i$
Параллельная обработка противоположных плоскостей	$2Z_{i \min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + p_{i-1} + \varepsilon_i)$
Обработка наружных и внутренних поверхностей вращения	$2Z_{i \min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + 1/2(p_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2))$
Обтачивание цилиндрической поверхности заготовки, установленной в центрах; бесцентровое шлифование	$2Z_{i \min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + p_{i-1})$

Вид обработки	Расчетная формула
Развертывание плавающей разверткой, протягивание отверстий	$2Z_{i \min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1})$
Суперфинишная обработка, полирование и раскатка (обкатка)	$2Z_{i \min} = 2Rz_{i-1}$
Обработка лезвийным или абразивным инструментом без выдерживания размера черновой поверхности	$Z_i = Rz_{i-1} + h_{i-1} + 0,25\delta_{i-1}$
Шлифование после термообработки: а) при наличии ε_i б) при отсутствии ε_i	$Z_{i \min} = Rz_{i-1} + p_{i-1} + \varepsilon_i$ $2Z_{i \min} = 2(Rz_{i-1} + p_{i-1} + \varepsilon_i)$ $Z_{i \min} = Rz_{i-1} + p_{i-1}$ $2Z_{i \min} = 2(Rz_{i-1} + p_{i-1})$

Примечание:

Rz_{i-1} – высота неровностей профиля на предшествующей операции;

h_{i-1} – толщина дефектного поверхностного слоя (обезуглероженного или отбеленного) на предшествующей операции;

p_{i-1} – суммарные отклонения расположения поверхности;

ε_i – погрешность установки заготовки на выполняемой операции.

8.2. Методические указания и порядок выполнения работы

В работе необходимо:

- для указанной на рабочем чертеже поверхности детали составить технологический маршрут механической обработки;
- рассчитать на заданную поверхность детали межоперационные и общий припуски;
- определить межоперационные размеры, допуски и размер поверхности заготовки;
- выполнить схему графического расположения межоперационных припусков и допусков на обработанную поверхность;
- сделать выводы по результатам выполненной практической работы.

Методика и порядок расчета припусков расчетно-аналитическим методом на механическую обработку и предельных размеров по технологическим операциям приведены в табл. 8.2, формулы для определения припуска на обработку – в табл. 8.1.

Результаты расчета записать в табл. 8.3.

Таблица 8.2

Порядок расчета припусков на обработку и предельных размеров по технологическим операциям

Для наружных поверхностей	Для внутренних поверхностей
<p>1. Пользуясь рабочим чертежом детали, записать в расчетную карту (табл. 8.3) технологические операции обработки указанной поверхности детали в порядке последовательности их выполнения от черновой заготовки до окончательной обработки детали.</p> <p>2. Записать значения $Rz, h, p, \epsilon, \delta$.</p> <p>3. Определить расчетные минимальные припуски на обработку по всем технологическим операциям</p>	
<p>4. Записать для конечной операции в графу «Расчетный размер» наименьший предельный размер детали по чертежу</p>	<p>4. Записать для конечной операции в графу «Расчетный размер» наибольший предельный размер детали по чертежу</p>
<p>5. Для операции, предшествующей конечной, определить расчетный размер прибавлением к наименьшему предельному размеру по чертежу расчетного припуска Z_{\min}</p>	<p>5. Для операции, предшествующей конечной, определить расчетный размер вычитанием из наибольшего предельного размера по чертежу расчетного припуска Z_{\min}</p>
<p>6. Последовательно определить расчетные размеры для каждой предшествующей операции прибавлением к расчетному размеру расчетного припуска Z_{\min} следующей за ней смежной операции</p>	<p>6. Последовательно определить расчетные размеры для каждой предшествующей операции вычитанием от расчетного размера расчетного припуска Z_{\min} следующей за ней смежной операции</p>

Для наружных поверхностей	Для внутренних поверхностей
7. Записать наименьшие предельные размеры по всем технологическим операциям, округляя их в сторону увеличения расчетных размеров; округление производить до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждой операции	7. Записать наименьшие предельные размеры по всем технологическим операциям, округляя их в сторону уменьшения расчетных размеров; округление производить до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждой операции
8. Определить наибольшие предельные размеры прибавлением допуска к округленному наименьшему предельному размеру	8. Определить наибольшие предельные размеры вычитанием допуска из округленного наибольшего предельного размера
9. Записать предельные значения припусков Z_{\max} как разность наибольших предельных размеров и Z_{\min} как разность наименьших предельных размеров предшествующей и выполняемой операций	9. Записать предельные значения припусков Z_{\max} как разность наименьших предельных размеров и Z_{\min} как разность наибольших предельных размеров предшествующей и выполняемой операций
10. Определить общие припуски $Z_{o \max}$ и $Z_{o \min}$, суммируя промежуточные припуски на обработку	
<p>11. Проверить правильность произведенных расчетов по формулам</p> $Z_{i \max} - Z_{i \min} = \delta_{i-1} - \delta_i;$ $2Z_{i \max} - 2Z_{i \min} = \delta_{Дi-1} - \delta_{Дi};$ $Z_{o \max} - Z_{o \min} = \delta_3 - \delta_g;$ $2Z_{o \max} - 2Z_{o \min} = \delta_{Д3} - \delta_{Дg},$ <p>где δ_{i-1}, δ_i; $\delta_{Дi-1}$, $\delta_{Дi}$; δ_3, δ_g; $\delta_{Д3}$, $\delta_{Дg}$ – соответственно допуски на предшествующей и выполняемой операциях на поверхности с односторонним припуском; то же с симметричным; допуски на заготовку и деталь при одностороннем припуске; то же при симметричном</p>	
<p>12. Определить общий номинальный припуск по формулам</p> $Z_{o \text{ ном}} = Z_{o \min} + H_3 - H_g;$ $2Z_{o \text{ ном}} = 2Z_{o \min} + H_{Д3} - H_{Дg},$ <p>где H – нижнее предельное отклонение размера</p>	<p>12. Определить общий номинальный припуск по формулам</p> $Z_{o \text{ ном}} = Z_{o \min} + B_3 - B_g;$ $2Z_{o \text{ ном}} = 2Z_{o \min} + B_{Д3} - B_{Дg},$ <p>где B – нижнее предельное отклонение размера</p>

Таблица 8.3

Расчет припусков и предельных размеров по технологическим операциям обработки поверхности

Технологическая операция обработки	Элемент припуска, мкм				$2Z_{\min}$, мкм	Расчетный размер d_p , мм	Допуск δ , мкм	Предельный размер, мм		Предельное значение припуска, мм	
	R_z	h	p	ε				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$

Примеры расчета припусков на обработку и промежуточные предельные размеры для отверстия корпуса и на поверхности вала приведены в табл. 8.4 и 8.5 соответственно.

Таблица 8.4

Расчет припусков и предельных размеров по технологическим операциям обработки отверстия корпуса $\varnothing 52_{+0,030}^{+0,060}$ мм (заготовка получена методом литья)

Технологическая операция обработки	Элемент припуска, мкм				$2Z_{\min}$, мкм	Расчетный размер d_p , мм	Допуск δ , мкм	Предельный размер, мм		Предельное значение припуска, мм	
	R_z	h	p	ε				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Литье	–	600	363	–	–	49,956	600	49,36	49,96	–	–
Растачивание: черновое, чистовое	50	–	18	122	2·983	51,922	200	51,72	51,92	1,96	2,36
	–	–	–	6	2·69	52,06	60	52,00	52,06	0,14	0,28
Итого: 2,1...2,64											

Таблица 8.5

Расчет припусков и предельных размеров по технологическим операциям обработки поверхности вала $\varnothing 50_{+0,009}^{+0,027}$ мм
(заготовка получена штамповкой на ГКМ из калиброванного проката)

Технологическая операция обработки	Элемент припуска, мкм				$2Z_{\min}$, мкм	Расчетный размер d_p , мм	Допуск δ , мкм	Предельный размер, мм		Предельное значение припуска, мм	
	Rz	h	p	ϵ				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Штамповка	150	250	1630	–	–	54,653	2400	54,65	57,05	–	–
Точение:											
черновое	50	50	98	–	2·2030	50,593	400	50,59	50,99	4,06	6,06
чистовое	30	30	4	–	2·198	50,197	120	50,19	50,31	0,40	0,68
Шлифование:											
предварительное	10	20	–	–	2·64	50,069	60	50,07	50,13	0,12	0,18
окончательное	–	–	–	–	2·30	50,009	18	50,009	50,027	0,061	0,103
Итого: 4,641...7,023											

8.3. Содержание отчета

1. Содержание задания.
2. Эскиз детали с указанием размеров обрабатываемой поверхности.
3. Схема базирования заготовки.
4. Результаты расчета (табл. 8.3).
5. Схема графического расположения межоперационных припусков и допусков на обработку поверхности (рис. 8.1).
6. Выводы.

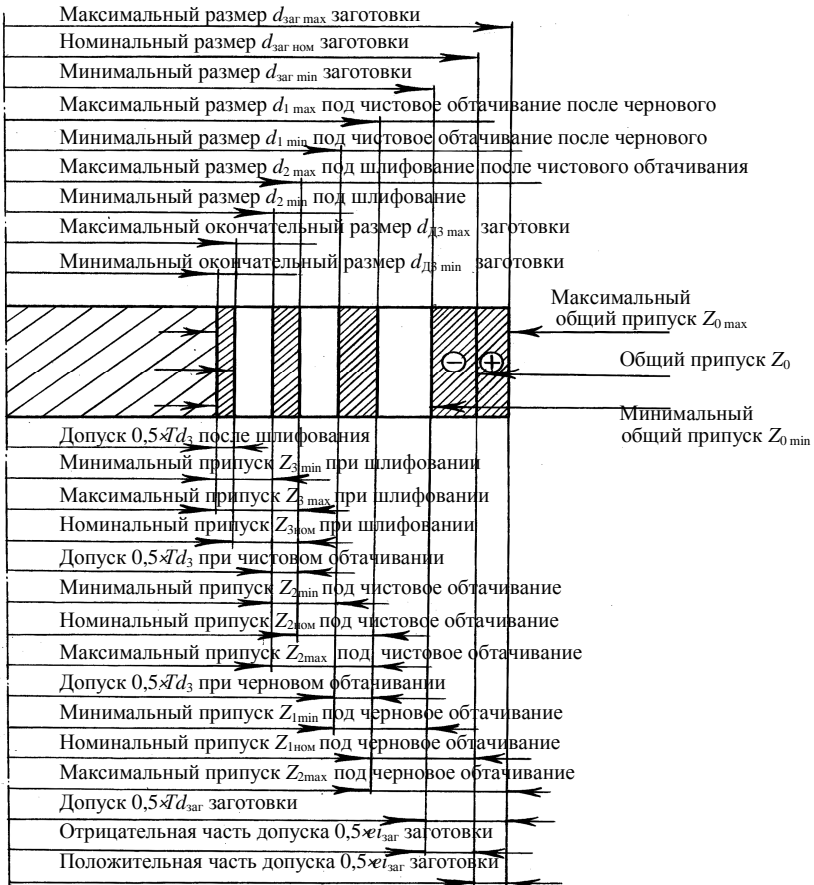


Рис. 8.1. Схема графического расположения межоперационных припусков и допусков на обработку поверхности

8.4. Контрольные вопросы

1. Какие методы определения припусков на механическую обработку известны?
2. Какие известны составляющие минимального припуска?
3. В каких случаях погрешность установки не включается в минимальный операционный припуск?
4. Чему равен операционный припуск?
5. Какой метод определения припусков применяется при проектировании исходных заготовок крупносерийного и массового производств?

8.5. Необходимое оборудование, оснастка и материалы

1. Рабочий чертеж детали – 1 шт.
2. Микрокалькулятор – 1 шт.

Рекомендуемая литература: [1, 4, 5, 16].

Лабораторная работа 9

ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

Цель работы: приобретение практического опыта по техническому нормированию технологических операций обработки заготовок изделий на металлорежущих станках.

Работа рассчитана на четыре академических часа.

Студент должен знать:

- структуру технологической операции;
- типы машиностроительного производства;
- структуру нормы времени на обработку;
- последовательность расчета режимов резания;
- назначение, устройство, настройку основных типов металлорежущих станков.

Студент должен уметь:

- оформлять операционный эскиз на механическую обработку;
- определять режим резания и выбирать металлорежущий станок;
- определять расчетную длину обработки;
- определять норму времени на технологическую операцию;
- настраивать станок на режим обработки;
- хронометрировать технологическую операцию.

9.1. Основные положения

Правильное нормирование затрат рабочего времени на обработку детали, сборку и изготовление всей машины имеет большое значение для производства. Затраты времени на изготовление той или иной продукции при необходимом ее качестве являются одним из основных критериев оценки совершенства ТП.

Техническая норма времени служит основой для оплаты работы и составления калькуляции себестоимости детали и изделия. На основе технических норм ведется расчет длительности

производственного цикла, необходимого количества оборудования (станков), инструментов, приспособлений, определяется производственная мощность цехов, участков и осуществляется планирование производства.

Под техническим нормированием технологической операции понимают установление технически обоснованной нормы времени на выполнение конкретной работы или нормы выработки.

Технологической операцией называют часть технологического процесса, осуществляемую на одном рабочем месте и включающую все действия рабочего оборудования до перехода к изготовлению следующей детали. Как законченная часть ТП операция является объектом нормирования.

Технически обоснованная норма времени – это время, необходимое для выполнения операции, установленное расчетом, исходя из рационального использования в данных условиях производства труда рабочего и оборудования с учетом передового производственного опыта.

Рабочее время подразделяется на время работы и время перерывов. **Время работы** на выполнение производственного задания включает подготовительно-заключительное время, оперативное и время обслуживания рабочего места.

Подготовительно-заключительное время – это время, которое рабочий затрачивает на подготовку к выполнению заданной работы и действий, связанных с ее окончанием.

К этому виду затрат рабочего времени относятся: получение наряда на работу и технологической документации, ознакомление с чертежом, технологической документацией, получение инструктажа о порядке выполнения работы; получение недостающих на рабочем месте инструментов и приспособлений, необходимых для обработки данной партии деталей; подготовка рабочего места, наладка станка, инструментов и приспособлений; снятие инструментов, приспособлений после окончания обработки партии деталей; сдача приспособлений, инструментов, технологической документации и наряда.

Подготовительно-заключительное время зависит от сложности наладки станка, числа устанавливаемых инструментов и приспособлений, требуемой точности обработки и не зависит от объема

работы (размера партии деталей), выполняемой по данному заданию (наряду, заказу и т. д.).

Оперативным называется время, затрачиваемое рабочим на изменение формы, размеров, свойств или положения в пространстве детали и на выполнение необходимых для этого действий. Оно подразделяется на основное и вспомогательное время

Основным является время, затрачиваемое рабочим непосредственно на обработку заготовки.

Вспомогательным называется время, затрачиваемое рабочим на осуществление действий, обеспечивающих выполнение основной работы. К нему относятся: время на установку заготовки, выверку, закрепление, раскрепление и снятие ее; время на управление станком, подвод инструмента, установку его на размер, измерение в процессе обработки; время на контрольные измерения обработанной заготовки.

Время обслуживания рабочего места – это время, которое рабочий затрачивает на поддержание рабочего места в состоянии, обеспечивающем производительную работу. Оно подразделяется на время технического и организационного обслуживания.

Ко **времени технического обслуживания** относится время, затрачиваемое на уход за рабочим местом и оборудованием. Например, время, затрачиваемое на правку шлифовального круга, подналадку станка и т. п.

Время организационного обслуживания – это время, затрачиваемое на поддержание рабочего места в рабочем состоянии в течение смены, например, на прием и сдачу смены, подготовку инструмента в начале смены и уборку его в конце смены, осмотр и опробование оборудования, уборку рабочего места, чистку и смазку станка.

В зависимости от характера участия рабочего в выполнении производственной операции время работы может быть разделено на следующие виды: время ручной работы, машинно-ручной работы и время наблюдения за работой оборудования.

В механизированном и автоматизированном производствах значительный удельный вес занимает наблюдение за работой станков.

Временем активного наблюдения за работой оборудования называется время, в течение которого рабочий следит за работой

станка, чтобы обеспечить необходимое качество обработки и исправность станка.

Время пассивного наблюдения – это период, в течение которого нет необходимости в постоянном наблюдении за работой станка.

Перекрываемое время – время выполнения рабочих действий в период работы станка.

К не перекрываемому времени относится время, в течение которого рабочий выполняет вспомогательные работы при остановленном станке.

Время перерывов – это период, в течение которого рабочий не принимает участия в работе. Оно складывается из времени перерывов на отдых и личные надобности, а также из времени перерывов, установленных технологией и организацией производственного процесса.

Каждая категория затрат рабочего времени обозначается буквой T с индексом, соответствующим данной категории затрат времени.

Состав нормы времени. Нормы времени на ручные, машинно-ручные и машинные работы состоят из следующих категорий затрат рабочего времени:

$$T = T_o + T_b + T_{об} + T_{п-з} + T_{от} + T_{п.т}, \quad (1)$$

где T_o – основное время; T_b – вспомогательное время; $T_{орг.о}$ – время организационного обслуживания; $T_{п-з}$ – подготовительно-заключительное время, отнесенное к одной детали; $T_{от}$ – время на отдых и личные надобности; $T_{п.т}$ – время перерывов, предусмотренных технологией и организацией производственного процесса.

Оперативное время на изготовление одной детали на одном станке при обслуживании его одним рабочим $T_{оп}$ определяется по формуле

$$T_{оп} = T_m + T_{в.н}, \quad (2)$$

где T_m – машинное время на изготовление одной детали, $T_{в.н}$ – вспомогательное время, не перекрываемое машинным временем.

При выпуске продукции отдельными партиями подготовительно-заключительное время устанавливается на всю партию.

Норма штучного времени определяется по формуле

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{об}} + T_{\text{от}} + T_{\text{п.т.}} \quad (3)$$

В случаях, когда на станке одновременно обрабатываются несколько заготовок, для определения нормы времени, приходящейся на обработку одной заготовки, результат, полученный по формуле (3), необходимо разделить на число заготовок.

Время на техническое обслуживание рабочего места рассчитывают в процентах от основного времени, а время на организационное обслуживание, отдых и личные надобности – в процентах от оперативного времени. Исходя из этого, формула нормы штучного времени будет иметь вид

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{о}} \frac{\alpha_{\text{тех}}}{100} + T_{\text{оп}} \left(1 + \frac{\alpha_{\text{орг}} + \alpha_{\text{от}}}{100} \right), \quad (4)$$

где $\alpha_{\text{тех}}$ – время технического обслуживания в процентах к основному времени; $\alpha_{\text{орг}}$ и $\alpha_{\text{от}}$ – время организационного обслуживания, время на отдых и личные надобности в процентах к оперативному времени.

Основное время рассчитывается по формуле

$$T_{\text{о}} = \frac{l_i}{nS} = \frac{l_0 + l_{\text{вп}} + l_{\text{п}}}{nS} i, \quad (5)$$

где l_i – расчетная длина обработки в направлении подачи, мм; l_0 – длина обрабатываемой поверхности, мм; $l_{\text{вп}}$ – длина врезания инструмента, мм; $l_{\text{п}}$ – длина пробега инструмента, мм; n – число оборотов шпинделя в минуту для станков с вращательным движением или число двойных ходов в минуту для станков с прямолинейным движением; S – подача на один оборот, мм/об, или на один двойной ход главного движения, мм/ход; i – число ходов.

Формулы для определения основного времени для различных видов обработки представляют собой видоизменения основной формулы (5), учитывающие особенности кинематической

схемы станка и технологической наладки той или иной операции обработки.

Последовательность расчета нормы времени. Время машинной работы (основное) определяют путем теоретического расчета по формулам, выведенным из кинематической схемы станка, а также в зависимости от режима резания. Остальные элементы времени определяют по общемашиностроительным нормативам времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ или хронометражем.

Норма времени на всю операцию – это сумма элементов времени на машинную, ручную работу и другие действия в соответствии с формулами (1), (5).

Расчет элементов времени производят в следующем порядке:

- определяют подготовительно-заключительное время на всю партию деталей (по нормативам);
- рассчитывают основное время (по формулам);
- определяют вспомогательное время (по нормативам);
- определяют неперекрываемую часть вспомогательного времени;
- определяют оперативное время;
- определяют время на техническое и организационное обслуживание, на отдых и личные надобности (по нормативам).

Для единичного, мелко- и среднесерийного производств предусмотрена возможность укрупненного нормирования, которое, например, для шлифования заготовок выполняется по общемашиностроительным нормативам времени для технического нормирования работ на шлифовальных и доводочных станках.

Последовательность выполнения расчетов по укрупненным нормативам следующая:

- определяют группу обрабатываемости материала заготовки;
- определяют степень точности и жесткости станка в зависимости от вида шлифования, модели станка и срока его работы; на основе этого устанавливают поправочный коэффициент на штучное время;
- определяют подготовительно-заключительное время на наладку станка, инструмента, приспособления и пробную обработку первых деталей партии;

– определяют вспомогательное время на установку и снятие заготовки в зависимости от применяемого приспособления, массы заготовки, а также способа ее установки и снятия;

– определяют неполное штучное время на операцию в зависимости от технологических условий ее выполнения (диаметра шлифовального круга, припуска, длины шлифования и др.), а также поправочных коэффициентов, учитывающих требуемые качества и шероховатость поверхности, ее форму, жесткость заготовки. Неполное штучное время отличается от полной нормы штучного времени тем, что не включает вспомогательное время на установку и снятие заготовки;

– определяют штучное время по формуле

$$T_{шт} = T_{уст} + \sum T_{н. ш},$$

где $T_{уст}$ – время на установку и снятие заготовки; $\sum T_{н. ш}$ – сумма неполного штучного времени по всем переходам с учетом поправочных коэффициентов.

9.2. Методические указания

В задании на выполнение работы приводятся эскизы заготовок, на основании которых оформляются операционные эскизы на технологические операции, указанные в выполняемом варианте задания (табл. 9.1). Содержание и порядок их заполнения предусматриваются в ГОСТ 3.1104–74 и ГОСТ 3.1404–74. При этом один операционный эскиз оформляется на операцию вида обработки, другой – на одну из операций (токарную, сверлильную или фрезерную).

Режим резания определяется на основе расчетов с применением нормативно-справочной литературы.

При назначении режимов резания необходимо соблюдать следующую последовательность:

– определение назначения материала режущей части инструмента;

– определение оптимальной геометрии инструмента в зависимости от свойств обрабатываемого материала и условий обработки;

–назначение глубины резания с учетом величины припуска на обработку. При черновой обработке желательно назначать глубину резания, соответствующую срезанию припуска за один проход. При черновой обработке глубина резания назначается в зависимости от точности и шероховатости поверхности в пределах 0,5...2,0 мм на диаметр, а при обработке с шероховатостью поверхности менее $Ra = 1,25$ – в пределах 0,1...0,4 мм;

–выбор подачи. При черновой обработке она устанавливается с учетом значения жесткости системы станок–инструмент–деталь, прочности детали, способа ее крепления (в патроне, в центрах и т. д.), прочности и жесткости режущего инструмента, прочности механизма подачи станка, а также установленной глубины резания;

–определение скорости резания (зависит от глубины резания и подачи, материала режущей части и его геометрических параметров, от обрабатываемого материала, вида обработки, охлаждения и других факторов);

–уточнение корректировки элементов режима резания. Полученную частоту вращения шпинделя уточняют по паспорту станка и принимают ближайшее меньшее ее значение из имеющихся на станке;

–проверка выбранного режима резания по мощности станка осуществляется при черновой обработке. В этом случае должно соблюдаться соотношение

$$N_{\text{рез}} \leq 1,3\eta N_{\text{ст}},$$

где $N_{\text{рез}}$ – мощность резания; η – коэффициент полезного действия привода главного движения; $N_{\text{ст}}$ – мощность электродвигателя станка.

Техническая норма времени на технологическую операцию для массового, серийного и единичного производств определяется по формулам (1)...(6) с использованием нормативных таблиц из справочной литературы.

Техническая норма времени одной из операций (токарной, сверлильной или фрезерной) определяется хронометражем. Для этого разрабатывается хронометражная карта. Хронометрирование операции производится не менее пяти раз.

9.3. Порядок выполнения работы

1. Начертить операционный эскиз на операцию метода механической обработки, указанного в выполняемом варианте задания (табл. 9.1) .

2. Определить режим резания с учетом паспортных данных станка.

3. Определить техническую норму времени на технологическую операцию для массового и серийного производств.

4. Сравнить полученные результаты по техническому нормированию.

5. Начертить операционный эскиз на токарную, фрезерную, сверлильную операции согласно выполняемому варианту задания.

6. Определить техническую норму времени на технологическую операцию для единичного производства.

7. Подготовить хронометражную карту. Указать в карте точки фиксирования приемов вспомогательных и основных переходов данной технологической операции.

8. Выполнить на соответствующем станке последовательно все приемы технологической операции, определяя время выполнения каждого из них. Хронометрирование операции проделать несколько раз. Данные наблюдения записать в хронометражную карту.

9. Обработать данные в хронометражной карте. Сравнить результаты по техническому нормированию, полученные расчетом и хронометражем.

9.4. Содержание отчета

1. Название работы.

2. Содержание задания.

3. Операционные эскизы на механическую обработку.

4. Схемы определения расчетной длины обработки.

5. Расчет режимов резания.

6. Расчет технических норм времени.

7. Заключение о норме времени на технологическую операцию в массовом и серийном производствах.

8. Результаты хронометрирования технологической операции.

9. Заключение о норме времени на технологическую операцию, полученную расчетом и хронометражем.

10. Выводы.

Таблица 9.1

Варианты заданий по техническому нормированию станочных операций

Номер варианта	Номер вида обработки	Операция для механического нормирования
1	12	Токарная
2	1	Сверлильная
3	24	Фрезерная
4	11	Токарная
5	23	Сверлильная
6	22	Фрезерная
7	10	Токарная
8	21	Сверлильная
9	8	Фрезерная
10	9	Сверлильная
11	20	Фрезерная
12	19	Сверлильная
13	7	Токарная
14	18	Сверлильная
15	6	Фрезерная
16	5	Токарная
17	4	Фрезерная
18	17	Сверлильная
19	16	Токарная
20	3	Сверлильная
21	2	Фрезерная
22	15	Токарная
23	20	Фрезерная
24	14	Сверлильная
25	22	Токарная
26	24	Сверлильная
27	15	Фрезерная
28	13	Токарная
29	7	Сверлильная
30	9	Фрезерная

9.5. Контрольные вопросы

1. Каково назначение карты эскизов?
2. Какие типы производства существуют в машиностроении?
3. Какова последовательность расчета режимов резания?
4. Какова структура нормы времени на механическую обработку?
5. Как определяется подготовительно-заключительное время?
6. Как рассчитываются штучное и подготовительно-заключительное время на выполнение операции?

