

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра электронной техники и технологии

Г.М.Шахлевич

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

по курсам

**«Технология обработки материалов»,
«Технология деталей РЭС»,
«Производственные технологии»**

Для студентов специальностей:

“Электронно-оптическое аппаратостроение”,
«Проектирование и производство РЭС»
“Экономика и управление на предприятии”

Минск 2004

Тема: **Технологические особенности типов производства**

Теоретические сведения

Характер ТП во многом зависит от типа производства, определяющего построение и степень детализации разработки техпроцессов. Различают: единичное, серийное (мелко-, средне- и крупносерийное) и массовое производства.

В условиях *единичного производства* на рабочих местах обрабатывают различные детали. Технологические операции при этом максимально концентрированы, выполняются квалифицированными рабочими с применением точного универсального оборудования.

При *серийном производстве* периодически повторяется выпуск партий изделий. На рабочих местах выполняется несколько периодически повторяющихся операций. Характер построения ТП зависит от объема выпуска и может изменяться в широких пределах.

При массовом производстве на каждом рабочем месте выполняется одна и та же операция. Используются высокопроизводительные специальные станки, автоматы, СТО и точные заготовки, полученные прогрессивными методами. ТП строятся по принципу непрерывного потока. Цикл изготовления минимальный, себестоимость продукции – наименьшая по сравнению с другими типами производства.

Тип производства определяется с помощью коэффициента закрепления операций

$$K_{zo} = O/P,$$

где O – количество операций ТП, подлежащих выполнению в течение месяца;
 P – число рабочих мест, необходимых для их выполнения

$$P = \frac{N \sum_{i=1}^k T_{um.i}}{60 \cdot k \cdot \Phi_0},$$

где N – годовой объем выпуска; $\sum T_{um.i}$ – трудоемкость изготовления изделия;
 $T_{um.i}$ – норма штучного времени i -ой операции; $\Phi_0 = 2070$ часов – действительный годовой фонд рабочего времени.

В серийном производстве объем выпуска определяет темп выпуска

$$t = 60 \Phi_0 / N.$$

Целесообразно, чтобы длительность операций была равна или кратна t .

Для массового производства: $K_{zo} = 1$, для крупносерийного - $1 < K_{zo} \leq 10$, для серийного - $10 < K_{zo} \leq 20$, для мелко серийного - $20 < K_{zo} \leq 40$, единичного - $K_{zo} > 40$ и не регламентируется.

До разработки ТП реальное значение K_{zo} трудоемкости не известно. При определении типа производства учитывают либо заданную (плановую) трудоемкость, либо ориентировочную, оцененную на начальных стадиях проектирования ТП. Тогда

$$K_{zo} = O t / \Sigma T_{um.i} = t / T_{um\text{ ср}} ,$$

где $T_{um\text{ ср}}$ – средняя норма штучного времени (T_{um} определяющей операции данного ТП).

Пример 1.

Сборку изделия выполняют за 7 технологических операций, общая трудоемкость которых 9,88 мин. Объем выпуска $N = 60\,000$ штук в год. Определить тип производства.

Решение:

При односменной работе и коэффициенте выполнения нормы $k = 1$, необходимое число рабочих мест:

$$P = \frac{N \cdot \sum T_{um.i}}{60 \cdot k \cdot \Phi_o} = \frac{60000 \cdot 9,88}{60 \cdot 1 \cdot 2070} = 4,8 \approx 5$$

При $K_{zo} = O/P = 7/5 = 1,4$ – производство крупносерийное.

Пример 2.

Деталь изготавливают штамповкой из ленты за одну комбинированную операцию. Норма штучного времени $T_{um} = 0,2$ мин. Определить тип производства при объеме выпуска $N = 50\,000$ штук в год.

Решение:

Такт выпуска деталей при односменной работе

$$t = 60 \Phi_o / N = 60 \cdot 2\,070 / 50\,000 = 2,5 \text{ мин.}$$

При $K_{zo} = t / T_{um} = 2,5 / 0,2 = 12,5$ – производство среднесерийное.

Пример 3.

Колодка разъема изготавливается из термопласта АГ-4в. Объем выпуска $N = 60\,000$ штук в год. Максимальный линейный размер детали $l_{max} = 12$ мм. Определить тип производства при односменной работе.

Решение:

Наиболее экономичный способ изготовления изделий из АГ-4в – литьевое прессование в стационарных многогнездных пресс-формах без арматуры. Предположим, что используется 6-ти гнездовая пресс-форма. Такт выпуска деталей

$$t = 60 \Phi_o / N = 60 \cdot 2\,070 / 60\,000 = 2,07 \text{ мин.}$$

Норма штучного времени на операции прессования

$$T_{um} = T_o + T_g + T_{орг} = T_o + T_g + k (T_o + T_g),$$

где T_o – основное технологическое время равное выдержке материала в пресс-форме. Из технологических справочников (см., например, Справочник конструктора-приборостроителя. Проектирование. Основные нормы/ Под ред. В.Л. Соломахо.- Мн.: Выш. шк., 1988.- 272 с.) берем 1 мин. на 1 мм толщины детали из АГ-4в. Т.к., $l_{max} = 12 \text{ мм}$ – $T_o = 12 \text{ мин.}$, т.е. на одну деталь при 6-ти гнездах: $T_o = 12 / 6 = 2 \text{ мин.}$; T_e – вспомогательное время (загрузка загрузочной камеры пресс-материалом, включение и выключение давления, удаление детали, очистка пресс-формы, удаление литника и др.). Из нормативно-технической документации: $T_e = 0,592 \text{ мин.}$; $T_{орг} = 7,5\%(T_o + T_e) = 2,79 \text{ мин.}$

При $K_{зо} = t / T_{шт} = 2,07 / 2,79 \approx 1$ – производство массовое.

Задачи для аудиторных и домашних занятий

Определить тип производства для вариантов технологических процессов, приведенных в табл. 1.1.

Таблица 1.1

№ варианта ТП	Объем выпуска, тыс. шт. в год	Трудоемкость изготовления, мин	Колич-во операций в ТП	Число смен	Коэфф-ент выполнения нормы	$T_{шт}$, мин
1	30	-	-	1	1	0,3
2	500	250	150	1	1	-
3	0,2	-	-	1	1	1,5
4	1500	-	-	1	0,95	2,0
5	12	-	-	1	0,95	0,5
6	1000	120	17	2	0,95	-
7	0,8	35	54	2	1,05	-
8	1,2	40	80	2	1,05	-
9	500	180	12	2	1	-
10	5	3000	14	2	0,95	-
11	1000	3600	22	3	1	-
12	5	3600	23	3	1	-

Действительный годовой фонд рабочего времени при односменной работе – 2070 часов, двухсменной – 4140 часов, трехсменной – 6210 часов.

Тема: **Составление плана обработки**

Теоретические сведения

Конструкция детали в значительной степени определяет структуру ТП. На построение ТП влияют форма, размеры и материал детали, требуемая точность размеров, качество поверхности, термообработка, вид заготовки, объем выпуска, реальные условия производства. В табл.2.1 отражена связь этих характеристик с технологическими факторами.

Таблица 2.1

Характеристики детали	ФАКТОРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА												
	Вид заготовительной операции	Виды операций обработки резанием	Последовательность операций	Концентрация операций	Термическая обработка	Вид окончательной обработки	Выбор технологических баз	Режимы обработки	Инструмент	Оснастка	Оборудование	Метод обеспечения точности	Квалификация рабочих
Материал	++	–	–	–	+	+	–	+	+	–	–	–	–
Сложность формы	++	+	+	+	–	–	+	–	+	+	+	–	–
Простановка размеров	–	–	+	+	–	–	++	–	–	+	–	+	–
Точность размеров	–	++	++	–	–	++	–	+	+	–	+	+	+
Точность формы	–	++	+	–	+	++	–	–	+	+	+	–	+
Точность взаиморасположения поверхностей	–	–	++	++	+	–	+	–	–	+	–	–	+
Шероховатость поверхности	–	–	–	–	–	++	–	+	+	–	–	–	+
Структура поверхностного слоя	+	–	+	–	+	+	–	+	+	–	–	–	+
Твердость	–	–	+	–	++	+	–	+	+	–	+	–	–
Покрытие	–	–	+	+	+	+	+	–	–	–	–	–	–
Объем выпуска	++	+	+	++	–	–	–	–	+	+	+	+	+

“+ +” — характеристика детали оказывает сильное влияние на параметр ТП; “+” — влияние имеется; “—” — влияние отстает или слабое.

