

Автономная некоммерческая организация высшего образования

**«СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ОТКРЫТЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

КАФЕДРА МАШИНОСТРОЕНИЯ

Направление подготовки:

15.03.01 – Машиностроение

Профиль подготовки:

Все профили

ДИСЦИПЛИНА

«Технология машиностроения»

Лектор - кандидат технических наук, доцент

ЗАЙЦЕВ ГЕННАДИЙ НИКОЛАЕВИЧ

Санкт-Петербург

2016

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1 (4 ЧАСА)
Расчет припусков на обработку поверхности детали расчетно-аналитическим методом

1. Цель работы - овладеть навыками расчета припусков на обработку поверхности детали расчетно-аналитическим методом

2. Литература

Основная

1. Зайцев Г.Н. Припуски на механическую обработку: Учебное пособие / СПбГИЭУ. – СПб: СПбГИЭУ, 2003. – 59с.

Дополнительная

1. Анухин В.И. Допуски и посадки. Выбор и расчет, указание на чертежах: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. СПб: Изд-во СПбГТУ, 2001. 219с.

2. Зайцев Г. Н., Салтыков В. А. Выбор типового технологического процесса механической обработки заготовки: Учеб. метод. пособие по курс. проекту для студ. института экономики и менеджмента в промышленности. 2-е изд. – СПб.: СПбГИЭУ, 1999. – 140с

3. Маталин А. А. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. А. Маталин, 2008, Лань. - 511с.

4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т 1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985, 656 с.

5. Обработка металлов резанием. Справочник технолога / Под. ред. Г.А. Монахова. М.: Машиностроение, 1976, 600 с.

6. Балабанов А.Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя. М.: Издательство стандартов. – 1992, 464 с.

7. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.

3. Методика выполнения работы

3.1 Основные теоретические положения по расчету межоперационных припусков [1], с.1-34. [3], с. 253-264.

Важными характеристиками качества машин являются материалоемкость и затраты на материалы. Материалоемкость каждой детали машины при ее изготовлении определяется в основном значениями припусков на механическую обработку.

Назначение и расчет оптимальных значений припусков на механическую обработку позволяет снизить материалоемкость машин и затраты на материалы в себестоимости их изготовления.

3.1.1 Классификация припусков

В изготовлении машиностроительных деталей существуют два этапа: заготовительный, на котором получают заготовки, приближающиеся по форме и размерам к детали, и механообрабатывающий, на котором обеспечиваются необходимые требования по качеству деталей.

Различают исходные и промежуточные заготовки.

Исходной заготовкой называется заготовка перед первой технологической операцией.

Промежуточными заготовками являются заготовки перед последующими технологическими операциями.

На последней технологической операции получается **деталь** и поступает на сборку.

Исходная заготовка отличается от готовой детали тем, что на всех обрабатываемых поверхностях предусмотрены припуски, изменяющие размеры заготовки. Кроме припусков форму заготовки изменяют напуски, обусловленные технологией получения заготовки.

Припуск – это слой металла, который удаляется с заготовки, главным образом, обработкой резанием, для получения заданной чертежом формы, размера и шероховатости поверхности детали.

Напуск – это слой металла, который назначается сверх припуска, например штамповочные или литейные уклоны применяются для облегчения извлечения поковки из штампа и отливки из литейной формы. Напуск применяется часто для упрощения конфигурации поковки или отливки (например, в них не выполняются мелкие отверстия).

Наличие припусков и напусков увеличивает норму расхода материала на деталь.

Общим припуском z_0 на обработку называют слой материала, удаляемый с поверхности исходной заготовки в процессе механической обработки с целью получения готовой детали.

Различают операционные и промежуточные припуски.

Операционный припуск – это слой материала, удаляемый с заготовки при выполнении одной технологической операции.

Промежуточный припуск – разность размеров заготовки, получаемых на смежном предшествующем и выполняемом технологическом переходе.

Допуск на припуск является разностью между наибольшим и наименьшим значениями припуска.

3.1.2. Техничко-экономическая характеристика припуска на обработку

Оптимальные значения общего припуска находятся на основании технико-экономического расчета с учетом технологических ограничений.

При увеличении припуска с одной стороны возрастают затраты на механическую обработку $C_{мо}$ (рис. 1), так как увеличиваются трудоемкость обработки и расход электроэнергии, непроизводительные потери материала, превращаемого в стружку, затраты на режущие инструменты и вспомогательные материалы, на зарплату рабочих и другие.

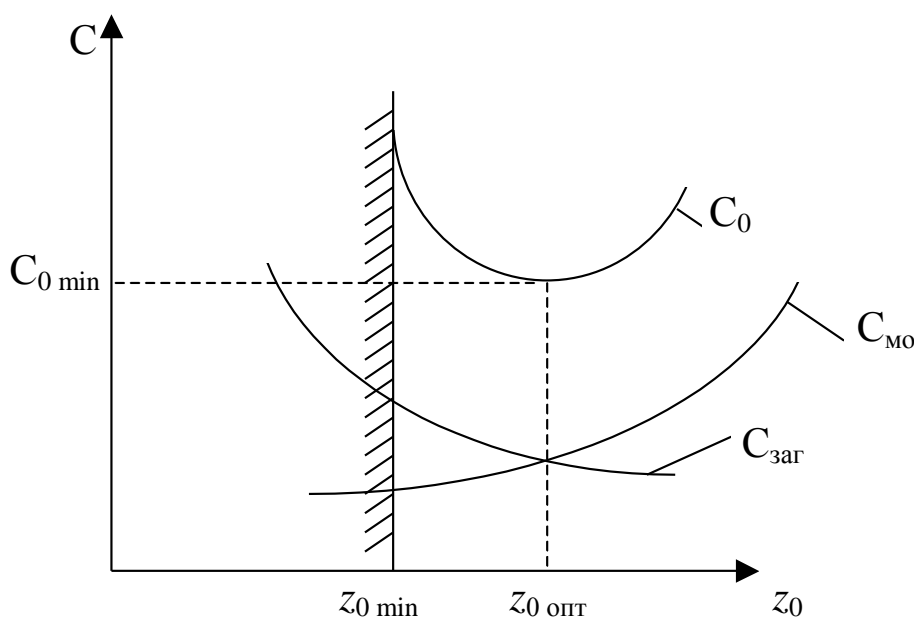


Рис.1. Схема определения оптимального припуска

Появляется необходимость введения дополнительных технологических переходов, а иногда и операций. С другой стороны это приводит к снижению затрат, связанных с получением заготовки $C_{заг}$, так как в

первую очередь применяются менее сложное и дорогое оборудование и оснастка заготовительного производства. Таким образом, суммарные затраты C_o на получение заготовки и ее механическую обработку будут иметь минимальные значение $C_o \min$ при оптимальном значении общего припуска $z_o \text{ опт.}$ При большем чем оптимальное значении припуска в суммарных затратах превалируют затраты на механическую обработку, а при меньшем – затраты на получение заготовки.

В качестве технологического ограничения выступает наименьшее допустимое значение припуска $z_{0 \min}$. Назначение припусков меньше допустимого значения $z_o < z_{0 \min}$ не обеспечивает удаление дефектных поверхностных слоев материала и достижение заданной точности и шероховатости поверхности, затрудняет разметку и выверку положения заготовок на станках при обработке по методу пробных ходов и увеличивает опасность появления брака, а также может создать условия, недопустимые для работы режущего инструмента, так как может оставаться зона с литейной коркой и окалиной.

На рис. 1 $z_{0 \min} < z_{0 \text{ onm}}$, если же $z_{0 \min} > z_{0 \text{ onm}}$, то наименьшие суммарные затраты обеспечит значение $z_{0 \min}$.

На технико-экономические показатели технологической операции, кроме самого припуска, оказывает влияние допуск на припуск.

Уменьшение допуска на припуск приводит к росту трудоемкости обработки. Увеличение допуска на припуск усложнит выполнение технологических операций на предварительно настроенных станках, снизит точность обработки и затруднит использование приспособлений.

