

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА
СПОРТУ УКРАЇНИ**
Кіровоградський національний технічний університет
Кафедра технології машинобудування

**ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ
З ДИСЦИПЛІНИ**
**«Теоретичні основи технології виробництва та
складання машин»**

**Методичні вказівки
для студентів напрямку 050502
«Інженерна механіка»**

Кіровоград-2012

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА
СПОРТУ УКРАЇНИ**
Кіровоградський національний технічний університет
Кафедра технології машинобудування

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ
З ДИСЦИПЛІНИ
«Теоретичні основи технології виробництва та
складання машин»

Методичні вказівки
для студентів напрямку 050502
«Інженерна механіка»

Ухвалено на засіданні кафедри
«Технології машинобудування»
Протокол № 6 від 14.12.2012 р.

Кіровоград-2012

Практичні заняття з дисципліни «Теоретичні основи технології виробництва та складання машин». Методичні вказівки для студентів напрямку 050502 «Інженерна механіка». Укладачі: д.т.н., проф. Павленко І.І., викладач Сторожук М.О., асистент Шматько С.І. - Кіровоград, КНТУ, 2012. - 47 с.

Рецензент: доц., к.т.н. Чернявський О.В.

Вступ

Сучасні тенденції розвитку машинобудівного виробництва, яке орієнтується на коринне підвищення якості машинобудівної продукції, на широке використання прогресивних конструкційних та інструментальних матеріалів, зміцнюючої технології, на комплексну автоматизацію на основі використання верстатів з ЧПУ та САПР, вимагають підготовки кваліфікованих спеціалістів, які мають не тільки глибокі теоретичні знання, а і вміють практично їх використовувати в своїй виробничій діяльності.

В зв'язку з цим інженери-механіки, що мають освіту за напрямком «Інженерна механіка», повинні володіти методами оцінки якості виробу, вибору раціональних схем базування заготовок, вибору раціональних маршрутів обробки поверхонь деталей, розрахунку оптимальних та обґрунтованих припусків на механічну обробку, оптимальних режимів обробки, в тому числі таких, що забезпечують отримання параметрів якості деталі, норм часу і багатьох інших задач.

Дані практичні роботи мають за мету практичне оволодіння і закріплення теоретичних знань, отриманих при вивченні дисципліни «Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин»

Практичне заняття № 1
Розробка теоретичної схеми базування.
Визначення похибки базування.

Рекомендована література:

1. Конспект лекцій.
2. Я.Д. Колкер, О.Н. Руднев. Базирование и базы в машиностроении. – Киев: «Вища школа», 1991, - 99с.
3. Підгаєцький М.М., Короп В. П. Самостійна робота студентів. Методичні вказівки по організації та проведенню СРС студентів напрямку «Інженерна механіка» по спеціальності 8.090202 «Технологія машинобудування». – Кіровоград : КНТУ, 2009 - 80с.
4. Начвай В.Ф., Безуглый Л.И. Раздаточный материал по курсам «Технология машиностроения» и «Проектирование приспособлений». Раздел «Базирование деталей» . – Кіровоград: КИСХМ, 1990. 43с. (№152)

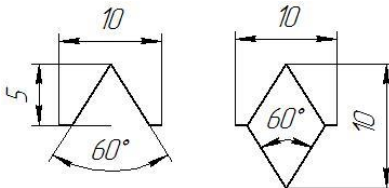
Класифікація баз в залежності від кількості ступенів рухомості, що віднімаються

1. Базування призматичної деталі
 - **установча база** – віднімає 3 ступені рухомості – (поверхні з найбільшими розмірами, які дозволяють розмістити три опорні точки, що не лежать на одній прямій);
 - **направляюча база** – віднімає 2 ступені рухомості – (поверхня найбільшої довжини);
 - **опорна база** – віднімає 1 ступінь рухомості – (будь-яка поверхня)
2. Базування довгої циліндричної деталі ($l > d$)

- **подвійна направляюча** – віднімає 4 ступені рухомості – вісь циліндричної поверхні деталі;
 - **опорна** – віднімає 1 ступінь рухомості – торцева поверхня.
3. Базування короткої циліндричної деталі ($l < d$)
 - **установча база** – віднімає 3 ступені рухомості – (торцева поверхня, яка дозволяє розмістити три опорні точки, що не лежать на одній прямій);
 - **центруюча** – віднімає 2 ступені рухомості – вісь циліндричної поверхні
 4. Базування довгої конічної поверхні ($l > d$)
 - **опорно-направляюча база** – віднімає 5 ступенів рухомості – вісь конічної поверхні
 5. Базування короткої конічної поверхні ($l < d$)
 - **опорно-центруюча база** – віднімає 2 ступені рухомості – вісь конічної поверхні;
 - **установча база** - – віднімає 3 ступені рухомості – торцева поверхня.
 6. Базування сферичного тіла
 - **центруючи база** – віднімає 3 ступені рухомості – центр деталі

Теоретична схема базування деталі представляє собою схему розміщення на технологічних базах деталі ідеальних опорних точок, які символізують позиційні зв'язки деталі з прийнятою системою координат.

