

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Шамсутдинов Расим Адемович

Должность: Директор ФФ КНИИТМ-КАИ

Дата подписания: 16.09.2020 16:08:48

Уникальный программный ключ:

d31c25eab5d6fbb0cc50e03a64dfdc003219a085e5a993aa158886508d901114

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Казанский национальный исследовательский тех-
нический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
Лениногорский филиал

Горшенин Г.С.

Процессы и операции формообразования

Методические рекомендации по выполнению курсовой работы
для обучающихся по направлению

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств», профиль «Технологии, оборудование и автоматизация машино-
строительных производств»

(Методические рекомендации обсуждены и одобрены на заседании кафедры Технологии машиностроения и
приборостроения 25.10.2017, протокол №3)

Лениногорск 2017

НАЗНАЧЕНИЕ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

1. МЕТОДИКА НАЗНАЧЕНИЯ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

1.1 *Роль режимов резания в проектировании технологических процессов.*

Уровень выбранных режимов резания определяет интенсивность протекания технологического процесса во времени, его динамическую напряженность и надежность.

Элементы режимов резания (t , V , S , $V \dots$) являются основой для расчета усилий резания, используемых при проектировании режущих инструментов и приспособлений. Расчетные уровни крутящего момента M_k и эффективной мощности резания N_e необходимы для проверки соответствия выбранного технологического оборудования по M_k и N .

Выбранные режимы определяют также время и стоимость обработки, ресурс инструментов и характеристики потока их износных отказов.

Технологические карты, оформляемые при курсовом и дипломном проектировании, содержат соответствующие графы для выбираемых элементов режима резания:

1.2 *Методы назначения режимов резания.*

В настоящее время получили распространение 3 метода выбора режимов резания:

1. Нормативный (табличный), при котором режимы выбираются из соответствующих нормативов с учетом условий /1-6/.

Достоинство метода – простота. Недостатки: приближенность и неоптимальность результата.

2. Автоматизированный на основе ЭВМ /7/. В данном случае ЭВМ работает в режиме автоматизированного справочника с кодированной нормативной базой данных /1-6/.

Достоинство – сокращение времени по назначению режимов, недостатки первого метода.

3. Автоматизированный с оптимизацией /8-12/.

В данном случае с учетом большого количества факторов определяются режимы резания, обеспечивающие минимальную трудоемкость (стоимость) операций и гарантирующих требуемое качество обработки.

Широкое применение метода сдерживается отсутствием развитого программного обеспечения.

В настоящей работе назначение режимов резания выполняется по первому методу.

1.3 *Методика назначения режимов резания.*

Выбор режимов резания при лезвийной обработке включает следующие этапы (рис.1.1).

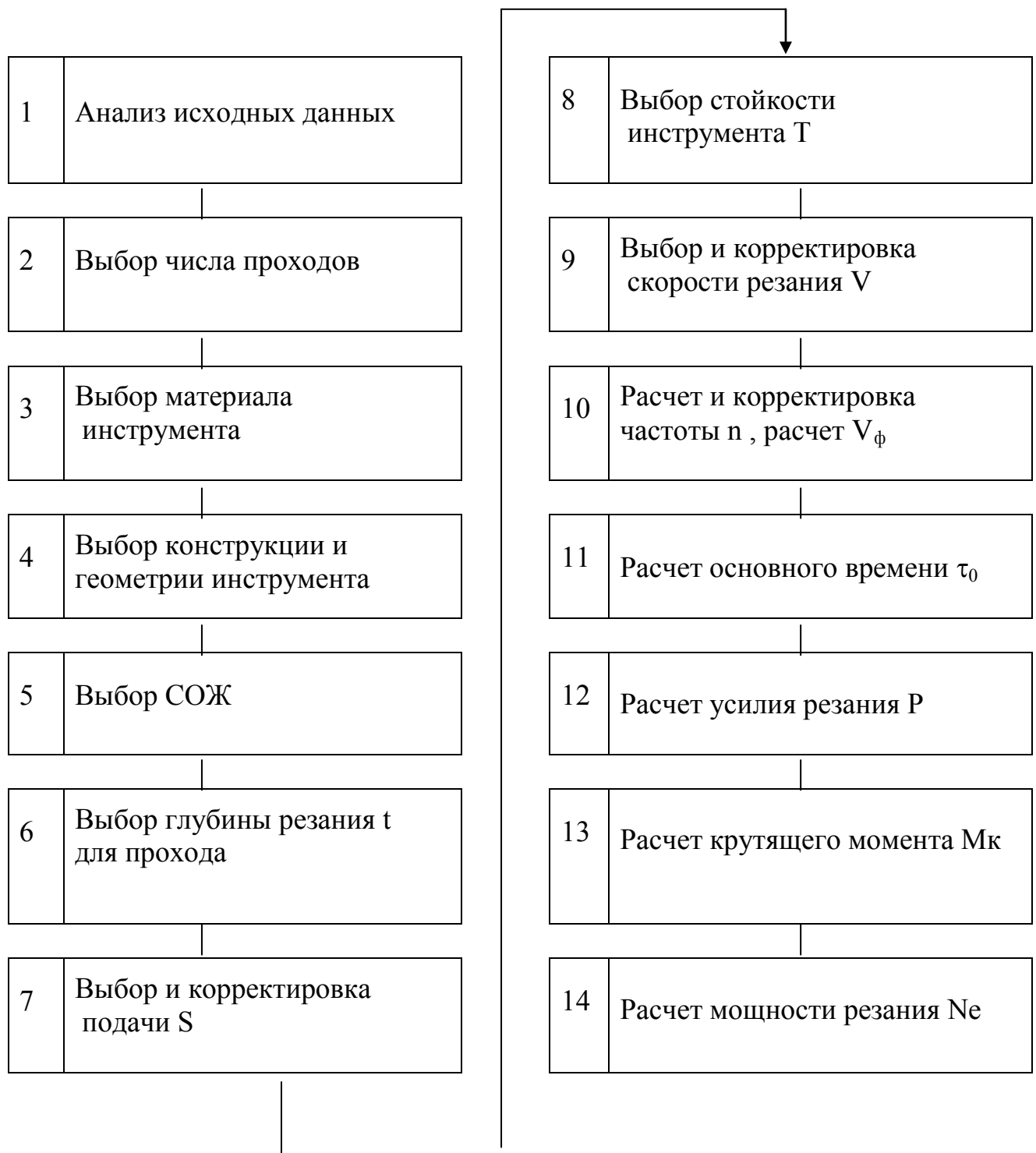


Рис. 1.1 Последовательность назначения режимов резания

1. Анализ исходных данных.

Этап включает анализ заготовки, детали, выполняемых переходов (операций), приспособлений, оборудования и других условий обработки.

2. Выбор числа ходов (проходов) z .

На данном этапе рассматривается вопрос о делении напуска между отдельными ходами (проходами) и определение глубины сверления без вывода сверла с использованием соответствующих таблиц.

3. Выбор материала инструмента.

В зависимости от группы обрабатываемого материала и условий обработки по таблицам выбирается рациональная марка режущей части инструмента.

4. Выбор конструкции и геометрии инструмента.

В зависимости от условий обработки и инструментального материала выбираются стандартная конструкция, геометрия и другие характеристики режущего инструмента.

5. Выбор СОЖ.

В зависимости от конкретных условий операции по таблицам назначается рациональная марка СОЖ.

6. Выбор глубины резания t .

При нормальных припусках h рационально назначать $t = h$. В случае напусков обращаемся к блоку 2.

7. Выбор и корректировка подачи S .

Табличное значение подачи S_T выбирается по соответствующим нормативам. Затем с помощью поправочных коэффициентов K_i , $i = 1 \dots u$, учитывающих конкретные условия обработки, выполняется корректировка S_T

$$S = S_T \cdot \prod_{i=1}^u K_i$$

где u - количество условий для корректировки S_T .

Расчетная подача S должна принадлежать ряду подач выбранного станка, т.е.

$$S \in S_{\text{ст}}$$

8. Выбор стойкости инструмента T .

Табличное значение T выбирается с учетом назначенных ранее t , S и других условий обработки.

9. Выбор и корректировка скорости резания V .

Табличное значение скорости V_T на основе ранее найденных t , S и T выбирается по соответствующим нормативам. Затем производится корректировка V_T с помощью поправочных коэффициентов K_i , $i = 1 \dots u$, учитывающих конкретные условия обработки.

$$V = V_T \cdot \prod_{i=1}^u K_i$$

10. Расчет и корректировка частоты n . Расчет фактической скорости резания V_ϕ .

Значение частоты при лезвийной обработке определяется выражением

$$n = \frac{10^3 V}{\pi D}, 1/\text{мин.}$$

Полученное n должно принадлежать к геометрическому ряду частот станка, т.е. $n \in n_{\text{ст.}}$.

После этого определяется фактическая скорость резания

$$V_\phi = \pi D n / 10^3$$

11. Расчет основного времени τ .

Для большинства видов механической обработки основное время определяется выражением

$$\tau_0 = \frac{L}{S_0 n} \cdot \frac{h}{t}, \text{мин.}$$

где S_0 - подача в мм/об.;

L - путь обработки в мм с подачей S_0 и частотой n .

12. Расчет усилия резания P .

Усилия резания P_z , P_o необходимые для расчета зажимных устройств приспособлений, определяются по соответствующим эмпирическим зависимостям $P_z, P_o = f(t, S, V, B, z, D)$, постоянные для которых выбираются из таблиц нормативов.

13. Расчет крутящего момента M_k .

Крутящий момент, необходимый для расчета зажимных устройств приспособлений, определяется по соответствующим эмпирическим зависимостям (осевая обработка) или через найденное ранее значение P_z .

14. Расчет мощности резания N_e .

Эффективная мощность резания определяется через M_k (осевая обработка) или через P_z . Знание ее необходимо для проверки соответствия выбранного технологического оборудования по мощности.

Рассмотренная выше последовательность назначения режимов резания (рис.1.1) относится к наиболее распространенной лезвийной обработке. В случае **абразивной обработки** имеются следующие отличия.

1. После выбора СОЖ назначается по соответствующим нормативным таблицам припуск h на шлифование (если он не определен операционной технологией).
2. После выбора h назначается по нормативным таблицам скорость вращения детали V_∂ , определяется частота вращения детали n_∂ , затем назначается скорость вращения шлифовального круга V_k и определяется n_k .
3. Выбираются подачи S в долях ширины круга, не определяющие точность обработки.

4. Выбираются и корректируются по условиям шлифования малые подачи, определяющие точность получаемых размеров.
5. Рассчитывается основное время τ_o .

2. НАЗНАЧЕНИЕ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ДЛЯ ТОКАРНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Рассмотрим токарную операцию (рис.2.1), содержащую наиболее распространенные переходы: подрезку, обточку, расточку, фасонное точение и проточку конавок.

