

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра автоматизированного оборудования
машиностроительного производства

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ
для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение»
(профили «Технологии, оборудование и автоматизация
машиностроительных производств», «Оборудование и технологии
сварочного производства») всех форм обучения

Воронеж 2021

УДК 621.01(07)
ББК 34.4я7

Составитель: Ю. Э. Симонова

Основы технологии машиностроения: методические указания к выполнению практических работ для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение» (профили «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств», «Оборудование и технологии сварочного производства») всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: Ю. Э. Симонова. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. – 23 с.

В методических указаниях изложены требования и общие вопросы к выполнению практических работ, краткие теоретические сведения. Приведена методика определения количественных показателей технологичности конструкции детали.

Предназначены для студентов для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение» (профили «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств», «Оборудование и технологии сварочного производства») всех форм обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ_ПР_ОТМ.pdf.

Ил. 5. Табл. 8. Библиогр.: 6 назв.

УДК 621.01(07)
ББК 34.4я7

Рецензент – С. Ю. Жачкин, д-р техн. наук, проф. кафедры автоматизированного оборудования машиностроительного производства

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛИ

Цель работы: изучение методики определения количественных показателей технологичности конструкции детали.

В комплексе требований, предъявляемых к технико-экономическим показателям промышленных изделий, важное место занимают вопросы технологичности конструкций. Технологичность конструкции изделия определена ГОСТ 14205—83 как совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ.

Стандартами ЕСТПП установлена обязательность отработки конструкции на технологичность и количественной оценки технологичности на всех стадиях создания изделий.

Производственная технологичность конструкции изделия проявляется в сокращении затрат, средств и времени на конструкторскую и технологическую подготовку производства, а также на изготовление (в том числе на контроль и испытания) изделий; эксплуатационная технологичность конструкции изделия — в сокращении затрат, времени и средств на техническое обслуживание, текущий ремонт и утилизацию изделия; ремонтная технологичность конструкции изделия — в сокращении затрат при всех видах ремонта, кроме текущего.

Оценка технологичности конструкции изделия может быть двух видов — качественной и количественной. Качественная оценка характеризует технологичность конструкции обобщенно на основании опыта исполнителя. Качественная сравнительная оценка вариантов конструкции допустима на всех стадиях проектирования, когда осуществляется выбор лучшего конструктивного решения и не требуется определения степени различия технологичности сравниваемых вариантов.

Количественная оценка технологичности конструкции изделия выражается показателем, численное значение которого характеризует степень удовлетворения требований к технологичности конструкции.

Рассмотрим методику определения количественных показателей технологичности конструкции детали на конкретном примере /1/.

Пример: Корпус массой $m_d = 2$ кг (рис. 1) изготавливается из чугуна марки СЧ20 ГОСТ 1412-85. Метод получения исходной заготовки — литье в земляную форму, по 1 классу точности (ГОСТ 18-80), масса заготовки $m_0 = 2,62$ кг.

Трудоемкость механической обработки детали $T_n = 45$ мин при базовой трудоемкости (аналога) $T_{би} = 58$ мин.

Технологическая себестоимость детали $C_T = 31,5$ руб., при базовой технологической себестоимости аналога $C_{бт} = 36,7$ руб.

Данные конструкторского анализа детали по поверхностям представлены в табл. 1.

Требуется определить показатели технологичности конструкции детали.

Решение.

1. К основным показателям технологичности относятся:

а) абсолютный технико-экономический показатель – трудоемкость изготовления детали $T_{и} = 45$ мин; уровень технологичности конструкции по трудоемкости изготовления:

$$K_{yt} = T_{и} / T_{би} = 45 / 58 = 0,775.$$

Деталь по этому показателю технологична, т. к. трудоемкость ее сравнительно с базовым аналогом ниже на 22,5 %.

б) технологическая себестоимость детали $C_{т} = 31,5$ руб; уровень технологичности конструкции по технологической себестоимости:

$$K_{yc} = C_{т} / C_{бт} = 31,5 / 36,7 = 0,858.$$

Деталь технологична, т. к. себестоимость ее сравнительно с базовым аналогом снизилась на 14,2 %.

2. Дополнительные показатели:

а) коэффициент унификации конструктивных элементов детали

$$K_{yэ} = Q_{yэ} / Q_{э} = 15 / 20 = 0,75.$$

По этому показателю деталь технологична, т. к. $K_{yэ} > 0,6$.

б) масса детали $m_{д} = 2$ кг;

коэффициент использования материала

$$K_{им} = m_{д} / m_{о} = 2 / 2,62 = 0,76.$$

Для исходной заготовки этого типа такой показатель свидетельствует об удовлетворительном использовании материала.