3.1.3. Схемы расположения припусков

В зависимости от вида обрабатываемой поверхности существуют различные схемы расположения номинальных припусков (рис. 2).

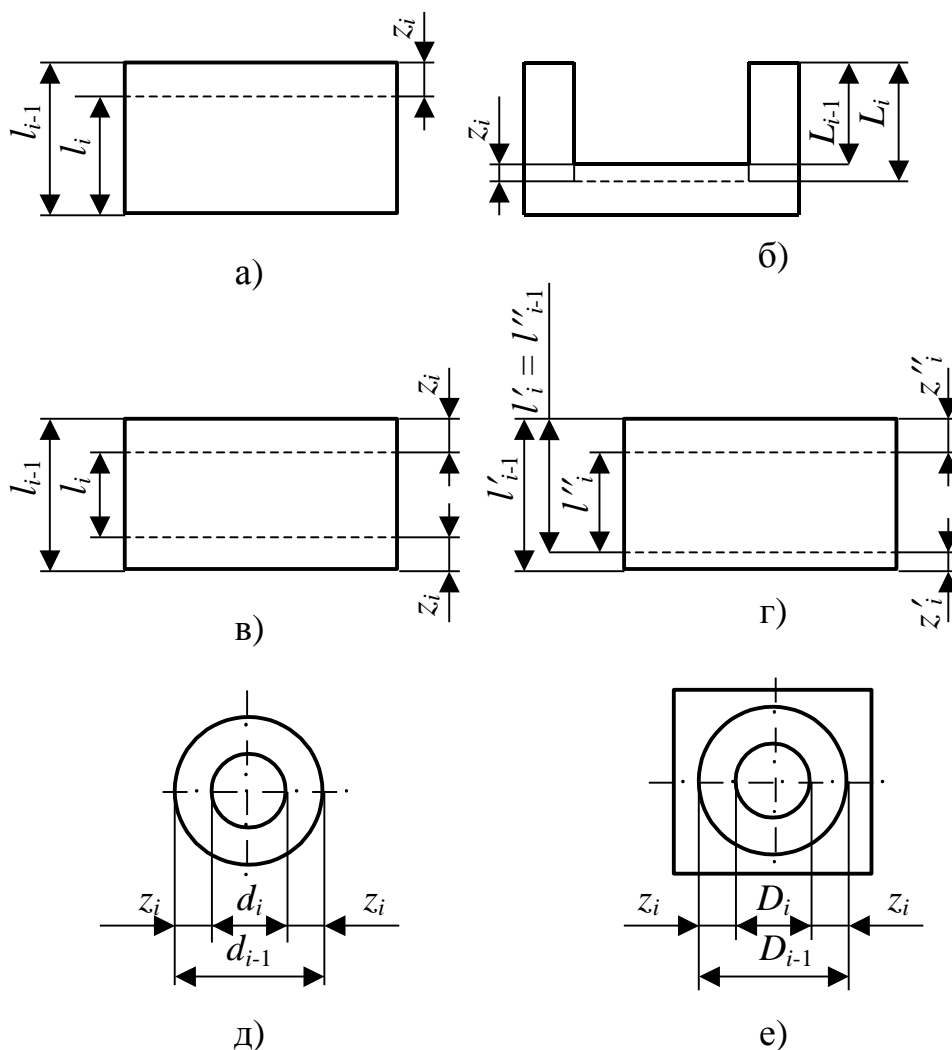


Рис. 2. Схемы расположения номинальных припусков на обработку:

а – наружной поверхности; *б* – внутренней поверхности; *в* – одновременно противоположных поверхностей с одинаковыми припусками; *г* – независимых противоположных поверхностей с разными припусками; *д* – наружной цилиндрической поверхности; *е* – внутренней цилиндрической поверхности.

На рисунке 2 приняты следующие обозначения: z_i – номинальный припуск на выполняемом переходе; L_{i-1} , l_{i-1} , D_{i-1} , d_{i-1} – номинальные размеры, полученные на предшествующем переходе.

Номинальный припуск на обработку наружной (рис. 2а) и внутренней (рис. 2б) поверхностей можно рассчитать по формулам (1) и (2):

$$z_i = l_{i-1} - l_i \quad (1)$$

$$z_i = L_i - L_{i-1} \quad (2)$$

Общий номинальный припуск z_o на обработку наружной и внутренней поверхностей определяется по аналогичным формулам (3) и (4).

$$z_o = l_{и.з.} - l_d \quad (3)$$

$$z_o = L_d - L_{и.з.} \quad (4)$$

где $l_{и.з.}$, $L_{и.з.}$ – номинальные размеры наружной и внутренней поверхностей исходной заготовки;

l_o , L_o – номинальные размеры наружной и внутренней поверхностей детали.

Общий номинальный припуск равен сумме промежуточных номинальных припусков

$$z_o = \sum_{i=1}^n z_i, \quad (5)$$

где n – число технологических переходов,

z_i – номинальный припуск на соответствующем переходе.

При одновременной обработке противоположных поверхностей (рис. 2в) с одинаковыми припусками, а также наружных и внутренних цилиндрических и конических поверхностей (рис. 2д, е) припуски являются симметричными и рассчитывается двойной номинальный припуск:

для наружных поверхностей

$$2z_i = d_{i-1} - d_i \quad (6)$$

$$2z_i = l_{i-1} - l_i \quad (7)$$

для внутренних поверхностей

$$2z_i = D_i - D_{i-1} \quad (8)$$

$$2z_i = L_i - L_{i-1} \quad (9)$$

Когда противоположные поверхности имеют разные припуски и обрабатываются независимо одна от другой, то номинальные припуски являются асимметричными (рис. 2г) и рассчитываются поочередно:

на первую поверхность

$$z'_i = l'_{i-1} - l'_i \quad (10)$$

на вторую поверхность

$$z''_i = l''_{i-1} - l''_i \quad (11)$$

Если одна из противоположных поверхностей не обрабатывается (рис. 2а, б), то припуск является односторонним. Это частный случай асимметричного припуска.

Кроме номинальных припусков существуют максимальные и минимальные промежуточные припуски, зависящие от допусков на размеры исходной и промежуточной заготовок.

Например, при обработке наружной поверхности вала за две операции (токарную и шлифовальную) [3] схема расположения припусков и допусков представлена на рис. 3.

На рис. 3 приняты следующие обозначения $D_{исх. заг}$, $D_{ток}$, $D_{шл.}$ – номинальные размеры исходной заготовки, вала после точения и шлифования; $z_{ном}^{общ}$, $z_{ном}^{ток}$, $z_{ном}^{шл.}$ – номинальные припуски: общий на обработку, операционный на точение и шлифование; $z_{ток}^{max}$, $z_{шл.}^{max}$ – максимальные припуски на точение и шлифование; $z_{ток}^{min}$, $z_{шл.}^{min}$ – минимальные припуски на точение и шлифование;