Вначале по чертежу детали определяем поверхности, которые нельзя получить на заготовке без последующей обработки. Обычно точность их размеров выше 12...11 квалитетов, а шероховатость $R_z \leq 20$. Обработке могут подвергаться и менее точные поверхности, если их технологические свойства не удовлетворяют требованиям чертежа. При анализе конструкции особое внимание уделяется размерам, допускам формы и расположения поверхностей точных квалитетов, малых шероховатостей, особым свойствам детали.

Разработка ТП облегчается, если можно подобрать унифицированный ТП. В серийном и массовом производстве желательно использовать заготовочные операции получения точных заготовок. Хотя для этого имеются и ограничения: сложность оборудования, пористость отливок, высокая стоимость и сложность пресс-форм и штампов и др.

Планирование начинают с выбора последней операции, обеспечивающей заданные чертежом детали точность и шероховатость. С учетом формы обрабатываемой поверхности с помощью справочных материалов, назначают для нее вид окончательной обработки. Обычно имеется несколько равнозначных по технологическому критерию вариантов. Поэтому окончательный выбор метода производят с учетом возможности выполнения других требований чертежа и экономических критериев. Предпочтительной является операция однотипная предыдущей, поскольку это позволяет использовать те же станки, приспособления и инструменты.

Первыми обрабатываются базовые поверхности. Операции, на которых наиболее вероятно появление брака, следует выполнять вначале обработки. Отверстия, пазы, шлицы, фаски и т. п., если они не используются в качестве базовых, обрабатываются в конце ТП.

План операций обработки поверхностей оформляется в виде таблицы:

Таблица 2.2

№ и вид поверхности	Наименование операции	Базовые поверхности	Операционный размер	Шероховатость поверхности	Оборудование, СТО, инструмент

Пример 1.

Составить план обработки детали (движок) для серийного производства. Материал — алюминиевый сплав D16T, объем выпуска — 15 000 штук в год (см. рис.2.1).

3. Технологический маршрут.

1. Резка прутка прямоугольного сечения (10 x 20 мм) на заготовки. В предположении, что из заготовки будет изготавливаться 5 деталей и равенства объемов заготовок на данной операции и операции холодного выдавливания $l_{ЗАГ} = 93$ мм (схема обработки на рис. 2.2, а).

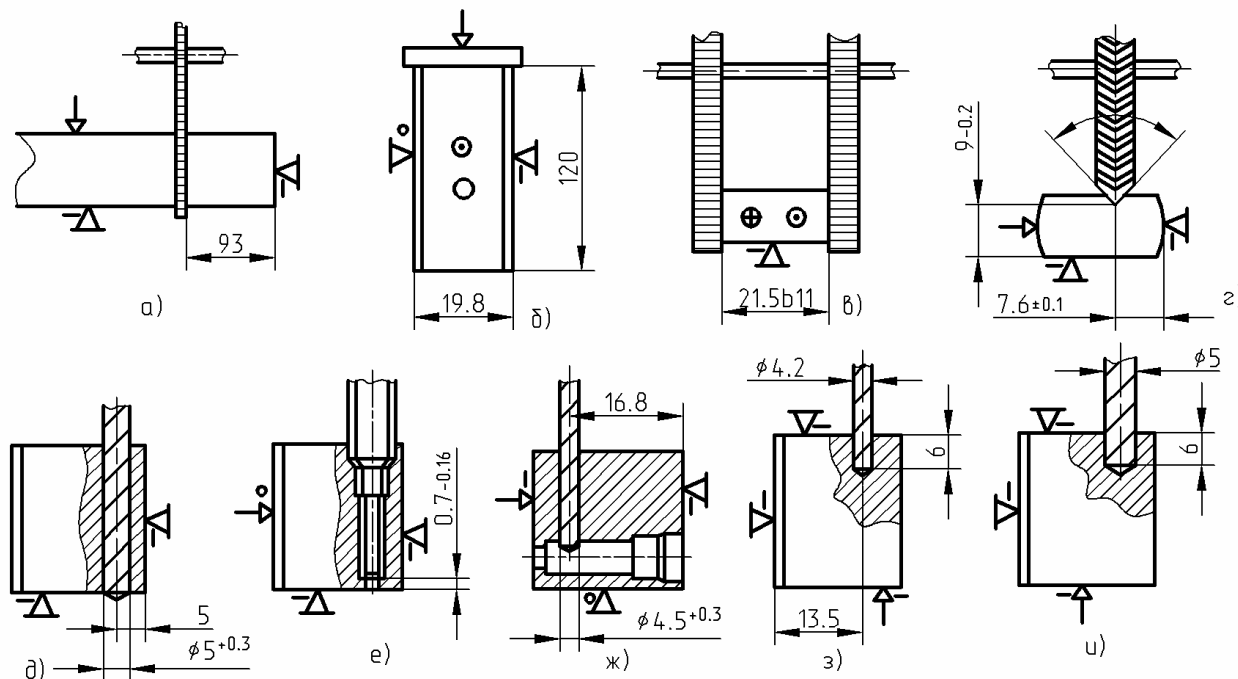


Рисунок 2.2.

2. Сплав D16T поставляется в нагартованном состоянии, для повышения его технологичности к обработке давлением проводим термообработку прутка (отжиг на пластичность).

3. Холодное объемное выдавливание профиля детали длиной $l_{ПР} = 120$ мм (см. рис.2.2,б).

4. Резка профиля на 5 заготовок в размер $21,5 + Z_{ФР}$ ($Z_{ФР}$ — припуск под фрезерование торцов).

5. Фрезерование торцов дисковой фрезой в размер 21,5 в 11 квалитет (схема на рис.2.2,в).

6. Фрезерование паза с углом 120° профильной дисковой фрезой (см. рис. 2.2,г).

7. Фрезерование паза с углом 90° (то же).

8. Сверление отверстия $\varnothing 5^{+0,3}$ мм (см. рис.2.2,д).

9. Сверление отверстий $\varnothing 6,8$; $\varnothing 7,91$ и $\varnothing 9,0$ мм перовыми сверлами, которые обеспечивают необходимую их соосность (см. рис.2.2,е).

10. Сверление отверстия $\varnothing 4,5^{+0,3}$ мм (рис.2.2,ж).

11. Сверление отверстия $\varnothing 4,2$ мм глубиной 6 мм (рис.2.2,з).

12. Зенкерование отверстия $\varnothing 4,2$ мм до $\varnothing 5,0^{+0,3}$ (рис.2.2,и).

13. Нарезание резьбы М6 х 0,5 в три прохода на резьбонарезном станке РН-220 метчиками.

14. Нарезание резьбы М9 х 1 (то же).

При составлении плана обработки следует обратить внимание на требования к расположению поверхностей и выполнению размеров (высота и ширина детали). Ширина детали $10_{-0,13}^{-0,04}$ мм и требуемая параллельность торцов с пазами обеспечивается конструкцией штампа и расположением формообразующих поверхностей. Перпендикулярность торцов и размер $21,5_{-0,29}^{-0,16}$ мм — на операции фрезерования за счет ориентации заготовки относительно инструмента и точностью приспособления.

В план обработки необходимо включать контрольные операции, особенно наиболее точных размеров, взаимное положение поверхностей, несоосность отверстий, а также диаметров резьб и соответствующих отверстий. Контрольные операции включаются в маршрут после выполнения соответствующих размеров или в конце ТП.

Пример 2.

Для детали (рис.2.3), корпус разъема, составить два варианта плана обработки с различными исходными заготовками для одного и того же объема выпуска. Материал — силумин АЛ2. Провести сравнительный анализ вариантов по структуре ТП и необходимому оборудованию.

Нет решения!!!!

Тема: **Расчет припусков на обработку**

Пример 1.

Расчет припуска будем производить расчетно-аналитическим методом для поверхности $\varnothing 40C_4 (-0,17)$ (рис.3.1).