9.6. Необходимое оборудование, оснастка и материалы

1. Токарно-винторезный станок модели 16К20 – 1 шт.
2. Вертикально-сверлильный станок модели 2А135 – 1 шт.
3. Горизонтально-фрезерный станок модели 6Н11 – 1 шт.
4. Резец проходной 2100-0423 Т15К6 ГОСТ 18878–93 – 1 шт.
5. Сверло Ø 11 мм ГОСТ 2092–64 – 1 шт.
6. Фреза цилиндрическая 2200-0193 Р9 Ø 63 мм ГОСТ 3752–91 – 1 шт.
7. Штангенциркуль – 1 шт.
8. Микрометр МК-50 ГОСТ 6507–90 – 1 шт.
9. Нутромер ГОСТ 868–83 – 1 шт.
10. Секундомер – 1 шт.
11. Микрокалькулятор – 1 шт.

Рекомендуемая литература: [10, 17, 18].

Лабораторная работа 10

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ ШЛИФОВАНИИ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ

Цель работы: практическое освоение методики исследования влияния режимов резания при шлифовании на шероховатость поверхности с применением математического планирования эксперимента.

Работа рассчитана на четыре академических часа.

Студент должен знать:

- основные способы шлифования металлов;
- достоинства и недостатки каждого способа;
- параметры шероховатости поверхности и методы их определения.

Студент должен уметь:

- построить матрицу планирования эксперимента;
- определять воспроизводимость опытов по критерию Кохрена;
- рассчитывать коэффициенты уравнения регрессии и определять их статистическую значимость по критерию Стьюдента;
- проверять адекватность полученного уравнения регрессии (статистической модели) по критерию Фишера.

10.1. Основные положения

Методы планирования эксперимента позволяют минимизировать число необходимых испытаний, установить рациональный порядок и условия проведения исследований в зависимости от их вида и требуемой точности результатов. Если же по каким-либо причинам число испытаний уже ограничено, то методы дают оценку точности, с которой в этом случае будут получены результаты. Методы учитывают случайный характер рассеяния свойств испытываемых объектов и характеристик используемого оборудования. Они базируются на методах теории вероятности и математической статистики.

На назначение степени точности влияют условия изготовления и эксплуатации объекта, при создании которого будут использоваться эти экспериментальные данные. Условия изготовления, то есть возможности производства, ограничивают наивысшую реально достижимую точность.

Точность экспериментальных данных также существенно зависит от объёма (числа) испытаний — чем испытаний больше, тем (при тех же условиях) выше достоверность результатов.

Для ряда случаев (при небольшом числе факторов и известном законе их распределения) можно заранее рассчитать минимально необходимое число испытаний, проведение которых позволит получить результаты с требуемой точностью.

10.2. Методические указания

Для выполнения работы задаются пределы варьирования исследуемых режимов резания. Скорость продольного перемещения стола станка $S_{\text{прод}}$ рекомендуется назначать равной 20...30 м/мин, поперечную подачу (на ход стола в долях ширины круга) $S_{\text{поп}} = (0,25...0,35) H$ при постоянной глубине шлифования $t = 0,01$ мм.

Чистовое шлифование образцов из стали 45 твердостью 52...54 HRC производится на плоскошлифовальном станке модели 3Б72 шлифовальным кругом ПП 250×25×76 24А 40 С2 7 К5 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424–83.

Перед шлифованием необходимо выполнить правку круга алмазным карандашом. Высота микронеровностей после шлифования определяется с помощью профилографа-профилометра.

Зависимость шероховатости поверхности по параметру Ra от скорости резания V и подачи S в первом приближении может быть описана уравнением регрессии

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2, \quad (1)$$

где Y – параметр шероховатости поверхности; b_0, b_1, b_2 – коэффициенты уравнения регрессии; X_1 – скорость резания; X_2 – подача.

Использование уравнения первой степени основано на предположении о существовании линейной зависимости высотных

параметров шероховатости поверхности от скорости резания и подачи шлифования.

Планирование проводится с использованием метода полного факторного эксперимента, план которого представлен в табл. 10.1.

Таблица 10.1

План эксперимента

Уровень варьирования	Фактор	
	V, м/мин	S, мм/ход
	Кодовое обозначение	
	X_1	X_2
Основной (0)	25	7,5
Интервал варьирования (J)	5	1,5
Верхний (+1)	30	9,0
Нижний (-1)	20	6,0

Перед проведением эксперимента необходимо определить возможность воспроизводимости опытов. Для этого проводится несколько серий (3...5) параллельных опытов в рассматриваемой области изменения исследуемых факторов (табл. 10.2).

Таблица 10.2

Условия проведения опыта для определения воспроизводимости и результаты измерений

Серия	Условия		Результаты			
	X_1	X_2	Y_{j1} , мкм	Y_{j2} , мкм	\bar{Y}_j мкм	S_j^2 мкм
1	20	9	0,060	0,070	0,0650	0,0000500
2	30	9	0,060	0,070	0,0625	0,0000125
3	20	6	0,040	0,035	0,0375	0,0000125

В табл. 10.2 Y_1 и Y_2 – результаты первой и второй параллельных серий опытов. Для каждой серии параллельных опытов вычисляют среднее арифметическое значение полученного результата:

$$\bar{Y}_j = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k Y_{ji} (j=1, 2, \dots, N), \quad (2)$$

где k – число параллельных опытов, проведенных при одинаковых условиях.

В рассматриваемом случае $N = 3$, $k = 2$.

Тогда

$$\bar{Y}_1 = \frac{1}{2} (0,060 + 0,070) = 0,0650 \text{ мкм};$$

$$\bar{Y}_2 = \frac{1}{2} (0,065 + 0,060) = 0,0625 \text{ мкм};$$

$$\bar{Y}_3 = \frac{1}{2} (0,040 + 0,035) = 0,0375 \text{ мкм}.$$

Дисперсия для каждой серии параллельных опытов определяется по формуле

$$S_j^2 = \frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k (Y_{ji} - \bar{Y}_j)^2. \quad (3)$$

Следовательно,

$$S_1^2 = \frac{1}{2-1} [(0,0600 - 0,0650)^2 + (0,0700 - 0,0650)^2] = 0,000050 \text{ мкм}^2;$$

$$S_2^2 = \frac{1}{2-1} [(0,0650 - 0,0625)^2 + (0,0600 - 0,0625)^2] = 0,0000125 \text{ мкм}^2;$$

$$S_3^2 = \frac{1}{2-1} [(0,0400 - 0,0375)^2 + (0,0350 - 0,0375)^2] = 0,0000125 \text{ мкм}^2.$$

Все вычисленные значения записываются в соответствующие графы табл. 10.2.

Проверка воспроизводится и осуществляется на основе расчета критерия Кохрена (G_r) и сравнения расчетного значения с табличным при доверительной вероятности $P = 0,95$, когда принимается гипотеза воспроизводимости:

$$G_p = \frac{S_{j\max}^2}{\sum_{j=1}^N S_j^2},$$

где $S_{j\max}^2$ – максимальное значение дисперсии в j -й серии опытов.

Для нахождения G_p необходимо знать общее количество оценок дисперсии N и число степеней свободы f , связанное с каждой из них, причем $f = k - 1$:

$$G_p = \frac{0,000050}{0,000075} \approx 0,667.$$

Для рассматриваемых условий $G_{\text{табл}} = 0,967$. Оно найдено при $P = 0,05$; $N = 3$; $f = k - 1 = 2 - 1 = 1$.

Если $G_p \leq G_{\text{табл}}$, то гипотеза воспроизводимости опытов принимается, если $G_p > G_{\text{табл}}$, то гипотеза отвергается.

В нашем случае $G_p = 0,667 < G_{\text{табл}}$, следовательно, гипотеза воспроизводимости принимается.

В табл. 10.3 кодированные значения переменных (V и S) связаны с действительными значениями скорости и подачи следующим соотношением:

$$X_i = \frac{x_i - x_{i0}}{\tau_i},$$

где X_i – значение переменной V или S ; x_i – действительное значение переменной; x_{i0} – действительное значение переменной на основном уровне; τ_i – интервал варьирования переменной.

Кодированные значения скорости подачи в первом опыте примера:

$$X_1 = \frac{30 - 25}{5} = +1;$$

$$X_2 = \frac{9 - 7,5}{1,5} = +1.$$

В табл. 10.3 Y_{j1} и Y_{j2} – результаты (Ra , мкм) первой и второй реализаций матрицы планирования, \bar{Y}_j – среднее арифметическое значение результатов реализаций (формула (2)), S_j^2 – дисперсия результатов реализаций (формула (3)).

Таблица 10.3

Матрица планирования и результаты эксперимента

Номер опыта	Условия		Результаты			
	X_1	X_2	Y_{j1}	Y_{j2}	\bar{Y}_j	S_j^2
1	+1	+1	0,110	0,145	0,1275	0,000612
2	+1	-1	0,080	0,075	0,0775	0,000012
3	-1	+1	0,080	0,085	0,0825	0,000012
4	-1	-1	0,050	0,055	0,0525	0,000012

Аналогично определяются кодированные значения переменных в последующих опытах матрицы планирования.

На основании результатов реализации матрицы планирования эксперимента вычисляются значения коэффициентов уравнения регрессии (формула (1)).

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \bar{Y}_j;$$

$$b_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N X_{ji} \bar{Y}_j,$$

где N – количество опытов ($N = 4$); X_{ij} – кодированное значение i -го фактора ($i = 2$) в j -м опыте.

В данном случае

$$b_0 = \frac{1}{4}(0,1275 + 0,0775 + 0,0825 + 0,0525) = 0,0850;$$

$$b_1 = \frac{1}{4}[(+1) \cdot 0,1275 + (+1) \cdot 0,0775 + (-1) \cdot 0,0825 + (-1) \cdot 0,0525] = 0,0175;$$

$$b_2 = \frac{1}{4}[(+1) \cdot 0,1275 + (-1) \cdot 0,0775 + (+1) \cdot 0,0825 + (-1) \cdot 0,0525] = 0,0200.$$

Далее необходимо определить значимость коэффициентов регрессии. Для этого определяется оценка дисперсии коэффициентов регрессии:

$$S_b = \sqrt{\frac{S_Y^2}{N}},$$

где S_Y^2 – оценка среднего значения дисперсии; $S_Y^2 = \frac{S_Y^2}{k}$.

Дисперсия воспроизводимости опытов определяется по формуле

$$S_Y^2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N S_j^2.$$

Коэффициент регрессии статистически значим, если выполняется условие

$$|b_i| \geq S_b t,$$

где t – критерий Стьюдента.

В противном случае коэффициент регрессии незначим и соответствующий член можно исключить из уравнения. Для доверительной вероятности $P = 0,95$ и четырех степеней свободы значение критерия Стьюдента $t = 2,78$.

$$S_Y^2 = \frac{1}{4}(0,000612 + 0,000012 + 0,000012 + 0,000012) \approx 0,000165;$$

$$S_Y^2 = \frac{0,000165}{2} \approx 0,00008;$$

$$S_b = \sqrt{\frac{0,00008}{4}} \approx 0,0045;$$

$$S_{bt} = 0,0045 \cdot 2,78 \approx 0,0125.$$

Результаты расчета S_{bt} свидетельствуют о статистической значимости всех коэффициентов уравнения регрессии. Подставляя значения коэффициентов в уравнение (1), получаем

$$Y = 0,0850 + 0,0175X_1 + 0,0200X_2.$$

Анализируя значения и знак полученных коэффициентов b_0 и b_i уравнения регрессии, можно сделать следующие выводы:

– подача при плоском шлифовании для принятых условий проведения эксперимента оказывает большое влияние на высоту микронеровностей поверхности;

– с увеличением подачи и скорости при плоском шлифовании высота микронеровностей поверхности несколько увеличивается.

Проверка адекватности (соответствия) полученной зависимости экспериментальным данным осуществляется по результатам расчета критерия Фишера и сравнения его с табличным значением $F_{\text{табл}}$:

$$F_p = \frac{\max(S_{\text{ад}}^2; S_{\bar{Y}}^2)}{\min(S_{\text{ад}}^2; S_{\bar{Y}}^2)},$$

где $S_{\text{ад}}^2$ – оценка дисперсии адекватности.

В числителе этой дроби находится большая, а в знаменателе – меньшая из оценок дисперсии.

В свою очередь оценка дисперсии адекватности вычисляется по формуле

$$S_{\text{ад}}^2 = \frac{1}{N - B} \sum_{j=1}^N (Y_j^p - Y_j^э)^2,$$

где B – число коэффициентов уравнения регрессии (1), включая свободный член (b_0); Y_j^p и $Y_j^э$ – расчетные и экспериментальные значения результатов реализации матрицы планирования j -м опыте, $Y_j^э = \bar{Y}_j$ (табл. 10.3).

Дисперсия адекватности и число степеней свободы связаны зависимостью

$$f_{\text{ад}} = N - B.$$

Расчетные значения Y_j^P определяются по уравнению (1).

В нашем случае

$$Y_1^P = [0,0850 + 0,0175(+1) + 0,0200(+1)] = 0,1225 \text{ мкм};$$

$$Y_2^P = [0,0850 + 0,0175(+1) + 0,0200(-1)] = 0,0825 \text{ мкм};$$

$$Y_3^P = [0,0850 + 0,0175(-1) + 0,0200(+1)] = 0,0875 \text{ мкм};$$

$$Y_4^P = [0,0850 + 0,0175(-1) + 0,0200(-1)] = 0,0475 \text{ мкм};$$

$$S_{\text{ад}}^2 = \frac{1}{4-3} [(0,1225 - 0,1275)^2 + (0,0825 - 0,0775)^2 + (0,0875 - 0,0825)^2 + (0,0475 - 0,0525)^2] = 0,0001;$$

$$F_p = \frac{0,00010}{0,00008} = 1,25.$$

Для доверительной вероятности $P = 0,95$ и числа степеней свободы числителя

$$S_{\bar{y}}^2 f_1 = N(k-1) = 4(2-1) = 4$$

и знаменателя

$$S_{\text{ад}}^2 f_2 = N - B = 4 - 3 = 1$$

табличное значение критерия Фишера $F_{\text{табл}} = 7,7$. Следовательно, $F_p < F_{\text{табл}}$, поэтому полученное уравнение регрессии адекватно экспериментальным данным.

Данные для заданий по вариантам представлены в табл. 10.4.

Данные для заданий по вариантам

Номер варианта	Режимы резания				t , мм
	V , м/мин		S , мм/ход		
	Пределы варьирования режимов резания				
	min	max	min	max	
1	15	20	6	9	0,012
2	15	25	7	9	0,012
3	20	25	8	9	0,012
4	20	30	6	10	0,012
5	25	30	7	10	0,012
6	15	30	6	9	0,012
7	15	20	7	10	0,008
8	15	25	6	10	0,008
9	20	25	8	9	0,008
10	20	30	7	9	0,008
11	25	30	6	9	0,008
12	15	25	7	9	0,008

10.3. Порядок выполнения работы

1. Построить матрицу планирования эксперимента по определению влияния скорости резания и подачи на шероховатость обработанной поверхности при плоском шлифовании.
2. Определить возможность воспроизводимости опытов.
3. Провести эксперимент в соответствии с матрицей планирования и определить шероховатость обработанной поверхности по параметру Ra .
4. Рассчитать коэффициенты зависимости от режимов резания.
5. Определить адекватность получаемой зависимости.
6. Построить график зависимости от режимов резания.
7. Проанализировать полученные результаты.
8. Составить отчет.

10.4. Содержание отчета

1. Содержание задания.
2. План эксперимента (табл. 10.1).
3. Условия проведения опытов для определения воспроизводимости и результаты измерений (табл. 10.2).
4. Определение воспроизводимости опытов.
5. Матрица планирования и результаты эксперимента (табл. 10.3).
6. Расчет коэффициентов уравнения регрессии.
7. Расчет статистической значимости коэффициентов уравнения регрессии.
8. Определение адекватности полученной зависимости.
9. Поверхность отклика влияния режимов резания при шлифовании на шероховатость поверхности.
10. Выводы.

10.5. Контрольные вопросы

1. На основании чего выбирается вид уравнения регрессии?
2. Как проверяется воспроизводимость опытов?
3. Как определяются коэффициенты уравнения регрессии?
4. Как проверяется статистическая значимость коэффициентов уравнения регрессии?
5. Как проверяется адекватность полученного уравнения регрессии?
6. Как влияет скорость и подача при плоском шлифовании на шероховатость поверхности?

10.6. Необходимое оборудование, оснастка и материалы

1. Плоскошлифовальный станок модели ЗБ72 – 1 шт.
2. Профилограф-профилометр модели 252 – 1 шт.
3. Круг шлифовальный ПП 250×25×76 24А 40 С2 7 К5 35м/с А 1 кл. ГОСТ 2424–83 – 1 шт.
4. Образцы из стали 45 размерами 60×40×20 мм – 15 шт.
5. Микрокалькулятор – 1 шт.

Рекомендуемая литература: [19, 20].

Лабораторная работа 11

НАЛАДКА ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНОГО СТАНКА МОДЕЛИ ОШ-400 НА ОБРАБОТКУ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Цель работы: изучение конструкции плоскошлифовального станка и приобретение практических навыков по его наладке.

Работа рассчитана на два академических часа.

Студент должен знать:

- основные способы шлифования металлов;
- достоинства и недостатки каждого способа;
- параметры шероховатости поверхности и методы их определения.

Студент должен уметь:

- производить настройку и наладку плоскошлифовального станка.

11.1. Основные положения

Станок предназначен для шлифования плоских поверхностей заготовок периферией шлифовального круга. С применением различных специальных приспособлений на станке возможно и профильное шлифование поверхностей. Обрабатываемые заготовки могут закрепляться на столе станка с помощью электромагнитной плиты, различных видов тисков, делительного и вращающегося столов, поперечного или продольного синусных столов, синусной линейки, универсальной делительной головки. Станок может использоваться в условиях индивидуального и серийного производства.

Внешний вид станка с обозначением основных узлов и органов управления представлен на (рис 11.1.).

11.2. Методические указания

Главное движение – вращение шлифовального круга осуществляется от электродвигателя М1 через плоскоремennую передачу.

Схема станка представлена на рис. 11.2.

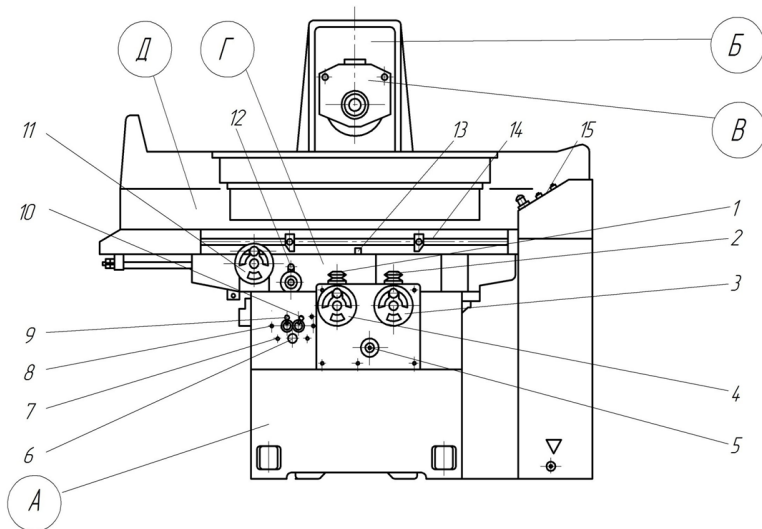


Рис. 11.1. Внешний вид станка:

- А – станина; Б – стойка; В – шпиндельная головка; Г – салазки; Д – стол;
 1 – грибок тонкой поперечной подачи; 2 – грибок тонкой вертикальной подачи;
 3 – рукоятка ручной вертикальной подачи;
 4 – рукоятка ручной поперечной подачи салазок;
 5 – грибок регулировки величины вертикальной подачи; 6 – кнопка смазки винтов;
 7 – дроссели смазки направляющих салазок и стола;
 8 – дроссели регулировки плавности разгона стола из положения «Стоп» до рабочей скорости;
 9 – рукоятка регулирования скорости продольного перемещения стола;
 10 – рукоятка управления продольным ходом стола «Пуск», «Стоп», «Разгрузка»;
 11 – рукоятка ручного продольного перемещения стола;
 12 – рукоятка ручного продольного реверса стола;
 13 – рычаг переключения золотника управления;
 14 – упор продольного реверса стола; 15 – электрический пульт станка

Автоматическое возвратно-поступательное перемещение стола в продольном направлении с регулируемой скоростью V осуществляется гидроприводом.

Ручное перемещение стола в продольном направлении осуществляется от маховика, закрепленного на валу III и передающего вращение на ручную шестерню 18, связанную с рейкой стола.

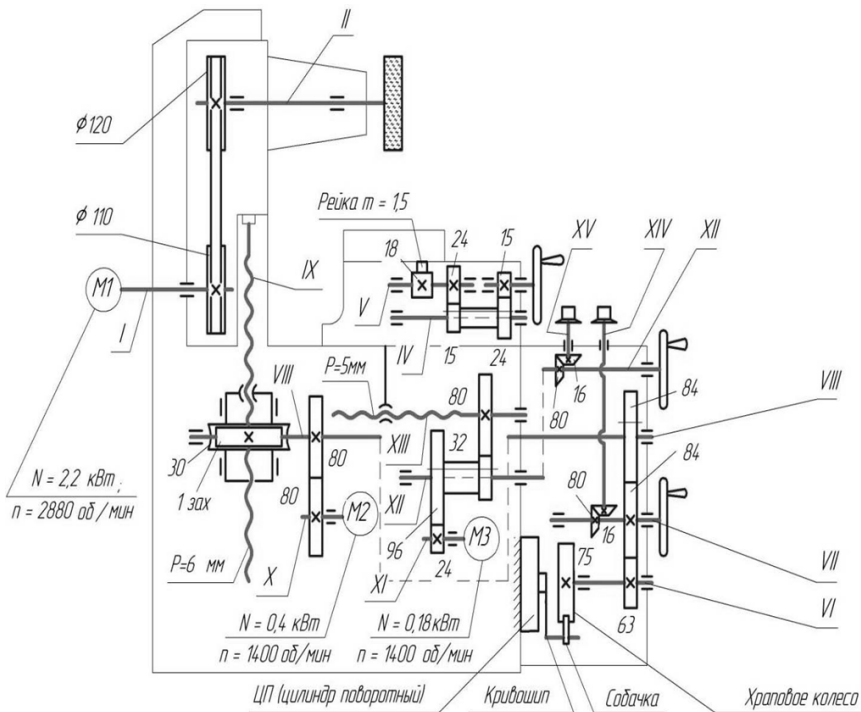


Рис. 11.2. Схема станка

Автоматическая (рабочая) поперечная подача салазок осуществляется прерывисто от асинхронного электродвигателя М3, передающего вращение на винт XIII поперечной подачи. Электродвигатель, имеющий номинальную частоту вращения $n = 1400 \text{ об/мин}$, может импульсно включаться на короткие промежутки времени. При этом, чем больше длительность задаваемого с пульта управления питающего напряжения (импульса), тем на больший угол повернется вал электродвигателя. Соответственно и ходовой винт XIII повернется на больший угол, смещая салазки в поперечном направлении на большую величину.

Команда на прерывистое включение электродвигателя М3 (поперечную подачу салазок) подается в конце продольного хода стола. Она осуществляется от бесконтактного выключателя БВ1, который срабатывает при повороте рычага реверса стола РР

при наезде на него упора У1 или У2. Величина поперечного дискретного перемещения салазок за один продольный ход стола регулируется практически бесступенчато от 0,3 до 10 мм.

Изменение направления поперечной подачи салазок (реверс) и регулировка общей длины их хода осуществляется при помощи переустанавливаемых на станине станка кулачков 1 и 6 (рис. 11.3). При перемещении салазок 4 рычаг 7, взаимодействуя с тем или иным кулачком, перемещает тягу 5 с пластиной 3, которая входит в прорезь бесконтактного выключателя 2 (БВ2). Выключатель БВ2 срабатывает, двигатель МЗ реверсируется, и периодическая подача салазок происходит в обратном направлении.

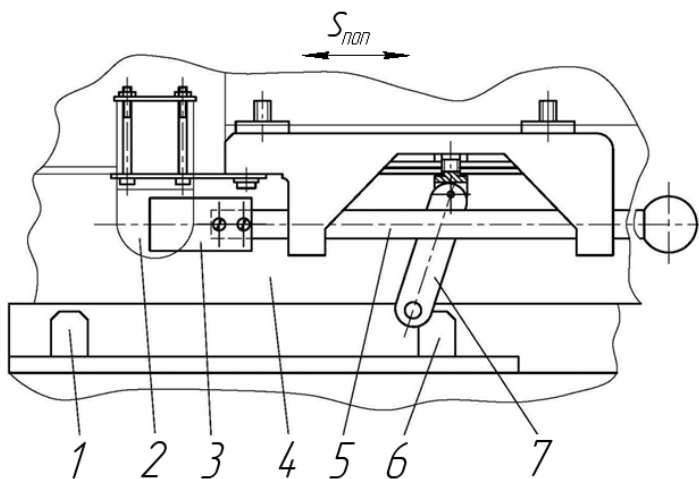


Рис. 11.3. Механизм управления поперечным реверсом салазок

Действия оператора:

- осторожно подвести вращающийся шлифовальный круг до соприкосновения с алмазом;
- включить горизонтальное непрерывное перемещение стойки в режиме правки. Это перемещение должно быть плавным, без ударов и толчков;
- круг балансировать статически до и после правки.

Автоматическое ускоренное перемещение салазок в поперечном направлении осуществляется от того же электродвигателя МЗ,

включаемого удержанием соответствующей кнопки на пульте управления (см. рис. 11.2).

Ручное установочное перемещение салазок осуществляется маховиком, закрепленным на валу XII, цена деления лимба которого составляет 0,02 мм. Для более точного перемещения пользуются микрометрическим грибком, закрепленным на валу XV и имеющим цену деления лимба 0,005 мм.

Автоматическое ускоренное перемещение шлифовальной головки осуществляется от электродвигателя М2 через зубчатые колеса 80/80, червячную передачу 1/32 и гайку ходового винта IX, размещенную в ступице червячного колеса 32.

Автоматическая (рабочая) вертикальная подача шлифовальной головки заимствуется от гидравлического поворотного цилиндра ЦП.

На валу цилиндра закреплен кривошип с собачкой. Кривошип, совершая возвратно-круговые движения, заставляет собачку периодически поворачивать храповое колесо с числом зубьев $Z = 75$. Далее прерывистое вращение вала VI передается на гайку ходового винта IX. Невращающийся винт, жестко связанный со шлифовальной головкой, заставляет последнюю перемещаться в вертикальном направлении.

Величина автоматической вертикальной подачи регулируется путем частичного перекрытия зубьев храпового колеса 1 цилиндрической заслонкой 2, которая не позволяет собачке 3 взаимодействовать с зубьями колеса на полной дуге поворота кривошипа 4, связанного с валом 5 поворотного цилиндра. В результате этого количество зубьев, захватываемых собачкой, может изменяться от 1 до 25. Соответственно храповое колесо с $Z = 75$ может поворачиваться на $1/75, \dots, 25/75$ оборота.