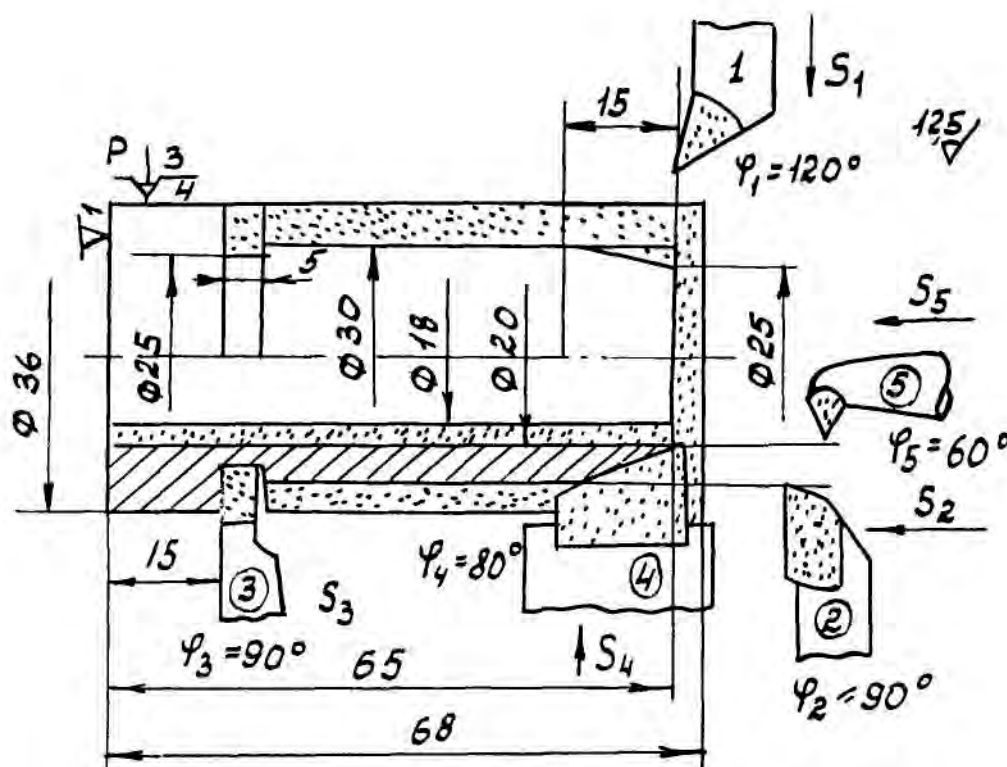


Рис. 2.1. Переходы токарной операции.

2.1 Анализ исходных данных.

2.1.1 Заготовка.

Прокат из коррозионностойкой, жаростойкой и жаропрочной стали 12X18H9T (1X18H9T). Термическая обработка: закалка, $\sigma_B = 540-610$ МПа, HB = 143-175.

2.1.2 Деталь.

Согласно рис.2.1 представляет собой втулку, обрабатываемую со всех доступных сторон.

2.1.3 Выполняемые переходы.

Операция включает следующие переходы полуступенчатой обработки:

- 1) подрезка торца (резец 1) ;
- 2) протачивание наружной поверхности (резец 2) ;
- 3) проточка канавки (резец 3) ;
- 4) фасонная обточка конуса (резец 4) ;
- 5) растачивание (резец 5).

2.1.4. Приспособление.

Заготовка закрепляется в 3-х кулачковом пневматическом патроне с упором в левый торец.

2.1.5. Оборудование.

В качестве оборудования согласно табл.9, с.15 /2/ выбран токарный станок мод.16K20, имеющий следующие параметры:

- 1) число частот вращения шпинделя z_n - 22;
- 2) пределы частот $n = 12,5 - 1600$ 1/мин.;
- 3) пределы продольных подач $S_{пр} = 0,05-2,8$ мм/об.;
- 4) пределы поперечных подач $S_{пп} = 0,025-1,4$ мм/об.;
- 5) мощность привода главного движения $N_{ст} = 11$ кВт.

2.2. *Выбор инструментального материала.*

Для условий полуступенчатого точения стали 12X18H9T, относящейся к X гр. обрабатываемых материалов, табл.13, с.53 /1/ рекомендует твердый сплав Т15К6.

2.3. *Выбор геометрии режущих инструментов.*

В данном случае геометрия характеризуется следующими параметрами:

- 1) задним углом α° ;
- 2) передним углом γ° ;
- 3) радиусом при вершине r , мм;
- 4) величиной фаски f , мм.

Значения главного угла в плане Φ° для всех 5-ти резцов представлены на рис.2.1.

Для обработки сталей гр.X табл.1, с.211 /1/ рекомендует следующую геометрию табл.2.1.

2.4. *Выбор смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ).*

Согласно табл.24, с.233 /1/ для проведенных выше (п.2.1) условий рекомендуется 5-10% раствор Аквол – 10 м.

2.5. *Назначение глубины резания t .*

Согласно операционным размерам и размерам заготовки (рис.2.1) определяем глубину резания для каждого резца и результаты заносим в сводную табл.2.1.

2.6. Назначение подач S .

Согласно табл.28 /1/ с.238 при $R_a = 12,5$, $r = 1$ для резцов 1,2 и 5 рекомендуются табличные подачи

$$S_{T1} = S_{T2} = S_{T5} = 0,6 \text{ мм/об.}$$

Таблица 2.1.

Основные параметры токарной операции (рис.2.1)

№ № рез ца	П а р а м е т р ы														
	α	γ	ϕ	r	f	t	S	h_z	T	$n_{ст}$	V_ϕ	τ_0	P_z	$P_z V$	N_e
	грд	грд	грд	мм	мм	мм	мм/об	мм	мин	1/мин	м/ мин	мин	кГ	кГм/мин	кВт
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	10	10	120	1	0,2	3	0,27	0,6	60	635	71,8	0,14 6	204	$14,6 \cdot 10^3$	2,3 9
2	10	10	90	1	0,2	3	0,27	0,6	60	504	57	0,38 9	204	$11,6 \cdot 10^3$	-
3	10	10	90	-	0,2	5	0,10	0,5	30	504	47,5	0,10 9	161	$7,6 \cdot 10^3$	-
4	10	10	120	-	-	15	0,021	0,5	30	504	47,5	0,52 0	150	$7,1 \cdot 10^3$	-
5	10	10	60	1	0,2	1	0,27	0,6	60	200	12,6	1,29	72,2	909	-

Согласно табл.29 /1/ с.238 для резца 3 при $t = 3$ рекомендуется подача $S_{T3}=0,15$ мм/об.

Согласно табл. 16 /2/ с.269 для резца 4 при $t = 15$ и диаметре заготовки $D_3 = 30$ рекомендуется $S_{T4} = 0,04$ мм/об.

Выполним корректировку выбранных подач для конкретных условий рис.2.1.

Значения поправочных коэффициентов на подачи выбираются согласно табл. 30 /1/ с.239. Их значения приведены в табл. 2.2. Здесь же приведены значения полных поправочных коэффициентов

$$K_{sj} = \prod_{i=1}^6 K_i$$

для каждого j -го резца, $j = 1 \dots 5$.

Таблица 2.2

Поправочные коэффициенты K_i и K_{sj} на подачи

Условия обработки	Корка	Матер. инструмента	Диам. обработки	Матер. заготовки	Термо-обработка	Вид поверх. обработки	K_{sj}
$P \setminus K_i$	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_s
1	0,8	I	0,62	I	I	I	0,496
2	0,8	I	0,62	I	I	I	0,496
3	1	I	0,62	I	I	I	0,62
4	I	I	0,62	I	I	0,85	0,527
5	I	I	0,45	I	I	1	0,45

Найдем значения скорректированных подач

$$S_j = S_{Tj} \cdot K_{sj}$$

$$S_1 = 0,60 \cdot 0,496 = 0,270 \text{ мм/об};$$

$$S_2 = 0,60 \cdot 0,496 = 0,270 \text{ мм/об};$$

$$S_3 = 0,15 \cdot 0,620 = 0,100 \text{ мм/об};$$

$$S_4 = 0,04 \cdot 0,53 = 0,021 \text{ мм/об};$$

$$S_5 = 0,60 \cdot 0,45 = 0,270 \text{ мм/об}.$$

Считаем, что универсальный станок 16K20 располагает таким набором подач.

Выбранные значения подач S_j заносим в табл. 2.1.

2.7. Выбор стойкости резцов T .

Согласно табл. 18 /1/ с.227 при полустойчивой обработке материалов Х гр. твердосплавным инструментом рекомендуется:

1) для резцов 1,2 и 5 $h_3 = 0,6$ мм, $T = 60$ мин.;

2) для резцов 3 и 4 $h_3 = 0,5$ мм, $T = 30$ мин.

Значения h_3 и T заносим в итоговую табл.2.1.

2.8. Назначение скорости резания V .

Согласно табл.42 /1/ с.246 для стали X гр. с $\sigma_b \leq 900$ Мпа рекомендуются следующие табличные значения скоростей V_{Tj} в зависимости от t_j и

S_j : $V_{T1} = 72$ м/мин., $V_{T2} = 72$ м/мин., $V_{T3} = 101$ м/мин., $V_{T4} = 72$ м/мин., $V_{T5} = 82$ м/мин.

Выполним корректировку V_{Tj} согласно конкретным условиям рис.2.1.

Поправочные коэффициенты K_i ($i = 1 - 10$) на скорость резания выбираем из табл.43 /1/ с.247 и находим для каждого j - го резца ($j = 1 \dots 5$) полный поправочный коэффициент

$$K_{vj} = \prod_{i=1}^{10} K_i$$

Выбранные поправочные коэффициенты K_i и полные коэффициенты K_{vj} приведены в табл.2.3.

Найдем значения скорректированных скоростей резания

$$V_j = V_{Tj} \cdot K_{vj}$$

$$V_1 = 72 \cdot 1,16 = 83,5 \text{ м/мин.}$$

$$V_2 = 72 \cdot 0,80 = 57,6 \text{ м/мин.}$$

$$V_3 = 101 \cdot 0,53 = 53,5 \text{ м/мин.}$$

$$V_4 = 72 \cdot 0,80 = 57,6 \text{ м/мин.}$$

$$V_5 = 82 \cdot 0,19 = 15,6 \text{ м/мин.}$$

Таблица 2.3

Поправочные коэффициенты K_i и K_{vj} на скорость резания

Условия обработки	Матер. заготовки	Матер. инструмента	Угол ϕ^0	$\frac{D_o}{D_s}$	Расстояние	Точение канавки	Фасон точение	D_o	Кор-ка	СО Ж	K_{vj}
$P \setminus K_i$	$K1$	$K2$	$K3$	$K4$	$K5$	$K6$	$K7$	$K8$	$K9$	$K10$	K_v
1	1,22	1,9	0,87	1,45	I	I	I	0,53	0,75	I	1,16
2	1,22	1,9	0,87	I	1	I	I	0,53	0,75	I	0,8
3	1,22	1,9	0,87	1	I	0,5	1	0,53	1	I	0,53
4	1,22	1,9	0,87	I	I	1	0,750	0,53	I	I	0,8
5	1,22	1,9	0,92	I	0,3	I	1	0,3	I	I	0,1

2.9. Расчет частоты вращения заготовки n

Частота определяется по известной зависимости

$$n = \frac{10^3 V}{\pi \cdot D_3}, 1/\text{мин.}$$

где: D_3 – диаметр обрабатываемой поверхности заготовки, мм или

$$n = \frac{10^3}{3,14} \cdot \frac{V}{D_3} = 318,5 \frac{V}{D_3}.$$

Рассчитанные значения n должны быть скорректированы по $n_{\text{ст}}$. Для этого рассчитываем геометрический ряд частот станка.

Знаменатель геометрического ряда частот

$$\Phi_n = \sqrt[z_n - 1]{\frac{n_{\text{max}}}{n_{\text{min}}}} \Rightarrow [1.06, 1.12, 1.26, 1.41, 1.58, 1.78, 2.00]$$

должен соответствовать одному из 7-ми стандартных значений.

Здесь z_n – число частот станка.

В нашем случае

$$\Phi_n = \sqrt[22-1]{\frac{1600}{12,5}} = 1,26$$

Стандартный ряд частот для этих условий приведен в табл.2.4.