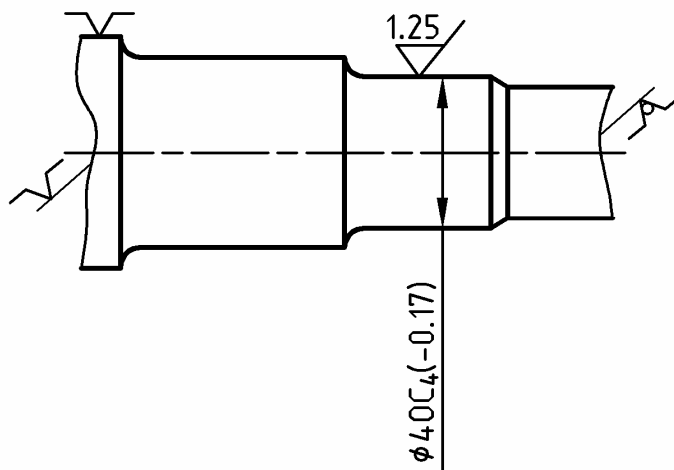


Рисунок 3.1. Фрагмент чертежа цапфы правой

Исходные данные к расчету:

заготовка — штамповка на КГШП первого класса точности по ГОСТ 7505-74;

материал — сталь 40.

группа стали — МЛ.

степень сложности — СЛ.

масса штамповки — 2.248 кг.

способ установки — в центрах.

Технологический маршрут обработки поверхности:

- 1) точение черновое;
- 2) точение чистовое;
- 3) шлифование.

Решение:

Из литературных источников [1] определяем параметры R_z и T для штампованных заготовок массой от 0.25 до 2.5 кг.: $R_z = 150$ мкм., $T = 200$ мкм. Суммарное значение пространственных отклонений для заготовки определяется по формуле

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2},$$

где $\rho_{кор} = \Delta_k l$, Δ_k — предельная кривизна заготовки. Согласно нормативным данным [1] $\rho_{см} = 0.4$ мм, $\Delta_k = 0.8$ мкм/мм.

$$\rho_{кор} = 0,8 \cdot 198 = 158,4 \text{ мкм} = 0,158 \text{ мм}$$

$$\rho_{ц} = 0,25\sqrt{\delta^2 + 1}$$

δ — допуск на диаметральный размер базовой поверхности заготовки при зацентровке ($\delta = \begin{smallmatrix} +1,2 \\ -0,6 \end{smallmatrix} = 1,8 \text{ мм}$).

$$\rho_{ц} = 0,25\sqrt{1,8^2 + 1} = 0,51 \text{ мм}$$

$$\rho_{заг} = \sqrt{0,4^2 + 0,158^2 + 0,51^2} = \sqrt{0,16 + 0,025 + 0,26} = 0,67 \text{ мм}$$

Погрешность базирования при обработке в центрах с вращающимся передним центром равна нулю, т.е. $\delta = 0$.

Определим остаточную пространственную погрешность после механических обработок. После чернового точения она составит

$$\rho_{черн.} = 0,06 \cdot \rho_{заг.} = 0,06 \cdot 0,67 = 40 \text{ мкм},$$

после чистового точения

$$\rho_{чист} = 0,04 \cdot \rho_{заг.} = 0,04 \cdot 0,67 = 27 \text{ мкм},$$

после шлифования

$$\rho_{шл.} = 0,02 \cdot \rho_{заг.} = 0,02 \cdot 0,67 \approx 13 \text{ мкм}.$$

Значения $2 \cdot Z_{\min}$ по операциям составят:

черновое точение:

$$2 \cdot Z_{\min} = 2(150 + 200 + 670) = 2 \cdot 1020 \text{ мкм}$$

чистовое точение:

$$2 \cdot Z_{\min} = 2(50 + 50 + 40) = 2 \cdot 140 \text{ мкм}$$

шлифование:

$$2 \cdot Z_{\min} = 2(30 + 30 + 27) = 2 \cdot 87 \text{ мкм}$$

Расчетные размеры по операциям механической обработки:

шлифование —	$40 - 0,17 = 39,83 \text{ мм}$
точение чистовое —	$39,83 + 0,174 = 40,004 \text{ мм}$
точение черновое —	$40,004 + 0,28 = 40,284 \text{ мм}$
заготовка —	$40,284 + 1,040 = 41,324 \text{ мм}$

Определяем по таблице [3] для каждой операции значения допусков в соответствии с качеством точности. Суммируя наименьшие значения размеров по операциям с соответствующими значениями допусков, получаем наибольшие значения размеров:

шлифование

$$39,83 + 0,035 = 39,865 \text{ мм}$$

точение чистовое

$$40,004 + 0,17 = 40,174 \text{ мм}$$

точение черновое

$$40,284 + 1,8 = 43,124 \text{ мм}$$

заготовка

$$41,324 + 1,8 = 43,124 \text{ мм}$$

Предельные значения припуска:

Шлифование

$$Z_{\min} = 40,004 - 39,83 = 0,174 \text{ мм}$$

$$Z_{\max} = 40,174 - 39,865 = 0,309 \text{ мм}$$

Точение чистовое

$$Z_{\min} = 40,284 - 40,004 = 0,28 \text{ мм}$$

$$Z_{\max} = 40,744 - 40,174 = 0,57 \text{ мм}$$

Точение черновое

$$Z_{\min} = 41,324 - 40,284 = 1,04 \text{ мм}$$

$$Z_{\max} = 43,124 - 40,744 = 2,38 \text{ мм}$$

Значения общих припусков:

$$Z_{o \min} = 1,04 + 0,28 + 0,174 = 1,494 \text{ мм}$$

$$Z_{o \max} = 2,38 + 0,57 + 0,309 = 3,259 \text{ мм}$$

Проверим правильность выполнения расчетов:

$$3,259 - 1,494 = 1,765 \text{ мм}$$

$$1,8 - 0,035 = 1,765 \text{ мм}$$

Номинальный припуск составит

$$Z_{\text{ном.}} = Z_{o \min} + H_3 - H_d = 1,494 + 0,6 - 0,17 = 1,924 \text{ мм},$$

где H_3 и H_d — соответственно нижний допуск на заготовку и деталь. Результаты расчетов сводим в табл.3.1. На основании выполненных расчетов построим схему графического расположения припусков и допусков (рис.3.2).

Таблица 3.1

Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам обработки поверхности $\varnothing 40C_4 (-0,17)$ цапфы правой

Технологический переход обработки	Элемент припуска, мкм				2 $Z_{\min}$ мкм	Расчетный размер, мм	Допуск δ , мм	Предельные размеры, мм		Предельное значение припуска, мм	
	R_z	T	ρ	ε				$d_{\max}$	$d_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$
Заготовка	150	200	670	—		41,324	1,8	43,124	41,324		
Точение черновое	50	50	40	—	2·1020	40,284	0,46	40,744	40,284	2,38	1,04
Точение чистовое	30	30	27		2·140	40,004	0,17	40,174	40,004	0,57	0,28
Шлифование	10	20	13		2·87	39,83	0,035	39,865	39,83	0,309	0,174
Итого:					2·1247					3,259	1,494