При цьому на контурних лініях поверхонь деталі, які прийняті за технологічні бази проставляють умовні позначення ідеальних точок контакту:

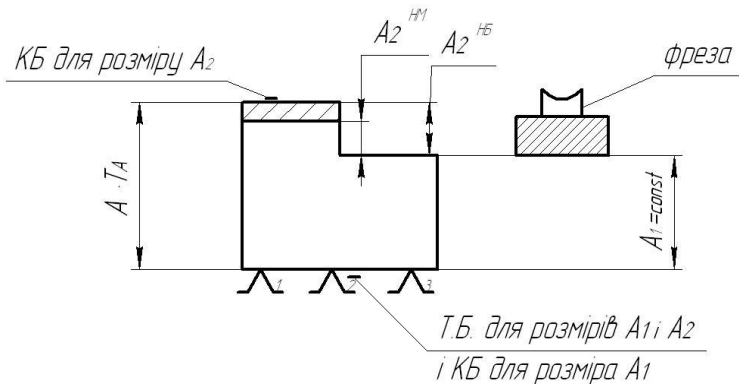


Порядок розробки теоретичної схеми базування

1. Визначити клас деталі
2. У відповідності до проставлених вимог до поверхні, що обробляється, визначити конструкторські бази.
3. У відповідності до принципу суміщення (єдності) баз, прийняти за технологічні бази конструкторські, положення яких визначене в п.2.
4. Визначити скількох ступенів рухомості позбавляє деталь кожна з визначених технологічних баз
5. Розставити теоретичні опорні точки на технологічних базах.

Порядок визначення похибки базування

Похибка базування (ω_6) – різниця граничних відстаней від оброблюваних поверхонь до конструкторської бази деталі протилежній технологічній базі.



Із схеми видно, що

$$\omega_6(A_1) = 0; \quad \omega_6(A_2) = A_2^{нб} - A_2^{нм} = T_A = \delta$$

Похибка базування виникає тільки тоді, коли для цього розміру КБ і ТБ не співпадають. Похибка базування дорівнює „0” для розмірів, отриманих мірним інструментом.

Крім розглянутого методу визначення похибки базування, при якому ω_6 визначають, як різницю граничних відстаней між конструкторською базою деталі і обробленою поверхнею, є методи, які засновані на використанні операційних розмірних ланцюгів (ОРЦ). При цьому розрахунки похибки базування виконують в такій послідовності.

1) виконують ескіз обробленої деталі і схему базування (позначають опорні точки).

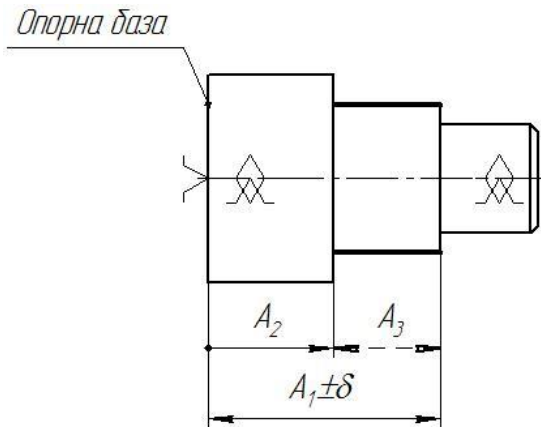
2) проставляють розміри розмірного ланцюга, починаючи з безпосередньо виконуваного розміру (точки ставлять на лінії технологічної бази, а стрілку спрямовують до обробленої поверхні), замикаюча ланка ланцюга (розмір, на який визначається похибка базування) позначається пунктирною прямою з двома стрілками.

3) складають рівняння розмірного ланцюга в номіналах відносно замикаючої ланки.

4) від рівняння в номіналах переходять до рівняння їх допусків, враховуючи, що допуск замикаючої ланки дорівнює сумі допусків всіх ланок

5) визначають похибку базування (ω_6) як допуск замикаючої ланки.

