

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
"Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники"

Кафедра электронной техники и технологии

ПРАКТИКУМ

по дисциплинам

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

для студентов специальностей

«Электронно-оптические системы и технологии»,
«Проектирование и производство РЭС»,
«Экономика и управление на предприятии»
всех форм обучения

Минск 2005

УДК 658.512 (075.8)

ББК 32.88 я 73

П 69

А в т о р ы:

А.П. Достанко, Г.М. Шахлевич,

С.В. Бордусов, Е.В. Телеш

П 69

Практикум по дисциплинам «Технология обработки материалов», «Технология деталей РЭС», «Производственные технологии» для студ. спец. «Электронно-оптические системы и технологии», «Проектирование и производство РЭС», «Экономика и управление на предприятии» всех форм обуч./ А.П. Достанко, Г.М. Шахлевич, С.В. Бордусов, Е.В. Телеш. – Мн.: БГУИР, 2005.- 36 с.: ил.
ISBN 985-444-677-8

Практикум составлен на основе типовых и рабочих программ соответствующих дисциплин. Им охвачено четыре темы: технологические особенности типов производства; составление плана обработки; определение припусков под обработку; расчет режимов резания и технических норм времени.

Предназначен для закрепления и углубления теоретических знаний, полученных на лекциях и в процессе самостоятельного изучения дисциплины, приобретения практических навыков проектирования технологических процессов, а также для работы по тематике курсового проектирования.

УДК 658.512 (075.8)

ББК 32.88 я 73

ISBN 985-444-677-8

© Коллектив авторов, 2005

© БГУИР, 2005

Технологические особенности типов производства

Теоретические сведения

Характер технологического процесса (ТП) во многом зависит от типа производства, определяющего построение и степень детализации разработки технологических процессов. 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* изделия выпускаются партиями. На рабочих местах выполняется несколько периодически повторяющихся операций. Характер построения ТП зависит от объема выпуска.

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

Тип производства определяется коэффициентом закрепления операций

$$K_{з.о} = O/P,$$

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

$$P = \frac{N \sum_{i=1}^k T_{шт.i}}{60 \cdot k \cdot \Phi_d}.$$

Здесь N – годовой объем выпуска; $\sum T_{шт.i}$ – трудоемкость изготовления изделия; $T_{шт.i}$ – норма штучного времени i -й операции; $\Phi_d = 2070$ ч – действительный годовой фонд рабочего времени.

В серийном производстве объем выпуска определяет темп выпуска:

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

Целесообразно, чтобы длительность операций была равна или кратна t .

Для массового производства $K_{3,0} = 1$, для крупносерийного $1 < K_{3,0} \leq 10$, для серийного $10 < K_{3,0} \leq 20$, для мелкосерийного $20 < K_{3,0} \leq 40$, для единичного $K_{3,0} > 40$ и не регламентируется.

До разработки ТП реальное значение $K_{3,0}$ неизвестно. При определении типа производства учитывают либо заданную (плановую) трудоемкость, либо ориентировочную, оцененную на начальных стадиях проектирования ТП [1]. Тогда

$$K_{3,0} = O \cdot t / \sum T_{шт.i} = t / T_{шт.ср},$$

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

Пример 1

Сборку изделия выполняют за 7 технологических операций, общая трудоемкость которых 9,88 мин. Объем выпуска изделий $N = 60000$ шт. в год. Определить тип производства.

Решение

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

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

При $K_{3,0} = O/P = 7/5 = 1,4$ производство крупносерийное.

Пример 2

Деталь изготавливают штамповкой за одну операцию. Норма штучного времени $T_{шт} = 0,2$ мин. Определить тип производства при объеме выпуска $N = 50000$ шт. в год.

Решение

Такт выпуска деталей при односменной работе

$$t = 60\Phi_d / N = 60 \cdot 2070 / 50000 = 2,5 \text{ мин.}$$

При $K_{3,0} = t/T_{шт} = 2,5/0,2 = 12,5$ – производство среднесерийное.

Пример 3

Колодка разъема изготавливается из термопласта АГ-4в. Объем выпуска $N = 60000$ шт. 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-гнездная пресс-форма. Такт выпуска деталей

$$t = 60\Phi_d / N = 60 \cdot 2070 / 60000 = 2,07 \text{ мин.}$$

Норма штучного времени на операции прессования

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_v + T_{\text{орг}} = T_o + T_v + k(T_o + T_v),$$

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.) для термопласта АГ-4в берем выдержку 1 мин на 1 мм толщины детали. Так как $l_{\text{max}} = 12$ мм, $T_o = 12$ мин, то на одну деталь при шести гнездах: $T_o = 12 / 6 = 2$ мин;

T_v – вспомогательное время (загрузка загрузочной камеры пресс-материалом, включение и выключение давления, удаление детали, очистка пресс-формы, удаление литника и др.), а $T_{\text{орг}}$ – время организационного обслуживания рабочего места.

Из нормативно-технической документации:

$$T_v = 0,592 \text{ мин; } T_{\text{орг}} = 7,5\%(T_o + T_v) = 2,79 \text{ мин.}$$

При $K_{3,0} = t / T_{\text{шт}} = 2,07 / 2,79 \approx 1$ – 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	Кол-во операций в ТП	Число смен	Коеф-т выполнения нормы	$T_{\text{шт}}$, мин
1	2	3	4	5	6	7
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

Окончание табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7
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 ч, двухсменной – 4140 ч, трехсменной – 6210 ч.

Библиотека БГУИР

Составление плана обработки (технологического маршрута)

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 [2, 6].

Таблица 2.1

Связь конструкторско-технологических характеристик детали с факторами ТП

Характеристики детали	Факторы технологического процесса												
	Вид заготовительной операции	Виды 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	-	++	+	-	+	++	-	-	+	+	+	-	+
Взаиморасположение поверхностей	-	-	++	++	+	-	+	-	-	+	-	-	+
Шероховатость поверхности	-	-	-	-	-	++	-	+	+	-	-	-	+
Структура поверхностного слоя	+	-	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-	+
Твердость	-	-	+	-	++	+	-	+	+	-	+	-	-
Покрытие	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
Объем выпуска	++	+	+	++	-	-	-	-	+	+	+	+	+

Примечание:

“+ +” — характеристика оказывает сильное влияние на параметр ТП;

“+” — влияние имеется; “-” — влияние отсутствует или слабое.