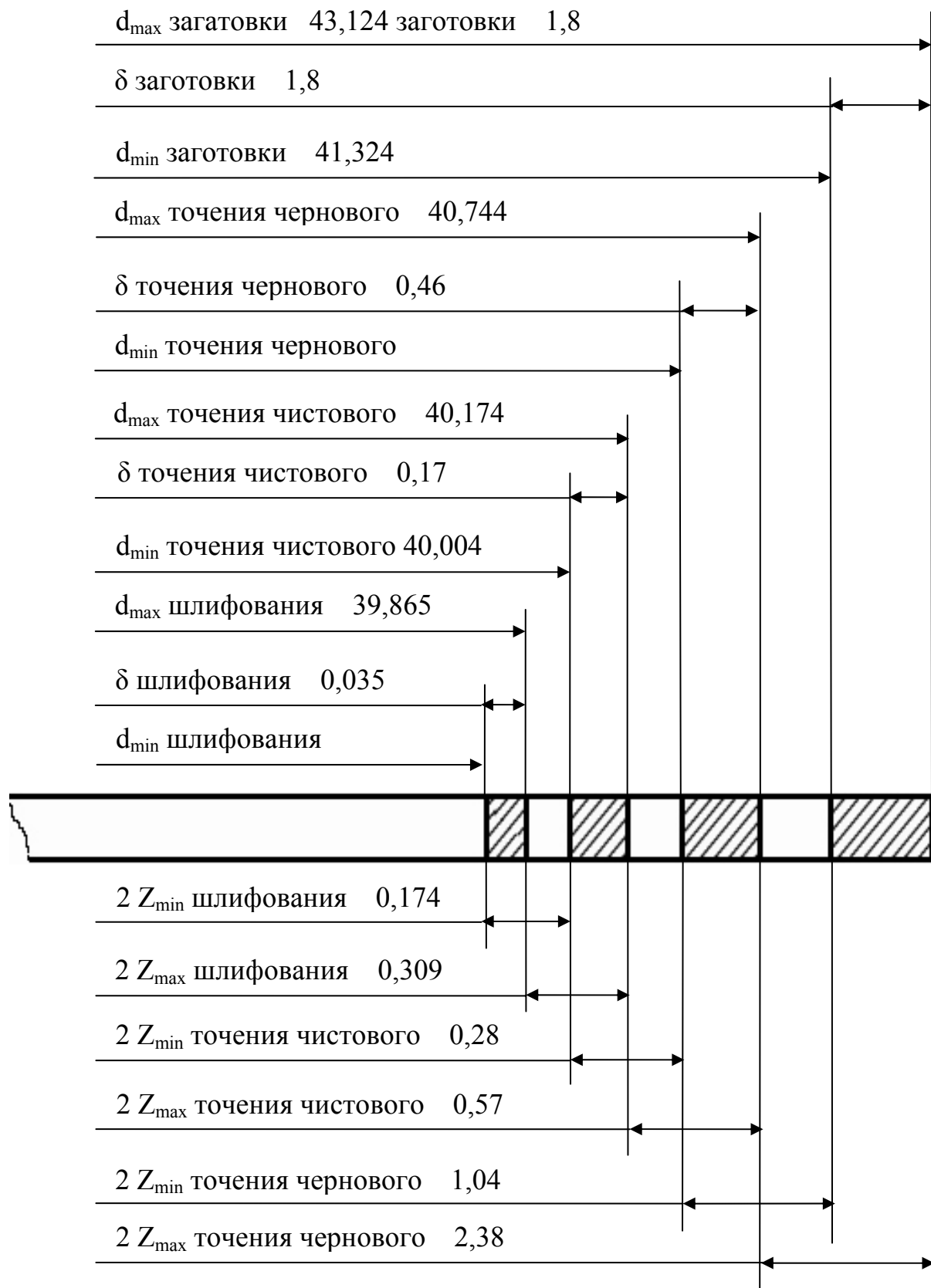


Рис. 3.2. Схема расположения припусков и допусков на обработки поверхности $\varnothing 40C_4 (-0,17)$ цапфы правой

Пример 2.

Рассчитать припуски на обработку и промежуточные предельные размеры для диаметра $50^{+0,027}$.

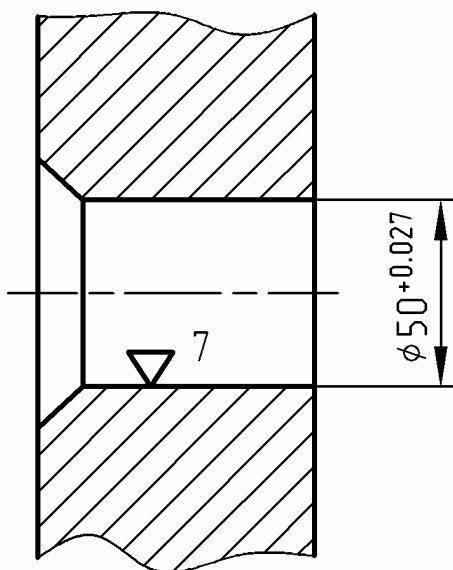


Рисунок 3.3.

Заготовка: получена горячей штамповкой на прессе, имеет II группу точности и весит до 7 кг. Годовая программа — 100 тысяч штук.

Технологический маршрут: черновое зенкерование → получистовое зенкерование, черновое развертывание → чистовое развертывание.

Решение:

Из справочника [1] находим величины R_z и T , характеризующие качество поверхности штампованной заготовки. $R_z = 150$ мкм, $T = 250$ мкм. Для чернового зенкерования $R_z = 50$ мкм, $T = 50$ мкм, чистовое: $R_z = 40$ мкм, $T = 40$ мкм, черновое развертывание: $R_z = 5$ мкм, $T = 10$ мкм.

Суммарное отклонение пространственных отклонений для заготовки данного типа определяется по формуле

$$\rho = \sqrt{\rho_{сн}^2 + \rho_{эксц}^2}$$

$\rho_{сн} = 0,9$ мм, $\rho_{эксц} = 1,4$ мм [1]. Следовательно,

$$\rho_{заг} = \sqrt{0,9^2 + 1,4^2} = 1,66 \text{ мм или } 1660 \text{ мкм}$$

Определим остаточную пространственную погрешность после механически обработок. После чернового зенкерования

$$\rho_{черн.зенок} = 0,06 \rho_{заг} = 0,06 \cdot 1660 = 99,6 \text{ мкм}$$

после получистового зенкерования

$$\rho_{п/чист.зенок} = 0,05 \rho_{черн.зенок} = 0,05 \cdot 99,6 = 4,98 \approx 5 \text{ мкм}$$

после чернового развертывания

$$\rho_{черн.разв.} = 0,04 \rho_{черн.зенок} = 0,04 \cdot 99,6 = 3,98 \approx 4 \text{ мкм},$$

где величины коэффициентов уточнения — 0.06; 0.05 и 0.04 .

Погрешность установки ε в нашем случае будет определяться только погрешностью закрепления, т.к. погрешность базирования в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне равна 0. Тогда, согласно [1]

$$\varepsilon = 580 \text{ мкм}$$

Для второго технологического перехода величина погрешности установки определяется по формуле

$$\varepsilon' = 0,06\varepsilon + \varepsilon_{\text{инд.}} = 0,06 \cdot 580 + 50 = 85 \text{ мкм},$$

где $\varepsilon_{\text{инд.}}$ — погрешность индексации поворотного устройства (в предположении, что обработка отверстия производится на многошпиндельном станке).

Для третьего перехода погрешность установки принята равной только погрешности индексации, т.е. $\varepsilon'' = \varepsilon_{\text{инд.}} = 50 \text{ мкм}$

На основании данных, записанных в табл. 2 проводим расчет минимальных значений межоперационных припусков и записываем их в графу 6. Минимальный припуск под черновое зенкерование будет

$$\begin{aligned} 2Z_{\min} &= 2[R_{Z_{i-1}} + T_{i-1}] + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} = \\ &= 2[150 + 250] + \sqrt{1660^2 + 580^2} = 2 \cdot 2160 \text{ мкм} = 4320 \text{ мкм} \end{aligned}$$

под получистовое зенкерование

$$2Z_{\min} = 2[(50 + 50) + \sqrt{100^2 + 85^2}] = 2 \cdot 231 \text{ мкм} = 462 \text{ мкм}$$

под черновое развертывание

$$2Z_{\min} = 2[(30 + 40) + \sqrt{5^2 + 50^2}] = 2 \cdot 120 \text{ мкм} = 240 \text{ мкм}$$

под чистовое развертывание

$$2Z_{\min} = 2[(5 + 10) + \sqrt{4^2}] = 2 \cdot 19 \text{ мкм} = 38 \text{ мкм}$$

Графа 7 “Расчетный размер” заполняется, начиная с конечного (в данном случае чертежного) размера, последовательным вычитанием расчетного минимального припуска каждого технологического перехода.

Т.е. имея расчетный (чертежный) размер последнего перехода (в данном случае чистового развертывания 50.027) для остальных переходов получим:

для чернового развертывания

$$50,027 - 0,038 = 49,989 \text{ мм}$$

для получистового зенкерования

$$49,989 - 0,24 = 49,749 \text{ мм}$$

для чернового зенкерования

$$49,749 - 0,462 = 49,287 \text{ мм}$$

для заготовки

$$49,287 - 4,32 = 44,967 \text{ мм}$$

Значение допусков каждого перехода (графа 8) принимается по таблицам [1] в соответствии с классом точности того или иного вида обработки.

Так, для чистового развертывания значение допуска составляет 27 мкм (чертежный размер); для чернового развертывания $\delta = 39$ мкм; для получистового зенкерования $\delta = 170$ мкм; для чернового зенкерования $\delta = 300$ мкм.