Наприклад: визначити похибку базування для розміру A_3



Рівняння в номіналах для розміру A_3 , похибку базування для якого слід визначити:

$$\vec{A}_3 = \vec{A}_1 - \vec{A}_2 \quad (1)$$

Переходимо до рівняння допусків і маємо:

$$TA_3 = TA_1 + TA_2; \quad (2)$$

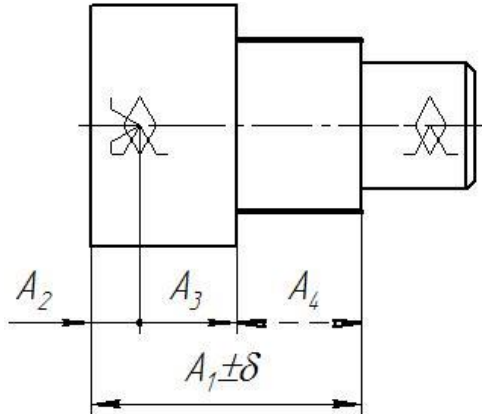
Аналізуючи рівняння (2), знаходимо, що похибка базування для розміру A_3 дорівнює:

$$\omega_{\delta}(A_3) = TA_3 = TA_1;$$

Тут допуск на розмір A_1 (TA_1) дорівнює 2δ ($+\delta$ – верхнє відхилення; $-\delta$ – нижнє відхилення), а допуск на розмір A_2 $TA_2=0$, тому що цей розмір є безпосередньо виконуваним і заданий від технологічної бази. Таким чином

$$\omega_{\delta}(A_3) = 2\delta$$

Приклад: визначити похибку базування $\omega_6(A_4)$ при встановленні валу в центра



A_1 – розмір заготовки;

A_2 – відстань від нульового торця до ТБ;

A_3 – розмір безпосередньо виконуючої ланки;

A_4 – замикаюча ланка;

$$\vec{A}_4 = \vec{A}_1 - \vec{A}_2 - \vec{A}_3; \quad TA_4 = TA_1 + TA_2 + TA_3;$$

$$\omega_6(A_4) = TA_1 + TA_2;$$

де TA_2 – похибка зацентровки на попередній операції

Завдання 1. В залежності від заданих на ескізах технічних вимог розробити теоретичні схеми базування. На рисунках оброблювані поверхні позначені потовщеними лініями.

Практичне заняття № 2

Аналіз технологічності та точності деталі.

Рекомендована література:

1. Конспект лекцій.
2. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Мн.: Высш.школа, 1983. – 256 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1/Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.
4. Б.С. Балакшин Основы технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 1966 - 550с.
5. А.А. Маталин Технология машиностроения. – Л.: Машиностроение, 1985. – 510с.

При проектуванні технологічного процесу будь-яка конструкція (машина, вузол, деталь) повинна бути ретельно проаналізована. Мета такого аналізу – виявлення недоліків конструкції за відомостями, які містяться в кресленнях і технічних вимогах, а також можливе покращення технологічності конструкції, що розглядається.

Технологічний контроль креслень зводиться до ретельного їхнього вивчення. Робоче креслення оброблюваної деталі повинно містити всі необхідні відомості, які дають повне уявлення про деталь, тобто всі проекції, розрізи, які однозначно пояснюють її конфігурацію і можливі способи отримання заготовки. На кресленні повинні бути указані всі розміри з необхідними відхиленнями, потрібна шорсткість оброблених поверхонь, допустимі відхилення від правильної геометричної форми, а також взаємного розташування поверхонь. Креслення повинно містити відомості про

матеріал деталі, термічну обробку, масу деталі, тощо. Таким чином, технологічний контроль креслення – важлива стадія проектування технологічних процесів.

Критичний аналіз технологічності та точності виготовлення заданої деталі виконується за допомогою розмірного аналізу збірної одиниці, до якої вона входить складовою частиною. Якщо виконати розмірний аналіз збірної одиниці неможливо (через відсутність вузла, складального креслення з нанесенням всіх розмірів), то обґрунтування вимог точності виготовлення деталі та її конструктивних параметрів виконується шляхом обґрунтування та пояснення тих задач по забезпеченню точності складання виробу, в вирішенні яких приймає участь той чи інший розмірний параметр деталі.

Для виконання аналізу технологічності та точності деталі виконується ескіз заданої деталі з нумерацією всіх основних поверхонь, що підлягають механічній обробці.