в) коэффициент точности обработки

$$K_{тч} = 1 - 1 / A_{ср} , \quad (1)$$

где $A_{ср}$ – средний квалитет точности:

$$A_{ср} = (n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + 19n_{19}) / \sum n_i . \quad (2)$$

где n_i – число поверхностей детали точностью соответственно по 1...19 квалитетам. В нашем случае

$$A_{cp} = (731 + 938 + 12311) / 20 = 10,55;$$

$$K_{тч} = 1 - 1 / 10,55 = 1 - 0,095 = 0,905.$$

Так как $K_{тч} > 0,8$, то деталь по этому показателю является технологичной.
Г) коэффициент шероховатости поверхности

$$K_{ш} = 1 / B_{cp}, \quad (3)$$

где B_{cp} – средняя шероховатость поверхности определяемая в значениях параметра R_{α} , мкм:

$$B_{cp} = (R_{\alpha 1} \times n_1 + R_{\alpha 2} \times n_2 + \dots + R_{\alpha k} \times n_k) / \sum n_i. \quad (4)$$

где n_i – количество поверхностей, имеющих шероховатость, соответствующую данному числовому значению параметра $R_{\alpha i}$. В нашем случае:

$$B_{cp} = (0,3231 + 1,2532 + 2,531 + 532 + 20310 + 4034) / 20 = 18,77 \text{ мкм.}$$

$$K_{ш} = 1 / 18,77 = 0,053.$$

Поскольку $K_{ш} < 0,32$, то по этому показателю деталь технологична.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2 **ВЫБОР И КОНСТРУИРОВАНИЕ ИСХОДНЫХ ЗАГОТОВОК**

Современное состояние технологии машиностроения предоставляет большие возможности для рационального выбора вида исходной заготовки и способа ее получения.

Серьезное внимание должно уделяться конструированию исходной заготовки, т. е. установление ее формы, размеров с допускаемыми отклонениями, припусков на механическую обработку, твердости материала и технических требований, которым она должна отвечать.

Установление размеров исходной заготовки состоит в том, что к размерам наружных поверхностей детали нужно прибавить, а от размеров внутренних поверхностей отнять общие припуски на механическую обработку.

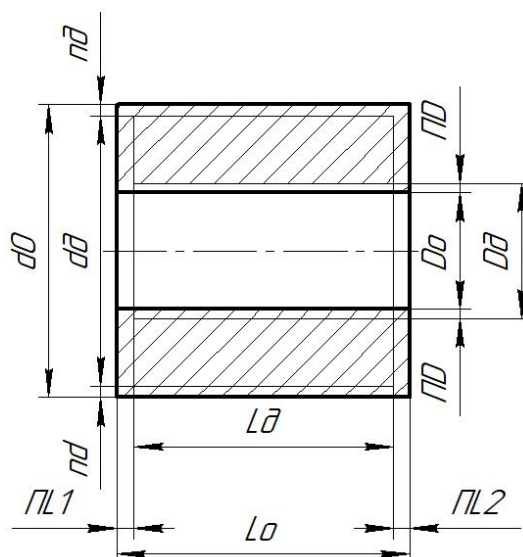


Рис. 2. Заготовка втулки

Для втулки с размерами d_d ; D_d и L_d . (рис. 2) размеры исходной заготовки определяются так:

$$d_o = d_d + 2 \Pi_{\text{общ } d}; \quad (5)$$

$$D_o = D_d - 2\Pi_{\text{общ } D}; \quad (6)$$

$$L_o = L_d + \Pi_{\text{общ } L1} + \Pi_{\text{общ } L2}, \quad (7)$$

где $\Pi_{\text{общ } d}$, $\Pi_{\text{общ } D}$ и $\Pi_{\text{общ } L}$ — общие припуски на механическую обработку (на сторону) наружной, внутренней и торцевой поверхностей заготовки.

Выбор общего припуска на механическую обработку заготовок из сортового проката производится по таблицам, но размер d_o расч при выборе проката необходимо корректировать по сортаменту (ГОСТ 2590— 71).

Оценка качества исходной заготовки производится также по значению коэффициента использования материала:

$$K_{\text{им}} = m_d / m_o, \quad (8)$$

где m_d и m_o — массы соответственно детали и заготовки.

Конструирование заготовок из стального горячекатаного проката

Пример. Из стали 45 изготавливают вал (рис. 3) массой 19,4 кг в условиях мелкосерийного производства (годовой объем выпуска 150 шт.). Требуется сконструировать исходную заготовку вала из стального горячекатаного проката.