Допуск штамповки на отверстие рассчитывается по формуле

$$\delta = H_{\text{нед}} + I_{\text{ш}} + K_y,$$

где $H_{\text{нед}}$ — величина недоштамповки; $I_{\text{ш}}$ — износ штампа; K_y — колебание усадки, равное 1,0 мкм/мм.

Таблица 3.2

Расчет припусков на обработку отверстия $50^{+0.027}$ и предельных размеров по технологическим переходам

Технологические операции	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск, $Z_i, \text{min, max}$	Расчетный размер	Допуск δ , мкм	Предельный размер, мм		Предельное значение припусков, мкм	
	R_z	T	ρ	ε				наименьший	наибольший	наименьший	наибольший
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Размеры заготовки	150	250	1660			44,967	2750	42,15	44,9	—	—
Черновое зенкерование	50	50	100	580	2·2160	49,287	300	49,0	49,3	4400	6850
Получистовое зенкерование	30	40	5	85	2·231	49,749	170	49,58	49,75	450	580
Чистовое зенкерование	5	10	4	50	2·120	49,989	39	49,95	49,989	239	370
Чистовое развертывание	—	—	—	—	2·19	50,027	27	50	50,027	38	50

Для нашей детали находим $H_{\text{нед}} = 1,8$ мм; $I_{\text{ш}} = 0,9$ мм; $K_y = 0,05$ мм.

Тогда

$$\delta = 1,8 + 0,9 + 0,05 = 2,75 \text{ мм}$$

При этом верхнее отклонение

$$B_o = H_{\text{нед}} + \frac{K_y}{2} = 1,8 + \frac{0,05}{2} = 1,825 \approx 1,8 \text{ мм}$$

и нижнее отклонение

$$H_o = I_{\text{ш}} + \frac{K_y}{2} = 0,9 + \frac{0,05}{2} = 0,925 \approx 0,9 \text{ мм}$$

Графа 10 “Наибольший предельный размер” заполняется по расчетным размерам, округленным до точности допуска соответствующего перехода. Наименьшие предельные размеры (графа 9) получаются вычитанием из наибольших предельных размеров допусков соответствующих переходов.

Т.о. для чистового развертывания наибольший предельный размер 50,027, наименьший $50,027 - 0,027 = 50$ мм; для чернового развертывания наибольший предельный размер 49,989 мм, а наименьший $49,989 - 0,039 = 49,95$ мм; для получистового зенкерования наибольший предельный размер 49,75 мм, а наименьший $49,75 - 0,17 = 49,58$ мм; для чернового зенкерования наибольший предельный размер 49,3 мм, а наименьший $49,3 - 0,3 = 49$ мм; для заготовки наибольший предельный размер 44,9 мм, а наименьший $44,9 - 2,75 = 42,15$ мм.

Минимальные значения припуска $2Z_{\min}$ (графа 11) равны разности наибольших предельных размеров выполняемого и предшествующего переходов, а максимальные значения $2Z_{\max}$ (графа 12) — соответственно, разности наименьших предельных размеров. Следовательно, для чистового развертывания

$$2Z_{\min} = 50,027 - 49,989 = 0,038 = 38 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\max} = 50 - 49,95 = 0,05 = 50 \text{ мкм}$$

для чернового развертывания

$$2Z_{\min} = 49,989 - 49,75 = 0,239 = 239 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\max} = 49,95 - 49,58 = 0,37 = 370 \text{ мкм}$$

для получистового зенкерования

$$2Z_{\min} = 49,75 - 49,3 = 0,45 = 450 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\max} = 49,58 - 49 = 0,58 = 580 \text{ мкм}$$

для чернового зенкерования

$$2Z_{\min} = 49,3 - 44,9 = 4,4 = 4400 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\max} = 49 - 42,15 = 6,85 = 6850 \text{ мкм}$$

Определяем общие припуски, суммируя промежуточные

$$2Z_{o \min} = 38 + 239 + 450 + 4400 = 5127 \text{ мкм}$$

$$2Z_{o \max} = 50 + 370 + 580 + 6850 = 7850 \text{ мкм}$$

Делаем проверку правильности произведенных расчетов путем сопоставления разности припусков $2Z_{\max} - 2Z_{\min}$ и допусков $\delta_a - \delta_b$, при этом разность промежуточных припусков должна быть равна разности допусков на промежуточные размеры, т.е.

$$2Z_{\max} - 2Z_{\min} = \delta_a - \delta_b$$

Аналогично разность общих припусков должна равняться разности допусков на размеры черной заготовки и готовой детали:

$$2Z_{o \max} - 2Z_{o \min} = \delta_{\text{заг}} - \delta_{\text{дет.}}$$

Результаты проверки занесем в табл.3.3.

Таблица 3.3

Проверка расчетов		
Технологические операции	Для промежуточных переходов	
	Разность припусков, мкм	Разность допусков, мкм
Черновое зенкерование	$6850 - 4400 = 2450$	$2750 - 300 = 2450$
Получистовое зенкерование	$580 - 450 = 130$	$300 - 170 = 130$
Черновое развертывание	$370 - 239 = 131$	$170 - 39 = 131$
Чистовое развертывание	$50 - 38 = 12$	$39 - 27 = 12$
	Общие	
	$7850 - 5127 = 2723$	$2750 - 27 = 2723$

Данные табл. 3.3 говорят о правильности расчетов. На основании данных расчета припусков (табл. 3.2) строим схему расположения припусков и допусков на обработку отверстия $\phi 50^{+0,027}$.

Тема: **Расчет режимов резания**

Расчет припуска будем проводить по справочным таблицам [4].

Пример 1.

Рассчитаем режимы фрезерования торцов заготовки на фрезерно-центровальном полуавтомате барабанного типа МР-76АМ. Его мощность 12,8 кВт, К.П.Д. = 0,85.

Операция 010: фрезерование торцов цапфы в размер 195 ± 1 , режущий инструмент — торцовая фреза $\varnothing 100$ мм из твердого сплава ТЛ5К6, число зубьев — 10; обрабатываемый материал — сталь 40, HB 187...217.

Решение:

Рассчитаем длину рабочего хода

$$L_{p.x.} = L_{рез.} + y + L_{доп.} = 72 + 7 + 0 = 79 \text{ мм}$$

Ширина фрезерования составит

$$b_{cp} = \frac{F}{L_{рез}} = \frac{3,14 \cdot 36^2 - 3,14 \cdot 25^2}{72} = 29 \text{ мм}$$

По карте Ф-2 определяем рекомендуемую подачу на зуб (с учетом, что глубина резания равна 1,5 мкм) $S_z = 0,15$ мм/зуб.

По карте Ф-3 определяем период стойкости фрезы $T_p = 120$ мкм.

По карте Ф-4 определяем скорость резания $V = 240$ м/мин. Число оборотов шпинделя $n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 240}{3,14 \cdot 100} = 764,3305 \text{ об/мин}$. Уточняем n по паспорту станка $n = 750$ об/мин. Уточняем скорость резания по принятым скоростям шпинделя:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 750}{1000} = 235,6 \text{ мм/мин}$$

Рассчитаем минутную подачу по принятому значению числа оборотов шпинделя

$$S_m = S_z \cdot Z_u \cdot n = 0,15 \cdot 10 \cdot 750 = 1125 \text{ мм/мин}$$

Уточняем расчетную S_m по паспорту станка $S_m = 1100$ мм/мин. Рассчитаем основное машинное время обработки:

$$t_0 = \frac{L_{p.x.}}{S_z} = \frac{79}{1100} = 0,07 \text{ мин}$$

уточняем подачу на 345

$$S_z = \frac{S_m}{n \cdot Z_n} = \frac{1100}{10 \cdot 750} = 0,146 \text{ мм/зуб}$$

По карте Ф-5 определяем необходимую мощность резания

$$N_{рез} = E \cdot \frac{v \cdot t \cdot Z_n}{1000} \cdot k_1 \cdot k_2 = 0,9 \cdot \frac{235,6 \cdot 1,5 \cdot 10}{1000} \cdot 1,3 \cdot 0,9 = 3,72 \text{ кВт}$$

Проверим расчеты по мощности

$$N_{рез} \leq 1,2 \cdot N_{дв} \cdot \eta \leq 1,2 \cdot 12,8 \cdot 0,85 \leq 13 \text{ кВт},$$

т.е. мощность станка достаточна для проведения данной операции.