Настройка и наладка станка

Порядок настройки и наладки станка:

1. Настройка скорости перемещения стола.
2. Произвести настройку величины прерывистой поперечной подачи в пределах от 1 до 60 мм на одинарный (двойной) ход стола.

Произвести настройку величины и места поперечного перемещения.

3. Новый шлифовальный круг перед пуском в работу должен обязательно подвергаться правке и балансировке.

Правку шлифовального круга следует производить алмазом в оправе в следующей последовательности:

- закрепить приспособление с алмазом в середине зеркала стола;
- включить электродвигатель привода шлифовального круга и в сборе с кругом динамически отбалансировать на станке по вертикальной и горизонтальной осям в плоскости передней опоры шпинделя с помощью грузиков на планшайбе шлифовального круга. Величина двойной амплитуды колебаний не должна превышать 5 мкм.

4. Произвести контрольную шлифовку образца изделия из стали 45 (в соответствии с ГОСТ 13135–90).

База образца изделия должна иметь шероховатость $Ra = 0,32$ мкм, плоскостность не более 0,005 мм и может быть обработана на этом же станке.

Залить в агрегат охлаждения смазочно-охлаждающую жидкость (СОЖ) рекомендуемого состава:

- триэтаноламин – 0,78 кг;
- нитрит натрия – 0,47 кг;
- вода – 150 л.

В случае технологической необходимости возможно применение СОЖ других составов. При этом они должны соответствовать требованиям санитарных норм при работе со смазочно-охлаждающими жидкостями и не оказывать вредного воздействия на оператора.

5. Станок прогреть на холостом ходу в течение 0,5–1,0 ч.

Замерить плоскостность рабочей поверхности стола, которая должна быть в пределах требований ГОСТ 13135–90. При необходимости произвести чистовую шлифовку стола.

6. Установить образец на зеркало стола и шлифовать его на рекомендуемых режимах:

- величина чистового припуска – 0,008–0,010 мм;
- скорость стола – 25–30 м/мин;
- поперечная подача – 1–2 мм/ход;
- вертикальная подача – 0,004 мм;
- число выхаживаний – 1–3 без подачи.

7. Проверить плоскостность образца и параллельность его верхней обработанной поверхности основанию с использованием схем и способов в соответствии с ГОСТ 22267–76.

Выбор режима шлифования

Износ круга при прочих равных условиях уменьшается при уменьшении скорости изделия и глубины шлифования.

Скорость изделия зависит от глубины шлифования, ширины детали, материала детали, требуемой чистоты, поперечной подачи и твердости круга. Она назначается исходя из того, что увеличение ее улучшает отвод тепла, увеличивает производительность шлифования и уменьшает опасность образования прижогов. При повышенных требованиях к чистоте обработки следует принимать меньшие значения скоростей изделия.

Глубину шлифования следует выбирать с учетом того, что ее величину ограничивают: зернистость круга, его шлифующая способность, жесткость изделия, надежность крепления его на станке и опасность появления прижогов.

При черновом шлифовании выгодно работать с наивысшей глубиной резания, допускаемой кругом, изделием и станком. При чистовом шлифовании глубина резания выбирается очень малой, так как это улучшает точность и уменьшает шероховатость обработанной поверхности.

Большое значение на глубину шлифования оказывает обрабатываемый материал. Чем выше твердость и прочность материала, тем глубина должна быть меньше.

Подачу СОЖ отрегулировать таким образом, чтобы обеспечить технологические режимы обработки, при этом не допускать разбрызгивание СОЖ на пол.

Указания по обработке заготовки

1. Ознакомиться с эскизом заготовки (рис. 11.4.). Измерить микрометром толщину заготовки в четырех угловых точках (рис. 11.5) и определить ее среднюю толщину

$$H_{\text{заг}} = (H_1 + H_2 + H_3 + H_4) / 4.$$

2. Назначить общий припуск $t_{\text{общ}}$, снимаемый с заготовки, в пределах 0,1...0,3 мм. Определить расчетную толщину пластины,

которая должна получиться после шлифования $H = H_{\text{заг}} - t_{\text{общ}}$.
 Значения $H_{\text{заг}}$, $t_{\text{общ}}$ и H занести в таблицу.

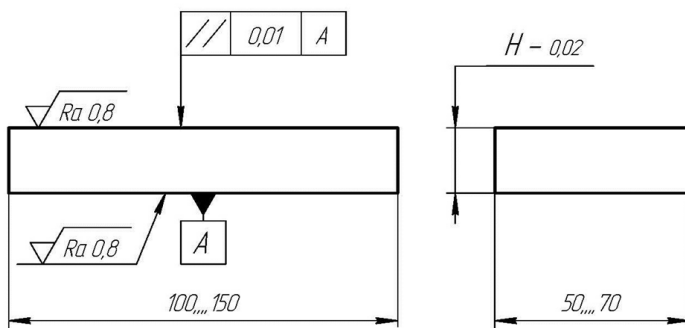


Рис. 11.4. Эскиз заготовки

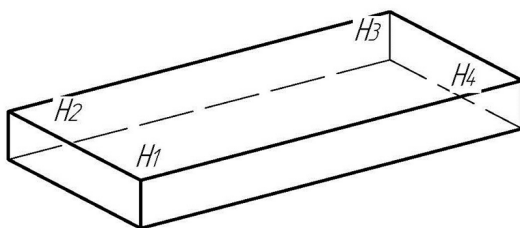


Рис. 11.5. Схема замеров заготовки

3. Установить режим обработки: скорость продольного хода стола $V = 9 \dots 15$ м/мин; вертикальную подачу (глубина шлифования за один проход) $S_{\text{верт}} = 0,01 \dots 0,03$ мм; поперечную подачу $S_{\text{поп}} = 4 \dots 8$ мм/ход.

4. Шлифовать заготовку с одной стороны до получения требуемого размера H . Вертикальную подачу задавать вручную, строго контролируя по лимбу величину снимаемого припуска.

5. Измерить толщину обрабатываемой заготовки в четырех точках, определить ее среднюю толщину

$$H_{\text{факт}} = (H_1 + H_2 + H_3 + H_4) / 4;$$

определить отклонение от параллельности $\Delta = H_{\text{max}} - H_{\text{min}}$; полученные значения $H_1 \dots H_4$, $H_{\text{факт}}$ и Δ занести в табл. 11.1.

6. Оценить точность обработки на станке. Сделать выводы о причинах, обуславливающих погрешность обработки по линейному и угловому размерам шлифованной пластины.

Таблица 11.1

Результаты измерений заготовки, мм

Исходные параметры			Результаты замеров и расчетов					
$H_{\text{заг}}$	$t_{\text{общ}}$	H	H_1	H_2	H_3	H_4	$H_{\text{факт}}$	Δ

11.3. Порядок проведения лабораторной работы

1. Изучить правила техники безопасности при выполнении работы.
2. Изучить назначение станка, его устройство и органы управления.
3. В присутствии учебного мастера произвести включение станка на холостом ходу; разобраться с установкой заданной скорости продольного хода стола, величин вертикальной и поперечной подачи.
4. Определить величину вертикального перемещения шлифовальной головки при ручном повороте маховика на $n = \dots$ оборотов.
5. Определить величину автоматической вертикальной подачи головки при повороте храпового колеса на $1 \dots 25$ зубьев.
6. Определить число оборотов электродвигателя МЗ, которое необходимо для осуществления автоматической поперечной подачи салазок на величину $S_{\text{поп}} = \dots$ мм.
7. Настроить станок, выполнить обработку заготовки, произвести ее измерение.
8. Составить отчет.
9. Ответить на контрольные вопросы.

11.4. Содержание отчета

1. Наименование работы и ее цель.
2. Задания по определению требуемых параметров.

3. Уравнения кинематического баланса, необходимые расчетные зависимости и результаты вычислений.
4. Таблица с результатами измерений.
5. Основные выводы.

11.5. Контрольные вопросы

1. Каковы назначение станка, его основные технические характеристики, способы крепления заготовок?
2. Приведите схему обработки заготовки, укажите размерность всех движений и их примерные величины.
3. Как базируется и закрепляется заготовка на магнитной плите?
4. Как осуществляются ускоренные перемещения шлифовальной головки и салазок?
5. От какого источника движения заимствуется автоматическая рабочая подача: шлифовальной головки, салазок, продольного хода стола со скоростью V ?
6. Чем и как настраивается длина хода салазок в поперечном направлении при работе в автоматическом режиме?
7. Как осуществляется автоматическая вертикальная подача и чем регулируется ее величина?
8. За счет чего можно повысить производительность обработки на плоскошлифовальных станках?

11.6. Средства технического оснащения

1. Плоскошлифовальный станок.
2. Магнитная плита.
3. Штангенциркуль, микрометр.
4. Заготовка (стальная пластина).

Рекомендуемая литература: [1, 5, 6, 11] .

Лабораторная работа 12

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ШЛИФОВАНИЯ ОТВЕРСТИЙ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ НА СТАНКЕ МОДЕЛИ ЗУ12-СМК

Цель работы: овладеть приемами абразивной обработки металлов.

Работа рассчитана на два академических часа.

Студент должен знать:

- что такое шлифование;
- для чего нужны внутренние цилиндрические и конические отверстия;
- каким способом достигается наибольшая точность при обработке отверстия;
- приемы абразивной обработки металлов.

Студент должен уметь:

- шлифовать на неподвижных опорах;
- выполнять подготовительные работы, характерные для любого шлифовального станка;
- изображать схему внутреннего врезного шлифования.

12.1. Основные положения

Шлифованием называется процесс обработки резанием при помощи абразивного инструмента, режущим элементом которого являются зерна абразивных материалов, обладающих очень высокой твердостью. Острые кромки зерен срезают с поверхности изделия слой металла.

Применяется шлифование в большинстве случаев для окончательной чистовой обработки и является основным методом получения высокой точности и незначительной шероховатости поверхностей.

В зависимости от выполняемой обработки используются круги различной формы (рис. 12.1).

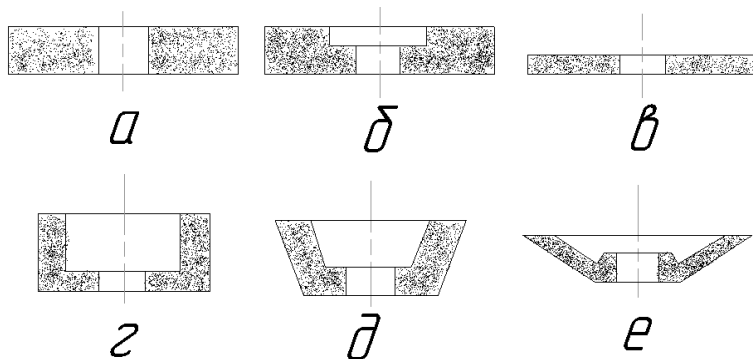


Рис. 12.1. Примеры шлифовальных кругов

Основные виды и способы шлифования

В зависимости от характера обрабатываемых поверхностей шлифование подразделяется на следующие виды: наружное круглое шлифование (цилиндрических, конических и фасонных поверхностей тел вращения); внутреннее шлифование (отверстий); плоское шлифование (плоскостей), шлифование поверхностей особых форм (зубьев шестерен, резьб, шлицевых поверхностей, сфер и др.)

Внутреннее шлифование. Простое внутреннее шлифование применяется при обработке относительно небольших деталей. Движением резания является вращение круга. Движение подачи (круговая подача) – вращение детали. Круг и заготовка вращаются в разные стороны. Помимо вращательного движения кругу сообщается возвратно-поступательное движение вдоль оси отверстия детали (продольная подача) и движение на глубину резания (поперечная подача), которое осуществляется в конце двойного продольного хода.

При шлифовании отверстий у крупногабаритных и неконцентричных деталей, закрепление и вращение которых затруднительно, применяют планетарное внутреннее шлифование. В этом случае деталь неподвижна, а круг совершает все необходимые движения: вращение вокруг оси (движение резания), одновременно круговое движение вокруг оси шлифуемого отверстия (круговая подача) и возвратно-поступательное движение вдоль оси отверстия (продольная подача).

Шлифование продольными проходами. Движения в станке при таком способе шлифования следующие: вращение шлифовального круга; подача детали; продольная подача круга; поперечная подача круга (глубина резания). При шлифовании продольными проходами круг не должен выходить из отверстия в обе стороны больше, чем на половину его высоты. В противном случае отверстие у концов получится большего диаметра.

Шлифование врезанием. Существует четыре варианта внутреннего шлифования по данному способу (рис. 12.2). Поверхности А и Б обрабатываются с одной установки при неподвижном столе станка (рис. 12.2, а). При шлифовании внутренних конических поверхностей (рис. 12.2, б) шпиндель круга поворачивается под углом, а стол станка остается неподвижным. На рис. 12.2, в показано шлифование желоба наружного кольца роликового подшипника. Работа ведется при неподвижном столе станка или при небольшом колебании его в направлении продольной подачи. Это движение создает лучшие условия работы шлифовального круга. На рис. 12.2, г показана схема шлифования отверстия широким кругом.

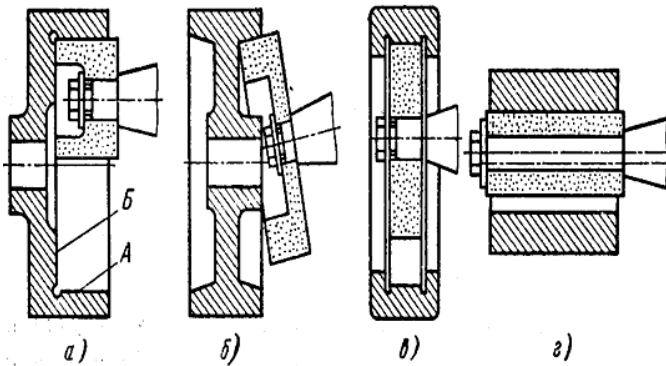


Рис. 12.2. Шлифование врезанием:

- а – шлифование с одной установки при неподвижном столе;
- б – поворот шпинделя на угол
- в – шлифование внутреннего желоба;
- г – шлифование широким кругом

Шлифование на неподвижных опорах. Шлифуемая деталь устанавливается на неподвижных опорах-башмаках. Вращение детали осуществляется планшайбой, к которой она прижимается торцом

(рис. 12.3). Схема отражает внутреннее бесцентровое шлифование отверстия кольца с базированием на башмаках. Шлифуемое кольцо 3 опирается на два неподвижных башмака 1 и 2. Магнитная планшайба 4, укрепленная на конце шпинделя передней бабки станка, служит опорой для торца кольца и передает кольцу крутящий момент. Шлифуемая деталь 3 и шлифуемый круг 5 вращаются в одном направлении. Для прижима шлифуемой детали к башмакам во время шлифования центр детали следует сместить относительно центра опоры на 0,1...0,5 мм. Преимущества: большая точность, простота конструкции, удобная загрузка и выгрузка детали. Основные параметры точности представлены в табл. 12.1.

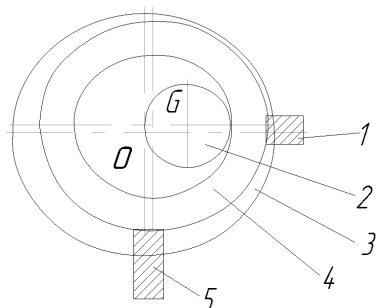


Рис. 12.3. Шлифование на неподвижных опорах

На рис. 12.4 представлен внешний вид станка полуавтомата круглошлифовального модели ЗУ12-СМК.

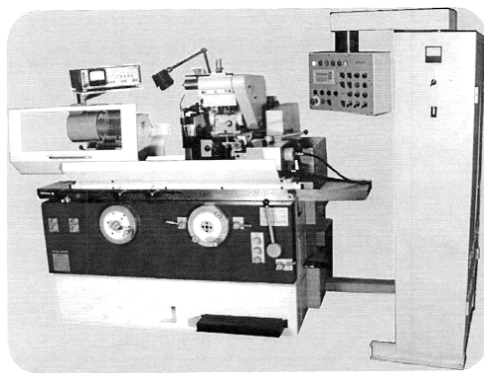


Рис. 12.4. Полуавтомат круглошлифовальный модели ЗУ12-СМК

Основные параметры точности

Наименование параметра	ЗБ12	ЗУ12АФ11
Класс точности по ГОСТ 8–82	П	А
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм	200	200
Наибольшая длина обрабатываемого изделия, мм	500	500
Наименьший и наибольший диаметр шлифования, мм	8...60	10...60
Рекомендуемый диаметр шлифования, мм	20...60	10...60
Наибольшая длина шлифования, мм	450	450
Наибольшая длина внутреннего шлифования, мм	120	75
Рекомендуемый диапазон диаметров шлифуемых отверстий, мм	20...50	13...50
Наименьший и наибольший диаметр шлифуемого отверстия, мм	25...50	20...50
Расстояние от оси шпинделя передней бабки до зеркала стола – высота центров, мм	120	125
Расстояние от подошвы станка до оси изделия, мм	1090	1095
Постоянство диаметра в продольном сечении, мм		0,003
Круглость, мм		0,0006

Главное движение – вращение шлифовального круга. Шлифование на станках может производиться в неподвижных центрах или патроне. Верхняя часть стола, шлифовальная и передняя бабки станков выполнены поворотными.

12.2. Методические указания

Настройка и наладка внутришлифовальных станков

Рассмотрим наладку внутришлифовального станка на примере ЗА227.

Наладка внутришлифовальных станков включает в себя ряд подготовительных работ, характерных для наладки любого шлифо-

вального станка (смазывание, установка приспособлений и т. д.). После установки круга нужно проверить правильность установки передней бабки станка, чтобы избежать конусообразности шлифуемого отверстия. При шлифовании круг должен выходить из обрабатываемого отверстия на $(1/3 \dots 1/2)$ во избежание искажения размера и формы отверстия у его торцов. Это достигается расстановкой упоров, ограничивающих ход стола. Зажимные патроны расшлифовывают по месту. При установке заготовки в патроне на их поверхностях не должно быть абразивной пыли и стружки. При шлифовании конических отверстий необходимо, чтобы ось круга располагалась в одной горизонтальной плоскости с осью шлифуемой заготовки во избежание появления выпуклости отверстия.

При наладке станка на шлифование цилиндрического отверстия детали следует выполнить **наладочные операции**:

1. Установить на шпинделе приспособление для закрепления обрабатываемой детали. Нормальной оснасткой к станку является трехкулачковый самоцентрирующий патрон. В зависимости от типа шлифуемой детали и характера производства на станке могут устанавливаться и другого типа патроны, например мембранные, втулочные с прихватами и др.

2. Установить кулачки патрона в требуемом положении (нормальном или перевернутом) в зависимости от диаметра детали.

3. Перед установкой первой детали в патрон необходимо на месте прошлифовать кулачки патрона. Соответственно диаметру и длине шлифуемого отверстия нужно установить требуемый внутришлифовальный шпиндель с соответствующим по диаметру шлифовальным кругом, подобранным в зависимости от шлифуемого материала и требуемого качества шлифования.

Режимы шлифования

При предварительном шлифовании отверстий на проход на внутришлифовальных станках с полуавтоматическим циклом обработки в зависимости от диаметра шлифования выбирают окружную скорость заготовки, как показано ниже.

Диапазоны значений диаметра шлифования: 2...25, 25...40, 40...63, 63...100, 100...160, 160...250, 250...400 мм.

Диапазоны значений окружной скорости заготовки: 10...20, 13...26, 16...32, 18...36, 22...44, 27...54, 33...66 м/мин.

Значение скорости продольной подачи стола $V_{п}$, мм/мин, принимается в долях ширины B круга. Поперечная подача шлифовального круга на двойной ход стола для шлифования отверстий в заготовках из стали и чугуна выбирается по таблицам.

При чистовом шлифовании отверстий на проход на внутришлифовальных станках с полуавтоматическим циклом обработки окружная скорость заготовки выбирается в зависимости от диаметра шлифования и материала заготовки.

Продольная подача стола $S_{пр}$, мм/об, на один оборот заготовки принимается в зависимости от шероховатости поверхности в долях ширины B круга, мм: $S_{пр} = (0,1 \dots 0,5) B$.

Схемы различных видов обработки на внутришлифовальных станках представлены на рис. 12.5–12.9.

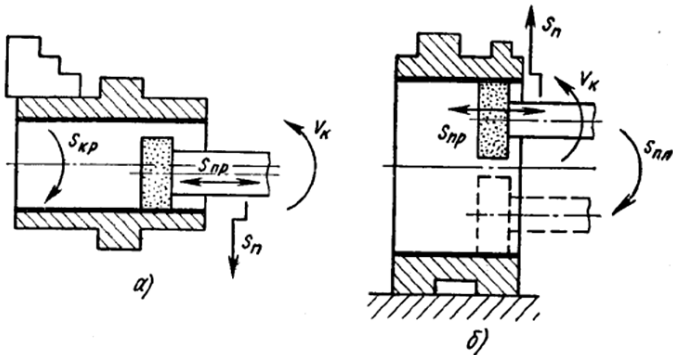


Рис. 12.5. Схемы обработки на внутришлифовальных станках: а – обработка на проход; б – внутренняя в специальном приспособлении

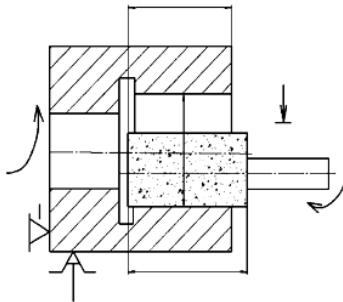


Рис. 12.6. Схема внутреннего врезного шлифования

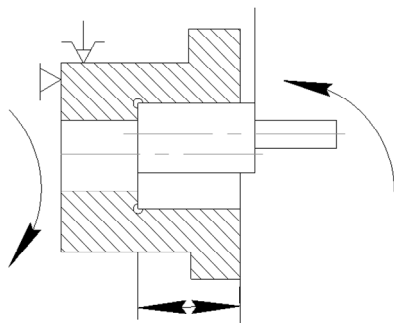


Рис. 12.7. Схема внутреннего врезного шлифования с подшлифовкой внутреннего торца

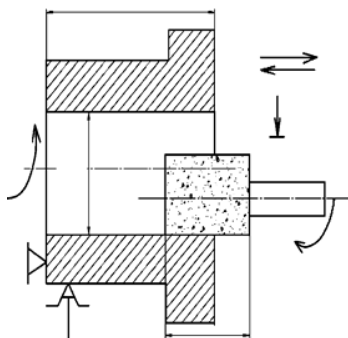


Рис. 12.8. Схема внутреннего продольного шлифования

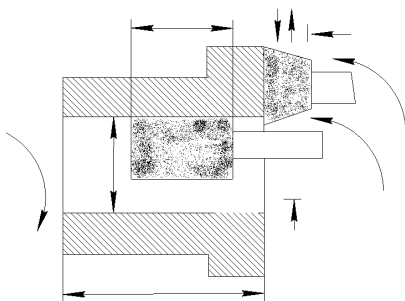
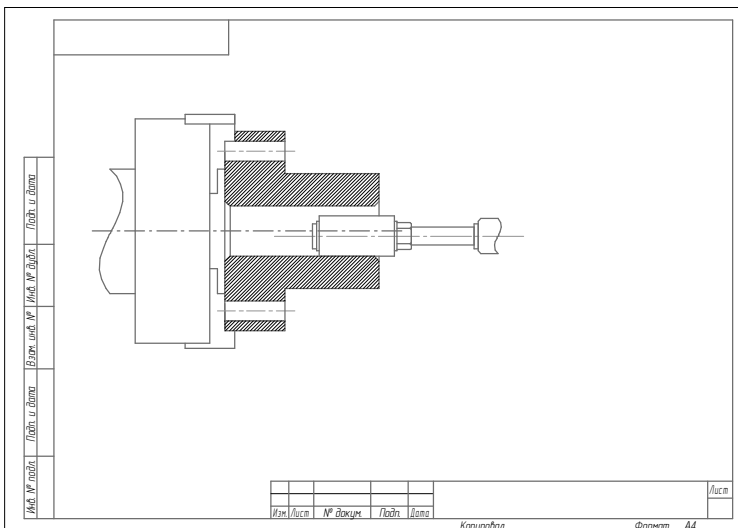


Рис. 12.9. Схема внутреннего продольного шлифования с подшлифовкой наружного торца

На рис. 12.10 представлены операционный эскиз и операционная карта внутришлифовальной операции.



а

ГОСТ 3.1404-86 форма 3											
Дубл.											
Взам.											
Подп.											
Разраб.	Терентьев С.П.	Подп.	Дата	Р 531.038.05			60141.XXXX				
Проверк.	Жуков И.П.	Подп.	Дата								
Нормир.				Букса			КП		055		
Н.контр.	Юрьев В.Г.										
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЭ	КОИД	
Крупношлифовальная		Сталь 25Х2М1Ф		229...269	кг	38	Поковка		54	1	
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Тв	Тпа	Тшт.	СОЖ			
3М161Е				3,33	3,57	38	7,59	3% водный раствор Аквол-5			
Р		ПИ	0 или В	Л	т _{сп}	т	V _{исп}	п _з	V	T _с	T _в
A 01	Инструкция по ТБ № 47 (круглошлифовальные станки), № 17 (электробезопасность)										
O 02	1. Установить заготовку в центра, снять									2,4	
T 03	Центр упорный 7032-0040 Морзе 5 ГОСТ 13214-79, центр упорный эрибковый ø100, хомутик 7107-0072 ГОСТ 16488-70										
O 04	2. Шлифовать цилиндрическую поверхность, выдерживая размер 1									3,33 1,17	
T 05	Круг шлифовальный 1 750x100x305 25А 25 С2 5К ГОСТ 2424-83, скоба индикаторная накладная на размер 130 h7,										
T 06	скоба односторонняя предельная на r-p 130 h7, карандаш алмазный 02 (С) ГОСТ 607-80 Е										
P 07		130	260	0,007	50	4700	75	50			
08		мм	мм	мм/ход		мм/мин	мин ⁻¹	м/с			
09											
P _н 10	Режим правки круга		$t = S_{(p)}$			$V_{(p)}$					
11		750	100	0,02(черн)	2	200	-	50			
12				0,01(чист)	1						
13		мм/де.ход		мм/мин	м/с						
OK	Операционная карта										

б

Рис. 12.10. Операционный эскиз (а) и операционная карта (б) внутришлифовальной операции

12.3. Содержание отчета

1. Наименование работы и ее цель.
2. Задания по определению требуемых параметров.
3. Необходимые расчеты и результаты вычислений.
4. Таблица с результатами измерений.
5. Основные выводы.

12.4. Контрольные вопросы

1. Что такое шлифование?
2. Перечислите основные виды шлифования.
3. Расскажите о способах внутреннего шлифования.
4. Каково назначение внутришлифовального станка?
5. Перечислите основные механизмы внутришлифовального станка.
6. Изобразите схему внутреннего врезного шлифования.

Рекомендуемая литература: [1, 5, 6, 11].

