

**СБОРНИК
ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
ПО ТЕХНОЛОГИИ
МАШИНОСТРОЕНИЯ**

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

СБОРНИК ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ТЕХНОЛОГИИ
МАШИНОСТРОЕНИЯ

Под редакцией И.П.Филонова

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь
качестве учебного пособия для студентов машиностроительных
специальностей высших учебных заведений*

БНТУ, УП «ТЕХНОПРИНТ»
Минск 2003

УДК 621(075.4)

ББК 34.5я73-5

С 23

Авторы:

А.И.Медведев (работы 1.1, 1.3, 1.5, 1.8, 1.9, 2.1, 2.2, 2.5-2.7, 2.13, 3.3, 4.3),
В.А.Шкред (работы 1.2, 1.5, 1.9, 2.6, 2.7, 2.13, 3.11, 4.1), В.В.Бабук
(работы 1.4, 2.9, 3.1), Г.Я.Беляев (работа 1.6), А.А.Ярошевич (работы 1.7, 2.4,
3.8), Г.В.Карпенко (работы 1.9, 3.10), Н.И.Савченко (работа 2.3), Н.И.Крино
(работа 2.5), М.М.Кане (работы 2.8, 2.11, 2.14, 3.6, 3.7), А.Ф.Присевок
(работа 2.10), В.И.Романенко (работа 2.12), И.Л.Баршай (работа 2.15),
Г.П.Кривко (работы 3.2, 3.9), Е.Н.Сташевская (работы 3.4, 3.5), Г.П.Комлик
(работа 3.5), Е.С.Кухарчик (работа 3.8), А.А.Сакович (работа 4.2)

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф. В.М.Капцевич, зав. кафедрой технологии
металлов Белорусского аграрного технического университета;

д-р техн. наук, проф. Н.А.Свидунович, зав. кафедрой
«Материаловедение и технология металлов» Белорусского
государственного технологического университета

Медведев А.И.

С 23 Сборник практических работ по технологии машиностроения:
Учеб. пособие / А.И.Медведев, В.А.Шкред, В.В.Бабук и др.; Под ред.
И.П.Филонова. – Мн.: БНТУ, 2003. – 486 с.

ISBN 985-479-029-0.

Данный сборник охватывает все основные разделы и темы курса
«Технология машиностроения», читаемого в высшем учебном заведении,
где ведется подготовка инженеров по соответствующей специальности.

Первая глава сборника включает вопросы экономики и организации произ-
водства, экономического обоснования выбора оптимальных вариантов полу-
чения заготовок и технологических методов механической обработки деталей.

Вторая, основная, глава посвящена основам технологии машино-
строения. В нее входят разделы расчета точности механической обра-
ботки и качества рабочих поверхностей деталей машин, анализа техно-
логичности конструкций, расчетов припусков и размерных цепей и т.д.

В третьей главе описаны основные методы получения заготовок, в
четвертой - изложены принципы расчета точности и усилий зажима в
приспособлениях различных типов, а также основы выбора приспособ-
лений для того или иного метода обработки.

Сборник рассчитан на преподавателей и студентов технических вузов.

УДК 621 (075.4)

ББК 34.5 я73-5

ISBN 985-479-029-0

© Медведев А.И., Шкред В.А.,
Бабук В.В. и др., 2003

Оглавление

Глава 1. ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА.	7
Работа 1.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА ПО ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКЕ – КОЭФФИЦИЕНТУ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ.	7
Работа 1.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА ПАРТИИ ДЕТАЛЕЙ В СЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ.	17
Работа 1.3. ВЫБОР ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И РАСЧЕТ ЕЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ.	23
Работа 1.4. АНАЛИЗ ОБЪЕКТА ПРОИЗВОДСТВА.	35
Работа 1.5. ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО ВАРИАНТА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ ПО МИНИМАЛЬНОЙ СЕБЕСТОИМОСТИ. .	42
Работа 1.6. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ.	51
Работа 1.7. АНАЛИЗ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ.	65
Работа 1.8. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК.	73
Работа 1.9. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЗАГОТОВКИ НА ТИПОВЫЕ ДЕТАЛИ, ПОЛУЧАЕМЫЕ МЕТОДОМ ПРОКАТКИ.	78
Глава 2. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ.	94
Работа 2.1. ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПО ПАРАМЕТРАМ ТОЧНОСТИ.	94

Работа 2.2.	РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ АНАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ.	104
Работа 2.3.	РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТЕЙ, ВЫЗВАННЫХ СМЕНОЙ И НЕСОВМЕЩЕНИЕМ БАЗ.	115
Работа 2.4.	РАСЧЕТ ТОЧНОСТИ БАЗИРОВАНИЯ ЗАГОТОВКИ НА ОПОРАХ-ШТЫРЯХ.	124
Работа 2.5	РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ.	133
Работа 2.6.	РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ.	150
Работа 2.7.	ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И УРОВНЕЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ. ...	165
Работа 2.8.	ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЛИНЕЙНЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ.	179
Работа 2.9.	РАСЧЕТ ТРЕБУЕМОЙ ТОЧНОСТИ ОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ ПУТЕМ РЕШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ РАЗМЕРНОЙ ЦЕПИ.	202
Работа 2.10.	ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГРУППОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ.	217
Работа 2.11.	ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ СТАНОЧНЫХ РАБОТ.	227
Работа 2.12.	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОГО ЧИСЛА СТАНКОВ ДЛЯ МНОГОСТАНОЧНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ОДНИМ РАБОЧИМ И ПОСТРОЕНИЕ ЦИКЛОГРАММЫ МНОГОСТАНОЧНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ. ...	253
Работа 2.13.	АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН.	259
Работа 2.14.	ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.	270

Работа 2.15. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ТРЕБУЕМОЕ КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ.	278
Глава 3. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК В МАШИНОСТРОЕНИИ.	288
Работа 3.1. АНАЛИЗ КАЧЕСТВА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК, ПОЛУЧАЕМЫХ ОТЛИВКОЙ В ЗЕМЛЯНЫЕ ФОРМЫ.	288
Работа 3.2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК, ПОЛУЧАЕМЫХ ЛИТЬЕМ В ПЕСЧАНО- ГЛИНИСТЫЕ ФОРМЫ (ГОСТ 26645-85)...	294
Работа 3.3. АНАЛИЗ КАЧЕСТВА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК, ПОЛУЧАЕМЫХ ЛИТЬЕМ В КОКИЛЬ.	316
Работа 3.4. АНАЛИЗ КАЧЕСТВА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ.	328
Работа 3.5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ.	344
Работа 3.6. АНАЛИЗ КАЧЕСТВА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОКОВОК, ШТАМПУЕМЫХ НА МОЛОТАХ, ПРЕССАХ И ГКМ.	370
Работа 3.7. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЗАГОТОВКИ, ПОЛУЧЕННОЙ ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКОЙ..	383
Работа 3.8. ПОЛУЧЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПЛАСТМАСС..	399
Работа 3.9. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНАСТКИ ДЛЯ ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКИ.	411
Работа 3.10. АНАЛИЗ КАЧЕСТВА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ ПОПЕРЕЧНО-КЛИНОВОЙ ПРОКАТКИ. ...	422

Работа 3.11. АНАЛИЗ КАЧЕСТВА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВАРНЫХ ЗАГОТОВОК.	433
Глава 4. СТАНОЧНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ.	445
Работа 4.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТИ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СТАНДАРТНЫХ СИСТЕМ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ.	445
Работа 4.2. РАСЧЕТ СИЛ ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ В СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ.	452
Работа 4.3. РАСЧЕТ УСТАНОВОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ НА ТОЧНОСТЬ.	473
Литература.	481

Глава 1. ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Работа 1.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА ПО ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКЕ – КОЭФФИЦИЕНТУ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ

Цель работы – приобретение практических навыков определения типа производства по его характеристике – коэффициенту закрепления операций $K_{з.о}$ и изучение влияния величины $K_{з.о}$ на элементы себестоимости выпускаемой продукции.

Работа рассчитана на два академических часа.

Основные положения

Согласно ГОСТ 3.1119-83, ГОСТ 14.004-83 ЕСТД и РД 50-174-80 ЕСТП одной из характеристик типа производства, т.е. классификационной категории производства, выделяемой по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности, объема выпуска изделий является коэффициент закрепления операций $K_{з.о}$ [30].

$K_{з.о}$ показывает отношение числа всех различных технологических операций, выполняемых или подлежащих выполнению подразделением в течение месяца, к числу рабочих мест в одной смене. Таким образом, $K_{з.о}$ характеризует число различных технологических операций, приходящихся в среднем на одно рабочее место участка за месяц. Он также характеризует среднюю частоту смены технологических операций на производственном участке. Например, если $K_{з.о} = 22$, а количество рабочих дней в месяц 22, то ежедневно происходит смена операций на каждом рабочем месте участка. Таким образом, $K_{з.о}$ характеризует и время непрерывной работы по выполнению операций на всех деталях производственной партии.

Изменение времени непрерывного выполнения одной работы влияет на специализированные навыки рабочих, трудоемкость обработки и оплату труда рабочих подразделения, затраты на переналадки, периодичность в обслуживании со стороны мастера, планировщика, наладчика и оплату простоев рабочих мест в ожидании

обслуживания, на затраты по планированию и учету движения продукции. Все эти величины в рублях показывают изменение элементов себестоимости выпускаемой продукции, непосредственно зависящих от размера величины $K_{3.0}$.

Так как величина $K_{3.0}$ отражает частоту смены различных технологических операций и связанную с этим периодичность в первую очередь обслуживания рабочего информационными и вещественными элементами производства, то $K_{3.0}$ оценивается применительно к явочному числу рабочих подразделения из расчета на одну смену [30]:

$$K_{3.0} = \frac{\sum P_{oi}}{\sum P_{яi}} = \frac{K_g \cdot \Phi \cdot \sum P_{oi}}{\sum N_i \cdot T_i},$$

где $\sum P_{oi}$ – суммарное число различных операций;

$\sum P_{яi}$ – явочное число рабочих подразделения, выполняющих различные операции;

K_g – коэффициент выполнения норм;

Φ – месячный фонд времени рабочего при работе в одну смену;

$\sum N_i \cdot T$ – суммарная трудоемкость программы выпуска;

N_i – программа выпуска каждой i -й позиции номенклатуры;

T_i – трудоемкость i -й позиции.

Методические указания

При учебном технологическом проектировании рекомендуется условное число однотипных операций Π_{oi} , выполняемых на одном станке в течение месяца при работе в одну смену, определять по формуле

$$\Pi_{oi} = \frac{\eta_H}{\eta_3},$$

где η_H – планируемый коэффициент загрузки станка (нормативный) всеми закрепленными за ним однотипными операциями. Его величину при расчетах принимают равной 0,8;

η_3 – коэффициент загрузки станка одной, заданной для проектирования операций:

$$\eta_3 = \frac{T_{\text{шт-к}} \cdot N_m}{60 \cdot F_m \cdot K_b},$$

где K_b – коэффициент выполнения норм, равный 1,3;

$T_{\text{шт-к}}$ – штучно-калькуляционное время, необходимое для выполнения операций, мин;

N_m – месячная программа выпуска данной детали при работе в одну смену, шт.;

$$N_m = \frac{N_r}{2 \cdot 12} = \frac{N_r}{24},$$

где N_r – годовой объем выпуска заданной детали, шт./г.;

F_m – месячный фонд времени работы оборудования в одну смену, ч:

$$F_m = \frac{4055}{2 \cdot 12} = 169 \text{ ч.}$$

Суммарное число различных операций за месяц по участку из расчета на одного сменного мастера определяется:

$$\Sigma \Pi_{oi} = \Pi_{o_1} + \Pi_{o_2} + \Pi_{o_3} + \dots + \Pi_{o_n},$$

где 1, 2, ..., n – номера рабочих мест.

Число рабочих на один станок, загруженный до $\eta_N = 0,8$ при работе в одну смену, определяется по формуле

$$P_{яi} = \frac{N_i \cdot T_i}{K_b \cdot \Phi \cdot 60} = \frac{\Pi_{oi} \cdot N_m \cdot T_{\text{шт-к}i}}{K_b \cdot \Phi \cdot 60},$$

где $N_i = \Pi_{oi} \cdot N_m$ – приведенный объем выпуска деталей, шт./мес.;

$T_i = T_{шт-к_i}$ – штучно-калькуляционное время на выполнение заданной операции, мин;

Φ – месячный фонд времени рабочего при 22 рабочих днях в месяц, ч.

$$\Phi = 22 \cdot 8 = 176 \text{ ч.}$$

Явочное число рабочих участка при работе в одну смену определяется суммированием значений $P_{я_i}$:

$$\sum P_{я_i} = P_{я_1} + P_{я_2} + P_{я_3} + \dots + P_{я_n}$$

Исходные данные для расчетов приведены в табл. 1.1.1.

Т а б л и ц а 1.1.1

Исходные данные для определения типа производства, оплаты затрат подготовительно-заключительного времени, затрат по планированию и учету движения продукции и стоимости запасов незавершенного производства

№ варианта	№ деталей	К-во операций	Т _{шт-к} на операцию №, мин						N _г	С _з , тыс. руб.	С, млн. руб.
			1	2	3	4	5	6			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	5	6	5	8	7	9	-	3000	1,1	7,875
	2	5	4	7	10	11	5	-	10000	1,15	25,0
2	3	4	3	7	8	5	-	-	2000	1,1	5,5
	4	4	5	8	9	6	-	-	8000	1,15	23,0
3	5	5	7	15	12	10	8	-	1000	1,2	3,0
	6	5	6	7	8	5	6	-	9000	1,25	28,125
4	7	6	3	4	3	5	2	4	12000	1,25	37,5
	8	6	6	7	7	5	6	4	2000	1,2	6,0
5	9	5	5	6	7	6	7	-	5000	0,55	6,875
	10	5	6	8	9	6	7	-	15000	0,5	18,75
6	11	4	3	4	6	5	-	-	7000	0,45	7,0
	12	4	5	6	7	8	-	-	1500	0,4	1,5
7	13	5	3	4	5	4	6	-	3500	0,62	5,425
	14	5	7	6	8	5	7	-	8000	0,61	12,2
8	15	6	6	7	5	8	5	4	1500	0,7	2,625
	16	6	8	9	10	7	6	9	5000	0,71	8,875

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
9	17	5	8	6	5	7	7	-	15000	0,81	30,375
	18	5	9	8	6	5	7	-	6000	0,8	12,0
10	19	4	4	5	5	6	-	-	2000	0,95	4,75
	20	4	8	10	9	7	-	-	5000	0,94	11,75
11	21	5	3	4	3	5	6	-	2500	0,91	5,687
	22	5	6	7	5	6	4	-	7500	0,92	17,25
12	23	6	8	7	6	7	8	9	8000	1,3	26,0
	24	6	4	5	4	6	5	7	3000	1,31	9,825
13	25	5	6	8	7	5	4	-	11000	1,15	31,625
	26	5	9	8	7	8	10	-	1000	1,2	3,0
14	27	5	5	4	6	7	3	-	9000	0,75	16,875
	28	5	3	4	3	5	4	-	400	0,76	7,6

Оплата затрат подготовительно-заключительного времени может быть подсчитана по формуле в рублях.

$$Z_{п.з.} = 12T_{п.з.} \cdot \Sigma P_{я_i} \cdot C_{ц} \cdot K_{з.о.},$$

где $T_{п.з.}$ – среднее подготовительно-заключительное время операции, ч;

$\Sigma P_{я_i}$ – явочное число рабочих участка, приходящихся на одного мастера, чел.;

$C_{ц}$ – оплата одного нормо-часа с учетом дополнительной зарплаты и отчислений на соцстрахование, руб.

В данной работе $T_{п.з.}$ следует принимать равным 0,25 ч, а оплату одного нормо-часа $C_{ц}$ – равной 598 руб. (часовая тарифная ставка станочника 3-го разряда).

Оборотные средства в незавершенном производстве рассчитываются по формуле, руб.:

$$H_o = \frac{E_n \cdot 3 \cdot n \left(C_3 + \frac{C}{N_r} \cdot 0,5 \right)}{K_{з.о.}},$$

где 3 – число партий деталей, приходящееся в среднем на одно рабочее место, равное трем (одна партия в ожидании обработки, вторая – на станке в работе, третья – на транспортировке либо на контроле);

n – размер партии деталей, обрабатываемых на одной наладке при 12 запусках партий в год, шт.:

$$n = \frac{N_r}{12};$$

C_3 – стоимость заготовки, руб.;

C – себестоимость механической обработки годового выпуска деталей одного наименования, руб.;

0,5 – коэффициент нарастания затрат;

E_H – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ($E_H = 0,15$).

Оплата затрат по планированию и учету движения продукции определяется по формуле, руб.:

$$Z_r = 12 \cdot \Sigma P_{я_i} \cdot K_{з.о} \left(C_H + \frac{C_p}{O_d} \right),$$

где C_H – оплата планирования и учета одной операции, руб.;

C_p – оплата планирования и учета одной детали, руб.;

O_d – среднее число операций в одной детали по участку.

В данной работе можно принять $C_H = 200$ руб., а $C_p = 800$ руб.

Порядок выполнения работы

1. Определить число операций $\Sigma \Pi_{o_i}$, выполняемых на участке в течение месяца при односменной работе.

2. Определить явочное число рабочих на участке на одну смену $\Sigma P_{я_i}$.

3. Рассчитать величину $K_{з.о}$ и по его значению определить тип производства.

4. Определить оплату затрат подготовительно-заключительного времени $Z_{п.зг}$.

5. Определить стоимость запасов незавершенного производства H_0 .

6. Определить оплату затрат по планированию и учету движения продукции Зг. **Примечание.** В указанной выше последовательности выполнить расчеты для двух наименований деталей, указанных в варианте задания.

7. Проанализировать полученные результаты и сделать выводы о влиянии величины $K_{3.0}$ на изучаемые в работе элементы себестоимости выпускаемой продукции.

8. Составить отчет.

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Содержание варианта задания.
3. Сводная таблица результатов расчета.
4. Анализ результатов.
5. Выводы.

Общие требования к отчету по СТП 01-01.02-83.

---мер (для варианта 1)

1. Определяем коэффициент загрузки станка η_3 , одной, заданной для проектирования операции:

$$\eta_{3_1} = \frac{T_{\text{шт-к}_i} \cdot N_M}{60 \cdot F_M \cdot K_B}; \quad N_M = \frac{N_{\Gamma}}{24} = 125 \text{ шт.};$$

$$F_M = 169 \text{ час}; \quad K_B = 1,3;$$

$$\eta_{3_1} = 6 \cdot \frac{125}{60 \cdot 169 \cdot 1,3} = 6 \cdot 0,0095 = 0,057;$$

$$\eta_{3_2} = 5 \cdot 0,0095 = 0,047; \quad \eta_{3_3} = 8 \cdot 0,009 = 0,076;$$

$$\eta_{3_4} = 7 \cdot 0,0095 = 0,0066; \quad \eta_{3_5} = 9 \cdot 0,0095 = 0,085.$$

2. Определяем число операций Π_{oi} , выполняемых на каждом рабочем месте, при нормативном коэффициенте загрузки станка $\eta_H = 0,8$.

$$\Pi_{o_1} = \frac{\eta_H}{\eta_{3i}}$$

$$\Pi_{o_1} = \frac{0,8}{0,057} = 14,0;$$

$$\Pi_{o_2} = \frac{0,8}{0,047} = 17,0;$$

$$\Pi_{o_3} = \frac{0,8}{0,076} = 10,5;$$

$$\Pi_{o_4} = \frac{0,8}{0,066} = 12,0;$$

$$\Pi_{o_5} = \frac{0,8}{0,085} = 9,4;$$

$$\Sigma \Pi_{oi} = 62,9.$$

3. Определяем явочное число рабочих на участке по операциям на одну смену $P_{я_i}$:

$$P_{я_i} = \frac{\Pi_{oi} \cdot N_M \cdot T_{шт-к_i}}{K_B \cdot \Phi \cdot 60}; \quad \Phi = 176 \text{ ч.}$$

$$P_{я_1} = 14 \cdot 6 \cdot \frac{125}{1,3 \cdot 176 \cdot 60} = 14 \cdot 6 \cdot 0,009 = 0,76;$$

$$P_{я_2} = 17 \cdot 5 \cdot 0,009 = 0,76; \quad P_{я_3} = 10,5 \cdot 8 \cdot 0,009 = 0,76;$$

$$P_{я_4} = 12 \cdot 7 \cdot 0,009 = 0,76; \quad P_{я_5} = 9,4 \cdot 9 \cdot 0,009 = 0,76;$$

$$\Sigma P_{я_i} = 3,8.$$

4. Рассчитываем величину $K_{3,0}$ и определяем тип производства.

$$K_{3.0} = \frac{\sum \Pi_{o_i}}{\sum P_{я_1}} = \frac{62,9}{3,8} = 16,5.$$

Тип производства может быть определен по табл. 1.1.2.

Т а б л и ц а 1.1.2

№ п/п	Величина $K_{3.0}$	Тип производства
1	До 1,0(включительно)	Массовое
2	Св.1,0 до 10,0 ----//----	Крупносерийное
3	Св. 10,0 до 20,0 ---//----	Среднесерийное
4	Св. 20,0 до 40, 0 ---//---	Мелкосерийное
5	Св. 40,0	Единичное

В нашем примере тип производства – среднесерийное.

5. Определяем годовую оплату затрат подготовительно-заключительного времени $Z_{пз.г.}$:

$$Z_{пз.г.} = 12 \cdot T_{пз} \cdot \sum P_{я_1} \cdot C_{ц} \cdot K_{3.0} = 12 \cdot 0,25 \cdot 3,8 \cdot 598 \cdot 16,5 = 112,484 \text{ тыс. руб.}$$

6. Определяем годовую стоимость запасов незавершенного производства H_0 :

$$H_0 = \frac{E_n \cdot 3 \cdot n \left(C_3 + \frac{C}{N_r} \cdot 0,5 \right)}{K_{3.0}} = \frac{0,15 \cdot 3 \cdot 250 \left(1,1 + \frac{7875}{3000} \cdot 0,5 \right)}{16,5} = 16,42 \text{ тыс. руб.}$$

$$n = \frac{N_r}{12} = \frac{3000}{12} = 250 \text{ шт.}$$

7. Определяем годовую оплату затрат по планированию и учету движения продукции Z_r .

$$Z_{\Gamma} = 12 \Sigma \Sigma_{\text{я}_i} \cdot K_{3,0} \left(C_{\text{н}} + \frac{C_{\text{р}}}{O_{\text{д}}} \right) = 12 \cdot 3,8 \cdot 16,5 \left(200 + \frac{800}{5} \right) =$$

$$= 12 \cdot 3,8 \cdot 16,5 \cdot 360 = 270,864 \text{ тыс.руб.}$$

Выводы

1. Между величиной $K_{3,0}$ и затратами подготовительно-заключительного времени, а также затратами по планированию и учету движения продукции существует прямо пропорциональная зависимость.
2. Стоимость запасов незавершенного производства и величина $K_{3,0}$ связаны обратно пропорциональной зависимостью.

Контрольные вопросы

1. Какой период времени принимается в расчет при определении $K_{3,0}$?
2. Для каких условий работы (в одну или две смены) рассчитывается $K_{3,0}$?
3. Как рассчитывается коэффициент загрузки станка η_3 ?
4. Что вы понимаете под термином «нормативный коэффициент загрузки станка» и какова его величина в данной работе?
5. Каким образом в работе определяется количество операций Π_{0_i} , выполняемых на станке в течение месяца?
6. Как определяется число операций $\Sigma \Pi_{0_i}$, выполняемых в течение месяца на участке?
7. По каким формулам определяется явочное число рабочих в одну смену по участку $\Sigma R_{\text{я}_i}$? На один $R_{\text{я}_i}$ станок?
8. По какой формуле рассчитывается $K_{3,0}$?
9. Как влияет величина $K_{3,0}$ на затраты подготовительно-заключительного времени?
10. Каким образом влияет величина $K_{3,0}$ на стоимость запасов незавершенного производства?
11. Как влияет величина $K_{3,0}$ на затраты по планированию и учету движения продукции?
12. При каких значениях $K_{3,0}$ производство считается крупносерийным, среднесерийным и мелкосерийным?

Работа 1.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА ПАРТИИ ДЕТАЛЕЙ В СЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Цель работы – приобретение практических навыков определения размера партии в серийном производстве дифференцированным методом.

Работа рассчитана на два академических часа.

1.2.1. Основные положения

В соответствии с ГОСТ 14.004-83 производственной партией называются предметы труда одного наименования и типоразмера, запускаемые в обработку в течение определенного интервала времени, при одном и том же подготовительно-заключительном времени на операцию.

Исходной нормой, предопределяющей в серийном производстве значения календарно-плановых норм, регламентирующих движение частей и изделий в производстве, является размер партии деталей.

Под размером партии понимается количество данных предметов, единовременно запускаемых в производство и движущихся в нерасчленяемом составе по технологическим операциям с однократной затратой по ним подготовительно-заключительного времени.

Размер партии оказывает существенное влияние на экономику производства изделий. С увеличением размера партии растет производительность труда и снижается себестоимость детали. Однако с ростом партии увеличиваются длительность производственного цикла и величина связывания оборотных средств в незавершенном производстве.

В практике машиностроения широкое применение получили методы поэтапного расчета и согласования размеров партии деталей. Эти расчеты, базирующиеся на использовании коэффициента закрепления операций $K_{з.о.}$, являющегося определяющей характеристикой типа производства и его технико-организационного уровня, принято называть дифференцированными.

В предлагаемом дифференцированном методе определения размера партии деталей одного наименования и типоразмера рекомендуются два этапа.

Э т а п 1. Производят расчеты двух предельно допустимых параметров партии i -х деталей – n_1 и n_2 .

Первый параметр (n_1) определяют по формуле

$$n_1 = \frac{F_{э.м} \cdot K_0 \cdot K_в}{K_{з.о} \sum_{i=1}^{K_0} T_i},$$

где $F_{э.м}$ – эффективный месячный фонд времени участка, мин;

K_0 – число операций механической обработки по технологическому процессу;

$K_в$ – средний коэффициент выполнения норм по участку;

$K_{з.о}$ – коэффициент закрепления операций;

T_i – средняя трудоемкость одной операции, норма-мин;

$\sum_{i=1}^{K_0} T_i = T_i \cdot K_0$ – суммарная трудоемкость техпроцесса.

Этот параметр (n_1) отражает достигнутый участком уровень специализации рабочих мест, показатели производительности труда и себестоимости обработки.

Второй параметр (n_2) рассчитывают по формуле

$$n_2 = \frac{F_{э.м} \cdot K_{сл} \cdot K_в}{K_{м.о} \sum_{i=1}^{K_0} T_i},$$

где $K_{м.о}$ – коэффициент, учитывающий затраты межоперационного времени;

$K_{сл}$ – коэффициент, учитывающий сложность и трудоемкость детали.

Второй параметр (n_2) учитывает и ограничивает допустимый объем незавершенного производства и связывания оборотных средств.

Э т а п 2. Найденные выше расчетные параметры n_1 и n_2 анализируют с целью удовлетворения требованиям технико-организационного порядка.

Важнейшим требованием является обеспечение кратности партии деталей размеру партии изделий на сборочной стадии n_{cb} , а также месячной программе выпуска N_m .

$$N_m = N_r / 24.$$

а) Кратность партии деталей ее размеру на сборочной стадии обеспечивается подбором целочисленного значения коэффициента кратности $n/n_{cb} = K_n = 1, 2, 3, \dots, n$. При этом для расчета берется минимальное значение n из двух, ранее найденных значений параметров партии n_1 и n_2 , $n = n_{\min}$.

Кратность партии деталей ее размеру на сборочной стадии определяется по зависимости

$$n' = K_n \cdot n_{cb}.$$

б) Кратность партии деталей месячной программе выпуска N_m обеспечивается установлением для нее нормальной периодичности повторения производства I_n .

Под периодом повторения производства, или ритмом партии, понимают отрезок времени между сроками запуска и выпуска двух смежных партий данного изделия.

Расчетная периодичность повторения i -х деталей будет

$$I_p = n' \cdot 22 / N_m.$$

Полученную расчетом периодичность необходимо согласовать с ее допустимыми нормативными значениями I_n .

За принимаемую периодичность повторения производства i -х деталей $I_{пр}$ берется большее ближайшее из значений I_n .

После этого выполняют вторую коррекцию принимаемого размера партии согласно условию

$$n'' = \frac{I_{пр} \cdot N_m}{22} < n_{\max}.$$

Размеры партий рассчитывают по всей номенклатуре деталей участка. При этом полученные значения периодичностей $I_{пр}$ в пределах одного участка не должны различаться более чем на 3-4 последовательно кратных значения, например, $I_n = 2,5; 5$ дней и т. д.

Из двух взаимосвязанных показателей – периодичность повторения $I_{пр}$ и размер партии n'' – главным является $I_{пр}$. Размер партии в штуках n'' является величиной, корректируемой в зависимости от объема выпуска.

1.2.2. Методические указания

При выполнении расчетов по данной работе рекомендуются следующие значения параметров, входящих в расчетные формулы:

1. Эффективный месячный фонд времени участка $F_{эм} = 10560$ мин.
2. Средний коэффициент выполнения норм по участку $K_v = 1,3$.
3. Коэффициент $K_{м.о}$, учитывающий затраты межоперационного времени, принимается в зависимости от габаритов, сложности и количества операций механической обработки детали K_0 :
крупногабаритные сложные детали $K_0 > 12$; $K_{м.о} = 0,75$;
среднегабаритные сложные детали $4 \leq K_0 \leq 12$; $K_{м.о} = 1,5$;
мелкие простые детали $1 \leq K_0 \leq 3$; $K_{м.о} = 2,5$.
4. Ряд допустимых (нормативных) периодичностей запуска партий деталей I_n представлен ниже:

Месяцы	$\frac{1}{22}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	[2]	3	[4]	6	[8]	12
Дни	1	2,5	5	11	22	[44]	66	[88]	132	[176]	264

Предпочтительные значения I_n даны без скобок.

5. Коэффициент $K_{сл}$, учитывающий сложность детали, принимается для сложных и трудоемких деталей равным 1, а для деталей средней сложности и трудоемкости равным 0,75.

Остальные данные, необходимые для расчетов, представляются в виде исходных значений в таблице вариантов заданий.

Т а б л и ц а 1.2.1

Варианты заданий

Номер варианта	$K_{з.о}$	K_0	N_M	$\sum_{i=1}^{K_0} T_i$	$n_{сб}$
1	4	10	530	50	20
2	7	9	220	63	15
3	2	11	990	58	10
4	2	10	314	168	5
5	2	38	2200	92	5
6	5	12	700	37	10
7	2	19	2000	50	10
8	24	21	40	230	4
9	12	10	150	61	10
10	25	9	60	63	10
11	33	10	30	120	4
12	3	29	1000	100	10
13	6	12	750	60	10
14	40	7	25	70	5

Пример определения нормальной величины партии деталей

Требуется определить нормальный размер партии среднегабаритной сложной детали. Исходные данные: $F_{зм} = 10560$ мин, $K_{з.о} = 6$, $K_{в} = 1,3$; $N_M = 600$ шт. Потребность на партию сборки $n_{сб} = 5$ шт. В соответствии с технологическим процессом деталь обрабатывают за

$K_0 = 10$ операций при суммарной трудоемкости $\sum_{i=1}^{K_0} T_i = 40$ мин.

$$1. \text{ Определяем } n_1: n_1 = \frac{10560 \cdot 10 \cdot 1,3}{6 \cdot 40} = 572 \text{ шт.}$$

2. Определяем n_2 . Для сложных деталей $K_{сл} = 1$; для среднегабаритных сложных деталей при $K_0 = 10$ $K_{м.о} = 1,5$.

$$n_2 = \frac{10560 \cdot 1 \cdot 1,3}{1,5 \cdot 40} = 228 \text{ шт. } (n_2 = n_{\min})$$

3. Округляем значение n_{\min} до величины, кратной $n_{сб} = 5$ шт.

$$n' = 230 \text{ шт.}$$

4. Определяем расчетную периодичность повторения партий (ритм партий) I_p :

$$I_p = \frac{230 \cdot 22}{600} = 8,4 \text{ дня.}$$

5. По ряду предпочтительных периодичностей принимаем $I_{пр} = 11$ дней.

6. Определяем нормальный размер партии.

$$n'' = \frac{11 \cdot 600}{22} = 300 \text{ шт.}$$

7. Проверяем выполнение условия $n_{\min} \leq n'' \leq n_{\max}$.

$$200 < 300 < 572.$$

Таким образом, установлено, что два раза в месяц (через 11 рабочих дней) требуется запускать в производство очередную партию деталей размером 300 шт

Порядок выполнения работы

1. Изучить основные теоретические положения по определению размера партии.

2. В последовательности, изложенной выше в примере расчета размера партии, определить нормальные партии для двух-четырех вариантов заданий.

3. Составить отчет.

Содержание отчета

1. Название работы.

2. Содержание варианта задания.
3. Сводная таблица расчетных параметров и результатов расчетов.
4. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Что называется производственной партией?
2. Что понимается под размером партии?
3. Какое влияние оказывает размер партии на производительность труда, снижение себестоимости детали и величину связывания оборотных средств в незавершенном производстве?
4. Какие расчеты размера партии деталей называют дифференцированными и на чем они базируются?
5. Какие показатели отражает параметр партии n_1 ?
6. Какие показатели отражает параметр партии деталей n_2 ?
7. Каким образом обеспечивается кратность партии деталей размеру сборочной партии $n_{сб}$ и месячной программе выпуска N_m ?
8. Что понимается под периодом повторения производства или ритмом партии?
9. Перечислите нормальные периоды повторения производства.
10. Напишите зависимость для определения n_1 .
11. Напишите формулу для определения n_2 .
12. Каким образом определяется расчетная периодичность производства T_p ?
13. По какой формуле определяется нормальный размер партии n'' ?

Работа 1.3

ВЫБОР ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И РАСЧЕТ ЕЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Цель работы – приобретение и закрепление навыков проектирования технологического процесса механической обработки на этапе выбора формы организации такого процесса и расчета ее основных параметров.

Работа рассчитана на два академических часа.

1.3.1. Методические указания

Выбор формы организации техпроцесса

ГОСТ 14.312-74 “Единая система технологической подготовки производства. Основные формы организации технологических процессов” устанавливает две формы организации технологических процессов: групповую и поточную. При поточной форме за каждым рабочим местом закреплена в течение года одна операция, время выполнения операций согласовано с учетом постоянства такта выпуска, рабочие места располагаются в последовательности, строго соответствующей технологическому процессу. При групповой форме за каждым рабочим местом закреплено в течение года несколько операций обработки деталей одного или разных типоразмеров, время выполнения операций не согласовано между собой, запуск изделий производится партиями. Расположение оборудования при этом может быть либо в порядке обработки типовой детали, либо по видам оборудования. В последнем случае детали после обработки на одном участке, на котором установлено оборудование одного типа, поступают в промежуточную кладовую, а оттуда – на другой участок, и так до полной обработки всей партии деталей [16].

Выбор формы организации технологического процесса производится на основании сравнения заданного, суточного выпуска изделий N_c и расчетной суточной производительности поточной линии при двухсменном режиме работы и ее загрузке не ниже 60% – Q_c . Если $N_c < Q_c$, то применение поточной формы организации технологического процесса нецелесообразно.

Рассмотрим методы расчета N_c и Q_c .

$$N_c = \frac{N}{253}.$$

Здесь N – заданный годовой выпуск данной детали; 253 – количество рабочих дней в году.

$$Q_c = \frac{F_c}{T_{cp}} \eta_3 = \frac{0,6F_c}{T_{cp}}.$$

Здесь F_c – суточный фонд времени работы оборудования, мин (при двухсменном режиме работы $F_c = 952$ мин); η_3 – коэффициент загрузки оборудования (принято, что $\eta_3 = 0,6$); T_{cp} – средняя трудоемкость основных операций, мин.

$$T_{cp} = \frac{\sum_i^n T_{ум_i}}{n},$$

где $T_{ум_i}$ – штучное время i -й основной операции, мин;

n – количество основных операций.

После выбора формы организации технологического процесса следует с учетом ранее установленного типа производства (с помощью коэффициента закрепления операций $K_{з.о.}$) выполнить расчет основных параметров принятой формы организации технологического процесса.

1.3.2. Расчет основных параметров принятой формы организации технологического процесса

Для поточной формы организации технологического процесса определяют:

1. Такт производства (в минутах)

$$T_{\tau} = \frac{60F_{\text{д}}}{N},$$

где $F_{\text{д}}$ – эффективный (действительный) годовой фонд времени работы оборудования; $F_{\text{д}} = 4015$ ч для поточной линии при двухсменной работе.

2. Расчетное количество станков на данной операции

$$m_{pi} = \frac{T_{ум_i}}{T_{\tau}},$$

где $T_{шт,i}$ – штучное время на i -й операции.

3. Принятое количество станков на данной операции m_{np} .

В качестве m_{np} принимается обычно ближайшее к m_p большее целое число. Например, если $m_p = 1,2$, то $m_{np} = 2$.

4. Коэффициент загрузки станка на данной операции

$$\eta_{з_i} = \frac{m_{p_i}}{m_{np_i}}$$

5. Средний коэффициент загрузки станков в поточной линии

$$\eta_{з_{сп}} = \frac{\sum_{i=1}^n \eta_{з_i}}{n}$$

где n – общее число операций в данном технологическом процессе. Для правильно разработанного технологического процесса $\eta_{з_{сп}}$ должен быть близок к нормативному значению $\eta_{зн}$ для данного типа производства. Для массового и крупносерийного производства $\eta_{зн} = 0,65 - 0,75$, для серийного – $\eta_{зн} = 0,75 - 0,85$, для мелкосерийного – $\eta_{зн} = 0,8 - 0,9$.

6. Цикл изготовления детали

$$T_{ц} = \sum_{i=1}^n T_{шт,i} \cdot K_{np}$$

где K_{np} – коэффициент, учитывающий время пролеживания деталей между операциями. Значение K_{np} зависит от организации производства, степени его механизации и автоматизации. Для поточной линии $K_{np} = 2-3$, для автоматической линии $K_{np} \leq 1,5$ [16].

7. Задел, т.е. количество деталей, находящихся в обработке и в местах для складирования на поточной линии.

Задел необходим для обеспечения непрерывной работы в течение смены всего оборудования механических и сборочных цехов и участков.

$$S = \sum_{i=1}^m p + \frac{K}{T_B} (T_{cm} + T_3 + T_c),$$

где p – количество одновременно обрабатываемых деталей на данном рабочем месте;

m – количество рабочих мест на поточной линии;

K – коэффициент, учитывающий неточность расчета, $K = 1,0-1,5$;

T_B – такт производства;

T_{cm} – время на смену и регулирование изношенного инструмента на данном рабочем месте, T_{cm} может приниматься по [10, с.209-210] либо по другим справочникам для нормирования техпроцессов механической обработки;

T_3 и T_c – время, на которое поточная линия должна быть обеспечена заготовками, а сборочная линия – обработанными деталями, изготавливаемыми на данной поточной линии, мин. Для укрупненных расчетов можно принимать $T_3 = T_c = 480$ мин.

Для групповой формы организации технологического процесса определяют:

1. Количество деталей в партии для одновременного запуска в производство. При укрупненном расчете n определяется по формуле

$$n = \frac{N \cdot \alpha}{253},$$

где α – периодичность запуска в днях. Рекомендуются следующие значения, α : 1; 2,5; 5, 11, 22, 66.

2. Расчетное число смен на обработку всей партии деталей на основных рабочих местах

$$C = \frac{T_{um-к.ср} \cdot n}{476 \cdot 0,8},$$

где 476 – действительный фонд времени работы оборудования в смену, мин;

0,8 – нормативный коэффициент загрузки станков в серийном производстве. Значение C округляется до принятого целого числа C_{np} .

3. Количество деталей в партии, необходимых для загрузки оборудования на основных операциях в течение целого числа смен:

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,8 C_{np}}{T_{шт-к.ср.}}$$

Уточненная методика определения n приведена в практической работе 1.2.

4. Расчетное количество станков данного типа

$$m_{рj} = \frac{\sum_{i=1}^r N_i \cdot T_{шт-к_i}}{60 F_0 K_e} = \frac{\sum_{i=1}^r N_i T_{шт_i} K_{н.з_i}}{60 F_a \cdot K_e},$$

где r – количество типоразмеров деталей, обрабатываемых на данном станке;

N_i – число деталей i -го типоразмера, обрабатываемых на данном станке в течение года;

$T_{шт-к_i}$ – штучно-калькуляционное время обработки на данном станке одной детали i -го типоразмера;

F_d – действительный годовой фонд времени работы единицы оборудования, ч;

K_e – коэффициент выполнения норм времени, он может быть принят для укрупненных расчетов равным $K_e = 1,3$;

$K_{н.з_i}$ – коэффициент, учитывающий долю затрат подготовительно-заключительного времени; при укрупненных расчетах можно принять $K_{н.з_i} = 1,05 \dots 1,1$.

5. Коэффициент загрузки станка данного типа

$$\eta_{зj} = \frac{\sum_{i=1}^r N_i \cdot T_{шт_i} \cdot K_{н.з_i}}{60 F_d K_e \cdot m_{np.j}},$$

где $m_{np.j}$ – принятое количество станков данного типа.

6. Средний коэффициент загрузки станков участка для групповой обработки

$$\eta_{з.ср} = \frac{\sum_{j=1}^L \eta_{зj}}{L},$$

где L – общее число станков на участке.

7. Количество деталей разных типоразмеров, но близких по конструктивно-технологическим признакам к рассматриваемой, которые можно обработать на станках участка для групповой обработки:

$$r = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ср.1}}$$

Этот параметр необходимо определить, если расчет m_p , $\eta_{з}$, $\eta_{ср}$ велся для детали одного типоразмера.

8. Производственный цикл изготовления детали

$$T_{ц} = T_{\Sigma} n_{np} + T_{np} K + T_{Т} (2K + 1),$$

где T_{Σ} – суммарная трудоемкость изготовления детали, мин;

T_{np} – время одного пролеживания детали в кладовой, в среднем $T_{np} = 900$ мин;

K – количество завозов деталей в промежуточные кладовые, $K = n - 1$, где n – число операций обработки детали;

$T_{Т}$ – длительность одного транспортирования партии деталей от станков в кладовую и обратно, в среднем $T_{Т} = 30$ мин; $(2K + 1)$ – количество транспортирований деталей с учетом транспортирования на сборку.

9. Необходимый задел деталей

$$S = T_{ц} \cdot N_{с},$$

где $T_{ц}$ – производственный цикл изготовления деталей в днях;

$N_{с}$ – суточный выпуск деталей. При двухсменном режиме работы и 8-часовом рабочем дне $T_{ц} = T_{ц} / 960$ (дней).

1.3.3. Пример

Произвести выбор формы организации технологического процесса изготовления детали типа “рычаг” и расчет ее основных параметров.

Исходные данные

Основными операциями изготовления рычага являются:

1. Фрезерная. Станок вертикально-фрезерный. Используется один инструмент. $T_{шт.} = 2,1$ мин.
2. Фрезерная. Станок горизонтально-фрезерный. Используется два инструмента. $T_{шт.} = 3,5$ мин.
3. Сверлильная. Станок вертикально-сверлильный. Используется три инструмента. $T_{шт.} = 5,5$ мин.

Рассмотрим два варианта условий обработки. I – годовой выпуск 300 шт. II – годовой выпуск 100000 шт.

Результаты расчетов сведены в табл. 1.3.1.

Т а б л и ц а 1.3.1

№ пп	Параметры технологического процесса	Результаты расчетов	
		I вариант	II вариант
1	2	3	4
1	Средняя трудоемкость основных операций	$T_{ср.} = \frac{2,1+3,5+5,5}{3} = 3,7$ мин	$T_{ср.} = 3,7$ мин
2	Заданный суточный выпуск деталей	$N_c = \frac{300}{253} = 1,2$ шт.	$N_c = \frac{100000}{253} = 395,3$ шт.
3	Расчетная суточная производительность	$Q_c = \frac{0,6 \cdot 952}{3,7} = 154,4$ шт.	$Q_c = \frac{0,6 \cdot 952}{3,7} = 154,4$ шт.
4	Такт производства	$T_{в.} = \frac{60 \cdot 4015}{300} = 803$ мин	$T_{в.} = \frac{60 \cdot 4015}{100000} = 2,41$ мин
5	Расчетное количество станков операция 1	$m_{p_1} = \frac{2,1 \cdot 1,05}{803 \cdot 1,3} = 0,002$	$m_{p_1} = \frac{2,1}{2,41} = 0,87$
	операция 2	$m_{p_2} = \frac{3,5 \cdot 1,05}{803 \cdot 1,3} = 0,0035$	$m_{p_2} = \frac{3,5}{2,41} = 1,45$
	операция 3	$m_{p_3} = \frac{5,5 \cdot 1,05}{803 \cdot 1,3} = 0,0055$	$m_{p_3} = \frac{5,5}{2,41} = 2,28$

1	2	3	4
6	Принятое количество станков операция 1 операция 2 операция 3	1 1 1	1 1 3
7	Коэффициент загрузки станка операция 1	$\eta_{z_1} = \frac{0,002}{1} = 0,002$	$\eta_{z_1} = \frac{0,87}{1} = 0,87$
	операция 2	$\eta_{z_2} = \frac{0,0035}{1} = 0,0035$	$\eta_{z_2} = \frac{1,45}{2} = 0,725$
	операция 3	$\eta_{z_3} = \frac{0,0055}{1} = 0,0055$	$\eta_{z_3} = \frac{2,28}{3} = 0,76$
8	Средний коэффициент загрузки станков	$\eta_{z_{cp}} = \frac{0,002 + 0,0035}{3} + \frac{0,0055}{3} = \frac{0,01}{3}$	$\eta_{z_{cp}} = \frac{0,87 + 0,725}{3} + \frac{0,76}{3} = \frac{2,355}{3} = 0,785$
9	Количество деталей разного типоразмера, которые можно обработать на данных станках	$r = \frac{0,8}{0,0037} = 216$	-
10	Количество деталей в партии	$n = \frac{300 \cdot 5}{253} = 5,93$	-
11	Расчетное число смен на обработку всей партии деталей	$C = \frac{3,7 \cdot 1,05 \cdot 5,93}{476 \cdot 0,8} = 0,06$	-
12	Принятое число смен на обработку всей партии деталей	$c_{np} = 1$	-
13	Принятое количество деталей в партии	$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 1}{3,7 \cdot 1,05} = 98$	-
14	Трудоемкость изготовления детали	$T_{\Sigma} = (2,1 + 3,5 + 5,5) \times 1,05 = 11,66$ мин	$\sum T_{шт} = 11,1$ мин
15	Цикл изготовления детали	$T_{ц} = 11,66 \cdot 98 + 900 \cdot 2 + 30(2 \cdot 2 + 1) = 1142,7 + 1800 + 150 = 3092,7$ мин = 3,22 дней	$T_{ц} = 11,1 \cdot 2 = 22,2$ мин

1	2	3	4
16	Время на смену и регулирование изношенного инструмента операция 1 операция 2 операция 3		$T_{см1} = 2,2 \text{ мин}$ $T_{см2} = 4,6 \text{ мин}$ $T_{см3} = 0,5 \cdot 3 = 1,5 \text{ мин}$ $\Sigma T_{см} = 2,2 + 4,6 + 1,5 = 8,3 \text{ мин}$
17	Необходимый задел деталей	$S = 3,22 \cdot 1,2 = 3,86 \text{ шт.}$	$S = 3 + 1,1/2,41 \times$ $\times (8,3 + 480 + 480) =$ $= 445 \text{ шт.}$

Порядок выполнения работы

1. Путем расчета и сопоставления значений N_c и Q_c произвести выбор формы организации технологического процесса для заданного преподавателем варианта условий его выполнения.

2. Для выбранной формы организации технологического процесса произвести расчет основных параметров в последовательности и по методике, описанным выше.

Если на первом этапе работы установлено, что целесообразна групповая форма организации техпроцесса, преподаватель по своему усмотрению может дополнить исходные данные информацией о загрузке станков за счет обработки деталей разных типоразмеров.

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Исходные данные.
3. Расчетные формулы и результаты расчетов.
4. Выводы.

Варианты заданий

№ пп	Наименование детали	Годовой выпуск, шт.	Наименование операций и основные условия их выполнения					
			оп. 005	оп. 010	оп. 015	оп. 020	оп. 025	оп. 030
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Вал	5000 150.000	Токарная, ст-к токарно-винторезный, 2 инструмента, T _{шт} =4,1 мин	Токарная, ст-к токарно-винторезный с ЧПУ, 3 инструмента, T _{шт} =6,7 мин	Токарная, ст-к токарно-винторезный с ЧПУ, 4 инструмента, T _{шт} =5,5 мин	Фрезерная, ст-к верт.-фрезерный с ЧПУ, 3 инструмента, T _{шт} =3,7 мин	Сверлильная, ст-к верт.-сверл. с ЧПУ, 2 инструмента, T _{шт} =4,5 мин	Шлифовальная, ст-к круглошлифовальн. с ЧПУ, 1 инструмент, T _{шт} =6,7 мин
2	Вал	3000 100.000	Центровальная, ст-к центровальный, 2 инструмента, T _{шт} =2,2 мин	Токарная, ст-к ток.-винт. с ЧПУ, 4 инструмента, T _{шт} =6,7 мин	Токарная, ст-к ток.-винт. с ЧПУ, 3 инструмента, T _{шт} =5,7 мин	Сверлильная, ст-к верт.-сверлильный с ЧПУ, 5 инструментов, T _{шт} =7,2 мин	Шлифовальная, ст-к круглошлифовальн. с ЧПУ, 1 инструмент, T _{шт} =3,5 мин	-
3	Зубчатое колесо	150.000 5000	Токарная, 6-шпнд. токарн. п/а, 8 инструментов, T _{шт} =3,1 мин	Токарная, 6-шпнд. токарн. п/а, 10 инструментов, T _{шт} =2,5 мин	Токарная, ток.-много-рези. п/а, 6 инструментов, T _{шт} =3,1 мин	Зубофрезерн., зубофрезерн. п/а, 1 инструмент T _{шт} =3718 мин	Шевинговальная, шевингов. п/а, 1 инструмент, T _{шт} =4,2 мин	Хонинговальная, хонинг. п/а, 1 инструмент, T _{шт} =3,1 мин

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	Кольцо	200.000 5000	Токарная, 6-шпинд. ток. автомат, 10 инстру- ментов, $T_{шт}=2,2$ мин	Токарная, 6-шпинд. ток.- многорезц. п/а, 4 инстру- мента, $T_{шт}=1,9$ мин	Шлифовальн., бесцентрово- шлифов. п/а, 1 инструмент, $T_{шт}=1,7$ мин	Шлифовальн., внутришли- фов. п/а, 1 инструмент, $T_{шт}=2,1$ мин	-	-
5	Кронштейн	100.000 5000	Протяжная, верт.- протяжной ст-к, 1 инст- румент, $T_{шт}=1,7$ мин	Фрезерная, горизонт.- фрезерный ст-к, 3 инстр., $T_{шт}=2,3$ мин	Свердильная, верт.- свердильный ст-к, 3 инстр., $T_{шт}=3,4$ мин	-	-	-
6	Вилка	100.000 1000	Фрезерная, горизонт.- фрезерный ст-к, 4 инстр., $T_{шт}=2,3$ мин	Свердильная, верт.- свердильный ст-к, 3 инстр., $T_{шт}=4,7$ мин	Фрезерная, верт.- фре- зерный ст-к, 1 инструмент, $T_{шт}=1,9$ мин	-	-	-

Контрольные вопросы

1. Какие существуют формы организации технологических процессов и каковы их основные признаки?
2. Что является основным критерием при выборе формы организации технологического процесса? Как производится расчет заданного суточного выпуска изделий и расчетной суточной производительности?
3. Что такое такт производства и как он рассчитывается?
4. Как определить расчетное и принятое количество станков на данной операции при поточной и групповой форме организации техпроцесса?
5. Как определить коэффициент загрузки станка? Каковы его нормативные значения для разных типов производства?
6. Как определить цикл изготовления детали при групповой и поточной формах организации техпроцесса?
7. Что такое заделы деталей, для чего они необходимы и как их рассчитать при поточной и групповой форме организации техпроцесса?
8. Как определить и откорректировать количество деталей в партии для одновременного запуска в производство при групповой форме организации техпроцесса?

Работа 1.4

АНАЛИЗ ОБЪЕКТА ПРОИЗВОДСТВА

Цель работы – приобретение практических навыков анализа детали, заданной для разработки технологического процесса механической обработки.

Работа рассчитана на два академических часа.

Основные положения

Процесс создания машины складывается, в основном, из двух взаимосвязанных частей: конструирования и изготовления. Эксплуатационные показатели качества машины зависят не только от ее конструкции, но в большей степени от технологии изготовления деталей и сборки их в изделие. Четкое уяснение служебного назна-

чения машины, конкретизация ее функций, выяснение области и условий эксплуатации, причин нарушения ее работоспособности и т.п. совершенно необходимо для обоснованной постановки задач на разработку технологических процессов изготовления и сборки всех ее составных частей.

После рассмотрения служебного назначения машины следует проанализировать заданную для проектирования технологии деталь с точки зрения ее роли в машине. При этом нужно установить, в какую простейшую сборочную единицу она входит и какие функций в ней выполняет, в какую более сложную сборочную единицу входит та в свою очередь и т.д., до машины в целом.

При анализе заданной для разработки технологии детали сначала следует характеризовать ее общую конструкцию, затем форму всех ее элементов и поверхностей, отметить наличие шлицев, шпоночных пазов, резьб, зубьев, канавок, профильных выступов или впадин и прочее. Нужно установить функциональную роль каждого элемента и поверхности детали. При этом следует иметь в виду, что с конструкторской точки зрения различают исполнительные и свободные поверхности, основные и вспомогательные базы.

Исполнительные (функциональные) поверхности позволяют детали, сборочной единице или машине выполнять свои рабочие функции.

К исполнительным поверхностям, как правило, предъявляются наиболее жесткие требования, причем они вытекают из функционального назначения и условий работы машины, сборочной единицы, детали и обычно подвергаются упрочнению при обработке (беговые дорожки в подшипниках качения, поверхности шариков и роликов; боковые поверхности зубьев в зубчатых передачах; поверхность резьбы в винтовых механизмах).

Свободные поверхности не выполняют никаких рабочих функций, предусмотренных служебным назначением детали, и не сопрягаются с поверхностями других деталей машины. Они лишь придают детали нужную конструктивную форму и, как правило, не обрабатываются.

Согласно ГОСТ 21495-76 по своему назначению базы делятся на конструкторские, технологические и измерительные. Основные и вспомогательные базы являются конструкторскими и принадлежат данной детали или сборочной единице. Первые из них (основные) определяют положение детали в изделии, вторые (вспомогательные) –

положение присоединяемых деталей или сборочных единиц. При сборке соединений основные базы одной детали опираются на вспомогательные базы другой. Между основными и вспомогательными базами всегда существуют размерные связи, определяющие их взаимное расположение в пространстве и реализуемые в виде линейных и угловых размеров. При анализе детали с точки зрения функционального назначения ее поверхностей рекомендуется строить схемы размерных цепей, характеризующие взаимосвязь конструкторских (основных и вспомогательных) баз между собой и исполнительными поверхностями. Это позволит в дальнейшем более обоснованно подойти к выбору технологических и измерительных баз и установлению последовательности обработки поверхностей детали.

Режимы и условия работы детали в машине и возможные причины ее выхода из строя должны быть рассмотрены наиболее подробно. При этом следует дать общую характеристику среды, в которой работает деталь (в изолированном или открытом внешним воздействиям пространстве, при какой температуре и давлении, при наличии или отсутствии смазки, абразивных частиц, агрессивных веществ и т.д.); выявить лимитирующие с точки зрения долговечности поверхности и дать описание условий их работы и механизма разрушения (усталость, изнашивание) в процессе эксплуатации; указать режимы работы этих поверхностей (передаваемое усилие, удельное давление, скорость относительного перемещения, величину и частоту знакопеременной нагрузки и т.д.); проанализировать материал детали (химический состав, механические и технологические свойства) [2].

Методические указания

В качестве задания на выполнение работы студентам выдается чертеж изделия, спецификация входящих в него сборочных единиц и деталей, техническая характеристика изделия. В качестве вариантов задания могут быть приняты, например, муфта предохранительная, червячный редуктор, механизм поворота, вакуум-насос, вариатор и др.

По указанию преподавателя студент анализирует одну из деталей изделия. Такими деталями могут быть, например, колесо зубчатое, вал, червячный вал, барабан и др.

Для наглядности рекомендуется вычертить эскиз детали, выделив утолщенными линиями поверхности или элементы, лимитирующие ее долговечность. На эскизе должны быть приведены размеры, параметры шероховатости и технические требования, относящиеся только к рассматриваемым лимитирующим поверхностям или элементам, а также габаритные размеры детали.

На основании проведенного анализа объекта производства следует сформулировать основные задачи, которые необходимо решить при разработке технологического процесса, в принципе наметить методы обработки детали, в особенности финишные, схемы базирования и прочие. Применительно к рассмотренным поверхностям и элементам детали нужно установить, какие параметры качества и в каких пределах необходимо обеспечить в результате выполнения технологического процесса для достижения требуемого ресурса работы детали. Такими параметрами могут быть: характеристики размерной и геометрической точности, качества поверхностей (шероховатость, микротвердость), физико-механические свойства материала детали и др. В результате рассмотрения материала детали должно быть сделано заключение о том, в какой мере он удовлетворяет ее служебному назначению, целесообразна ли его замена, общее или локальное упрочнение, какие методы предпочтительно использовать для упрочнения детали.

Пример. Изучение и анализ объекта производства – внутреннего кольца радиального двухрядного роликового сферического подшипника 53614.

Подшипники этого типа предназначены для работы в основном с радиальными нагрузками, но могут воспринимать и осевые усилия, действующие в обоих направлениях и не превышающие 25% неиспользованной допустимой нагрузки. Подшипники могут работать также при чисто осевом нагружении. Они имеют два ряда бочкообразных роликов, благодаря чему обладают значительно большей грузоподъемностью, чем аналогичные сферические шарикоподшипники. Рассматриваемые подшипники допускают значительный перекося осей внутреннего и наружного колец ($2-3^\circ$), так как дорожка качения роликов на наружном кольце у них имеет сферическую форму. Предельный угол поворота ограничивается условием сохранения контакта всех роликов обоих рядов со сферической поверхностью дорожки качения наружного кольца подшипника. Это по-

зволяет компенсировать погрешности обработки деталей и сборки различных сборочных единиц и механизмов, где применяются данные подшипники. Возможность поворота осей наружного и внутреннего кольца подшипника используется также в тех случаях, когда имеет место прогиб вала под действием больших усилий.

Роликовый подшипник 53614, в который входит рассматриваемая деталь (внутреннее кольцо), изготавливается в основном для безлицензионного потребителя, имеет расчетную грузоподъемность до 25 кН при максимальной частоте вращения – 2500 об/мин и допускает перекос оси внутреннего кольца относительно оси наружного до 2-3° [3]. Подшипник может работать в диапазоне температур от –60 до +100°С. При наличии смазки в виде масляного тумана это не оказывает существенного влияния на его грузоподъемность. Расчетная долговечность подшипника зависит от воспринимаемой радиальной и осевой нагрузки и числа оборотов вала. Рекомендуемая долговечность подшипников для общего машиностроения составляет 2500-10000 часов.

Внутреннее кольцо подшипника (рис.1.4.1) имеет в качестве исполнительных поверхностей сферические дорожки качения 1. Эти же поверхности являются вспомогательными конструкторскими базами, так как к ним присоединяются или, точнее, на них опираются ролики подшипника. Основной конструкторской базой кольца является внутренняя цилиндрическая поверхность 2, так как она служит для посадки подшипника на сопрягаемый вал. Торцовые поверхности 3 при работе подшипника выполняют вспомогательные функции. Они могут использоваться для ориентирования подшипника на валу в осевом направлении и также являются основными конструкторскими базами.

Требования к точности размеров и шероховатости поверхностей приведены на рис. 1.4.1. По взаимному расположению к исполнительным поверхностям и базам предъявляются следующие требования: радиальное и взаимное биение дорожек качения не более 0,013 мм, разность диаметров обеих дорожек не более 0,015 мм, отклонения по наклону дорожек качения от номинального расположения не более $\pm 0,010$ мм на базовом расстоянии 10 мм от торца детали, что оказывает существенное влияние на величину линейного контакта кольца с роликами.

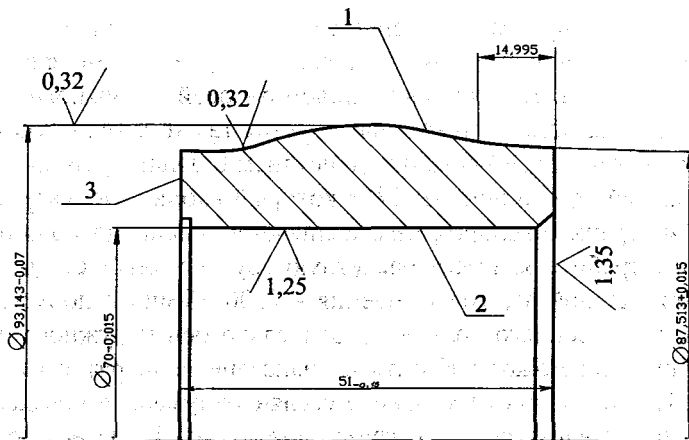


Рис. 1.4.1. Внутреннее кольцо подшипника

Внутреннее кольцо подшипника изготавливается из стали ШХ15, имеющей следующий химический состав: 0,95-1,05% С, 0,2-0,4% Мп, 0,17-0,34% Si, 1,3-1,65% Cr, 0,30% Ni при содержании примесей не более 0,02% Р, 0,02% S, 0,25% Cu.

Механические свойства стали ШХ15 после закалки и отпуска составляют $G_{\text{вн}} = 2500-2600$ МПа, $G-1 = 665$ МПа, $a_n = 20-25$ кДж/м, твердость 61-63 HRC₃. Технологические свойства: в горячем состоянии (1150-800°C) шарикоподшипниковая сталь легко куется, поддается деформации прокаткой и высадкой. Обрабатываемость резанием в отожженном состоянии хорошая. Наиболее благоприятной структурой для обработки точением является однородный мелкозернистый перлит с твердостью 187-207 НВ.

Дорожки качения колец подшипника работают при значительных контактных напряжениях, достигающих 6000 МПа, и являются лимитирующими с точки зрения их долговечности.

При работе подшипника каждый элемент поверхности дорожек качения испытывает циклические переменные напряжения, в результате чего на рабочих поверхностях возникают усталостные трещины, приводящие к хрупкому разрушению материала в зоне контакта. Преобладающим видом разрушения, вызываемого контактной усталостью рабочих поверхностей, является выкрашивание материала в виде мелких раковин (питтингов) или отслаивание элементов материала.

На основании изложенного можно констатировать, что внутреннее кольцо подшипника является ответственной, тяжело нагруженной деталью. Основные задачи по его обработке состоят в обеспечении размерно-геометрической точности, высокой твердости и стойкости к усталостному износу дорожек качения. При этом должны быть обеспечены высокая производительность и экономичность технологического процесса. Заданные показатели внутреннего кольца подшипника достигаются в технологическом процессе при использовании заготовки в виде трубы обычно следующей последовательностью операций: токарная обработка дорожек качения фасонным резцом, термическая обработка (закалка при температуре 850°-860°С и отпуск при температуре 150-160°С), шлифование и полирование дорожек качения.

Для повышения долговечности внутреннего кольца подшипника можно рекомендовать следующие мероприятия:

1. Получение заготовки методом горячей раскатки. При этом происходит ориентация волокон в продольном направлении. Контактная выносливость материала при продольном расположении волокон в 1,5-2,0 раза больше, чем при их поперечном расположении.

2. При окончательном шлифовании беговых дорожек следует применять выхаживание в течение 6 секунд, что улучшает физико-механические свойства поверхностного слоя.

Однако экономически более целесообразно применять шлифование для обработки поверхности с шероховатостью $Ra = 1,25-0,32$ мкм с последующим полированием для снижения шероховатости до $Ra = 0,32-0,04$ мкм. При полировании также улучшаются физико-механические свойства поверхностного слоя.

Перечисленные мероприятия повышают долговечность изделия, но увеличивают трудоемкость его изготовления. Поэтому для решения вопроса о целесообразности их применения требуется экономическое обоснование.

Порядок выполнения работы

1. Изучить служебное назначение изделия и дать его описание.
2. Изучить назначение обрабатываемой детали как составной части сборочной единицы.

3. Проанализировать служебное назначение отдельных элементов детали и поверхностей.

4. Собрать сведения о материале детали, физико-механических свойствах материала, его химическом составе. Оценить его соответствие целевому назначению детали.

5. Установить требования к долговечности детали, износостойкости ее поверхностей и к другим эксплуатационным характеристикам.

6. Изучить режимы и условия работы лимитирующих поверхностей или элементов детали и выявить возможные причины выхода ее из строя.

7. Дать предложения по отделочной и упрочняющей обработке лимитирующих поверхностей с целью обеспечения долговечности детали или по замене материала детали и технологии ее изготовления.

8. Составить отчет.

Примечание. Задание и набор справочного материала, необходимого для выполнения практической работы, выдается преподавателем.

Содержание отчета

1. Название работы и содержание задания.

2. Эскиз анализируемой детали с обозначением рабочих поверхностей и технических требований к ней. Характеристика материала.

3. Результаты анализа служебного назначения узла, детали и отдельных элементов и поверхностей детали.

4. Результаты анализа условий работы и причин возможного выхода детали из строя.

5. Предложения по отделочной и упрочняющей обработке рабочих поверхностей детали, выводы о соответствии материала детали заданной долговечности.

Работа № 1.5

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО ВАРИАНТА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ ПО МИНИМАЛЬНОЙ СЕБЕСТОИМОСТИ

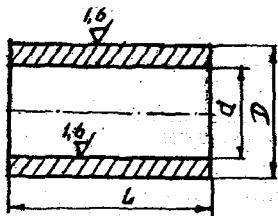
Цель работы – приобретение практических навыков расчета технологической себестоимости операций механической обработки

и выбора рационального варианта операции по минимальной себестоимости обработки.

Работа рассчитана на два академических часа.

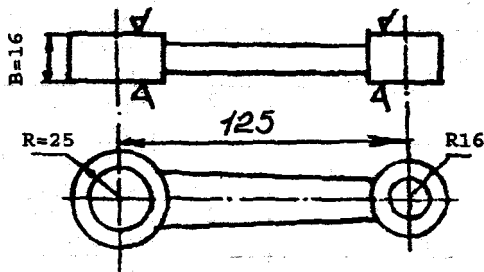
Методические указания

Варианты индивидуальных заданий на выполнение работы приведены в табл. 1.5.1 и 1.5.2.



Сталь 40, 250HB

Рис. 1.5.1. Втулка



Сталь 40, 240HB

Рис. 1.5.2. Шатун

Т а б л и ц а 1.5.1

Варианты задач для сравнения себестоимости обработки цилиндрических поверхностей втулки

№ задачи	Размеры		Варианты	Метод обработки и модель станка	Разряд	T _{всп.к.} мин.
	d(D)	L				
1	2	3	4	5	6	7
1	50 ^{+0,039}	40	1	Тонкое растачивание на станке мод. 16K04B	3	1,86
			2	Шлифование на станке модели 3K227B	3	4,6
2	50 ^{+0,039}	40	1	Развертывание на станке модели 2H135	2	3,8
			2	Протягивание на станке модели 7B55	2	0,6

1	2	3	4	5	6	7
3	40 ^{+0,027}	50	1	Развертывание на станке модели 2Н135	2	4,53
			2	Тонкое растачивание на станке мод. 16К04В	3	2,2
4	40 ^{+0,027}	30	1	Развертывание на станке модели 2Н135	2	2,86
			2	Шлифование на станке модели 3К227В	3	3,6
5	48 ^{+0,039}	60	1	Тонкое растачивание на станке мод. 16К04В	3	2,8
			2	Протягивание на станке модели 7Б55	2	0,8
6	80 _{-0,03}	50	1	Наружное шлифование на станке мод. 3М151	3	3,2
			2	Тонкое точение на станке модели 16К04В	3	2,3
7	80 _{-0,03}	40	1	Наружное шлифование в центрах на станке модели 3М151	3	2,4
			2	Бесцентровое шлифование на станке модели 3М184	2	0,3
8	60 _{-0,03}	50	1	Тонкое точение наружной поверхности на станке модели 16К04В	3	2,4
			2	Бесцентровое шлифование на станке модели 3М184	2	0,4

При сравнении вариантов обработки цилиндрических поверхностей из табл. 1.5.1 в качестве исходных данных следует принимать: материал втулки – сталь 40, 250 НВ, производство крупносерийное, объем выпуска – 20000 шт. в год.

При сравнении вариантов обработки плоских поверхностей из табл. 1.5.2 в качестве исходных данных следует принимать: материал шатуна – сталь 40, 240 НВ, производство крупносерийное, объем выпуска – 25000 шт. в год.

В табл. 1.5.2 – Т – поле допуска на размер; Z – припуск на сторону; Ra – шероховатость обработанной поверхности.

Варианты задач для сравнения себестоимости обработки
цилиндрических поверхностей шатуна

№ задачи	T, мм	Z, мм	Ra, мкм	Варианты	Метод обработки и модель станка	Разряд	T _{шт-к} , мин
1	0,12	0,3	2	1	Тонкое фрезерование на станке модели 6P10	3	3,0
				2	Наружное протягивание на станке модели 7Б74	2	0,4
2	0,35	2	12	1	Строгание на станке модели 7Е35	2	4,0
				2	Фрезерование на станке модели 6P11	2	1,0
3	0,07	0,2	1	1	Шлифование на станке модели 3Г71М	3	4,2
				2	Шлифование на станке с круглым столом модели 3Д756	3	0,3

Наиболее выгодным признается тот вариант обработки, у которого величина приведенных затрат на единицу продукции будет минимальной [1, 2]. Для выявления его необходимо определить приведенные часовые затраты на рассматриваемых рабочих местах.

Часовые приведенные затраты $C_{п.з}$ включают: текущие затраты по наиболее часто изменяющимся статьям (заработную плату операторам и наладчикам, расходы по содержанию и эксплуатации машин, а также приведенные к текущим затратам и часу работы капитальные вложения, относящиеся к данному рабочему месту, в оборудование и здание).

$$C_{п.з} = \frac{C_3}{M} + C_{ч.з} + E_n(K_c + K_3),$$

где C_3 – основная и дополнительная заработная плата с начислениями на социальное страхование и приработок, руб./ч;

M – количество обслуживаемых одним рабочим станков, шт.;

$C_{ч.з}$ – практические часовые затраты по эксплуатации рабочего места, руб./ч;

E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений ($E_n = 0,15$);

K_c – удельные капитальные вложения в станок, руб./ч;

K_3 – удельные капитальные вложения в здание, руб./ч.

Основная и дополнительная заработная плата с начислениями и приработком определяется по формуле

$$C_3 = C_{т.ф.} \cdot 2,66 \cdot K,$$

где 2,66 – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату, начисления на социальное страхование и приработок;

$C_{т.ф.}$ – часовая тарифная ставка сдельщика-станочника соответствующего разряда, руб./ч;

K – коэффициент, учитывающий зарплату наладчика.

Практические часовые затраты по эксплуатации рабочего места можно рассчитать по формуле

$$C_{ч.з} = C_{ч.з}^{б.м.} \cdot K_m,$$

где $C_{ч.з}^{б.м.}$ – практические часовые затраты на базовом рабочем месте, руб./ч;

K_m – коэффициент, показывающий, во сколько раз затраты, связанные с работой данного станка, больше затрат на базовом рабочем месте.

Удельные часовые капитальные вложения в станок и здание для серийного производства соответственно определяются:

$$K_c = \frac{Ц \cdot 100}{\Phi_d \cdot \eta_3}; \quad K_3 = \frac{F \cdot 250000 \cdot 100}{\Phi_d \cdot \eta_3},$$

где $Ц$ – первоначальная балансовая стоимость станка, руб.;

Φ_d – действительный фонд времени работы станка, ч;

η_3 – коэффициент загрузки станка;

250000 – средняя стоимость здания, приходящаяся на 1 м² производственной площади, руб.;

F – производственная площадь, занимаемая станком с учетом проходов, м².

Первоначальная балансовая стоимость станка

$$Ц = P \cdot 1,1,$$

где P – оптовая цена станка по прейскуранту, руб.;

1,1 – коэффициент, учитывающий затраты на транспортирование станка и его монтаж.

Производственная площадь с учетом проходов определяется:

$$F = f \cdot K_f,$$

где f – площадь станка в плане, м²;

K_f – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь на проходы, проезды.

Технологическая себестоимость операции механической обработки по приведенным затратам рассчитывается по формуле

$$C_0 = \frac{C_{п.з} \cdot T_{шт.(шк-к)}}{60},$$

где T_{шт(шк-к)} – штучное или штучно-калькуляционное время на выполнение операции, мин;

60 – коэффициент для перевода стоимости станко-часа в станко-минуты.

Величина приведенной годовой экономии от применения более экономичного варианта обработки определяется, руб.:

$$\mathcal{E}_r = (C'_0 - C''_0) \cdot N,$$

где C'₀ и C''₀ – технологические себестоимости сравниваемых вариантов операций, руб.;

N – годовая программа, шт.

Часовые тарифные ставки рабочих-станочников приведены в табл. 1.5.3.

Т а б л и ц а 1.5.3

Часовые тарифные ставки рабочих, руб.

Тарифные разряды	1	2	3	4	5	6
Тарифные коэффициенты	1,0	1,6	2,0	2,15	2,49	2,89
Часовая тарифная ставка $C_{т.ф.}$	299	478	598	658	747	867

В серийном производстве наладка станка осуществляется самим оператором и коэффициент, учитывающий зарплату наладчика, принимается $K = 1$. Количество станков, обслуживаемых одним рабочим, в данной лабораторной работе $M = 1$.

Практические часовые затраты на базовом рабочем месте для крупносерийного производства равны 44,6 руб./час.

Основные сведения о металлорежущих станках и значения коэффициентов K_m приведены в табл. 1.5.4.

Т а б л и ц а 1.5.4

Оптовые цены, габариты и значения коэффициента K_m металлорежущих станков

Наименование станка	Модель	Оптовая цена Р, руб. × 1000	Габариты В × Н, мм	K_m
Вертикально-сверлильный	2Н135	1500	1240 × 810	0,9
Бесцентрово-шлифовальный	3М184	11000	3500 × 2200	3,3
Горизонтально-протяжной	7Б55	11150	6000 × 1430	3,0
Внутришлифовальный	3К227В	15950	2300 × 1280	2,2
Вертикально-фрезерный	6Р10	2800	1720 × 1750	1,2
Вертикально-фрезерный	6Р11	2600	2100 × 1780	0,9
Вертикально-протяжной	7Б74	9000	2210 × 1435	2,5
Поперечно-строгальный	7Е35	3100	2470 × 1260	0,9
Плоскошлифовальный	3Г71М	2250	2500 × 1590	1,6
Плоскошлифовальный с круглым столом	3Д756	15000	2770 × 2305	2,3
Круглошлифовальный	3М151	13000	3100 × 2100	2,7
Токарно-винторезный высокой точности	16К04В	4000	2522 × 1166	1,2

Коэффициент загрузки станков рекомендуется принимать для крупносерийного производства равным 0,8, а действительный годовой фонд времени $\Phi_d = 4015$ ч.

Производственная площадь, занимаемая станком, с учетом проходов не может быть меньше 6 м^2 . Поэтому если произведение $f K_f$ окажется меньше этого значения, то производственную площадь принимают равной 6 м^2 .

Площадь станка в плане определяется умножением габаритных размеров станка $B \times H, \text{ м}^2$. Значения коэффициента K_f в зависимости от величины площади станка в плане принимаются по табл. 1.5.5.

Т а б л и ц а 1.5.5

Значения коэффициента K_f

Площадь станка в плане, м^2	До 2-х	2-4	4-6	6-10	10-20	Св. 20
K_f	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5

При анализе себестоимости сравниваемых операций, для наглядности, рекомендуется построить в одинаковом масштабе соответствующие диаграммы.

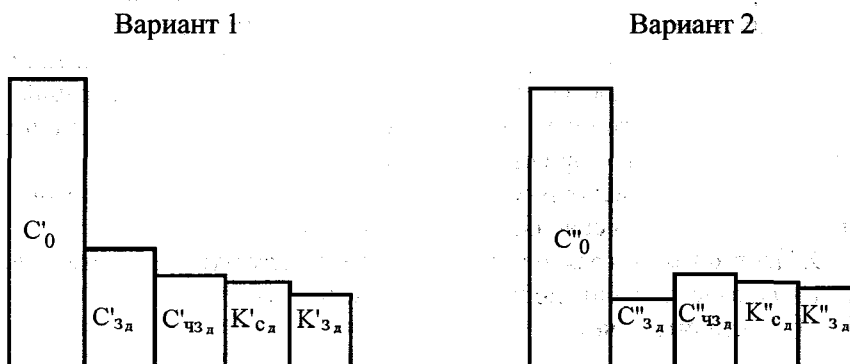


Рис. 1.5.3. Диаграмма величины себестоимости и ее структурных элементов

Структурные элементы технологической себестоимости для каждого варианта определяются по формулам:

1. Доля заработной платы в технологической себестоимости операции, руб.:

$$C_{з.д} = \frac{C_3 \cdot T_{шт.-к.}}{M \cdot 60};$$

2. Доля затрат по эксплуатации рабочего места, руб.:

$$C_{ч.з.д} = \frac{C_{ч.з.} \cdot T_{шт.-к.}}{60};$$

3. Доля удельных капитальных вложений в станки, руб.:

$$K_{C_d} = \frac{E_n \cdot K_c \cdot T_{шт.-к.}}{60};$$

4. Доля удельных капитальных вложений в здание, руб.:

$$K_{з.д} = \frac{E_n \cdot K_з \cdot T_{шт.-к.}}{60}.$$

Все расчеты в работе следует выполнять с помощью микрокалькуляторов “Электроника СЗ-07” и др.

Порядок выполнения работы

1. Определить заработную плату по сравниваемым вариантам операций.
2. Определить часовые затраты по эксплуатации рабочих мест.
3. Определить удельные капитальные вложения в станки.
4. Определить удельные капитальные вложения в здание.
5. Определить часовые приведенные затраты по вариантам операций.
6. Определить технологическую себестоимость вариантов операций.
7. Определить годовой экономический эффект от применения более экономичного варианта операции.
8. Определить величину структурных элементов технологической себестоимости сравниваемых операций.
9. Построить диаграммы себестоимости и структурных элементов.
10. Провести анализ полученных результатов.
11. Составить отчет.

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Содержание задачи.

3. Эскиз обработки с указанием размеров детали, точности обработки и шероховатости поверхности.
 4. Сводная таблица результатов расчета технологической себестоимости, ее структурных элементов и экономического эффекта.
 5. Диаграммы себестоимости и ее структурных элементов.
 6. Анализ результатов сравнения экономичности вариантов обработки.
 7. Выводы.
- Общие требования и правила оформления отчета по лабораторной работе по СТП 01-01.02.

Контрольные вопросы

1. Из каких структурных элементов состоят приведенные часовые затраты?
2. Как определяется зарплата с начислениями?
3. Как определяются часовые затраты по эксплуатации рабочего места?
4. Как определяются удельные капитальные вложения в станки?
5. Как определяются удельные капитальные вложения в здание?
6. Как определяется технологическая себестоимость операции?
7. Как определяется годовой экономический эффект?
8. Как определяется производственная площадь, занимаемая станком?
9. Как определяется балансовая стоимость станка?

Работа 1.6

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Цель работы: 1) изучить методы снижения расхода электроэнергии при обработке деталей на станках; 2) изучить методику выполнения соответствующих расчетов.

Работа рассчитана на 4 академических часа.

1.6.1. Мероприятия по снижению механических потерь в производственном оборудовании, приводящих к экономии электроэнергии

Экономический эффект от оптимальных технологических режимов, повышения загрузки оборудования, повышения его производительности может измеряться десятками процентов экономии электроэнергии.

Внедрение скоростных методов обработки (скоростного фрезерования, сверления, шлифования) снижает расходы электроэнергии на 25-30%.

Замена строгания фрезерованием снижает расход электроэнергии на 40%.

Уменьшение припусков на заготовках (точное литье, литье по выплавляемым моделям и т.д.) снижает расход электроэнергии на 50%.

Высадка и электровысадка деталей вместо их обработки на металлорежущих станках дают до 50% экономии электроэнергии при одновременном сокращении отходов металла до 40% и повышении производительности труда.

Замена подшипников скольжения на подшипники качения сокращает расход электроэнергии до 12%.

Своевременная смазка оборудования и замена СОЖ дают экономию электроэнергии до 10%.

Своевременная замена инструментов дает экономию электроэнергии до 30% [64].

1.6.2. Эффективность замены незагруженных электродвигателей электродвигателями меньшей мощности

Если средняя нагрузка электродвигателя составляет менее 45% номинальной мощности, то замена его менее мощным электродвигателем всегда целесообразна и проверка расчетами не требуется.

При нагрузке электродвигателя более 70% номинальной мощности можно считать, что замена его нецелесообразна.

При нагрузке электродвигателя в пределах 45-70% номинальной мощности целесообразность его замены должна быть подтверждена уменьшением суммарных потерь активной мощности в электрической системе и электродвигателе [34].

Эти суммарные потери активной мощности могут быть определены по формуле

$$\Delta P_{\text{сумм}} = [Q_x(1 - K_{\text{н2}}) + K_{\text{н2}}Q_{\text{н}}] \times K_3 + \Delta P_x + K_{\text{н2}} \times \Delta P_{\text{а.н}},$$

где $Q_x = \sqrt{3}U_{\text{н}}I_x$ – реактивная мощность, потребляемая электродвигателем из сети при холостом ходе, квар;

I_x – ток холостого хода электродвигателя, А;

$U_{\text{н}}$ – номинальное напряжение электродвигателя, В;

$K_{\text{н}} = P / P_{\text{н}}$ – коэффициент нагрузки электродвигателя;

P – средняя нагрузка электродвигателя, кВт;

$P_{\text{н}}$ – номинальная мощность электродвигателя, кВт.

$Q_{\text{н}} = \frac{P_{\text{н}}}{\eta_{\text{д}}} \text{tg}\varphi_{\text{н}}$ – реактивная мощность электродвигателя при номинальной нагрузке, квар;

$\eta_{\text{д}}$ – КПД электродвигателя при полной нагрузке;

$\text{tg}\varphi_{\text{н}}$ – производная от номинального коэффициента мощности электродвигателя;

K_3 – коэффициент повышения потерь.

$$\Delta P_x = P_{\text{н}} \left(\frac{1 - \eta_{\text{д}}}{\eta_{\text{д}}} \right) \cdot \left(\frac{\gamma}{1 + \gamma} \right) - \text{потери активной мощности при}$$

холостом ходе электродвигателя, кВт.

$$\Delta P_{\text{а.н}} = P_{\text{н}} \left(\frac{1 - \eta_{\text{д}}}{\eta_{\text{д}}} \right) \cdot \left(\frac{1}{1 + \gamma} \right) - \text{прирост потерь активной мощно-}$$

сти в электродвигателе при нагрузке 100%, кВт.

$\gamma = \frac{\Delta P_x}{\Delta P_{\text{а.н}}}$ – коэффициент, зависящий от конструкции электро-

двигателя и определяемый из выражения $\gamma = \frac{\Delta P_x}{(1 - \eta_{\text{н}}) - \Delta P_x}$, %;

ΔP_x , % – потери х.х. в процентах активной мощности, потребляемой двигателем при 100% нагрузке.

Пример. Электродвигатель А92-2 пресса мощностью $P_n = 125$ кВт работает с нагрузкой 70 кВт. Необходимо проверить эффективность его замены электродвигателем $P_n = 75$ кВт. Коэффициент повышения потерь принимаем $K_p = 0,1$ кВт/квар.

Параметры электродвигателя А92-2: $P_n = 125$ кВт; $U_n = 380$ В; $\eta_n = 0,92$; $\cos\varphi = 0,92$; $I_x = 71$ А; $\Delta P_x = 4,4$ кВт.

Определяем $Q_x = \sqrt{3} U_n I_x = \sqrt{3} \times 380 \times 71 \times 10^{-3} = 46,6$ квар.

$$Q_n = \frac{125}{0,92} \times 0,426 = 58 \text{ квар.}$$

$$K_n = \frac{P}{P_n} = \frac{70}{125} = 0,7.$$

$$\gamma = \frac{\Delta P_x}{(100 - \eta_n) - \Delta P_x} = \frac{4,4}{(100 - 92) - 4,4} = 1,22.$$

$$\Delta P_{a.n} = P_n \left(\frac{1 - \eta_n}{\eta_n} \right) \left(\frac{1}{1 + \gamma} \right) = 125 \times \left(\frac{1 - 0,92}{0,92} \right) \left(\frac{1}{1 + 1,22} \right) = 4,9 \text{ кВт.}$$

$$\Delta P'_{\text{сум}} = 46,6 [(1 - 0,72) + 0,72 \times 58] \times 0,1 + 4,4 + 0,72 \times 4,9 = 11,99 \text{ кВт.}$$

Параметры электродвигателя А82-2: $P_n = 75$ кВт; $U_n = 380$ В; $\eta_n = 0,91$; $\cos\varphi = 0,92$; $I_x = 71$ А; $\Delta P_x = 3,2$ кВт.

Определяем:

$$Q_x = \sqrt{3} \times 380 \times 71 \times 10^{-3} = 27,9 \text{ квар;}$$

$$Q_n = \frac{75}{0,91} \times 0,426 = 35 \text{ квар;}$$

$$K_n = \frac{70}{75} = 0,93;$$

$$\gamma = \frac{3,2}{(100 - 91) - 3,2} = 0,57;$$

$$\Delta P_{\text{а.н}} = 75 \frac{1 - 0,91}{0,91} \times \frac{1}{1 + 0,57} = 4,36 \text{ кВт};$$

$$\begin{aligned} \Delta P''_{\text{сум}} &= [27,9(1 - 0,932) + 0,932 \times 35] \times 0,1 + 3,2 + \\ &+ 0,932 \times 4,36 = 10,4 \text{ кВт}. \end{aligned}$$

В результате замены незагруженного электродвигателя получим снижение потерь активной мощности в двигателе и электрических сетях:

$$\Delta P = \Delta P' - \Delta P'' = 11,99 - 10,4 = 1,59 \text{ кВт}.$$

Мероприятия по замене электродвигателя оправданы при недостаточном использовании оборудования и в перспективе могут служить препятствием для полного использования оборудования при совершенствовании технологии.

Порядок выполнения работы

В соответствии с заданием определить:

- а) реактивную мощность, потребляемую электродвигателем из сети при холостом ходе, Q_x ;
 - б) реактивную мощность электродвигателя при номинальной нагрузке;
 - в) коэффициент нагрузки электродвигателя K_n ;
 - г) коэффициент γ ;
 - д) прирост потерь активной мощности в электродвигателе при нагрузке 100% - $\Delta P_{\text{а.н}}$;
 - е) суммарные потери активной мощности $\Delta P_{\text{сум}}$ (расчеты производятся для случая установленного электродвигателя и замененного);
 - ж) снижение потерь активной мощности в двигателе $\Delta P = \Delta P' - \Delta P''$.
- Варианты заданий приведены в табл. 1.6.1.

Варианты заданий

№ варианта	Тип электродвигателя	Параметры установленного электродвигателя							Коэффициент повышения потерь K_p , кВ/квар	Тип заменяемого электродвигателя	Параметры установленного электродвигателя					
		Мощность $P_{\text{н}}$, кВт	Нагрузка $R_{\text{н}}$, кВт	Напряжение $U_{\text{н}}$, В	$\eta_{\text{н}}$	$\varphi_{\text{ном}}$	$I_{\text{хх}}$, А	$\Delta P_{\text{х}}$, кВт			Мощность $P_{\text{н}}$, кВт	Напряжение $U_{\text{н}}$, В	$\eta_{\text{н}}$	$\varphi_{\text{ном}}$	$I_{\text{х}}$, А	$\Delta P_{\text{х}}$, кВт
1	A72-6	20	9	380	0,89	0,89	38	1,5	0,1	A62-6	10	380	0,91	0,9	20	0,75
2	A71-6	14	8	380	0,9	0,92	25	1,2	0,15	A62-6	10	380	0,91	0,9	20	0,75
3	A72-6	20	10	380	0,89	0,92	37	1,5	0,1	AO62-2	10	380	0,92	0,92	20	0,9
4	A52-6	4,5	2,2	380	0,9	0,92	9	0,6	0,15	A51-6	2,8	380	0,91	0,92	5	0,3
5	A61-8	4,5	1,7	380	0,9	0,92	9	0,6	0,1	A42-6	1,7	380	0,92	0,91	3	0,2
6	АП61-4	10	6,5	380	0,89	0,9	19	0,9	0,15	A62-6	7	380	0,91	0,9	20	0,9
7	АП81-8	20	10	380	0,9	0,92	38	1,7	0,15	АП71-8	10	380	0,91	0,92	20	0,9
8	A-61-8	4,5	1,6	380	0,91	0,9	8	0,5	0,1	A42-6	1,7	380	0,92	0,91	3	0,2
9	AO42-2	2,8	0,6	380	0,9	0,92	5	0,3	0,15	AO31-2	0,6	380	0,92	0,91	1	0,1

Контрольные вопросы

1. Целесообразна ли замена электродвигателя при его нагрузке 70% и более?
2. Как рассчитывается коэффициент нагрузки электродвигателя?
3. Что такое реактивная мощность?
4. Как определяется коэффициент γ ?
5. В каких единицах измеряется реактивная мощность?
6. Как определить реактивную мощность электродвигателя при номинальной нагрузке?
7. Как определить потери активной мощности при холостом ходе электродвигателя?
8. Как определить прирост потерь активной мощности в электродвигателе при нагрузке 100%?

1.6.3. Экономия электроэнергии путем установки автоматических ограничителей холостого хода рабочих машин

Применение ограничителей холостого хода (х.х.) на станках, имеющих межоперационное время (время холостого хода) 10 с и более, приводит к экономии электроэнергии.

Когда межоперационное время менее 10 с, вопрос об эффективности ограничителей х.х. необходимо решать путем расчета.

Для расчета эффективности необходимо иметь следующие данные:

мощность х.х. P_0^n , которая определяется как сумма механической мощности х.х. системы электропривода P_M^n и потери мощности в стали электродвигателя ΔP_x ;

номинальную мощность электродвигателя $P_{д.н.}$, кВт;

продолжительность межоперационного времени $T_{всп.}$, с;

число циклов работы Z , ч.

По этим данным определяются коэффициенты а и в:

$$a = \frac{P_0^n}{P_{д.н.}}$$

$$b = \frac{1}{4T_{всп.}}$$

Зная эти коэффициенты, по диаграмме на рис. 1.6 определяем показатель эффективности ϵ .

С помощью ϵ определяется часовая экономия электроэнергии системы электропривода, кВт·ч:

$$\Delta \Theta = \epsilon \times \frac{Z \times P_{\text{д.н}} \times T_{\text{всп}}}{3600}.$$

Пример. Револьверный станок с электродвигателем мощностью $P_{\text{д.н}} = 5,8$ кВт имеет $P_0^n = 1,25$ кВт. Время холостого хода $T_{\text{всп}} = 16$ с. Число циклов $Z = 38$ цикл/ч.

$$a = \frac{1,25}{5,8} = 0,215; \quad b = \frac{1}{4 \times 16} = 0,0156.$$

Из диаграммы (рис. 1.6.1) находим $\epsilon = 0,175$.
Ожидаемая часовая экономия электроэнергии

$$\Delta \Theta = 0,175 \times \frac{38 \times 5,8 \times 16}{3600} = 0,172 \text{ кВт·ч.}$$

Пример. Фрезерный станок с $P_{\text{д.н}} = 7$ кВт имеет $P_0^n = 1,25$ кВт. Время холостого хода $T_{\text{всп}} = 4,5$ с. $Z = 36$ цикл/ч.

$$a = \frac{0,9}{7} = 0,129; \quad b = \frac{1}{4 \times 4,5} = 0,056.$$

По этим данным определяем $\epsilon = -0,012$. Это означает, что применение ограничителей х.х. в данном случае приводит к перерасходу электроэнергии.

$$\Delta \Theta = -0,012 \times \frac{35 \times 7 \times 4,5}{3600} = -0,004 \text{ кВт·ч за каждый час работы}$$

станка.

Варианты заданий приведены в табл. 1.6.2.

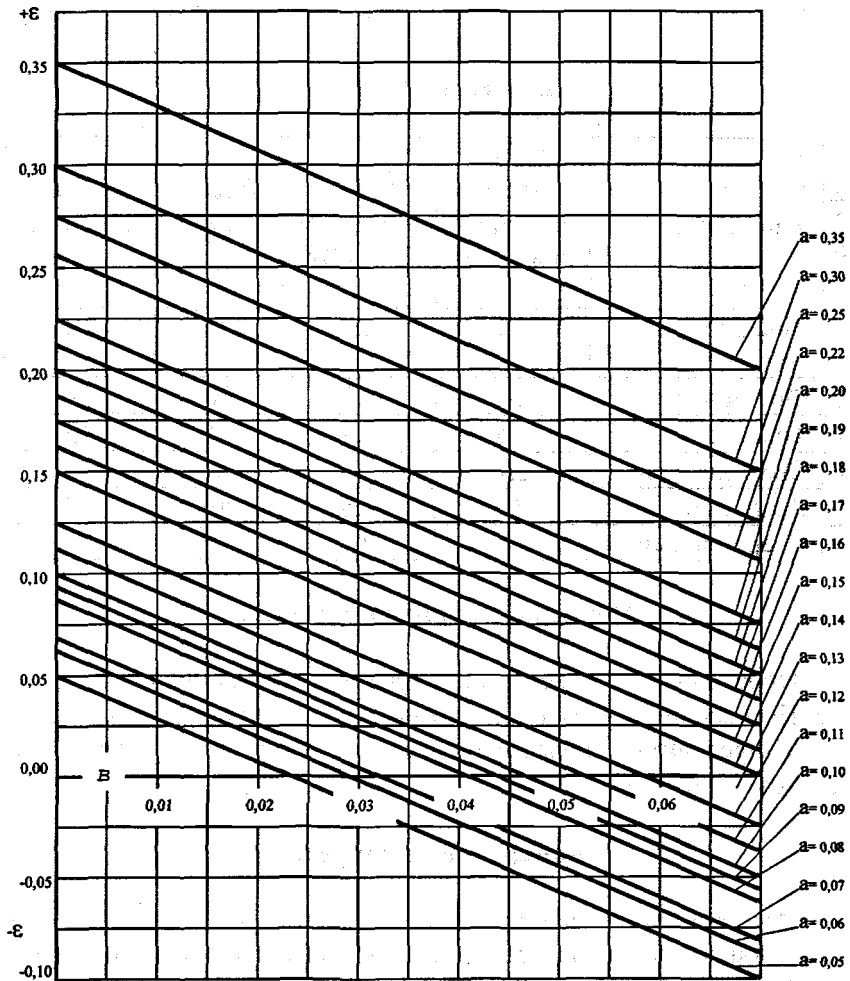


Рис.1.6.1. Диаграмма определения эффективности ограничителей холостого хода

Варианты заданий

№ вар.	Тип станка	Мощность электро- двигателя $P_{д.н.}$, кВт	Мощ- ность х.х. P_0^n , кВт	Время х.х. $T_{всп.}$, с.	Число циклов Z, цикл/час
1	Токарно-револьверный	7,5	1,35	25	40
2	Фрезерный	10	1,8	30	29
3	Токарный	7,5	0,8	9,8	15
4	Сверлильный	1,7	0,3	4,6	30
5	Расточной	10	1,8	40	20
6	Сверлильный	10	2,1	9,5	30

Порядок выполнения работы

1. Определить в соответствии с заданием коэффициенты a , b .
2. По значениям a , b из диаграммы (рис. 1.6.1) определить ϵ .
3. Определить ожидаемую часовую экономию (перерасход) электроэнергии $\Delta \mathcal{E}$.

Контрольные вопросы

1. Из каких составляющих состоит мощность х.х.?
2. В каком случае целесообразно применять автоматические ограничители х.х. на станках?
3. Как определить часовую экономию электроэнергии?
4. Как определяется показатель эффективности ϵ ?
5. В зависимости от каких параметров определяются коэффициенты «а» и «б»?

1.6.4. Снижение потерь электроэнергии за счет увеличения загрузки оборудования

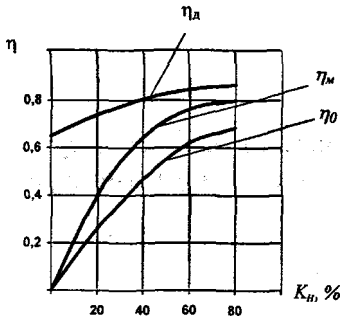


Рис. 1.6.2. Зависимость КПД станка η_m , двигателя η_d и всего привода η_o от коэффициента загрузки K_n

Увеличение средней загрузки оборудования снижает удельные расходы электроэнергии. При уменьшении загрузки снижается КПД электродвигателя и оборудования (рис. 1.6.2).

Для определения экономии энергии при увеличении загрузки машины вводится понятие удельного расхода энергии на данной машине. Этот расход равен количеству энергии, потребляемому двигателем из сети \mathcal{E}_c , отнесенному к киловатт-часу полезной работы при данном технологическом режиме:

$$\mathcal{E}_c = P_m \cdot T_m,$$

где P_m – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;
 T_m – машинное время или время полезной работы, ч.

Удельный расход энергии

$$\Delta \mathcal{E} = \frac{1}{\eta_{m,n} \times K_n} \left(K_n + \frac{\alpha(1 - \eta_{m,n})}{K_m} \right),$$

где $\eta_{m,n}$ – КПД станка при полной нагрузке;

$$K_n = \frac{P_m}{P_{m,n}} \text{ – коэффициент загрузки;}$$

$P_{m,n}$ – номинальная мощность электродвигателя, кВт;

$$K_m = \frac{T_m}{T_m + T_x} \text{ – коэффициент использования станка;}$$

T_x – время холостой работы, ч;

α - коэффициент, зависящий от конструкции и типа станка, равный 0,7 – 0,9.

При отсутствии холостого хода $K_m = 1$ удельный расход энергии

$$\Delta \mathcal{E}' = \frac{K_n + \alpha(1 - \eta_{м.н})}{\eta_{м.н} K_n}$$

При максимальном использовании станка, то есть при отсутствии холостого хода $K_m = 1$ и полной нагрузке станка, удельный расход энергии будет минимальным:

$$\Delta \mathcal{E}_0 = \frac{1 + \alpha(1 - \eta_{м.н})}{\eta_{м.н}}$$

Отношение $\beta = \frac{\Delta \mathcal{E}}{\Delta \mathcal{E}_0}$ определяет коэффициент увеличения

удельного расхода энергии в зависимости от нагрузки и продолжительности работы в режиме холостого хода:

$$\beta = \frac{K_n K_T + \alpha(1 - \eta_{м.н})}{[1 + \alpha(1 - \eta_{м.н})] K_n K_m}$$

На рис. 1.6.3 приведены кривые $\beta = f(K_n)$, по которым можно определить экономию энергии, получаемую в результате повышения загрузки станка.

