

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Владимирский государственный университет
Кафедра технологии машиностроения

РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА ОБРАБОТКУ ДЕТАЛЕЙ

*Методические указания к практическим занятиям
по дисциплине «Технология машиностроения»*

Составитель
Т. А. ЖЕЛОВА

Владимир 2005

УДК 621.9.06

ББК 34.44

Р24

Рецензент

Доктор технических наук, профессор
Владимирского государственного университета
А.В. Белевич

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Владимирского государственного университета

Расчет припусков на обработку деталей: метод. указания к
Р24 практ. занятиям по дисциплине «Технология машиностроения» /
сост. Т.А. Желобова; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим.
гос. ун-та, 2005. – 52 с.

Включают в себя указания по выполнению практических занятий по теме «Расчет припусков на механическую обработку деталей» двумя способами – производственным (занятие 1) и расчетно-аналитическим (занятие 2).

Дан перечень задач, подлежащих решению, методика их решения и справочные данные.

Предназначены для студентов, обучающихся по специальности 151001 (120100) – технология машиностроения.

Табл. 25. Ил. 4. Библиогр. 3 назв.

УДК 621.9.06

ББК 34.44

Введение

При проектировании технологических процессов важное место занимает определение припусков на обработку. Установление оптимальных припусков на обработку и технологических допусков на размеры заготовок по всем переходам имеет существенное технико-экономическое значение. Преувеличенные припуски вызывают перерасход материала при изготовлении деталей и необходимость введения дополнительных технологических переходов, увеличивают трудоемкость процессов обработки, расход энергии, режущего инструмента, повышают себестоимость обработки детали.

Припуск на обработку поверхностей детали может быть назначен по соответствующим таблицам (производственный метод) или на основе расчета (расчетно-аналитический метод). Последний способ сокращает в среднем отход металла в стружку по сравнению с табличным, создает единую систему определения припусков на обработку и размеров заготовок, вводит научную основу в машиностроительное производство, способствует повышению его технологической культуры.

Занятие 1

РАСЧЁТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИПУСКОВ

1.1. Теоретические положения

Припуск на обработку – это слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в процессе ее обработки для обеспечения заданного качества детали.

Различают припуски промежуточные и общие.

Промежуточным припуском называют слой, снимаемый при выполнении данного технологического перехода механической обработки. Промежуточный припуск определяют как разность размеров заготовки, получаемых на смежном предшествующем и выполняемом технологических переходах.

Общим припуском называется сумма промежуточных припусков по всему технологическому маршруту механической обработки данной поверхности. Общий припуск определяется как разность размеров заготовки и готовой детали.

На производстве широко применяется опытно-статистический метод установления припусков на обработку. При этом методе общие и промежуточные припуски берутся по таблицам, которые составлены на основе опыта передовых заводов.

При определении величины припуска для элементарной поверхности расчётно-аналитическим методом расчётным является минимальный промежуточный припуск. При обработке наружных и внутренних поверхностей вращения он определяется по формуле

$$2Z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (1)$$

где Rz_{i-1} – высота микронеровностей; h_{i-1} – глубина дефектного поверхностного слоя; Δ_{i-1} – суммарное значение пространственных отклонений для элементарной поверхности на предыдущем переходе; ε_i – погрешность установки заготовки при выполняемом переходе.

Максимальный припуск на обработку определяется по формуле

$$2Z_{\max} = 2Z_{i\min} + T_{D_{i-1}} - T_{D_i}, \quad (2)$$

где $T_{D_{i-1}}$ – допуск размера на предшествующем переходе, T_{D_i} – допуск размера на выполняемом переходе.

В зависимости от используемого метода для обработки детали и способа её установки на станке исходная расчётная формула (1) может менять свой исходный вид. При обтачивании и фрезеровании наружных поверхностей вращения заготовки с установкой её на центрах погрешность установки $\varepsilon = 0$ и $2Z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \Delta_{i-1})$.

При шлифовании заготовки после поверхностной закалки поверхностный слой в максимальной степени необходимо сохранить, так как его ценные свойства быстро снижаются с увеличением снимаемого припуска. Поэтому глубину дефектного слоя T принимают равной нулю. При установке обрабатываемой заготовки на центрах расчётная формула примет вид $2Z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + \Delta_{i-1})$.

При суперфинише и полировании, когда достигается только снижение величины шероховатости поверхности, $2Z_{i\min} = 2Rz_{i-1}$. При развёртывании плавающей развёрткой и протягивании отверстий смещение и увод оси не исправляются ($\Delta = 0$), погрешности установки в том случае нет – $2Z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1})$. При внутреннем шлифовании отверстия заготовки после поверхностной закалки – $2Z_{i\min} = 2(Rz_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2})$.

1.2. Методика расчёта припусков

1. Для самой точной поверхности детали выполняется расчёт припусков на обработку расчётно-аналитическим методом.

2. Для этой же поверхности выполняется расчёт припусков на обработку табличным методом.

3. Определяется коэффициент уточнения припуска на обработку выбранной поверхности при его расчёте аналитическим методом по сравнению с табличным $K = 2Z_{\text{расч}} / 2Z_{\text{табл}}$.

4. По справочным таблицам назначаются припуски на обработку всех остальных поверхностей детали и уточняются с помощью коэффициента уточнения. Расчёт сводится в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Расчётная таблица

Наименование обрабатываемой поверхности	Номинальный размер по чертежу, мм	Припуск на сторону, мм		Размер заготовки с допуском, мм
		по таблицам	с учётом K	

5. Согласно расчетам, дать чертеж заготовки с размерами и техническими условиями.

1.3. Содержание расчетно-аналитического метода определения припусков на обработку

В технических справочниках [3, с. 182 – 190]*, в таблицах, характеризующих качество поверхности заготовок, приведены значения R_z и h . По данным таблиц, характеризующих пространственные отклонения, подсчитывается величина Δ . Пространственные отклонения при обработке закономерно уменьшаются и после чистовой обработки становятся пренебрежимо малы. Их учитывают после черновой и получистовой обработки лезвийным инструментом, а также после термообработки.

Погрешность установки ε определяют как векторную сумму погрешности базирования ε_δ и погрешности закрепления ε_3

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_3^2} . \quad (3)$$

ε_δ возникает при несовпадении установочной и измерительной баз заготовки. Величина ее определяется величиной колебания размера, связывающего технологическую и измерительную базы, обусловленного допуском на его изготовление. Формулы для расчета ε_δ приведены в табл. 18 [3, с. 45]. Погрешность закрепления ε_3 возникает в результате смещения обрабатываемой заготовки от действия зажимной силы вследствие контактных деформаций установочных поверхностей заготовки и нежесткости станочного приспособления. Формулы для расчета ε_3 приведены в табл. 22 [3, с. 52]. При укрупненных расчетах погрешность установки ε можно не вычислять по формуле, а брать по табл. 12 – 17 [3, с. 41 – 44].

При определении припусков на обработку данные по расчету удобно свести в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Расчетная таблица

Технологические операции и переходы обработки элементарной поверхности	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск, мкм $2Z_i$	Расчетный размер, мм	Допуск, мкм	Предельные размеры, мм		Предельные значения припусков, мкм	
	R_z	h	Δ	ε_i				max	min	max	min
	$i-1$	$i-1$	$i-1$								

* Нормативные материалы для расчета припусков на обработку деталей из справочника [3] даны в приложении 2.

Расчет для *наружных* и *внутренних* поверхностей выполняется в следующей последовательности:

Общее при расчете	
<p>1. Для обрабатываемой заготовки наметить технологические базы и технологический маршрут обработки.</p> <p>2. Записать в расчетную таблицу обрабатываемые элементарные поверхности и последовательный порядок технологических переходов обработки по каждой элементарной поверхности.</p> <p>3. Записать значения Rz_{i-1}, h_{i-1}, Δ_{i-1}, ε_i, T_i.</p> <p>4. Определить расчетные величины припусков на обработку $Z_{i\min}$ по всем технологическим переходам</p>	
Различие при расчете	
Для наружных поверхностей	Для внутренних поверхностей
<p>5. Записать для конечного перехода в графу «Расчетный размер» НАИМЕНЬШИЙ предельный размер детали по чертежу.</p> <p>6. Для перехода, предшествующего конечному, определить расчетный размер путем ПРИБАВЛЕНИЯ К НАИМЕНЬШЕМУ предельному размеру по чертежу расчетного припуска $Z_i \min$.</p> <p>7. Последовательно определить расчетные размеры для каждого предшествующего перехода путем ПРИБАВЛЕНИЯ к расчетному размеру следующего за ним смежного перехода расчетного припуска $Z_i \min$.</p> <p>8. Записать НАИМЕНЬШИЕ предельные размеры по всем технологическим переходам, округляя их путем УВЕЛИЧЕНИЯ расчетных размеров; округлять до того знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода.</p> <p>9. Определить НАИБОЛЬШИЕ предельные размеры путем ПРИБАВЛЕНИЯ допуска к округленному НАИМЕНЬШЕМУ предельному размеру.</p> <p>10. Записать предельные значения припусков $Z_i \max$ как разность НАИБОЛЬШИХ предельных размеров и $Z_i \min$ как разность НАИМЕНЬШИХ предельных размеров ПРЕДШЕСТВУЮЩЕГО и ВЫПОЛНЯЕМОГО переходов.</p>	<p>Записать для конечного перехода в графу «Расчетный размер» НАИБОЛЬШИЙ предельный размер детали по чертежу.</p> <p>Для перехода, предшествующего конечному, определить расчетный размер путем ВЫЧИТАНИЯ ИЗ НАИБОЛЬШЕГО предельного размера по чертежу расчетного припуска $Z_i \min$.</p> <p>Последовательно определить расчетные размеры для каждого предшествующего перехода путем ВЫЧИТАНИЯ из расчетного размера следующего за ним смежного перехода расчетного припуска $Z_i \min$.</p> <p>Записать НАИБОЛЬШИЕ предельные размеры по всем технологическим переходам, округляя их путем УМЕНЬШЕНИЯ расчетных размеров; округлять до того знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода.</p> <p>Определить НАИМЕНЬШИЕ предельные размеры путем ВЫЧИТАНИЯ допуска из округленного НАИБОЛЬШЕГО предельного размера.</p> <p>Записать предельные значения припусков $Z_i \max$ как разность НАИМЕНЬШИХ предельных размеров и $Z_i \min$ как разность НАИБОЛЬШИХ предельных размеров ВЫПОЛНЯЕМОГО и ПРЕДШЕСТВУЮЩЕГО переходов.</p>

Общее при расчете

11. Определить общие припуски $Z_0 \max$ и $Z_0 \min$, суммируя промежуточные припуски.
12. Проверить правильность расчетов путем сопоставления разности припусков $Z_0 \max$ и $Z_i \min$ и допусков $T_a - T_b$; при этом разность промежуточных припусков должна быть равна разности допусков на промежуточные размеры, а разность общих припусков – разности допусков на размеры черной заготовки T_a и готовой детали T_b .