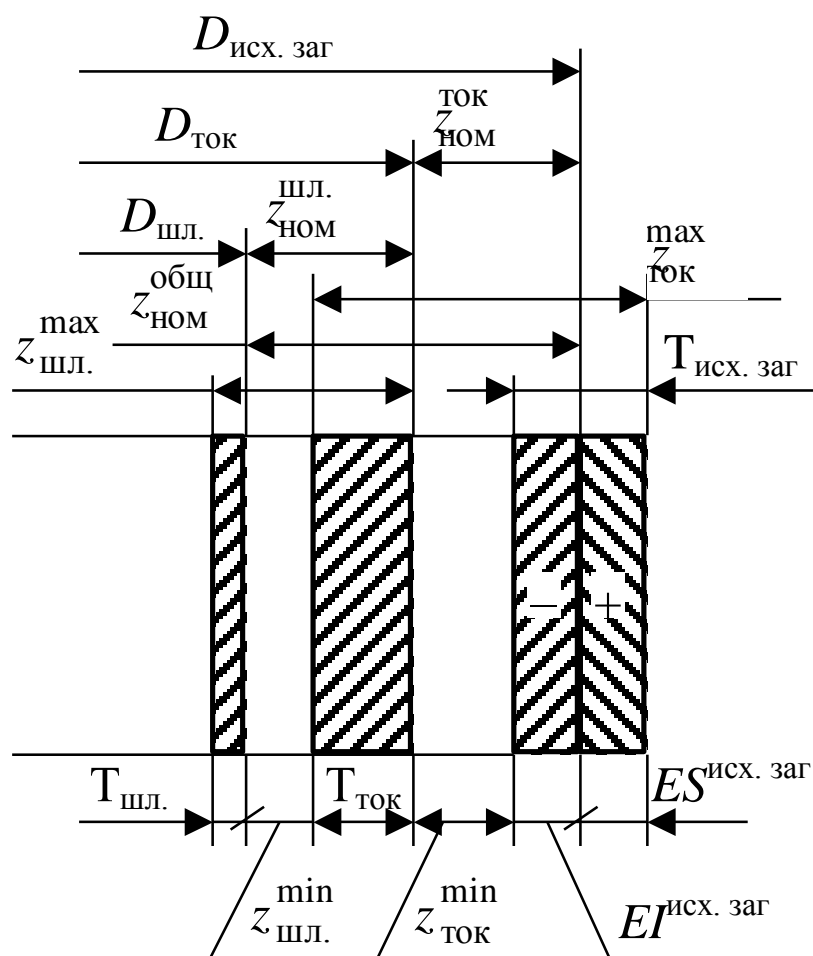


Рис. 3. Схема расположения припусков и допусков на токарную обработку и шлифование вала

$T_{исх. заг}$, $T_{тоок}$, $T_{шл}$ – допуски на размеры исходной заготовки, промежуточной заготовки после точения и детали после шлифования $ES^{исх. заг}$, $EL^{исх. заг}$ – верхнее и нижнее предельные отклонения исходной заготовки.

Из схемы (рис. 3) видно, что при обработке наружных цилиндрических поверхностей минимальный операционный припуск – это разность наименьшего предельного размера до обработки и наибольшего размера после обработки на данном переходе.

$$z_{i \min} = l_{(i-1) \min} - l_{i \max} \quad (12)$$

Максимальный операционный припуск – это разность наибольшего предельного размера до обработки и наименьшего предельного размера после обработки на данной операции

$$z_{i \max} = l_{(i-1) \max} - l_{i \min} \quad (13)$$

Из схемы (рис. 3) также следует, что

$$z_{i \max} = z_{i \min} + Tl_{(i-1) \min} + Tl_{i \max} \quad (14)$$

где Tl_{i-1} и Tl_i – допуски для предшествующей и последующей операции или перехода.

Номинальный операционный припуск

$$z_{i \text{ ном}} = z_{i \min} + Tl_{i-1} \quad (15)$$

При определении номинального припуска для первой операции обработки заготовки с симметричным расположением поля допуска в формулу (15) вводится не весь допуск, а только нижнее предельное отклонение $EL_{исх. заг}$.

$$z_{i \text{ ном}} = z_{i \min} + EL_{исх. заг} \quad (16)$$

При ориентировочных расчетах припусков Маталин А.А. [3] рекомендует принять следующее соотношение

$$z_{i \text{ ном}} = (2 - 4)Tl_{i-1} \quad (17)$$

Из формулы (15) видно, что при увеличении допуска на предыдущем переходе возрастает припуск на обработку на последующих переходах, что приводит к снижению производительности последующих операций и переходов. А уменьшение припуска на обработку на данном

переходе приводит к повышению точности, а следовательно, и стоимости предшествующей обработки.

Поэтому при назначении операционных припусков и допусков нужно решить следующие технико-экономические задачи:

Операционный припуск должен быть не слишком велик, иначе удорожается данная операция, и не слишком мал, иначе удорожается предшествующая операция.

Операционный припуск должен быть достаточен, чтобы облегчить выполнение данной операции, но не слишком велик, чтобы не вызывать значительное увеличение припуска на последующей операции и соответствующего ее удорожания.

3.1.4. Методы определения припусков на обработку

Припуски на механическую обработку определяются двумя методами: опытно-статистическим и расчетно-аналитическим.

Опытно-статистический метод заключается в том, что значение припуска устанавливают по стандартам и таблицам, составленным на основе обобщения и систематизации опыта передовых предприятий.

Согласно этому методу общие припуски на механическую обработку отливок определяют по ГОСТ Р 53464-2009 “Национальный стандарт Российской Федерации. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку” а для поковок - по ГОСТ 7505-89 “Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные припуски”. В этих стандартах значения припусков приведены в зависимости от массы, габаритных размеров деталей, их конструктивных форм, заданной точности и шероховатости поверхности деталей, определяющих стадию окончательной обработки заготовки (черновая, получистовая, чистовая и тонкая).

Основным недостатком этого метода является то, что назначение припусков производится без учета конкретных условий выполнения технологического процесса. Поэтому значения припусков, как правила, завышены, так как рассмотрены самые неблагоприятные условия, исключающие появление брака.

Этот недостаток приводит к увеличению материалоемкости изделия и технологического процесса.

Расчетно-аналитический метод, разработанный проф. В.М. Кованом заключается в том, что при расчете припуска на выполняемом технологическом переходе должны быть устранены погрешности изготовления детали, оставшиеся от предшествующего перехода и вносимые при установке заготовки на данном переходе. Расчет припусков производят на основе нормативных материалов, с анализом факторов, влияющих на его формирование.

Минимальный расчетный промежуточный припуск на выполняемом переходе в общем виде можно определить по формулам:
для асимметричных припусков (при односторонней обработке)

$$z_{i_{\min}} = (R_{z_{i-1}} + h_{i-1}) + |\Delta_{\Sigma_{i-1}} + \Delta_{yi}| \quad (18)$$

для симметричных припусков (для тел вращения)

$$2z_{i_{\min}} = 2[(R_{z_{i-1}} + h_{i-1}) + |\Delta_{\Sigma_{i-1}} + \Delta_{yi}|] \quad (19)$$

где $R_{z_{i-1}}$ - шероховатость поверхности после предыдущего перехода (рис. 4а),

h_{i-1} - дефектный слой металла, появившийся в связи с образованием трещин, коррозией, обезуглероживанием и т.п. после предшествующего перехода (рис. 4а),

$\Delta_{\Sigma_{i-1}}$ - погрешности формы (овальность, бочкообразность и др.) пространственные отклонения (кривизна и коробление заготовки, отклонения от параллельности, перпендикулярности и др.), после предшествующего перехода (рис. 4б),

Δ_{yi} - погрешность установки на выполняемом переходе (рис. 4в).

Погрешность установки рассматривается с точки зрения ее влияния на смещения и повороты обрабатываемых поверхностей при установке и закреплении заготовки, для компенсации которых нужно увеличить значение минимального припуска.

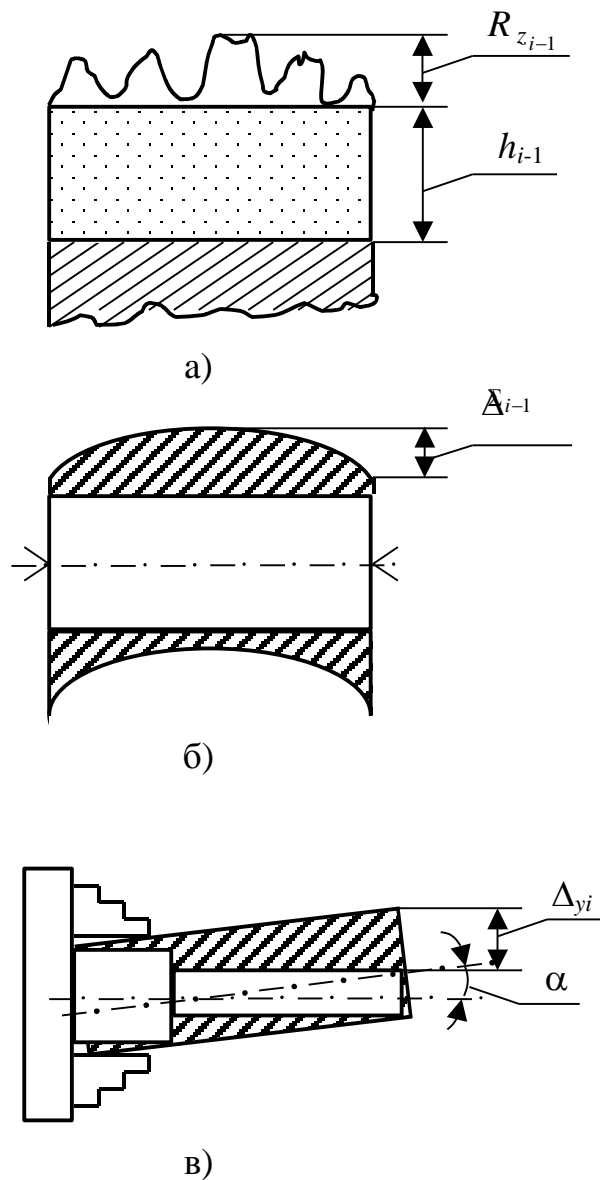


Рис. 4. Составляющие элементы минимального операционного припуска

В общем случае отклонения формы, входящие в Δ_{Σ} , не должны превышать допуски на размер, и составляют некоторую его часть.