Вначале по чертежу детали определяем поверхности, которые нельзя получить на заготовке без последующей обработки. Обычно точность их размеров выше 12-11-го 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 типовой или групповой ТП. Для этого необходимо разработать конструкторско-технологический код детали и ввести деталь в группу, для которой имеется унифицированный ТП [1]. 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 с предыдущей, поскольку это позволяет использовать те же станки, приспособления и инструменты.

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

План операций обработки оформляется в виде таблицы (табл. 2.2).

Таблица 2.2

План операций обработки поверхностей детали

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

Пример 1

Составить план обработки детали (движок) (рис.2.1). Материал — алюминиевый сплав Д16Т, производство серийное.

товки рассчитывают с учетом допустимого коэффициента вытяжки металла [3, 4]. Затем заготовку разрезают на части длиной, соответствующей длине детали с припусками под обработку. Обрабатывают наружный контур для обеспечения требуемого положения поверхностей, фрезеруют пазы и обрабатывают отверстия.

3. Технологический маршрут

1. Резка прутка из сортового проката сечением 10x20 мм на заготовки. В предположении, что из заготовки будет изготавливаться 5 деталей, и равенства объемов заготовок на данной операции и операции холодного выдавливания рассчитывается длина исходной заготовки:

$$l_{\text{пр}} \cdot S_{\text{пр}} = l_{\text{заг}} \cdot S_{\text{заг}},$$

где $l_{\text{пр}}$ и $S_{\text{пр}}$ – длина и площадь поперечного сечения исходного прутка; $l_{\text{заг}}$ и $S_{\text{заг}}$ – то же для групповой заготовки требуемого профиля.

$$l_{\text{заг}} = 5 \cdot l_{\text{дет}} + 5 \cdot Z_{\text{фр}} + 4 \cdot L_{\text{ф}},$$

где $l_{\text{дет}}$, $Z_{\text{фр}}$, $L_{\text{ф}}$ – длина детали, припуск под фрезерование торцов, ширина реза при разделении прутка на индивидуальные заготовки.

Из расчетов и справочных данных: $S_{\text{пр}} = 158 \text{ мм}^2$, $Z_{\text{фр}} = 0,5 \text{ мм}$, $L_{\text{ф}} = 2 \text{ мм}$, тогда $l_{\text{пр}} = 93 \text{ мм}$ (схема обработки на рис. 2.2, а).

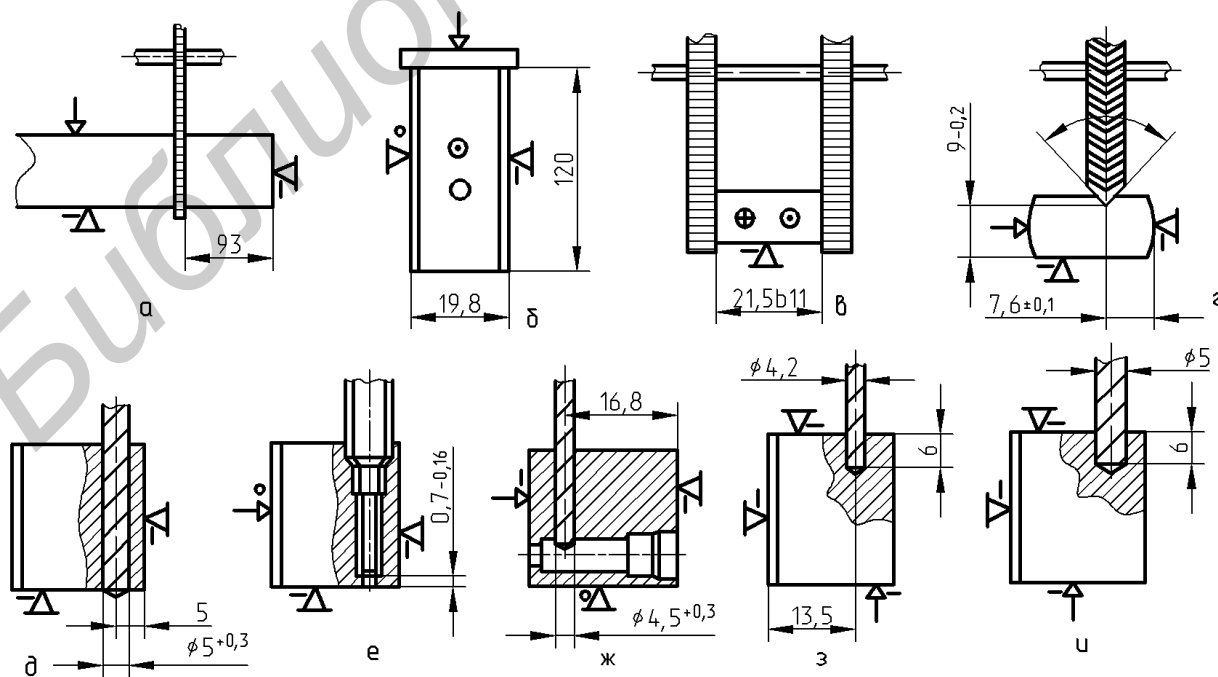


Рис.2.2. Схема технологического маршрута

2. Сплав D16T поставляется в упрочненном состоянии, для повышения его технологичности к обработке давлением проводим термообработку прутка (рекристаллизационный отжиг на пластичность при температуре 250-280⁰С в течение 3-5 ч).

3. Холодное объемное выдавливание профиля детали длиной $l_{\text{заг}} = 120$ мм (рис.2.2,б) по схеме прямого выдавливания пуансоном через отверстие требуемого сечения в матрице.

4. Резка профиля на 5 заготовок в размер $21,5 + Z_{\text{фр}}$ ($Z_{\text{фр}}$ — припуск под фрезерование торцов). Припуск может определяться как табличным методом, так и аналитическим расчетом (будет рассмотрен в следующих темах).

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

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

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

8. Сверление отверстия $\varnothing 5^{+0,3}$ мм (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 (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.