1.4. Содержание табличного метода определения припусков

Для обрабатываемой заготовки выбираются технологические базы и технологический маршрут обработки. В зависимости от метода получения заготовки и ее точности на каждый переход обработки элементарной поверхности из табл. П1.1, П1.2, П1.3 выбираем припуск на обработку. Общий припуск на обработку поверхности получаем суммированием промежуточных припусков по отдельным переходам. Величины допусков на заготовки назначают по ГОСТам на соответствующие заготовки.

1.5. Пример расчета припусков

Задача. Рассчитать припуски на обработки детали «ось» (рис. 1.1)

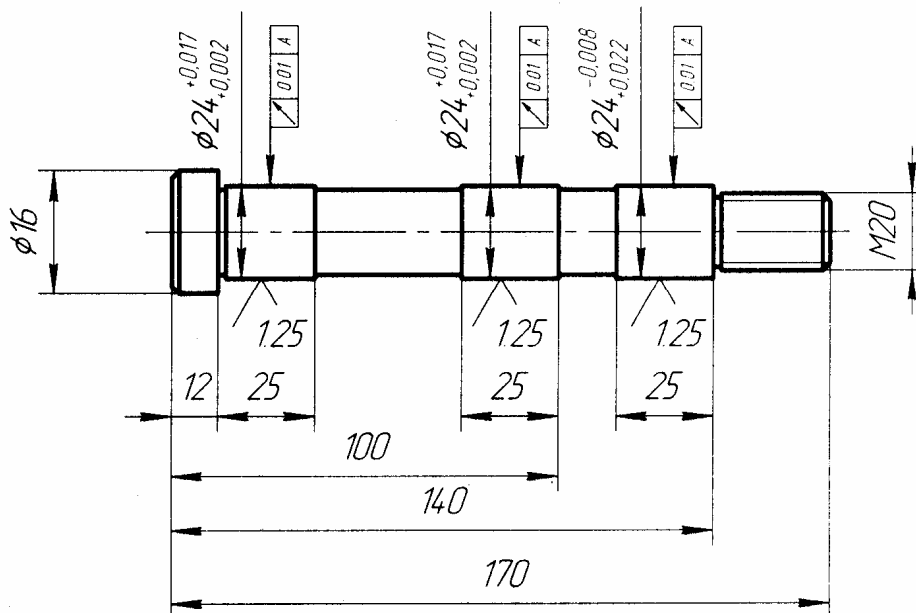


Рис. 1.1

При обработке заготовка устанавливается на центрах. Ее поверхность $\varnothing 32$; $\varnothing 23,5$ и поверхность под резьбу подвергаются однократному протачиванию. Обработка поверхности $\varnothing 24^{+0,017}_{+0,002}$ и $\varnothing 24^{-0,008}_{-0,022}$ выполняется по маршруту: точение черновое, точение чистовое, шлифование предварительное, шлифование окончательное.

Для поверхности $\varnothing 24^{-0,008}_{-0,022}$ выполним расчет припуска на обработку расчетно-аналитическим и табличным методами.

1. Определяем припуск расчетно-аналитическим методом (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Расчетная таблица

Технологические операции и переходы обработки поверхностей	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_{min}$, мкм	Расчетный размер, мм	Допуск δ , мкм	Предельные размеры, мм		Предельные значения припусков, мкм	
	Rz_{i-1}	h_{i-1}	Δ_{i-1}	ε_i				max	min	max	min
Наружный диаметр				$24^{-0,008}_{-0,022}$							
Заготовка	160	200	305	0		25,668	1000	26,70	25,7		
Точение:											
-черновое	50	50	0	0	1330	24,338	280	24,68	24,34	2020	1360
-чистовое	25	25	0	0	200	24,138	140	24,28	24,14	400	200
Шлифование:											
-предварительное	10	20	0	0	100	24,038	45	24,085	24,04	195	100
-чистовое	5	15	0	0	60	23,078	14	23,992	23,978	93	62
<i>Итого:</i>										2708	1722

Пространственное отклонение – результат искривления заготовки при ее высадке на горизонтально-ковочной машине и при обработке в центрах для наружной поверхности определен по формуле

$$\Delta = \sqrt{\Delta x_0^2 + \Delta_{ц}^2}, \quad (4)$$

где $\Delta_{\text{с}}$ – общая кривизна заготовки, $\Delta_{\text{ц}}$ – погрешность зацентровки;

$$\Delta = \sqrt{\Delta_k l + 250\sqrt{T^2 + 1}} = \sqrt{4 \times 170 + 250\sqrt{I^2 + 1}} = 305 \text{ мкм},$$

где Δ_k – удельное искривление заготовки, мкм/мм [3, с. 186];

l – длина заготовки, мм; T – допуск на базовую поверхность заготовки при её зацентровке, мм.

$$\Delta_{\text{черн}} = 0,06 \times 305 = 61 \text{ мкм}; \quad \Delta_{\text{чист}} = 0,04 \times 61 = 2,5 \text{ мкм}.$$

Величина расчётного припуска определена по формуле: $2z_{i\text{min}} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \Delta_{i-1})$, так как для диаметрического размера детали при её установке на центрах $\varepsilon_y = 0$.

2. Определяем припуск по таблицам.

Припуски на механическую обработку валов приведены в табл. П1.1, П1.2 и П1.3 в зависимости от метода получения заготовки и способов обработки поверхностей.

При номинальном размере поверхности $\varnothing 24$ на черновое точение штампованной заготовки предлагается припуск на диаметр при длине вала 170 мм – 2 мм; на чистовое точение – 0,3 мм; на предварительное шлифование после чистого точения – 0,1 мм; на чистовое шлифование после предварительного шлифования – 0,06 мм.

Итого припуск на обработку наружной поверхности вращения $\varnothing 24$ составляет $2Z = 2 + 0,3 + 0,1 + 0,6 = 2,46$ мм.

По ГОСТу 7505-75 допуск на штампованную заготовку массой до 0,6 кг, полученную на горизонтально-ковочной машине, зависит от величины смещения штампов, величины недоштамповки, износа штампов. Для заготовки повышенной точности он равен 1 мм (+ 0,66; – 0,34).

Таким образом, наибольший припуск на обработку будет $2,46 + 0,66 = 3,12$ мм, а наименьший $2,46 - 0,34 = 2,12$ мм.

3. Определяем коэффициент уточнения припуска на обработку поверхности диаметром $24_{-0,022}^{-0,008}$. Так как расчётным является минимальный припуск, то $K = 1,722 / 2,120 = 0,812$.

4. Определяем припуски на обработку всех остальных поверхностей детали "ось" (табл. 1.4).

Таблица 1.4

Наименование обрабатываемой поверхности	Номинальный размер по чертежу, мм	Припуск на сторону, мм		Размер заготовки с допуском, мм
		по табл.	с учётом K	
Наружный диаметр	32	2,0	1,68	$33,7_{-0,4}^{+0,6}$
	24	2,46	2,07	$26,1_{-0,4}^{+0,6}$
	23,5	2,0	1,68	$24,2_{-0,4}^{+0,6}$
	20	2,0	1,68	$21,7_{-0,4}^{+0,6}$

На основании полученных результатов выполняется чертёж заготовки.

Занятие 2

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ПРИПУСКОВ НА ОБРАБОТКУ

2.1. Методика расчета припусков

Назначение припусков выполняется в следующей последовательности:

- 1) определяется общий припуск на обработку каждой поверхности детали;
- 2) исходя из требуемых чертежом точности и качества обрабатываемых поверхностей детали, устанавливаются способы обработки и последовательность их выполнения для каждой поверхности;
- 3) устанавливаются припуски на обработку по технологическим переходам и межоперационные размеры детали.

2.2. Назначение общего припуска на обработку

Порядок назначения общего припуска на обработку каждой поверхности детали зависит от способа получения заготовки.

Для *поковки* величина припуска зависит от:

- группы стали, из которой она изготавливается;
- массы заготовки;
- класса ее точности;
- степени ее сложности;
- конфигурации поверхности разъема штампа.

Группа стали зависит от содержания в ней углерода и легирующих элементов (Si, Mn, Cr, Ni, V и т. д.):

M1 – сталь с массовой долей углерода до 0,35 % включительно и суммарной массовой долей легирующих элементов до 2,0 % включительно.

M2 – сталь с массовой долей углерода свыше 0,35 % до 0,65 % включительно или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 2,0 % до 5,0 % включительно.

M3 – сталь с массовой долей углерода свыше 0,65 % или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 5,0 %.

Масса заготовки на этом этапе расчёта определяется ориентировочно как $M_3 = M_D \times K_p$, где расчётный коэффициент определяется по табл. 2.1.

Таблица 2.1

Коэффициент K_p для определения массы заготовки

Группа	Характеристика детали	Типовые представители	K_p
1	Удлиненной формы: с прямой осью с изогнутой осью	Валы, оси, шатуны Рычаги	1,3 ÷ 1,6 1,1 ÷ 1,4
2	Круглые и многогранные в плане: круглые квадратные, прямоугольные, многогранные с отрезками	Шестерни, фланцы, ступицы Гайки, крестовины, вилки	1,5 ÷ 1,8 1,3 ÷ 1,7
3	Комбинированные из элементов 1 и 2 групп	Кулаки, коленчатые валы, распределительные валы	1,3 ÷ 1,8
4	С большим объемом необрабатываемых поверхностей	Коробки передач, рычаги переключения	1,1 ÷ 1,3

Класс точности поковок зависит от используемого для её получения оборудования и технологического процесса и может быть установлен по табл. 2.2.

Таблица 2.2

Выбор класса точности поковок [1]

Деформирующее оборудование, технологические процессы	Класс точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
Кривошипные горячештамповочные прессы: открытая штамповка закрытая штамповка				*	*
Горизонтально-ковочные машины				*	*
Прессы винтовые, гидравлические				*	*
Штамповочные молоты				*	*
Калибровка объёмная	*	*			

Степень сложности формы поковки определяется как отношение массы (объёма) поковки G_1 к массе (объёму) геометрической фигуры G_0 , в которую вписывается форма поковки (рис. 2.1).

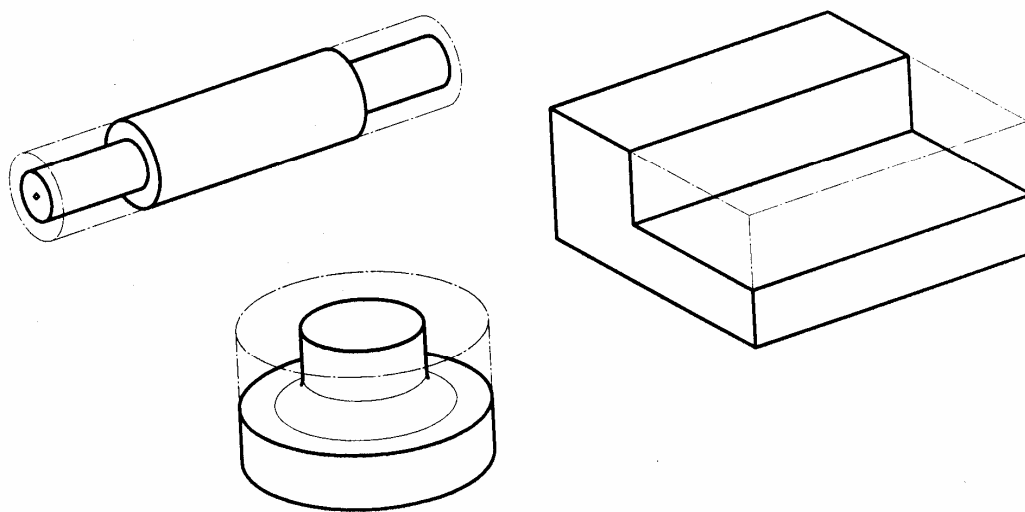


Рис. 2.1

С1 – при G_1/G_0 свыше 0,63;

С2 – при G_1/G_0 свыше 0,32 до 0,63 включительно;

С3 – при G_1/G_0 свыше 0,16 до 0,32 включительно;

С4 – при G_1/G_0 свыше 0,16.