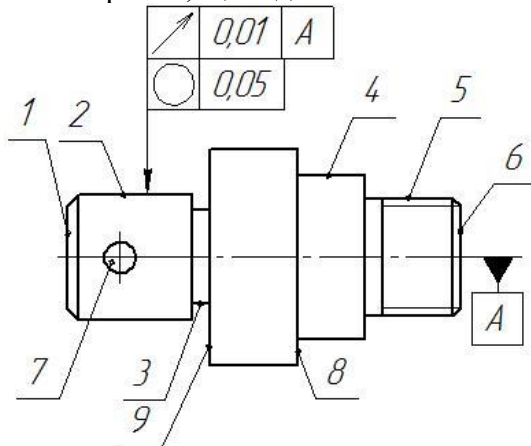


Рис.1. Ескіз деталі вал з позначенням поверхонь

Аналіз технологічності та точності виконують в такій послідовності:

- встановити клас деталі;

- визначити, якими поверхнями представлена деталь та встановити можливість спрощення конструкції деталі;
- визначити, з якого матеріалу виготовлена деталь та встановити можливість та доцільність заміни матеріалу, встановити можливі методи отримання заготовки для даної деталі
- проаналізувавши конструктивні елементи деталі, виявити важкодоступні для обробки місця та встановити можливість використання високопродуктивної обробки;
- проаналізувати вказані на кресленні допустимі відхилення розмірів, шорсткості та просторових відхилень геометричної форми та взаємного розташування поверхонь.

Для цього слід визначити параметри точності деталі та скласти таблицю.

Приклад

Виконати аналіз параметрів точності деталі.

Таблиця 1.

Відомості про параметри точності деталі вал (рис.1)

Номер поверхні деталі	Найменування поверхні	Розмір відхиленням и, мм	Квалітет точності	Точність		Шорсткість поверхні R_a	Значимість поверхні як конструкторської бази
				відносних поворотів, положень	форми		
1	2	3	4	5	6	7	8
1,6	Торець	$100 \pm 0,5$	$\pm \frac{IT14}{2}$	-	-	12,5	3
2	Шийка	$\varnothing 25 \pm 0,0065$	js6	$\sqrt{0,01} A$	$\bigcirc 0,05$	0,63	1

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
3	Канавка	$\varnothing 24_{-0,3}$	h14	-	-	12,5	6
4	Циліндрична поверхня	$\varnothing 30_{-0,14}$	h12	-	-	0,8	2
5	Різьбова поверхня	M20x1,5	6g	-	-	3,2	5
7	Отвір	$\varnothing 5^{+0,1}$	H14	-	-	12,5	4
8,9	торець	$20 \pm 0,3$	$\pm \frac{IT14}{2}$	-	-	12,5	7

Далі необхідно виконати аналіз параметрів точності:

- достатність, правильність та однозначність заданих вимог точності, відповідність діючим стандартам (якщо розмірів недостатньо, задані некоректно, задані без відповідності діючим стандартам, або їх кількість недостатня, необхідно ці недоліки виправити і дати обґрунтування в поясненні);
- відповідність розмірів деталі переважному ряду чисел, відхилень – допустимим стандартам;
- відповідність заданих точності розмірів та шорсткості поверхонь;
- прийнятий спосіб постановки розмірів на кресленні деталі, чи виходить він з службового призначення деталі в збірній одиниці, чи допускає використання стандартного різального та вимірювального інструменту, спрощує чи ускладнює налагодження верстатів при обробці.

Завдання 2. Виконати аналіз технологічності та точності деталі у відповідності до варіанту (стор.....)

Практичне заняття № 3

Вибір методів обробки поверхонь деталі.

Рекомендована література:

1. Конспект лекцій.
2. Методичні вказівки до виконання курсового проекту по технології машинобудування
3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1/Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.

Сучасна теорія технології машинобудування надає можливість побудови оптимального технологічного процесу виготовлення деталі, як направлений пошук з використанням великої кількості конструктивних, функціональних зв'язків та обмежень. Для більшості цих зв'язків першочергове значення має велика кількість типових маршрутів обробки окремих поверхонь.

Кількість варіантів маршрутів обробки можна визначити виходячи з необхідної шорсткості та точності оброблюваної поверхні деталі та точності заготовки на основі копіювання похибок, із врахуванням економічної точності різних методів обробки.

Маршрут обробки (необхідні методи обробки та їх кількість) потрібно проектувати по кожній оброблюваній поверхні окремо в такій послідовності:

1. визначити вихідні параметри поверхні, на яку розробляється маршрут обробки:
 - номер та назва поверхні;
 - допуск на розмір поверхні ($\delta_{дет}$) та квалітет точності $IT_{дет}$;
 - шорсткість поверхні R_a ;
 - допуск розміру поверхні заготовки ($\delta_{заг}$) та квалітет точності $IT_{заг}$;

2. визначити загальне (необхідне) уточнення за формулою

$$\varepsilon_{заг} = \frac{\delta_{заг}}{\delta_{дет}}$$

де $\delta_{заг}$ – допуск на розмір заготовки для даної поверхні (визначається за [3] стор.115-174);

$\delta_{дет}$ – допуск на розмір даної поверхні деталі (визначається з креслення деталі).