Решение. Поскольку форма вала имеет относительно небольшую разницу перепада диаметров, а также отсутствуют дополнительные требования к

механическим свойствам материала, выбираем в качестве заготовки горячекатаный стальной прокат по ГОСТ 2590—71. Из него разрезкой будут образованы цилиндрические заготовки диаметром d_0 и длиной L_0 .

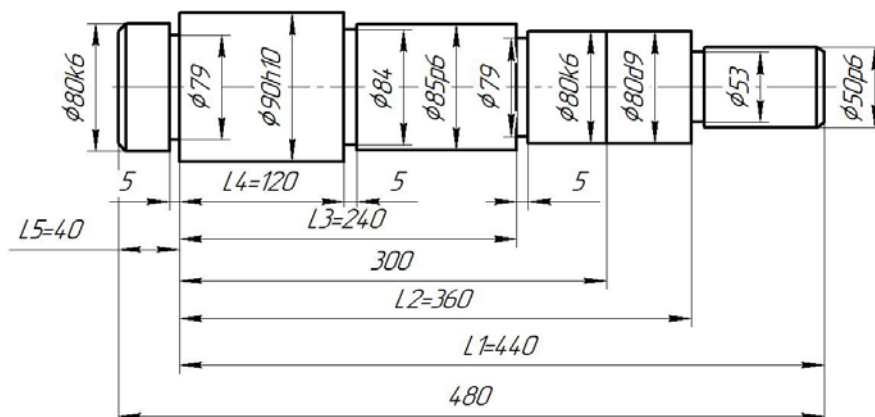


Рис. 3. Вал

2. Для заданной детали целесообразно использовать прокат круглого сечения. Из имеющихся трех категорий точности проката выбираем обычную точность (В).

3. Диаметр проката определяют, исходя из наибольшего диаметра заготовки ($\phi 90 h10$), добавляя к нему общий припуск на механическую обработку, равный $2\Pi_{\text{общ } d}$. В нашем случае при длине заготовки свыше 360 до 720 мм общий припуск на диаметр $2\Pi_{\text{общ } d} = 10$ мм. Допуск на диаметр устанавливается по ГОСТ 2590—71 и составляет $+0,6...-1,7$ мм.

Отсюда $d_0 = d_{\text{max}} + 2\Pi_{\text{общ } d} = 90 + 10 = 100$ мм. Такой прокат имеется в сортаменте.

4. По формуле (3) устанавливаем длину штучной заготовки: $L_0 = L_d + 2\Pi_{\text{общ } L}$, где $\Pi_{\text{общ } L} = 4$ мм. Получаем $L_0 = 488$ мм. Допуск на длину заготовки после разрезки по 10...12-му квалитетам составляет 250...630 мкм.

5. Технические требования, предъявляемые к заготовке:

допускаемая кривизна заготовки $\rho_{\text{КМ}} = \Delta 3 L = 2,5 3 488 = 1220$ мкм, т.е. не более 1,22 мм,

шероховатость проката $R_z = 200$ мкм.

6. Рассчитываем массу заготовки по формуле

$$m_0 = 0,001 m_{\text{п.м.}} L_0 \quad (9)$$

где $m_{\text{п.м.}} = 61,65$ кг - масса одного погонного метра проката, L — длина заготовки, мм.

$$m_0 = 0,001 3 61,65 3 488 = 30,09 \text{ кг,}$$

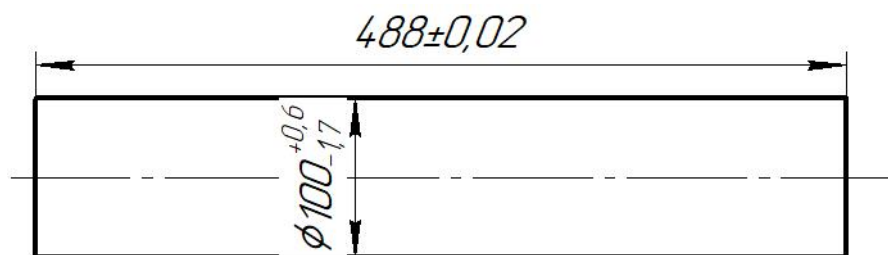


Рис. 4. Заготовка

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3 ВЫБОР ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ И ЭЛЕМЕНТОВ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ

Цель работы: изучить методику выбора инструментальных материалов.

Режущий инструмент является тем средством, без которого невозможно реализовать заложенные в станках технологические возможности и достичь высоких технико-экономических показателей обработки деталей. Для его изготовления используются разнообразные инструментальные материалы, обладающие различными технологическими возможностями. Поэтому перед технологом возникает задача по правильному выбору и применению того или иного инструмента в конкретных условиях обработки детали.