Пример. Токарный станок постоянно работает с нагрузкой 25% номинальной мощности ($K_n = 25\%$) и с продолжительностью периода холостого вращения, равному 50% ($K_T = 0,5$). В этом случае удельный расход энергии по сравнению с минимально возможным расходом при полном использовании станка по графику (рис. 1.6.2) составит 250%. При увеличении нагрузки станка, когда $K_n = 80\%$, и сокращении периода холостого вращения, когда $K_T = 0,9$, увеличение удельного расхода энергии составит только 106%.

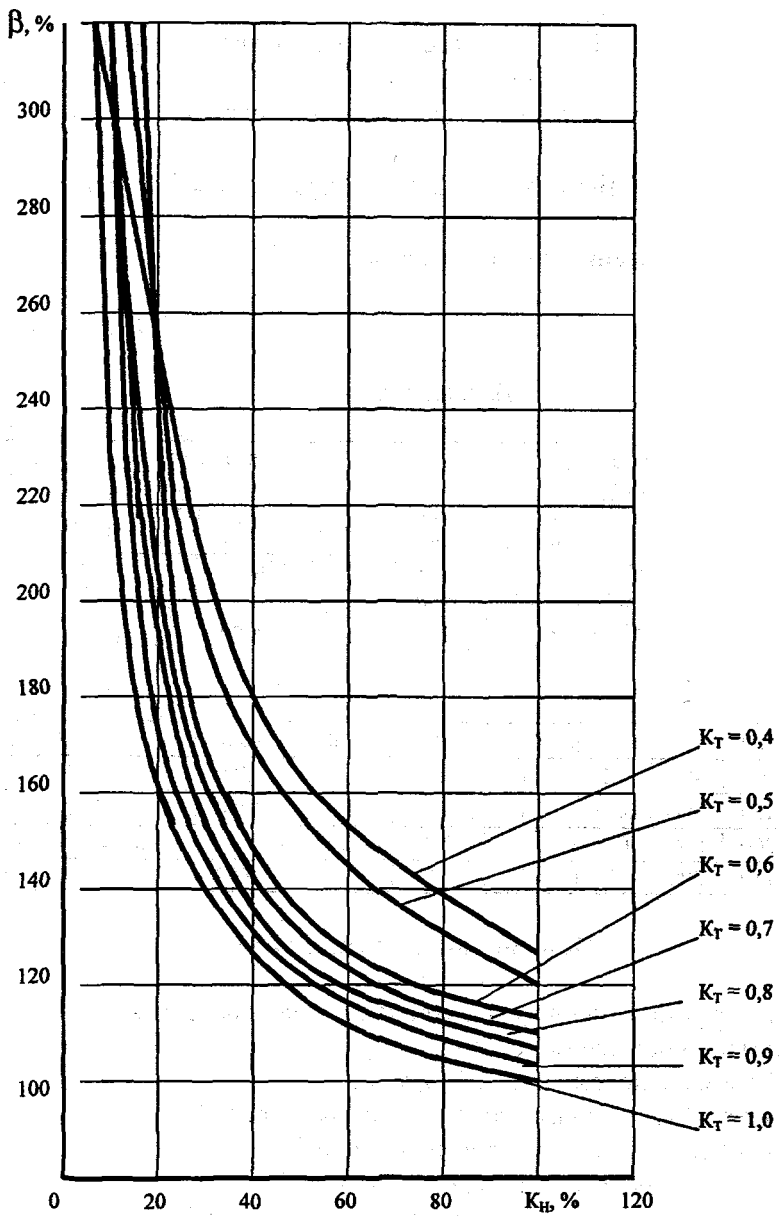


Рис. 1.6.3. Зависимость изменения удельных расходов электроэнергии от коэффициента загрузки станка

Учитывая, что $\beta = \frac{\Delta \mathcal{E}}{\Delta \mathcal{E}_0}$, где $\Delta \mathcal{E}_0 = 1,48$ кВт·ч, при $\eta_{м.н} = 0,8$ и

$\alpha = 0,9$ получим часовую экономию электроэнергии:

$$\Delta \mathcal{E} = (\beta_1 - \beta_2) \times \Delta \mathcal{E}_0 = (2,5 - 1,06) \times 1,48 = 2,14 \text{ кВт·ч.}$$

Варианты заданий приведены в табл. 1.6.3.

Т а б л и ц а 1.6.3

Варианты заданий

№ вар.	Время рабочего хода $T_{р.х.}$, мин	Режимы обработки		Мощность двигателя $P_{м.н.}$, кВт	Мощность, потребляемая станком, $P_{м}$, кВт	Мощность двигателя после его замены $P_{м.н.}$, кВт	Режимы х.х. для сокращения периода холостого хода		Коэффициент α	КПД станка $\eta_{м.н.}$ (рис. 1.6.2)
		Частота вращения n , мин ⁻¹	Подача S , мм/об				Частота вращения n , мин ⁻¹	Подача S , мм/об		
1	150	500	0,2	20	9	10	1000	0,6	0,9	0,8
2	60	400	0,2	14	8	10	1200	0,6	0,85	0,78
3	150	500	0,14	20	9	10	1000	0,6	0,9	0,8
4	300	800	0,2	4,5	2,2	2,8	1600	0,6	0,9	0,75
5	150	500	0,07	4,5	1,7	2,0	1600	0,6	0,9	0,8

Порядок выполнения работы

1. Для установленного электродвигателя определить:

- а) машинное время T_m , мин;
- б) время холостых ходов $T_{х.х.}$, мин;
- в) коэффициент загрузки станка по мощности K_n ;
- г) коэффициент использования станка K_i ;
- д) по графику (рис. 1.6.3) коэффициент β_1 .

2. При замененном электродвигателе определить:

- а) время холостых ходов с учетом измененных режимов холостого хода ($T_{х.х.}$, мин);

- б) коэффициент загрузки станка по мощности (K_n) с учетом мощности замененного двигателя;
 - в) коэффициент использования станка K_T ;
 - г) по графику (рис. 1.6.3) коэффициент β_2 .
3. Определить удельный расход энергии $\Delta \mathcal{E}_0$.
 4. Определить часовую экономию электроэнергии $\Delta \mathcal{E} = (\beta_1 - \beta_2) \times \Delta \mathcal{E}_0$.

Контрольные вопросы

1. Как определяется машинное время?
2. Как определяется коэффициент K_n ?
3. Как определяется удельный расход электроэнергии $\Delta \mathcal{E}_0$?
4. Как определяется часовая экономия электроэнергии $\Delta \mathcal{E}$?

Работа 1.7

АНАЛИЗ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Анализ станочной системы с однозахватным манипулятором на основе теории массового обслуживания

Цель работы: на основе теории массового обслуживания определить средний простой станков и манипулятора, коэффициент простоя из-за многостаночного обслуживания.

Работа рассчитана на 2 часа.

Варианты заданий

№ варианта	Кол-во станков	Время цикла $T_{ц}$ (мин)	Время обслуживания манипулятором $T_{обс}$ (мин)
1	4	10	0,75
2	4	8	0,5
3	5	15	0,6
4	5	5	0,35
5	4	20	0,9
6	5	12	0,5
7	4	10	0,7

Основные положения

Анализ систем на основе теории массового обслуживания

Обслуживание нескольких станков одним манипулирующим устройством снижает затраты и дает возможность этим устройствам частично выполнить функции транспортирования. При этом возникают потери во время ожидания станком обслуживания, если одновременно на нескольких позициях возникает потребность в новых заготовках.

Время ожидания обслуживания манипулирующим устройством приводит к потерям, которые определяют приближенно на основе теории массового обслуживания.

Для исследования этого процесса с помощью теории массового обслуживания необходимо использовать диаграмму распределения времени для автоматических станков.

Распределение времени для станков-автоматов и станочных систем

T						
T_k						$T_{оп}$
$T_{ш}$				T_p		
T_o			T_n			
T_m	T_v	$T_{п.з.}$	T_1	T_2		
T_n						
T_m	T_n					

T_n – непродукционное время;

T – текущее время;

T_k – штучно-калькуляционное время;

$T_{оп}$ – организационные простои;

$T_{ш}$ – штучное время;

T_p – потери на плановый ремонт;

T_o – операционное время;

T_n – потери времени;

T_m – машинное время;

T_v – вспомогательное время;

T_1 – цикловое время;

T_2 – внецикловые потери;

T_n – время цикла;

$T_{п.з.}$ – подготовительно-заключительное время.

Вспомогательное время T_b можно разделить на время контроля, смены инструмента, позиционирования и смены обрабатываемой детали.

Операционное время T_o – время, необходимое для полной автоматической обработки:

$$T_o = T_{ц} = T_m + T_k + T_{си} + T_p$$

состоит из основного времени T_m , времени контроля T_k , времени смены инструмента $T_{си}$ и позиционирования T_p .

Среднее время цикла и среднее время обслуживания связано с тем, что заказы на обслуживание носят случайный характер. Интенсивность поступления заказов на обслуживание в единицу времени равна:

$$\lambda = \frac{1}{\bar{T}_A},$$

где \bar{T}_A – среднее значение случайного периода T_A времени между двумя последовательными неприятными заказами на обслуживание и время ожидания.

Для станочных систем $T_A = T_{ц}$ и

$$\lambda = \frac{1}{\bar{T}_{ц}},$$

$\bar{T}_{ц}$ – среднее время цикла для m деталей, обрабатываемых в станочной системе:

$$\bar{T}_{ц} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ци}}{n}.$$

Распределение заказов близко к закону распределения Пуассона.

Функция вероятности заказов на обслуживание станков, контролируемых и вспомогательных станций

$$P_K = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{K!}, \quad K = 0, 1, \dots, m.$$

Вероятность P_0 при $K = 0$ означает отсутствие заказов на обслуживание, P_1 – вероятность однозначного заказа.

P_m – одновременное требование на обслуживание от всех m объектов станочной системы.

Интенсивность обслуживания станков определяется

$$v = \frac{1}{T_{об.}}$$

Величина v определяет среднее число выполненных в единицу времени заказов.

Виды станочных систем

Станочная система с однозахватным манипулятором

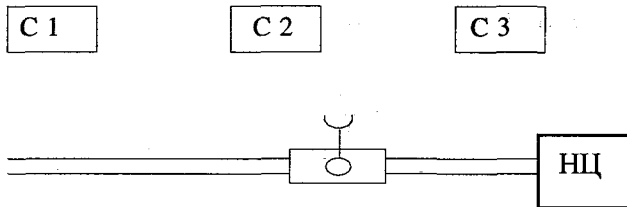


Рис. 1.7.1. С₁, С₂, С₃ – станки; НЦ – накопитель центральный

Станочная система представляет собой замкнутую систему ожидания формы М/М/1 с внутренней организацией FIFO (first in, first out).

Каждая заявка на обслуживание удовлетворяется, когда манипулятор обслуживает другой станок. Заявка ставится на очередь, и станок ожидает, пока освободится манипулятор [25].

Обозначение М/М/1 указывает, что характер заявок и процесс обслуживания соответствуют марковскому процессу, а число обслуживаемых устройств равно единице.

Марковский процесс означает, что случайная выдача заявок на обслуживание не зависит от предыдущих заявок.

В системе число заявок на обслуживание может быть равно $k = 0, 1, 2, \dots, m$; m – общее число станков.

Возможны состояния (E) системы:

$E_0(k = 0)$ – все станки работают, манипулятор стоит.

$E_1(k = 1)$ – все станки, кроме одного, работают, манипулятор обслуживает станок, от которого поступила заявка.

.....

$E_m(K = m)$ – все станки стоят, один станок обслуживается манипулятором, остальные ожидают очереди исполнения заказа.

В соответствии с теорией массового обслуживания вероятность перехода в состояние E_k [35]

$$P_k = \frac{m!}{(m-k)!} \left(\frac{\lambda}{\nu}\right)^k P_0, \quad k = 1, 2, \dots, m.$$

Вероятность, что все станки работают:

$$P_0 = \frac{1}{1 + m \frac{\lambda}{\nu} + \sum_{k=2}^m \frac{m!}{(m-k)!} \left(\frac{\lambda}{\nu}\right)^k}.$$

Вероятность простоя манипулятора

$$\bar{A}_M = \sum_{k=1}^m P_k; \quad P_0 + \sum_{k=1}^m P_k = 1; \quad P_0 = 1 - \sum_{k=1}^m P_k.$$

Число станков, ожидающих очереди на обслуживание:

$$\bar{n}_c = \sum_{k=2}^m (k-1) P_k.$$

Коэффициент простоя одного станка из-за ожидания при много-станочном обслуживании

$$K_c = \frac{n_c}{m} = \frac{1}{m} \sum_{k=2}^m (k-1) P_k.$$

Средняя недогрузка одного станка

$$\bar{A}_c = \frac{1}{m} \sum_{k=0}^m (m-k) P_k.$$

Влияние на \bar{A}_c и \bar{A}_m и коэффициенты простоя показывает отношение средней интенсивности заявок к средней интенсивности обслуживания:

$$\rho = \frac{\lambda}{v} = \frac{\bar{T}_{об}}{T_{ц}}.$$

Пример расчета

Для станочной системы, включающей 4 станка и один обслуживающий манипулятор, определить средний простой станков и манипулятора, коэффициент простоя из-за многосточного обслуживания.

$T_{ц} = 10$ мин. $T_{об}$ манипулятором $T_{об} = 0,75$ мин.

1. Определяем коэффициент $\rho = \frac{\lambda}{v}$:

$$\rho = \frac{0,75}{10} = 0,075.$$

2. Определяем P_0 – вероятность, что все станки работают, а манипулятор стоит:

$$P_0 = \frac{1}{1 + 4 \cdot 0,075 + \frac{4!}{(4-2)!} 0,075^2 + \frac{4!}{(4-3)!} 0,075^3 + 0,075^4} = 0,6703.$$

3. Определим вероятности P_k :

$$P_1 = m\rho \cdot P_0;$$

$$P_k = (m-k)\rho P_{k-1}.$$

$$r_1 = (4 - 0) \cdot 0,075 \cdot 0,6703 = 0,2051;$$

$$P_2 = (4 - 1) \cdot 0,075 \cdot 0,2051 = 0,0455;$$

$$P_3 = (4 - 2) \cdot 0,075 \cdot 0,0455 = 0,006;$$

$$P_4 = (4 - 3) \cdot 0,075 \cdot 0,006 = 0,0045.$$

4. Определяем среднее число станков, ожидающих обслуживания:

$$\begin{aligned} \bar{n}_c &= (2 - 1) \cdot 0,0455 + (3 - 1) \cdot 0,006 + (4 - 1) \cdot 0,0045 = 0,0455 + \\ &+ 2 \cdot 0,006 + 3 \cdot 0,0045 = 0,0710. \end{aligned}$$

5. Определяем коэффициент простоя станка из-за ожидания при многостаночном обслуживании:

$$K_c = \frac{0,0710}{4} = 0,0177 (\text{т.е. } 1,77 \%).$$

6. Определяем среднюю недогрузку станков:

$$\begin{aligned} \bar{A}_c &= \frac{1}{4} (4 - 0)0,6703 + (4 - 1)0,2051 + (4 - 2)0,0455 + (4 - 3)0,006 = \\ &= 0,855, \end{aligned}$$

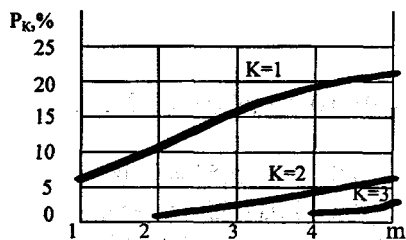
т.е. среднее использование станка составляет 85,5 %.

7. Среднее использование манипулятора

$$\bar{A}_M = (0,2051 + 0,0455 + 0,006 + 0,0045) = 0,2611,$$

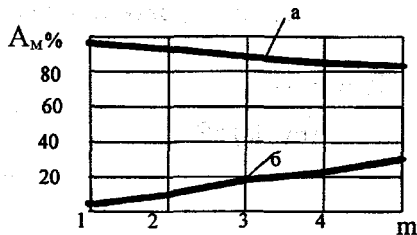
т.е. 26,11 %.

Строим графики зависимости:

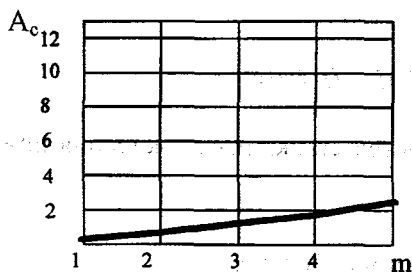


Вероятность подачи заявок в системе.

K – число одновременных заявок



Использование станков (а) манипулятора (б) в зависимости от числа станков



Коэффициент простоя оборудования при многостаночном обслуживании с циклом $T_{ц} = 10$ мин

Рис. 1.7.2. Графики зависимости P_k , A_c , A_m , K от количества оборудования

Контрольные вопросы

1. Как определить число станков, ожидающих обслуживания?
2. Как определяется коэффициент простоя станка?
3. Как определяется средняя недогрузка станка?
4. Как определить среднюю интенсивность заявок?
5. Как определить среднюю интенсивность обслуживания?
6. Как определить среднюю недогрузку станка?

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК

Цель работы – освоение методики сравнения вариантов получения отливок и выбора способа, обеспечивающего минимальную себестоимость изготовленных из них деталей. Работа рассчитана на один академический час.

Основные положения

Наиболее универсальным методом получения отливок является литье в земляные формы. Однако изготовление форм требует больших затрат времени и средств, кроме того, отливки в землю имеют сравнительно большие припуски на обработку и характеризуются низким коэффициентом качества.

Более производительным, точным и ресурсосберегающим методом является литье в облицованные и необлицованные кокили. Отливки из цветных металлов и сплавов изготавливают в необлицованных, а из черных металлов – предпочтительно в облицованных кокилях.

Выбор оптимального способа получения отливок, как и других видов заготовок, основывается на сравнении себестоимости изготовленных из них деталей. Предпочтение отдают способу, обеспечивающему минимальную себестоимость детали, а при равенстве себестоимостей – менее материалоемкому. Отливки из черных металлов, полученные литьем в кокили, требуют последующего отжига для ликвидации отбеленного слоя, что несколько повышает их стоимость. Однако более высокая точность, уменьшенные величины припусков, производительность процесса компенсируют указанный недостаток и обеспечивают их экономичность.

Технологическую себестоимость деталей можно определить по формуле

$$C_T = S_{\text{заг}} \cdot C_{\text{доп}},$$

где $S_{\text{заг}}$ – стоимость отливки, руб.;

$C_{\text{доп}}$ – коэффициент, учитывающий стоимость дополнительной механической обработки заготовки до уровня готовой детали.

Стоимость заготовки $S_{\text{заг}}$ рекомендуется [10] определять по формуле

$$S_{\text{заг}} = (C_i Q K_T K_c K_v K_m K_n) - (Q - q) S_{\text{отх}},$$

где C_i – базовая стоимость 1 кг заготовок, руб.;

K_T, K_c, K_v, K_m, K_n – коэффициенты, зависящие соответственно от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок;

Q – масса заготовки, кг;

q – масса готовой детали, кг;

$S_{\text{отх}}$ – цена 1 кг отходов, руб.

Экономический эффект от применения выбранного метода получения отливки рассчитывается

$$\mathcal{E}_T = (C'_T - C''_T) N_T,$$

где C'_T и C''_T – технологические себестоимости деталей по вариантам;

N_T – объем выпуска деталей, шт. в год.

Методические указания

Для определения стоимости заготовки рекомендуется использовать данные, приведенные ниже [10].

Базовая стоимость 1 кг отливок, полученных литьем в обычных земляных формах: $C_i = 360$ руб. (отливки из серого чугуна марок СЧ10, СЧ15 и СЧ18 массой 1-3 кг, 11-13 классов точности по ГОСТ 26645-85, 3-й группы сложности и 3-й группы серийности).

Коэффициент K_T для отливок 6-8, 9Т-11Т, 11-13 классов точности принимается соответственно равным 1,1, 1,05 и 1,0. Для отливок из цветных металлов и сплавов $K_T = 1,0$.

Коэффициент K_m , учитывающий марку материала отливки, для отливок из серого чугуна марок СЧ10, СЧ15 и СЧ18 равен 1,0, а для отливок из алюминиевых сплавов – 5,94.

В настоящей работе рассматривается литье в земляные формы 3-й группы сложности и 3-й группы серийности, для которых $K_c = 1$ и $K_n = 1,0$. Значение коэффициента K_v определяется по табл. 1.8.1.

Для отливок, полученных в необлицованном кокиле, за базу принята стоимость: 1 кг $C_i = 318$ руб. (отливки из чугуна марок СЧ10, СЧ15 и СЧ18 массой 1-4 кг 3-й группы сложности и 2-й группы серийности).

Коэффициент K_T в этом случае принимается равным 1,0. Для чугуна марок СЧ10, СЧ15, СЧ18 $K_M = 1,0$, а для алюминиевых сплавов $K_M = 4,23$. В связи с тем, что в работе рассматриваются отливки 3-й группы сложности, $K_C = 1,0$. Значения коэффициента K_B , зависящего от массы заготовки, приведены в табл. 1.8.1.

Т а б л и ц а 1.8.1

Значения коэффициента K_B

Масса, кг, Q	Литье в земляные формы		Литье в необлицованный кокиль		Литье в облицованный кокиль	
	Чугунное	Алюминиевое	Чугунное	Алюминиевое	Чугунное	Алюминиевое
0,4-1,0	1,1	1,05	1,08	1,02	1,07	-
1,0-4,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	-
4,0-10,0	0,91	0,96	0,9	0,99	0,93	-
10,0-25,0	0,84	0,92	0,84	0,98	0,88	-

Значение коэффициента K_n для отливок, полученных в необлицованных кокилях, определяется в два приема.

Сначала по табл. 1.8.2 устанавливается группа серийности отливок и затем в зависимости от группы серийности определяется значение коэффициента K_n .

Т а б л и ц а 1.8.2

Группа серийности для отливок, получаемых в необлицованных и облицованных кокилях

Масса отливок, кг	Группа серийности		
	1	2	3
	Количество отливок, тыс. шт.		
0,25 - 0,63	св. 70,0	15 - 70	до 15,0
0,63 - 1,0	св. 40,0	10 - 40	до 10,0
1,0 - 2,5	св. 20	6 - 20	до 6,0
2,5 - 10,0	св. 12	3 - 12	до 3,0
10,0 - 25,0	св. 8,0	1,5 - 8	до 1,5

Для 1-й, 2-й и 3-й групп серийности отливок, полученных в облицованных кокилях, значения коэффициента соответственно принимаются 0,95, 0,1, 1,15.

Для отливок в облицованный кокиль за базу принята стоимость 1 кг $C_1 = 456$ руб. (отливки из чугуна марок СЧ10, СЧ15, СЧ18 массой 1 - 4 кг, 3-й группы сложности, 2-й группы серийности).

Для отливок из чугуна, рассматриваемых в данной работе, значения коэффициентов K_r , K_c , K_m принимаются равными 1,0.

Значение коэффициента K_b определяется по табл. 1.8.1, а группа серийности по табл. 1.8.2.

Для 1-й, 2-й, 3-й групп серийности отливок, полученных в облицованный кокиль, коэффициент K_n соответственно равен 0,97; 1,0; 1,1.

Значение коэффициента $C_{доп}$, учитывающего стоимость дополнительной механической обработки заготовки до уровня готовой детали, для отливок, полученных в земляных формах, колеблется в пределах 1,5 - 1,8, а для отливок в кокили - 1,3 - 1,6.

Значения коэффициента $C_{доп}$ сравниваемых вариантов получения отливок приведены в табл. 1.8.3.

Т а б л и ц а 1.8.3

Варианты заданий

Вариант №	Материал отливки	Масса детали q, кг	N_r	Метод литья	$K_{им}$	Точность отливки	$C_{доп}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	АЛ-3	1,8	3500	3 К	0,61 0,75	3 кл. IT 14	1,7 1,55
2	АЛ-3	6,0	12500	3 К	0,62 0,8	3 кл. IT 14	1,68 1,5
3	АЛ-3	10,0	7500	3 К	0,6 0,75	3 кл. IT 14	1,65 1,5
4	АЛ-3	12,0	8500	3 К	0,61 0,76	3 кл. IT 14	1,7 1,5
5	СЧ15	1,7	3500	3 К.0	0,6 0,7	2 кл. IT 15	1,7 1,5
6	СЧ15	5,7	12500	3 К.0	0,6 0,75	2 кл. IT 15	1,75 1,53
7	СЧ15	10,0	7500	3 К.0	0,62 0,8	3 кл. IT 15	1,6 1,4
8	СЧ15	1,2	20100	3 К.0	0,59 0,78	2 кл. IT 15	1,65 1,45

1	2	3	4	5	6	7	8
9	СЧ15	6,3	8100	3 К.0	0,58 0,78	2 кл. IT 15	1,64 1,42
10	СЧ10	2,9	12500	3 К.0	0,57 0,76	3 кл. IT 15	1,72 1,53
11	СЧ18	10,0	7600	3 К.0	0,65 0,85	2 кл. IT 15	1,69 1,48
12	СЧ10	5,8	8600	3 К.0	0,65 0,83	2 кл. IT 15	1,69 1,41

Обозначения: N_r – объем выпуска, шт. в год; $K_{и.м.}$ – коэффициент использования материала; $C_{доп}$ – коэффициент, учитывающий стоимость дополнительной механической обработки заготовки до уровня готовой детали; З, К, К.0 – литье соответственно в земляные формы, необлицованные и облицованные кокили.

Оптовые заготовительные цены стружки $S_{отх}$: чугунной – принимается 24,8 руб. за 1 кг, алюминиевой – 270 руб. за 1 кг.

Порядок выполнения работы

1. Получить задание.
2. По сравниваемым вариантам получения заготовок рассчитать: массы заготовок Q , кг; стоимость заготовок $S_{заг}$, руб.; технологическую себестоимость деталей $C_{т}$, руб.; годовой экономический эффект \mathcal{E} , руб., от применения более экономичного технологического процесса.
3. Составить отчет.

Контрольные вопросы

1. Перечислите достоинства и недостатки литья в земляные формы и в кокили.
2. Напишите расчетную формулу для определения стоимости заготовки.

3. Напишите расчетную зависимость для определения технологической себестоимости детали в настоящей работе.

4. Как определить массу заготовки, если известна масса детали?

5. Что вы понимаете под коэффициентом использования материала?

6. Как определяется годовой экономический эффект от применения более экономичного технологического процесса?

7. Что понимают под термином "коэффициент, учитывающий дополнительную механическую обработку заготовки"?

8. Какой способ получения заготовки обеспечивает меньшую технологическую себестоимость детали?

Содержание отчета

1. Содержание задания.

2. Расчетные зависимости, используемые в работе.

3. Результаты расчетов, представленные в виде таблицы.

4. Обоснование выбора метода получения отливки по результатам сравнения вариантов.

Работа 1.9

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЗАГОТОВКИ НА ТИПОВЫЕ ДЕТАЛИ, ПОЛУЧАЕМЫЕ МЕТОДОМ ПРОКАТКИ

Цель работы – обоснование экономической целесообразности применения поперечно-клиновой прокатки.

Работа рассчитана на 2 академических часа.

Основные положения

Повышение эффективности производства на основе достижений научно-технического прогресса – насущная потребность развития народного хозяйства. При этом одним из главных направлений интенсификации является разработка технологических процессов, направленных на наиболее эффективное использование трудовых и материальных ресурсов.

Этим требованиям полностью отвечает технологический процесс изготовления деталей типа валов методом поперечно-клиновой прокатки (ПКП), разработанный в Физико-техническом институте Национальной академии наук Республики Беларусь.

Поперечно-клиновая прокатка позволяет в десять и более раз увеличить производительность труда по сравнению с точением валов на токарных автоматах, уменьшить норму расхода металла на 30-60%, повысить износостойкость изделий на 25-30%. Эти факторы, а также полная автоматизация процесса прокатки значительно снижают себестоимость продукции. Точность валов, обрабатываемых новым методом, соизмерима с точностью изделий, получаемых на токарных автоматах. Поэтому поперечно-клиновая прокатка позволяет изготавливать некоторые детали сельскохозяйственного машиностроения без дальнейшей механической обработки [26]. Для более точных деталей может быть применена чистовая токарная обработка или шлифовка.

Детали типа ступенчатых валов могут изготавливаться различными способами: токарной обработкой, штамповкой на прессах, молотах и горизонтально-ковочных машинах, поперечной прокаткой на станках с клиновыми инструментами, станках с винтовыми калибрами. Конкретное применение того или иного способа для определенных деталей должно диктоваться минимальной себестоимостью их изготовления. На практике приходится часто не ограничиваться этим единственным критерием и рассматривать комплекс вопросов, связанных с организацией производства: наличие и загрузка соответствующего оборудования, технологические возможности того или иного способа обработки и его влияния на качество продукции, наличие продукции, наличие ресурсов рабочей силы и производственных площадей. Однако вопросы экономики при этом все же являются определяющими, поэтому ниже рассмотрены условия, при которых достигается минимальная себестоимость изготовления деталей [26].

На графике (рис. 1.9.1) [26] дана зависимость технологической себестоимости изделий при различных способах обработки в зависимости от программы выпуска деталей n , коэффициента использования металла $K_{\text{им}}$, производительности оборудования N , стоимости металла C_m и размеров детали l .

На основании анализа полученных зависимостей установлены следующие рекомендации:

1. Целесообразно использование токарной обработки при программе запуска $n < 3$ тыс. изделий. Если $K_{\text{им}}$ составляет более 0,84 ($K_{\text{им}} > 0,84$), токарная обработка целесообразна при любых программах производства (рис. 1.9.1, е, д) деталей из конструкционных сталей ($C_{\text{м}} = 0,15$ руб., $l = 100$ мм).

2. При программе от 3 до 50 тыс. изделий целесообразно на сегодняшний день использование штамповки. Облойная штамповка имеет коэффициент использования металла $K_{\text{им}} \approx 0,5 \dots 0,6$, высокие трудоемкость и себестоимость изготовления деталей, сложность автоматизации процесса.

3. При программе выпуска $n > 25 \dots 100$ тыс. изделий целесообразно применение поперечно-клиновой прокатки. ПКП позволяет получать высокий $K_{\text{им}} \approx 0,8 \dots 0,9$. Себестоимость клиновой прокатки возрастает с увеличением $K_{\text{им}}$ (рис. 9.1, а, в, д, е), увеличением стоимости металла (рис. 1. 9.1, б) и размеров изделий (рис. 1. 9.1, г).

Повышение производительности стана клиновой прокатки в 2...3 раза не оказывает существенного влияния на себестоимость изделий. Это позволяет прогнозировать целесообразность использования станков с винтовыми калибрами. Стоимость инструмента на таких станах выше, а стойкость ниже, чем на станах с клиновыми инструментами. И если увеличение производительности не влечет за собой существенного снижения себестоимости, то следует предположить, что себестоимость изделий на таком оборудовании не будет ниже себестоимости изделий, получаемых на станах клиновой прокатки. Поэтому применение поперечной прокатки и винтовых калибров целесообразно при программах выпуска, исчисляемых сотнями миллионов, т.е. в случаях когда экономия производственных площадей становится определяющим фактором.

Анализируя относительную величину составляющих себестоимости, можно наметить наиболее целесообразные пути повышения эффективности клиновой прокатки. В первую очередь это повышение стойкости инструмента за счет улучшения технологии изготовления и применения новых методов обработки, таких как электроэрозионная и плазменное напыление. Значительные резервы повышения эффективности прокатки следует позже связывать с повышением $K_{\text{им}}$ и переходом на контактный нагрев заготовок, обеспечивающий более высокий КПД.

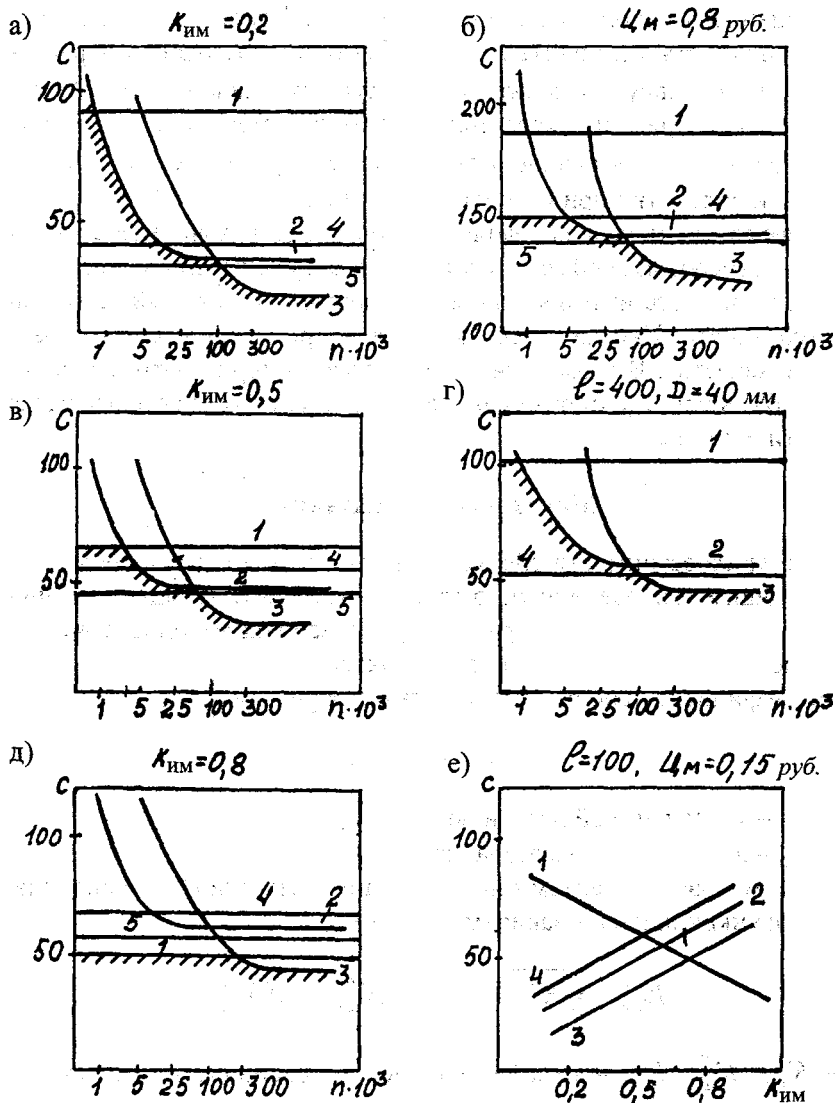


Рис. 1.9.1. Зависимость себестоимости изделий: а, в, д – от программы выпуска n и $K_{ИМ}$ при $U_m = 0,15$ руб.; б – от n при $U_m = 0,8$; г – от n при $l = 400$ мм и $D = 40$ мм; е – от $K_{ИМ}$ при $l = 100$ мм и $U_m = 0,15$ руб. для сравниваемых методов. 1 – токарная обработка; 2 – штамповка; 3 – клиновья прокатка; 4 – клиновья прокатка с ЧПУ, $N = 60$ дет./ч; 5 – клиновья прокатка с ЧПУ, $N = 180$ дет./ч, $U_m = 0,15$ руб., $l = 100$ мм

Создание и использование станков с ЧПУ типа ПМ1400.32 позволит полностью заменить менее эффективные токарную обработку и штамповку относительно крупных валов ($\ell = 400$ мм, $d = 40$ мм). При изготовлении изделий меньших размеров ($\ell = 100$ мм) использование станка целесообразно только взамен токарной обработки при $K_{им} < 0,6$ (рис. 1.9.1, е).

Эффективность использования станков с ЧПУ повышается с увеличением размеров изделий, стоимости металла и уменьшением $K_{им}$.

Себестоимость изделия – не единственный возможный критерий оптимальности. Иногда в первую очередь требуется высокое гарантийное качество. В этом случае в качестве критерия оптимальности может быть принята остаточная пластичность, вероятность вскрытия полости и другие.

Методические указания

Расчет себестоимости следует выполнять по ее структурным составляющим, определенным эмпирически, учитывающим различные технологические факторы для сравниваемых методов: точения, штамповки и поперечно-клиновой прокатки.

Коэффициент использования металла определим:

$$K_{им} = \frac{m_g}{m_{нр}},$$

где m_g – масса готовой детали, кг;

$m_{нр}$ – норма расхода металла, кг.

Между коэффициентами использования металла ($K_{им}$) предполагается функциональная зависимость [26]

$$K_{им}''' = \sqrt[3]{K_{им}'}; \quad K_{им}'' = 0,8 K_{им}''',$$

где $K_{им}'$, $K_{им}''$, $K_{им}'''$ – коэффициент использования металла соответственно для методов обработки: токарной, штамповки и поперечно-клиновой прокатки.

Стоимость стружки в среднем составляет 15% стоимости металла, а стоимость отходов при штамповке и клиновой прокатке – 23%. Затраты на основные материалы при изготовлении изделия составляют, руб.: при токарной обработке

$$M' = \Pi_m \square_3^I (0,85 + 0,15 K'_{им});$$

при штамповке

$$M'' = \Pi_m \square_3^{II} (0,77 + 0,23 K''_{им});$$

при клиновой прокатке

$$M''' = \Pi_m \square_3^{III} (0,77 + 0,20 K'''_{им}),$$

где \square_3^I , \square_3^{II} , \square_3^{III} – масса заготовки, кг, получаемой соответственно при токарной обработке, при штамповке и клиновой прокатке.

Затраты на заработную плату обслуживающего персонала линейно зависят от производительности оборудования.

При токарной обработке производительность оборудования связана с объемом снимаемого металла ($(1 - K'_{им}) \square_3^I$), режимами резания и другими факторами. Усредненная линейная зависимость будет

$$3' = 0,103 (1 - K'_{им}) \square_3^I.$$

При штамповке на ГКМ оборудование обслуживают 1-2 рабочих, на прессах и молотах – 2-3 рабочих той же квалификации. Затраты на заработную плату в среднем составят

$$3'' = 2,248/N'',$$

где N'' – часовая производительность оборудования.

При клиновой прокатке оборудование обслуживает один рабочий с часовой тарифной ставкой 0,94 руб. С учетом дополнительной заработной платы 10% и начислений на зарплату 7,7% затраты на изделие составят

$$3''' = 1,124/N''',$$

где N''' – часовая производительность оборудования. Ее целесооб-

разно представить в виде зависимости от скорости прокатки V , м/мин, и длины инструмента L , мм, которая представлена в табл. 1.9.1.

Аналогичным образом найдены зависимости остальных составляющих себестоимости от параметров изделий и оборудования (табл. 1.9.1) [26].

Стойкость инструмента клиновой прокатки (включая ремонты) в среднем составляет 300 тыс. изделий, поэтому в случае когда годовая программа выпуска деталей ниже этой величины, стоимость инструмента относят на объем выпускаемой продукции, что резко увеличивает ее себестоимость.

Подобным образом поступают при штамповке, где стойкость инструмента в среднем составляет 10 тыс. изделий. При клиновой прокатке на станах с ЧПУ и при токарной обработке инструмент, как правило, универсален. Это позволяет эксплуатировать его до полного износа, и, таким образом, его удельная стоимость не зависит от объема производства [26].

Затраты на нагрев теоретически должны быть прямо пропорциональны массе металла, однако вследствие того, что КПД нагрева с увеличением частоты тока и уменьшением размера детали падает, эмпирическая зависимость носит квадратичный характер [26].

Аналогичным образом определяются затраты на амортизацию, текущий ремонт и производственные площади (табл. 1.9.1).

Технологическая себестоимость деталей без учета накладных расходов может быть определена по формуле [1]

$$C = M + Z + И + Э + Н + А + П.$$

Рекомендованные зависимости (табл. 1.9.1) позволяют выбрать метод получения изделия.

Величина приведенной годовой экономии $\mathcal{E}_и$ от применения более экономичного метода получения изделия определяется, руб.:

$$\mathcal{E}_и = (C^{II} - C^{III}) n,$$

где C^{II} , C^{III} – технологическая себестоимость сравниваемых методов, например, поперечно-клиновой прокатки и штамповки, n – годовая программа, шт.

Таблица 9.1.1

Зависимости составляющих себестоимости для изготовления детали, руб.

Составляющие себестоимости	Методы получения деталей		
	Токарная обработка	Штамповка	Клиновья прокатка
Металл	$M' = \Pi_m \square_3^I (0,85 + 0,15 K'_{им})$	$M'' = \Pi_m \square_3^{II} (0,77 + 0,23 K''_{им})$	$M''' = \Pi_m \square_3^{III} (0,77 + 0,20 K'''_{им})$
Зарботная плата	$Z' = 0,103 (1 - K'_{им}) \square_3^I$	$Z'' = 2,248/N''$	$Z''' = 1,124/N'''$
Инструмент	$I' = 0,1 (1 - K'_{им}) \square_3^I$	$I'' = 0,00004\ell; n > 10000$ $I'' = 0,4\ell 1/n; n < 10000$	$I''' = 0,00001 \sqrt{L \cdot \ell}; n > 300000$ $I''' = 3,69 \sqrt{L \cdot \ell} 1/n; n < 300000$ $I''' = 0,002$ для станков с ЧПУ
Электроэнергия	$\Xi' = 0,0111 (1 - K'_{им}) \square_3^I$	$\Xi'' = 0,0015 \square_3^{II}$	$\Xi''' = 0,0015 \square_3^{III}$
Нагрев ТВЧ	-	$H'' = 0,016 \sqrt{q_3^{II}}$	$H''' = 0,016 \sqrt{q_3^{III}}$
Амортизация и текущий ремонт	$A' = 0,012 \square_3^I$	$A'' = 0,0035 \square_3^{II}$	$A''' = 0,0085 \square_3^{III}$
Производственные площади	$\Pi' = 0,008 \square_3^I$	$\Pi'' = 2,244 \square_3^{II} 1/N''$	$\Pi''' = 1,796 \square_3^{III} 1/N'''$

Примечание: Π_m – цена 1 кг металла, руб.; q_3 – масса заготовки, кг; N – производительность оборудования, ч; L – длина клинового инструмента, мм; ℓ – длина изделия, мм; n – программа выпуска деталей в год; $K'''_{им} = \sqrt[3]{K'_{им}}$; $K''_{им} = 0,8 K'''_{им}$.

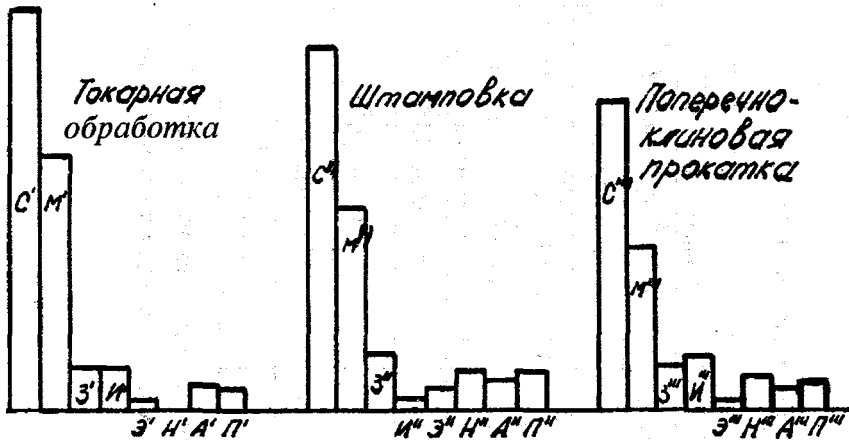


Рис. 1. 9.2. Диаграмма величин себестоимости и их составляющих

При анализе себестоимости сравниваемых операций для наглядности рекомендуется построить в одном масштабе соответствующие диаграммы (рис. 1.9.2).

20(✓)

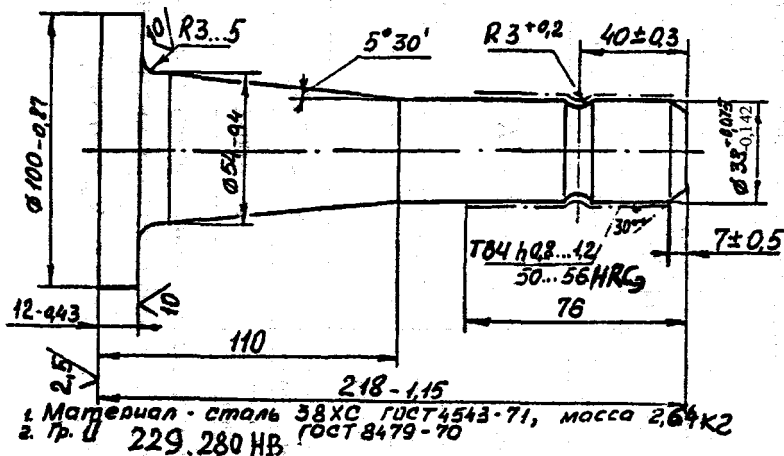
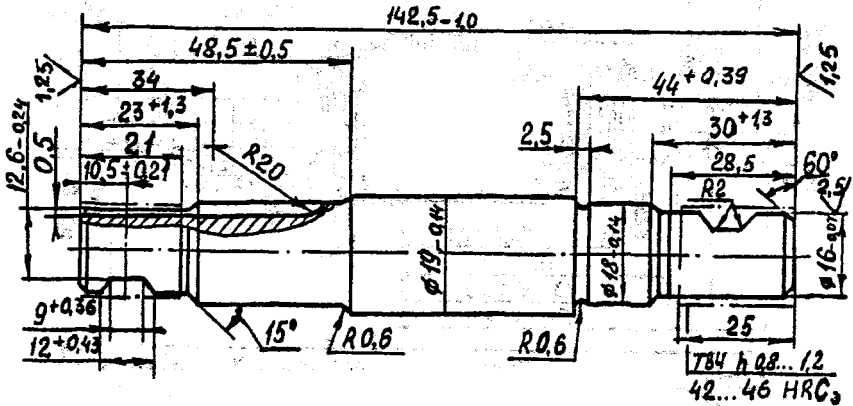


Рис. 1.9.3. Хвостовик ВОМ

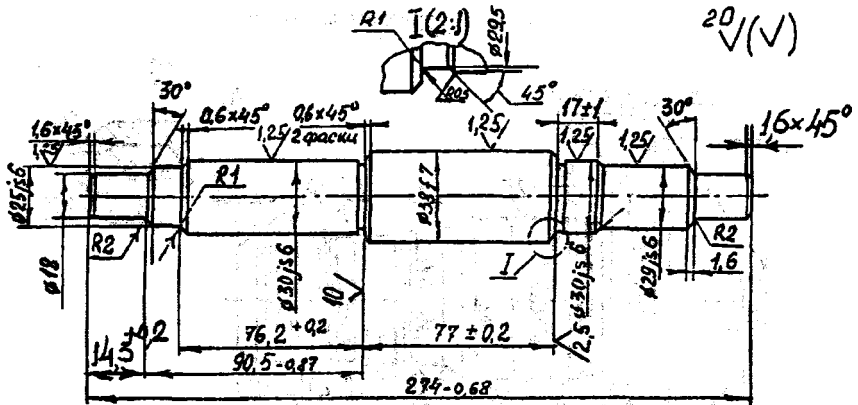
10(V)



1. Материал - сталь 45-В ГОСТ 1051-73; масса 0,252 кг.
2. Гр. II 255... 302 НВ ГОСТ 8479-70.

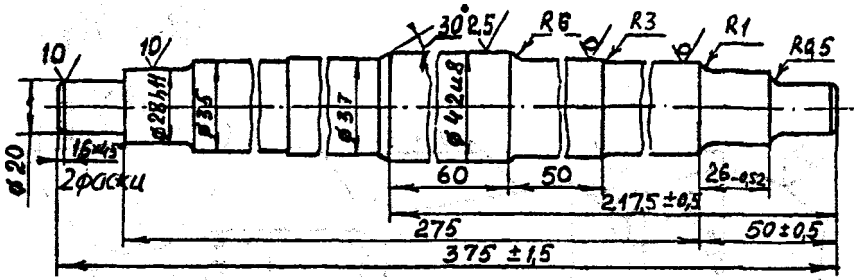
Рис. 1.9.6. Вал каретки велосипеда

20(V)



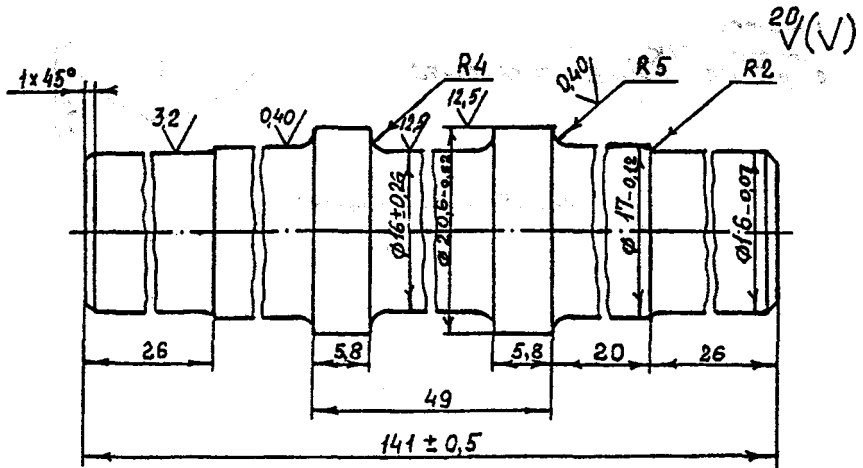
1. Материал - сталь 38ХГС ГОСТ 4543-71; масса 1,32, кг.
2. Гр. II 156... 229 НВ ГОСТ 8479-70.

Рис. 1.9.7. Вал раздаточной коробки



1. Материал – сталь 45ГОСТ 1050-74; масса 2,8 кг.
2. Гр. II 255...302 НВ ГОСТ 8479-70.

Рис. 1.9.8. Ось крюка



1. Материал – сталь 15 ГОСТ 1050-74, масса 0,246 кг.
2. Гр. II 255...302 НВ ГОСТ 8479-70.

Рис. 1.9.9. Вал каретки

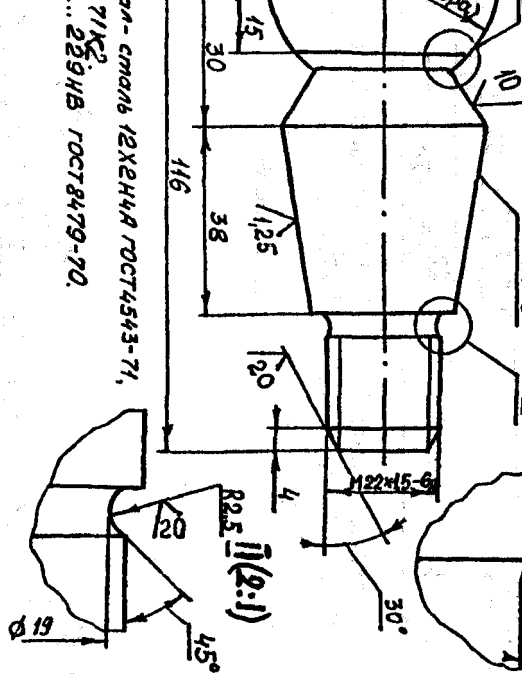


Рис. 1.9.10. Шар шаровой

Т а б л и

Варианты задания

Наименование детали	Программа выпуска, тыс. шт.	Производительность оборудования, шт./ч	Расчетная длина инструмента, мм	Масса, кг				Норм. ма
				детали	заготовки			
					7	8	9	
2	3	4	5	6	7	8	9	10
Хвостовик ВОМ (рис.1.9.3)	50 100 350	150 150 150	1200	2,64	13,4	4,2	2,94	13,8
Полуось (рис.1.9.5)	50 150 360	150 150 150	800	2,59	14,7	4,33	3,52	15,0
Сервяк рулевого механизма (рис. 1.9.4)	50 250 300 5 15	150 150 150 100(с ЧПУ) 100(с ЧПУ)	830	1,34	3,47	2,8	2,1	3,6
Вал раздаточной коробки (рис. 1.9.7)	20 50 50 100 300	100(с ЧПУ) 100(с ЧПУ) 400 400 400	560	1,32	2,85	2,55	2,02	3,0

Порядок выполнения работы

1. Определить коэффициент использования металла.
2. На основании варианта задания табл. 1.9.2 и коэффициента $K_{\text{нм}}$ выбрать наиболее экономический метод обработки (по рис. 1.9.1).
3. Дать обоснование выбранного метода.
4. Определить затраты на основные материалы.
5. Определить заработную плату.
6. Определить затраты на инструмент.
7. Определить затраты на электроэнергию.
8. Определить затраты на нагрев.
9. Определить затраты на амортизацию и текущий ремонт.
10. Определить затраты на производственные площади.
11. Определить технологическую себестоимость при различных методах обработки.
12. Определить годовой экономический эффект от применения более экономичного метода обработки.
13. Построить диаграммы себестоимости и ее составляющих.
14. Дать анализ полученных результатов расчетов.
15. Сравнить результаты расчетов с выбранными на графиках методами обработки.
16. Составить отчет.

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Содержание задания.
3. Эскиз детали с указанием размеров, точности обработки и шероховатости поверхности.
4. Расчет технологической себестоимости, ее составляющих и экономического эффекта.
5. Диаграмма себестоимости и ее составляющих.
6. Анализ результатов сравнения экономичности методов обработки.
7. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Как увеличивается производительность труда при поперечно-клиновой прокатке?
2. Как уменьшается норма расхода металла?
3. Как определяется коэффициент использования металла?
4. Какая предполагается функциональная зависимость между коэффициентами использования металла при различных методах обработки?
5. Как определяются затраты на основные материалы?
6. Как определяются затраты на заработную плату?
7. Как определяется технологическая себестоимость детали?
8. При каких условиях целесообразно применять токарную обработку?
9. При каких условиях целесообразно использование штамповки?
10. При каких условиях целесообразно применение поперечно-клиновой прокатки?
11. Как определяется годовой экономический эффект от применения более экономичного метода обработки?

Глава 2. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Работа 2.1

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПО ПАРАМЕТРАМ ТОЧНОСТИ

Цель работы – определение возможности применения рассматриваемого технологического процесса для изготовления продукции с определенными параметрами качества; оценка изменения точностных характеристик технологических систем во времени и определение их соответствия требованиям, установленным в научно-технической документации; получение информации для регулирования технологического процесса (операции).

Работа рассчитана на два академических часа.

Основные положения

Контроль точности технологических систем следует проводить 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 следует производить в следующих случаях в соответствии с ГОСТ 27.203-83[65]:

1. Разработка технологических процессов на этапе технологической подготовки производства.

2. Управление технологическими процессами.

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

1) разработка технологических процессов на этапе технологической подготовки производства;

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

3) замена, модернизация или ремонт средств технологического оснащения;

4) совершенствование технологических систем в части повышения их надежности и качества изготовления продукции.

Для оценки надежности технологических систем по параметрам точности следует использовать расчетные, опытно-статистические методы, а также метод качеств по ГОСТ 27.202-83. Области их использования приведены в табл. 2.1.1.

Т а б л и ц а 2.1.1

Области использования различных методов оценки надежности технологических систем

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

Расчетные методы основаны:

- на использовании математических моделей изменения параметров качества изготавливаемой продукции или параметров технологического процесса с учетом физики отказов и имеющихся априорных данных о свойствах технологических систем данного класса;
- на использовании данных о закономерностях изменения во времени факторов (износ инструмента, температурные и упругие деформации и т. д.), влияющих на один или одновременно несколько параметров качества продукции.

Из расчетных методов практически применяются:

1. Метод случайных функций, заключающийся в расчете характеристик изменения математического ожидания и дисперсии.
2. Метод элементарных погрешностей, основанный на расчете суммарной погрешности контролируемого параметра исходя из известных значений элементарных погрешностей (погрешности установки детали в приспособлении, геометрической неточности, настройки станков и тепловых деформаций и т. д.).

Суммарная погрешность в этом случае

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

где $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ – предельные значения элементарных погрешностей;

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.

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

где P – вероятный процент брака.

Значение коэффициента K может быть определено по табл. 2.1.2.

Т а б л и ц а 2.1.2

Значение коэффициента К							
Р, %	32,00	10,00	4,50	1,00	0,27	0,10	0,01
К	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 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ рассчитывают по ГОСТ 19415-75 при 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 качеств основан на сравнении требуемых значений параметров технологической системы с их предельными возможными значениями, установленными в справочной и нормативно-технической документации в зависимости от качеств точности применяемых средств технологического оснащения и предметов производства.

Пример 1. Оценить точность токарной операции методом качеств. Исходные данные – операция выполняется на многошпиндельном прутковом горизонтальном автомате класса Н, заготовка – пруток из автоматной стали 30 мм, Δ_u – максимальное возможное смещение режущей кромки резца 12 мкм (износ, тепловые деформации и т. п.). Допуск на обработку 28h10 равен 84 мкм.

По ГОСТ 8831-79 находим, что допуск на диаметр образца изделия по диаметру в поперечном сечении равен 80 мкм.

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

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

Δ_u – максимально возможное смещение режущей кромки резца.

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

Сравнивая величину δ_2 с допуском на обработку контролируемого параметра 28h10, делаем вывод о том, что точность рассматриваемой операции δ_2 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 \bar{x} , S , их доверительных интервалов с последующим определением критерия согласия Пирсона χ^2 , определяющим достоверность выбранного закона распределения.

При контроле по количественному признаку определяют следующие 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 по выражению

$$\omega = \ell(\gamma) \cdot S;$$

$\ell(\gamma)$ – коэффициент, зависящий от закона распределения контролируемого параметра и величины γ (коэффициент риска).

При $\gamma = 0,9973$ (нормальный закон)

$$\omega = 6 \cdot S,$$

где S – среднее квадратическое отклонение контролируемого параметра;

T – допуск на контролируемый параметр.

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

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

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)

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

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

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

где $x(t)$ – 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 0.

Пример 2. Определить величину $K_3(t)$ 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.

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

$$K_p(t) = \frac{\omega(T)}{T} = \frac{0,12}{0,2} = 0,6;$$

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

$$K_3(t) = 0,5 - 0,25 - 0,3 = -0,05.$$

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

Методические указания

Для выполнения работы студентам выдается задание по одному из вариантов, приведенных в табл. 2.1.3, 2.1.4, 2.1.5.

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

Варианты заданий для выполнения практической работы

«Оценка надежности технологических систем по параметрам точности»

1. Определить коэффициент точности K_T операции обработки корпусной заготовки на вертикально-фрезерном станке торцевой фрезой при следующих исходных данных (табл. 2.1.3).

Т а б л и ц а 2.1.3

Варианты заданий

Исходные данные (мкм)	Номера вариантов				
	1	2	3	4	5
<i>I</i>	2	3	4	5	6
Геометрическая погрешность станка	40	30	35	45	50
Погрешность базирования	60	0	50	45	65
Погрешность закрепления	30	20	35	15	40
Погрешность изготовления приспособления	30	20	15	25	10
Погрешность изготовления инструмента	5	0	10	0	15
Погрешность настройки фрезы на размер	50	40	20	15	30

1	2	3	4	5	6
Погрешность, связанная с размерным износом инструмента	15	0	5	20	10
Погрешность измерений	100	90	60	40	50
Погрешность, вызванная упругими деформациями под действием сил резания	40	30	25	35	20
Допуск на контролируемый параметр	330	200	150	250	50
Принимаемый риск P, %	1,00	0,27	0,10	1,00	0,27

Распределение элементарных погрешностей близко к распределению Гаусса.

2. Определить величину $K_3(t)$ при следующих исходных данных (табл. 2.1.4).

Т а б л и ц а 2.1.4

Исходные данные, мм	Номера вариантов				
	1	2	3	4	5
Контролируемый размер	40±0,08	50 _{+0,039}	75 _{-0,46}	100 _{+0,22}	150 _{+0,4}
Величина допуска	0,16	0,39	0,46	0,22	0,4
Среднее значение контролируемого размера $x(t)$	40,05	50,3	74,7	100,1	150,3
Поле рассеяния $w(t)$ контролируемого размера в момент времени t	0,12	0,1	0,1	0,08	0,06

Т а б л и ц а 2.1.5

№ вариантов	Наименование и норма точности станка	Диаметр заготовки, мм, $D_{\text{заг}}$	Допуск диаметра образца $\Delta_{\text{обр.}}$, мкм	Максимально возможное смещение резца, мкм, Δ_n	Допуск на обработку, мкм, T
1	2	3	4	5	6
1	Автомат токарно-револьверный одношпиндельный прутковый (Н)	Ø35,0	25,0	15,0	Ø32h9 62 мкм
2	Автомат токарный продольный (П)	Ø20,0	16,0	10,0	Ø18h8 27 мкм

1	2	3	4	5	6
3	Автомат токарный многошпиндельный прутковый горизонтальный (Н)	Ø50,0	80,0	12,0	Ø45h10 100 мкм
4	Полуавтомат токарный многошпиндельный патронный горизонтальный (П)	Ø100,0	40,0	15,0	Ø95h9 87 мкм
5	Полуавтомат токарный многошпиндельный вертикальный патронный (Н)	Ø300,0	100,0	20,0	Ø295h11 320 мкм

Порядок выполнения работы

Табл. 2.1.3 (варианты 1-5)

1. На основании исходных данных определить величину суммарной погрешности контролируемого параметра (поле рассеяния $\delta_{\Sigma}(\omega)$).
2. По найденной величине $\delta_{\Sigma}(\omega)$ и заданному допуску на контролируемый параметр Т рассчитать коэффициент точности K_T .
3. Проанализировать полученные результаты и сделать заключение о точности операции по величине коэффициента K_T .

Табл. 2.1.4 (варианты 1-5)

1. На основании значений $\bar{x}(t)$ и x_0 определить величину $\bar{\Delta}(t)$.
2. По величинам $\bar{\Delta}(t)$ и Т рассчитать коэффициент смещения $K_C(t)$.
3. На основании значений $w(t)$ и Т определить коэффициент мгновенного рассеяния $K_P(t)$.
4. По величине $K_C(t)$ и $K_P(t)$ определить коэффициент запаса точности $K_3(t)$.

5. Проанализировать полученный результат и сделать заключение о точности данной операции по величине $K_3(t)$.

Табл. 2.1.5 (варианты 1-5)

1. Определить суммарную погрешность обработки $\delta_\Sigma(\omega)$ с учетом допуска диаметра образца и максимального возможного смещения резца.

2. По величине δ_Σ и заданному допуску T рассчитать коэффициент точности K_T .

3. По величине K_T сделать заключение о точности данной операции.

Содержание отчета

1. Название работы.

2. Исходные данные, необходимые для расчета K_T , $K_3(t)$, δ_Σ .

3. Расчет величин δ_Σ , $\bar{\Delta}(t)$, $K_c(t)$, $K_p(t)$, K_T и $K_3(t)$.

4. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Каковы цели оценки 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 сущность расчетных методов?

6. Особенности методов квалитетов и опытно-статистических.

7. Как определяется коэффициент точности K_T ?

8. Основные составляющие и определение коэффициента $K_3(t)$.

Работа 2.2

РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ АНАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Цель работы – рассчитать точность выполнения определенной операции технологического процесса и путем сопоставления ее с заданной точностью обработки сделать вывод о возможности ее обеспечения в заданных условиях. Работа рассчитана на два академических часа.

Основные положения

Величина суммарной погрешности обработки по диаметральным и продольным размерам в общем виде в массовом производстве определяется по формуле

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{И} + \sqrt{\Delta_{СЛ}^2 + \Delta_{Н}^2 + \varepsilon_y^2},$$

а в серийном

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{И} + \Delta_{Н} + \sqrt{\Delta_{СЛ}^2 + \varepsilon_y^2},$$

где $\Delta_{И}$ – погрешность, обусловленная износом режущего инструмента;

$\Delta_{СЛ}$ – поле рассеяния погрешностей обработки, обусловленных такими технологическими факторами случайного характера, как неравномерность припуска, неодинаковая твердость материала заготовки, недостаточная жесткость системы СПИД, а также погрешностью формы детали. Эту величину называют также мгновенным полем рассеяния погрешности обработки;

$\Delta_{Н}$ – погрешность настройки станка, мкм;

ε_y – погрешность установки заготовки, мкм [17].

Погрешность, обусловленная износом режущего инструмента, рассчитывается по следующим формулам:

при односторонней обработке

$$\Delta_{и} = \frac{U_o \cdot \ell}{1000},$$

при двухсторонней обработке

$$\Delta_{и} = \frac{2U_o \cdot \ell}{1000},$$

где U_o – относительный износ инструмента, мкм/мм;

ℓ – путь резания, м.

Величина относительного размерного износа инструмента для принятых видов обработки выбирается по табл. П 2.2.1 и табл. П 2.2.2 приложения.

С помощью табл. П 2.2.2 рекомендуется определять величину относительного износа инструмента при фрезеровании по формуле

$$U_{o.фр} = \left(1 + \frac{100}{B} \right) U_o,$$

где B – ширина фрезерования, мм.

Относительный износ разверток составляет 0,005-0,008 мк/км.

Путь резания рассчитывается по формулам:

при точении

$$\ell = \frac{\pi d L n}{1000 S_{np}},$$

при торцевом фрезеровании

$$\ell = \frac{L \cdot B \cdot n}{1000 S_{np}},$$

при круговом и бесцентровом шлифовании с поперечной подачей

$$\ell = \frac{\pi D_{ш.к.} \cdot n_{ш.к.} \cdot t \cdot n \cdot k}{1000 \cdot n_D \cdot S_{non}},$$

при сверлении, зенкерования и развертывании

$$\ell = \frac{\pi DL \cdot n}{1000 S_{np}},$$

где D – диаметр обрабатываемой поверхности, мм;

L – расчетная длина обработки с учетом пути врезания и перебега режущего инструмента, мм;

n – количество деталей в настроечной партии, обрабатываемой в период между подналадками станка;

S_{np} – продольная подача инструмента или детали, мм/об;

B – ширина фрезерования или шлифования, мм; мм/об;

$D_{ш.к.}$ – диаметр шлифовального круга, мм;

$n_{ш.к.}$ – число оборотов шлифовального круга в минуту;

t – припуск на сторону, мм;

K – коэффициент на вывод искры, $K = 1,1-1,3$;

n_d – число оборотов детали в минуту;

$S_{поп}$ – поперечная подача на один двойной ход, мм.

Погрешность динамической настройки определяется по формуле

$$\Delta_{н.д.} = \sqrt{\Delta_{см}^2 + \Delta_{рег.}^2 + \Delta_{изм.}^2},$$

где $\Delta_{см}$ – смещение центра группирования размеров пробных деталей относительно середины поля рассеяния размеров, мкм.

$$\Delta_{см} = \frac{\Delta_{сл}}{\sqrt{m}},$$

где m – количество пробных деталей.

Значение мгновенной погрешности обработки $\Delta_{сл}$ рекомендуется определять по табл. П 2.2.3 – П 2.2.6 приложения к данной работе.

$\Delta_{рег.}$ – погрешность регулирования положения режущего инструмента, зависящая от применяемого способа регулирования и определяемая по табл. П 2.2.8 приложения;

$\Delta_{\text{изм}}$ – погрешность измерения, равная предельной погрешности используемого измерительного инструмента и определяемая по табл. П 2.2.9 приложения.

При обработке деталей в специальных приспособлениях на фрезерных станках фреза устанавливается с помощью щупа по эталону.

В этом случае погрешность настройки

$$\Delta_{\text{Н}} = \sqrt{\Delta_{\text{Э}}^2 + \Delta_{\text{Щ}}^2 + \Delta_{\text{уст.ин}}^2},$$

где $\Delta_{\text{Э}}$ и $\Delta_{\text{Щ}}$ – погрешность изготовления соответственно эталона и щупа;

$\Delta_{\text{уст.ин}}$ – точность установки фрезы по щупу.

Значение $\Delta_{\text{уст.ин}}$ при установке его с помощью металлического щупа принимается 7-10 мкм.

Фрезерные эталоны (установы) принимаются высотой $H = 8-12$ мм с точностью изготовления по Н7, $\Delta_{\text{Э}} = 18$ мкм, щупы принимаются

плоские $b = 1, 3, 5$ мм с точностью изготовления по Н7, $\Delta_{\text{Щ}} = 10$ мкм.

При использовании мерного режущего инструмента (сверл, зенкоров, разверток и т. д.)

$$\Delta_{\text{Н}} = \sqrt{\Delta_{\text{ИН}}^2 + \Delta_{\text{У.И.}}^2},$$

где $\Delta_{\text{ИН}}$ – погрешность изготовления инструмента, равная допуску на его изготовление по исполнительному размеру и определяемая по табл. П 2.2.7 приложения.

$\Delta_{\text{У.И.}} = 0$, так как закрепление развертки плавающее.

Погрешность установки в центрах $\epsilon_y = 0$. Такая же она и при плавающем закреплении развертки.

При фрезеровании плоскостей $\epsilon_y = \epsilon_6 + \epsilon_3$.

В случае совмещения установочной и измерительной баз погрешность базирования $\epsilon_6 = 0$.

Погрешность закрепления ϵ_3 определяется по табл. П 2.2.10 приложения.

Методические указания

Для выполнения работы студентам выдается задание по одному из вариантов, приведенных в табл. 2.2.1 – 2.2.4. На основании исходных данных требуется рассчитать суммарную погрешность обработки, сравнить ее с требуемой точностью и сделать заключение о возможности ее обеспечения.

Варианты заданий для выполнения практической работы «Расчет производственных погрешностей аналитическим методом»

1. Определить точность чистового обтачивания цилиндрической ступени вала на токарном станке. Способ установки – в центрах. Настройка – динамическая по пробным деталям. Измерение деталей – с помощью микрометра, регулирование размеров – по лимбу станка. Количество пробных деталей $m = 5$. Исходные данные – в табл. 2.2.1.

Т а б л и ц а 2.2.1

Исходные данные	Номера вариантов		
	1	2	3
Диаметр обработки, мм	$\varnothing 45h10_{(-0,1)}$	$\varnothing 70h9_{(-0,074)}$	$\varnothing 90h11_{(-0,22)}$
Расчетная длина обработки L, мм	150	200	250
Величина настроечной партии, шт.	50	60	80
Материал детали	Сталь 45	Сталь 25ХГТ	Серый чугун СЧ15
Жесткость станка γ (кгс/мм) 10Н/мм	500	800	1200
Материал режущей части резца	T15K6	T60K6	BK6
Подача $S_{\text{прод}}$, мм/об	0,15	0,2	0,25
Величина P_{γ} (кгс), 10Н	8,0	12,0	10,0
Класс точности микрометра	0-й	1-й	2-й
Цена деления лимба станка, мм	0,02	0,05	0,01

2. Определить точность чистового фрезерования плоскости торцевой фрезой. Настройка на размер – по установкам приспособления. Деталь установлена на пластины по чисто обработанной поверхности в приспособлении с пневматическим зажимом; устано-

вочная плоскость является также измерительной базой. Исходные данные – в табл. 2.2.2.

Т а б л и ц а 2.2.2

Исходные данные	Номера вариантов		
	1	2	3
Размер обработки, мм	60h9 _(-0,074)	70h10 _(-0,12)	90h10 _(-0,14)
Расчетная длина обработки L, мм	200	250	300
Ширина фрезерования B, мм	60	90	120
Величина партии деталей, шт.	50	80	100
Материал детали	Сталь 45	Сталь 25ХГТ	Серый чугун СЧ15
Жесткость станка (кгс/мм), 10Н/мм	900	600	1400
Подача S, мм/об	0,15	0,25	0,3
Материал режущей части	T15K6	T30K4	BK3
Величина P _v (кгс), 10Н	14,5	16,5	20,5

3. Определить точность шлифования ступени вала на круглошлифовальном станке. Настройка – динамическая по пробным деталям; измерение настроечных деталей – с помощью микронметра; регулирование размера при настройке по лимбу станка; деталь установлена в центрах; круг шлифовальный – 24А.

Количество пробных деталей m = 5. Исходные данные – в табл. 2.2.3.

Т а б л и ц а 2.2.3

Исходные данные	Номера вариантов		
	1	2	3
Диаметр обработки, мм	Ø55h6 _(-0,19)	Ø90h7 _(-0,035)	Ø110h8 _(-0,054)
Величина настроечной партии	50	120	150
Материал детали	Сталь 45	Чугун закал.	Цветн. сплав
Поперечная подача S _{поп.} , мм/об	0,005	0,008	0,010
Число оборотов круга П _{ш.к.} , об/мин	2500	3000	3500
Диаметр круга D _{ш.к.} , мм	200	250	300
Число оборотов детали n _{д.} , об/мин	250	300	350
Цена деления и точность микронметра	1 мкм, 1-й кл.	2 мкм, 2-й кл.	5 мкм, 3-й кл.
Цена деления лимба станка, мм	0,01	0,02	0,05
Припуск на сторону t, мм	0,15	0,18	0,2

4. Определить точность развертывания отверстий разверткой с плавающим креплением. Настройка - динамическая по пробным деталям. Исходные данные – в табл. 2.2.4.

Т а б л и ц а 2.2.4

Исходные данные	Номера вариантов		
	1	2	3
Диаметр отверстия, мм	$\varnothing 8h7_{(+0,015)}$	$\varnothing 15h8_{(+0,018)}$	$\varnothing 320h7_{(+0,025)}$
Длина обработки L, мм	30	35	25
Величина настроечной партии, шт.	70	60	80
Продольная подача $S_{\text{прод}}$ мм/об	0,9	1,0	0,7
Вид развертывания	Однократное	Двукратное	Однократное

Порядок выполнения работы

1. На основании исходных данных, приведенных в табл. 2.2.1-2.2.4, определить суммарную погрешность обработки.
2. Сравнить эту погрешность с заданной точностью размера.
3. Сделать заключение о возможности обеспечения заданной точности.

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Исходные данные, необходимые для расчета Δ_{Σ} .
3. Расчет величин $\Delta_{\text{И}}, \Delta_{\text{Сл}}, \Delta_{\text{Н}}, \epsilon_{\text{У}}$.
4. Расчет величин Δ_{Σ} и δ (требуемая точность размера).
5. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Как рассчитывается величина суммарной погрешности в массовом производстве?
2. Как определяется величина, обусловленная износом режущего инструмента?
3. Чему равна величина динамической настройки станка и как определяются ее элементы?
4. Чему равна погрешность настройки при использовании мерного режущего инструмента?

ПРИЛОЖЕНИЕ

Т а б л и ц а П 2.2.1

Значение U_0 при чистовой обработке, мкм/км

Материал режущего инструмента	Обрабатываемый материал			
	Углеродистая сталь	Легированная сталь	Серый чугун	Чугун, 375-400 НВ
Т60К6	2-4	2-4	–	–
Т30К4	3-4	4-6	–	–
Т15К6	5-7	9-10	–	–
Т5К10	8	12-13	–	–
ВК9	–	65	–	–
ВК8	–	17-25	13-14	–
ВК6	–	–	14	–
ВК4	–	9-10	6	16
ВК2	–	–	4-26	12
ЦМ-332	0,5-1,0	1-6	–	9

Т а б л и ц а П 2.2.2

Значение U_0 шлифовального круга, мкм/км

Материал		U_0
Детали	Круга керамического	
Сталь 45	14А, 24А	0,03
Чугун закаленный	14А, 24А	0,04
Сплавы цветных металлов	14А, 24А	0,01

Таблица П 2.2.3

Значение $\Delta_{сл}$ на круглошлифовальных станках, мкм

Размеры, мм	Жесткость системы (кгс/мм), 10Н/мм		
	700-1200	1200-2000	2000-3000
10-18	12	9	6
18-30	14	11	8
30-50	16	13	10
50-80	18	15	12
80-120	20	17	14

Т а б л и ц а П 2.2.4

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

Размеры, мм	Сила P_y , 10Н (кгс)	Жесткость системы (кгс/мм), 10Н/мм		
		400-600	600-1000	1000-15000
10-18	5-10	37	23	16
	10-15	38	24	17
18-30	5-10	40	26	17
	10-15	41	27	18
30-50	5-10	43	29	18
	10-15	44	30	19
50-80	5-10	46	32	19
	10-15	47	33	20
80-100	5-10	49	35	20

Т а б л и ц а П 2.2.5

Значение $\Delta_{сл}$ на фрезерных станках, мкм

Размеры, мм	Сила P_y , 10Н (кгс)	Жесткость системы (кгс/мм), 10Н/мм		
		400-700	700-1000	1000-1500
6-10	5-15	64	46	24
	св. 15	66	48	26
10-18	5-15	70	52	30
	св. 15	72	54	32
18-30	5-15	76	58	36
	св. 15	78	60	38
30-50	5-15	82	64	42
	св. 15	84	66	44
50-80	5-15	88	70	48
	св. 15	90	72	50
80-120	5-15	94	76	54
	св. 15	96	78	56

Т а б л и ц а П 2.2.6

Значение $\Delta_{сл}$ при развертывании, мкм

Вид развертывания	Диаметр отверстия, мм			
	3-6	6-10	10-18	18-30
Однократное	25	30	35	35
Двукратное	13	14	15	16

Т а б л и ц а П 2.2.7

Точность изготовления разверток $\Delta_{ин}$, мкм

Номинальные диаметры инструмента, мм	Квалитет точности		
	7	8	8, 9
3-6	4	5	8
6-10	5	6	9
10-18	6	8	11
18-30	8	9	13
30-50	10	11	16

Т а б л и ц а П 2.2.8

Погрешности регулирования $\Delta_{рег}$ инструмента по лимбу станка, мкм

Цена деления лимба, мм	На сторону	На диаметр
0,01	5-10	10-20
0,02	10-15	20-30
0,05	15-30	30-60
0,1-0,5	30-70	-

Пределные погрешности методов измерения длин

Наименование инструментов	Класс точности	Пределные погрешности (\pm), мм		
		Интервалы размеров, мм		
		1-10	50-80	300-500
Миниметр с ценой деления 0,001 мм	0	0,5	0,8	1,8
	1	0,6	1,0	3,0
	2	0,7	1,4	4,5
	3	1,0	2,0	8,0
Миниметр с ценой деления 0,001 мм	1	1,0	1,4	3,5
	2	1,2	1,8	5,0
	3	1,4	2,5	8,0
Миниметр с ценой деления 0,005 мм	2	2,0	2,5	5,0
	3	2,2	3,0	8,5
	1	7,0	9,0	25,0
	2	12,0	14,0	35,0
Микрометр	0	4,5	6,0	15,0
	1	7,0	9,0	25,0
	2	12,0	14,0	35,0

Т а б л и ц а П 2.2.10

Погрешности закрепления заготовок ϵ_3 при установке на опорные пластинки приспособлений по чисто обработанной поверхности в приспособлении с пневмозажимом

Поперечные размеры заготовки, мм										
	60-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-220	260-360	360-500
ϵ_3 , МКМ	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100

РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТЕЙ, ВЫЗВАННЫХ СМЕНОЙ И НЕСОВМЕЩЕНИЕМ БАЗ

Цель работы – освоение методики расчета погрешностей, вызванных сменой и несовмещением баз, и определение влияния этих погрешностей на точность обработки.

Основные положения

Выбор технологических баз является сложным этапом проектирования техпроцессов механической обработки.

От правильности выбранных баз зависит точность выполняемых размеров, их расположение, сложность приспособлений, инструментов, количество операций, величина припусков и, как следствие, – себестоимости обработки.

Базой по ГОСТ 21495-76 называется поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащая заготовке или изделию и используемая для базирования [5].

Задачи базирования вытекают из требований чертежа и технических условий на изготовление детали.

Выбору баз на первой операции предшествует выбор поверхностей, которые будут являться базами на последующих операциях. Такими поверхностями являются обычно основные базы.

За основные базы принимают поверхности, от которых задано большинство размеров, координирующих расположение других ответственных поверхностей. Определив технологические базы последующих операций, выбирают технологические базы для первой операции.

В большинстве случаев реализуют несколько вариантов базирования.

При выборе черновых баз могут быть предложены следующие общие рекомендации:

1. Базы должны обладать достаточной протяженностью.
2. Заготовка должна занимать в приспособлении надлежащее ей положение под действием собственного веса, а не в результате при-

ложения зажимных усилий.

3. Не допускается использовать поверхности со следами разреза штампов, литейных форм, литниковой системы и другими дефектами.

4. Базовые поверхности должны быть наиболее ответственными. В этом случае при их обработке на последующих операциях обеспечивается равномерность припусков и однородная поверхность.

5. С целью обеспечения взаимного расположения обрабатываемых поверхностей по отношению к необработанным базами для первой операция выбирают те поверхности, которые в дальнейшем не обрабатываются.

Базы должны обеспечивать возможность обработки с одной установки максимального количества поверхностей, что особенно важно для станков с ЧПУ.

Одновременно реализовать все рекомендации не всегда возможно. Поэтому технолог должен отыскать наиболее приемлемый вариант, что достигается анализом достоинств каждого из них на основании решения технологических размерных цепей.

Различают конструкторские, технологические и измерительные базы. Если все перечисленные выше базы при получении размеров в процессе механической обработки совпадают, то погрешность базирования в этом случае равна нулю.

При несоблюдении этого требования появляется погрешность базирования, которая оказывает существенное влияние на точность при обработке. И чем чаще будут изменяться базы, тем величина этой погрешности будет больше.

Каждая смена базы всегда связана с заменой в каждой из размерных и кинематических цепей одного звена двумя новыми, а увеличение числа звеньев увеличивает погрешность получения окончательного размера при обработке или сборке. Поэтому всегда нужно стремиться к использованию одной и той же технологической базы (не считая смены черновой базы), т. е. соблюдать принцип постоянства баз.

Методические указания

Пример 1. Методику определения величины погрешности базирования, возникающей при смене баз, рассмотрим на примере обработки детали, представленной на рис. 2.3.1. В рассматриваемом

примере требуется обеспечить совмещение протянутых пазов 40 с осью центрального отверстия в пределах погрешности $\Delta = 0,12$ мм.

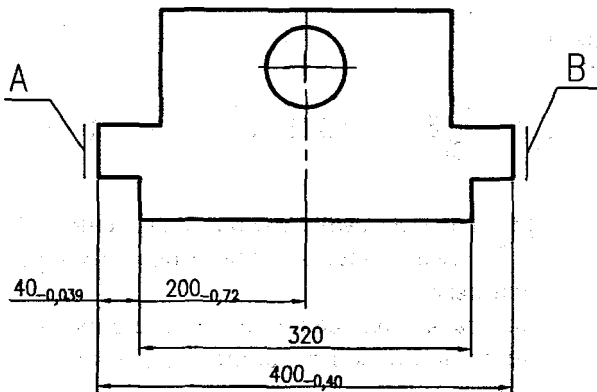


Рис. 2.3.1. Эскиз обрабатываемой детали

Расточка центрального отверстия производится на расточном станке с использованием базы А, а протягивание выполняется настроенным блоком протяжек на вертикально-протяжном станке, но уже с использованием базы В. В этом случае погрешность смещения будет определяться из размерной цепи, представленной на рис. 2.3.2.

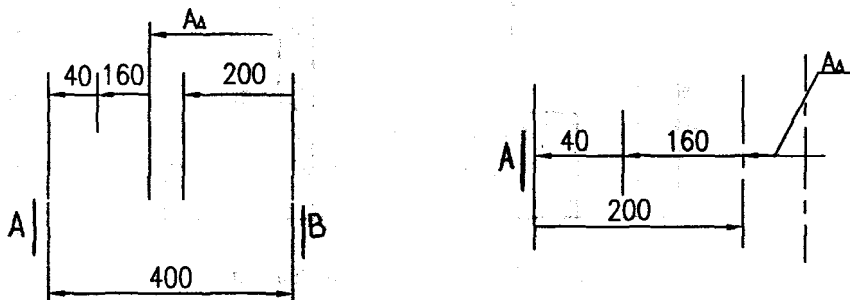


Рис. 2.3.2. Размерные технологические цепи при обработке детали:
а) с использованием двух баз А и В; б) с использованием постоянной базы А

Определим $\delta\Delta^I$ для размерной цепи, представленной на рис. 2.3.2 а:

$$\delta\Delta^I = \sum_{L=1}^{m-1} |\xi_L| \delta_L = 0,039 + 0,40 + 0,072 = 0,511 \text{ мм};$$

для варианта б

$$\delta\Delta^{II} = \sum_{L=1}^{m-1} |\xi_L| \delta_L = 0,072 + 0,039 = 0,111 \text{ мм}.$$

Поскольку протягивание выполняется настроенным блоком протяжек, то размер 320 выполняется точно и поэтому в расчет размер 160 принят постоянным.

Как видно из расчетов, величина погрешности в пределах 0,12 мм выполняется при использовании постоянной базы в процессе обработки детали.

При использовании баз А и В величина смещения возрастает на величину допуска на размер 400, что подтверждается расчетом.

Рассмотрим, как влияет на точность окончательного размера выбор черновых баз.

Пример 2. Необходимо определить точность получения размера A_3 при выборе различных черновых баз для детали, представленной на рис. 2.3.3.

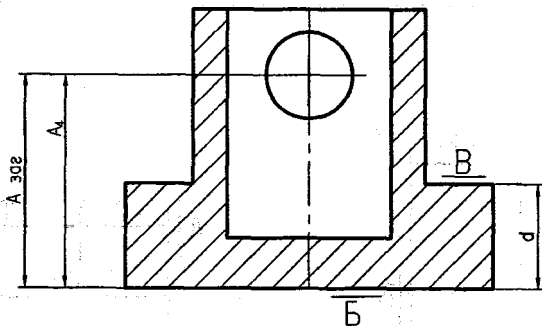


Рис. 2.3.3. Эскиз обрабатываемой детали

Рассмотрим несколько вариантов получения размера A_3 от оси отверстия плоскости Б.

Вариант 1. За черновую базу принимаем поверхность Б. В этом случае базирование будет осуществляться по операциям, как представлено на рис. 2.3.4 а, б, в.

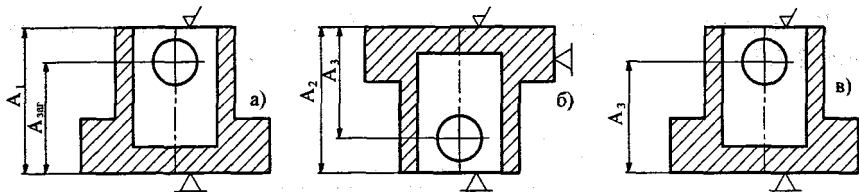


Рис. 2.3.4. Эскизы технологических операций:
 а) фрезерование торца в размер A_1 ;
 б) фрезерование торца Б в размер A_2 ; в) расточка отверстия

Из рассмотренной размерной цепи видно, что допуск на размер A_3 является замыкающим и погрешность базирования равна сумме допусков составляющих звеньев.

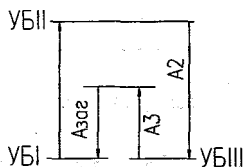


Рис. 2.3.5. Схема размерной технологической цепи

При данной схеме обработки получается большая погрешность базирования, особенно большое влияние на величину погрешности оказывает размер $A_{3огр}$. Увеличение погрешности базирования увеличивает, в свою очередь, величину припуска на обработку и, следовательно, массу заготовки и себестоимость. Кроме вышесказанного при такой схеме обработки размер «а» технологически непосредственно не выполняется.

Рассмотрим **второй вариант**, когда в качестве черновой базы будет принята поверхность В, рис. 2.3.6.

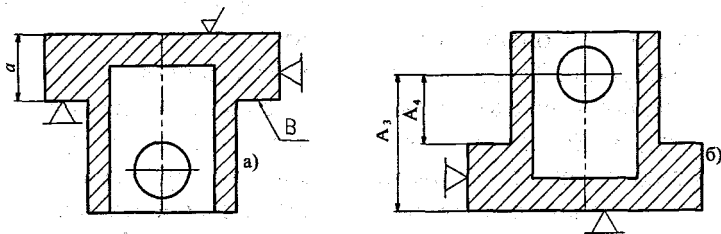


Рис. 2.3.6. Эскизы технологических операций:
 а) фрезерование плоскости; б) растачивание отверстия

Размерная цепь для этой схемы обработки представлена на рис. 2.3.7.

$$\delta_{A_3} = \delta_a$$

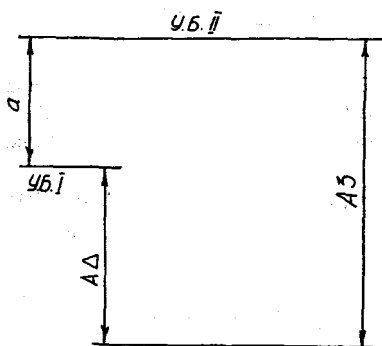


Рис. 2.3.7. Схема размерной технологической цепи

Размер при данной схеме обработки не является замыкающим, и поэтому погрешность базирования при такой схеме обработки будет меньше, чем при обработке по варианту 1, следовательно, и припуски тоже будут меньше. Кроме этого непосредственно выдерживается размер «а».

Можно рассмотреть и *третий вариант*, когда за черновую базу принимается отверстие. В этом случае при обработке отверстия будет обеспечиваться равномерный припуск, выдерживаться непосредственно размер, но в то же время не будет обеспечиваться выполнение размера «а» и усложняется конструкция приспособления.

Принципом постоянства баз также следует пользоваться творчески. В случае когда необходимо выдержать точный размер, заданный не от основной базы, и когда смена баз не требует применения сложного приспособления, придерживаться этого принципа не всегда целесообразно. Так, для детали, представленной на рис. 2.3.8, в качестве технологической базы на большинстве операций принята поверхность А. Но использовать ее как базу для обработки поверхности В ради принципа сохранения единства баз нецелесообразно. В этом случае в качестве базы рациональнее использовать поверхность Б, что даст возможность выдержать размер d без усложнения конструкции приспособления.

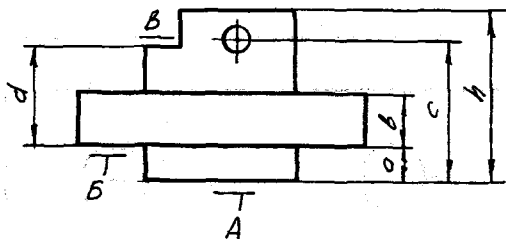


Рис. 2.3.8. Эскиз детали

Варианты заданий

Задание 1

1. Определить смещение оси отверстий d' относительно оси центрального отверстия d для двух вариантов базирования. Размер l принять предварительно обработанным на фрезерной операции.

2. Определить точность выполнения размера b для различных вариантов выбора черновых баз и последующей обработки.

Допуск на размер b (заготовки) принимать для всех вариантов $+0,8\text{мм}$.

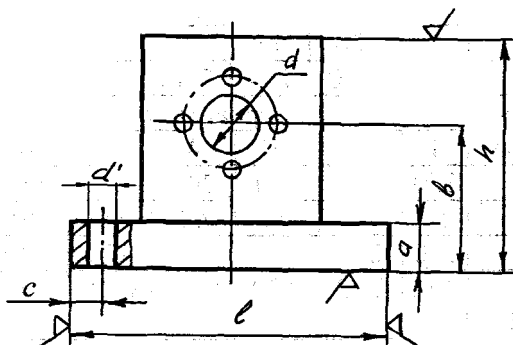


Рис. 2.3.9. Эскиз детали

Задание 2

Определить точность выполнения размера B при последовательной обработке двух отверстий от различных баз А и Б. Торцы А и Б обработаны методом фрезерования.

Варианты заданий приведены в табл. 2.3.1.

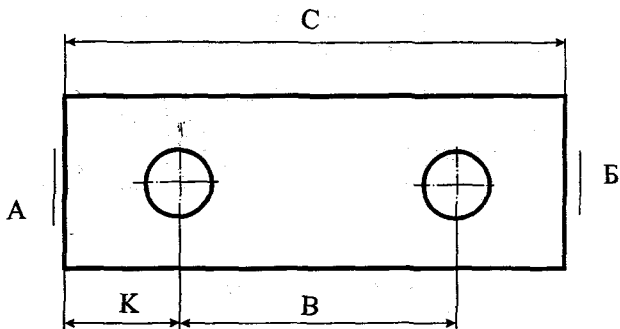


Рис. 2.3.10. Эскиз детали

Т а б л и ц а 2.3.1

Варианты заданий

Обрабатываемый размер, мм	Варианты к заданию 1							
	1	2	3	4	5	6	7	8
h	200	250	120	160	200	250	120	160
b	150	100	150	100	100	150	80	100
a	20	20	20	20	20	20	20	20
c	15	20	15	20	20	20	10	10
l	300	350	250	300	300	350	200	200
Обрабатываемый размер, мм	Варианты к заданию 2							
	1	2	3	4	5	6	7	8
c	350	300	250	200	200	300	350	250
k	50	50	40	40	40	40	80	50
b	250	200	170	120	120	220	190	150
Допуск на размер B	0,32	0,32	0,29	0,25	0,25	0,40	0,32	0,40

Квалитет точности в зависимости от вида заготовки выбирать по табл. 2.3.2, а величину допуска для соответствующего квалитета – по табл.2.3.3.

Материал деталей для вариантов 1...4 – чугун, для вариантов 5...7 – сталь.

Т а б л и ц а 2.3.2

Точность методов механической обработки

Метод обработки		Фрезерование черновое	Протягивание	Сверление		Растачивание
				Без кондукт.	По кондукт.	
Квалитет точности СТ СЭВ145-75	сталь	12	7-8	15	10-11	14-17
	чугун	11	7-8	15	10-11	14-17

Т а б л и ц а 2.3.3

Допуски на размеры в зависимости от качества точности

Интервалы размеров, мм	Квалитет						
	7	8	10	11	12	14	15
	Допуски						
	мкм				мм		
Св.10 до 18	18	27	70	110	0,18	0,43	0,70
18-30	21	33	84	130	0,21	0,52	0,84
30-50	25	39	100	160	0,25	0,62	1,00
50-80	30	46	120	190	0,30	0,74	1,20
80-120	35	54	140	220	0,35	0,87	1,40
120-180	40	63	160	250	0,40	1,00	1,60
180-250	46	72	185	290	0,46	1,15	1,85
250-315	52	81	210	320	0,52	1,30	2,10
315-400	57	89	230	360	0,57	1,40	2,30

Порядок выполнения работы

1. Для указанного преподавателем задания и номера варианта вычерчиваются эскизы технологических операций с указанием обрабатываемых размеров для двух-трех различных вариантов базирования.

2. Вычерчиваются расчетные технологические цепи для разных схем базирования.

3. По табл. 2.3.2 принимаются качества точности обработки и по табл. 2.3.3 определяются допуски на размеры для каждой операции.

4. Определяется погрешность обработки для разных схем базирования.

5. Анализируются полученные результаты.

6. Составляется отчет.

Содержание отчета

1. Название работы.

2. Содержание работы.

3. Эскиз обрабатываемой детали.

4. Эскизы обрабатываемой детали по операциям для двух-трех схем базирования.

5. Схемы расчетных технологических цепей.

6. Результаты расчета технологических цепей.

7. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Что называется базой?

2. Какие поверхности рекомендуется выбирать в качестве черновых баз?

3. Как выбирают основные базы?

4. В каком случае погрешность базирования равна нулю?

5. Что такое принцип единства баз?

6. Что такое принцип постоянства баз?

Работа 2.4

РАСЧЕТ ТОЧНОСТИ БАЗИРОВАНИЯ ЗАГОТОВКИ НА ОПОРАХ-ШТЫРЯХ

Цель работы – ознакомиться с методикой определения точности базирования заготовок на опорах-штырях с учетом шероховатости и волнистости.

Работа рассчитана на 2 часа.

Основные положения

Расчет точности базирования заготовки на опорах-штырях с учетом шероховатости и волнистости

При механической обработке заготовок в приспособлениях при установке на постоянные опоры-штыри вследствие дефектов базы (погрешности формы, волнистости и шероховатости поверхности) не достигается требуемое положение заготовки.

Геометрические погрешности опор-штырей, в частности волнистость, существенно влияют на точность обрабатываемой детали.

При проектировании технологических процессов технологю нужны данные, позволяющие выбрать способ механической обработки, обеспечивающий допустимую волнистость и шероховатость.

Волнистость – неровности, занимающие промежуточное положение по шагу между шероховатостью и отклонениями геометрической формы. К качественным параметрам волнистости относят шаг и форму профиля волн, к количественным – высоту волн, радиус при вершине, радиус во впадине. Форма профиля волн реальной поверхности может быть синусоидальная, параболическая, циклоидная и др.

Параметры волнистости: W_z – высота волнистости, W_{\max} – наибольшая высота волны, S_w – средний шаг волнистости.

Величина W_z равна среднеарифметическому значению из пяти высот волнистости (W_1-W_5), определяемых на пяти одинаковых участках измерения.

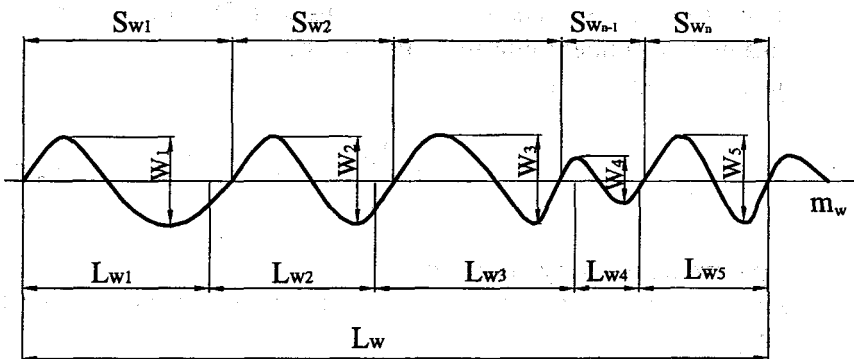


Рис. 2.4.1. Профиль волнистой поверхности

Параметры волнистости отсчитываются от средней линии профиля (m_w) базовой линии волнистости (L_w).

$$W_z = \frac{1}{5} (W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5). \quad (2.4.1)$$

Процесс волнообразования на обработанной поверхности изменяет характеристики качества поверхностного слоя. При установке заготовки на постоянные опоры возникает погрешность базирования с учетом указанных дефектов [44].

Профиль волнистой поверхности базы обычно близок к синусоидальному (рис. 2.4.2).

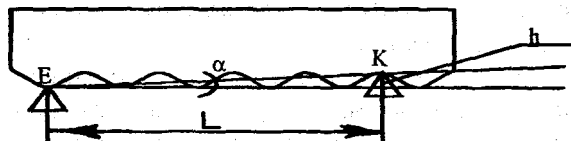


Рис. 2.4.2. Схема образования погрешности базирования при наиболее неблагоприятной расстановке опор

При установке заготовки плоскостью на три опоры-штыря может быть случай, когда две левые опоры E осуществляют контакт с вершиной волны, а правая K с впадиной волны. Сечение заготовки в месте опоры K опускается относительно заданного положения на величину погрешности базирования h . Величина погрешности базирования h может быть равна или меньше высоты W_z волнистости, а заготовка при этом поворачивается на угол α .

Угол α определяется как

$$\alpha = \arctg \frac{h}{L}, \quad (2.4.2)$$

где L — расстояние между опорами.

Рабочая поверхность головки опор-штырей может выполняться плоской, рельефной и сферической.