Лабораторная работа 13

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ШЛИФОВАНИЯ НАРУЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ НА СТАНКЕ МОДЕЛИ ЗУ12-СМК

Цель работы: изучить назначение и принцип работы кругло-шлифовальных станков.

Работа рассчитана на два академических часа.

Студент должен знать:

- основные виды шлифования;
- способы круглого шлифования;
- для чего применяют круглое шлифование.

Студент должен уметь:

- настраивать шлифовальные станки;
- проверять работу каждого узла станка в наладочном режиме;
- выполнять работу на вспомогательном (холостом) ходу;
- выполнять пробное шлифование.

13.1. Основные положения

Основные виды и способы шлифования

Шлифовальными называют станки, которые работают инструментами из абразивного материала. Наиболее распространенный абразивный инструмент – шлифовальный круг. Применяют также алмазные круги. Основное назначение шлифовальных станков – чистовая обработка деталей, в особенности при высокой твердости их материала (закаленные стали, твердые сплавы и т. д.). При этом достигаются малая шероховатость обработанной поверхности, малое отклонение формы размеров деталей (рис. 13.1).

Станок имеет следующие основные узлы: станину 1, поворотный стол 5, переднюю бабку 6, шлифовальную бабку 7. Внутри станины размещен гидропривод к столу; в передней бабке находится привод к шпинделю, передающему вращательное движение на заготовку, а в шлифовальной бабке – привод к шлифовальному кругу.

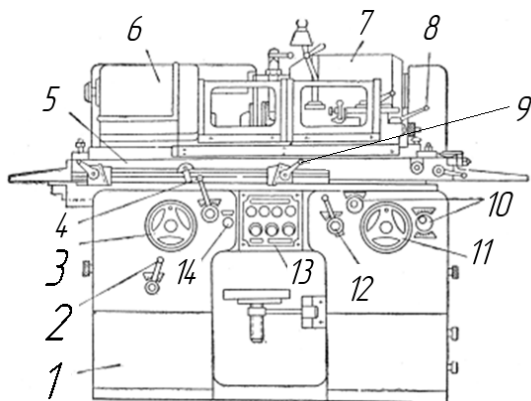


Рис. 13.1. Общий вид круглошлифовального станка

Основными органами управления станком являются следующие: рукоятка регулирования скорости движения стола 2, маховик ручного перемещения стола 3, рукоятка реверса стола 4, упоры 9, рукоятка выключения автоматического хода стола 14, рукоятка отвода пиноли 8, рукоятки дросселя управления подачей шлифовальной бабки 10, маховик ручной подачи шлифовальной бабки 11, рукоятка быстрого подвода и отвода шлифовальной бабки 12 и кнопочная станция 13.

Примеры схем круглого наружного шлифования изображены на рис. 13.2.

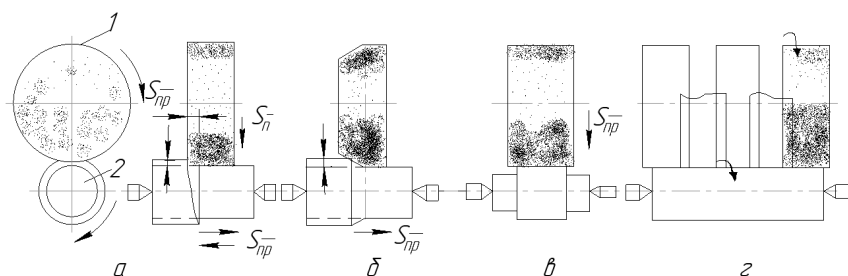


Рис. 13.2. Схемы круглого наружного шлифования:

a – шлифование с продольными рабочими ходами; *б* – глубинное шлифование;

в – врезное шлифование; *г* – комбинированное шлифование;

1 – шлифовальный круг; 2 – шлифуемая заготовка;

$S_{пр}$ – продольная подача; $S_{п}$ – поперечная подача; t – глубина обработки

13.2. Методические указания

Главное движение – вращение шлифовального круга. Обрабатываемую заготовку устанавливают между центрами передней и задней бабок, которые размещены на столе. Передняя бабка сообщает заготовке круговую подачу, стол, движущийся по направляющим скользя станины, – продольную подачу. Стол состоит из двух частей. Верхняя часть – поворотная (вокруг вертикальной оси), чтобы настраивать станок на угол шлифуемого конуса. Шлифовальная бабка может перемещаться по поперечным направляющим станины. Привод поперечного перемещения расположен на шлифовальной бабке. Устройства для правки монтируют на столе.

Для круглошлифовальных станков движение подачи осуществляется вращением детали (круговая подача $S_{кр}$); возвратно-поступательным движением стола с обрабатываемой деталью (продольная подача) и поперечным периодическим перемещением шлифовального круга относительно детали (поперечная подача). Круглошлифовальные станки, работающие методом врезания, имеют поперечную подачу $S_{п}$ и круговую подачу $S_{кр}$; кроме того, шлифовальная бабка или стол могут совершать колебательное осевое движение с подачей.

Кинематическая схема и гидропривод круглошлифовального станка (рис. 13.3). Шлифовальный шпиндель I, а следовательно, и шлифовальный круг II получают вращение от электродвигателя мощностью $N = 2,8$ кВт и $n_3 = 1500$ об/мин через двухшквивную клиноремennую передачу, установленного на шлифовальной бабке III. Шлифовальный круг имеет две ступени оборотов: 1800 и 2200 об/мин. На шпинделе помещен трехзаходный червяк, который через червячное колесо $Z = 18$ приводит в действие насос для подачи охлаждающей жидкости.

Шпиндель IV передней бабки V, а вместе с ним и поводок, ведущий шлифуемую заготовку, получают вращение от двухскоростного электродвигателя мощностью $N = 0,65$ кВт с $n_3 = 1500$ об/мин и $n_3 = 3000$ об/мин, установленного на корпусе передней бабки, через бесступенчатый вариатор VI, вал VII и клиноремennую передачу $D_1 = 92$ мм и $D_2 = 140$ мм. Шлифуемая заготовка устанавливается в центрах передней бабки V и задней бабки VIII, размещенных на столе станка IX.

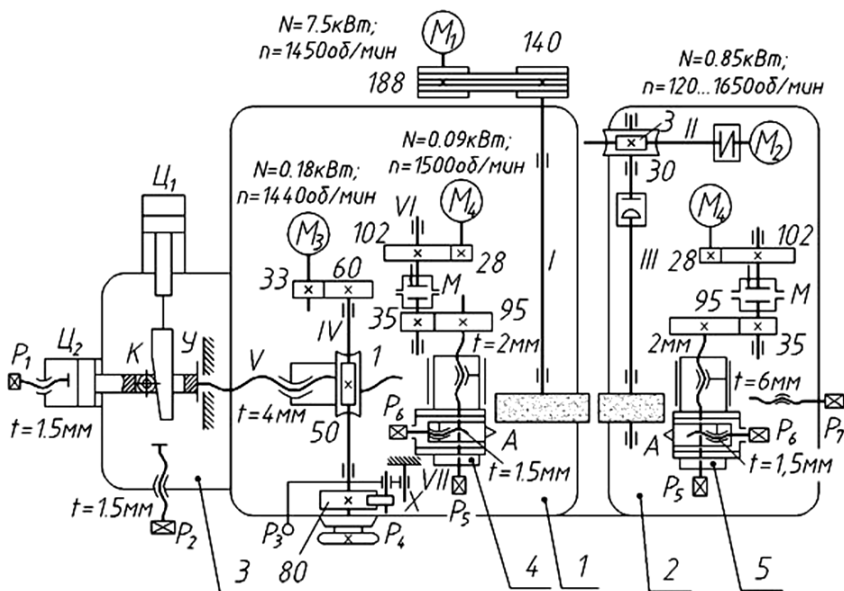


Рис. 13.3. Кинематическая схема круглошлифовального станка

Реверсирование поступательного движения стола производится от упоров, закрепленных на столе. В конце каждого хода упоры поворачивают рукоятку переключателя XXIV вправо или влево и тем самым соответственно перемещают управляющий золотник XXV, вследствие чего масло по трубопроводу T10, или по трубопроводу T11 подводится к одному из торцов реверсивного золотника XX и перемещает его. Вследствие этого изменяется направление подачи масла в цилиндр стола, закрывается доступ масла в одну полость и открывается доступ в противоположную.

Механизм XXX служит для поступательно-возвратного перемещения стола вручную. В это время обе полости цилиндра соединены, т. е. гидравлическое перемещение стола выключено. Этим же устройством заблокированы автоматическое и ручное движения стола. Когда давление в гидропанели поднято, плунжер под действием масла, поступающего по трубопроводу T14, расцепляет кулачковую муфту, а когда давление в гидросистеме сброшено, кулачковая муфта включается с помощью пружины.

13.3. Порядок выполнения работы

Наладка узлов станка

Настройка станка зависит от его конструкции и характера обрабатываемой детали.

Основные этапы настройки станка при шлифовании наружных цилиндрических поверхностей состоят в следующем:

1. Установка центра. Задний центр должен выступать из пиноли на $1,5B$ (B – ширина круга). При шлифовании деталей малого диаметра сторона заднего центра, обращенная к кругу, срезается на такую же длину ($1,5B$), чтобы круг не задевал центра.

2. Установка поводкового патрона для вращения детали при шлифовании с неподвижным передним центром.

3. Установка поворотного стола в нулевое положение.

4. Регулировка усилия прижима детали центром бабки. Чем легче и тоньше шлифуемая деталь, тем меньше должно быть это усилие. Излишнее усилие прижима приводит к быстрому износу центров, слабый прижим может быть причиной выпадения детали из центров.

5. Установка люнетов при шлифовании длинных деталей.

6. Регулировка и проверка охлаждения.

7. Правка круга. Если круг новый, его тщательно балансируют.

8. Подборка и установка согласно технологической карте скорости вращения детали и скорости хода стола.

Последовательность выполнения наладки:

1. Проверка работы каждого узла станка в наладочном режиме: работа системы смазывания; крепление и направление вращения круга; продольная подача устройства правки; скорость круга и вращения детали; цикл и величины подач в соответствии с картой наладки; работа системы охлаждения.

2. Налаживание узлов станка: установка и выверка центров; установка передней и задней бабки в осевое положение; проверка правильности зажима детали и наладки люнета; установка взаимного положения круга и обрабатываемой детали в осевое и радиальное положения.

3. Выполнение работы на вспомогательном (холостом) ходу: установка скорости продольного перемещения устройства правки и предварительная правка круга; балансировка круга; настройка загрузочно-разгрузочного устройства.

4. Выполнение пробного шлифования: регулирование положения шлифовальной бабки, обработка наладочной пробной партии деталей, выключение станка и измерение обработанных деталей; при необходимости корректировка параметров наладки и шлифовка второй наладочной партии; настройка измерительного прибора по эталонной детали.

5. Проверка станка на автоматическом цикле с обеспечением производительности и точности обработки.

Режимы шлифования

Режимы: круглого наружного шлифования, внутреннего шлифования (рис. 13.4–13.7).

Скорость шлифования. Если скорость вращения обрабатываемой детали по сравнению со скоростью шлифовального круга очень мала, то ею пренебрегают и скоростью шлифования называют скорость шлифовального круга. Скорость вращения круга имеет большое значение для процесса шлифования. Производительность процесса шлифования возрастает с увеличением скорости круга.

Выбирать скорости нужно по наибольшим допустимым значениям, указанным в ГОСТ 2424–75 (в зависимости от формы круга, связки, обрабатываемого материала, вида шлифования, конструкции станка).

Глубина шлифования (поперечная подача). При черновом шлифовании выгодно работать с наибольшей глубиной резания (шлифования), допускаемой зерном круга, деталью и станком. При этом глубина резания не должна превышать пяти сотых поперечного размера зерна. Так, для круга зернистостью 50 она должна быть менее 0,025 мм. При увеличении глубины резания более допустимой, поры круга быстро заполняются металлической стружкой и круг засаливается.

Глубину шлифования следует уменьшать при обработке нежесткой детали, слабо закрепленной на станке, и при появлении прижогов. При отделочном шлифовании глубина шлифования должна быть небольшой, что повышает точность и класс шероховатости обработки.

Твердые и прочные материалы шлифуют на меньшую глубину. С увеличением глубины шлифования возрастает мощность, затрачиваемая на трение и дробление стружки.

Продольная подача. Продольная подача измеряется в долях ширины круга. Для черного шлифования она составляет 0,40–0,85 ширины круга за один оборот детали. Большую величину подачи, чем 0,9, принимать нельзя, так как при большей подаче на поверхности шлифуемой детали останется винтовая непрошлифованная полоса.

При чистовых работах продольная подача колеблется от 0,2 до 0,4 ширины круга за один оборот детали. Чем больше подача, тем выше производительность, но больше шероховатость поверхности. Наиболее рациональные режимы резания (V_k , V_d , $S_{пр}$) выбираются по нормативам, приведенным в справочниках.

При определении режимов резания по нормативам вначале определяют скорость детали V_d (при принятой скорости круга, размерах детали), затем продольную подачу $S_{пр}$ и поперечную $S_{поп}$.

Примечания:

1. Параметры режима шлифования следует умножить на коэффициент 0,5–0,8 при обработке жаропрочной стали и на 1,3–1,8 при обработке чугуна.

2. Для чистового шлифования значения поперечной подачи на ход стола не должны превышать значения поперечной подачи предварительного шлифования.

3. При шлифовании деталей, закрепленных в патроне, надо выбирать минимальные значения поперечной подачи.

4. Для достижения необходимой шероховатости поверхности в конце шлифования рекомендуется провести один–два прохода без поперечной подачи.

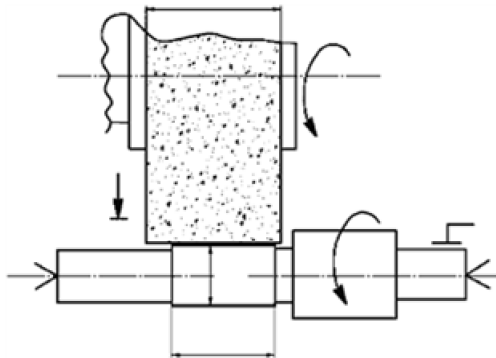


Рис. 13.4. Схема круглого наружного врезного шлифования

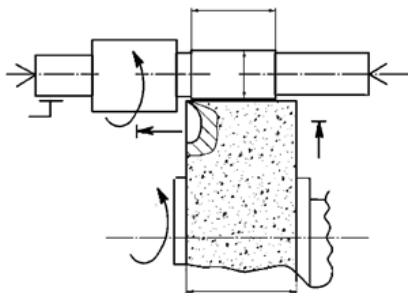


Рис. 13.5. Схема круглого врезного шлифования с подшлифовкой торца цилиндрическим кругом

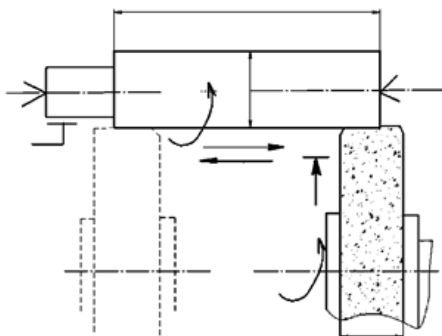


Рис. 13.6. Схема круглого шлифования с продольной подачей

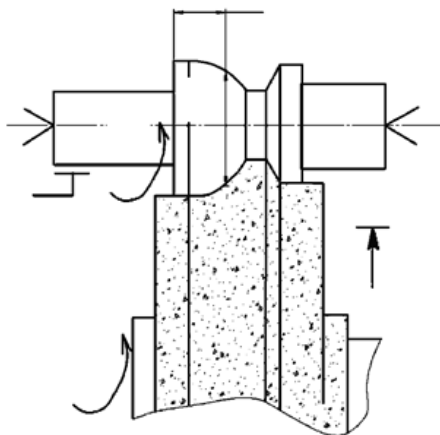


Рис. 13.7. Схема круглого врезного шлифования фасонной поверхности

13.4. Содержание отчета

1. Наименование работы и ее цель.
2. Задания по определению требуемых параметров.
3. Необходимые расчеты зависимости и результаты вычислений.
4. Основные выводы.

13.5. Контрольные вопросы

1. Перечислите основные виды шлифования.
2. Опишите главное движение круглошлифовальных станков.
3. Из каких узлов состоит круглошлифовальный станок?
4. Расскажите о способах круглого шлифования.
5. Для чего применяют круглое шлифование?
6. Изобразите схему круглого наружного врезного шлифования.

Рекомендуемая литература: [1, 5, 6, 11].

Лабораторная работа 14

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ И НАЛАДКА РАДИАЛЬНО-СВЕРЛИЛЬНОГО СТАНКА МОДЕЛИ ГС545 НА ОБРАБОТКУ РЕЗЬБОВЫХ ОТВЕРСТИЙ

Цель работы: изучение конструкции радиально-сверлильного станка и инструментальной оснастки, привитие практических навыков по его наладке при выполнении различных технологических операций.

Работа рассчитана на два академических часа.

Студент должен знать:

- основные способы сверления металлов;
- достоинства и недостатки каждого способа.

14.1. Основные положения

Станок предназначен для сверления, рассверливания, зенкерования и развертывания отверстий в различных заготовках, а также для нарезания резьб машинными метчиками в условиях индивидуального и серийного производства. Обрабатываемые заготовки могут закрепляться непосредственно на столе станка, в машинных тисках, трехручачковом самоцентрирующем патроне и других специальных приспособлениях.

Внешний вид станка с обозначением основных узлов и органов управления представлен на рис. 14.1, кинематическая схема – на рис. 14.2.

14.2. Методические указания

Главное движение. Шпиндель V приводится в движение электродвигателем мощностью 4,5 кВт через клиноременную передачу 140 – 178 и коробку скоростей.

На валу II коробки скоростей находится тройной подвижный блок шестерен Б1, обеспечивающий валу III три скорости вращения. От вала III через шестерни 34 – 48 вращение передается валу IV, на котором расположен тройной подвижный блок шестерен Б2,

приводящий в движение полый вал V, связанный шлицевым соединением со шпинделем V. Шпиндель V имеет девять частот вращения. Наибольшее число оборотов шпинделя n_{\max} с учетом упругого скольжения ремня определяется из уравнения кинематического баланса (УКБ):

$$n_{\max} = x = \frac{140}{178} = \frac{34 \cdot 34 \cdot 65}{48 \cdot 48 \cdot 34}.$$

Требуемая частота вращения шпинделя устанавливается поворотом двух рукояток 4 (рис. 14.1), которые перемещают тройные зубчатые блоки Б1 и Б2 в коробке скоростей.

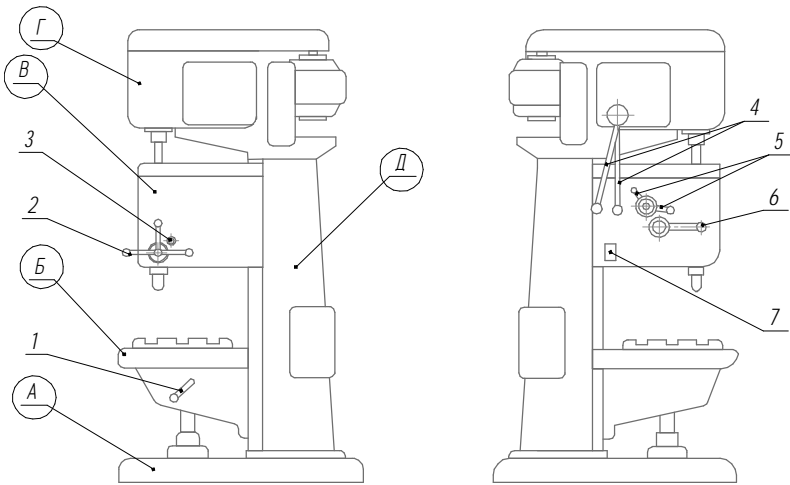


Рис. 14.1. Вертикально-сверлильный станок ГС545:

- A* – основание (фундаментная плита); *B* – стойка; *B* – коробка скоростей;
Г – шпиндельная бабка с коробкой подач и подъемным механизмом;
Д – стол станка; *1* – штурвал для подъема–опускания шпинделя и включения механической подачи; *2* – упоры для ограничения хода механической подачи шпинделя; *3* – рукоятка перемещения стола; *4* – рукоятки переключения частот вращения шпинделя; *5* – рукоятки переключения величин подач;
6 – рукоятка включения вращения шпинделя в режимах «Правое вращение» – «Стоп» – «Левое вращение»; *7* – конец вала для установки рукоятки вертикального перемещения шпиндельной бабки

Движение подачи. Движение подачи (рис. 14.2) заимствуется от шпинделя V. Движение передается через шестерни 27 – 50 дважды,

коробку подач с выдвижными шпонками, предохранительную муфту М1, вал IX, червячную передачу 1 – 47, зубчатую муфту М2, вал X и реечную передачу гильзе шпинделя.

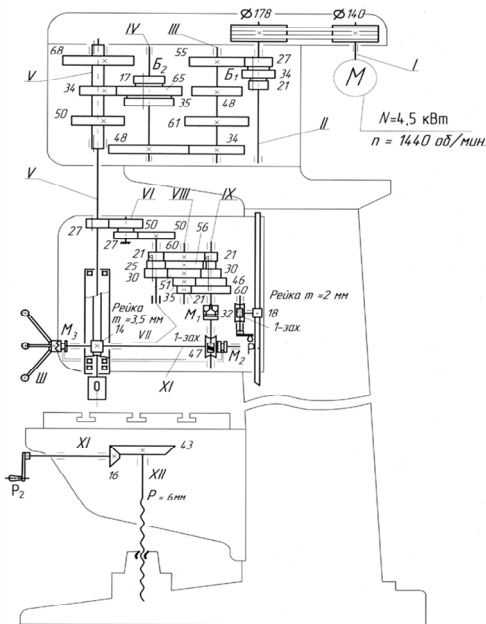


Рис. 14.2. Кинематическая схема станка ГС545

За один оборот реечной шестерни гильза шпинделя переместится на величину, равную длине делительной окружности шестерни:

$$m z = 3,14 \cdot 3,5 \cdot 14 = 153,9 \text{ мм.}$$

В коробке подач расположены трех- и четырехступенчатый механизмы с выдвижными шпонками. Перемещение выдвижных шпонок осуществляется рукоятками 5 (см. рис. 14.1). От вала VII три скорости вращения сообщаются валу VIII, на котором жестко закреплены шестерни 60, 56, 51, 35, и 21. От вала VIII четыре скорости вращения передаются валу IX.

Теоретически коробка подач обеспечивает 12 частот вращения шпинделя ($3 \cdot 4 = 12$). Однако одна из них повторяющаяся, поэтому

станок имеет только 11 различных подач. От вала IX через кулачковую муфту М1 движение сообщается валу X, на котором закреплен червяк. Графики частот вращения шпинделя и подач шпинделя представлены на рис. 14.3.

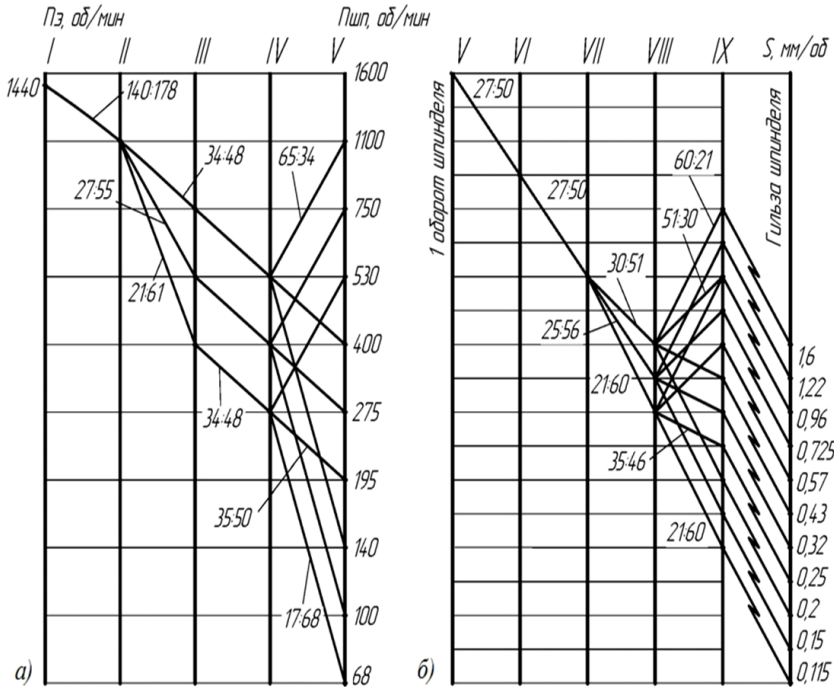


Рис. 14.3. Графики частот вращения шпинделя (а) и подач шпинделя (б)

Установочное перемещение шпиндельной бабки осуществляется от рукоятки Р1 через червячную передачу 1 – 32 и реечную шестерню, сцепляющуюся с рейкой $t = 2$ мм, закрепленной на станине.

Вертикальное перемещение стола обеспечивается поворотом рукоятки Р2 через вал XI, конические шестерни 16 – 43 и ходовой винт XII.

Быстрое перемещение шпинделя с гильзой производится штурвалом III, вручную посредством включения муфты М3 и выключением муфты М2.

Настройка и наладка станка

Под наладкой станка подразумевают его подготовку к выполнению заданной работы в соответствии с установленным технологическим процессом обработки. В наладку вертикально-сверлильного станка на обычную работу с механической подачей шпинделя входит:

а) установка стола станка и закрепление его по высоте в требуемое положение;

б) установка сверлильной головки и закрепление ее по высоте в требуемое положение;

в) установка и закрепление режущего инструмента непосредственно в шпинделе станка или при помощи вспомогательных инструментов – зажимного патрона (шариковый быстросменный патрон, быстросменный патрон с кулачковым зажимом, самоцентрирующий кулачковый патрон, цанговый патрон) или переходных (разрезных) втулок;

г) установка и закрепление заготовки на столе станка при помощи тисков (машинных, пневматических), прихватов, упоров (ступенчатых и регулируемых), призм, угольников, поворотных стоек, универсальных столов и кондукторов различного вида (оси инструмента и обрабатываемого отверстия должны совпадать);

д) подвод смазочно-охлаждающей жидкости к месту обработки.

При наладке станка на нарезание резьбы (рис. 14.4) с реверсом шпинделя на определенной глубине (автоматическое нарезание резьбы) необходимо соблюдать следующую дополнительную последовательность:

а) опустить шпиндель до упора инструмента в деталь;

б) установить лимб сверлильной головки так, чтобы против указателя лимба находилась цифра, соответствующая глубине обработки детали;

в) совместить риску кулачка с соответствующей риской на лимбе и кулачок закрепить;

г) после включения вращения шпинделя ввести метчик вручную в нарезаемое отверстие (через 2–3 оборота шпинделя надобность в ручной подаче отпадает).

По достижении заданной глубины нарезания шпиндель автоматически реверсируется и метчик выходит из отверстия. Для того чтобы шпиндель принял первоначальное вращение, необходимо нажать соответствующую кнопку.