Конфигурация поверхности разъёма штампа может быть:

- плоская (П);
- симметрично изогнутая (Ис);
- несимметрично изогнутая (Ин).

Для назначения основных припусков, допусков и допускаемых отклонений устанавливается исходный индекс, который зависит от массы поковки, группы стали, степени сложности и класса точности поковки (табл. 2.3).

Общий припуск на обработку включает в себя основной и дополнительный припуски.

Основной зависит от исходного индекса, размеров и шероховатости детали (табл. 2.4).

Дополнительный припуск учитывает смещение по поверхности разъёма штампов, изогнутость и отклонение поверхностей заготовки (табл. 2.5 и 2.6).

Таблица 2.3

Определение исходного индекса

Масса поковки, кг	Группа стали			Степень ложности поковки				Класс точности поковки					Исход- ный индекс	
	M1	M2	M3	C1	C2	C3	C4	T1	T2	T3	T4	T5		
До 0,5														
Свыше 0,5 до 1,0														1
Свыше 1,0 до 1,8														2
Свыше 1,8 до 3,2														3
Свыше 3,2 до 5,6														4
Свыше 5,6 до 10,0														5
Свыше 10,0 до 20,0														6
														7
														8
														9
														10
														11
														12
														13
														14
														15
														16
														17
														18
														19
														20

Например: для поковки массой 1,5 кг
С группой стали M2, степенью сложности
Поковки C3 и классом точности T4
Исходный индекс равен 12

Таблица 2.4

Основные припуски на механическую обработку (на сторону), мм [1]

Исходный индекс	Толщина детали, мм								
	До 25			25 – 40			40 – 63		
	Длина, ширина, диаметр, высота детали, мм								
	До 40			40 – 100			100 – 160		
при шероховатости, мкм									
	100 – 12,5	10 – 1,6	1,6 – 1,25	100 – 12,5	10 – 1,6	1,6 – 1,25	100 – 12,5	10 – 1,6	1,6 – 1,25
1	0,4	0,6	0,7	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7
2	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9
3	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9
4	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0
5	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1

Продолжение табл. 2.4

Исходный индекс	Толщина детали, мм								
	До 25			25 – 40			40 – 63		
	Длина, ширина, диаметр, высота детали, мм								
	До 40			40 – 100			100 – 160		
при шероховатости, мкм									
	100 – 12,5	10 – 1,6	1,6 – 1,25	100 – 12,5	10 – 1,6	1,6 – 1,25	100 – 12,5	10 – 1,6	1,6 – 1,25
6	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2
7	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4
8	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5
9	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6
10	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8
11	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9
12	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0
13	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2
14	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5
15	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7
16	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0
17	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3
18	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5
19	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8
20	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1
Исходный индекс	Толщина детали, мм								
	63 – 100			100 – 160					
	Длина, ширина, диаметр, высота детали, мм								
	160 – 250			250 – 400					
при шероховатости, мкм									
	100 – 12,5	10 – 1,6	1,6 – 1,25	100 – 12,5	10 – 1,6	1,6 – 1,25			
1	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9			
2	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0			
3	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1			
4	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2			
5	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4			
6	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5			
7	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6			
8	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8			
9	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9			
10	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0			

Окончание табл. 2.4

Исходный индекс	Толщина детали, мм					
	63 – 100			100 – 160		
	Длина, ширина, диаметр, высота детали, мм					
	160 – 250			250 – 400		
при шероховатости, мкм						
	100 – 12,5	10 – 1,6	1,6 – 1,25	100 – 12,5	10 – 1,6	1,6 – 1,25
11	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,0
12	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5
13	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7
14	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0
15	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3
16	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5
17	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8
18	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1
19	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7
20	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1

Таблица 2.5

Дополнительный припуск на неплоскостность и непрямолинейность, мм [1]

Наибольший размер поковки, мм	Припуски для классов точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
До 100 включительно	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4
Св. 100 до 160	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
Св. 160 до 250	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Св. 250 до 400	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8

Таблица 2.6

Дополнительный припуск на смещение по поверхности
разъёма штампов, мм [1]

Масса поковки, кг	Припуски для классов точности								
	Плоская поверхность разъёма, (II)								
	T1	T2	T3	T4	T5				
			Симметрично изогнутая поверхность разъёма (Ic)						
			T1	T2	T3	T4	T5		
			Несимметрично изогнутая поверхность разъёма (In)						
T1			T2	T3	T4	T5			
До 0,5 включительно		0,1	0,1	0,1	0,2	0,2		0,3	
Св. 0,5 до 1,0	0,1			0,2			0,3		
Св. 1,0 до 1,8						0,3		0,4	
Св. 1,8 до 3,2			0,2		0,3		0,4	0,5	
Св. 3,2 до 5,6		0,2		0,3		0,4	0,5	0,6	
Св. 5,6 до 10	0,2		0,3		0,4	0,5	0,6	0,7	
Св. 10 до 20	0,3	0,3		0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	

Для каждой поверхности детали по табл. 2.4 устанавливается припуск на сторону ($Z_{осн}$), по таблицам 2.5 и 2.6 – дополнительный припуск ($Z_{доп}$) и определяется величина общего припуска:
для наружных и внутренних поверхностей вращения

$$2Z_{общ_i} = (Z_{осн_i} + Z_{доп_i}) \times 2;$$

для плоских поверхностей

$$Z_{общ_i} = (Z_{осн_i} + Z_{доп_i});$$

и определяются размеры поковки:

для тел вращения

$$A_{заг_i} = A_{дет_i} + 2Z_{общ_i};$$

для плоских поверхностей

$$A_{заг_i} = A_{дет_i} + Z_{общ_i}.$$

Полученные размеры округляются с точностью до 0,5 мм.

Заканчивается расчёт назначением допустимых отклонений на полученные размеры по табл. 2.7. Допустимые отклонения отверстий устанавливаются с обратными знаками.

Таблица 2.7

Допуски и допустимые отклонения размеров поковок, мм [1]

Исходный индекс	Наибольшая толщина поковки, мм									
	До 40		40 – 60		63 – 100		100 – 160		160 – 250	
	Длина, ширина, диаметр, высота поковки, мм									
	До 40		40 – 100		100 – 160		160 – 250		250 – 400	
1	0,3	+0,2 -0,1	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2
2	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,5	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3
3	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3
4	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3
5	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 0,3	1,2	+0,8 -0,4
6	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+1,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,4
7	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5
8	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7
9	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8
10	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9
11	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0
12	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1
13	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2
14	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3
15	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5
16	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,0 -1,0	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7
17	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7- 1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9
18	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1
19	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4
20	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,0	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7

Для *отливок* величина припуска зависит от класса её размерной точности, класса точности массы, степени коробления и степени точности поверхностей.

Для конкретного способа литья в зависимости от габаритных размеров и материала отливки устанавливаются достижимые классы точности размеров и масс и соответствующие им ряды припусков по табл. 2.8.

Таблица 2.8

Классы точности размеров и масс и ряды припусков
на механическую обработку отливок

Способ литья	Наибольший габаритный размер, мм	Тип металла и сплава		
		Цветные с температурой плавления ниже 700 °С	Цветные с температурой плавления выше 700 °С. Серый чугун	Чугун ковкий, высокопрочный и легированный. Сталь
		Классы точности размеров и масс(числитель) и ряды припусков (знаменатель)		
Литьё в песчаные формы	До 630	$\frac{6-11}{2-4}$	$\frac{7T-12}{2-4}$	$\frac{7-13T}{2-5}$
	Свыше 630 до 4000	$\frac{7-12}{2-4}$	$\frac{8-13T}{3-5}$	$\frac{9T-13}{3-6}$
Оболочковое литьё Литьё в кокили	До 100	$\frac{4-9}{1-2}$	$\frac{5T-10}{1-3}$	$\frac{5-11T}{1-3}$
	Свыше 100 до 630	$\frac{5T-10}{1-3}$	$\frac{5-11T}{1-3}$	$\frac{6-11}{2-4}$
	Свыше 630	$\frac{5-11T}{1-3}$	$\frac{6-11}{2-4}$	$\frac{7T-12}{2-5}$
Литьё по выплавляемым моделям	До 100	$\frac{3-6}{1}$	$\frac{4-7T}{1}$	$\frac{5T-7}{1-2}$
	Свыше 100	$\frac{4-7}{1}$	$\frac{5T-7}{1-2}$	$\frac{5-8}{1-2}$

Примечания: 1. В числителе указаны классы размеров и масс, в знаменателе – ряды припусков. *Меньшие* их размеры относятся к простым отливкам и условиям массового автоматизированного производства; *большие* – к сложным, мелкосерийного и единичного производства; *средние* – к отливкам средней сложности и условиям механизированного серийного производства.

2. Класс точности массы принимают равным или на один класс точнее класса размеров.

Назначение припусков начинают с установления *допусков* на размеры отливки в зависимости от класса их точности (табл. 2.9).

Таблица 2.9

Допуски размеров [2]

Размеры, мм	Допуски размеров отливок для класса точности, мм										
	1	2	3Г	3	4	5Г	5	6	7Г	7	8
Св. 6 до 10	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80
Св. 10 до 16	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90
Св. 16 до 25	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00
Св. 25 до 40	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10
Св. 40 до 63	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20
Св. 63 до 100	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40
Св. 100 до 160	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60
Св. 160 до 250	-	-	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80
Св. 250 до 400	-	-	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00

Основной припуск на механическую обработку назначают в зависимости от допуска на размер отливки и ряда припусков по табл. 2.10.