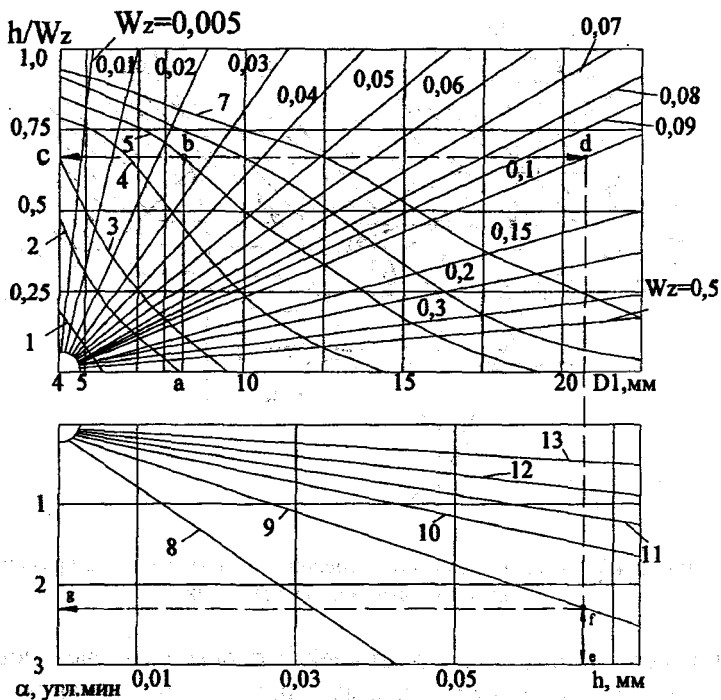


Рис. 2.4.4. Номограммы максимально возможных значений относительной погрешности h / W_z базирования, погрешности h базирования и угла α поворота заготовки (контакт опор плоской головкой по боковым сторонам профиля волн). При шаге волны $L_B = 6$ мм (1), 8 мм (2), 10 мм (3), 15 мм (4), 20 мм (5), 25 мм (6), 30 мм (7) и расстоянии между опорами $L = 50$ мм (8), 100 мм (9), 150 мм (10), 200 мм (11), 300 мм (12), 500 мм (13)

Пример 1. Определить h и угол α поворота заготовки при установке ее по направляющей волнистой базе с $L_B = 20$ мм, $W_z = 0,1$ мм на опоры диаметром $D = 10$ мм с плоской головкой $D_1 = 8$ мм, $L = 100$ мм.

По шкале абсцисс (рис. 2.4.4) откладываем значение $D_1 = 8$ мм (точка «а»). Далее проводим линию, параллельную оси ординат, до пересечения с кривой 5 ($L_B = 20$ мм) и определяем точку «б». От точки «б» перемещаемся параллельно оси абсцисс и находим на оси ординат относительную погрешность базирования $h / W_z = 0,67$, что соответствует точке «с». Затем, двигаясь в направлении прямой

$W_z = 0,1$ мм до пересечения с ней, находим точку «d» и при дальнейшем движении параллельно оси ординат до пересечения с осью абсцисс находим точку «e» - погрешность базирования $h = 0,067$ мм. Далее на пересечении с прямой 9 (что соответствует $L = 100$ мм) определяем точку «f», от которой перемещаемся параллельно оси абсцисс в сторону оси ординат до пересечения с ней в точке «g», определяем угол $\alpha = 2'20''$.

Т а б л и ц а 2.4.1

Варианты заданий

№ варианта	L_B , мм	W_z , мм	L , мм	D , мм	Определить h и α
1	6	0,1	50	5	
2	15	0,15	100	10	
3	20	0,25	100	15	
4	15	0,06	300	5	
5	25	0,09	200	10	
6	30	0,1	150	15	
7	30	0,3	500	20	
8	25	0,15	300	15	

При использовании опорных штырей со сферической головкой возможны три случая расположения правой опоры (рис. 2.4.3).

1. Контакт опоры 3 по дну впадины волны, когда радиус R сферической части опоры меньше радиуса кривизны впадины $R_{ВП}$.

2. Контакт опоры 6 с боковыми сторонами профиля волны, когда $R > R_{ВП}$, причем диаметр D этой опоры может быть меньше и больше L_B .

3. Контакт по зонам, близким к вершинам волн, что наблюдается при диаметре D опоры 5, существенно большим, чем L_B , тогда $h = 0$.

Если соблюдается условие $R \leq R_{ВП}$, то опора контактирует с дном впадины волны, а при несоблюдении этого условия – с боковыми сторонами профиля.

Стандартные значения радиуса сферы опоры: $R = 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40$ мм. Радиус синусоидального профиля $R_{ВП} = 0,05 (L_{ВП}^2) W_z$, численные значения его определяют из таблиц.

Зная L_B и W_Z волнистой поверхности базы и выбрав R и D опоры пальца, определяют условия контактирования. В первом случае контактирования $h = W_Z$, а угол α определяют по формуле (2.4.2).

Во втором случае вычисления сложны и громоздки. Значения h и α проще определять с помощью номограмм (рис. 2.4.5), которые построены для большинства стандартных значений радиуса R .

Пример 2. Определить, какой случай контактирования наблюдается при установке трех заготовок, имеющих волнистые базы $L_B = 2,6$ и 10 мм. $W_Z = 0,05, 0,15, 0,3$ мм. Заготовки устанавливаются в одном приспособлении на опоры с $D = 16$ мм, $R = 16$ мм, $L = 150$ мм. Необходимо определить h и α .

Устанавливаем $R_{ВП}$ из табл. 2.4.2, $R_{ВП} = 4, 13, 5, 16,7$ мм соответственно. Сравнивая $R_{ВП}$ и R , устанавливаем, что во второй заготовке контакт опоры будет по дну впадины, следовательно, $h = W_Z = 0,3$ мм.

В первой и третьей заготовке может быть по боковым сторонам профиля $h < W_Z$.

На номограмме $L_B = 6$ мм (рис. 2.4.5) по шкале абсцисс откладываем W_Z (точка а). Перемещаемся вверх параллельно оси ординат до пересечения с кривой 3 (которая соответствует $R = 16$ мм) в точке «б», а затем влево параллельно оси абсцисс до пересечения с осью ординат в точке «с». Получаем значение $h = 0,13$ мм. Далее переходим на номограмму $h = f(\alpha)$ и находим точку d. Передвигаясь до пересечения с прямой 10 ($L_B = 15$ мм) в точке «е» и затем параллельно оси ординат до пересечения с осью абсцисс в точке f, получаем $\alpha = 3'20''$. Аналогично находим для второй заготовки $h = 0,3$ мм, $\alpha = 7'$, для третьей заготовки $h = 0,025$ мм, $\alpha = 36''$.

Для третьего контактирования h определяют по приближенной зависимости для синусоидального профиля и по точной - для островершинного профиля. Последняя зависимость получается при рассмотрении треугольника BCO и отрезков A_1O и CO (рис. 2.4.3).

$$h = A_1O - CO = R - \sqrt{R^2 - (L_B/2)^2}. \quad (2.4.3)$$

Формула применима при $W_Z > 0,5$ мм и $R > 3L_B$.

Если h , вычисленное по формуле (2.4.3), больше W_Z , то контакт опоры с заготовкой происходит по впадине профиля волны.

Пример 3. Поверхность литой заготовки имеет волнистый профиль с $L_B = 10$ мм, $W_Z = 0,6$ мм. Найти h и α при установке заготовок по направляющей базе на штыри с $R = 40$ мм, $D = 20$ мм. По формулам (2.4.2) и (2.4.3) определяем h и α :

$$h = 40 - \sqrt{40^2 - (10/2)^2} = 0,314 \text{ мм};$$

$$\alpha = \arctg \frac{h}{L} = \arctg \frac{0,314}{20} = \arctg 0,0157, \quad \alpha = 5'23''.$$

Для заготовок с $L > 160$ мм, обработанных резанием, допуск значений α при точности 12-16 квалитетов составляет $20'$. Следовательно, данная схема установки обеспечивает точность расположения ее поверхностей в пределах допуска.

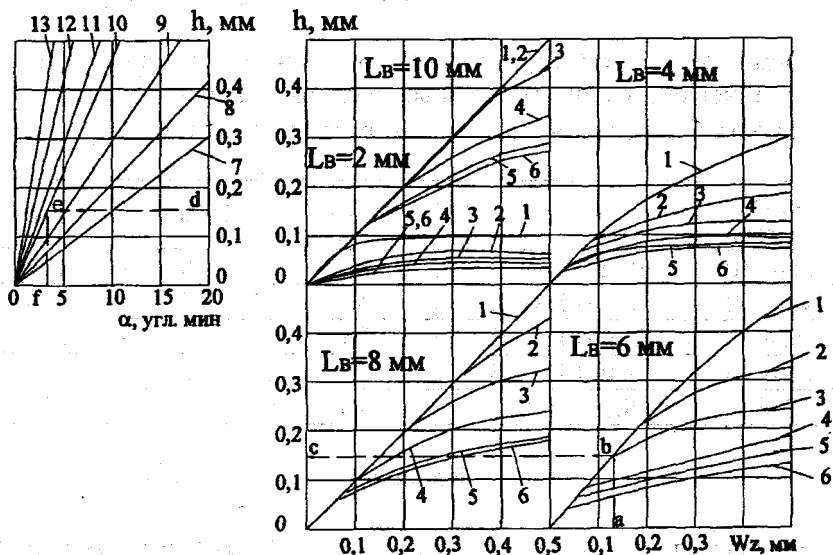


Рис. 2.4.5. Номограмма максимально возможных погрешностей h базирования и угла α поворота заготовки (контакт опор со сферической головкой по боковым сторонам профиля волн) при радиусе сферы $R=5$ мм (1) 10 мм (2), 16 мм (3), 25 мм (4), 32 мм (5), 40 мм (6) и расстоянии между опорами $L=50$ мм (7), 70 мм (8), 100 мм (9), 150 мм (10), 200 мм (11), 300 мм (12), 500 мм (13)

Т а б л и ц а 2.4.2

L _в , мм	R _{вп} (мм) при W _z (мм)								
	0,006	0,012	0,025	0,05	0,075	0,1	0,2	0,3	0,5
2	32	16	8	4	3	2	1	0,66	0,4
4	128	64	32	16	6,7	8	4	2,7	1,6
6	288	144	72	36	27	18	9	6	3,6
8	512	256	128	64	48	32	16	10,7	6,4
20	800	400	200	120	75	50	25	16,7	10
15	1800	900	450	225	173,7	112,5	56,2	37,5	20
20	3200	1600	800	400	300	200	100	66,7	40
25	5000	2500	1250	625	468,7	312,5	156,2	104	62,5

Варианты заданий

Задание 1

Определить, какой случай контактирования будет происходить при установке трех литых заготовок в одном приспособлении, погрешность базирования h и угол поворота заготовки α .

L _в , мм, заготовок	W _z , мм	D, мм	R, мм	L, мм
2; 4; 10	0,1; 0,05; 0,3	10	10	100
4; 6; 10	0,2; 0,1; 0,25	16	16	150
6; 4; 2	0,3; 0,1; 0,05	25	25	200
8; 10; 6	0,4; 0,15; 0,3	32	32	100
10; 8; 4	0,5; 0,4; 0,2	16	16	150

Задание 2

Определить h и α по формулам (2.4.2), (2.4.3) при установке заготовки на опорные штыри, имеющей волнистый профиль, при допустимом угле поворота $\alpha = 20'$ (точность обработки – 12 квалитет).

№ варианта	L_B , мм	W_Z , мм	L , мм	R , мм	D , мм
1	10	0,5	50	40	40
2	6	0,6	20	32	32
3	8	0,7	100	25	25
4	4	0,5	150	40	40
5	10	0,9	50	32	32

Работа 2.5

РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ

Цель работы – изучить методику расчета припусков на обработку для различных поверхностей деталей.

Методические указания и примеры выполнения работы

Основные положения по определению припусков расчетно-аналитическим методом приведены в пособиях [56, с. 175-196], [21, с. 174-178], [41, с. 95-120], [9, с. 59-92].

Расчет припусков на обработку наружных и внутренних поверхностей имеет свою особенность. Она заключается в том, что для наружных поверхностей расчет начинается с наименьшего предельного размера готовой детали последовательным прибавлением расчетных припусков Z_{\min} по всем операциям, а для внутренних поверхностей - с наибольшего предельного размера последовательным вычитанием Z_{\min} .

Слагаемые, составляющие припуск на обработку, зависят от многих факторов: формы, размеров, материала деталей, методов обработки и др.

В соответствующих таблицах в зависимости от этих факторов приведены значения Rz и $T(h)$ ([56, табл. 1-25], [23, табл.1-29], [43, табл.4.25-4.27], [10, табл.4.3-4.6]).

Для отверстий, точность обработки которых не зависит от класса детали, эти нормативы приведены отдельно ([56, табл.27-28], [23, табл.24-25], [43, табл.4.27], [10, табл.4.6]).

Пространственные отклонения учитываются только у заготовок (под первый технологический переход обработки), после черновой

и получистовой обработки лезвийным инструментом (под последующий технологический переход), после термообработки [43]. При последующей обработке эти погрешности становятся ничтожно малыми и ими можно пренебречь.

Погрешности установки ϵ_y на выполняемом переходе определяются по формуле

$$\epsilon_y = \sqrt{\epsilon_\delta^2 + \epsilon_3^2}, \quad (2.5.1)$$

где ϵ_δ – погрешность базирования, возникающая при несовпадении установочной и измерительной баз. Погрешность базирования определяется по соответствующим формулам в зависимости от схемы установки при обработке ([56, табл. 12-20], [23, табл. 21-25], [43, табл. 4.33-4.37], [10, табл. 4.10-4.13]);

ϵ_3 – погрешность закрепления, возникающая в результате смещения обрабатываемых поверхностей заготовок от действия зажимной силы. При укрупненных расчетах точности обработки ϵ_y можно определить по соответствующим таблицам ([56, табл. 12-19], [23, табл. 18-25], [43, табл. 4.33-4.37], [10, табл. 4.10-4.15]).

Определение значений допусков на размеры заготовок производится по стандартам, регламентирующим различные методы получения заготовок.

Допуски на отливки из металлов и сплавов и припуски на механическую обработку определяются по ГОСТ 26645-85; на штампованные заготовки – по ГОСТ 7505-89 ([23, табл. 47-48]).

Значения промежуточных допусков для различных видов механической обработки определяются по таблицам экономической точности обработки ([23, табл. 8-11]) и соответствующим квалитетам точности [21].

Величина Z_{\max} используется при назначении глубины резания; $Z_{\max} \approx t_i$. Эту величину используют при определении режимов резания V и S и выборе оборудования по мощности.

Значения номинального припуска $Z_{\text{ном}}$ необходимы для определения номинальных размеров заготовок, по которым изготавливают технологическую оснастку (штампы, пресс-формы, модели т.д.).

Пример 1. Рассчитать припуски на обработку и предельные размеры по технологическим операциям (переходам) обработки поверхностей стакана подшипников (табл.2.5.1). На те же поверхности назначить припуски и допуски по ГОСТ 26645-85. 8-й класс точности размеров отливки по ГОСТ 26645-85 соответствует примерно 1-му классу точности по ГОСТ 1855-55.

Наружный диаметр $\varnothing 270_{-0,21}$ мм.

Способ установки - на разжимной оправке по $\varnothing 160$ мм и торцу «А». Величины Rz и T(h) определяются по [56, табл. 6-10], [23, табл. 20-23] и [43, табл. 4.25].

Пространственное отклонение – результат коробления отливки. Удельная величина коробления $\Delta_k = 1,0$ мкм/мм ([56, табл. 8], [23, табл. 28], [43, табл. 4.29]), что на длине $L = 70$ мм дает общую величину коробления $(\Delta)\rho = \Delta_k \cdot L = 1,0 \cdot 70 = 70$ мкм.

Величина остаточной пространственной погрешности

$$(\Delta_{\text{ост}})\rho_{\text{ост}} = K_y \cdot \rho_{\text{заг}} (\Delta_{\text{заг}}). \quad (2.5.2)$$

Значения коэффициента K_y определяются по [1, табл.29].

После точения черного $\rho_{\text{черн}} (\Delta_{\text{черн}}) = 0,06 \cdot \rho_{\text{заг}} (\Delta_{\text{заг}}) = 0,06 \cdot 70 = 4,2$ мкм.

После точения получистового $\rho_{\text{получист}} (\Delta_{\text{получист}}) = 0,05 \cdot \rho_{\text{заг}} (\Delta_{\text{заг}}) = 0,05 \cdot 70 = 3,5$ мкм.

После точения чистового $\rho_{\text{чист}} (\Delta_{\text{чист}}) = 0,04 \cdot \rho_{\text{заг}} (\Delta_{\text{заг}}) = 0,04 \cdot 70 = 2,8$ мкм.

Погрешность базирования на разжимной оправке $\varepsilon_\delta = 0$. Погрешность установки в данном случае будет состоять только из погрешности индексации $\varepsilon_{\text{инд}}$ стола многошпиндельного станка, принимаемой равной 50 мкм.

Величина расчетного припуска определяется по формуле

$$2Z_{\text{min}} = 2 \left(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{\Delta_{i-1}}^2 + \varepsilon_i^2} \right). \quad (2.5.3)$$

Значения $2Z_{\text{min}}$ по операциям (переходам) обработки составят:

- точение черновое: $2Z_{\text{min}} = 2 \left(600 + \sqrt{70^2 + 50^2} \right) = 2 \cdot 686$ мкм;

- точение получистовое: $2Z_{\min} = 2(50 + \sqrt{4,2^2 + 50^2}) = 2 \cdot 102$ мкм;
- точение чистовое: $2Z_{\min} = 2(50 + \sqrt{3,5^2 + 50^2}) = 2 \cdot 101$ мкм.

Расчетные размеры по операциям (переходам) механической обработки составят:

- точение чистовое – 269,79 мм;
- точение получистовое – $269,79 + 0,202 = 269,992$ мм;
- точение черновое – $269,992 + 0,204 = 270,196$ мм;
- заготовка – $270,196 + 1,592 = 271,568$ мм.

Результаты расчетов сводим в табл. 2.5.1.

В графе «Предельные размеры» значения «min» получаются путем округления расчетных размеров до точности допуска соответствующего перехода.

Значения «max» получаются путем прибавления допусков соответствующих переходов к наименьшим предельным размерам.

Минимальные предельные значения припусков Z_{\min} представляют собой разности наименьших предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов, а максимальные Z_{\max} - соответственно разности наибольших предельных размеров.

Номинальный (расчетный) операционный припуск

$$Z_{\text{ном}} = Z_{\text{imin}} + TA_{i-1}, \quad (2.5.4)$$

где TA_{i-1} – допуск на обработку заготовки на предшествующей операции.

Тогда номинальные (расчетные) припуски на:

- 1) точение чистовое – $Z_{\text{ном.точ.чист.}} = 0,2 + 0,52 = 0,72$ мм;
- 2) точение получистовое – $Z_{\text{ном.точ.получист.}} = 0,2 + 1,3 = 1,5$ мм;
- 3) точение черновое – $Z_{\text{ном.точ.черн.}} = 1,38 + 1,0 = 2,38$ мм (в расчет взята половина допуска отливки, т. к. она имеет симметричное расположение поля допуска $\pm 1,0$ мм).

Общий номинальный припуск $Z_{\text{ном.об.}} = 0,72 + 1,5 + 2,38 = 4,6$ мм.

Расчетный размер заготовки – $270 + 4,6 = 274,6$ мм.

Проверяем правильность выполненных расчетов:

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 0,51 - 0,2 = 0,31; \quad \delta_2 - \delta_3 = 0,52 - 0,21 = 0,31 \text{ мм};$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 0,99 - 0,21 = 0,78; \quad \delta_1 - \delta_2 = 1,3 - 0,52 = 0,78 \text{ мм};$$

$$2Z_{\max 1} - 2Z_{\min 1} = 2,1 - 1,4 = 0,7; \quad \delta_3 - \delta_1 = 2,0 - 1,3 = 0,7 \text{ мм}.$$

Торец «Б» (размер 125_{0,063} мм).

Как и в предыдущем примере, в расчетную табл. 2.5.1 записываем соответствующие заготовке и каждому технологическому переходу значения элементов припуска.

Общая величина коробления заготовки на диаметре 270 мм

$$\rho(\Delta) = \Delta_K \cdot D = 1 \cdot 270 = 270 \text{ мкм.}$$

Остаточная величина пространственных отклонений:

$$\rho_1(\Delta_1) = 0,06 \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,06 \cdot 270 = 16,2 \text{ мкм;}$$

$$\rho_2(\Delta_2) = 0,05 \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,05 \cdot 270 = 13,5 \text{ мкм;}$$

$$\rho_3(\Delta_3) = 0,04 \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,04 \cdot 270 = 10,8 \text{ мкм.}$$

Погрешность установки аналогична предыдущему примеру. Величина расчетного припуска определяется по формуле

$$Z_{\min} = R_{Z_{i-1}} + T_{i-1}(h_{i-1}) + \rho_{i-1} + \varepsilon_i. \quad (2.5.5)$$

Значения Z_{\min} по операциям (переходам) обработки составляют:

- точение черновое $Z_{\min} = 600 + 270 + 50 = 920 \text{ мкм;}$

- точение получистовое $Z_{\min} = 50 + 16,2 + 50 = 116,2 \approx 116 \text{ мкм;}$

- точение чистовое $Z_{\min} = 50 + 14,0 + 50 = 114,0 \text{ мкм.}$

Расчетные размеры по операциям (переходам), предельные размеры и предельные значения припусков определяются аналогично предыдущему:

$$Z_{\text{ном.точ.чист.}} = 0,114 + 0,25 = 0,364 \text{ мм.}$$

$$Z_{\text{ном.точ.получист.}} = 0,116 + 0,63 = 0,746 \text{ мм.}$$

$$Z_{\text{ном.точ.черн.}} = 0,92 + 0,8 = 1,72 \text{ мм.}$$

$$Z_{\text{ном.об.}} = 2,83 \text{ мм.}$$

Расчетный (номинальный) размер заготовки $125 + 2,83 = 127,83 \text{ мм.}$

Наружный диаметр $\varnothing 230_{0,46}$ мм.

Величины Rz и T для заготовки и операции (переходов) механической обработки записаны в сводной табл.2.5.1 аналогично предыдущему.

$$\rho_{\text{заг}} = \Delta_K \cdot L = 1 \cdot 55 = 55 \text{ мкм.}$$

Остаточная величина пространственных отклонений:

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 55 = 3,3 \text{ мкм} \approx 3,0 \text{ мкм;}$$

$$\rho_2 = 0,05 \cdot 55 = 2,75 \text{ мкм.}$$

Установка на данной операции осуществляется в самоцентрирующем пневматическом патроне по $\varnothing 270$ мм и торцу «Б», в данном случае $\epsilon_y = 660$ мкм ([43, табл.4.35]).

Под второй технологической переход

$$\epsilon'_y = 0,06\epsilon_y + \epsilon_{инд} = 0,06 \cdot 660 + 50 = 39,6 + 50 \approx 90 \text{ мкм.}$$

Значения $2Z_{\min}$ по операциям (переходам) обработки составят:

- точение черновое $2Z_{\min} = 2(660 + \sqrt{55^2 + 660^2}) = 2(660 + 665) = 2 \cdot 1265$ мкм;

- точение получистовое $2Z_{\min} = 2(50 + \sqrt{3^2 + 90^2}) = 2 \cdot 140$ мкм.

$$Z_{\text{ном.точ.получист.}} = 0,28 + 0,72 = 1,0 \text{ мм.}$$

$$Z_{\text{ном.точ.черн.}} = 2,53 + 0,8 = 3,3 \text{ мм.}$$

$$Z_{\text{ном.об.}} = 4,33 \text{ мм.}$$

Расчетный (номинальный) диаметр заготовки $230 + 4,33 = 234,33$ мм.

Отверстие $\varnothing 160^{+0,16}$ мм

В сводную таблицу записываем величины Rz и T (h) для заготовки и переходов механической обработки ([56, табл. 6-10]; [21, табл. 20, 23]; [43, табл. 4.25-4.27]).

Суммарное значение пространственных отклонений для заготовки данного типа определяется по формуле

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2} \quad (2.5.6)$$

Величину коробления отверстия надо учитывать как в диаметральном, так и в осевом сечениях. Поэтому

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_k \cdot d)^2 + (\Delta_k \cdot \ell)^2} = \sqrt{(1 \cdot 160)^2 + (1 \cdot 75)^2} = 176 \text{ мкм,}$$

где d и ℓ – диаметр и длина обрабатываемого отверстия соответственно.

Смещение оси отверстия в процессе формовки $\rho_{\text{см}}$ принято равным величине поля допуска на толщину стенки 35 мм, т. е. 800 мкм ([41, табл. 1]).

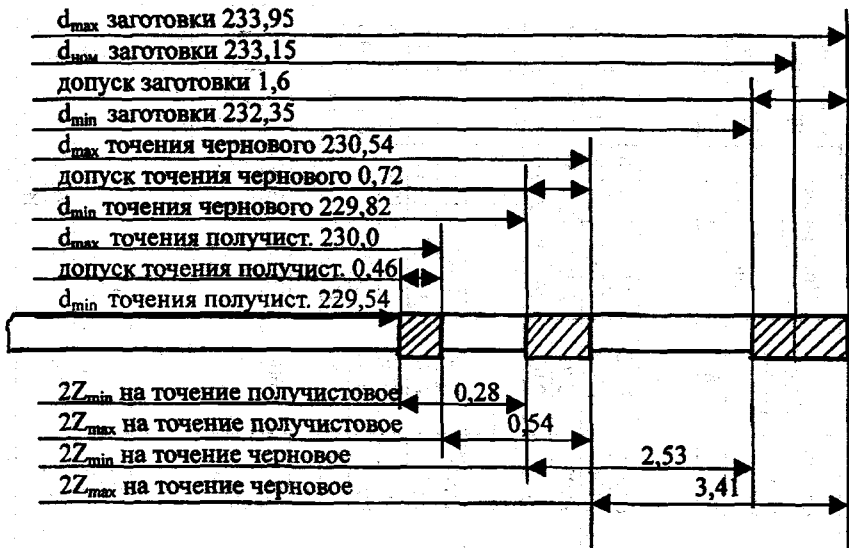


Рис. 2.5.1. Схема графического расположения припусков и допусков на обработку поверхности $\varnothing 230_{-0,46}$ мм

Суммарное значение пространственных отклонений отверстия составит

$$\rho_{\text{зар}} = \sqrt{800^2 + 176^2} = 820 \text{ мкм.}$$

Остаточная величина ρ после черного растачивания составит $\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_{\text{зар}} = 41$ мкм.

После чистового растачивания $\rho_2 = 0,002 \cdot \rho_{\text{зар}} = 0,002 \cdot 820 = 1,64 \approx 2$ мкм.

Установка детали такая же, как и при обработке наружной поверхности $\varnothing 230_{-0,46}$ мм.

Минимальный припуск под растачивание черновое

$$2Z_{\text{min}} = 2(600 + \sqrt{820^2 + 660^2}) = 2(600 + 1040) = 2 \cdot 1640 \text{ мкм;}$$

чистовое

$$2Z_{\text{min}} = 2(50 + \sqrt{41^2 + 90^2}) = 2 \cdot 150 \text{ мкм.}$$

обработка на многошпиндельном полуавтомате.
диаметр $\varnothing 270_{-0,210}$

	600		70,0			271,568	2000	271,6	273,6
...ное	50	-	4,2	50	2,686	270,196	1300	270,2	271,2
...ое	50	-	3,5	50	2,102	269,992	520	269,99	270,51
	25	-	2,8	50	2,101	269,79	210	269,79	270,0

Итого

размер 125 _{-0,063})	600		270			126,087	1600	126,1	127,7
...ное	50	-	16,2	50	920	125,167	630	125,17	125,8
...ое	50	-	14,0	50	116	125,051	250	125,05	125,3
	25	-	10,8	50	114	124,937	63	124,937	125

Итого

диаметр $\varnothing 230_{-0,46}$	600		55			23235	1600	23235	23395
...ное	50	-	3,0	660	2,1265	229,82	720	229,82	230,54
...ое	50	-	2,75	90	2,140	229,54	460	229,54	230,0

Итого

$\varnothing 160^{+0,16}$	600		820			156,58	1600	155,0	156,6
...е: черновое	50	-	41,0	660	2,1640	159,86	530	159,33	159,86
	20	-	2,0	90	2,150	160,16	160	160	160,16

Итого

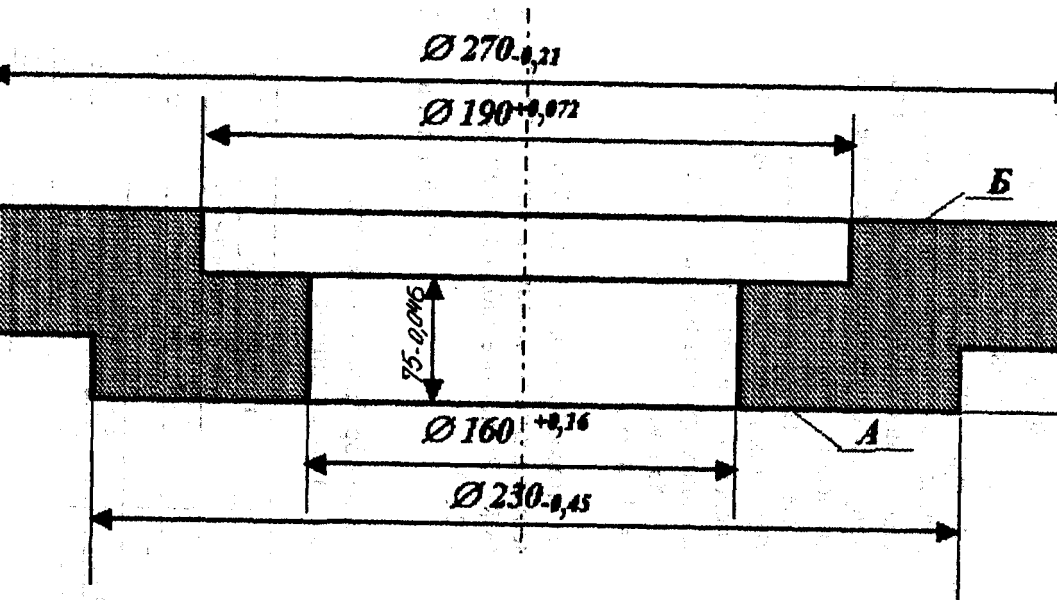


Рис. 2.5.2. Деталь - стакан подшипников, СЧ 15 ГОСТ 1412-79
(точность отливки 8-8-3 ГОСТ 26645-85 Класс точности размеров и массы отливки)

Графа «Расчетный размер» заполняется, начиная с конечного чертежного размера, последовательным вычитанием расчетного минимального припуска каждого перехода:

- растачивание чистовое $d_{p2} = 160,16$ мм;
- растачивание черновое $d_{p1} = 160,16 - 0,3 = 159,86$ мм;
- заготовка $d_{p3} = 159,86 - 3,28 = 156,58$ мм.

В графе «Предельный размер» наибольшие значения d_{\max} получаются путем округления расчетных размеров до точности допуска соответствующего перехода, а наименьшие предельные размеры d_{\min} - путем вычитания допусков соответствующих переходов из наибольших предельных размеров.

Минимальные предельные значения припусков $2Z_{\min}$ представляют собой разности наибольших предельных размеров выполняемого и предшествующих переходов, а максимальные $2Z_{\max}$ - соответственно разности наименьших предельных размеров.

$$Z_{\text{ном. раст. чист.}} = 0,3 + 0,53 = 0,83 \text{ мм.}$$

$$Z_{\text{ном. раст. черн.}} = 3,28 + 0,8 = 4,08 \text{ мм.}$$

$$Z_{\text{ном. о.}} = 4,91 \text{ мм.}$$

Номинальный размер заготовки $160 - 4,91 = 155,09$ мм.

На все обрабатываемые поверхности детали назначаем припуски и допуски по ГОСТ 26645-85. Расчетные табличные значения припусков записываем в табл. 2.5.2.

Т а б л и ц а 2.5.2

Припуски и допуски на обрабатываемые поверхности
стакана подшипников

Поверхность	Размер, мм	Припуск, мм		Допуск, мм
		табличный	расчетный	
1	$270_{-0,21}$	$2 \cdot 2,28$	2,3	$\pm 1,0$
2	$190_{+0,072}$	$2 \cdot 2,8$	-	$\pm 0,8$
3	$125_{-0,063}$	3,2	2,83	$\pm 0,8$
4	$230_{-0,46}$	2,4	$2 \cdot 2,16$	$\pm 0,8$
5	$160_{+0,16}$	$2 \cdot 3,2$	$2 \cdot 2,45$	$\pm 0,8$

Пример 2. Рассчитать припуски и предельные размеры по технологическим операциям (переходам) обработки поверхности

Ø 45_{-0,016} мм вала первичного (рис. 2.5.3). На все обрабатываемые поверхности назначить припуски и допуски по ГОСТ 7505-89. Заготовка – штамповка на ГКМ класса точности Т4. Материал заготовки – сталь 40Х (М1). Степень сложности С2 (штамповка в 3 перехода). Масса поковки – 5,5 кг. Способ установки при обработке - по центровым отверстиям.

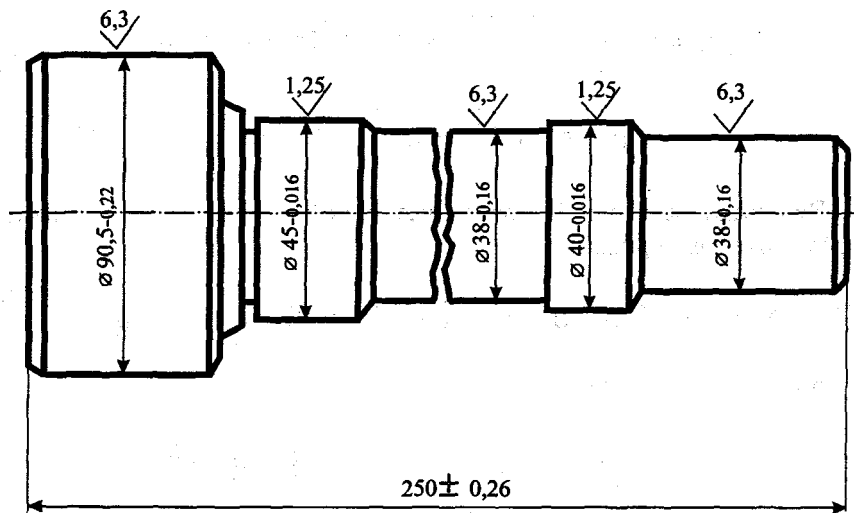


Рис. 2.5.3. Вал первичный

Величины R_z и T определяются по [56, табл. 12, 25]; [21, табл. 11, 19]; [43, табл. 4.25, 4.27]. Суммарное значение пространственных отклонений для заготовки данного вида определяется по формуле

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{к.о.}}^2 + \rho_{\text{ц.}}^2}, \quad (2.5.7)$$

где $\rho_{\text{к.о.}}$ – наибольшая кривизна заготовки.

$$P_{\text{к.о.}} = \Delta_{\text{к}} \cdot l, \quad (2.5.8)$$

где $\Delta_{\text{к}}$ – удельная кривизна заготовки $\Delta_{\text{к}} = 5$ мкм/мм ([56, табл. 16]; [23, табл. 13]; [41, табл. 4.2]9).

$$\rho_{\text{ко}} = 5 \cdot 250 = 1250 \text{ мкм} = 1,25 \text{ мм.}$$

$\rho_{\text{ц}} = 0,25 \cdot \sqrt{\delta^2 + 1}$ ([56, табл. 16]; [23, табл. 13]), где δ – допуск на диаметральный размер базовой поверхности заготовки, используемый при зацентровке; $\delta = 1,5 \text{ мм}$ ([45, табл. 8]).

$$\rho_{\text{ц}} = 0,25 \cdot \sqrt{1,5^2 + 1} = 0,25 \cdot \sqrt{3,25} = 0,45 \text{ мм.}$$

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{1,25^2 + 0,45^2} = 1,3 \text{ мм.}$$

Величина остаточной пространственной погрешности составит после точения черногого

$$\rho_{\text{точ.черн.}} = 0,06 \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,06 \cdot 1,3 = 0,078 \text{ мм} = 78 \text{ мкм};$$

после точения чистового

$$\rho_{\text{точ.чист.}} = 0,04 \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,04 \cdot 1300 = 52 \text{ мкм};$$

после термообработки

$$\rho_{\text{терм}} = \Delta_{\text{к}} \cdot l.$$

$$\Delta_{\text{к}} = 0,75 \text{ мкм} ([56, табл. 16], [23, табл. 13]): \rho_{\text{терм}} = 0,75 \cdot 250 = 188 \text{ мкм.}$$

С учетом $\rho_{\text{точ.чист.}}$

$$\rho_{\text{терм}} = \sqrt{188^2 + 52^2} = 195 \text{ мкм,}$$

после шлифования черногого

$$\rho_{\text{шл.черн.}} = 0,06 \cdot 195 = 12 \text{ мкм.}$$

Погрешность установки на всех операциях технологического процесса равна 0 (базирование по центровым отверстиям).

Допуск на штампованную поковку нормальной точности $\delta = 2,4 \text{ мм}$ ([45, табл. 8]).

Определение межоперационных припусков и предельных размеров по операциям механической обработки, а также предельных значений припусков производится аналогично предыдущему приему. Все выполненные расчеты сводим в табл. 2.5.3.

$$Z_{\text{ном.шл.чист.}} = 0,044 + 0,05 = 0,094 \text{ мм.}$$

$$Z_{\text{ном.шл.черн.}} = 0,44 + 0,1 = 0,54 \text{ мм.}$$

Т а б л и ц а 2.5.3

Расчет припусков на обработку поверхности $\varnothing 45_{-0,016}$ мм предельных размеров по технологическим операциям обработки детали – вал первичный

Технологические операции обработки поверхности $\varnothing 45$ мм	Элементы припуска, мм				Расчетный припуск $Z_{\text{мин}}^{\text{мкм}}$	Расчетный размер δ_p , мм	Допуск ТА, мм	Предельные размеры, мм		Предельный припуск, мм	
	Rz	T (h)	ρ	ϵ				$d_{\text{наиб}}$	$d_{\text{наимен}}$	Z_{max}	Z_{min}
Заготовка	240	250	1300			49,404	2,400	51,804	49,404		
Точение черновое	50	50	78		2,1790	45,824	0,340	46,164	45,824	5,640	3,580
Точение чистовое	25	25	52		2,178	45,468	0,100	45,568	45,468	0,596	0,356
Термообработка (закалка ТВЧ)			195								
Шлифование черновое	10	20	12		2,220	45,028	0,050	45,078	45,028	0,490	0,440
Шлифование чистовое	5	15			2,22	44,984	0,016	45,0	44,984	0,078	0,044
	Итого				2,2210					6,804	4,420

$$Z_{\text{ном.точ.чист.}} = 0,356 + 0,34 = 0,696 \text{ мм.}$$

$$Z_{\text{ном.точ.черн.}} = 3,58 + 0,8 = 4,38 \text{ мм.}$$

$$Z_{\text{ном.общ.}} = 5,71 \text{ мм.}$$

Номинальный диаметр заготовки

$$d_{з.ном.} = 45 + 5,71 = 50,71 \text{ мм.}$$

На все обрабатываемые поверхности детали назначаем припуски и допуски по ГОСТ 7505-89 и сводим в табл. 2.5.4.

Таблица 2.5.4

Припуски и допуски на обрабатываемые поверхности вала первичного

Поверхность	Размер, мм	Припуск, мм		Допуск, мм
		табличный	расчетный	
1	$90,5_{-0,22}$	$2 \cdot 1,7$	-	+1,6 -0,9
2	$45_{-0,016}$	$2 \cdot 1,9$	$2 \cdot 2,85$	+1,4 -0,8
3	$40_{-0,016}$	$2 \cdot 1,9$	-	+1,4 -0,8
4	$38_{-0,16}$	$2 \cdot 1,6$	-	+1,3 -0,7
5	$250_{+0,26}$	2,6	-	+2,1 -1,1

Варианты задания

Цель работы – практическое освоение методов определения промежуточных и общих припусков на обработку. Работа рассчитана на 2 академических часа.

1. Рассчитать припуски на обработку поверхности детали - стакан подшипника (рис. 2.5.4) по одному из следующих вариантов (табл. 2.5.5).

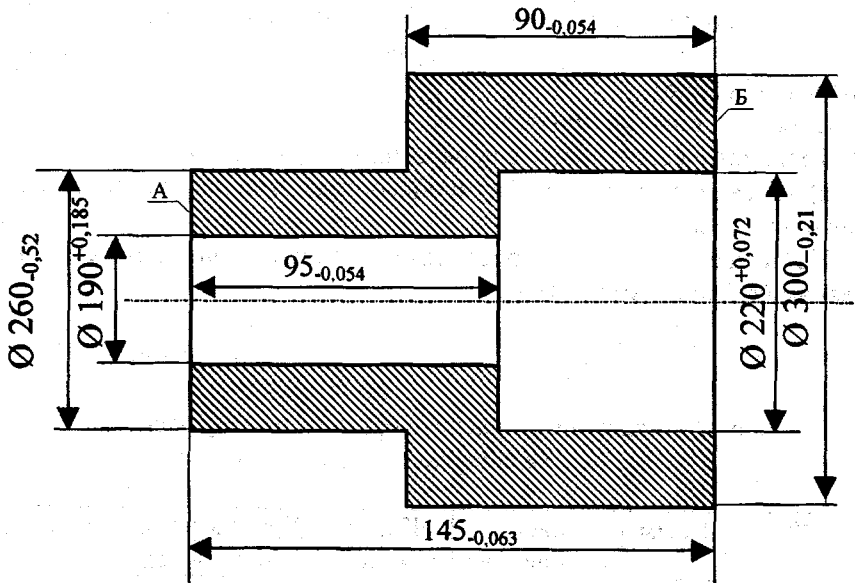


Рис. 2.5. 4. Стакан подшипника, СЧ 15 ГОСТ 1412-79
(8-й класс размерной точности по ГОСТ 26645-85)

Т а б л и ц а 2.5.5

№ варианта	Обрабатываемая поверхность	Способ установки	Технологический маршрут обработки
1	Наружный диаметр $\text{Ø}260_{-0,52}$	В самоцентрирующем патроне по $\text{Ø} 300$ и торцу «Б»	Точение: черновое получистовое
2	Отверстие $\text{Ø}190_{+0,185}$	- // -	Растачивание: черновое чистовое
3	Наружный диаметр $\text{Ø}300_{-0,21}$	На разжимной оправке по отверстию $\text{Ø}190$ и торцу «А»	Точение: черновое получистовое чистовое
4	Отверстие $\text{Ø}220_{+0,072}$	- // -	Растачивание: черновое чистовое тонкое
5	Торец «Б» в размер $145_{-0,063}$	- // -	Точение: черновое получистовое чистовое

2. Рассчитать припуски на обработку наружной поверхности D детали - вал ступенчатый (рис.2.5.5) по одному из следующих вариантов (табл.2.5.6).

Способ установки при обработке - по центровым отверстиям.

Технологический процесс обработки поверхности D :

а) точение черновое; б) термообработка; в) шлифование черновое и чистовое.

На те же поверхности определить припуски опытно-статистическим (табличным) методом.

Т а б л и ц а 2.5.6

Варианты задания по расчету припусков на обработку вала ступенчатого

№ варианта	D , мм	Масса поковки, кг	Класс точности	Группа стали	Степень сложности
1	$45_{-0,025}$	8,5	T4	M1	C1
2	$65_{-0,03}$	14,5	T5	M2	C2
3	$85_{-0,035}$	20,5	T4	M1	C3
4	$125_{-0,04}$	30,5	T5	M2	C4
5	$185_{-0,046}$	50,3	T4	M1	C1

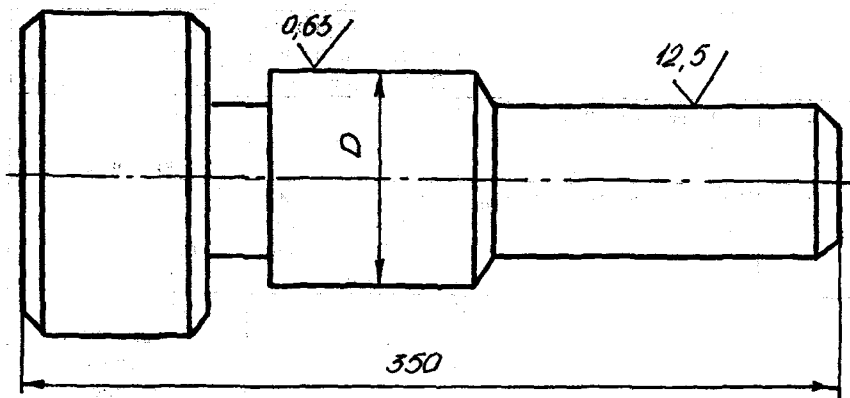


Рис. 2.5.5. Вал ступенчатый (материал - группа стали M1 или M2; заготовка - штамповка на ГKM)

Порядок выполнения работы

1. В расчетную таблицу (см. табл. 2.5.1) внести технологический маршрут обработки заданной поверхности.
2. Определить по соответствующим таблицам значения составляющих припуска, значения допусков по всем операциям (переходам) и рассчитать по формулам межоперационные значения припусков.
3. Определить величину расчетных и предельных размеров по операциям технологического процесса.
4. Рассчитать предельные значения припуска по всем операциям, а также его суммарное значение.
5. Произвести проверку правильности выполненных расчетов.
6. Назначить по стандарту на обрабатываемые поверхности детали общие припуски на обработку.
7. Построить схему графического расположения припусков и допусков.
8. Дать анализ полученных результатов.
9. Составить отчет.

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Содержание задания.
3. Эскиз детали с необходимыми исходными данными.
4. Определение отдельных составляющих припуска и расчет его значений по соответствующим формулам по всем операциям технологического процесса.
5. Сводная таблица по расчету припусков на обработку заданной поверхности расчетно-аналитическим методом.
6. Таблица припусков и допусков на обрабатываемые поверхности детали табличным и расчетно-аналитическим методом.
7. Схема графического расположения припусков и допусков.
8. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Назовите методы определения припусков на обработку. В чем преимущества и недостатки каждого из них?
2. Напишите формулу расчета Z_{\min} на обработку круглых и плоских поверхностей.
3. От каких факторов зависят величины Rz и T?
4. Как определяется величина ρ для различных видов заготовок и последующей механической обработки?

Работа 2.6

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

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

Основные положения

Под наладкой (ГОСТ 3. 1109-81) технологической системы понимают 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 [4].

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

В настоящее время применяются следующие методы настройки станков: статический; динамический по пробным заготовкам с помощью рабочего калибра, по пробным заготовкам с помощью универсального мерительного инструмента.

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

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

$$\Delta_{\text{н.ст.}} = \sqrt{\Delta_{\text{эт.}}^2 + \Delta_{\text{уст.ин.}}^2}, \quad (2.6.1)$$

где $\Delta_{\text{эт.}}$ – погрешность, обусловленная неточностью изготовления и установки эталона на станке, мкм;

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

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

$$\Delta_{\text{эт.}} = \Delta_{\text{изг.эт.}} + \Delta_{\text{уст.эт.}}. \quad (2.6.2)$$

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. 2.6.2.

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 $L_{\text{расч.}}^{\text{н}}$ эталона определяется по формуле

$$L_{\text{расч.}}^{\text{н}} = \frac{L_{\text{min}} + L_{\text{max}}}{2} \pm \Delta_{\text{попр.}}, \quad (2.6.3)$$

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:

$$\Delta_{\text{попр.}} = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3, \quad (2.6.4)$$

где $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$ – составляющие поправки, учитывающие соответственно действие сил резания, высоту неровностей поверхности обрабатываемых заготовок и величину зазора в подшипниках шпинделя.

В формуле (2.6.3) знак (-) принимается для случая обработки вала, а знак (+) для отверстия.

При односторонней обработке

$$\Delta_1 = P_y / j, \quad (2.6.5)$$

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

При двухсторонней обработке значение Δ_1 удваивается:

$$\Delta_2 = R_a, \quad (2.6.6)$$

где R_a – высота неровностей поверхности заготовки, мкм.

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

Варианты задания для первого случая приведены в табл. 2.6.1.

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

В этом случае определяют промежуточный размер эталона

$$L_{\text{эт}}^{\text{пром}} = L_{\text{мин}} + \frac{\delta}{2}, \quad (2.6.7)$$

где $L_{\text{мин}}$ – наименьший размер детали в пределах допуска на обработку, мм;

δ – допуск на обработку, мм.

Затем производят обработку пробных деталей ($m = 3-5$ шт.), универсальным измерительным инструментом определяют, по возможности, наиболее точно их размеры L_1 .

Рассчитывают значения среднего размера пробных деталей \bar{L} и среднего квадратического 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

$$L_{\text{эт}} = L_{\text{мин}} + 3\sigma - \Delta_{\text{попр}} - a, \quad (2.6.8)$$

где a – толщина шупа.

Погрешность настройки для этого случая равна

$$\Delta_n = \sqrt{\Delta_{\text{эт}}^2 + \Delta_{\text{из}}^2 + \Delta_{\text{уст.ин.}}^2}, \quad (2.6.9)$$

где $\Delta_{\text{эт}}$ – погрешность изготовления эталона;

$\Delta_{\text{из}}$ – погрешность изготовления шупа;

$\Delta_{\text{уст.ин.}}$ – погрешность установки режущего инструмента по шупу.

Значения $\Delta_{\text{уст.ин.}}$ принимаются по табл. 2.6.2.

Варианты задания для расчета параметров настройки по установу представлены в табл. 2.6.3.

Сущность динамической настройки станка с контролем пробных деталей универсальным измерительным инструментом заключается в следующем. Режущий инструмент устанавливается на размер

$$L_0 = L_{\text{мин}} \pm \frac{\Delta_{\text{нд}}}{2}, \quad (2.6.10)$$

где $L_{\text{мин}}$ – наименьший предельный размер детали по чертежу, мм;

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

Т а б л и ц а 2.6.1

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

Вариант	Размер детали, мм	Высота неровностей 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 _{-0,16}	25	90	5000
3	36 _{-0,16}	50	100	10000
4	56 _{-0,046}	100	50	9000
Цилиндрическая поверхность отверстия				
1	30 ^{+0,084}	25	50	6000
2	19 ^{+0,13}	50	75	10000
3	36 ^{+0,16}	50	100	7000
4	40 ^{+0,16}	25	60	8000
Торцовая поверхность				
1	250 _{-0,24}	100	80	5500
2	190 _{-0,115}	50	100	6000
3	370 _{-0,36}	100	75	8000
4	280 _{-0,2}	100	200	7000

Т а б л и ц а 2.6.2

Погрешность установки инструмента по эталону $\Delta_{уст.ин}$, 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
с помощью металлического шупа	7-10	14-20
с помощью индикатора	5-15	10-30

Величина $\Delta_{нд}$ определяется из выражения

$$\Delta_{нд} = 1,2\sqrt{\Delta_{см}^2 + \Delta_{рег}^2 + \Delta_{изм}^2}, \quad (2.6.11)$$

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

$$\Delta_{см} = \frac{\Delta_{сл}}{\sqrt{m}}, \quad (2.6.12)$$

где m – количество пробных деталей, 3-5 шт.

Мгновенную погрешность обработки $\Delta_{сл}$ следует принимать по табл. 2.6.5.-2.6.6. Погрешность регулирования положения режущего инструмента зависит от применяемого способа регулирования и определяется по табл. 2.6.7.

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

Т а б л и ц а 2.6.3

Варианты задания для определения настроечного размера и погрешности настройки Δ_n по установу

Вариант	Размер детали по чертежу L, мм	Размер пробных деталей, мм	Размер щупа а, мм
1	2	3	4
1	124.0,1	123,98	1.0,006
		123,98	
		123,99	
		123,98	

1	2	3	4
2	230 _{-0,13}	229,96	5 _{-0,008}
		229,96	
		229,95	
3	85 _{-0,087}	84,90	3 _{-0,008}
		85,00	
		84,99	
		84,97	
		84,98	
4	43 _{-0,062}	42,97	1 _{-0,006}
		42,97	
		42,98	
5	185 _{-0,29}	184,88	3 _{-0,008}
		184,89	
		184,87	
		184,88	
6	260 _{-0,32}	269,98	5 _{-0,008}
		259,98	
		259,97	
7	65 _{-0,19}	64,88	1 _{-0,006}
		64,87	
		64,86	
		64,88	
8	93 _{-0,14}	92,96	3 _{-0,008}
		92,97	
		92,98	
9	145 _{-0,25}	144,88	3 _{-0,008}
		145,89	
		144,89	
10	210 _{-0,115}	209,96	5 _{-0,008}
		209,96	
		209,96	

Варианты задания для определения параметров настройки
динамическим методом

Вариант	Размеры детали по чертежу, мм	Размеры пробных деталей L_1 , мм	Сила резания P_y , Н	Жесткость системы j , Н/мм
1	2	3	4	5
Точение наружной цилиндрической поверхности				
1	52 ^{-0,12}	52,035	150	12000
		52,041		
		52,054		
2	60 ^{-0,06} -0,106	59,838	90	4500
		59,860		
		59,894		
		59,876		
3	68 ^{-0,046}	67,967	98	7800
		67,97		
		67,971		
		67,969		
4	73 ^{-0,046}	72,974	140	11000
		72,976		
		72,975		
5	67 ^{-0,06} -0,106	66,869	110	14800
		66,976		
		66,89		
Шлифование наружной цилиндрической поверхности				
6	50 ^{-0,025} -0,05	49,968		9500
		49,971		
		49,974		
7	62 ^{-0,1} -0,174	61,959		19300
		61,96		
		61,968		
		61,962		

1	2	3	4	5
8	75 _{-0,074}	74,961		11200
		74,96		
		74,96		
9	80 _{-0,1} -0,174	79,958		25800
		79,957		
		79,961		
		79,959		
10	52 _{-0,06} -0,106	51,875		11800
		51,89		
		51,876		

Т а б л и ц а 2.6.5

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

Размеры, мм	Сила P_y , Н	Жесткость системы, Н/мм		
		4000-6000	6000-10000	10000-15000
50-80	50-100	46	32	60
	100-150	47	33	62

Т а б л и ц а 2.6.6

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

Размеры, мм	Сила P_y , Н	Жесткость системы j , Н/мм		
		7000-12000	12000-20000	20000-30000
50-80	-	18	15	12

Т а б л и ц а 2.6.7

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

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

Т а б л и ц а 2.6.8

Измерительные инструменты для динамической настройки станков

Допуск на обработку	Инструмент для рациональной настройки	Цена деления инструмента
0,5 и более	Штангенциркуль	0,1
0,25-0,5	-//-	0,05
0,05-0,25	Микрометр	0,01
0,01-0,05	Индикаторная скоба	0,01-0,002

Т а б л и ц а 2.6.9

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

Наименование приборов и инструментов	Предельные погрешности (\pm мкм)
1	2
Миниметр с ценой деления, мм:	
0,001	0,8-2
0,002	1,4-2,5
0,005	2,5-3

1	2
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
0,1	160

Примечание. Для определения $\Delta_{\text{изм.}}$ данные таблицы следует умножить на 2.

Измерительный инструмент выбирается из табл. 2.6.8.

Погрешности измерения для различных измерительных инструментов приведены в табл. 2.6.9.

Допуск настройки по этому методу определяется по формуле

$$\delta_n = 1,2 \sqrt{\Delta_{\text{рег}}^2 + \Delta_{\text{изм.}}} \quad (2.6.13)$$

Производится обработка пробных деталей и определяется фактический уровень настройки:

$$L_{\text{у.н.}} = \frac{\sum L_i}{m},$$

где L_i – размеры пробных деталей, мм.

После этого определяют величину смещения настройки:

$$\delta_{\text{см}} = L_0 - L_{\text{у.н.}} \quad (2.6.14)$$

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

Если $\delta_n < \delta_{\text{см}}$, то положение инструмента регулируют до приближения уровня настройки к оптимальному настроечному размеру

L_0 . Перемещение инструмента при двухсторонней обработке (обработка цилиндрических поверхностей) $\Delta_{\text{кор}} = 0,5\delta_{\text{см}}$. При корректировке должно выполняться условие $\Delta_{\text{кор}} \leq (0,1 - 0,2)\Delta_{\text{пер}}$.

Варианты задания для определения параметров настройки динамическим методом приведены в табл. 2.6.4.

Ниже приводятся примеры расчета параметров для рассматриваемых методов настройки.

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

Определяем погрешность эталона (формула (2.6.2)):

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

При установке резца подведением до непосредственного касания с эталоном (табл. 2.6.2) $\Delta_{\text{уст.ин}} = 50$ мкм.

Тогда погрешность настройки будет равна (формула (2.6.1)):

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

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

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

Величину Δ_3 принимаем равной 30 мкм.

Тогда

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

Расчетный настроечный размер эталона (формула (2.6.3))

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

Пример 2. Настройка по эталону (установу) на фрезерном станке. Размер детали по чертежу 227_{-0,13} мм. Размеры пробных деталей, измеренных универсальным измерительным инструментом:

$$L_1 = 226,941 \text{ мм}; \quad L_2 = 226,94 \text{ мм}; \quad L_3 = 226,942 \text{ мм}.$$

Размер щупа $a = 3_{-0,08}$ мм.

Промежуточный размер эталона равен (формула (2.6.7))

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

Средний размер пробных деталей

$$\bar{L} = \frac{226,941 + 226,94 + 226,942}{3} = 226,941 \text{ мм}.$$

Среднее квадратическое отклонение размера пробных деталей от среднего значения равно $\sigma = 0,0008$ мм.

Величина поправки настроечного размера

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

Тогда окончательный размер эталона (формула (2.6.8))

$$L_{\text{эт}} = 226,87 + 3 \cdot 0,0008 - 0,006 - 3 = 223,866 \text{ мм}.$$

Погрешность эталона для этого случая

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

Погрешность установки инструмента выбираем по табл. 2.6.2:

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

Общая погрешность настройки в этом случае равна (формула (2.6.9))

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

Пример 3. Настройка динамическим методом при обработке на токарном станке для обтачивания наружной цилиндрической поверхности размером $L = 53_{-0,12}$ мм. Усилие резания $P_y = 150$ Н, жесткость системы $j = 11000$ Н/мм. Размеры пробных деталей:

$$L_1 = 52,897 \text{ мм}; \quad L_2 = 52,903 \text{ мм}; \quad L_3 = 52,899 \text{ мм}.$$

Для расчета погрешности настройки определяем $\Delta_{\text{см}}$ (формула (2.6.12)), предварительно выбрав по табл. 2.6.5 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. 2.6.7:

$\Delta_{\text{рег}} = 15$ мкм. Выбираем по табл. 2.6.8 микрометр для измерения пробных деталей.

Погрешность измерения выбирается по табл.2.6.9:

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

Общая погрешность настройки равна (формула (2.6.11))

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

Рассчитываем размер L_0 (формула (2.6.10)):

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

Допуск настройки равен (формула (2.6.13)):

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

Средний размер пробных деталей

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

Определяем величину смещения настройки (формула (2.6.14)):

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

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

Порядок выполнения работы

1. Проанализировать выданное задание.
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 (установку)

$$L_{\text{эт}}^{\text{пром}}, \Delta_{\text{попр}}, L_{\text{эт}}, \Delta_{\text{н}}$$

4. Рассчитать для настройки динамическим методом $\Delta_{\text{н.д}}$; L_0 ; $\delta_{\text{н}}$; $\delta_{\text{см}}$. В случае необходимости определить величину корректировки режущего инструмента.
5. Проанализировать полученные результаты.
6. Составить отчет.

Содержание отчета

1. Название отчета.
2. Содержание задания по каждому из методов настройки.
3. Расчет необходимых параметров настройки системы в соответствии с заданием.
4. Заключение.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют методы настройки системы на размер?
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?

Работа 2.7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И УРОВНЕЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ

Цель работы – освоение методики определения количественных показателей технологичности конструкций деталей машин.

Работа выполняется за 4 академических часа.

Основные положения

В соответствии с ГОСТ 14.205-83, «технологичность конструкций – это 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».

Оценка технологичности конструкции осуществляется на уровне изделий, сборочных единиц и деталей. В настоящей работе рассматриваются количественные показатели технологичности конструкций деталей. Цель обеспечения технологичности конструкций детали - повышение производительности труда и качества изделия при максимальном снижении затрат времени и средств на разработку, технологическую подготовку производства, изготовление, эксплуатацию и ремонт.

Технологичность конструкций изделия оценивают количественно с помощью системы показателей, которая включает:

базовые (исходные) значения показателей технологичности, являющиеся предельными нормативами технологичности, обязатель-

ными для выполнения при разработке изделия;

значения показателей технологичности, достигнутые при разработке изделия;

показатели уровня технологичности конструкции разрабатываемого изделия.

Количественные показатели по их значимости делятся на основные и дополнительные. К основным показателям относятся: трудоемкость изготовления детали T_i , нормо-час; технологическая себестоимость детали C_i , руб. [66].

Необходимость использования дополнительных показателей определяется тем, что на стадии разработки чертежа детали и его согласования с технологом последний руководствуется, главным образом, техническими критериями ввиду отсутствия на этот момент данных о трудоемкости и технологической себестоимости проектируемой детали, так как технологический процесс ее изготовления еще не разработан.

При оценке детали на технологичность обязательными являются следующие дополнительные показатели [24]:

коэффициент унификации конструктивных элементов $K_{y.z.}$:

$$K_{y.z.} = Q_{y.z.} / Q_p, \quad (2.7.1)$$

где $Q_{y.z.}$ и Q_p соответственно число унифицированных и общее число конструктивных элементов детали, шт.;

коэффициент применяемости стандартизированных обрабатываемых поверхностей $K_{\phi.s.}$:

$$K_{\phi.s.} = \frac{D_{o.c.}}{D_{p.o.}}, \quad (2.7.2)$$

где $D_{o.c.}$ и $D_{p.o.}$ – соответственно число поверхностей детали, обрабатываемых стандартным инструментом, и всех подвергаемых механической обработке поверхностей, шт.;

коэффициент обработки поверхностей $K_{p.o.}$:

$$K_{p.o.} = \frac{D_{p.o.}}{D_p}, \quad (2.7.3)$$

где D_p – общее число поверхностей детали, шт.;
 коэффициент использования материала $K_{u.m.}$:

$$K_{u.m.} = M_{дет.} / M_{заг.}, \quad (2.7.4)$$

где $M_{дет.}$ и $M_{заг.}$ – соответственно массы детали и заготовки, кг;
 максимальное значение качества точности обработки IT ;
 максимальное значение параметра шероховатости обрабатываемых поверхностей Ra ;

коэффициент применения типовых технологических процессов при изготовлении данной детали (процессы получения заготовки, механической, термической и др. обработки) $K_{m.n.}$:

$$K_{m.n.} = Q_{m.n.} / Q_n, \quad (2.7.5)$$

где $Q_{m.n.}$ и Q_n – соответственно число типовых и общее число технологических процессов для изготовления детали, шт.;

коэффициент применения прогрессивных видов оснастки при изготовлении данной детали $K_{y.z.}$:

$$K_{y.z.} = \frac{\sum_{i=1}^{m_1} N_{yzi}}{\left(\sum_{i=1}^{m_1} N_{yzi} + \sum_{j=1}^{m_2} N_{ySj} \right)}, \quad (2.7.6)$$

где m_1 и m_2 – число видов соответственно унифицированной и специальной оснастки;

N_{yzi} – количество типоразмеров унифицированной оснастки i -го вида;

N_{ySj} – количество типоразмеров специальной оснастки j -го вида, шт.

Уровень технологичности конструкции детали K_y определяется как отношение достигнутого показателя технологичности к значению базового показателя, заданного в техническом задании:

$$K_y = K / K_6, \quad (2.7.7)$$

где K – достигнутый (проектируемый) показатель технологичности;

K_b – базовый показатель технологичности, который обычно определяется по данным базовой детали.

Определение уровня технологичности конструкции детали, для которой установлены базовые показатели технологичности, является обязательным (ГОСТ 14.204-73).

При оценке детали на технологичность в обязательном порядке определяются следующие основные показатели:

трудоемкость изготовления детали T_i (нормо-час, мин);
технологическая себестоимость детали C_i , руб.

Одним из распространённых методов определения трудоемкости нового изделия является метод корректирующих коэффициентов. При этом методе трудоемкость нового изделия принимается равной трудоемкости изделия-аналога, умноженной на ряд корректирующих коэффициентов [66].

В этом случае трудоемкость определяется по формуле

$$T = T_a \cdot K_m \cdot K_{cl} \cdot K_N, \quad (2.7.8)$$

где T – трудоемкость проектируемой детали;

T_a – трудоемкость детали-аналога;

K_m – коэффициент, учитывающий различия массы сопоставляемых изделий;

K_{cl} – коэффициент сложности, определяемый на основе сопоставления искомого и базового изделий по качествам точности и шероховатости поверхностей;

K_N – коэффициент, учитывающий программу выпуска.

Для деталей простой формы типа валов, втулок, шестерен коэффициент K_m можно определить по формуле

$$K_m = \sqrt[3]{\left(\frac{M_u}{M_b}\right)^2}. \quad (2.7.9)$$

Эту же формулу можно применить для геометрически подобных изделий. Значения K_m , вычисленные по формуле (2.7.9), приведены в табл. 2.7.1.

Т а б л и ц а 2.7.1

Значения коэффициента K_M в зависимости от отношения масс изделия и его аналога

$\frac{M_u}{M_b}$	K_M	$\frac{M_u}{M_b}$	K_M	$\frac{M_u}{M_b}$	K_M	$\frac{M_u}{M_b}$	K_M	$\frac{M_u}{M_b}$	K_M
0,2	0,34	1,0	1,00	1,8	1,48	2,6	1,91	3,4	2,26
0,3	0,45	1,1	1,05	1,9	1,53	2,7	1,96	3,5	2,31
0,4	0,54	1,2	1,13	2,0	1,58	2,8	2,01	3,6	2,35
0,5	0,63	1,3	1,19	2,1	1,64	2,9	2,06	3,7	2,39
0,6	0,71	1,4	1,25	2,2	1,69	3,0	2,08	3,8	2,43
0,7	0,78	1,5	1,31	2,3	1,74	3,1	2,13	3,9	2,46
0,8	0,86	1,6	1,37	2,4	1,82	3,2	2,16	4,0	2,52
0,9	0,93	1,7	1,42	2,5	1,86	3,3	2,22		

Коэффициент сложности $K_{сн}$ определяется путем сопоставления качеств точности и шероховатости поверхности в исполнении разрабатываемого изделия и аналога:

$$K_{сн} = K_m \cdot K_{ш}, \quad (2.7.10)$$

где K_m и $K_{ш}$ – коэффициенты, показывающие изменение трудоемкости в зависимости от изменения требований к шероховатости и точности размеров.

Значения коэффициентов $K_{ш}$ и K_m приведены в табл. 2.7.2.

Т а б л и ц а 2.7.2

Значения коэффициентов $K_{ш}$ и K_m

Параметр шероховатости по Ra	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8
$K_{ш}$	0,95	0,95	1,0	1,1	1,2	1,4
Квалитет точности	6	7	8	11	12	13
K_m	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8

Следовательно, коэффициент сложности можно определить по зависимости

$$K_{сл} = \frac{K_{м.и.} \cdot K_{ш.и.}}{K_{м.б.} \cdot K_{ш.б.}}, \quad (2.7.11)$$

где $K_{т.и.}$, $K_{ш.и.}$ – значения коэффициентов для анализируемого изделия;

$K_{м.б.}$, $K_{ш.б.}$ – для изделия-аналога (базового).

Коэффициент K_N , учитывающий различие в программе выпуска, предусматривает, главным образом, применение более совершенной и производительной оснастки технологического процесса.

Более точными получаются результаты при соотношениях $N_б / N_u < 10$. На практике пользуются коэффициентами, приведенными в табл. 2.7.3.

При сравнении технологичности конструкции детали по себестоимости последнюю в общем случае можно определить по формуле

$$C = M_0 + Z_0 + H, \text{ руб.}, \quad (2.7.12)$$

где M_0 – стоимость основных материалов (заготовок) за вычетом отходов;

Z_0 – заработная плата основных производственных рабочих;

H – накладные расходы.

Т а б л и ц а 2.7.3

Значения коэффициентов

$\frac{N_б}{N_u}$	K_N	$\frac{N_б}{N_u}$	K_N	$\frac{N_б}{N_u}$	K_N	$\frac{N_б}{N_u}$	K_N
0,5	0,97	1,5	1,07	3,5	1,20	7,0	1,31
0,75	0,99	1,6	1,08	4,0	1,22	7,5	1,32
1,0	1,00	1,8	1,10	4,5	1,23	8,0	1,32
1,1	1,01	2,0	1,12	5,0	1,25	8,5	1,34
1,2	1,03	2,2	1,13	5,5	1,27	9,0	1,35
1,3	1,05	2,5	1,15	6,0	1,28	9,5	1,36
1,4	1,06	3,0	1,17	6,5	1,30	10,0	1,37

Стоимость заготовок, получаемых различными методами литья и штамповки, можно определить по формуле

$$M = (C_i \cdot Q \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_g \cdot K_n) - (Q - g) \cdot S_{отх.}, \text{ руб.}, \quad (2.7.13)$$

где C_i – базовая стоимость 1 кг штампованных заготовок, равная 450 руб., а K_m, K_c, K_g, K_n – коэффициенты, зависящие от точности заготовок, группы сложности, массы, материала и объема производства.

Для штампованных заготовок из углеродистой стали массой до 10 кг второй группы сложности в серийном и массовом производстве можно принять следующие величины коэффициентов: $K_m = 1,0$; $K_c = 1,0$; $K_g = 0,84$; $K_n = 0,89$; $K_n = 0,8$; Q и g – массы заготовки и детали, кг; $S_{отх.}$ – цена 1кг отходов в руб. (для углеродистых сталей $S_{отх.} = 35-40$ руб. за 1 кг).

Заработная плата основных производственных рабочих-сдельщиков определяется по формуле

$$Z_0 = q_i \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \delta, \text{ руб.}, \quad (2.7.14)$$

где q_i – сдельная расценка по операциям, руб./шт.;

$$q_i = l_i \sum T_{шт.к.};$$

где l_i – часовая тарифная ставка рабочего на операции, руб./ч, для сдельщиков 3-го разряда при нормальных условиях труда $l = 598$ руб./ч;

$\sum T_{шт.к.}$ – суммарное штучно-калькуляционное время обработки детали в часах (трудоемкость);

α – коэффициент, учитывающий премии и другие доплаты: $\alpha = 1,2 \dots 1,4$;

β – коэффициент дополнительной заработной платы, $\beta = 1,07 \dots 1,09$;

δ – коэффициент социального страхования; при отсутствии конкретных данных можно принять $\delta = 1$;

γ – коэффициент, учитывающий многостаночность работы и степень перевыполнения технически обоснованных норм, $\gamma = 0,14$.

Величину накладных расходов можно принять в процентах от заработной платы основных производственных рабочих. Для цехов среднего машиностроения в сравниваемых вариантах можно принять $H = 200 \dots 300 \%$.

Методические указания

Методику выполнения работы рассмотрим на примере сравнения технологичности деталей, представленных на рис. 2.7.1, а и б.

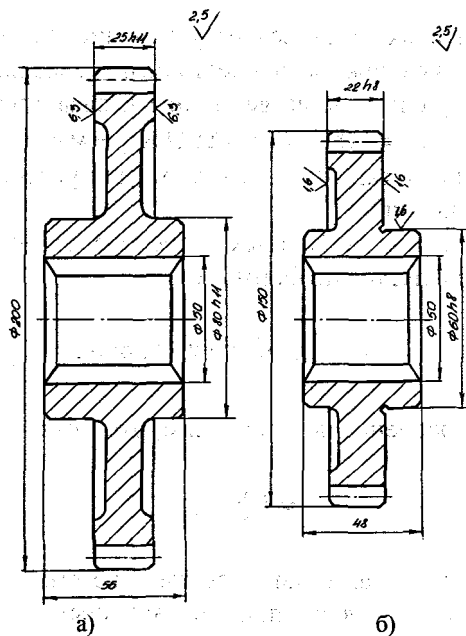


Рис 2.7.1. Эскизы деталей:

а) базовая деталь; б) деталь, обрабатываемая на технологичность

Требуется определить значения показателей технологичности при изготовлении шестерни (рис. 2.7.1 б), имеющей массу $M_8 = 2,16$ кг. Известно, что геометрически подобная по конструкции шестерня имеет массу $M_a = 3,6$ кг и требует для изготовления трудоёмкость $T_a = 0,324$ нормо-часа. Объём выпуска шестерни-аналога (рис. 2.7.1 а) $N_a = 10$ тыс. шт., а шестерни (рис. 2.7.1 б) – $N_8 = 20$ тыс. шт. в год. Для обоих вариантов примем штамповки 2-й группы сложности и $K_{и.з.} = 0,7$. Себестоимость шестерни-аналога известна – $C_a = 2000$ руб.

Определяем дополнительные показатели:

По формуле (2.7.1) определяем коэффициент унификации конструктивных элементов

$$K_{y.z.} = Q_{y.z.} / Q_p.$$

Из анализа чертежа 2.7.1 б видно, что деталь содержит 11 конструктивных элементов, из них 10 - унифицированных конструктивных элементов. Один элемент (канавка для выхода шлифовального круга) является оригинальным.

$$K_{y.z.} = \frac{10}{11} = 0,91.$$

Если принять, что $K_{y.z.}$ для детали (рис. 2.7.1 а) равен 1, то уровень технологичности по данному показателю является высоким:

$$K_y = \frac{0,91}{1} = 0,91$$

и деталь по этому показателю следует считать технологичной.

По формуле (2.7.2) определяем коэффициент применяемости стандартизированных обрабатываемых поверхностей $K_{\phi.s} = 10/11 = 0,91$, так как только канавка обрабатывается специальным резцом.

$$K_y = \frac{10}{11} = 0,91.$$

Коэффициент обработки поверхностей определяем по формуле (2.7.3).

Из анализа чертежа устанавливаем, что для детали (рис. 2.7.1, б) $D_{p.o} = 11$, а $D_p = 12$, и тогда

$$K_{p.o} = \frac{11}{12} = 0,91, \text{ а для детали-аналога (рис. 2.7.1, а) } D_{p.o} = 10, \text{ а}$$

$$D_p = 12.$$

$$K_{p.o.b} = \frac{10}{12} = 0,833 = 0,83;$$

$$K_y = \frac{0,91}{0,83} = 1,09.$$

Как видно, уровень данного показателя тоже близок к базовому.

Коэффициент использования материала по условию для обеих деталей одинаков, и поэтому уровень технологичности по данному показателю будет равен 1.

При сравнении масс детали сравниваемой и детали-аналога видно, что по этому показателю деталь намного технологичнее аналога, т. к. ее масса в 1,6 раза ниже.

$$K_y = \frac{2,16}{3,6} = 0,6.$$

Максимальное значение качества обработки IT_{\max} . Из анализа чертежа, рис. 2.7.1, а и 2.7.1, б видно, что максимальное значение точности у детали-аналога h11, а у разрабатываемой h8, и тогда $K_y = 8/11 = 0,73$. Следовательно, уровень технологичности по этому показателю ниже, чем у базовой детали.

Максимальное значение параметра шероховатости. Из анализа чертежа видно, что Ra_{\max} для разрабатываемой детали – 1,6 мкм, а для базовой детали – 6,3 мкм.

$$K_y = \frac{1,6}{6,3} = 0,25.$$

Как видно, и по этому показателю уровень технологичности базового варианта ниже.

Коэффициент применения типовых технологических процессов $K_{\text{тп}}$ определяем по формуле (2.7.5).

В данном случае для деталей одного класса этот коэффициент в обоих случаях будет равным и поэтому $K_y = 1$.

Коэффициент применения прогрессивных видов оснастки при изготовлении данных деталей K_y определяют по формуле (2.7.6).

Если мы предположим, что данные детали будут обрабатываться по одному типовому технологическому процессу, то, следовательно, и типоразмеры и унификация оснастки у них будут одинаковыми и K_y тоже будут равны. Тогда $K_y = 1$.

Определение основных показателей

Трудоемкость изготовления проектируемой детали определяем по формуле (2.7.8):

$$T = T_a \cdot K_M \cdot K_{СЛ} \cdot K_N \cdot$$

По табл. 2.7.1 при $M_u / M_6 = 2,16 / 3,6 = 0,6$, $K_M = 0,71$.

Из анализа чертежей разрабатываемой и базовой детали видно, что по точности и шероховатости отличаются две поверхности. По табл. 4.7.2 определяем, что для $h8$ $K_{тн} = 1,1$, а для $h11$ $K_{та} = 1,0$, соответственно для шероховатости

$$\sqrt[1,6]{K_{ш.н.}} = 1,2, \text{ а для шероховатости } \sqrt[1,6]{K_{ш.н.}} = 1,0.$$

Тогда коэффициент сложности будет равен

$$K_{сл.} = \frac{1,1 \cdot 1,1}{1,0 \cdot 1,0} \times \frac{1,2 \cdot 1,2}{1,0 \cdot 1,0} = 1,21 \cdot 1,44 = 1,74.$$

Коэффициент K_N определяем по табл. 2.7.3. При $N_6 / N_u = 10000 / 20000 = 0,5$, $K_N = 0,97$. Тогда трудоемкость проектируемой детали будет равна

$$T = 0,324 \cdot 0,71 \cdot 1,74 \cdot 0,97 = 0,388 \text{ нормо-ч.}$$

Тогда

$$K_y = \frac{0,388}{0,324} = 1,2,$$

т. е. по этому показателю уровень технологичности будет ниже по сравнению с базовой деталью.

Себестоимость проектируемого изделия определяем по формуле (2.7.12).

$$C = M + Z + H, \text{ руб.}$$

Стоимость заготовки определяем по формуле (2.7.13):

$$M = (450 \cdot 3,08 \cdot 1 \cdot 0,84 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 0,8) - (3,08 - 2,16) \cdot 4 = 773,2 \text{ руб.}$$

Таблица 2.7.4

Варианты к заданию 1									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Масса изделия $M_{из}$, кг									
3,90	4,68	5,20	6,24	7,02	8,58	10,41	2,78	2,02	3,97
Объем выпуска изделия $N_{из}$, тыс. шт.									
60	25	28	50	10	12,5	11	200	130	100
Коэффициент использования заготовки $K_{из}$									
0,7	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8
Варианты к заданию 2									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Масса изделия $M_{из}$, кг									
1,02	2,04	3,06	4,08	5,44	5,78	7,82	10,20	11,56	12,92
Объем выпуска изделия $N_{из}$, тыс.шт.									
90	120	45	20	120	20	90	10	5	6
Коэффициент использования заготовки $K_{из}$									
0,8	0,8	0,6	0,6	0,8	0,61	0,8	0,6	0,5	0,5

Порядок выполнения работы

1. Получить задание и изучить его.
2. Определить основные и дополнительные базовые показатели технологичности. В первую очередь определить дополнительные показатели.
3. Определить соответствующие показатели технологичности детали измененной конструкции.
4. Определить уровни технологичности по всем рассчитанным показателям технологичности.
5. Сделать выводы о технологической целесообразности изменений, внесенных в базовую конструкцию детали.
6. Составить отчет.

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Эскизы деталей (базовой и обрабатываемой на технологичность).
3. Расчет дополнительных показателей технологичности и уровня технологичности.
4. Расчет трудоемкости изготовления детали.

5. Расчет себестоимости изготовления базовой и сравниваемой деталей.
6. Определение уровней технологичности по трудоемкости и себестоимости.
7. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Назовите дополнительные показатели технологичности конструкции.
2. Назовите основные показатели технологичности.
3. Как определяется уровень технологичности конструкции?
4. От каких основных факторов зависит трудоемкость сравниваемых деталей?
5. Как определить коэффициент массы?
6. Как определить коэффициент сложности конструкции?
7. Как определяется себестоимость изделия?
8. От каких величин зависит стоимость заготовки?
9. Как определяется заработная плата основных производственных рабочих?

Работа 2.8

ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЛИНЕЙНЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ

Цель работы – практическое освоение методов расчетов линейных размеров деталей на различных операциях их обработки для обоснованного выбора технологии их изготовления с помощью технологических размерных цепей.

Работа рассчитана на четыре-шесть академических часов.

Основные положения

Технологические размерные цепи. Их выявление и построение

Технологические размерные цепи, в зависимости от решаемых задач, можно подразделить на размерные цепи технологической системы (ТС) и операционные цепи.

Размерные цепи ТС применяются для установлений взаимосвязей размерных параметров деталей, приспособлений, инструментов и операций. Операционные размерные цепи служат для выявления взаимосвязей между операционными размерами (или иными размерными параметрами), допусками и припусками на всех стадиях технологического процесса изготовления деталей машин. При этом могут определяться линейные или диаметральные операционные размеры деталей, а также требования к точности расположения различных поверхностей. В данной работе рассматривается применение операционных размерных цепей для выбора линейных размеров между различными поверхностями деталей, допусков и припусков на них. В дальнейшем под размерной цепью мы будем понимать технологическую операционную размерную цепь [74].

Анализ технологических размерных цепей является одним из важных этапов проектирования технологических процессов изготовления машин.

Для построения технологической размерной цепи необходимо иметь операционные эскизы на все формоизменяющие операции (позиции, переходы) технологического процесса с указанием баз и режущего инструмента (рис. 2.8.1 а). В некоторых случаях для простой по форме детали и при небольшом числе операционных размеров технологические размерные цепи можно построить непосредственно по указанным эскизам. В общем же случае необходимо исходную информацию преобразовать, т. е. целесообразно построить размерную схему технологического процесса (рис. 2.8.1 б). Для этого на эскиз готовой детали наносят припуски на обработку поверхностей и получают контур заготовки. Поверхности заготовки нумеруют теми же цифрами с соответствующими индексами. Например, если поверхность детали имела номер 1, то номер этой же поверхности заготовки будет 1', если припуск снимается за один переход, и 1'', если припуск снимается за два перехода, и т. д. Контур детали может изображаться в произвольном масштабе. Для удобства работы со схемой расстояния между поверхностями детали должны быть не менее 15-20 мм, а между поверхностями детали и соответствующими им поверхностями заготовки – не менее 5-7 мм. Если расстояния между поверхностями детали меньше 15-20 мм, то размерную схему строят не на продолжении размерных линий, ограничивающих контур детали, как это показано на рис. 2.8.1 б, а в уве-

личном масштабе по сравнению с масштабом детали с указанием номеров всех поверхностей, как это показано на рис. 2.8.1 в.

Операционные размеры как на технологических эскизах, так и на размерной схеме показывают ориентированными с направлением каждого от базовой к обрабатываемой поверхности (размеры A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , A_5 – на рис. 2.8.1 а и 2.8.1 б).

Кроме операционных размеров, выдерживаемых на каждой операции, на размерной схеме указывают номера и название операций. На рис. 2.8.1 б показана размерная схема, построенная для трех операций токарной обработки ступенчатого вала, эскизы обработки которого приведены на рис. 2.8.1 а.

После построения размерной схемы техпроцесса приступают к построению операционных размерных цепей с целью определения линейных операционных размеров. Эти размеры находят в определенной последовательности, начиная с окончательных размеров, получаемых на конкретных операциях, и кончая размерами заготовки. Достоинством такой последовательности расчета операционных размеров является то, что в каждой размерной цепи при ее решении будет только один неизвестный составляющий размер. При этом отпадает необходимость выявления и учета параллельной связи отдельных технологических размерных цепей, а сам расчет получается функционально простым и однозначным. Такая последовательность обусловлена особенностью технологических размерных цепей. Если в конструкторской (сборочной) размерной цепи требуемая величина и точность замыкающего звена могут обеспечиваться путем изменения номинала и отклонений всех или большинства звеньев цепи, то в технологической размерной цепи для обеспечения замыкающего звена, заданного чертежом или другими условиями, в определенных пределах можно изменить (подбирать, регулировать и т. д.) только один составляющий размер. Условимся называть его настроечным составляющим звеном цепи [22]. Остальные составляющие размеры определяли ранее из такого же условия, и при решении данной цепи его величину изменять уже нельзя. В противном случае будут меняться чертежные размеры или другие параметры технологического процесса исходя из условий, для обеспечения которых указанные размеры определялись. Примеры выявления настроечных составляющих звеньев будут приведены ниже.

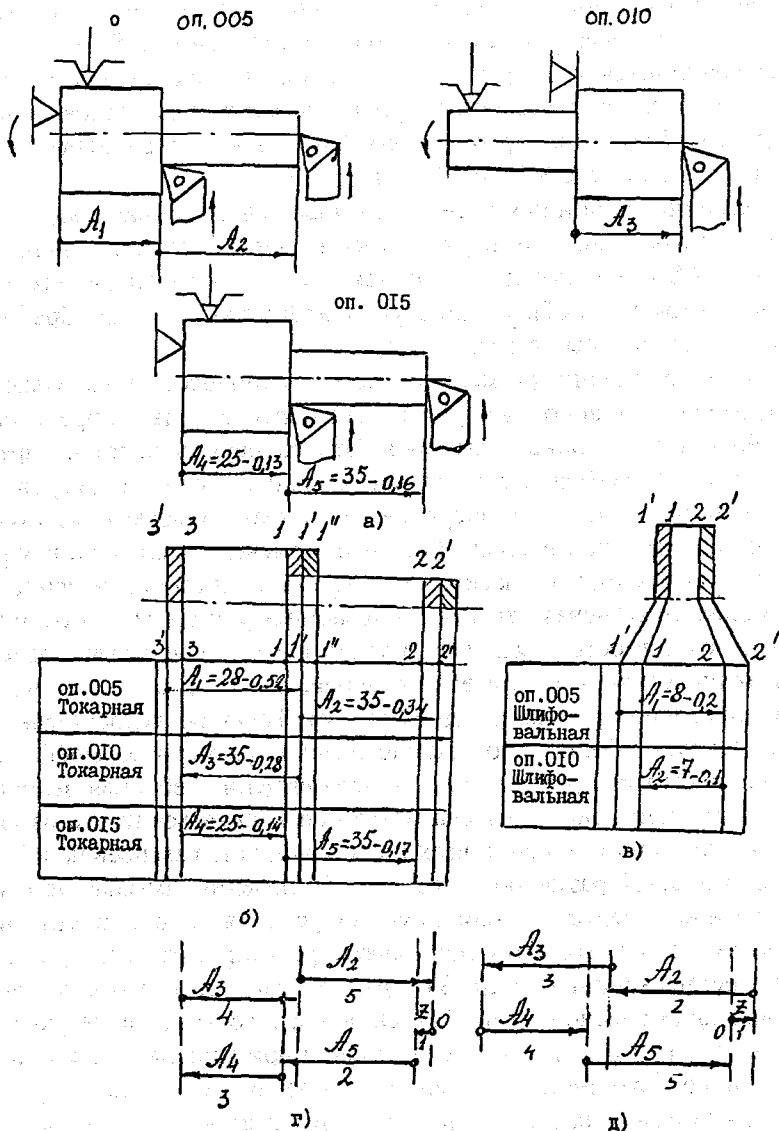


Рис. 2.8.1. Схема выявления и построения технологических размерных цепей:
а – технологические операционные эскизы; б – размерная схема, выполненная в одном масштабе с деталью; в – размерная схема, выполненная в увеличенном масштабе по сравнению с деталью; г, д – размерные цепи

Каждую размерную цепь строят относительно своего замыкающего звена. Поэтому в первую очередь необходимо исходя из поставленной задачи установить замыкающее звено. Обычно замыкающим звеном технологической размерной цепи является либо чертежный размер, непосредственно не выполняемый при обработке, либо припуск на обработку. Затем строят размерную цепь, начиная от одной из поверхностей (осей), ограничивающих замыкающее звено. Находят составляющие звенья размерной цепи, непосредственно участвующие в решении поставленной задачи, и доходят до второй поверхности (оси), ограничивающей замыкающее исходное звено.

Рассмотрим методику построения технологической размерной цепи на примере определения припуска на чистовую обработку торца 2 в операции 015 технологического процесса обработки вала, показанного на рис. 2.8.1 а. Величина припуска не указана на операционных эскизах, при обработке ее непосредственно не выдерживают. Исходя из поставленной в примере задачи размер припуска Z будет являться замыкающим звеном технологической размерной цепи. Для построения этой цепи вертикали 3 и 3', 1 и 1', 2 и 2', служащие границами размеров, продолжим ниже размерной схемы (рис. 2.8.1 б), а затем выявим по размерной схеме, какие из операционных размеров войдут в размерную цепь в качестве составляющих звеньев. Для начала построения цепи достаточно выявить два таких размера, непосредственно примыкающих к замыкающему звену Z . Размер припуска Z находится между вертикалями 2 и 2', служащими границами размеров A_2 и A_5 , которые и будут составляющими звеньями цепи, непосредственно примыкающими к замыкающему звену Z . Построение цепи начнем с замыкающего размера Z (начало цепи на рис. 2.8.1 г отмечено буквой O). Чтобы показать замкнутость контура размерной цепи и избежать ошибок, размеры (звенья технологической размерной цепи) наносим также в виде векторов. Отложив из точки O замыкающий размер Z , откладываем составляющий размер A_5 . Теперь нужно выявить и нанести на схему размерной цепи остальные составляющие размеры, которые позволили бы замкнуть цепь (получить замкнутый контур), т. е. кратчайшим путем перейти с вертикали 1 на вертикаль 2. Такими могут быть те из операционных размеров, которые выполняют раньше размера A_5 , но после размера A_2 . Это будут размеры A_4 и A_3 ; отложив их, а затем отложив ранее установленный размер A_2 , мы закончим построение (замыкание) цепи. На

рис. 2.8.1 г цифрами под звеньями указана последовательность построения размерной цепи.

Структура (состав) размерной цепи не зависит от того, в каком направлении выполняют построение замкнутого контура цепи. На рис. 2.8.1 д, например, показана та же технологическая размерная цепь, что и на рис. 2.8.1 г, с той разницей, что цепь на рис. 2.8.1 г получена с формированием замкнутого контура цепи по часовой стрелке, а цепь на рис. 2.8.1 д – против часовой стрелки. Заметим также, что направление размеров на схеме цепи может совпадать с направлением на размерной схеме технологического процесса или не совпадать – это не имеет никакого значения. Зато направление составляющих размеров по отношению к направлению вектора замыкающего звена имеет существенное значение: по направлению составляющих размеров можно определить характер их влияния на замыкающее звено. Составляющие размеры, совпадающие по направлению с замыкающим звеном, будут уменьшающимися размерами, а направленные в противоположную сторону – увеличивающимися.

Примем следующие обозначения звеньев линейной размерной цепи. Все звенья одной цепи будем обозначать одной прописной буквой русского алфавита: составляющие звенья с индексом порядкового номера (1, 2, ...), а замыкающее звено – с индексом Δ . При необходимости характер влияния звеньев обозначают стрелками: для увеличивающих – \bar{A} , \bar{B} и т. д., а для уменьшающих – \bar{A} , \bar{B} и т. д.

В общем случае уравнение замыкающего звена размерной цепи имеет вид

$$A_{\Delta} = \sum_m \bar{A}_i \sum_n \bar{A}_i, \quad (2.8.1)$$

где m – число увеличивающих звеньев;

n – число уменьшающих звеньев.

Это уравнение может быть записано также в виде

$$A = \sum_{i=1}^{N-1} \xi_{Ai} \cdot A_i, \quad (2.8.2)$$

где $i = 1, 2, \dots, N$ – порядковый номер звена;

ξ_{Ai} – передаточное отношение i -го звена размерной цепи.

Для линейных цепей с параллельными звеньями передаточные отношения равны: $\xi = 1$ – для увеличивающих составляющих звеньев; $\xi = -1$ – для уменьшающих составляющих звеньев.

Составим уравнение размерных цепей, показанных на рис. 2.8.1 г и 2.8.1 д. Размеры, направленные в одну сторону (в нашем примере вправо), записываем с положительным знаком, а направленные в другую сторону - с обратным знаком. Для размерной цепи, показанной на рис. 2.8.1 г:

$$-Z - A_5 - A_4 + A_3 + A_2 = 0,$$

а для размерной цепи, показанной на рис. 2.8.1 д:

$$Z - A_2 - A_3 + A_4 + A_5 = 0.$$

Решая эти уравнения относительно Z , получим в обоих случаях одно и то же уравнение для замыкающего размера:

$$Z = A_2 + A_3 - A_4 - A_5.$$

Следует указать на возможные ошибки при построении технологических размерных цепей. Наиболее характерной ошибкой является включение в схему цепи кроме замыкающего звена еще одного или нескольких размеров, непосредственно не выдерживаемых при обработке.

К размерам, непосредственно выдерживаемым при обработке, относятся:

1) размеры, измеряющие расстояние между режущим инструментом в его конечном при обработке положении и технологическими базами;

2) размеры, измеряющие расстояние между режущими инструментами при многоинструментальной обработке;

3) размеры и другие точностные параметры замкнутых поверхностей, получаемых при обработке (например, поверхностей вращения): В составе размерной цепи может быть только один замыкающий размер, т. е. только один размер, непосредственно не выполняемый при обработке. Нельзя, например, при построении цепей, показанных на рис. 2.8.1, переходить с вертикали 1 на вертикаль 1' через припуск на чистовую обработку торца 1, минуя размеры A_3 и A_4 .

Определение линейных операционных размеров из условия обеспечения минимально необходимого припуска на последующую обработку

Требуемую величину минимально необходимого припуска $Z_{i \min}$ можно определить либо расчетно-аналитическим методом с помощью данных, приведенных в различных работах, в том числе в [10], либо по табл. П 2.8.1 и П 2.8.2 приложения.

Определение линейных операционных размеров на условие обеспечения Z_{\min} можно производить способами предельных или средних значений. Поскольку исходным для расчета является предельное (минимальное) значение замыкающего звена, то наиболее удобным для решения этого варианта проектной задачи является способ предельных значений замыкающего звена, используемых при решении проектной задачи:

$$A_{\Delta \max} = \sum_m \bar{A}_{i \max} - \sum_n \bar{A}_{i \min}; \quad (2.8.3)$$

$$A_{\Delta \min} = \sum_m \bar{A}_{i \min} - \sum_n \bar{A}_{i \max}. \quad (2.8.4)$$

Приняв в уравнении (2.8.4) $A_{\Delta \min} = Z_{i \min}$, получим исходное расчетное уравнение

$$Z_{i \min} = \sum_m \bar{A}_{i \min} - \sum_n \bar{A}_{i \max}. \quad (2.8.5)$$

Решая это уравнение относительно искомого составляющего размера (после подстановки или в общем виде), определяем одно значение этого размера: $A_{i \min}$ — если он увеличивающий, или $A_{i \max}$ — если искомый размер уменьшающий. Формулу для определения искомого размера выводят из уравнения (2.8.5):

$$\bar{A}_{i \min} = Z_{i \min} + \sum_n \bar{A}_{i \max} - \sum_{m-1} \bar{A}_{i \min}; \quad (2.8.6)$$

$$\bar{A}_{i \max} = \sum_m \bar{A}_{i \min} - Z_{i \min} - \sum_{n-1} \bar{A}_{i \max}. \quad (2.8.7)$$

Определив одно значение искомого размера, выбираем операционный допуск на этот размер в соответствии с экономической точностью используемого метода обработки. При этом могут быть использованы данные табл. П 2.8.3 и П 2.8.4 приложения. Выбрав систему простановки допуска, можно рассчитать номинал замыкающего размера, пользуясь соотношениями соответственно для вала и отверстия:

$$A_i = A_{i_{\min}} + |\Delta_{Hi}|; \quad (2.8.8)$$

$$A_i = A_{i_{\max}} - |\Delta_{Bi}|, \quad (2.8.9)$$

где Δ_{Bi} , Δ_{Hi} – верхнее и нижнее предельные отклонения размера.

Изложенную методику и расчетные уравнения используем для определения операционных размеров A_3 и A_1 технологического процесса, размерная схема которого приведена на рис. 2.8.1 б.

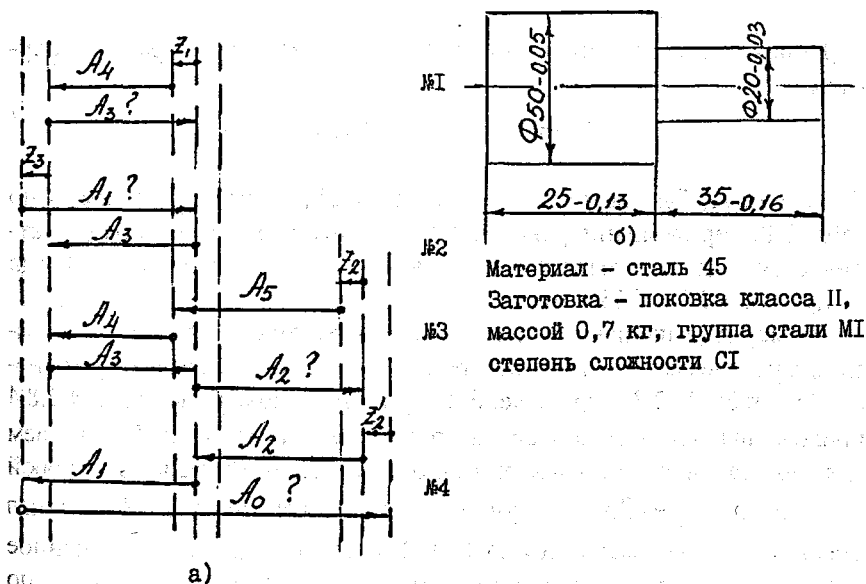


Рис. 2.8.2. Размерные цепи (а); эскиз готовой детали

Сопоставляя по размерной схеме процесса и чертежу готовой детали (рис. 2.8.2 б) операционные и чертежные размеры, можно сделать вывод о том, что заданные по чертежу размеры $25_{-0,13}$ и $35_{-0,16}$

выполняются непосредственно на оп.015 (см. рис. 2.8.1 а). Им соответствуют операционные размеры A_4 и A_5 , поэтому принимаем $A_4 = 25_{-0,13}$; $A_5 = 35_{-0,16}$. Для определения остальных операционных размеров необходимо выполнить расчет размерных цепей, приведенных на рис.2.8.2 а. Эти цепи, как было рекомендовано выше, рассчитывают, начиная с конца технологического процесса.

Определение размера A_3

Этот размер является настроечным звеном по отношению к припуску Z_1 – замыкающему звену цепи № 1, поэтому размер A_3 следует определить из условия обеспечения минимально необходимого значения припуска $Z_{i\min}$. Уравнение замыкающего звена размерной цепи № 1: $Z_i = A_3 - A_4$. В соответствии с уравнением (2.8.5)

$$Z_{i\min} = A_{3\min} - A_{4\max}.$$

Решая это уравнение относительно искомого размера A_3 , получаем

$$A_{3\min} = Z_{i\min} + A_{4\max}.$$

Размер A_4 был вычислен ранее: $A_4 = 25_{-0,13}$ мм, $Z_{1\min}$ примем по табл. 2.8.2 приложения равным 0,4 мм, учитывая, что он предусматривается для выполнения чистовой обработки. Тогда $A_{3\min} = 0,4 + 25,0 = 25,4$ мм.

Размер A_3 выполняется при черновой обработке от обработанной базы, экономическая точность которой соответствует 12 качеству точности (см. табл. П 2.8.3 приложения). При этих условиях по табл. П 2.8.4 приложения находим допуск на этот размер $\delta_3 = 0,25$ мм. Принимаем для простановки предельных отклонений систему вала, в которой $\Delta_B = 0$; $\Delta_H = -0,25$ мм. С учетом этого по уравнению (2.8.8) номинал операционного размера $A_3 = 25,4 + 0,25 = 25,65$. Округляя полученное значение в сторону увеличения припуска, получаем окончательно $A_3 = 25,7_{-0,25}$ мм.