Надо помнить, что для осуществления процесса резания необходимы как минимум следующие условия:

- а) инструмент должен иметь соответствующую форму и рациональную геометрию заточки;
- б) твердость режущей части инструмента должна быть значительно выше твердости обрабатываемого материала;
- в) инструмент и заготовка в процессе резания должны перемещаться относительно друг друга строго по заданным траекториям;
- г) все взаимные перемещения должны происходить с определенными скоростями главного движения и движения подачи в зависимости от различных технологических факторов и условий обработки.

Параметрами режима резания являются скорость резания, подача и глубина резания.

Методики выбора инструментальных материалов, геометрических параметров токарных резцов и элементов режимов резания при точении рассмотрим на конкретных примерах.

Выбор инструментального материала

Пример 1. Выбрать материал режущей части токарного проходного резца, предназначенного для черновой обработки отливки из серого чугуна,

твердостью НВ 220 по корке при неравномерном припуске и прерывистом резании.

Решение. Для обработки заготовок из чугуна рекомендуется твердый сплав вольфрамовой группы (ВК). Важнейшим требованием к материалу режущей части резца для черновой обработки, т. е. для работы с большими нагрузками на инструмент, является обеспечение прочности. Для черновой обработки по корке при неравномерном припуске и прерывистом резании рекомендуется твердый сплав ВК8. Сплав этой марки содержит 8 % Со и является достаточно прочным.

Пример 2. Выбрать материал режущей части резца, предназначенного для предварительного нарезания резьбы на заготовке из стали 40Х.

Решение. Для обработки заготовок из сталей рекомендуется твердый сплав титановольфрамовой группы (ТК). Для предварительного нарезания резьбы справочник рекомендует твердые сплавы Т15К6 и Т14К8, так как в данном случае осуществляется резание по предварительно обработанной поверхности без ударных нагрузок. Принимаем сплав Т15К6.

Задача 1. Выбрать материал режущей части резца для заданных условий обработки. Обосновать выбор материала (табл. 2).

Таблица 2

Данные к задаче 1

№ варианта	Материал заготовки	Вид обработки	Характер обработки
1	Сталь 20Х, $\sigma_b = 580$ Мпа (~ 58 кгс/мм ²)	Нарезание резьбы	Предварительная
2	Серый чугун СЧ 10, НВ 170	Растачивание	Предварительная без ударных нагрузок
3	Сталь Ст.5, $\sigma_b = 600$ МПа, (~ 60 кгс/мм ²)	Обтачивание	Предварительная после автогенной резки
4	Серый чугун СЧ 20, НВ 200	Подрезание торца	Окончательная
5	Ковкий чугун КЧ 37-12, НВ 150	Обтачивание	Предварительная с ударными нагрузками
6	Сталь 45, $\sigma_b = 700$ Мпа (~ 70 кгс/мм ²)	Обработка фасонным резцом	Окончательная
7	Бронза Бр. АЖ 9-4, НВ 120	Растачивание	Предварительное
8	Сталь 45ХН, $\sigma_b = 750$ Мпа (~ 75 кгс/мм ²)	Обтачивание	Окончательная с малым сечением среза (тонкая)
9	Сталь коррозионно-стойкая 40Х13, НВ 200	Прорезание паза	Окончательная
10	Латунь ЛК 80-3, НВ 110	Растачивание	Окончательная

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ И ОСНОВНОГО (ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО) ВРЕМЕНИ

Цель работы: изучить методику расчета элементов режимов резания при точении.

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

Решение. Скорость резания при точении

$$V = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = 3,14 \cdot 120 \cdot 500 / 1000 = 189 \text{ м/мин.}$$

Задача 1. Определить скорость резания при обтачивании заготовки диаметром D (мм) на токарном станке с частотой вращения шпинделя n (об/мин) (табл. 3).

Таблица 3

Данные к задаче 1

№ варианта	D, мм	n, об/мин	№ варианта	D, мм	n, об/мин	№ варианта	D, мм	n, об/мин
1	80	860	5	220	250	8	95	630
2	150	315	6	180	315	9	110	400
3	45	1600	7	30	2000	10	60	1000
4	70	1250						

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

Решение. Частота вращения шпинделя токарного станка

$$n = 1000 \cdot v / \pi \cdot D = 860 \text{ об/мин.}$$

Задача 2. Определить частоту вращения шпинделя станка n (об/мин) (табл. 4) при обтачивании заготовки диаметром D (мм) на токарном станке со скоростью v (м/мин).