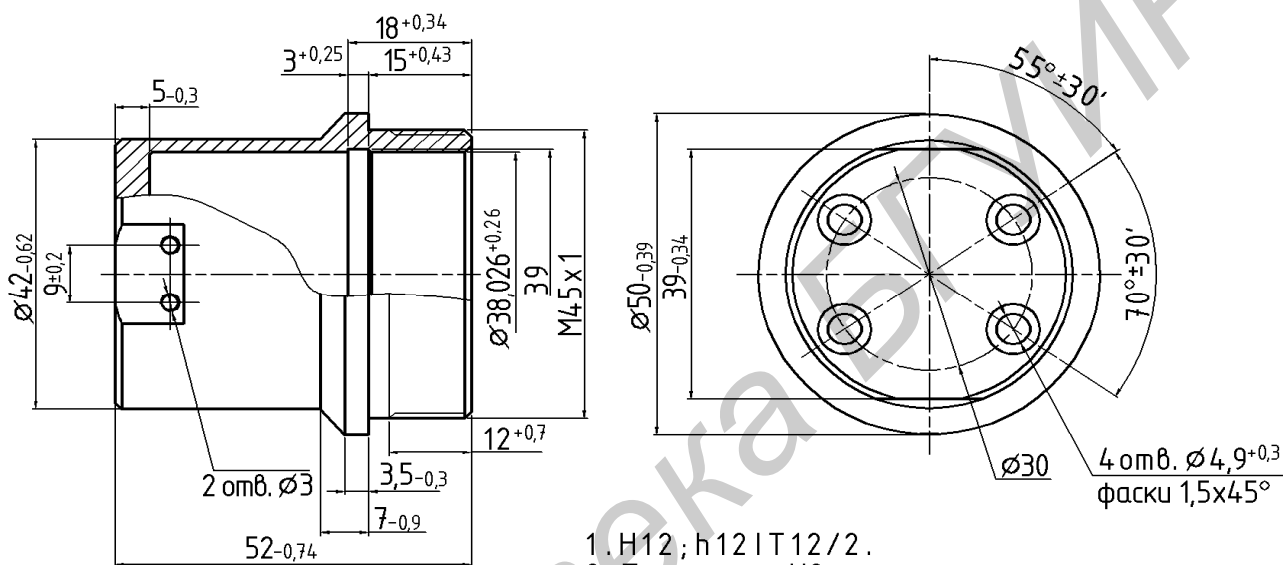
14. Нарезание резьбы М9 х 1 (то же).

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 резьбы и соответствующих отверстий. Контрольные операции включаются в маршрут после выполнения соответствующих размеров или в конце ТП.

Пример 2

Для детали «корпус разъема», чертеж которой с техническими требованиями представлен на рис.2.3, составить два варианта плана обработки с различными исходными заготовками (сортовой прокат 12-го качества точности и точная отливка, полученная по выплавляемым моделям) для одного и того же объема выпуска. Материал — силумин АЛ2. Провести сравнительный анализ вариантов по структуре ТП и необходимому оборудованию.



1. Н12; h12IT12/2.
2. Покрытие Н9.
3. Остальные требования по СТБ 1014-95.

Рис. 2.3. Корпус разъема

Расчет припусков на обработку в поковках тел вращения

Пример 1

Расчетно-аналитическим методом определить припуск на обработку поверхности $\phi 40C_4(-0,17)$ (рис.3.1).

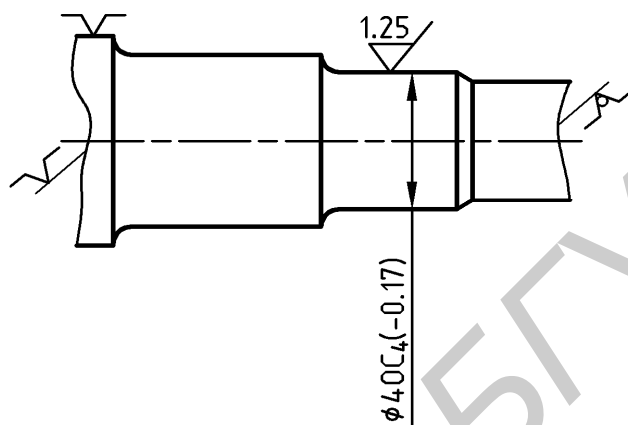


Рис.3.1. Фрагмент чертежа цапфы правой

Исходные данные к расчету:

- заготовка — штамповка на КГШП 1-го кл. точности по ГОСТ 7505-74;
- материал — сталь 40;
- степень сложности — СЛ;
- масса штамповки — 2,248 кг;
- способ установки — в центрах.

Технологический маршрут обработки поверхности:

- точение черновое;
- точение чистовое;
- шлифование круглое.

Решение

Из литературных источников [2, 3] определяем параметры шероховатости R_z и глубины нарушенного слоя T для штампованных заготовок массой 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 коробление $\rho_{\text{кор}} = \Delta_k l$ (Δ_k – удельная кривизна заготовки равна 0,8 мкм/мм).

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

Согласно нормативным данным [1] смещение $\rho_{\text{см}} = 0,4$ мм, а увод центра

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

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

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

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

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

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

после чистового точения

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

после шлифования

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

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

черновое точение

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

чистовое точение

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

шлифование

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

Расчетные размеры по операциям механической обработки:

шлифование — $40 - 0,17 = 39,83$ мм;

точение чистовое — $39,83 + 0,174 = 40,004$ мм;

точение черновое — $40,004 + 0,28 = 40,284$ мм;

заготовка — $40,284 + 1,040 = 41,324$ мм.

Определяем по таблице [4, 5] 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 — $39,83 + 0,035 = 39,865$ мм;

точение чистовое — $40,004 + 0,17 = 40,174$ мм;
 точение черновое — $40,284 + 1,8 = 43,124$ мм;
 заготовка — $41,324 + 1,8 = 43,124$ мм.

Предельные значения припуска:

шлифование — $Z_{\min} = 40,004 - 39,83 = 0,174$ мм;
 $Z_{\max} = 40,174 - 39,865 = 0,309$ мм;
 точение чистовое — $Z_{\min} = 40,284 - 40,004 = 0,28$ мм;
 $Z_{\max} = 40,744 - 40,174 = 0,57$ мм;
 точение черновое — $Z_{\min} = 41,324 - 40,284 = 1,04$ мм;
 $Z_{\max} = 43,124 - 40,744 = 2,38$ мм.