3. використовуючи типові маршрути обробки поверхонь (Додаток 2, 3), вибираємо не менше двох можливих маршрутів обробки поверхні та визначаємо метод кінцевої обробки. При цьому слід мати на увазі, що кожний перехід механічної обробки змінює точність поверхні на 1-2 (рідко3) квалітети точності.

В окремих випадках при невисоких вимогах по точності, поверхню деталі достатньо обробити один раз. Тобто кінцевий метод обробки буде єдиним. Але частіше однократної обробки недостатньо, тому маршрут обробки буде містити ряд чорнових та напівчистових переходів.

4. визначаються часткові уточнення для кожного переходу за формулою:

$$\varepsilon_i = \frac{\delta_{i-1}}{\delta_i}$$

де δ_{i-1} – допуск на розмір для даної поверхні, який забезпечується на попередньому переході (визначається за таблицями економічної точності [3] стор.8-12 або за даними додатку 3);

δ_i – допуск на розмір для даної поверхні, який забезпечується на виконуваному переході (визначається за [3] стор.8-12 або за даними додатку 3);

5. визначається фактичне уточнення

$$\varepsilon_{\phi} = \prod_{i=1}^m \varepsilon_i = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \dots \cdot \varepsilon_i$$

де m – кількість переходів

б. перевіряється виконання умови

$$\varepsilon_{\phi} \geq \varepsilon_{заг}$$

При виборі маршруту з представлених найбільш доцільним для даних умов є той, де загальне і фактичне уточнення найближчі.

Приклад.

Визначити маршрут обробки зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 35_{-0,025}$ з шорсткістю $R_a=0,8$ мкм, заготовка – штампівка з допуском на розмір $\delta_{заг}=1,5$ мм

Визначаємо загальне (необхідне) уточнення

$$\varepsilon_{заг} = \frac{\delta_{заг}}{\delta_{дет}} = \frac{1,5}{0,025} = 60$$

Призначаємо маршрут обробки поверхні:

Заготовка $\delta_{заг}=1,5$ мм $IT_{заг}=16$

1. Точіння чорнове $\delta_1=0,39$ мм $IT_1=13$

2. Точіння чистове $\delta_2=0,1$ мм $IT_2=10$

3. Шліфування чорнове $\delta_3=0,062$ мм $IT_3=9$

4. Шліфування чистове $\delta_4=0,025$ мм $IT_4=7$

Часткові уточнення:

$$\varepsilon_1 = \frac{\delta_{заг}}{\delta_1} = \frac{1,5}{0,39} = 3,85$$

$$\varepsilon_2 = \frac{0,39}{0,1} = 3,9$$

$$\varepsilon_3 = \frac{0,1}{0,062} = 1,61$$

$$\varepsilon_4 = \frac{0,062}{0,025} = 2,48$$

Фактичне уточнення

$$\varepsilon_{\phi} = \prod_{i=1}^m \varepsilon_i = 3.85 \cdot 3.9 \cdot 1.61 \cdot 2.48 = 60$$

Умова виконується

Всі розрахунки заносяться до таблиці.

Таблиця 2.

Технологічні маршрути обробки поверхонь деталі

Позначення поверхні	Допуск на поверхню $\delta_{\text{оз}}$ мм	Шорсткість	Допуск заготовки $\delta_{\text{за}}$	Загальне уточнення	Можливі технологічні маршрути обробки		Допуск на проміжні методи обробки	Часткові уточнення	Фактичне уточнення
					№ маршруту	Зміст маршруту			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,025	0,8	1,5	60	1	Точ.чорнове Точ.чистове Шліф.чорнове Шліф.чистове	0,39 0,1 0,062 0,025	3,85 3,9 1,61 2,48	60
					2	Точ. чорнове Точ. напівчистове Точ.чистове Точ.тонке			

Практичне заняття № 4

Розрахунок припусків на механічну обробку поверхні деталі.

Рекомендована література:

1. Конспект лекцій.
2. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Мн.: Высш.школа, 1983. – 256 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1/Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.
4. Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків на механічну обробку «САПР ПРИПУСК». Методичні вказівки для студентів напрямку 050502 «Інженерна механіка». – Кіровоград, КНТУ, 2010. – 45с.

Будь-яка заготовка, що призначена для механічної обробки, виготовляється з *припуском* на розміри готової деталі.

Припуск – шар матеріалу, що знімається з поверхні заготовки з метою досягнення заданих вимог точності та шорсткості оброблюваних поверхонь.

Загальний припуск – шар матеріалу, необхідний для виконання всієї сукупності технологічних переходів, тобто всього процесу обробки даної поверхні від заготовки до готової деталі.