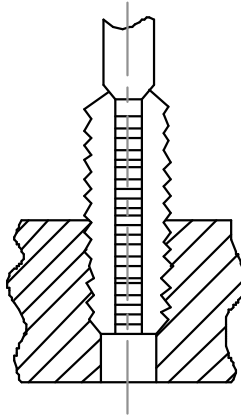


Рис. 14.4. Нарезание резьбы метчиком

Настройка станка заключается в кинематической подготовке его к выполнению заданной обработки в соответствии с установленными режимами резания и технологией обработки детали. Кинематические цепи станка настраивают в соответствии с выбранными режимами резания (частотой вращения шпинделя и подачей):

а) при настройке цепи главного движения, число оборотов шпинделя устанавливают по скорости резания при помощи рукояток коробки скоростей;

б) при настройке цепи движения подачи, на станке устанавливают по помощи рукояток коробки подач.

Выбор режимов резания

Режимы резания при сверлении в основном характеризуются подачей и скоростью резания. Подачи s выбирают в зависимости от диаметра сверла, обрабатываемого материала, материала режущей части инструмента и пр. Выбор скорости V резания при сверлении и рассверливании зависит от обрабатываемого материала, материала режущей части сверла, диаметра сверла, подачи, стойкости сверла, глубины просверливаемого отверстия, формы заточки сверла и охлаждения. Рекомендуемые диаметры сверл при резьбонарезании, допуски цилиндричности отверстий и допуски на сверление различных материалов представлены в табл. 14.1–14.3.

Таблица 14.1

Рекомендуемые диаметры сверл при резбонарезании

Номинальный диаметр d резьбы, мм	Шаг резьбы P , мм	Диаметр сверла, мм	
		*1	*2
16	0,50	15,50	—
	0,75	15,25	—
	1,00	15,00	—
	1,50	14,50	—
	2,00	14,00	14,20
17–52	P	$(d-P)$	—

Таблица 14.2

Допуски цилиндричности отверстий, мкм

Вид обработки	Степень точности формы по ГОСТ 24643–81	Интервалы номинальных размеров отверстий, мм			
		Св. 3 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50
Сверление и рассверливание	10-11-12	—	30-50-80	40-60-100	50-80-120
	9-10-11	—	20-30-50	25-40-60	30-50-80
	8-9-10	10-16-25	12-20-30	16-25-40	20-30-50
	7-8-9	6-10-16	8-12-20	10-16-25	12-20-30
	6-7-8	4-6-10	5-8-12	6-10-16	8-12-20

Таблица 14.3

Допуски на сверление различных материалов

Параметр	Диаметр отверстия, мм	Материал детали			
		чугун и алюминий		сталь	
		Сверло по ГОСТ 885–77			
		общего назначения	точного исполнения	общего назначения	точного исполнения
Смещение оси отверстия относительно оси кондукторной втулки	До 6	0,13	0,12	0,18	0,17
	Св. 6 до 10	0,13	0,11	0,18	0,16
	10	0,15	0,13	0,20	0,18
	»10 »18	0,20	0,18	0,28	0,26
	»18 »30	0,27	0,25	0,38	0,36

Параметр	Диаметр отверстия, мм	Материал детали			
		чугун и алюминий		сталь	
		Сверло по ГОСТ 885-77			
		общего назначения	точного исполнения	общего назначения	точного исполнения
Смещение оси отверстия относительно технологических баз	До 6	0,17	0,15	0,23	0,21
	Св. 6 до 10	0,17	0,15	0,22	0,20
	»10 »18	0,18	0,17	0,25	0,23
	»18 »30	0,25	0,23	0,34	0,32
	»18 »30	0,32	0,30	0,46	0,44
Расстояние между осями двух отверстий, обработанных одновременно на одной позиции	До 6	±0,23	±0,20	±0,31	±0,29
	Св. 6 до 10	±0,23	±0,20	±0,31	±0,28
	»10 »18	±0,25	±0,23	±0,34	±0,31
	»18 »30	±0,35	±0,32	±0,48	±0,45
	»18 »30	±0,45	±0,42	±0,65	±0,61

Скорость резания, м/мин, при сверлении равна

$$V = \frac{C_v D^z}{T^m s^y} K;$$

при рассверливании

$$V = \frac{C_v D^z}{T^m s^y t^x},$$

где C_v – постоянный коэффициент, характеризующий обрабатываемый материал, материал инструмента, геометрию сверла и разные условия обработки;

D – диаметр сверла, мм;

T – период стойкости инструмента, мин;

s – подача, мм/об;

t – глубина резания при рассверливании (припуск на сторону), мм:

$$t = \frac{D-d}{2};$$

z, m, y, x – показатели степеней;

K – общий поправочный коэффициент, учитывающий конкретные условия обработки:

$$K = K_m K_l K_u,$$

где K_m, K_l, K_u – соответственно поправочные коэффициенты, в зависимости от обрабатываемого материала, глубины сверления, материала режущей части и др.

Частота вращения сверл n , об/мин, в зависимости от диаметра и скорости резания рассчитываются по формуле:

$$n = \frac{1000V}{pV}.$$

Полученное значение частоты вращения округляем до ближайшей частоты вращения шпинделя станка из числа имеющихся на данном станке.

Машинное время при сверлении и рассверливании отверстия определяется по формуле

$$T_0 = \frac{L}{n s} = \frac{l + l_1 + l_2}{n s},$$

где L – расчетная длина пути сверла в направлении подачи, мм;

l – глубина отверстия, мм;

l_1 – величина врезания сверла, мм;

l_2 – величина перебега сверла, мм;

n – частота вращения сверла, мин^{-1} ;

s – подача сверла, мм/об.

14.3. Порядок выполнения работы

1. Изучить правила техники безопасности при выполнении работы.
2. Изучить назначение станка, его устройство и органы управления.

3. Ознакомьтесь с технологической оснасткой, типами инструмента и схемами обработки поверхностей на станке.

4. Составить УКБ цепи привода шпинделя и определить диаметры шкивов для обеспечения нестандартной частоты вращения $n_{\text{шп}} = \dots$ об/мин.

5. Составить УКБ цепи подач для реализации $s = \dots$ мм/об, определить $S_{\text{факт}}$, вычертить кинематическую схему этой цепи;

6. Определить частоту вращения шпинделя для сверления отверстия диаметром $d = \dots$ мм со скоростью резания $V = \dots$ м/мин. Составить УКБ привода главного движения для реализации найденной частоты вращения и определить $n_{\text{факт}}$.

7. Настроить станок и выполнить обработку отверстия $d = \dots$ мм в заготовке, закрепленной в тисках (на столе) при заданных режимах резания: скорость $V = \dots$ м/мин, подача $s = \dots$ мм/об.

8. Составить отчет. Ответить на контрольные вопросы.

14.4. Содержание отчета

1. Наименование работы и ее цель.
2. Задания по определению требуемых параметров (см. п. 2.1).
3. Уравнения кинематического баланса, необходимые расчетные зависимости и результаты вычислений.
4. Основные выводы.

14.5. Контрольные вопросы

1. Объясните назначение станка, назовите его основные технические характеристики, способы крепления инструмента и заготовок.
2. Приведите расшифровку модели станка.
3. Перечислите виды работ и инструменты, применяемые на сверлильном станке.
4. В каких случаях и для чего производится предварительное сверление отверстий с последующим рассверливанием?
5. Как получить отверстие высокой точности и малой шероховатости поверхности?
6. Как и чем обрабатываются торцевые поверхности под гайки, шайбы и упорные кольца?

7. Как передается крутящий момент на сверло с коническими и цилиндрическими хвостовиками?

8. Как извлечь сверло с коническим хвостовиком из шпинделя станка?

9. За счет чего можно изменить паспортные величины частот вращения шпинделя?

10. Перечислите преимущества и недостатки механизма с вытяжными шпонками.

11. Каково назначение муфт М1, М2 и М3 в коробке подач?

12. На какую величину переместится гильза шпинделя за один оборот реечной шестерни?

13. Как осуществляется включение механической подачи шпинделя? Чем задается длина хода этой подачи?

14. На какую величину переместится шпиндельная бабка за один оборот ручки Р1?

15. На какую величину переместится стол за один оборот ручки Р2?

16. Опишите маршрут обработки отверстия $\varnothing 35 \text{ H}8$ с шероховатостью поверхности $Ra \leq 1,25 \text{ мкм}$ в цельной заготовке.

17. Опишите маршрут обработки отверстия $\varnothing 8 \text{ H}7$ с шероховатостью поверхности $Ra \leq 1,25 \text{ мкм}$.

18. Какая точность и шероховатость поверхности достигается при сверлении отверстий на вертикально-сверлильном станке?

19. Можно ли на сверлильном станке выполнять расточку отверстий?

20. Запишите количественную зависимость движений в приводе главного движения (или подач) и составьте соответствующее УКБ.

14.6. Необходимое оборудование, оснастка и материалы

1. Вертикально-сверлильный станок.

2. Магнитная плита.

3. Штангенциркуль, микрометр.

4. Заготовка.

Рекомендуемая литература: [1, 5, 6, 11].

Лабораторная работа 15
НАЛАДКА ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА
МОДЕЛИ FSS450MR НА ФРЕЗЕРОВАНИЕ
ШПОНОЧНОГО ПАЗА

Цель работы: ознакомление с основами процесса фрезерования, устройством фрезерного станка, режущим инструментом и приспособлением, выбором режима резания.

Работа рассчитана на два академических часа.

Студент должен знать:

- классификацию металлорежущих станков;
- инструменты, применяемые на фрезерных станках;
- классификацию, устройство и методику настройки делительных головок;
- содержание работ по наладке фрезерных станков.

Студент должен уметь:

- выполнять технологическую наладку фрезерных станков;
- проводить анализ кинематических цепей зубофрезерного станка;
- использовать приобретенные знания в производственных условиях.

15.1. Основные положения

Вертикальными станки называются из-за расположения оси вращения шпинделя.

К основным преимуществам вертикально-фрезерных станков можно отнести:

- доступную цену;
- компактность (по сравнению с горизонтально-фрезерными станками);
- хорошую визуализацию обработки;
- надежное и простое крепление заготовки на рабочем столе станка.

Фрезерование является одним из распространенных технологических методов обработки резанием плоских и фасонных поверхностей, прямых и винтовых канавок, сложных поверхностей типа «зубья зубчатых колес», «шлицы», «шпоночная канавка» и пр. При этом обеспечивается точность размеров не выше 9...10 квалитета и шероховатость поверхности с параметрами $R_a = 2,5...200$ мкм. Фрезерование выполняют на фрезерных станках многолезвийным режущим инструментом – фрезой.

Устройство и назначение вертикально-фрезерного станка

В вертикально-фрезерном станке ось фрезы расположена в вертикальной плоскости. Общий вид станка представлен на рис. 15.1., рабочие движения – в табл. 15.1. Основные части и узлы станка: фундаментная плита 1, станина 2, коробка скоростей 3, шпиндельная головка 4, шпиндель 5, консоль 8, стол 6, поперечные салазки 7, коробка подач 9 и электродвигатель 10.

Фундаментная плита является основанием станка и служит для крепления его к фундаменту. Станина 2 предназначена для монтажа на ней всех узлов станка. На станке имеется поворотная шпиндельная головка 4, которая может устанавливаться под любым углом до 45 градусов к вертикали, определяемому по шкале, нанесенной на станину станка. Коробка скоростей 3 представляет собой систему валов, зубчатых колес и подшипников, при помощи которых вращение от электродвигателя 10 передается на ее основной вал – шпиндель 5, расположенный в поворотной шпиндельной головке. При помощи рукояток коробки скоростей 3 можно включать отдельные пары зубчатых колес и сообщать шпинделю станка различную частоту вращения. По направляющим станины в вертикальном направлении может перемещаться консоль 8 ($D_{св}$), внутри которой расположена коробка подач 9, позволяющая устанавливать заданное значение скорости перемещения заготовки. На горизонтальных направляющих консоли расположены поперечные салазки 7 ($D_{сп}$), на которых расположен стол 6. Стол 6 предназначен для установки и крепления на нем приспособления и обрабатываемой заготовки. Столу во время фрезерования сообщается движение перпендикулярное к оси вращения фрезы ($D_{сп}$).

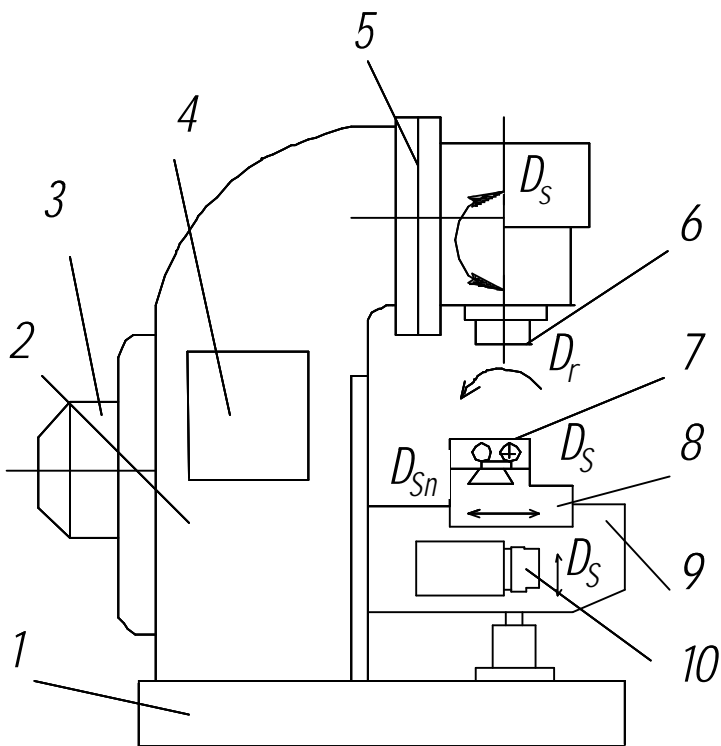


Рис. 15.1. Основные узлы вертикально-фрезерного станка модели FSS450MR

Таблица 15.1

Рабочие движения на станке

Движущийся узел	Название движения	Характер движения	Размерность движения
Шпиндель	Главное движение	Вращательное	об/мин
Консоль + стол	Вертикальная подача	Поступательное	мм/зуб
Поперечные салазки + стол	Поперечная подача	Поступательное	мм/зуб
Стол	Продольная подача	Поступательное	мм/зуб

Виды фрезерных работ и типы фрез

При фрезеровании плоских поверхностей на заготовке так же, как и при всех других видах фрезерных работ, главное вращательное движение резания D_r придают фрезе. Движение подачи D_s выполняет заготовка, перемещающаяся относительно фрезы.

Фрезерованием можно осуществлять обработку горизонтальных, вертикальных и наклонных плоскостей (рис. 15.2, а, б).

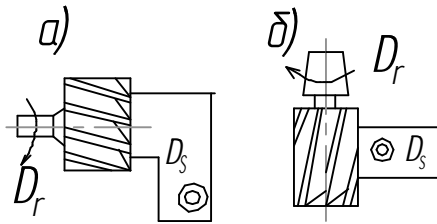


Рис. 15.2. Схемы фрезерования поверхностей

Вертикально расположенные плоскости фрезеруют торцевыми и концевыми фрезами в соответствии со схемами, приведенными на рис. 15.2, а, б. Концевые фрезы изготавливают диаметром до 80 мм.

Вертикально-фрезерные станки

На вертикально-фрезерных станках можно вести обработку фрезами различных типов, но особенно эффективно – торцевыми и пальцевыми. Заготовку закрепляют на столе, который расположен на салазках. Стол движется в продольном направлении, салазки – в поперечном. Отличительный признак вертикально-фрезерных станков – вертикальное расположение шпинделя. Существуют консольные и бесконсольные вертикально-фрезерные станки. В консольных станках вертикальное движение сообщают консоли, на которой находятся салазки со столом. Шпиндельная головка неподвижна. Расположение зоны обработки не зависит от высоты заготовки. В бесконсольных станках салазки со столом базируются на основании, что значительно повышает жесткость станка;

вертикально перемещается шпиндельная бабка по стойке. Такая компоновка целесообразнее при обработке тяжелых заготовок, при больших нагрузках. Вертикальные консольно-фрезерные станки широко применяются в условиях единичного и серийного производства. У них большая степень унификации с горизонтально-фрезерными станками. Отличается лишь форма верхней части станины, где вместо хобота расположена поворотная головка со шпинделем.

Компоновка вертикально-фрезерных станков может быть разной:

– вертикальный шпиндель движется по всем трем линейным осям X, Y, Z ;

– вертикальный шпиндель движется по оси Z , а деталь по осям X и Y ;

– вертикальный шпиндель движется по линейным осям X, Y, Z , а деталь по поворотным B и C (пятиосевая обработка).

15.2. Методические указания

Скорость резания V , м\мин, определяется по формуле

$$V = \frac{\pi D_{\phi} n}{1000},$$

где D_{ϕ} – диаметр фрезы, мм;

n – число оборотов фрезы, об\мин.

Глубиной резания t является толщина слоя обрабатываемого материала, снимаемая фрезой за один проход.

Шириной фрезерования B называется размер обрабатываемой поверхности, измеренный в направлении перпендикулярном подаче фрезы.

Подачей S называется величина перемещения относительно фрезы в единицу времени. При фрезеровании различают подачу на один зуб фрезы S_z , подачу за один оборот фрезы S_o и минутную подачу $S_{\text{мин}}$. Значения параметров при фрезеровании стальных заготовок шпоночными фрезами из быстрорежущей стали представлены в табл. 15.2; значения коэффициента C_v и показателей степени q, x ,

u , i , p , t в формуле скорости резания при фрезеровании – в табл. 15.3.

Таблица 15.2

Значения параметров при фрезеровании стальных заготовок шпоночными фрезами из быстрорежущей стали

Диаметр фрезы D , мм	Фрезерование на шпоночно-фрезерных станках с маятниковой подачей при глубине фрезерования на один двойной ход, составляющий часть глубины шпоночного паза		Фрезерование на вертикально-фрезерных станках за один проход	
			Осевое врезание на глубину шпоночного паза	Продольное движение при фрезеровании шпоночного паза
	Глубина фрезерования t , мм	Подача на один зуб S_z , мм		
6	0,3	0,10	0,006	0,020
8		0,12	0,007	0,022
10		0,16	0,008	0,024
12		0,18	0,009	0,026
16	0,4	0,25	0,010	0,028
18		0,28	0,011	0,030
20		0,31	0,011	0,032
24		0,38	0,012	0,036
28	0,5	0,45	0,014	0,037
32		0,50	0,015	0,037
36		0,55	0,016	0,038
40		0,65	0,016	0,038

Примечание. Поддачи даны для конструкционной стали с $\sigma_b \leq 750$ МПа; при обработке сталей более высокой прочности поддачи снижают на 20–40 %.

Таблица 15.3

Значения коэффициента C_v и показателей степени q, x, y, u, p, t в формуле скорости резания при фрезеровании

Фрезы	Материал режущей части	Операция	Коэффициент и показатели степени в формуле скорости резания						
			C_u	q	x	y	u	p	t
Дисковые со вставными ножами	P6M5	Фрезерование плоскостей, уступов и пазов	75,5	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
			48,5			0,4			
Дисковые цельные	P6M5		68,5	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
Концевые с коронками	T15K6		145	0,44	0,24	0,26	0,1	0,13	0,37
Концевые с напаянными пластинами			234	0,44	0,24	0,26	0,1	0,13	0,37
Концевые цельные	P6M5		46,7	0,45	0,5	0,5	0,1	0,1	0,33
Шпоночные двухперые	P6M5	Фрезерование шпоночных пазов	12	0,3	0,3	0,25	0	0	0,26

Связь между ними выражается формулой

$$S_{\text{мин}} = S_z z h,$$

где z – число зубьев фрезы.

Основное технологическое время при фрезеровании определяется по формуле

$$T_{\text{осн}} = \frac{L_{\text{рх}}}{S_{\text{мин}}},$$

где $L_{\text{рх}}$ – длина рабочего хода фрезы, мм;
 $S_{\text{мин}}$ – минутная подача фрезы, мм/мин.

Длина рабочего хода фрезы

$$L_{\text{рх}} = l + l_1 + l_2 + D_{\text{ф}},$$

где l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

l_1 – длина врезания фрезы, мм;

l_2 – длина перебега фрезы, мм.

Значения врезания и перебега фрезы выбираются по нормативам.

Наладка и настройка вертикально-фрезерного станка

1. Наладка – подготовка технологического оборудования и оснастки к выполнению определенной технологической операции (установка фрезы; проверка биения фрезы; установка приспособления на станке для закрепления заготовки; выверка заготовки относительно инструмента; расстановка упоров, ограничивающих ход стола, и др.).

Настройка фрезерного станка заключается в установлении требуемого числа оборотов шпинделя станка, заданной минутной подачи и глубины фрезерования.

Выбор типа и размера фрезы. Стандартом (ГОСТ 9304–69, ГОСТ 1092–69) предусмотрено, что у торцевых насадных фрез параметры определены однозначно, т. е. каждому диаметру торцевой фрезы соответствует определенное значение длины фрезы L , диаметра отверстия d и числа зубьев z .

Для черновой обработки выбирают торцевые насадные фрезы со вставными ножами или с крупным зубом. При чистовой обработке следует взять торцевые насадные фрезы с мелкими зубьями. Однако во всех случаях надо отдать предпочтение торцевым фрезам, оснащенным твердыми сплавами, так как машинное время

обработки в этом случае значительно сокращается за счет увеличения скорости резания.

Далее для заданного обрабатываемого материала и выбранного материала режущей части фрезы по таблицам справочников определяют геометрические параметры режущей части.

Диаметр концевой фрезы (ГОСТ 17025–71, ГОСТ 20537–75, ГОСТ 20533–93 и др.), предназначенной:

- для фрезерования паза, определяется шириной паза;
- для фрезерования уступа, принимается максимально допустимым для данного станка.

Наладка станка на обработку пазов. Наладка станка на обработку сквозных пазов зависит от способа отсчета размера h .

Способ I: размер h задан от верхней плоскости заготовки (рис. 15.3, *a*).

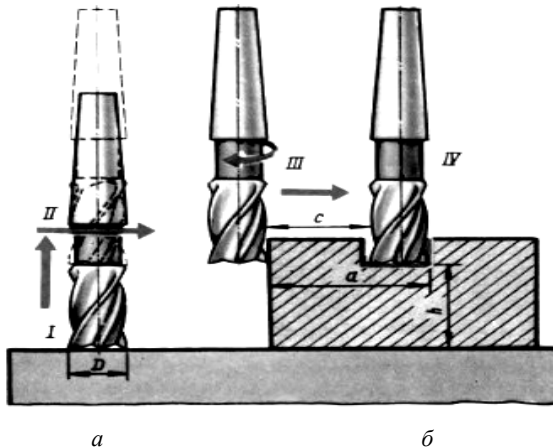


Рис. 15.3. Наладка станка на обработку пазов:
a – осевое врезание; *б* – продольное движение при фрезеровании

Вращающуюся фрезу подводят к боковой поверхности заготовки (положение I). Опускают стол и перемещают его рукояткой поперечной подачи на размер a (положение II). Далее поднимают стол до касания фрезы с верхней поверхностью обрабатываемой заготовки. Затем продвигают стол в продольном направлении, выводят фрезу за пределы обрабатываемой заготовки и поднимают

стол на размер h ; включают продольную подачу и профрезеруют паз.

Способ II: размер h отсчитывается от нижней опорной поверхности заготовки, установленной непосредственно на столе или на подкладке (рис. 15.3, б). В этом случае следует сначала фрезу довести до соприкосновения с подкладкой или очень аккуратно до соприкосновения с поверхностью стола, если заготовка установлена непосредственно на столе (положение I). Далее надо опустить стол на размер h (положение II). Включить вращение фрезы и переместить стол в поперечном направлении до легкого соприкосновения с боковой поверхностью заготовки (положение III). Продвинуть стол в продольном направлении, вывести фрезу за пределы обрабатываемой заготовки и переместить стол в поперечном направлении на размер a (положение IV).

В ряде случаев для достижения требуемого размера паза по ширине целесообразно обработку производить за две операции: черновую и чистовую. При этом чистовую обработку желательно производить твердосплавными концевыми фрезами.

Пример получения шпоночного паза представлен на рис. 15.4.

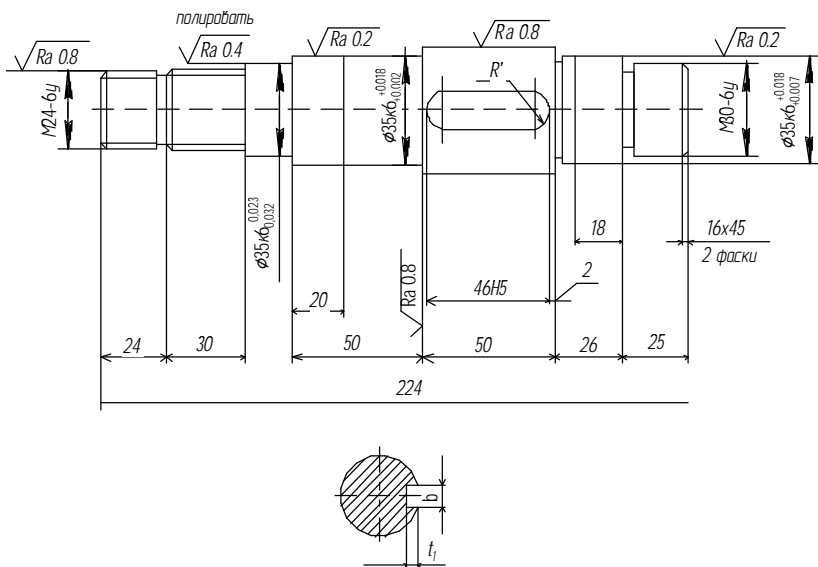


Рис. 15.4. Операционный эскиз

15.3. Порядок проведения лабораторной работы

1. Ознакомиться с общим устройством, кинематической схемой станка, принципом действия основных механизмов станка, системой управления станка и правилами техники безопасности.

2. Получить от преподавателя индивидуальное задание (на одного или группу учащихся) на наладку станка.

3. Наладить и настроить станок на необходимые для обработки режимы резания.

4. Совместно с руководителем занятия или лаборантом обработать деталь.

5. Выполнить необходимые измерения.

15.4. Содержание отчета

1. Наименование работы и ее цель.

2. Задания по определению требуемых параметров.

3. Необходимые расчеты зависимости и результаты вычислений.

4. Основные выводы.

15.5. Контрольные вопросы

1. Опишите конструкцию универсального фрезерного станка и перечислите его основные узлы.

2. Перечислите типы фрез и поясните их назначения.

3. Назовите виды работ, выполняемых на фрезерных станках.

4. Что такое наладка станка?

5. Что такое настройка фрезерного станка?

6. Как выбираются режимы фрезерования?

Рекомендуемая литература: [1, 5, 6, 11].