Значения общих припусков:

$Z_{o \min} = 1,04 + 0,28 + 0,174 = 1,494$ мм;
 $Z_{o \max} = 2,38 + 0,57 + 0,309 = 3,259$ мм.

Проверим правильность выполнения расчетов:

$3,259 - 1,494 = 1,765$ мм;
 $1,8 - 0,035 = 1,765$ мм.

Номинальный припуск составит

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

где H_3 и $H_{\text{Д}}$ — соответственно нижний допуск на заготовку и деталь.

Результаты расчетов сводим в табл.3.1. На их основании построим схему графического расположения припусков и допусков (рис.3.2).

Таблица 3.1

Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам

Технологический переход обработки	Элемент припуска, мкм				$2Z_{\min}$, мкм	Расчетный размер, мм	Допуск δ , мм	Предельные размеры, мм		Предельное значение Z , 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

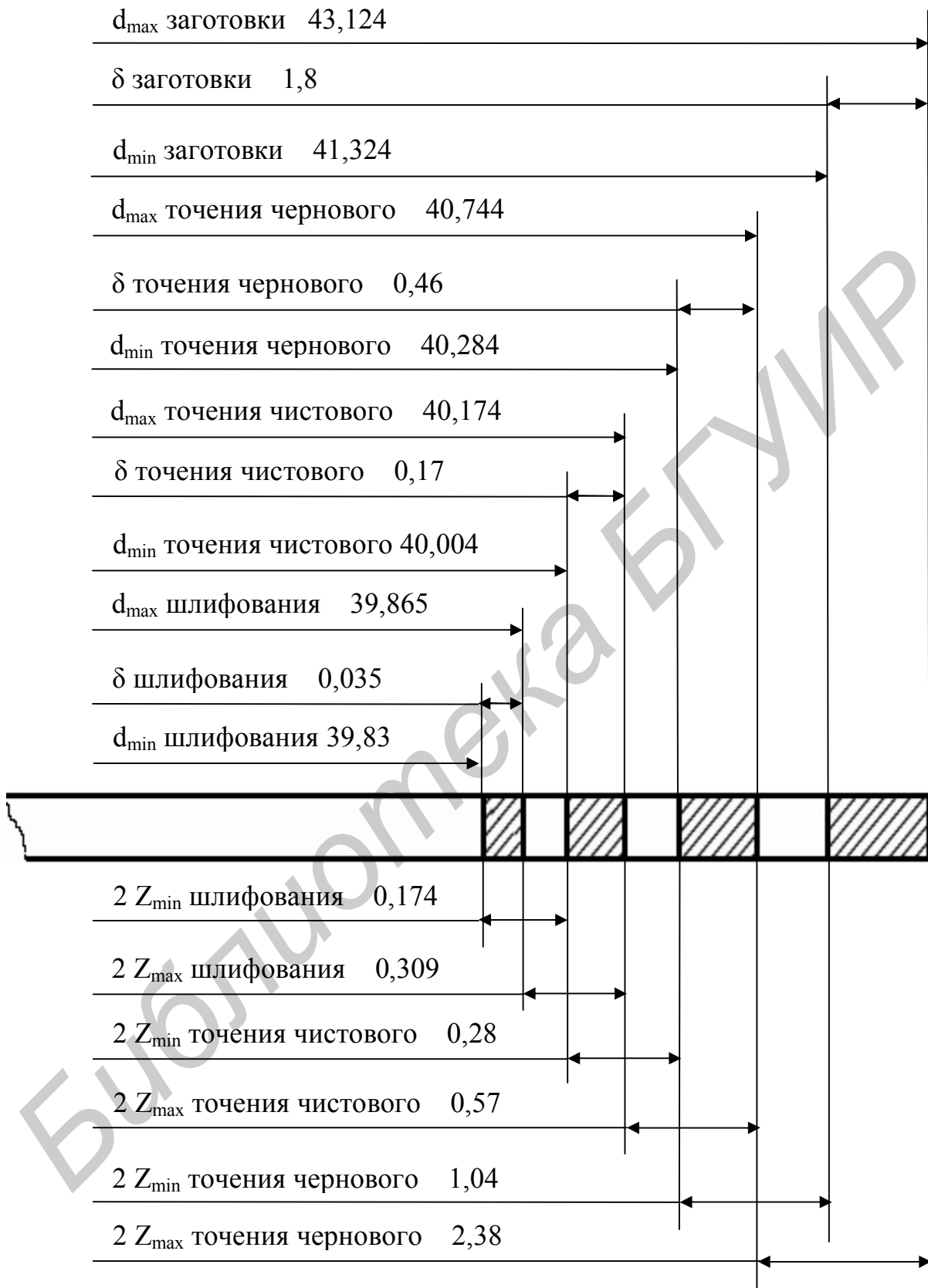


Рис. 3.2. Схема расположения припусков и допусков, мм, на обработку поверхности $\varnothing 40C_4 (-0,17)$ цапфы правой

Пример 2

Рассчитать припуски на обработку и промежуточные предельные размеры для диаметра $50^{+0,027}$ (рис.3.3).

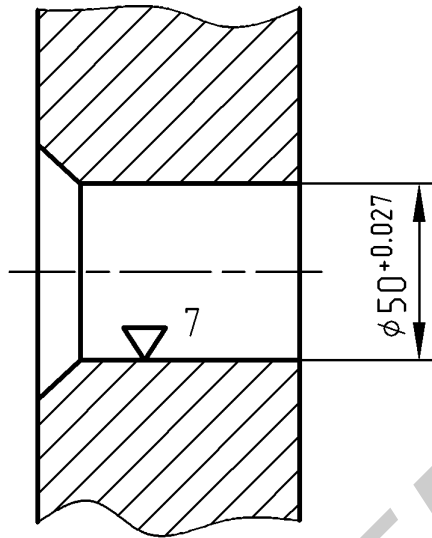


Рис.3.3. Фрагмент детали с обрабатываемым отверстием

Исходные данные к расчету:

- заготовка получена горячей штамповкой, имеет 2-ю гр. точности;
- вес до 7 кг;
- годовая программа выпуска — 100 тыс. шт.