Таблица 2.10

Основные припуски на механическую обработку [2]

Допуски размеров отливок, мм	Основной припуск для рядов, мм					
	1	2	3	4	5	6
До 0,12 включительно	<u>0,2</u> 0,4					
Св. 0,12 до 0,16	<u>0,3</u> 0,5	<u>0,6</u> 0,8				
Св. 0,16 до 0,20	<u>0,4</u> 0,6	<u>0,7</u> 1,0	<u>1,0</u> 1,4			
Св. 0,20 до 0,24	<u>0,5</u> 0,7	<u>0,8</u> 1,1	<u>1,1</u> 1,5			
Св. 0,24 до 0,3	<u>0,6</u> 0,8	<u>0,9</u> 1,2	<u>1,2</u> 1,6	<u>1,8</u> 2,2	<u>2,6</u> 3,0	
Св. 0,3 до 0,4	<u>0,7</u> 0,9	<u>1,0</u> 1,3	<u>1,4</u> 1,8	<u>1,9</u> 2,4	<u>2,8</u> 3,2	
Св. 0,4 до 0,5	<u>0,8</u> 1,0	<u>1,1</u> 1,4	<u>1,5</u> 2,0	<u>2,0</u> 2,6	<u>3,0</u> 3,4	
Св. 0,5 до 0,6	<u>0,9</u> 1,2	<u>1,2</u> 1,6	<u>1,6</u> 2,2	<u>2,2</u> 2,8	<u>3,2</u> 3,0	
Св. 0,6 до 0,8	<u>1,0</u> 1,4	<u>1,3</u> 1,8	<u>1,8</u> 2,4	<u>2,4</u> 3,0	<u>3,4</u> 3,8	<u>4,4</u> 5,0
Св. 0,8 до 1,0	<u>1,1</u> 1,6	<u>1,4</u> 2,0	<u>2,0</u> 2,8	<u>2,6</u> 3,2	<u>3,6</u> 4,0	<u>4,6</u> 5,5
Св. 1,0 до 1,2	<u>1,2</u> 2,0	<u>1,6</u> 2,4	<u>2,2</u> 3,0	<u>2,8</u> 3,4	<u>3,8</u> 4,2	<u>4,8</u> 6,0
Св. 1,2 до 1,6	<u>1,6</u> 2,4	<u>2,0</u> 2,8	<u>2,4</u> 3,2	<u>3,0</u> 3,8	<u>4,0</u> 4,6	<u>5,0</u> 6,5
Св. 1,6 до 2,0	<u>2,0</u> 2,8	<u>2,4</u> 3,2	<u>2,8</u> 3,6	<u>3,4</u> 4,2	<u>4,2</u> 5,0	<u>5,5</u> 7,0

Для каждого интервала значений допусков на размеры отливки в каждом ряду допусков (табл. 2.10) предусмотрены два значения основного припуска. Большие значения припуска устанавливаются при более точных качествах с учётом рекомендаций табл. 2.11.

Таблица 2.11

Зависимость точности размеров отливок от точности размеров детали [2]

Класс точности размеров отливок	1 – 3т	3 – 5т	5 – 7	7 – 9т	9 – 16
Квалитет точности размеров деталей, получаемых механической обработкой отливок	IT9 и <u>грубее</u> IT8 и <u>точнее</u>	IT10 и <u>грубее</u> IT8 – IT9	IT11 и <u>грубее</u> IT9 -IT10	IT12 и <u>грубее</u> IT9 -IT11	IT13 и <u>грубее</u> IT10-IT12

Дополнительный припуск компенсирует отклонение расположения элементов отливки: смещения по плоскости разъёма (табл. 2.12), коробления (табл. 2.13), и учитывается только в том случае, если наибольшее из отклонений расположения превышает половину допуска на соответствующий размер отливки.

Таблица 2.12

Предельные отклонения смещения по плоскости разъёма [2]

Расстояние между центрирующими устройствами формы, мм	Предельные отклонения смещения ± мм для классов точности размеров отливок				
	1 – 3	4 – 5т	5 – 6	7т – 7	8 – 9т
До 630 включительно Св. 630 до 1600	0,24 0,3	0,30 0,4	0,4 0,5	0,5 0,6	0,6 0,8
Расстояние между центрирующими устройствами формы, мм	Предельные отклонения смещения ± мм для классов точности размеров отливок				
	9 – 10	11т – 11	12 – 13т	13 – 14	15 – 16
До 630 включительно Св. 630 до 1600	0,8 1,0	1,0 1,2	1,2 1,6	1,6 2,0	2,0 2,4

Таблица 2.13

Пределные отклонения коробления [2]

Наибольший габаритный размер отливки, мм	Пределные отклонения коробления ± мм для степеней коробления отливок									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
До 100 включительно						0,10	0,16	0,24	0,4	0,6
Св. 100 до 160					0,10	0,16	0,24	0,4	0,6	1,0
Св. 160 до 240				0,10	0,16	0,24	0,40	0,60	1,0	1,6
Св. 240 до 400			0,10	0,16	0,24	0,40	0,60	1,0	1,6	2,4
Св. 400 до 630		0,10	0,16	0,24	0,40	0,60	1,0	1,6	2,4	4,0
Св. 630 до 1000	0,10	0,16	0,24	0,40	0,60	1,0	1,6	2,4	4,0	6,0

Степень коробления отливки устанавливается по табл. 2.14

Таблица 2.14

Степень коробления отливок [2]

Отношение наименьшего габаритного размера отливки к наибольшему	Св. 0,20	0,20÷0,1	0,1÷0,05	До 0,05
Степень коробления	1 – 7	2 – 8	3 – 9	4 – 10

Значение дополнительных припусков приведены в табл. 2.15

Таблица 2.15

Дополнительный припуск [2]

Допуски размеров отливки, мм	Наибольшая погрешность расположения, мм	Дополнительный припуск, мм
Св. 0,08 до 0,10	Св. 0,04 до 0,16	0,1
	Св. 0,16 до 0,20	0,2
Св. 0,10 до 0,12	Св. 0,05 до 0,16	0,1
	Св. 0,16 до 0,24	0,2
Св. 0,12 до 0,16	Св. 0,06 до 0,20	0,1
	Св. 0,20 до 0,30	0,2

Продолжение табл. 2.15

Допуски размеров отливки, мм	Наибольшая погрешность расположения, мм	Дополнительный припуск, мм
Св. 0,16 до 0,20	Св. 0,08 до 0,20	0,1
	Св. 0,20 до 0,30	0,2
	Св. 0,30 до 0,40	0,3
Св. 0,20 до 0,24	Св. 0,10 до 0,24	0,1
	Св. 0,24 до 0,40	0,2
	Св. 0,40 до 0,50	0,4
Св. 0,24 до 0,30	Св. 0,12 до 0,24	0,1
	Св. 0,24 до 0,40	0,2
	Св. 0,40 до 0,50	0,3
	Св. 0,50 до 0,60	0,5
Св. 0,30 до 0,40	Св. 0,15 до 0,30	0,1
	Св. 0,30 до 0,40	0,2
	Св. 0,40 до 0,50	0,3
	Св. 0,50 до 0,60	0,4
	Св. 0,60 до 0,80	0,6
Св. 0,40 до 0,50	Св. 0,20 до 0,40	0,1
	Св. 0,40 до 0,50	0,2
	Св. 0,50 до 0,60	0,3
	Св. 0,60 до 0,80	0,5
	Св. 0,80 до 1,00	0,8
Св. 0,50 до 0,60	Св. 0,25 до 0,50	0,1
	Св. 0,50 до 0,60	0,3
	Св. 0,60 до 0,80	0,4
	Св. 0,80 до 1,00	0,6
	Св. 1,00 до 1,20	1,0
Св. 0,60 до 0,80	Св. 0,30 до 0,50	0,1
	Св. 0,50 до 0,60	0,2
	Св. 0,60 до 0,80	0,4
	Св. 0,80 до 1,00	0,5
	Св. 1,00 до 1,20	0,8
	Св. 1,20 до 1,60	1,2
Св. 0,80 до 1,00	Св. 0,40 до 0,60	0,1
	Св. 0,60 до 0,80	0,2
	Св. 0,80 до 1,00	0,4
	Св. 1,00 до 1,20	0,6
	Св. 1,20 до 1,60	1,0
	Св. 1,60 до 2,00	1,6

Окончание табл. 2.15

Допуски размеров отливки, мм	Наибольшая погрешность расположения, мм	Дополнительный припуск, мм
Св. 1,00 до 1,20	Св. 0,50 до 0,80	0,2
	Св. 0,80 до 1,00	0,3
	Св. 1,00 до 1,20	0,5
	Св. 1,20 до 1,60	0,8
	Св. 1,60 до 2,00	1,2
	Св. 2,00 до 2,40	2,0
Св. 1,20 до 1,60	Св. 0,60 до 1,00	0,2
	Св. 1,00 до 1,20	0,3
	Св. 1,20 до 1,60	0,6
	Св. 1,60 до 2,00	1,0
	Св. 2,00 до 2,40	1,6
	Св. 2,40 до 3,00	2,4
Св. 1,60 до 2,00	Св. 0,80 до 1,20	0,2
	Св. 1,20 до 1,60	0,3
	Св. 1,60 до 2,00	0,8
	Св. 2,00 до 2,40	1,2
	Св. 2,40 до 3,00	2,0
	Св. 3,00 до 4,00	3,0

Общий припуск на механическую обработку (на сторону) по каждой поверхности детали равен сумме основного и дополнительного припуска.

Общий припуск для наружных и внутренних поверхностей вращения определяется как $2Z_{\text{общ}_i} = (Z_{\text{осн}_i} + Z_{\text{доп}_i}) \times 2$; для плоских поверхностей $Z_{\text{общ}_i} = (Z_{\text{осн}_i} + Z_{\text{доп}_i})$.

Размеры отливок для тел вращения определяются как $A_{\text{заг}_i} = A_{\text{дет}_i} + 2Z_{\text{общ}_i}$; для плоских поверхностей $A_{\text{заг}_i} = A_{\text{дет}_i} + Z_{\text{общ}_i}$.

2.3. Выбор способов обработки поверхностей детали

Составление маршрута обработки каждой поверхности детали выполняют путём выбора способов их обработки, последовательно приближающих точность и качество обрабатываемой поверхности к требуемым чертежом. Для решения задачи используют таблицы точности обработки (табл. 2.16, 2.17, 2.18).

Таблица 2.16

Точность и качество поверхности при обработке наружных
цилиндрических поверхностей [3]

Способы обработки	Квалитет точности	Шероховатость поверхности, мкм	Технологические допуски, мкм, при диаметрах обработки, мм							
			св. 6 до 10	св. 10 до 18	св. 18 до 30	св. 30 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 120	св. 120 до 180	св. 180 до 250
			Обтачивание:							
черновое	13	50,0	220	270	330	390	460	540	630	720
	12	40,0	150	180	210	250	300	350	400	460
получистовое	11	25,0	90	110	130	160	190	220	250	290
	10	20,0	58	70	84	100	120	140	160	180
чистовое	9	5,00	36	43	52	62	74	87	100	115
	8	2,50	22	27	33	39	46	57	63	72
Шлифование										
предварительное	9	2,5	36	43	52	62	74	87	100	115
	8	1,25	22	27	33	39	46	57	63	72
чистовое	7	0,63	15	18	21	25	30	35	40	46
	6	0,2	9	11	13	16	19	22	25	29
Суперфиниширование	5	0,1	6	8	9	11	13	15	18	20
Обкатывание	10 – 5	0,8 – 0,05								

Таблица 2.17

Точность поверхности при обработке отверстий [3]