Операційний припуск – припуск, що знімається при виконанні однієї технологічної операції.

Проміжний припуск – припуск, що знімається при виконанні одного технологічного переходу.

Величини припусків на обробку і допуски на розміри заготовки залежать від ряду факторів, ступінь

впливу яких різний. До числа основних факторів відносяться такі: матеріал, конфігурація, розміри, вид і спосіб виготовлення заготовки, вимоги у відношенні механічної обробки, шорсткості і точності розмірів деталі.

До величини припуску, що знімається на перших чорнових переходах, включається також дефектний шар матеріалу. Дефектний шар включає в себе випуклості, вм'ятини, раковини, тріщини, похибки форми і розмірів заготовок. У поковок дефектний шар складає від 1,5 до 3 мм, у штамповок – від 0,5 до 1,5 мм, у гарячекатаного прокату – від 0,5 до 1 мм, у виливків з сірого чавуну – 1...2 мм.

Існують такі рекомендації по розподілу загального припуску на механічну обробку 60% загального припуску відводиться на чорнову обробку; 40% - на чистову. Якщо ж маршрут механічної обробки складається з чорнкової, напівчистої і чистої обробки, то 45% припуску відводиться на чорнову обробку; 30% - на напівчистову; 25% - на чистову.

В сучасному машинобудуванні використовуються два методи визначення припусків на механічну обробку: досвідно-статистичний і розрахунково-аналітичний.

При досвідно-статистичному методі припуски визначаються за стандартами і таблицями, які складені на основі узагальнення і систематизації виробничих даних передових підприємств. Припуски на механічну обробку поковок та виливків наведені в ГОСТ 7505-89, ГОСТ 7062-90, ГОСТ 7829-70, ГОСТ 26645-85 і визначаються в залежності від маси і габаритних розмірів деталей, їх конструктивних форм, заданої точності і шорсткості оброблюваної поверхні. Суттєвим недоліком цього методу є те, що припуски завищені через те, що визначаються без урахування технологічного процесу обробки деталі і конкретних умов його реалізації.

Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків, позбавлений указаних недоліків, був розроблений проф. В.М. Кованом і уточнений проф. Б.С. Балакшиним. У відповідності до цього методу проміжний припуск повинен бути таким, щоб при його знятті видалялися похибки обробки і дефекти поверхневого шару, отримані на попередньому технологічному переході, а також похибки встановлення оброблюваної заготовки, які виникають на виконуваному переході. Цей метод базується на урахуванні виконання конкретних умов прийнятого технологічного процесу і дозволяє виявити можливі шляхи економії матеріалу і зниження працездатності механічної обробки.

Приклад

Розрахувати припуски на механічну обробку і проміжні граничні розміри на зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 60\text{м}6\left(\begin{smallmatrix} +0.030 \\ +0.010 \end{smallmatrix}\right)$. Заготовкою деталі є штамповка на ГKM підвищеної точності. Маса заготовки 11,3 кг. Обробка точінням та шліфування виконується в центрах.

Попередньо визначаємо маршрут обробки даної поверхні за уточненнями, маршрут обробки заносимо в таблицю 3.

До таблиці заносимо значення елементів припуску, що відповідають заготовці та кожному технологічному переходу. З табл. 4.3. стор. 63 [2] або відповідні таблиці [3,4] знаходимо значення Rz та T для заготовки штамповка з масою заготовки 11,3 кг; за табл. 4.5. стор. 64 [2] – дані для точіння та шліфування.

Таблиця 3.

Вихідні данні та розрахунок припусків на механічну обробку поверхні $\varnothing 60m6^{(+0.030/+0.010)}$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 60m6^{(+0.030/+0.010)}$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{min}$, мкм	Розрахунковий розмір, d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	Rz	T	ρ	ϵ				d_{min}	d_{max}	$2Z_{min}^{zp}$	$2Z_{max}^{zp}$
Заготовка	150	250	1820	0	-	65,27	3000	66	69	-	-
Точіння чорнове	50	50	109	-	2·2220	60,83	400	60,9	61,3	5100	7700
Точіння чистове	30	30	73	-	2·209	60,41	120	60,41	60,53	490	770
Шліфування попереднє	10	20	36	-	2·133	60,14	30	60,14	60,17	270	360
Шліфування чистове	5	15	-	-	2·66	60,01	20	60,01	60,03	130	140
Разом										5990	8970

Визначаємо величину просторових відхилень ρ . Сумарне значення просторових відхилень для елементарної поверхні спочатку визначається для заготовки, потім для кожного переходу. Сумарне просторове відхилення для заготовок, штампованих на пресах та ГKM визначаються за формулою (табл. 4.7 стор. 67 [2] або [4]):

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

Похибка заготовок $\rho_{см}=1,0$ викликана зміщенням штампів по площині роз'єму визначається за табл. 3.2.10 [4] або [3].