Выполним расчет и корректировку частот вращения для каждого резца.

$$n_1 = 318,5 \frac{83,5}{36} = 738 \Rightarrow 635 \text{ I /мин.};$$

$$n_2 = 318,5 \frac{57,6}{36} = 509 \Rightarrow 504 \text{ I /мин.};$$

$$n_3 = 318,5 \frac{53,5}{30} = 568 \Rightarrow 504 \text{ I /мин.};$$

$$n_4 = 318,5 \frac{57,6}{30} = 613 \Rightarrow 504 \text{ I /мин.};$$

$$n_5 = 318,5 \frac{15,6}{20} = 248 \Rightarrow 200 \text{ I /мин.}$$

Таблица 2.4.

Геометрический ряд частот вращения шпинделя для $\Phi_n = 1,26$

12,5	40	126	400	1270
15,75	50	159	504	1600
19,80	63	200	635	-
25,0	79	252	800	-
31,5	100	317	1008	-

Рассчитаем фактические скорости резания V_ϕ :

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_3 \cdot n_{cm}}{10^3} \text{ м / мин} = 0,00314 \cdot D_3 \cdot n_{cm}$$

$$V_1 = 0,00314 \cdot 36 \cdot 635 = 71,8 \text{ м/мин.};$$

$$V_2 = 0,00314 \cdot 36 \cdot 504 = 57 \text{ м/мин.};$$

$$V_3 = 0,00314 \cdot 30 \cdot 504 = 47,5 \text{ м/мин.};$$

$$V_4 = 0,00314 \cdot 30 \cdot 504 = 47,5 \text{ м/мин.};$$

$$V_5 = 0,00314 \cdot 20 \cdot 200 = 12,6 \text{ м/мин.};$$

Выбранные значения $n_{ст}$ и соответствующие им V_{ϕ} заносим в табл. 2.1.

2.10. Расчет основного времени τ_0

Формулы для расчета τ_0 для различных видов обработки приведены на с.609 /5/.

Так для токарных переходов

$$\tau_0 = \frac{L_1 + L + L_2}{S \cdot n}, \text{ мин.}$$

где L_1, L_2 - соответственно величины врезания и перебега резца, мм;

L - длина обрабатываемой поверхности, мм.

Значения L_1 и L_2 приведены в табл.2 /5/ с.620.

В нашем случае (рис.2.1).

$$\tau_{01} = \frac{5 + 18 + 2}{0,27 \cdot 635} = 0,146 \text{ мин.};$$

$$\tau_{02} = \frac{3 + 50 + 0}{0,27 \cdot 504} = 0,35 \text{ мин.};$$

$$\tau_{03} = \frac{3 + 2,5 + 0}{0,10 \cdot 504} = 0,109 \text{ мин.};$$

$$\tau_{04} = \frac{3 + 2,5 + 0}{0,021 \cdot 504} = 0,52 \text{ мин.};$$

$$\tau_{05} = \frac{3 + 65 + 2}{0,27 \cdot 200} = 1,29 \text{ мин.}$$

Значения τ_{0j} заносим в табл.2.1.

2.11. Расчет силы резания P_z

Согласно с.271 /2/ окружная составляющая силы резания определяется выражением

$$P_z = C_p t^{x_p} \cdot S^{y_p} V^{z_p} K_p, \text{ кг},$$

где

$$K_p = \prod_{i=1}^4 K_i$$

Выбрав для наших условий из табл.22 /2/ с.273 значения постоянных получим расчетную зависимость

$$P_z = 204 t^{1,0} S^{0,75} K_p$$

Частные значения поправочных коэффициентов K_i выбираем из табл.23 /2/ с.275. Значения их вместе с K_{pi} приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.5.

Поправочные коэффициенты K_i и K_{pi} на усилие резания

Условия обработки	Угол в плане, Φ^0	Передний угол, γ^0	Угол λ^0	Радиус при вершине r, мм	K_{pi}
P \ K_i	K_1	K_2	K_3	K_4	K_p
1	0,89	I	I	I	0,89
2	0,89	I	I	I	0,89
3	0,89	I	I	I	0,89
4	0,89	I	I	I	0,89
5	0,94	I	I	I	0,94

Рассчитаем значение P_z для каждого резца

$$P_{z1} = 204 \cdot 3 \cdot 0,27^{0,75} \cdot 0,89 = 204 \text{ кГ};$$

$$P_{z2} = 204 \cdot 3 \cdot 0,27^{0,75} \cdot 0,89 = 204 \text{ кГ};$$

$$P_{z3} = 204 \cdot 5 \cdot 0,10^{0,75} \cdot 0,89 = 161 \text{ кГ};$$

$$P_{z4} = 204 \cdot 15 \cdot 0,021^{0,75} \cdot 0,89 = 150 \text{ кГ};$$

$$P_{z5} = 204 \cdot 1 \cdot 0,27^{0,75} \cdot 0,94 = 72,2 \text{ кГ}.$$

2.12. Расчет мощности резания.

Выполняется для сравнения эффективной мощности резания N_e с мощностью станка $N_{ст}$. Расчет выполняется по формуле /2/ с.271.

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 102}, \text{ кВт.} \leq N_{ст}$$

Поскольку $N_e = \max$ будет соответствовать переходу с $(P_z \cdot V) = \max$, то рассчитаем эти произведения для всех резцов.

$$P_{z1} \cdot V_1 = 204 \cdot 71,8 = 14600 \text{ кГм/мин.} = \max;$$

$$P_{z2} \cdot V_2 = 204 \cdot 75 = 11628 \text{ кГм/мин.}$$

$$P_{z3} \cdot V_3 = 161 \cdot 47,5 = 7600 \text{ кГм/мин.}$$

$$P_{z4} \cdot V_4 = 150 \cdot 47,5 = 7100 \text{ кГм/мин.}$$

$$P_{z5} \cdot V_5 = 72,2 \cdot 12,6 = 909 \text{ кГм/мин.}$$

Таким образом, наибольшая мощность резания будет на первом переходе

$$N_e = \frac{14600}{60 \cdot 102} = 2,39 \text{ кВт}$$

Она значительно меньше $N_{\text{ст}} = 11 \text{ кВт}$, поэтому изначально должен быть выбран станок меньших габаритов и мощности. Полученные значения P_{zj} и N_e заносим в табл. 2.1.

3. НАЗНАЧЕНИЕ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ДЛЯ ОПЕРАЦИЙ ОСЕВОЙ ОБРАБОТКИ

Рассмотрим операцию осевой обработки, включающую наиболее распространенные переходы: сверление, зенкерование и развертывание (рис.3.1).

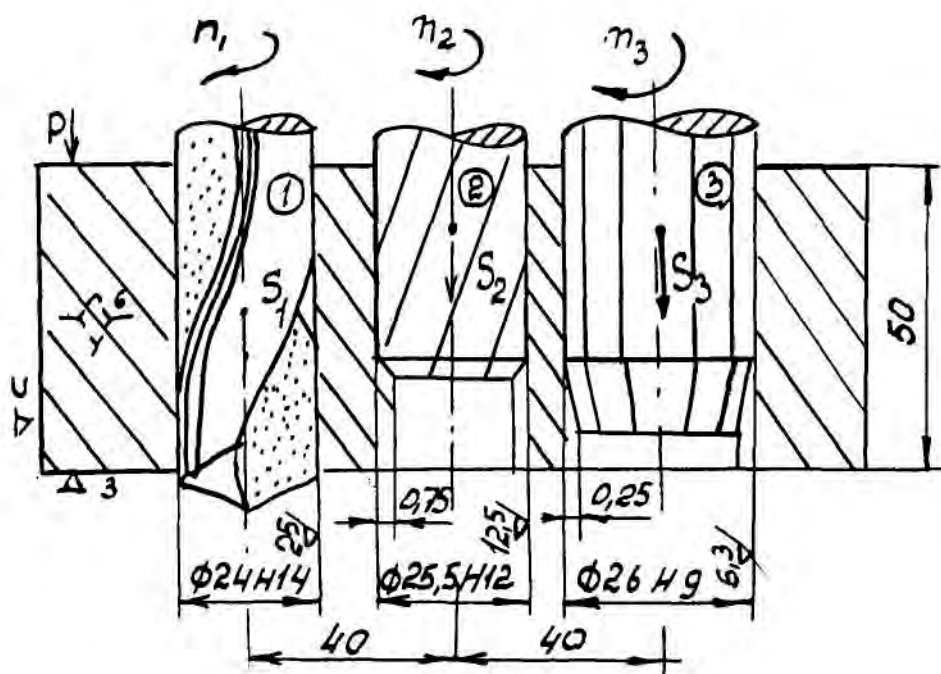


Рис. 3.1. Переходы осевой обработки.

3.1. Анализ исходных данных.

3.1.1. Заготовка.

Плита, предварительно обработанная из коррозионностойкой, жаростойкой и жаропрочной стали 12X18H9T (1X18H9T). Термическая обработка: закалка,

$\sigma_B = 540 - 610 \text{ МПа}$, $HB = 143 - 175$.

3.1.2. Деталь.

Согласно рис.3.1 в заготовке необходимо получить 3 отверстия $\varnothing 26 \text{ Н9}$ с $R_a = 6,3 \text{ мкм}$.

3.1.3. Выполняемые переходы.

Обработка каждого отверстия включает 3 последовательных перехода:

- 1) сверление отверстия $\varnothing 24 \text{ Н14}$ с $R_a = 25$;
- 2) зенкерование отверстия $\varnothing 25,5 \text{ Н12}$ с $R_a = 12,5$;
- 3) развертывание отверстия $\varnothing 26 \text{ Н9}$ с $R_a = 6,3$.

3.1.4. Приспособление.

Заготовка устанавливается по 3-м обработанным поверхностям в приспособление с пневматическим поджимом сверху. Обработка отверстий выполняется без кондуктора с использованием быстросменного патрона.

3.1.5. Оборудование.

В качестве оборудования согласно табл. 11 /2/ с. 20 выбран вертикально-сверлильный одношпиндельный станок мод. 2Н135, имеющий следующие параметры:

- 1) наибольший диаметр сверления $\varnothing 35 \text{ мм}$;
- 2) число частот вращения шпинделя $z_n = 12$;
- 3) пределы частот $n = 31-1400 \text{ 1/мин.}$;
- 4) число подач $z_s = 9$;
- 5) пределы подач $S = 0,1-1,6 \text{ мм/об.}$;
- 6) мощность привода главного движения $N_{\text{ст}} = 4 \text{ кВт}$.

3.2. *Выбор числа ходов z при сверлении отверстия.*

Согласно табл.62 /1/ с.265 отверстие $\varnothing 24$ в сплошном материале Х гр. просверливается за один ход, т.е. $z = 1$.

3.3. *Выбор длины участков L сверления между выводами сверл.*

Согласно табл.63 /1/ с.265 в сплошном материале Х гр. сверлом $\varnothing 24$ можно сверлить отверстие на длину

$$L \leq 3 \cdot D \leq 3 \cdot 24 \leq 72 \text{ мм} > 50 \text{ мм}$$

без его вывода для удаления стружки. Поскольку заданная длина сверления (рис.3.1) $50 < 72$, то обработка выполняется без вывода сверла.

3.4. *Выбор инструментального материала.*

Согласно табл. 5 /1/ с.42 для обработки материалов Х гр. сверлением, зенкерованием и развертыванием рекомендуется быстрорежущая сталь Р9К5.

3.5. *Выбор конструкции и геометрии осевого инструмента.*

Согласно с 103 /1/ выбираем стандартную конструкцию и геометрию осевых инструментов.

3.6. *Выбор СОЖ.*

Согласно табл.24 /1/ с.233 для осевой обработки материалов X гр. рекомендуется 5-10% раствор Аквол-10М.