Данные к задаче 2

№ варианта	D, мм	V, м/мин	№ варианта	D, мм	V, м/мин
1	140	88	6	64	200
2	37	233	7	160	80
3	90	177	8	54	170
4	120	119	9	43	216
5	72	280	10	210	133

Пример 3. Определить минутную подачу s_M при обтачивании заготовки на токарном станке с частотой вращения шпинделя $n = 1000$ об/мин; подача резца за один оборот шпинделя $s = 0,26$ мм/об.

Решение. Минутная подача резца

$$s_M = s \cdot n = 0,26 \cdot 1000 = 260 \text{ мм/мин.}$$

Задача 3. Определить минутную подачу s_M при обтачивании заготовки на токарном станке с частотой вращения шпинделя n (об/мин); подача резца за один оборот шпинделя s (мм/об) приведена в табл. 5.

Таблица 5

Данные к задаче 3

№ варианта	n, об/мин	s, мм/об	№ варианта	n, об/мин	s, мм/об	№ варианта	n, об/мин	s, мм/об
1	400	0,61	5	250	0,78	8	160	0,95
2	630	0,43	6	1600	0,17	9	1250	0,23
3	200	0,87	7	860	0,3	10	500	0,52
4	315	0,7						

Пример 4. Определить глубину резания t при обтачивании заготовки диаметром $D = 150$ мм на токарном станке в два перехода.

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

Решение. При предварительном обтачивании глубина резания

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

При окончательном обтачивании

$$t = (D_o - d) / 2 = 1 \text{ мм.}$$

Задача 4. Определить глубину резания t при обтачивании заготовки диаметром D на токарном станке в два перехода. При переходе предварительной обработки заготовка обтачивается до D_o , а при окончательной обработке — до d (табл. 6).

Таблица 6

Данные к задаче 4

№ варианта	D, мм	D _o , мм	d, мм	№ варианта	D, мм	D _o , мм	d, мм
1	188	182	180	6	87	81,5	80
2	67	61,5	60	7	216	208	206
3	56	51	50	8	50	43,5	42
4	120	114	112	9	140	132	130
5	95	88,5	87	10	73	66,5	65

Пример 5. Определить основное время при продольном обтачивании на проход шейки вала от $D = 70$ мм до $d = 64$ мм на длине $l = 200$ мм. Частота вращения шпинделя станка $n = 600$ об/мин; подача резца $s = 0,4$ мм/об. Обработка производится за один проход. Резец проходной с главным углом в плане $\omega = 45^\circ$.

Решение. Основное время при точении

$$T_o = (L \cdot i) / (n \cdot s).$$

По условию известны все величины, входящие в формулу, кроме длины прохода резца $L = l + y + \Delta$, где врезание резца $y = t \cdot \text{ctg}\varphi$; перебег резца $\Delta = 1,43$ мм.

При числе проходов $i = 1$ глубина резания

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

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

Принимаем перебег резца $\Delta = 2$ мм. Таким образом,

$$L = 200 + 3 + 2 = 205 \text{ мм.}$$

$$T_o = (205 \cdot 1) / (600 \cdot 0,4) = 0,85 \text{ мин.}$$

Задача 5. Определить основное время при продольном обтачивании на проход заготовки диаметром D (мм) до диаметра d (мм) на длине l (мм). Частота вращения шпинделя n (об/мин); подача резца s (мм/об). Обтачивание производится за один проход. Резец проходной с главным углом в плане φ (табл. 7).

Таблица 7

Данные к задаче 5

№ варианта	D	d	l	n, об/мин	s, мм/об	φ°
	мм					
1	54	50	200	1000	0,32	45
2	118	110	350	315	0,52	60
3	80	75	130	800	0,43	90
4	72	71	60	1250	0,21	30
5	90	82	150	630	0,57	60
6	43	40	55	1600	0,26	45
7	64	60	80	1000	0,34	90
8	37	35	45	2000	0,17	45
9	158	150	480	250	0,61	60
10	142	140	75	500	0,28	30

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ С РАСЧЕТОМ ПРИПУСКОВ, РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ И НОРМ ВРЕМЕНИ

Цель работы: ознакомление с основными технологическими закономерностями, связанными с обработкой детали на токарном станке, построением технологического процесса, а также с методиками аналитического расчета припусков, режимов резания и норм времени.

Рассмотрим методику разработки технологического процесса механической обработки на конкретном примере.

Исходные данные. Заготовка штампованная из хромоникелевой стали (рис. 5), обработка производится в патроне на токарном станке мод. 1К62 резцами, оснащенными пластинками твердого сплава Т15К6. Для обточки на проход в условиях жесткой системы выбирается следующая геометрия инструмента: $\varphi = 45^\circ$, $\varphi_1 = 10^\circ$, $\gamma = 12^\circ$, $\alpha = 8^\circ$, $\lambda = 5^\circ$, $r = 1$ мм.