Технологический маршрут обработки поверхности:

- черновое зенкерование;
- получистовое зенкерование;
- черновое развертывание;
- чистовое развертывание.

Решение

Из [3] 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; чистового зенкерования: $R_z = 40$ мкм, $T = 40$ мкм; чернового развертывания: $R_z = 5$ мкм, $T = 10$ мкм.

Сумма пространственных отклонений для заготовки данного типа определяется по формуле

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{эксц}}^2}.$$

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

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

Определим остаточную пространственную погрешность после механических обработок. После черного зенкерования

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

после получистого зенкерования

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

после черного развертывания

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

где 0,06; 0,05 и 0,04 – величины коэффициентов уточнения.

Погрешность установки ε в нашем случае будет определяться только погрешностью закрепления, так как погрешность базирования в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне равна 0. Тогда, согласно [5],

$$\varepsilon = 580 \text{ мкм}.$$

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. $\varepsilon'' = \varepsilon_{\text{инд}} = 50 \text{ мкм}$.

Проводим расчет минимальных значений межоперационных припусков и записываем их в графу 6 табл.3.2. Минимальный припуск под черное зенкерование будет

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

под получистовое зенкерование

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

под черное развертывание

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

под чистовое развертывание

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

Графа 7 “Расчетный размер” заполняется, начиная с конечного (в данном случае чертежного) размера, последовательным вычитанием расчетного

минимального припуска каждого технологического перехода. То есть, имея расчетный (чертежный) размер последнего перехода (в данном случае чистового развертывания 50,027), для остальных переходов получим:

для черногого развертывания

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

для получистового зенкерования

$$49,989 - 0,24 = 49,749 \text{ мм};$$

для черногого 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 черногого развертывания $\delta = 39$ мкм; для получистового зенкерования $\delta = 170$ мкм; для черногого зенкерования $\delta = 300$ мкм.

Допуск штамповки на отверстие рассчитывается по формуле

$$\delta = N_{\text{нед}} + I_{\text{ш}} + K_{\text{у}},$$

где $N_{\text{нед}}$ — величина недоштамповки; $I_{\text{ш}}$ — износ штампа; $K_{\text{у}}$ — 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 $Z_{i, \text{min}}$, мкм	Расчетный размер	Допуск δ , мкм	Предельный размер, мм		Предельное значение припусков, мкм	
	R_z	T	ρ	ε				наименьший	наибольший	наименьший	наибольший
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) получают вычитанием из наибольших предельных размеров допусков соответствующих переходов.

Таким образом:

для чистового развертывания наибольший предельный размер 50,027, наименьший $50,027 - 0,027 = 50$ мм;

для чернового развертывания наибольший предельный размер 49,989 мм, наименьший $49,989 - 0,039 = 49,95$ мм;

для получистового зенкерования наибольший предельный размер 49,75 мм, наименьший $49,75 - 0,17 = 49,58$ мм;

для чернового зенкерования наибольший предельный размер 49,3 мм, наименьший $49,3 - 0,3 = 49$ мм;

для заготовки наибольший предельный размер 44,9 мм, наименьший $44,9 - 2,75 = 42,15$ мм.

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

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

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

для чернового развертывания

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

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

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

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

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

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 (см. табл. 3.2) строим схему расположения припусков и допусков на обработку отверстия $\varnothing 50^{+0,027}$.

Расчет режимов резания

Расчет режимов резания будем проводить по справочным таблицам [4, 9].

Пример 1

Рассчитаем режимы фрезерования торцов заготовки на фрезерно-центровальном полуавтомате барабанного типа МР-76АМ. Мощность полуавтомата 12,8 кВт, КПД = 0,85.

Операция 010: фрезерование торцов цапфы в размер 195 ± 1 мм, режущий инструмент — торцовая фреза $\varnothing 100$ мм из твердого сплава Т15К6, число зубьев — 10; обрабатываемый материал — сталь 40, НВ 187...217.

Решение

Рассчитаем длину рабочего хода:

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

Ширина фрезерования составит

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

По [8, карта Ф-2] определяем рекомендуемую подачу на зуб (с учетом того, что глубина резания равна 1,5 мкм) $S_z = 0,15$ мм/зуб.

По [8, карта Ф-3] определяем период стойкости фрезы $T_p = 120$ мин.

По [8, карта Ф-4] определяем скорость резания $V = 240$ м/мин. Число оборотов шпинделя $n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 240}{3,14 \cdot 100} = 764,3305$ об/мин. Уточняем n по паспорту станка: $n = 750$ об/мин. Уточняем скорость резания по принятым скоростям шпинделя:

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

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:

$$S_z = \frac{S_M}{n \cdot Z_n} = \frac{1100}{10 \cdot 750} = 0,146 \text{ мм/345}.$$

По карте Ф-5 определяем необходимую мощность резания:

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

Проверим расчеты по мощности:

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

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

Пример 2

Рассчитать режимы резания при многоинструментальной обработке 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).