3.7. *Назначение глубины резания t .*

Согласно операционным размерам и параметрам заготовки (рис.3.1) определяем глубину резания для каждого осевого инструмента и результаты заносим в сводную табл.3.1.

Таблица 3.1.

Основные параметры операции осевой обработки

Инструмент	П а р а м е т р ы														
	D	Z _u	L	JT	R _a	t	S	h _з	T	n	V	τ ₀	P ₀	M _к	N _е
	мм	-	мм	-	мкм	мм	мм/об	мм	мин	1/мин	м/мин	мин	кГ	кГм	кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
сверло	24	2	50	14	25	12	0,2	0,5	20	123	9,27	2,44	946	6,5	0,82
зенкер	25,5	4	50	12	12,5	0,75	0,4	0,6	30	173	13,9	0,78	46,4	0,85	0,15
раз- вертка	26	8	50	9	6,3	0,25	1,1	0,3	60	44	3,6	1,42	24	1,2	0,054

3.8. Назначение подач S .

3.8.1 Сверление Ø 24 Н14.

Согласно с.266 /1/ условия сверления (рис.3.1) определяют 2-ю группу подач. Поэтому для 2-й группы подач по табл.64 /1/ с.267 выбираем табличную подачу

$$S_{T1} = 0,33 \text{ мм/об.}$$

Поправочные коэффициенты K_i , ($i = 1-5$) для корректировки S_{T1} выбираем из табл.65 /1/ с.267 и записываем в табл.3.2.

Таблица 3. 2

Поправочные коэффициенты K_i и K_{sj} на подачи

Усл. обозначения	Длина отверст.	Жесткость	Материал ин-та	Вид отверстия	Материал заготовки	K_{sj}
Ин. \ K_i	$K1$	$K2$	$K3$	$K4$	$K5$	K_s
Сверло	I	I	I	I	0,75	0,75
Зенкер	I	I	I	I	0,32	0,32
Развертка	I	I	I	I	I	1,0

3.8.2. Зенкерование Ø 25,5 Н12.

Согласно с.276 /1/ условия зенкерования определяют 2-ю группу подач. Поэтому для 2-й группы по табл.73 /1/ с.276 выбираем табличную подачу

$$S_{T2} = 1,5 \text{ мм/об.}$$

Поправочные коэффициенты K_i , ($i = 1-5$) для корректировки S_{T2} выбираем из табл.73 /1/ с.277 и заносим в табл.3.2.

3.8.3 Развертывание Ø 26 Н9.

Согласно с.285 /1/ условия развертывания определяют 1-ю группу подач. Поэтому для 1-й группы из табл.86 /1/ с.285 выбираем рекомендуемую табличную подачу

$$S_{T3} = 1,2 \text{ мм/об.}$$

Поправочные коэффициенты K_i для корректировки S_{T3} выбираем из табл.86 /1/ с.285 и заносим в табл.3.2.

Подсчитаем соответствующие полные поправочные коэффициенты K_{sj} и занесем их в последнюю графу табл.3.2.

Найдем значения скорректированных подач.

$$S_1 = S_{T1} \cdot K_{s1} = 0,33 \cdot 0,75 = 0,25 \text{ мм/об.}$$

$$S_2 = 1,5 \cdot 0,32 = 0,48 \text{ мм/об.}$$

$$S_3 = 1,2 \cdot 1,0 = 1,2 \text{ мм/об.}$$

Выполним корректировку рассчитанных подач по набору подач $S_{ст}$ станка. Определим знаменатель геометрического ряда подач станка

$$\Phi_s = \sqrt[9]{\frac{S_{\max}}{S_{\min}}} = \sqrt[9]{\frac{1,6}{0,1}} = 1,41$$

Рассчитанные стандартные значения подач приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3.

Ряды подач S и частот n сверлильного станка 2Н135

S	0,100	0,200	0,400	0,790	1,56	-
	0,141	0,280	0,560	1,100	-	-
n	31	62	123	244	486	966
	44	87	173	344	685	1361

Согласно табл.3.3 рассчитанные подачи корректируются до следующих станочных значений

$$S_1 = 0,25 \Rightarrow 0,2 \text{ мм/об.};$$

$$S_2 = 0,48 \Rightarrow 0,4 \text{ мм/об.};$$

$$S_3 = 1,2 \Rightarrow 1,1 \text{ мм/об.}$$

Полученные значения подач S_j заносим в табл.3.1.

3.9. Выбор стойкости инструментов T .

Рекомендуемые значения допустимого износа h_z и стойкости T осевых инструментов выбираем соответственно из табл.19 /1/ с.228 и табл.20 /1/ с.229 и заносим в сводную табл. 3.1.

3.10. Назначение скоростей резания V .

3.10.1. Сверление Ø 24.

Согласно табл.68 /1/ с.271 для условий сверления (рис.3.1, табл.3.1) рекомендуется табличная скорость резания

$$V_{T1} = 12 \text{ м/мин.}$$

Поправочные коэффициенты K_i , ($i = 1-7$) на V_{T1} выбираем из табл.69 /1/ с.272 и заносим в табл.3.4.

Таблица 3. 4

Поправочные коэффициенты K_i и K_{vj} на скорость резания

Условия обработки	Матер. заготовки	Матер. инструмента	Вид отвер.	СОЖ	Стойкость	Длина отв.	Корка	K_{vj}
ин. \ K_i	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_v
Сверло	I	I	0,9	I	I	I	I	0,9
Зенкер	I	I	I	I	I	I	I	1,0
Развертка	2,5	I	I	I	I	I	I	2,5

3.10.2. Зенкерование $\varnothing 25,5$.

Согласно табл.80 /1/ с.280 для условий зенкерования (рис.3.1, табл.3.1) рекомендуется табличная скорость резания

$$V_{T2} = 18 \text{ м/мин.}$$

Поправочные коэффициенты K_i на V_{T2} выбираем из табл.8.1 /1/, с.281 и заносим в табл.3.4.

3.10.3 Развертывание $\varnothing 26$.

Для условий развертывания (табл.3.1,рис.3.1) табл.93 /1/, с.288 рекомендует табличную скорость

$$V_{T3} = 1,6 \text{ м/мин.}$$

Поправочные коэффициенты K_i на V_{T3} выбираем из табл.94 /1/, с.289 и заносим в табл. 3.4.

Определяем полные поправочные коэффициенты K_{vj} и заносим их в последнюю графу табл. 3.4.

Найдем значения скорректированных скоростей резания

$$V_1 = V_{T1} \cdot K_{v1} = 12 \cdot 0,9 = 10,8 \text{ м/мин.};$$

$$V_2 = 18 \cdot 1,0 = 18 \text{ м/мин.};$$

$$V_3 = 1,6 \cdot 2,5 = 4 \text{ м/мин.}$$

3.11 Расчет частоты вращения инструмента n .

Для осевой обработки

$$n = 10^3 V / (\pi D), \text{ 1/мин,}$$

где D – диаметр инструмента, мм.

Расчетные значения n должны быть скорректированы по $n_{\text{ст}}$.

Рассчитаем знаменатель геометрического ряда частот вращения шпинделя

$$\Phi_n = z_n \sqrt[n_{\text{max}}]{n_{\text{min}}} = 12 \sqrt[12]{\frac{1400}{31}} = 1,41.$$

Стандартный ряд $n_{\text{ст}}$ для этих условий приведен в табл. 3.3.

Выполним расчет и корректировку частот вращения для каждого инструмента.

$$n_1 = 318,5 \cdot \frac{10,8}{24} = 143 \Rightarrow 123 \text{ 1/мин.};$$

$$n_2 = 318,5 \cdot \frac{18}{25,5} = 225 \Rightarrow 173 \text{ 1/мин.};$$

$$n_3 = 318,5 \cdot \frac{4,0}{26} = 49 \Rightarrow 44 \text{ 1/мин.}$$

Рассчитаем фактические скорости резания

$$V_1 = 0,00314 \cdot 24 \cdot 123 = 9,27 \text{ м/мин.};$$

$$V_2 = 0,00314 \cdot 25,5 \cdot 173 = 13,9 \text{ м/мин.};$$

$$V_3 = 0,00314 \cdot 26 \cdot 44 = 3,6 \text{ м/мин.}$$

Выбранные значения $n_{\text{ст}}$ и соответствующие им V_j заносим в табл. 3.1.

3.12 Расчет основного времени τ_0 .

Формулы для расчета τ_0 при различных видах осевой обработки приведены на с. 611 /5/.

$$\tau_0 = \frac{L_1 + L + L_2}{S \cdot n}, \text{ мин.}$$

Значения величин врезания L_1 и перебега L_2 приведены в табл.3 /5/, с.620. В нашем случае согласно табл.3.1. и рис.3.1, получим

$$\tau_{01} = \frac{5 + 50 + 5}{0,2 \cdot 123} = 2,44 \text{ мин.};$$

$$\tau_{02} = \frac{3 + 50 + 1}{0,4 \cdot 173} = 0,78 \text{ мин.};$$

$$\tau_{03} = \frac{19 + 50}{1,1 \cdot 44} = 1,42 \text{ мин.}$$

Значения τ_{0j} заносим в табл. 3.1.

3.13. Расчет осевого усилия P_0

3.13.1 Сверление Ø 24.

Согласно с.277 /2/

$$P_{01} = C_p D^q S^\gamma K_p$$

Согласно табл.32 /2/, с.281

$$C_p = 143; \quad q = 1,0; \quad \gamma = 0,7$$

Согласно табл.9 /2/, с.264

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^{0,75} = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

окончательно имеем

$$P_{01} = 143 \cdot 24^{1,0} \cdot 0,2^{0,7} \cdot 0,85 = 946 \text{ кГ.}$$

3.13.2 Зенкерование Ø 25,5.

Согласно с.277 /2/ $P_{02} = C_p t^x S^\gamma K_p$

Согласно табл.32 /2/, с.281

$$P_{02} = 140 \cdot 0,75^{1,2} \cdot 0,4^{0,65} \cdot 0,85 = 46,4 \text{ кГ}$$

3.13.3. Развертывание Ø 26.

По аналогии с зенкерованием

$$P_{03} = 140 \cdot 0,25^{1,2} \cdot 1,1^{0,65} \cdot 0,85 = 24 \text{ кГ}$$

3.14 Расчет крутящего момента M_k .

3.14.1. Сверление Ø 24.

Согласно с.277 /2/ $M_{k1} = C_m D^q S^\gamma K_m$.

Согласно табл.32 /2/, с.281

$$M_{k1} = 0,041 \cdot 24^{2,0} \cdot 0,2^{0,7} \cdot 0,85 = 6,5 \text{ кГм.}$$

3.14.2. Зенкерование Ø 25,5.

Согласно с.277 /2/

$$M_{k2} = C_m D^q t^x S^y K_m$$

Согласно табл.32 /2/, с.281

$$M_{k2} = 0,106 \cdot 25,5^{1,0} \cdot 0,75^{0,9} \cdot 0,4^{0,8} \cdot 0,85 = 0,85 \text{ кГм.}$$

3.14.3. Развертывание Ø 26.

Ввиду отсутствия эмпирической зависимости для M_{k3} составим приближенное выражение, используя формулу P_z при точении

$$M_{k3} \approx \frac{C_p t^x S_z^y D \cdot z}{2 \cdot 10^3} = \frac{C_p t^x \left(\frac{S}{z}\right)^y D \cdot z}{2 \cdot 10^3}, \text{ кГм.}$$

где z – число зубьев развертки, $z = 8$.

Согласно табл. 22 /2/, с.273

$$C_p = 204; \quad x = 1,0; \quad y = 0,75$$

окончательно получим

$$M_{k3} \approx \frac{204 \cdot 0,25^{1,0} \left(\frac{1,1}{8}\right)^{0,75} \cdot 26 \cdot 8}{2 \cdot 10^3} = 1,2 \text{ кГм}$$

3.15. Расчет мощности резания.