Определение размера A_1

Этот размер является настроечным по отношению к замыкающему звену цепи № 2 – припуску Z_3 на однократную подрезку торца 3. Решая эту цепь в изложенной выше последовательности и принимая $Z_{\min} = 1,0$ мм и допуск $\delta_1 = 0,52$ мм (размер A_1 выполняется при черновом обтачивании от черновой базы), получаем $A_1 = 27,22$ мм. Округление в сторону увеличения припуска дает $A_1 = 27,3_{0,52}$ мм.

Определение размера A_2

Этот размер определим из условия обеспечения минимально необходимого значения припуска Z_1 на чистовую обработку торца 2, решая размерную цепь № 3 (рис. 2.8.2 а) и приняв $Z_{1\min} = 0,3$ мм – $A_{2\min} = 0,3 + 25,0 + 35,0 - 25,45 = 34,85$ мм. Поскольку A_2 так же, как и размер A_1 , выполняется при черновой обработке с базированием от черновой базы, принимаем по табл. П 2.8.4 приложения для 14 квалитета точности $\delta_2 = 0,62$ мм. Тогда при простановке отклонений по системе вала имеем $A_2 = 34,85 + 0,62 = 35,47$ мм. После округления $A_2 = 35,5_{-0,62}$ мм.

Определение размера A_0

Этот размер определим на основе расчета размерной цепи № 4 из условия обеспечения минимально необходимого значения припуска Z_1' на черновую подрезку торца 2. Принимая по табл. П2.8.1 приложения $Z'_{1\min} = 0,9$ мм, получаем $A_{0\max} = Z_{2\min} + A_{1\max} + A_{2\max} = 0,9 + 27,3 + 35,0 + 5 = 63,7$ мм. Размер A_1 выполняется при горячей штамповке. По табл. П 2.8.5 приложения с учетом данных о заготовке, приведенных на рис. 2.8.2, принимаем $\Delta_B = 1,1$ мм и $\Delta_H = -0,5$ мм. Тогда в соответствии с уравнением (2.8.8) получаем $A_0 = 63,7 + 0,5 = 64,2$.

Для дальнейших расчетов $A_0 = 64,2_{-0,5}^{+1,1}$ мм.

Определение линейных операционных размеров из условий обеспечения чертежного размера, непосредственно не выполняемого при обработке

На рис. 2.8.3 приведен эскиз технологического процесса обработки детали. Требуется определить операционные линейные размеры A_1 и A_2 .

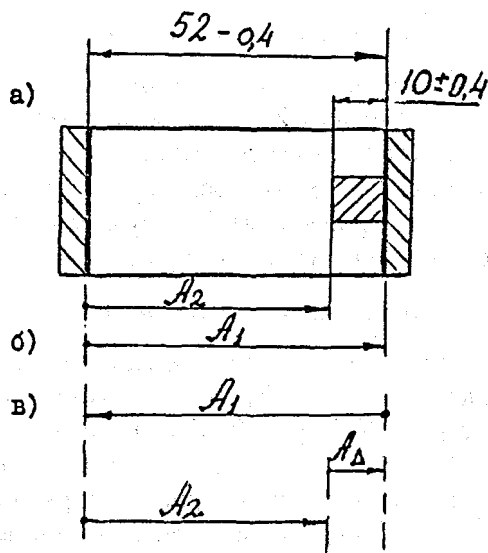


Рис. 2.8.3. Эскиз валика (а); размерная схема его обработки (б);
размерная цепь (в)

Сопоставляя чертежные и операционные размеры, убеждаемся, что чертежный размер $52_{-0,4}$ мм выполняется непосредственно, — ему соответствует операционный размер A_1 . Поэтому принимаем $A_1 = 52_{-0,54}$ мм. Для обеспечения возможности обработки паза по настройке технолог вместо чертежного размера $10 \pm 0,4$ мм ввел операционный размер A_2 . Для определения этого размера построим и решим размерную цепь (рис. 2.8.3 в). Неизвестный составляющий размер $A_{\Delta} = 10 \pm 4$ мм в заданных пределах. При решении подобных задач могут быть использованы способы предельных значений, отклонений и средних значений при расчете допусков по вероятностному методу. Проектную задачу такого типа решают в определенной строгой последовательности, нарушение которой неизбежно приводит к грубым ошибкам.

1. По схеме размерной цепи составляют уравнение замыкающего размера (именно замыкающего, хотя он и задан, известен), а не искомого составляющего:

$$A_{\Delta} = A_1 - A_2.$$

2. Определяют допуск, с каким должен быть выдержан искомый составляющий размер из условия обеспечения непосредственно не выдерживаемого чертежного (т. е. замыкающего) размера. Из уравнения (2.8.10) суммированием допусков цепи можно получить уравнение для определения допуска искомого составляющего размера:

$$\delta_{\Delta} = \sum_{m+n} |\delta_i|, \quad (2.8.10)$$

где m – число увеличивающих составляющих звеньев;

n – число уменьшающих звеньев.

$$\delta_i = \delta_{\Delta} - \sum_{m+n-1} |\delta_i|. \quad (2.8.11)$$

Для нашего примера

$$\delta_2 = \delta_{\Delta} - \delta_1 = 0,8 - 0,4 = 0,4 \text{ мм.}$$

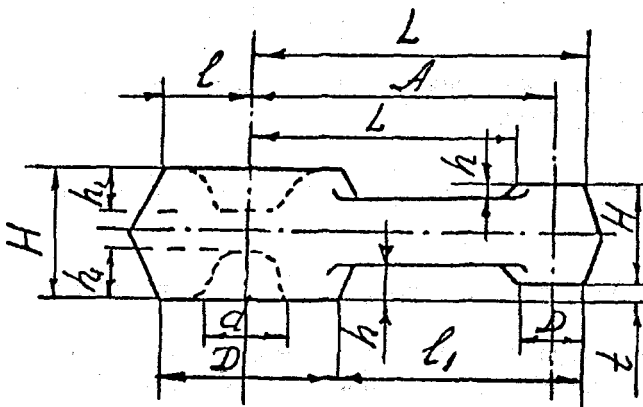


Рис. 2.8.4. Чертеж заготовки

3. Проверяют соответствие найденного допуска искомого составляющего размера экономической точности того метода обработки, который используют при выдерживании этого размера. В рассматриваемом примере таким методом является фрезерование

паза. Считая эту операцию черновой обработкой от обработанной базы, экономическая точность которой 12-й квалитет (табл. П 2.8.3, приложения), можно размер A_2 выдержать с допуском 0,25 мм (табл. П 2.8.4, приложения). Так как $0,4 > 0,25$, имеем большой запас точности, и можно продолжать решение задачи. В противном случае пришлось бы уменьшить допуски на другие составляющие размеры цепи либо перестроить технологический процесс так, чтобы чертежный размер (в нашем примере $A_{\Delta} = 10 + 0,4$, мм) выдерживался непосредственно. Первый путь обычно предпочтительнее.

Рассмотренные три этапа решения данной задачи являются одинаковыми для всех названных выше способов ее решения. Дальнейшее решение продолжим способом предельных значений.

4. По уравнению замыкающего размера определяют качество составляющих размеров (являются они увеличивающими или уменьшающими) и затем составляют уравнения предельных значений замыкающего звена в соответствии с уравнениями (2.8.3) и (2.8.4):

$$A_{\Delta \max} = A_{1\max} - A_{2\min};$$

$$A_{\Delta \min} = A_{1\min} - A_{2\max}.$$

5. Решая эти уравнения, находят предельные значения искомого составляющего звена:

$$A_{2\max} = A_{1\min} - A_{\Delta \min} = 51,6 - 9,6 = 42,0 \text{ мм};$$

$$A_{2\min} = A_{1\max} - A_{\Delta \max} = 52,0 - 10,4 = 41,6 \text{ мм}.$$

Приняв для размера A_2 систему вала и скорректировав расчетный допуск по h12, в операционную карту этот размер внесем в следующем виде: $A_2 = 42,0_{0,25}$ мм.

Порядок выполнения работы

1. Для предложенного преподавателем варианта задания (технологического процесса обработки детали) построить размерную схему процесса.

2. Выявить и построить размерные цепи, необходимые для определения линейных операционных размеров.
3. Выполнить расчет всех или части линейных операционных размеров, а также размеров заготовки по указанию преподавателя.
4. Составить отчет.

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Содержание задания.
3. Эскиз готовой детали.
4. Операционные эскизы.
5. Размерная схема техпроцесса.
6. Размерные цепи.
7. Порядок решения рассчитанных размерных цепей, включающих в себя:
 - а) уравнение замыкающего звена размерной цепи;
 - б) уравнение для расчета предельных значений искомого звена;
 - в) расчет минимально необходимого припуска, входящего в уравнения для расчета предельных размеров искомого звена, и допусков на размер этого звена (экономически достижимого и фактического);
 - г) расчет предельных значений искомого звена;
 - д) округление этих размеров при необходимости, окончательное определение искомого звена с допуском.

Контрольные вопросы

1. Какие имеются разновидности размерных цепей и какие задачи решаются с их помощью?
2. В чем суть проектной и проверочной задач при расчете технологических размерных цепей?
3. Исходя из каких условий могут определяться линейные операционные размеры?
4. Какую информацию должна содержать размерная схема технологического процесса?
5. В какой последовательности нужно строить операционные размерные цепи и находить операционные линейные размеры и почему?

6. Что такое «настроечное составляющее звено» операционной размерной цепи?
7. В какой последовательности необходимо строить технологическую операционную размерную цепь?
8. Какие звенья размерной цепи являются уменьшающими, а какие увеличивающими?
9. Как может быть записано уравнение замыкающего звена размерной цепи?
10. Какие размеры непосредственно выдерживаются при обработке?
11. Сколько размеров, непосредственно не выдерживаемых при обработке, допускается включать в технологическую размерную цепь?
12. Какой вид имеют уравнения предельных значений замыкающего звена?
13. В какой последовательности определяются линейные операционные размеры из условий обеспечения минимально необходимого припуска на последующую обработку методом предельных значений?
14. В какой последовательности определяют линейные операционные размеры из условия обеспечения чертежного размера, непосредственно не выполняемого при обработке методом предельных значений?
15. Какие имеются методы определения линейных операционных размеров?

Варианты заданий

Задание 1

Эскиз готовой детали

Материал: сталь 45 ГОСТ 1050-74.

Масса – 1,8 кг.

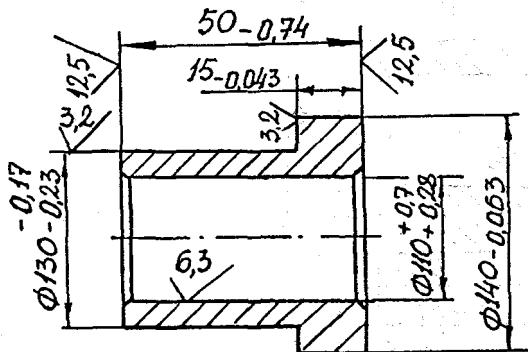
Заготовка – поковка класса Т2 массой 2, 4 кг.

Группа стали М1; степень сложности С1.

1. 156...217 НВ.

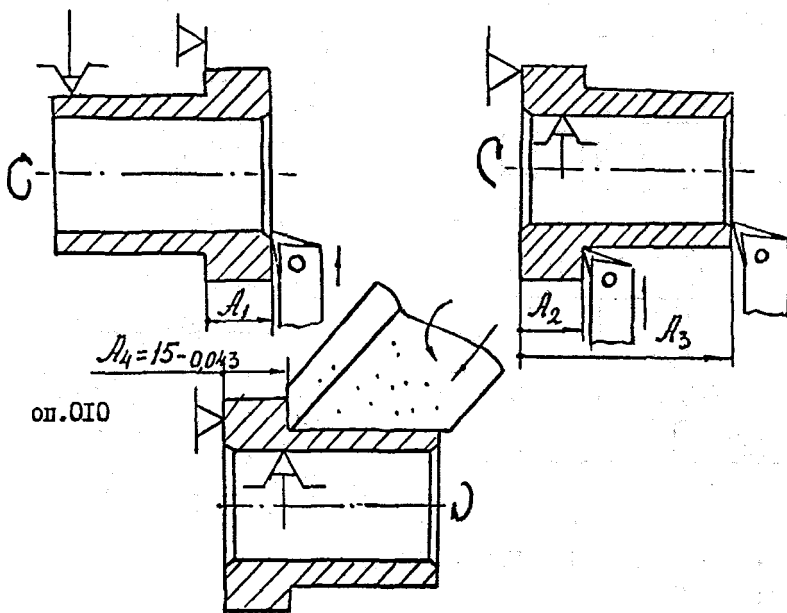
2. Фаски 1x45°.

*Операционные эскизы
(для операций и переходов, при выполнении которых
обеспечиваются линейные размеры)*



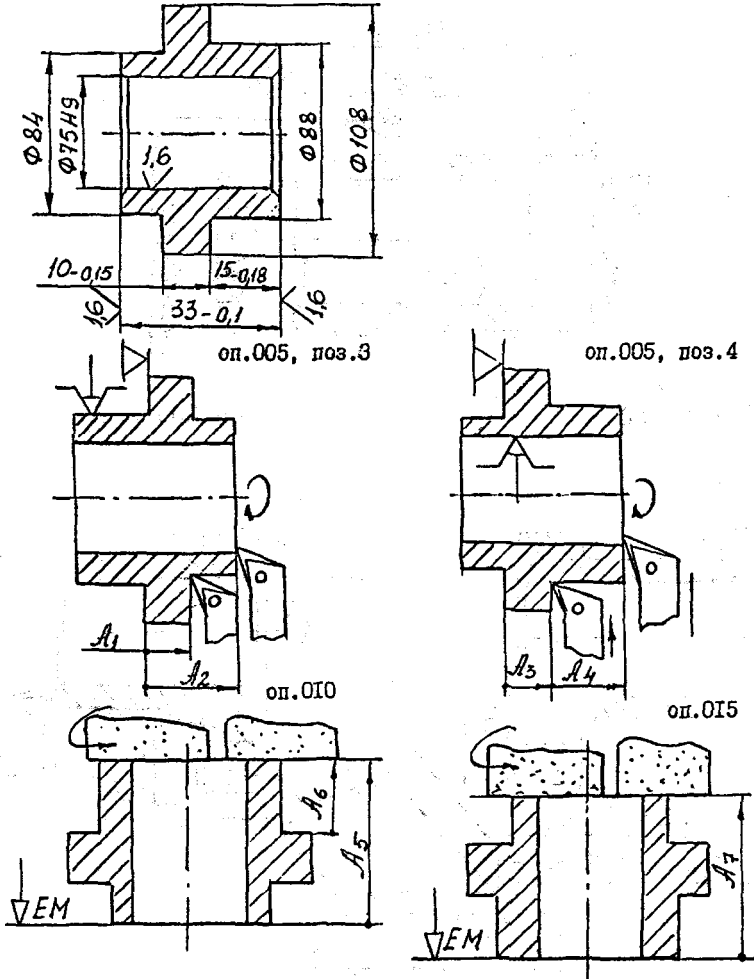
оп.005, поз.3

оп. 005, поз.4



Задание 2

Эскиз готовой детали



Материал: сталь 40X ГОСТ 4543-71.

Масса 0,8 кг.

Заготовка – поковка класса T2 массой 1,1 кг.

Группа стали M1.

Степень сложности C1 по ГОСТ 7505-89.

Задание 3

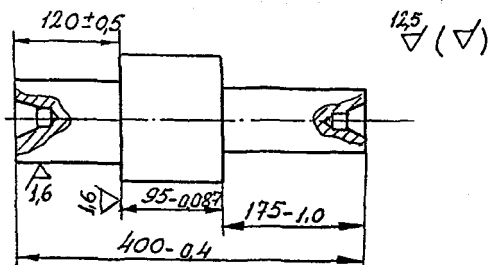
Материал: сталь 45 ГОСТ 1050-74.

Масса 6,2 кг.

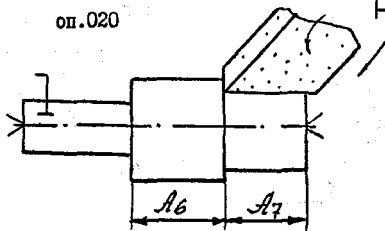
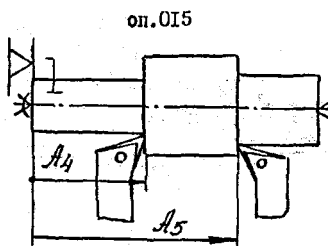
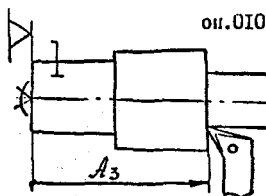
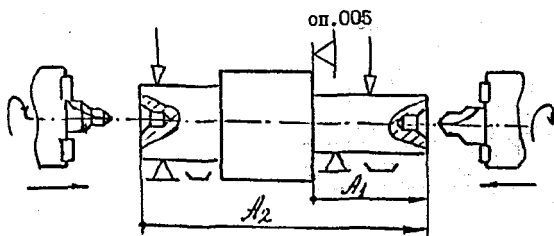
Заготовка – поковка класса Т2 массой 7,1 кг.

Группа стали М1.

Степень сложности С1 по ГОСТ 7505-89.



Операционные эскизы



Задание 4

Эскиз готовой детали оп. 010

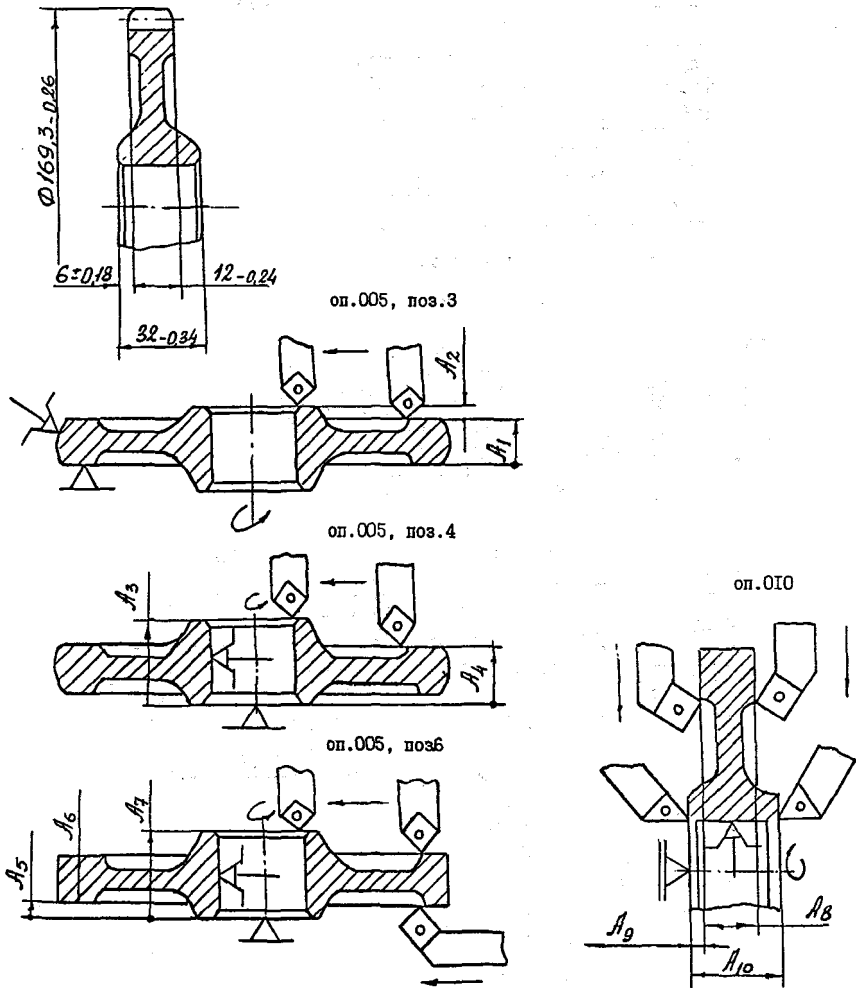
Материал: сталь 40Х ГОСТ 4543-71.

Масса 1,68 кг.

Заготовка – поковка класса Т2 массой 2,8 кг.

Группа стали М1.

Степень сложности С2 по ГОСТ 7505-89.



ПРИЛОЖЕНИЕ


Т а б л и ц а П 2.8.1

Минимальные припуски на черновое подрезание торцов.
Фрезерование и строгание плоскостей (размеры в мм)

Наибольший габаритный размер заготовки	Черновое подрезание торцов, фрезерование и строгание плоских заготовок			
	Из сталей, полученных горячей штамповкой	Полученных литьем в песчаные формы	Из цветных и титановых сплавов, полученных горячей штамповкой	Полученных литьем в кокиль и оболочковые формы
Припуск Z_{\min} на сторону				
До 30	0,9		0,7	
Св. 30 до 120	1,0		0,8	
Св. 120 до 260	1,2		0,9	
Св. 260 до 500	1,5		1,1	

Т а б л и ц а П 2.8.2

Минимальные припуски на чистовое подрезание торцов
и на чистовое фрезерование плоскостей (размеры в мм)

	Размер А	Припуск на сторону
	До 30	0,3
	Св. 30 до 120	0,4
	Св. 120 до 260	0,55
	Св. 260 до 500	0,7

Примечание. Величину припуска Z_{\min} устанавливают независимо от величины размера (длины вала или толщины-высоты корпусной детали).

Т а б л и ц а П 2.8.3

Вид обработки	Квалитет точности
Обдирочная обработка поковок и отливок из стали и чугуна	h 14 или H14
Черновая обработка от черновой базы, полученной штамповкой, литьем, отрезкой на прессе или дисковой пилой	h 14 или H14
литьем в кокиль, отрезкой резцом	h 13 или H13
Черновая обработка от обработанной базы	h 12 или H12
Чистовая обработка от черновой базы, полученной штамповкой литьем, отрезкой на прессе или дисковой пилой	h 14 или H14
литьем в кокиль, токарной обработкой	h 12 или H12
Чистовая обработка от механически обработанной базы	h 11, h 10 или H11, H10
Предварительное шлифование и тонкое фрезерование	h 9 или H9 h 8 или H8

Т а б л и ц а П 2.8.4

Поля допусков основных валов и отверстий при номинальных размерах от 1 до 500 мм по СТ СЭВ144-75. Предельные отклонения

Интервал размеров, мм	Поля допусков						
	h8 или H8	h9 или H9	h10 или H10	h11 или H11	h12 или H12	h13 или H13	h14 или H14
	Предельные отклонения, мкм						
От 1 до 3	14	25	40	60	100	140	250
Св. 3 до 6	18	30	48	75	120	180	300
Св. 6 до 10	22	36	58	90	150	220	360
Св. 10 до 18	27	43	70	110	180	270	430
Св. 18 до 30	33	52	84	130	210	330	520
Св. 30 до 90	39	62	100	160	250	390	620
Св. 50 до 80	46	74	120	190	300	460	740
Св. 80 до 120	54	87	140	220	350	540	870
Св. 120 до 180	63	100	160	250	400	630	1000
Св. 180 до 250	72	115	185	190	460	720	1150
Св. 250 до 315	81	130	210	320	520	810	1300
Св. 315 до 400	89	140	230	360	570	890	1400
Св. 400 до 500	97	155	250	400	630	970	1550

Примечание. В таблице приведены лишь отклонения от нулевой линии поля допуска. Для валов они берутся со знаком минус, для отверстий – со знаком плюс. Например, для вала $\varnothing 100$ мм, выполненного по h12, необходимо принять допуск $100_{-0,350}$ мм; для отверстия того же диаметра и точности $-100^{+0,350}$ мм.

Таблица 2.8.5

Масса поковки в кг (свыше-до)	Группа стали		Степень олежности поковки				Для размера в мм (свыше-до)					
	M ₁	M ₂	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	До 50	50-120	120-180	180-280	280-360	360-500
До 0,25	/	/	/	/	/	/	+0,6	+0,7	+0,8	+0,9	+1,0	+1,2
-0,4							-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,6	
0,25-0,40							+0,7	+0,8	+0,9	+1,0	+1,2	+1,3
-0,4							-0,4	-0,5	-0,6	-0,6	-0,7	
0,40-0,63							+0,8	+0,9	+1,1	+1,2	+1,3	+1,4
-0,4							-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	
0,63-1,00							+0,9	+1,1	+1,2	+1,3	+1,4	+1,5
-0,5							-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9	
1,00-1,60							+1,1	+1,2	+1,3	+1,4	+1,6	+1,6
-0,5							-0,6	-0,7	-0,8	-0,8	-1,0	
1,60-2,50							+1,2	+1,3	+1,5	+1,6	+1,7	+1,8
-0,6							-0,7	-0,7	-0,8	-0,9	-1,1	
2,50-4,00							+1,3	+1,5	+1,6	+1,7	+1,9	+2,0
-0,7							-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,2	
4,00-6,30							+1,5	+1,6	+1,7	+1,9	+2,0	+2,2
-0,7							-0,8	-0,9	-1,0	-1,2	-1,4	
6,30-10,00							+1,6	+1,7	+1,9	+2,1	+2,2	+2,5
-0,8							-0,9	-1,0	-1,1	-1,4	-1,5	
10,0-16,0							+1,7	+1,9	+2,1	+2,4	+2,5	+3,0
-0,9							-1,0	-1,1	-1,2	-1,5	-1,5	
16,0-25,0	+1,9	+2,1	+2,4	+2,5	+3,0	+3,5						
-1,0	-1,1	-1,2	-1,5	-2,0	-2,0							
26,0-40,0	+2,1	+2,4	+2,5	+3,0	+3,0	+3,5						
-1,1	-1,2	-1,5	-1,5	-2,0	-2,0							
40,0-63,0	+2,4	+2,5	+3,0	+3,5	+3,5	4,0						
-1,2	-1,5	-1,5	-1,5	-2,0	-2,0							
63,0-100,0	+2,5	+3,0	+3,5	+3,5	+4,0	+4,0						
-1,5	-1,5	-1,5	-2,0	-2,0	-2,5							
	+3,0	+3,5	+3,5	+4,0	+4,5	+4,5						
	-1,5	-1,5	-2,0	-2,0	-2,5	-3,0						
	+3,5	+3,5	+4,0	+5,0	+5,0	+5,0						
	-1,5	-2,0	-2,0	-2,5	-3,0	-3,5						
	+3,5	+4,0	+5,0	+5,5	+5,5	+5,5						
	-3,0	-2,0	-2,5	-2,5	-3,0	-3,5						
	+4,0	+5,0	+5,5	+6,0	+6,0	+6,0						
	-3,0	-2,5	-3,0	-3,0	-3,5	-4,0						
	+5,0	+5,5	+6,0	+6,5	+6,5	+6,5						
	-3,5	-3,0	-3,0	-3,0	-3,5	-4,0						

Примечания:

1. Допуски на внутренние размеры повокос должны устанавливаться с обратными знаками.

2. Допуски на размеры H, d, D (см. рис. 2.8.4), обуславливающие недоштамповку и двухсторонний износ штампов, определяются по табл. П 2.8.5.

3. Допуски на размеры L, l (см. рис. 2.8.4), устанавливающие односторонний износ штампов, равны половинным значениям величин, приведенных в табл. П 2.8.5.

4. Допуски на размеры h и t (по перепаду, см. рис. 2.8.4), устанавливающие односторонний износ штампов, равны $\pm 0,5$ поля допуска, приведенного в табл. П 2.8.5.

5. В поковках, имеющих углубления, допуски на размеры h (см. рис. П 2.8.4) определяются по табл. П 2.8.5 и устанавливаются с обратными знаками.

6. Неуказанные предельные отклонения размеров устанавливаются из расчета $\pm 0,7$ поля допуска наибольшего размера поковки.

7. Допуски на межцентровые расстояния A (см. рис. 2.8.4) устанавливаются по ГОСТ 7505-89 (табл. 7).

Работа 2.9

РАСЧЕТ ТРЕБУЕМОЙ ТОЧНОСТИ ОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ ПУТЕМ РЕШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ РАЗМЕРНОЙ ЦЕПИ

Цель работы – практическое освоение методики расчета требуемой точности операционных размеров при проектировании технологических процессов механической обработки путем построения и решения размерных цепей методами максимума-минимума и вероятностным, а также сопоставление этих методов по результатам расчета точности операционных размеров. Работа рассчитана на два академических часа.

Задание: определить, какие размеры вала и с какой точностью необходимо выдержать при обработке, чтобы обеспечить заданную точность размера A_1 (рис. 2.9.1 а). Технологический процесс обработки деталей приведен на рис. 2.9.1 б, варианты задания – в табл. 2.9.1.

Основные положения

В общем случае размерной цепью называется совокупность размеров, образующих замкнутый контур и непосредственно участвующих в решении поставленной задачи [74]. Технологические размерные цепи позволяют решать задачи обеспечения точности при изготовлении изделий.

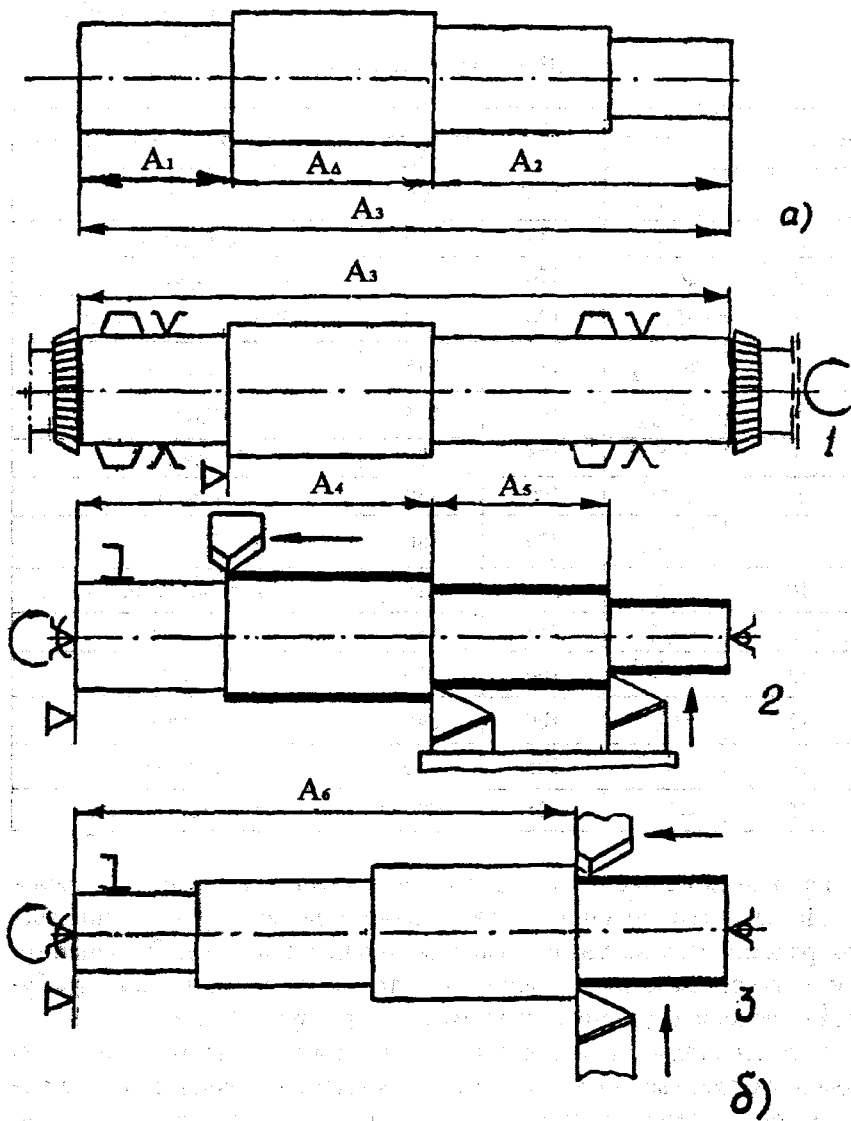


Рис. 2.9.1. Задание:
 а) эскиз детали; б) операционные эскизы

Варианты задания

№ варианта	Размеры, мм			Закон распределения размеров
	A_1	A_2	A_3	
1	$30_{-0,14}$	165	280	Гаусса
2	$35 \pm 0,17$	145	300	Симпсона
3	$40^{+0,34}$	170	350	Гаусса
4	$45_{\pm 0,05}$	190	310	Равной вероятности
5	$50_{-0,72}^{-0,10}$	185	375	Симпсона
6	$55_{-0,2}^{+0,6}$	195	365	Гаусса
7	$70^{+0,4}$	175	285	Неизвестен
8	$85^{+0,23}$	200	340	Симпсона
9	$90_{-0,23}$	220	380	Гаусса
10	$10_{-0,97}^{-0,10}$	250	415	Равной вероятности
11	$130^{+0,5}$	215	480	Симпсона
12	$145_{+0,20}^{+0,73}$	160	370	Неизвестен
13	$180_{-0,26}$	100	345	Гаусса
14	$195_{-0,7}^{-0,4}$	205	480	Симпсона
15	$220_{-0,6}$	125	425	Равной вероятности

Размерная цепь состоит из замыкающего и составляющих звеньев. По характеру влияния на замыкающее звено составляющие звенья разделяются на увеличивающие и уменьшающие. В зависимости от того, какие звенья цепи являются известными и какие требуется определить, различают прямую и обратную задачи.

Прямая задача является проектной. При её решении исходят из заданных требований к величине замыкающего звена, которые установлены заранее на основании аналитических расчетов, экспериментальных данных и нормативов. При этом определяются номинальные размеры, величины и координаты середин полей допусков, а также предельные отклонения всех составляющих размерную цепь звеньев.

При решении *обратной задачи*, на основании известных составляющих звеньев и их допусков, определяют номинальный размер, величину и координату середины поля рассеивания и предельные отклонения замыкающего звена. Необходимость ее решения возникает при анализе разработанного технологического процесса или спроектированной конструкции. Обратная задача может решаться в дополнение к прямой для проверки и правильности выполняемого решения, а также как самостоятельная задача в случае необходимости проверки принятых без расчета (например, по конструктивным или технологическим соображениям) размеров и допусков.

При решении размерных цепей различными методами используются следующие формулы [75].

Номинальные размеры замыкающих A_{Δ} и составляющих A_i звеньев связаны между собой уравнением

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i A_i, \quad (2.9.1)$$

где ξ – передаточное отношение, которое в общем случае есть частная производная:

$$\xi = \frac{\partial A_{\Delta}}{\partial A_i};$$

m – общее количество звеньев в размерной цепи.

Для линейных размерных цепей с параллельными звеньями передаточные отношения равны: $\xi = 1$ для увеличивающих составляющих звеньев; $\xi = -1$ для уменьшающих составляющих звеньев.

Допуск замыкающего звена δ_{Δ} определяется в зависимости от метода расчета.

При расчете на максимум-минимум

$$\delta_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} |\xi_i| \delta_i. \quad (2.9.2)$$

При расчете по вероятному методу

$$\delta_{\Delta} = t_{\Delta} \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \xi_i^2 \lambda_i^2 \delta_i^2}, \quad (2.9.3)$$

где δ_i – допуск составляющих звеньев;

t_{Δ} – коэффициент;

λ_i – относительное среднее квадратическое отклонение.

Коэффициент t_{Δ} зависит от принятого процента риска и закона рассеивания. При нормальном законе распределения и совпадении центра группирования с координатой середины поля допуска величина коэффициента t_{Δ} выбирается из следующего ряда:

Процент риска	P	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

Относительное среднее квадратическое отклонение $\lambda_i = 2\sigma_i / \varpi_i$,

где σ_i – среднее квадратическое отклонение;

ϖ – поле рассеивания.

Для закона нормального распределения (для крупносерийного и массового производства) $\lambda_i^2 = 1 / 9$. При других законах распределения коэффициенты t_{Δ} и λ_i^2 следует выбирать по табл. 2.9.2 с учетом количества составляющих звеньев размерной цепи.

Т а б л и ц а 2.9.2

Значения коэффициентов t_{Δ} и λ_i^2

Закон распределения отклонений	λ_i^2	t_{Δ} при числе составляющих звеньев				
		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 при-

нять $t_{\Delta} = 3$. Если о законе распределения звена ничего не известно (для изделий мелкосерийного и единичного производства), то принимается закон равной вероятности.

Средняя величина допуска δ_{cp} составляющих звеньев при решении прямой задачи определяется по следующим формулам.

При расчете на максимум-минимум

$$\delta_{cp} = \frac{\delta_{\Delta}}{\sum_{i=1}^{m-1} |\xi_i|}. \quad (2.9.4)$$

Для линейных размерных цепей с параллельными звеньями $\xi = 1$, тогда

$$\delta_{cp} = \frac{\delta_{\Delta}}{m-1}. \quad (2.9.5)$$

При вероятностном методе расчета

$$\delta_{cp} = t_{\Delta} \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \xi_i^2 \lambda_i^2}. \quad (2.9.6)$$

Допуск одного из составляющих звеньев δ_n при условии, что допуски остальных звеньев размерной цепи известны или подобраны ранее, определяется по формулам:

при расчете на максимум-минимум

$$\delta_n = \frac{\delta_{\Delta} - \sum_{i=1}^{m-2} |\xi_i| \delta_i}{|\xi_i|}. \quad (2.9.7)$$

или в частном случае, когда $|\xi_i| = |\xi_n| = 1$:

$$\delta_n = \delta_{\Delta} - \sum_{i=1}^{m-2} \delta_i; \quad (2.9.8)$$

при вероятностном методе расчета

$$\delta_{cp} = \frac{1}{t_{\Delta n}} \sqrt{\frac{\delta_{\Delta}^2 - \sum_{i=1}^{m-2} t_{\Delta i}^2 \xi_{\Delta i}^2 \delta_{\Delta i}^2}{\xi_n^2 \lambda_n^2}}, \quad (2.9.9)$$

где n – номер искомого звена.

Расположение полей допусков относительно номинальных значений звеньев и предельные отклонения определяются независимо от метода расчета размерной цепи.

Координата середины поля допуска замыкающего звена $\Delta_{0\Delta}$ связана с координатами середин полей допусков составляющих звеньев следующим уравнением:

$$\Delta_{0\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i \Delta_{0i}, \quad (2.9.10)$$

$$\text{где } \Delta_{0\Delta} = \frac{\Delta_{B\Delta} + \Delta_{H\Delta}}{2}; \quad \Delta_{0i} = \frac{\Delta_{Bi} + \Delta_{Hi}}{2}; \quad (2.9.11)$$

$\Delta_{B\Delta}$, $\Delta_{H\Delta}$, Δ_{Bi} , Δ_{Hi} – верхнее и нижнее отклонение замыкающего и составляющих звеньев.

При решении прямой задачи известной обычно является координата середины поля допуска только замыкающего звена. Поэтому координаты середин полей допусков всех составляющих звеньев принимаются по конструктивным или технологическим соображениям, за исключением какого-либо одного звена, координата середины поля допуска которого определяется затем по уравнению (2.9.10).

Предельные отклонения любого звена размерной цепи определяются по формулам

$$\Delta_{\epsilon} = \Delta_0 + \frac{\delta}{2}; \quad \Delta_H = \Delta_0 - \frac{\delta}{2}, \quad (2.9.12)$$

где Δ_{ϵ} , Δ_H – верхние и нижние предельные отклонения звена размерной цепи;

Δ_0 – координата середины поля допуска звена;

δ – допуск звена.

Методические указания

Выявление и построение технологической размерной цепи осуществляется на основе технологического процесса обработки детали. При этом вычерчивается эскиз детали, где изображаются чертежные размеры с допусками, участвующие в решении поставленной задачи, и операционные размеры в порядке их получения при обработке, начиная с размеров заготовки и кончая размерами обработанной детали.

Построение размерной цепи начинается с определения замыкающего звена. В данной работе замыкающее звено установлено заданием. Требуемая точность его регламентируется допуском. Графически отложив замыкающее звено, последовательно пристраивают к нему составляющие звенья, участвующие в решении поставленной задачи, до тех пор, пока цепь не станет замкнутой.

Методику выполнения работы рассмотрим на следующем примере.

Деталь типа вала (рис. 2.9.2 а) изготавливается из прутка по следующему технологическому маршруту:

1. Обточка поверхностей 7 и 8, подрезка торцов 6 и 9 в размер 74 мм (закрепление прутка в патроне по поверхности 5).

2. Отрезка заготовки в размер 480 мм.

3. Обточка поверхностей 2 и 3, зачистка торца 1 и подрезка уступа 4 в размер 56 мм (закрепление детали в патроне по поверхности 5).

Как видно из технологического процесса, заданный размер $350 \pm 0,18$ мм при обработке непосредственно не выдерживается. Точность его зависит от точности других размеров, получаемых при обработке.

С целью сопоставления методов расчета размерных цепей решение одной задачи производится двумя методами: на максимум-минимум и вероятностным. Поэтому соображения выбора этих методов и условия их применения в данной работе не учитываются.

Решаем задачу в следующем порядке:

Устанавливаем замыкающее звено: номинальный размер $A_\Delta = 350$ мм, координата середины поля допуска $\Delta_{0\Delta} = 0$; величина поля допуска $\delta_\Delta = 0,36$ мм. Пользуясь эскизом детали и технологи-

ческим маршрутом, выявляем и строим схему размерной цепи. При этом к замыкающему звену, которым является заданный размер $350 \pm 0,18$ мм, пристраиваем размеры детали A_1 , A_2 , A_3 , получаемые по ходу технологического процесса и участвующие в решении поставленной задачи. Построение производится до тех пор, пока не будет получен замкнутый контур – размерная цепь (рис. 2.9.2 б).

Устанавливаем, какие составляющие звенья являются увеличивающими и какие уменьшающими. Обозначаем на схеме над соответствующими размерными буквами увеличивающие звенья стрелками, направленными вправо, уменьшающие – стрелками, направленными влево. Констатируем, что общее число звеньев $m = 4$.

Из рассмотрения схемы размерной цепи и на основании уравнения (2.9.1) получим: $A_{\Delta} = -A_1 + A_2 - A_3$.

Рассчитываем номинальные размеры всех составляющих звеньев: $A_1 = 74$ мм; $A_2 = 480$ мм; $A_3 = 56$ мм.

Дальнейший порядок выполнения работы зависит от метода расчета размерной цепи.

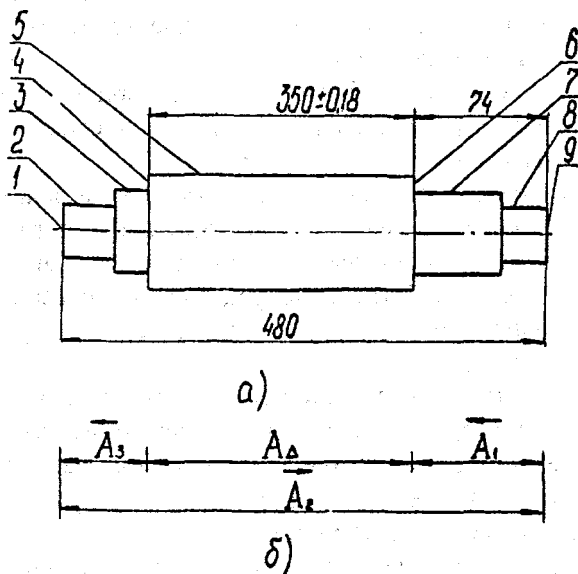


Рис. 2.9.2. К примеру расчета размерной цепи:
а) эскиз детали; б) схема размерной цепи

А. Метод расчета на максимум-минимум

По условию прямой задачи известен только допуск замыкающего звена, который согласно уравнению (2.9.2) равен сумме допусков составляющих звеньев с учетом абсолютных значений передаточных отношений. Чтобы решить уравнение с несколькими неизвестными, воспользуемся принципом равных влияний: распределим величину допуска замыкающего звена δ_{Δ} равномерно между всеми составляющими звеньями размерной цепи. Для этого определим среднюю величину допуска составляющих звеньев по формуле (2.9.5):

$$\delta_{cp} = \frac{0,36}{3} = 0,12 \text{ мм.}$$

Установим конкретные значения допусков каждого составляющего звена методом подбора. При этом исходим из возможности достижения точности размеров данным методом обработки в обычных цеховых условиях. Согласно справочным данным при торцовом точении поверхностей размером до $\varnothing 160$ мм можно обеспечить 8-10-й качества точности расстояний от обрабатываемой до базовой поверхности [53, с.14]. Поэтому с учетом условий обработки, а также стандартных значений допусков на размеры в зависимости от их номинальных значений, допуски на звенья A_1 и A_3 принимаем приблизительно по 9-му качеству точности, а на звено A_2 подбираем так, чтобы удовлетворялось уравнение (2.9.2): $\delta_1 = 0,77$ мм; $\delta_2 = 0,22$ мм, $\delta_3 = 0,07$ мм.

Проверяем правильность подбора допусков по формуле (2.9.2):

$$\delta_{\Delta} = 0,07 + 0,22 + 0,07 = 0,36 \text{ мм.}$$

Определяем расположение полей допусков относительно номинальных значений составляющих звеньев. Принимаем для звеньев A_1 и A_3 одностороннее расположение допусков, направленное в «плюс», т. е. $\Delta_{01} = +0,035$ мм, $\Delta_{03} = +0,035$ мм. Координату середины поля допуска звена A_2 получим из уравнения (2.9.10), которое для нашего случая принимает вид

$$\Delta_{0\Delta} = -\Delta_{01} + \Delta_{02} - \Delta_{03},$$

откуда $\Delta_{02} = -\Delta_{0\Delta} + \Delta_{01} + \Delta_{03} = 0 + 0,035 + 0,035 = 0,07$ мм.

Определяем предельные отклонения составляющих звеньев по формулам (2.9.12):

$$\Delta_{B1} = \Delta_{B3} = \Delta_{01} + \frac{\delta_1}{2} = 0,035 + \frac{0,07}{2} = 0,07 \text{ мм};$$

$$\Delta_{H1} = \Delta_{H3} = \Delta_{01} + \frac{\delta_1}{2} = 0,035 - \frac{0,07}{2} = 0;$$

$$\Delta_{B2} = \Delta_{02} + \frac{\delta_2}{2} = 0,07 + \frac{0,22}{2} = 0,18 \text{ мм};$$

$$\Delta_{H2} = \Delta_{02} - \frac{\delta_2}{2} = 0,07 - \frac{0,22}{2} = -0,04 \text{ мм}.$$

Таким образом, чтобы при данном технологическом процессе обеспечить требуемую точность размера $350 \pm 0,18$ мм, необходимо выдержать операционные размеры со следующими допусками:

$$A_1 = 0,74^{+0,07} \text{ мм}; \quad A_2 = 480_{-0,04}^{+0,18} \text{ мм}; \quad A_3 = 56^{+0,07} \text{ мм}.$$

Б. Вероятностный метод расчета

Чтобы рассчитать среднюю величину допуска составляющих звеньев вероятностным методом, сначала необходимо принять некоторый допустимый процент риска, а также установить предполагаемые законы рассеяния составляющих звеньев (в задании законы рассеяния звеньев оговорены).

Допустим, что в данном размере риск $P = 0,27\%$, действительные размеры звеньев A_1 и A_3 распределяются по закону Симпсона, а звена A_2 – по закону Гаусса.

Тогда, согласно приведенным выше рекомендациям, для распределения по закону Гаусса принимаем $t_{\Delta 2} = 3$; $\lambda_2^2 = 1/9$. Для распределения по закону Симпсона по табл. 2.9.2 при $m - 1 = 3$, находим $t_{\Delta 1} = t_{\Delta 3} = 2,83$; $\lambda_1^2 = \lambda_3^2 = 1/6$.

Среднее значение допуска составляющих звеньев определяем по формуле (2.9.6), которая в случае неравенства коэффициента t_{Δ} различных звеньев приобретает вид

$$\delta_{cp} = \frac{\delta_{\Delta}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} t_{\Delta i}^2 \xi_i^2 \lambda_i^2}}$$

При вероятностном методе расчета трудно подобрать значение допусков всех звеньев так, чтобы они удовлетворяли уравнению (2.9.3). Поэтому, ориентируясь на полученную величину δ_{cp} , сначала устанавливаем допуски только на два составляющих звена из трех. Учитывая те же соображения, что и при расчете на максимум-минимум, а также возможность расширения допусков составляющих звеньев при расчете вероятностным методом, принимаем допуски на звенья A_1 и A_2 по 10-му качеству точности $\delta_1 = \delta_3 = 0,12$ мм.

Допуск на звено A_2 получаем по формуле (2.9.9):

$$\delta_2 = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{0,36^2 - 2,83^2(-1) \cdot \frac{1}{6} \cdot 0,12^2 \cdot 2}{1^2 \cdot \frac{1}{9}}} = 0,30 \text{ мм.}$$

Проверяем правильность расчета по формуле (2.9.3):

$$\delta_{\Delta} = \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} t_{\Delta i}^2 \xi_i^2 \lambda_i^2 \delta_i^2} = \sqrt{2,83^2(-1)^2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 0,12^2 \cdot 2 + 3^2 \cdot 1^2 \cdot \frac{1}{9} \cdot 0,30^2} = 0,36 \text{ мм.}$$

Определяем расположение полей допусков относительно номинальных значений составляющих звеньев. Аналогично предыдущему принимаем для звеньев A_1 и A_3 одностороннее расположение допусков, направленное в «плюс», т. е. $\Delta_{\Delta 1} = \Delta_{\Delta 3} = 0,06$ мм. Координату середины поля допуска звена A_2 получаем из уравнения (2.9.10):

$$\Delta_{02} = -\Delta_{0\Delta} + \Delta_{01} + \Delta_{03} = 0 + 0,06 + 0,06 = 0,12 \text{ мм.}$$

Определяем предельные отклонения составляющих звеньев по формулам (2.9.12):

$$\Delta_{B1} = \Delta_{B3} = \Delta_{01} + \frac{\delta_1}{2} = 0,06 + \frac{0,12}{2} = 0,12 \text{ мм};$$

$$\Delta_{H1} = \Delta_{H3} = \Delta_{01} - \frac{\delta_1}{2} = 0,06 - \frac{0,12}{2} = 0;$$

$$\Delta_{B2} = \Delta_{02} + \frac{\delta_2}{2} = 0,12 + \frac{0,30}{2} = 0,27 \text{ мм};$$

$$\Delta_{H2} = \Delta_{02} - \frac{\delta_2}{2} = 0,12 - \frac{0,30}{2} = -0,03 \text{ мм}.$$

Таким образом, чтобы при данном технологическом процессе обеспечить требуемую точность размера $350 \pm 0,18$ мм, необходимо выдержать операционные размеры со следующими допусками:

$$A_1 = 0,74^{+0,12} \text{ мм}; \quad A_2 = 480_{-0,03}^{+0,27} \text{ мм}; \quad A_3 = 56^{+0,12} \text{ мм}.$$

По таблицам допусков определяем, каким qualitетам точности принадлежат рассчитанные двумя методами допуски звеньев размерной цепи. Для сравнения полученные результаты сводим в табл. 2.9.3.

Т а б л и ц а 2.9.3

Сравнение результатов расчета допусков

Обозначение допуска	Метод расчета			
	Максимум-минимум		Вероятностный при $P = 0,27\%$	
	допуск, мм	калитет точности	допуск, мм	калитет точности
δ_A	0,36	11	0,36	11
δ_1	0,07	9	0,12	10
δ_2	0,22	~10(точнее)	0,30	~10(грубее)
δ_3	0,07	9	0,12	10

Таким образом, для обеспечения одной и той же точности замыкающего звена при вероятностном методе расчета необходима значительно меньшая точность составляющих звеньев, чем при расчете на максимум-минимум. В данном случае при риске 0,27 % допуски составляющих звеньев могут быть расширены приблизительно в 1,4-1,7 раза.

При составлении отчета по работе следует объяснить, за счет чего достигается увеличение допусков.

Порядок выполнения работы

1. Установить замыкающее звено, его номинальный размер, координату середины поля допуска и величину допуска.

2. Выявить и построить схему размерной цепи.

3. Составить уравнение номинальных размеров размерной цепи и рассчитать незадаанные числовые значения номинальных размеров составляющих звеньев.

4. Решить размерную цепь методом максимума-минимума:

а) определить среднюю величину допуска составляющих звеньев;

б) установить конкретные значения допусков составляющих звеньев на основе технико-экономических соображений;

в) проверить правильность установленных величин допусков по формуле (2.9.2);

г) определить расположение полей допусков составляющих звеньев относительно их номинальных значений путем расчета координат середин полей допусков;

д) определить предельные отклонения составляющих звеньев.

5. Решить размерную цепь вероятностным методом:

а) установить допустимый процент риска;

б) определить среднюю величину допуска составляющих звеньев;

в) установить конкретные значения допусков составляющих звеньев на основе технико-экономических соображений;

г) проверить правильность установленных величин допусков по формуле (2.9.3);

д) определить расположение полей допусков составляющих звеньев относительно их номинальных значений путем расчета координат середин полей допусков;

е) определить предельные отклонения составляющих звеньев.

6. Определить, каким квалитетам точности принадлежат рассчитанные двумя методами допуски звеньев размерной цепи.
7. Результаты расчетов точности операционных размеров свести в табл. 2.9.3, проанализировать их и сделать выводы.
8. Составить отчет.

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Содержание задания.
3. Эскиз детали.
4. Технологический маршрут обработки детали с операционными эскизами.
5. Схема размерной цепи.
6. Уравнение размерной цепи.
7. Решение размерной цепи методом «максимум-минимум».
8. Решение размерной цепи вероятностным методом.
9. Сравнение результатов расчета (табл.2.9.3).
10. Выводы.

Контрольные вопросы

1. В чём заключается прямая и обратная задачи решения размерных цепей?
2. Как выявить и построить технологическую размерную цепь?
3. Напишите уравнение номинальных размеров размерной цепи.
4. Напишите и объясните формулы для определения допуска замыкающего звена при расчете на максимум-минимум и вероятностным методом.
5. Напишите и объясните уравнение координат середин полей допусков размерной цепи.
6. Как определить предельные отклонения размеров звеньев размерной цепи?

Работа 2.10

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГРУППОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

Цель работы – ознакомление студентов с групповыми методами обработки деталей, приобретение навыков по проектированию групповых технологических процессов.

Применение высокопроизводительных приспособлений и станков экономически оправдывается лишь при наличии достаточно большой партии изготавливаемых деталей.

В технологии машиностроения имеется два пути увеличения серийности изготовления деталей:

- 1) **конструкторский**, базирующийся на широкой нормализации и унификации деталей и узлов выпускаемых изделий;
- 2) **технологический**, базирующийся на унификации технологических процессов изготовления деталей и узлов изделий.

В настоящее время имеются методы технологической подготовки и организации производства, направленные на приближение мелкосерийного и серийного производства к крупносерийному:

- 1) метод, основанный на типизации технологических процессов;
 - 2) метод групповой обработки деталей.
- Типовая технология для определенной классификационной группы характеризуется общностью маршрута получения основных обрабатываемых поверхностей деталей.

Групповая технология предусматривает создание общей операции технологического процесса изготовления деталей на основе общности поверхностей, подлежащих обработке на данной операции.

Основные положения

Сущность группового технологического метода обработки деталей

Групповой метод – это такой метод унификации технологии производства, при котором для групп деталей, однородных по тем или иным конструктивно-технологическим признакам, устанавливаются однотипные высокопроизводительные методы обработки с использованием однородных и быстропереналаживаемых приспособлений.

собрений, оборудования и оснастки.

Основами группового метода производства являются: методика классификации и группирования деталей, видов работ и технологических процессов; методика классификации и конструирования групповых приспособлений и другой технологической оснастки; целевая модернизация и специализация оборудования; внедрение групповых поточных и автоматических линий [36].

Группой (операционной) называется совокупность деталей, характеризующаяся при обработке общностью оборудования, оснастки, наладки и технологического процесса (операционного). При создании групп учитываются габариты детали, так как они определяют типаж оборудования и размеры технологической оснастки. Кроме того, учитываются: их геометрическая форма, общность подлежащих обработке поверхностей, точность и шероховатость обрабатываемых поверхностей, однородность заготовок, серийность выпуска, экономичность процесса.

Группа деталей характеризуется единством в конструкторском, технологическом, инструментальном и организационно-плановом смысле. Группирование деталей для построения групповых процессов рекомендуется выполнять по общности маршрутных групповых процессов, групповых детапеопераций.

За основу группы принимается **комплексная деталь**. Комплексная деталь может быть реальной и условной. Комплексная деталь имеет все геометрические элементы деталей данной группы. Реальная комплексная деталь – это наиболее сложная деталь данной группы, включающая все основные элементы деталей данной группы. Под условной комплексной деталью понимается созданная деталь, включающая в себя все элементы поверхностей деталей данной группы. Комплексная деталь служит основой для создания технологического процесса и групповой оснастки – совокупности приспособлений и инструментов, обеспечивающих обработку всех деталей данной группы при небольших подналадках оборудования.

Технологический процесс, составленный на комплексную деталь, должен обеспечить обработку любой детали данной группы с небольшими подналадками оборудования. **Групповым технологическим процессом** называется совокупность групповых технологических операций, обеспечивающих обработку различных деталей группы по общему технологическому маршруту. При групповом

технологическом маршруте некоторые детали или их группы могут пропускать при обработке отдельные операции.

Групповой технологической операцией называется общая для групп различных по конструктивным признакам деталей операция, выполняемая с определенной групповой оснасткой, обеспечивающей обработку деталей на данном оборудовании.

Деталеоперация представляет собой дифференцированный план переходов при обработке конкретной детали определенной группы, для которой разработана групповая операция. Групповая операция охватывает столько деталеопераций, сколько деталей различных типов скомплектовано в группу.

Основные этапы разработки групповых технологических процессов

1. Анализ исходных данных для разработки технологического процесса. На этом этапе производится ознакомление с назначением и конструкцией изделия, с требованиями по изготовлению (точность изготовления, качество поверхности, технические требования).

Для решения задачи необходимо иметь конструкторскую документацию на изделие, задание на разработку технологических процессов.

2. Выбор технологического процесса или поиск аналога.

3. Выбор исходной заготовки и методов ее изготовления.

4. Выбор технологических баз.

5. Составление технологического маршрута обработки. Производится определение последовательности технологических операций или уточнение технологических операций по групповому технологическому процессу.

6. Разработка технологических операций. Производится разработка последовательности переходов в операции [46].

Методические указания

Методика выполнения работы рассматривается на следующем примере.

На рис.2.10.1 – 2.10.4 приведены эскизы группы деталей, состоящей из четырех деталей типа тел вращения.

10/(✓)

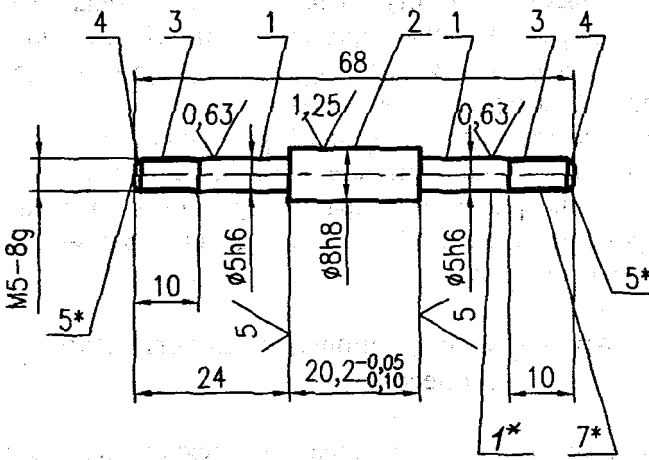


Рис. 2. 10.1

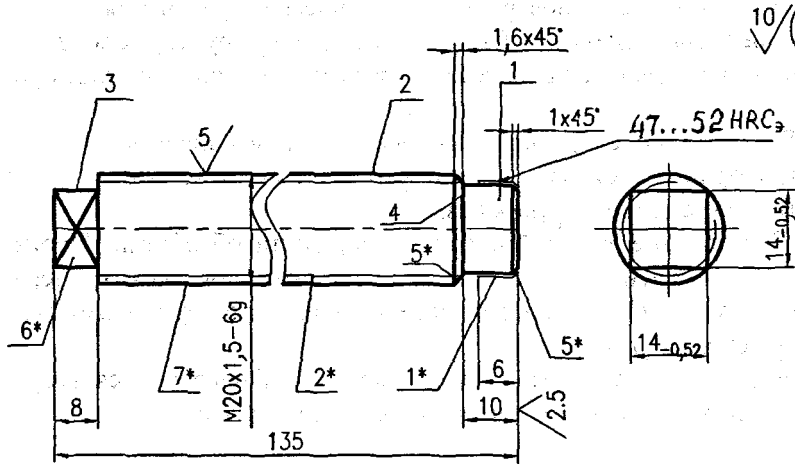


Рис.2. 10.2

10 √(√)

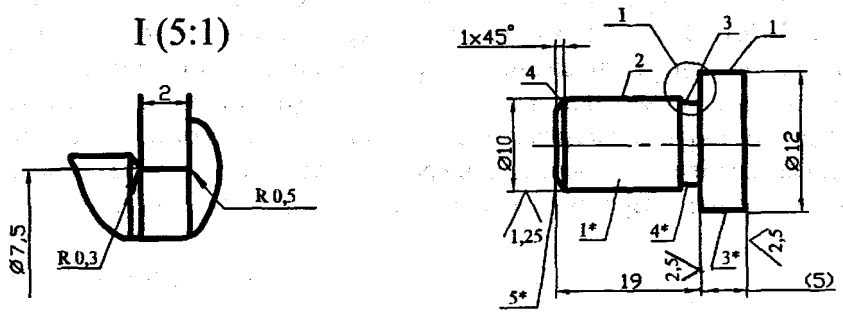


Рис. 2.10.3

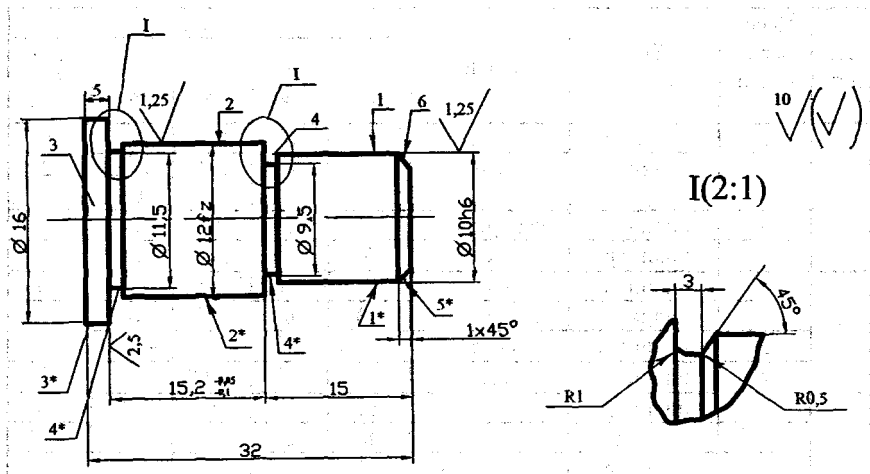


Рис. 2.10.4

Для создания группового технологического процесса обработки (ГТП) необходимо, чтобы для каждой детали, обрабатываемой по ГТП, были обеспечены: общность оборудования, общность оснастки и маршрута обработки. Для выполнения этих условий проводят анализ деталей группы по конструктивным и конструкторско-технологическим признакам. Такими признаками являются форма и размеры деталей, вид входящих поверхностей, их точность, шероховатость, точность взаимного расположения.

С целью упорядочения анализа рекомендуется пронумеровать поверхности каждой детали группы. На эскизах номера поверхностей указаны сверху. Параметры этих поверхностей записываются в табл. 2.10.1. В таблице указывают номер поверхности, тип поверхности (поверхность вращения, линейчатая поверхность, винтовые и специальные поверхности и т. д.), подтип (наружная, внутренняя и т. д.). В таблице указываются: диаметр и точность размера, линейные размеры и точность, шероховатость, точность взаимного расположения. Результаты анализа деталей сводятся в табл. 2.10.1.

Т а б л и ц а 2.10.1

Характеристика поверхностей деталей

№ дет.	№ поверхности	Тип поверхности	Подтип	Параметры				
				D, мм	точн., квал	L, мм	точн., квал	шерох. R _a , мкм
1	1	цилиндр.	нар.	5	6	24	14	0,63
	2	цилиндр.	нар.	8	8	20,2	-0,05 -0,1	1,25
	3	цилиндр.	нар. резьба	5	8	10	14	10
	4	цилиндр.	фаска	5		1×45 ⁰	14	10
2	1	цилиндр.	нар.	16	14	10	14	10
	2	цилиндр.	нар. резьба	20	6	117	14	5
	3	цилиндр.	квадрат	14×14			-0,52	10
	4	цилиндр.	фаска	20		1×45 ⁰	14	10
3	1	цилиндр.	нар.	12	14	5	14	10
	2	цилиндр.	нар.	8	8	19	14	1,25
	3	цилиндр.	нар. канав.	7,5	7	2	17	10
	4	цилиндр.	фаска	8		1×45 ⁰	14	10
4	1	цилиндр.	нар.	10	6	15	14	1,25
	2	цилиндр.	нар.	12	7	15,2	-0,05 0,01	1,25
	3	цилиндр.	нар.	16	14	1,8	14	10
	4	цилиндр.	нар. канав.	9,5	14	3	14	10
	5	цилиндр.	нар. канав.	11,5	14	3	14	10
	6	цилиндр.	нар. фаска	10	1×45 ⁰		14	10

После проведения анализа деталей группы по конструктивным и конструкторско-технологическим признакам выделяются общие по-

верхности для всех деталей группы. На чертеже эти поверхности указаны цифрами внизу с индексом «*». Результаты сводятся в табл. 2.10.2. В таблице «О» обозначает, что деталь имеет обобщенную поверхность. На основании табл. 2.9.2 создается комплексная деталь, которая включает все обобщенные поверхности с указанием диапазонов параметров этих поверхностей. Диапазоны параметров обобщенных поверхностей целесообразно приводить по форме табл. 2.10.3.

Т а б л и ц а 2.10.2

Состав обобщенных поверхностей

Номер обобщенной поверхности	Номера деталей			
	1	2	3	4
1	О	О	О	О
2	О	О	О	-
3	-	-	О	О
4	-	-	О	О
5	О	О	О	О
6	-	О	-	-
7	О	О	-	-

После формирования обобщенных поверхностей необходимо создать образ детали, включающей все обобщенные поверхности с указанием возможных диапазонов их размеров.

Т а б л и ц а 2.10.3

Диапазоны параметров обобщенных поверхностей

№ по-верх.	Диапазон параметров поверхности, допустимых в ГТП							
	D, мм		L, мм		Точность качества		Шероховатость (Ra, мкм)	
	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.
1*	16	5	24	10	14	6	10	0,63
2*	20	8	117	15,2	14	6	5	1,25
3*	16	12	5	1,8	14	14	10	10
4*	11,5	7,5	3	2	14	14	10	10
5*	16	5	1,6×45 ⁰	1,0×45 ⁰	14	14	10	10
6*	14×14				-0,52		10	10
7*	20	5	117	10	8	6	10	5

Разработка схемы группового технологического маршрута обработки деталей группы

При разработке группового технологического маршрута обработки определяется последовательность технологических операций. При разработке группового технологического маршрута обработки необходимо исходить из следующих основных положений.

Принятая последовательность операций при групповом маршруте должна обеспечивать обработку любой детали группы в соответствии с чертежом и техническими требованиями.

Технологическая оснастка должна быть групповой или переналаживаемой, пригодной для изготовления любой детали группы.

Применяемое оборудование должно обеспечивать высокопроизводительную обработку при минимальных затратах на его переналадку.

Схему технологического маршрута обработки приводят в виде табл. 2.10.4.

Т а б л и ц а 2.10.4

Эскизы деталей	Технологические операции				
	токар- ная	токар- ная	фре- зерная	шлифо- вальная	на склад
Деталь 1	0	0		0	0
Деталь 2	0	0	0		0
Деталь 3	0	0		0	0
Деталь 4	0	0		0	0

Примечание: 0 – наличие технологической операции.

Отдельные детали могут пропускать технологические операции.

Для разработки групповой технологической операции заполняется табл. 2.10.5. В таблице вычерчиваются эскизы деталей для данной операции. Одинаковые поверхности нумеруются одинаковыми цифрами и строится эскиз комплексной детали. По эскизу комплексной детали указываются диапазоны параметров поверхностей в табл. 2.10.3.

Разработка групповой технологической операции.

Схема построения технологической операции, выполняемой на токарно-револьверном станке

Эскиз детали	Операции									Комплексная деталь
	Подфрезать торцев. 1	Точить поверх. 2	Точить поверх. 3	Точить поверх. 4	Точить поверх. 5	Точить поверх. 6	Точить фаску 7	Нарезать резьбу 8	Отрезать деталь 9	
	○	○	○				○	○	○	
	○	○	○		○		○	○	○	
	○	○	○	○			○	○	○	
	○	○	○	○	○	○			○	

○ – наличие технологического перехода

Порядок выполнения работы

1. Изучить сущность группового метода обработки деталей.
2. Произвести анализ деталей группы по конструктивным и конструктивно-технологическим признакам (табл. 2.10.1).
3. Выделить общие поверхности деталей группы (табл. 2.10.2), указать диапазон параметров общих поверхностей (табл. 2.10.3), составить комплексную деталь (табл. 2.10.5).
4. Разработать схему группового технологического маршрута обработки деталей группы (табл. 2.10.4).
5. На одну из операций (по указанию преподавателя) группового технологического маршрута составить и вычертить комплексную деталь на основе операционных эскизов, разработанных для каждой детали группы.
6. Указать переходы, необходимые для обработки комплексной детали и деталей группы (табл. 2.10.5).

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Чертежи деталей группы.
3. Анализ деталей (табл. 2.10.1).
4. Состав обобщенных поверхностей (табл. 2.10.2).
5. Комплексная деталь для выполнения ГТМ, диапазон параметров обобщенных поверхностей (табл. 2.10.3).
6. Схема группового технологического маршрута обработки (табл. 2.10.4).
7. Разработка групповой технологической операции (табл. 2.10.5).

Варианты задания

№ варианта	Наименование деталей
1	1. Бобышка. 2. Втулка. 3. Втулка. 4. Втулка. 5. Втулка
2	1. Толкатель. 2. Ось. 3. Винт. 4. Ось. 5. Упор
3	1. Палец. 2. Упор. 3. Ось. 4. Ось. 5. Винт
4	1. Втулка. 2. Бобышка. 3. Ролик. 4. Пятка. 5. Втулка
5	1. Тяга. 2. Тяга. 3. Серьга. 4. Ось. 5. Серьга
6	1. Штанга. 2. Стяжка. 3. Стяжка. 4. Винт. 5. Упор
7	1. Ось. 2. Ось. 3. Вал. 4. Толкатель. 5. Ось
8	1. Стяжка. 2. Стяжка. 3. Ось. 4. Вал. 5. Вал

Чертежи деталей приведены в отдельном приложении (альбоме).

Контрольные вопросы

1. Сущность группового метода обработки.
2. Что называется группой (операционной)?
3. Какие признаки учитываются при создании групп?
4. Что такое комплексная деталь?
5. Понятие о групповом технологическом процессе.
6. Понятие о групповой технологической операции.
7. Основные этапы разработки группового технологического процесса.
8. При каком типе производства применяется групповая технология?

Работа 2.11

ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ СТАНОЧНЫХ РАБОТ

Цель работы – практическое освоение методов технического нормирования станочных работ и приобретение навыков по использованию этих методов для одно- и многоинструментальной обработки.

Работа рассчитана на шесть академических часов.

Варианты заданий

В табл. 2.11.1 и 2.11.2 приведены 54 варианта для определения режимов резания и технической нормы времени для одноинструментной обработки.

Для определения режимов резания и основного времени при многоинструментной обработке могут быть выбраны либо одна из задач 1...3, либо каждая из 5 позиций в задаче 1, либо одновременная обработка поверхностей 1, 2, 3, 4 на станке 6Н80Г, показанных в табл. 2.11.2, т. е. всего для нормирования многоинструментной обработки имеется 21 вариант задания.

Основные положения

Основным элементом технического нормирования является определение оптимальных режимов резания. Наиболее распространена и разработана методика расчета режимов резания, обеспечивающих наименьшую стоимость операции. При этом достигается экономическая стойкость инструмента.

Исходными данными при техническом нормировании являются требования технологического процесса, принятая схема обработки (наладка), паспортные данные оборудования.

Назначение режимов резания почти во всех случаях начинают с выбора подачи, после чего определяют стойкость инструмента, скорость резания и при необходимости – усилия и мощности резания. На всех этих этапах выбора режимов резания найденные по нормативам элементы режимов сравнивают с паспортными данными и при необходимости уточняют.

Одной из основных особенностей расчета при многоинструментной обработке является согласование работы отдельных позиций, шпинделей, суппортов и инструментов между собой с подчинением расчета общему кинематическому параметру или времени обработки.

Если выбор подачи при многоинструментной обработке производится для каждого инструмента в отдельности так же, как и при одноинструментной обработке, но с последующим согласованием полученных значений по общему кинематическому параметру, то выбор периодов стойкости инструментов T_m и скоростей резания V при многоинструментной обработке существенно отличается от выбора этих параметров при одноинструментной обработке. Значения T_m и V определяются не для всех инструментов в наладке, а лишь для предположительно лимитирующих по стойкости инструментов. Принятые для них значения T_m и числа оборотов n , об/мин, детали или инструмента принимаются для всех остальных инструментов наладки. Выбор лимитирующего инструмента производится с учетом условий его работы. Для многолезцовых полуавтоматов лимитирующим считают резец, работающий на наибольшем диаметре обтачивания более половины рабочего хода суппорта. Для чистовых операций в качестве лимитирующего может быть принят резец, у которого отношение $d_i l_i / \delta_i$ (где d_i и l_i – диаметр и длина

обработки; δ_i – допуск на размер обработки) имеет наибольшую величину. Это же соотношение можно использовать для предварительного выбора лимитирующего инструмента и при других видах обработки.

После назначения режимов резания производится расчет основного времени T_0 – времени, в течение которого происходит изменение формы, размеров и свойств детали.

При нормировании работ на многопозиционных станках может оказаться, что величины основного времени на отдельных позициях значительно отличаются друг от друга. В этом случае в первую очередь необходимо проанализировать возможность изменения наладки или конструкции инструментов с целью уменьшения времени обработки на позиции, имеющей максимальное машинное время. Если же это невозможно или в конкретных условиях нецелесообразно, следует понижать режимы резания на нелимитирующих позициях, не превышая при этом установленного по лимитирующей позиции времени обработки.

Следующим этапом технического нормирования является определение нормы штучного времени. В условиях крупносерийного и массового производства она рассчитывается по формуле

$$T_{шт} = T_0 + T_s + T_{об} + T_{\phi}, \quad (2.11.1)$$

где $T_{шт}$ – норма штучного времени, мин;

T_0 – основное (технологическое) время, мин;

T_s – вспомогательное время, мин;

$T_{об}$ – время обслуживания рабочего места, мин;

T_{ϕ} – время на отдых и физические потребности, мин.

Сумма основного и вспомогательного времени составляет оперативное время на обработку детали

$$T_{оп} = T_0 + T_s. \quad (2.11.2)$$

Сумма времени обслуживания рабочего места и времени на отдых и физические потребности составляет дополнительное время

$$T_{доп} = T_{об} + T_{\phi} \quad (2.11.3)$$

В условиях серийного производства подсчитывается норма штучно-калькуляционного времени

$$T_{шт.-к} = T_{шт.} + \frac{T_{н.з.}}{n}, \quad (2.11.4)$$

где $T_{н.з.}$ – подготовительно-заключительное время на всю партию деталей, мин;

n – объем партии деталей в шт.

Для уточнения нормы штучного времени, выявления наиболее рационального способа выполнения операции, установления нормальной продолжительности отдельных ручных приемов работы в процессе внедрения разработанного технологического процесса в производство или его усовершенствования проводится хронометраж. Он заключается в замерах продолжительности циклически повторяющихся элементов операции, т. е. элементов основного и вспомогательного времени с последующей корректировкой величины $T_{в.}$, входящей в $T_{шт.}$. Проведение хронометража состоит из подготовки к наблюдению, непосредственного наблюдения (хронометрирования), обработки и анализа материалов наблюдения.

Методические указания

1. Определение режимов резания и нормы штучного времени при одноинструментной обработке (2 часа).

Расчет режимов резания и основного времени

Расчет режимов резания и основного времени рекомендуется производить с помощью справочника [50]. При этом для одноинструментной обработки на токарных и фрезерных станках расчет производится по следующим этапам: 1) расчет длины рабочего хода суппорта или стола $L_{р.х.}$; 2) назначение подачи на оборот шпинделя S_0 , мм/об, или на зуб фрезы S_z , мм/зуб; 3) определение стойкости инструмента; 4) расчет скорости резания; 5) проверка выбранных

режимов по мощности резания; б) расчет основного машинного времени обработки T_0 .

$$T_0 = \frac{L_{p.x.}}{n \cdot S_0} = \frac{L_{p.x.}}{S_{\text{мин}}} = \frac{L_{p.x.}}{n \cdot Z_{\text{фр}} \cdot S_z}, \quad (2.11.5)$$

где n – принятое число оборотов детали или фрезы;

$S_{\text{мин}}$ – принятая минутная подача суппорта или стола, мм/мин;

$Z_{\text{фр}}$ – число зубьев фрезы.

Проверка выбранных режимов по мощности резания для обоих видов обработки заключается в проверке соблюдения условия

$$N_{\text{рез.}} \leq 1,2 N_{\text{дв.}} \cdot \eta, \quad (2.11.6)$$

где $N_{\text{дв.}}$ – мощность двигателя привода главного движения;

η – КПД станка; $\eta = 0,7 \dots 0,8$.

Определение нормы штучного времени

1. Основное время T_0 . Величина T_0 определяется расчетным путем на основе выбранных режимов резания по формуле (2.11.5).

2. Вспомогательное время $T_{\text{в.}}$. Во вспомогательное время входят затраты времени на следующие действия: а) управление станком (пуск, установка, переключение скорости и подачи и т. д.); б) перемещение инструмента; в) установка и снятие детали и инструмента; г) измерение детали.

Вспомогательное время может быть ручным, машинным и машинно-ручным. Ручное время делится на перекрываемое и непрерываемое машинным временем. В величину $T_{\text{в.}}$ включается лишь непрерываемое вспомогательное время. Определение составляющих $T_{\text{в.}}$ производится по нормативам на различные вспомогательные приемы, приведенные в справочниках [37 - 39].

3. Время обслуживания рабочего места $T_{\text{об.}}$. Время обслуживания рабочего места в течение смены состоит из времени технического и времени организационного обслуживания:

$$T_{\text{об.}} = T_{\text{т.об.}} + T_{\text{о.об.}}. \quad (2.11.7)$$

Время технического обслуживания $T_{т.об.}$ затрачивается на выполнение следующих действий: а) подналадку и регулировку станка; б) смену затупившегося инструмента; в) правку шлифовальных кругов или правку резца оселком; г) удаление стружки в процессе работы и т. п.

Время технического обслуживания рабочего места зависит от основного времени, и поэтому часто его исчисляют в процентах к основному времени [37 - 39].

Время организационного обслуживания $T_{о.об.}$ затрачивается на выполнение следующих работ: а) раскладку инструмента в начале смены и уборку его по окончании смены; б) чистку и смазку станка; в) осмотр и опробование станка и др. $T_{о.об.}$ исчисляют в процентах к оперативному времени. Необходимые данные для расчета $T_{о.об.}$ приведены в [37 - 39].

4. Время перерывов на отдых и физические потребности $T_{ф.}$
Время перерывов на отдых учитывается в исключительных случаях (для физически тяжелых и утомительных работ). Время на физические потребности исчисляется в процентах от оперативного времени (см. [37 - 39]).

5. Подготовительно-заключительное время $T_{п.з.}$ Дается на всю партию деталей и учитывается в штучно-калькуляционном времени лишь в условиях серийного производства.

Это время затрачивается на следующее: а) ознакомление рабочего с работой и чтение чертежа; б) подготовку рабочего места, наладку станка, инструмента и приспособлений для обработки данной партии деталей; в) снятие инструмента и приспособлений по окончании обработки партии деталей. Значение $T_{п.з.}$ приведены в [39, 60].

II. Расчет нормы штучного времени для одной операции при одноинструментной обработке с помощью хронометража.

Для хронометражного исследования проводится подготовка в следующем порядке:

1. Операция расчленяется на составляющие ее элементы: переходы и отдельные приемы работы. Например, при токарной одноинструментной обработке в один проход на станке 1К62 операция может быть разбита на следующие приемы: а) взять деталь, установить в патрон и закрепить; б) подвести резец, включить вращение и подачу; в) обточить деталь; г) выключить подачу, отвести резец, выключить вращение; д) снять деталь и положить на место.

2. Выбирается необходимое количество наблюдений, которое зависит от продолжительности операций и определяется по табл. 2.11.1.

Т а б л и ц а 2.11.1

Продолжительность операции, мин	до 2	2-10	10-20	20-40
Число наблюдений	30	20	10	5

При хронометрировании измерение времени, как правило, производится с помощью секундомера по так называемому текущему времени. Регистрации подлежит момент, определяемый фиксажной точкой, т. е. моментом окончания предыдущего и начала следующего элемента операции.

Способ хронометража по текущему времени состоит в том, что в каждой фиксажной точке записывается текущее время, пока не будет проведено намеченное количество наблюдений по всем элементам. Вычисление длительности элементов производится после окончания хронометрирования при обработке хронометражных наблюдений путем вычитания предыдущего замера из последующего.

В хронометражной карте против каждого элемента операции имеется две строчки. В верхнюю заносится текущее время, в нижнюю – длительность приема.

Обработка результатов хронометража начинается с определения продолжительности каждого приема. Продолжительности по данному приему работы, определенные для каждого наблюдения, составляют хронометражный ряд. Вторым этапом по обработке хрононаблюдений является улучшение хронометражного ряда. Улучшение производится путем очищения каждого ряда от малодостоверных замеров.

Для всякого хронометражного ряда характерны некоторые колебания его значений. Для оценки качества хронометражного ряда с точки зрения колебаний продолжительности отдельных приемов работы применяется коэффициент устойчивости ряда. Коэффициент устойчивости определяют из отношения наибольшего времени хроноряда к наименьшему:

$$K = \frac{a_{\max}}{a_{\min}},$$

где a_{\max} – максимальная продолжительность приема работы в хронометражном ряду;

a_{\min} – минимальная продолжительность приема работы.

После определения коэффициента устойчивости хронометражного ряда его необходимо сверить с нормальными коэффициентами устойчивости, приводимыми в справочниках по нормированию. Для $n = 10 - 30$ можно принять $K_{\text{дон.}} = 1,5$. В случае если $K > K_{\text{дон.}}$, необходимо исключить одно или оба предельных значения и продолжать этот процесс улучшения хроноряда до тех пор, пока не будет достигнуто неравенство $K \leq K_{\text{дон.}}$. После этого определяются: а) количество наблюдений, оставшихся в улучшенном ряду; б) сумма улучшенного ряда; в) среднее арифметическое значение улучшенного ряда. Суммировав эти среднеарифметические значения для всех элементов операции, за исключением элементов, связанных с непосредственной обработкой детали резанием (в приведенном выше примере таким элементом является «обточить деталь»), мы получим величину вспомогательного времени, уточненную хронометражом $T_{\text{в.хр.}}$; пересчитав соответственно значения $T_{\text{об.}}$, $T_{\text{ф.}}$, получим $T_{\text{шт. хр}}$ – норму штучного времени, уточненную хронометражом.

III. Определение режимов резания и основного времени для одной операции при многоинструментной обработке (2 часа).

Методика определения режимов резания и основного времени при многоинструментной обработке на токарных и сверлильных станках видна из приведенных ниже примеров технического нормирования указанных работ.

Пример 1. Техническое нормирование при многоинструментной обработке на токарном полуавтомате (по материалам [50]).

Исходные данные

Деталь – кожух полуоси заднего моста (рис. 2.11.1).

Заготовка – штамповка, сталь 45, 156...207 НВ.

Содержание операции: обточить окончательно кожух полуоси заднего моста, выдержав размеры 1-17 согласно эскизу. Глубина резания до 1 мм, качество точности 11.

Станок – токарно-многолезцовый полуавтомат, модель 1Н713.

Инструмент – передний суппорт: шесть проходных резцов $\varphi = 45^\circ$. Резец 2100-0031 Т15К6 ГОСТ 18878-73; задний суппорт: один фасочный резец $\varphi = 45^\circ$, Т15К6, один канавочный резец $\varphi = 90^\circ$, Т15К6.

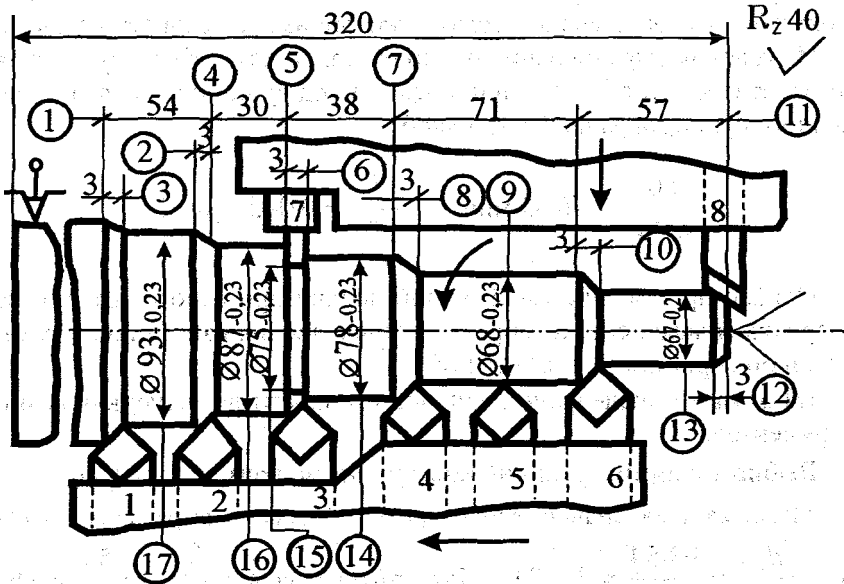


Рис. 2.11.1. Эскиз обработки кожуха полуоси

Расчет режимов резания и машинного времени

Режимы резания выбираются по справочнику [50]. Расчет осуществляется в шесть этапов.

I этап – определение длины рабочего хода суппортов.

Как следует из эскиза обработки, наибольшую длину резания из резцов продольного суппорта имеет резец 6 ($l = 57$ мм).

Величина u для 1-го резца, $u_1 = 3$ мм. Следовательно, длина рабочего хода продольного суппорта $L_{p.x.} = 57 + 3 = 60$ мм.

Длина рабочего хода поперечного суппорта $L_{p.x.} = 6 + 2 = 8$ мм.

II этап – определение подач суппортов за оборот шпинделя.

Для продольного суппорта $S_{o.таб} = 0,375$ мм/об (см. [50], карта Т-2, с. 23), $\sum t + \sum e = 15$ мм, $S_{o.таб} = 0,25 \times 1,5 = 0,375$ мм/об. По паспорту станка принимаем ближайшее значение подачи $S_0 = 0,34$ мм/об. Так как время работы поперечного суппорта значительно меньше, чем продольного, а суппорты работают одновременно, его подача может быть уменьшена без ущерба для производительности станка.

Из условия выравнивания продолжительности работы суппортов (равенство чисел оборотов шпинделя за ход суппорта) подача поперечного суппорта равна $0,045$ мм/об.

$$\frac{60}{0,34} = 176 \text{ об/мин}; \quad \frac{8}{176} = 0,045 \text{ мм/об.}$$

Однако применение такой малой подачи при работе резцами из твердого сплава нецелесообразно с точки зрения износа инструментов, и она принята $S_0 = 0,11$ мм/об.

III этап – определение периодов стойкости лимитирующих инструментов.

Выбираем лимитирующий инструмент по критерию $d_i l_i / \delta_i$.

Максимальное значение этот критерий имеет для резца № 1 (для него $\frac{d_i l_i}{\delta_i} = \frac{93 \cdot 54}{0,23} = 22304$). Для этого резца $\lambda = \frac{L_{рез.}}{L_{р.х.}} = \frac{54}{60} = 0,9$,

т.е. $> 0,7$, и поэтому может не приниматься во внимание. Рассматриваемая наладка относится ко второй группе наладок ([50], карта

Т-3, с. 26, $\frac{d_{max}}{d_{min}} = \frac{93}{67} = 1,35$) и для нее $T_m = T_p = 200$ мин.

IV этап – расчет скоростей резания и числа оборотов шпинделя.

Расчет скоростей резания выполняется, как правило, для предположительно лимитирующих инструментов наладки. В нашем случае лимитирующим по стойкости является резец 1.

Скорость резания для резца 1 при принятой стойкости $T_p = 200$ мин равна $V = V_{таб} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 150 \cdot 0,95 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 128,3$ мин ([6], карта Т-4, с. 29).

Соответствующее скорости число оборотов равно

$$n = \frac{1000v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 128,3}{3,14 \cdot 93} = 470,3 \text{ об/мин.}$$

Ближайшее по паспорту станка число оборотов 395 об/мин, а соответствующая ему скорость резания – 118 м/мин.

V этап – расчет машинного времени обработки.

$$T_0 = \frac{L_{p.x.}}{S_0 \cdot n} = \frac{60}{0,34 \cdot 395} = 0,45 \text{ мин.}$$

VI этап – проверочный расчет по мощности резания.

Суммарная мощность резания не должна превосходить мощность двигателя станка (с учетом его КПД) на 20 %:

$$\sum N_{рез_i} \leq 1,2 N_{дв} \cdot \eta. \quad (2.11.9)$$

Для определения $\sum N_{рез_i}$ вначале устанавливаем P_{zi} для каждо-

го инструмента ([50], карта Т-5, с. 35-36), а затем $N_{рез_i} = \frac{P_{zi} \cdot V_i}{6120}$

также для каждого инструмента. Результаты расчетов приведены в табл. 2.11.2. Как видно из этой таблицы, суммарная мощность по всем резцам переднего суппорта равна 7,1 кВт, заднего суппорта – 2,2 кВт. Мощность двигателя равна 14 кВт и $\eta = 0,82$, следовательно, $\sum N_{рез_i} = 9,3 < 1,2 \cdot 14 \cdot 0,82 = 13,8$ и мощность привода

достаточна для выполнения операции на расчетных режимах резания. Основные результаты расчетов приведены в табл. 2.11.2.

Пример 2. Техническое нормирование при многоинструментной обработке на сверлильном станке.

Исходные данные

Деталь – колодка ручного тормоза (рис. 2.11.2).

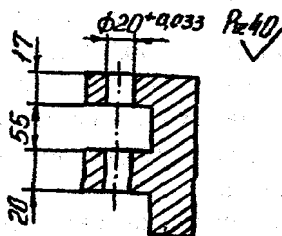


Рис. 2.11.2. Эскиз обработки колодки тормоза

Заготовка – отливка из ковкого чугуна КЧ37-12, 130...170 НВ.

Операция: обработать два отверстия в линию (см. эскиз).

1. Сверлить до $D=18,5$ мм в 3-х деталях напроход (II поз.).

2. Зенкеровать до $D=19,7^{+0,15}$ в 2-х деталях (III поз.).

3. Развернуть до $D=20^{+0,033}$ мм в 2-х деталях напроход (IV поз.).

Станок – вертикально-сверлильный мод. 2С135 для специальных наладок с 6-шпиндельной головкой. Передаточное отношение для шпинделей, несущих сверла и зенкера, $-1,25$, несущих развертки $-0,75$.

Приспособление – 4-позиционный поворотный стол на две детали в каждой позиции (I поз. – загрузочная).

Инструмент – 1) сверло Р6М5 с нормальной заточкой, $D=18,5$ мм – 2 шт.; 2) зенкер Р6М5, $D=19,7$ мм – 2 шт.; 3) развертка Р6М5, $D=20$ мм – 2 шт.

Расчет режимов резания и машинного времени

Режимы резания выбираются по справочнику [50]. Расчет осуществляется в 6 этапов.

I этап – определение длины рабочего хода головки.

Величина рабочего хода головки назначается исходя из длины $L_{р.х.}$, рассчитанной для отдельных инструментов [50, табл. 8]:

$$L_{р.х.} = L_{рез.} + y + L_{доп.}$$

Длина резания, как видно из эскиза, является общей для всех инструментов $L_{рез} = 17 + 20 = 37$ мм. Общей для всех инструментов является и дополнительная длина ($L_{доп} = 55$ мм) холостого хода инструментов, вызванного особенностью конфигурации детали. Длина подвода, врезания и перебега для сверл, зенкеров и разверток различна и в соответствии с [50, с. 303] равна: для сверл – 8 мм; для зенкеров – 4 мм и для разверток – 17 мм. Таким образом, $L_{р.х.}$ имеет максимальное значение (109 мм) при развертывании отверстий. Это значение и принимаем в качестве $L_{р.х.}$ головки.

II этап – назначение подачи.

1. Определяем нормативные значения подачи:

для сверл $S_{0\text{ норм}} = 0,5$ мм/об [50, карта С-2, с. 112];

для зенкеров $S_{0\text{ норм}} = 0,6$ мм/об [50, карта С-2, с. 112];

для разверток $S_{0\text{ норм}} = 1,2$ мм/об [50, карта С-2, с. 112].

2. Определяем расчетные значения подачи головки за оборот шпинделя станка:

$$S_{o.шп} = S_0 \cdot i. \quad (2.11.10)$$

Таким образом, значение $S_{0.шп. норм}$, рассчитанное:

по сверлам $S_{0.шп. норм} = 0,5 \times 1,25 = 0,625$ мм/об;

по зенкерам $S_{0.шп. норм} = 0,6 \times 1,25 = 0,75$ мм/об;

по разверткам $S_{0.шп. норм} = 1,2 \times 0,75 = 0,9$ мм/об.

Уточняем по паспорту станка подачу, выбирая такую, которая не превышает все три подачи ($S_{o.шп.прин} = 0,57$ мм/об).

Согласно $S_{o.шп.прин}$ рассчитываем подачи на оборот

$S_{o.прин} = \frac{S_{o.шп.прин}}{i}$ для различных инструментов:

для сверл и зенкеров $S_{o.прин} = \frac{0,57}{1,25} = 0,45$ мм/об;

для разверток $S_{o.прин} = \frac{0,57}{0,75} = 0,76$ мм/об.

III этап – определение периода стойкости инструментов наладки

Период стойкости T_p в минутах времени резания согласно [50] равен $T_m \cdot \lambda$. Для данного примера $\lambda = \frac{L_{рез}}{L_{р.х.}} = \frac{37}{118} = 0,31$, а

$T_p = 170$ мин. Следовательно, $T_p = 170 \cdot 0,31 = 52,7$ мин.

По этой стойкости и рассчитываются скорости резания при сверлении и зенкерования. При развертывании скорость резания выбирается исходя из технологических факторов.

IV этап – расчет скоростей резания, чисел оборотов инструментов и минутной подачи головки.

Рекомендуемые нормативами [50, 51] значения скорости резания: для сверл (карта С-4, с. 110):

$$V_{\text{нормат.}} = 17 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 1,0 = 19,6 \text{ м/мин;}$$

для зенкеров (карта С-4, с. 120)

$$V_{\text{нормат.}} = 37 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 1,0 = 42,6 \text{ м/мин;}$$

для разверток (карта С-4, с. 124) $V_{\text{нормат.}} = 12 \text{ м/мин.}$

Соответствующие этим значениям скоростей резания числа оборотов инструментов равны: для сверл – 337 об/мин; для зенкеров – 689 об/мин; для разверток – 191 об/мин.

Минутная подача головки ($S_{\text{мин}} = S_0 \cdot n$), соответствующая рассчитанным числам оборотов, равна: по сверлам $S_{\text{мин. нормат.}} = 0,45 \times 0,45 \times 337 = 152 \text{ мм/мин}$; по зенкерам $S_{\text{мин. нормат.}} = 0,45 \times 689 = 310 \text{ мм/мин}$; по разверткам $S_{\text{мин. нормат.}} = 0,76 \times 191 = 145 \text{ мм в минуту.}$

Наименьшему значению минутной подачи $S_m = 145 \text{ мм/мин}$ соответствует число оборотов шпинделя станка

$$n_{ш} = \frac{S_m}{S_{\text{о.ш.}}} = \frac{145}{0,57} = 254 \text{ об/мин.}$$

Принимаем ближайшее по паспорту станка число оборотов шпинделя станка $n_{ш} = 240 \text{ об/мин.}$

Таким образом установлено число оборотов шпинделя станка и определена подача за оборот шпинделя станка $S_{\text{о.ш.}} = 0,57$ мм/об. На основании этих результатов расчета уточняем значения чисел оборотов инструментальных шпинделей, скорости резания и минутные подачи. Число оборотов инструментальных шпинделей ($n_{\text{прин.}} = n_{\text{шп.прин.}} \cdot i$) для сверл $n = 240 \cdot 1,25 = 300$ об/мин; для зенкеров $n = 240 \cdot 1,25 = 300$ об/мин; для разверток $n = 240 \cdot 0,75 = 180$ об/мин. Соответственно этим числам оборотов скорости резания равны: для сверл 17,4 м/мин; для зенкеров 18,6 м/мин; для разверток 11,3 м/мин.

Значение минутной подачи головки $S_{\text{мин.ш}} = S_{\text{о.ш.}} \cdot n_{\text{ш}} = 0,57 \cdot 240 = 136,8$ мм/мин.

V этап – определение машинного времени.

$$T_0 = \frac{L_{\text{р.к.}}}{S_{\text{м}}} = \frac{109}{136,8} = 0,80 \text{ мин.}$$

Так как за 0,80 мин на каждой позиции обрабатывается по 2 детали, машинное время на одну деталь равно $0,80/2 = 0,4$ мин.

VI этап – проверочные расчеты по осевой силе и мощности станка.

Значение осевой силы резания для одного сверла $P_0 = 600 \cdot 0,9 = 540$ кг ([50, карта С-5, с. 124]). Значение осевой силы для одного зенкера $P_0 = 24 \cdot 0,9 = 21,6$ кг ([50, карта С-5, с. 125]).

С учетом того, что в работе одновременно находятся 2 сверла и 2 зенкера, $\sum P_0 = 1123$ кг. Это меньше силы резания, допускаемой станком ($P_{\text{о доп.}} = 1600$ кг).

Мощность резания для одного сверла $N_{\text{рез.}} = 1,3$ кВт (карта С-6, с. 127), для одного зенкера $N_{\text{рез.}} = 0,15$ кВт (карта С-6, с. 127). Для 2-х одновременно работающих сверл (2 шт.) и зенкеров (2 шт.) суммарная мощность резания составит $\sum N_{\text{рез.}} = 2,9$ кВт. Следовательно, мощность привода станка, $N_3 = 4,5 \cdot 0,81 = 3,65$ кВт, достаточна для выполнения рассматриваемой операции.

Развертки ввиду незначительного расхода мощности не учитываются. Основные результаты расчетов сведены в табл. 2.11.3.