Расчет многоинструментальной обработки на токарном полуавтомате

При проектировании операций с совмещением во времени технологических переходов (параллельные схемы обработки) необходимо выявить лимитирующий технологический переход и сопоставить время его выполнения с допустимой величиной в принятом такте выпуска. Одноместная многоинструментальная обработка выполняется при общей частоте вращения шпинделя и общей для всех резцов минутной подачей.

Исходные данные: схема многоинструментальной наладки (рис.4.1). Мощность станка — 22 кВт, К.П.Д. = 0,75, инструмент — резцы проходные из твердого сплава Т15К6, обрабатываемый материал — сталь 40, НВ 187...217, глубина резания $t_{\max} = 2$ мм, угол в плане ϕ у резцов — 45° .

Определим длину рабочего хода суппорта, равную максимальной из длин для каждого инструмента в наладке:

$$L_{\max} = L_{рез} + y + L_{доп} = 37,5 + 2 + 0 = 39,5 \text{ мм}$$

Следовательно, $L_{р.х.} = 39,5$ мм.

По карте Т-2 назначаем подачу на оборот шпинделя $S_0 = 0,5$ мм/об, что соответствует паспортным данным станка.

Определяем стойкость для предположительно лимитирующих инструментов T_p :

$$T_p = T_m \cdot \lambda$$

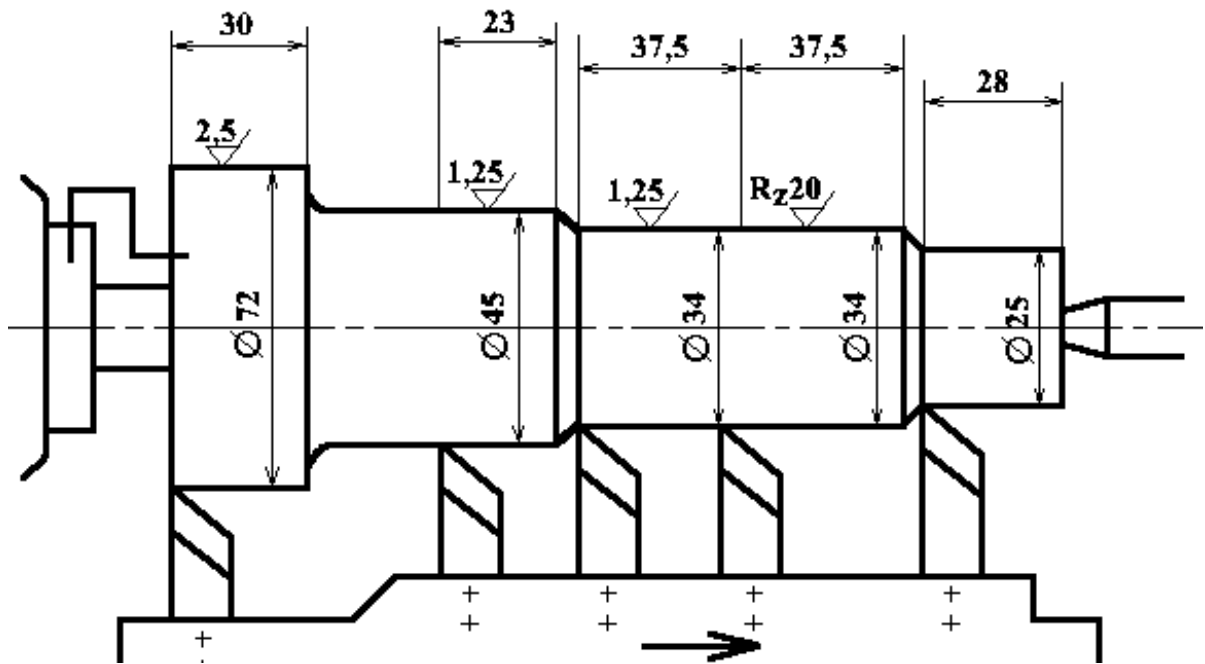


Рис. 4.1. Схема инструментальной наладки

По таблице $T_m = 140$ мкм

$$n_p = \frac{L_{p.x}}{S_0} = \frac{39,5}{0,5} = 79; \quad n_{рез} = \frac{L_{рез}}{S_0} = \frac{37,5}{0,5} = 75;$$

$$\lambda = \frac{75}{79} = 0,94; \quad T_p = 140 \cdot 0,94 = 133 \text{ мкм}.$$

По карте Т-4 определим скорость резания:

$$v_{рез} = v_{табл} \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2 \cdot \kappa_3; \quad v_{табл} = 115 \text{ м/мин}$$

$$\kappa_1 = 0,9; \quad \kappa_2 = 0,9; \quad \kappa_3 = 0,85$$

$$v = 115 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 71,9 \text{ м/мин}$$

Рассчитаем число оборотов шпинделя (с учетом максимального диаметра Ø 72)

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 79,1}{3,14 \cdot 72} = 350 \text{ об/мин}$$

Это число соответствует паспортным данным станка. Определим основное машинное время

$$t_0 = \frac{L_{p.x}}{S_0 \cdot n} = \frac{39,5}{0,5 \cdot 350} = 0,225 \text{ мин}$$

Машинное время оказалось меньше такта выпуска t_B .

С помощью карты Т-5 определим силу резания

$$P_z = P_{z \text{ табл}} \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2; \quad P_{z \text{ табл}} = 240 \text{ кг};$$

$$\kappa_1 = 0,8; \quad \kappa_2 = 1,0$$

$$P_z = 240 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 192 \text{ кг}$$

Рассчитаем мощность резания

$$N_{pez} = \frac{P_z \cdot v}{6120} = \frac{192 \cdot 79,1}{6120} = 2,48 \text{ кВт}$$

Проверим расчет по мощности

$$N_{pez} \leq 1,2 \cdot 2,2 \cdot 0,75 \leq 19,8 \text{ кВт},$$

т.е. мощности станка вполне достаточно для проведения операции.

Тема: **Расчет нормы времени**

Задачей нормирования является определение штучно-калькуляционного времени $T_{шт-к}$. Для этого необходимо предварительно определить размер партии запускаемых в производство деталей. Определяем по упрощенной формуле, приведенной в [2]

$$n = \frac{N \cdot a}{F},$$

где N — годовая программа выпуска; a — периодичность запуска, дней; F — число рабочих дней в году, $F = 253$

$$n = \frac{50000 \cdot 3}{253} = 592 \text{ штук}$$

Периодичность запуска возьмем равной 3 дням. Штучно-калькуляционное время определяется по формуле

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{н.з}}{n}$$

Пример 1.

Рассчитаем $T_{шт-к}$ для операций токарной многоинструментальной обработки и фрезерования торцов.

Операция 010

Фрезарно-центровальный полуавтомат МР-76АМ.

Основное машинное время — 0,072 мин.

Масса детали 2,248 кг, размеры $\varnothing 72 \times 198$.

Режущий инструмент — торцовая фреза (2 шт.) и центровочное сверло (2 шт.), измерительный — шаблон и штангенциркуль.

Стойкость фрезы — 120 мкм.

Решение:

Расчет будем вести по нормативам [5]. Подсчитаем вспомогательное время, затраченное на то, чтобы взять деталь, установить и закрепить, открепить ее, снять и отложить $T_{ус} = 0,032 + 0,013 + 0,030 + 0,030 + 0,013 + 0,026 = 0,114$ мин; включить станок кнопкой — $E_{уп} = 0,015$ мин; промерить деталь шаблоном $T_{пз} = 0,013$ мин. Коэффициент периодичности промеров 0,3. Тогда

$$T_{пз} = 0,013 \cdot 0,3 = 0,039 \text{ мин} \approx 0,004 \text{ мин}$$

Вспомогательное время равно

$$T_{в} = T_{ус} + T_{уп} + T_{пз} = 0,144 + 0,015 + 0,004 = 0,1635 \text{ мин.}$$

Оперативное время

$$T_{оп} = T_{о} + T_{в} = 0,072 + 0,163 = 0,235 \text{ мин.}$$

Время на техническое обслуживание рабочего места

$$T_{tex} = T_o \frac{T_{cm}}{T} = 0,235 \frac{4}{120} = 0,0078 \text{ мин.}$$

где $T_{cm} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ мин}$ — время на смену двух фрез.