Согласно с.280 /2/ эффективная мощность резания

$$N_e = M_k \cdot n / 975, \text{ кВт.}$$

Последовательно определим значения N_{ej} для каждого инструмента

$$N_{e1} = \frac{6,5 \cdot 123}{975} = 0,82 \text{ кВт} < 4 \text{ кВт} = N_{ст.}$$

$$N_{e2} = \frac{0,85 \cdot 173}{975} = 0,15$$

$$N_{e3} = \frac{1,2 \cdot 44}{975} = 0,084$$

Полученные значения P_{0j} , M_{kj} и N_{ej} заносим в табл.3.1.

4. НАЗНАЧЕНИЕ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ДЛЯ ФРЕЗЕРНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Рассмотрим операцию фрезерования, включающую наиболее распространенные переходы: торцевое фрезерование, прорезку канавок, фрезерование уступа цилиндрической фрезой и фрезерование уступа концевой фрезой (рис.4.1).

4.1. Анализ исходных данных.

4.1.1. Заготовка

Плита, предварительно обработанная из коррозионностойкой, жаростойкой и жаропрочной стали 12Х18Н9Т. Термическая обработка: закалка, $\sigma_b = 540 - 610$ МПа, HB = 143 –175.

4.1.2. Деталь

Согласно рис.4.1 заготовку необходимо отфрезеровать поверху в размер 35, обработать уступы концевой и цилиндрическими фрезами и прорезать паз 15х15 трехсторонней дисковой фрезой.

4.1.3. Выполняемые переходы

Операция черного фрезерования ($R_z = 80$) включает следующие последовательно выполненные переходы:

- 1) обработка поверху торцевой фрезой $\varnothing 100$, $L=160$, $t=5$, $B=80$;
- 2) прорезка канавки 3-х сторонней дисковой фрезой $\varnothing 80$, $L=80$, $t=15$, $B=15$.
- 3) обработка уступа 10х50 цилиндрической фрезой $\varnothing 80$, $L=160$, $t=10$, $B=50$.
- 4) обработка уступа 20х15 концевой фрезой $\varnothing 30$, $L=135$, $t=20$, $B=15$.

4.1.4. Приспособление

Заготовка базируется по 3-м обработанным поверхностям в приспособление с пневматическим поджимом сбоку (тиски).

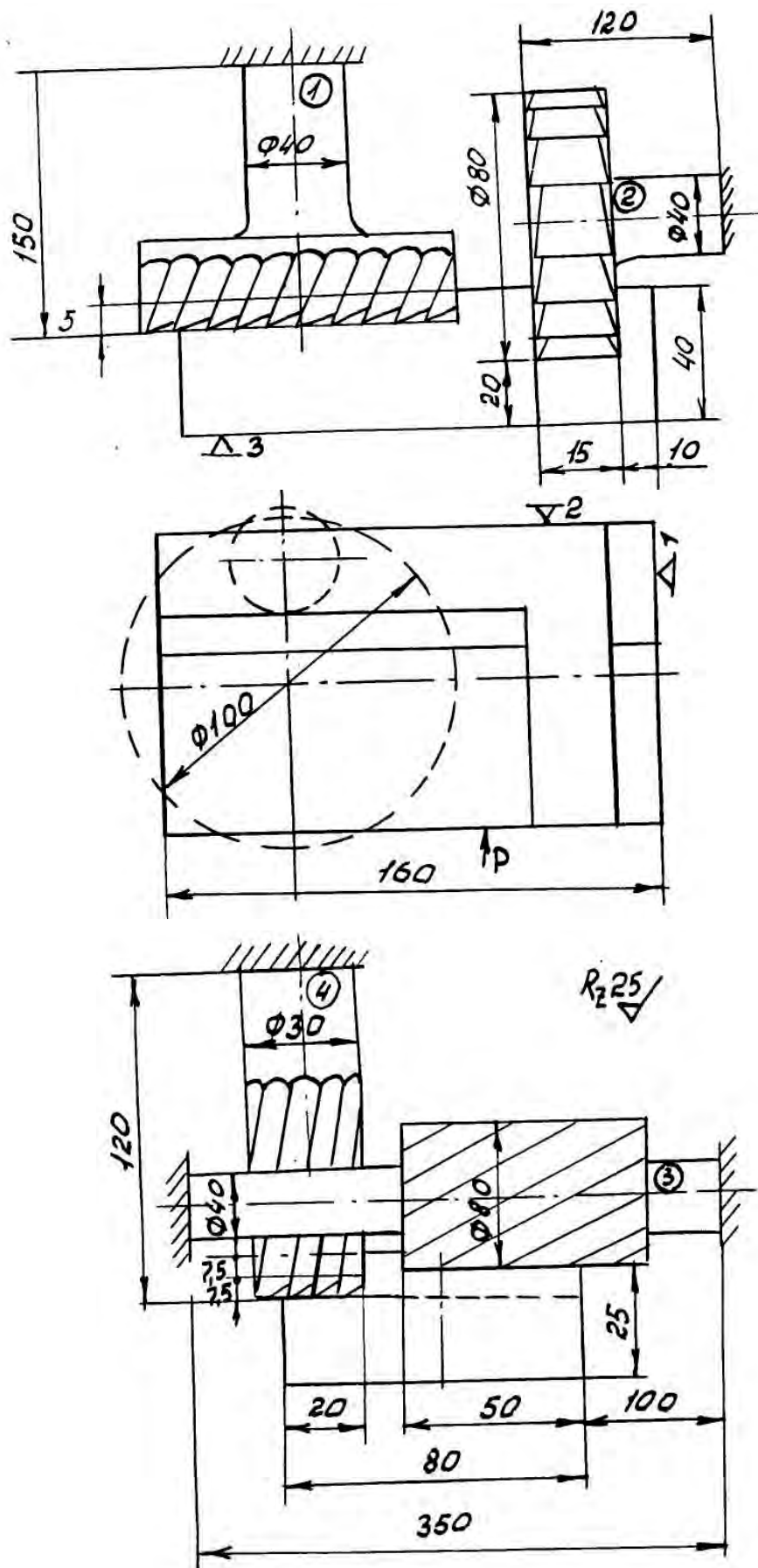


Рис. 4.1. Операции фрезерования.

4.1.5. Оборудование. В качестве оборудования согласно табл.40 /2/, с.54 выбран горизонтально-фрезерный широко-универсальный станок мод. 6Р82Ш, имеющий следующие параметры:

1) число частот горизонтального шпинделя $Z_{гг} = 18$;

2) пределы частот горизонтального шпинделя

$$n_{гг} = 31,5 - 1600 \text{ I/мин.}$$

3) число частот вертикального шпинделя $Z_{пв} = 11$;

4) пределы частот вертикального шпинделя

$$n_{пв} = 50 - 1600 \text{ I/мин.};$$

5) пределы продольных и поперечных подач

$$S_{м} = 25 - 1250 \text{ мм/мин.};$$

6) мощность станка $N=7,5$ квт.

4.2. Выбор числа ходов.

Поскольку припуски невысокие каждый переход выполняем за один ход, т.е. $t_j = h_j$. Исключение составляет 4-я фреза которая выполняет 2 хода с $B = 7,5$ мм.

4.3. Выбор материала режущей части инструмента.

Согласно табл.13 /1/, с.56 для чернового фрезерования сталей X гр. рекомендуется твердый сплав Т5К12.

4.4. Выбор конструкции и геометрии инструмента.

Согласно с.223 /1/ и с.174 /2/ выбираем стандартную конструкцию и геометрию фрез с числом зубьев соответственно:

$$z_1 = 10, z_2 = 8, z_3 = 10, z_4 = 6.$$

Выбор СОЖ.

Согласно табл.24 /1/, с.233 при черновом фрезеровании сталей X гр. рекомендуется 5-10% раствор Аквол-10М.

4.6. Назначение глубины фрезерования t .

Согласно рис.4.1 фрезы работают со следующими глубинами резания (см. также приложение на с.392 /1/):

$$t_1 = 5; t_2 = 15; t_3 = 10; t_4 = 20.$$

Значения t_j заносим в сводную табл. 4.4.

4.7. Назначение подачи S .

4.7.1. Торцовая фреза.

Согласно табл.110 /1/, с.303 для X группы сталей при $D_{ф1} = 100$, $t_1 = 5$ и твердосплавном инструменте подача на зуб составит

$$S_{T1} = 0,1 \text{ мм/зуб}$$

Поправочные коэффициенты K_i ($i = 1 - 4$) для корректировки S_{T1} выбираем из табл.107 /1/, с.298, табл.108 /1/, с.299, учитывающих вылет фрез и способ их крепления, табл.114 /1/, с.305 и записываем в табл.4.1.

4.7.2. Дисковая фреза.

Согласно табл.112 /1/ с.304 для X группы сталей при $D_{\phi} < 100$ и $t=15$

$$S_{T2} = 0,11 \text{ мм/зуб}$$

Таблица 4.1

Поправочные коэффициенты K_i и K_{sj} на подачи

Условия обработки	Технолог. условия	Материал инструмента	Вид фрезерования	R_z	K_{sj}
ин. \ K_i	K_1	K_2	K_3	K_4	K_s
$\varnothing 1$	1	0,85	1	1	0,85
$\varnothing 2$	1	0,85	0,66	1	0,56
$\varnothing 3$	1,2	0,85	1	1	1,02
$\varnothing 4$	0,9	0,85	1	0,35	0,26

Поправочные коэффициенты K_i для корректировки S_{T2} выбираем из табл.107 /1/, с.298, табл.108 /1/, с.299, табл.109 /1/, с.302 и заносим в табл.4.1.

4.7.3. Цилиндрическая фреза.

Согласно табл.113 /1/, с.305 для сталей X группы и $t = 10$

$$S_{T3} = 0,13 \text{ мм/зуб}$$

Поправочные коэффициенты K_i для корректировки S_{T3} выбираем из табл.107 /1/, с.298, табл.108 /1/, с.299 табл.114 /1/, с.305 и заносим в табл.4.1.

4.7.4. Концевая фреза.

Согласно табл.111 /1/, с.303 для сталей X группы, $D_{\phi} = 30$ и $t = 20$ рекомендуется табличная подача на зуб

$$S_{T4} = 0,08 \text{ мм/зуб}$$

Поправочные коэффициенты K_i для корректировки S_{T4} выбираем из табл.107 /1/, с.298, табл.108 /1/, с.299, табл.109 /1/, с.302, табл. 114 /1/, с.305 и записываем в табл.4.1.

Определяем полные поправочные коэффициенты

$$K_{sj} = \prod_{i=1}^n K_i$$

и заносим их в последнюю графу табл.4.1.

Найдем значения скорректированных подач

$$S_{zj} = S_{Tj} \cdot K_{sj}$$

$$S_{z1} = 0,1 \cdot 0,85 = 0,085 \text{ мм/зуб}$$

$$S_{z2} = 0,11 \cdot 1,56 = 0,062 \text{ мм/зуб}$$

$$S_{z3} = 0,13 \cdot 0,02 = 0,0026 \text{ мм/зуб}$$

$$S_{z4} = 0,08 \cdot 0,26 = 0,021 \text{ мм/зуб}$$

Считаем, что универсальный станок располагает такими подачами. Полученные значения S_{zj} заносим в сводную табл.4.4.

4.8 Выбор стойкости фрез T .

Рекомендуемые значения допустимого износа h_z и стойкости T фрез выбираем из табл.22 /1/, с.231 и заносим в соответствующие графы табл.4.4.