Способы обработки	Квалитет точности	Технологические допуски, мкм, при диаметрах обработки, мм							
		св. 6 до 10	св. 10 до 18	св. 18 до 30	св. 30 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 120	св. 120 до 180	св. 180 до 250
Сверление и рас- сверливание	13	220	270	330	390	460	-	-	-
	12	150	180	210	250	300	-	-	-
Зенкерование: черновое просверленного однократное литого	11	90	110	130	160	190	220	-	-
	10	58	70	84	100	120	140	-	-
	12	-	180	210	250	300	350	-	-
	9	36	43	52	62	74	87	-	-
Развертывание: нормальное точное тонкое	10	58	70	84	100	120	140	160	185
	8	22	27	33	39	46	57	63	72
	6	6	8	9	11	13	15	18	20
Протягивание	8	22	27	33	39	46	57	63	72
Растачивание: черновое чистовое тонкое	12	150	180	210	250	300	350	400	460
	11	90	110	130	160	190	220	250	290
	10	58	70	84	100	120	140	160	185
	9	36	43	52	62	74	87	100	115
	8	22	27	33	39	46	57	63	72
	7	16	18	21	25	30	35	40	46
	6	9	11	13	16	16	22	25	29
	6	9	11	13	16	16	22	25	29
Шлифование: предварительное чистовое	9	36	43	52	62	74	87	100	115
	8	22	27	33	39	46	57	63	72
	7	16	18	21	25	30	35	40	46
	6	9	11	13	16	19	22	25	29
Хонингование	5	6	8	9	11	13	15	18	20

Таблица 2.18

Точность поверхности при обработке плоскостей [4]

Способы обработки	Квалитет точности	Технологические допуски, мкм, при диаметрах обработки, мм							
		до 80	св. 80 до 180	св. 180 до 260	св. 260 до 500	до 80	св. 80 до 180	св. 180 до 260	св. 260 до 500
		Длина × ширина обрабатываемой плоскости, мм							
		до 160×160				св.160×160 до 400×400			
Фрезерование и строгание: черновое	11	-	-	-	-	200	260	300	380
	10	120	160	185	250	120	120	185	250
чистовое	8	60	80	90	120	60	60	90	120
	10	-	-	-	-	120	160	185	250
Протягивание: однократное	8	60	80	90	120	60	80	90	120
	8	60	80	90	120	60	80	90	120
Шлифование: предварительное	8	60	80	90	120	60	80	90	120
	7	20	27	30	40	20	27	30	40
Притирка, шабрение	6	13	18	20	25	13	18	20	25
	6	13	18	20	25	13	18	20	25

Пример выбора способов обработки наружной поверхности вращения $\varnothing 40h7$:

- черновое точение заготовки обеспечивает 12-й квалитет точности;
- получистовое точение повышает её точность до 10-го квалитета;
- перейти к 8-му квалитету можно, используя либо чистовое точение, либо предварительное шлифование;
- завершающим технологическим переходом обработки поверхности, обеспечивающим 7-й квалитет точности, является чистовое шлифование.

Таким образом, возможно два маршрута обработки поверхности $\varnothing 40h7$:

1. Точение черновое (12 кв.), точение получистовое (10 кв.), точение чистовое (8 кв.) и шлифование чистовое (7 кв.);

2. Точение черновое (12 кв.), точение получистовое (10 кв.), шлифование предварительное (8 кв.) и шлифование чистовое (7 кв.).

Окончательно выбирают маршрут обработки поверхности из возможных вариантов, исходя из технико-экономических соображений.

Пример выбора способов обработки отверстия $\text{Ø}15\text{h}7$ в сплошном металле:

- сверление отверстия даёт 12-й квалитет точности;
- последующее его зенкерование – 10-й квалитет;
- точное развертывание – 8-й квалитет;
- тонкое развертывание – 7-й квалитет.

Такую же точность можно получить, используя маршрут: сверление (12 кв.), растачивание чистовое (10 кв.), растачивание тонкое (7 кв.); либо: сверление (12 кв.), протягивание (8 кв.), растачивание тонкое (7 кв.).

Окончательно маршрут обработки выбирают на основании технико-экономических соображений.

2.4. Установление припусков на обработку по технологическим переходам и межоперационных размеров детали

Порядок расчета следующий:

1. Составить форму расчётной карты (табл. 2.19). В карту записать обрабатываемые поверхности детали и последовательный порядок технологических переходов их обработки, начиная с заготовки.

2. В графу “Межоперационный размер” записать для заготовки её номинальный размер и предельные отклонения на него, полученные при определении общего припуска. В графу “Припуск” записать рассчитанный общий припуск на обработку этой поверхности.

3. Для конечного перехода обработки каждой поверхности записать её номинальный размер с предельными отклонениями, который берётся с чертежа детали. Рядом в скобках указать ей соответствующий квалитет точности. В графу “Припуск” занести величину промежуточного припуска, удаляемого на этом переходе, принятого по таблице приложения.

4. Для перехода, предшествующего конечному, определить межоперационный размер путём прибавления (для отверстий – вычитания) к номинальному размеру поверхности по чертежу припуска, снимаемого на

конечном переходе. У полученного размера указать предельные отклонения, соответствующие качеству точности, достигаемому на этом переходе. Эти же предельные отклонения указываются у припуска на обработку на конечном переходе.

5. Последовательно определить межоперационные размеры для каждого предшествующего перехода путём прибавления (вычитания) к рассчитанному межоперационному размеру следующего за ним смежного перехода его промежуточного припуска. Указать предельные отклонения межоперационных размеров, припусков и качество точности, достигаемый на каждом переходе.

6. Для чернового перехода припуск определяется как разность между общим припуском на обработку и суммой припусков по всем остальным переходам.

Пример выполнения расчета представлен в табл. 2.19.

Таблица 2.19

Пример установления припусков по технологическим переходам и межоперационных размеров

№	Технологические переходы обработки элементарных поверхностей	Припуски на диаметр, мм	Межоперационный размер, мм
1	Наружная поверхность вращения $\varnothing 60_{-0,46} (h8)$		
	Заготовка	$\sum 4,0$	$64_{-0,5}^{+0,9}$
	Точение: черновое	$3,4_{-0,5}^{+0,9}$	$60,6_{-0,3} (h12)$
	чистовое шлифование	$0,4_{-0,3}$ $0,2_{-0,12}$	$60,2_{-0,12} (h10)$ $60_{-0,046} (h8)$
2	Отверстие $\varnothing 25_{+0,021}^{+0,021} (H7)$		
	Заготовка	$\sum 3,0$	$22_{-0,8}^{+0,4}$
	Зенкерование	$2,0_{-0,8}^{+0,4}$	$24_{+0,33}^{+0,33} (H12)$
	Растачивание	$0,3_{+0,33}^{+0,33}$	$24,9_{+0,033}^{+0,033} (H8)$
	Протягивание	$0,6_{+0,084}^{+0,084}$	$24,9_{+0,033}^{+0,033} (H8)$
	Шлифование	$0,1_{+0,033}^{+0,033}$	$24,9_{+0,033}^{+0,033} (H8)$

2.5. Пример производственного метода расчёта припусков на обработку

Задача: установить припуски на обработку детали “Шестерня” (рис. 2.2) используя производственный (опытно-статистический) метод расчёта.

Назначение общего припуска на обработку каждой поверхности детали

Исходные данные:

- заготовку детали получаем в открытом штампе на кривошипном горячештамповочном прессе с отверстием;
- материал – сталь 45Х (ГОСТ 4543-7). Её химический состав: С – 0,45 %; Si – 0,37 %; Mn – 0,80 %; Cr – 1,10 %; Ni – 0,25 %; P – 0,035 %; S – 0,035 %; Cn – 0,32%.

Суммарная массовая доля легирующих элементов составляет 2,89 %.

Т.е. группа стали – М2;

- масса заготовки $G_3 = G_d \times K_p = 30,2 \times 1,8 = 54,4 \text{ Н}$.

Расчетный коэффициент $K_p = 1,8$ (см. табл. 2.1);

- класс точности заготовки – Т4 (см. табл. 2.2);

- степень точности формы заготовки определяется как отношение массы поковки (54,4 Н) к массе цилиндра (рис. 2.3), в который она вписывается и равной

$$V = \frac{\pi d^2}{4} l \mu,$$

где $\mu = 7,8 \text{ г/см}^2$ – удельный вес стали; $V = \frac{\pi 6,5^2}{4} \cdot 2,7 \cdot 7,8 = 698 = 69,8 \text{ Н}..$

$\frac{G_n}{G_\phi} = \frac{54,4}{69,8} = 0,78$. При $\frac{G_n}{G_\phi} = 0,78$ степень сложности формы заготовки относится к С1;

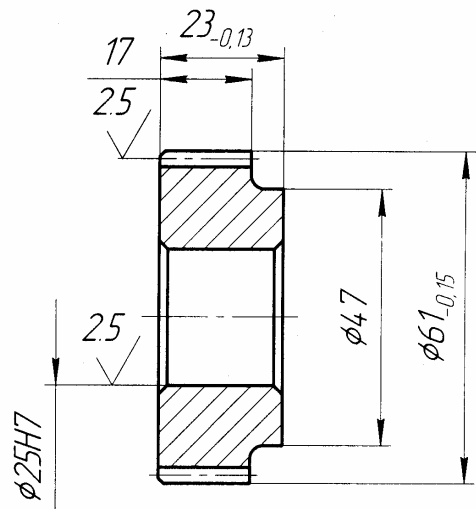


Рис. 2.2

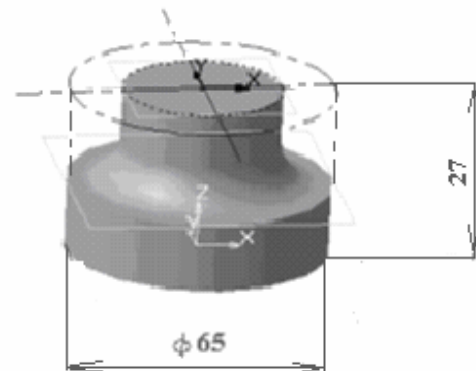


Рис. 2.3

- конфигурация поверхности разъема штампа плоская – П;
- по табл. 2.3 устанавливаем исходный индекс заготовки. При массе 54,4Н, М1, С1 и Т4 он равен 9.

*Определение припусков на обработку по поверхностям детали
и размеров поковки*

Основные припуски на сторону на размеры (см. табл. 2.4):

- Ø 61 мм с шероховатостью $Ra = 10$ мкм – 1,4 мм;
- Ø 47 мм с шероховатостью $Ra = 20$ мкм – 1,1 мм;
- Ø 25 мм с шероховатостью $Ra = 2,5$ мкм – 1,3 мм;
- толщина 23 мм с шероховатостью $Ra = 10$ мкм – 1,3 мм;
- толщина 17 мм с шероховатостью $Ra = 10$ мкм – 1,3 мм;

Дополнительные припуски на сторону (см. табл. 2.5 и 2.6) учитывают:

- смещение по поверхности разъема – 0,2 мм;
- отклонение от плоскости – 0,3 мм.

Общий припуск:

- на Ø 61 мм – $2Z_{\text{общ},61} = (1,4 + 0,2) \times 2 = 3,2$ мм;
- на Ø 47 мм – $2Z_{\text{общ},47} = (1,1 + 0,2) \times 2 = 2,6$ мм;
- на Ø 25 мм – $2Z_{\text{общ},25} = (1,3 + 0,2) \times 2 = 2,6$ мм;
- на толщину 23 мм – $2Z_{\text{общ},23} = (1,3 + 0,3) \times 2 = 3,2$ мм;
- на толщину 17 мм – $2Z_{\text{общ},17} = (1,3 + 0,3) \times 2 = 3,2$ мм.