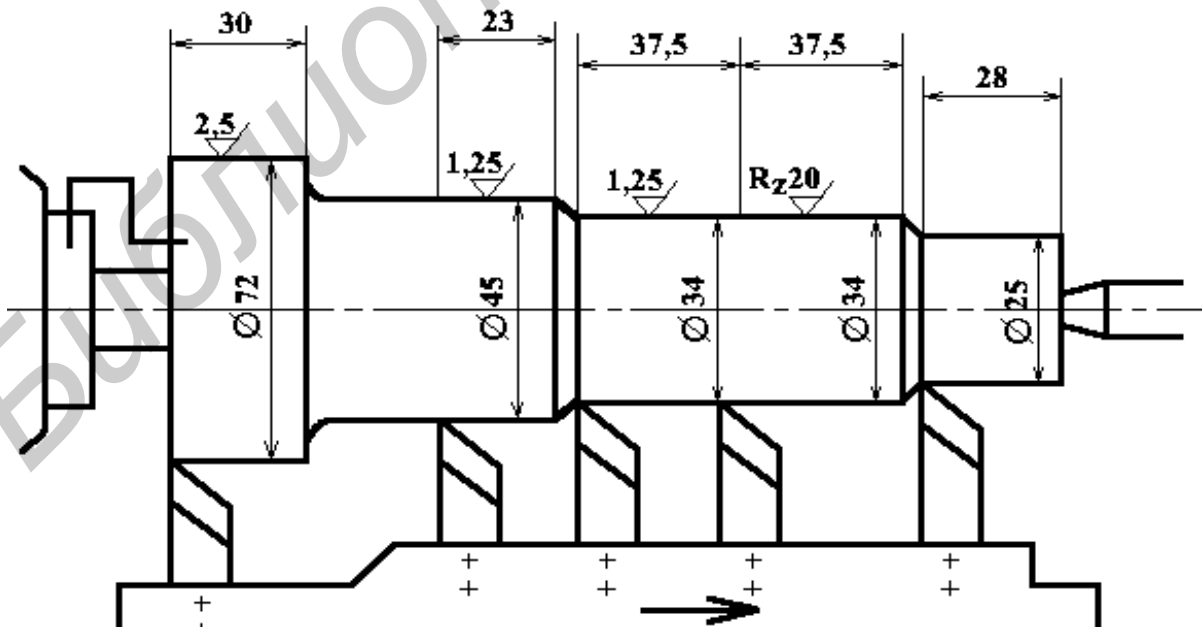


Рис. 4.1. Схема инструментальной наладки

Мощность станка — 22 кВт, КПД = 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° .

Решение

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

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

Следовательно, $L_{p.x} = 39,5$ мм.

По [8, карта 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 :

$$T_p = T_m \cdot \lambda. \text{ По [7, табл. 2.5] } T_m = 140 \text{ мин.}$$

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

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

По [8, карта Т-4] определим скорость резания:

$$v_{рез} = v_{табл} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3; \quad v_{табл} = 115 \text{ м/мин};$$

$$k_1 = 0,9; \quad k_2 = 1,0 \quad k_3 = 0,9; \quad k_3 = 0,85;$$

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

Рассчитаем число оборотов шпинделя (с учетом максимального обрабатываемого диаметра $\varnothing 72$):

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 71,9}{3,14 \cdot 72} = 350 \text{ об/мин.}$$

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 .

По [8, карта Т-5] определим силу резания:

$$P_z = P_{z \text{ табл}} \cdot k_1 \cdot k_2; P_{z \text{ табл}} = 240 \text{ кгс};$$

$$k_1 = 0,8; k_2 = 1,0;$$

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

Рассчитаем мощность резания:

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

Проверим расчет по мощности:

$$N_{\text{рез}} \leq 1,2 \cdot 2,2 \cdot 0,75 \leq 1,98 \text{ кВт},$$

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

Библиотека БГУИР

Расчет технической нормы времени

Теоретические сведения

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, $F = 253$.

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

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

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

Пример 1

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

Операция 010

Фрезерно-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 мин.

Решение

Расчет будем вести по нормативам [5].

Подсчитаем вспомогательное время, затраченное на следующие операции:

взять деталь, установить и закрепить, открепить ее, снять и отложить —

$$T_{уст} = 0,032 + 0,013 + 0,030 + 0,030 + 0,013 + 0,026 = 0,114 \text{ мин};$$

включить станок кнопкой – $T_{\text{упр}} = 0,015$ мин;

промерить деталь шаблоном – $T'_{\text{п.з}} = 0,013$ мин. Коэффициент периодичности промеров 0,3. Тогда

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

Вспомогательное время равно

$$T_{\text{в}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{упр}} + T_{\text{п.з}} = 0,144 + 0,015 + 0,004 = 0,163 \text{ мин}.$$

Оперативное время

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

Время на техническое обслуживание рабочего места

$$T_{\text{тех}} = T_{\text{o}} \frac{T_{\text{см}}}{T} = 0,235 \frac{4}{120} = 0,0078 \text{ мин},$$

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

Время на организационное обслуживание рабочего места

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

Время перерывов на отдых

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

По нормативам, приведенным в [10], подготовительно-заключительное время составляет 9,5 мин.

Тогда

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

Операция 020

Токарный полуавтомат 1713.

Основное машинное время 0,225 мин.

Масса детали 2,284 кг, размеры $\varnothing 72 \times 195$ мм.

Режущий элемент — резцы проходные (5 шт.) стойкостью $T_p = 133$ мин.

Измерительный инструмент — скоба (4 шт.).

Расчет ведем аналогично предыдущей операции.

Время на установку, закрепление, открепление, снятие и перенос детали

$$T_{\text{уст}} = 0,032 + 0,015 + 0,034 + 0,034 + 0,015 + 0,030 = 0,16 \text{ мин}.$$

Время, необходимое для измерения скобой диаметра,

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

Время для включения станка кнопкой

$$T_{\text{упр}} = 0,0015 \text{ мин.}$$

Определяем вспомогательное время:

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

оперативное:

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

Время на техническое обслуживание рабочего места:

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

$T_{\text{см}} = 2,5 \cdot 5 = 12,5$ мин — время на смену пяти резцов.

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

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

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

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

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

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

Расчет припусков на обработку и промежуточных размеров в отливке корпусной детали

Пример 1

Расчетно-аналитическим методом 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 табличным методом по ГОСТ 1855-56. Заготовка представляет собой отливку 1-го класса точности. Масса отливки 2,5 кг.