Сумма пространственных отклонений определяется суммой векторов. Если таких отклонений два, то

$$\vec{\Delta}_{\Sigma} = \vec{\Delta}_1 + \vec{\Delta}_2 \quad (20)$$

В частных случаях, когда направления векторов совпадают

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_1 + \Delta_2 \quad (21)$$

Когда векторы направлены в противоположные стороны

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_1 - \Delta_2 \quad (22)$$

В общем случае, когда определить направления векторов трудно

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2} \quad (23)$$

Как суммарные отклонения формы и пространственные отклонения, так и погрешности установки являются векторной величиной. При обработке

плоскостей можно складывать векторы $\Delta_{\Sigma_{i-1}}$ и Δ_{yi} , а при обработке поверхностей вращения, направления этих векторов предвидеть трудно, поэтому суммарные значения векторов находятся как корень квадратный из суммы их квадратов.

Тогда с учетом вышесказанного формулы (18) и (19) для конкретных видов обработки будут преобразованы следующим образом:

для асимметричного припуска при последовательной обработке противоположащих плоскостей

$$z_{i_{\min}} = (R_{z_{i-1}} + h_{i-1}) + (\Delta_{\Sigma_{i-1}} + \Delta_{yi}) \quad (24)$$

для симметричного припуска при параллельной обработке противоположащих плоскостей

$$2z_{i_{\min}} = 2[(R_{z_{i-1}} + h_{i-1}) + (\Delta_{\Sigma_{i-1}} + \Delta_{yi})] \quad (25)$$

для симметричного припуска при обработке поверхностей вращения

$$2z_{i_{\min}} = 2[(R_{z_{i-1}} + h_{i-1}) + \sqrt{(\Delta_{\Sigma_{i-1}}^2 + \Delta_{yi}^2)}] \quad (26)$$

Формулы (18, 19, 24, 25, 26) являются общими для расчета припусков на механическую обработку. В ряде конкретных случаев отдельные составляющие этих формул могут быть исключены. Например, при обработке плавающей разверткой и протягиванием не исправляется положение оси отверстия

($\Delta_{\Sigma_{i-1}} = 0$) и отсутствует погрешность установки ($\Delta_{yi} = 0$), тогда

$$2z_{i_{\min}} = 2(R_{z_{i-1}} - h_{i-1}) \quad (27)$$

Во всех случаях установленный минимальный припуск не должен превышать минимальную толщину стружки, которую может снять режущий инструмент. Например, при течении с большой скоростью резания остро заточенным резцом можно снять слой металла толщиной 0,005 мм, а после непродолжительной работы вследствие его затупления и увеличения радиуса

режущей кромки минимально возможный срезаемый слой составляет 0,02 - 0,05 мм [3].

Значения составляющих $R_{z_{i-1}}$, h_{i-1} , $\Delta_{\Sigma_{i-1}}$, Δ_{y_i} приводятся или даются формулы для их расчета в справочной литературе [4, 5, 6, 7]. При этом h_{i-1} часто обозначают T_{i-1} , $\Delta_{\Sigma_{i-1}} - r_{i-1}$, и $\Delta_{y_i} - \varepsilon_{y_i}$.

Расчетно-аналитический метод расчета припусков на обработку применяется для проектирования заготовок и отдельных операций технологических процессов крупносерийного и массового производства, а иногда - для наиболее ответственных деталей серийного и даже единичного производства.

В условиях единичного и серийного производств обычных деталей средней точности для определения общих и операционных припусков пользуются нормативными таблицами припусков [4, 5, 6, 7,], т.е. используют опытно-статистический метод. Но и в этих случаях необходимо корректировать значения припусков в зависимости от условий обработки.

3.1.5 Исходные данные для определения припусков

Общие припуски на механическую обработку поверхностей при проектировании заготовок в большинстве случаев назначаются опытно-статистическим методом по соответствующим стандартам.

Исходными данными в этом случае являются чертеж и объем выпуска деталей. На основе чертежа определяют материал, массу, конфигурацию, размеры и шероховатости поверхностей деталей. С учетом объема выпуска и массы определяют тип производства и, соответственно метод получения заготовки и вид заготовительной технологической оснастки. Также учитываются класс точности заготовок, особенности конструкции заготовительной оснастки и другие параметры по соответствующим стандартам. Общие припуски и допуски на размеры заготовок указываются на их чертежах .

Промежуточные припуски рассчитываются как опытно-статистическим, так и расчетно-аналитическим методами.

Исходными данными в этом случае являются:

1. Чертеж детали с техническими требованиями;
2. Чертеж заготовки с техническими требованиями;
3. Технологический маршрут (последовательность) обработки поверхностей детали;
4. Технологический маршрут операций изготовления деталей с указанием средств технологического оснащения.

Технологический маршрут операций изготовления данной детали должен быть разработан в соответствии с типовым технологическим процессом, выбранным из пособия [3] или других литературных источников, исходя из геометрической формы детали и типа производства.

Для разработки технологического маршрута обработки поверхностей детали нужно:

а) Уяснить в технологическом процессе место операций предварительной и окончательной обработки поверхностей детали, сведения об установочных базах на каждой операции, конструкцию приспособлений для определения погрешности установки на каждой операции;

б) Выбрать методы окончательной обработки, исходя из точности и шероховатости поверхностей, заданных на чертеже, учитывая наличие термообработки и форму исходной заготовки из справочного пособия [5];

в) Выбрать номера квалитетов методов обработки, предшествующих окончательному методу.

Точность при каждом последующем переходе механической обработки повышается на 2-4 квалитета при обдирочной и черновой обработке и на 1-2 квалитета при чистовой и отделочной. Рекомендуется применять формулу (28), согласуемую с этими рекомендациями.

$$IT_{i-1} = IT_i + 2^{0,15IT_i} \quad (28)$$

г) Определить допуски на промежуточные размеры детали T_{i-1} на основе номера квалитета и номинального размера каждой поверхности детали по ее чертежу [2табл. П1.1];

д) Определить значения параметров шероховатостей Rz_{i-1} и Ra_{i-1} после обработки их методами, предшествующими окончательному методу для нормального уровня A относительной геометрической точности [5]:

$$Rz_{i-1} \leq 0,2T_{i-1} \quad (29)$$

Соотношения между Ra и Rz [2]:

$$Ra_{i-1} = 0,25Rz_{i-1}, \text{ при } Rz \geq 8 \text{ мкм}$$

$$Ra_{i-1} = 0,2Rz_{i-1}, \text{ при } Rz < 8 \text{ мкм}$$

е) Выбрать промежуточные методы обработки поверхностей, предшествующие окончательному методу обработки в зависимости от квалитета и шероховатости из справочного пособия [5].

При расчете промежуточных припусков аналитическим методом необходимо заполнить табл. 1. При этом заполняются графы о наименованиях методов обработки, входящих в соответствующие операции и технологические переходы и соответствующей им точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей, допусках на промежуточные размеры.