Таблица 2.11.3

№ инструмента																			
1	18,5	1,25	37	8	55	100	0,5	0,625	0,45	-	52,7	19,6	337	152	300	17,4	540×	1,3×	
2	19,7	1,25	37	4	55	96	0,6	0,75	0,45	247	52,7	42,6	689	310	300	18,6	21,6×	0,15×	
3	20	0,75	37	17	55	109	1,2	0,9	0,75	1121	-	12	191	145	180	11,3	-	-	
															ИТОГО				
																1123			2,9

Порядок выполнения работы

1. Для указанной в табл. 2.11.4 или 2.11.5 преподавателем операции одноинструментной обработки на токарном или фрезерном станке подобрать с помощью справочника [50, 51] режимы резания и определить с помощью справочников [37 – 39, 60] норму штучного времени.

2. С помощью лаборанта произвести хронометраж рассматриваемой операции, определить $T_{в. хр.}$ и рассчитать норму штучного времени.

3. Для выбранной преподавателем среди задач 1-3 или в табл. 2.11.5 операции многоинструментной обработки при точении, сверлении или фрезеровании определить с помощью справочника [50, 51] режимы резания и величину основного времени.

4. Составить и оформить отчет по работе.

Содержание отчета

1. Название работы.

2. Информация о нормировании одноинструментной обработки.

2.1. Содержание задания в виде части табл. 2.11.4 или 2.11.5.

2.2. Расчет режимов резания по форме и в последовательности, приведенным в [50, 51].

2.3. Сводная таблица расчетов режимов резания по форме, приведенной в [17, табл. 2.23, с. 82].

2.4. Расчет составляющих штучного времени.

2.5. Сводная таблица нормы времени на операцию по форме, приведенной в [17, табл. 2.4, с. 84].

3. Информация о хронометрировании операции.

3.1. Карта хронометража с указанием содержания переходов и результатов замеров текущего времени по переходам и их длительности.

3.2. Обработка результатов.

3.3. Расчет уточненных $T_{в. хр.}$ и $T_{шт. хр.}$.

4. Информация о нормировании многоинструментной обработки.

4.1. Содержание задания в виде одной из табл. 2.11.6, 2.11.7, 2.11.8 или их части, или выдержки из табл. 2.11.5.

4.2. Сводные таблицы исходных данных и результатов расчетов режимов резания по форме табл. 2.11.1 и 2.11.3 в зависимости от задания, а также табл. 2.23, с. 82 [17].

Таблица 2.11.4

Варианты для определения технической нормы времени при одноинструментной обработке

№ пп	Эскиз обрабатываемой детали	№ обр. поверх.	Режущий инструмент	Модель станка	Материал детали	Размер детали, мм				
						d ₁	d ₂	d ₃	l	L
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		1	Резец проходной 2100-0059 Т15К6 ГОСТ 18878-73 Н × В=25 × 16 мм	16К20	Сталь 45	35 8	25 8	20	50	100
2						30 8	20 8	15	60	110
3					СЧ15	35 8	25 8	20	65	104
4						30 8	20 8	15	50	100
5					КЧ35-10	35 8	25 8	20	60	110
6						30 8	20 8	15	55	105
7					Сталь 45	35 8	25 8	20	50	100
8						30 8	20 8	15	60	110
9					СЧ15	35 8	25 8	20	65	115
10						30 8	20 8	15	60	100
11					КЧ35-10	35 8	25 8	20	55	110
12						30 8	20 8	15	45	105
13		3	Резец проходной упорный 2100-0057 Т15К6 ГОСТ 18879-73 Н × В=20 × 20 мм	16К20	Сталь 45	35 8	25 8	20	60	115
14						30 8	20 8	15	55	105
15		3	Резец проходной упорный 2101-0057 Т15К6 ГОСТ 18879-73 Н × В = 25 × 16 мм	16К20	СЧ15	35 9	25 9	20	50	100
16						30 9	20 9	15	55	110
17		КЧ35-10	35 9	25 9	20	60	120			
18			30 9	20 9	15	50	100			
19		Сталь 45	35 9	25 9	20	45	90			

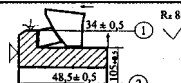
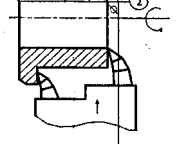
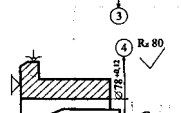
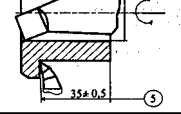
					30 9	20 9	15
				КЧ35-10	35 9	25 9	20
					30 9	20 9	15
2	Резец прорезной 2120-0515 ГОСТ 18874-73, Н × В = 16 × 16 мм			Сталь 45	35 9	25 9	20
					30 9	20 9	15
				СЧ15	35 9	25 9	20
					30 9	20 9	15
				КЧ35-10	35 9	25 9	20
					30 9	20 9	15
3	Резец проходной упорный 2101-0055 Т15К6 ГОСТ 18879-73, Н × В = 20 × 20 мм	1341		Сталь 45	35 9	25 9	20
					30 9	20 9	15
				СЧ15	35 9	25 9	20
					30 9	20 9	15
				КЧ35-10	35 9	25 9	20
					30 9	20 9	15

Т а б л и ц а

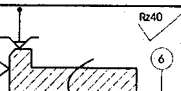
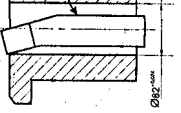
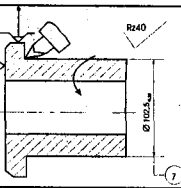
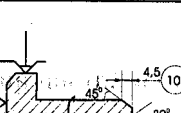
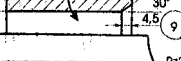

Эскиз обрабатываемой детали	№ обрабаты- тыв. поверх.	Режущий инструмент	Модель станка
	1 (3)	Фреза цилиндрическая 2200-0203 ГОСТ 3752-71, D × d × В × Z = 100 × 40 × 80 × 12, P9K10	6Н80Г
	2	Фреза дисковая 3-сторонняя 2241-0010 Т15К6 ГОСТ 5348-69, D × d × В × Z = 125 × 40 × 16 × 10	6Н80Г
	4	Фреза дисковая 2-сторонняя 2245-0007 Т15К6 ГОСТ 6469-69 D × d × В × Z = 125 × 40 × 20 × 10	6Н80Г
	2	Фреза дисковая пазовая 2250-0014 ПШ ГОСТ 3964-69 D × d × В × Z = 100 × 16 × 32 × 20, P6M5	6Н80Г
	4	Фреза концевая 2223-0296 ГОСТ 17026-71, D × L × Z = 20 × 120 × 5, P6M5	6Н80Г
	5	Фреза торцовая 2214-0003 60° – Т15К6 ГОСТ 8529-69	6Н80Г

штативка – штативка, группа точности II, ГОСТ 7505-74, сталь 40X, 156...207 НВ.
 – 6-шпиндельный токарный горизонтальный полуавтомат мод. 12651М-6.
 Описание операции, режущий инструмент – см. табл. 2.11.6.

Табл.

Описание операции	Эскиз обработки	Наименование и материал режущего инструмента	φ	
2	3	4	5	
Операция 1 Числовая обработка		Резец подрезной 2112-0061 Т15К6 ГОСТ 18880-73 Н × В = 25 × 20 (2 шт.)	10	
Операция 2 Числовая обработка Числовой суппорт Обработать торец ступицы, оставив размер 2, и фланца, выдержав размер 1		Резец проходной 2100-0031 Т15К6 ГОСТ 188878-73 Н × В = 25 × 20	45	
Операция 3 Числовой суппорт Обработать поверхность 3		Резец подрезной 2112-0061 Т15К6 ГОСТ 18880-73 Н × В = 25 × 20	10	
Операция 3 Числовой суппорт Обработать торец фланца, оставив размер 5		Резец расточной 2140-0027 Т15К6 ГОСТ 18882-73 Н × В = 20 × 20 × 50 мм		

Окончание табл.

2	3	4	5	6
Операция 4 Числовой суппорт Обработать отг. 4 оставив размер 4		Резец расточной 2140-0027 Т15К6 ГОСТ 18882-73 Н × В = 20 × 20 × 50 мм	60	10
Операция 4 Числовой суппорт Обработать отг. 6 напроход				
Операция 5 Числовой суппорт Обработать поверхность 7, оставив размер р-р 5		Резец проходной 2100-0031 Т15К6 ГОСТ 18878-73 Н × В = 25 × 20 мм	45	10
Операция 6 Числовой суппорт Обработать отг. 8 на про- тоочить фаску 9		Резец расточной 2142-0648 ГОСТ 10044-73 Р9К10 Н × В = 8 × 8	60	0
Числовой суппорт Обработать фаску 10		Резец фасочный Р9К10	30	0
		Резец фасочный 2136-0712 ГОСТ 18875-73	45	0

к – вертикально-сверлильный для специальных наладок с 5-шпindelной голов

оспособление: 1. Стол поворотный 3-позиционный.

способление установочное спец. (3 шт.).

вание операции, режущий инструмент – см. табл. 2.11.7.

Т а б л и ц а

Содержание перехода	Эскиз обработки	Наименование и материал режущего инструмента	d, мм
2	3	4	5
операция 1 вращательная операция 2 пройти отв. 1 напроход пройти отв. 2 напроход		Сверло 2301-0085 ГОСТ 10903-77, P6M5	24,5
пройти отв. 3 напроход		Сверло 2301-0028 ГОСТ 10903-77, P6M5	10
		Сверло 2301-0034 ГОСТ 10903-77, P6M5	11

Окончание табл.

2	3	4	5
операция 3 вращательная пройти отв. 1 напроход		Развертка 2363-3474 ГОСТ 1672-80, P18 $D \times L \times Z = 25 \times 268 \times 8$ $\phi = 45^\circ$	25
обработать отв. 2 напроход		Зенкер 2320-003 № 1 P9K10 ГОСТ 12489-71 $D \times L \times Z = 12 \times 170 \times 3$ $\phi = 60^\circ$	12

нужно рассчитать режимы резания для всех переходов и определить норму основного времени на операцию.

Задача 3

Исходные данные

Деталь – полуось (дет. № 50Х-2412057).

Заготовка – штамповка, группа точности I, ГОСТ 7505-74, сталь 35ХГС, 170...241 НВ.

Станок – токарно-многолезцовый п/а мод. 1Н713.

Содержание операции, режущий инструмент – см. табл. 2.11.8.

Таблица 2.11.8

№ пп	Содержание пере-хода	Эскиз обработки	Наименование и материал режу-щего инструмента	φ°	γ°	t, мм
1	Передний суппорт Обточить за 2 прохода поверх-ность 1 оконча-тельно и за 1 проход поверх-ность 7 предвари-тельно		Резец проходной 2100-0073 Т15К6 ГОСТ 18878-73	45	0	3
			Резец проходной 2100-0073 Т15К6 ГОСТ 18878-73	45	0	1
			Резец проходной 2100-0073 Т15К6 ГОСТ 18878-73	45	0	3
2	Задний суппорт Подрезать предва-рительно торец 5, выдержав р-р 9 и торцы 4 и 3, вы-держав размеры 6, 2 и 8		Резец подрезной 2112-0061 Т15К6 ГОСТ 18880-73	10	0	3
			Резец подрезной 2112-0067 Т15К6 ГОСТ 18880-73	10	0	2
			Резец подрезной 2112-0062 Т15К6 ГОСТ 18880-73	10	0	3

Требуется рассчитать режимы резания и определить норму основного (машинного) времени на операцию.

Контрольные вопросы

1. Что понимается под техническим нормированием станочных работ?
2. Из чего складывается норма штучного времени в условиях крупносерийного и массового производства и норма штучно-калькуляционного времени в условиях серийного и единичного производства?
3. Какова общая последовательность выбора режимов резания?
4. Каковы особенности выбора режимов резания при многоинструментной обработке? Что понимается под лимитирующим инструментом и как его выбрать?
5. Как должны быть согласованы выбранные режимы резания при многоинструментной обработке точением? То же при сверлении?
6. Как определить основное время при одно- и при многоинструментной обработке?
7. На что затрачиваются и как определяются остальные слагаемые штучного и штучно-калькуляционного времени?
8. Как производится выбор подачи стойкости инструмента и скорости резания при одно- и при многоинструментной обработке?
9. Как производится проверка выбранного режима по мощности резания?
10. Что такое хронометраж, для чего он предназначен и как производится?

Работа 2.12

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОГО ЧИСЛА СТАНКОВ ДЛЯ МНОГОСТАНОЧНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ОДНИМ РАБОЧИМ И ПОСТРОЕНИЕ ЦИКЛОГРАММЫ МНОГОСТАНОЧНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Цель работы – приобретение практических навыков определения допустимого числа станков для многостаночного обслуживания одним рабочим и построение циклограммы многостаночного обслуживания.

Работа рассчитана на два академических часа.

Основные положения

При определении потребности в рабочих необходимо выявить возможность перевода рабочих на многостаночное обслуживание.

Общее количество рабочих-станочников на две смены определяется в два приема. Сначала (для любого типа производства) определяется максимальное количество рабочих исходя из условия выработки каждым из них Φ_p нормо-часов в год.

$$R_{\max} = \sum T_{\text{шт(шт-к)}} \cdot N_r / (60 \cdot \Phi_p),$$

где $T_{\text{шт(шт-к)}}$ – штучное (штучно-калькуляционное) время выполнения операции, мин;

N_r – годовой объем выпуска детали, шт.;

Φ_p – эффективный годовой фонд времени работы рабочего, нормо-час.

Если это количество рабочих может оказаться меньше принятого числа станков на участке $2 \cdot \sum m_{\text{пр}}$ (с учетом работы станков в 2 смены), то это указывает на необходимость организации многостаночного обслуживания (характерно для массового производства).

В серийном производстве при невысоком коэффициенте загрузки станков одной деталью, для изготовления которой проектируется технологический процесс, низкое значение R_{\max} характеризует не количество реальных рабочих, занятых на участке, а число полных ставок заработной платы, необходимых для изготовления деталей одного наименования в объеме их годового выпуска [19].

Норма времени на операцию при многостаночной работе состоит из тех же слагаемых, что и при работе на одном станке, но в данном случае под основным (технологическим) временем понимается машинно-автоматическое время $T_{\text{м.а}}$. Как и прежде, вспомогательное время может быть перекрывающееся $T_{\text{в.п}}$ и неперекрывающееся $T_{\text{в.н}}$.

Под $T_{\text{в.п}}$ понимается вспомогательное время, перекрываемое машинным временем на одном станке, а под $T_{\text{в.н}}$ – вспомогательное время, которое не перекрывается машинным временем на одном станке.

Во вспомогательное время кроме вышеуказанных затрат входят еще затраты времени на переход от станка к станку и на взятие пробных стружек (если это требуется).

Время на техническое и организационное обслуживание рабочего места, а также время на физические потребности составляют дополнительную затрату времени T_d , т. е.

$$T_d = T_{г.об} + T_{о.об} + T_{ф}.$$

Дополнительная затрата времени не входит в длительность цикла и рассчитывается отдельно.

Основным фактором, обеспечивающим возможность многостаночного обслуживания при механической обработке, является превышение времени машинно-автоматической работы над временем ручной работы. Чем больше это соотношение, тем больше количество станков может обслуживать один рабочий, т. е.

$$T_{м.а} > T_{в.н.} + T_{в.п.} + T_{пер}.$$

Циклом многостаночной работы называется период времени, в течение которого регулярно выполняются одни и те же повторяющиеся работы на всех обслуживаемых рабочим станках.

Длительность цикла при многостаночном обслуживании равна сумме машинно-автоматического времени и вспомогательного неперекрывающегося:

$$T_{ц} = T_{м.а} + T_{в.н.}$$

При этом слагаемые $T_{в.п.}$ и время на переход от станка к станку $T_{пер}$ перекрываются машинно-автоматическим временем.

Машинно-автоматическое время $T_{м.а}$ каждого из обслуживаемых станков при выполнении на них одной и той же операции (работа на станках-дублерах) будет полностью использовано в том случае, когда оно перекроет вспомогательное неперекрывающееся $T_{в.н.}$ время всех станков, кроме одного, вспомогательное перекрывающееся время $T_{в.п.}$ и время на переходы рабочего по всем обслуживаемым станкам $T_{пер}$:

$$T_{м.а} = T_{в.н.} (n - 1) + (T_{в.п.} + T_{пер}) \cdot n, \text{ мин,}$$

где n – количество станков, обслуживаемых одним рабочим.

Отсюда нормативное количество станков, обслуживаемых одним рабочим, можно определить как

$$n = \frac{T_{м.а.} + T_{в.н.}}{T_{в.н.} + T_{в.п.} + T_{пер.}}$$

Расчетное количество станков округляется до ближайшего меньшего числа. Если станки разные или одинаковые, но выполняют разные операции, то для расчета надо принимать значение $T_{м.а.}$ того станка, у которого оно меньше.

Норма выработки в смену при многостаночной работе определяется количеством деталей, обрабатываемых на каждом из обслуживаемых станков в отдельности, или суммарной нормой выработки для всех станков.

В том случае когда на всех станках выполняется одна и та же операция, норма выработки равна количеству циклов одновременной работы обслуживаемых за смену или час.

Если станочник сам не настраивает станки, норму выработки за смену в штуках $N'_{см}$ можно определить по формуле

$$N'_{см} = n_{пр} (T_{см} - T_{д}) / T_{ц}, \text{ шт.},$$

где $T_{ц}$ — длительность цикла, мин;

$T_{д}$ — дополнительная затрата времени, мин:

$$T_{д} = T_{штг} (\text{штг.-к.}) - T_{м.а.} - T_{в.н.};$$

$T_{см}$ — продолжительность рабочей смены, $T_{см} = 480$ мин.

Если же станочник сам настраивает станки, то норма выработки за смену $N''_{см}$ выражается так:

$$N''_{см} = n_{пр} [T_{см} - (T_{д} + T_{п.з.})] / T_{ц}, \text{ шт.},$$

где $T_{п.з.}$ — подготовительно-заключительное время, приходящееся на 1 деталь.

Построение циклограммы многостаночной работы (при полном использовании $T_{м.а.}$) ясно из приведенного далее рисунка и не нуждается в пояснениях (рис. 2.12.1).

Если на основании построенной циклограммы окажется возможным обслуживание одним рабочим нескольких станков, то число рабочих-станочников для рассматриваемой группы оборудования (операций) будет меньше числа единиц принятого оборудования $\sum m_{пр.i}$ и

$$M = \sum m_{пр.i} / R_1,$$

где R_1 – численность рабочих-станочников на участке в одной смене.

Полученное значение M используется также для расчета фонда заработной платы.

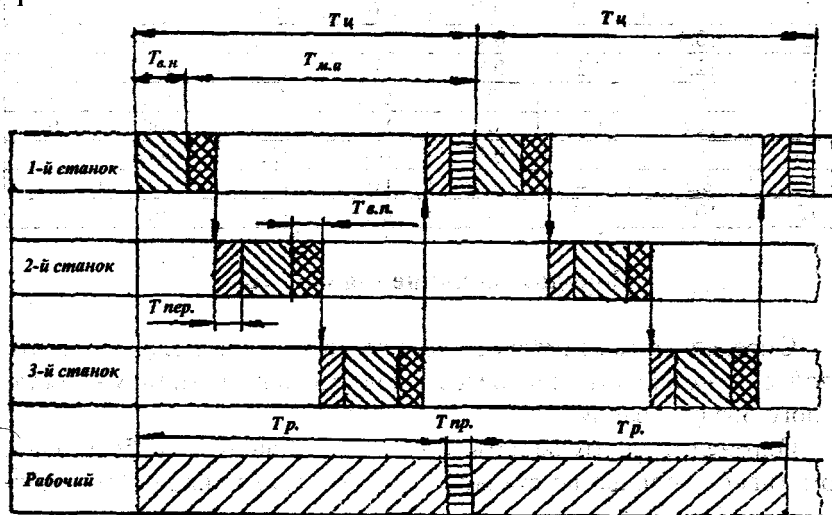


Рис. 2.12.1. Циклограмма многостаночного обслуживания:
 $T_{ц}$ – время цикла; $T_{в.н.}$ – вспомогательное неперекрываемое время;
 $T_{м.а}$ – машинно-автоматическое время; $T_{пер.}$ – время перехода рабочего
от станка к станку; $T_{в.п.}$ – вспомогательное перекрываемое время;
 $T_{пр.}$ – время простоя рабочего; T_p – время занятости рабочего

Методические указания

Для выполнения работы студентам выдается задание по одному из вариантов, приведенных в таблице.

На основании исходных данных требуется рассчитать величины R_{\max} , $T_{\text{ц}}$, n , $N'_{\text{см}}$. Далее необходимо построить циклограмму многостаночной работы и определить коэффициент M .

В а р и а н т ы з а д а н и й

№ варианта	$T_{\text{м.а.}}$, мин	$T_{\text{в.н.}}$, мин	$T_{\text{в.п.}}$, мин	$T_{\text{пер.}}$, мин	$T_{\text{шт.}}$, мин	N_r , тыс.штук	$\Sigma t_{\text{пр.}}$
1	5,7	0,83	0,2	0,05	7,6	200	8
2	14,1	2,1	0,6	0,1	18,8	50	6
3	6,1	0,79	0,33	0,05	8,0	100	4
4	8,9	1,3	0,25	0,1	11,8	150	9
5	4,7	0,59	0,21	0,05	6,1	300	9
6	10,3	1,7	0,41	0,1	13,9	100	7
7	12,5	2,2	0,35	0,05	17,1	60	5
8	7,1	1,1	0,3	0,1	9,5	160	8
9	12,4	1,8	0,5	0,05	16,5	100	9
10	9,6	1,5	0,37	0,1	12,9	200	13
11	8,2	1,4	0,22	0,05	11,1	150	9
12	10,7	1,75	0,1	0,1	14,5	50	4

Порядок выполнения работы

1. Определить максимальное количество рабочих R_{\max} и сделать вывод о возможности или невозможности организации многостаночного обслуживания.
2. Определить длительность цикла многостаночной работы « $T_{\text{ц}}$ », нормативное количество станков « n », обслуживаемых одним рабочим, и норму выработки за смену « $N'_{\text{см}}$ ».
3. Построить циклограмму многостаночной работы.
4. Определить коэффициент M .
5. Составить отчет.

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Содержание варианта задания.
4. Сводная таблица результатов расчета.

5. Циклограмма многостаночной работы.
6. Анализ результатов.
7. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Как определить максимальное количество рабочих R_{max} ?
2. В каком случае возможна организация многостаночного обслуживания?
3. Как определить длительность цикла многостаночной работы $T_{\text{ц}}$?
4. Как определить нормативное количество станков, обслуживаемых одним рабочим?
5. Как определить норму выработки за смену n ?
6. В какой последовательности необходимо строить циклограмму многостаночной работы?
7. Как определить коэффициент M ?

Работа 2.13

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Цель работы – приобретение практических навыков анализа рабочих и технологических процессов механической обработки деталей машин и разработки рекомендаций по их совершенствованию.

Работа рассчитана на четыре академических часа.

Основные положения

Для оценки соответствия рабочего технологического процесса механической обработки детали уровню научно-технического прогресса в машиностроении необходимо подвергнуть данный процесс подробному разбору, результаты которого будут служить предпосылкой для разработки рекомендаций по его совершенствованию.

Анализ производится с точки зрения обеспечения заданного качества изделия и производительности обработки. Он базируется на оценке количественных и качественных показателей как отдельных технологических операций, так и процесса в целом. Оценка качест-

венных показателей производится путем логических рассуждений. Значения количественных показателей определяются в результате технико-экономических расчетов (например, производительность, себестоимость) или по данным технологической документации (точность, шероховатость поверхностей). Содержание и степень углубленности анализа зависят от конструкции изделия и служебного назначения детали [10].

В общем случае при анализе технологического процесса рассматриваются вопросы:

обоснованность принятой последовательности обработки детали; метод получения заготовки; станочное оборудование и рациональность его использования; автоматизация технологических операций и процесса в целом; базирование заготовок при обработке и определение погрешностей базирования;

оснащение технологического процесса (установочно-зажимные приспособления, режущие и вспомогательные инструменты, средства технологического контроля).

В результате анализа должны быть сформулированы конкретные мероприятия по устранению имеющихся недостатков при разработке нового варианта технологического процесса [47].

Методические указания

В связи с тем, что сведения об элементах технологического процесса рассредоточены по отдельным маршрутным и операционным картам, для удобства рассмотрения их необходимо свести в соответствующие таблицы по объектам анализа.

При рассмотрении технологического процесса, заполнении таблиц и оценке их содержания применительно к данному типу и условиям производства можно руководствоваться следующим.

Общая последовательность обработки оценивается на основании изучения технологического процесса по маршрутным и операционным картам. При этом заполняется табл. 2.13.2. Сведения, содержащиеся в табл. 2.13.2, позволяют проследить динамику изменения размеров и других показателей качества заготовки по мере ее прохождения по операциям технологического процесса. При большом количестве выдерживаемых параметров в таблицу следует заносить

лишь основные из них – в первую очередь те, от которых зависит нормальная работа детали в механизме. Целесообразно вычертить отдельный эскиз детали с указанием только этих параметров.

Оценку метода получения заготовки рекомендуется выполнять по методике, изложенной в учебном пособии [19]. Результаты оценки следует занести в табл. 2.13.3. Особое внимание нужно обратить на экономное использование материала заготовки. Метод получения заготовки должен обеспечивать построение безотходного или малоотходного технологического процесса при его минимальной себестоимости.

При анализе сведений о станочном оборудовании прежде всего необходимо оценить технологические возможности этих станков по обработке деталей заданной формы и размеров и обеспечение требуемой точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей (табл. 2.13.4). Эти сведения берутся из технических характеристик станков и из справочных таблиц экономической точности и шероховатости обработки на металлорежущих станках и затем сопоставляются с соответствующими параметрами объекта производства. Если на рассматриваемых операциях используются станки слишком больших размеров и мощности по сравнению с требуемыми, то их следует заменить на меньшие. Соответствующие выводы должны быть сделаны при сопоставлении требуемой точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей с технологическими возможностями используемых станков.

Далее оценивается возраст, стоимость и сложность применяемого оборудования (табл. 2.13.5). При этом нужно установить, не устарел ли тот или иной станок физически или морально и продолжается ли его выпуск промышленностью. Если станок снят с производства, то следует дать предложение по его замене на станок более совершенный. При физическом износе оборудования его нужно заменить новым той же модели. Стоимость станка следует принимать по прейскуранту, с учетом изменения оптовых цен с 01.01.1982 г. О степени сложности оборудования можно судить по категориям его ремонтной сложности, значения которых приводятся в технических характеристиках.

Производительность обработки и загрузка оборудования оцениваются по трудоемкости, количеству станков, занятых на каждой операции, и коэффициенту их загрузки (табл. 2.13.5). Штучное время, необходимое для выполнения операции на данном станке, бе-

рется из технологической карты, а при ее отсутствии определяется по укрупненным нормативам. Наличие нескольких станков на одной операции свидетельствует о их недостаточной производительности. В этом случае необходимо рассмотреть вопрос о мерах по увеличению производительности обработки. Коэффициент загрузки станка определяется делением штучного времени на такт выпуска детали с учетом количества занятых на операции станков. При его существенном отличии от нормативного, установленного для данного типа производства, нужно предложить мероприятия по улучшению загрузки станка или замене его на другой.

О степени концентрации или дифференциации обработки можно судить по количеству рабочих позиций на станке; количеству деталей, обрабатываемых в каждой позиции параллельно, последовательно или параллельно-последовательно, количеству режущих инструментов, установленных на станке, применению комбинированных, профильных и других сложных режущих инструментов, количеству многошпиндельных головок, производящих обработку детали одновременно с нескольких сторон.

При анализе этих данных (табл. 2.13.6) следует рассмотреть возможность повышения степени концентрации обработки или, наоборот, расчленения ее по позициям и станкам с целью увеличения производительности, а также увеличения точности обработки. Сведения, необходимые для заполнения табл. 2.13.6, берутся из технологических карт.

Автоматизация технологических операций и процесса осуществляется с целью повышения производительности труда, сокращения числа рабочих, снижения себестоимости и повышения качества изделий.

Категории автоматизации технологических процессов характеризуют его по степени замены ручного труда машинным. Категория автоматизации определяется по значению основного показателя уровня автоматизации: см. табл. 2.13.1.

$$d = \frac{T_{\text{м}}}{T_{\text{шт}}},$$

где $T_{\text{м}}$ и $T_{\text{шт}}$ – машинное и штучное время на операцию соответственно. При этом заполняется по данным технологического процесса табл. 2.13.7.

Категории автоматизации

Номер	Категория Наименование	Показатель	
		Свыше	До
0	Нулевая	0,0	
1	Низшая	0,01	0,25
2	Малая	0,25	0,45
3	Средняя	0,45	0,6
4	Большая	0,6	0,75
5	Повышенная	0,75	0,9
6	Высокая	0,9	0,99
7	Полная	0,99	1,00

В табл. 2.13.7 дается характеристика управления станком (вручную, автоматически, по программе ЧПУ, от ЭВМ и др.), способы загрузки заготовок на станок, снятия их со станка после обработки или с транспортного устройства (вручную, электротельфером, краном, автоматически из бункера или накопителя, при помощи автоматической руки, работающей по жесткой программе, при помощи робота-манипулятора, работающего по программе или управляемого от ЭВМ). Загрузка заготовок может осуществляться периодически или непрерывно.

В качестве межоперационного транспорта могут использоваться склизы, скаты, рольганги, напольные или подвесные конвейеры, в том числе с автоматическим адресованием грузов. После определения категории автоматизации по операциям рассчитывается средняя категория автоматизации технологического процесса в целом.

Для анализа схем базирования заготовок при обработке и возникающих при этом погрешностей базирования составляется табл. 2.13.8, для чего необходимо выявить поверхности, являющиеся технологическими базами, установить их виды по лишаемым степеням свободы в соответствии с ГОСТ 21495-76. Следует рассмотреть, соблюдаются ли основные принципы базирования – постоянство и совмещение баз. Если технологическая установочная база не совмещена с измерительной, то необходимо определить погрешность базирования и сравнить ее с допуском на выдержанный размер.

Погрешность базирования не должна превышать допустимые значения, т. е. ее доли в суммарной погрешности обработки. Если последнее условие не выполняется, то необходимо изменить схему установки детали или путем решения размерной цепи установить приемлемые допуски на звенья технологической размерной цепи.

Для оценки технологического оснащения процесса составляются табл. 2.13.9 – 2.13.12. При заполнении таблиц нужно руководствоваться следующим.

В соответствии с ГОСТ 14.305-73 все приспособления разделяются на неразборные специальные (НСП), универсально-наладочные (УНП), универсально-сборные (УСП), сборно-разборные (СРП), универсально-безналадочные (УБП) и специализированные наладочные (СНП).

Целесообразность применения того или иного приспособления при обработке данной детали может быть установлена по его загрузке и продолжительности периода производства изделия (см. прил. 1 к ГОСТ 14.305-73). Следует также оценить, оправдано ли применение данного вида привода (ручного, пневматического, гидравлического и др.) в рассматриваемых приспособлениях. Затраты времени на установку и снятие детали, ее закрепление и открепление позволяют судить о совершенстве приспособлений и их соответствии данному типу производства. Затраты времени определяются по нормативам [10].

При анализе режущих инструментов, применяемых в технологическом процессе, рассматривается вид инструмента по степени его специализации (стандартный, унифицированный, специальный), материал режущей части и другие данные по табл. 2.13.10.

Стойкость инструмента оценивается: при одноинструментной обработке по таблицам экономической стойкости инструментов, а при многоинструментной обработке по формуле

$$T_M = K \sum T_i,$$

где T_M – стойкость лимитирующего инструмента в мин машинного времени;

T_i – экономическая стойкость отдельного инструмента, мин;

K – коэффициент, зависящий от количества инструментов на станке.

Количество инструментов n	2	3	4	5	6	7	Более 7
К	0,7	0,64	0,55	0,52	0,48	0,44	3,1/n

Значения параметров режима резания берутся из операционных карт. Следует также предложить метод настройки инструмента на размер (партионный, по эталону, вне станка и др.).

Данные табл. 2.13.10 нужно сравнить с новейшими достижениями научно-технического прогресса в этой области и предложить целесообразные изменения.

При анализе вспомогательной оснастки (табл.2.13.11) время на установку в ней режущих инструментов или смену инструмента можно определить по нормативам [10]. Вспомогательный инструмент должен обеспечивать быструю и точную установку в нем режущего инструмента.

При анализе средств технического контроля – измерительных инструментов и приспособлений по табл. 2.13.12 следует иметь в виду, что инструменты, у которых отсчет результатов измерений производится по нониусу, шкале и др., неприемлемы для массового и крупносерийного производства, так как требуют специального оснащения и относительно больших затрат времени.

Погрешность измерения определяется по таблицам ГОСТ 8.051-81 или по методическим указаниям по внедрению этого стандарта.

Следует сопоставить погрешность измерения с допуском на выполняемый размер. Погрешность измерения не должна превышать 20-35 % значений допусков на размер. Время на одно измерение, характеризующее производительность контроля, принимается по нормативам [10].

Шероховатость поверхностей деталей на участке проверяется в основном по образцам ГОСТ 9378-75, которые имеют стандартизованные значения Ra 100; 50; 25; 12,5; 6,3; 3,2 и т. д. Эти значения Ra нужно проставлять на технологических эскизах.

Т а б л и ц а 2.13.2

Основные пооперационные и окончательные размеры детали

Наименование операции	Номинальные размеры и предельные отклонения детали на соответствующих переходах (операциях), мм							
	D ₁	D ₂	D ₃	и т. д.	L ₁	L ₂	L ₃	и т. д.
Заготовка токарная операция и т. д.								
Окончательные размеры и отклонения								

Т а б л и ц а 2.13.3

Оценка метода получения заготовки

Метод получения заготовки	Q _{заг.} , кг	Q _{дет.} , кг	K _{и.м}	Стоимость 1 кг.заг., руб.	Объем доп.полнит. мех. обраб., %
1. По технологич. процессу					
2. Предлагаемый метод					

Т а б л и ц а 2.13.4

Технологические характеристики применяемого оборудования

№ операции	Модель станка	Предельные или наибольшие размеры обрабатываемых заготовок, мм			Экономич. точность обработки (кавалитет)	Экономич. шероховатость обработанной поверхности Ra, мкм
		Диаметр (ширина)	Длина	Высота		

Т а б л и ц а 2.13.5

Характеристики возраста, стоимости, сложности
и производительности оборудования

Мо- дель станка	Год вы- пуска	Цена станка, руб.	Катего- рия рем. сложно- сти	К-во станков на опера- ции	Тш.т. (ш.к.), мин	Кэф- фици- ент за- грузки
-----------------------	------------------	-------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------	----------------------	------------------------------------

Т а б л и ц а 2.13.6

Характеристика концентрации обработки

Мо- дель стан- ка	К-во пози- ций, раб./загр.	К-во деталей на од- ной позиции	К-во инструм. головок на стан- ке	К-во инстру- ментов на стан- ке	Схема обработки		
					послед- доват.	парал- ельн.	парал.- послед- доват.

Т а б л и ц а 2.13.7

Характеристика механизации и автоматизации
технологического процесса

№ опера- ции	Модель станка	Управ- ление рабочим циклом	Способ загрузки заготовок	Вид меж- операцион- ного транс- порта	d	Катего- рия автوما- тизации
--------------------	------------------	--------------------------------------	---------------------------------	--	---	--------------------------------------

Т а б л и ц а 2.13.8

Базирование заготовок при обработке

№ и на- звание операции (перехода)	Выдержи- ваемые размеры, мм		Номера поверхностей – баз					
	Но- минал	До- пуск	Уста- новоч- ная	Направ- ляющая	Двойная направл.	Опор ная	Двойная опорная	ε _y , мм

Т а б л и ц а 2.13.9

Установочно-зжимные приспособления

№ операции	Название приспособления	Вид приспособления	Вид привода приспособл.	К-во приспособлений на станке	Время на установку и закрепление заготовки, мин

Т а б л и ц а 2.13.10

Режущие инструменты

№ операции	Название инструмента	Вид инстр. (станд.) спец.	Материал реж. части	Стойкость, мин	СОЖ	Режимы резания			Метод настройки на размер
						V	S	t	

Т а б л и ц а 2.13.11

Вспомогательные инструменты

№ операции	Наименование инструмента	Вид инструмента (спец. станд.)	Установка режущего инструмента во вспомогательный	
			Способ крепления режущ. инструмента	Время на смену одного режущего инструмента, мин

Т а б л и ц а 2.13.12

Средства технического контроля

№ операции	Наименование инструмента, прибора	Вид инструмента (универс. спец.)	Точность измерения, мм	Допуск на измеряемый размер, мм	Время на одно измерение, мин

Порядок выполнения работы

1. Получить комплект технологических документов для анализа.
2. Установить перечень характеристик технологического процесса, подлежащих анализу.
3. Вычертить таблицы для записи характеристик технологического процесса.
4. Заполнить таблицы по данным технологического процесса.
5. Провести анализ отдельных элементов технологического процесса.
6. Дать предложение по совершенствованию процессов.
7. Составить отчет.

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Содержание задания.
3. Эскиз детали с основными размерами и пронумерованными поверхностями.
4. Таблицы, характеризующие процесс.
5. Предложение по совершенствованию технологического процесса (по каждой таблице).

Контрольные вопросы

1. Как определяется коэффициент использования материала?
2. Объясните сущность понятия «объем дополнительной механической обработки заготовки».
3. Что вы понимаете под экономической точностью обработки и экономической шероховатостью?
4. Как определяется коэффициент загрузки станка и количество станков на выполняемой операции?
5. Чем отличаются последовательная, параллельная и параллельно-последовательная схемы обработки?
6. Как определяется основной показатель автоматизации операции?
7. Дайте характеристику технологическим базам: установочной, направляющей и опорной.
8. Как определяется погрешность базирования в данном случае?

9. Какие классификационные виды приспособлений вы знаете?
10. Каким образом выбирается вид приспособления?
11. Какие виды приводов для приспособлений вы знаете и какие значения давлений в МПа характерны для цилиндров гидравлических и пневматических приспособлений?
12. Назовите марки современных материалов для режущих инструментов и методы их упрочнения.
13. Как выбирается тип СОЖ для различных видов обработки?
14. Какие методы настройки инструментов на размер вы знаете?
15. Перечислите способы крепления инструментов на станке с использованием вспомогательных инструментов.
16. В каких условиях применяются предельные калибры?

Работа 2.14

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Цель работы – ознакомление с принципами проектирования маршрутных технологических процессов и практическое освоение правил оформления маршрутных карт, используемых при разработке технологических процессов механической обработки изделий.

Работа рассчитана на два академических часа.

Основные положения

Проектирование маршрута обработки изделия является сложной и ответственной задачей с большим количеством вариантов решений. При установлении общей последовательности обработки учитывается то, что в первую очередь обрабатываются поверхности, принятые за технологические базы и по которым во время дальнейшей обработки базируется деталь. Затем всю остальную обработку детали можно условно разделить на три стадии: черновую, чистовую и отделочную. В процессе черновой обработки удаляется основная часть припуска, при этом происходит нагрев детали, возникают различные погрешности, происходит перераспределение внутренних напряжений. Чередование черновой и чистовой обработки в таких условиях не обеспечит заданной точности изделия.

Вынесение чистовых и отделочных операций в конец маршрута обработки уменьшает риск случайного повреждения обработанных поверхностей в процессе обработки и транспортировки. Осуществление предварительной обработки поверхностей позволяет также уже на ранних стадиях обработки выявить возможные дефекты поверхностей детали из-за дефектов заготовки [67, 68].

После определения общего плана обработки следует наметить содержание операций и выбрать тип оборудования. При проектировании содержания операций необходимо стремиться к уменьшению их трудоемкости, к максимально возможной концентрации выполняемых переходов на одном рабочем месте. Выбор оборудования определяют условия производства, технологические возможности станков, их точность, производительность, возможность обработки данного вида детали и др. В зависимости от типа производства используются и различные модели станков. Для массового производства следует использовать автоматы, полуавтоматы, автоматические линии, агрегатные станки, а для серийного производства предпочтение следует отдавать станкам с ЧПУ, переналаживаемым линиям и т. д. Разрабатывая технологический процесс в условиях конкретного производства, следует в наибольшей степени использовать имеющееся в цехе или на участке оборудование.

Окончательный выбор маршрута технологического процесса осуществляется на стадии сравнения вариантов обработки по технико-экономическим показателям. Для окончательной разработки принимается тот технологический процесс, который при обязательном условии обеспечения требуемого качества изделия обеспечивает наименьшую себестоимость его обработки. В маршрутном технологическом процессе также следует предусматривать в случае необходимости контрольные, моечные, слесарные и др. операции [61].

Итоги работы по рассмотренным этапам проектирования заносят в технологическую маршрутную карту.

Маршрутная карта (МК) является составной и неотъемлемой частью комплекта технологической документации, разрабатываемой на технологические процессы изготовления или ремонта изделий и их составных частей. Формы МК устанавливаются ГОСТ 3.1118-82, являются унифицированными, и их следует применять независимо от типа и характера производства, а также степени детализации описания технологических процессов.

При маршрутном и маршрутно-операционном описании технологического процесса маршрутная карта является одним из основных документов, на котором описывается весь технологический процесс в технологической последовательности выполнения операций. При операционном описании технологического процесса маршрутная карта выполняет роль сводного документа, в котором указывается адрес информации (номер цеха, участка, рабочего места), наименование операции, перечень документов при выполнении операций, технологическое оборудование и трудозатраты.

Методические указания

В соответствии с ГОСТ 3.1118-82 при заполнении маршрутной карты информацию о технологическом процессе в нее заносят построчно, причем каждой строке присваивается определенный служебный символ, зависящий от содержания информации. Служебные символы условно выражают состав информации в строке и предназначены для ее обработки средствами автоматизации. В качестве обозначения служебных символов приняты буквы русского алфавита, проставляемые перед номером соответствующих строк [70].

Для форм маршрутной карты с горизонтальным полем подшивки используются следующие символы, в зависимости от информации, содержащейся в строке:

А – в строке указываются номер цеха, участка, рабочего места, где выполняется операция, номер операции, обозначение документов, применяемых при выполнении операции, номер инструкции по охране труда;

Б – в строке указываются код, наименование оборудования и информация по трудозатратам;

М – в строке указываются информация о применяемом основном материале и исходной заготовке, информация о применяемых вспомогательных и комплектующих материалах с указанием наименования и кода материала, обозначение подразделения, откуда поступают материалы, коды единицы величины, единицы нормирования, количество на изделие и нормы расхода;

О – содержание операции;

Т – информация о применяемой при выполнении операции технологической оснастке.

Для форм маршрутной карты с вертикальным полем подшивки следует использовать дополнительные служебные символы в соответствии с ГОСТ 3.1118-82.

При заполнении информации на строках, имеющих служебный символ О, следует руководствоваться требованиями соответствующих стандартов, устанавливающих правила записи операций и переходов. Запись информации следует выполнять в технологической последовательности по всей длине строки с возможностью, при необходимости, переноса информации на последующие строки. Для случая операционного описания технологического процесса на маршрутной карте номер перехода следует проставлять в начале строки.

При заполнении информации на строках, имеющих служебный символ Т, используются классификаторы, отраслевые и государственные стандарты на кодирование, обозначение и наименование применяемой на операции технологической оснастки. Информацию по технологической оснастке записывают в следующей последовательности: приспособления, вспомогательный, режущий, слесарно-монтажный инструмент и специальный инструмент для выполнения специфических технологических процессов, средства измерения. Запись следует выполнять по всей длине строки с возможностью, при необходимости, переноса информации на последующие строки. Разделение информации по каждому средству технологической оснастки следует выполнять через знак «;». Количество одновременно применяемых единиц оснастки следует указывать после кода технологической оснастки, заключая в скобки [31].

Для единичных технологических процессов, выполняемых с применением методов механической обработки, в зависимости от вида описания технологических процессов для маршрутной карты формы 1 используется следующая очередность заполнения строк по служебным символам:

при маршрутном описании – М01, М02, А, Б, О, Т;

при операционном описании – М01, М02, А, Б.

Графы маршрутной карты формы рис. 2.14.1 следует заполнять в соответствии с табл. 2.14.1.

Для проектирования технологического процесса исходными данными являются рабочий чертеж детали, технические условия на ее изготовление, годовая программа выпуска деталей. После анализа технологичности детали, выбора типа производства и метода по-

лучения заготовки следует приступать непосредственно к разработке технологического процесса. Разработка маршрута технологического процесса начинается с выбора технологических баз. При выборе баз необходимо четко представлять общую последовательность обработки детали, стремиться к более полному выдерживанию принципа совмещения баз. Выдерживание принципа постоянства баз способствует повышению точности взаимного положения поверхностей деталей. Соблюдение принципа постоянства баз повышает однотипность приспособлений и схем установки, что особенно важно при автоматизации процессов обработки. При вынужденной смене баз надо переходить от менее точной к более точной базе. При выборе технологических баз следует также учитывать некоторые дополнительные соображения: удобство установки и снятия заготовки, надежность и удобство ее закрепления, возможность подвода режущих инструментов с разных сторон заготовки.

										КТМ 01.1.40.0004							
Разраб.		Бохан				БНТУ		76 - 150181				КТМ 10.1.40.0001					
Н.контр.								ШТОК				0,					
M01	Круг В22 ГОСТ 2590 - 71/45 ГОСТ 1050 - 71																
M02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры		КД	МЗ						
	1251	166	2.98	1	3,1	0,89	Прокат	Круг 22x125		1	3,150						
А	Цех	Уч.	РМ	Опер	Код, наименование операции			Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования						СМ	Проф	Р	УТ	КР	Конд	ЕН	ОП	К _{оп}	Т _м	Т _н
A03	01	02	-	005	4280		Отрезная СТИ по ОТ 69										
B04	25204				3A641		2	16925	3	1/P	1	1	1	-	1	-	3,41
O05	Отрезать заготовку L=125±0,5																
T06	7200-0177 тиски МН5791-65; 1 250x3 АА ГОСТ 2679-71; Р6 М5 фреза; ШЦ 1 200-0,1 ГОСТ 166-80 штангенциркуль;																
07	очки защитные																
A09	01	02	-	010	4269		Фрезерно-центровая СТИ по ОТ 67										
E10	27060				2982		2	11632	2	1/P	1	1	1	-	1	-	0,501
O11	Фрезеровать торцы, выдерживая размер L=122-0,5; центровать отверстия, выдерживая размеры D=4 ^{+0,3} , D=6,3 ^{+0,3} , L=20±0,2																
T13	Приспособление специальное; 6222 - 0036 ГОСТ 13785 - 68 оправка ; 2214 - 0271 Т15К6 ГОСТ 22085 - 76 (2) фреза;																
14	2317 -0009 Р6М5 ГОСТ 14952 - 75 (2) сверло центровочное; ШЦ 1 200 - 0,1 ГОСТ 166 - 80 штангенциркуль;																
15	кальбр спец, Ø 6,3; очки защитные																
МК																	

Рис. 2.14.1. Маршрутная карта механической обработки

После окончательного выбора технологических баз переходят к установлению маршрутов обработки отдельных поверхностей, к которым предъявляются повышенные требования по точности и по шероховатости. Такой маршрут обработки устанавливают исходя из требований рабочего чертежа и вида принятой заготовки. По заданной точности и шероховатости данной поверхности и с учетом размеров, массы и формы заготовки выбирается метод окончательной обработки. Базируясь на завершающий и начальный методы обработки, устанавливают промежуточные методы обработки. При построении маршрута исходят из того, что каждый последующий метод обработки должен быть точнее предыдущего. Закончив анализ маршрутов обработки отдельных поверхностей, определяют маршрут обработки всей детали с учетом приведенных выше соображений. Разработанный технологический процесс записывают в маршрутную карту. Пример оформления маршрутной карты на единичный технологический процесс обработки резанием маршрутного описания приведен на рис.2.14.1.

Т а б л и ц а 2.14.1

Содержание информации в графах маршрутной карты формы 1

Наименование графы	Служебный символ строки	Содержание информации
1	2	3
	M01	Наименование, сортament, размер и марка материала, обозначение стандарта, технических условий. Запись выполняется на уровне одной строки с применением разделительного знака дроби «/». Например: Круг В22 ГОСТ 2590-71/45 ГОСТ 1050-71
Код	M02	Код материала по классификатору
ЕВ	M02, М	Код единицы величины детали, заготовки, материала по классификатору СОЕВС
МД	M02	Масса детали по конструкторскому документу
ЕН	M02, Б	Единица нормирования, по которой установлена норма расхода материала или норма времени, например, 1, 10, 100
Н. расх.	M02, М	Норма расхода материала
КИМ	M02	Коэффициент использования материала
Код заготовки	M02, M03	Код заготовки по классификатору. Допускается указывать вид заготовки – отливка и т. д.

1	2	3
Профиль и размеры КД	M02, M03 M02, M03	Профиль и размеры исходной заготовки. Допускается профиль не указывать Количество деталей, изготавливаемых из одной заготовки
M3	M02, M03	Масса заготовки
Цех	A	Номер цеха, в котором выполняется операция
Уч	A	Номер участка
PM	A	Номер рабочего места
Опер.	A	Номер операции в технологической последовательности изготовления детали
Код, наименование опер. Обозначение документа	A	Обозначение документа на операцию, инструкций по охране труда, применяемых на данной операции. Состав документов следует указывать через разделительный знак «;». При необходимости возможен перенос информации на последующие строки
Код, наименование оборуд.	Б	Код оборудования по классификатору, краткое наименование оборудования, его инвентарный номер. Информацию следует указывать через разделительный знак «;». Допускается вместо краткого наименования оборудования указывать его модель, допускается не указывать инвентарный номер
СМ	Б	Степень механизации
Проф.	Б	Код профессии по классификатору ОКПДТР
Р	Б	Разряд работы, необходимый для выполнения операции
УТ	Б	Код условий труда по классификатору ОКПДТР и код вида нормы
КР	Б	Количество исполнителей, занятых при выполнении операции
КОИД	Б	Количество одновременно обрабатываемых деталей при выполнении одной операции
ОП	Б	Объем производственной партии в шт.
K _{шт}	Б	Коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании
T _{пз}	Б	Норма подготовительно-заключительного времени на операцию
T _{шт}	Б	Норма штучного времени на операцию

1	2	3
Наименование детали, сб. единицы или материала	М	Наименование деталей, сборочных единиц по конструкторскому документу или материалов по классификатору
ОПП		Обозначение подразделения, откуда поступают комплектующие детали (для МК сборки)
КИ	М	Количество деталей, применяемых при сборке (для МК сборки)

Порядок выполнения работы

1. Получить задание у преподавателя.
2. Изучить конструкцию детали, определить технологические базы, наметить маршрут обработки детали.
3. Выполнить чертеж детали, получить у преподавателя или вычертить бланк маршрутной карты по форме 1.
4. Заполнить маршрутную карту в соответствии с разработанным технологическим процессом, приняв маршрутный способ описания. [1, 2, 3].
5. Составить отчет.

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Задание и чертеж детали для разработки маршрутного технологического процесса.
3. Перечень операций маршрутного технологического процесса с указанием схем базирования.
4. Маршрутная карта разработанного технологического процесса.

Контрольные вопросы

1. Какие поверхности заготовки обрабатываются в первую очередь?

2. Можно ли использовать необработанные поверхности в качестве технологических баз в середине и конце обработки?
3. Какие условные стадии техпроцесса обработки можно выделить?
4. Что определяет выбор оборудования?
5. Что является критерием окончательного выбора типа оборудования?
6. Что записывается в маршрутную карту при маршрутно-операционном описании техпроцесса?
7. Что отражают служебные символы МК?
8. Как записывается информация в МК?
9. В какой строке указываются требования по технике безопасности или охране труда?

Работа 2.15

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ТРЕБУЕМОЕ КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ

Цель работы – получение навыков в выборе и определении последовательности способов обработки деталей машин, обеспечивающей требуемое качество поверхности.

Работа рассчитана на два академических часа.

Основные положения

Эксплуатационные свойства деталей машин (износостойкость, выносливость, сопротивление коррозии и др.) 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 определяются способом (последовательностью способов) ее механической обработки. Каждому способу механической обработки соот-

ветствует 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].

Методические указания

В работе производится 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 необходимо руководствоваться техническими требованиями чертежа детали, а также известными зависимостями между параметрами качества поверхности и условиями эксплуатации детали. Так, например, повышение износостойкости достигается за счет высокой твердости (микротвердости) поверхностного слоя. Увеличение выносливости обеспечивается в результате создания минимальной высоты микронеровностей, значительной твердости (микротвердости) и сжимающих остаточных напряжений и т. д.

В случае если достижение одинаковых параметров качества поверхности возможно при различных способах механической обработки, производится сопоставление их себестоимости по приведенным затратам $C_{п.з.}$.

Себестоимость рассчитывается по формуле

$$C = \frac{C_{п.з.} \cdot T_{шт}}{60},$$

где $T_{шт}$ – штучное время на операции.

Выполнение работы производится в соответствии с заданием, которое выдается преподавателем на группу из двух-трех студентов. Варианты задания приведены в табл. 2.15.1.

Варианты задания

Тип поверхности	Материал	Требования к размерной точности и качеству поверхности детали				
		Квалитет допуска размера	Ra, мкм	Твердость	Величина остаточных напряжений сжатия, Па	Толщина упрочненного слоя, мм
Наружная	Сталь 40ХН	5	0,1	55 HRC ₂	600	0,8
Вращения	Сталь 20Х	5	0,025	800 HV	800	0,08
	Сталь 12ХН2	6	0,2	62 HRC ₂	950	1,2
	Сталь 45	10	0,05	2800 НВ, МПа	750	1,1
	Сталь 38Х2ЮМА	7	0,4	750 HV	900	0,07
Внутренняя	Сталь 18ХГТ	7	0,2	64 HRC ₂	1000	1,2
	Сталь 40Х	8	0,1	54 HRC ₂	550	1,4
	Сталь 10	6	0,4	2500 НВ, МПа	700	0,4
Цилиндрическая	Сталь 20ХГР	7	0,025	58 HRC ₂	680	0,04
Отверстия	Сталь 45	8	0,4	52 HRC ₂	500	0,8

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. 2.15.2.

Технологические возможности некоторых способов упрочняющей обработки сведены в табл. 2.15.3.

Используя исходные данные, а также сведения из табл. 2.15.2 и табл. 2.15.3, осуществляют выбор и определение последовательности способов обработки детали. При выборе способа упрочняющей обработки следует иметь в виду, что стали с содержанием углерода до 0,4 % подвергаются химико-термической (термодиффузной) обработке. Поверхностное пластическое деформирование используется для нетермообрабатываемых деталей. Абразивная финишная обработка производится после химико-термического или термического упрочнения.

Т а б л и ц а 2.15.2

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

Способ	Приведенные затраты $C_{п.з.}$, руб./ч	Штучное время $T_{шт.}$ мин	Квалитет допуска размера	Параметр шероховатости Ra , мкм
Наружные поверхности вращения				
Обтачивание:				
– получистовое или однократное	224	2,29	11-13	2,5-1,6
– чистовое	224	2,49	8-10	6,3-0,4
– тонкое	269	2,19	6-9	1,6-0,2
Шлифование:				
– предварительное	230	2,14	8-9	6,3-0,4
– чистовое	230	2,14	6-7	3,2-0,2
– тонкое	317	2,66	5-6	1,6-0,1
Притирка, суперфиниширование				
	-	-	4-5	0,8-0,1
Цилиндрические отверстия				
Сверление и рассверление				
	237	2,25	9-13	2,5-0,8
Зенкерование:				
– литого или прошого отверстия	237	1,53	10-13	2,5-0,4
– чистовое после черного сверления	237	1,53	8-9	2,5-0,4
Развертывание:				
– нормальное	237	1,74	10-11	1,25-0,8
– точное	237	2,32	7-9	6,3-0,4
– тонкое	237	3,87	5-6	3,2-0,1
Протягивание:				
– литого или прошого отверстия	268	0,8	10-11	1,25-0,8
– чистовое после черного сверления	268	0,8	6-9	6,3-0,2
Растачивание:				
– черновое	361	1,49	11-13	2-1,6
– чистовое	361	1,72	8-10	6,3-0,4
– тонкое	241	1,96	5-7	3,2-1,6
Шлифование:				
– предварительное или однократное	361	7,2	8-9	6,3-0,4
– чистовое	361	8,28	6-7	3,2-0,2
– тонкое	241	8,64	5	1,6-0,1
Притирка, хонингование				
	228		4-5	1,6-0,1

Т а б л и ц а 2.15.3

**Классификация и технологические возможности способов
упрочняющей поверхностной обработки деталей машин**

Процессы и параметры поверхностного слоя, обуславливающие упрочнения	Спо- соб уп- роч- нения	Технологические возможности						
		Мате- риал заго- товки	Точ- ность обра- ботки	Пара- метр ше- рохо- ватости Ra, мкм	Твер- дость обра- ботан- ной поверх- ности	Вели- чина оста- точных напря- жений в поверх. слое, Па	Толщина упроч- ненного слоя, мм	
							ми- ни- маль- ная	мак- си- маль- ная
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Упрочнение пластиче- ским деформировани- ем поверхностного слоя (наклепом). Повышение физико- механических свойств поверхностного слоя, изменение величины и знака остаточных напряжений в поверх- ностном слое, улучше- ние микрогеометрии обработанной поверх- ности	Нака- тыва- ние роли- ками	Чу- гун, сталь, спла- вы из цвет- ных метал- лов	Со- храня- ется от пред- шест- вую- щей обра- ботки	1,6- 0,05	Уве- личи- вается на 20- 50 %	600-900	1,0	2,0
	Нака- тыва- ние шари- ком	—«—	—«—	0,4- 0,05	—«—	600-900	0,3	0,5
	Раска- тыва- ние шари- ком (роли- ком)	—«—	7-9 квал.	0,4- 0,5	—«—	600-900	0,1	0,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
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 HRC ₂	400-1000	0,5	2,0
	Азотирование	Сталь, чугун	Коробление 0,05-0,10 мм	--«--	650-1200 HV	400-1000	0,05	0,60
	Цианирование	Сталь	--«--	--«--	60-75 HRC ₂	400-1000	0,01	2,5
	Хромирование	--«--	--«--	--«--	1600-2000 HV	-	0,02	0,30
Упрочнение поверхностной термической обработкой. Изменение физико-механических свойств и структуры поверхностного слоя, изменение величины и знака остаточных напряжений	Закалка с нагревом	Сталь	Коробление 0,03-0,07 мм	Не изменяется	1600-2000 HV	400-1000	0,2	10

Ниже приводятся примеры выполнения работы. Задания для рассматриваемых примеров приведены в табл. 2.15.4.

Варианты задания рассматриваемых примеров

Тип поверхности	Материалы	Требования к размерной точности и качеству поверхности детали				
		Квалитет	Ra, мкм	Твердость	Величина остаточных напряжений, Па	Толщина упрочненного слоя, мм
Наружная вращения	Сталь 12ХНЗА	5	0,1	62 HRC ₃	850	1,2
Внутренняя цилиндрического отверстия	Сталь 40ХМ	5	0,4	55 HRC ₃	640	0,3

Пример 1. Анализируя содержание задания, приходим к следующим выводам. 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. 2.15.2). С учетом того, что деталь изготавливается из малоуглеродистой стали ($C = 0,12\%$), а также требований к твердости, величине остаточных напряжений и толщине упрочненного слоя выбирается способ упрочняющей обработки (табл. 2.15.3) – цементация. Тогда вся последовательность способов обработки, обеспечивающих требуемую размерную точность и качество поверхности, представляет собой следующее: обтачивание предварительное и чистовое, цементация, шлифование предварительное, чистовое и тонкое. Указанная последовательность способов обработки представляется в виде схемы рис. (2.15.1).



Рис. 2.15. 1. Схема комплекса способов и результатов обработки наружной цилиндрической поверхности

Пример 2. Действуя в той же последовательности, что и в первом случае, из табл. 2.15.2 выбираем комплекс способов механической обработки: зенкерование или черновое растачивание или протягивание; тонкое растачивание и хонингование. В данном случае возможны три варианта предварительной обработки отверстия. Выбор способа обработки производится по результатам определения себестоимости. Используя данные табл. 2.15.2, определяем себестоимость каждого варианта обработки.

Обозначим себестоимость:

- зенкерование C_1 ;
- черновое растачивание C_2 ;
- протягивание C_3 .

Тогда

$$C_1 = \frac{237 \cdot 1,53}{60} = 6,04 \text{ руб.};$$

$$C_2 = \frac{361 \cdot 1,49}{60} = 8,96 \text{ руб.};$$

$$C_3 = \frac{268 \cdot 0,8}{60} = 3,57 \text{ руб.}$$

Таким образом, по минимуму себестоимости предпочтение следует отдать протягиванию.

Материал детали содержит 0,4 %. С учетом требований к физико-механическим свойствам поверхностного слоя выбирается способ упрочнения (см. табл. 2.15.3) – поверхностная закалка с нагревом ТВЧ. Весь комплекс способов обработки представлен на рис. 2.15.2.

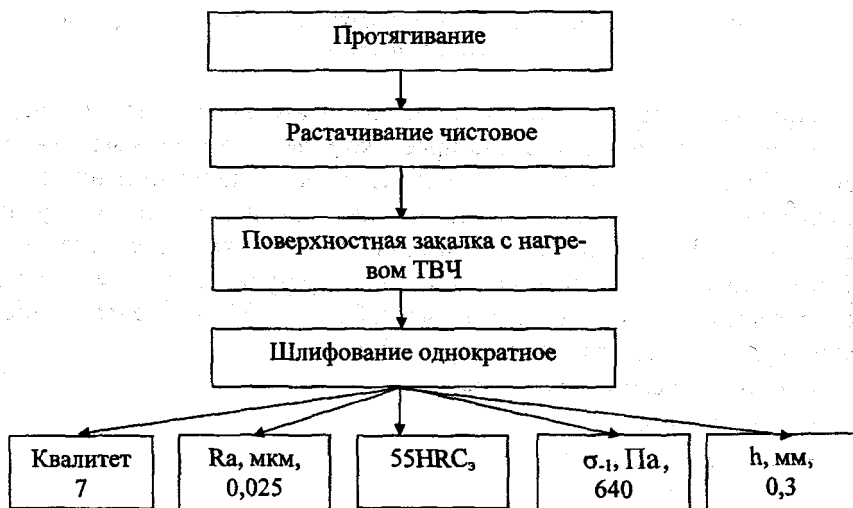


Рис. 2.15.2. Схема комплекса способов и результатов обработки внутренней цилиндрической поверхности

Порядок выполнения работы

1. Проанализировать задание, выданное для выполнения работы.
2. Выбрать последовательность механической обработки (табл. 2.15.1 и 2.15.2) в зависимости от типа поверхности и требований к размерной точности и шероховатости поверхности.
3. В случае необходимости произвести сравнение вариантов механической обработки по себестоимости.
4. Выбрать способ упрочняющей обработки (табл.2.15.3) 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.

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. Заключение.

Контрольные вопросы

1. Что является исходными данными для выбора способов и последовательности обработки?
2. Как определяется себестоимость механической обработки по приведенным затратам?
3. Как выбирается способ поверхности упрочнения?
4. В каком случае применяется способ химико-термического упрочнения?
5. Для обеспечения каких физико-механических свойств используются способы поверхностного пластического деформирования?

Глава 3. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК В МАШИНОСТРОЕНИИ

Работа 3.1

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК, ПОЛУЧАЕМЫХ ОТЛИВКОЙ В ЗЕМЛЯНЫЕ ФОРМЫ

Цель работы – практическое освоение проектирования заготовок, получаемых методом литья в песчаные формы, и приобретение навыков оценки их качества.

Работа рассчитана на два академических часа.

Основные положения

Способ литья в песчаные формы является наиболее распространенным и применяется для получения отливок из всех литейных сплавов с широким диапазоном в отношении размеров и массы. Отливки получают в литейных формах, изготовленных из специальных формовочных и стержневых смесей.

Основными операциями технологического процесса получения отливок являются: изготовление модели, выполнение литейной формы, плавка металла и заливка его в формы, выбивка отливок из форм, обрубка и очистка литья.

Литейная форма состоит из трех отдельных частей: нижней, верхней и стержня. Стержень служит для получения в отливке отверстия. Части литейной формы обычно изготавливаются отдельно в опоках, а затем собираются. Опоки служат для изготовления литейных форм и представляют собой ящики без дна, выполненные из чугуна, стали или алюминиевых сплавов.

Материалы, из которых изготавливают литейные формы, называются формовочными смесями. Формовочные смеси по назначению делятся на облицовочные, наполнительные (ими заполняют остальную часть формы) и единые, для заполнения всей формы.

Основными составляющими формовочных смесей являются выбитая из опок отработанная смесь, в которую добавляют свежие материалы (глину, песок) и другие материалы, предусмотренные технологией формовки. На поверхности форм и стержней наносят краски и пасты, которые не только уменьшают пригар, но и увеличивают поверхностную прочность форм. Наиболее качественной является цирконовая краска.

Стержневые смеси по составу разделяются на песчано-глинистые и песчано-масляные на основе растительных масел и синтетических смол.

С целью экономии трудовых и материальных ресурсов все более широкое применение для изготовления форм и стержней находят быстросохнущие, продуваемые углекислым газом смеси, связующим для которых является жидкое стекло; жидкосамотвердеющие смеси (ЖСС), не требующие уплотнения, основой которых является кварцевый песок, связующим – жидкое стекло. Применяются также холоднотвердеющие в течение 20...30 мин и песчано-смоляные смеси для изготовления стержней в нагретых до 250...280°C (горячих) стержневых ящиках, затвердевающие в течение 1...2 мин.

Процесс изготовления литейных форм из смесей может осуществляться методом ручной или машинной формовки в зависимости от типа производства, конфигурации и размеров деталей. Ручная формовка применяется для мелких и средних отливок только в условиях индивидуального и мелкосерийного производства, а также для отливок очень больших габаритов и массы. Машинная формовка обеспечивает высокую производительность процесса, получение точных и качественных отливок и используется в массовом и серийном производстве. При экономической целесообразности и производственной возможности следует стремиться к получению литых деталей в формах, изготавливаемых на машинах [6].

Из методов машинной формовки следует выделить метод прессования под высоким давлением (9,8...39,2 кПа), который дает возможность получать отливки 13...14 качества точности и с шероховатостью до Ra 10...20 мкм, за счет снижения припусков на обработку снизить трудоемкость механообработки, увеличить выпуск отливок повышенного качества, снизить себестоимость 1 т годных отливок на 10...15 %.

Разработка технологического процесса изготовления отливки начинается с рассмотрения возможных вариантов ее расположения в форме. Поверхность, по которой при сборке формы соединяются ее части, называется поверхностью разъема. Поверхность разъема лучше всего иметь по плоскости, так как в том случае, если поверхность имеет сложную форму, удорожается процесс изготовления модели и модельных плит.

Следует учитывать, что при заполнении литейной формы металлом в верхних горизонтах отливки скапливаются различные загряз-

нения, образуются усадочные дефекты и раковины. Поэтому наиболее ответственные поверхности детали, имеющие высокую точность и небольшую шероховатость, в отливке надо располагать в нижней части формы или в вертикальном положении, где большая вероятность их получения без пороков. Это касается и базовых поверхностей, используемых впоследствии при механической обработке отливки. Базовые поверхности отливок желательно располагать в одной части форм и не допускать их пересечения с поверхностью разъема.

Внутренние полости отливок могут быть получены за счет установки стержней и за счет отпечатка в форме. Внутренние полости литых деталей должны иметь достаточное количество окон или отверстий, размеры и расположение которых могут обеспечить правильное и устойчивое положение стержней в литейной форме, а также удаление из них газов, образующихся при заливке формы жидким металлом. Если по условиям работы проектируемая деталь должна иметь какую-то целиком закрытую полость, то в ее конструкции следует предусмотреть окно, которое в дальнейшем будет закрываться крышкой или заглушкой [71].

Методические указания

В соответствии с ГОСТ 2.423-83 чертеж отливки с технологическими требованиями должен содержать все данные, необходимые для изготовления, контроля и приемки отливки, и выполняется в соответствии со всеми требованиями ЕСКД.

При проектировании отливок в песчаные формы необходимо учитывать следующие технологические ограничения процесса литья:

1. Следует избегать образования в конструкции отливок полостей, каналов или отверстий с большой протяженностью и малым поперечным сечением; их допустимые размеры приведены в табл.3.1.1.

2. Для облегчения процесса извлечения моделей из песчаных форм отливка должна иметь литейные уклоны, устанавливаемые ГОСТ 3212-80 и лежащие в пределах от $30'$ до 30° . Величина литейных уклонов уменьшается с ростом высоты поверхности модели.

3. Для повышения качества отливок необходимо округление наружных и внутренних углов при сопряжении или пересечении стенок, величины радиусов округления зависят от соотношения толщин сопрягаемых стенок и материала отливки (табл. 3.1.1).

4. Толщина стенок отливки не должна быть меньше допустимой и зависит от материала отливки, ее массы и габаритов (табл. 3.1.3).

При вычерчивании чертежа заготовки учитываются все припуски на механическую обработку с указанием их величины. Величина припусков зависит от точности получаемой отливки и от технологического маршрута обработки детали, имеющего целью получение требуемой точности и шероховатости. Припуски могут определяться расчетно-аналитическим методом или по таблицам.

Нормы точности отливок: классы размерной точности, степень коробления, степень точности поверхностей, классы точности масс, а также ряды припусков и условий обработки отливок – приведены в прил.1-7 ГОСТ 26645-85.

Пример условного обозначения точности отливки 8-го класса размерной точности, 5-й степени коробления, 10-й степени точности поверхностей, 7-го класса точности массы с допуском смещения 0,8 мм:

Точность отливки 8-5-10-7 см 0,8 ГОСТ 26645-85.

Допуски линейных размеров отливок – по табл. 1, допуски формы и расположения поверхностей – по табл. 3, общие допуски элементов отливок как сумма всей вышеуказанных допусков – в табл. 16 прил. 8 ГОСТ 26645-85.

После определения припусков на обрабатываемые поверхности детали вычерчивается заготовка, при этом внутренний контур обрабатываемых поверхностей, а также отверстий, впадин и выточек, не выполняемых в литье, вычерчивается сплошной тонкой линией. Остатки питателей, выпоров, стяжек, прибылей, если они не удаляются полностью в литейном цехе, изображают на чертеже отливки. Линия отрезки должна соответствовать способу отрезки: при отрезке резцом, дисковой фрезой, пилой и т. д. ее выполняют сплошной тонкой линией, при огневой резке или обламывании – сплошной волнистой линией.

Усадочные ребра, стяжки, технологические приливы, пробы для испытаний, не удаляемые в литейном цехе, на чертеже отливки изображают сплошной основной линией.

После выполнения чертежа отливки производится анализ качества пяти заготовок. Для этого выдаются чертежи заготовки и 3-5 заготовок. Для оценки качества имеющихся заготовок следует произвести измерения их основных размеров (наружных или внутренних диаметров, толщины стенок, габаритных размеров, смещение осей и др.). Вид и количество измеряемых параметров устанавливаются индивидуально по согласованию с преподавателем в зави-

симости от служебного назначения, конструкции и требований к точности изготовления отливки.

Состояние характерных поверхностей заготовок оценивается по наличию пригара, раковин, окалины и других дефектов.

При этом основное внимание уделяется следующим поверхностям:

- поверхностям, которые предполагается использовать в качестве баз при механической обработке;
- поверхностям, обрабатываемым при изготовлении детали;
- поверхностям, характеризующимся их положением при отливке (нижним, верхним, боковым).

Т а б л и ц а 3.1.1

Минимальные размеры отверстий, выполняемых стержнями
в отливках

Материал отливки: чугун						
Глубина отверстия, мм	10...20	20...30	30...40	40...50	50...60	60...75
Минимальная величина диаметра, мм	10	12	14	16	18	20
Материал отливки: сталь						
Глубина отверстия, мм	10...20	20...30	30...40	40...50	50...60	60...75
Минимальная величина диаметра, мм	25	27	30	35	40	45

Т а б л и ц а 3.1.2

Величины радиусов скругления, рекомендуемые для литых деталей

Материал отливки: чугун					
Средняя толщина сопрягаемых стенок $(l_1+l_2)/2$, мм	до 12	12...16	16...20	20...27	27...35
Радиус скругления, мм	6	8	10	12	15
Материал отливки: сталь					
Минимальная толщина сопрягаемых стенок, мм	до 6	6...10	10...15	15...20	20...25
Радиус скругления, мм	6...10	10...12	12...15	15...20	20...25

Следует охарактеризовать возможное влияние точности и состояния поверхности анализируемых заготовок на механическую обработку и качество готовой детали, а также определить, могут ли выявленные дефекты быть допущены (по техническим требованиям) или заготовки должны быть забракованы.

Технологически допустимая толщина стенок у отливки

Материал отливки: серый чугун			
Наибольший габаритный размер детали, мм	до 250	250...500	500...1000
Минимальная толщина стенок, мм	3...5	5...7	6...10
Материал отливки: ковкий чугун			
Наибольший габаритный размер детали, мм	до 100	100...200	520...500
Минимальная толщина стенок, мм	2,5...4	3...5	4...6
Материал отливки: сталь			
Наибольший габаритный размер детали, мм	до 250	250...500	500...1000
Минимальная толщина стенок, мм	5...6	6...8	8...12

Порядок выполнения работы

1. Изучить конструкцию детали, определить поверхности, у которых необходимо обеспечить наибольшую точность.
2. Проверить, могут ли быть получены требуемые минимальные отверстия в детали литьем и удовлетворяют ли стенки детали требованиям, ограничивающим их толщину, определить требуемую величину уклонов.
3. По таблицам определить припуски на обрабатываемые поверхности, радиусы скруглений.
4. Выполнить эскиз заготовки с указанием ее размеров и величины припусков, снимаемых при механической обработке.
5. Вычертить приближенный эскиз заготовки анализируемого типоразмера с указанием контролируемых в работе размеров и характерных поверхностей. Установить критерии оценки состояния поверхностей данного вида заготовок.
6. Произвести измерения этих размеров на трех-пяти однотипных заготовках.
7. Подсчитать средние арифметические значения измеренных размеров и установить класс точности анализируемых заготовок.
8. Произвести оценку состояния характерных поверхностей заготовок по выбранным критериям.
9. Составить отчет.

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.

3. Чертеж детали с указанием размеров.
4. Чертеж заготовки с указанием размеров и припусков.
5. Результаты измерений заготовок и оценки состояния поверхностей.
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Основные технологические операции процесса получения отливок в песчаные формы.
2. Из каких частей состоит литейная форма?
3. Для чего предназначен стержень?
4. Как увеличивают поверхностную прочность форм и стержней и снижают пригар?
5. Как могут быть получены внутренние полости отливок?
6. От чего зависит величина припусков на обработку отливок?
7. Какими методами могут определяться припуски?
8. Как вычерчивается внутренний контур обрабатываемых поверхностей, отверстий, не выполняемых в литье, на чертеже отливки?
9. Какую точность отливки позволяет получить метод прессования под высоким давлением?
10. В какой части формы надо располагать наиболее ответственные поверхности отливки?

Работа 3.2

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК, ПОЛУЧАЕМЫХ ЛИТЬЕМ В ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫЕ ФОРМЫ (ГОСТ 26645-85)

Цель работы – обучение этапам разработки чертежа литой заготовки в песчано-глинистые формы, операций технологического процесса получения отливки в условиях единичного, серийного и массового производства, составление технических требований на заготовку, отлитую в песчаные формы.

Основные положения

Правильно выбрать заготовку – значит определить ее рациональный вид, конфигурацию, толщину стенок, напуски, уклоны,

припуски на обработку, размеры заготовки, установить допуски на точность их выполнения, выбрать оборудование, назначить технические условия на выполнение заготовки.

Особенно важно правильно выбрать заготовку при автоматизированном производстве деталей, когда обработка ведется на предварительно настроенных станках, автоматах и автоматических линиях.

Вид заготовки диктует конструктор, задавая конфигурацию детали, ее размеры и материал, исходя из прочностных расчетов или условий работы детали в машине с учетом силовых, температурных и других факторов работы.

Технолог должен проверить обоснованность вида заготовки в отношении возможности ее изготовления на данном предприятии при минимальной трудоемкости и себестоимости. Он может рекомендовать конструктору изменить вид заготовки после проработки ее на технологичность.

В конструкцию заготовки необходимо вложить все самое прогрессивное, достигнутое техникой на данный период.

Литье – это формообразование заготовки из жидкого материала путем заполнения им полости заданной формы и размеров с последующим затвердеванием.

Методом литья в машиностроении выпускается более 50 % всей массы заготовок. Одним из распространенных способов литья является литье в песчаные формы. Этим способом изготавливается около 80 % общего количества литых заготовок.

Основными операциями технологического процесса получения отливок являются:

- 1) изготовление комплекта модельно-опоковой оснастки;
- 2) выполнение литейной формы;
- 3) плавка металла и заливка его в формы;
- 4) выбивка отливок из форм;
- 5) обрубка и очистка литья;
- 6) контроль заготовок.

В комплект модельно-опоковой оснастки входят: модели; подмодельные, поддоночные и сушильные плиты; стержневые ящики; опоки; приспособления для контроля форм стержней; модели литниковой системы и т. д. Модель служит для образования внешних контуров отливки в форме. В серийном и массовом производствах применяются, в основном, металлические модели, в единичном – деревян-

ные. Для лучшего извлечения модели из формы ее боковые стенки имеют формовочные уклоны $0,5 \dots 2,0^\circ$. Модель литниковой системы включает литниковую чашу, стояк, шлакоуловитель, питатель и т. д.

Стержневые ящики служат для изготовления песчаных стержней. В единичном и мелкосерийном производствах применяются деревянные ящики, в серийном и массовом - ящики из алюминиевых сплавов - цельные, разъемные и с объемными частями. При изготовлении моделей и стержневых ящиков выполняются следующие операции: намечается способ формовки; выявляются линии разреза модели и стержневых ящиков; выбираются материалы модели и стержневого ящика в зависимости от типа производства; выполняется чертеж модели с учетом величины усадки жидкого материала, подбираются заготовки для моделей и производится их обработка.

По моделям изготавливают литейные формы. Литейная форма состоит из трех отдельных частей: нижней, верхней и стержня. Части литейной формы обычно изготавливаются отдельно в опоках или без опок прессованием, а затем собираются. Материалом для изготовления литейных форм служат формовочные смеси. Формовочные смеси делятся на облицовочные, наполнительные и единые. Облицовочные и наполнительные смеси используются, в основном, в единичном и мелкосерийном производстве при ручной формовке, единая смесь - в крупносерийном и массовом производстве при машинной формовке.

В качестве формовочных материалов используются смеси песка, глины и связывающих. Для устранения пригара и улучшения качества поверхности отливок на поверхность форм и стержней наносят краски и пасты. Наиболее качественной является циркониевая краска.

В последнее время для изготовления форм и стержней начали применять жидкосамотвердеющие смеси (ЖСС), не требующие уплотнения, основой которых является кварцевый песок, связывающим - жидкое стекло. Время сохранения смесью текучести составляет 9-10 мин; через 40 мин смесь приобретает достаточную прочность.

Разработка технологического процесса изготовления отливки начинается с анализа возможных вариантов ее расположения в форме. Желательно иметь поверхность разреза по плоскости, так как в этом случае удешевляется процесс изготовления модели и модельных плит. При заливке металла в форму ответственные поверхности отливки должны располагаться в нижней части формы, так как в верхней части образуются усадочные дефекты и раковины.

В целом технологический процесс получения литой заготовки, изготовленной в песчаных формах на машинных агрегатах, можно свести к следующему:

1. Установка модели (полумодели) и обдувка сжатым воздухом.
2. Нанесение разделительного слоя.
3. Установка нижней опоки на плиту.
4. Наполнение опоки формовочной смесью.
5. Уплотнение смеси.
6. Установка поддоночного щитка.
7. Поворот на 180° и извлечение модели (половины модели).
8. Установка верхней опоки на подмодельную плиту с верхней половиной модели.
9. Установка моделей литниковой системы.
10. Обдувка.
11. Нанесение разделительного слоя.
12. Наполнение формовочной смесью.
13. Уплотнение смеси.
14. Извлечение половины модели.
15. Обдувка.
16. Соединение опок, образование формы.
17. Заливка металлом.
18. Охлаждение, выбивка, очистка, обрубка, термообработка, контроль, приемка.

Основным достоинством литья в песчаные формы является универсальность. Недостатки способа: сравнительно низкое качество отливок, повышенные припуски на механическую обработку, расход металла на литниковую систему, использование формовочных смесей [1].

Методические указания

В соответствии с ГОСТ 2.423-73 (СТ СЭВ 4406-83) «Правила выполнения чертежей элементов литейной формы и отливки» чертеж отливки с техническими требованиями должен содержать все данные, необходимые для изготовления, контроля и приемки отливки, и выполняться в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД [41].

Допускается выполнять чертеж отливки на копии чертежа детали, при этом элементы отливки следует чертить красным цветом. В графе основ-

ной надписи чертежа под наименованием детали пишут слово «отливка». При вычерчивании отливки учитывают все припуски и допуски с указанием их величин. Внутренний контур обрабатываемых поверхностей, а также отверстий, не выполняемых в литье, вычерчивают сплошной тонкой линией (прил. 2). Остатки питателей, выпоров, стяжек и прибылей, если они не удаляются полностью в литейном цехе, изображают полностью на чертеже отливки. Линия отрезки должна соответствовать способу отрезки: при отрезке резцом, дисковой фрезой, пилой и т. д. ее выполняют сплошной тонкой линией; при огневой отрезке или обламывании - сплошной волнистой линией. В случае наличия проб, вырезаемых из тела отливки, указывают размеры, определяющие место их вырезки.

Для составления технических требований на отливку важным фактором является материал заготовки. Отливки изготавливаются, в основном, из черных и цветных металлов и сплавов. В машиностроении для изготовления фасонного литья используются, главным образом, углеродистые стали, содержащие до 0,6 % углерода. Состав и свойства отливок из углеродистой и легированной стали регламентируются ГОСТ 977-75, согласно которому отливки из стали делятся на три группы:

1. Отливки 1-й группы применяются для изготовления деталей, конфигурация и размеры которых определяются только конструктивными и технологическими особенностями. При приемке контролируются внешний вид, размеры, химический состав.

2. Отливки 2-й группы применяются для изготовления деталей, рассчитываемых на прочность и работающих при статических нагрузках. При приемке контролируются внешний вид, размеры, химический состав, механические свойства - предел текучести или временное сопротивление, относительное удлинение.

3. Отливки 3-й группы применяются для изготовления деталей, рассчитываемых на прочность и работающих при циклических и динамических ударных нагрузках. При приемке контролируются внешний вид, размеры, химический состав, механические свойства: предел текучести или временное сопротивление, относительное удлинение и ударная вязкость.

Пример условного обозначения марки сталей для отливок 1-й группы из стали марки 25Л: отливка 25Л-1 (ГОСТ 977-75).

Т а б л и ц а 3.2.1

Химический состав углеродистой и легированной стали для отливок [73]

№ пп	Марка стали	Углерод	Марганец	Кремний	Хром	Никель	Молибден	Ванадий	Медь	Титан	Фосфор, не более	Серебро, не более
1	15Л	0,12-0,2	0,3-0,9	0,2-0,32	не более 0,3	не более 0,3			не более 0,3			
2	25Л	0,22-0,3	0,35-0,9									
3	30Л	0,27-0,35	0,4-0,9									
4	40Л	0,37-0,45										
5	45Л	0,42-0,5										
6	50Л	0,47-0,55										
7	55Л	0,52-0,6										
8	20ГЛ	0,15-0,25	1,2-1,6	0,2-0,4								
9	35ГЛ	0,3-0,4	1,2-1,6	0,2-0,4							0,04	0,04
10	20ГСЛ	0,16-0,22	1,0-1,3	0,6-0,8							0,05	0,05
11	20Г1ФЛ	0,16-0,25	0,9-1,4	0,2-0,5				0,06-0,15		до 0,5	0,05	0,05
12	20ФЛ	0,14-0,25	0,7-1,2	0,2-0,52				0,06-0,2			0,05	0,05
13	30ХГСФЛ	0,25-0,35	1,0-1,5	0,4-0,6	0,3-0,5			0,06-0,12			0,05	0,05
14	30ХНМЛ	0,25-0,35	0,7-0,9	0,2-0,4	1,3-1,6	1,3-1,6	0,2-0,3				0,04	0,04
15	20ХГСНДМЛ	0,18-0,24	0,9-1,3	0,9-1,2	0,6-0,9	1,1-1,5	0,1-0,15		0,4-0,6	0,03-0,07	0,05	0,045
16	20Х2Г2ФЛ	0,2-0,25	1,0-1,0	0,0-0,0	1,7-2,0	не более 0,2		0,15-0,2	не более 0,3		0,02	0,02

В табл. 3.2.1 приводится химический состав углеродистых и легированных сталей, применяемых для получения отливок, в табл. 3.2.2 – механические свойства этих сталей.

Т а б л и ц а 3.2.2

Механические свойства отливок из углеродистой и легированной стали

Марка стали	Предел текучести σ_T , МПа (кгс/мм ²)	Временное сопротивление σ_B , МПа (кгс/мм ²)	Относительное удлинение δ , %	Относительное сужение φ , %	Ударная вязкость, МДж/м ² (кгс/мм ²)
	не менее				
Нормализация или нормализация с отпуском					
15Л	200(20)	400(40)	24	35	0,5(5,0)
20Л	220(22)	420(42)	22	35	0,5(5,0)
25Л	240(24)	450(45)	19	30	0,4(4,0)
30Л	260(26)	480(48)	17	30	0,35(3,5)
35Л	280(28)	500(50)	15	25	0,35(3,5)
40Л	300(30)	530(53)	14	25	0,3(3,0)
45Л	320(32)	550(55)	12	20	0,3(3,0)
50Л	340(34)	580(58)	11	20	0,25(2,5)
55Л	350(35)	600(60)	10	18	0,25(2,5)
20ГЛ	280(28)	550(55)	18	25	0,5(5,0)
35ГЛ	300(30)	550(55)	12	20	0,3(3,0)
20ГСЛ	300(30)	550(55)	18	30	0,3(3,0)
20Г1ФЛ	320(32)	550(55)	17	25	0,5(5,0)
20ФЛ	300(30)	500(50)	18	35	0,5(5,0)
30ХГСФЛ	400(40)	600(60)	15	25	0,35(3,5)
30ХНМЛ	550(55)	700(70)	12	20	0,3(3,0)
Закалка и отпуск					
25Л	300(30)	500(50)	22	33	0,35(3,5)
30Л	300(30)	500(50)	17	30	0,35(3,5)
35Л	350(35)	550(55)	16	20	0,3(3,0)
40Л	350(35)	550(55)	14	20	0,3(3,0)
45Л	400(40)	600(60)	10	20	0,25(2,5)
50Л	400(40)	750(75)	14	20	0,3(3,0)
55Л	470(47)	860(86)	15	20	0,25(2,5)
35ГЛ	350(35)	600(60)	14	30	0,5(5,0)
35ГСЛ	400(40)	650(65)	14	30	0,5(5,0)
20ХГСНДМЛ	500(50)	650(65)	12	20	0,4(4,0)
30ХГСФЛ	600(60)	800(80)	14	25	0,45(4,5)
30ХНМЛ	650(65)	800(80)	10	20	0,4(4,0)
25Х2Г2ФЛ	1200(120)	1400(140)	5	25	0,4(4,0)

Наибольшее применение для получения отливок имеет серый чугун. Химический состав и механические свойства чугуна регламентированы ГОСТ 1412-79. Чугун марки СЧ10 – малой прочности, применяется для изготовления радиаторов, канализационных труб, небольших шкивов и т. д. Чугун марок СЧ15, СЧ18, СЧ20 – средней прочности. Чугун марок СЧ25, СЧ30, СЧ35, СЧ40, СЧ45 – повышенной прочности, применяется для изготовления ответственных деталей – коленчатых валов, станин, блоков автомобильных цилиндров и др. В табл. 3.2.3 приведены механические свойства серого чугуна с пластинчатым графитом.

Т а б л и ц а 3.2.3

Марка чугуна	Предел прочности на растяжение σ_b , МПа (кгс/мм ²)		Твердость	
	не менее		МПа	НВ (кгс/мм ²)
СЧ10	98(10)	274(28)	1402-2246	143-229
СЧ 15	147(15)	314(32)	1599-2246	163-229
СЧ18	176(18)	358(36)	1668-2246	170-229
СЧ20	196(20)	392(40)	1668-2364	170-241
СЧ 25	345(20)	251(46)	1766-2652	180-250
СЧ30	294(20)	490(50)	1775-2501	181-255
СЧ 35	343(35)	539(55)	1932-2638	197-269
СЧ40	392(40)	588(60)	2030-2795	207-285
СЧ 45	441(45)	637(65)	2246-2835	229-289

Для изготовления наиболее ответственного дитья с повышенными механическими свойствами применяется высокопрочный материал – чугун с шаровидными включениями графита. Механические свойства высокопрочного чугуна регламентированы ГОСТ 7293-79. Их значения приведены в табл. 3.2.4.

Таблица 3.2.4

Марка чугуна	Предел прочности на растяжение σ_b , МПа (кгс/мм ²)	Относительное удлинение δ , %	Твердость	
			не менее	МПа
ВЧ38	373(38)	17	1373-1668	140-170
ВЧ42	412(42)	12	1373-1962	140-200
ВЧ5	441(50)	5	1570-2158	160-220
ВЧ7	490(50)	7	1679-2364	171-241
ВЧ2	490(50)	2	1766-2550	180-260
ВЧ2	588(60)	2	1962-2449	200-280
ВЧ2	686(70)	2	2246-2943	229-300
ВЧ2	784(80)	2	2453-3237	250-330
ВЧ2	981(100)	2	2649-3532	270-360
ВЧ2	1177(120)	2	2963-3728	302-380

Для изготовления деталей с хорошими антифрикционными свойствами при повышенных требованиях к прочности применяется перлитный ковкий чугун. Из него изготавливают шестерни, червячные колеса, поршни, коленчатые валы и др. Механические свойства ковкого чугуна регламентированы ГОСТ 1215-79. Их значения приведены в табл. 3.2.5.

Таблица 3.2.5

Марка чугуна	Предел прочности на растяжение σ_b , МПа (кгс/мм ²)	Относительное удлинение δ , %	Твердость	
			не менее	МПа
КЧ30-6	294(30)	6	1600	163
КЧ37-15	363(37)	12		
КЧ45-6	441(45)	6	2365	241
КЧ50-4	490(50)	4		
КЧ56-4	549(56)	4	2640	269
КЧ63-2	618(63)	2		

В дальнейшем при разработке чертежа отливки необходимо выбрать материал, определить его химический состав, механические свойства, табличным способом (ГОСТ 26645-85, вып. 1989 г.) назначить припуски на механическую обработку, допуски, формовочные уклоны, сопряжения между стенками отливки, составить технические требования к отливке и выполнить чертеж отливки. ГОСТ 26645-85 (вып. 1989 г.) устанавливает допуски размеров, формы, расположения, неровности поверхности, массы, припуски на обработку. Общие припуски назначаются в зависимости от общих допусков на элементы отливок, вида окончательной механической обработки и порядкового номера ряда припусков на отливки.

Допуски размеров, формы, расположения и неровностей поверхностей отливок (по ГОСТ 26645-85)

Общие допуски (табл. 16 ГОСТ 26645-85) зависят от допусков линейных размеров отливок (табл. 1) и допусков формы и расположения поверхностей элементов отливок (табл. 2). В свою очередь, допуски линейных размеров зависят от интервала номинальных размеров заготовки и номера класса размерной точности, допуски формы и расположения элементов отливки зависят от номинальных размеров элементов отливок и соответствующей степени коробления элементов отливок. Ряд припусков (табл. 14) на обработку отливок определяется на основании порядкового номера степени точности поверхности. Класс размерной точности отливок, степень коробления элементов отливок, степени точности поверхностей отливок, классы точности массы отливок зависят от технологического процесса литья, габаритов отливок и типа сплава и выбираются по таблицам ГОСТ 26645-85.

Номинальный размер отливки следует принимать равным номинальному размеру детали для необрабатываемых поверхностей и сумме среднего размера и общего припуска на обработку - для обрабатываемых поверхностей. При определении номинальных размеров отливок учитывают технологические допуски.

Номинальную массу отливки следует принимать равной массе отливки с номинальными размерами.

Точность отливки в целом характеризуется: классом размерной точности - по табл. 9 ГОСТ 26645-85 (всего 16 классов и 6 подклассов, обозначаемых буквой Т); степенью коробления - по табл. 10 ГОСТ 26645-85 (всего 11 степеней коробления); степенью точности поверхностей отливок - по табл. 11 ГОСТ 26645-85 (всего 22 степени точности поверхностей отливок); классом точности массы - по табл. 13 ГОСТ 26645-85 (всего 16 классов и 6 подклассов).

На чертеже отливки следует указывать измерительные базы и базы первоначальной обработки.

Допуски линейных размеров отливок, изменяемых и неизменяемых обработкой (без учета допусков формы и расположения поверхностей отливок), должны в зависимости от интервала номинальных размеров и класса точности отливки соответствовать табл. 1 ГОСТ 26645-85.

Допуски формы и расположения поверхностей отливок (отклонения от прямолинейности, плоскостности, параллельности, перпендикулярности, заданного профиля) в диаметральном выражении должны соответствовать указанным допускам в табл. 2 ГОСТ 26645-85. Они назначаются в зависимости от степени коробления элементов отливок и номинальных размеров элементов отливок.

На основании допусков линейных размеров и допусков формы и расположения поверхностей отливок по табл. 16 ГОСТ 26645-85 определяются общие допуски элементов отливок, которые необходимы для определения общего припуска на сторону (табл. 6 ГОСТ 26645-85).

На чертеже заготовки в технических условиях указываются допуски круглости, соосности, симметричности, пересечения осей, позиционные допуски в диаметральном выражении. Они не должны превышать допуски на размеры, указанные в табл. 1 ГОСТ 26645-85.

Допуск смещения отливки по плоскости разъема указывается в обозначении точности отливки и должен находиться на уровне класса (табл. 1 ГОСТ 26645-85) размерной точности номинального размера наиболее точной из стенок отливки, выходящей на разъем или пересекающей его.

Допуски неровностей поверхностей отливок выбираются в зависимости от степеней точности поверхностей отливок (табл. 3 ГОСТ 26645-85) и указываются в технических условиях на отливку.

Для обрабатываемых поверхностей отливок установлено симметричное расположение полей допусков, для необрабатываемых

поверхностей допускается симметричное и несимметричное расположение полей допусков размеров, формы, расположения.

Допуски массы должны соответствовать указанным в табл. 4 ГОСТ 26645-85. Устанавливается симметричное расположение поля допуска массы относительно номинальной массы.

Назначение припусков на обработку отливок

Минимальный литейный припуск на обработку поверхности назначают в соответствии с табл. 5 ГОСТ 26645-85 для устранения неровностей и дефектов литой поверхности и уменьшения шероховатости при отсутствии необходимости в повышении точности размеров, формы и расположения обрабатываемой поверхности.

Общие припуски назначают по табл. 6 ГОСТ 26645-85 согласно полным значениям общих допусков с целью повышения точности обрабатываемого элемента отливки. Общие припуски на поверхность вращения и противоположные поверхности, используемые в качестве баз при их обработке, назначают по половинным значениям общих допусков отливки.

Значения общего припуска для каждого интервала общих допусков, расположенные в разных строчках табл. 6 ГОСТ 26645-85 и соответствующие черновой, получистовой, чистовой и тонкой обработке, выбирают в зависимости от соотношений требуемых точностных параметров обработанной поверхности детали и исходных точностных параметров отливки, которые приведены в табл. 7, 8 ГОСТ 26645-85. Этим требованием фактически определяется последовательность обработки каждой поверхности отливки.

Составление технических требований на чертеже отливки

В технических требованиях чертежа отливки или детали с нанесенными размерами отливки должны быть указаны нормы точности отливки в следующем порядке:

1) класс размерной точности, который выбирается в зависимости от технологического процесса литья, габаритов отливки и типа сплава (прил. 1, табл. 9 ГОСТ 26645-85);

2) степень коробления, которая назначается в зависимости от отношения размеров элементов отливок, типа литейных форм получения отливки и ее термообработки (прил. 2, табл. 10 [41]);

3) степень точности поверхностей отливок, которая назначается в зависимости от технологического процесса литья, габаритов отливки, типа сплава ([41, табл. 11]);

4) класс точности массы, который выбирается в зависимости от технологического процесса литья, номинальной массы отливки, типа сплава ([41, табл. 13]);

5) допуск смещения отливки, который должен находиться на уровне допуска размерной точности соответствующего класса отливки ([41, табл. 1]).

Пример условного обозначения точности отливки 8-го класса размерной точности, 5-й степени коробления, 4-й степени точности поверхностей, 7-го класса точности массы с допуском смещения 0,8 мм:

Точность отливки 8 - 5 - 4 - 7 см, 0,8 (ГОСТ 26645-85).

Ненормируемые показатели точности отливок заменяются нулями, а обозначения смещения отсутствуют. Например:

Точность отливки 8 - 0 - 0 - 7 (ГОСТ 26645-85).

В технических требованиях чертежа отливки и детали с нанесенными размерами отливки должны быть указаны в нижеприведенном порядке значения номинальных масс детали, припусков на обработку, технических напусков и массы отливки.

Пример обозначения номинальных масс равных: для детали - 20,35 кг, для припусков на обработку - 3,15 кг, для технологических напусков - 1,35 кг, для отливки - 24,85 кг:

Масса 20,35 - 3,15 - 1,35 - 24,85 (ГОСТ 26645-85).

Для необрабатываемых отливок или при отсутствии технологических напусков соответствующие величины обозначают «0». Например:

Масса 20,35 - 0 - 0 - 20,35, ГОСТ 26645-85;

Масса 20,35 - 0 - 1,35 - 20,7 ГОСТ 26645-85.

В технических требованиях чертежа литой детали указывают только массу детали.

В технических требованиях на заготовку указывается допуск массы отливки ([41, табл. 4]) в процентах от номинальной массы отливок.

Оформление чертежа отливки

После определения припусков и допусков на поверхности отливок вычерчивается заготовка с учетом требований ГОСТ 2.243-73, ГОСТ 3.1125-88 [28, 48].

Для повышения качества отливок необходимо указать скругление наружных и внутренних углов при сопряжении стенок отливок. Величины радиусов скругления зависят от соотношения толщин сопрягаемых стенок и материала отливки ([72, табл. 3.2.6]).

Т а б л и ц а 3.2.6

Величины радиусов скругления, рекомендуемые для литых деталей

Материал отливки - чугун					
Средняя толщина сопрягаемых стенок $(e+e_1)/2$, мм	до 12	12...16	16...20	20...27	27...35
Радиус скругления, мм	6	8	10	12	15
Материал отливки - сталь					
Минимальная толщина сопрягаемых стенок, мм	до 6	6...10	10...15	15...20	20...25
Радиус скругления, мм	6...10	10...12	12...15	15...20	20...25

Толщина стенок отливки не должна быть меньше допустимой и зависит от материала отливки, ее массы и габаритов (табл. 3.2.7).