1. Технологический процесс изготовления детали. Анализ рабочего чертежа детали позволяет назначить операцию токарной обработки в качестве необходимой (как наиболее оптимальную), которая обеспечит получение задан-

ных требований по точности и качеству поверхности. При этом операция токарной обработки включает в себя следующие технологические переходы:

- черновое точение & 33_{-0,1} на длину 40 мм;
- чистовое точение & 33_{-0,1} на длину 40 мм;
- обработку фаски;
- однократное точение & 31_{-0,34} на длину 83 мм.

2. Определение припусков на обработку. Припуски, а также предельные промежуточные размеры и исходные размеры заготовки удобно рассчитывать, заполняя специальную таблицу 8.

Пользуясь рабочим чертежом детали и картой технологического процесса механической обработки, в графу 2 записывают элементарную поверхность детали и технологические переходы в порядке последовательности их выполнения.

Для выполнения расчета промежуточных припусков при обработке указанной шейки вала аналитическим методом необходимо собрать данные: R_{zi-1} , T_{i-1} , ρ_{i-1} , ε_i и δ_i .

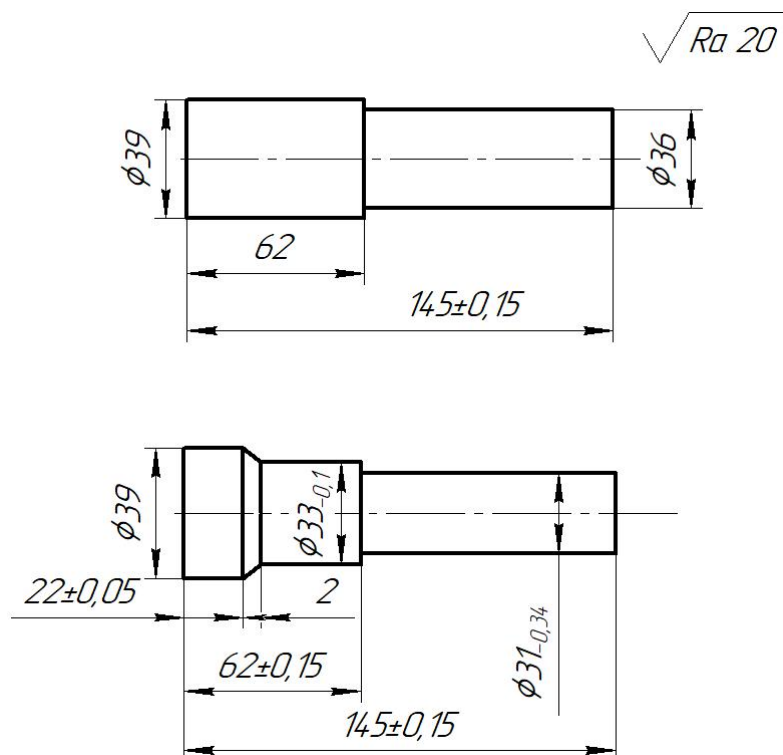


Рис. 5. Эскизы заготовки и детали

Суммарное значение пространственных погрешностей (графа 5) определяют по формуле при обработке наружной поверхности в патроне:

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2}, \quad (10)$$

где $\rho_{см}$ – допускаемые погрешности по смещению осей фигур, штампуемых в разных половинах штампа /1, табл. 6, стр. 169/, тогда $\rho_{см} = 800$ мкм;

$\rho_{кор}$ – общая кривизна заготовки, определяемая по формуле

$$\rho_{кор} = \Delta K \times L_3, \quad (11)$$

где ΔK – удельная допускаемая кривизна

$\Delta K = 10$ мкм/мм;

L_3 – длина заготовки, равная 145 мм.

$$\rho_{кор} = 10 \times 145 = 1450 \text{ мкм.}$$

Таким образом $\rho_0 = 1656$ мкм.

Таблица 8

Определение припусков на обработку

№ п/п	Маршрут обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск, $2Z_{min}$ мкм	Расчетный размер, мкм	Допуск по переходам δ , мкм	Пределные размеры, мм		Предельные припуски, мкм	
		R_{z1}	T_{i-1}	ρ_{i-1}	ε_{yi}				max	min	max	min
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.	Наружная поверхность & 33 _{-0,1} Заготовка	160	200	1656	-	-	37,356	1200	38,6	37,4	-	-
а)	Точение черновое	50	50	99,4	200	4056	33,3	620	33,92	33,30	4680	4100
б)	Точение чистовое	25	25	5,0	12	400	32,9	100	33	32,9	920	400
											5600	4500

Величину остаточной кривизны после выполнения перехода обработки следует определить по формуле

$$\rho_{\text{ост}} = K_y \times \rho_0, \quad (12)$$

где ρ_0 – кривизна заготовки;

K_y – коэффициент уточнения

$K_y = 0,06$ – черновое точение,

$K_y = 0,05$ – чистовое точение.