Размеры поковки и их допустимые отклонения:

- Ø 61 мм – $61 + 3,2 = 64,2$ мм, принимаем 65 мм;
- Ø 47 мм – $47 + 2,6 = 49,6$ мм, принимаем 50 мм;
- Ø 25 мм – $25 - 3 = 22$ мм, принимаем 22 мм;
- толщина 23 мм – $23 + 3,2 = 26,2$ мм, принимаем 27 мм;
- толщина 17 мм – $17 + 3,2 = 20,2$ мм, принимаем 20,4 мм.

Допустимые отклонения размеров поковки (см. табл. 2.7)

- диаметр $65_{-0,5}^{+0,9}$ мм; диаметр $50_{-0,5}^{+0,9}$ мм;
- диаметр $22_{-0,8}^{+0,4}$ мм; толщина $27_{-0,4}^{+0,8}$ мм;
- толщина $20,4_{-0,4}^{+0,8}$ мм.

Выбор способов обработки поверхностей детали

Исходя из требуемой чертежом точности размеров детали, устанавливаем способы обработки ее каждой поверхности (см. табл. 2.16, 2.17):

- наружная поверхность вращения $\varnothing 61_{-0,2}(h11)$:
 - точение черновое – $h13$;
 - точение чистовое – $h11$;
- наружная поверхность вращения $\varnothing 47_{-0,62}(h14)$:
 - точение черновое – $h14$;
- отверстие $\varnothing 25^{+0,021}(H7)$:
 - зенкерование – $H13$;
 - расточивание – $H10$;
 - протягивание – $H8$;
 - шлифование – $H7$;
- толщина $23_{-0,14}(h11)$:
 - точение черновое – $h13$;
 - точение чистовое – $h11$;
- толщина $17_{-0,43}(h14)$:
 - точение черновое $h14$.

Установление промежуточных припусков (табл. 2.20) на обработку по технологическим переходам и межоперационные размеры

Таблица 2.20

Припуски на механическую обработку и межоперационные размеры

№ п/п	Технологические переходы обработки элементарных поверхностей	Припуск, мм	Межоперационные размеры, мм
1	<i>Наружная поверхность вращения $\varnothing 61_{-0,2}(h11)$</i>		
	Заготовка	$\Sigma 4,0$	$65^{+0,9}_{-0,5}$
	Точение: черновое	$3,7^{+0,9}_{-0,5}$	$61,3_{-0,46}(h13)$
	чистовое	$0,3_{-0,46}$	$61_{-0,2}(h11)$
2	<i>Наружная поверхность вращения $\varnothing 47_{-0,62}(h14)$</i>		
	Заготовка	$\Sigma 3,0$	$50^{+0,9}_{-0,5}$
	Точение	$3,0^{+0,9}_{-0,5}$	$47_{-0,62}(h14)$

№ п/п	Технологические переходы обработки элементарных поверхностей	Припуск, мм	Межоперацион- ные размеры, мм
3	<i>Отверстие $\varnothing 25^{+0,021}(H7)$</i>		
	Заготовка	$\Sigma 3,0$	$22^{+0,4}_{-0,8}$
	Зенкерование	$2,0^{+0,4}_{-0,8}$	$24^{+0,4}(H13)$
	Растачивание	$0,3^{+0,33}$	$24,3^{+0,084}(H10)$
	Протягивание	$0,6^{+0,084}$	$24,9^{+0,033}(H8)$
	Шлифование	$0,1^{+0,033}$	$\varnothing 25^{+0,021}(H7)$
4	<i>Толщина $23_{-0,14}(h11)$</i>		
	Заготовка	$\Sigma 4,0$ (с обеих сторон)	$27^{+0,8}_{-0,4}$
	Точение: черновое	$1,4^{+0,4}_{-0,2}$ (с каждого торца)	$23,6_{-0,33}(h13)$
	чистовое	$0,6_{-0,16}$ (с каждого торца)	$23_{-0,14}(h11)$
5	<i>Толщина $17_{-0,43}(h14)$</i>		
	Заготовка	$\Sigma 3,4$ (с обоих торцов)	$20,4^{+0,8}_{-0,4}$
	Точение Точение торца общего с толщиной $23_{-0,4}$ – чистовое	$1,4^{+0,4}_{-0,2}$ (с каждого торца) $0,6_{-0,16}$	$17,6_{-0,43}(h14)$ $17_{-0,43}(h14)$

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

ТАБЛИЦЫ ПРИПУСКОВ НА ОБРАБОТКУ

Таблица П1.1

Припуски на механическую обработку наружных
поверхностей вращения, мм

Номинальный диаметр, мм	Способ обработки	Припуски на диаметр при длине вала, мм			
		до 120	св. 120 до 260	св. 260 до 500	св. 500 до 800
<i>Точение проката обычной точности</i>					
До 30	Черновое	<u>1,30</u> 1,10	<u>1,70</u> -	=	=
	Получистовое	<u>0,45</u> 0,45	<u>0,50</u> -	=	=
	Чистовое	<u>0,25</u> 0,20	<u>0,25</u> -	=	=
Св. 30 до 50	Черновое	<u>1,30</u> 1,10	<u>1,60</u> 1,40	<u>2,20</u> -	=
	Получистовое	0,45 0,45	0,45 0,45	0,50 -	-
	Чистовое	<u>0,25</u> 0,20	<u>0,25</u> 0,25	<u>0,30</u> -	=
Св. 50 до 80	Черновое	<u>1,50</u> 1,10	<u>1,70</u> 1,50	<u>2,30</u> 2,10	<u>3,10</u> -
	Получистовое	<u>0,45</u> 0,45	<u>0,50</u> 0,45	<u>0,50</u> 0,50	<u>0,55</u> -
	Чистовое	<u>0,25</u> 0,20	<u>0,30</u> 0,25	<u>0,30</u> 0,30	<u>0,35</u> -

Продолжение табл. П1.1

Номинальный диаметр, мм	Способ обработки	Припуски на диаметр при длине вала			
		до 120	св. 120 до 260	св. 260 до 500	св. 500 до 800
<i>Точение проката обычной точности</i>					
Св. 80 до 180	Черновое	<u>1,80</u>	<u>1,90</u>	<u>2,10</u>	<u>2,60</u>
		1,20	1,30	1,70	2,30
	Получистовое	<u>0,50</u>	<u>0,50</u>	<u>0,50</u>	<u>0,50</u>
		0,45	0,45	0,50	0,50
	Чистовое	<u>0,25</u>	<u>0,25</u>	<u>0,30</u>	<u>0,30</u>
		0,25	0,25	0,25	0,30
Св. 180 до 260	Черновое	<u>2,30</u>	<u>2,40</u>	<u>2,60</u>	<u>2,90</u>
		1,40	1,50	1,80	2,40
	Получистовое	<u>0,50</u>	<u>0,50</u>	<u>0,50</u>	<u>0,50</u>
		0,45	0,45	0,50	0,50
	Чистовое	<u>0,30</u>	<u>0,30</u>	<u>0,30</u>	<u>0,30</u>
		0,25	0,25	0,25	0,30
<i>Точение штампованных заготовок</i>					
До 18	Черновое	<u>1,50</u>	<u>1,90</u>	-	-
		1,40	-	-	-
	Чистовое	<u>0,25</u>	<u>0,30</u>	-	-
		0,25	-	-	-
Св. 18 до 30	Черновое	<u>1,60</u>	<u>2,00</u>	<u>2,30</u>	-
		1,50	1,80	-	-
	Чистовое	<u>0,25</u>	<u>0,30</u>	<u>0,30</u>	-
		0,25	0,25	-	-
Св. 30 до 50	Черновое	<u>1,80</u>	<u>2,30</u>	<u>3,00</u>	<u>3,50</u>
		1,70	2,00	2,70	-
	Чистовое	<u>0,30</u>	<u>0,30</u>	<u>0,30</u>	<u>0,35</u>
		0,25	0,30	0,30	-

Окончание табл. П1.1

Номинальный диаметр, мм	Способ обработки	Припуски на диаметр при длине вала			
		до 120	св. 120 до 260	св. 260 до 500	св. 500 до 800
Св. 50 до 80	Черновое	<u>2,20</u> 2,00	<u>2,90</u> 2,60	<u>3,40</u> 2,90	<u>4,20</u> 3,60
	Чистовое	<u>0,30</u> 0,30	<u>0,30</u> 0,30	<u>0,35</u> 0,30	<u>0,40</u> 0,35
Св. 80 до 120	Черновое	<u>2,60</u> 2,30	<u>3,30</u> 3,00	<u>4,30</u> 3,80	<u>5,20</u> 4,50
	Чистовое	<u>0,30</u> 0,30	<u>0,30</u> 0,30	<u>0,40</u> 0,35	<u>0,45</u> 0,40
Св. 120 до 180	Черновое	<u>3,20</u> 2,80	<u>4,60</u> 4,20	<u>5,00</u> 4,5	<u>6,50</u> 5,60
	Чистовое	<u>0,35</u> 0,30	<u>0,40</u> 0,30	<u>0,45</u> 0,40	<u>0,50</u> 0,45
<i>Шлифование заготовок</i>					
До 30	Предварительное: после термической обработки	0,30	0,60	–	–
	после чистового точения	0,20	0,20	–	–
	Чистовое	0,06	0,06	–	–
Св. 30 до 80	Предварительное: после термической обработки	0,25	0,50	0,85	–
	после чистового точения	0,20	0,20	0,20	–
	Чистовое	0,06	0,06	0,06	–
Св. 80 до 120	Предварительное: после термической обработки	0,20	0,35	0,65	1,00
	после чистового точения	0,20	0,20	0,20	0,20
	Чистовое	0,06	0,06	0,06	0,06
Св. 120 до 180	Предварительное: после термической обработки	0,17	0,30	0,55	0,85
	после чистового точения	0,20	0,20	0,20	0,20
	Чистовое	0,06	0,06	0,06	0,06

Примечание. Припуски при точении в числителе указаны при установке заготовки в центрах, в знаменателе – в патроне.