Кроме того, вводятся дополнительные данные:

а) Глубина дефектного слоя, достигаемая на предшествующих окончательному переходах h_{i-1} .

Для исходных заготовок глубина дефектного слоя определяется из справочного пособия [5]. Причем, для отливок в ПГФ значения $R_z + h$ выбираются из табл. 2. для отливок в кокиль глубина дефектного слоя h из табл. 3, для штамповок шероховатость R_z и глубина дефектного слоя h из табл. 4.,

Таблица 2.

Качество поверхности отливок ($R_z + h$, мкм), полученных литьем в ПГФ при машинной формовке по металлическим моделям

Материал отливки	Наибольший размер отливки, мм	
	До 500	Св. 500 до 1250
Чугун	400	600
Сталь	300	500

Таблица 3.

Глубина дефектного слоя на поверхности отливок, достигаемое литьем в кокиль

Материал отливки	h , мкм
Чугун	300
Сталь	200

Таблица 4.

Качество поверхности поковок, изготовленных штамповкой

Масса поковки, кг	R_z	h
	мкм	
1	2	3
До 0,25	80	150
Св. 0,25 до 4	160	200
Св. 4 до 25	200	250

Окончание табл. 4.

1	2	3
Св. 25 до 40	250	300

Св. 40 до 100	320	350
Св. 100 до 200	400	400
Примечание. Точность поковок, изготавливаемых штамповкой, регламентируется ГОСТ 7505-89. значения R_z в таблице даны после пескоструйной обработки поверхностей поковки или травления; при дробеструйной или дробеметной обработке R_z принимать равным 400 мкм независимо от массы поковки.		

Для отливок в ПГФ глубина дефектного слоя h рассчитывается по формуле:

$$h = (R_z + h) - R_z \quad (30)$$

где R_z – шероховатость поверхности на чертеже отливки [5].

Для методов механической и термической обработки значение h выбирается из справочного пособия [5]. Например, дефектный слой при закалке, связанные с изменением химического состава и появлением окалины можно принять равным 50÷100 мкм.

б) Пространственные отклонения заготовок, возникающие на предшествующих окончательному переходах.

Для исходных заготовок пространственные отклонения определяются по соответствующим стандартам, справочникам [5, 6, 7, 8], и из приложения 2.

Для отливок в соответствии со степенью коробления, указанной на чертеже отливки пространственными отклонениями являются допуски формы и расположения элементов отливки (табл.5.).

Таблица 5.

Пространственные отклонения формы и расположения отливок											
Номинальный размер нормируемого участка	Допуск формы и расположения элементов отливки, мм не более для степеней коробления отливки										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
до 125	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20
Св. 125 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 200	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00
Св. 200 до 250	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40
Св. 250 до 315	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20

Для поковок, полученных штамповкой пространственными отклонениями являются: смещение по поверхности разъема штампов $\Delta_{см}$ (табл. 6.), а также изогнутость, неплоскостность и непрямолинейность поковки $\Delta_{из}$ (табл.7.), определяемых в зависимости от класса точности, массы и наибольшего размера поковки, указанных на ее чертеже и вида поверхности разъема штампа.

Таблица 6.

Смещение поковок по плоской поверхности разъема штампов $\Delta_{см}$

Масса поковки, кг	Смещение по поверхности разъема штампа для классов точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
До 0,5 включ.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
Св. 0,5 до 0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
Св. 1,0 до 1,8	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3
Св. 1,8 до 3,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
Св. 3,2 до 5,6	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4
Св. 5,6 до 10,0	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5
Св. 10,0 до 20,0	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5
Св. 20,0 до 50,0	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6

Таблица 7.

Изогнутость и отклонения от плоскостности и прямолинейности поковок $\Delta_{из}$

Наибольший размер поковки, мм	Изогнутость и отклонения от плоскостности и прямолинейности для классов точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
До 100 включ.	0,1	0,2	0,3	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
Св. 400 до 630	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0

В общем случае пространственные отклонения формы поковок :

$$\Delta_{\Sigma n} = \Delta_{см} + \Delta_{из} \quad (31)$$

При расчете припусков для поковок валов (первой группы) при штамповке плашмя в открытых штампах:

а) для диаметральных размеров (внутренних и наружных) применяется формула (31) в полном объеме

б) для размеров по длине $\Delta_{из} = 0$.

При расчете припусков для поковок, штампуемых в торец: зубчатых колес, стаканов, втулок (второй группы):

а) при штамповке в открытых штампах: для диаметральных размеров $\Delta_{из} = 0$, а для осевых $\Delta_{см} = 0$.

б) при штамповке в закрытых штампах: для наружных диаметральных размеров $\Delta_{см} = \Delta_{из} = 0$, а для внутренних диаметральных $\Delta_{из} = 0$ и для высотных размеров $\Delta_{см} = 0$.

Пространственные отклонения промежуточных заготовок после методов механической обработки рассчитываются для нормального уровня A геометрической точности [5] по формуле:

$$\Delta_{\Sigma i-1} = 0,6T_{i-1} \quad (32)$$

После операции термообработки (закалки) пространственные отклонения промежуточных заготовок определяются расчетом на основании рекомендации справочников [5, 6, 7, 8].

Например [5], при изготовлении деталей из поковок при расчете припусков на обработку торцевых поверхностей деталей типа дисков отклонения после термической обработки рекомендуется принимать равными 0,8 мкм на 1 мм длины.

в) Погрешность установки Δ_{yi} находится расчетом для каждой операции, исходя из принятой установочной базы детали и конструкции назначаемого для выполнения операции приспособления.

Следует учесть, что при обработке поверхности на одной операции за несколько переходов, погрешность установки рассчитывается только для первого перехода, т.к. заготовка потом не переустанавливается.

При укрупненных расчетах припусков погрешность установки Δ_{yi} можно определять из справочника [5, табл. 12-17].

3.1.6. Определение припусков расчетно-аналитическим методом

После определения исходных данных для расчета нужно:

1. Определить значение расчетного (гарантированного) минимального припуска z_{ip}^{\min} для всех операций и переходов изготовления заданных поверхностей по формулам (24-27).

При расчете припуска на операцию шлифования после термообработки нужно учитывать элементы припуска на операции термообработки и операции предшествующей операции термообработки. Причем значение глубины дефектного слоя (50-100 мкм) учитывается только при закалке на всю глубину стальной заготовки, если глубина дефектного слоя на операции предшествующей закалке меньше этого значения (если больше – то учитывается глубина дефектного слоя после операции, предшествующей закалке). Глубина дефектного слоя на операции термообработки не учитывается после цементации и закалки, а также после первого технологического перехода для заготовок из ковкого и серого чугуна и цветных сплавов.

2. Рассчитать предельные и номинальные значения операционных размеров, применяя данные табл. 1.

При расчете предельных размеров использовать формулы:

а) на последнем технологическом переходе

– при обработке отверстий:

$$D_{ip}^{\max} = D_{\text{д}}^{\max} \quad (33)$$

$$D_i^{\min} = D_{\text{д}}^{\max} - TD_i \quad (34)$$

– при обработке вала:

$$d_{ip}^{\min} = d_{\text{д}}^{\min} \quad (35)$$

$$d_i^{\max} = d_{\text{д}}^{\min} + Td_i \quad (36)$$

б) на остальных технологических переходах:

– при обработке отверстия:

$$D_{i-1p}^{\max} = D_i^{\max} - 2z_{ip}^{\min} \quad (37)$$

$$D_{i-1}^{\min} = D_{i-1}^{\max} - TD_{i-1} \quad (38)$$

– при обработке вала:

$$d_{i-1p}^{\min} = d_i^{\max} + 2z_{ip}^{\min} \quad (39)$$

$$d_{i-1p}^{\max} = d_{i-1}^{\min} + Td_{i-1} \quad (40)$$

При расчете номинальных размеров использовать формулы:

– при обработке отверстия:

$$D_{\text{заг}}^{\text{НОМ}} = D_{\text{заг}}^{\max} - ES_{\text{заг}} \quad (41)$$

$$D_i^{\text{НОМ}} = D_i^{\min} \quad (42)$$

– при обработке вала:

$$d_{\text{заг}}^{\text{НОМ}} = d_{\text{заг}}^{\min} + ei_{\text{заг}} \quad (43)$$

$$d_i^{\text{НОМ}} = d_i^{\max} \quad (44)$$

Не следует номинальный размер детали, заданный на чертеже путать с номинальным операционным размером, рассчитанным по формулам (42) и (44).