Похибка, пов'язана із жолобленням заготовки, визначається за формулою (табл. 4.8. стор. 71):

$$\rho_{кор} = \Delta_k \cdot l = 0,7 \cdot 200 = 140 \text{ мкм} = 0,14 \text{ мм} \text{ при } l \leq L/2,$$

де Δ_k – питома кривизна заготовки;

l – довжина поверхні.

Осьова похибка зацентровки визначається за таблицями або за формулою:

$$\rho_{ц} = \sqrt{\left(\frac{\delta_3}{2}\right)^2 + 0,25^2} = \sqrt{1,5^2 + 0,25^2} = 1,52 \text{ мм},$$

де $\delta_3=3,0$ мм – допуск на поверхню, яка використовується як базова на фрезерно-центрувальній операції ([3]).

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2} = \sqrt{1,0^2 + 0,14^2 + 1,52^2} = 1,82$$

мм

Залишкові просторові відхилення (стор. 73 [2]):

- після чорнового точіння $\rho_1 = 0,06 \cdot 1820 = 109$ мкм;
- після чистового точіння $\rho_2 = 0,04 \cdot 1820 = 73$ мкм;
- після шліфування попереднього $\rho_3 = 0,02 \cdot 1820 = 36$ мкм

Похибка встановлення деталі ε визначається в залежності від умов базування та закріплення заготовки. Так як токарна і шліфувальна обробка виконуються при встановленні деталі в центра при постійних технологічних базах, то $\varepsilon=0$.

Розрахунок мінімальних припусків для поверхні обертання виконуємо за формулою:

$$2Z_{\min_i} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1})$$

Мінімальні припуски:

- під чорнове точіння

$$2Z_{\min_1} = 2(150 + 250 + 1820) = 2 \cdot 2220 \text{ мкм};$$

- під чистове точіння

$$2Z_{\min_2} = 2(50 + 50 + 109) = 2 \cdot 209 \text{ мкм};$$

- під попереднє шліфування

$$2Z_{\min_3} = 2(30 + 30 + 73) = 2 \cdot 133 \text{ мкм};$$

- під чистове шліфування

$$2Z_{\min_4} = 2(10 + 20 + 36) = 2 \cdot 66 \text{ мкм}.$$

«Розрахунковий розмір» визначається, починаючи з кінцевого розміру, шляхом приєднання мінімального припуску кожного технологічного переходу:

$$d_{p_3} = 60,01 + 0,132 = 60,142 \text{ мкм} \approx 60,14 \text{ мм}$$

$$d_{p_2} = 60,14 + 0,266 = 60,406 \text{ мкм} \approx 60,41 \text{ мм}$$

$$d_{p_1} = 60,41 + 0,418 = 60,828 \text{ мкм} \approx 60,83 \text{ мм}$$

$$d_{p_{\text{заг}}} = 60,83 + 4,444 = 65,274 \text{ мкм} \approx 65,27 \text{ мм}$$

В таблицю записуються результати розрахунків та значення величин допусків на кожен технологічний перехід та заготовку.

В графу «Найменший граничний розмір d_{\min} » записуються значення для кожного технологічного переходу, округляючи розрахунковий розмір збільшенням його значення. Округлення виконується до того ж знаку

десятькового дробу, з яким задано допуск на розмір для кожного переходу.

Найбільші граничні розміри d_{\max} визначаємо, додаючи допуск до округленого найменшого граничного розміру:

$$d_{\max 4} = 60,01 + 0,02 = 60,03 \text{ мм}$$

$$d_{\max 3} = 60,14 + 0,03 = 60,17 \text{ мм}$$

$$d_{\max 2} = 60,41 + 0,12 = 60,53 \text{ мм}$$

$$d_{\max 1} = 60,9 + 0,4 = 61,3 \text{ мм}$$

$$d_{\max \text{ заг}} = 66 + 3,0 = 69 \text{ мм}$$

Результати розрахунку заносимо до таблиці.

Визначаємо значення граничних припусків. $2Z_{\min}^{zp}$ визначається як різниця найменших граничних розмірів попереднього та виконуваного переходу; $2Z_{\max}^{zp}$

визначається як різниця найбільших граничних розмірів:

$$2Z_{\min 4}^{zp} = 60,14 - 60,01 = 0,13 \text{ мм} = 130 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\max 4}^{zp} = 60,17 - 60,03 = 0,14 \text{ мм} = 140 \text{ мкм}$$

Аналогічно визначаються значення по всіх переходах, результати заносяться до таблиці.