4.9 Назначение скорости резания V .

4.9.1 Торцовая фреза.

Согласно табл.119 /1/, с.309 для X группы материалов при $\sigma_b \leq 1000 \text{ МПа}$, $D_\phi = 100$, $B_n = 70$, $t = 4$, $S_z = 0,08$ рекомендуется табличная скорость резания

$$V_{T1} = 53 \text{ м/мин.}$$

Поправочные коэффициенты K_i ($i = 1-7$) на V_{T1} выбирали из табл.109 /1/, с.302, табл.124 /1/, с.312 и заносим их в табл.4.2.

4.9.2 Дисковая фреза.

Согласно табл.151 /1/, с.333 для X группы материалов при $D_\phi < 90$, $B = 15$, $t = 15$ и $S_z = 0,062$ рекомендуется табличная скорость резания

$$V_{T2} = 31 \text{ м/мин.}$$

Поправочные коэффициенты K_i на V_{T2} выбираем из табл.109 /1/, с.302, табл.154 /1/, с.334 и заносим в табл.4.2.

Таблица 4.2.

Поправочные коэффициенты K_i и K_{vj} на скорость резания

Условия обраб.	Техн. условия	Матер. заготовки	Матер. инстр.	Корка	ϕ°	СОЖ	V_ϕ / V_n	V_ϕ	K_{vj}
И _н \К	К ₁	К ₂	К ₃	К ₄	К ₅	К ₆	К ₇	К ₈	К ₉
Ø1	1	1,25	1	I	1,05	I	1	I	1,31
Ø2	I	I	2	I	I	I	1	0,7	1,4
Ø3	I	1	2,7	I	1	I	1,1	I	3,0
Ø4	0,9	1,2	2	I	I	I	0,5	1	1,1

4.9.3 Цилиндрическая фреза.

Согласно табл.142 /1/, с.327 для X группы материалов при $\sigma_b \leq 1000$ МПа, $D_\phi = 80$, $B = 50$, $t = 10$, $S_z = 0,13$ рекомендуется

$$V_{T3} = 22 \text{ м/мин.}$$

Поправочные коэффициенты K_i на V_{T3} выбираем из табл.109 /1/, с.303, табл.146 /1/, с.329 и заносим в табл.4.2.

4.9.4 Концевая фреза.

Согласно табл.130 /1/, с.318 для материалов X группы при $\sigma_b \leq 1000$ МПа, $D_\phi = 30$, $B_t = 8$, $t = 25$, $S_z = 0,02$ рекомендуется

$$V_{T4} = 47 \text{ м/мин.}$$

Поскольку фактическая ширина фрезерования (рис.4.1) $B = 15$ мм, т.е. почти вдвое превосходит табличную $B_t = 8$ мм, то для концевой фрезы нужно запланировать два прохода.

Поправочные коэффициенты K_i на V_{T4} выбираем из табл.109 /1/, с.302, табл.136 /1/, с.322 и заносим в табл.4.2.

Определяем значения полных поправочных коэффициентов

$$K_{vj} = \prod_{i=1}^7 K_i$$

и заносим их в последнюю графу табл. 4.2.

Найдем значения скорректированных скоростей резания V_j с учетом полученных выше значений V_{Tj} и K_{vj}

$$V_j = V_{Tj} \cdot K_{vj}$$

$$V_1 = V_{T1} \cdot K_{v1} = 53 \cdot 1,31 = 69,4 \text{ м/мин.};$$

$$V_2 = 31 \cdot 1,4 = 43,4 \text{ м/мин.};$$

$$V_3 = 22 \cdot 3 = 66 \text{ м/мин.};$$

$$V_4 = 47 \cdot 1,1 = 56,4 \text{ м/мин.}$$

4.10 Расчет частот вращения инструмента n .

При фрезерной обработке

$$n_j = \frac{10^3 V_j}{\pi \cdot D_j}, 1/\text{мин.}$$

где D_j – диаметр j -ой фрезы, мм.

Определим знаменатель геометрического ряда частот для вертикального шпинделя

$$\Phi_{nv} = \sqrt[z_{nv}-1]{\frac{n_{\max}}{n_{\min}}} = \sqrt[11-1]{\frac{1600}{50}} = 1,41$$

Стандартный ряд частот $n_{ст}$ для этих условий приведен в табл.4.3.

Таблица 4.3

Ряды частот фрезерного станка 6Р82Ш

n_v	50	71	100	141	200	283
	400	565	800	1130	1598	-
n_r	31.5	40	50	63	79	100
	126	159	200	252	317	400
	504	635	800	1008	1270	1600

Определим знаменатель геометрического ряда частот для горизонтального расположения шпинделя

$$\Phi_{\text{нр}} = \sqrt[18]{\frac{1600}{31,5}} = 1,26$$

Стандартный ряд частот $n_{\text{ст}}$ для этих условий приведен в табл.4.3.

Выполним расчет и корректировку частот вращения для каждого инструмента.

$$n_{1\text{в}} = 318,5 \cdot \frac{69,4}{100} = 221 \Rightarrow \mathbf{200} \text{ I/мин.};$$

$$n_{2\text{г}} = 318,5 \cdot \frac{43,4}{80,0} = 173 \Rightarrow \mathbf{159} \text{ I /мин.};$$

$$n_{3\text{г}} = 318,5 \cdot \frac{66}{80} = 263 \Rightarrow \mathbf{252} \text{ I/мин.};$$

$$n_{4\text{в}} = 318,5 \cdot \frac{56,4}{30} = 599 \Rightarrow \mathbf{565} \text{ I/мин.}$$

Рассчитаем фактические скорости резания

$$V_j = \frac{\pi \cdot D_j \cdot n_j}{10^3}, \text{ м/мин.}$$

$$V_1 = 0,00314 \cdot 100 \cdot 200 = 62,8 \text{ м/мин.};$$

$$V_2 = 0,00314 \cdot 80 \cdot 159 = 39,9 \text{ м/мин.};$$

$$V_3 = 0,00314 \cdot 80 \cdot 252 = 63,8 \text{ м/мин.};$$

$$V_4 = 0,00314 \cdot 30 \cdot 565 = 53,2 \text{ м/мин.}$$

Выбранные значения $n_{\text{ст}j}$ и соответствующее им V_j заносим в табл.4.4.

4.11 Расчет основного времени τ_0 .

Согласно с.613 /5/ основное время для различных видов фрезерования определяется выражением

$$\tau_0 = \frac{L_1 + L + L_2}{S_0 \cdot n} = \frac{L_1 + L + L_2}{S_z \cdot z \cdot n}, \text{ мин.}$$

Значения величин врезания L_1 и перебега L_2 приведены в табл.6 /5/, с.622.

В нашем случае согласно рис.4.1 и табл.4.4 получаем:

$$\tau_{01} = \frac{55 + 160 + 5}{0,085 \cdot 10 \cdot 200} = 1,29 \text{ мин.};$$

$$\tau_{02} = \frac{37 + 80 + 2}{0,062 \cdot 8 \cdot 159} = 1,51 \text{ мин.};$$

$$\tau_{03} = \frac{31 + 160 + 2}{0,13 \cdot 10 \cdot 252} = 0,59 \text{ мин.};$$

$$\tau_{04} = \frac{17 + (160 - 25)}{0,021 \cdot 6 \cdot 565} \cdot x_2 = 4,28 \text{ мин.}$$

Значения τ_{0j} заносим в табл. 4.4.

4.12 Расчет силы резания P_z .

Согласно с.282 /2/

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^g \cdot z}{D^q}, \text{ кГ}$$

Выбирая значения постоянных и показателей степеней для различных видов фрезерования из табл.41 /2/, с.291 и выполняя вычисления, получим:

$$P_{z1} = \frac{218 \cdot 5^{0,92} \cdot 0,085^{0,78} \cdot 80^{1,0} \cdot 10}{100^{1,15}} = 561 \text{ кГс};$$

$$P_{z2} = \frac{30 \cdot 15^{0,83} \cdot 0,062^{0,65} \cdot 15^{1,0} \cdot 8}{80^{0,83}} = 147 \text{ кГс};$$

$$P_{z3} = \frac{58 \cdot 10^{0,9} \cdot 0,13^{0,8} \cdot 50^{1,0} \cdot 10}{80^{0,9}} = 872 \text{ кГс};$$

$$P_{z4} = \frac{82 \cdot 20^{0,75} \cdot 0,021^{0,6} \cdot 7,5^{1,0} \cdot 6}{30^{0,86}} = 185 \text{ кГс}.$$

4.13 Расчет крутящего момента M_k .

Согласно с.270 /2/

$$M_k = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000}, \text{ кГм}.$$

Определим значения M_k для всех видов фрез.

$$M_{k1} = \frac{561 \cdot 100}{2 \cdot 1000} = 28,1 \text{ кГм};$$

$$M_{k2} = \frac{147 \cdot 80}{2000} = 5,88 \text{ кГм};$$

$$M_{k3} = \frac{872 \cdot 80}{2000} = 35 \text{ кГм};$$

$$M_{k4} = \frac{185 \cdot 30}{2000} = 2,75 \text{ кГм}.$$

4.14 Расчет мощности резания.

Согласно с.290 /2/ эффективная мощность фрезерования

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{6120}, \text{ кВт}.$$

Последовательно определим значения N_e для каждой фрезы

$$N_{e1} = \frac{561 \cdot 62,8}{6120} = 5,76 \text{ кВт};$$

$$N_{e2} = \frac{14 \cdot 40}{6120} = 0,96 \text{ кВт};$$

$$N_{e3} = \frac{872 \cdot 65,8}{6120} = 9,37 \text{ кВт};$$

$$N_{e4} = \frac{185 \cdot 53,2}{6120} = 1,6 \text{ кВт}.$$

Для третьего перехода мощность $N_{e3} = 9,37$ превышает $N_{ст} = 7,5$ на

$$\Delta N = \left(\frac{9,37}{7,5} - 1 \right) \cdot 100\% = 25\%,$$

что в течение короткого времени ($\tau_{03} = 0,59$ мин.) допускается электродвигателем главного движения.

Полученные значения P_{zj} , M_{kj} и N_{ej} заносятся в соответствующие графы табл.4.4.

Таблица 4.4.

Основные параметры фрезерной операции

Фрезы	П а р а м е т р ы													
	D	z _u	L	t	B	S _z	h _з	T	n	V	τ ₀	P _z	M _к	N _е
	мм	-	мм	мм	мм	мм/зуб	мм	мин	1/мин	м/мин	мин	кГ	кГм	кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ø1,тор- цовая	100	10	150	5	80	0,085	0,6	120	200	62,8	1,29	450	22,5	4,6
Ø2,дис- ковая	80	8	120	15	15	0,062	0,4	120	159	39,9	1,51	147	5,88	0,96
Ø3,ци- лин- дриче- ская	80	10	350	10	50	0,13	0,4	90	252	65,8	0,59	872	35	9,37
Ø4,кон- цевая	30	6	120	20	7,5 · 2	0,021	0,4	120	565	53,2	4,28	369	5,5	3,2

5. НАЗНАЧЕНИЕ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ДЛЯ ОПЕРАЦИЙ ШЛИФОВАНИЯ.

Рассмотрим наиболее распространенные операции шлифования цилиндров, торцев, внутренних и плоских поверхностей (рис.5.1-5.5).