Лабораторная работа 16
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ
ЗАТОЧКИ ТОКАРНОГО РЕЗЦА
НА ТОЧИЛЬНО-ШЛИФОВАЛЬНОМ СТАНКЕ
МОДЕЛИ ТШ-3

Цель работы:

- 1) изучение износа металлорежущих инструментов, методов заточки инструмента, абразивных материалов и инструментов, используемых при заточке;
- 2) освоение методики выбора техпроцесса заточки, заточных станков, абразивного инструмента и режимов заточки металлорежущего инструмента;
- 3) получение практических навыков заточки и доводки токарных резцов;
- 4) приобрести навыки по выбору формы лезвий токарных резцов и их заточке.

Работа рассчитана на два академических часа.

Студент должен знать:

- классификацию металлорежущих инструментов, их конструктивные элементы и геометрические параметры;
- виды износа режущих инструментов;
- устройство универсально-заточного станка модели ТШ-3;
- зависимость между скоростью резания и стойкостью инструмента;
- типы абразивных инструментов;
- типы заточных станков;
- методы заточки режущего инструмента;
- виды инструментальных материалов;
- виды смазывающе-охлаждающих технологических сред.

Студент должен уметь:

- разрабатывать маршрутный технологический процесс заточки и доводки токарных резцов;
- настраивать станок ТШ-3 на заточку токарных резцов;
- затачивать токарные резцы;
- измерять геометрические параметры токарных резцов;

– применять полученные знания и практические навыки в производственных условиях.

16.1. Основные положения

Износ режущих инструментов

В процессе резания возникает интенсивное трение между инструментом и обрабатываемой заготовкой. Под действием сил трения происходит истирание и выкрашивание частиц поверхностного слоя режущих частей инструмента, т. е. его износ. В зоне резания действуют высокие давления и температуры, в результате чего интенсивность износа режущей части инструмента значительно выше интенсивности износа деталей машин.

Физическая картина процесса износа при резании очень сложна. В зоне резания имеет место несколько видов (механизмов) износа. Основным видом является абразивно-механический износ. Абразивно-механический износ происходит в результате срезания и уноса микроскопических объемов материала инструмента твердыми структурными составляющими обрабатываемого металла.

При высоких давлениях и температурах соизмеримым по действию оказывается адгезионный (молекулярный) износ, выражающийся в схватывании (сваривании) материала инструмента с материалом заготовки и вырыванием отдельных частиц материала инструмента.

При резании возникают два интенсивных очага трения – трение стружки о переднюю поверхность резца и трение поверхности резания заготовки о заднюю поверхность резца. В соответствии с этим выделяют две основные формы износа – по передней и по задней поверхностям резца (рис. 16.1). Так как центр давления материала стружки о переднюю поверхность смещен вглубь от режущей кромки, то износ передней поверхности обычно имеет форму лунки. Износ задней поверхности имеет вид площадки высотой A_3 с задним углом, равным нулю.

При работе инструмента всегда имеет место износ и по передней, и по задней поверхности режущей части, однако (в зависимости от условий обработки) тот или другой вид износа может преобладать.

При обработке хрупких металлов преобладает износ по задней поверхности, т. к. стружка надлома оказывает малое истирающее действие на переднюю поверхность. Преобладающий износ по передней поверхности наблюдается при обработке пластичных материалов с большими скоростями резания при сливной стружке.

Виды резцов и формы заточки их поверхностей

Формы заточки передней поверхности и геометрические параметры режущей кромки резца в основном зависят от конструкции резца, материала, из которого изготовлена его режущая часть, физико-механических свойств обрабатываемого материала.

Одним из требований, предъявляемых к форме передней поверхности резца и геометрии его режущей кромки, является обеспечение эффективного стружколомания и стружкозавивания.

Эффективность элементов стружколомания и стружкозавивания у режущих инструментов определяется способностью стабильно завивать сходящую стружку с последующим ее ломанием в широком диапазоне режимов резания для различных обрабатываемых материалов.

Стружколомание может быть обеспечено приданием определенной формы режущей части, созданием лунок и уступов на передней поверхности, применением накладных стружколомов, специальных стружколوماتелей и т. д., а также кинематическими способами. Формы и размеры лунок и уступов на неперетачиваемых твердосплавных пластинах приведены на рис. 16.2 и 16.3.

Уступы вышлифовываются на пластинах с образованием передних углов, оптимальных для конкретных условий эксплуатации. Стружколомы (накладные) выпускаются централизованно, размер уступа h выбирают в зависимости от условий обработки.

Лунки, порошки и уступы могут выполняться крупноразмерные, с радиусом 4–18 мм, или мелкоразмерные, с радиусом 0,5–3,0 мм. При этом необходимо учитывать, что чем меньше радиус выкружки лунки и чем ближе она расположена к режущей кромке, тем круче завивается стружка. Мелкоразмерная лунка имеет небольшую ширину (не более 3 мм) и глубину (до 0,1–0,5 мм). Крупноразмерные лунки делают на твердосплавных и быстрорежущих резцах шириной от 3 до 15 мм, глубиной до 1,5 мм. Между лункой

и режущей кромкой обязательно остается фаска с положительным или отрицательным передним углом. Основные размеры стружколомающих элементов и форма заточки передней поверхности резцов приведены в табл. 16.1.

Таблица 16.1

Формы заточки передней поверхности

Обозначение, наименование	Эскиз передней поверхности	Область применения	
		для резцов из быстрорежущей стали	для резцов с пластинками из твердых сплавов
I плоская	<p>α'</p> <p>$\alpha' = \alpha + (2-3)^\circ$</p>	Обработка чугуна, обработка стали при $S < 0,2$ мм/об, для фасонных резцов ложного профиля	Обработка стали с $\sigma_{вр} > 800$ МПа при достаточной жесткости и виброустойчивости заготовки. Необходим стружколоматель
II плоская с фаской	<p>$\gamma = 25-30^\circ$</p> <p>f</p> <p>α</p> <p>α_1</p>	Обработка стали при $S > 0,2$ мм/об	Обработка серого и ковкого чугуна, обработка стали с $\sigma_{вр} > 800$ МПа при достаточной жесткости и виброустойчивости заготовки. Необходим стружколоматель

Обозначение, наименование	Эскиз передней поверхности	Область применения	
		для резцов из быстрорежущей стали	для резцов с пластинками из твердых сплавов
III радиусная с фаской		Обработка стали с обеспечением стружколомания	Обработка стали с $\sigma_{вр} \leq 800$ МПа при $t = 1 \dots 5$ мм, $S \geq 0,3$ мм/об. Стружколомание обеспечивается лункой с размерами: $B = 2 \dots 2,5$ мм, $r = 4 \dots 6$ мм, $h = 0,1 \dots 0,15$ мм

Значения параметров лунок и порожков на передней поверхности резцов представлены в табл. 16.2.

Таблица 16.2

Значения параметров лунок и порожков на передней поверхности резцов

Элементы передней поверхности	Ширина B , мм	Радиус профиля в сечении r , мм	Глубина h , мм	Угол наклона, град.	Ширина фаски f , мм
Лунка мелкоразмерная	1...3	0,5...3	0,1...0,5	0...10	0,1...1,0
Лунка крупноразмерная	3...15	4...18	0,2...1,5	0...10	0,1...1,0
Порожек стружколомающий	1,5...6	0,3...1,5	0,3...1,5	0...10	0,1...1,0

Геометрические параметры режущей части резца рассматриваются в статическом состоянии и при условии, что вершина резца расположена на высоте центра перемещения заготовки, а резец – перпендикулярно к оси вращения (обработанной плоскости при строгании). Из геометрических параметров резца наибольшее влияние на стружколомание оказывают главный угол в плане ϕ и передний угол γ .

С увеличением угла ϕ увеличивается толщина стружки и при завивании она легко отламывается. Главный угол в плане ϕ в зависимости от условий обработки принимается равным $10...95^\circ$ (табл. 16.3).

Передний угол γ способствует стружколоманию при отрицательных значениях $-10^\circ...-15^\circ$ за счет увеличения радиальной составляющей силы резания. При этом целесообразно выполнять с отрицательным углом не всю переднюю поверхность, а лишь ленточку лезвия вдоль режущей кромки шириной $1,5...2,0$ мм. Остальная часть передней поверхности может при этом иметь положительный передний угол.

Таблица 16.3

Значения угла ϕ в зависимости от вида обработки

Вид обработки	ϕ , град.
Чистовая обработка с малыми глубинами резания при высокой жесткости	10...20
Точение, строгание в условиях достаточной жесткости СПИД	30...45
Точение, строгание в условиях пониженной жесткости СПИД	60...75
Подрезка, прорезка, отрезка, обтачивание, растачивание и строгание ступенчатых поверхностей в условиях малой жесткости (большая длина заготовки)	90
Отрезка без бобышки	80
Обработка ступенчатых и фасонных поверхностей с продольной и поперечной подачами по копиру или с управлением от ЧПУ	90; 93; 95

Значение передних и задних углов при условиях обработки, отличающихся от табличных, следует назначать с учетом рекомендаций, приведенных в табл. 16.4.

Таблица 16.4

Ориентировочные значения углов γ и α при обработке различных материалов

Обрабатываемый материал	Резцы из быстрорежущей стали		Резцы из твердых сплавов напайные		Резцы с механическим креплением твердосплавных пластин	
	α	γ	α	γ	α	γ
Углеродистые и легированные стали: $\sigma_s \leq 800$ МПа $\sigma_s = 800 \dots 1100$ МПа $\sigma_s \geq 1100$ МПа	8	10...20	6...8	0...15	6	12...15
	8	10...15	6...8	0...10	6	10
	8	10...15	6...8	0...6	6	(-5)...(-10)
Коррозионно-кислото-жаростойкие хромоникелевые: $\sigma_s = 600 \dots 900$ МПа	—	—	6	20...24	—	—
Титановые сплавы: $\sigma_s = 600 \dots 1400$ МПа	—	—	11	0...(-5)	—	—
Серый чугун: 220 НВ 220 НВ	6...8	6...12	6...8	10...15	6	12
	6	0...6	6...8	0...10	6	5...8
Медь	до 14	15...25	10...15	10...20	—	—
Бронза	6	10...20	8...10	5...10	—	—
Алюминий, легированный алюминием: 60 НВ 60–110 НВ	до 10	до 40	10	20...35	10...15	15...20
	10	до 25	8...10	10...20	10...15	15...20
Силумины	—	10...18	8...10	8...15	—	—

Размеры радиусов, фасок на резцах различного назначения приведены в табл. 16.5.

Таблица 16.5

Рекомендуемые размеры радиусов и фасок режущей части быстрорежущих и твердосплавных резцов, мм

Виды резца	Типы резца	Элементы режущей части	Ширина головки (α), мм							
			до 3	4...5 6...8	10...12	15...20	>20			
Строгальные, долбежные, токарные	Подрезные, отрезные	Ширина фаски f	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5			
		Радиус при вершине r или притупления для твердосплавных резцов	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0			
Виды резца	Типы резца	Элемент режущей части	Размеры Н × В							
			8 × 8	10 × 10	12 × 12; 16 × 10;	16 × 12; 16 × 16; 20 × 12;	20 × 16; 20 × 20;	25 × 16	25 × 20; 25 × 25; 32 × 20	32 × 25; 32 × 32; 40 × 25
Строгальные, долбежные, быстрорежущие	Пролозные, отрезные	Радиус при вершине r	—	1,6	2	2,5 (3)	3 (4)	4 (5)		

Примечание. В скобках приведены значения для резцов, оснащенных пластинами из быстрорежущей стали. При обработке легких сплавов резцами из быстрорежущей стали $f = 0$.

Вспомогательный задний угол резцов $\alpha_1 = \alpha$, за исключением отрезных и прорезных резцов, для которых $\alpha_1 = 12^\circ$, большие значения соответствуют большей ширине резца.

Угол наклона режущей кромки $\lambda = -15 \dots 45^\circ$. У чистовых резцов при $\lambda \geq 0$ направления стружки в сторону обрабатываемой поверхности, у черновых резцов $\lambda > 0$, что упрочняет вершину резца.

Величина и характер износа режущей части инструмента зависят:

- а) от материала обрабатываемой детали;
- б) материала режущей части резца;
- в) режимов резания;
- г) геометрии режущей части;
- д) химического состава, количества и способа подвода охлаждения;

е) прочих условий резания, например, жесткость системы СПИД.

Износ токарных резцов может происходить:

- а) в основном по передней поверхности;
- б) по передней и задней поверхностям;
- в) в основном по задней поверхности.

Изнашивание по задней поверхности характеризуется высотой площадки износа h_3 , а по передней поверхности – в основном глубиной и шириной лунки h_1 , длина лунки изменяется незначительно (рис. 16.1).

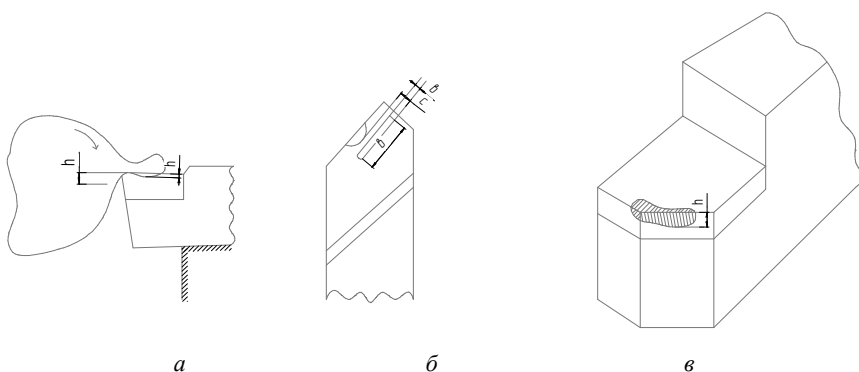


Рис. 16.1. Схемы изнашивания резцов:

- а – схема изнашивания по передней и задней поверхностям;
б – схема изнашивания по передней поверхности;
в – схема изнашивания по задней поверхности

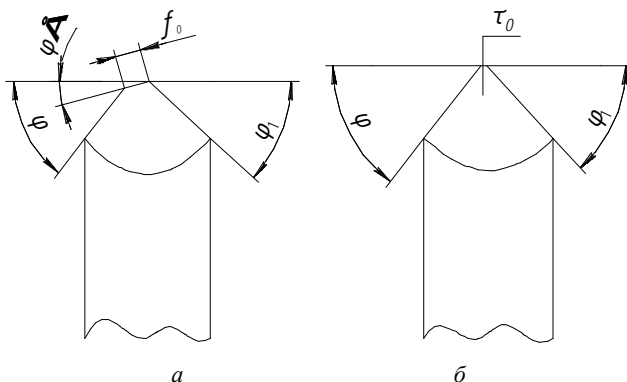


Рис. 16.2. Переходные режущие кромки резца:
 а – переходная режущая кромка выполнена в виде фаски;
 б – переходная режущая кромка выполнена по радиусу

Вспомогательный угол в плане φ_1 может принимать значения от 1° до 30° (табл. 16.6).

Углы φ и φ_1 при контурном точении определяют возможности обработки контура, а в инструментах, оснащенных сменными пластинами, они еще и не взаимосвязаны: изменение одного из углов приводит к изменению другого.

Таблица 16.6

Значение φ_1 угла в зависимости от условий обработки

Условие обработки	φ_1
Обточка на проход резцами быстрорежущими твердосплавными с врезанием	5...10 15 15...30
Расточка, подрезка резцами быстрорежущими твердосплавными	10...15 20
Подрезка, отрезка немерных заготовок мерных пазов	1...2 1

В процессе работы инструмента изнашивание как по передней, так и по задней поверхности увеличивается, уменьшая при этом площадку S . При $S = 0$ режущая кромка разрушается и резец выходит из строя.

Изнашивание режущей части резца в процессе работы вызывается различными факторами:

1. Абразивное изнашивание образуется при невысоких скоростях резания за счет трения стружки о переднюю поверхность и обрабатываемого материала о заднюю поверхность резца.

2. Адгезионное изнашивание обусловлено молекулярным взаимодействием контактируемых поверхностей, которое выражается в прилипании, схватывании частиц материалов.

3. Диффузионное изнашивание, как правило, протекает при температуре свыше $800\text{ }^{\circ}\text{C}$, при этом происходит растворение (диффундирование) инструментального материала в обрабатываемом.

Помимо этого, существует гипотеза о механической и окислительной природе изнашивания.

Изнашивание по задней поверхности обычно наблюдается у инструментов, срезающих сравнительно малую толщину (до $0,15\text{ мм}$) материала при чистовых операциях. Инструменты, срезающие слой больше $0,3\text{ мм}$, при большой скорости резания и при отсутствии смазочно-охлаждающей жидкости изнашиваются в основном по передней поверхности. Изнашивание по передней и задней поверхностям наблюдается у инструментов, работающих с малыми или средними скоростями резания и охлаждением при толщинах срезаемого слоя $0,15\dots 0,30\text{ мм}$.

В производственных условиях для резцов за критерий затупления принимается соответствующая величина износа. Износ по передней поверхности мало влияет на протекание процесса резания, его влияние велико лишь при полном изнашивании резца. В связи с этим износ по задней поверхности является чаще всего лимитирующим.

Для токарных, подрезных, расточных, отрезных и резьбовых резцов с пластинами из твердых сплавов и быстрорежущей стали величина износа по задней поверхности h_3 , рекомендуемая в качестве критерия затупления, представлена в табл. 16.7.

Таблица 16.7

Допустимый износ резцов и величина стачивания за одну переточку резца

Тип резца	Материал		Допустимый износ, мм	Величина стачивания за одну переточку по задней поверхности, мм
	инструментальный	обрабатываемый		
Токарный	Быстрорежущая сталь	Сталь	$\frac{1,5...2,0}{0,8...1,0}$	$\frac{0,6...0,9}{0,3...0,4}$
Проходной подрезной		Твердый сплав	Сталь, чугун	$\frac{1,0...1,5}{0,8...1,0}$
Расточной	Твердый сплав	Сталь	$\frac{0,8...1,2}{0,3...0,5}$	$\frac{0,3...0,5}{0,15...0,2}$
		Чугун	$\frac{1,0...1,4}{0,4...0,5}$	$\frac{0,4...0,6}{0,15...0,2}$
Отрезной	Твердый сплав	Сталь, чугун	0,8...1,0	0,3...0,4
Резьбовой	Твердый сплав	Сталь, чугун	0,8...1,0	0,6...0,8

Большинство резцов затачивают по передней и задней поверхностям. В ряде случаев при незначительном износе по передней поверхности рационально производить повторную заточку только по задней поверхности. Фасонные резцы затачиваются только по передней поверхности, а резцы, предназначенные для многорезцовых станков, – только по задним поверхностям.

В зависимости от конструктивных особенностей резца, степени и характера износа применяют две схемы повторной заточки твердосплавных резцов, которые при правильном выборе режимов обработки и характеристик кругов обеспечивают одинаковую стойкость заточенного инструмента. Первая схема предусматривает предварительную заточку кругом из карбида кремния и окончательную заточку алмазным кругом, вторая схема предусматривает полную обработку алмазным кругом за одну операцию.

Полную заточку экономически целесообразно производить, если обрабатывается только твердый сплав при припуске 0,4...4,5 мм, а если обрабатываются одновременно твердый сплав и державка –

при припуске 0,2...0,3 мм. При более значительных припусках экономически целесообразна повторная заточка по первой схеме. Электрохимическую заточку применяют при больших припусках и при необходимости снимать совместно с твердым сплавом большой объем материала державки.

16.2. Методические указания

Заточка главной, вспомогательных и переходных задних поверхностей резцов производится на универсально-заточных станках, периферией или торцом шлифовального круга. Чаще всего заточка осуществляется торцом круга преимущественно в трехповоротных тисках (рис. 16.3), которые можно использовать при необходимости и как двухповоротные тиски.

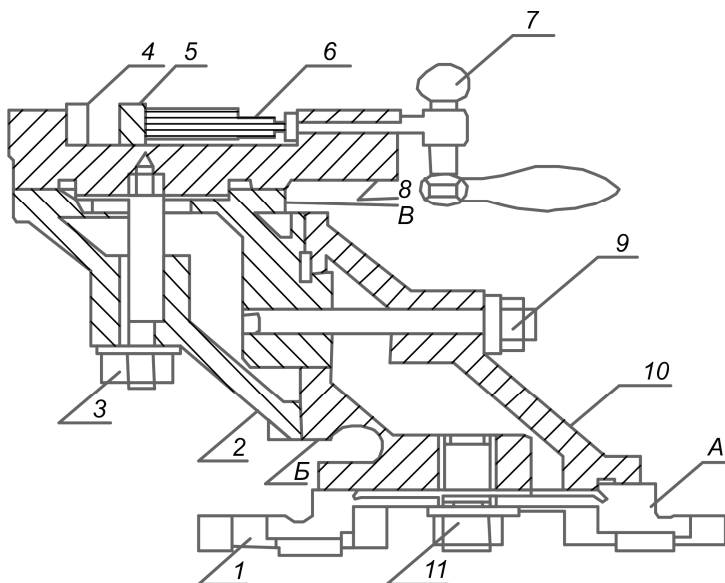


Рис. 16.3. Универсальные трехповоротные тиски:

1 – основание; 2 – неподвижная губка; 3 – подвижная губка;

4 – ходовой винт; 5 – рукоятка;

6, 7, 8 – винты для фиксации поворотных частей 9, 10, 11 соответственно;

А, Б, В – шкалы для отсчета углов поворота

Схемы настройки тисков для заточки главной задней поверхности резца (при использовании его как двухповоротных тисков) представлены на рис. 16.4.

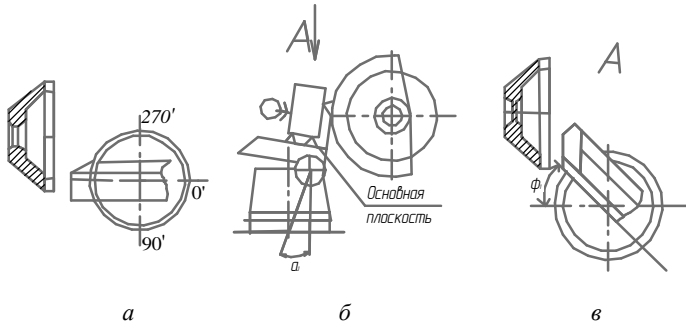


Рис. 16.4. Настройка тисков для заточки главной задней поверхности резца: а – начальное положение; б – поворот на угол α_2 ; в – поворот на угол φ

Передние поверхности и стружколомающие порожки наиболее рационально обрабатывать торцом круга 12A2 (алмазные или шлифовальные круги – чашечные конические по ГОСТ 16172–80Е) с шириной алмазного слоя не более 3 мм на заточных станках с вертикальным шпинделем.

Порожки на резцах затачивают при той же установке резца относительно круга, что и при заточке передней поверхности. Для получения заданной формы круг правят по профилю порожка.

Схема заточки порожка приведена на рис. 16.5.

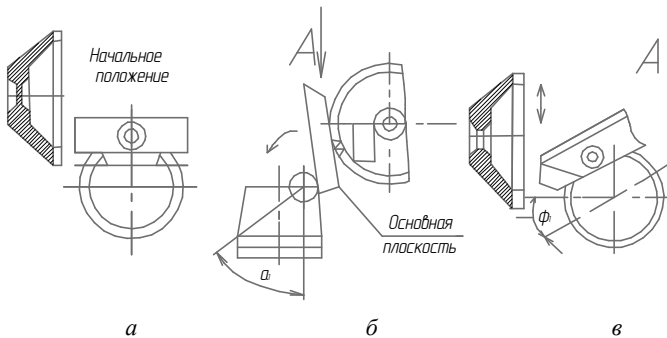


Рис. 16.5. Настройка тисков для заточки вспомогательной задней поверхности резца: а – начальное положение; б – поворот на угол α_1 ; в – поворот на угол φ

Контроль углов реза после заточки производится с помощью различных видов угломеров: специального угломера, настольного угломера и др. Допустимые отклонения углов реза после заточки приведены в табл. 16.8. Схема установки шлифовального круга изображена на рис. 16.6.

Таблица 16.8

Допустимые отклонения углов реза после заточки

Угол	Инструментальный материал	Диапазон значений угла, град.	Допускаемое отклонение угла, град.
Передний γ	Твердый сплав, быстрорежущая сталь	(-20)...(16) 5...30	± 1 при $\gamma < 12$ ± 2 при $\gamma < 12$
Главный задний α	Твердый сплав, быстрорежущая сталь	5...15	1
Вспомогательный α_1	Твердый сплав, быстрорежущая сталь	1...15	$\pm 0,5$ при $\alpha_1 < 2$ ± 1 при $\alpha_1 < 2$
Главный в плане ϕ	Твердый сплав, быстрорежущая сталь	30...100	2
Вспомогательный в плане ϕ_1	Твердый сплав, быстрорежущая сталь	0...45	-0,5 при $\phi_1 < 2$ -1 при $\phi_1 = 2 + 5$ -2 при $\phi_1 > 5$
Наклона главной режущей кромки λ	Твердый сплав, быстрорежущая сталь	(-20)...(20)	± 1

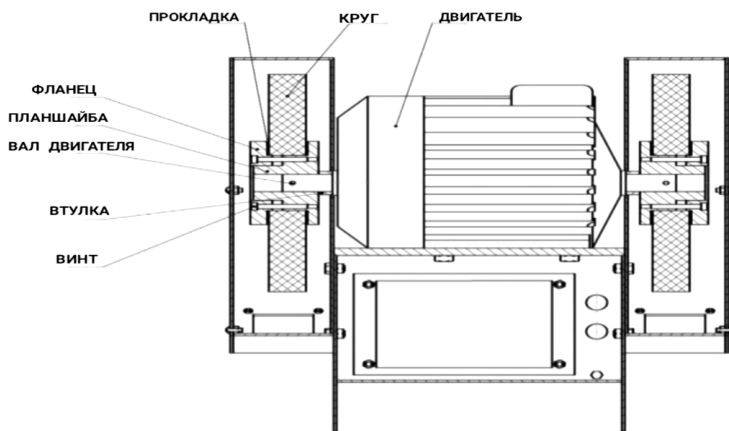


Рис. 16.6. Схема установки шлифовального круга

Общая компоновка станка

Изображение станка с обозначением составных частей и основных деталей приведено на рис. 16.7.

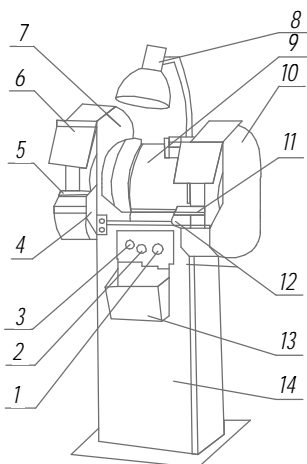


Рис. 16.7. Общая компоновка станка

- 1 – тумба; 2 – защитный экран; 3 – кожух левый, кожух правый; 4 – крышка;
 5 – подручник; 6 – подручник; 7 – кронштейн; 8 – кронштейн;
 9 – коробка; 10 – переключатель; 11 – кнопка СТОП;
 12 – кнопка ПУСК; 13 – светильник; 14 – электродвигатель

Пример оформления технологической карты заточки резца представлен на рис. 16.8.