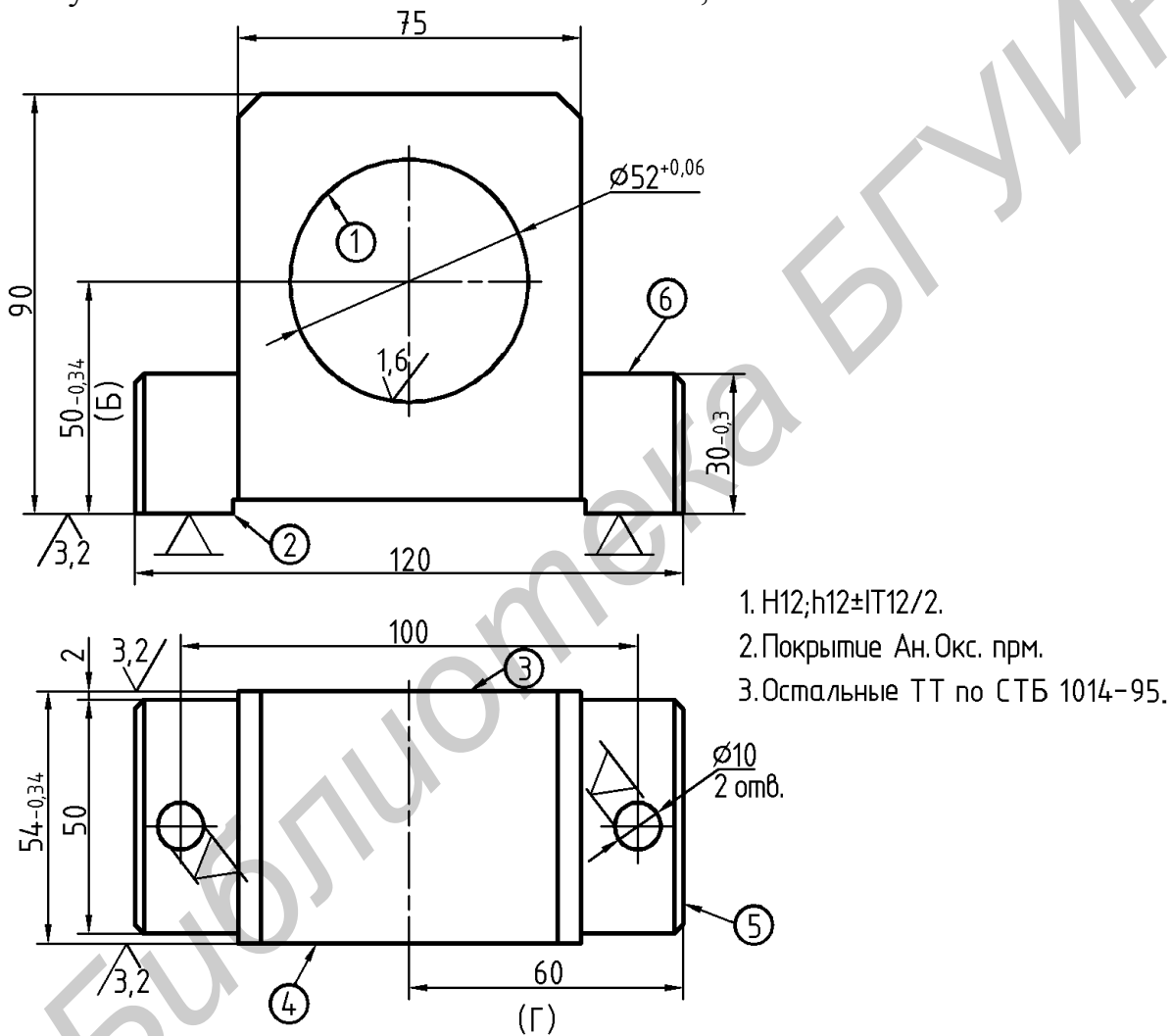


Рис. 6.1. Корпус подшипника: чертеж и схема установки при обработке отверстия $\varnothing 52^{+0,06}$ мм

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 $\varnothing 10$ H6. Расчет припусков на обработку

отверстия $\varnothing 52^{+0,06}$ мм ведется в форме табл.6.1, в которую последовательно записывают технологический маршрут обработки отверстия, все значения элементов припуска и промежуточные размеры.

Суммарное значение R_z и h , характеризующее качество литых заготовок, составляет 600 мкм [2, табл.4.25]. После первого технологического перехода глубина нарушенного слоя h для деталей из чугуна исключается из расчетов, поэтому для чернового и чистового растачивания находят [2, табл.4.27] только значения R_z – соответственно 50 и 20 мкм и записывают их в расчетную таблицу. Суммарное пространственное отклонение для заготовки данного типа определяется по формуле

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2}.$$

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

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

где d , l – диаметр и длина обрабатываемого отверстия. Значения удельного коробления Δ_K для отливок находят по [2, табл.4.29].

При определении $\rho_{\text{см}}$ 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 в литейной форме, 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 $\varnothing 10H6$ в качестве направляющей базовой поверхности использовалась боковая поверхность 5 отливки, для определения погрешности расположения отверстия $\varnothing 52^{+0,06}$ мм относительно базовых отверстий следует принять смещение стерж-

ня относительно поверхности 5, равным половине допуска размера 60 мм (Г) по ГОСТ 1855-56.

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

$$\rho_{\text{см}} = \sqrt{\left(\frac{\delta_{\text{Б}}}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{\text{Г}}}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{400}{2}\right)^2 + \left(\frac{600}{2}\right)^2} = 360 \text{ мкм},$$

где $\delta_{\text{Б}}$, $\delta_{\text{Г}}$ – допуски на размеры Б и Г 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

$$S_{\text{max}} = \delta_{\text{А}} + \delta_{\text{В}} + S_{\text{min}} = 0,016 + 0,014 + 0,013 = 0,043 \text{ мм},$$

где $\delta_{\text{А}}$ – допуск диаметра отверстия $\varnothing 10\text{H}6$ ($\delta_{\text{А}} = 0,016$ мм); $\delta_{\text{В}}$ – допуск диаметра штыря ($\delta_{\text{В}} = 0,014$ мм); S_{min} – минимальный зазор между штырем и отверстием ($S_{\text{min}} = 0,013$ 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 [2, табл.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 табл.6.1.

Таблица 6.1

Припуски и предельные размеры по технологическим переходам на обработку отверстия $\varnothing 52^{+0,06}$ мм в корпусе (см. рис.6.1)

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 [3-6], а также по квалитетам, приведенным в [2, прил.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 кл. точности по ГОСТ 1855-56) – $\delta = 600$ мкм.