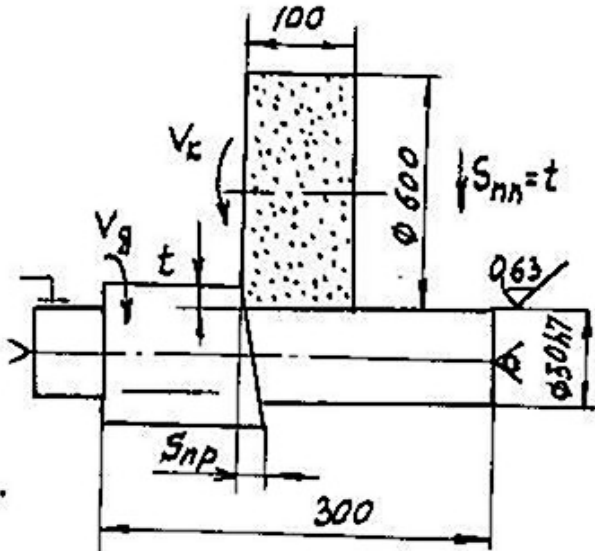


рис. 5.1. Круглое наружное шлифование напроход

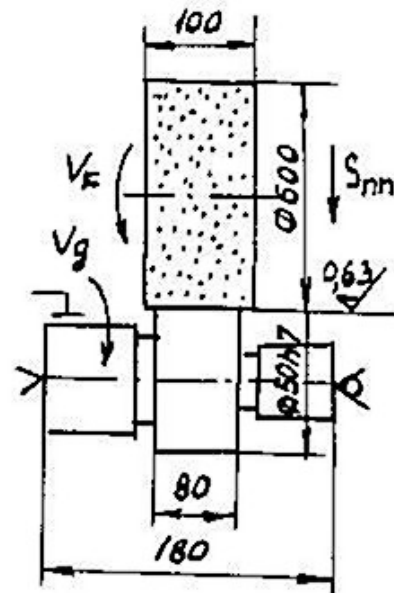


рис. 5.2. Круглое наружное врезное шлифование

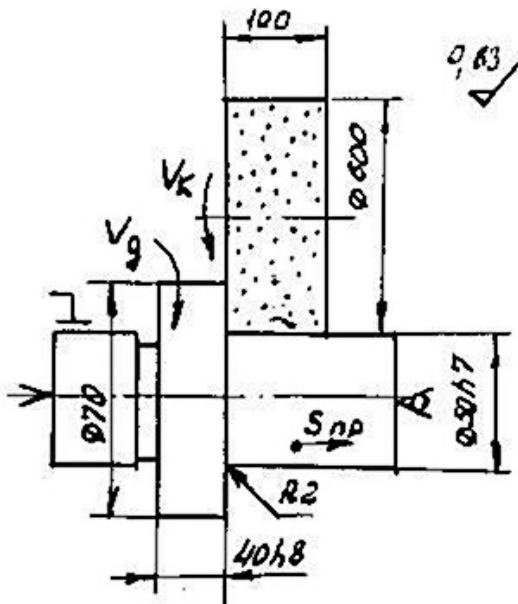


рис. 5.3. Врезное торцевое шлифование

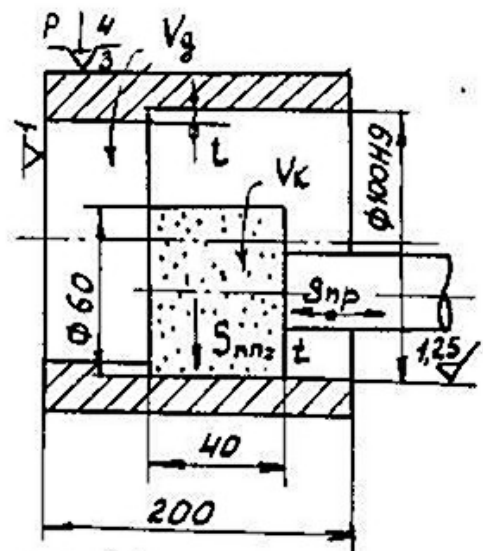


рис. 5.4. Внутреннее шлифование

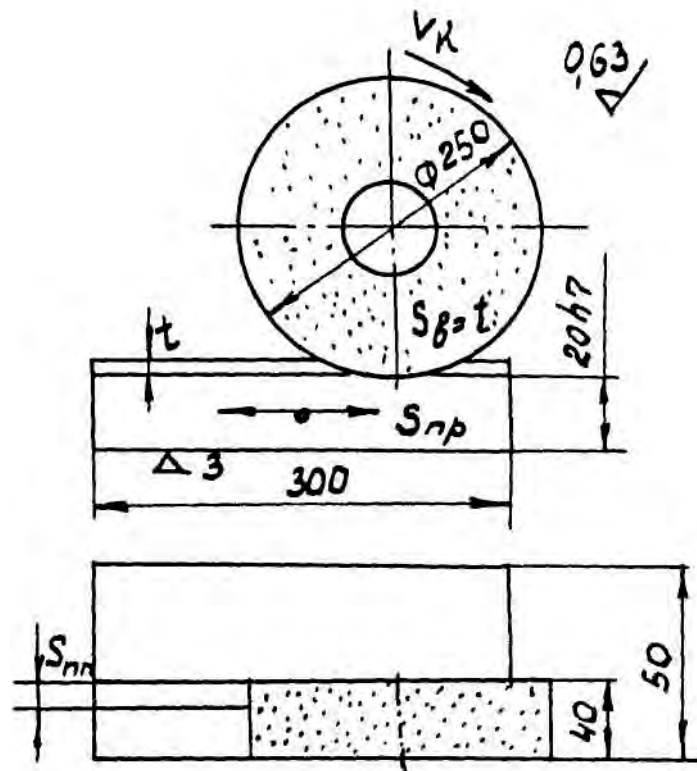


Рис. 5.5. Плоское шлифование.

5.1 Анализ исходных данных.

5.1.1 Заготовки.

Для первых 3-х шлифовальных операций заготовками служат валы, прошедшие чистовое точение, для 4-й операции – втулка, прошедшая черновое растачивание, для 5-й операции – плита после операции чистового фрезерования.

Материал заготовок коррозионностойкая, жаростойкая и жаропрочная сталь 12X18H9T. Термическая обработка: закалка, $\sigma_b = 540 - 610$ Мпа, HB = 143 - 175.

5.1.2 Детали.

Валы на операциях 1 и 2 шлифуются в размер $\varnothing 50$ h 7, на 3-й операции – торец в размер 40 h 8, а диаметр в размер $\varnothing 50$ h 7. На 4-й операции внутреннее отверстие втулки расшлифовывается в размер $\varnothing 100$ H 9. На 5-й операции плоскость шлифуется в размер 20 h 7

5.1.3 Выполняемые операции.

Рассматриваемые примеры включают следующие шлифовальные операции:

- 1) чистовое шлифование цилиндра $\varnothing 50 \text{ h } 7$, $R_a = 0,63$ методом продольной подачи;
- 2) чистовое шлифование цилиндра $\varnothing 50 \text{ h } 7$, $R_a = 0,63$ методом поперечной подачи;
- 3) торцевое врезное чистовое шлифование $\varnothing 50 \text{ h } 7$, $40 \text{ h } 8$, $R_a = 0,63$;
- 4) внутреннее черновое шлифование $\varnothing 100 \text{ H } 9$, $R_a = 1,25$;
- 5) плоское чистовое шлифование периферией круга на станке с прямоугольным столом $20 \text{ h } 7$, $R_a = 0,63$.

5.1.4 Приспособление.

Согласно принятым обозначениям (рис.5.1 –5.5) на первых трех операциях заготовка устанавливается в центрах (задний центр вращающийся) и приводится во вращение с помощью поводка.

На 4-й операции заготовка зажимается в пневматическом 3-х кулачковом патроне.

На 5-й операции заготовка устанавливается на магнитном столе.

5.1.5 Оборудование.

В качестве оборудования для операций 1,2,3 согласно табл.18 с.30 /2/ выбран круглошлифовальный станок мод.3М151, имеющий следующие параметры:

- 1) пределы частот вращения детали $n_d = 50-500 \text{ I/ мин.}$ (бесступенчатое регулирование);
- 2) наибольшие размеры шлифовального круга, мм.;
 $(D_{\kappa} \times H)_{\max} = 600 \times 100$;
- 3) мощность электродвигателя привода круга $N = 10 \text{ кВт.}$

В качестве оборудования для 4-й операции согласно табл.20 /2/, с.35 выбран внутришлифовальный станок мод.3К228В, имеющий следующие параметры:

- 1) пределы частот вращения детали $n_d = 100-600$ (бесступенчатое регулирование);
- 2) наибольшие размеры шлифовального круга, мм.;

$$(d_k \times H)_{\max} = 180 \times 63;$$

3) частоты вращения круга $n_k = 4500, 6000, 9000, 12000$ I/мин.;

4) мощность электродвигателя привода круга $N = 5,5$ кВт.

Для 5-й операции согласно табл.23 /2/, с.37 выбран плоскошлифовальный станок мод.3Е711В, имеющий следующие параметры:

1) наибольшая скорость круга 35 м/сек.;

2) наибольшие размеры шлифовального круга, мм.;

$$(D_k \times H \times d_k)_{\max} = 250 \times 40 \times 76;$$

3) мощность электродвигателя привода круга $N = 4$ кВт.

5.2 Выбор шлифовальных кругов.

Согласно табл. 158 /1/, с.340 для операции шлифования закаленных материалов X гр. рекомендуются круги со следующими характеристиками:

1) для операций 1,2 и 3 чистового шлифования

ПП 600 x 100 x 300 45А 25 МЗ 6 К5 35 м/с А I кл.;

2) для операции 4 чернового шлифования

ЧЦ 60 x 40 x 30 25А 40 СМІ 6 К5 35 м/с. А I кл.;

3) для чистового плоского шлифования

ПП 250 x 40 x 70 45А МЗ 6 К5 35 м/с А I кл.

5.3 Выбор СОВ.

Согласно табл.24 /1/, с.234 для рассмотренных условий (рис.5.1-5.5) рекомендуется 10-15% раствор Аквол-14.

5.4 Назначение припусков на шлифование h .

Согласно табл.159 /1/, с.342:

1) для операций 1 и 2 рекомендуется припуск на диаметр

$2h = 0,4$ мм;

2) для операции 3 припуск на торец составляет $h = 0,3$ мм.

Согласно табл.166 /1/, с.349 припуск на диаметр для 4-й операции составляет $2h = 0,3$ мм.

Из табл.173 /1/, с.356 выбираем припуск для плоского шлифования

$h = 0,2$ мм. Выбранные значения h и $2h$ заносим в сводную табл.5.1. В сводную табл.5.1 заносим также размеры обрабатываемых деталей (D_∂ , L_∂) и шлифовальных кругов (D_k , H_k).

5.5 Выбор скорости движения детали V_∂ .

Согласно табл.161 /1/, с.343 для условий операций 1,2 и 3 рекомендуется $V_\partial = 40$ м/мин.

Частота вращения детали

$$n_{1,2,3} = \frac{10^3 \cdot V_\partial}{\pi \cdot D_\partial} = \frac{10^3 \cdot 40}{3,14 \cdot 50} = 255 \text{ 1/мин}$$

Согласно табл.168 /1/, с.350 для условий операции 4 рекомендуется $V_\partial = 40$ м/мин.

$$n_4 = \frac{10^3 \cdot 40}{3,14 \cdot 100} = 127 \text{ 1/мин}$$

Для операции плоского шлифования табл.175 /1/, с.357 рекомендует $V_\partial = 20$ м/мин. Поскольку стол станка движется возвратно-поступательно найдем соответствующее число двойных ходов

$$n_{\partial.x.} = \frac{10^3}{L \left(\frac{1}{V_p} + \frac{1}{V_x} \right)}, \text{ 1/мин}$$

где L - длина поступательного перемещения стола, мм;

$$L = 25 + 300 + 25 = 350 \text{ мм.}$$

V_p, V_x - соответственно рабочая скорость и скорость реверсирования стола .

$$\text{Обычно } V_x = 2V_p ,$$

Поэтому

$$n_{\partial.х.} = \frac{10^3}{350(\frac{1}{20} + \frac{1}{2 \cdot 20})} = 38 \quad 1/\text{мин.}$$

Полученные значения V_{∂} и n_{∂} заносим в табл. 5.1.