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3												
Дубл.												
Взам.												
Подл.	1726											
				зам.	212Т.	-19						
				Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	
											Подпись	
											Дата	
										05786459.01141.00518	1	4
Разраб.	Курманов			БГАТУ		245-1002021-А1	47 5342 5700	05786459.60141.02382				
Пров.	Сергеев											
Резец												
Н. контр.	Кудина									02	421	040
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД		
Заточная		Т15К6			кг	0,81			6,2	2		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		T ₀	T ₁	T _{1.2}	T _{шп}		СОЖ			
Токарный специальный СМ1736 Н048,052		-		2,14/2	0,294		2,1682		Эмульсия ТИ 05786459.25000.00029			
Р		ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V	То		
01	Требования техники безопасности по инструкции 05786459.00011											
02												
03	1. Закрепить резец											
04												
05	2. Заточить главный задний угол.											
06				Точильно- шлифовальный станок								
07	РИ 3026101133	(2)	2100-5047-01				Круг шлифовальный					
08	РИ 0370150410	(2)	SNUA 150412 B25				Шаблон					
09	3. Заточить вспомогательный задний угол.											
10				Точильно- шлифовальный станок								
11	РИ 3026101133	(2)	2100-5047-01				Круг шлифовальный					
12	РИ 0370150410	(2)	SNUA 150412 B25				Шаблон					
13												
OK	Операционная карта											

Рис. 16.8. Пример оформления технологической карты заточки резца

16.3. Содержание отчета

1. Наименование работы и ее цель.
2. Задания по определению требуемых параметров.
3. Необходимые расчеты и результаты вычислений.
4. Технологическая карта заточки резца.
5. Основные выводы.

16.4. Контрольные вопросы

1. Какие станки используются для заточки резцов?
2. Каков стандартный порядок заточки резцов?

3. В каких случаях необходима заточка резцов?
4. Какие существуют методы заточки резцов?
5. Каким образом проводится контроль заточки резцов?
6. Какой абразивный инструмент применяется для заточки резцов?

16.5. Необходимое оборудование, оснастка и материалы

Токарные резцы для заточки; средства измерения геометрических параметров резцов; универсально-заточной станок модели ТШ-3; комплект эталонов шероховатости; плакаты с иллюстрацией методов и приемов заточки резцов; абразивные инструменты для заточки; алмазный карандаш для правки абразивных кругов; набор гаечных ключей.

Рекомендуемая литература: [1, 5, 6, 11].

Лабораторная работа 17

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ

Цель работы: закрепление, углубление и обобщение знаний, полученных на предыдущих этапах изучения дисциплины; приобретение практических навыков разработки ТП сборки изделия, выбора средств технического оснащения и оформления технологической документации.

Работа рассчитана на четыре академических часа.

Студент должен знать:

- типы машиностроительного производства;
- последовательность разработки ТП сборки;
- построение технологической схемы сборки машины;
- организационные формы сборки.

Студент должен уметь:

- заполнять маршрутную и операционную карты и выполнять операционный эскиз;
- устанавливать тип производства;
- рассчитывать действительный такт и темп сборки;
- определять цикл сборки;
- пользоваться нормативно-справочной литературой.

17.1. Основные положения

Изделия сельскохозяйственных машин по технологической структуре сборки можно разделить на машины, агрегаты и орудия (рабочие органы).

Каждая **машина** состоит из двигателя, трансмиссии (привода) и рабочего органа. Машины подразделяются на самоходные и стационарные. К **самоходным машинам** относятся тракторы с навесным и (или) прицепными орудиями, зерноуборочные комбайны, хлопкоуборочные машины, автомобильные разбрасыватели удобрений и др., к **стационарным** – зерноочистительные машины,

зерносушилки, кормоприготовительные машины (соломосилосо-резки, корнеклубнerezки, кормдробилки и др.).

Агрегаты не имеют двигателя, они состоят только из рабочего органа и трансмиссии. Агрегаты могут быть прицепными и навесными. **Прицепными агрегатами** являются картофелеуборочные, свеклоуборочные, кукурузоуборочные, силосоуборочные комбайны, картофелесажалки, сеялки, пресс-подборщики и др., **навесными** – косилки, жатки, опрыскиватели и др. Навесной или прицепной агрегат вместе с трактором образуют машину.

Орудия имеют только рабочий орган и не имеют ни двигателя, ни трансмиссии. Как и агрегаты, они могут быть прицепными и навесными. К орудиям относятся плуги, бороны, грабли, лущильники, культиваторы, катки и др.

Для удобства сборки машину разделяют на сборочные единицы первого, второго и более высоких порядков (рис. 17.1).

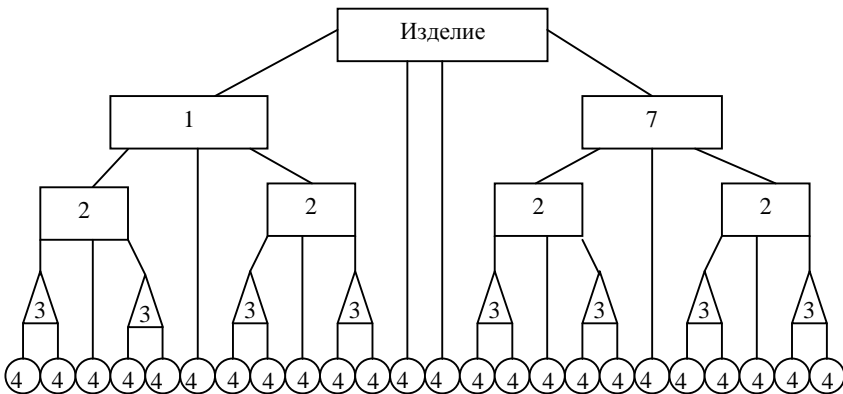


Рис. 17.1. Общая компоновка элементов изделия:

1 – сборочные единицы (узлы) 1-го порядка; 2 – сборочные единицы 2-го порядка;
3 – сборочные единицы 3-го порядка; 4 – детали

Деление изделия на составные части осуществляется по технологическому признаку. Технологическим признаком составной части является возможность ее сборки обособленно от других элементов изделия. Составная часть первого порядка входит непосредственно в составную часть изделия, составная часть второго порядка –

в составную часть первого порядка и т. д. Составной частью высшего порядка являются только детали.

Двигатель, трансмиссия и рабочий орган могут рассматриваться для машины как сборочные единицы первого порядка. Изготовление и сборка сборочных единиц машины могут осуществляться в разных цехах и даже на разных заводах.

Сборка является заключительным этапом изготовления машины, в значительной степени определяющим ее основные эксплуатационные качества. Условия достижения высоких эксплуатационных качеств машины не ограничиваются созданием удачной конструкции или применением высококачественных материалов. Процесс изготовления машины может гарантировать достижение всех требуемых эксплуатационных показателей, а также ее надежности и долговечности в эксплуатации только при условии высококачественного проведения всех этапов сборки машины (т. е. сборки и регулировки отдельных единиц (узлов), общей сборки и испытаний изготавливаемого изделия в целом).

Выполнение сборочных работ связано с большими затратами времени, составляющими значительную долю общей трудоемкости изготовления машины. В зависимости от типа производства затраты времени на сборочные работы составляют (в процентах от общей трудоемкости изготовления машин): в массовом и крупносерийном производствах – 20...30; в среднесерийном производстве – 25...35; в единичном и мелкосерийном производствах – 35...40.

В машиностроении выполняется большой объем сборочных работ. Их трудоемкость составляет около 25 % общей трудоемкости изделия, а по некоторым машинам может достигать до 60 %.

Следует также отметить, что основная часть (50...85 %) слесарно-сборочных работ – это ручные работы, требующие больших затрат физического труда и высокой квалификации рабочих.

Технологический процесс сборки машин и механизмов представляет собой часть производственного процесса, который включает совокупность операций по соединению деталей в определенной технической и экономически целесообразной последовательности для получения сборочных единиц и изделий, полностью отвечающих установленным для них требованиям.

Сборка может осуществляться простым соединением деталей, их запрессовкой, свинчиванием, сваркой, пайкой, клепкой и т. д. В зависимости от объема выпуска сборка подразделяется на **общую**, объектом которой является изделие в целом, и **узловую** – объектом является составная часть изделия, т. е. сборочная единица или узел.

В условиях единичного и мелкосерийного производств основная часть сборочных работ выполняется на общей сборке и лишь малая их доля осуществляется с отдельными сборочными единицами. С увеличением серийности производства сборочные работы все больше раздробляются по отдельным сборочным единицам, и в условиях массового и крупносерийного производств объем узловой сборки становится равным или даже превосходит объем общей сборки.

По стадиям процесса сборка подразделяется на следующие виды:
предварительная сборка – сборка заготовок, составных частей или изделия в целом, которые в последующем подлежат разборке (например, предварительная сборка узла с целью определения размера неподвижного компенсатора);

промежуточная сборка – сборка заготовок, выполняемая для дальнейшей их совместной обработки (например, предварительная сборка корпуса редуктора с крышкой для последующей совместной обработки отверстий под подшипники);

сборка под сварку – сборка заготовок для их последующей сварки;

окончательная сборка – сборка изделия или его составной части, после которой не предусмотрена последующая разборка.

По методу образования соединений сборка подразделяется на следующие виды:

слесарная сборка – сборка изделия или его составной части с помощью слесарно-сборочных операций;

монтаж – установка изделия или его составных частей на месте использования (например, монтаж станка с ЧПУ);

электромонтаж – монтаж электроизделий или их составных частей, имеющих токоведущие элементы;

сварка, пайка, клепка, склеивание.

По организации сборки подразделяется на следующие формы: стационарную и подвижную (рис. 17.2).

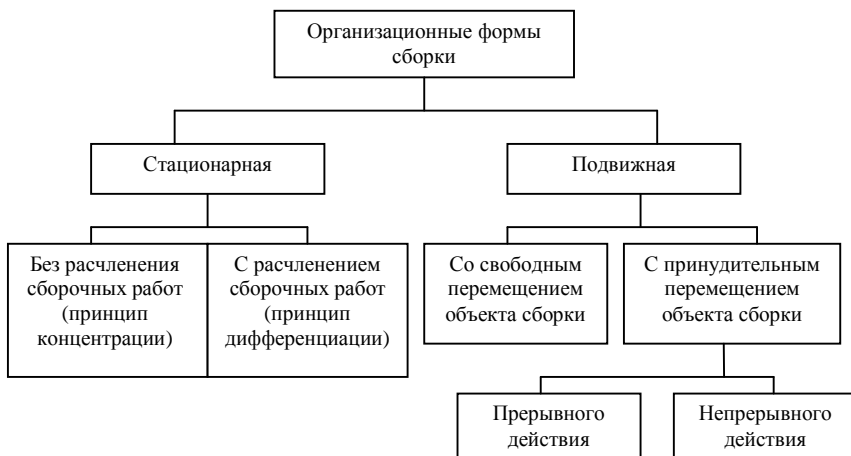


Рис. 17.2. Схема организационных форм сборки

При **стационарной сборке** изделия полностью собирают на одном сборочном посту. Все детали и узлы, требуемые для сборки изделия, поступают на этот пост.

При **стационарной сборке без расчленения сборочных работ** сборку изделия должен выполнять один человек или бригада от начала до конца. Цикл сборки по этому методу при значительной трудоемкости сборочного процесса чрезвычайно продолжителен, и при большой программе выпуска изделий требуется большое количество инструмента, оборудования, сборочных площадей и др. Этот метод применяют в единичном или опытных производствах при сборке специальных, уникальных машин и приборов, а также в мелкосерийном производстве, когда весь процесс сборки изделия состоит из небольшого количества несложных операций. Широкого практического применения этот метод сборки в настоящее время не имеет.

Разновидностью метода сборки без расчленения процесса на операции является бригадный метод, когда сборку всего изделия выполняет бригада рабочих; но бригадный метод уже является первым шагом на пути расчленения сборочного процесса на части, поскольку внутри бригады имеет место некоторая дифференциация работ, т. е. одни рабочие специализируются на одной группе сборочных операций, другие – на другой. В ряде случаев за каждым

рабочим бригады закрепляют один из узлов изделия, вследствие чего члены бригады специализируются на выполнении определенных сборочных работ. Однако по конструктивным условиям в большинстве случаев вести сборку всех узлов одновременно невозможно. При таком методе сборки большое значение имеет правильное планирование начала и конца сборочных работ по узлам с учетом их трудоемкости и последовательности установки на машину. Бригадный метод сборки широко распространен в единичном и мелкосерийном производствах, а также при выполнении повторной сборки машины при ремонте.

Стационарная сборка с расчленением сборочных работ предусматривает деление процесса на узловую сборку основных групп и общую сборку изделия. В результате одновременного выполнения сборочных операций большим количеством рабочих длительность процесса сборки значительно сокращается. Расчленение процесса сборки дает значительный экономический эффект. При этом сокращается потребность в рабочей силе и производственных площадях, увеличивается выпуск машин, уменьшается трудоемкость, снижается себестоимость сборочных работ.

При **подвижной сборке** собираемое изделие последовательно перемещают по всем сборочным постам, на каждом из которых выполняют определенную операцию. Каждый пост оборудуют приспособлениями и инструментом, предназначенными для выполнения данной операции. Детали и узлы для сборки поступают на соответствующие посты.

При подвижной сборке рабочие, выполняющие отдельные операции, распределены по рабочим местам – постам, к которым подают соответствующие детали и узлы; объект же производства последовательно перемещается от одного поста к другому. Это перемещение может быть **свободным**, когда объекты сборки располагаются, например, на тележках, перемещаемых самими исполнителями, и **принудительным**, когда объекты сборки перемещают механическими транспортными устройствами непрерывного или прерывного действия (конвейер).

Преимущества этого метода состоят в том, что расчлененный сборочный процесс не требует высококвалифицированных исполнителей, так как закрепление за исполнителем одной или небольшого количества операций дает ему возможность приобрести в короткий срок необходимые навыки.

При расчлененном процессе сборки каждую операцию оснащают соответствующими приспособлениями и инструментом; в связи с этим время на сборку изделия и потребное количество рабочих меньше, чем при нерасчлененном процессе. Расчлененный процесс для заданной программы выпуска изделий требует значительно меньших производственных площадей благодаря сокращению производственного цикла сборки. Количество одновременно собираемых изделий при этом значительно меньше, чем при нерасчлененном процессе.

Процесс сборки может быть расчленен в условиях крупносерийного и массового производств таким образом, что каждую операцию будет выполнять только один рабочий. В этом случае объект работы (узел или изделие) должен в процессе производства последовательно переходить от одного рабочего места к другому по потоку. Под **потоком** подразумевается движение собираемого изделия, осуществляемое обычно механическими транспортными средствами.

Под **поточной линией сборки** понимают ряд рабочих мест, участвующих в сборке узла или машины, расположенных соответственно последовательности операций технологического процесса сборки (рис. 17.3).

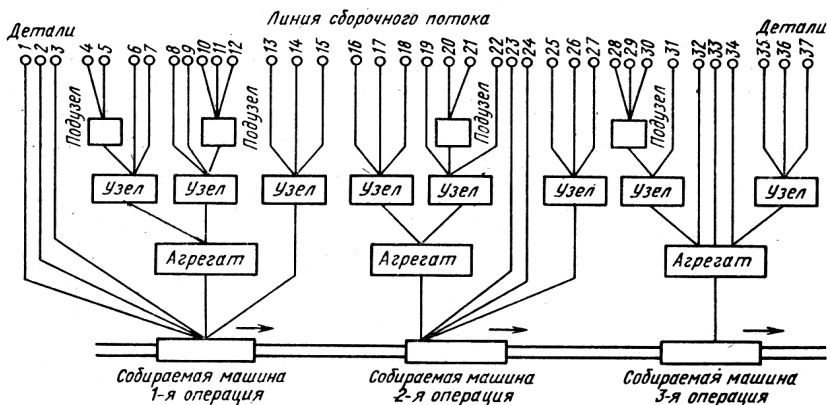


Рис. 17.3. Схема поточной сборки с подвижным объектом

Непрерывность процесса при поточной сборке достигается благодаря равенству или кратности времени выполнения операций

на всех рабочих местах линии сборки, т. е. длительность любой сборочной операции на линии сборки должна быть равна или кратна такту сборки изделия.

Тактом сборки называется промежуток времени между выходом со сборки двух смежных готовых изделий. Номинальный такт сборки (мин/шт.):

$$\tau_H = 60F / N,$$

где F – годовой фонд рабочего времени, ч; N – годовая производственная программа, шт.

Годовой фонд рабочего времени

$$F = D_m m T_{cm} \eta,$$

где D_m – число рабочих дней в году; m – число рабочих смен в сутки; T_{cm} – длительность рабочей смены, ч; η – коэффициент, учитывающий потери времени на ремонт оборудования ($\eta = 0,98$ при односменной и $\eta = 0,97$ при двухсменной работе).

Действительный такт отличается от нормального, так как при его определении учитывают потери времени на перерывы в работе и обслуживание рабочих мест.

Действительный такт

$$\tau_q = 60D_m (T_{cm} \eta - T_{обс} - T_{п}) / N,$$

где $T_{обс}$ – потери времени в течение смены на обслуживание рабочих мест, ч; $T_{п}$ – потери времени на перерывы в работе для отдыха и естественных надобностей рабочих в течение смены, ч.

Количество изделий, собираемых в единицу времени, называется **темпом сборки**.

Номинальный темп сборки (шт./мин):

$$t_H = 1 / \tau_H.$$

Действительный темп сборки:

$$t_q = 1 / \tau_q.$$

Продолжительность сборки машины (узла) на поточной линии (мин):

$$t = n_n \tau_q,$$

где n_n – число постов на поточной линии.

Время от момента поступления деталей на сборку до выпуска собранной машины (агрегата) называется **циклом сборки** (мин) и определяется по формуле

$$z = \tau_q n_n + (f - 1) \tau_q - \sum n_n' \tau_q,$$

где $\sum n_n' \tau_q$ – число постов, на которых время выполнения одних сборочных операций перекрывается временем выполнения других операций. Например, на одном сборочном посту выполняются две операции длительностью, равной одному такту и 0,7 такта соответственно. Для этого случая $n_n' = 0,3$.

Скорость непрерывно движущегося конвейера (м/мин)

$$V = l / \tau_q,$$

где l – длина рабочего места, м.

Скорость перемещения собираемого объекта принимают равной 10...15 м/мин при ручном перемещении, до 20 м/мин при перемещении по рольгангу, 30...40 м/мин при использовании транспортных конвейеров, 15...20 м/мин для конвейера периодического действия и 0,25...3,50 м/мин для непрерывного конвейера (меньшее значение скорости выбирают для напольных сборочных конвейеров из условий техники безопасности).

Тип производства определяется сопоставлением такта t_q и ориентировочно установленной средней длительностью основных операций сборки $t_{шт.сп}$. Если $t_q = t_{шт.сп}$, то производство является поточно-массовым. При этом по ГОСТ 3.1108–74 коэффициент закрепления операций

$$K_{з.о} = O / P = t_q / t_{шт.сп} = 1,$$

где O – число различных операций; P – число рабочих мест с различными операциями.

Если $t_q > t_{шт.сп}$, то производство является серийным.

17.2. Методические указания

В качестве задания на выполнение работы выдается чертеж изделия, спецификация входящих в него сборочных единиц и деталей, а также реальное задание в собранном виде. В задании указывается планируемый объем выпуска изделия. В качестве примера взят масляный насос.

Разработку технологии сборки следует начинать с изучения конструкции изделия и технических требований по его приему. Для работы используется натурный образец собираемого изделия. Действительный такт сборки рассчитывается по приведенной выше формуле, а затем определяется тип производства. Точность сборки в работе обеспечивается методом полной взаимозаменяемости.

На рис. 17.4 в качестве примера показан сборочный чертеж масляного насоса.

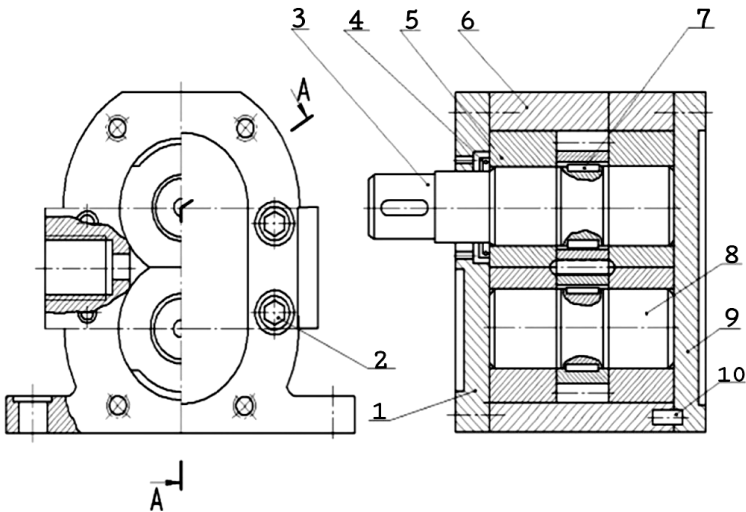


Рис. 17.4. Сборочный чертеж масляного насоса

Спецификация сборочного чертежа насоса шестеренчатого представлена на рис. 17.5.

Формат Знак Поз.	Обозначение	Наименование	Кол. на		Примечание		
Перв. примен.		Документация					
	03.60.000.000.СБ	Сборные единицы					
		Сборные единицы					
Сбор. №	1 03.60.000.000	Вал	1				
	2 03.60.000.000	Ось	1				
		Детали					
Подл. и дата	6 03.06.000.00.001	Втулка	4				
	7 03.06.000.00.002	Корпус	1				
	8 03.06.000.00.003	Крышка	1				
	9 03.06.000.00.004	Крышка	1				
Взам. инв. № / Инв. № склад		Стандартные изделия					
	5	Винт М8х20 ГОСТ 11738-88	16				
	13	Манжета 1-20х40-3 ГОСТ 8752-79	1				
	14	Штифт 4х10 ГОСТ 3128-88	1				
	15	Шпелка 10х8х36 ГОСТ8789-88	4				
Подл. и дата	03.60.000.00.СБ						
	Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Инв. № подл.	Разраб. Акулинич	Насос шестеренчатый сборочный чертёж			Лист	Лист	Листов
	Проб. Сергеев						1
Инв. № подл.	Н.контр. Миранович	БГАТУ					
	Утв. Капцедиш						
Копировал				Формат А4			

Рис. 17.5. Спецификация сборочного чертежа «насос шестеренчатый»

Разбирая образец (изделие), составляют технологическую схему разборки (от изделия к базовой детали или базовой сборочной единице). Одновременно записывают последовательность разборки. Затем производят обратную операцию – сборку, проверяют правильность записей и вносят в них необходимые коррективы.

При составлении схемы сборки, сначала на листе бумаги (примерно посередине) проводят горизонтальную линию, на левом конце которой в прямоугольнике указывают базовую деталь, а на правом – собранное изделие.

Сверху от линии записываются в технологической последовательности сборки названия всех входящих в изделие деталей, снизу – все сборочные единицы, входящие в изделие. На схеме сборки в необходимых случаях даются технологические указания, например, «просверлить», «запрессовать» и т. д.

На основании технологической схемы сборки разрабатывается технологический процесс сборки. В операционные карты записывается содержание операций по переходам, где перечисляются сборочные и вспомогательные работы. Нормирование переходов и операции в целом производится по нормативным данным, операционные карты составляются по формам 2 и 2а ГОСТ 3.1407–74.

17.3. Порядок выполнения работы

1. Изучить конструкцию собираемого изделия.
2. Рассчитать действительный такт сборки и определить тип производства.
3. Разработать технологические схемы общей и узловой (на одну сборочную единицу) сборки:
 - разобрать изделие на сборочные единицы и детали, одновременно записывая технологическую последовательность разборки;
 - собрать изделие, одновременно проверяя правильность записей;
 - при необходимости внести дополнения и изменения в схему сборки.
4. Разработать технологический процесс сборки:
 - установить содержание каждой операции путем ее расчленения на переходы;
 - пронормировать переходы и операции;
 - выбрать оборудование, приспособление и инструмент;
 - заполнить все графы операционной карты на одну операцию.

5. Проанализировать технологичность конструкции изделия с точки зрения удобства сборки и обеспечения заданной точности.
6. Проверить собранное изделие на легкость вращения или взаимодействие сопряженных деталей.
7. Составить отчет.

17.4. Содержание отчета

1. Название работы.
2. Содержание задания.
3. Расчет действительного такта сборки.
4. Технологическая схема общей сборки.
5. Технологическая схема узловой сборки.
6. Операционные карты слесарно-сборочных работ.
7. Выводы.

17.5. Контрольные вопросы

1. Почему разработку ТП изготовления машины надо начинать с изучения ее служебного назначения и критического анализа соответствия его техническим требованиям и нормам точности?
2. Как строится технологическая схема сборки машины?
3. С чего начинается общая сборка тракторов, автомобилей и комбайнов?
4. Почему вспомогательным и транспортным операциям при сборке изделий следует уделять такое же внимание, как и сборочным?
5. Какие организационные формы сборки вы знаете?
6. Каким должно быть основное направление работ, обеспечивающих снижение трудоемкости сборочных операций?

17.6. Необходимое оборудование, оснастка и материалы

1. Сборочный стол – 1 шт.
2. Приспособление для сборки – 1 шт.

3. Набор щупов № 2 (ГОСТ 882–84) – 1 шт.
4. Гаечные ключи – 1 комп.
5. Молоток 0,5 кг – 1 шт.
6. Отвертка – 1 шт.
7. Натурный образец изделия в сборе – 1 шт.
8. Сборочный чертеж изделия, технические требования и спецификация изделия – 1 комп.
9. Операционные карты (ГОСТ 3.1407–74):
 - форма 2 – 1 шт.
 - форма 2а – 1 шт.

Рекомендуемая литература: [1, 21, 22].

Лабораторная работа 18

ДОСТИЖЕНИЕ ТОЧНОСТИ СБОРКИ МЕТОДАМИ ПОЛНОЙ И НЕПОЛНОЙ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ

Цель работы: практическое освоение методов полной и неполной взаимозаменяемости путем выполнения необходимых расчетов, осуществления процессов сборки и контроля требуемой точности механизмов.

Студент должен знать:

- способы определения точности замыкающего звена размерной цепи при сборке;
- способы сборки с обеспечением полной и неполной взаимозаменяемости и в чем они заключаются;
- способ групповой взаимозаменяемости и в чем он заключается;
- способ сборки с пригонкой и в чем он заключается;
- способ сборки с регулировкой и в чем он заключается.

Студент должен уметь:

- определять и рассчитывать замыкающее звено размерной цепи при сборке;
- пользоваться методами полной и неполной взаимозаменяемости.

18.1. Основные положения

Точность замыкающего звена размерной цепи при сборке может быть достигнута одним из следующих способов: полной, неполной и групповой взаимозаменяемостью, пригонкой и регулированием.