Тогда $\rho_1 = 0,06 \times 1656 = 99,36$ мкм,

$\rho_2 = 0,05 \times 99,36 = 4,968$ мкм.

Погрешность установки заготовок (графа 6) в трехкулачковом патроне (самоцентрирующим) на переходе чернового обтачивания $\varepsilon_{y1} = 200$ мкм, на переходе чистового обтачивания без переустановок определяется по формуле:

$$\varepsilon_{y2} = 0,06 \times \varepsilon_{y1} = 0,06 \times 200 = 12 \text{ мкм.}$$

Расчет минимального припуска (графа 7) при обработке наружной поверхности штамповки в патроне производится по формуле:

$$2Z_{i \min} = 2(R_{z, i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}). \quad (13)$$

Для первого перехода – черновое точение

$$2Z_{i \min} = 2(160 + 200 + \sqrt{1656^2 + 200^2}) = 4056 \text{ мкм.}$$

Для второго перехода – чистовое точение

$$2Z_{i \min} = 2(50 + 50 + \sqrt{99,4^2 + 12^2}) = 400 \text{ мкм.}$$

Расчет промежуточных минимальных (графа 8) диаметров по переходам проводится в порядке, обратном ходу технологического процесса обработки этой поверхности, т. е. от размера готовой детали к размеру заготовки, путем последовательного прибавления к наименьшему предельному размеру готовой поверхности детали минимального припуска $2Z_{i \min}$.

В графу 11 записываются размеры по всем технологическим переходам, округляя их увеличение до того же знака десятичной дроби, с каким задан допуск на размер для каждого перехода. Наибольшие предельные размеры (графа 10) определяются путем прибавления допуска к округленному минимальному предельному размеру.

Предельные размеры припусков $Z_{i \max}$ (графа 12) определяются как разность предельных максимальных размеров и $Z_{i \min}$ (графа 13) – как разность предельных минимальных размеров предшествующего и выполняемого переходов. Для определения общих припусков $Z_{o \min}$ и $Z_{o \max}$ суммируются соответствующие промежуточные припуски на обработку.

Правильность произведенных расчетов можно проверить по формуле:

$$Z_{o \max} - Z_{o \min} = \delta_{Дз} - \delta_{Дд},$$

где $\delta_{Дз}$ – допуск на заготовку;

$\delta_{Дд}$ – допуск на готовую деталь.

В данном случае: $5600 - 4500 = 1200 - 100$ или $1100 = 1100$.

На остальные поверхности припуск определяется по таблицам.

3. Определение режимов резания.

Черновое точение & 33_{-0,1}.

На данный переход производим аналитический расчет режима резания.

Тогда:

а) глубина резания равна припуску, т.е. $t = 2,34 \approx 2,5$ мм;

б) подача $S = 0,5$ мм/об

в) скорость резания

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^{x_v} \times S^{y_v}} \times K_v = \frac{350}{60^{0.2} \times 2.5^{0.15} \times 0.5^{0.35}} \times 0.8 \approx 137 \text{ м / мин};$$

г) частота вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 137}{\pi \times 39} \approx 1119 \text{ об / мин.}$$

После корректировки по паспорту станка назначаем: $n_{кор} = 1000$ об/мин.

д) фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \times D \times n_{кор}}{1000} = \frac{\pi \times 39 \times 1000}{1000} = 122,5 \text{ м / мин.}$$

Чистовое точение & 33_{-0,1}.

На переход определяем режимы резания по данным таблиц:

а) глубина резания t равна припуску, т. е. $t = 0,46 \approx 0,5$ мм;

б) подача $S = 0,3$ мм/об

скорость резания (с учетом интерполяции) $V = 203$ м/мин

г) частота вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 203}{\pi \times 34} \approx 1901 \text{ об / мин.}$$

После корректировки назначаем $n_{кор} = 1600$ об/мин;

д) фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \times D \times n_{\text{кор}}}{1000} = \frac{\pi \times 34 \times 1600}{1000} = 170,8 \text{ м / мин.}$$

Обработка фаски

Режимы обработки назначаем такие же, как и на переходе чистового точения & 33_{-0,1}