Время на организационное обслуживание рабочего места

$$T_{орг} = 0,235 \cdot 2,4/100 = 0,0056 \text{ мин}$$

Время перерывов на отдых

$$T_{от} = 0,235 \cdot 4/100 = 0,0094 \text{ мин}$$

По нормативам, приведенным в [6] подготовительно-заключительное время составляет 9,5 мин.

Тогда

$$T_{ш-к} = 0,072 + 0,163 + 0,0078 + 0,0056 + 0,0054 + \frac{9,5}{592} \cong 0,274 \text{ мин}$$

Операция 020

Токарный полуавтомат 1713.

Основное машинное время 0.225 мин.

Масса детали 2,284 кг, размеры Ø 72 x 195.

Режущий элемент — резцы проходные (5 шт.) $T_p = 133 \text{ мин.}$

Измерительный инструмент — скоба (4 шт.).

Расчет ведем аналогично предыдущей операции.

Время на установку, закрепление, открепление, снятие и перенос детали
 $T_{yc} = 0,032 + 0,015 + 0,034 + 0,034 + 0,015 + 0,030 = 0,16 \text{ мин.}$

Время, необходимое для измерения скобой диаметра

$$T_{из} = 0,09 \cdot 0,3 \cdot 4 = 0,108 \text{ мин}$$

Время для включения станка кнопкой

$$T_{уп} = 0,0015 \text{ мин}$$

Определяем вспомогательное время

$$T_b = 0,16 + 0,108 + 0,015 = 0,283 \text{ мин,}$$

оперативное

$$T_{оп} = 0,225 + 0,283 = 0,508 \text{ мин}$$

Время на техническое обслуживание рабочего места

$$T_{tex} = 0,225 \cdot 12,5/133 = 0,021 \text{ мин}$$

$T_{cn} = 2,5 \cdot 5 = 12,5 \text{ мин}$ — время на смену 5-ти резцов.

Время на организационное обслуживание составляет 1,7% от $T_{оп}$, т.е.

$$T_{орг} = 0,508 \cdot 1,7/100 = 0,0086 \text{ мин}$$

Время на отдых составляет 6% от $T_{оп}$

$$T_{от} = 0,508 \cdot 6/100 = 0,03 \text{ мин}$$

По нормативам, $T_{п-з}$ составляет 14,3 мин. Тогда

$$T_{ш-к} = 0,225 + 0,283 + 0,021 + 0,0086 + 0,03 + \frac{14,3}{592} = 0,587 \text{ мин}$$

Расчет припусков на обработку и промежуточных размеров в отливке корпусной детали

Пример 1.

Рассчитать припуски на обработку и промежуточные предельные размеры для диаметра $52+0,06$ мм отверстия 1 корпуса, показанного на рис. 6.1. На поверхностях 2, 3, 4 назначить припуски и допуски по ГОСТ 1855-5. Заготовка представляет собой отливку 1-го класса точности. Масса отливки 2,5 кг.

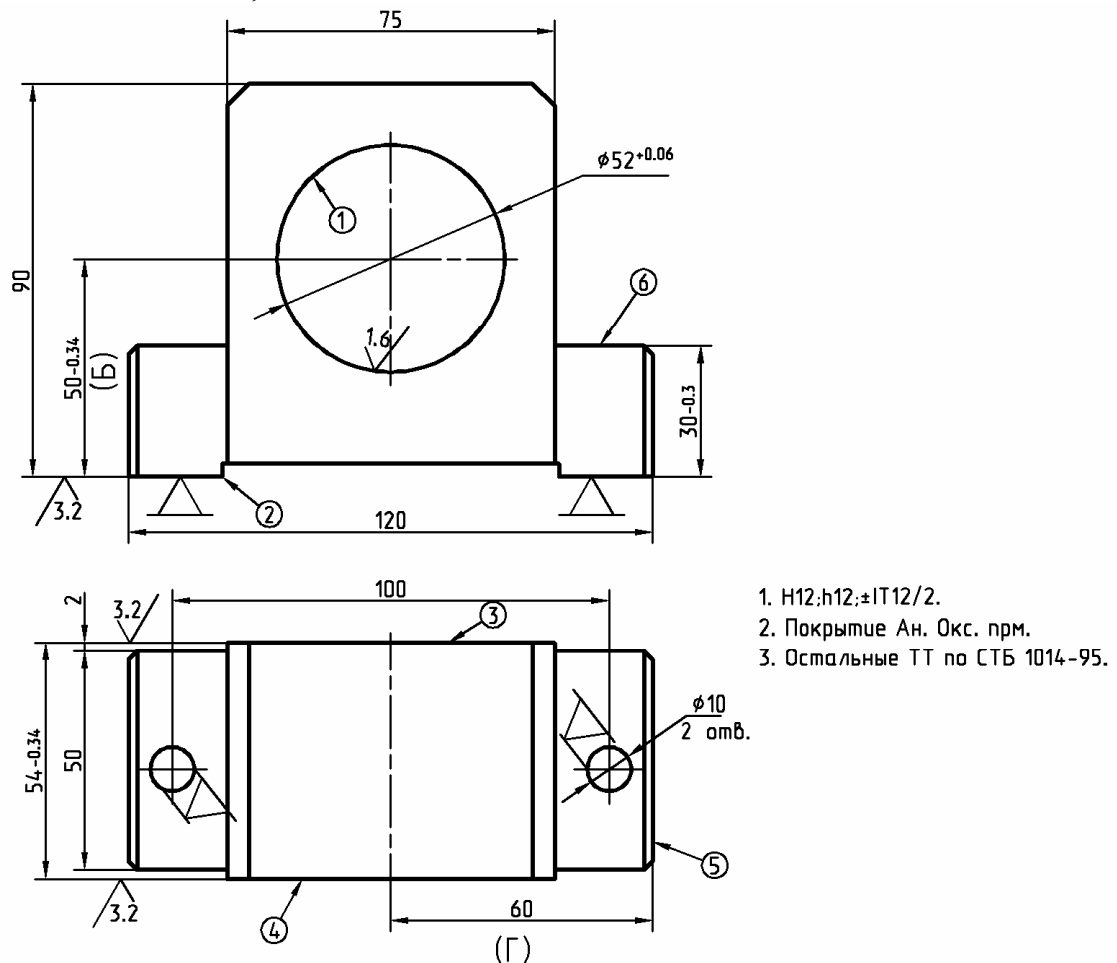


Рис. 6.1. Корпус подшипника: чертеж и схема установки при обработке отверстия $\varnothing 52^{+0,06}$ мм

Решение:

Технологический маршрут обработки отверстия состоит из двух операций: чернового и чистового растачивания, выполняемых при одной установке обрабатываемой детали. Заготовка базируется на поверхности 2 и двух обработанных ранее отверстиях $\varnothing 10H6$. Расчет припусков на обработку отверстия

$\varnothing 52^{+0,06}$ мм ведется в форме таблицы 4.38, в которую последовательно записывают технологический маршрут обработки отверстия и все значения элементов припуска.

Суммарное значение Rz и h , характеризующее качество литых заготовок, составляет 600 мкм (таблица 4.25). После первого технологического перехода h для деталей из чугуна исключается из расчетов, поэтому для чернового и чистового растачивания находят (таблица 4.27) только значения Rz – соответственно 50 и 20 мкм и записывают их в расчетную таблицу. Суммарное пространственное отклонение для заготовки данного типа определяется по формуле:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{КОР}^2 + \rho_{СМ}^2}$$

Коробление отверстия следует учитывать как в диаметральной, так и в осевом его сечении. Поэтому

$$\rho_{КОР} = \sqrt{(\Delta_K d)^2 + (\Delta_K l)^2} = \sqrt{(0,7 \cdot 52)^2 + (0,7 \cdot 54)^2} = 52 \text{ мкм},$$

где d , l – диаметр и длина обрабатываемого отверстия. Значения удельного коробления Δ_K для отливок находят по таблицам 4.29.