В графе «Предельный размер» наибольшие значения d_{\max} получаются путем округления расчетных размеров до точности допуска на соответствующую

щем переходе, наименьшие d_{\min} – путем вычитания допусков из наибольших предельных размеров. Минимальные предельные значения припусков $2z_{\min}$ представляют собой разность наибольших предельных размеров на выполняемом и предшествующем переходах, а максимальные $2z_{\max}$ – 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:

$$z_{o \text{ ном}} = z_{o \min} + B_3 - B_{\text{д}} = 2,1 + 0,3 - 0,06 = 2,34 \text{ мм};$$

$$d_{3 \text{ ном}} = z_{\text{д ном}} - z_{o \text{ ном}} = 52 + 2,34 = 49,66 \text{ мм}.$$

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 и промежуточных размеров (рис.6.2).

На остальные обрабатываемые поверхности корпуса назначают припуски и допуски табличным методом по ГОСТ 1855-55. Расчетные и табличные значения припусков записывают в табл.6.2.

Таблица 6.2

Припуски и допуски на обрабатываемые поверхности корпуса (см. рис.6.1)

Поверхность	Размер, мм	Припуск, мм		Допуск, мм
		табличный	расчетный	
1	$\varnothing 52_{-0,06}$	2·2,0	2·1,17	$\pm 0,3$
2	$30_{-0,3}$	2		$\pm 0,2$
3	$54_{-0,34}$	2		$\pm 0,2$
4	$54_{-0,34}$	2		$\pm 0,2$

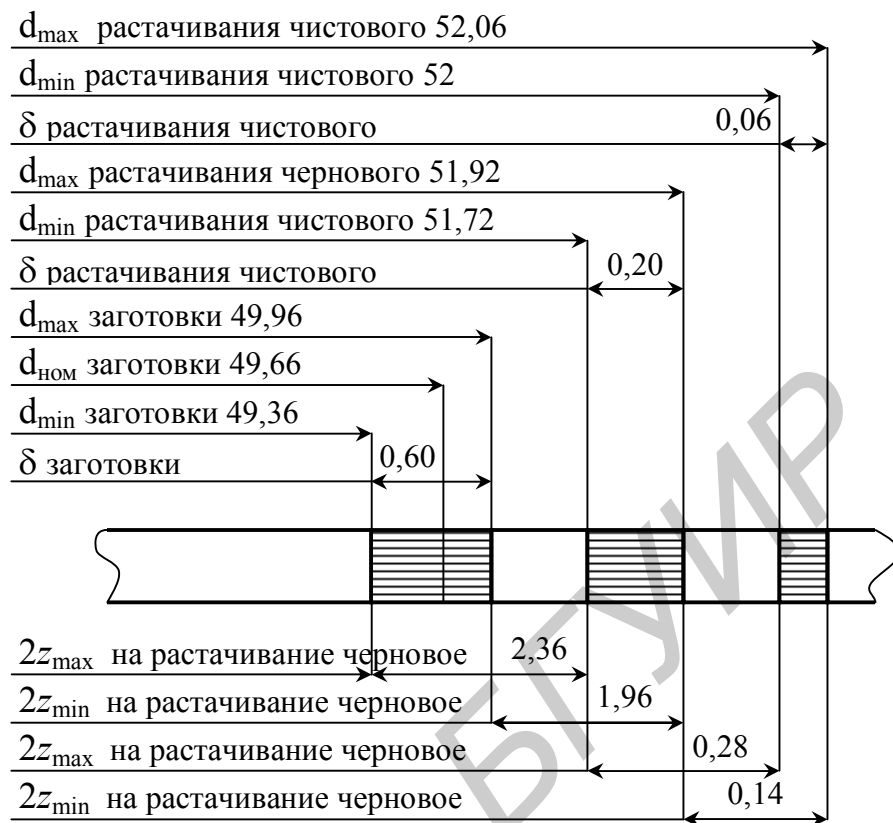


Рис. 6.2. Схема расположения припусков и допусков на обработку отверстия корпуса подшипника

Литература

1. Вейцман Э.В., Венбрин В.Д. Технологическая подготовка производства РЭА.- М.: Радио и связь, 1989.- 128 с.
2. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении: Учеб. пособие/ Под ред. В.В.Бабука.- Мн.: Выш. шк., 1987.- 255 с.
3. Машиностроение. Энциклопедия. Т.Ш-2: Технология заготовитель-ных производств / Под общ. ред. В.Ф.Мануйлова.- М.: Машиностроение, 1996.- 736 с.
4. Машиностроение. Энциклопедия. Т. Ш-3: Технология изготовления деталей машин / Под ред. А.Г.Суслова.- М.: Машиностроение, 2000.- 840 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. / Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова.- М.: Машиностроение, 2001.- 912 с., 944 с.
6. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Калинин М.А. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении.- М.: Машиностроение, 1976.
7. Технология обработки материалов: Метод. пособие по курсовому проектированию. В 2 ч. Ч.1: Выбор инструмента и назначение режимов резания / Г.М.Шахлевич и др.- Мн.: БГУИР, 2001.- 47 с.
8. Режимы резания металлов: Справочник / Под ред. Ю.В.Барановского.- М.: Машиностроение, 1972.- 407 с.
9. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Ч.1.- М.: Машиностроение, 1984.- 416 с.
10. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места, на работы, выполняемые на металлорежущих станках.- М.: Экономика, 1988.- 217 с.

Учебное издание

Достанко Анатолий Павлович,
Шахлевич Григорий Михайлович,
Бордусов Сергей Валентинович,
Телеш Евгений Владимирович

ПРАКТИКУМ

по дисциплинам
«ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ»,
«ТЕХНОЛОГИЯ ДЕТАЛЕЙ РЭС»,
«ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

для студентов специальностей
«Электронно-оптические системы и технологии»,
«Проектирование и производство РЭС»,
«Экономика и управление на предприятии»
всех форм обучения

Редактор Т.А. Лейко
Корректор Е.Н. Батурчик
Компьютерная верстка М.В. Шишло

Подписано в печать 4.01.2005.
Гарнитура «Таймс».
Уч.-изд. л. 2,0.

Формат 60x84 1/16.
Печать ризографическая.
Тираж 100 экз.

Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 2,0.
Заказ 135.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
Лицензия на осуществление издательской деятельности №02330/0056964 от 01.04.2004.
Лицензия на осуществление полиграфической деятельности №02330/0133108 от 30.04.2004.
220013, Минск, П. Бровки, 6