Таблица П1.2

Припуски на обработку отверстий, мм

<i>Чистовое растачивание</i>					
Диаметр отверстия, мм	до 30	св. 30 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 100	св. 100 до 200
Припуск на диаметр	0,70	1,00	1,20	1,50	2,00
<i>Зенкерование</i>					
Диаметр отверстия, мм	до 20	Св. 20 до 40	Св. 40 до 50	Св. 50 до 70	Св. 70 до 80
Припуск на сторону	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00
<i>Развёртывание</i>					
Вид развёртывания	Припуск на диаметр отверстия, мм				
	до 18	св. 18 до 30	св. 30 до 50	св. 50 до 75	св. 75 до 100
Черновой	0,10 – 0,11	0,14	0,18	0,20 – 0,22	0,30
Чистой	0,04 – 0,05	0,06	0,07	0,08 – 0,10	0,10
<i>Шлифование</i>					
Вид шлифования	Припуски на диаметр при размере отверстия, мм				
	до 10	св. 10 до 50	св. 50 до 180		
До термообработки	0,20	0,30	0,40 – 0,50		
После термообработки	–	0,10	0,20		
<i>Протягивание</i>					
Номинальный диаметр отверстия, мм	Припуск на диаметр для отверстий, подготовленных с точностью				
	до 9-го качества	грубее 9-го качества			
До 18	0,50	0,70			
Св. 18 до 30	0,60	0,80			
Св. 30 до 50	0,80	1,00			
Св. 50 до 80	1,00	1,20			
Св. 80 до 120	1,20	1,50			
Св. 120 до 180	1,50	1,80			
<i>Хонингование</i>					
Диаметр отверстия, мм	Припуск на диаметр				
	Сталь	Чугун			
до 18	0,05	0,02			
св. 18 до 180	0,06	0,03			
св. 180	0,07	0,04			

Таблица П1.3

Припуски на обработку плоскостей, мм

Способ обработки	Обработка	Припуск на сторону при наибольшем размере обрабатываемой поверхности				
		до 50	св. 50 до 120	св. 120 до 260	св. 260 до 500	св. 500 до 800
Лезвийным инструментом	Черновая после литья: в песчаную форму I-го класса точности	0,90	1,10	1,50	2,20	3,10
	в песчаную форму II-го класса точности	1,00	1,20	1,60	2,30	3,20
	в кокиль	0,70	0,80	1,00	1,60	2,20
	в оболочную форму	0,50	0,06	0,80	1,40	2,00
	Получистовая после черновой	0,25	0,25	0,30	0,30	0,35
	Чистовая после получистовой	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Шлифованием	Предварительная после чистовой обработки лезвийным инструментом	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	Чистовая после предварительной	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03

НОРМАТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ПРИПУСКОВ
Заготовки из проката

Таблица П2.1

Качество наружной поверхности проката

Калиброванный прокат			Горячекатаный прокат				
Характеристика проката	Высота неровностей R_z , мкм	Дефектный слой h , мкм	Диаметр, мм	Повышенной точности		Обычной точности	
				R_z , мкм	h , мкм	R_z , мкм	h , мкм
Гладкотянутый шлифованный	60	60	До 25	100	100	150	150
			Св. 25 до 75	100	150	150	250
	10	20	Св. 75 до 150	150	200	200	300
			Св. 150 до 250	250	300	300	400
Поперечно-винтовой прокат							
Диаметр, мм	Высота неровностей R_z , мкм, при точности прокатки		Дефектный слой h , мкм	Диаметр, мм	Высота неровностей R_z , мкм, при точности прокатки		Дефектный слой h , мкм
	повышенной	нормальной			повышенной	нормальной	
До 10	0,06	0,10	0,10	Св. 50 до 80	0,50	0,80	0,80
Св. 10 до 18	0,10	0,18	0,18	Св. 80 до 120	0,80	1,20	1,20
Св. 18 до 30	0,18	0,30	0,30	Св. 120 до 180	1,20	1,80	1,80
Св. 30 до 50	0,30	0,50	0,50	Св. 180 до 220	1,80	2,20	2,20

Примечание. Качество поверхности поперечно-винтового проката дано после термообработки (нормализации или улучшения).

Таблица П2.2

Пространственные погрешности проката

Состояние проката	Величина удельной кривизны Δk , мкм / мм при диаметре проката					Состояние проката	Величина удельной кривизны Δk , мкм / мм при диаметре проката				
	до 30	св. 30 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 150	св. 150		до 30	св. 30 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 150	св. 150
Калиброванный прокат						Горячекатный прокат					
В состоянии поставки при точности прокатки: обычный повышенный высокий	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	После термообработки (без правки): в печах т. в. ч. После правки на прессах	2,0	1,3	0,9	0,6	0,3
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0		1,0	0,65	0,45	0,3	0,15
После термообработки (без правки): в печах т. в. ч.	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	Поперечно-винтовой прокат					
	2,0	1,3	0,9	0,6	0,5	Точность проката:					
	1,0	0,6	0,45	0,3	0,15	нормальная		2			
						повышенная		4			

Примечания. 1. Местную кривизну $\Delta_{км}$ определяют по формулам:

при консольном креплении $\Delta_{км} = \Delta_k L_k$;

при установке в центрах $\Delta_{км} = 2 \Delta_k L_k$,

где L_k – расстояние от сечения, для которого определяют кривизну, до места крепления при консольной обработке (при этом $L_k \leq L$) или до опоры при установке в центрах (в этом случае $L_k \leq 0,5 L$, где L – общая длина заготовки).

Общую кривизну $\Delta_{ко}$ определяют по формуле $\Delta_{км} = \Delta_k \Delta$.

2. Суммарное значение пространственных отклонений

$$\Delta = \sqrt{\Delta_k^2 + \Delta_{ц}^2},$$

где Δ_k – величина кривизны (местная или общая); $\Delta_{ц}^2$ – величина смещения оси заготовки в результате погрешности зацентровки,

$$\Delta_{ц} = 0,25\sqrt{T^2 + 1},$$

здесь T – допуск в мм на диаметр базовой поверхности заготовки, использованной при зацентровке.

3. Величину остаточной кривизны заготовки после выполнения перехода обработки определяют расчетом или по формуле

$$\Delta_{ост} = K_y \Delta_{заг},$$

где $\Delta_{заг}$ – кривизна заготовки, K_y – коэффициент уточнения (табл. П2.12).

Таблица П2.3

Точность и качество поверхности заготовок из проката
после механической обработки

Способ обработки	Переход	Квалитет	R_z , мкм	h , мкм
Обработка наружных поверхностей				
Обтачивание резцами проката повышенной и обычной точности прокатки	Обдирка	14	125	120
	Черновое	12	63	60
	Чистовое и однократное	10 – 11	32 – 20	30
	Тонкое	7 – 9	6,3 – 3,2	–
Шлифование в центрах проката обычной точности прокатки Бесцентровое шлифование проката повышенной и высокой точности прокатки	Черновое	8 – 9	10	20
	Чистовое и однократное	7 – 8	6,3	12
	Тонкое	5 – 6	3,2 – 0,8	6 – 2
Обработка торцовых поверхностей				
Подрезание резцом на токарных станках Шлифование на кругло- и торцешлифовальных станках	Черновое	12	50	50
	Чистовое	11	32	30
	Однократное	6	5 – 10	–

Поковки, изготавливаемые ковкой и штамповкой

Таблица П2.4

Качество поверхности штампованных поковок

Масса поковки, кг	Высота неровностей R_z , мкм	Дефектный слой h , мкм	Масса поковки, кг	Высота неровностей R_z , мкм	Дефектный слой h , мкм
До 0,25	80	150	Св. 25 до 40	250	300
Св. 0,25 до 4,00	160	200	Св. 40 до 100	320	350
Св. 4,00 до 25	200	250	Св. 100 до 200	400	400

Примечание. Высота неровностей R_z дана после пескоструйной обработки поверхности поковок или травления; при дробеструйной или дробеметной обработке эту величину принимают 400 мкм, независимо от массы штампованной поковки.

Таблица П2.5

Пространственные погрешности штампованных поковок

Допускаемые погрешности поковок по смещению осей фигур $\Delta_{см}$, штампуемых в разных половинах штампа						
Масса штампованной поковки, кг	$\Delta_{см}$ в мм по группам точности* при штамповке					
	на молотах			на прессах и горизонтально-ковочной машине		
	1	2	3	1	2	3
До 0,25	0,30	0,4	0,6	0,20	0,3	0,5
Св. 0,25 до 0,63	0,35	0,5	0,8	0,25	0,4	0,6
Св. 0,63 до 1,60	0,40	0,6	1,2	0,30	0,5	0,7
Св. 1,00 до 2,50	0,45	0,8	1,4	0,35	0,6	0,8
Св. 2,50 до 4,00	0,50	1,0	1,5	0,40	0,7	0,9
Св. 4,00 до 6,30	0,63	1,1	1,7	0,50	0,8	1,0
Св. 6,30 до 10,00	0,70	1,2	2,0	0,60	0,9	1,2
Св. 10 до 16	0,8	1,3	2,1	0,60	1,0	1,3
Св. 16 до 25	0,9	1,4	2,3	0,70	1,1	1,4
Св. 25 до 40	1,0	1,6	2,6	0,70	1,2	1,6
Св. 40 до 63	1,2	1,8	2,9	–	–	–
Св. 63 до 100	1,4	2,2	3,5	–	–	–
Св. 100 до 125	1,6	2,4	3,8	–	–	–
Св. 125 до 160	1,8	2,7	4,4	–	–	–
Св. 160 до 200	2,2	3,2	5,0	–	–	–

* 1-я группа точности характерна для массового, 2-я – для крупносерийного, 3-я – для серийного производства.

Допускаемые погрешности поковок типа дисков и рычагов по эксцентricности и короблению, получаемых на прессах и горизонтально-ковочных машинах						
Толщина (высота), длина или ширина поковок, мм	Погрешности по группам точности					
	Эксцентricность отверстий $\Delta_{\text{экс}}$, мм			Кривизна (стрела прогиба) и коробление $\Delta_{\text{кор}}$, мм		
	1	2	3	1	2	3
До 50	0,50	0,8	1,0	0,25	0,5	0,5
Св. 50 до 120	0,63	1,4	1,5	0,25	0,5	0,5
Св. 120 до 180	0,80	2,0	2,5	0,32	0,5	0,7
Св. 180 до 260	1,00	2,8	3,5	0,32	0,6	0,9
Св. 260 до 360	1,50	3,2	4,5	0,40	0,7	1,0
Св. 360 до 500	2,50	3,6	5,5	0,50	0,8	1,1
Допускаемая удельная кривизна Δ_k поковок типа валов						
Диаметр поковки D , мм	Δ_k в мкм на 1 мм длины после					
	штамповки для группы точности		правки на прессах	термообработки		
	1 и 2	3		в печах	т. в. ч.	
До 25	5	10	0,20	2,5	1,25	
Св. 25 до 50	5	10	0,15	1,5	0,75	
Св. 50 до 80	3	6	0,12	1,5	0,75	
Св. 80 до 120	2	4	0,10	1,0	0,50	
Св. 120 до 180	1,6	3	0,08	1,0	0,50	
Св. 180 до 260	1,4	2,5	–	–	–	
Св. 260 до 360	1,2	2,0	–	–	–	
Св. 360 до 500	1,1	1,5	–	–	–	
Допускаемая удельная кривизна Δ_k стержня после высадки фланца или утолщения на горизонтально-ковочной машине						
Длина L , мм	Δ_k в мкм на 1 мм длины при диаметре стержня d в мм					
	до 18	св. 18 до 30	св. 30 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 120	
До 120	6	8	12	16	20	
Св. 120 до 180	4	6	8	12	16	
Св. 180 до 500	2	4	4	6	6	
Св. 500 до 1000	2	2	2	3	3	

Допускаемое смещение оси фланца или утолщения относительно оси стержня при их высадке на горизонтально-ковочной машине					
Высота фланца или утолщения, мм	$\Delta_{см}$ при диаметре фланца или утолщения, мм				
	до 50		св. 50 до 120		св. 120 до 260
До 18	0,25		0,25		0,50
Св. 18 до 50	0,25		0,50		0,50
Св. 50 до 120	0,50		0,50		0,75
Св. 120 до 180	0,50		0,75		0,75
Допускаемая неперпендикулярность торца фланца к оси поковки $\Delta_{н}$					
Масса штампованных поковок, кг	$\Delta_{н}$ при штамповке, мм		Масса поковок, кг	$\Delta_{н}$ при штамповке, мм	
	на прессах	на горизонтально-ковочной машине		на прессах	на горизонтально-ковочной машине
До 0,25	0,2	0,3	Св. 4 до 10	0,5	0,9
Св. 0,25 до 1,60	0,3	0,5	Св. 10 до 25	0,6	1,1
Св. 1,6 до 4	0,4	0,7	Св. 25 до 40	0,7	1,2

Примечания. 1. Суммарное значение пространственных погрешностей определяют по формулам: при обработке в патроне для наружной поверхности $\Delta = \sqrt{\Delta_{см}^2 + \Delta_{кор}^2}$; для отверстия $\Delta = \sqrt{\Delta_{см}^2 + \Delta_{экс}^2}$; при обработке в центрах для наружной поверхности $\Delta = \sqrt{\Delta_{ко}^2 + \Delta_{ц}^2}$, где $\Delta_{ко}$ — общая кривизна заготовки; $\Delta_{ц}$ — погрешность зацентровки поковки, определяемая по формуле $\Delta_{ц} = 0,25\sqrt{T^2 + 1}$; здесь T — допуск в мм на диаметр базовой поверхности заготовки, использованной при зацентровке.