5.6. Выбор скорости шлифовального круга V_k .

Согласно табл. 2.101 /6/, с.179 при шлифовании сталей X группы рекомендуется $V_k = 30 \text{ м / сек.}$

Рассчитаем частоты вращения круга для каждой операции

$$n_k = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot V_k}{\pi \cdot D_k} \quad 1/\text{мин}$$

$$n_{1,2,3} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot 30}{3,14 \cdot 600} = 955 \Rightarrow 960 \quad 1/\text{мин}$$

$$n_4 = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot 30}{3,14 \cdot 60} = 9554 \Rightarrow 9000 \quad 1/\text{мин}$$

$$n_5 = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot 30}{3,14 \cdot 250} = 2300 \quad 1/\text{мин}$$

Таблица 5.1.

Основные параметры операций шлифования

Операции шлифова- ния	П А Р А М Е Т Р Ы												
	D_{∂}	L_{∂}	D_k	H_k	h	V_{∂}	n_{∂}	V_k	n_k	$S_{пр}$	T	$S_{пп}$	τ_0
	мм	мм	мм	мм	мм	м / мин.	1 / мин.	м / сек.	1 / мин.	мм /об	мин.	мм /дв.х	мин.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
круглое	50	300	600	100	0,4	40	255	30	960	5	10	0,0036	23
круглое врезное	50	80	600	100	0,4	40	255	30	960	-	3	0,0013	0,9
торцевое врезное	50 / 70	-	600	100	0,3	40	255	30	960	0,00217	3	-	0,81
внутреннее	100	200	60	40	0,3	40	127	30	9000	4	3	0,0048	15,1
плоское	H=50	300	250	40	0,2	20	38 дв.ход	30	2300	$S_{пп} = 8$	10	$S_B=0,0021$	47

5.7. Выбор продольной подачи $S_{пр}$.

Для операции 1 согласно табл. 170 / 3 /, с.170

$$S_{пр} = (0,05 - 0,1) B, \text{ мм.},$$

где B - ширина круга.

$$S_{пр.1} = 0,05 \cdot 100 = 5 \text{ мм.}$$

Для операции 3 согласно табл. 164 / 1 /, с.347 при $D_{\partial} < 80$, $V_{\partial} \leq 40$ и длине торца $(70 - 50) / 2 = 10$ рекомендуется $S_{пр.3} = 0,0039 \text{ мм / об.}$

Поправочные коэффициенты K_i на табличное значение подачи $S_{пр.3}^T$, определяющей размер детали $\varnothing 40h8$, выбираем из табл. 165 / 1/, с.348 и заносим в табл. 5.2

Таблица 5.2

Поправочные коэффициенты K_i и K_{sj} на подачи

Условия обработки	Радиус галтели	D_k	V_k	T	M_3	JT	h	K_{sj}
Опер.\ K	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K_s
Кр.шлифов.	1	1	1	1	0,66	0,6	1,3	0,51
Кр.врезное шлифов.	1	1	1	1	0,54	0,6	1,3	0,42
Торц.врезн. шлифов.	1	1	1	1	0,64	0,75	1,16	0,56
Внутр.шлифов.		0,83	1	1	0,6	0,75	1,16	0,43

Определим полный поправочный коэффициент

$$K_{S3} = \prod_{i=1}^7 K_i$$

и занесем его значение в последнюю графу табл.5.2.

Найдем значение скорректированной подачи

$$S_{пр.3} = S_{пр.3}^T \cdot K_{s3} = 0,0039 \cdot 0,56 = 0,00217 \text{ мм / об.}$$

Согласно табл.170 / 3 /, с.170 для 4-й операции табличное значение

$$S_{пр.4} = 0,1 \cdot B_k = 0,1 \cdot 40 = 4 \text{ мм/об дет.}$$

Полученные значения $S_{пр.j}$ заносим в табл.5.1.

5.8. Выбор поперечной подачи $S_{пм}$.

Операция 1. Согласно табл.162 /1/, с.345 при $D_{\partial} < 80$, $V_{\partial} < 48$ и $S_{пр} < 5,6$ табличное значение поперечной подачи $S_{пм.1}^T = 0,007 \text{ мм / дв.х.}$

Поправочные коэффициенты K_i на табличное значение подачи $S_{nn.1}^T$, определяющий размер детали $\varnothing 50h7$, выбираем из табл.165 /1/, с.348 и заносим в табл. 5.2.

Определяем полный поправочный коэффициент

$$K_{s1} = \prod_{i=1}^7 K_i$$

и заносим его в последнюю графу табл.5.2.

Найдем значение скорректированной подачи.

$$S_{nn.1} = S_{nn.1}^T \cdot K_{s1} = 0,007 \cdot 0,51 = 0,0036 \text{ мм} / \text{дв.х}$$

Операция 2. Согласно табл.163 /1/, с.346 при $D_\partial < 80$, $V_\partial < 48$ и $L_\partial < 80$ табличное значение поперечной подачи $S_{nn.2}^T = 0,003 \text{ мм} / \text{об.д}$.

Поправочные коэффициенты K_i на табличное значение $S_{nn.2}^T$, определяющей размер детали $\varnothing 50h7$, выбираем из табл.165/1/, с.348 и заносим в табл.5.2. Определяем полный поправочный коэффициент K_{s2} и заносим его в последнюю графу табл.5.2.

Находим значение скорректированной подачи

$$S_{nn2} = S_{nn2}^T \cdot K_{s2} = 0,003 \cdot 0,42 = 0,0013 \text{ мм} / \text{об.д}$$

Операция 4. Согласно табл.169/1/, с.351 при $D_\partial = 100$, $V_\partial = 40$ и $S_{пр4} = 4$ рекомендуемое табличное значение поперечной подачи

$$S_{nn.4}^T = 0,011 \text{ мм} / \text{дв.х}$$

Поправочные коэффициенты K_i на табличное значение $S_{nn.4}^T$, определяющей размер детали $\varnothing 100 H9$ выбираем из табл.172 /1/, с.354 и заносим в табл.5.2. Определяем полный поправочный коэффициент K_{s4} и заносим его в последнюю графу табл.5.2.

Находим значение скорректированной подачи

$$S_{nn4} = S_{nn4}^T \cdot K_{s4} = 0,011 \cdot 0,43 = 0,0048 \text{ мм} / \text{дв.х}.$$

Операция 5. Согласно табл.177 /1/, с.358 при $S_{nn.5} = 4$, $V_\partial = 20$ и $h = 0,2$ табличное значение вертикальной подачи

$$S_{e.5}^T = 0,007 \text{ мм} / \text{дв.х}.$$

Поправочные коэффициенты K_i на $S_{e.5}^T$, определяющей размер детали 20 h7, выбираем из табл.181 /1/, с.361.

В отличие от табл.5.2 эти коэффициенты отражают специфические условия плоского шлифования, поэтому выпишем их отдельно в табл.5.3.

Таблица 5.3

Поправочные коэффициенты K_i и K_{s5} на подачу
для плоского шлифования

№	Условия обработки	K_i и K_{s5}
1.	Толщина детали, $H = 50$ мм	1
2.	Ширина детали, $B = 80$ мм	0.7
3.	Длина обработ.поверхности, $L = 300$ мм	0.65
4.	Диаметр круга, $\varnothing 250$ мм	0.65
5.	Стойкость круга, $T = 10$ мин.	1
6.	Квалитет, $h 7$	1
7.	Материал заготовки, X гр.	1
8.	Полный поправочный коэффициент K_{s5}	0.296

На основе выписанных значений K_i определяем полный поправочный коэффициент K_{s5} и заносим его в последнюю строку табл.5.3.

Находим значение скорректированной подачи

$$S_{e.5} = K_{s5} \cdot S_{e.5}^T = 0,007 \cdot 0,296 = 0,0021 \text{ мм / дв.х.}$$

Полученные значения подач S_j заносим в табл.5.1.

5.9. Расчет основного времени τ_0 .

Зависимости для определения τ_0 приведены на с.615 /5/.

Операция 1.

Число проходов инструмента $z = \frac{h}{2 \cdot S_{mn}}$.

Основное время $\tau_0 = \frac{L_1 + L + L_2}{S_{np} \cdot n_\theta} \cdot z \cdot K$, мин.

где $K = 1,2 - 1,5$, коэффициент, учитывающий доводку и выхаживание с.609 /5/.

Согласно с.615 /5/ $L_1 + L_2 = 0,5 \cdot B_\kappa = 0,5 \cdot 100 = 50 \text{ мм.}$

Рассчитаем z_1 и τ_{01}

$$z_1 = \frac{0,4}{2 \cdot 0,0036} = 56$$

$$\tau_{01} = \frac{50 + 300}{5 \cdot 255} \times 56 \cdot 1,5 = 23 \text{ мин.}$$

Операция 2.

$$\tau_{02} = \frac{h}{2 \cdot S_{nn} \cdot n_{\partial}} \cdot K$$

$$\tau_{02} = \frac{0,4}{2 \cdot 0,0013 \cdot 255} \cdot 1,5 = 0,9 \text{ мин.}$$

Операция 3.

$$\tau_{03} = \frac{h}{S_{np} \cdot n_{\partial}} \cdot K = \frac{0,3 \cdot 1,5}{0,00217 \cdot 255} = 0,81 \text{ мин.}$$

Операция 4.

$$z_4 = \frac{h}{2 \cdot S_{nn}}; \quad \tau_{04} = \frac{L \cdot z_4 \cdot K}{S_{np} \cdot n_{\partial}}$$

$$z_4 = \frac{0,3}{2 \cdot 0,0048} = 31,25 \Rightarrow 32$$

$$\tau_{04} = \frac{200 \cdot 32 \cdot 1,2}{4 \cdot 127} = 15,1 \text{ мин.}$$

Операция 5.

$$z_5 = \frac{h}{S_g} = \frac{0,2}{0,0021} = 95$$

$$L = B + B_k + 10 = 50 + 40 + 10 = 100 \text{ мм.}$$

$$\tau_{05} = \frac{L \cdot K \cdot z}{S_{nn} \cdot n_{\partial.x}} = \frac{100 \cdot 1,5 \cdot 95}{8 \cdot 38} = 47 \text{ мин.}$$

Полученные значения τ_{0j} заносим в табл.5.1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кожевников Д.В. Резание материалов: учебник. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. - М.: Машиностроение, 2012. - 304 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/63221/#1>
2. Резание материалов: Учебное пособие / пособие [Электронный ресурс] Е.А. Кудряшов, Н.Я. Смольников, Е.И. Яцун. - – Электрон. дан. - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 224 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=450188>
3. Резание металлов и режущие инструменты: Учебное пособие [Электронный ресурс] / В.Г. Солоненко, А.А. Рыжкин. – Электрон. дан. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 416 с.: – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=549074>
4. Старков В.К. Физика и оптимизация резания материалов: [Электронный ресурс] - Электрон. дан. - М.: Машиностроение, 2009. - 640 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/760/#4>
5. Процессы шлифования в машиностроении: Учебное пособие [Электронный ресурс] / Ж.А. Мрочек, М.Г. Киселев, Л.М. Кожуро. – Электрон. дан. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2013. - 358 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=546101>