Округление полученных расчетом значений максимальных и минимальных операционных размеров при обработке отверстия, а также минимальных операционных размеров при обработке вала производится путем приведения в соответствие порядка значащих цифр размера с порядком значащих цифр допусков, назначенных на изготовление этих размеров:

для наружных размеров – в сторону увеличения;

для внутренних размеров – в сторону уменьшения.

(Если в результате округления в противоположную чем рекомендуется сторону ошибки округления составят меньше 5% от допуска, то можно округлить таким образом).

3. Определить предельные и номинальные значения припусков по операциям (переходам), используя данные табл. 1 по формулам:

– при обработке отверстия:

$$2z_i^{\text{НОМ}} = D_i^{\text{НОМ}} - D_{i-1}^{\text{НОМ}}, \quad (45)$$

$$2z_i^{\max} = D_i^{\max} - D_{i-1}^{\min}, \quad (46)$$

$$2z_i^{\min} = D_i^{\min} - D_{i-1}^{\max}, \quad (47)$$

– при обработке вала:

$$2z_i^{\text{НОМ}} = d_{i-1}^{\text{НОМ}} - d_i^{\text{НОМ}} \quad (48)$$

$$2z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\min}, \quad (49)$$

$$2z_i^{\min} = d_{i-1}^{\min} - d_i^{\max}, \quad (50)$$

4. Определить номинальное ($2z_0^{\text{НОМ}}$) и предельные значения ($2z_0^{\max}, 2z_0^{\min}$) общего припуска на обработку цилиндра, используя данные табл. 1 по формулам:

$$2z_0^{\text{НОМ}} = \sum_{i=1}^n 2z_i^{\text{НОМ}}, \quad (51)$$

$$2z_0^{\min} = \sum_{i=1}^n 2z_i^{\min}, \quad (52)$$

где n – число операций (переходов) механической обработки.

Если поле допуска на заготовку одностороннее, то:

– при обработке отверстия:

$$2z_0^{\max} = 2z_0^{\text{НОМ}} + TD_{\text{д}}, \quad (53)$$

– при обработке вала:

$$2z_0^{\max} = 2z_0^{\text{НОМ}} + Td_{\text{д}}, \quad (54)$$

Если поле допуска на заготовку двухстороннее, то:

– при обработке отверстия:

$$2z_0^{\max} = 2z_0^{\text{НОМ}} + EI_{\text{заг}} + TD_{\text{д}}, \quad (55)$$

– при обработке вала:

$$2z_0^{\max} = 2z_0^{\text{НОМ}} + es_{\text{заг}} + Td_{\text{д}}, \quad (56)$$

5. Проверить правильности выполненных расчетов, используя данные табл. 1 для размерных цепей, обозначенных двумя стрелками на рис. 5 по формулам полученным на основе решения

– при обработке отверстия:

$$2z_i^{\max} - 2z_i^{\min} = TD_i + TD_{i-1} \quad (57)$$

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = \sum_{i=1}^n TD_i \quad (58)$$

– при обработке вала:

$$2z_i^{\max} - 2z_i^{\min} = Td_i + Td_{i-1} \quad (59)$$

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = \sum_{i=1}^n Td_i \quad (60)$$

3.1.7. Пример определение припуска расчетно-аналитическим методом

В качестве примера приведем расчет припуска для базового диаметра

$\varnothing 52e9 \left(\frac{-0.06}{-0.134} \right)$ с параметром шероховатости $R_a = 1.6$ мкм на подшипниковой крышке (рис.5).

1. Назначим технологический маршрут (последовательности обработки) поверхности вала.

Для надежного обеспечения точности IT9 качества и шероховатости поверхности $R_a = 1.6$ мкм в качестве окончательного метода обработки выбираем предварительное шлифование [5,табл. 4,с.9].

Определим качество, точность которого должна быть обеспечена методом обработки отверстия, предшествующим предварительному шлифованию (61):

$$IT_{\text{пр}_{\text{пш}}} = 9 + 2^{0,15 \cdot 9} = IT11.$$

Выбираем точение получистовое или однократное, которое обеспечивает точность IT11 качества [5,табл. 4,с.8].

Определим качество, точность которого должна быть обеспечена методом обработки отверстия, предшествующим получистовому точению

$$IT_{\text{пр}_{\text{чист.р}}} = 11 + 2^{0,15 \cdot 11} \approx IT13$$

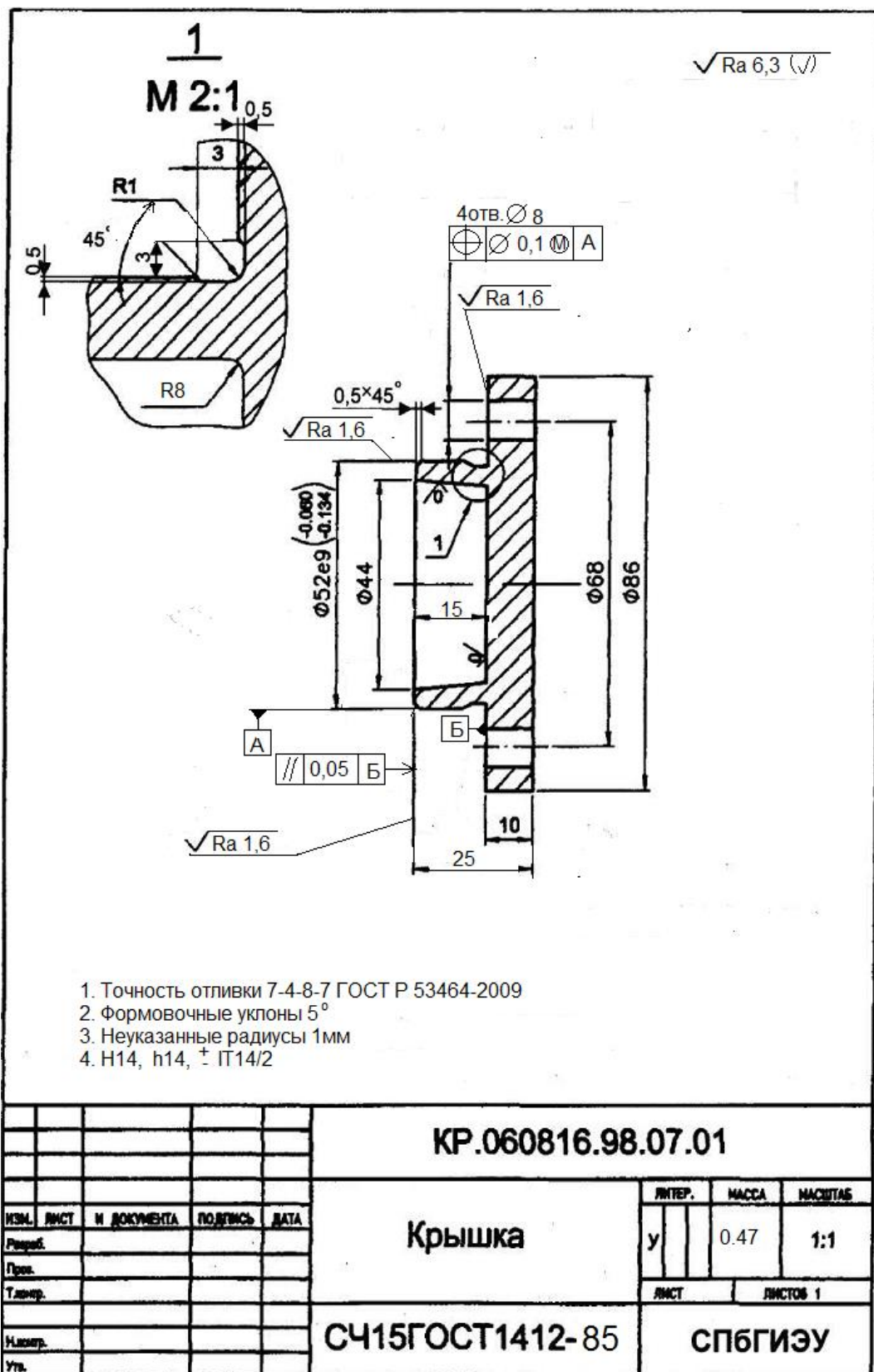


Рис.5. Чертеж подшипниковой крышки.