При определении $\rho_{СМ}$ в данном случае следует принимать во внимание точность расположения базовых поверхностей, используемых в принятой схеме установки, относительно обрабатываемой в этой установке поверхности. Так, если бы для получения размера $50_{-0,34}$ мм при обработке поверхности 2 основания использовалось отверстие, последующая погрешность его расположения была бы равна допуску, который выдерживается при обработке поверхности 2 от отверстия, т.е. 0,34 мм. Если при обработке этой поверхности в качестве базы использовалась, как это бывает в большинстве случаев, какая-то наружная поверхность, следует учитывать смещение стержня, которым формируется отверстие, относительно наружной поверхности. Последнее принято определять как отклонение от номинального размера в отливке, равное половине допуска на размер по соответствующему классу точности.

Таким же образом определяется погрешность размера 60 мм в горизонтальной плоскости, т.е. смещение положения отверстия заготовки относительно наружной ее поверхности. В связи с тем что при обработке базовых отверстий $\varnothing 52^{+0,06}$ мм относительно базовых отверстий следует принять смещение стержня относительно поверхности 5, равным половине допуска размера 60 мм (Γ) по ГОСТ 1855-55.

Полное смещение отверстия в отливке относительно наружной ее поверхности представляет геометрическую сумму смещений в двух взаимно перпендикулярных плоскостях:

$$\rho_{CM} = \sqrt{\left(\frac{\delta_B}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_\Gamma}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{400}{2}\right)^2 + \left(\frac{600}{2}\right)^2} = 360 \text{ мкм},$$

где δ_B, δ_Γ – допуски на размеры B и Γ по первому классу точности.

Суммарное пространственное отклонение заготовки

$$\rho_3 = \sqrt{360^2 + 52^2} = 363 \text{ мкм}.$$

Остаточное пространственное отклонение после чернового растачивания

$$\rho_1 = 0,05\rho_3 = 0,05 \cdot 363 = 18 \text{ мкм}.$$

Погрешность установки при черновом растачивании

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} = 363 \text{ мкм}.$$

Погрешность базирования в рассматриваемом случае возникает за счет перекоса заготовки в горизонтальной плоскости при установке ее на штыри приспособления из-за наличия зазоров между отверстиями и штырями. Наибольший зазор

$$S_{MAX} = \delta_A + \delta_B + S_{MIN} = 0,016 + 0,014 + 0,013 = 0,043 \text{ мм},$$

где δ_A – допуск диаметра отверстия $\varnothing 10H6$: $\delta_A = 0,016$ мм; δ_B – допуск диаметра штыря: $\delta_B = 0,014$ мм; S_{MIN} – минимальный зазор между штырем и отверстием: $S_{MIN} = 0,013$ мм.

Наибольший угол поворота заготовки на штырях можно определить из соотношения $\text{tg } \alpha = 0,043/100 = 0,00043$.

Погрешность базирования заготовки на длине обрабатываемого отверстия

$$\varepsilon_6 = l \cdot \text{tg } \alpha = 50 \cdot 0,00043 = 0,021 \text{ мм} = 21 \text{ мкм}.$$

Погрешность закрепления заготовки ε_3 (см. таблицу 4.37) принимаем 120 мкм. Тогда погрешность ее установки при черновом растачивании

$$\varepsilon_1 = \sqrt{21^2 + 120^2} = 122 \text{ мкм}.$$

Остаточная погрешность установки заготовки при чистовом растачивании

$$\varepsilon_2 = 0,05\varepsilon_1 = 0,05 \cdot 122 = 6 \text{ мкм}.$$

Минимальное значение межоперационного припуска

$$2z_{MIN} = 2\left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}\right)$$

Минимальный припуск под растачивание:

черновое

$$2z_{MIN} = 2\left(600 + \sqrt{363^2 + 122^2}\right) = 2 \cdot 983 \text{ мкм};$$

чистовое

$$2z_{MIN} = 2\left(50 + \sqrt{18^2 + 6^2}\right) = 2 \cdot 69 \text{ мкм}.$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 4.38

Таблица 4.38

Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку отверстия $\varnothing 52^{+0,06}$ мм в корпусе (см. рисунок 4.7)

Технологические переходы обработки	Элемент припуска, мкм				$2z_{min}$, мкм	Расчетный размер d_p , мм	Допуск δ , мкм	Предельный размер, мм		Предельное значение припуска, мм	
	R_z	h	ρ	ε				d_{min}	D_{max}	$2z_{min}$	$2z_{max}$
Литье	—	600	363	—	—	49,956	600	49,36	49,96	—	—
Растачивание черновое	50	—	18	122	2,983	51,922	200	51,72	51,92	1,96	2,36
Растачивание чистовое	—	—	—	6	2,69	52,06	60	52,0	52,06	0,14	0,28

Графа «Расчетный размер» заполняется начиная с конечного, в данном случае чертежного размера, последовательным вычитанием расчетного минимального припуска на каждом технологическом переходе: для чернового растачивания $d_{p1}=52,06-0,138=51,922$ мм; для литья $d_{p2}=51,922-1,96=49,956$ мм.

Допуски на каждом переходе принимаются по таблицам [38, 39], а также по квалитетам, приведены в приложении 6, в соответствии с точностью обработки на рассматриваемом переходе: для чистового растачивания $\delta=60$ мкм; для чернового – $\delta=200$ мкм; для литья (отливка 1-го класса точности по ГОСТ 1855-55) $\delta=600$ мкм

В графе «Предельный размер» наибольшие значения d_{MAX} получаются путем округления расчетных размеров до точности допуска на соответствующем переходе, наименьшие d_{MIN} – путем вычитания допусков на соответствующих переходах из наибольших предельных размеров. Минимальные предельные значения припусков $2 z_{MIN}$ представляют собой разность наибольших предельных размеров на выполняемом и предшествующем переходах, а максимальные $2 z_{MAX}$ – соответственно разность наименьших предельных размеров.

Общие припуски $z_{O MIN}$ и $z_{O MAX}$ определяют, суммируя промежуточные, и записывают их значения под соответствующими графами:

$$z_{O MIN} = 1,96 + 0,14 = 2,1 \text{ мм};$$

$$z_{O MAX} = 2,36 + 0,28 = 2,64 \text{ мм}.$$

Рассчитывают общий номинальный припуск и номинальный диаметр заготовки:

$$z_{O HOM} = z_{O MIN} + B_3 - B_d = 2,1 + 0,3 - 0,06 = 2,34 \text{ мм};$$

$$d_{3 HOM} = z_{d HOM} - z_{O HOM} = 52 + 2,34 = 49,66 \text{ мм}.$$

Проверяют правильность выполнения расчетов:

$$2 \cdot z_{MAX 2} - 2 \cdot z_{MIN 2} = 0,28 - 0,14 = 0,14 \text{ мм};$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 0,2 - 0,06 = 0,14 \text{ мм};$$

$$2 \cdot z_{MAX 1} - 2 \cdot z_{MIN 1} = 2,36 - 1,96 = 0,4 \text{ мм};$$

$$\delta_3 - \delta_1 = 0,6 - 0,2 = 0,4 \text{ мм}.$$

В завершение расчета строят схему расположения припусков и допусков на обработку отверстия $\varnothing 52^{+0,06}$ мм (рисунок 6.2). На остальные обрабатываемые поверхности корпуса назначают припуски и допуски по ГОСТ 1855-55. Расчетные и табличные значения припусков записывают в таблицу 4.39.



Рисунок 6.2. Схема расположения припусков и допусков на обработку отверстия корпуса подшипника

Таблица 4.39

Припуски и допуски на обрабатываемые поверхности

Поверхность	Размер, мм	Припуск, мм		Допуск, мм
		табличный	расчетный	
1	$\varnothing 52$	2,2	2,1,17	$\pm 0,3$
2	30	2		$\pm 0,2$
3	2	2		$\pm 0,2$
4	2	2		$\pm 0,2$

Литература

1. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении/ Под ред. В.В.Бабука.- Мн.: Выш. шк., 1987.
2. Дипломное проектирование по технологии машиностроения/ Под ред. В.В.Бабука.- Мн.: Выш. шк., 1979.
3. Косилова А. Г., Мещеряков Р. К., Калинин М. А. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении.- М.: Машиностроение, 1976.
4. Режимы резания металлов/ Под ред. Ю.В.Барановского.- М.: Машиностроение, 1972.
5. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места, на работы, выполняемые на металлорежущих станках.- М.: Экономика, 1988.
6. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х т. / Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова.- М.: Машиностроение, 1985.