Т а б л и ц а 3.2.7

Технологически допустимая толщина стенок отливки

Материал отливки - серый чугун			
Наибольший габаритный размер, мм	до 250	250...500	500...1000
Минимальная толщина стенки, мм	3...5	5...7	6...10
Материал отливки - ковкий чугун			
Наибольший габаритный размер детали, мм	до 100	100...200	200...500
Минимальная толщина стенки, мм	2,5...4	3...5	4...6
Материал отливки - сталь			
Наибольший габаритный размер, мм	до 250	250...500	500...1000
Минимальная толщина стенки, мм	5...6	6...8	8...12

При проектировании отливки следует избегать образования в конструкции отливок полостей, каналов и отверстий с большой протяженностью и малым диаметром или поперечным сечением. Допустимые соотношения глубин отверстий и их диаметров приведены в табл. 3.2.8.

Т а б л и ц а 3.2.8

Минимальные размеры отверстий, выполняемых стержнями
в отливках

Материал отливки - чугун							
Глубина отверстия, мм	10...20	20...30	30...40	40...50	50...60	60...75	
Минимальная величина диаметра, мм	10	12	14	16	18	20	
Материал отливки - сталь							
Глубина отверстия, мм	10...20	20...30	30...40	40...50	50...60	60...75	
Минимальная величина диаметра, мм	25	27	30	35	40	45	

После нанесения на чертеж отливки всех конструктивных элементов и размеров составляются технические требования, которые должны являться основным документом по контролю качества отливки и ее приемки у заготовительного цеха. Пример составления технических требований приведен в прил. 2.

Порядок выполнения работы

1. Согласно варианту задания (прил. 1) изучить конструкцию детали, ориентировочно определить условия ее работы. По табл. 3.2.1 – 3.2.5 подобрать марку материала, определить его химический состав и физико-механические свойства, определить плоскость разъема формы, модели.

2. Определить поверхности детали, для которых необходимо обеспечить требуемую точность. На основании технологического процесса литья установить класс размерной точности (табл. 9 ГОСТ 26645-85).

3. Определить по табл. 11 ГОСТ ГОСТ 26645-85 степень точности поверхности отливок.

4. Назначить по табл. 10 ГОСТ 26645-85 степень коробления отливки.
5. На основании данных табл. 13 ГОСТ 26645-85 определить класс точности массы отливки.
6. В зависимости от номинальных размеров детали и класса размерной точности отливки определить допуски линейных размеров отливок ([41, табл.1]).
7. В зависимости от степени коробления отливки по табл. 2 ГОСТ 26645-85 определить допуск формы и расположения элементов отливки.
8. В зависимости от допусков размеров и допуска формы и расположения по табл. 16 ГОСТ 26645-85 определить общий допуск элементов отливки.
9. В зависимости от степени точности поверхности по табл. 14 ГОСТ 26645-85 определить ряд припусков.
10. По табл. 6 ГОСТ 26645-85 в зависимости от общего допуска и ряда припусков определить общий припуск.
11. Определить массу детали, заготовки, припуска и напуска; определить по табл. 4 ГОСТ 26645-85 допуск массы.
12. Выполнить чертеж отливки; указать припуски, допуски, литейные уклоны, радиусы закруглений, составить технические условия на выполнение отливки.
13. На стенде ознакомиться с заготовками, отлитыми в землю, визуально определить дефекты на заготовках.
14. Составить отчет.

Содержание отчета

1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Чертеж детали с указанием размеров.
4. Химический состав материала детали, физико-механические свойства материала.
5. Чертеж заготовки с указанием припусков, размеров, допусков на размеры.
6. Назначение технических условий на литейную заготовку.
7. Выводы.

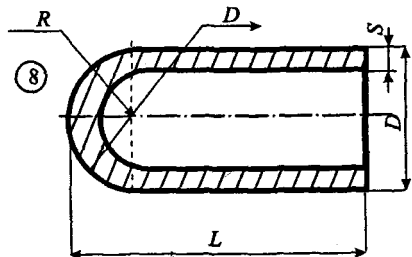
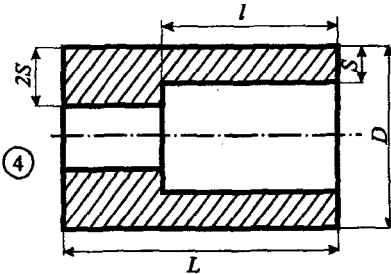
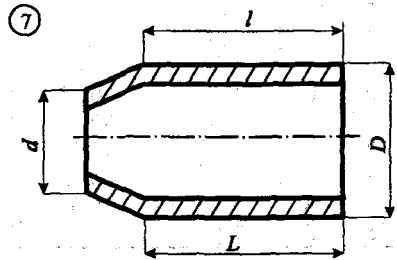
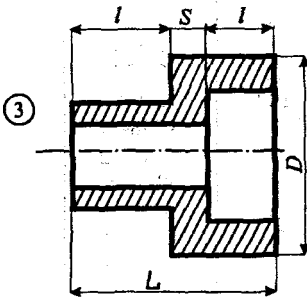
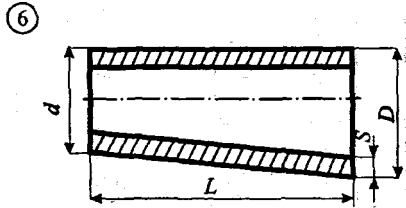
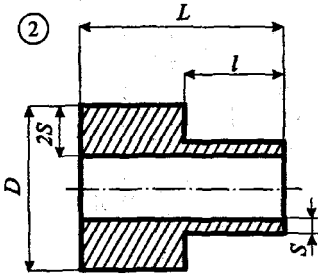
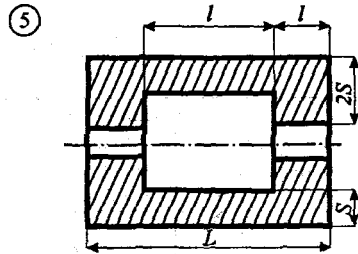
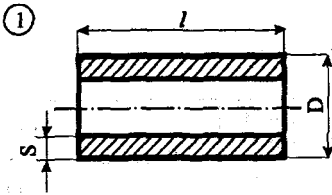
Контрольные вопросы

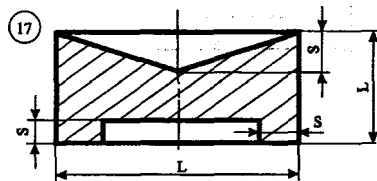
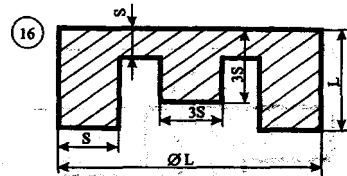
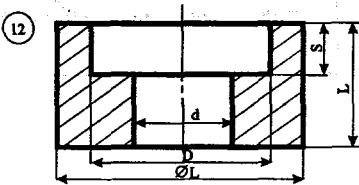
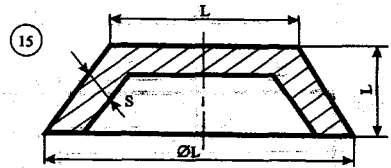
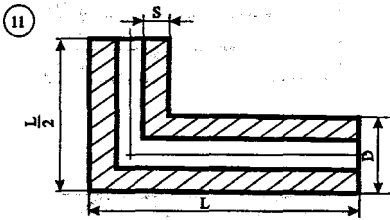
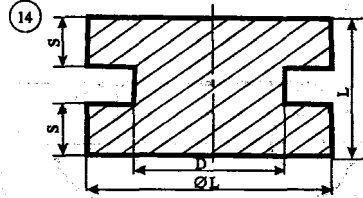
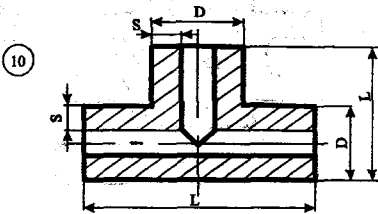
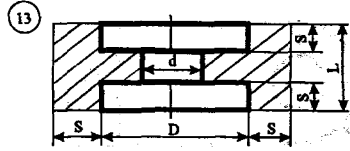
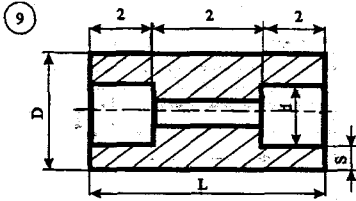
1. Что значит – выбрать заготовку?
2. Назовите основные операции технологического процесса получения заготовок.
3. Что входит в комплект модельно-опоковой оснастки?
4. Из каких частей состоит литейная форма?
5. Какие материалы используют для изготовления литейной формы?
6. Основные правила вычерчивания литой заготовки.
7. Назовите основные материалы, из которых изготавливают отливки.
8. Как назначается класс точности отливок по размерам и массе (ГОСТ 26645-85)?
9. Как определяется степень коробления отливки?
10. Как определяется ряд припусков на механическую обработку?
11. Что такое предельное смещение отливки?
12. Как определяются общие припуски на механическую обработку?

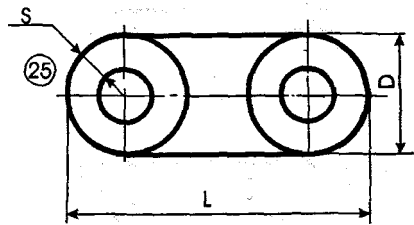
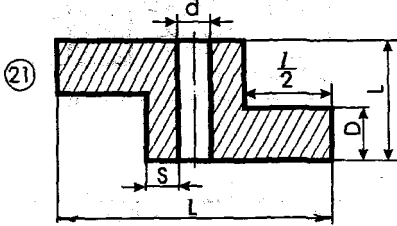
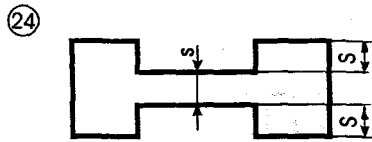
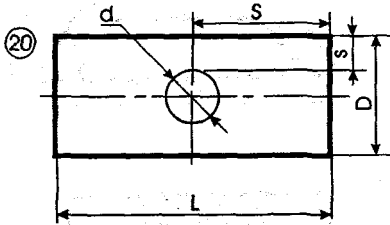
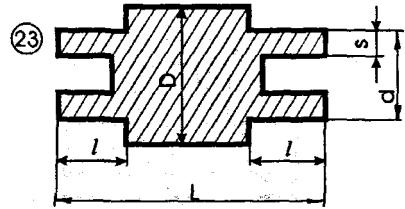
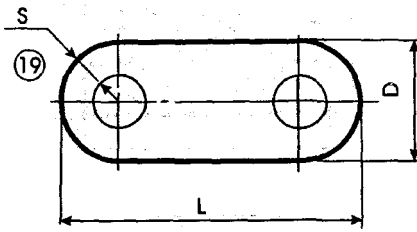
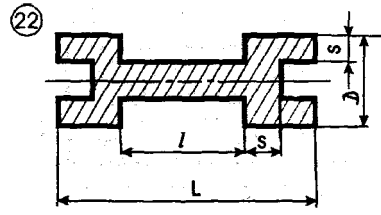
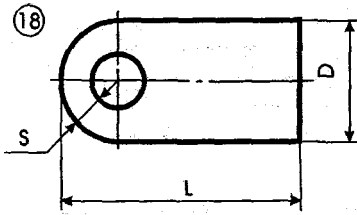
**ПРИЛОЖЕНИЯ
ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

Выбор варианта задания

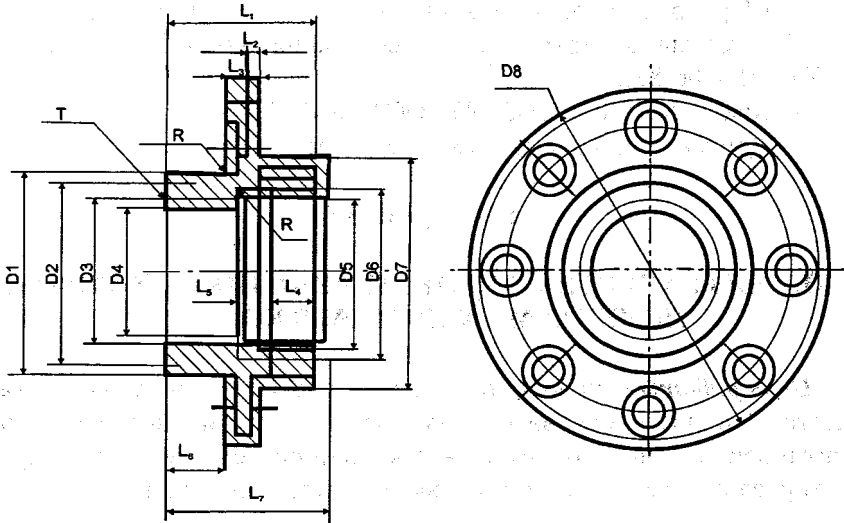
№ пп	Но- мер эски- за	Длина детали L, мм	Наибольший и наимень- ший диамет- ры D/d, мм	Толщина стенки S, мм	Длина участка ℓ, мм	Материал	При- ме- чание
1	1	180	60/30	15	-	Ст.15Л	
2	2	220	70/30	10	110	Ст.25Л	
3	3	200	80/60	12	100	Ст.30Л	
4	4	190	100/0	18	80	Ст.40Л	
5	5	200	70/0	12	90	Ст.45Л	
6	6	200	120/80	14	-	Ст.50Л	
7	7	300	130/60	12	150	Ст.55Л	
8	8	240	120/0	14	-	Ст.30ХНМЛ	
9	9	240	120/60	14	80	СЧ10	
10	10	200	100/0	20	-	СЧ15	
11	11	200	80/0	8	-	СЧ18	
12	12	180	100/40	18	70	СЧ20	
13	13	-	120/50	20	80	СЧ25	
14	14	200	140/0	20	80	СЧ30	
15	15	200	100/0	15	90	СЧ30	
16	16	190	-	14	85	СЧ35	
17	17	180	-	18	100	СЧ45	
18	18	200	80/0	12	-	ВЧ38-17	
19	19	240	80/0	20	-	ВЧ42-12	
20	20	220	120/50	-	-	ВЧ45-5	
21	21	200	80/0	15	60	ВЧ60-2	
22	22	220	90/0	15	80	ВЧ70-2	
23	23	210	100/55	10	-	КЧ30-6	
24	24	200	80/0	15	-	КЧ37-15	
25	25	200	90/0	15	-	КЧ50-4	







ДОПУСКИ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ
ЭЛЕМЕНТОВ ОТЛИВОК



1. Термообработка-нормализация 137...197 НВ.
2. Неуказанные литейные радиусы 6 мм, уклоны не более 2°.
3. Неуказанные толщины стенок 12 мм.
4. Смещение по разъему формы до +0,6 мм.
5. Допускается остаток питателя до 1,5 мм.
6. Допускается залив по разъему формы до 1,5 мм.
7. Допускаются заливы на стыках стержней и на выходе их из отливки до 0,9 мм.
8. Точность отливки 8-7-5-4 по ГОСТ 26645-85.
9. В труднодоступных для отрубки и очистки местах допускается пригар, не мешающий работе узла.
10. В узловых скоплениях металла допускаются усадочные рыхлости как следствие нормальной усадки, не влияющие на прочность стали.
11. На обрабатываемых поверхностях допускается не более 3-х раковин на поверхность.

12. В цилиндрическом отверстии на торце допускается не более одной раковины наибольшим измерением до 4 мм, глубиной до 4 мм, на расстоянии не менее 5 мм от кромки.

13. На плоскостях по разъему допускаются мелкие групповые раковины и чернота.

14. Маркировать: № модельного комплекта, № детали.

15. Остальные технические требования по ГОСТ 2.423-73 (СТ СЭВ 4406-83).

16. Масса 20,35-0,2-0,3-20,85 ГОСТ 26645-85.

17. Допуск массы 5 % по ГОСТ 26645-85.

Работа 3.3

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК, ПОЛУЧАЕМЫХ ЛИТЬЕМ В КОКИЛЬ

Цель работы – приобретение практических навыков оценки качества (точности основных размеров и состояния поверхностей) заготовок, получаемых литьем в кокиль, и освоение метода их проектирования. Работа рассчитана на два академических часа.

Основные положения

1. Кокиль – это металлическая форма, заполняемая жидким металлом под действием сил гравитации с высокой скоростью формирования отливки.

2. Процесс изготовления отливок в кокилях состоит из следующих операций:

1) подготовка кокилей (очистка, нагрев, нанесение облицовки и краски);

2) сборка кокилей (установка стержней, закрытие и закрепление частей кокиля);

3) заливка жидким металлом;

4) удаление отливок из кокиля после охлаждения;

5) обрубка, очистка, термообработка (при необходимости).

Преимущества кокильного литья перед литьем в песчаные формы:

1. Многократное использование.

2. Значительное повышение чистоты и точности отливок.

3. Повышение механической прочности поверхностного слоя отливок.

4. Увеличение выхода годного литья.

5. Повышение производительности труда.

6. Экономия производственной площади.

7. Снижение стоимости отливок.

8. Улучшение санитарно-гигиенических условий труда.

Ограничения:

1. Высокая стоимость кокилей.

2. Сравнительно небольшая стойкость (для стали и чугуна).

3. Сложность получения тонкостенных отливок из-за большой теплопроводности кокилей и связанной с этим быстрой кристаллизации металла.

В табл. 3.3.3-3.3.9 приведены основные данные по размерам, толщинам стенок, литейным уклонам и др. характеристикам отливок, получаемых литьем в кокиль.

По конфигурации наружной и внутренней поверхности все кокильные отливки можно разделить на 7 групп (рис. 3.3.1):

1 - простые, изготавливаемые без стержней, легко удаляемые из формы;

2 - простые, имеющие на поверхности ребра и выступы, изготавливаемые без стержней, легко удаляемые из формы;

3 - простые, изготавливаемые с песчаным стержнем, легко удаляемые из формы;

4 - со сложным контуром, изготавливаемые с несколькими стержнями;

5 - с фасонным контуром, изготавливаемые с одним или несколькими стержнями;

6 - с фигурным контуром, изготавливаемые с песчаными стержнями, имеющие симметрично расположенные фланцы, ребра и бобышки;

7 - со сложным контуром, кокиль имеет несколько плоскостей разъема (горизонтальных и вертикальных).

Отливки из алюминиевых сплавов, отливаемые в кокиль, по ОСТ 23.450-73, разделяются на следующие группы по назначению и видам контроля:

первая группа (1Г) - отливки неотчетливого назначения;

вторая группа (2Г) - отливки ответственного назначения;

третья группа (ЗГ) - отливки особо ответственного назначения и уникальные отливки.

Группа отливок и марка сплава устанавливаются конструктором. Группа отливок указывается в технических требованиях чертежа.

Для отливок, получаемых в кокиль из алюминиевых сплавов, ОСТ 23.4.51-73 [40] устанавливает три класса точности. Для всех классов точности устанавливаются симметричные поля допускаемых отклонений по размерам отливок. Допускаемые отклонения на литейные размеры, включая плоскость разъема, могут быть увеличены на 50 % от указанных в табл. 3.3.5, но не более 0,5 мм.

Припуски устанавливаются в зависимости от классов точности отливок.

Номинальные припуски на механическую обработку отливок должны соответствовать указанным в табл. 3.3.7. Припуски для верхней поверхности не должны превышать припусков, указанных в табл. 3.3.7, более чем на 50 %.

Припуски на обработку отверстий устанавливаются по величинам припусков, приведенных в табл. 3.3.7 для верхних поверхностей отливок.

Допускаемые отклонения по массе устанавливаются в зависимости от классов точности отливок.

Допускаемые верхние отклонения по массе отливок должны соответствовать табл. 3.3.8. Нижнее отклонение по массе ограничивается минусовыми отклонениями по размерам.

Допускаемые отклонения на размеры радиусов сопряжений должны соответствовать табл. 3.3.9.

Отливки из чугуна и стали при литье в металлическую форму без механической обработки ее рабочих поверхностей обычно выполняются по 3-8 классам точности ГОСТ 26645-85 [41].

Металлические формы, изготовленные путем механической обработки, обладают большей точностью, и получаемые в них отливки из чугуна и стали имеют точность 2-3-го классов по ГОСТ 26645-85. По этим классам точности назначаются и припуски на механическую обработку.

На поверхности отливок не должно быть трещин, неслитий, сквозных раковин, рыхлот и пригара. Поверхности, служащие базой для механической обработки, должны быть чистыми, без наплывов и повреждений. Базовые места должны быть указаны в чертежах, согласованных между заказчиком и поставщиком.

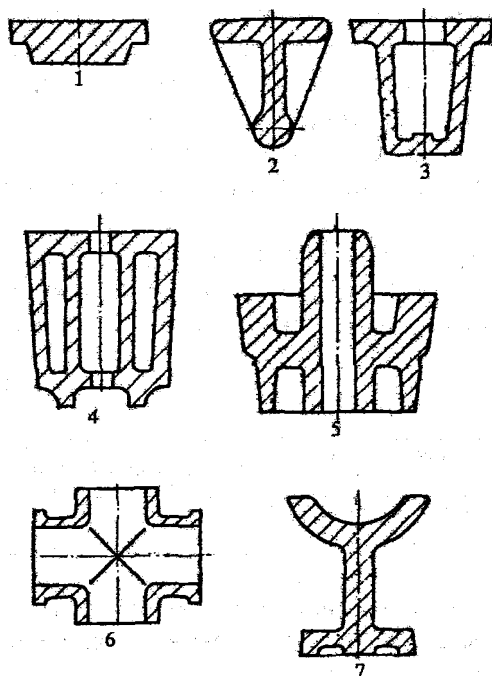


Рис. 3.3.1. Примеры кокильных отливок

Шероховатость необрабатываемых поверхностей отливок в отдельных случаях должна соответствовать эталону, согласованному между заказчиком и поставщиком.

На необрабатываемых поверхностях отливок места обрезки литников и выпоров, заливы и заусенцы должны быть зачищены. Отклонения на размеры отливок по месту зачистки должны быть в пределах допусков по ОСТ 23.4.51-73 [40].

На необрабатываемых поверхностях отливок следы стыков составных частей формы, вкладышей и толкателей, выступающие или углубляющиеся в тело отливки, не должны быть более 1 мм.

На необрабатываемых поверхностях отливок допускаются без исправления единичные мелкие раковины, шлаковые включения, засоры и другие дефекты.

Количество, размер и место расположения допускаемых дефектов оговариваются в зависимости от группы отливок и габаритов

литья техническими требованиями чертежа и отливки, но они не должны превышать после приведения их к чистой раковине:

а) по диаметру - 5 мм для отливок первой группы и 3 мм для отливок второй и третьей групп;

б) по глубине - 1/3 толщины стенки отливок, но не более 3 мм для отливок первой группы и 2 мм для отливок второй и третьей групп;

в) по количеству раковин на одну отливку (табл. 3.3.1), при этом на 100 см² поверхности отливки допускаемое количество дефектов не должно быть более 4-х с расстоянием между дефектами не менее 10 мм.

Т а б л и ц а 3.3.1

Размеры развернутой поверхности литья, см ²	До 1000	1000-3000	3000-6000	Св. 6000
Допустимое количество раковин на 1 детали, не более	4	6	10	15

Примечание. Чистые единичные раковины диаметром 1,0 мм в расчет не принимаются (чистая раковина - очищенная от всех загрязнений).

На необрабатываемых поверхностях отливок допускаются зоны мелких групповых дефектов в виде газовых раковин, шлаковых включений и т. п.

Количество зон дефектов, а также количество размеров дефектов в зоне необходимо оговаривать в технических требованиях, но они не должны быть диаметром и глубиной более 1 мм, а по количеству дефектов в зоне - не более 5 штук на площади 5 см².

На обрабатываемых поверхностях отливок остаток от литниковых выпоров не должен превышать 5 мм, допускаются дефекты в виде пленок, вскипов, засора и др., выводимые припуском на механическую обработку.

Количество, размер и место расположения допускаемых дефектов оговариваются в зависимости от группы отливок и габаритов литья техническими требованиями чертежа отливок, но они не должны быть более 2,5 мм по диаметру; 2 мм по глубине, а по количеству на 1 деталь - указанному в табл. 3.3.2.

Размеры развернутой поверхности литья, см ²	До 1000	1000-3000	3000-6000	Св.6000
Допустимое количество раковин на одной детали	2	3	6	10

Методические указания

Для выполнения работы на 3-4 студента выдается чертеж детали и 3-5 заготовок этой детали, изготовленных литьем в кокиль, а также чертеж детали другого типоразмера, для которой необходимо разработать чертеж заготовки, получаемой этим же методом (чертежи деталей даны в отдельном альбоме).

Для оценки качества имеющихся заготовок следует произвести измерения их основных размеров (наружных и внутренних диаметров, толщины стенок, габаритных размеров, смещения осей и др.).

Вид и количество измеряемых параметров устанавливается индивидуально (по согласованию с преподавателем) в зависимости от служебного назначения, конструктивной формы и требований к точности изготовления.

Состояние характерных поверхностей отливок оценивается по наличию трещин, сквозных раковин, рыхлота, шлаковых включений и других дефектов.

Кроме того, нужно приблизительно оценить шероховатость этих поверхностей заготовок в сравнении с образцами. При этом должны быть рассмотрены:

- поверхности, которые предполагается использовать в качестве баз при механической обработке;
- обрабатываемые при изготовлении детали поверхности;
- поверхности, не подвергающиеся обработке, т. е. оставляемые в «черном виде»;
- поверхности, характеризующиеся положением их при отливке (нижние, верхние, боковые).

Следует охарактеризовать возможное влияние точности и состояния поверхностей анализируемых заготовок на механическую обработку и качество готовой детали, а также определить, могут ли выявленные дефекты быть допущены (по техническим требованиям) или заготовки должны быть забракованы.

На основании выданного чертежа, используя соответствующие стандарты, необходимо назначить припуски на механическую обработку для заданных поверхностей детали.

Для указанных в табл. 3.3.5 классов точности отливок назначаются допускаемые отклонения на размеры.

Далее выполняется рабочий чертеж отливки с указанием припусков на механическую обработку, допускаемых отклонений и технических требований, которые записываются в такой последовательности:

- а) твердость материала заготовки;
- б) неуказанные литейные радиусы и уклоны;
- в) неуказанные толщины стенок;
- г) группа отливки по степени сложности и методам контроля.

Пример выполнения чертежа отливки в кокиль приведен в ГОСТ 26645-85.

Порядок выполнения работы

1. Вычертить приближенный эскиз заготовки анализируемого типоразмера с указанием контролируемых в работе размеров и характерных поверхностей. Установить критерии оценки состояния поверхностей данного вида заготовок.

2. Произвести измерения этих размеров на трех-пяти однотипных заготовках. Результаты занести в таблицу.

3. Подсчитать средние арифметические значения измеренных размеров и установить класс точности анализируемых заготовок.

4. Произвести усредненную оценку состояния характерных поверхностей заготовок по выбранным критериям. Оценить шероховатость указанных поверхностей в сравнении с образцами. Результаты занести в таблицу.

5. Дать краткую характеристику возможного влияния точности и состояния поверхностей анализируемых заготовок на механическую обработку и качество готовой детали.

6. Выполнить рабочий чертеж заданной детали с соответствующими техническими требованиями.

7. Назначить по ОСТ 23.4.51-73 (табл 3.3.7) припуски на обработку отдельных поверхностей деталей.

8. Назначить по ОСТ 23.4.51-73, табл. 3.3.5 допускаемые отклонения на литейные размеры, включая толщины стенок и радиусы сопряжений, и нанести их на чертеж заготовки.

9. Оформить чертеж отливки с соответствующими техническими требованиями.

Содержание отчета

1. Название работы.

2. Задание и необходимая оснастка.

3. Эскиз заготовки анализируемого типоразмера с указанием контролируемых размеров и характерных поверхностей.

4. Таблица измерений заданных размеров для трех-пяти однотипных заготовок.

5. Расчет средних арифметических значений заданных размеров и установление класса точности анализируемых заготовок.

6. Таблица усредненной оценки состояния характерных поверхностей заготовок по выбранным критериям и шероховатости указанных поверхностей в сравнении с образцами.

7. Краткая характеристика возможного влияния точности и состояния поверхностей анализируемых заготовок на механическую обработку и качество готовой детали.

8. Чертеж отливки с назначенными по соответствующим стандартам припусками и допусками на обрабатываемые поверхности детали.

Контрольные вопросы

1. В чем преимущества и недостатки кокильного литья?

2. На сколько групп разделяются кокильные отливки по конфигурации наружной и внутренней поверхности?

3. На сколько и на какие группы разделяются отливки из алюминиевых сплавов по назначению и видам контроля?

4. Сколько классов точности кокильных отливок из алюминиевых сплавов?

5. Какие наиболее характерные отклонения по качеству необрабатываемых и обрабатываемых поверхностей алюминиевых отливок в кокиль?

Диаметр d_{\min}	Глубина h_{\max}		Наружной	Внутр.
	Глухие	Сквозные		
8	2d	3d	-	
10	1,5d	2d	6	

Т а б л.

Формовочные уклоны наружных поверхностей (по ГОСТ 3212-80)

(не более)	Измеряемая высота поверхности модели, мм						
	До 20	20-50	50-100	100-200	200-300	300-800	800-2000
	1°30'	1°	0°45'	0°30'	0°30'	0°20'	-

Т а б л.

Допускаемые отклонения для отливок из алюминиевых сплавов, получаемых в коки
(ОСТ 23.4.51-73)

Наибольший габаритный размер необработанной отливки	Номинальные размеры отливок, мм							
	До 60	Св.60 до 100	Св.100 до 200	Св.200 до 300	Св.300 до 500	Св.500 до 800	Св.800 до 1200	Св.1200 до 1800
До 200	±0,3	±0,4	±0,6	-	-	-	-	-
Св.200 до 500	±0,6	±0,8	±1,0	±1,2	±1,4	-	-	-
Св.500 до 1200	±0,8	±1,0	±1,2	±1,4	±1,6	±1,8	±2,0	-
Св. 1200	±1,0	±1,2	±1,4	±1,5	±1,8	±2,0	±2,2	±2,5
До 200	±0,8	±1,0	±1,2	-	-	-	-	-
Св.200 до 500	±1,0	±1,2	±1,4	±1,6	±1,8	-	-	-
Св.500 до 1200	±1,4	±1,6	±1,8	±2,0	±2,2	±2,5	±3,0	-
Св. 1200	±1,6	±1,8	±2,0	±2,2	±2,5	±3,0	±3,5	±4,0
До 200	±1,0	±1,2	±1,4	-	-	-	-	-
Св.200 до 500	±1,2	±1,4	±1,6	±1,8	±2,2	-	-	-
Св.500 до 1200	±1,6	±1,8	±2,0	±2,2	±2,5	±3,0	±3,5	-
Св. 120	±1,8	±2,0	±2,2	±2,5	±3,0	±3,5	±4,0	±4,5

и	Наибольший габаритный размер отливки	Номинальные размеры толщины стенок			
		До 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 20	Св. 20 до 30
	До 200	±0,6	±0,7-	±0,8-	±1,0
	Св. 200 до 500	±0,7	±0,8	±0,9	±1,0
	Св. 500 до 1200	±0,8	±0,9	±1,0	±1,0
	Св. 1200	±1,0	±1,2	±1,5	±1,5
	До 200	±0,8	±1,0	±1,2	±1,2
	Св. 200 до 500	±1,0	±1,2	±1,5	±1,5
	Св. 500 до 1200	±1,2	±1,5	±1,8	±1,8
	Св. 1200	±1,0	±1,8	±2,0	±2,0
	До 200	±1,0	±1,2	±1,5-	±1,5
	Св. 200 до 500	±1,2	±1,5	±1,8	±1,8
	Св. 500 до 1200	-	±1,8	±2,0	±2,0
	Св. 120	-	±2,0	±2,5	±2,5

Т а б л и

Номинальные припуски на механическую обработку отливок (мм) (ОСТ 23.4.51-73)

Наибольший габаритный размер отливки	Положение поверхности при заливке	Номинальные размеры отливок, мм						
		До 100	Св. 100 до 200	Св. 200 до 300	Св. 300 до 500	Св. 500 до 800	Св. 800 до 1200	Св. 1200 до 1800
До 200		1,5	1,5	-	-	-	-	-
Св. 200 до 300		2,0	2,0	2,5	-	-	-	-
Св. 300 до 500		2,0	2,5	2,5	3,0	-	-	-
Св. 500 до 800		2,5	2,5	3,0	3,0	3,0	-	-
Св. 800 до 1200		3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	4,0	-
Св. 1200 до 1800		3,0	3,5	4,0	4,5	4,5	5,0	5,0
Св. 1800		3,5	4,0	4,5	5,0	5,0	5,5	6,0
До 200	Низ.	2,0	2,5	-	-	-	-	-
Св. 200 до 300	Бок.	2,5	3,0	3,0	-	-	-	-
Св. 300 до 500		3,0	3,5	3,5	4,0	-	-	-
Св. 500 до 800		3,0	3,5	4,0	4,0	4,5	-	-
Св. 800 до 1200		3,0	3,5	4,0	4,5	4,5	5,0	-
Св. 1200 до 1800		3,5	4,0	4,5	5,0	5,0	5,5	6,0
Св. 1800		4,0	4,5	5,0	5,5	5,5	6,0	6,0
До 200		2,5	3,0	-	-	-	-	-
Св. 200 до 300		3,0	3,5	3,5	-	-	-	-

Т а б л и ц а 3.3.8

Допускаемые отклонения по массе отливок, %

Номинальная масса отливок, кг	Класс точности		
	IV	V	VI
До 1	6,0	6,5	7,0
Св. 1 до 5	5,0	5,5	6,0
Св. 5 до 25	4,5	5,0	5,5
Св. 25	4,0	4,5	5,0

Т а б л и ц а 3.3.9

Допускаемые отклонения на размеры радиусов сопряжений, мм

Размер радиуса	Класс точности		
	IV	V	VI
До 4	$\pm 0,4$	$\pm 0,6$	$\pm 0,8$
Св. 4 до 10	$\pm 0,6$	$\pm 0,8$	$\pm 1,0$
Св. 10 до 16	$\pm 0,8$	$\pm 1,0$	$\pm 1,2$
Св. 16 до 25	$\pm 1,0$	$\pm 1,3$	$\pm 1,6$
Св. 25 до 40	$\pm 1,4$	$\pm 1,8$	$\pm 2,0$
Св. 40 до 60	$\pm 2,0$	$\pm 2,4$	$\pm 2,6$
Св. 60 до 100	$\pm 2,6$	$\pm 3,0$	$\pm 3,5$
Св. 100 до 160	$\pm 3,5$	$\pm 4,0$	$\pm 4,6$

Р а б о т а 3.4

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Цель работы – практическое освоение методики расчета размеров заготовки, рабочей полости прессинструмента при получении заготовок методом порошковой металлургии; приобретение практических навыков оценки их качества.

Работа рассчитана на 4 академических часа.

Общие положения

Основное преимущество металлокерамического производства перед обычным – малые потери материала (7... 10 %) на протяжении всего производственного цикла.

Получение заготовок методом порошковой металлургии экономически оправдано при крупносерийном и массовом производстве. Высокие удельные давления прессования, низкая текучесть порошков ограничивают использование этого метода получения заготовок для деталей сложной формы небольших размеров. Именно поэтому наиболее характерным порошковым изделием стала деталь массой до одного килограмма.

Самый распространенный, простой и экономически целесообразный метод формования порошковых материалов - метод холодного прессования в закрытых формах. Технологический процесс производства изделий состоит из следующих основных операций: получение металлического порошка или смеси порошков, прессование (формование), спекание (термообработка), окончательная обработка (механическая обработка, доводка, калибровка, термообработка) [14].

При анализе технологичности производства порошковых изделий следует учитывать: размеры изделий; отношение длины к диаметру (не более 3...4); отношение высоты изделия к толщине стенки (не более 8...10); наличие радиальных выступов, канавок, углублений резьбы, конусности; продольных и радиальных отверстий; изменения в сечениях деталей, требуемую их плотность; величины допусков и шероховатость поверхностей; требования, предъявляемые по механическим и физико-химическим свойствам.

При выборе спеченного материала следует рассматривать плотность и пределы прочности при изгибе и растяжении материала детали и порошка. Химический состав и свойства порошков приведены в табл. 3.4.1 [18].

Т а б л и ц а 3.4.1

Химический состав и свойства порошков и конструкционных материалов на основе железа

Марка	Химический состав, %	Плотность $\times 10^3 \text{ кг/м}^3$ (г/см ³)	Проч- ность на изгиб, 10 МПа (кг/см ²)	Ударная вязкость, $\times 100 \text{ кДж/м}^2$	Твер- дость, НВ
1	2	3	4	5	6
Железный порошок ГОСТ9849-74					
ИЖ4М2	Fe-98; C-0,12;	5,3...6,1			
ИЖ4М3	Si-0,25; Mn-0,5;				
	O ₂ -1,0				
Медный порошок ГОСТ 4960-75					
ИМС-1	Fe-0,02; Cu-99,5;				
ИМС-2	PG-0,05; O ₂ -0,3				
Никелевый порошок ГОСТ 9722-71					
ИНК-0Т2	Fe-0,015; C-0,15;				
	Ni-99,8				
ИНК-1Т2	Fe-0,010; C-0,3;				
	Ni-99,9				
Оловянный порошок ГОСТ 9723-73					
ПО1, ПО2	Fe-0,02; Cu-0,03;				
	Sn-99,1				
Конструкционные материалы на основе железа					
Ж-6,6	Fe-100	6,6	22	1,5	70
Ж-7,3	Fe-100	7,3	50	9,0	90
ЖГр0,5-7,3	Fe-основа;				
	C-0,4...0,6	7,3	60	1,0	100
ЖГр1-6,6	Fe-основа; C-0,6...1	6,6	35	0,4	80
ЖДЗ-6,6	Fe-основа; Cu-2,5...3	6,6	30	0,6	70
ЖДЗН2-6,6	Fe-основа; Cu-2,5...3	6,6	40	1,7	80
	Ni-1,6...2,0				
ЖДЗН5-6,6	Fe-основа; Cu-4...5;	6,6	60	0,7	100
	Ni-4...5				
ЖД1703-6,9	Fe-основа; Cu-16...17;	6,9	55	1,0	80
	Sn-2,5...3,0				
ЖГр0,4	Fe-основа; C-0,4...0,6;	6,6	80	0,4	130
Д4НЗ-6,6	Cu-3,4...4,0;				
	Ni-2,5...3,0				
ЖД302-6,6	Fe-основа; Cu-2,5...3	6,6	25	0,3	80
	Sn-1,5...2,0				

1	2	3	4	5	6
ЖГр0,4	Fe-основа; C-0,4...0,6;	7,3	110	1,5	150
Д4НЗ-7,3	Cu-3,4...4,0 Ni-2,5...3,0				
ЖД2НМЗ-7,3	Fe-основа; Cu-2...2,5 Ni-2,5...3,0 Mo-0,8...1,0	7,3	90	2,5	150

Примечание: насыпная плотность порошков, $\times 10^3 \text{ кг/м}^3$ (г/см^3): ИЖ4М2 – 2,3; ИЖ4М3 $\geq 2,6$; ПМС-1; ПМС-2 – 1,25...2,0; ПНК-ОТ2; ПНК-2Т2 – 2,51...2,99; ПО1 – 3,0...4,0; ПО2 – 3,2...4,2.

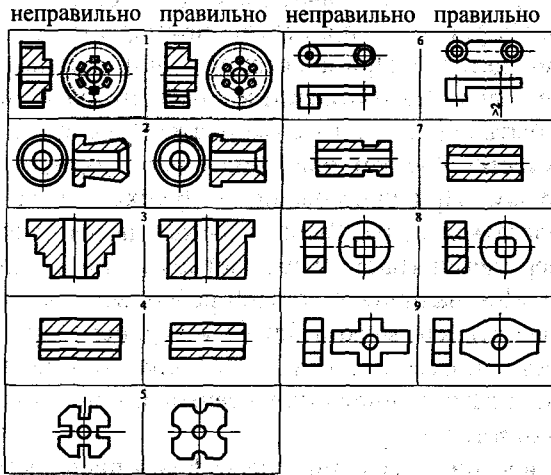


Рис. 3.4.1. Примеры конструирования металлокерамических заготовок

При конструировании заготовок следует придерживаться следующих рекомендаций (рис. 3.4.1):

1) прямозубые шестерни можно изготавливать прессованием, начиная с модуля более 0,8 мм; диаметр ступицы зубчатого колеса должен быть минимум на 2 мм меньше диаметра окружности впадин; отверстия должны быть по возможности круглыми, чтобы не прибегать к дорогому инструменту;

2) «обратная» конусность возможна только при введении обработки резанием;

3) из-за конструктивных ограничений пресса перепад ступеней по диаметру не должен быть менее 2 мм;

4) толщина стенки эксцентрично расположенного отверстия должна быть не менее 1 мм;

5) деталь должна иметь закругленные кромки;

6) переходы от ступицы к плечу рычага целесообразно выполнять так, как показано на рисунке;

7) изготовление канавки прессованием невозможно, необходима дополнительная обработка резанием.

Изделия, которые прежде изготавливались из малоуглеродистых сталей и чугунов, можно изготавливать либо из чистого железного порошка марки 1Ш4М2, 1Ш4М3, либо из железного порошка, содержащего до 1 % графита.

При проектировании заготовки следует максимально упростить форму детали. На рис. 3.4.1 приведены примеры необходимого упрощения формы деталей. При конструировании деталей 1, 5, 6, 8, 9 следует избегать выточек и отверстий с острыми углами. Детали 2, 3, 7 не могут быть спрессованы в окончательном виде. При сопряжении поверхностей следует предусматривать радиус закругления не менее 0,25 мм. При прессовании «глухих» отверстий фланец должен располагаться у дна. Разница между двумя рядом расположенными отверстиями (наружными поверхностями) должна быть не менее 2 мм. При наличии у деталей ребер, выемок, приливов их следует располагать как можно ближе к верхнему краю матрицы. Не рекомендуется прессовать изделия с тонкими лезвиями, узкими и глубокими шлицами клиновидного сечения, шпоночные канавки, тонкие шпильки и т. д. [29].

При проектировании изделий с рельефным профилем необходимо определить направление наиболее выгодного прессования. При выборе направления прессования следует руководствоваться тем, что для изделий, имеющих ось вращения, усилие прессования должно быть направлено вдоль этой оси, а изделия, не имеющие оси вращения, должны прессоваться в таком положении, при котором они имеют наименьшее количество переходов или изменений толщины.

Сложными для изготовления являются детали, имеющие различные расположенные по высоте внешние или внутренние фланцы, а также детали, имеющие отверстия. Для изготовления таких деталей приме-

няются многопуансонные пресс-формы. Монолитным пуансоном прессуют только те изделия, сечение которых изменяется по высоте не более чем на 25%. Изготовление отверстий любой формы (но размером не менее 2...3 мм), расположенных в направлении прессования, с помощью стержней не представляет каких-либо трудностей.

Схема пресс-формы для получения изделий простой цилиндрической формы с отношением высоты к диаметру меньше 1 односторонним прессованием приведена на рис. 3.4.2.

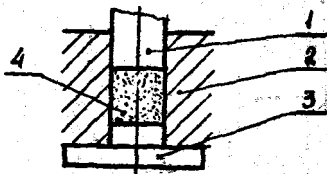


Рис. 3.4.2. Схема пресс-формы: 1 – верхний пуансон; 2 – матрица; 3 – нижний пуансон; 4 – порошок

При необходимости прессования изделий с отношением высоты к диаметру (поперечному размеру) более 1 или когда форма изделия такова, что одностороннее прессование не может обеспечить равномерную плотность по объему изделия, используют пресс-формы двустороннего прессования, схемы которых приведены на рис. 3.4.3 – 3.4.5.

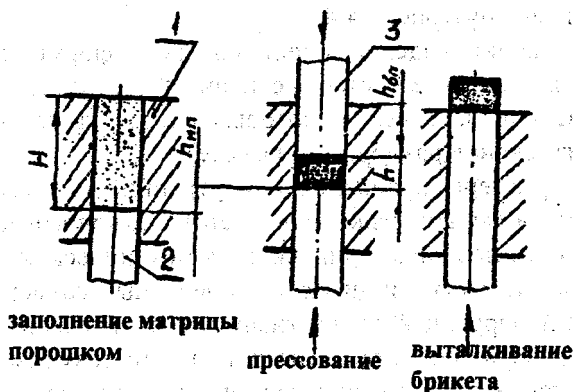


Рис. 3.4.3. Схема пресс-формы с неподвижной матрицей для двустороннего прессования: 1 – матрица; 2 – нижний пуансон; 3 – верхний пуансон

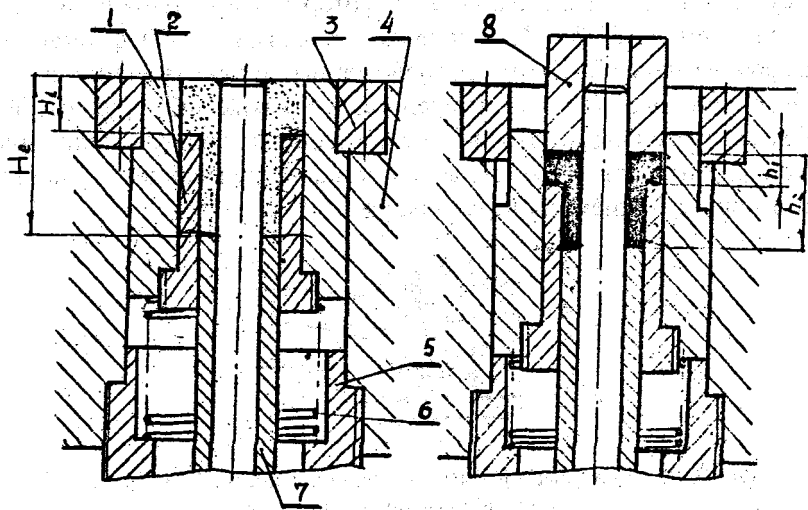


Рис. 3.4.4. Схема пресс-формы для прессования втулок с наружным верхним буртом: 1 – матрица; 2; 7 – составные элементы нижнего пуансона; 3 – кольцо; 4 – обойма; 5 – упор; 6 – пружина; 8 – верхний пуансон

В этом случае матрица может быть неподвижна (усилие прикладывается к верхнему и нижнему пуансонам) (рис. 3.4.3, 3.4.5), подвижна или «плавать», опираясь на пружину (усилие прикладывается к верхнему пуансону), рис. 3.4.4.

Для прессования изделий очень сложной формы применяют верхние и (или) нижние составные пуансоны с несколькими подвижными частями, количество которых соответствует количеству переходов (изменения размеров по высоте).

Основные размеры пуансонов и внутренние полости матрицы определяются размерами изделия с учетом технологических и физических свойств порошка, припусков на механическую обработку. Расчету подлежат высота и диаметр (поперечный размер) матрицы, формирующий наружный габаритный размер прессовки, диаметр стержня, формирующего отверстие детали или размеры составных пуансонов, а также высота верхнего и нижнего пуансонов.

При проектировании пресс-формы предварительно составляют ее эскизную схему с учетом направления и специфических особенностей прессования [52].

Высоту матрицы рассчитывают по формуле

$$H_{\text{матр}} = \frac{\gamma_n}{\gamma_H} \left(h_H \pm \frac{A_h}{2} + q_h - \Delta h_n \pm \Delta h_{yc} \right) + 2\ell, \quad (3.4.1)$$

где γ_n – плотность спрессованного изделия, кг/м³;

γ_H – насыпная плотность порошка, кг/м³;

h_H – номинальная высота готового изделия, мм;

A_h – допуск на размер h_H , мм;

q_h – припуск на дополнительную обработку, мм;

Δh_n – величина упругого последействия, которая находится по формуле $\Delta h_n = 0,005 h_H$;

Δh_{yc} – величина усадки, которая находится по формуле $\Delta h_{yc} = (0,01 \dots 0,02) h_H$. Причем величина усадки берется со знаком «+», если при спекании размер уменьшается, и со знаком «-», если этот размер увеличивается;

ℓ – высота заходной части матрицы под верхний или нижний пуансоны, принимаемая обычно равной 10...15 мм. Размер полости матрицы рассчитывается по формуле

$$D_{\text{матр}} = D_H \pm \frac{A_D}{2} - \Delta \ell_n \pm \Delta \ell_{yc} + q_D, \quad (3.4.2)$$

где D_H – соответствующий номинальный размер наружной поверхности изделия, формирующийся в данной полости матрицы, мм;

A_D – допуск на размер D_H , мм;

$\Delta \ell_n$ – величина упругого последействия по размеру D_H , мм; определяется $\Delta \ell_n = 0,003 D_H$ [4];

$\Delta \ell_{yc}$ – величина усадки при спекании по размеру D_H , мм; определяется $\Delta \ell_{yc} = (0,01 \dots 0,02) D_H$. Если при спекании размер уменьшается, то в расчете берется знак «+», если увеличивается, то знак «-»;

q_D – припуск на дополнительную обработку.

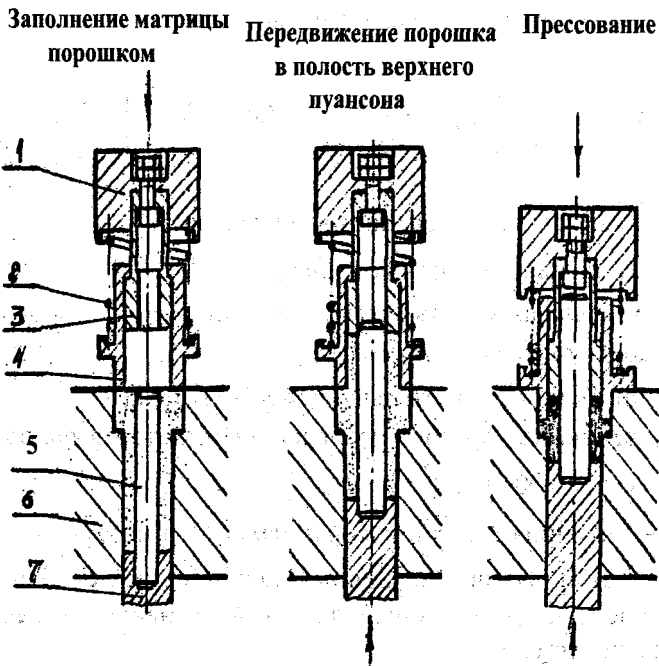


Рис. 3.4.5. Схема автоматической прессформы для прессования втулок с наружным буртом посередине: 1 — основание верхнего пуансона; 2 — пружина; 3 — неподвижная часть верхнего пуансона; 4 — подвижная часть верхнего пуансона; 5 — стержень; 6 — матрица; 7 — нижний пуансон

Формулу (3.4.2) используют также для определения размера стержня ($d_{ст}$), формирующего внутреннее отверстие изделия, причем за D_H принимают соответствующий размер отверстия. При расчете $D_{матр}$ половину допуска $A_{D/2}$ берут со знаком «-», при расчете d_c половину допуска $A_{D/2}$ берут со знаком «+».

Высоту пуансона, к которому прикладывают прессующее усилие и который одновременно служит для выталкивания изделия, можно определить по формуле

$$H_{пуан} = H_{матр} + L, \quad (3.4.3)$$

где L — либо высота, необходимая для крепления пуансона в пуансонодержателе, либо размер, равный 5...10 мм, если пуансон не нужно крепить в пуансонодержателе.

Высота второго пуансона в этом случае должна быть равна высоте заходной части матрицы и составляет обычно 10...15 мм. Если же пуансон, к которому прикладывается прессующее усилие, не является одновременно и выталкивателем, то его высота определяется по формуле

$$H_{\text{пуан}} = H_{\text{матр}} - h - l + (5...10),$$

где $H_{\text{матр}}$, h , l – имеют значения, указанные в формуле (3.4.1), а высота второго пуансона, служащего для выталкивания, рассчитывается по формуле (3.4.3).

Рекомендуются следующие посадки на сопрягаемые поверхности деталей пресс-форм: Н7/ф7, Н8/е8, Н9/е9.

Достижимая точность металлокерамических изделий – в пределах допусков 8, 9-го квалитетов, шероховатость $Ra = 2,5...1,25$; рекомендуемая точность размеров – 10, II квалитет, шероховатость $Ra = 5...1,25$. При более высоких требованиях к точности металлокерамических изделий они калибруются (шлифуются или полируются). При этом достигается точность размеров в пределах 7-го квалитета, шероховатость $Ra = 1,25...0,32$.

В практической работе припуск на калибровку рекомендуется оставлять 0,25...0,5 мм [1]. Калибровка производится по высоте и диаметру. Наружные поверхности следует калибровать с большими припусками, а внутренние – с меньшими.

Правильность выбора навески прессуемого порошка – одно из важных условий изготовления деталей заданных размеров и формы. При расчете навески пользуются формулой

$$Q = \gamma_k \cdot V \cdot (1 - \Pi) \cdot m_1 \cdot m_2, \quad (3.4.4)$$

где V – объем готового изделия, м^3 ;

γ_k – плотность беспористого материала, γ_k для стали равна 7800 кг/м^3 ;

Π – достигаемая пористость готового изделия;

m_1 – коэффициент, учитывающий потери порошка при прессовании; $m_1 = 1,005...1,01$ (в зависимости от точности изготовления деталей пресс-формы);

m_2 – коэффициент, учитывающий потери веса при спекании в результате восстановления окислов и выгорания примесей; $m_2 = 1,01 \dots 1,03$.

При прессовании многокомпонентных материалов (порошковых смесей) их плотность рассчитывается по правилу аддитивности:

$$\gamma_k = \frac{100}{\frac{a_1}{\gamma_1} + \frac{a_2}{\gamma_2} + \frac{a_3}{\gamma_3} + \dots + \frac{a_n}{\gamma_n}}, \quad (3.4.5)$$

где $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \dots, \gamma_n$ – плотность отдельных компонентов, кг/м^3 ;

$a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ – содержание отдельных компонентов в шихте, % (по массе).

Заготовки контролируются по следующим параметрам: внешний вид, геометрические размеры, плотность, твердость, химический состав готового изделия.

С помощью визуального осмотра выявляются такие виды брака, как сколы, трещины, задиры, окисление поверхности заготовки. Если дефекты незначительны, их устраняют в процессе дальнейшей механической обработки заготовки. Изделия с окисленными поверхностями подвергаются повторному спеканию или дополнительному нагреву при температуре $800 \dots 900^\circ\text{C}$.

Геометрические размеры деталей контролируют с помощью стандартного измерительного инструмента (штангенциркуль, микрометр) с точностью до $0,01 \dots 0,1$ мм. Если геометрические размеры детали превышают расчетные, но масса соответствует заданной, деталь подвергают повторному прессованию.

Плотность спеченных изделий правильной геометрической формы определяется расчетным путем, который заключается в измерении детали, определении ее объема, взвешивании, расчете плотности. Плотность $\gamma_{изд}$ определяется по формуле

$$\gamma_{изд} = \frac{m'_1}{V}, \quad (3.4.6)$$

где m_1' – масса детали, кг;

V – объем детали, m^3 .

Наряду с плотностью важное значение имеет пористость $\Pi_{од}$, которая выражается формулой

$$\Pi_{од} = \left(1 - \frac{\gamma_{изд}}{\gamma_K} \right) \cdot 100. \quad (3.4.7)$$

Плотность изделий сложной геометрической формы определяется методом гидростатического взвешивания.

Твердость спеченных изделий измеряется с помощью приборов Бринелля или Роквелла.

Химический состав спеченных конструкционных изделий определяется с помощью химического анализа. В материалах на основе железа целесообразно контролировать лишь те компоненты, содержание которых может изменяться в процессе спекания (графит, сульфиды металлов и др.) [53].

Методические указания

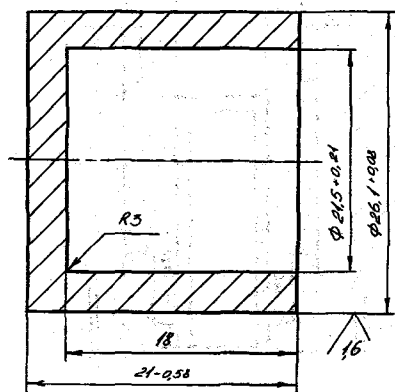


Рис. 3.4.6. Втулка

Методика выполнения работы рассматривается на следующем примере. Втулка, показанная на рис. 3.4.6, должна иметь следующие технические характеристики: масса 0,032 кг; пористость 17...25%; $\sigma = 170$ МПа; $a_K = 40$ кДж/м²; твердость 90 НВ. Исходя из заданных свойств детали выбирается материал детали (табл. 3.4.1). В данном случае заданным техническим характеристикам удовлетворяют материалы: Ж-7,3; ЖГр0,5-7,3;

ЖДСН5-6,6. Для изготовления втулки выбирается ЖГр0,5-7,3. Относительная плотность спрессованного изделия $100 - (17...25) = 83...75(\%)$, плотность спрессованного изделия, которую необходимо получить, $\gamma_{изд} = 780(3 \times (0,83...0,75)) = 6800...5800$ кг/м³.

Деталь не имеет: изменений по диаметру, острых углов, выступов, конусности; толщина стенки - 2,3 мм, отношение длины к диаметру составляет $21:26,1=0,811$, отношение высоты к толщине стенки - $18:2,3=7,8$, что не превышает допустимого. Точность изготовления: поверхность $\varnothing 26,1_{-0,08}$ - h10, поверхность $\varnothing 21,5^{+0,21}$ - H12, остальные размеры по 14-му качеству, шероховатость рабочих поверхностей $Ra = 1,6$, остальные $Ra = 3,2$.

Деталь может быть спрессована в конечном виде без дополнительной обработки. С точки зрения порошковой металлургии она технологична. При прессовании усилие прессования должно быть направлено вдоль оси. С целью получения изделия с равномерной твердостью и плотностью применяется двустороннее прессование, которое осуществляется за счет приложения усилия прессования к верхнему пуансону, с принудительным опусканием матрицы («плавающая матрица»). Схема пресс-формы приведена на рис. 3.4.7.

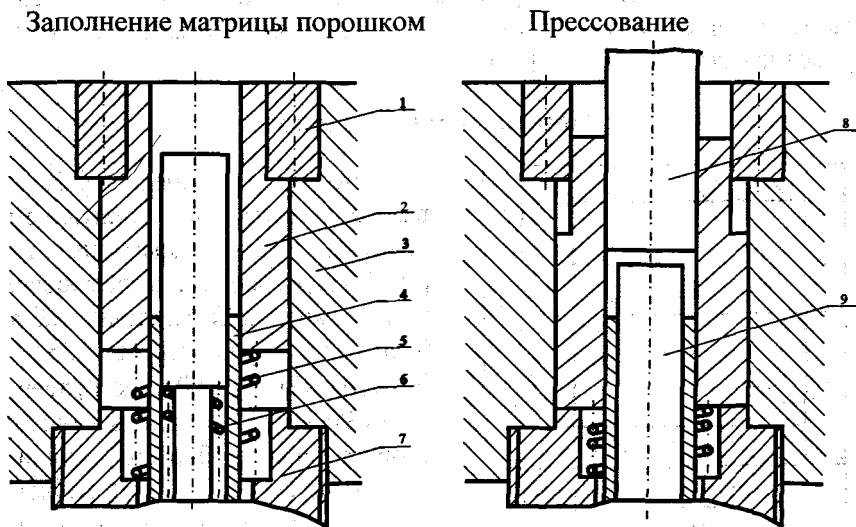


Рис. 3.4.7. Схема прессования: 1 – кольцо; 2 – матрица; 3 – обойма; 4 – нижний пуансон; 5-6 – пружины; 7 – упор; 8 – верхний пуансон; 9 – стержень

Основные размеры рабочей полости пресс-формы:

$$H_{\text{матр}} = \frac{\gamma_n}{\gamma_n} \left(h_n + \frac{A_h}{2} + q_h - 0,005h_n + 0,02h_n \right) + 2l,$$

где $\gamma_n = 7300 \text{ кг/м}^3$;

$$\gamma_n = 2500 \text{ кг/м}^3;$$

$$h_n = 21 \text{ мм};$$

$$A_h = 0,58 \text{ мм};$$

$$q_h = 0;$$

$$l = 10 \text{ мм}.$$

$$H_{\text{матр}} = \frac{7300}{2500} \cdot \left(21 + \frac{0,58}{2} - 0,005 \cdot 21 + 0,02 \cdot 21 \right) + 20 = 80,97 \text{ мм}.$$

Принимаем 81 мм.

$$H_{\text{прессовки}} = 21 + \frac{0,58}{2} + 0,02 \cdot 21 = 21,13 \text{ мм};$$

$$D_{\text{матр}} = D_n - \frac{A_D}{2} - 0,003 \cdot D_n + 0,02 \cdot D_n + q_D,$$

$$\text{где } D_{\text{матр}} = 26,1 - 26,1 \cdot 0,003 + 0,02 \cdot 26,1 - \frac{0,08}{2} = 26,504 \text{ мм}.$$

Принимаем 26,5 мм.

$$D_{\text{прессовки}} = 26,58;$$

$$d_{\text{стержня}} = d_n + \frac{A_D}{2} + 0,003d_n - 0,02d_n - q_d,$$

где $d_n = 21,5 \text{ мм}$;

$$A_D = 0,21 \text{ мм};$$

$$q_d = 0.$$

$$d_{\text{ст.}} = 21,5 + \frac{0,21}{2} + 0,003 \cdot 21,5 - 0,02 \cdot 21,5 = 21,24 \text{ мм}.$$

$$d_{\text{прессов}} = 21,17 \text{ мм.}$$

$$H_{\text{верх.туан}} = H_{\text{матр}} - h - l + (5 \dots 10), \text{ мм.}$$

$$H_{\text{верх.туан}} = 81 - 21 - 10 + 10 = 60 \text{ мм.}$$

$$H_{\text{стержня}} = H_{\text{матр}} + L;$$

$$H_{\text{стержня}} = 81 + 35 = 116 \text{ мм.}$$

Масса навески втулки для прессования втулки

$$Q = \gamma_{\kappa} \cdot V \cdot (1 - \Pi) \cdot m_1 \cdot m_2,$$

$$\text{где } \gamma_{\kappa} = \frac{100}{\frac{a_1}{\gamma_1} + \frac{a_2}{\gamma_2}};$$

$$\gamma_{\kappa} = \frac{100}{\frac{0,5}{2200} + \frac{99,5}{7800}} = 7740 \text{ кг/м}^3;$$

$$1 - \Pi = \frac{7300}{7800} = 0,93;$$

$$Q = 7740 \cdot 4,4 \cdot 10^{-6} \cdot 0,93 \cdot 1,01 \cdot 1,03 = 0,0329 \text{ кг.}$$

Для оценки качества заготовок, полученных методом порошковой металлургии, выдается чертеж детали и 5 заготовок этой детали, имеющих форму, аналогичную заданной. Заготовки следует проконтролировать по следующим параметрам: внешний вид (виды брака указаны в общих положениях), геометрические размеры, сравнить шероховатость поверхностей с образцами, рассчитать плотность и пористость изделия по формулам (3.4.6) и (3.4.7).

Результаты оценки качества заносятся в табл. 3.4.2.

Вид и количество контролируемых параметров устанавливаются (по согласованию с преподавателем) в зависимости от служебного

назначения, конструктивной формы и требований к точности изготовления детали.

Сделать выводы о годности деталей.

Т а б л и ц а 3.4.2

№ детали	Контролируемые параметры					Расчетные параметры			
	Наружн. диаметр	Внутр. диаметр, мм	Высота, мм	Внеш. вид	Шероховатость	Масса м, кг	Объем $V, м^3$	Плотность $\gamma_{изд}, кг/м^3$	Пористость П, %
1									
2									
3									
4									
5									

Порядок выполнения работы

1. Провести анализ технологичности детали, выбрать материал.
2. Выбрать схему прессования.
3. Определить схему рабочей полости пресс-инструмента.
4. Определить массу навески.
5. Вычертить чертеж прессовки.
6. Вычертить эскиз детали, выданной для оценки качества заготовок. Установить критерии оценки состояния поверхностей заготовок.
7. Произвести измерения этих размеров у 5-ти заготовок. Взвесить эти заготовки.
8. Оценить заготовки по внешнему виду, оценить шероховатость указанных поверхностей в сравнении с образцами.
9. Подсчитать средние арифметические значения измеренных размеров, установить квалитет точности анализируемых заготовок.
10. Сделать выводы.

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Чертеж детали, технические характеристики материала.
3. Анализ технологичности конструкции детали.
4. Определение размеров рабочей полости: высота, поперечный размер матрицы, пуансона, стержней.
5. Таблица контролируемых и расчетных параметров оценки качества. Результаты расчета $\gamma_{изд.}$ и П.
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Каковы преимущества и недостатки получения заготовок методом порошковой металлургии?
2. Какая последовательность производства изделий методом порошковой металлургии?
3. Какие основные требования к технологичности конструкции детали при производстве ее методом порошковой металлургии?
4. Как рассчитать высоту рабочей полости матрицы?
5. Как определить поперечный размер рабочей полости матрицы?
6. Виды брака.

Работа 3.5

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ

Цель работы – практическое освоение проектирования заготовок, получаемых горизонтальным непрерывным или полунепрерывным литьем.

Работа рассчитана на 4 академических часа.

Задание на проектирование

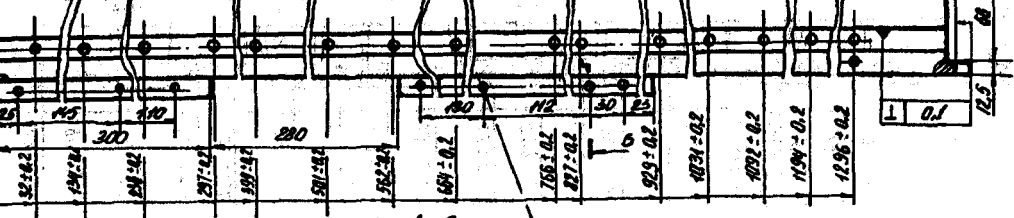
Спроектировать чертеж заготовки по одному из вариантов табл. 3.5.1.

Т а б л и ц а 3.5.1

Варианты заданий

№ варианта	№ рис.	Наименование детали	Масса детали, кг	Примечание
1	3.5.1	Клин	5,5	L = 365 мм B = 65 мм H = 42 мм H = 30,4 ^{+0,1} мм
2	3.5.1	Клин	4,85	L = 300 мм B = 59 мм H = 36 мм H = 25,4 ^{+0,1} мм
3	3.5.2	Корпус кассеты	32	
4	3.5.3	Клин	4,7	L = 715 мм B = 55 ^{-0,2} _{-0,5} мм H = 23,3 мм H = 23 мм
5	3.5.3	Клин	35,6	L = 1110 мм B = 78 ^{-0,2} _{-0,5} мм H = 64 мм H = 46 мм
6	3.5.4	Резцедержка	29,9	
7	3.5.5	Кассета	7,6	
8	3.5.6	Рейка	55	
9	3.5.7	Рейка	87,7	
10	3.5.8	Рейка	106	

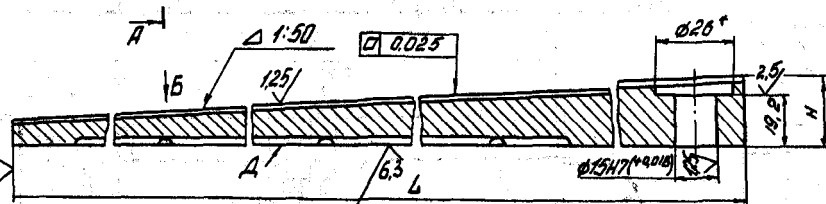
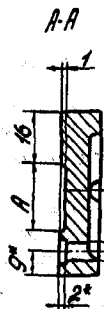
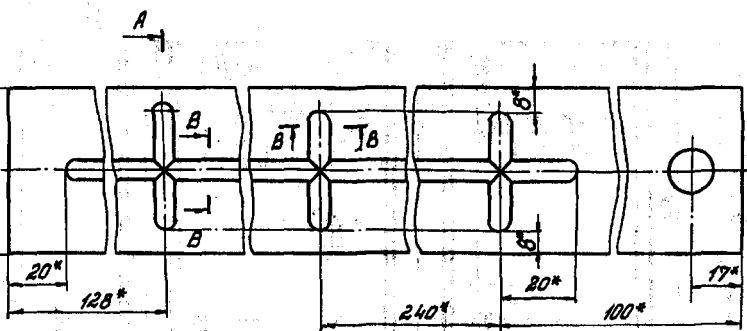
Примечание. Материал всех деталей – чугун СЧ20.



2 отб. под шлицы
конич. $\phi 5$

1. Корпус кассеты (т-32), Масштаб
2. $\Gamma 420$ ГОСТ 1112-85.
3. Требования к отливке по ОСТ 2
- точность отливки 10-10 ГОСТ 26
- отливка 2 класса, группы 0
- вид отливки - легкая
- категория поверхностей: марк
4. * Обработать по сопрягаемой де
5. H14, k14, $\pm IT14/2$
6. Допуск на совпадение поверхностей
из общей прилегающей пласт
0,01 мм
7. Маркировать обозначение на в

Рис. 3.5.2 (продолжение). Корпус кассеты



Шлифовать

B-B (2:1)

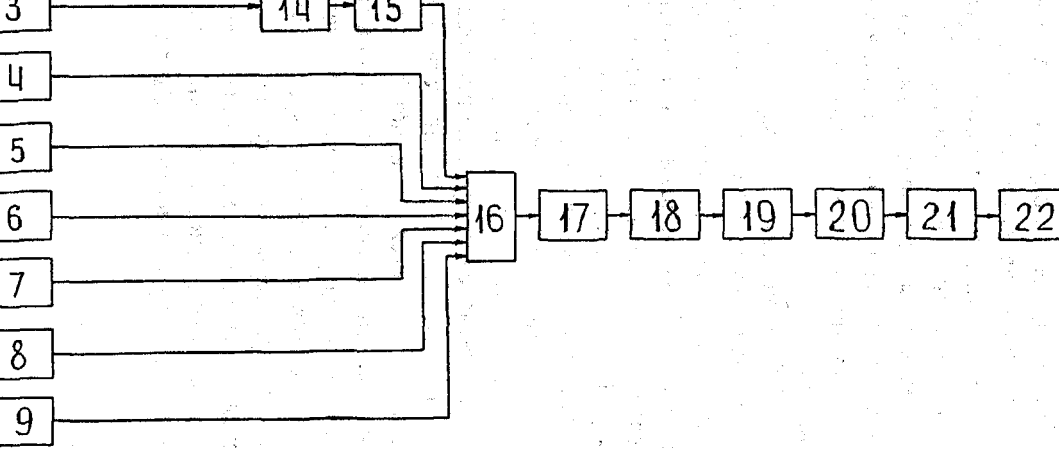
1. Требования к отливке по ОСТ 2 МТ 21-2-85 - отливка
группы 0, вид отливки - легкая.
2. Точность отливки 10-10 ГОСТ 26645-85.
3. Обработать после пригонки клина.
4. Размеры в скобках - после пригонки.
5. H14, k14, $\pm IT14/2$.



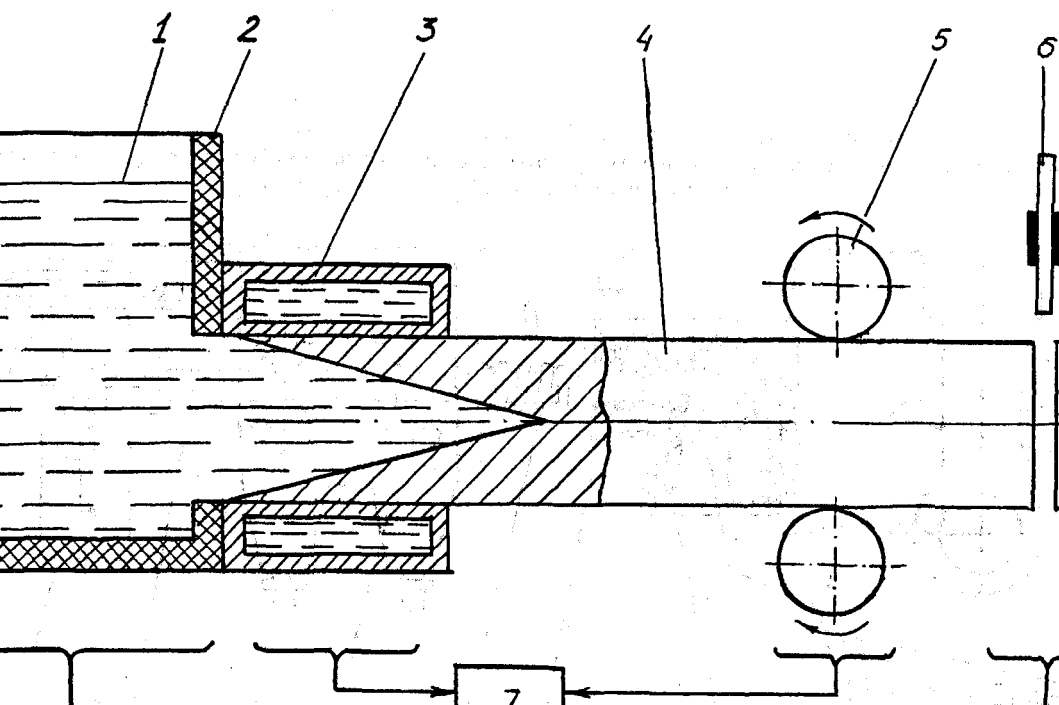
Технологический процесс получения заготовок методом горизонтального непрерывного литья (ГНЛ)

Технология ГНЛ представляет собой комплекс различных операций (рис. 3.5.9), обеспечивающих получение заготовок высокого качества. Горизонтальное литье является по-настоящему непрерывным процессом. Для своего осуществления оно требует такую организацию загрузки печи, плавления, легирования, обработки расплава рафинирующими реагентами, которая позволяет осуществить непрерывную подачу металла, начиная от заливки в металлоприемник и кончая непрерывным получением заготовок, их резкой, складированием и упаковкой [15].

Этот метод (рис. 3.5.10) заключается в том, что жидкий металл 1, предварительно залитый из плавильной печи в металлоприемник 2, непрерывно поступает из него в водоохлаждаемую горизонтальную изложницу - кристаллизатор 3, являющийся центральным теплообменным и формообразующим элементом машины горизонтального непрерывного литья (МГНЛ). Перед началом литья в кристаллизатор вводится специальная конструкция - затравка, которая закрывает его открытое выходное отверстие и служит для охлаждения первой порции жидкого металла. По мере затвердевания и сцепления металла с затравкой она удаляется из кристаллизатора 3, увлекая за собой сформировавшийся слиток 4. Этот слиток периодически (вытягивание - остановка) извлекается из кристаллизатора тянущей клетью 5. Таким образом, одновременно идет заливка, затвердевание и вытягивание слитка из формы. Процесс может идти непрерывно, а образующаяся отливка, пройдя тянущую клетку, режется пилой 6 на определенные размеры по ходу процесса. Отрезанные заготовки скатываются в специальные поддоны и затем транспортируются на склад готовой продукции. Все технологические операции контролируются системой управления 7. Схема МГНЛ показана на рис. 3.5.11.



5.9. Структура технологического процесса горизонтального непрерывного литья: 1 – подготовка шихты; 2 – подготовка печи к плавке; 3 – подготовка металлоприёмника к литью; 4 – подготовка кристаллизатора к литью; 5 – подготовка системы охлаждения; 6 – подготовка тянущей клетки; 7 – подготовка привода вытягивания слитка; 8 – подготовка двигателя; 9 – подготовка пилы к работе; 10 – загрузка шихты в печь; 11 – плавка; 12 – поддержание теплового режима; 13 – корректировка химического состава расплава; 14 – заливка расплава в металлоприёмник; 15 – поддержание теплового режима; 16 – литьё в горизонтальный кристаллизатор; 17 – поддержание теплового режима; 18 – вытягивание непрерывного слитка; 19 – поддержание заданного режима вытягивания слитка; 20 – отправка от слитка; 21 – порезка слитка на мерные длины; 22 – вывоз готовых заготовок.



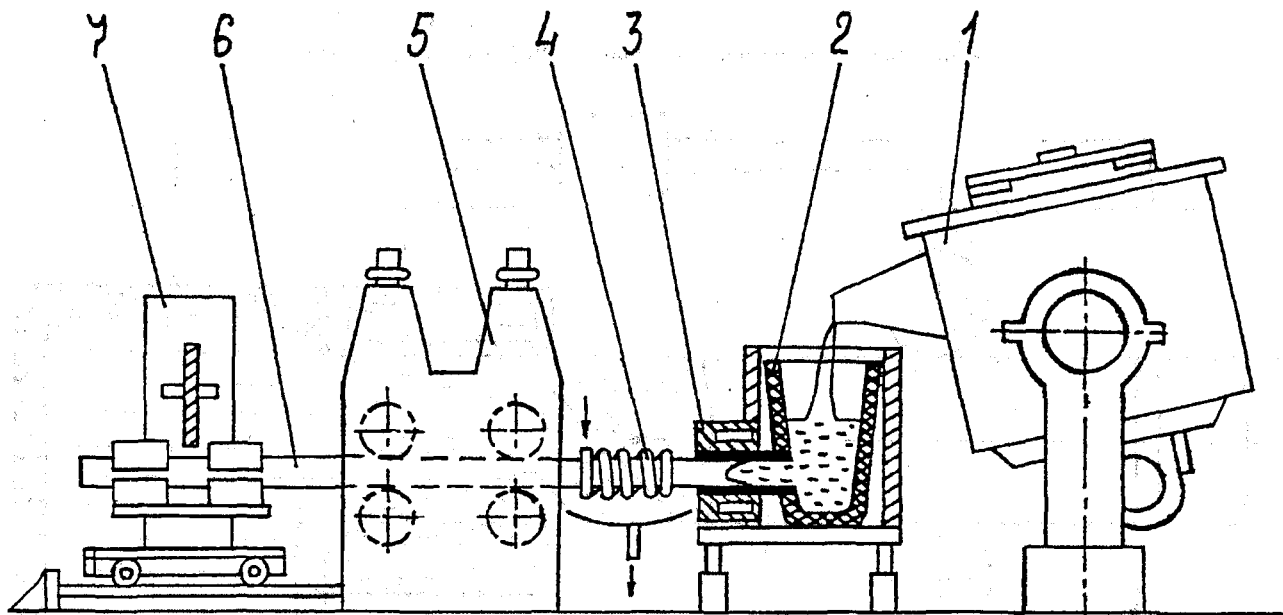


Рис. 3.5.11. Машина горизонтального непрерывного литья:

- 1 – плавильная печь; 2 – металлоприемник; 3 – кристаллизатор; 4 – устройство вторичного принудительного охлаждения;
5 – механизм вытягивания; 6 – отливаемая заготовка; 7 – механизм разрезки

Кристаллизаторы подразделяют:

по способу установки - подвижные и неподвижные;

по материалу рабочей вставки - графитовые и металлические;

по количеству ручьев - одно- и многоручьевые;

по расположению ручьев - одно- и двухрядные;

по конструкции охлаждающих корпусов - цельные и составные;

по способу изготовления охлаждающих корпусов - сварные; литые, получаемые заливкой графитовой вставки; литые с последующей установкой графитовой вставки;

по конфигурации наружной охлаждаемой поверхности вставки – круглые, прямоугольные, фасонные.

Подвижные длинные металлические кристаллизаторы совершают при литье возвратно-поступательные перемещения вдоль отливаемого слитка. Такие кристаллизаторы предотвращают приваривание металла к стенкам кристаллизатора, улучшают качество поверхности отливки за счет меньшего трения и особых условий отвода тепла, способствуют образованию мелкозернистой кристаллической структуры слитков. Однако эти кристаллизаторы имеют более сложную конструкцию, недостаточную её надежность, трудности с управлением. Поэтому подвижные кристаллизаторы не получили широкого распространения.

Неподвижные короткие кристаллизаторы нашли наиболее широкое применение. Они позволяют периодически вытягивать слитки с высокой скоростью и малым шагом. Уменьшение шага и увеличение частоты вытягивания способствуют образованию мелкозернистой кристаллической структуры слитка, повышению его механических свойств, улучшению качества поверхности, стабилизации процесса литья.

Наибольшее распространение получили кристаллизаторы с графитовыми вставками. При повышенных температурах графит обладает высокими плотностью и прочностью, термостойкостью и теплопроводностью, низким коэффициентом трения и не смачивается расплавленными металлами. Графит легко обрабатывается.

Металлические вставки в кристаллизаторах выполняют из стали, молибдена, меди или бронзы. Для повышения качества поверхности слитков часто применяют смазку внутренней рабочей поверхности кристаллизатора.

Одноручьевые кристаллизаторы используют при производстве заготовок большого сечения и сложного профиля. Многоручьевые одно- и двухрядные – при производстве простых и мелких заготовок.

Охлаждающий корпус предназначен для установки графитовой или металлической вставки, её охлаждения и крепления всего кристаллизатора к металлоприемнику. Охлаждающие корпуса изготавливают из стали, чугуна, меди. При литье сложных профилей заготовок и заготовок прямоугольного сечения с отношением сторон 2,5 и более применяют составные охлаждающие корпуса.

Материал заготовок, получаемых непрерывным литьем: алюминиевые, магниевые, медные сплавы, конструкционные углеродистые и низколегированные стали, чугуны.

Профиль заготовок: круг, прямоугольник, многогранник, труба, фасонный профиль.

Отливки, полученные непрерывным литьем, обладают:

высокой химической однородностью;

стабильной, плотной, мелкозернистой структурой без пор и раковин; повышенными механическими свойствами;

незначительной анизотропией механических свойств;

более высоким коэффициентом использования металла.

В отливках не наблюдаются неметаллические включения, усадочная пористость, усадочные раковины.

К недостаткам ГНЛ можно отнести:

дополнительные плавильные печи, которые должны работать круглые сутки;

ограниченность размеров слитков, ограниченность толщин стенок труб;

трудность обеспечения надежной непрерывной смазки поверхности металлических кристаллизаторов.

Разработка технологии ГНЛ заключается в определении оптимальных параметров: температуры жидкого металла в металлоприёмнике; скорости вытягивания заготовки; времени остановки; величины шага вытягивания; расхода воды на охлаждение кристаллизатора.

Сложные связи между физическими свойствами металла, характеристиками системы слиток-кристаллизатор и переменными технологическими величинами, а также значительное разнообразие номенклатуры заготовок затрудняют выдачу общих рекомендаций по выбору оптимальных технологических режимов литья.

Тепловые параметры процесса ГНЛ определяются в основном конструкцией и материалом кристаллизатора и металлоприёмника, а также условиями охлаждения отливки вне кристаллизатора. ГНЛ

применяют для получения накладных направляющих станков, гильз, втулок, подшипников скольжения, валов и осей и пр. Целесообразно использовать этот метод в том случае, когда общая масса всех отливок превышает несколько тонн.

Разработка чертежа заготовки

Разработка заготовки осуществляется в следующей последовательности:

анализ технологичности конструкции детали, заготовки;

выбор формы отливки;

определение допусков, припусков, погрешностей формы отливки по ГОСТ 26645-85;

формулирование технических требований на изготовление и приемку заготовки;

оформление чертежа заготовки.

Анализ технологичности конструкции детали, заготовки

По чертежу детали проверяют возможность получения заготовки, сравнивая размеры (с учетом припусков) и форму заданной детали с рекомендуемыми профилем и размерами заготовок, получаемых горизонтальным непрерывным литьем (табл. 3.5.2, рис. 3.5.12).

Т а б л и ц а 3.5.2

Форма и размеры профилей отливок

Материал отливки	Профиль поперечного сечения отливки				
	Круг	Труба	Прямоугольник	Многогранник	Фасонный
1	2	3	4	5	6
Чугун	Ø25...Ø230 мм	Наружный диам. 10...300 мм, толщина стенки 4...30 мм	50...200 мм	Диам. описанной окружности 30...230 мм	Рис. 3.5.12
Сталь	Ø80...Ø200 мм	Толщина стенки 15-20 % наружного диам.	80...160 мм	Диам. описанной окружности 80...200 мм	
Медные сплавы	Ø30...Ø250 мм	Толщина стенки 10...40 мм	20...250 мм	Диам. описанной окружности 30...250 мм	

1	2	3	4	5	6
Алюминиевые сплавы	Ø15...Ø300 мм	Наружный диам. 40...300 мм минимальный диам. отверстия 30 мм минимальная толщина стенки 10 % от наружного диам.	20...300 мм	Диам. описанной окружности 20...300 мм	Рис. 3.5.12

Примечания:

1. В заготовке можно получить пазы при условии $c > 30$ мм или если $c \leq 30$ мм, то $d \leq c$; $S \leq c$ (где c – ширина паза, d – глубина паза, S – толщина стенки).

2. Разница в толщине стенок в деталях с пазами и выступами не должна превышать 60...80 мм.

Если заготовку возможно получить непрерывным литьём, то следует определить степень сложности отливки (табл. 3.5.3, рис. 3.5.13).

Т а б л и ц а 3.5.3

Распределение отливок по степени сложности

Степень сложности	Профиль					Соотношение сторон b:a	Примечание
	Круг	Прямоугольный	Многогранный	Фасонный	Пустотелый		
1	+	+	+			$\leq 0,5$	Рис. 3.5.13 а
2	+	+		+		$> 0,5$	Рис. 3.5.13б; фасонные отливки с выступами и пазами глубиной до 20 мм, шириной 20...30 мм
3				+		$> 0,5$	Рис. 3.5.13 в; выступы и пазы глубиной до 30 мм и больше и шириной до 20 мм и больше
4					+		Рис. 3.5.13 г

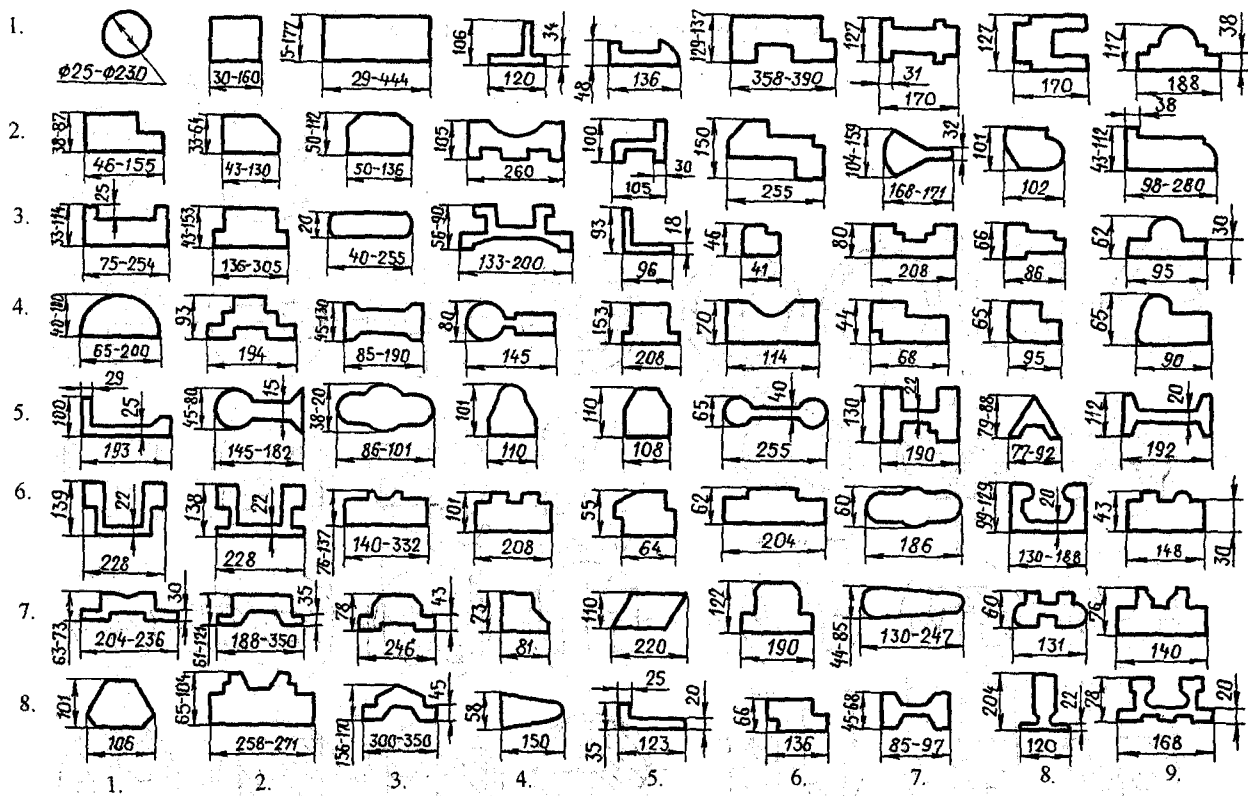


Рис.3.5.12. Профили заготовок, получаемых методом ГНЛ

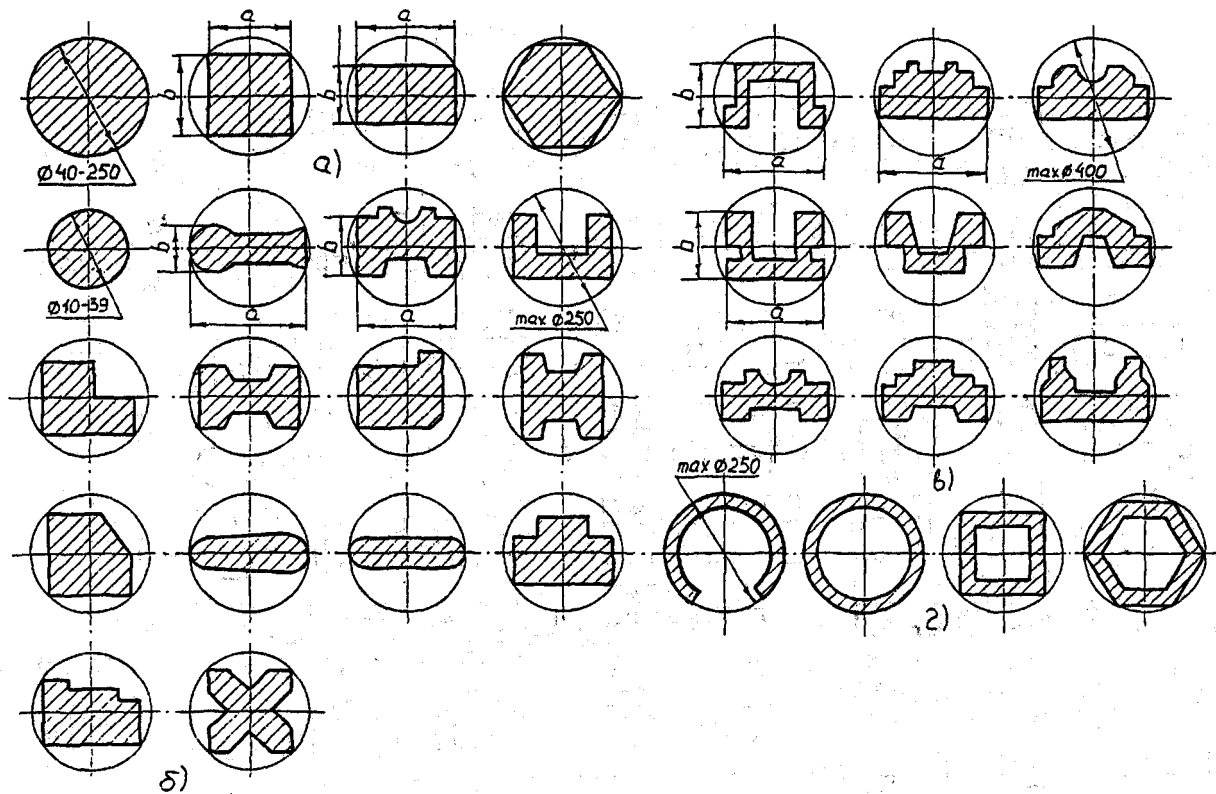


Рис 3.5.13. Заготовки различной степени сложности

Выбор формы отливки осуществляют на основании анализа технологичности. Например, если размеры пазов не удовлетворяют размерам пазов, указанных в примечаниях к табл. 3.5.2, то в отливке выполнять такие пазы нежелательно.

Методические указания

Проектирование заготовки, получаемой непрерывным литьем, рассмотрено на примере направляющей (рис. 3:5.14).

Анализ технологичности конструкции детали, заготовки. Конфигурация детали простая. Деталь имеет пазы шириной более 30 мм. Максимальная толщина стенки в детали - 47,5 мм, минимальная толщина стенки - 22 мм. Разница в толщине стенок не превышает допустимую. Форма и размеры детали соответствуют форме и размерам заготовки, приведенной на рис. 3.4.12 (столбик 7, строчка 5). Деталь имеет технологичную конструкцию.

Отношение габаритных размеров

$$\frac{120}{180} = 0,66 > 0,5.$$

Следовательно, степень сложности отливки - 3 (табл. 3.5.3).

Определение конфигурации отливки. Конфигурация отливки такая же, как и у детали. Необрабатываемые плоскости 2; 3; 4; 7; 8. V-образные пазы и отверстия в заготовке получаться не будут.

Определение допусков, припусков, погрешностей формы отливки. Допуски, припуски, погрешности формы определены по ГОСТ 26645-65 и сведены в табл. 3.5.4. Тип производства - мелкосерийный.

Номера поверхностей обозначены на рис. 3.5.14.

При определении класса размерной точности, степени точности поверхности, класса точности массы принят технологический процесс литья - литье в облицованные кокили. Наибольший габаритный размер отливки - от 1600 до 4000 мм.

Отношение наименьшего размера элемента отливки к наибольшему

$$\frac{\sim (32 + 10)}{2000} = 0,021.$$

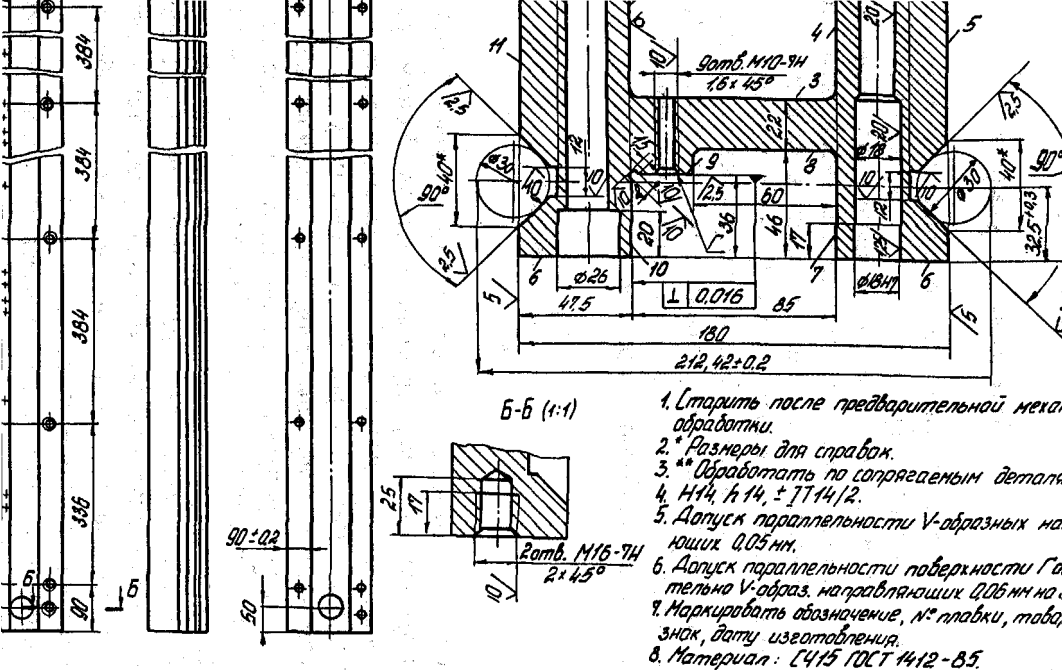


Рис. 3.5.14. Направляющая

Т а б л и

Допуски, припуски и погрешности формы отливки

Размер детали, мм	Допуск размера	Шероховатость поверхности детали	Допуск формы и расположения обработанной поверхности детали	Класс размерной точности (табл. 9, с. 32)	Допуск массы отливки, % от номинальной массы отливков (табл. 4, с. 9)	Допуск размера отливки (предельные отклонения) (табл. 1, с. 2-3)	Степень коробления элементов отливок (табл. 10, с. 35)	Допуск формы и расположения элементов отливок (табл. 2, с. 5)
2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	1,15	Ra 5 Ra 5	1,15-0,5=0,575	9т - 13 Принято 12	20 % от нормальной массы отливки	7,0 (±3,5)	5 - 8 Принято 5	5,0
20	0,87	Ra 2,5 Ra 5	0,87-0,5=0,435			6,4 (±3,2)		5,0
4	0,87	Ra 2,5	⊥ 0,16			5,6 (±2,8)		5,0
5	0,62	Ra 2,5	⊥ 0,16			5,0 (±2,5)		5,0

Обрабатываемые поверхности	Соотношение между допусками размера детали и отливки (3/8)	Соотношение между допусками формы и расположения поверхности детали и отливки (5/10)	Вид окончательной механической обработки (табл.7, с.28)	Степень точности поверхности (табл.11, с.36-38)	Шероховатость поверхностей отливки (табл. 12, с. 39)	Ряд припуска (табл. 14, с.43)	Припуск, мм (табл. 6, с 10-27)	Размеры отливки, мм (размеры детали ± 8 кол.)	Класс точности массы (табл. 13, с. 40-42)	Точность отливки (с. 30)
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
11 5	$\frac{1,15}{7,0} = 0,164$	$\frac{0,575}{5,0} = 0,115$	черновая черновая	12-19 Принято 17	Ra 80	9	4,0 4,0	188 \pm 3,5	7т-14 Принято 13т	
1 6	$\frac{0,87}{6,4} = 0,136$	$\frac{0,435}{5,0} = 0,087$	получистовая черновая				5,5 4,0	129,5 \pm 3,2		
9	$\frac{0,87}{5,6} = 0,156$	$\frac{0,016}{5,0} = 0,0032$	чистовая				9,8	99,3 \pm 2,8		
10	$\frac{0,62}{5,0} = 0,124$	$\frac{0,016}{5,0} = 0,0032$	чистовая				9,8	61,3 \pm 2,5		

Примечание: в табл. 3.5.4 указаны таблицы и страницы ГОСТ 26645-85 [41].

Вид окончательной механической обработки для поверхности 1 выбран в соответствии с шероховатостью этой поверхности. Кроме того, поверхность 1 будет использована в качестве чистой базы при обработке поверхностей 9 и 10.

Значения припусков взяты при среднем уровне точности обработки.

На рис. 3.5.15 показан чертеж заготовки.