Однократное точение & 31_{-0,34}

- а) глубина резания $t = 2,5$ мм;
- б) подача $S = 0,5$ мм/об
- в) скорость резания (с учетом интерполяции) $V = 172$ м/мин
- г) частота вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 172}{\pi \times 31} = 1766 \text{ об / мин.}$$

После корректировки назначаем $n_{\text{кор}} = 1600$ об/мин;

д) фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \times D \times n_{\text{кор}}}{1000} = \frac{\pi \times 31 \times 1600}{1000} = 155,8 \text{ м / мин.}$$

Определение норм времени

Машинное время

Определяется по формуле:

$$t = \frac{L + L_1}{n \times S} \times i, \quad (14)$$

где L – длина обрабатываемой поверхности, мм;

L_1 – величина врезания и перебега инструмента

n – частота вращения шпинделя, об/мин;

S – подача на оборот, мм/об;

i – число проходов

Машинное время по переходам:

- черновое точение & 33_{-0,1}

$$t = \frac{40 + 5}{1000 \times 0.5} \times 1 = 0,09 \text{ мин,}$$

- чистовое точение & 33_{-0,1}

$$t = \frac{40 + 2}{1600 \times 0.3} \times 1 = 0,088 \text{ мин.}$$

- обработка фаски

$$t = \frac{2 + 3,5}{1600 \times 0.3} \times 1 = 0,011 \text{ мин.}$$

- однократное точение & 31_{-0,34}

$$t = \frac{83 + 2}{1600 \times 0.5} \times 1 = 0,106 \text{ мин.}$$

Машинное время на операцию $t_m = 0,295$ мин.

Вспомогательное время

Вспомогательное время, связанное с переходом, на комплекс приемов составит по переходам:

- черновое точение & 33_{-0,1}, $t = 0,14$ мин;
- чистовое точение & 33_{-0,1}, $t = 0,14$ мин;
- обточка фаски $t = 0,06$ мин;
- однократное точение & 31_{-0,34}, $t = 0,08$ мин.

Вспомогательное время на приемы, связанные с переходом, не вошедшие в комплекс (поворот четырехрезцовый головки) $t = 0,07$ мин; $t = 0,65$ мин (вспомогательное время на установку и снятие детали).

Тогда вспомогательное время на операцию составит:

$$t_b = 0,14 + 0,14 + 0,06 + 0,08 + 0,07 + 0,65 = 1,14 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание рабочего места и время на естественные надобности выбирается в процентах от оперативного времени и составляет $\alpha = 6,5$ %:

$$t_{об} = (t_m + t_b) \times \frac{\alpha}{100} = (0,295 + 1,14) \times \frac{6,5}{100} = 0,093 \text{ мин.}$$

4.4. Подготовительно-заключительное время на партию определяется по справочным данным:

$$t_{пз} = 14 + 7 = 21 \text{ мин.}$$

Норма штучного времени

$$t_{шт} = t_m + t_b + t_{об} = 0.295 + 1.14 + 0.093 = 1.528 \text{ мин.}$$

Норма выработки за 8-часовой рабочий день

$$H_B = \frac{t_{см} - t_{пз}}{t_{шт}},$$

где $t_{см}$ – продолжительность рабочей смены в минутах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гельфгат, Ю. И. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения: учеб. пособие / Ю. И. Гельфгат. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 271 с.
2. Обеспечение технологичности конструкций изделий машиностроения и приборостроения. Методические рекомендации МР 186 – 85. М.: ВНИИНМАШ, 1985.
3. Данилевский, В. В. Справочник молодого машиностроителя / В. В. Данилевский. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1973.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
5. Палей М. А. и посадки / М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. – Справочник: В 2 ч. Ч. 1. – Л.: Политехника, 1991. – 576 с.
6. Гельфгат, Ю. И. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения: учеб. пособие / Ю. И. Гельфгат. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 271 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Практическая работа № 1. Определение количественных показателей технологичности конструкции детали.....	3
Практическая работа № 2. Выбор и конструирование исходных заготовок.....	6
Практическая работа № 3. Выбор инструментальных материалов, геометрических параметров токарных резцов и элементов режимов резания при точении.....	9
Практическая работа № 4. Определение элементов режимов резания и основного (технологического) времени.....	11
Практическая работа № 5. Разработка технологического процесса изготовления детали с расчетом припусков, режимов резания и норм времени.....	14
Библиографический список.....	21

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ
для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение»
(профили «Технологии, оборудование и автоматизация
машиностроительных производств», «Оборудование и технологии
сварочного производства») всех форм обучения

Составитель

Симонова Юлия Эдуардовна

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 08.11.2021.

Уч.-изд. л. 1,4.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14