В массовом и серийном производствах распространена **сборка с обеспечением полной взаимозаменяемости**. При этом способе качественное соединение образуют любые сопрягаемые детали, входящие в сборочную единицу. Пригонки деталей отсутствуют. Допуски на сопрягаемые детали устанавливает конструктор, но взаимозаменяемость может произойти, если эти допуски равны или больше допусков технологических. Чем больше деталей в размерной цепи сборочной единицы, тем более жестким должен быть

допуск на каждую деталь. Возможность осуществления сборки с полной взаимозаменяемостью проверяют с помощью теории размерных цепей.

В *способе неполной взаимозаменяемости* допуски на размеры сопрягаемых деталей принимают большими, чем в способе полной взаимозаменяемости. В этом случае требуемая точность замыкающего звена будет обеспечена не у всех объектов. Число объектов заданного качества определяют с помощью аппарата теории вероятности.

В *способе групповой взаимозаменяемости* конструкторские допуски меньше технологических, т. е. получаемых в результате изготовления деталей. Все полученные детали сортируют на группы, а затем соответствующую посадку обеспечивают подбором охватывающих и охватываемых деталей из соответствующих групп. Время подбора каждой пары деталей может существенно колебаться. Поэтому метод групповой взаимозаменяемости в представленном виде нельзя применять при поточном методе производства.

Сборка с пригонкой позволяет обеспечить необходимый размер припиливанием, шлифованием, шабрением и т. п., а также применением специальной детали, включаемой в сборочную цепь. Необходимый зазор может быть обеспечен дополнительной обработкой (пригонкой) торца втулки. Такой способ достижения заданного размера применяют в единичном и мелкосерийном производствах.

Способ сборки с регулировкой состоит в том, что размеры деталей, входящих в размерную цепь, имеют технологические допуски, т. е. характеризуются точностью, обеспечиваемой в данном производстве, что обеспечивает посадку детали за счет компенсирующего звена. Компенсирующим звеном может быть шайба или втулка, которую в процессе сборки можно регулировать, а после регулирования закреплять.

Выбор способа сборки зависит от типа производства и анализируется с помощью размерных цепей. При разработке технологического процесса сборки решение, принятое конструктором, анализируется с точки зрения возможности рационального применения выбранного метода достижения точности замыкающего звена в данных производственных условиях.

При анализе методов достижения точности замыкающего звена при сборке используется ряд формул.

Номинальные размеры замыкающего A_Δ и составляющих A_i звеньев связаны между собой уравнением

$$A_\Delta = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i A_i, \quad (1)$$

где ξ – передаточное отношение, в общем случае $\xi_i = \frac{\partial A_\Delta}{\partial A_i}$; m – общее число звеньев в размерной цепи.

Формула расчета допуска замыкающего звена определяется в зависимости от метода расчета.

При расчете методом максимума–минимума (полной взаимозаменяемости)

$$\delta_\Delta = \sum_{i=1}^{m-1} \frac{\xi_i}{\delta_i}. \quad (2)$$

При расчете вероятностным методом (неполной взаимозаменяемости)

$$\delta_\Delta = t_\Delta \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \xi_i^2 \lambda_i^2 \delta_i^2}, \quad (3)$$

где δ_Δ – допуск замыкающего звена; δ_i – допуски составляющих звеньев; t_Δ – коэффициент риска; λ_i^2 – коэффициент относительного рассеяния.

Коэффициент риска зависит от принятого процента риска и закона распределения параметра рассеяния. При нормальном законе распределения параметра и совпадении центра группирования с координатой середины поля допуска коэффициент риска выбирается из следующего ряда:

Процент риска Р, %	32	10	4,5	1,00	0,27	0,1	0,01
Коэффициент t_Δ	1,00	1,65	2,00	2,57	3,00	3,29	3,89

Для нормального распределения (для изделий крупносерийного и массового производства) $\lambda_i^2 = 1 / 9$. При других законах распределения коэффициенты t_Δ и λ_i^2 следует выбирать по табл. 18.1 с учетом числа составляющих звеньев размерной цепи.

Коэффициенты t_{Δ} и λ_i^2

Законы распределения отклонений	λ_i^2	t_{Δ} при числе составляющих звеньев ($m - 1$)				
		2	3	4	5	6
Симпсона (распределение по треугольнику)	1/6	2,80	2,83	2,86	2,88	2,91
Равной вероятности	1/3	2,45	2,55	2,61	2,65	2,68

При числе составляющих звеньев больше шести независимо от закона распределения с достаточной степенью точности можно принять $t_{\Delta} = 3$. Если закон распределения звена неизвестен (для изделий мелкосерийного и единичного производств), то принимается закон равной вероятности.

Распределение полей допусков относительно номинальных значений размеров и предельные отклонения определяются независимо от метода расчета размерной цепи.

Координата середины поля допуска замыкающего звена $\Delta_{o\Delta}$ связана с координатами середин полей допусков составляющих звеньев Δ_{oi} следующим уравнением:

$$\Delta_{o\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i \Delta_{oi} . \quad (4)$$

Верхние Δ_v и нижние Δ_n предельные отклонения размера звена размерной цепи определяются по формулам

$$\Delta_v = \Delta_o + \frac{\delta}{2} ;$$

$$\Delta_n = \Delta_o - \frac{\delta}{2} ,$$

где Δ_o – координата середины поля допуска звена; Δ – допуск звена.

18.2. Методические указания

В работе определяются размерные связи деталей в сборочной единице, устанавливаются размеры деталей, влияющие на точность замыкающего звена, и строится схема размерной цепи.

При расчете размерных цепей различают прямую и обратную задачи. При решении прямой задачи, исходя из установленных требований к замыкающему звену, определяют характеристики составляющих звеньев: номинальные размеры, допуски, координаты их середин и предельные отклонения. При решении обратной задачи – наоборот, исходя из характеристик составляющих звеньев, определяют характеристики замыкающего звена. Обратная задача обычно носит проверочный характер. Решив ее, можно установить возможность применения заданного способа для достижения точности замыкающего звена.

В данной практической работе решается обратная (проверочная) задача: по допускам составляющих звеньев производится расчет допуска замыкающего звена заданными методами. Для выполнения работы студентам выдается 50 комплектов деталей, при сборке которых должна быть обеспечена заданная точность замыкающего звена A_{Δ} (рис. 18.1). Распределение действительных размеров комплектов деталей должно отвечать закону Гаусса. В задании указывается числовое значение замыкающего звена с предельными отклонениями. Рекомендуется, например, принимать следующие значения A_{Δ} :

$$0_{+0,20}^{+0,52}; \quad 0_{+0,17}^{+0,50}; \quad 0_{+0,07}^{+0,32} \text{ и др.}$$

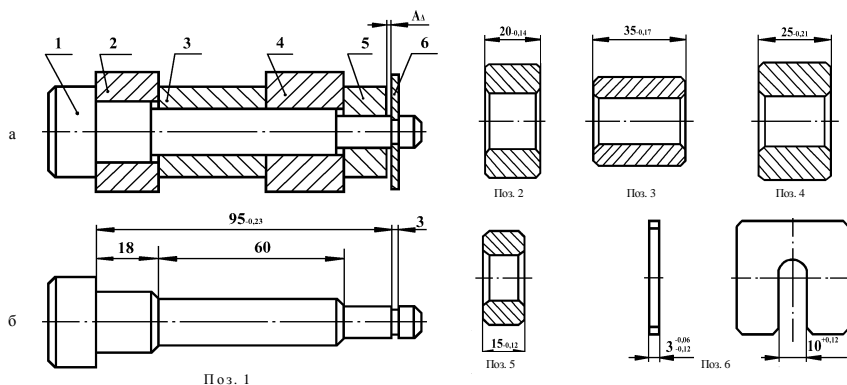


Рис. 18.1. Сборочная единица (а) и входящие в нее детали (б):
1 – ось; 2, 5 – кольца; 3, 4 – втулки; 6 – шайба быстросъемная

Измерение зазора A_{Δ} производится на контрольном приспособлении (рис. 18.2), представляющем собой стойку 7 с индикатором 1, закрепленным в держателе 2. При измерении контролируемая сборочная единица 6 устанавливается своей шайбой 3 на базирующий столик 4. При этом кольцо 5 сборочной единицы помещается в паз базирующего столика. В результате все кольца и втулки сборочной единицы под действием массы провисают, образуя осевой зазор, измеряемый индикатором, ножка которого упирается в торец колец 5. Приспособление предварительно настраивается по эталону на нулевое значение индикатора.

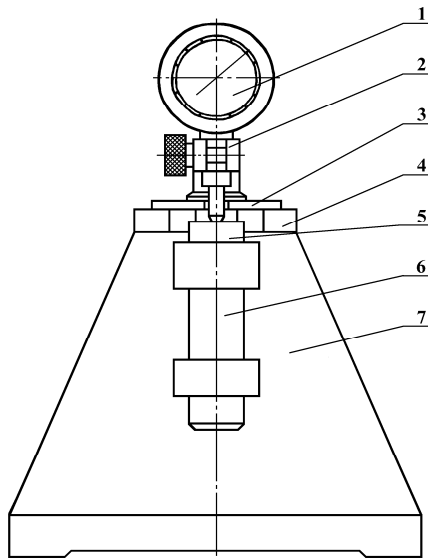


Рис. 18.2. Контрольное приспособление:
1 – индикатор; 2 – держатель; 3 – шайба; 4 – столик; 5 – кольцо;
6 – сборочная единица; 7 – стойка

Измерение размеров деталей сборочной единицы, представляющих собой составляющие звенья размерной цепи, производится универсальными измерительными инструментами.

Пример. На основе размерного анализа установить способ сборки механизма (рис. 18.3), если осевой зазор, обусловленный служебным назначением, должен быть в пределах от 0 до 0,2 мм.

Номинальные значения размеров и допуски составляющих звеньев согласно заданию соответственно равны

$$A_1 = 430^{+0,16} \text{ мм}; \quad A_2 = 80_{-0,06} \text{ мм}; \quad A_3 = 100_{-0,08} \text{ мм};$$

$$A_4 = 190_{-0,1} \text{ мм}; \quad A_5 = 60_{+0,07}^{+0,13} \text{ мм}.$$

На основании рассмотрения заданного механизма отмечаем, что замыкающим звеном является звено $A_\Delta = 0^{+0,2}$ с допуском $\delta_\Delta = 0,2$ мм и координатой $\Delta_{o\Delta} = +0,1$ мм. Строим схему размерной цепи. Отмечаем стрелками, направленными вправо, увеличивающие звенья и стрелками, направленными влево, уменьшающие звенья.

Выписываем допуски и координаты середин полей допусков составляющих звеньев:

$\Delta_1 = 0,16 \text{ мм},$	$\Delta_{o1} = +0,08 \text{ мм};$
$\Delta_2 = 0,06 \text{ мм},$	$\Delta_{o2} = -0,03 \text{ мм};$
$\Delta_3 = 0,08 \text{ мм},$	$\Delta_{o3} = -0,04 \text{ мм};$
$\Delta_4 = 0,10 \text{ мм},$	$\Delta_{o4} = -0,05 \text{ мм};$
$\Delta_5 = 0,06 \text{ мм},$	$\Delta_{o5} = -0,10 \text{ мм}.$

Уравнение номинальных размеров размерной цепи, определяемое по формуле (1), в данном случае записывается в виде

$$A_\Delta = A_1 - A_2 - A_3 - A_4 - A_5.$$

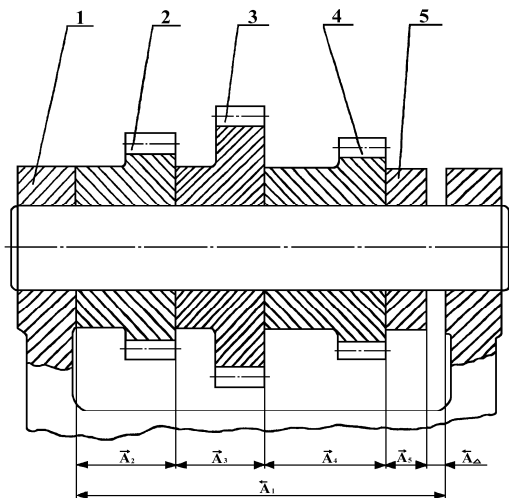


Рис. 18.3. Сборочная единица к примеру расчета:
1 – корпус; 2, 3, 4 – зубчатые колеса; 5 – кольцо

Проверяем возможность обеспечения точности замыкающего звена по способу полной взаимозаменяемости:

$$\delta_{\Delta} = 0,16 + 0,06 + 0,08 + 0,10 + 0,06 = 0,46 \text{ мм.}$$

Так как $0,46 > 0$, то полная взаимозаменяемость при заданных допусках составляющих звеньев не обеспечивается. Чтобы обеспечить полную взаимозаменяемость, нужно уменьшить сумму допусков составляющих звеньев более чем в 2 раза. Это потребует дополнительных технологических операций при обработке деталей. Например, если торцы деталей 2, 3, 4 и 5 окончательно обрабатывать методом шлифования, выдерживая допуски $\delta_2 = \delta_5 = 0,02$ мм, $\delta_3 = 0,027$ мм, $\delta_4 = 0,03$ мм, оставив прежним допуск на размер A_1 , то допуск замыкающего звена будет равен $\delta_{\Delta} = 0,16 + 0,02 + 0,027 + 0,03 + 0,02 = 0,257$ мм, что также не обеспечивает полной взаимозаменяемости и приводит к удорожанию механической обработки.

Проверим возможность обеспечения точности замыкающего звена по способу неполной взаимозаменяемости. Принимаем риск получения брака $P = 1\%$, тогда коэффициент $t_{\Delta} = 2,57$. Полагая, что деталь обрабатывается на настроенных станках и распределение размеров подчиняется закону Гаусса, принимаем $\lambda_i^2 = 1/9$. Тогда допуск замыкающего звена равен

$$\delta_{\Delta} = 2,57 \sqrt{\frac{1}{9}(0,16^2 + 0,06^2 + 0,08^2 + 0,10^2 + 0,06^2)} = 0,19 \text{ мм,}$$

что меньше заданного по чертежу допуска замыкающего звена.

Проверяем расположение координаты середины поля допуска замыкающего звена:

$$\Delta_{0\Delta} = 0,08 - (-0,03) - (-0,04) - (-0,05) - 0,10 = +0,1 \text{ мм.}$$

Таким образом, при риске получения брака 1% сборка может быть осуществлена способом неполной взаимозаменяемости. Этот способ целесообразно применять в массовом или крупносерийном производствах.

Производим сборку механизмов без какого-либо подбора или пригонки и измеряем замыкающее звено A_{Δ} , которое согласно заданию должно быть равно 0 или 0,2 мм.

Результаты измерений в виде отклонений $\Delta_{A\Delta}$ от номинального значения A_{Δ} записываем в табл. 18.2.

Таблица 18.2

Протокол измерений замыкающего звена

Номер измерения сборочной единицы	$\Delta_{A\Delta}$, мм	Номер измерения сборочной единицы	$\Delta_{A\Delta}$, мм	Номер измерения сборочной единицы	$\Delta_{A\Delta}$, мм
1	0,09	18	0,07	35	0,09
2	0,04	19	0,13	36	0,06
3	0,10	20	0,09	37	0,12
4	0,13	21	0,16	38	0,08
5	0,07	22	0,05	39	0,18
6	0,01	23	0,09	40	0,11
7	0,08	24	0,26	41	0,04
8	0,15	25	0,11	42	0,08
9	0,05	26	0,06	43	0,11
10	0,10	27	0,09	44	0,15
11	0,14	28	0,02	45	0,10
12	0,05	29	0,07	46	0,14
13	0,11	30	0,12	47	0,06
14	0,03	31	0,10	48	0,08
15	0,08	32	0,15	49	0,03
16	0,09	33	0,10	50	0,07
17	0,12	34	0,06		

Как видно из приведенных данных, все собранные механизмы, за исключением одного, удовлетворяют заданной точности замыкающего звена. Сборочная единица 24 имеет отклонение $\Delta = 0,26$ мм, что выходит за пределы допуска. Эту погрешность можно исключить путем соответствующего подбора по размерам собираемых деталей.

Определим поправку, которую нужно внести в размерную цепь:

$$\Delta \geq 0,26 - 0,20 = 0,06 \text{ мм.}$$

Для исправления брака необходимо уменьшить на Δ увеличивающее звено A_1 или увеличить на Δ одно из уменьшающих

звеньев размерной цепи путем замены в данной сборочной единице одной или двух деталей. При отсутствии дополнительных деталей с соответствующими размерами можно воспользоваться сборочной единицей, в которой зазор близок к нижнему пределу. Для этой цели можно взять сборочные единицы 6, 28, 49 и др. (табл. 18.2).

Произведем разборку следующих сборочных единиц: дефектной 24 и выбранной для подборки 6. Измерим размеры деталей, входящих в размерную цепь. Данные измерений запишем в левой части табл. 18.3. Суммирование отклонений при этом производим с учетом знаков составляющих звеньев размерной цепи.

Таблица 18.3

Подбор деталей при сборке

Обозначение звена	Отклонения от номинальных значений звеньев сборочных единиц с номером			
	24	6	24 а	6 а
$+A_1$	+0,13	+0,02	+0,13	+0,02
$-A_2$	-0,05	-0,04	-0,05	-0,04
$-A_3$	-0,07	-0,05	-0,07	-0,05
$-A_4$	-0,09	-0,02	-0,02	-0,09
$-A_5$	+0,08	+0,12	+0,08	+0,12
A_{Δ}	+0,26	+0,1	+0,19	+0,08

Анализ таблицы показывает, что для того, чтобы замыкающие звенья обеих сборочных единиц удовлетворяли заданному техническому требованию, необходимо и достаточно поменять в них местами детали с размерами A_1 или детали с размерами A_4 (возможны и другие варианты). Поменяем местами детали с размерами A_4 . Получим сборочные единицы 24 а и 6 а, отклонения размеров которых заносим в правую часть табл. 18.3. Суммирование отклонений показывает, что обе новые сборочные единицы удовлетворяют требованиям точности замыкающего звена.

Собираем сборочные единицы 24 а и 6 а и проверяем правильность подбора деталей путем измерения замыкающего звена A_{Δ} : для сборочной единицы 24 а $\Delta_{A_{\Delta}} = 0,19$ мм; для 6 а $\Delta_{A_{\Delta}} = 0,08$ мм, что соответствует расчету и удовлетворяет заданным требованиям.

18.3. Порядок выполнения работы

1. Для заданного механизма (рис. 18.1) установить замыкающее звено, координату середины поля допуска и допуск замыкающего звена.
2. Проанализировать размерные связи сборочной единицы, выявить и построить схему размерной цепи.
3. Выписать числовые значения номинальных размеров, допуски и координаты середины полей допусков составляющих звеньев, используя чертежи деталей, приведенные на рис. 18.1.
4. Составить уравнение номинальных размеров размерной цепи.
5. Проверить возможность обеспечения точности замыкающего звена по способу полной взаимозаменяемости.
6. Проверить возможность обеспечения точности замыкающего звена по способу неполной взаимозаменяемости.
7. Собрать механизмы в количестве 50 комплектов без какого-либо подбора деталей или пригонки.
8. Измерить замыкающие звенья собранных механизмов при помощи контрольного приспособления. Данные измерений занести в протокол (табл. 18.2).
9. Выявить механизмы, не удовлетворяющие заданной точности, определить требуемую поправку и выбрать механизмы, при помощи которых можно исправить допущенный брак методом подбора деталей.
10. Разобрать дефектный и выбранный для подбора механизмы, измерить их составляющие звенья универсальными измерительными инструментами. Результаты измерений занести в табл. 18.3.
11. На основании анализа полученной таблицы наметить варианты сборки данных механизмов методом подбора деталей.
12. Собрать механизмы и произвести измерения их замыкающих звеньев при помощи контрольного приспособления.
13. Произвести разборку всех 50 комплектов сборочных единиц.
14. Проанализировать полученные результаты.
15. Составить отчет.

18.4. Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.

3. Эскиз сборочной единицы.
4. Схема размерной цепи.
5. Числовые значения номинальных размеров, допусков и координат середин полей допусков составляющих звеньев.
6. Уравнение номинальных размеров размерной цепи.
7. Проверка возможности обеспечения точности замыкающего звена по способу полной и неполной взаимозаменяемости.
8. Протокол измерений замыкающего звена (табл. 18.2) и его анализ.
9. Определение поправки Δ и подбор деталей при сборке (табл. 18.3).
10. Контроль правильности подбора деталей при сборке.

18.5. Контрольные вопросы

1. Какие есть способы обеспечения точности замыкающего звена размерной цепи при сборке?
2. В чем заключаются особенности достижения точности замыкающего звена методами полной и неполной взаимозаменяемости?
3. По каким формулам проверяется возможность обеспечения точности замыкающего звена методами полной и неполной взаимозаменяемости?
4. Какие факторы влияют на выбор коэффициентов t_{Δ} и λ_i^2 ?
5. Каким уравнением связаны координаты середин полей допусков замыкающего и составляющих звеньев?

18.6. Необходимое оборудование, оснастка и материалы

1. Контрольное приспособление – 1 шт.
2. Индикатор ИЧ – 2 ГОСТ 577–68 с ценой деления 0,01 мм – 1 шт.
3. Микрометры МК – 25 и МК – 50 ГОСТ 6507–90 – 2 шт.
4. Штангенциркули ШЦ – I и ШЦ – II ГОСТ 166–89 – 2 шт.
5. Сборочная единица – 50 комп.
6. Микрокалькулятор – 1 шт.

Рекомендуемая литература: [1, 21, 22].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология сельскохозяйственного машиностроения : учеб. пособие / Л. М. Кожуро [и др.] ; под ред. Л. М. Кожуро. – Минск : Новое знание, 2006. – 512 с.

2. Некрасов, С. С. Практикум и курсовое проектирование по технологии сельскохозяйственного машиностроения / С. С. Некрасов. – М. : Мир, 2004. – 240 с.

3. Справочник технолога-машиностроителя : в 2-х т. ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – М. : Машиностроение, 2001. – Т. 1. – 912 с.

4. Справочник технолога-машиностроителя : в 2-х т. ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – М. : Машиностроение, 2001. – Т. 2. – 944 с.

5. Технология машиностроения: в 2-х т. / В. М. Бурцев [и др.] ; под ред. А. М. Дальского. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1997. – Т. 1. Основы технологии машиностроения. – 564 с.

6. Сборник практических работ по технологии машиностроения : учеб. пособие / А. И. Медведев [и др.] ; под ред. И. П. Филонова. – Минск : БНТУ, 2003. – 486 с.

7. Солонин, И. С. Математическая статистика в технологии машиностроения / И. С. Солонин. – М. : Машиностроение, 1972. – 215 с.

8. Ящерицын, П. И. Металлорежущие станки / П. И. Ящерицын, В. Д. Ефремов ; под ред. А. И. Кочергина. – Минск : БГАТУ, 2001. – 446 с.

9. Технологическая оснастка: учебник / М. Ф. Пашкевич [и др.] ; под общ. ред. М. Ф. Пашкевича. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2002. – 320 с.

10. Кожуро, Л. М. Проектирование технологических процессов в сельскохозяйственном машиностроении / Л. М. Кожуро, А. В. Миранович, В. В. Тризна. – Минск : БГАТУ, 2007. – 190 с.

11. Гурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В. Е. Гурман. – М. : Высшая школа, 2003. – 479 с.

12. Проектирование технологических процессов в машиностроении / И. П. Филонов [и др.] ; под общ. ред. И. П. Филонова. – Минск : Технопринт, 2003. – 910 с.

13. Клименков, С. С. Проектирование и производство заготовок в машиностроении : учебник / С. С. Клименков. – Минск : Техноперспектива, 2008. – 407 с.

14. Технологичность конструкции изделий: справочник / Ю. Д. Амиров [и др.] ; под ред. Ю. Д. Амирова. – М. : Машиностроение, 1995. – 367 с.

15. Кожуро, Л. М. Курсовое проектирование по технологии сельскохозяйственного машиностроения: метод. указ. / Л. М. Кожуро – Минск : БГАТУ, 2002. – 65 с.

16. Кузнецов, А. М. Современные методы расчета припусков / А. М. Кузнецов, В. В. Клепиков. – М. : Машиностроение, 1998. – 44 с.

17. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Массовое производство. – М. : Машиностроение, 1974. – 136 с.

18. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места и подготовительного для технического нормирования. Серийное производство. – М. : Машиностроение, 1974. – 421 с.

19. Шлифование металлов / Л. М. Кожуро [и др.] ; под ред. Л. М. Кожуро. – Минск : Дизайн ПРО, 2000. – 352 с.

20. Ящерицын, П. И. Планирование эксперимента в машиностроении / П. И. Ящерицын, Е. И. Махаринский. – Минск : Вышэйшая школа, 1985. – 236 с.

21. Проектирование технологических процессов сборки машин : учебник / А. А. Жолобов [и др.] ; под общ. ред. А. А. Жолобова. – Минск : Новое знание, 2005. – 410 с.

22. Новиков, М. П. Основы технологии сборки машин и механизмов / М. П. Новиков. – М. : Высшая школа, 1980. – 592 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Перв. примен.		Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
						Документация			
					03.60.000.00.000СБ	Сборочный чертеж			
						Сборочные единицы			
Сбор. №			1		03.60.000.00.000	Вал	1		
			2		03.60.000.00.000	Ось	1		
						Детали			
			6		03.60.000.00.001	Втулка	4		
			7		03.60.000.00.002	Корпус	1		
			8		03.60.000.00.003	Крышка	1		
			9		03.60.000.00.004	Крышка	1		
						Стандартные изделия			
			12			Винт М8х20 ГОСТ 11738-88	16		
	13			Манжета 1-20х40-3 ГОСТ 8752-79	1				
	14			Штифт 4х10 ГОСТ 3128-88	1				
	15			Шпанка 10х8х36 ГОСТ 8789-88	4				
Подп. и дата									
Инф. №									
Базис. инф. №									
Подп. и дата									
Инф. № подл.		Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата			
		Разраб.	Зеленцов				Лит.	Лист	Листов
		Проб.	Кацара				у		1
		Н.контр.	Мигранович				БГАТУ		
		Утв.	Капцнвич						
03.60.000.00.000СБ						Насос шестеренчатый			
Сборочный чертеж						Копировал			
						Формат А4			

Учебное издание

Акулович Леонид Михайлович,
Миранович Алексей Валерьевич,
Сергеев Леонид Ефимович

ТЕХНОЛОГИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ.
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск *В. М. Капцевич*
Редактор *Д. О. Бабакова*
Корректор *Д. О. Бабакова*
Компьютерная верстка *Д. О. Бабаковой*
Дизайн обложки *Д. О. Бабаковой*

Подписано в печать 12.05.2020. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 12,09. Уч.-изд. л. 9,45. Тираж 99 экз. Заказ 96.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/359 от 09.06.2014.
№ 2/151 от 11.06.2014.
Пр-т Независимости, 99–2, 220023, Минск.