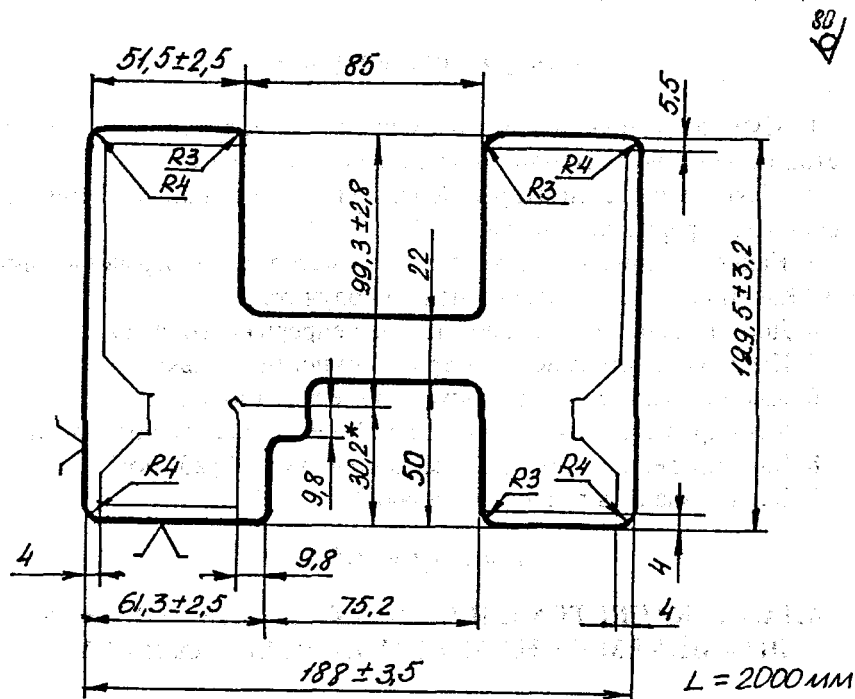


Рис. 3.5.15. Направляющая (отливка)

Порядок выполнения работы

1. Провести анализ технологичности детали.
2. Определить форму поперечного сечения отливки.
3. Определить допуски размеров, припуски, погрешности формы, размеры отливки.
4. Вычертить чертеж отливки.

Содержание отчёта

1. Название работы.
2. Чертеж детали.
3. Анализ технологичности конструкции детали.
4. Определение допусков размеров, припусков, погрешности формы, размеров отливки.
5. Чертеж отливки.

Контрольные вопросы

1. Сущность технологического процесса получения заготовок методом непрерывного или полунепрерывного литья.
2. Какие кристаллизаторы используются в машинах горизонтального непрерывного литья?
3. Какие материалы можно отливать методом непрерывного литья? Какой профиль заготовки можно получить?
4. Достоинства и недостатки метода непрерывного литья.
5. Как определить класс размерной точности отливки?
6. Как определить общий допуск элемента отливки?
7. Как определить вид окончательной механической обработки?
8. Как определить припуск на механическую обработку?
9. Как обозначить точность отливки?

Работа 3.6

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОКОВОК, ШТАМПУЕМЫХ НА МОЛОТАХ, ПРЕССАХ И ГКМ

Цель работы – практическое освоение проектирования заготовок, навыков оценки их качества.

Работа рассчитана на 2 академических часа.

Основные положения

Проектирование чертежа штампованной заготовки

Чертеж штампованной заготовки (поковки) разрабатывается на основании чертежа готовой детали. При этом выполняется следующее: выбирается форма поковки; устанавливается положение линии

разъема штампа; назначаются припуски на обрабатываемые резанием поверхности и допуски на размеры, относящиеся к этим поверхностям; определяются штамповочные уклоны; выбираются радиусы закруглений; определяются форма и размеры наметок отверстий и перемычки под их прошивку; оформляется чертеж заготовки в соответствии с требованиями ГОСТ 7505-89 и с указанием технических требований на изготовление поковки.

Выбор формы поковки

При выборе формы поковки следует учитывать следующие рекомендации:

1. Выполнение сквозных отверстий или углублений в поковках, изготавливаемых на прессах, обязательно в тех случаях, когда оси отверстий или углублений совпадают с направлением движения ползуна прессы, а размеры или диаметры отверстий и углублений больше или равны высоте поковки, но не менее 30 мм. Углубления делаются общей глубиной не более 0,85 их диаметра.

Для заготовок, штампуемых на ГKM, длина прошиваемых отверстий не должна превышать трех их диаметров.

2. Если перепад диаметров готовой детали превышает 5-7 мм, а высота ступени больше 10 мм, то заготовки, масса которых находится в пределах 5-25 кг, целесообразно выполнять ступенчатыми.

3. Форма поковки зависит также от метода штамповки (в открытых или закрытых штампах, на молотах и прессах или на ГKM) [45].

Выбор поверхности разъема штампов

При установлении поверхности разъема штампов руководствуются следующими правилами в соответствии с табл. 3.6.1 [8].

1. Плоскость разъема должна гарантировать выемку детали из верхней и нижней частей штампа.

2. Глубина выемок должна быть по возможности меньше. Это правило может быть сформулировано еще таким образом: линия разъема должна, по возможности, совпадать с плоскостью двух наибольших взаимно перпендикулярных размеров поковки. Однако от этого правила следует отступать, если при ином разъеме достигается значительное уменьшение массы поковки (например, за счет получения в поковке углублений или отверстий), экономия на отходах (за

счет уменьшения периметра поковки по линии среза заусенца). Ручей в верхней половине штампа обычно заполняется легче, поэтому наиболее трудноформируемые части поковки следует располагать в верхней половине штампа. Контур поковки в верхней и нижней половине штампа по плоскости разъема должен быть одинаков.

Если у поковки, имеющей форму тела вращения, длина меньше трех диаметров, ее удобнее и проще штамповать в торец и в нижней половине штампа допустить глубокую выемку. При длине детали больше трех диаметров плоскость разъема следует намечать по продольной оси детали.

3. Плоскость разъема не должна совпадать с верхней плоскостью детали. В противном случае невозможно контролировать взаимное смещение частей штампа.

4. Концы детали должны находиться на одной высоте, иначе при штамповке деталь будет сдвигаться. В этом случае желательно сдвигать поковки.

5. Линия разъема, по возможности, должна быть прямой.

6. Плоскость разъема не должна пересекать волокна, что весьма существенно для малопластичных сплавов.

Т а б л и ц а 3.6.1

Выбор линии разъема штампов

Неправильно	Правильно	Номера пунктов правил	Неправильно	Правильно	Номера пунктов правил
		1			3
		2			4
		2			4 и 5
		2			6

Назначение допусков и припусков на обрабатываемые поверхности

Величины и правила назначения припусков, допусков и кузнечных напусков при штамповке стальных поковок регламентируются ГОСТ 7505-89 [45].

Стандарт предусматривает разделение стальных поковок по точности изготовления на 5 классов. Класс точности изготовления поковок следует установить в зависимости от предъявляемых требований к точности размеров поковок, а также применяемого деформирующего оборудования. При этом допускаются различные классы точности для разных размеров одной и той же поковки. Класс точности должен указываться в технических требованиях на чертеже поковки.

Стандарт предусматривает также классификацию поковок: а) по группам стали (группа М – углеродистые и легированные стали с содержанием до 0,45 % С и до 0,2 % легирующих элементов; М2 – легированные стали, кроме указанных выше); б) по степени сложности поковок (четыре степени сложности С1-С4) и в) по конфигурации поверхности разъема штампа (плоская и изогнутая).

Штамповка на КГШП в закрытых ручьях обеспечивает более высокую точность, чем в открытых. При массовом выпуске ответственных деталей при использовании закрытых штампов обеспечивается повышенная точность изготовления поковок (классы Т2, Т3) [77].

Если по условиям производства нет необходимости в такой точности, могут быть приняты Т4-Т5 классы точности. Однако при этом допуски на вертикальные размеры поковки можно принимать в пределах 0,5-0,7 от соответствующих допусков, предусматриваемых ГОСТ 7505-89.

Допуски на горизонтальные размеры можно оставить без изменения по сравнению со значениями, рекомендуемыми ГОСТ 7505-89.

ГОСТ 7505-89 указывает также величину наибольших припусков на последующую механическую обработку поковки в зависимости от перечисленных выше факторов, а также от размеров поковки и требуемой шероховатости поверхности.

Практически величина припуска П составляет 0,5-6 мм и ориентировочно может быть определена по эмпирической формуле

$$П = 0,4 + 0,015h + 0,0015l,$$

где h и l – наибольшие размеры поковки по высоте и в плоскости разъема, мм.

Величины припусков, установленные ГОСТ 7505-89, следует назначать на сторону, на номинальные размеры детали. Повышенный припуск бывает необходим в соответствующих местах у поковок, претерпевающих значительное коробление при термообработке, а также со стороны мест неизбежного скопления окалины в окончательном ручье и т. д. Уменьшенный против нормального припуск следует назначать на базовые поверхности 1-й операции обработки резанием, поскольку эти поверхности строго координируются относительно обработанных поверхностей. При изготовлении поковок из заготовок, подвергающихся пламенному нагреву, допускается увеличение припуска на обработку на сторону для поковок массой до 2,5 кг – до 0,5 мм, для поковок массой свыше 2,5 до 6,0 кг – до 0,8 мм, для поковок свыше 6,0 кг – до 1,0 мм.

Поскольку при штамповке на КГШП в закрытых штампах смещение штампов практически отсутствует, на величину смещения матриц необходимо уменьшить припуски на соответствующие поверхности. Величины смещения для различных классов точности и массы поковок приведены в ГОСТ 7505-89 [45].

Штамповочные уклоны

Уклоны в штампованной поковке назначаются для облегчения удаления поковки из штампа. Это достигается за счет снижения вертикального усилия, необходимого для преодоления сил трения и уменьшения пути, на котором эти силы преодолеваются.

Штамповочные уклоны устанавливаются при штамповке на молотах и прессах на всех вертикальных поверхностях поковок, а при изготовлении последних на ГКМ - на всех поверхностях выступов, углублений и сквозных отверстий, выполняемых пуансонами. При штамповке ступенчатых поковок на ГКМ уклоны назначаются также на всех замкнутых штампом поверхностях, располагающихся перпендикулярно к движению высадочного пуансона.

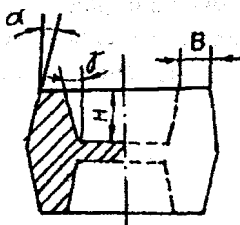
Величина штамповочных уклонов определяется в 7° для внешних и 10° для внутренних поверхностей при штамповке на молотах и соответственно 5° и 7° при штамповке на прессах с выталкивателем и ГКМ. При изготовлении поковок с впадинами или сквозными

отверстиями на горизонтально-ковочных машинах уклоны на поверхностях впадин или отверстий не должны превышать 3° . При штамповке в закрытых штампах на прессах величина штамповочных уклонов принимается в пределах $1^\circ 30' - 1^\circ$, а при использовании ГKM – $1^\circ - 0^\circ 30'$. Внутренние уклоны при пустотелых штамповках принимаются несколько больше $1 - 3^\circ$.

Если по конструктивным соображениям уклоны желательны, их рекомендуется делать максимально возможными или по ГОСТ 7505-89. Если же они не желательны, то можно назначить их максимальными по табл. 3.6.2.

Т а б л и ц а 3.6.2

Штамповочные уклоны в градусах в зависимости от отношения высоты ребра к его ширине. Штампы с выталкивателями



Допустимо			Рекомендуется		
Н:В	α°	γ°	Н:В	α°	γ°
До 2	1°	$1,5^\circ$	До 1	1°	$1,5^\circ$
4	2°	3°	3	2°	3°
6	3°	5°	4	3°	5°

Радиусы и закругления

Радиусы закруглений бывают наружные R , образующиеся при заполнении металлом углов в углублениях штампов, и внутренние r , образуемые пуансонами и выступами штампов при вдавливании их в металл. Чем больше радиусы закруглений в углах штампов и на соответствующих поверхностях поковок, тем выше стойкость

штампов (т. к. ниже концентрация напряжений в углах штампов при их работе) и меньше необходимое усилие штамповки (т. к. металл легче вдавить в углы штампов с большими радиусами).

Наименьшие радиусы закруглений внешних углов поковок приведены в табл. 3.6.3. Практически достаточно, чтобы значения этих радиусов были на 0,5-1 мм больше величины нормального припуска на механическую обработку этой поковки, независимо от того, к каким сопрягаемым поверхностям относятся эти радиусы - к подвергаемым или не подвергаемым механической обработке.

Внутренние радиусы закруглений на поковках должны быть примерно в 3-4 раза больше принятых для данной поковки наружных радиусов закруглений. Если при этом радиус получается меньше разности значений внутреннего радиуса закругления у обработанной детали и назначенного припуска, то необходимо его увеличить до значения, равного указанной разности. Необходимо стремиться к унификации радиусов закругления в каждой поковке.

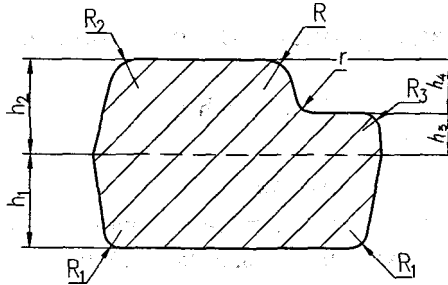
Наименьшие технологические радиусы скругления при штамповке в открытых штампах приведены в табл. 3.6.4. При штамповке из малопластичных сплавов указанные значения радиусов увеличиваются в 1,5 раза.

Т а б л и ц а 3.6.3

Наименьшие радиусы закруглений внешних углов поковок
по ГОСТ 7505-89

Масса поковки, кг	Наименьшие радиусы закруглений R, мм, при глубине полости ручья штампа, мм			
	До 10	Св. 10 до 25	Св. 25 до 50	Св. 50
До 1,0	1	1,5	2	3
Св. 1,0 до 6	1,5	2	2,5	3,5
Св. 6 до 16	2	2,5	3	4
Св. 16 до 40	2,5	3	4	5
Св. 40 до 100	3	4	5	7
Св. 100	4	5	6	8

Внутренние радиусы закруглений r



Высота ребра h, мм	Радиус r, мм	Высота ребра h, мм	Радиус r, мм
До 5	3	От 25 до 35	8
От 5 до 10	4	От 35 до 50	10
От 10 до 16	5	От 50 до 70	12,5
От 16 до 25	6	От 70 до 100	15

Наметки и перемычки под прошивку отверстий

После штамповки на молотах и прессах в заготовках часто прошиваются сквозные отверстия диаметром 30 и более миллиметров. Для этой цели в деталях типа тел вращения по центру образуется наметка с одной или двух сторон. Между верхней и нижней наметками располагается перемычка (пленка). Формы наметок и перемычек зависят от размеров конструктивных элементов заготовок. На рис. 3.6.1 показаны наиболее часто применяемые формы наметок и перемычек.

Оформление наметок и перемычек на чертеже заготовки начинается с расчета диаметра прошивки отверстия d :

$$d = d_g - 2z_{\text{НОМ}} - 2r - h_2 \text{tg} \gamma,$$

где d_g — диаметр отверстия готовой детали;

$z_{\text{НОМ}}$ — номинальный припуск на сторону отверстия;

r — внутренний радиус наметки по табл. 3.6.4.

Затем определяется диаметр наметки в плоскости разъема штампа d_0 :

$$d_0 = d + 2r.$$

Наибольший диаметр наметки D определяется по формуле

$$D = d_0 + h_2 \operatorname{tg} \gamma,$$

где h – высота (глубина) наметки;

γ – угол внутреннего штамповочного уклона $7 - 10^\circ$.

Толщина перемычки S принимается $0,1D$, но не менее 4 мм.

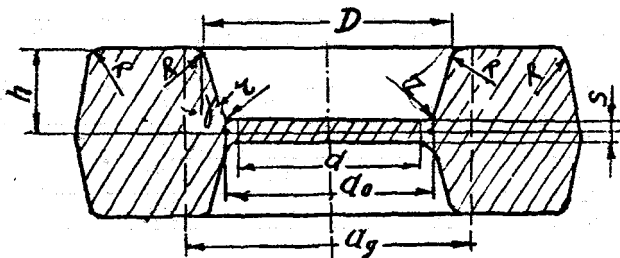


Рис. 3.6.1. Форма наметок и перемычки на прошивку

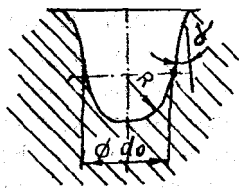


Рис. 3.6.2. Глухая наметка

Если отношение $2h / D \geq 1,7$ (или углубление наметки требуется более $0,8SD$), то прошивка отверстия не выполняется. В этом случае ограничиваются односторонней или двухсторонней наметкой (см. рис. 3.6.2, на котором показана глухая наметка без последующей прошивки отверстия). Если глубина глухой наметки не ограничена глубиной выемки у готовой детали, то рекомендуется дать

полное закругление вершины полости (рис. 3.6.2) одним радиусом.

В частности, при $\gamma = 10^\circ$ и полном закруглении вершины наметки

$$R = 0,595d_0.$$

Оформление чертежа поковки

Чертеж поковки разрабатывают на основе чистового чертежа детали. Готовую деталь на чертеже поковки показывают штрихпунктирной линией (сплошной тонкой линией), давая лишь необходимые контуры детали, наглядно показывающие наличие припуска на обработку. Подобное изображение готовой детали следует давать преимущественно в разрезах и сечениях только один раз, не повторяя его в других проекциях поковки.

Поковку желательно вычерчивать в том положении, которое она занимает в штампе, в масштабе вычерчивания 1:1. Допустимы уменьшение масштаба (1:2) при вычерчивании крупногабаритных поволоков (свыше 750 мм) и увеличение последнего (2:1) для поволоков сложных форм размером менее 50 мм.

Система простановки размеров поковки должна полностью соответствовать системе размеров детали и учитывать: исходные базы механической обработки; удобство проверки величины припуска путем сравнения размеров на чертеже поковки с размерами готовой детали; удобство проверки размеров на поковке; простоту разметки поковки при контроле. На чертеже поковки не следует указывать размеров напуска и размеров, определяющих положение линии разъема на поковке, а также не следует проставлять размеры от линии разъема. Все размеры на чертеже поковки проставляются с допусками, что необходимо для контроля поволоков.

На чертеже поковки наносятся технические требования в порядке, оговоренном ГОСТ 2.316-68. Они располагаются параллельно основной надписи чертежа. Состав технических требований на поковке регламентирован ГОСТ 8479-70.

Технические требования содержат обычно следующую информацию, расположенную в указанной последовательности: термообработка и твердость поволоков; класс точности изготовления, степень сложности поволоков; допускаемая величина заусенца и смещения штампов; точность неоговариваемых размеров поволоков; допуски по несоосности прошиваемых в поволоках наметок к внешним контурам поволоков; допускаемые отклонения по изогнутости, неплоскостности и непрямолинейности (для плоских поверхностей), а также радиальному биению (для цилиндрических поверхностей); не обозначенные на чертеже радиусы закруглений и штамповочные укло-

ны; допуски на радиусы закруглений; глубина внешних дефектов и другие требования к качеству поверхности, условия и методы испытаний (места отпечатка при испытании твердости, места образцов, вырезаемых для механических испытаний и др.); указания о маркировании и клеймении; ссылки на другие документы, содержащие технические требования, распространяющиеся на данное изделие, но не приведенные на чертеже.

Место отпечатка твердости следует указать на плоской поверхности, лучше на необрабатываемой, учитывая также удобства укладки поковки на стол пресса для испытания твердости. Место клеймения предпочтительно указать на необработанной поверхности, в противном случае надо учесть последовательность дальнейшей механической обработки с тем, чтобы снятие клейменной поверхности производилось после перенесения клейма на ранее обработанную поверхность. Пример оформления чертежа поковки см. на рис. 3.6.3.

Анализ качества поковок

К технологическим погрешностям при штамповке относятся: неточность диаметральных и продольных размеров, сдвиг по разьему, несоосность прошиваемых в поковках отверстий к внешним контурам, непараллельность торцовых поверхностей, изогнутость, остатки заусенца. Эти погрешности определяются путем измерения заготовок.

Кроме того, такие виды погрешностей, как забоины, недоштамповка, незаполнение формы, заштамповка окалины, устанавливаются внешним осмотром (визуально).

Для измерения диаметральных и продольных размеров величины сдвига (смещения) следует использовать штангенциркуль с ценой деления 0,05 мм. Остатки заусенца измеряют штангенциркулем с ценой деления 0,1 мм, используя его как глубиномер.

Изогнутость поковок типа «стержень» определяется в призме с помощью индикатора часового типа, закрепленного в стойке, аналогично проверке биения.

Непараллельность торцов заготовки проверяется с помощью индикатора часового типа, закрепленного в стойке. Деталь при этом располагается на плите.

Несоосность прошитога в поковке отверстия к внешнему контуру можно определить как половину максимальной разности толщины стенок полого цилиндра, измеренных в четырех равнорасположенных по окружности точках.

Результаты измерений и внешнего осмотра заготовки необходимо сопоставить с требованиями, изложенными в чертеже анализируемой заготовки, и сделать соответствующие выводы.

В выводах нужно дать заключение о годности заготовки для получения из нее детали заданного качества.

Порядок выполнения работы

1. Изучить чертеж детали, выданной для проектирования заготовки.
2. Выбрать метод штамповки.
3. Выбрать форму заготовки, назначить плоскость разъема, уклоны, радиусы скруглений, припуски и допуски на обрабатываемые поверхности.
4. Выполнить чертеж (эскиз) заготовки (поковки).
5. Изучить чертеж заготовки, выданный для анализа ее качества.
6. Выполнить измерения заданных параметров заготовки и анализ ее качества.
7. Составить отчет.

Размеры поковки и их допускаемые отклонения

1. Размеры поковки, мм:

диаметр $127,8+(1,6+0,3)\times 2=131,6$ принимается 132;

диаметр $36-(1,4+0,3)\times 2=32,6$ принимается 32;

толщина $39+(1,5+0,3)\times 2=42,6$ принимается 42,5;

толщина $28+(1,5+0,3)\times 2=31,6$ принимается 31,5.

2. Радиус закругления наружных углов – 2,0 мм (минимальный) принимается 3,0 мм (см. табл. 3.6.3).

3. Допускаемые отклонения размеров (см. табл. 8 ГОСТ 7505-89), мм:

диаметр $132_{-0,7}^{+1,3}$;

» $32_{-0,9}^{+0,5}$;

Содержание отчета

1. Название работы, основные положения и расчеты по выбору конструктивных элементов поковки.
2. Эскиз (чертеж) поковки с указанием технических требований.
3. Протокол измерений заданных параметров анализируемой поковки.
4. Результаты анализа качества заготовки и выводы.

Контрольные вопросы

1. Какие методы штамповки стальных заготовок вы знаете?
2. При каких условиях возможно получение сквозного отверстия в заготовках, штампуемых на КГШП и ГКМ?
3. Какие требования следует учитывать при выборе плоскости разреза?
4. Какие факторы влияют на величину припусков на обрабатываемые поверхности? От чего зависит величина предельных отклонений размеров заготовок, получаемых методами штамповки?
5. Каким образом определяют массу поковки?
6. Каким образом выбираются значения штамповочных уклонов?
7. Как назначить радиусы закруглений?
8. Какие формы перемычек вы знаете и от чего они зависят?
9. Изложите правила оформления чертежа поковки.
10. Какие технические требования следует указать на чертеже заготовки (поковки)?
11. Чем отличается штамповка в открытых штампах от штамповки в закрытых штампах?
12. Каким стандартом регламентируется точность штампованных поковок? Виды технологического брака и методы его обнаружения.

Работа 3.7

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЗАГОТОВКИ, ПОЛУЧЕННОЙ ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКОЙ

Цель работы – приобретение и закрепление навыков технико-экономического обоснования выбора вида заготовки, которая может быть получена штамповкой на молоте, прессе, ГКМ с помощью специальных процессов или из проката.

Работа рассчитана на 2 академических часа.

Методические указания

Область применения и особенности различных методов горячей штамповки

Краткая характеристика основных способов горячей штамповки приведена в табл. 3.7.1. Горячая штамповка выполняется на молотах и прессах в открытых и закрытых штампах выдавливанием, гибкой с последующими чеканкой, радиальным обжатием, раскаткой, высадкой, накаткой зубьев, поперечной прокаткой и некоторыми другими процессами [76].

Т а б л и ц а 3.7.1

Характеристика методов горячей штамповки [9]

Метод получения заготовок	Характеристика получаемых заготовок	Припуски и допуски	Преимущественно используемое оборудование
1	2	3	4
Штамповка в открытых штампах	Масса заготовок до 3т (в основном 50-100 кг), сложной формы. Углубления или отверстия в боковых стенках поковок невозможны	Припуски и допуски по ГОСТ 7505-89. Припуски на сторону для поковок, изготавливаемых на молотах, массой до 40 кг с размерами до 8000 мм от 0,6-1,2 до 3,0-6,4 мм	Кривошипные горячештамповочные прессы усилием 6,3-100 МН; штамповочные молоты с массой падающих частей; паровоздушные двойного действия -0,5-35 т, гидравлические - до 2,5 т; с двусторонним ударом паровоздушные и гидравлические - до 60 т
Штамповка в закрытых штампах	Масса заготовок до 50-100 кг простой формы, преимущественно в виде тел вращения	Поле допусков соответственно от 0,7-3,4 до 1,6-11 мм. Для штампованных заготовок, изготавливаемых на кривошипных прессах, припуски на 0,1-0,6 мм меньше	Простого действия, паровоздушные, цепные - соответственно до 10; 5 и 8 т; винтовые фрикционные прессы усилием 0,4-60 МН; гидравлические штамповочные прессы усилием до 700 МН

1	2	3	4
Штамповка в закрытых штампах	Применяется для сокращения расхода металла и для сталей и сплавов с пониженной пластичностью	Допуски на вертикальные размеры поковки при штамповке в закрытом штампе составляют 0,5-0,7 от соответствующих допусков при штамповке в открытом штампе. Шероховатость поверхности Ra=80-40 мкм	
Штамповка на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ)	Масса до 100 кг, в виде стержней с головками или утолщениями различной формы, полые со сквозными или глухими отверстиями, фланцами и выступами. Предпочтительна форма тел вращения	Припуски и допуски по ГОСТ 7505-89. Припуск на 40-50 % меньше, чем при штамповке на молотах. Шероховатость поверхности Ra=80- 40 мкм	Горизонтально-ковочные машины усилием 1-4 МН
Специальные процессы:			
Радиальное обжатие	Сплошные и полые прямые поковки удлиненной ступенчатой формы в виде тел вращения с цилиндрическими или коническими участками, ступенчатые или с заострениями квадратного или прямоугольного сечения диаметром от 0,4 до 500 мм	Припуск в случае надобности под шлифование. Допуск при обжатии соответствует 11-13-му качеству. Шероховатость поверхности Ra=2,5-0,63 мкм	Ротационные обжимные, радиальнообразные машины для обжатия прутков диаметром соответственно 4-100 и 10-200 мм, а также труб диаметром соответственно 10- 200 и 10-320 мм

1	2	3	4
Раскатка	Типа колец диаметром 70-3000 мм при высоте 20-260 мм из заготовок, штампованных на молоте	Допуск для поковок колец шарикоподшипников диаметром 70-700 мм – по наружному диаметру и высоте 1-6 мм, по внутреннему 1,5-10 мм	Раскатные станы модели РМ с рабочим давлением в цилиндре 50-1000 МПа
Поперечная прокатка	Удлиненной формы типа ступенчатых валиков, а также втулок диаметром до 100 мм и длиной до 800 мм	Несколько меньше, чем при штамповке в открытых штампах. Так, для диаметров до 30 мм допуск + 0,1 мм, а для диаметров до 100 мм – +0,4 мм	Станы, работающие валковым инструментом типа АСК (максимальный диаметр изделия D=800 мм максимальная длина изделия L=500 мм); станы, работающие валково-сегментным инструментом типа С (максимальные диаметр и длина те же); плоско-клиновые станы типа UWQ (ГДР) (максимальная длина 400 мм, диаметр - 40 мм)

Область применения названных методов – серийное и массовое производство.

Штамповка на кривошипных прессах в два-три раза производительнее по сравнению со штамповкой на молотах, припуски и допуски уменьшаются на 20...30 %, расход металла снижается на 10... 15 %. На рис. 3.7.1 показаны основные типы заготовок, штампуемых на молотах и прессах [13].

При штамповке необходимо использовать профильный прокат или подкат, полученный на ковочных вальцах.

Заготовки I и II групп, показанных на рис. 3.7.1, а также заготовки типа стаканов, вилок, рым-болтов и др. могут быть получены штамповкой в закрытых штампах (2). К преимуществам безоблойной штамповки относятся:

1. Снижение расхода металла до 20-25 % из-за отсутствия облоя и клещевины, уменьшения штамповочных уклонов и припусков, более точных размеров получаемой штамповки.

4. Уменьшение усилия деформации за счет уменьшения площади контакта металла с инструментом и сопротивления металла деформированию в связи с отсутствием облоя и других факторов.

5. Значительное снижение себестоимости готовой штамповки и трудоемкости последующей обработки резанием.

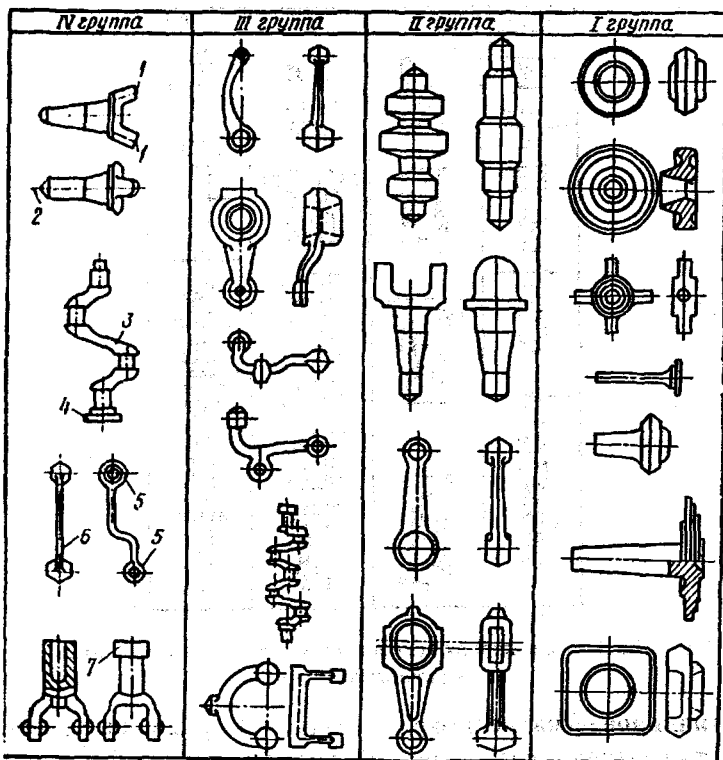


Рис. 3.7.1. Классификация поковок, штампуемых на молотах и горячештамповочных прессах: 1 – разъем на прессе; 2 – разъем на молоте; 3 – штамповка на прессе; 4 – фланец штампуется на ГKM; 5 – головки после штамповки на ГKM штампованы на прессе; 6 – стержень согнут на горизонтально-гибочной машине; 7 – штамповка на молоте или прессе, высадка на ГKM

Виды заготовок, штампуемых на ГKM, показаны на рис.3.7.2. Штамповка на ГKM является одним из производительных способов (до 400 поковок в час) и может быть рентабельной для определения вида заготовок, особенно в условиях массового производства. Характерными деталями, заготовки которых получают на ГKM, явля-

ются конические валы-шестерни, валы с односторонним увеличением диаметров, шестерни, втулки, кольца и др. Штамповка на ГКМ в связи с уменьшением штамповочных уклонов, повышением точности штамповки позволяет уменьшить вес заготовок по сравнению со штамповкой на прессах в среднем на 5-12 %.

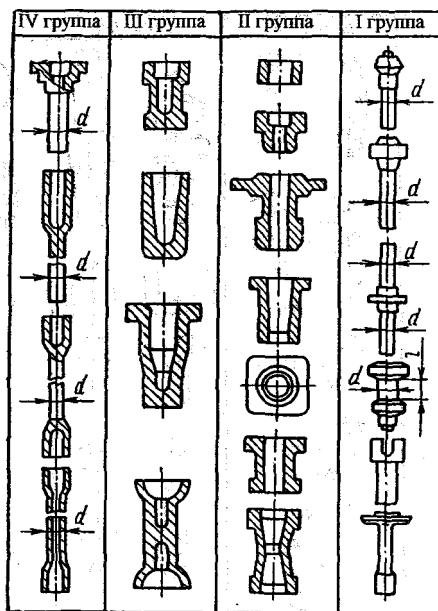


Рис. 3.7.2. Классификация поковок, штампуемых на горизонтально-ковочных машинах

Радиальное обжатие позволяет выполнять различные операции – получать изделия с разнообразной формой наружной поверхности, оформлять внутренние поверхности полых изделий, обжимать концы заготовок, комбинировать прутковый материал, осуществлять сборку изделий.

Сущность процесса радиального обжатия состоит в деформировании заготовки по периметру сечения сходящимися бойками, обеспечивающими всестороннее периодическое приложение давлений. Обработка может происходить с вращением или без вращения заготовки, с ее нагревом или без нагрева (для сплошных заготовок с диаметром до 80 мм и полых - до 100 мм).

При обработке без нагрева можно получить изделия 8-12-го качества точности с шероховатостью $Ra = 0,08-0,32$ мкм; при обработке с нагревом – 11-14-го качества точности, $Ra = 1,25-2,5$ мкм.

Преимущества радиального обжатия заключаются в повышении прочностных свойств изделия после обжатия, увеличении производительности в три-десять раз по сравнению с токарной обработкой заготовок из проката, экономии металла на 30-40 % при холодном обжатию небольших изделий, на 20-60 % - при горячем обжатию больших изделий (свыше 5 кг) по сравнению с заготовками из проката и на 10-20 % - по сравнению с заготовками, полученными штамповкой на молотах.

Особенно эффективно применение радиального обжатия в мелкосерийном производстве взамен заготовок из проката или полученных горячей штамповкой в открытых штампах на молотах при общей серийности однотипных изделий от 100 до 80000 штук.

Процесс машинной раскатки, как правило, – наиболее рациональный способ получения профильных кольцевых заготовок, а также крупногабаритных колец. Перевод производства колец сковки на раскатку позволяет снизить расход металла на 40-50 %; на эту же величину возрастает и коэффициент использования металла. Размеры заготовок под раскатку определяют из равенства объемов заготовки до и после раскатки; при этом предполагают, что высота кольца в процессе раскатки не изменяется. Снижение себестоимости кольцевых заготовок, повышение эксплуатационных характеристик изделий, экономия металла и ряд других преимуществ технологии машинной раскатки вызывают все более широкое распространение этого процесса.

В процессе **поперечно-клиновой** прокатки заготовку деформируют парой клиновых инструментов (рис. 3.7.3), которые по мере движения перемещают очаг деформации вдоль оси заготовки в соответствии с углом наклона деформирующих клиньев. Заготовка при этом вращается под воздействием инструмента вокруг своей продольной оси, расположенной перпендикулярно движению клиньев.

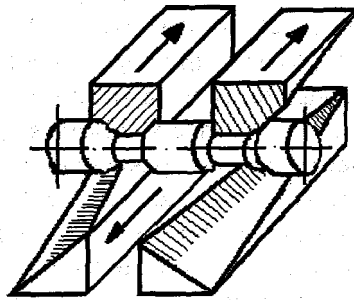


Рис. 3.7.3. Схема прокатки плоским клиновым инструментом

В результате обжатия и раскатывания металла наклонными гранями инструмента происходит уменьшение диаметра деформируемого участка заготовки и увеличение ее длины. Характерные виды заготовок, получаемых поперечно-клиновой прокаткой, показаны на рис. 3.7.4.

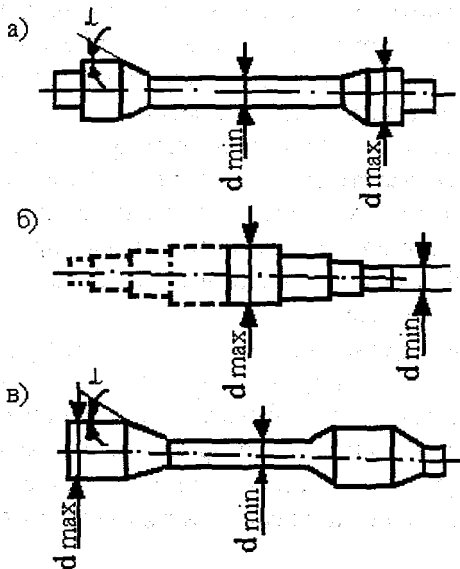


Рис. 3.7.4. Характерные виды заготовок, получаемых поперечно-клиновой прокаткой: а – симметричные по длине; б – несимметричные по длине с монотонным расположением ступеней; в – несимметричные по длине с немонотонным (произвольным) расположением ступеней

Плоскоклинковая прокатка применяется как для вальцовки заготовок под последующую штамповку (для деталей сложной формы), так и для получения заготовок непосредственно для механической обработки (обычно - токарной, иногда - шлифования). Ее преимуществами являются повышение производительности труда, точности заготовок, уменьшение их веса в среднем на 15 % по сравнению со штамповкой на прессах в открытых штампах, улучшение эксплуатационных свойств деталей. Основная область применения метода - крупносерийное и массовое производство.

Области применения заготовок из проката

Сортовой круглый горячекатаный прокат повышенной и нормальной точности (ГОСТ 2590-71) используют для изготовления ступенчатых валов с небольшим перепадом диаметров ступеней (до 7-10 мм), стаканов диаметром до 50 мм, втулок диаметром до 25 мм, рычагов, клиньев, осей, тяг.

Трубный прокат – стальной бесшовный горячекатаный, холоднотянутый и холоднокатаный (ГОСТ 8732-78, ГОСТ 8734-75) – служит для изготовления цилиндров, втулок, гильз, шпинделей, станков, роликов, пустотелых валов.

Периодические профили проката применяются для изготовления деталей симметричной формы или получения спаренных заготовок (для двух деталей). При этом используются профили продольной прокатки (ГОСТ 8319.0-75, ГОСТ 8319.13-75 и ГОСТ 8531-78), поперечно-винтовой прокатки (ГОСТ 8320.0-83, ГОСТ 8320.13-83), поперечной прокатки (ГОСТ 7524-83).

Механические свойства периодического проката выше, чем свойства гладкого проката, в связи с расположением волокон в соответствии с конфигурацией детали. Отклонения размеров проката от номинального обычно составляют по диаметру профиля $\pm 0,1 \%$ и по длине - не менее $\pm 0,5 \%$.

Точность горячекатаного проката ориентировочно соответствует 12-14-му качеству, холоднотянутого - 2-12-му качеству. Точность горячекатаного сортового проката может быть повышена применением волочения через фильеру (точность 11-12-го качества) и в роликовой волоке (точность 9-11-го качества).

Экономическое обоснование выбора заготовки

При сравнении возможных методов получения заготовки для вновь проектируемого технологического процесса изготовления детали рассматриваемые варианты могут отличаться только технологией получения заготовки, но не механической обработки. В этом случае для выбора метода получения заготовки достаточно оценить ее себестоимость для каждого из вариантов и принять тот вариант, для которого себестоимость меньше. В противном случае при выборе метода получения заготовки необходимо для каждого варианта оценить суммарную себестоимость получения заготовки и отличающихся операций механической обработки.

Себестоимость заготовок из проката

$$S_{\text{заг}} = M + \sum C_{\text{аз}}, \quad (3.7.1)$$

где M – затраты на материал заготовки, руб.;

$\sum C_{\text{аз}}$ – технологическая себестоимость операций правки, калибрования прутков, резки на штучные заготовки:

$$C_{\text{аз}} = \frac{C_{\text{пз}} \cdot T_{\text{шт(шт-к)}}}{60 \cdot 100},$$

где $C_{\text{пз}}$ – приведенные затраты на рабочем месте, руб./ч;

$T_{\text{шт(шт-к)}}$ – штучное или штучно-калькуляционное время выполнения заготовительной операции (правки, калибрования, резки и др.).

По данным [54], приведенные затраты, приходящиеся на 1 ч работы оборудования, имеют следующие значения: резка заготовок диаметром до 55 мм на сортовых ножницах – 883 руб./ч, то же для заготовок диаметром до 140 мм – 1629 руб./ч, резка дисковыми пилами на отрезных станках – 121 руб./ч, правка на автоматах – 200...250 руб./ч.

Затраты на материал определяются по массе проката, требующегося на изготовление детали, и массе сдаваемой стружки. При этом необходимо учитывать стандартную длину прутков и отходы в результате некратности длины заготовок этой стандартной длине.

$$M = QS - (Q - q) \cdot S_{отх}, \quad (3.7.2)$$

где Q – масса заготовки, кг;

S – цена 1 кг материала заготовки, руб.;

q – масса готовой детали, кг;

$S_{отх}$ – цена 1 кг отходов, руб.

Т а б л и ц а 3.7.2

Оптовые цены на некоторые металлы

Наименование	Марка	Цена за 1 кг, руб.
Сталь качественная круглая, квадратная, шестигранная:		
Углеродистая	10,20,30,40,50,55	270...370
Легированная	15X,20X,30X,35X,40X, 45X, 50X	280...340
Легированная	18ХГТ,30ХГТ,20ХГТ	280...350
Легированная	12ХНЗА,30ХНЗА	500...600
Сталь качественная калиброванная (холоднотянутая) круглая		
Углеродистая	35,40,45,50,55,60	340...450
Шарикоподшипниковая	ШХ9, ШХ15	500...650

Стоимость заготовок, получаемых горячей штамповкой различными методами, можно определить по формуле

$$S_{заг} = (C_1 \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_n) - (Q - q) \cdot S_{отх}, \quad (3.7.3)$$

где C_1 – базовая стоимость 1 кг заготовок, руб.;

K_T, K_C, K_B, K_M, K_n – коэффициенты, зависящие от класса точности, степени сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок.

В качестве базовой стоимости заготовок, получаемых горячей штамповкой на молотах, прессах, ГМК, принимается $C_1 = 373$ руб. (штамповка из конструкционной углеродистой стали массой 2,5...4 кг, нормальной точности по ГОСТ 7505-89, 3-й степени сложности, 2-й группы серийности; преysкурaнт № 25-01, 1981 г.); для штамповки в закрытых штампах $C_2 = 390$ руб.; для заготовок, получаемых ра-

диальным обжатием, $C_3 = 380$ руб.; для заготовок, получаемых раскаткой, $C_4 = 320$ руб.; для заготовок, получаемых поперечной прокаткой, $C_5 = 280$ руб. (по данным передовых заводов страны). Коэффициенты выбираются по следующим данным:

а) в зависимости от точности штамповок по ГОСТ 7505-89 значения коэффициента K_T принимаются: повышенная точность – 1,05; нормальная – 1;

б) в зависимости от марки материала штамповки значения коэффициента K_M составляют: для углеродистой стали 08-85 – 1, стали 15Х-50Х – 1,13, стали 18ХГТ-30ХГТ – 1,21, стали ШХ15 – 1,77, стали 12ХНЗА-30ХНЗА – 1,79.

Т а б л и ц а 3.7.3

Значение коэффициентов K_c и K_b

K_c					
Материал штамповки	Группа сложности				
	1	2	3	4	
Сталь углеродистая 08-05	0,75	0,84	1	1,15	
Сталь 15Х-50Х	0,77	0,87	1	1,15	
Сталь 18ХГТ-30ХГТ	0,78	0,88	1	1,14	
Сталь ШХ15	0,77	0,89	1	1,13	
Сталь 12ХНЗА-30ХНЗА	0,81	0,9	1	1,1	
K_b					
Масса штамповки, кг	Материалы штамповок				
	Сталь 08-05	Сталь 15Х-50Х	Сталь 18ХГТ-30ХГТ	Сталь ШХ15	Сталь 12ХНЗА-30ХНЗА
Не более 0,25	2	2	1,94	1,82	1,62
0,25...0,63	1,85	1,64	1,61	1,52	1,42
0,63...1,6	1,33	1,29	1,29	1,3	1,25
1,6...2,5	1,14	1,14	1,15	1,14	1,11
2,5...4,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
4,0...10,0	0,87	0,89	0,89	0,88	0,9
10,0...25,0	0,8	0,8	0,79	0,76	0,8
25,0...63,0	0,73	0,73	0,74	0,71	0,75
63,0...163	0,7	0,7	0,72	0,65	0,7

Коэффициент K_n определяется из условия: если объем производства заготовок (годовая программа) больше значений, указанных в табл. 3.7.4, принимают $K_n = 0,8$, в остальных случаях $K_n = 1,0$. Степень сложности определяется по ГОСТ 7505-89 [45].

Т а б л и ц а 3.7.4

Объем производства штамповок, соответствующий
2-й группе серийности

Масса штамповки, кг	Объем производства, тыс. шт.
Не более 0,25	15...500,0
0,25...0,63	8...300,0
0,63...1,6	5...150,0
1,60...2,5	4,5...120,0
2,50...4,0	4...100,0
4,0...10,0	3,5...75,0
10,0...25,0	3...50,0
25,0...63,0	2...30,0
63,0...163,0	0,6...1,0

Экономический эффект для сопоставления способов получения заготовок, при которых технологический процесс механической обработки не меняется, может быть рассчитан по формуле

$$\Theta_3 = (S_{\text{заг1}} - S_{\text{заг2}}) N, \quad (3.7.4)$$

где $S_{\text{заг1}}$, $S_{\text{заг2}}$ – стоимость заготовок, изготавливаемых сравнительными методами;

N – годовой выпуск заготовок, шт.

Уровень технологичности каждого из методов получения заготовки может быть укрупненно оценен по коэффициенту использования материала:

$$K_{\text{им}} = \frac{q}{Q},$$

где Q , q – те же параметры, что и в формулах (3.7.2) и (3.7.3).

Пример. Произвести предварительную оценку возможных методов получения заготовки одновенцового цилиндрического зубчатого колеса. Исходные данные: базовый метод получения заготовки – штамповка на прессе в открытом штампе, вес заготовки – 5,7 кг, вес готовой детали – 3,3 кг, годовой выпуск – 100000 штук, материал – сталь 18ХГТ, степень сложности – С2, класс точности – Т4 по ГОСТ 7505-89, тип производства – массовый.

Учитывая конструкцию обрабатываемой детали, тип производства и рекомендации, приведенные в табл. 3.7.1, принимаем в качестве второго возможного метода получения заготовки безоблойную штамповку на прессе. Выполним укрупненный расчет стоимости заготовок, получаемых названными методами. Результаты приведены в табл. 3.7.5.

Т а б л и ц а 3.7.5

Сопоставление и выбор варианта технологического процесса получения заготовок

Вид заготовки	Штамповка на прессе в открытом штампе	Безоблойная штамповка на прессе
Наименование показателей	1-й вариант	2-й вариант
Степень сложности	2	2
Класс точности	Т4	Т3
Масса готовой детали, кг	3,3	3,3
Масса заготовки, кг	5,7	$5,7 - 5,7 \cdot 0,2 = 4,56$
Стоимость 1 кг заготовок, принятых за базу, руб.	373	390
Стоимость 1 кг стружки, руб.	28,0	28,0
K_T	1,0	1,0
K_M	1,21	1,21
K_C	0,88	0,88
K_B	0,89	0,89
K_n	1,0	1,0
Стоимость заготовки по формуле (3.7.3), руб.	1950	1620
Коэффициент использования материала	$3,3/5,7=0,58$	$3,3/4,56=0,72$
Экономический эффект	$\Delta_3 = (1950 - 1620) \cdot 100000 = 33000000$ руб.	

Принимаем второй вариант технологии получения заготовки, как более экономичный и технологичный.

Описанная методика позволяет выполнить предварительную оценку возможных методов получения заготовок. Для уточнения такой оценки необходимо более точно определить вес заготовки по ее чертежу для каждого из возможных методов ее получения.

Порядок выполнения работы

1. Для предложенного варианта задания выбрать 1-2 возможных метода получения заготовки. Варианты заданий приведены в табл. 3.7.6.

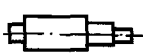
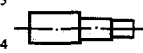
2. Рассчитать стоимость заготовки при использовании базового и предложенных методов ее получения, оценить технологичность указанных методов.

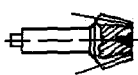


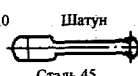
3. Дать анализ полученных результатов.

4. Составить отчет.

Т а б л и ц а 3.7.6

Варианты заданий

Вид и форма готовой детали, ее материал	Годовой выпуск, шт.	Масса готовой детали, кг	Базовый вариант получения заготовки				Примечание
			вид заготовки	степень сложности	класс точности	масса заготовки, кг	
1	2	3	4	5	6	7	8
1 Вал  2 Сталь 40X	100000	7,1	Штамповка на прессе в открытом штампе	C1	T4	10,2	Перепад диаметров 10-20мм
	10000	7,1				Штамповка на молоте	
3 Вал  4 Сталь 40X	150000	8,4	Штамповка на прессе в открытом штампе	C1	T4	12,9	Перепад диаметров 12-20мм
	3000	8,4				Штамповка на молоте	

1	2	3	4	5	6	7	8
5 Вал-шестерня  6 Сталь 18ХГТ	120000	12,7	Штамповка на прессе в открытом штампе	С2	Т4	21,2	Перепад диаметров 7-15мм
	10000	12,7	Штамповка на молоте			22,7	
7 Шестерня  8 Сталь 12ХНЗА	150000	5,2	Штамповка на прессе в открытом штампе	С2	Т4	8,0	
	1000	5,2	Штамповка на молоте			9,2	
9 Кольцо подшипника  Сталь ПШХ15	200000	3,7	Штамповка на прессе в открытом штампе	С2	Т4	4,9	Наружный диаметр 250 мм
	10000		Штамповка на молоте				
10 Шатун  Сталь 45	600000	4,7	Штамповка на прессе в открытом штампе	С2	Т4	5,9	
	30000		Штамповка на молоте				

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Исходные данные.
3. Расчет стоимости заготовки для предложенных методов ее изготовления по форме табл. 3.6.5.
4. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Преимущества штамповки на прессах перед штамповкой на молотах.
2. Преимущества безоблойной штамповки.
3. Достоинства штамповки на ГКМ.
4. Характерные детали, заготовки которых могут быть получены на ГКМ.
5. Сущность, область применения и достоинства радиального обжатия.
6. Сущность, область применения и достоинства машинной раскатки.
7. Сущность, область применения и достоинства поперечно-клиновой прокатки.
8. Виды проката и области их применения.
9. Возможные схемы сравнения методов получения заготовок.
10. Как рассчитать себестоимость заготовки из проката?
11. Как определить затраты на материал для заготовок из проката?
12. Как определить стоимость заготовки, получаемой горячей штамповкой?

Работа 3.8

ПОЛУЧЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПЛАСТМАСС

Цель работы - приобретение и закрепление навыков проектирования заготовок из пластмасс.

Работа рассчитана на два академических часа.

Общие вопросы проектирования заготовок из пластмасс

Детали и сборочные единицы, изготавливаемые из термопластичных и термореактивных пластмасс, получают литьем под давлением, прессованием и механической обработкой [78].

1. Прямое прессование без предварительного подогрева.

Подготовленную по массе или объему дозу пресс-порошка загружают в нагретую форму (рис. 3.8.1 а), где под действием температуры и давления материал принимает заданную форму и выдерживается до отверждения. Такой технологический процесс эффективно применять при изготовлении преимущественно изделий ма-

лой высоты, а также изделий с малой (до 2 мм) толщиной стенок и несложной конфигурации.

2. Прямое прессование с предварительным подогревом таблетированного материала.

Таблетированный на гидравлических или механических таблеточных машинах материал разогревается (например, в генераторах 1 токов высокой частоты) до требуемой температуры и загружается в форму, где происходит процесс прессования, аналогичный предыдущему (рис. 3.8.1 б).

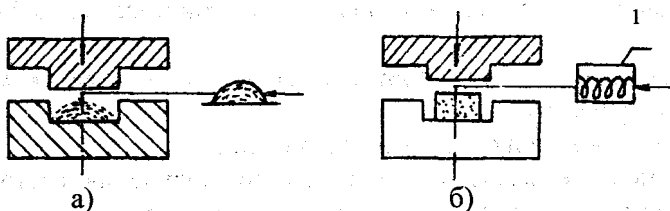


Рис. 3.8.1

3. Литьево прессование.

При этом методе предварительно подогретый в нагревательном устройстве 1 (рис. 3.8.2) таблетированный материал загружается в специальную камеру, откуда под давлением плунжера масса перетекает через литниковую систему в оформляющие полости предварительно сомкнутой формы; здесь при дальнейшей выдержке под давлением материал отверждается.

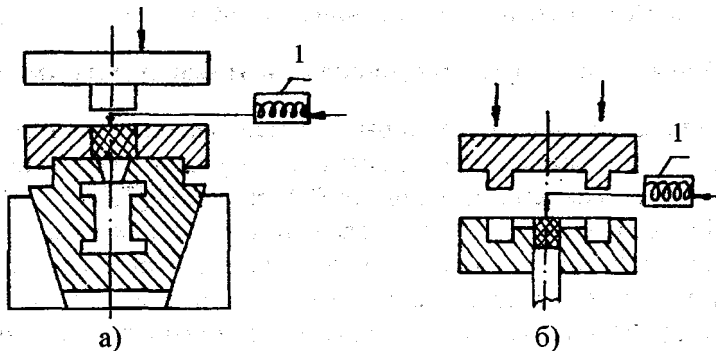


Рис 3.8.2

Метод позволяет получать изделия сложной формы с глубокими отверстиями малого диаметра. По плоскости разъема формы облой образуется в небольшом количестве или отсутствует.

К недостаткам метода следует отнести: повышенный расход материала из-за отходов в литники, неизбежный технологический избыток материала в литейной камере, большие сложность и стоимость форм, чем при прямом прессовании. Существует два основных варианта литейного прессования: в формах с верхней (рис. 3.8.2 а) и с нижней (рис. 3.8.2 б) загрузочной камерой.

4. Прямое прессование с предварительной пластификацией пресс-порошка.

Сущность способа заключается в том, что предварительный подогрев материала, пластификация и дозировка осуществляются в цилиндре с вращающимся шнеком. Подготовленная и дозированная порция материала автоматически подается в форму (рис. 3.8.3 а).

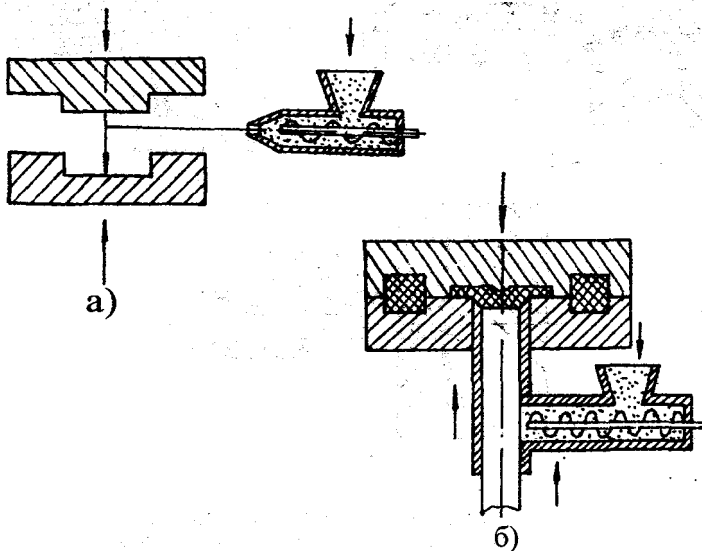


Рис. 3.8.3

5. Литейное прессование с предварительной пластификацией отличается от предыдущего метода тем, что подготовленный материал подается не в форму, а в литейный цилиндр (рис. 3.8.3 б). Мате-

риал впрыскивается в закрытую форму плунжером. Процесс эффективен при изготовлении толстостенных сложных по форме армированных изделий. Недостатки способа - большая сложность и увеличенные размеры оборудования и оснастки.

6. Литье под давлением термопластов является основным способом переработки термопластичных материалов в изделия. Он позволяет изготавливать высококачественные изделия с высокой степенью точности из самых различных материалов.

Процесс литья под давлением ведут на литьевых машинах при температуре литьевого цилиндра T 60-280°C выдавливанием расплавленной пластмассы в охлаждаемую форму (рис. 3.8.4 а), где материал остывает и отверждается.

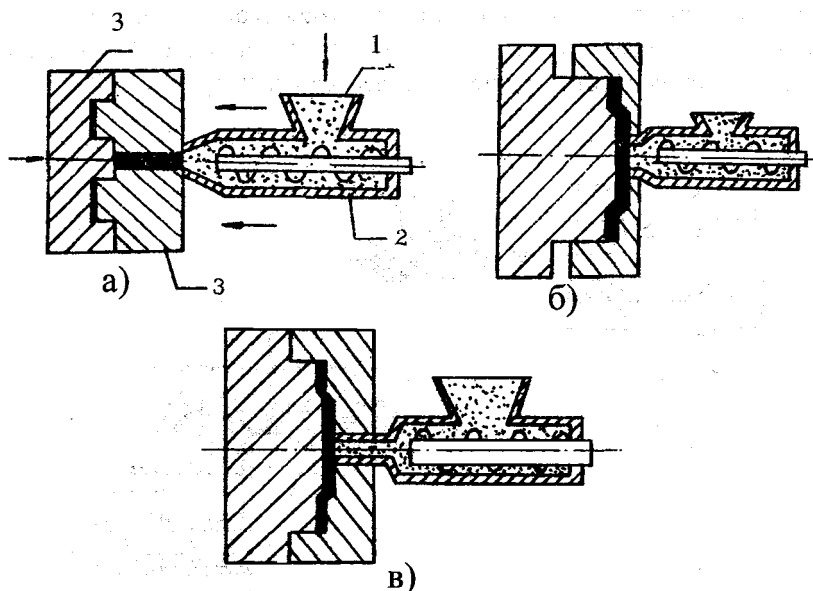


Рис.3.8.4. Литье под давлением реактопластов:
1 - бункер; 2 - цилиндр литьевой машины; 3 - форма

Для расширения технологических возможностей литьевых машин помимо традиционного литья иногда применяют способы интрузии, а также совмещения литья и прессования (рис 3.8.4 б). Основные отличия интрузионного формования заключаются в том, что операции пластификации и впрыска совмещены и начальная стадия

заполнения формы происходит при вращающемся, но неподвижном в осевом направлении шнеке. Окончательное заполнение формы происходит при поступательном перемещении шнека без вращения. Последующие стадии аналогичны обычному литью. Интрузионный способ позволяет получать отливки большего объема, чем номинальный объем впрыска литьевой машины, на 30-35 %.

При совмещении литья с прессованием в период заполнения форма не полностью замкнута. В первоначально приоткрытой на 0,05-0,2 мм форме получают заготовку, близкую изделию по конфигурации и размерам. Последующая операция – прессование – происходит при замыкании формы с небольшим усилием. При этом изделие окончательно формируется и далее отверждается [49].

Технологичность пластмассовых изделий

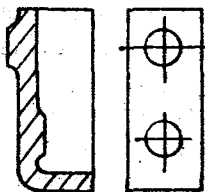
При конструировании пластмассовых изделий необходимо стремиться к обеспечению рациональных условий течения материала в форме, повышению точности изготовления, уменьшению внутренних напряжений и коробления.

Требования к конструкции пластмассовых изделий сводятся к следующему: допуски должны быть технически обоснованными; изделия должны иметь технологические уклоны; по возможности следует избегать поднутряющих выступов и впадин; изделия должны иметь закругления для увеличения механической прочности, облегчения процесса формообразования; стенки изделия по возможности должны быть равной толщины без резких переходов; конструкция изделия должна предусматривать место подвода литника, положение выталкивателей и расположение линии разъема формообразующих элементов.

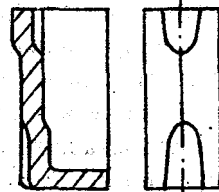
1. Приливы, выступы.

Конструкция пластмассового изделия по возможности не должна иметь значительных выступов или приливов. К технологическим относят выступы, предназначенные для размещения выталкивателей. Иногда при незначительном изменении изделия можно значительно упростить конструкцию формы, – например, продолжением выступа до торцевой поверхности стенки (для внешних выступов), до дна изделия (для внутренних выступов) (рис 3.8.5 а) или введением технологического отверстия (рис. 3.8.5 б) можно избежать поднутрений.

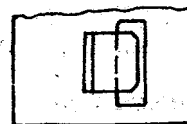
Нетехнологично



Технологично



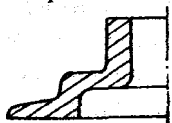
а)



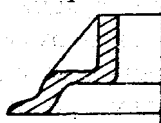
б)

Рис. 3.8.5. Конструктивное оформление элементов изделий

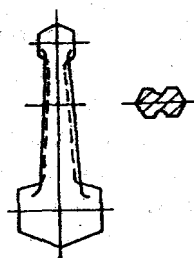
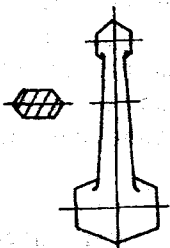
Правильно



Неправильно



а)



б)

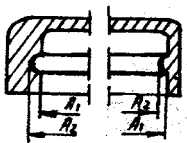
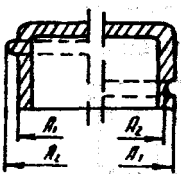
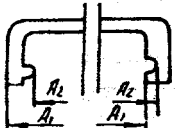
Рис. 3.8.6. Примеры конструирования изделий

При выполнении выступов и приливов необходимо предусматривать их плавное сопряжение со стенкой. Высота выступов должна составлять не более $1/3$ высоты стенки, на которой они расположены. Без заметного усложнения формы можно допустить внутренние

и наружные поднутрения на изделия. Такие изделия снимают с оформляющих элементов простым сталкиванием, используя упругую деформацию пластмассы:

$$\delta = (A_2 - A_1) / A_1 \cdot 100 \%$$

Т а б л и ц а 3.8.1

Эскиз	Материал	δ , %
	Полистирол общего назначения	1,0-1,5
	Полистирол ударопрочный	2,0
	Сополимеры СН, МСН	1,0-2,0
	Поликарбонат	1,0-2,0
	АБС - пластик	3,0
	Полиамид	3,0-1,0
	Полиэтилен: низкого давления	7,0-8,0
	Высокого давления	10,0-12,0

Для изделий типа скоба (табл. 3.8.1) δ можно увеличить в 2 раза. Минимально возможная толщина стенки из термопластов, мм: полиэтилен – 0,5; полистирол – 0,75; полиамид – 0,7; поликарбонат – 1,8; этрол – 0,7; полиметилметакрилат – 0,7.

Рекомендуемая максимальная толщина стенок – 3-4 мм.

Наиболее важное требование при конструировании изделия – обеспечение равнотолщинности стенок и днщ. Если это обеспечить не удастся, то допускаемая разнотолщинность не должна превышать следующих отношений: при прессовании – 2:1, при литье реактопластов – 5:1, при литье термопластов – 1,5:1.

Переходы от больших сечений к меньшим необходимо выполнять плавными, вводя закругления и конические участки с конусностью не менее 1:3 (рис. 3.8.7 а, б).

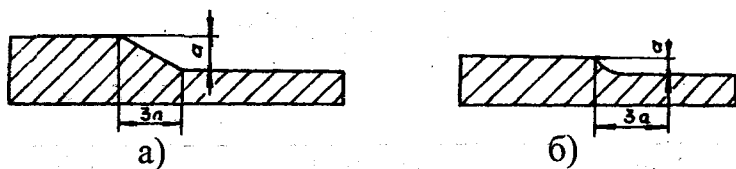
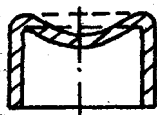


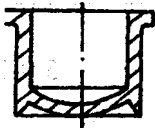
Рис.3.8.7. Оформление переходов от одного сечения к другому

Неправильно



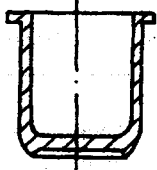
а)

До усадки



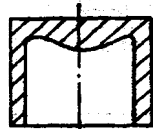
б)

После усадки

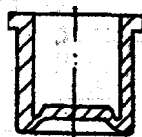


в)

Правильно



До усадки



После усадки

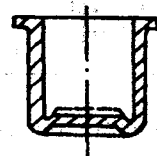


Рис. 3.8.8. Примеры конструирования дна изделий

Днища могут быть плоскими, постоянной толщины. Для избежания коробления днища вводят выпуклости ($h = 0,02D$, D – диаметр днища) или гофр (рис. 3.8.8 а, б, в).

Боковые стенки изделия также подвержены значительным деформациям. Небольшая выпуклость боковых стенок (рис. 3.8.9 а) уменьшает возможность их прогиба к центру изделия. Плавное

утолщение стенки к центру также способствует сохранению правильной формы (рис. 3.8.9 б).

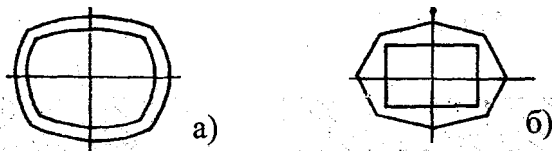


Рис. 3.8.9. Технологические утолщения, способствующие сохранению правильной формы

2. Торцы деталей для упрочнения выполняют в виде буртиков различной конструкции, которые предохраняют края изделия от повреждений, препятствуют короблению стенок. Примеры оформления торцов изделий даны на рис. 3.8.10 а, б.



Рис. 3.8.10. Конструкции торцовых поверхностей

3. Технологические уклоны.

Для обеспечения свободного извлечения отливки из формы на внешней и внутренней поверхностях изделия, ребрах, отверстиях, пазах в направлении разъема оформляющих элементов формы необходимо предусматривать технологические уклоны (рис. 3.8.11). Технологические уклоны внутренних поверхностей и отверстий должны быть больше уклонов наружных поверхностей, так как внутренние поверхности за счет усадки обжимают оформляющие элементы, а наружные, наоборот, отходят от стенок формы и меньше препятствуют удалению отливки. Полная погрешность Δ_p складывается из технологической погрешности Δ_m , возникающей при изготовлении изделия, и погрешности на технологические уклоны $\Delta_{ук}$:

$$\Delta_p = \Delta_m + \Delta_{ук}$$

где $\Delta_{ук} = 2H \operatorname{tg} \alpha$ (H – высота рассматриваемого элемента изделия; α – угол конуса); α – принимают в зависимости от соотношения наибольшего и наименьшего размеров конуса (α находится в пределах от $0^\circ 30'$ до $1^\circ 30'$).

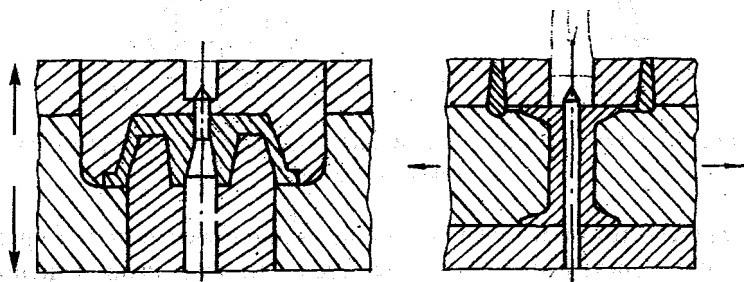


Рис. 3.8.11. Направление разъема формы (стрелки указывают направление разъема)

4. Отверстия, получаемые в процессе формирования, могут иметь самую разнообразную и сложную форму сечения. Глубина отверстий зависит от метода получения изделия, направления расположения отверстия, вида отверстия (глухое, сквозное), места его расположения, места подвода литника.

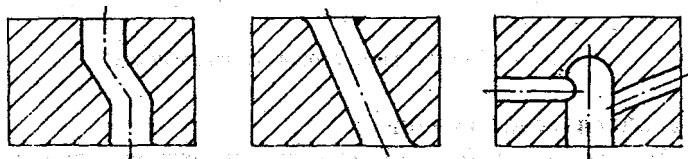


Рис. 3.8.12. Формы отверстий в отливках

5. Резьбы. Среди многообразия изделий из пластмасс большую группу составляют изделия, имеющие наружную, внутреннюю или и ту и другую резьбу, которую получают как в процессе формования, так и нарезанием механическим способом. Не рекомендуется применять резьбы диаметром менее 4 мм. Не допускается применять резьбы с мелким шагом. Длина ввинчивания не должна превышать диаметр более чем в 1,5-2 раза.

Определение нормы расхода материала

Индивидуальная норма расхода сырья на производство единицы продукции из пластмасс определяется по формуле

$$N_p = K_p \cdot P_h,$$

где K_p – нормативный расходный коэффициент, выбираемый из таблиц в зависимости от веса и сложности детали;

P_h – вес изделия вместе с нормативной величиной отходов.

Величина P_h определяется по формуле

$$P_h = K_n \cdot P_0 + P_0,$$

где K_n – нормативный коэффициент, выбирается из табл. 3.8.2 в зависимости от веса детали (P_0); P_0 – вес готовой детали.

Т а б л и ц а 3.8.2

Значения нормативного коэффициента K_n

P_0 , г	до 0,5	0,5-1,0	1-5	5-10	10-30	30-50	50-100	100-1000	свыше 1000
K_n	1,96	0,82	0,38	0,21	0,1	0,07	0,07	0,04	0,015

Значения коэффициентов K_p даны в табл. 3.8.3.

Т а б л и ц а 3.8.3

Значения коэффициента K_p в зависимости от веса, сложности и марки материала детали

№ пп	Наименование детали	Материал	Вес, г	Группа сложности	Коэффициент K_p
1	2	3	4	5	6
1	Обойма	Полистирол УПМ-03 черный	17,9	1	1,033
2	Штуцер	Полипропилен	30	4	1,027
3	Шатун	АБС-2020	26,3	4	1,044
4	Червяк	ПА610-Л-Т10	10	4	1,057

1	2	3	4	5	6
5	Колесо зубчатое ДМАМ 8.430.001	ПА610-Л-Т10	20	3	1,05
6	Колесо зубчатое ДМАМ 8.430.002	ПА610-Л-Т10	13,8	3	1,05
7	Кулачок	Полиамид	5,5	3	1,056
8	Компенсатор	Полистирол	5,3	3	1,039
9	Шток	Полипропилен	29,4	3	1,028

Методические указания по выполнению работы

1. Изучить чертеж детали, произвести анализ технологичности и при необходимости дать предложения по усовершенствованию ее конструкции.
2. Изучить методы получения деталей из пластмасс.
3. Выбрать метод получения данной детали.
4. Определить норму расхода материала.
5. Оформить чертеж заготовки.
6. Варианты задания (табл. 3.8.4) (чертежи деталей приведены в отдельном приложении).

Т а б л и ц а 3.8.4

№ варианта	Наименование детали
1	Обойма
2	Штуцер
3	Шагун
4	Червяк
5	Колесо зубчатое ДМАМ 8.430.001
6	Колесо зубчатое ДМАМ 8.430.002
7	Кулачок
8	Компенсатор
9	Шток

Работа 3.9

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНАСТКИ ДЛЯ ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКИ

Цель работы – освоить на практике методику проектирования основных элементов штампа (пуансона, матрицы) при холодной штамповке, разработать эскизный проект общего вида штампа. Работа рассчитана на четыре академических часа.

Классификация штампов

Всю заготовительно-штамповочную оснастку по технологическому признаку можно разделить на следующие группы:

- штампы раздельные, формообразующие, сборочные;
- обтяжные пуансоны для изготовления обшивок;
- формоблоки для образования деталей резиновым контейнером;
- штампы для листоштамповочных молотов;
- оснастка (матрицы, прижимы) для штамповки взрывом;
- оправки, ролики для изготовления деталей методом ротационного выдавливания;
- оснастка для электрогидравлической и электромагнитной штамповки.

Конструктивные особенности оснастки зависят от составленного технологического процесса и выбранного в этом процессе оборудования. Оснастка к данному оборудованию должна обеспечить заданную производительность труда и требуемое качество штампуемой детали. При проектировании штампов необходимо учесть требования по технике безопасности, что достигается введением защитных устройств.

Дополнительно необходимо обеспечить технологичность изготовления деталей оснастки, технологичность сборки, обеспечить надежное крепление на оборудовании, соблюдая требования технической эстетики.

В целом штампы классифицируют по технологическим и конструкторским признакам. К технологическим признакам относятся:

выполняемая операция (вытяжка, вырубка, гибка и т. д.); в большинстве случаев наименование операции совпадает с наименованием штампа – вырубной (рис. 3.9.1, 3.9.2), гибочный, вытяжной (рис. 3.9.3, 3.9.4);

количество одновременно штампуемых деталей (одна, две, три и т. д.);

степень сложности операций и способ выполнения их во времени (например, вытяжка первого перехода, рис. 3.9.3, второго перехода, рис. 3.9.4).

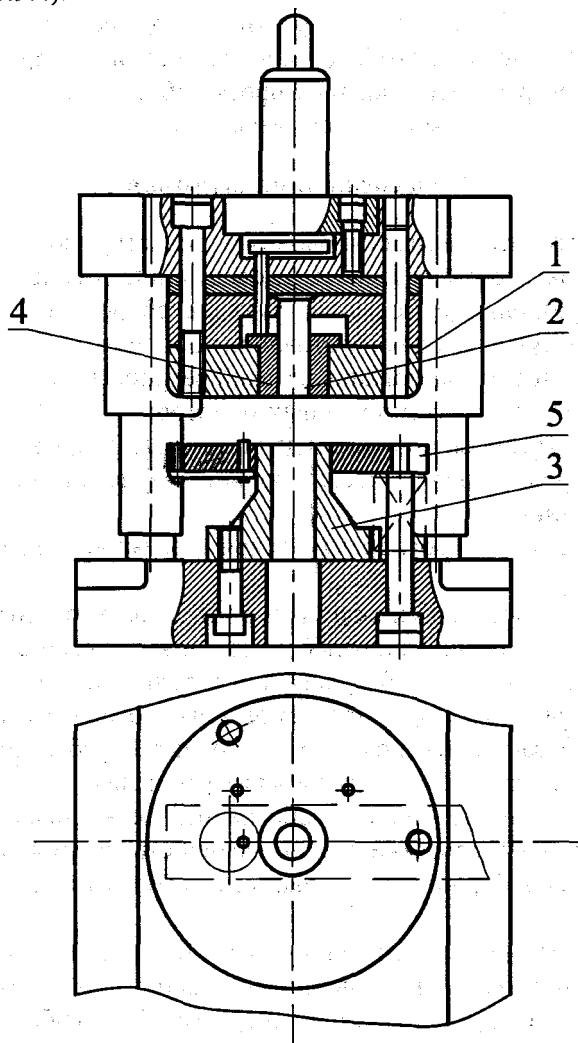


Рис. 3.9.1. Штамп для вырубki и пробивки совмещенного действия:
1 – матрица; 2 – пуансон; 3 – пуансон-матрица; 4 – выгалькиватель; 5 – съемник;

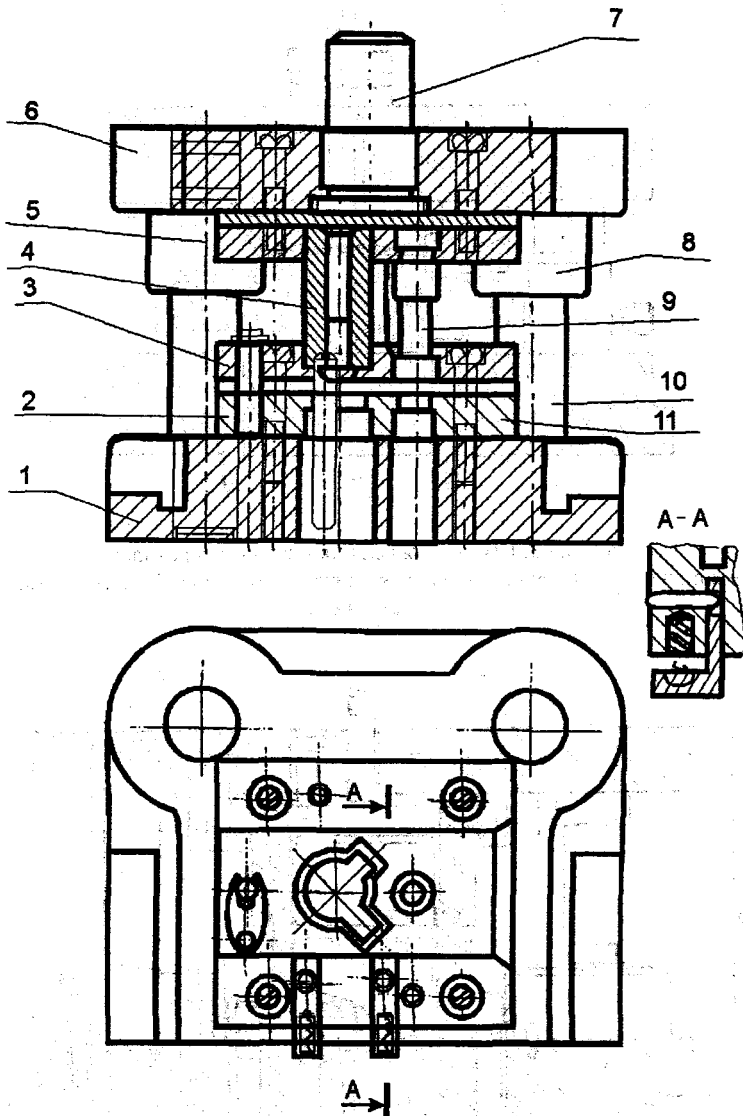


Рис. 3.9.2. Штамп для вырубki и пробивки последовательного действия:
 1 - нижняя плита; 2 - подвижный упор; 3 - жесткий съемник; 4 - пуансон для вырубki контура; 5 - пуансонодержатель; 6 - верхняя плита; 7 - хвостовик; 8 - втулка направляющая; 9 - пуансон для пробивки; 10 - направляющая колонка; 11 - матрица

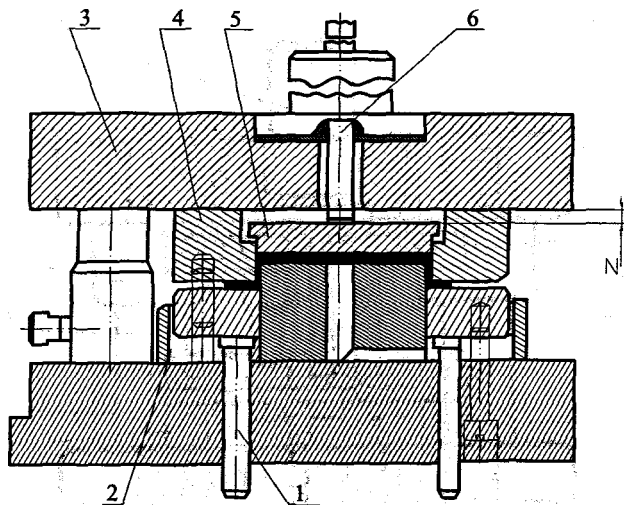


Рис. 3.9.3. Штамп для вытяжки первого перехода:
 1 – шпилька; 2 – прижим; 3 – верхняя плита; 4 – матрица; 5 – выталкиватель; 6 – стержень

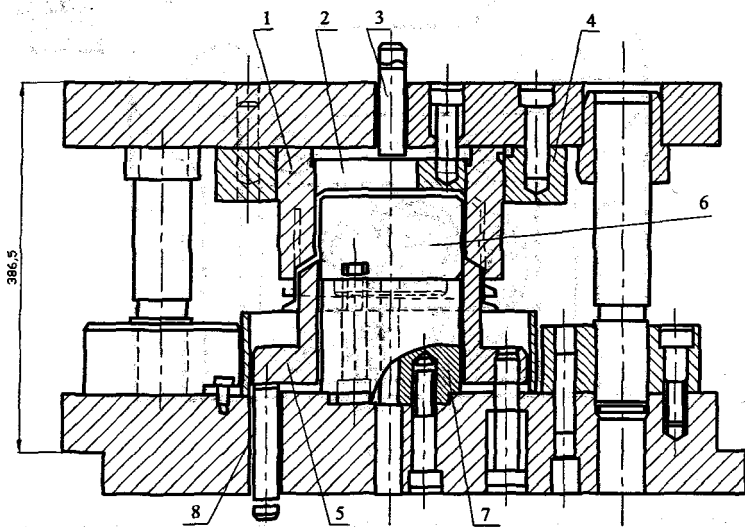


Рис. 3.9.4. Штамп для вытяжки второго перехода:
 1 – матрица; 2 – выталкиватель; 3 – стержень; 4 – обойма; 5 – прижимное кольцо; 6 – пуансон; 7 – державка; 8 – шпилька

По группам операций различают:

штамп формообразующий, предназначенный для получения заготовки без предварительного изменения толщины или течения материала;

штамп разделительный, предназначенный для отделения материала по заданному контуру;

штамп сборочный для выполнения операций соединения частей изделия.

По степени сложности (или по принципу действия) различают (ГОСТ 15830-70):

штамп простого действия для выполнения одной или нескольких одноименных операций за один ход подвижной части штампа;

штамп совмещенного действия для выполнения разноименных операций за один ход подвижной части штампа (рис. 3.9.1);

штамп последовательного действия для выполнения нескольких операций или переходов за несколько шагов подачи материала или заготовки и соответствующее число ходов подвижной части штампа (рис. 3.9.2).

К конструкторским признакам относятся:

универсальность применения;

сложность конструктивного исполнения, степень стандартизации;

весовая характеристика;

частные конструктивные признаки.

По универсальности штампы бывают специальные, универсальные, унифицированные.

По массе штампы подразделяют на:

мелкие (30-150 кг);

средние (до 1500 кг);

крупные (до 8000 кг);

особо крупные (свыше 8000 кг).

Проектирование штамповой оснастки [62], [63]

Штампы проектируются на основе чертежа детали и технологического процесса ее изготовления. Из чертежа детали можно узнать о конфигурации и размерах штампуемого контура, о технологичности контура, о точности детали.

Из технологического процесса можно получить следующие данные:
 наименование и последовательность операций;
 потребное усилие;
 наименование оснастки;
 наименование и размеры исходной заготовки;
 сведения об оборудовании;
 средства механизации и автоматизации;
 указания по технике безопасности.

Конструкция рабочей части вырубных и пробивных матриц и пуансонов выбирается в зависимости от толщины и конфигурации штампуемых деталей.

На рис. 3.9.5 даны типы рабочих отверстий матриц.

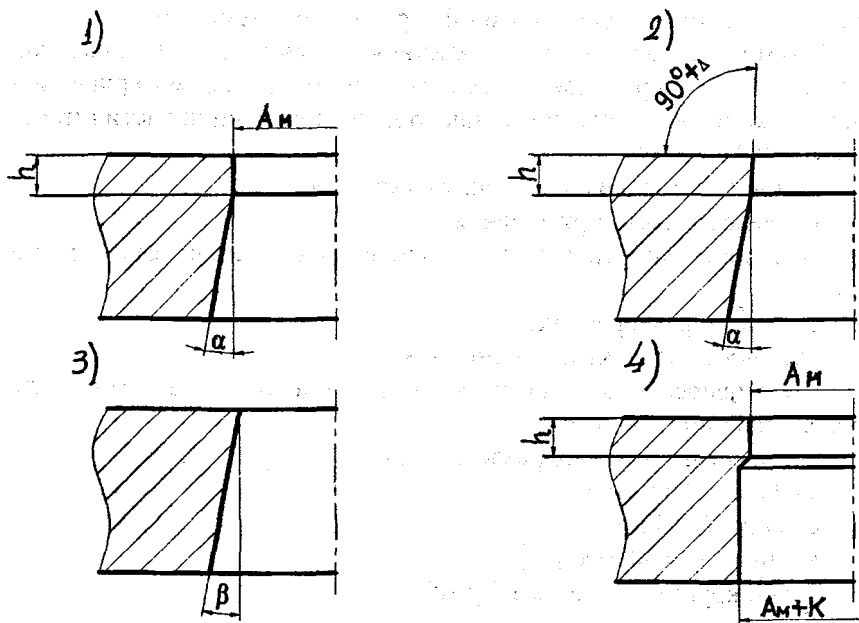


Рис. 3.9.5. Типы рабочих отверстий вырубных и пробивных матриц:
 1 - с прямой шейкой; 2 - с наклонной шейкой; 3 - без шейки;
 4 - с шейкой и прямой правильной выточкой

Т а б л и ц а 3.9.1

Тип	Применяемость
1	Любая конструкция и толщина
2	Любая конструкция и толщина, но применяется реже
3	Для вырубki мягких и тонких материалов
4	Для вырубki деталей с обратным выталкиванием

Т а б л и ц а 3.9.2

Конструктивные параметры для разных толщин детали S

Толщина S, мм	α	h, мм	Δ'	β	K
0,1-0,5	2...3°	3-5	10'	10-15	3...10
0,5-1	3...5°	5-10	20'	15-20	3...10
1-2	3...5°	5-10	20'	20-30	3...10
2-4	3...5°	5-10	20'	30-45	3...10
4-6	5...8°	10-15	30'	45-1	3...10
6-10	5...8°	10-15	30'	не применяется	

Исполнительные размеры (A_M) рассчитываются с учетом износа инструмента (матрицы и пуансона) во время эксплуатации (табл. 3.9.3).

Т а б л и ц а 3.9.3

Задание детали	Формулы для матрицы	
	10-15-й квалитет	8-9-й квалитет
$A-\Delta_1$	$A_M=(A-0,8\Delta_1)^{+\delta_M}$	$A_M=(A-\Delta_1)^{+\delta_M}$
$A_{-\Delta_1}^{-\Delta}$	$A_M=(A-0,2\Delta-0,8\Delta_1)^{+\delta_M}$	
$A_{+\Delta_1}^{+\Delta}$	$A_M=(A+0,2\Delta+0,8\Delta_1)^{+\delta_M}$	$A_M=(A+\Delta_1)^{+\delta_M}$
$A_{-\Delta_1}^{+\Delta}$	$A_M=(A+0,2\Delta-0,8\Delta_1)^{+\delta_M}$	$A_M=(A-\Delta_1)^{+\delta_M}$
$A_{-\Delta}^{+\Delta}$	$A_M=(A+0,6\Delta)^{+\delta_M}$	$A_M=(A-\Delta)^{+\delta_M}$

Т а б л и ц а 3.9.4

Раз-мер	Рекомендуемые формулы	Раз-мер	Рекомендуемые формулы
H	$H=10+(5S+0,7\sqrt{a+b}) K_1$	d	$d=6,5$ при $L \times B \leq 80 \times 60$; $d=16,5$ при $L \times B \leq 600 \times 300$

(где S – толщина детали)

K_1	0,6	0,8	1
$\delta_{в}, \text{МПа}$	120	250	400

C	$C = (10 - 12) + 0,8H$	d_1	$d_1 = d - (1...2)$
K	1,2d	M	$M = 0,8d + (d + d_1) / 2$

Наружный контур плитовых матриц (рис. 3.9.6) рассчитывают по формулам с учетом наименьших расстояний под винты и штифты (табл. 3.9.4). Матрицы-вставки крепятся в матрицедержателе запрессовкой, буртиком (ГОСТ 16637-16647-71).

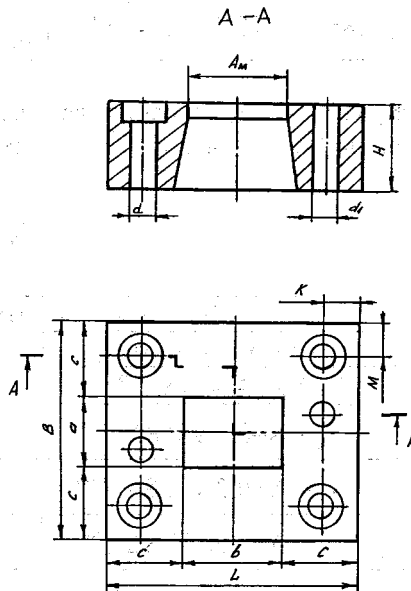


Рис. 3.9.6. Определение размеров матрицы

Контур пуансона соответствует контуру детали; длину вырубных пуансонов определяют в зависимости от характеристик пресса, размеров деталей штампа и условий штамповки. Длину пуансона (рис. 3.9.7) можно определить по формуле

$$L = H_1 + H_2 + H_3 + (10 - 20), \text{ мм,}$$

где L – длина пуансона, мм;

H_1 – толщина пуансонодержателя, мм;

H_2 – толщина съемника (или направляющей плиты), мм;

H_3 – толщина направляющих планок, мм.

При вырубке деталей основным рабочим инструментом служит матрица, при пробивке - пуансон. Выбор рабочего контура пуансона зависит от конфигурации, толщины и габаритных размеров детали.

На рис. 3.9.7 даны типы рабочих контуров вырубных пуансонов, выбор их приводится в табл. 3.9.5.

Т а б л и ц а 3.9.5

Тип	Применяемость
а	Наиболее распространен
б	Для вырубки детали из толстого материала
в	Для вырубки детали из тонкого материала
г	В случае уменьшения усилия вырубки
д	Для вырубки крупных деталей

Конструктивные параметры:

$$\alpha = (1,5 - 2^0);$$

$$h = 1,5 \dots 2;$$

$$H = (1 \dots 3);$$

$$\gamma = 3 \dots 8^0.$$

Исполнительный размер пуансона $A_{\text{П}}$ определяется по формуле

$$A_{\text{П}} = (A_{\text{М}} - Z)^{\delta_{\text{П}}},$$

где Z – номинальный (наименьший) зазор между пуансоном и матрицей;

$\delta_{\text{П}}$ – допуск на изготовление пуансона.

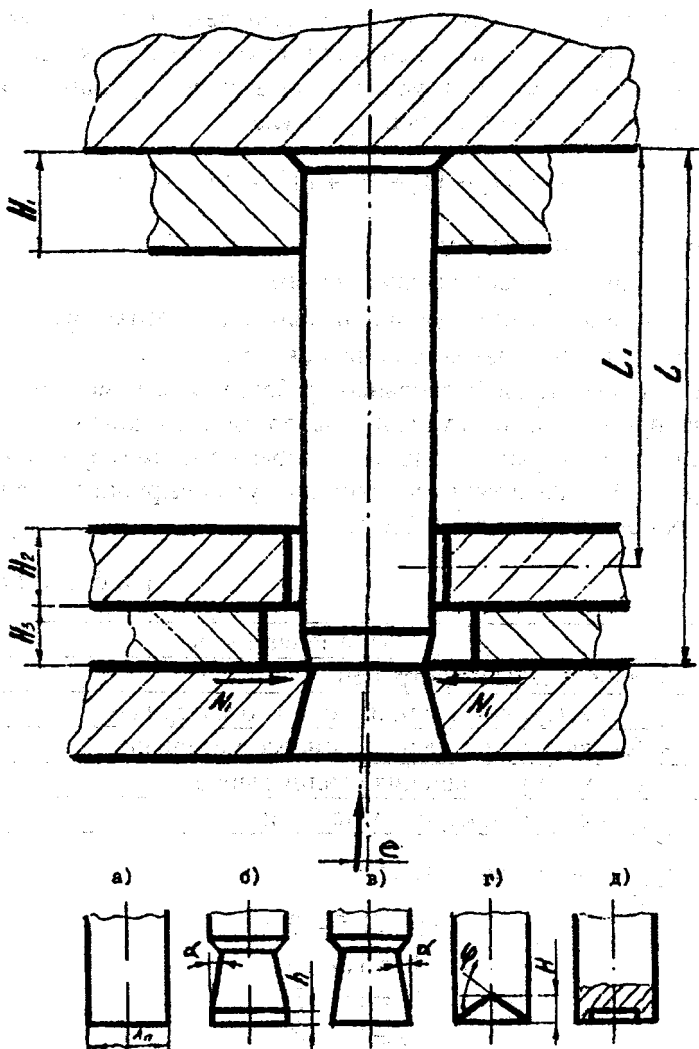


Рис. 3.9.7. Определение длины пуансона, типы режущих контуров вырубных и пробивных пуансонов

Величина Z зависит от усилия вырубки, точности получаемой детали. В нашем случае для всех вариантов можно принять $Z = 0,05 \dots 0,1$ мм. Толщина пуансонодержателя может быть взята равной

$$H_{ПД} = (0,6 \dots 0,8) H_M,$$

где H_M – толщина матрицы.

Толщина матрицедержателя обычно равна толщине матрицы:

$$H_{МД} = H_M.$$

В целях упрощения конструкции следует проектировать вырубку «на провал». Толщину жесткого съемника принимают равной

$$H_C = (0,8 \dots 1,0) H_M.$$

Комплект верхних и нижних плит штампов, связанных направляющими устройствами (колонками, планками, цилиндрами), называют блоком. Блоки подразделяются на индивидуальные (ГОСТ 13124-67...13129-67) и универсальные (ГОСТ 17662-72...-17671-72). Тип блока выбирается в зависимости от устройства стола или ползуна прессы и особенностей конструктивного исполнения штампа. Тип и размеры хвостовика выбираются в зависимости от толщины верхней плиты, габаритов и конструкции штампа, типа операции, а также от размеров гнезда в ползуне прессы.

Задание на проектирование штампа

Т а б л и ц а 3.9.6

№ варианта	Размеры детали на подштамповку А (размер стороны квадрата), мм	Толщина детали S, мм	$\delta_{вр}$, МПа
1	10	1	120
2	15	2	250
3	20	3	400
4	25	4	120
5	30	5	250
6	12	6	400
7	14	7	120
8	16	8	250
9	18	9	400
10	20	10	120

Допуски на размеры А и S детали – по 8-му качеству.

Порядок выполнения работы

1. Изучить конструкции штампов для вырубке детали типа квадрата.
2. Согласно вариантам задания рассчитать основные конструктивные параметры матрицы и пуансона.
3. Рассчитать толщину пуансонодержателя и матрицедержателя.
4. Разработать эскизный проект общего вида штампа для вырубке детали.

Содержание отчета

1. Наименование работы, основные данные для расчета штампа.
2. Результаты расчета матрицы, пуансона, других элементов штампа.
3. Эскиз общего вида штампа.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные группы заготовительно-штамповочной оснастки.
2. Классификация штампов по технологическому признаку.
3. Расскажите о последовательности проектирования штампа, об исходных данных для проектирования.
4. Как выбирается конструкция для вырубных и прошивных матриц штампа?
5. Как выбирается конструкция вырубных и прошивных пуансонов штампа?
6. Расскажите о методике определения размеров матриц.
7. Как определяется длина пуансона?
8. Что входит в блок штампа?
9. Как выбирается хвостовик штампа?

Работа 3.10

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ ПОПЕРЕЧНО-КЛИНОВОЙ ПРОКАТКИ

Цель работы – приобретение практических навыков оценки ка-

чества (точности основных размеров и состояния поверхностей) и освоение методики конструирования заготовок, изготавливаемых поперечно-клиновой прокаткой.

Основные положения

Методом поперечно-клиновой прокатки рекомендуется изготавливать заготовки из конструкционных сталей, имеющие несколько ступеней со значительными перепадами диаметров (см. рис. 3.10.1). При этом значительно увеличивается производительность труда по сравнению с обработкой таких деталей методом резания и уменьшается расход металла на 30 – 60%.

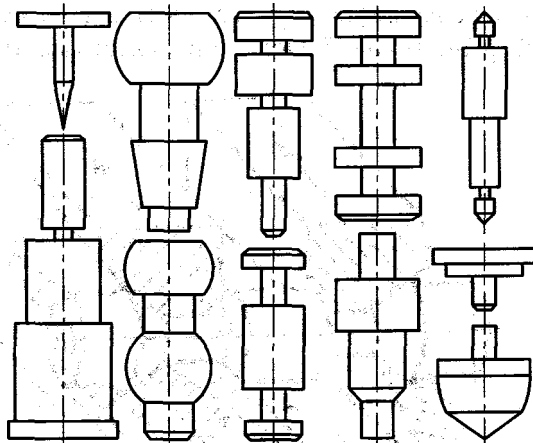


Рис. 3.10.1. Детали, получаемые методом поперечно-клиновой прокатки

В качестве исходной заготовки для прокатки используется круглый прут, который рубится на штучные или сдвоенные заготовки.

Заготовки, полученные методом поперечно-клиновой прокатки, могут быть использованы непосредственно на участках механической обработки или в качестве промежуточных заготовок для штамповки в открытых или закрытых штампах.

Наиболее распространенной схемой поперечно-клиновой прокатки является прокатка цилиндрических поверхностей плоским клиновым инструментом в открытых калибрах. Инструментом служат плоские клинообразные элементы, устанавливаемые на плиты

поперечно-клиновых машин, работающих в автоматическом режиме. Штучная заготовка укладывается поперек заходной части на поддерживатель инструмента. Оба инструмента, перемещаясь навстречу друг другу синхронно и параллельно, внедряются в заготовку, вызывая ее вращение (см. рис. 3.10.2). Инструменты имеют боковые наклонные деформирующие грани формообразующего участка М, которые заставляют перемещаться избыток металла по направлению к торцам, тем самым удлиняя заготовку. На участке захвата А клин внедряется в заготовку и образует на ней кольцеобразную канавку, которая затем расширяется благодаря воздействию наклонной боковой грани М, расположенной под углами наклона α и заострения β . На участке прокатки и калибровки Б на мостике К происходит калибровка деформируемого металла по мере его выхода с наклонной грани на калибрующую плоскость мостика [26].

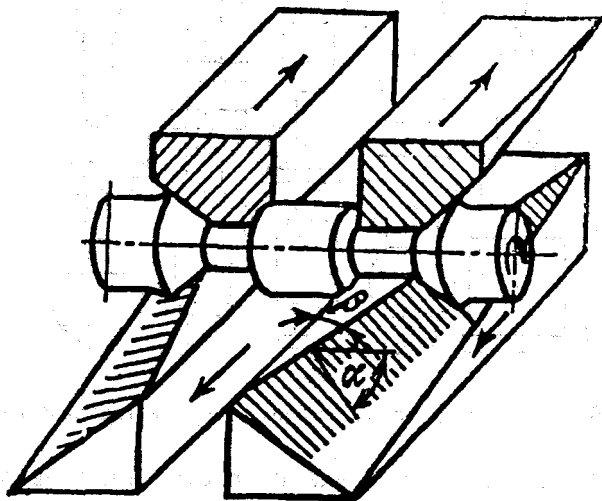


Рис. 3.10.2. Схема процесса поперечно-клиновой прокатки [33]

Участок В обеспечивает плавный выход заготовки из контакта с клиньями. При прокатке заготовки образуются концевые отходы или избытки металла, которые удаляются отрезными ножами Н, установленными по обе стороны инструмента. После отрезки прибылей заготовка поступает в сборник готовой продукции, а подвижный инструмент возвращается в исходное положение. Перед прокаткой исход-

ные штучные заготовки нагреваются ТВЧ до 1000-1200°C.

Устойчивое вращение заготовки в процессе прокатки обуславливается правильным выбором степени обжатия E и величиной углов α , β инструмента.

$$E = \frac{d_0}{d_{pi}},$$

где d_0 – диаметр исходной заготовки, мм;

d_{pi} – диаметр заготовки после прокатки. Предельная степень обжатия заготовки за один проход $[E] = 2$.

Углы клинового инструмента, обеспечивающие вращение заготовки без проскальзывания, должны находиться в пределах: $\alpha = 15-45^\circ$, $\beta = 3-15^\circ$.

При поперечно-клиновой прокатке возможны следующие погрешности:

- 1) смятие при выходе прокатанных деталей из контакта с инструментом;
- 2) искривление оси детали;
- 3) конусность ступеней вала;
- 4) огранка поперечного сечения;
- 5) смещение заготовки в процессе прокатки.

Смятие прокатываемых заготовок происходит по двум причинам: отсутствие на инструменте плавного выхода (уклона), обеспечивающего постепенное ослабление контакта между прокатываемой заготовкой и инструментом; проскальзывание одного из инструментов относительно заготовки. Последнее обстоятельство может быть причиной характерного для клиновой прокатки вида брака – *недоката*.

Причинами искривления оси заготовки являются перекося заготовки в момент ее захвата; ее проскальзывание в процессе прокатки; скручивание отдельных сечений из-за различных радиусов качения и др.

Конусность прокатываемых участков и огранка поперечного сечения заготовок объясняются клиновой конструкцией инструмента и зависят от его геометрических параметров.