2. Формулы для расчета местной и общей кривизны приведены в табл. П2.2.

3. Для ступенчатых валов расчет можно вести по среднему диаметру; для стержневых деталей типа рычагов и пластин $D_{ср}$ определяют по среднему сечению стержня.

Таблица П2.6

Качество торцевой поверхности поковок послековки

Диаметр торцевой поверхности D , мм	Высота неровностей R_z , мкм	Дефектный слой T , мкм
До 30	200	300
Св. 30 до 50	300	500
Св. 50 до 80	400	800
Св. 80 до 120	500	1200

Таблица П2.7

Качество поверхности поковок после механической обработки

Наименование поверхности и способа обработки	Квалитет точности	Высота неровностей R_z , мкм	Дефектный слой T , мкм	Наименование поверхности и способа обработки	Квалитет точности	Высота неровностей R_z , мкм	Дефектный слой T , мкм
Валы ступенчатые							
<i>Наружные поверхности вращения</i>				<i>Торцовые поверхности</i>			
Обтачивание:				Подрезание:			
однократное	11 – 12	32	30	черновое	12	50	50
черновое	12	50	50	чистовое	11	32	30
чистовое	11	25	25	Фрезерование	14	100	100
тонкое	7 – 9	5	5	Шлифование	8	5	15
Шлифование:							
черновое	8 – 9	10	20				
чистовое	6 – 7	5	15				
тонкое	5 – 6	2,5	5				

Шестерни одновенцовые и многовенцовые							
<i>Наружные поверхности вращения</i>				<i>Торцовые поверхности</i>			
Обтачивание:				Подрезание:			
однократное	10 – 12	32	30	однократное	10 – 12	32	30
черновое	14	100	100	черновое	14	100	100
получистовое	12	50	50	получистовое	12	50	50
чистовое	10 – 12	25	25	чистовое	10 – 11	25	25
Шлифование:							
однократное	7 – 9	5	5				
черновое	8 – 9	10	10				
чистовое	6 – 7	5	5				
тонкое	5 – 6	2,5	2,5				
Рычаги							
<i>Плоскости, параллельные оси детали, и плоскости разъема головок</i>				Протягивание	10	5	10
				Шлифование:			
				черновое	8 – 9	10	20
				чистовое	6 – 7	5	10
Фрезерование:				Обтачивание стержня:	2а – 2	–	–
черновое	12	32	50	черновое	12	50	50
чистовое	11	10	15	чистовое	11	25	25

Заготовки, получаемые литьем

Таблица П2.8

Качество поверхности отливок ($R_z + h$, мкм),
достигаемое различными способами формовки

Отливка		Наибольший размер отливки, мм				
Материал	Класс точности*	До 500	Св. 500 до 1250	Св. 1250 до 3150	Св. 3150 до 6300	Св. 6300 до 10000
Чугун	I	400	600	800	1500	2000
	II	500	700	900		
	III	600	800	1000		
Сталь	I	300	500	700	1300	1700
	II	400	600	800		
	III	500	700	900		
Цветные металлы и сплавы	I	200	400	800	1100	-
	II	300	500			
	III	400	600			
Качество поверхности отливок, достигаемое специальными способами литья						
Литье		Квалитет	R_z , мкм	h , мкм, для заготовки		
				из чугуна	из стали	из цветных металлов
В кокиль		14 – 15	200	300	200	100
Центробежное		14 – 15	200	300	200	100
В оболочковые формы для элементов, получаемых	в одной полуформе	11 – 12	40	260	160	100
	в обеих полуформах	14	40	260	160	100
	под давлением	11 – 12	50	–	–	100
По выплавляемым моделям		11 – 12	32	170	100	63

* Классы точности отливки достигаются: I — литьем в формы, изготовленные машинной формовкой по металлическим моделям; II — машинной формовкой по деревянным моделям; III — ручной формовкой по деревянным моделям.

Таблица П2.9

Точность и качество поверхности после механической обработки отливок точением, фрезерованием, строганием и шлифованием

Обработка	Квалитет ¹	R_z , мкм	h , мкм	Обработка	Квалитет ¹	R_z , мкм	h , мкм
Точение, фрезерование, строгание Литье в песчаные формы Отливка I класса точности				Литье в кокиль и центробежное			
				Однократная	11	25	25
				Черновая	12	50	50
				Чистовая	10	20	20
Однократная	11 – 12	32	32	Тонкая	7 – 9	5	5
Черновая	12	50	50	Литье в оболочковые формы			
Отливки II класса точности				Однократная	10 – 11	25	25
				Черновая	11	20	20
				Чистовая	10	10	10
Черновая	14	100	100	Тонкая	7 – 9	5	5
Получистовая	12	50	50	Литье по выплавляемым моделям			
Отливки III класса точности				Однократная	10	15	20
				Тонкая	7 – 9	2,5	5
				Шлифование отливок, получаемых различными способами			
Черновая	14 – 15	250	240				
Получистовая	11 – 12	100	100				
Отливки I, II, III классов точности				Однократная	7	5	10
				Чистовая	10 – 11	25	25
				Тонкая	7 – 9	5	5
				Тонкая			
				Черновая	8 – 9	10	20
				Чистовая	6 – 8	5	15
				Тонкая	5 – 6	0,63	–

Качество обработки отверстий

Таблица П2.10

Механическая обработка отверстий

Способ обработки	Диаметр отверстия d , мм	Квалитет точности	Высота неровностей R_z , мкм	Дефектный слой h , мкм	
Обычное сверление спиральными сверлами	От 3 до 6	12	20	40	
	Св. 6 до 10		32	50	
	Св. 10 до 18		40	60	
	Св. 18 до 50		50	70	
Глубокое сверление специальными сверлами	От 3 до 10	12	15	25	
	Св. 10 до 18		20	30	
	Св. 18 до 30		32	40	
Зенкерование: черновое	От 18 до 30	11	40	40	
	Св. 30 до 80		50	50	
	однократное чистовое	До 80	10	32	40
Растачивание: черновое	От 50 до 260	12	40	50	
	чистовое	От 50 до 260	10	20	25
Развертывание: нормальное	От 6 до 80	10	10	20	
		8	5	10	
		7	3,2	–	
Отделочные методы: шлифование	До 80	7–9	5	10	
	протягивание	От 10 до 80	8	4	8
	калибрование шариком или оправкой	От 6 до 80	7	0,63	–
	притирочное шлифование (хонингование).	До 80	6–7	0,16	–

Примечание. Под черновым зенкерованием следует понимать обработку по черному литому или прошитому при штамповке отверстию; под чистовым – обработку после сверления или черного зенкерования.

Таблица П2.11

Увод сверла и смещение оси отверстия при сверлении

Сверло	Диаметр отверстия, мм				
	3 – 6	6 – 10	10 – 18	18 – 30	30 – 50
Увод Δ_y , мкм на 1 мкм длины отверстия					
Спиральное	2,1	1,7	1,3	0,9	0,7
Специальное	1,6	1,3	1,0	0,7	0,4
Смещение C_0 оси отверстия относительно номинального положения, мм					
Спиральные и специальные	10	15	20	25	30

Примечания: 1. Суммарное значение пространственных отклонений после сверления следует определить по формуле

$$\Delta = \sqrt{(\Delta_y L)^2 + C_0^2},$$

где C_0^2 – смещение оси отверстия; Δ_y – удельное значение увода оси отверстия; L – длина отверстия в мм.

2. Величину смещения оси отверстия после черновой обработки следует определять по формуле $\Delta_{\text{ост}} = K_y \Delta_{\text{см}}$ или $\Delta_{\text{ост}} = K_y \Delta_{\text{экс}}$, где $\Delta_{\text{см}}$ или $\Delta_{\text{ост}}$ – первоначальная величина смещения оси отверстия; K_y – коэффициент уточнения, равный:

после черновой обработки 0,05;
 » получистовой » 0,005;
 » чистовой » 0,002.

Таблица П2.12

Коэффициент уточнения K_y для отливок, проковок, штампованных заготовок и сортового проката

Технологический переход	K_y
После обтачивания: однократного	0,05
чернового	0,06
получистового	0,05
чистового	0,04
После шлифования: чернового	0,03
чистового	0,02

Библиографический список

1. Технология машиностроения. Проектирование поковок-заготовок машиностроительных деталей : метод. указания к самостоят. работе студентов / сост. Э.И. Комарова; Владим. политехн. ин-т. – Владимир, 1992. – 40 с.
2. Технология машиностроения. Выбор литых заготовок машиностроительных деталей : метод. указания к курсовому и дипломному проектированию / сост. Э. И. Комарова; Владим. политехн. ин-т. – Владимир, 1991. – 28 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя. в 2 т. Т. 1 / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мищерякова. – 4-е изд. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.

Оглавление

Введение	3
Занятие 1. РАСЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИПУСКОВ	4
1.1. Теоретические положения	4
1.2. Методика расчета припусков	5
1.3. Содержание расчетно-аналитического метода определения припусков на обработку	6
1.4. Содержание табличного метода определения припусков	8
1.5. Пример расчета припусков	8
Занятие 2. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ПРИПУСКОВ НА ОБРАБОТКУ	12
2.1. Методика расчета припусков	12
2.2. Назначение общего припуска на обработку	12
2.3. Выбор способов обработки поверхностей детали.....	25
2.4. Установление припусков на обработку по технологическим переходам и межоперационных размеров детали	29
2.5. Пример производственного метода расчета припусков на обработку	31
Приложения	35
Библиографический список.....	52

РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА ОБРАБОТКУ ДЕТАЛЕЙ

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине
«Технология машиностроения»

Составитель

ЖЕЛЮБОВА Татьяна Александровна

Ответственный за выпуск – зав.кафедрой профессор В.В. Морозов

Редактор Е.В. Невская

Корректор Т.В. Климова

Компьютерная верстка Е.Г. Радченко

ЛР № 020275. Подписано в печать 10.11.05.

Формат 60x84/16. Бумага для множит. техники. Гарнитура Таймс.

Печать на ризографе. Усл. печ. л. 3,02. Уч.-изд. л. 3,21. Тираж 150 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета

600000, Владимир, ул. Горького, 87.