Выбираем черновое точение.

Определим квалитет, точность которого должна быть обеспечена методом обработки отверстия, предшествующим черновому растачиванию

$$IT_{\text{прчерн.р}} = 13 + 2^{0,15 \cdot 13} \approx IT19$$

Точность IT19 качества можно обеспечить заготовительной операцией – литьем в кокиль.

Окончательный маршрут методов изготовления отверстия:

0. Литье в кокиль – ($\approx IT19$).
1. Черновое точение (IT13).
2. Получистовое точение (IT11).
3. Предварительное шлифование (IT9).

Если вам задана поверхность крышки с базовым диаметром, например, $52d11 \left(\begin{smallmatrix} -0.10 \\ -0.29 \end{smallmatrix} \right)$ с шероховатостью $Ra=1.6-2.5 \mu\text{м}$, и на ней задана канавка для выхода шлифовального круга, то, в качестве окончательного метода обработки нужно выбрать метод обработки- шлифование предварительное. Этим методом обеспечивается по данным справочника [5, табл. 4, с.9] IT9 качество точности, а IT11- тем более, и устойчиво обеспечивается шероховатость $Ra=6.3-0.4 \mu\text{м}$. Тогда точность метода, предшествующего предварительному шлифованию будет IT13- получистовое или однократное точение (перед шлифованием поверхность должна быть более чистая, чем после чернового точения), а ему будет предшествовать заготовительная операция-литье в кокиль с точностью IT19.

Продолжим рассматривать решение задачи для выбранного примера.

В соответствии с рекомендациями [3, табл. 9] типового технологического маршрута обработки крышки предварительное и чистовое точение поверхности диаметром $49e9$ нужно производить на второй токарной операции, а шлифование на последней шлифовальной операции.

2. Рассчитаем припуски на обработку и предельные размеры по переходам дифференцированно.

2.1. Пользуясь чертежом детали, и маршрутом обработки цилиндра $\varnothing 52e9$ запишем в расчетную карту (табл. 1) технологические методы обработки в соответствии с операциями и переходами в порядке их выполнения.

2.2. Определим допуски на промежуточные размеры детали:

а) для отливки (рис.6) допуск посадочного цилиндра,

$$Td_{\text{заг}} = 1000 \left(\begin{smallmatrix} +500 \\ -500 \end{smallmatrix} \right) \mu\text{м},$$



Рис.6. Чертеж отливки крышки.

б) для чернового точения [5,табл. 4,с.8] по *IT13* в интервале размеров от 50 до 80 мкм, $TD_1 = 460$ мкм,

в) для полустачного точения [5,табл. 4,с.8] по *IT11*, $TD_2 = 190$ мкм.

г) для предварительного шлифования с чертежа детали (рис.5), $TD_3 = 74 \text{ мкм}$.

2..3. Определим значения параметра шероховатости R_z , достигаемого после промежуточных методов обработки:

а) после литья с чертежа отливки (рис.6):

$$R_{a\text{заг}} = 10 \text{ мкм}, \text{ а } R_{z\text{заг}} = 4 \cdot R_{a\text{заг}} = 4 \cdot 10 = 40 \text{ мкм},$$

б) после чернового точения:

$$R_z \leq 0,2 \cdot TD_1 \leq 0,2 \cdot 460 \leq 92 \text{ мкм},$$

Выбираем стандартное значение [2,табл. ПЗ.2] $R_{z1} = 80 \text{ мкм}$,

в) после получистового точения:

$$R_{z2} \leq 0,2 \cdot TD_2 \leq 0,2 \cdot 190 \leq 38 \text{ мкм}$$

Выбираем стандартное значение [2,табл. ПЗ.2] $R_{z2} = 32 \text{ мкм}$,

г) после предварительного шлифования с чертежа детали (рис.5),

$R_a = 1.6 \text{ мкм}$, а и по формуле (30)

$$R_{z3} = 5 \cdot R_a = 5 \cdot 1.6 = 8 \text{ мкм}.$$

2.4. Определим значения глубины дефектного слоя, получаемого после промежуточных методов обработки:

а) после литья в кокиль для заготовки из чугуна: $h_{\text{заг}} = 300 \text{ мкм}$,

б) после чернового точения [5,табл. 4,с.8]

$h_1 = 90 \text{ мкм}$ (взято среднее значение из интервала 120-60 мкм для точности IT13 качества),

в) после получистового точения [5,табл. 4,с.8],

$h_2 = 20 \text{ мкм}$ (взято меньшее значение для интервала 30-20 мкм для точности IT11 качества),

2.5. Определим значения пространственных отклонений исходной и промежуточных заготовок

а) пространственные отклонения формы отливки при степени коробления отливки-4, и диаметре нормируемого участка до 125 мм (табл.5):

$$\Delta_{\Sigma_{\text{заг}}} = 0,24 \text{ мм} = 240 \text{ мкм},$$

б) промежуточной заготовки после чернового точения,

$$\Delta_{\Sigma_1} = 0,6 \cdot TD_1 = 0,6 \cdot 460 = 276 \text{ мкм};$$

в) промежуточной заготовки после получистового точения,

$$\Delta_{\Sigma_2} = 0,6 \cdot TD_2 = 0,6 \cdot 190 = 114 \text{ мкм.}$$

2.6. Определим значения погрешностей установки заготовки на операциях и переходах обработки заготовки

а) на переходе чернового точения при установке в трехкулачковом самоцентрирующем патроне заготовки, отлитой в постоянную форму при диаметре базы свыше 80 до 120 мм [5, табл. 13, с. 42]

погрешность установки в радиальном направлении, $\Delta_{y1} = 300 \text{ мкм}$;

б) при переходе получистового точения, выполняемом на одной токарной операции с переходом чернового точения, $\Delta_{y2} = 0$, так как заготовка не переустанавливается;

в) при предварительном шлифовании заготовки, установленной в мембранном патроне [5, табл. 12, с. 41] погрешность установки в радиальном направлении

$$\Delta_{y3} = (3 - 8) = 6 \text{ мкм.}$$

2.7. Рассчитаем значения минимального (гарантированного) припуска

$$2z_{i\min} \quad (26):$$

а) для чернового точения

$$\begin{aligned} 2z_{1\min} &= 2 \left(Rz_{\text{заг}} + h_{\text{заг}} + \sqrt{\Delta_{\Sigma_{\text{заг}}}^2 + \Delta y_1^2} \right) = \\ &= 2 \left(40 + 300 + \sqrt{240^2 + 300^2} \right) = 2 \cdot 724 = 1448 \text{ мкм} \end{aligned}$$

$$2z_{1\min} = 1450 \text{ мкм}$$

б) для получистового точения

$$\begin{aligned} 2z_{2\min} &= 2 \left(Rz_1 + h_1 + \sqrt{\Delta_{\Sigma_1}^2 + \Delta y_2^2} \right) = \\ &= 2 \left(80 + 90 + \sqrt{276^2 + 0} \right) = 2 \cdot 446 = 892 \text{ мкм} \end{aligned}$$

в) для предварительного шлифования

$$\begin{aligned} 2z_{3\min} &= 2 \left(Rz_2 + h_2 + \sqrt{\Delta_{\Sigma_2}^2 + \Delta y_3^2} \right) = \\ &= 2 \left(32 + 20 + \sqrt{114^2 + 6^2} \right) = 2 \cdot 167 = 334 \text{ мкм} \end{aligned}$$

2.8. Рассчитаем предельные и номинальные значения операционных размеров цилиндра по формулам (35, 36, 39, 40, 43, 44), используя данные табл. 1.