Смещение заготовки в процессе прокатки происходит из-за не-

равномерного нагрева концевых участков заготовки, неидентичности геометрического выполнения клиновых элементов и шероховатости поверхностей, непараллельности установки клинового инструмента и др. Смещение заготовки при прокатке ступенчатых деталей приводит к резанию торцовых поверхностей ступеней и образованию характерного вида брака – *поперечного заката*.

Анализ качества заготовок, полученных методом поперечно-клиновой прокатки

Путем внешнего осмотра заготовки (визуально) определяются: смятие, недокат, смещение заготовки и поперечный закат.

Искривление оси детали определяется путем измерения радиального биения ступеней вала, установленного в призмах, с помощью индикатора часового типа.

Конусность ступеней заготовки измеряется следующим образом. С помощью штангенциркуля с ценой деления 0,05 мм замеряют диаметры шейки вала в двух крайних сечениях ступени и расстояние между сечениями. Затем по формуле вычисляют конусность.

Огранку измеряют с помощью индикатора часового типа на отдельных ступенях заготовки, установленной на призму с углом 90° . Индикатор часового типа закрепляется в стойке. Деталь устанавливается на призму ступенью, на которой определяется огранка.

Измеренные значения линейных размеров, погрешностей формы, кривизны и др. затем необходимо сопоставить с техническими требованиями чертежа заготовки.

Проектирование чертежа заготовки

Чертеж заготовки составляется на основании чертежа готовой детали. На поверхности детали назначаются припуски, допуски, радиусы скруглений углов, напуски. Устанавливаются технические требования к заготовке. Точность размеров заготовки, полученной поперечно-клиновой прокаткой, обычно соответствует 2-му классу ГОСТ 7505-89 [45].

Номинальные размеры прокатанной заготовки получают путем прибавления к наибольшим предельным размерам готовой детали припусков: $2Z$ – для диаметральных размеров и Z – для остальных.

Значения припусков на сторону Z приведены в табл. 3.10.2.

На торцах заготовки, оформляемых отрезными ножами клинообразного инструмента, необходимо предусматривать выступы высотой до 1 мм.

Радиусы скруглений внешних и внутренних углов заготовки назначаются по табл. 3.10.1.

Т а б л и ц а 3.10.1

Радиусы скругления углов прокатанных заготовок точности Т2 по ГОСТ 7505-89

Масса прокатанной заготовки, кг	Номинальные радиусы скругления углов, мм	
	внешних	внутренних
0,25 - 0,63	0,8	1,0
0,63 - 1,6	1,0	1,5
1,6 - 2,5	1,2	1,9
2,5 - 4,0	1,5	2,2
4,0 - 6,3	1,5	2,2
6,3 - 10,0	1,7	2,6
св. 10,0	1,7	2,6

Кольцевые канавки целесообразно прокатывать при их ширине, превышающей 8 мм.

На номинальные диаметральные размеры прокатанной заготовки назначаются верхние отклонения ES и нижние отклонения E_i:

$$ES = ES_{u1} + ES_{u2} + ES_p + ES_t;$$

$$E_i = E_{i_{u2}} + E_{i_t},$$

где ES_{u1} – отклонение на износ рабочего инструмента, мм;

ES_{u2}, E_{i_{u2}} – отклонения, учитывающие погрешность изготовления рабочего инструмента;

ES_p – отклонения от параллельности опорных (под инструмент) поверхностей поперечно-клиновой машины;

ES_t, E_{i_t} – отклонения по температурному интервалу, учитываю-

Припуски на механическую обработку на сторону для заготовок, получаемых методом поперечно-клиновой прокатки, для деталей с шероховатостью Ra 80...20 мкм [2]

Масса прокатанной заготовки, кг	Диаметр заготовки, мм		Длина прокатанной заготовки, мм							
	до 50	св. 50 до 120	до 50	св. 50 до 120	св. 120 до 180	св. 180 до 260	св. 260 до 360	св. 360 до 500	св. 500 до 630	св. 630 до 800
До 0,25	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3
Св. 0,25-0,63	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5
0,63-1,60	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6
1,60-2,50	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7
2,50-4,00	0,8	0,9	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9
4,00-6,30	1,0	1,1	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1
6,30-10,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,3
10,0-16,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3

Примечание. При меньшей шероховатости обрабатываемых поверхностей к припускам прибавляют:

- а) при шероховатости Ra = 10...2,5 – 0,3...0,5 мм;
- б) при шероховатости Ra = 1,25 и менее – 0,5...0,8 мм.

Допустимые отклонения номинальных продольных размеров – верхнее ES_l и нижнее E_{i_l} – определяются по формулам:

$$ES_l = ES_{u1} + ES_{u2} + ES_p + ES_t;$$

$$E_{i_l} = E_{i_{u2}} + E_{i_c} + E_{i_t},$$

где E_{i_c} – отклонения, учитывающие взаимное смещение клинового инструмента вдоль оси заготовки.

Отклонения номинальных размеров заготовок по отдельным элементам приведены в табл. 3.10.3. Приведенные выше зависимости для определения верхних и нижних отклонений продольных размеров распространяются на все "внешние" размеры. Для "внутренних" продольных размеров отклонения рассчитываются по этим

же зависимостям, но принимаются затем с обратным знаком.

Допуски на кривизну и коробление заготовки см. табл. 3.10.4.

Т а б л и ц а 3.10.3

Отклонения размеров заготовок, получаемых поперечно-клиновой прокаткой по 2-му классу точности ГОСТ 7505-89, мм, определяемые по массе заготовки

Масса прокатанной заготовки, кг	ES_{u1}	ES_p	E_{ic}
0,25- 0,63	+0,38	+0,06	-0,15
0,63- 1,6	+0,47	+0,1	-0,2
1,6 -2,5	+0,6	+0,1	-0,2
2,5 - 4,0	+0,67	+0,2	-0,3
4,0- 6,3	+0,75	+0,2	-0,3
6,3-10,0	+0,82	+0,2	-0,3
10,0- 16,0	+0,9	+0,2	-0,3

Т а б л и ц а 3.10.4

Отклонения размеров заготовок, получаемых поперечно-клиновой прокаткой по 2-му классу точности ГОСТ 7505-89, мм, определяемые по размерам заготовки

Диаметр или длина	ES_t	E_{it}	ES_{u2}	E_{iu2}	Кривизна
До 50	+0,05	-0,05	+0,05	-0,05	0,3
50 - 120	+0,12	-0,12	+0,07	-0,07	0,4
120 - 180	+0,18	-0,18	+0,08	-0,08	0,5
180 - 260	+0,26	-0,26	+0,09	-0,09	0,6
260 - 360	+0,36	-0,36	+0,1	-0,1	0,8
360 - 500	+0,5	-0,5	+0,12	-0,12	1,0
500 - 630	+0,63	-0,63	+0,14	-0,14	1,2
630 - 800	+0,8	-0,8	+0,15	-0,15	1,5

В технических требованиях при оформлении чертежа заготовки необходимо указать: твердость, НВ, класс точности заготовки, допустимые значения огранки и конусности шеек вала, кривизны.

Следует также указать на недопустимость смятия, недоката, смещения и поперечного заката (на примере выданного студенту для анализа качества чертежа заготовки). Значения допустимых огранки и конусности можно в зависимости от габаритов заготовки принимать 0,2 - 0,6 мм.

Расчет размеров прутка под прокатку заготовки [26]

Расчет размеров прутка под прокатку (т.е. исходной заготовки) выполняется в два этапа.

1. Определяется расчетный диаметр прутка d_p по наибольшему диаметру заготовки, полученной методом поперечно-клиновой прокатки:

$$d_p = d_{\max} + ES_{d_{\max}},$$

где d_{\max} – номинальное значение наибольшего диаметра прокатанной заготовки;

$ES_{d_{\max}}$ – верхнее отклонение этого диаметра.

Номинальный диаметр прутка d_0 выбирается из сортамента по ГОСТ 2590-71 как ближайшее большее значение по отношению к d . При этом должно выполняться условие

$$d_{\max} - E_{i_{d_{\max}}} \leq \frac{d_0 - E_{i_{d_0}}}{K_y},$$

где $E_{i_{d_{\max}}}$ – нижнее отклонение наибольшего диаметра прокатанной заготовки;

$E_{i_{d_0}}$ – нижнее отклонение диаметра прутка;

K_y – коэффициент, учитывающий угар металла при нагреве прутка под прокатку, равный 1,01.

2. Номинальный размер прутка по длине L_0 определяется по формуле

$$L_0 = 1,27 \cdot \frac{V_0}{(d_0 - 0,5E_{i_{d_0}})^2}.$$

Объем прутка V_0 вычисляется по формуле

$$V_0 = K_y V_{n3} + V_k,$$

где V_{n3} – объем прокатанной заготовки, подсчитанный по наибольшим предельным размерам;

V_k – объем концевых отходов, определяемый по формуле

$$V_k = 0,75\pi (K_{h1} \cdot d_{k1}^3 + K_{h2} \cdot d_{k2}^3),$$

где d_{k1}, d_{k2} – диаметры концевых элементов изделия, мм ;

K_{h1}, K_{h2} – коэффициенты, определяемые по графику рис. 3.10.3 для каждого торца заготовки (для $\alpha = 20^\circ$).

Допуск на длину прутка принимается равным 2 мм , т.е. $\pm 1,0$ мм.

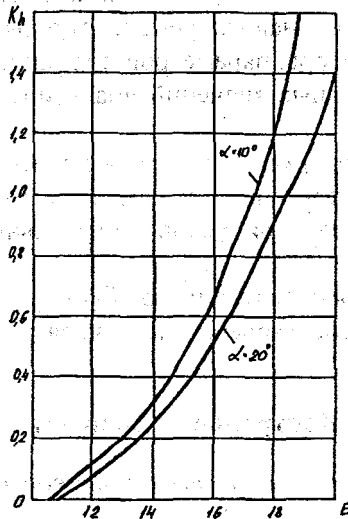


Рис. 3.10.3. График зависимости коэффициента K_h от степени обжатия заготовки E и угла наклона α деформируемой грани клиновидного инструмента

Порядок выполнения работы

1. Изучить чертеж заготовки, выданный для анализа ее качества. Ознакомиться с техническими требованиями на ее изготовление.
2. Произвести анализ качества заготовки путем сопоставления измеренных параметров заготовки с заданными.
3. Изучить чертеж детали, выданной для разработки чертежа прокатанной заготовки.

4. Определить степень обжатия заготовки на каждой ступени.
5. Назначить припуски на токарную обработку заготовки.
6. Рассчитать отклонения на диаметральные и продольные размеры.
7. Сформулировать технические требования на получение заготовки.
8. Выполнить чертеж заготовки в соответствии с требованиями ГОСТа.
9. Рассчитать размеры прутка для прокатки заготовки.
10. Составить отчет.

Содержание отчета

1. Название работы, задание и необходимая оснастка.
2. Эскиз заготовки анализируемого типоразмера с указанием контролируемых размеров, параметров и технических требований.
3. Таблица измеренных значений анализируемых размеров (параметров).
4. Выводы о соответствии параметров заготовки заданным.
5. Чертеж спроектированной заготовки, оформленный по ГОСТу.
6. Результаты расчета припусков и предельных отклонений размеров.
7. Эскиз прутка для прокатки и его объем.
8. Коэффициент использования материала.
9. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Сущность процесса поперечно-клиновой прокатки и его значение.
2. Допустимая степень обжатия заготовки за один проход.
3. Как рассчитываются отклонения на размеры заготовки?
4. Как назначаются припуски на диаметральные и продольные размеры?
5. Как рассчитать размеры прутка под прокатку?
6. Как определяется объем прутка под прокатку?
7. Какие виды технологического брака характерны для прокатки заготовок и каковы методы его обнаружения?
8. Как определяется объем концевых отходов металла при прокатке?
9. Как измеряется огранка, кривизна и конусность заготовки?

10. Как рассчитывается коэффициент использования материала?

Работа 3.11

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВАРНЫХ ЗАГОТОВОК

Цель работы – приобретение практических навыков в оценке качества (точности основных размеров и состояния сварных швов) сварных заготовок и освоение методики их проектирования.

Работа рассчитана на два академических часа.

Основные положения

Электродуговая сварка широко применяется в машиностроении как один из методов соединения деталей в сборочные единицы, в том числе для получения сварных заготовок деталей машин. Сварные заготовки имеют ряд преимуществ перед другими заготовками, например, изготовленными литьем, ковкой и штамповкой или резанием из сортового проката, в связи с простотой метода, его высокой производительностью, высоким коэффициентом использования металла, возможностью изготовления деталей весьма сложной конструкции. Сварные заготовки наиболее часто изготавливают в мелко- и средне-серийном производстве, так как в этих условиях не представляется рациональным и возможным конструирование и изготовление штампов, литейных форм и другой сложной оснастки, требующей больших трудовых и материальных затрат, а также длительной технологической подготовки производства. Свыше 80 % стального проката потребляется для сварных конструкций. При конструировании сварных заготовок в первую очередь необходимо оценить возможность расчленения заготовки на отдельные элементы и степень свариваемости применяемого материала.

Под свариваемостью понимают способность однородных металлов образовывать сварное соединение, надежно работающее на заданных режимах эксплуатации изделия. Сведения о свариваемости стали см. в табл. 3.11.1.

Не рекомендуется выполнять заготовки сварными при ограниченной и плохой свариваемости материала заготовки.

Сварной вариант заготовки может быть выполнен лишь в том случае, если деталь может быть расчленена на простейшие элемен-

ты в виде пластин, косынок (уголков), цилиндров, полос и др.

Т а б л и ц а 3.11.1

Свариваемость стали в зависимости от отношения легирующих примесей к содержанию углерода

Сумма приме-сей в %	Свариваемость при содержании углерода в %			
	хорошая	удовлетворит.	ограниченная	плохая
До 1	До 0,25	0,25-0,3	0,3-0,45	Свыше 0,45
1-3	До 0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	Свыше 0,4
Свыше 3	До 0,18	0,18-0,28	0,28-0,38	Свыше 0,38

В данной работе рассматривается ручная дуговая электрическая сварка (стальных конструкций) металлическим электродом.

Ручная дуговая сварка металлическим электродом осуществляется за счет теплоты электрической дуги, горящей между электродом и свариваемыми деталями. Электрическая дуга или электрический разряд в газовом промежутке характеризуются:

- а) низким напряжением на электродах (25-40 В);
- б) высокой температурой столба дуги (6000-10000⁰С);
- в) большой силой тока (100-360 А).

Для ручной дуговой сварки может быть применен как постоянный, так и переменный род тока. При постоянном токе дуга горит устойчиво, что важно для сварки сталей малых толщин (до 3 мм) и специальных марок сталей. Однако в этом случае требуется более сложная и дорогостоящая аппаратура, увеличивается расход электроэнергии, в результате повышается себестоимость сварки.

При переменном токе условия сварки ухудшаются (возможны пористость шва, меньшая устойчивость горения дуги), однако процесс сварки более экономичен, чем в первом случае.

Сравнительные данные некоторых показателей источников питания даны в табл. 3.11.2.

Питание дуги постоянным током осуществляется с помощью выпрямителей или генераторов, а переменным – с помощью аппарата, состоящего из сварочного понижающего трансформатора и дросселя. Дроссель служит для ограничения тока короткого замыкания, улучшения горения дуги за счет сдвига фаз между током и напряжением и регулирования силы сварочного тока.

Т а б л и ц а 3.11.2

Показатели	Род тока	
	переменный	постоянный
Средний расход энергии в кВт·ч на 1кг направленного металла	3-4	6-8
Мощность при холостом ходе, кВт	0,2	2-3
Стоимость энергии в %	50-60	100
Стоимость оборудования в %	30-40	100
Средний КПД	0,8-0,85	0,3-0,6
Средний $\cos \varphi$	0,3-0,4	0,6-0,7
Занимаемая площадь на 1 установку, м ²	1-1,5	1,5-2

Во избежание прожога тонких стенок деталей при сварке постоянным током ее обычно ведут с обратной полярностью, т. е. деталь подключают к отрицательному полюсу, так как на этом полюсе выделяется меньше тепла. Особо ответственные конструкции также сваривают постоянным током с обратной полярностью с целью обеспечения более высокого качества сварного соединения.

Основными причинами брака являются деформации сварных заготовок и дефекты сварочных швов.

В процессе изготовления в сварных конструкциях возникают внутренние напряжения, вызывающие деформации. Причинами возникновения внутренних напряжений могут быть дефекты подготовки и сборки (неправильный угол скоса кромок, неравномерное притупление по длине кромок или непостоянство зазора между ними, несовпадение стыкуемых плоскостей, расслоения и загрязнения на кромках и т. п.), неравномерность нагрева свариваемого металла, литейная усадка наплавленного металла и структурные изменения в металле шва, происходящие при его затвердевании (главным образом при сварке легированных и высокоуглеродистых сталей, склонных к закалке).

Дефекты сварочных швов - это трещины, непровары, прожоги, подрезы, натеки, поры, шлаковые и окисные включения, а также дефекты формы швов.

Методические указания

Анализ качества

Для анализа качества сварных заготовок студентам выдаются чертеж сварной заготовки, чертежи составных частей заготовки и комплект сварных конструкций, в который входят элементы конструкции до сварки, элементы конструкции, прихваченные сваркой в отдельных точках, и полностью сваренная заготовка.

Для проектирования сварной заготовки выдаются чертежи других деталей.

Для оценки качества составных частей заготовки следует произвести измерения геометрических параметров разделок и швов и оценить их соответствие требованиям чертежа. Внешним осмотром проверяют наличие трещин, подрезов, прожогов, натеков, непроваров корня и кромок, пор, шлаковых и окисных включений. По внешнему виду сварные швы должны иметь гладкую или мелкочешуйчатую поверхность (без наплывов, прожогов, сужений и перерывов) и плавный переход к основному металлу: наплавленный металл должен быть плотным по всей длине шва, не иметь трещин, скоплений и цепочек поверхностных пор (отдельно расположенные поры допускаются); подрезы основного металла допускаются глубиной не более 0,5 мм при толщине свариваемого металла до 10 мм и не более 1 мм при толщине свыше 10 мм.

Конструирование сварной заготовки [69]

Конструирование сварной заготовки выполняется в три этапа.

1. Производится анализ чертежа детали. При этом изучаются: марка стали, ее свариваемость, возможность расчленения детали на простейшие элементы, технические требования на изготовление детали, в том числе точность размеров и требуемая шероховатость поверхностей.

2. Выполняются эскизы отдельных элементов будущей сварной заготовки с простановкой размеров с допусками и знаков шероховатости. Размеры проставляются с учетом припусков на обработку сварной заготовки. Необходимо предусматривать припуски на те поверхности составных элементов заготовки, которые на чертеже ограничены жесткими допусками и низкой шероховатостью. Следует иметь в виду, что заготовка в ходе сварки подвергается существенной деформации, поэтому на те поверхности, к которым предъявляются требования в отношении прямоли-

нейности, плоскостности, перпендикулярности, соосности и параллельности, также необходимо предусматривать припуски для обработки их после сварки. На эскизах указывается форма кромок под сварку с простановкой необходимых размеров и шероховатости.

3. Выполняется эскиз сварной заготовки (в сборе) с обозначением сварных швов по ГОСТ 2.312-72, простановкой размеров с допусками, шероховатости поверхностей и техническими требованиями к заготовке. Для заготовок из углеродистых сталей рекомендуется предусматривать термообработку, а также правку (рихтовку). При назначении величины припуска на отдельные поверхности следует считать, что сварка производится в специальном приспособлении и коробление заготовки будет умеренным.

Для компенсации возможного коробления заготовки следует увеличивать табличные значения припусков в 1,2...1,3 раза. Табличные значения припусков на различные виды обработки см. в табл. 3.11.6-3.11.9.

Технология сварки

При разработке технологии сварки в первую очередь назначают вид сварного соединения, форму подготовки кромок в соответствии с ГОСТ 5264-60 «Швы сварных соединений, ручная дуговая сварка» (см. табл. 3.11.5). Затем назначают режим сварки: выбираются тип, марка и диаметр электрода, определяется сила сварочного тока и полярность (для постоянного рода тока).

Диаметр электрода выбирается по ГОСТ 9467-75 в зависимости от толщины свариваемого металла, типа шва и его положения в пространстве. При вертикальном и потолочном швах диаметр электрода не должен превышать 4 мм. Чем больше толщина свариваемого металла, тем больше должен быть диаметр электрода (см. табл. 3.11.3).

Т а б л и ц а 3.11.3

Данные для выбора диаметра электрода

Толщина свариваемых частей, мм	0,5-1	1-2	2-5	5-10	св.10
Диаметр электрода, мм	1-1,5	1,5-2,5	2,5-4	4-5	5-8

Тип и марка электрода принимаются в зависимости от требований к прочности и пластичности сварного шва по табл. 3.11.4 с уче-

том коэффициента наплавки, характеризующего производительность сварки. Наиболее часто применяемые в машиностроении типы и марки электродов см. в табл. 3.11.4.

Т а б л и ц а 3.11.4

Характеристики электродов и их назначение

Тип электрода	Марка электрода	Механические свойства металла шва			Коэф. наплавки, г/А·ч	Род тока	Назначение электрода
		δ_r , МПа	δ_b , МПа	$\frac{a_n}{m^2}$, кДж			
Э42	СМ-5	320	460	1200	7,2	П, Пер	1
	АНО-5	350	470	1400	11	П, Пер	1
	АНО-6	330	450	1400	8,5	П, Пер	1
	АНО-1	380	460	1300	15	П, Пер	1, 2
Э42А	УОНИ13/45	360	460	2200	8,5	ПО	1а, 2а
	СМ-11	360	480	2200	9,5	ПО, Пер	1, 2
	УП 2/45	380	460	2400	10	ПО, Пер	1а, 2а
	ОЗС-2	380	460	1800	8,5	ПО, Пер	1а, 2а
Э46	АНО-4	370	460	1500	8,3	П, Пер	1
	МР-3	380	480	1500	7,8	ПО, Пер	1а
Э50	УОНИ13/45	420	520	2000	9	ПО	1а, 2а
	УП 1/55	400	540	2400	10	ПО, Пер	1а, 2а
	УП 2/55	400	540	2400	10	ПО, Пер	1а, 2а
	К-5А	-	520	1500	9	ПО, Пер	1, 2

Обозначения в таблице: П – род тока постоянный, ПО – постоянный обратной полярности, Пер – переменный ток.

В графе «Назначение электрода»: 1 – для сварных конструкций из низкоуглеродистых сталей, 1а – для сварных наиболее ответственных конструкций из низколегированных сталей, 2 – для сварных конструкций из низколегированных сталей, 2а – для наиболее ответственных и напряженных сварных конструкций из низколегированных сталей.

Электродные стержни обычно изготавливаются из проволоки марок Св-08 и Св-08А, Св-08ГА, СВ-10ГА, Св-10Г2.

В графе «Тип электрода» цифры после буквы Э означают номинальный предел прочности при растяжении в десятках МПа (10 МПа).

В случае применения электродов с защитно-легирующими покрытиями предел прочности сварного шва несколько увеличивает

ся. Индекс «А» означает, что сварной шов, наплавленный этим электродом, имеет повышенные пластические свойства.

Марки электродов отличаются друг от друга по химическому составу их покрытий, в том числе по количеству легирующих добавок в покрытиях. Например, электроды марки УОНИ-13/45 имеют защитно-легирующее покрытие фтористо-кальциевого типа. Электроды этой марки применяются для сварки ответственных деталей, требующих высоких пластических свойств наплавленного металла. Химический состав этого покрытия: жидкое стекло – 15–18 %, мрамор – 53 %, плавиковый шпат – 18 %, кварц – 9 %, сода – 1,6 %, ферромарганец – 2 %, ферросилиций – 3 %, ферротитан – 15 %, силикат натрия – 4 %, бентонит – 1 %.

Необходимая сила сварочного тока определяется по формуле

$$I = (20 + 6d_3)d_3,$$

где I – сила тока, А;

d_3 – диаметр электрода, мм.

В зависимости от требуемой силы сварочного тока, толщины стенок свариваемой заготовки и заданного качества сварного шва выбирается источник питания сварочной дуги.

Источниками переменного тока при ручной сварке могут служить трансформаторы ТД-300, ТД-500, ТД-502, ТД-102, ТД-306.

Источниками постоянного тока могут служить сварочные выпрямители ДД-306, БД-502, ВДУ-305, ВДУ-504.

В индексации моделей трансформаторов и выпрямителей первая цифра после букв и тире – номинальный ток источника округленно в сотнях ампер.

Основное время T_0 в мин при ручной дуговой сварке рассчитывают по формуле

$$T_0 = \frac{60 \cdot F \cdot l \cdot \gamma}{K_n \cdot I},$$

где F – площадь поперечного сечения шва, см²;

l – длина шва, мм;

γ – плотность наплавленного металла, г/см³;

K_n – коэффициент наплавки (по табл. 3.11.4), г/А·ч;

I – сила сварочного тока, А.

Площадь поперечного сечения F (которое существенно зависит

от вида сварки) может быть определена расчетом как сумма площадей треугольников, прямоугольников и других геометрических фигур, на которые разбивается сечение наплавленного металла.

Плотность наплавленного металла шва принимается равной плотности основного металла.

Т а б л и ц а 3.11.5

Конструктивные элементы подготовленных кромок деталей и швов стальных соединений по ГОСТ 5264-80

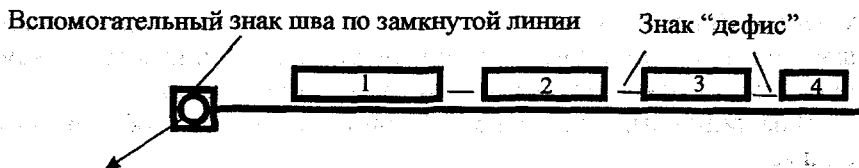
Обозначение шва	Конструктивные элементы		σ	с = b или h, мм	е или К, не более	q
	подготовленных кромок деталей	шва сварного соединения				
1	2	3	4	5	6	7
У6			4	1±1	12	0,5 ^{+1,0} _{-0,5}
			6		16	
			8	2 ⁺¹ ₋₂	18	0,5 ^{+2,0} _{-0,5}
			10		22	
У9			12-14	2 ⁺¹ ₋₂	28	0,5 ^{+2,0} _{-0,5}
			16-18		32	
			20-22		36	
			24-26		42	
Т3			5-6	0 ⁺²	4 ⁺² ₋₁	
			7-9		5 ⁺² ₋₁	
			10-15	0 ⁺³	6 ⁺² ₋₁	
			16-21		7±2	
Т9			12-14	5-6	16	3
			16-18	7-8	18	
			20-22	9-10	20	5
			24-26	11-12	24	

Условные изображения и обозначения швов сварных соединений по ГОСТ 2.312-72

Шов сварного соединения независимо от способа сварки условно изображают: видимый – сплошной основной линией; невидимый – штриховой линией.

От изображения шва проводят линию-выноску, заканчивающуюся односторонней стрелкой. Линию-выноску предпочтительно проводить от изображения видимого шва.

Структура условного обозначения стандартного шва:



Здесь: 1 – обозначение стандарта на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений;

2 – буквенно-цифровое обозначение шва по стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений;

3 – знак ∇ и размер катета согласно стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений;

4 – вспомогательные знаки.

Условное обозначение шва наносят:

а) на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва с лицевой стороны;

б) под полкой линии-выноски, проведенной от изображения шва с оборотной стороны.





Примечания.

1. За лицевую сторону одностороннего шва сварного соединения принимают сторону, с которой производят сварку.

2. За лицевую сторону двустороннего шва сварного соединения с симметрично подготовленными кромками может быть принята любая сторона.

Знак ∇ , вспомогательные знаки выполняются сплошными тонкими линиями. Высота знаков должна быть одинаковой с высотой цифр, входящих в обозначение шва.

Вспомогательные знаки для обозначения сварных швов:

- а)  – усиление шва снять;
- б)  – наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу;
- в)  – шов по замкнутой линии; диаметр знака – 3...5 мм;
-  – шов по незамкнутой линии; знак применяют, если расположение шва ясно из чертежа.

Обозначение шероховатости механически обработанной поверхности шва наносят на полке или под полкой линии-выноски после условного обозначения шва.

При наличии на чертеже одинаковых швов обозначение наносят у одного из изображений, а от изображений остальных одинаковых швов проводят линии-выноски с полками. Всем одинаковым швам присваивают один порядковый номер, который наносят:

а) на линии-выноске, имеющей полку с нанесенным обозначением шва;

б) на полке линии-выноски или под ней, проведенной от изображения шва, не имеющего обозначения.

Примечание. Швы считаются одинаковыми, если одинаковы их типы и размеры конструктивных элементов в поперечном сечении и к ним предъявляются одни и те же технические требования.

Т а б л и ц а 3.11.6

Припуски на наружное точение

Диаметр детали, мм	Черновое точение		Чистовое точение после чернового	
	Припуск на диаметр при длине детали, мм			
	до 200	св.200	до 200	св.200
Св. 10 до 18	1,5	1,7	1,0	1,3
Св. 18 до 30	2,0	2,2	1,3	1,3
Св.30 до 50	2,0	2,2	1,4	1,5
Св.50 до 80	2,3	2,5	1,5	1,8
Св.80 до 120	2,5	2,8	1,5	1,8
Св.120 до 180	2,5	2,8	1,8	2,0

Допуски на черновое точение – по h13, на чистовое – по h10.

Т а б л и ц а 3.11.7

Припуски на фрезерование плоскостей шириной до 200 мм

Толщина, мм	Припуск на толщину при длине заготовки			
	до 100 мм		чистовое фрезерование после чернового	
	до 100 мм	от 100 до 250 мм	до 100 мм	от 100 до 250 мм
Св. 6 до 30	1,0	1,2	0,7	1,0
Св. 30 до 50	1,0	1,5	1,0	1,0
Св. 50	1,5	1,7	1,0	1,3

Допуск на толщину для черного фрезерования – по h14, для чистового – по h11.

Т а б л и ц а 3.11.8

Припуски на обработку отверстий после сверления

Диаметр отверстия, мм	Растачивание черновое	Растачивание чистовое
Св. 10 до 18	0,8	0,5
Св. 18 до 30	1,2	0,8
Св. 30 до 50	1,5	1,0
Св. 50 до 80	2,0	1,0

Допуск на черновое растачивание – по h12, на чистовое – по h10.

Т а б л и ц а 3.11.9

Припуски на подрезание торцов

Диаметр детали, мм	Длина детали, мм			
	до 18	св. 18 до 50	св. 50 до 120	св. 120 до 260
До 30	0,4	0,5	0,7	0,8
Св. 30 до 50	0,5	0,6	0,7	0,8
Св. 50 до 120	0,6	0,7	0,8	1,0

Допуск на подрезание торцов – по h12.

Последовательность выполнения работы

1. Вычертить эскиз анализируемой заготовки с указанием контролируемых размеров разделок и швов. Установить критерии оценки состояния сварных швов.

2. Произвести измерения геометрических параметров разделок швов и результаты занести в таблицу.

3. Произвести оценку качества составных частей сварной заготовки, качества сборки и сварки.

4. Дать краткую характеристику качества подготовки составных частей, сборки и сварки.

5. Провести анализ чертежа детали, полученного в соответствии с заданием, с целью определения степени свариваемости металла заготовки и возможности расчленения ее на простые элементы.

6. Наметить типы сварных соединений и формы подготовки кромок под сварку.

7. Назначить припуски на поверхности, подлежащие обработке после сварки заготовки.

8. Выполнить эскизы составных частей заготовки с простановкой размеров, допусков и шероховатости поверхностей.

9. Составить эскиз сварной заготовки с указанием размеров, допусков на размеры, шероховатости поверхностей и технических требований.

10. Выбрать тип, марку и диаметр электродов, определить необходимую силу сварочного тока, его род и полярность.

11. Выбрать источник питания электрической дуги.

12. Рассчитать основное время, необходимое для сварки заготовки.

Содержание отчета

1. Название работы.

2. Содержание задания.

3. Эскиз анализируемой заготовки.

4. Таблица измерений, параметров разделов и швов.

5. Результаты анализа качества подготовки составных частей, сборки и сварки.

6. Эскизы отдельных элементов проектируемой сварной заготовки и эскиз спроектированной сварной заготовки.

7. Тип и марка электрода.

8. Расчет силы сварочного тока.
9. Сварочное оборудование.
10. Расчет основного времени.
11. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под степенью свариваемости металла?
2. От чего зависит свариваемость металла?
3. Какими технологическими возможностями располагает электродуговая сварка?
4. Какими параметрами и их значениями характеризуется электрическая дуга?
5. Какой род тока применяется при дуговой сварке?
6. Перечислите преимущества и недостатки применения постоянного и переменного тока при сварке.
7. Какие вы знаете источники питания электрической дуги?
8. Что означают цифры в индексации модели источника питания?
9. Как расшифровать индекс типа электрода?
10. Чем определяется марка электрода? От чего зависит его диаметр?
11. С какой целью ведут сварку с обратной полярностью тока?
12. Как рассчитывается необходимая сила сварочного тока?
13. Как назначаются припуски на последующую обработку?
14. Как рассчитывается основное время на сварку?
15. Какие типы сварных соединений вы знаете? Какие формы подготовки кромок под сварку вам известны?

Глава 4. СТАНОЧНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Работа 4.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТИ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СТАНДАРТНЫХ СИСТЕМ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Цель работы – освоение методики выбора рациональных стандартных систем станочных приспособлений и расчета затрат на оснащение ими технологических операций.

Работа рассчитана на один академический час.

Основные положения

Станочные приспособления (СП) применяют для установки заготовок на металлорежущие станки. В соответствии с классификацией ЕСТПП различают три вида СП:

Специальные (одноцелевые, переналаживаемые).

Универсальные (многоцелевые, широкопереналаживаемые).

Специализированные (узкоцелевые, ограниченно переналаживаемые).

Эти три вида СП по ГОСТ 14.305-73 подразделяются на шесть стандартных систем: неразборные специальные (НСП), универсально-сборные (УСП), универсальные безналадочные (УБП), универсальные наладочные (УНП), сборно-разборные (СРП), специализированные наладочные (СНП).

Для массового и крупносерийного производства в большинстве случаев применяют специальные станочные приспособления (НСП).

В условиях среднесерийного и мелкосерийного производства выгодны системы УСП, СРП, УНП, СНП и другие СП многократного применения.

Универсально-сборные приспособления (УСП) komponуют, в основном, из отдельных стандартных деталей. Возможность быстро и без обработки собирать приспособление для оснащения различных операций делает систему УСП выгодной в опытном, единичном, мелкосерийном, серийном производствах и при освоении новой продукции.

Сборно-разборные приспособления (СРП) komponуют, в основном, из узлов. Для СРП характерен высокий уровень механизации и использования наладок. По сравнению с УСП они обеспечивают большую производительность и точность обрабатываемого в них изделия.

Приспособления универсальные наладочные (УНП) и специализированные наладочные (СНП) состоят из базового агрегата, представляющего собой на 80-90 % готовое приспособление, и наладок, которые станочник может установить на базовый агрегат или регулировать непосредственно на рабочем месте. В мелкосерийном производстве применяют немеханизированные наладочные приспособления, а в серийном и крупносерийном – пневматические или гидравлические. СНП имеют специализированные базовые агрегаты и могут быть использованы для установки геометрически подобных заготовок, а УНП – универсальные базовые агрегаты и применяют-

ся для установки различных заготовок [7].

Обоснованное применение СП позволяет получать высокие технико-экономические показатели.

При технико-экономическом обосновании выбора системы СП рассчитывают следующие показатели:

коэффициент загрузки единицы технологической оснастки;

затраты на оснащение технологической операции.

Коэффициент загрузки приспособления на технической операции вычисляют по формуле

$$K_3 = \frac{T_{шт-к} \cdot N_m}{60F_0},$$

где $T_{шт-к}$ – штучно-калькуляционное время выполнения операции, мин;

N_m – планируемая месячная программа на единицу приспособления (количество повторов операций);

F_0 – располагаемый месячный фонд времени работы приспособления (станка), ч.

Области рационального применения систем СП в зависимости от планируемого периода производства изделия T_u и величины коэффициента загрузки приспособления K_3 определяются по справочному прил. 1 к ГОСТ 14.305-73.

Затраты на оснащение технологической операции обычно определяют по формулам прил. 2 к ГОСТ 14.305-73.

В данной работе рекомендуется определять затраты на оснащение технологической операции с помощью коэффициента соотношения затрат по формуле

$$P_i = C_{нсп} \cdot K_{затр},$$

где $C_{нсп}$ – себестоимость неразборной специальной оснастки (НСО), руб.;

$K_{затр}$ – коэффициент, характеризующий соотношение затрат при оснащении технологических операций системами станочных приспособлений, отличающимися от НСО. Для системы НСО $K_{затр} = 1,0$ (см. прил. 1 к ГОСТ 14.305-73, представленное в табл. 4.1.1).

Коэффициенты затрат на оснащение операций $K_{затр}$ для периодов T_u производства

K_3	До 1 месяца				До 6 месяцев				До 1 года				До 1,5 лет			
	УНП	УБП	УНП	СРП	УСП	УБП	УНП	СРП	УСП	УБП	УНП	СРП	УСП	УБП	УНП	СРП
1,0	0,07	0,03	0,26	0,23	-	0,2	0,51	0,38	-	0,4	0,81	0,56	-	0,54	-	0,74
0,5	0,06	0,01	0,23	0,23	0,33	0,1	0,37	0,38	0,71	0,2	0,82	0,56	1,08	0,3	0,83	0,74
0,2	0,05	0,01	0,22	0,23	0,32	0,03	0,32	0,38	0,64	0,1	0,44	0,56	0,96	0,11	0,56	0,74
0,1	0,05	0,01	0,21	0,23	0,31	0,02	0,29	0,38	0,62	0,04	0,38	0,56	0,93	0,06	0,47	0,74
0,04	0,05	0,01	0,20	0,23	0,3	0,01	0,27	0,38	0,6	0,02	0,34	0,56	0,9	0,02	0,42	0,74

Окончание табл. 4.1.1

K_3	До 2 лет				До 2,5 лет			До 3 лет			До 3,5 лет			До 4 лет		
	УСП	УБП	УНП	СРП	УБП	УНП	СРП	УБП	УНП	СРП	УБП	УНП	СРП	УБП	УНП	СРП
1,0	-	0,79	-	0,92	0,99	-	-	1,2	-	-	1,5	-	-	1,7	-	-
0,5	-	0,4	1,04	0,92	0,5	1,25	-	0,6	1,46	-	0,7	-	-	0,8	-	-
0,2	-	0,15	0,68	0,92	0,18	0,8	-	0,22	0,92	-	0,25	1,04	-	0,28	1,16	-
0,1	-	0,08	0,56	0,92	0,1	0,65	-	0,12	0,74	-	0,14	0,83	-	0,16	0,92	-
0,04	1,2	0,03	0,49	0,92	0,04	0,57	1,1	0,05	0,62	-	-	0,7	-	0,07	0,78	-

Методические указания

Коэффициент загрузки единицы технологической оснастки рассчитывают по исходным данным, приведенным в таблице вариантов заданий.

Месячный фонд времени работы приспособления следует принимать $F_0 = 338$ ч.

Затраты на оснащение технологической операции на заданный период производства изделия неразборной специальной оснасткой равны себестоимости оснастки $C_{\text{нсп}}$.

Себестоимость неразборной оснастки (приспособления) НСП – можно определить по укрупненным нормативам (табл. 4.1.2) в зависимости от числа наименований деталей в приспособлении.

Т а б л и ц а 4.1.2

Укрупненные нормативы стоимости специальных станочных приспособлений

Число наименований деталей	Стоимость приспособления, тыс.руб.	Число наименований деталей	Стоимость приспособления, тыс.руб.
До 3	До 8,5	40-45	335-360
3-5	8,5-17	45-50	360-390
5-10	17-30	50-55	390-640
10-15	30-62	55-60	640-690
15-20	62-80	60-65	690-735
20-25	80-145	65-70	735-765
25-30	145-197	70-80	765-850
30-35	197-252	80-90	850-925
35-40	252-335	90-95	925-965

Числа деталей в приспособлениях приведены для различных вариантов в таблице заданий. Там же приведены значения T_u (табл. 4.1.3).

Таблица 4.1.3

Варианты заданий

Номер варианта	$T_{шт-к}$, мин	N_m , шт./мес.	$T_{ш}$, мес.	Число наименований деталей в специальном приспособлении
1	3,4	600	1	12
2	2,7	1500	3	14
3	1,7	6000	4	16
4	2,01	6000	2	11
5	2,46	6600	6	9
6	2,03	6000	10	46
7	1,58	9000	12	49
8	1,35	12000	18	54
9	1,52	12000	24	61
10	1,86	6000	26	64
11	1,12	1800	6	67
12	1,35	3000	12	75
13	1,54	3960	18	78
14	1,69	4800	24	83
15	3,8	2400	30	80
16	1,23	9000	30	51
17	1,12	7200	36	62
18	0,77	6600	42	73
19	1,08	15000	47	56
20	1,01	12000	38	68

Порядок выполнения работы

1. Получить задание.
2. Рассчитать коэффициент загрузки приспособления K_3 .
3. Определить рациональную систему СП для заданных условий по графику (рис. 4.1.1) и коэффициент затрат на оснащение.
4. Определить стоимость специального неразборного приспособления по табл. 4.1.2 для заданного варианта задачи $K_{затр}$.
5. Рассчитать затраты на оснащение технологической операции рациональной системы СП P_i .
6. Сформулировать выводы по результатам работы.
7. Составить отчет.

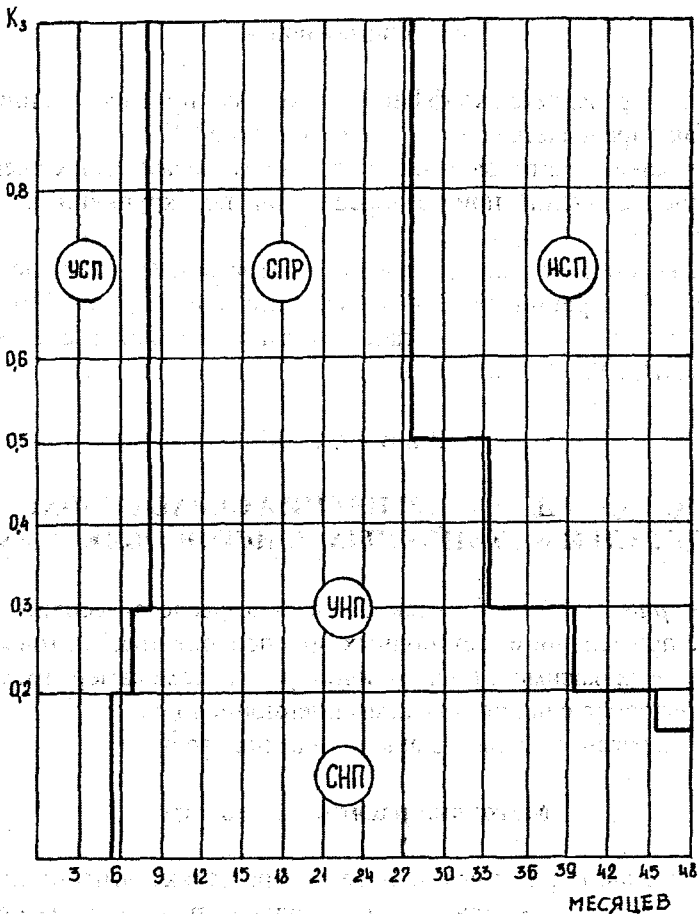


Рис. 4.1.1. График для определения областей рационального применения систем СП

Содержание отчета

1. Содержание задания.
2. Расчетные зависимости, используемые в работе.
3. Результаты расчетов коэффициента загрузки приспособления, затрат на оснащение технологической операции.
4. Обоснование выбора системы СП.
5. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Как определяется коэффициент загрузки приспособления?
2. Как определяется рациональная система СП?
3. От каких факторов зависит стоимость неразборных специальных приспособлений при ее определении по укрупненным нормативам?
4. Каким образом рассчитываются затраты на оснащение технологической операции системами СП, отличающимися от СНП?
5. Определите зоны рентабельности применения систем СП: УСП, УНП, СРП, НСП.

Работа 4.2

РАСЧЕТ СИЛ ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ В СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ

Цель работы – практическое освоение расчетов усилия закрепления с применением в станочных приспособлениях винтовых, эксцентриковых зажимов, пневмоцилиндров, пневмокамер, трехкулачковых патронов с использованием пневмопривода.

Работа рассчитана на 6-8 академических часов.

Методика расчета сил зажима

Положение обрабатываемой детали на станке относительно режущего инструмента может быть нарушено под действием сил резания, которые при определенных видах обработки могут достигать значительной величины. Поэтому необходимо надежное крепление заготовки в приспособлении с помощью тех или иных зажимных устройств.

Однако силами закрепления можно также сместить обрабатываемую заготовку в приспособлении. Поэтому при проектировании зажимных устройств необходимо обеспечить соответствующее направление сил закрепления и способов их приложения, т. е. составить рациональную расчетную схему установки заготовки в приспособлении.

В общем виде можно указать следующую методику расчета сил закрепления в приспособлениях:

- выбрать наиболее рациональную схему установки заготовки. При этом опоры следует располагать так, чтобы сила закрепления и силы резания были направлены нормально к установочным поверхностям опор;

- на выбранной схеме отметить стрелками все приложенные к заготовке силы, которые стремятся нарушить приданное заготовке положение (силы резания, силы закрепления), и силы, стремящиеся сохранить это положение (силы трения, реакции опор);

- из шести уравнений статики выбрать те, которые могут быть применимы к рассматриваемому случаю и, пользуясь этими уравнениями, определить искомые силы зажима;

- приняв коэффициент запаса, определить требующуюся силу закрепления и сравнить эту силу с той, которую обеспечивает выбранное зажимное устройство.

Коэффициент запаса при расчетах необходим в связи с колебанием сил резания в процессе механической обработки. Силу закрепления заготовки в приспособлении определяют с учетом метода обработки, состояния обрабатываемого материала, системы станок - приспособление – инструмент – деталь [11].

Коэффициент запаса определяют по формуле

$$K_{\text{зап}} = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6,$$

где K_0 – постоянный коэффициент запаса при всех случаях механической обработки;

K_1 – учитывает состояние поверхности заготовки (обработанная или необработанная); выбирается по табл. 4.2.1;

K_2 – учитывает увеличение сил резания от прогрессирующего затупления режущего инструмента;

K_3 – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при обработке прерывистых поверхностей на заготовке;

K_4 – коэффициент, учитывающий постоянство зажимной силы, развиваемой приводом;

K_5 – коэффициент, учитывающий удобство расположения рукояток в ручных зажимных устройствах;

K_6 – коэффициент, учитываемый при наличии моментов, стремящихся повернуть обрабатываемую заготовку вокруг оси.

Таблица 4.2.1

Коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки (K_1)

Метод обработки	Компоненты сил резания	K_1	Обрабатываемый материал
Сверление	Крутящий момент, осевая сила	1,15	Чугун
Предварительное (по корке)	Крутящий момент	1,30	Чугун (износ по задней поверхности 1,5 мм)
Зенкерование чистовое	Осевая сила. Крутящий момент и осевая сила	1,20	Чугун (износ по задней поверхности 0,7-0,8 мм)
Точение и предварительное растачивание	P_z	1,00	Сталь
		1,00	Чугун
	P_y	1,40	Сталь
		1,20	Чугун
	P_x	1,60	Сталь
1,25		Чугун	
Чистовое и растачивание	P_z	1,00	Сталь
		1,05	Чугун
	P_y	1,05	Сталь
		1,40	Чугун
	P_x	1,00	Сталь
1,30		Чугун	
Фрезерование: цилиндрическое предварительное и чистовое торцовое	Окружная сила	1,6-1,8	Вязкая сталь
		1,2-1,4	Твердая сталь
Предварительное и чистовое	Тангенциальная сила	1,6-1,8	Вязкая сталь
		1,2-1,4	Твердая сталь и чугун
Шлифование	Окружная сила	1,15-1,20	Чугун и сталь

Коэффициенты запаса $K_2 \dots K_6$ выбирают по табл. 4.2.2.

Коэффициенты запаса $K_2 \dots K_6$

Коэффициент	Условия работы, учитываемые коэффициентом	Значение коэффициента	Примечание
K_2	Изменение величины припуска черновых заготовок	1,0	Для чистовой и отделочной обработки
		1,2	Для черновой обработки
K_3	Увеличение сил резания при прерывистом резании	1,2	При точении
K_4	Род привода	1,0	Для пневматических, гидравлических и других приводов
		1,3	Для ручных зажимов
K_5	Расположение рукоятки для ручных зажимных устройств	1,0	Расположение рукоятки: с малым диапазоном угла ее отклонения
		1,2	с большим диапазоном угла отклонения (более 90°)
K_6	Наличие моментов, стремящихся повернуть заготовку на опорах	1,0	Установка на опоры с ограниченной поверхностью контакта (штыри и др.)
		1,5	Установка на пластины и другие элементы с большей поверхностью

Расчет винтовых зажимов*Основные положения*

Винтовые зажимы являются наиболее простыми универсальными устройствами для станочных приспособлений. Они используются для закрепления заготовок или выполняют роль промежуточных звеньев в сложных зажимных системах.

Винтовые зажимы применяют в приспособлениях с ручным закреплением заготовок, в приспособлениях механизированного типа, а также на автоматических линиях при использовании приспособлений-спутников. Они просты, компактны и надежны в работе [27].

Виды опорных поверхностей винтовых зажимов изображены на рис. 4.2.1.

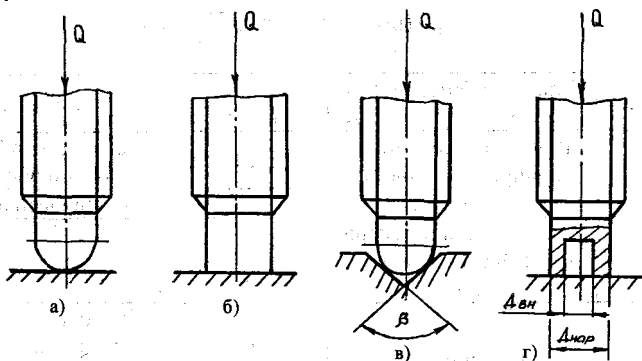


Рис. 4.2.1. Виды опорных поверхностей зажимных механизмов приспособлений

Крутящий момент обычно прилагается к гайке или к головке винта:

$$M_{кр} = Q_{рук} \cdot L_{рук}, \quad (4.2.1)$$

где $Q_{рук}$ – сила, приложенная на конце рукоятки или к гаечному ключу, Н, $Q_{рук}$ обычно принимается равной 140...200 Н;

$L_{рук}$ – длина рукоятки ключа ($L_{рук} \approx 14 D_p$, где D_p – номинальный наружный диаметр резьбы), мм.

Номинальные диаметры метрической резьбы выбирают в зависимости от силы закрепления обрабатываемой заготовки.

Диаметр резьбы D_p , мм	4	5	6	8	10	12	16	20	24
Допускаемая сила зажима Q , Н	500	750	1000	3100	4900	7000	12500	19600	28000

Сила закрепления при конструировании винтовых зажимных элементов приспособления определяется по формуле

$$Q = \frac{M_{кр}}{[r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(d_n + \varphi_T)] + K_\phi \cdot tT}, \quad (4.2.2)$$

где r_{cp} – средний радиус резьбы, мм (устанавливается с учетом номинального диаметра резьбы и шага по СТ СЭВ 182-75, прил. 2);

d_n – угол витка резьбы (у стандартных метрических резьб с крупным шагом $d_n = 20^\circ 30'$);

φ_T – угол трения в резьбовом соединении (для метрических резьб $\varphi_T = 6^\circ 34'$);

K_ϕ – коэффициент, зависящий от размеров и формы поверхности соприкосновения зажимного элемента с зажимной поверхностью (рис. 4.2.1), для винта со сферическим опорным торцом $K_\phi = 0$, (рис. 4.2.1 а), с плоским опорным торцом (рис 4.2.1 б) определяется по формуле

$$K_\phi = 0,6 f_T \cdot r_T, \quad (4.2.3)$$

где f_m – коэффициент трения на торце винта или гайки ($f_m = 0,1 \dots 0,15$);

r_T – радиус опорного торца винта, мм ($r_T = 0,40 d_{BH}$ резьбы).

Коэффициент K_ϕ для винта со сферическим опорным торцом, соприкасающимся с конусным углублением (рис. 3.2.1 в):

$$K_\phi = r_c \cdot \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}, \quad (4.2.4)$$

где r_c – радиус сферы опорного торца винта, мм;

β – угол при вершине конусного углубления ($\beta = 120^\circ$).

Коэффициент K_ϕ для винта с кольцевым опорным торцом или гайкой (рис. 3.2.1 г) определяется по формуле

$$K_\phi = \frac{0,33 f_T (D_{нар}^3 - D_{вн}^3)}{(D_{нар}^2 - D_{вн}^2)}, \quad (4.2.5)$$

где $D_{нар}$ и $D_{вн}$ – наружный и внутренний диаметры опорного кольцевого торца или гайки, мм.

Если принять $f_m = 0,15$, то для основной метрической резьбы можно с достаточной точностью определить силу закрепления по формуле

$$Q = \frac{M_{кр}}{(0,2 D_{нар} + 0,15 K_\phi)}, \quad (4.2.6)$$

где $D_{нар}$ – наружный диаметр резьбы, мм.

Наружный диаметр винта в зависимости от требуемой силы закрепления и допускаемого напряжения винта на растяжение можно определить по формуле

$$D_{нар} = \sqrt{\frac{Q}{0,5[G]_p}}, \quad (4.2.7)$$

где $[G]_p$ – допускаемое напряжение на временное сопротивление материала винта при переменной нагрузке, Н/м; $[G]_p = 58 \dots 100$ Н/м [58].

Методические указания

Для выполнения практической работы студентам выдается задание по одному из вариантов, приведенных в табл. 4.2.3. На основании исходных данных требуется определить силу закрепления Q с учетом вида опорной поверхности и прилагаемой силы к рукоятке ключа.

Т а б л и ц а 4.2.3

Номер варианта	Диаметр винта	Вид опорной поверхности	Сила, прилагаемая к рукоятке ключа, Н
1	M12	по типу «а»	150
2	M16	по типу «б»	190
3	M20	по типу «в»	180
4	M24	по типу «г»	200
5	M4	по типу «в»	140
6	M5	по типу «в»	145
7	M6	по типу «г»	150
8	M8	по типу «в»	140
9	M10	по типу «б»	180
10	M20	по типу «а»	140

Порядок выполнения работы

1. Получить задание.
2. Определить крутящий момент ($M_{кр}$), прилагаемый к гайке или головке винта.

3. Определить усилие закрепления с помощью винтового зажима.
4. Определить усилие закрепления (Q), сравнить с рекомендуемыми усилиями с учетом диаметра резьбы.

Содержание отчета

1. Содержание задания.
2. Расчетные зависимости, используемые в работе.
3. Результаты расчета усилия закрепления винтовыми механизмами.
4. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Какие бывают виды опорных поверхностей у винтовых зажимных механизмов?
2. В каких видах приспособлений применяют винтовые зажимы?
3. Как выбирают номинальные диаметры метрической резьбы в зависимости от силы закрепления?
4. Как определяется сила закрепления винтовыми механизмами? От чего она зависит?
5. Как определяется коэффициент K_f в зависимости от формы опорных поверхностей винта?

Расчет эксцентриковых зажимов

Основные положения

Эксцентриковые зажимные устройства являются быстродействующими устройствами и находят широкое применение в крупносерийном и массовом типах производства при работе с небольшими усилиями закрепления. Для определения основных параметров круглых эксцентриков (рис. 4.2.2) необходимо иметь следующие данные: допуск на базовую поверхность обрабатываемой заготовки; угол поворота эксцентрика β_n от начального положения; силу, приложенную на конце рукоятки $Q_{рук}$; длину рукоятки $L_{рук}$.

Сила, развиваемая круговым эксцентриком, определяется по формуле

$$Q = \frac{Q_{\text{рук}} \cdot L_{\text{рук}}}{A \cdot \sin \beta_n + f_{\text{ТП}} \left(\frac{D}{2} - A \cos \beta_n \right) + f_{\text{ТО}} \cdot r_o}, \quad (4.2.8)$$

где $Q_{\text{рук}}$ – сила, приложенная на рукоятке эксцентрика, Н (принимается 140... 200 Н);

A – эксцентриситет, мм;

$L_{\text{рук}}$ – длина рукоятки, мм ($L_{\text{рук}} = 2,5 D$);

$f_{\text{ТП}}$ – коэффициент трения по поверхности эксцентрика;

$f_{\text{ТО}}$ – коэффициент трения на поверхности оси ($f_{\text{ТО}} = 0,12 \dots 0,15$);

D – диаметр эксцентрика, мм;

r_o – радиус оси, мм (по ГОСТ 9061-68 r_o принимают равным 10, 12, 16, 20 мм).

Ход эксцентрика определяется по формуле

$$l_x = A(1 - \cos \beta_n). \quad (4.2.9)$$

Наиболее удобный угол поворота эксцентрика для рабочего

$$\beta_n = 90 \dots 120^\circ.$$

Ход эксцентрика также можно определить по формуле

$$l_x = \delta + 1,4 \dots 3,3, \text{ мм}, \quad (4.2.10)$$

где δ – допуск базовой поверхности обрабатываемой заготовки, мм.

Наружный диаметр эксцентрика определяют из условия $D \geq 20A$, а радиус оси r_o выбирают конструктивно в зависимости от ширины рабочей части эксцентрика. Самоторможение эксцентрикового зажима должно соответствовать условию

$$\frac{D}{A} \geq 14, \quad (4.2.11)$$

что и является характеристикой эксцентрика.

Длину рукоятки эксцентрика определяем из условия

$$L_{\text{рук}} = 2,5D. \quad (4.2.12)$$

Все расчетные параметры круглого эксцентрика должны соответствовать ГОСТ 9061-68, где $D_{\text{эк}} = 32 \dots 80$ мм, $A = 1,7 \dots 4,0$ мм.

Для изготовления круглых эксцентриков применяют сталь 20Х (ГОСТ 4543-71) с последующей цементацией на глубину $0,8 \dots 1,2$ мм и закалкой до твердости $55 \dots 60$ HRC.

Конструктивные элементы круглого эксцентрика определяют с учетом рис. 4.2.2.

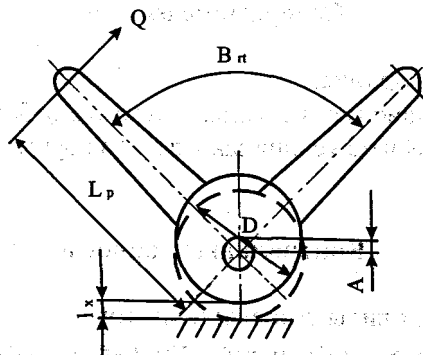


Рис. 4.2.2. Элементы круглого эксцентрика, применяемые для расчета

Методические указания

Для выполнения практической работы студентам выдается задание по одному из вариантов, приведенных в табл.4.2.4. На основании исходных данных требуется определить силу закрепления Q , развиваемую круговым эксцентриком, с учетом силы, прикладываемой к рукоятке эксцентрика.

Т а б л и ц а 4.2.4

Варианты заданий	Допуск базовой поверхности заготовки δ , мм	Сила, приложенная к рукоятке эксцентрика (Н)
1	0,3	140
2	0,4	150
3	0,5	200
4	0,6	180
5	0,45	165
6	0,55	155
7	0,70	145
8	0,65	190

Порядок выполнения работы

1. Получить задание.
2. Установить ход эксцентрика l_x .
3. Определить диаметр кругового эксцентрика D .
4. Определить силу закрепления эксцентриком Q .

Содержание отчета

1. Содержание задания.
2. Расчетные зависимости, используемые в работе.
3. Результаты расчета усилия закрепления круговым эксцентриком.
4. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Какие бывают виды эксцентриситетов?
2. В каких случаях применяют круговые эксцентрики?
3. Что такое величина эксцентриситета?
4. Как определяется ход эксцентрика?
5. Каков наиболее удобный угол поворота эксцентрика?
6. Из каких сталей изготавливаются круговые эксцентрики?
7. Какому виду термообработки подвергаются эксцентрики?
8. Из каких соображений принимают диаметр и эксцентриситет круговых эксцентриков?

Расчет поршневых пневмоприводов

Основные положения

Пневматические силовые приводы применяют в приспособлениях для разнообразных типов металлорежущих станков.

Быстрота действия, постоянство силы закрепления, возможность ее регулирования и контроля, возможность дистанционного управления зажимами являются основными преимуществами пневмоприводов для закрепления заготовок.

Осевая сила на штоке (Q) определяется в зависимости от конструкции пневмоцилиндров:

для одностороннего привода (рис. 4.2.3 б)

$$Q = 0,785(D_ц^2 \cdot p \cdot \eta) - Q_{пр}; \quad (4.2.13)$$

для привода двустороннего действия (рис. 4.2.3 а)

$$Q = 0,785 D_ц^2 \cdot p \cdot \eta; \quad (4.2.14)$$

для двустороннего действия штоковой полости

$$Q = 0,785(D_ц^2 - d_ц^2)p \cdot \eta, \quad (4.2.15)$$

где $D_ц$ – диаметр пневматического цилиндра (поршня), мм;

p – давление сжатого воздуха в сети; обычно принимается равным 0,6 МПа;

η – коэффициент полезного действия пневмоцилиндра ($\eta = 0,85 \dots 0,90$);

$Q_{пр}$ – усилие предельно сжатой пружины обратного хода.

При проектировании станочных приспособлений применяются следующие диаметры пневмоцилиндров: 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320 мм.

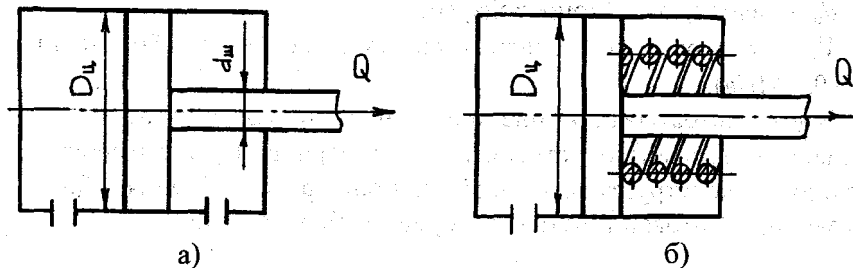


Рис. 4.2.3. Схемы пневматического привода двустороннего (а) и одностороннего действия (б)

Размеры воздухопроводов выбирают в зависимости от диаметра поршня.

Диаметр поршня D, мм	50...100	125...150	200	250	300
Внутренний диаметр трубки, мм	4...6	6...8	8...10	10...13	13...16

При определении силы зажима необходимо учитывать коэффициент запаса (K_3) и найденную силу, соответственно, увеличивать на коэффициент запаса. С учетом коэффициента запаса диаметр пневмоцилиндра

$$D_y = \sqrt{\frac{Q \cdot K_3}{0,785 p \cdot \eta}} \quad (4.2.16)$$

Затем расчетный диаметр округляют до стандартной величины и определяют действительную силу зажима. Время срабатывания пневмоцилиндра определяют по формуле

$$T_{cp} = \frac{D_y^2 \cdot L_x}{d_0^2 V_B} \quad (4.2.17)$$

где L_x – длина хода поршня, м; $L_x = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$;

d_0 – диаметр воздухопровода, мм;

V_B – скорость перемещения воздуха, м/с ($V_B = 180 \text{ м/с}$ при $p = 0,4 \text{ МПа}$).

Время срабатывания пневмоцилиндра показывает производительность зажимного устройства. Ход поршня L_x устанавливают исходя из конструктивных особенностей приспособления, обрабатываемой заготовки и металлорежущего оборудования.

Методические указания

Для выполнения практической работы студентам выдается задание по одному из вариантов, приведенных в табл. 4.2.5. Требуется определить необходимую силу для закрепления обрабатываемой заготовки с учетом коэффициента запаса, расчетный диаметр пневматического цилиндра, действительную силу закрепления пневмо-

цилиндром двухстороннего действия и время срабатывания пневмоцилиндра.

Т а б л и ц а 4.2.5

Варианты задания

Варианты задания	Операция	Сила резания Q, Н	Давление в сети сжатого воздуха, МПа	В какую полость цилиндра поступает воздух из сети
1	Черновое фрезерование торцовой фрезой	5000	0,5	штоковую
2	Чистовое фрезерование торцовой фрезой	3700	0,6	штоковую
3	Черновое точение проходным резцом	3200	0,4	бесштоковую
4	Чистовое точение проходным резцом	2500	0,4	бесштоковую
5	Черновое строгание проходным резцом	4500	0,5	бесштоковую
6	Чистовое строгание проходным резцом	3000	0,45	штоковую

Порядок выполнения работы

1. Получить задание.
2. Определить коэффициент запаса (K_3).
3. С учетом коэффициента запаса определить необходимую силу для закрепления обрабатываемой заготовки.
4. Определить расчетный диаметр пневматического цилиндра ($D_{ц}$).
5. Определить действительную силу закрепления пневмоцилиндра двухстороннего действия (Q).
6. Определить время срабатывания пневмоцилиндра (T_c).

Содержание отчета

1. Содержание задания.
2. Расчетные зависимости, используемые в работе.

3. Результаты расчетов усилия закрепления пневматических поршневых приводов.

4. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Преимущества применения пневмоцилиндров для закрепления заготовок.

2. В каких видах производств применяют пневмоцилиндры?

3. Какие по конструкции бывают пневмоцилиндры?

4. Как определяется диаметр пневмоцилиндра?

5. От чего зависит время срабатывания пневмоцилиндра?

6. Как определяется ход поршня пневмоцилиндра?

Расчет диафрагменных пневмоприводов

Основные положения

Диафрагменные приводы (пневмокамеры) применяются в тех случаях, когда требуется небольшой ход штока. По конструкции пневмокамеры, как и пневмоцилиндры, делятся на приводы одностороннего и двустороннего действия.

Сила на штоке пневмокамеры двухстороннего действия (рис. 4.2.4) определяется по формуле

$$Q = 0,26(D_n^2 + D_n d_g + d_g^2)p \cdot \eta, \quad (4.2.18)$$

где D_n – диаметр пневмокамеры, мм;

d_g – диаметр диска, мм. Обычно $d_g = 0,7 D_n$, и при этом услови

$$Q = 0,58 \cdot D_n^2 \cdot p \cdot \eta, \quad (4.2.19)$$

где p – давление сжатого воздуха в сети, МПа;

η – коэффициент полезного действия пневмокамеры ($\eta = 0,85 \dots 0,90$).

Длина хода штока у камер с тарельчатой диафрагмой составляет обычно 20...22 % от внутреннего диаметра диафрагмы:

$$l_x = (0,2 \dots 0,22) D_n; \quad (4.2.20)$$

для плоской резинотканевой диафрагмы

$$l_x = (0,18 \dots 0,22) D_n. \quad (4.2.21)$$

По ГОСТ 9887-70 расчетные диаметры диафрагмы принимают: 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500 мм.

Диаметры опорных дисков d_g для резинотканевых диафрагм принимают $d_g = 0,7 D_n$, а для резиновых диафрагм

$$d_g = D_n - 2h_g - (2 \dots 4),$$

где h_g – толщина диафрагмы.

Толщину диафрагмы h_g выбирают в зависимости от ее диаметра D_n :

$$h_g = 4 \dots 8 \text{ мм.}$$

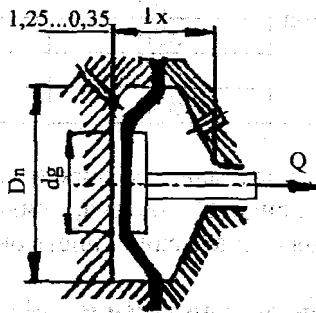


Рис. 4.2.4. Диафрагменный пневматический привод

Время срабатывания диафрагменного пневмопривода определяют по формуле

$$T_c = \frac{l_x (D_n^2 + D_n \cdot d_g + d_g^2)}{3V_B \cdot d_0^2}, \quad (4.2.22)$$

где d_g – диаметр диска диафрагмы;

V_B – скорость воздуха в магистрали, $V_B = 150 \dots 250$ м/с;

d_0 – диаметр воздухопровода, мм (принимается, как у пневмоцилиндров, в зависимости от диаметра пневмокамеры).

Методические указания

Для выполнения практической работы выдается задание по одному из вариантов, приведенных в табл. 4. 2. 6.

Т а б л и ц а 4. 2. 6

Варианты задания

Номер варианта	Тип пневмокамеры	Диаметр пневмокамеры, мм	Давление в сети сжатого воздуха, МПа
1	Двухстороннего действия	125	0,4
2		160	0,45
3		200	0,55
4		250	0,60
5		320	0,40
6		400	0,50
7		500	0,60

На основании исходных данных определяется сила на штоке пневмокамеры двухстороннего действия, длина рабочего хода штока пневмокамеры, время срабатывания пневмокамеры.

Порядок выполнения работы

1. Получить задание.
2. Определить силу на штоке диафрагменной пневмокамеры (Q).
3. Определить длину хода штока пневмокамеры (l_k).
4. Определить время срабатывания диафрагменного пневмопривода (T_c).
5. Определить диаметр опорного диска для резиноктаневой диафрагмы (d_g).

Содержание отчета

1. Содержание задания.
2. Расчетные зависимости, используемые в работе.
3. Результаты расчетов усилия закрепления, развиваемые пневмокамерой.
4. Выводы.

Контрольные вопросы

1. В каких случаях при проектировании приспособлений применяют пневматические диафрагменные приводы?
2. От чего зависит сила, развиваемая на штоке пневмокамеры?
3. Каким образом определяется длина хода штока у пневмокамеры?
4. Каким образом выбирается толщина диафрагмы пневмокамеры?
5. От чего зависит время срабатывания диафрагменного пневмопривода?

Расчет силы закрепления в кулачковых патронах с применением пневматического привода

При обработке заготовок типа валов, осей, фланцев и др. в машиностроении широко применяют самоцентрирующиеся механизмы в виде клиновых и рычажных патронов с механизированными приводами, в частности, с пневмоцилиндрами.

Основные размеры рычажных и клиновых патронов выбирают по ГОСТ 24351 – 80.

Сила, передаваемая штоком пневмоцилиндра при обработке в кулачковом рычажном патроне (рис. 4.2.5), определяется по формуле

$$Q_{\text{шт}} = W_k \cdot n_k \cdot K_{\text{ТР}} \left(1 + \frac{3a_k}{h_k} \cdot f_k \right) \cdot \frac{L_i}{L_k}, \quad (4.2.23)$$

где W_k – сила зажима на одном кулачке, Н;

n_k – число кулачков;

$K_{\text{ТР}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительные силы трения в патроне ($K_{\text{ТР}} = 1,05$);

a_k – вылет кулачка от его опоры до центра приложения силы за-

жима (конструктивно $a_k = 40$ мм);

h_k – длина направляющей части кулачка, мм;

f_k – коэффициент трения в направляющих кулачках ($f_k = 0,1$);

L_i и L_k – плечи рычага привода кулачков, мм, конструктивно

$L_i = 20$ мм и $L_k = 100$ мм до оси штока.

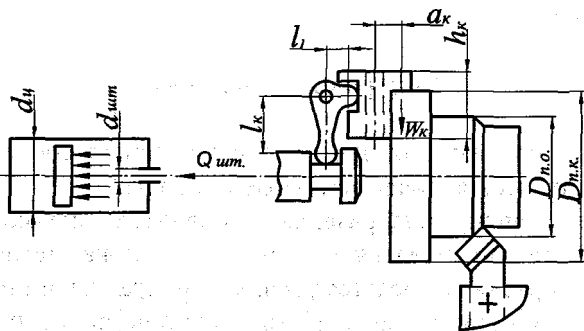


Рис. 4.2.5. Схема обработки наружного диаметра заготовки при использовании трехкулачкового патрона с пневматическим приводом

Сила закрепления на каждом кулачке определяется по формуле

$$W_K = \frac{P_z \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot D_{\text{оп}}}{n_k \cdot f_{\text{нк}} \cdot D_{\text{нз}}} \cdot K_3, \quad (4.2.24)$$

где $D_{\text{оп}}$ – диаметр обрабатываемой поверхности заготовки, мм;

α – угол расположения кулачков в патроне;

$f_{\text{нк}}$ – коэффициент трения на рабочих поверхностях кулачков (с гладкой поверхностью $f_{\text{нк}} = 0,25$, с кольцевыми канавками $f_{\text{нк}} = 0,35$, с крестообразными $f_{\text{нк}} = 0,45$, с зубьями параллельно оси патрона $f_{\text{нк}} = 0,8$);

$D_{\text{нз}}$ – диаметр закрепляемой поверхности заготовки, мм;

K_3 – коэффициент запаса.

Силу резания на данной операции определяем по формуле

$$P_z = 10C_p \cdot t^x S^y \cdot V^n \cdot K_{V_p}, \quad (4.2.25)$$

где C_p – коэффициент силы резания;

x, y, n – показатели степени для силы резания P_z

Численные значения коэффициента C_p и показатели x, y, n определяем по табл. 22 [1, с. 273-274].

Поправочный коэффициент K_p определяем по формуле

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \quad (4.2.26)$$

Численные значения этих коэффициентов приведены в табл. 9, 10, 23 [57, с. 264-265, 275].

Сила, передаваемая штоком пневмоцилиндра двухстороннего действия:

$$Q_{шт} = \frac{\pi D_y^2}{4} \cdot p \cdot \eta_{ц}, \quad (4.2.27)$$

где D_y – диаметр поршня пневмоцилиндра, мм;

$\eta_{ц}$ – коэффициент полезного действия пневмопривода, $\eta_{ц} = 0,85$.

Диаметр поршня пневмоцилиндра определяем по следующей формуле:

$$D_y = 1,44 \sqrt{\frac{Q_{шт}}{P}} \quad (4.2.28)$$

Для вращающихся пневмоцилиндров двухстороннего действия установлен ряд стандартизированных диаметров: 150, 200, 300, 400 мм.

Время срабатывания цилиндра определяется по формуле

$$T_c = \frac{D_y^2 l_x}{d_B^2 \cdot V_B}, \quad (4.2.29)$$

где l_x – длина хода поршня, мм (обычно устанавливается конструктором).

Методические указания

Для выполнения практической работы студентам выдается задание по одному из вариантов, приведенных в табл. 4.2.7:

Варианты заданий

№ варианта	Обрабатываемый материал	Операция	Наружный диаметр обрабатываемой поверхности, мм	Наружный диаметр заготовки, мм	Глубина резания t , мм	Подача S , мм/об	Частота вращения шпинделя n , мин ⁻¹
1	Сталь 45	Токарная черновая	40	50	3	0,3	300
2	Сталь 45	Токарная черновая	60	70	3	0,3	250
3	Сталь 45	Токарная черновая	90	100	3	0,3	200
4	Сталь 45	Токарная черновая	40	50	2	0,144	600
5	Сталь 45	Токарная черновая	60	70	2	0,144	500
6	Сталь 45	Токарная черновая	90	100	2	0,144	400

На основании исходных данных требуется определить силу ($Q_{шт}$), передаваемую штоком пневмоцилиндра при обработке заготовки в трехкулачковом патроне.

Порядок выполнения работы

1. Получить задание.
2. Определить силу резания (P_z) при наружном точении.
3. Определить коэффициент запаса $K_{зап}$.
4. Определить коэффициент закрепления (W_k) заготовки одним кулачком патрона.
5. Определить силу закрепления ($Q_{шт}$) на штоке механизированного привода трехкулачкового патрона.
6. Определить диаметр ($D_{ц}$), поршня цилиндра и выбрать стандартный размер пневматического вращающегося цилиндра.
7. Определить действительную силу зажима (Q_g) заготовки по принятому диаметру пневмоцилиндра.
8. Определить время срабатывания пневмоцилиндра (T_c).

Содержание отчета

1. Содержание задания.
2. Расчетные зависимости, используемые в работе.
3. Результаты расчета силы на штоке механизированного привода трехкулачкового патрона.
4. Выводы.

Работа 4.3

РАСЧЕТ УСТАНОВОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ НА ТОЧНОСТЬ

Цель работы – изучить методику и последовательность расчета станочных приспособлений на точность в зависимости от установки детали и требуемой точности обработки.

Работа рассчитана на два академических часа.

Основные положения

Расчетная суммарная погрешность приспособления ϵ_{np} определяется по формуле

$$\epsilon_{np} \leq \delta - (K_1 \epsilon_6 + \epsilon_3 + K_2 \omega), \quad (4.3.1)$$

где δ – допуск на обработку детали с использованием данного приспособления;

K_1 – коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках, $K_1 = 0,8 - 0,85$;

ϵ_6 – погрешность базирования заготовки в приспособлении;

ϵ_3 – погрешность закрепления заготовки, возникающая в результате действия сил зажима;

K_2 – коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами, не зависящими от приспособления, $K_2 = 0,6 - 0,8$ (большее значение коэффициента принимается при меньшем количестве значимых величин, зависящих от приспособления);

ω – экономическая точность обработки.

Погрешность базирования ϵ_δ при установке заготовки в самоцентрирующий 3-кулачковый патрон равна 0, а погрешность закрепления приведена в соответствующих таблицах справочников [10].

Погрешность базирования при установке по наружной цилиндрической поверхности определяется в зависимости от выдерживаемого размера (рис. 4.3.1) по следующим формулам:

$$\epsilon_\delta(H_1) = 0,5TD \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right); \quad (4.3.2)$$

$$\epsilon_\delta(H_2) = 0,5TD \left(\frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right); \quad (4.3.3)$$

$$\epsilon_\delta(H_3) = 0,5TD \frac{1}{\sin \alpha}, \quad (4.3.4)$$

где TD – допуск на диаметр.

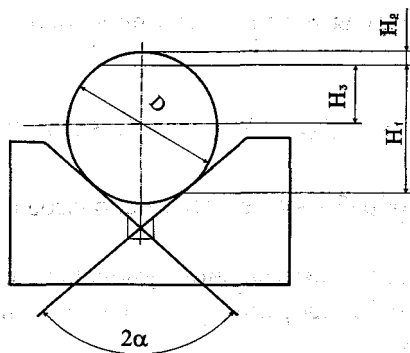


Рис. 4.3.1. Схема установки в призму

Погрешность закрепления ϵ_3 (мкм) при установке в призму определяется по формуле [57]

$$\epsilon_3 = \left[\left(K_{Rz} \cdot Rz + \frac{K_{HB}}{HB} \right) + 0,086 + \frac{8,4}{D_{заг}} \right] \cdot \left(\frac{Q}{19,61} \right)^{0,7}, \quad (4.3.5)$$

где $K_{Rz} = 0,005$, $K_{HB} = 15$;

Rz – параметр шероховатости поверхности, мкм;

HB – твердость материала заготовки по Бринеллю;

$D_{заг}$ – диаметр заготовки, мм;

Q – сила, действующая по нормали к опоре, Н.

Определенная по формуле (4.3.1) суммарная погрешность приспособления $\epsilon_{пр}$ распределяется по составляющим звеньям размерной цепи:

$$\epsilon_{пр} = \Sigma \delta_u + \delta_y + \epsilon_z + \delta_n + \delta_{изн}, \quad (4.3.6)$$

где $\Sigma \delta_u$ – суммарная погрешность изготовления деталей приспособления;

δ_y – погрешность установки приспособления на станке;

ϵ_z – погрешность вследствие конструктивных зазоров, необходимых для посадки на установочные элементы приспособления;

δ_n – погрешность перекоса или смещения инструмента из-за неточности изготовления направляющих элементов приспособления (если направляющие отсутствуют, погрешность не учитывается);

$\delta_{изн}$ – погрешность износа деталей приспособлений.

При этом за замыкающее звено размерной цепи принимается $\epsilon_{пр}$. После этого по методу максимум-минимум решается задача нахождения среднего значения допуска каждого из звеньев цепи по формуле

$$\delta_{ср} = \frac{\epsilon_{пр}}{m-1}, \quad (4.3.7)$$

где m – общее количество звеньев цепи.

Схема размерной цепи приведена на рис. 4.3.2.

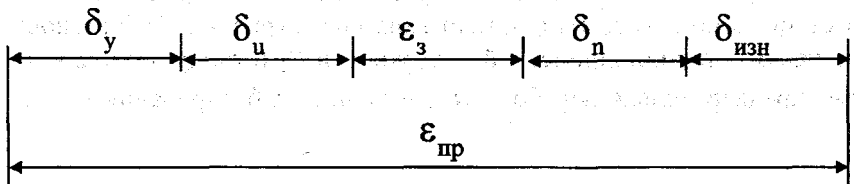


Рис. 4.3.2. Схема размерной цепи

Решая равенство (4.3.6) относительно слагаемого $\sum_{\delta_{и}} = \delta_{сб}$, находим допуск размера собранного приспособления, который нужно проставить на сборочном чертеже:

$$\delta_{и} = \delta_{сб} = \epsilon_{пр} - (\delta_3 + \delta_n + \delta_{изн} + \delta_y). \quad (4.3.8)$$

Распределение допуска $\delta_{сб}$ на допуски на изготовление отдельных деталей производится при разработке чертежей приспособления.

Методические указания

Для выполнения работы студентам выдается задание по одному из вариантов, приведенных в табл. 4.3.1 – 4.3.5. На основании исходных данных требуется рассчитать суммарную погрешность приспособления. Эту погрешность, как замыкающее звено размерной цепи, распределить на отдельные составляющие звенья.

Варианты заданий для выполнения практической работы «Расчет заготовок установочных приспособлений на точность»

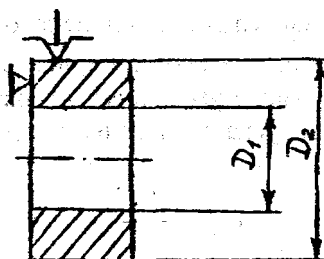


Рис. 4.3.3. Схема установки детали

1. Определить погрешность 3-кулачкового патрона при черновом растачивании отверстия в детали типа диска (рис. 4.3.3). Установка по наружной цилиндрической поверхности D_2 и торцу детали, которые предварительно обработаны. Погрешность базирования $\epsilon_6 = 0$.

Таблица 4.3.1

Исходные данные	Номера вариантов		
	1	2	3
Диаметр установки D_2 , мм	105 _{-0,22} (h11)	240 _{-0,29} (h11)	410 _{-0,4} (h11)
Диаметр обработки D_1 , мм	55 ^{+0,3} (H12)	11 ^{+0,54} (H12)	220 ^{+0,72} (H13)
ω , мкм	190	220	290
ε_3 , мкм	См. приложение		

2. Определить погрешность 3-кулачкового самоцентрирующего патрона (рис. 4.3.3) при чистовом растачивании отверстия в детали типа диска. Установочные поверхности аналогичны примеру 1. Обработаны они начисто.

Таблица 4.3.2

Исходные данные	Номера вариантов		
	1	2	3
Диаметр установки D_2 , мм	90 _{-0,087} (h9)	170 _{-0,100} (h9)	350 _{-0,14} (h9)
Диаметр обработки D_1 , мм	65 _(h10) ^{+0,14}	110 _(h10) ^{+0,14}	200 _(h10) ^{+0,185}
ω , мкм	46	54	72
ε_3 , мкм	См. табл. П 4.3.1		

3. Определить погрешность призматического установочного приспособления (рис. 4.3.1) при выдерживании размера H_1 . Угол призмы $2\alpha = 90^\circ$. Операция – фрезерование лыски.

$$\sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} = 0,7.$$

Т а б л и ц а 4.3.3

Исходные данные	Номера вариантов		
	1	2	3
Диаметр установки D_1 , мм	105 _{-0,087} (h9)	160 _{-0,1} (h9)	270 _{-0,13} (h9)
H_1 , мм	95 _{-0,22} (h11)	145 _{-0,25} (h11)	250 _{-0,29} (h11)
Rz, мкм	50	100	200
НВ	156	207	241
ω , мкм	87	100	115
Q, Н	2043,7	3757,5	5632,7

4. Определить погрешность призматического установочного приспособления (рис. 4.3.1) при выдерживании размера H_2 .

Т а б л и ц а 4.3.4

Исходные данные	Номера вариантов		
	1	2	3
Диаметр установки D_1 , мм	105 _{-0,087} (h9)	160 _{-0,1} (h9)	270 _{-0,13} (h9)
H_2 , мм	10 _{-0,22} (h13)	15 _{-0,27} (h13)	20 _{-0,33} (h13)
Rz, мкм	50	100	200
НВ	156	207	241
ω , мкм	87	100	115
Q, Н	2043,7	3757,5	5632,7

5. Определить погрешность призматического установочного приспособления (рис. 4.3.1) при выдерживании размера H_3 .

Т а б л и ц а 4.3.5

Исходные данные	Номера вариантов		
	1	2	3
Диаметр установки D_1 , мм	105 _{-0,087} (h9)	160 _{-0,1} (h9)	270 _{-0,13} (h9)
H_3 , мм	42,5 _{-0,25} (h12)	65 _{-0,3} (h12)	115 _{-0,35} (h12)
Rz, мкм	50	100	200
НВ	156	207	241
ω , мкм	87	100	115
Q, Н	2043,7	3757,5	5632,7

Порядок выполнения работы

1. На основании исходных данных, приведенных в табл. 4.3.1 – 4.3.5, определить ϵ_6 , ϵ_3 в зависимости от типа установочного приспособления и способа установки детали.

2. По формуле (4.3.1) определить суммарную погрешность приспособления исходя из величины допуска на обработку детали в данном приспособлении.

3. Распределить найденную погрешность по составляющим звеньям размерной цепи по методу максимум-минимум.

Содержание отчета

1. Название работы.

2. Исходные данные, необходимые для расчета ϵ_6 и ϵ_3 .

3. Определение величин K_1 , K_2 и значений ϵ_6 и ϵ_3 .

4. Расчет величины $\epsilon_{пр}$.

5. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Как определяется суммарная погрешность приспособления?

2. Чему равны погрешности базирования и закрепления при установке заготовки в 3-кулачковом самоцентрирующем патроне?

3. Как определяется погрешность базирования при фрезеровании лыски на цилиндрической детали, установленной в призме, для размеров H_1 , H_2 , H_3 ?

4. Какие составляющие входят в размерную цепь, замыкающим звеном которой является найденная погрешность приспособления?

5. Как определяется средняя величина допусков, входящих в размерную цепь, по методу максимум-минимум?

ПРИЛОЖЕНИЕ

Т а б л и ц а П 4.3.1

Погрешность закрепления заготовок ε_z (мкм) при установке
в 3-кулачковом патроне

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовки, мм				
	80-120	120-180	180-260	260-360	360-500
Предварительно обработанная	120	140	160	180	200
Чисто обработанная	60	70	80	90	100

Т а б л и ц а П 4.3.2

Основные размеры метрической резьбы

Номинальный диаметр резьбы	Шаг	d_1, D_1	d_2, D_2	d_3
M4	0,7	3,242	3,545	3,141
	0,5	3,459	3,675	3,387
M5	0,8	4,134	4,48	4,019
	0,5	4,459	4,675	4,387
M6	1	4,917	5,513	5,08
	0,75	5,188	5,675	5,387
M8	1,25	6,647	7,188	6,466
	0,5	7,459	7,675	7,387
M10	1,5	8,376	9,026	8,16
	1	8,917	9,35	8,773
M12	1,75	10,106	10,863	9,853
	1	10,917	11,35	10,773
M16	2	13,835	14,701	13,546
	1	14,917	15,35	14,773
M20	2,5	17,294	18,376	16,933
	1,5	18,376	19,026	18,16
M24	3	20,752	22,051	20,319
	1,5	22,376	23,026	22,16
M26	1,5	24,376	25,026	24,16

Примечание. Для учебных целей приведены не все значения метрических резьб.

Л и т е р а т у р а

1. А ф о н ь к и н М.Г., М а г н и ц к а я М.В. Производство заготовок в машиностроении. – Л.: Машиностроение, 1987. – 352 с.
2. А н у р ь е в В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. Т. 1. – М.: Машиностроение, 1980. – 728 с.
3. А н у р ь е в В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. Т. 2. – М.: Машиностроение, 1980. – 559 с.
4. Автоматизация проектирования технологических процессов в машиностроении / В.С. Корсаков и др.; Под общей ред. Н.М. Капустина. – М.: Машиностроение, 1985. – 304 с.
5. Базы и базирование в машиностроении. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 36 с.
6. Б а р т а ш о в Л.В. Технология и экономика. – М.: Машиностроение, 1983. – 152 с.
7. Б о л о т и н Х.Л., К о с т р о м и н Ф.П. Станочные приспособления. – М.: Машиностроение, 1973. – 344 с.
8. Б а р а н о в с к и й М.А., Д м и т р о в и ч А.М. и др. Справочник технолога: Пособие для технологов литейных, кузнечных и сварочных цехов. – М.: Беларусь, 1966. – 552 с.
9. В е р б и ц к и й Е.И., Д о б р о в о л ь с к и й И.Г. Курсовое проектирование по горячей штамповке. – Мн.: Вышэйшая школа, 1978. – 208 с.
10. Г о р б а ц е в и ч А.Ф., Ш к р е д В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Мн.: Вышэйшая школа, 1983. – 256 с.
11. Г о р о ш к и н А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. – М.: Машиностроение, 1976. – 301 с.
12. Г а м р а т - К у р е к Л.И., И в а н о в К.Ф. Выбор варианта изготовления изделий и коэффициенты затрат. – М.: Машиностроение, 1975. – 133 с.
13. Г о л о в н е в И.Ф. Конструирование кованных и штампованных поковок и деталей. – М.: НТО Машпром, 1963. – 24 с.
14. Г р и г о р ь е в А.К., Г р о х о л ь с к и й Б.П. Порошковая металлургия и применение композиционных материалов. – Л.: Лен-издат, 1982. – 143 с.
15. Горизонтальное непрерывное литье металлов и сплавов / О.А. Шатагин и др. – М.: Металлургия, 1974. – 176 с.

16. Д е м ь я н ю к Ф.С. Технологические основы поточно-автоматизированного производства. – М.: Высшая школа, 1968. – 700 с.
17. Дипломное проектирование по технологии машиностроения / Под ред. В.В. Бабука. – Мн.: Вышэйшая школа, 1979. – 464 с.
18. Д о б р ы д н е в И.С. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 1985. – 264 с.
19. Е г о р о в М.Е. и др. Технология машиностроения. – М.: Высшая школа, 1976. – 536 с.
20. Е р м а к о в С.С., В я з н и к о в Н.Ф. Металлокерамические детали в машиностроении. – Л.: Машиностроение, 1975. – 232 с.
21. СТ СЭВ 144 – 75. Единая система допусков и посадок. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 51 с.
22. И в а щ е н к о И.А. Технологические размерные расчеты и способы автоматизации. – М.: Машиностроение, 1975. – 222 с.
23. К о с и л о в а А.Г., М е щ е р я к о в Р.К., К а л и н и н М.А. Точность обработки заготовок и припуски в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1976. – 255 с.
24. К о н о н е н к о В.Г., К у ш н а р е н к о С.Г., П р я л и н М.А. Оценка технологичности и унификации машин. – М.: Машиностроение, 1980. – 160 с.
25. К а р д а н с к и й Л.П. и др. Централизованное управление машиностроительным оборудованием от ЭВМ. – М.: Машиностроение, 1977. – 263 с.
26. К л у ш и н В.А., М а к у ш о к Е.М., Щ у к и н В.Я. Совершенствование поперечно-клиновой прокатки. – Мн.: Наука и техника, 1980. – 280 с.
27. К о р с а к о в В.С. Основы конструирования приспособлений в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1983. – 277 с.
28. ГОСТ 3.1125-88. Конструирование литых заготовок. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 31 с.
29. К и п а р и с о в С.С., Л и б е н с о н Г.А. Порошковая металлургия. – М.: Машиностроение, 1972. – 328 с.
30. РД 50-174-80. Методические указания ЕСТПП. Выбор оптимальной величины коэффициента закрепления операций $K_{з.о.}$ для предприятий машино- и приборостроения. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 23 с.
31. Методические указания по оформлению технологической документации в курсовых и дипломных проектах для студентов машиностроительных специальностей / Сост.: В.А. Шкред, В.И. Романенко. – Мн.: БГПА, 1992. – 43 с.

32. Методические указания по нормированию расхода синтетических смол и пластмасс при переработке. – М.:НПО «Пластик», 1986. – 485 с.

33. Расчет техпроцессов и проектирование инструмента поперечно-клиновой прокатки: Методические рекомендации. – Воронеж: ЭНИКМАШ, 1976. – 99 с.

34. Общая электротехника / Под ред. И.А. Федоровой. – Мн.: Высшэйшая школа, 1968. – 448 с.

35. О в ч а р о в А.А. Прикладные задачи теории массового обслуживания. – М.: Машиностроение, 1969. – 320 с.

36. Организация группового производства / Под ред. С.П. Митрофанова и В.А. Петрова. – М.: Машиностроение, 1980. – 287 с.

37. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Крупносерийное производство. – М.: НИИТруда, 1975. – 344 с.

38. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени на обслуживание рабочего места на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Массовое производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 136 с.

39. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 421 с.

40. ОСТ 23. 4.50-73; ОСТ 23.1.51-73. Отливки из алюминиевых сплавов. – М.: Минсельхозмашиностроения, 1981. – 47 с.

41. ГОСТ 26645 – 85. Отливки из металлов и сплавов. – М.: Издво стандартов, 1989. – 54 с.

42. П е т р о в В.А. и др. Планирование гибких производственных систем. – Л.: Машиностроение, 1985. – 182 с.

43. Проектирование техпроцессов механической обработки в машиностроении / Под ред. В.В. Бабука. – Мн.: Высшэйшая школа, 1987. – 256 с.

44. П р и л у ц к и й В.А. Технологические методы снижения волнистости поверхностей. – М.: Машиностроение, 1978. – 136 с.

45. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. – М.: Госкомитет по управлению качеством продукции и стандартам, 1990. – 51 с.

46. ГОСТ 14316-75. Правила разработки групповых технологических процессов. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 35 с.
47. Проектирование технологии / Под ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Машиностроение, 1990. – 415 с.
48. ГОСТ 2.423-73. Правила выполнения чертежей элементов литейной формы отливок. – М.: Изд-во стандартов, 1973. – 29 с.
49. П а н т е л е е в А.П. и др. Справочник по проектированию оснастки для переработки пластмасс. – М.: Машиностроение, 1986. – 300 с.
50. Режимы резания металлов: Справочник / Под ред. Ю.В. Барановского. – М.: Машиностроение, 1972. – 407 с.
51. Режимы резания металлов: Справочник / Под ред. А.Д. Корчемкина. – М.: НИИавтопром, 1995. – 456 с.
52. Р а к о в с к и й В.С., С а к л и н с к и й В.В. Порошковая металлургия в машиностроении: Справочник. – М.: Машиностроение, 1973. – 126 с.
53. РТМ231-03-82. Порошки металлические: Руководящий технический материал. – М: БРНПО ПМ, 1982. – 141 с.
54. Расчеты экономической эффективности новой техники: Справочник / Под ред. К.М.Великанова. – Л.: Машиностроение, 1975. – 430 с.
55. Р а д з и х о в с к и й В.А. Машины и технология непрерывного литья во вторичной цветной металлургии. – М.: Металлургия, 1979. – 48 с.
56. Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – В 2 т. Т. 1. – М.: Машиностроение, 1985. – 655 с.
57. Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – В 2 т. Т. 2. – М.: Машиностроение, 1986. – 495 с.
58. Станочные приспособления / Под ред. Б.Н.Вардашкина. – М.: Машиностроение, 1984. – 592 с.
59. Специальные способы литья: Справочник / Под общ. ред. В.А.Ефимова. – М.: Машиностроение, 1991. – 430 с.
60. Справочник нормировщика-машиностроителя. В 2 т. / Под ред. Е. Стружестраха. – М.: Машиностроение, 1961. – 890 с.
61. Системы автоматизированного проектирования техпроцессов, приспособлений и режущих инструментов / Под ред. С.Н. Корчака. – М.: Машиностроение, 1988. – 345 с.

62. Скворцов Г.Д. Основы конструирования штампов для холодной штамповки (подготовительные работы). – М.: Машиностроение, 1974. – 285 с.

63. Скворцов Г.Д. Основы конструирования штампов для холодной штамповки (конструкции и расчеты). – М.: Машиностроение, 1972. – 324 с.

64. Тайк А.А., Румянцев А.С. Экономия электроэнергии в машиностроении. – М.: Гознакоиздат, 1946. – 146 с.

65. ГОСТ 27.202-83. Технологические системы. Методы оценки надежности по параметрам качества изготавливаемой продукции. – М.: Госкомитет по стандартам, 1984. – 50 с.

66. Технологичность конструкций изделий: Справочник / Под ред. Ю.Д. Амирова. – М.: Машиностроение, 1985. – 367 с.

67. Технология машиностроения: Учебник. В 2 т. Т. 1 / Под ред. А.М. Дальского. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 1999. – 559 с.

68. Технология машиностроения: Учебник. В 2 т. Т. 2 / Под ред. Г.Н. Мельникова. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 1999. – 633 с.

69. Технология металлов и других конструкционных материалов / Под ред. А.М. Дмитриевича. – Мн.: Высшая школа, 1973. – 528 с.

70. Формы и правила оформления маршрутных карт. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 22 с.

71. Филиппов Г.И. Литые заготовки и способы их получения. – Л.: Машиностроение, 1985. – 86 с.

72. ГОСТ 3212-80. Формовочные уклоны. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 25 с.

73. ГОСТ 977-75. Химический состав и механические свойства стали. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 27 с.

74. ГОСТ 16319-80. Цепи размерные. Термины, определения и обозначения. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 24 с.

75. ГОСТ 16320-80. Цепи размерные. Расчет плоских цепей. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 29 с.

76. Чарнок Д.В. Основы выбора техпроцесса механической обработки. – М.: Машиностроение, 1963. – 375 с.

77. Эдуардов Э.С. Штамповка в закрытых штампах. – Л.: Машиностроение, 1971. – 239 с.

78. Яковлев А.Д. Технология изготовления изделий из пластмасс. – Л.: Химия, 1968. – 180 с.

Учебное издание

МЕДВЕДЕВ Анатолий Иванович
ШКРЕД Виктор Андреевич
БАБУК Валентин Владимирович и др.

СБОРНИК ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Учебное пособие

Под редакцией И.П.Филонова

Ответственный за выпуск А.П. Аношко
Редактор Т.Н.Микулик. Корректор М.П.Антонова
Компьютерная верстка Л.М.Чернышевич

Подписано в печать с готовых диапозитивов 30.12.2002.

Формат 60×90¹/₁₆. Бумага офсетная.

Печать офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 28,2. Уч.-изд. л. 22,1. Тираж 1400 экз. Заказ 1810.

Издатели: Белорусский национальный технический университет.
Лицензия ЛВ №155 от 30.01.2003. 220013, Минск, проспект Ф.Скорины, 65.

УП «Технопринт». ЛВ № 380 от 29.04.99 г.

Минск, пр-т Ф. Скорины, 65, корп.14, оф. 215. Тел. 231-86-93

E-mail: Technoprint@tut.by

Республиканское унитарное предприятие
«Издательство «Белорусский Дом печати».
220013, Минск, пр. Ф. Скорины, 79.