Расчетные значения минимальных операционных размеров d_{ip}^{\min} округляем до последней значащей цифры допуска. Округленные значения d_{ip}^{\min} используем для расчета d_i^{\max} и номинального операционного $d_i^{\text{ном}}$ размеров.

а) для предварительного шлифования

$$d_{3p}^{\min} = d_{\text{д}}^{\min} = 51.866_{\text{мм}}; \quad d_3^{\min} = 51.866 \text{ мм};$$

$$d_3^{\max} = d_3^{\text{ном}} = d_3^{\min} + Td_3 = 51.866 + 0.074 = 51.940 \text{ мм};$$

б) для получистового точения

$$d_{2p}^{\min} = d_3^{\max} + 2z_{3p}^{\min} = 51.940 + 0,334 = 52.274 \text{ мм},$$

$$d_2^{\max} = d_2^{\text{ном}} = d_2^{\min} + Td_2 = 52.274 + 0.190 = 52.464 \text{ мм},$$

в) для чернового точения

$$d_{1p}^{\min} = d_2^{\max} + 2z_{2p}^{\min} = 52.464 + 0.892 = 53.356 \text{ мм},$$

$$d_1^{\min} = 53.36 \text{ мм}$$

$$d_1^{\max} = d_1^{\text{ном}} = d_1^{\min} + Td_1 = 53.36 + 0.460 = 53.82 \text{ мм}.$$

г) для заготовки

$$d_{\text{заг}p}^{\min} = d_1^{\max} + 2z_{1p}^{\min} = 53.82 + 1.450 = 55.27 \text{ мм}$$

$$d_{\text{заг}}^{\min} = 55.3 \text{ мм} \quad (\text{округляем в меньшую сторону, т.к. большой}$$

погрешности при этом не вносим: $55.3 - 55.27 = 0,03$, что составляет от допуска заготовки всего $(0,03/1.0)100\% = 3\%$),

$$d_{\text{заг}}^{\max} = d_{\text{заг}}^{\min} + Td_{\text{заг}1} = 55.3 + 1.00 = 56.3 \text{ мм},$$

$$d_{\text{заг}}^{\text{ном}} = d_{\text{заг}}^{\min} + ei_{\text{заг}} = 55.3 + 0,5 = 55.8 \text{ мм}.$$

Результаты расчета запишем в табл. 1.

2.9. Определим предельные и номинальные значения припусков по операциям, используя формулы (48, 49, 50) и данные табл. 1:

а) для предварительного шлифования

$$2z_3^{\text{НОМ}} = d_2^{\text{НОМ}} - d_3^{\text{НОМ}} = 52.464 - 51.940 = 0,524 \text{ мм} = 524 \text{ мкм}$$

$$2z_3^{\text{max}} = d_2^{\text{max}} - d_3^{\text{min}} = 52.464 - 51.866 = 0,598 \text{ мм} = 598 \text{ мкм}$$

$$2z_3^{\text{min}} = d_2^{\text{min}} - d_3^{\text{max}} = 52.274 - 51.940 = 0,334 \text{ мм} = 334 \text{ мкм}$$

б) для полустого точения

$$2z_2^{\text{НОМ}} = d_1^{\text{НОМ}} - d_2^{\text{НОМ}} = 53.82 - 52.464 = 1.356 \text{ мм} = 1356 \text{ мкм}$$

$$2z_2^{\text{max}} = d_1^{\text{max}} - d_2^{\text{min}} = 53,82 - 52.274 = 1.546 \text{ мм} = 1546 \text{ мкм}$$

$$2z_2^{\text{min}} = d_1^{\text{min}} - d_2^{\text{max}} = 53.36 - 52.464 = 0.896 \text{ мм} = 896 \text{ мкм}$$

в) для чернового точения

$$2z_1^{\text{НОМ}} = d_{\text{заг}}^{\text{НОМ}} - d_1^{\text{НОМ}} = 55.8 - 53.82 = 1.98 \text{ мм} = 1980 \text{ мкм}$$

$$2z_1^{\text{max}} = d_{\text{заг}}^{\text{max}} - d_1^{\text{min}} = 56.3 - 53.36 = 2.94 \text{ мм} = 2940 \text{ мкм}$$

$$2z_1^{\text{min}} = d_{\text{заг}}^{\text{min}} - d_1^{\text{max}} = 55,3 - 53.82 = 1,48 \text{ мм} = 1480 \text{ мкм}$$

Результаты расчета занести в табл. 1.

2.10. Определим номинальное $2z_0^{\text{НОМ}}$ (51) и предельные ($2z_0^{\text{max}}, 2z_0^{\text{min}}$) значения общего припуска на обработку отверстия, используя формулы (54, 52) и данные табл. 1.

$$2z_0^{\text{НОМ}} = \sum_{i=1}^3 2z_i^{\text{НОМ}} = 524 + 1356 + 1980 = 3860 \text{ мкм} ,$$

$$2z_0^{\text{max}} = \sum_{i=1}^3 2z_i^{\text{НОМ}} + es_{\text{заг}} + Td_{\text{д}} = 3860 + 500 + 74 = 4434 \text{ мкм}$$

$$2z_0^{\text{min}} = \sum_{i=1}^3 2z_i^{\text{min}} = 1480 + 896 + 334 = 2710 \text{ мкм} .$$

Результаты расчета заносит в табл. 1 в строку «отливка».

4.7. Произведем проверку правильности выполненных расчетов, используя формулу (58) и данные табл. 1:

а) для чернового точения

$$2z_1^{\max} - 2z_1^{\min} = Td_1 + Td_{\text{заг}},$$

$$1940 - 1480 = 460 + 1000,$$

$$1460 = 1460,$$

б) для получистового точения

$$2z_2^{\max} - 2z_2^{\min} = Td_2 + Td_1,$$

$$1546 - 896 = 190 + 460,$$

$$650 = 650$$

в) для чистового шлифования

$$2z_3^{\max} - 2z_3^{\min} = Td_3 + Td_2,$$

$$598 - 334 = 74 + 190,$$

$$264 = 264,$$

г) для заготовки

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = \sum_{i=1}^n Td_i,$$

$$4434 - 2710 = 1000 + 460 + 190 + 74,$$

$$1724 = 1724$$

Полученные тождества подтверждают правильность выполненных расчетов.

2.11. Возьмем с чертежа заготовки (рис.6) односторонний номинальный припуск на обработку цилиндра $\varnothing 52e9$ рассчитанный статистическим путем.

Он равен $z_{\text{заг ст}}^{\text{ном}} = 1 \text{ мм}$, а двухсторонний припуск

$$2z_{\text{заг ст}}^{\text{ном}} = 2 \cdot 1 = 2 \text{ мм}.$$

2.12. Сравним номинальные значения припусков при расчете дифференцированным способом $z_{\text{заг}}^{\text{ном}}$ и статистическим $z_{\text{заг ст}}^{\text{ном}}$

$$\Delta z_{\text{заг}}^{\text{НОМ}} = 2z_{\text{заг ст}}^{\text{НОМ}} - 2z_{\text{заг}}^{\text{НОМ}} = 2 - 3,86 = -1.86 \text{ мм}.$$

Вывод: сравнение показывает, что припуск, назначенный статистическим путем меньше припуска для выбранных условий, что может привести к появлению необработанных участков поверхности (черновин), и соответственно браку детали.

3.2. Исходные данные

Исходные данные для данного практического занятия: чертеж детали и чертеж заготовки берутся из практических занятий по дисциплине « Основы технологии машиностроения», т. к. дисциплина «Технология машиностроения» является ее продолжением.

3.3. Последовательность выполнения задания

Последовательность выполнения задания подробно приведена в п. 3.1.7.

3.4. Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
 2. Чертеж крышки в электронном виде (рис. 5).
 2. Чертеж отливки крышки в электронном виде (рис.6).
- Далее вся последовательность как в п.3.1.7.