Виконуємо перевірку правильності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 4}^{zp} - 2Z_{\min 4}^{zp} = 140 - 130 = 10 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\max 3}^{zp} - 2Z_{\min 3}^{zp} = 360 - 270 = 90 \text{ мкм}$$

$$\delta_3 - \delta_4 = 30 - 20 = 10 \text{ мкм}$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 120 - 30 = 90 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\max 2}^{ep} - 2Z_{\min 2}^{ep} = 770 - 490 = 280 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\max 1}^{ep} - 2Z_{\min 1}^{ep} = 7700 - 5100 = 2600 \text{ мкм}$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 400 - 120 = 280 \text{ мкм}$$

$$\delta_{\text{заг}} - \delta_1 = 3000 - 400 = 2600 \text{ мкм}$$

На підставі виконаних розрахунків будемо схему графічного розташування припусків і допусків на обробку поверхні $\varnothing 60 \text{ мб} \begin{pmatrix} +0.030 \\ +0.010 \end{pmatrix}$.

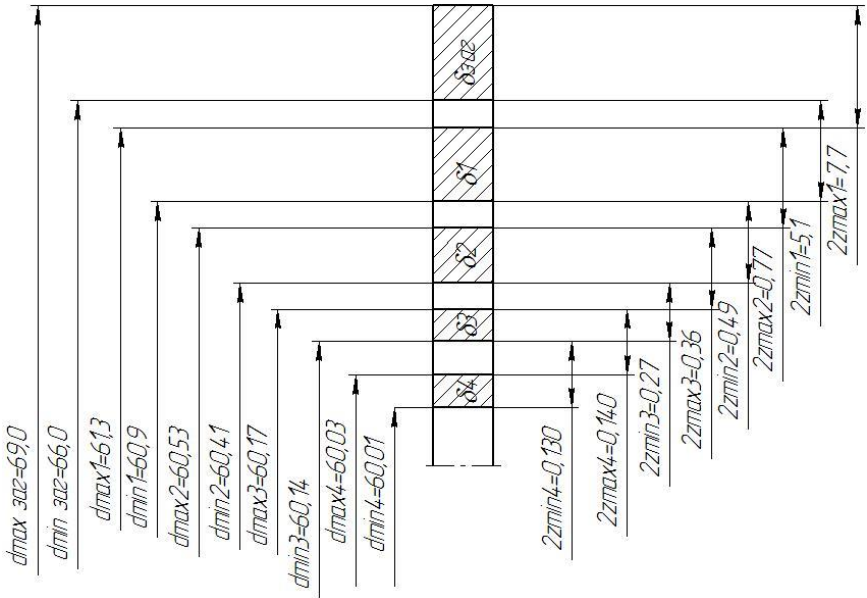
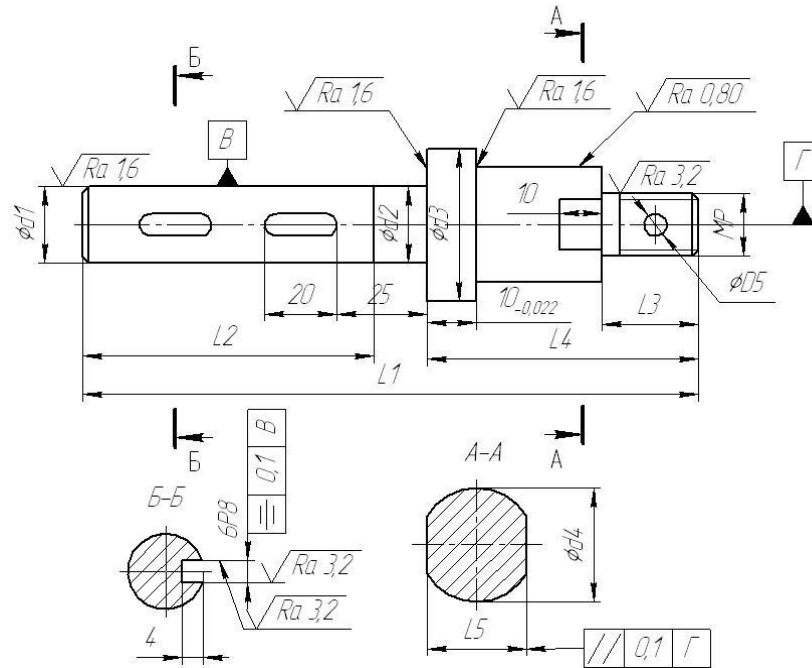


Рис.1. Схема графічного розташування припусків і допусків на зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 60 \text{ мб} \begin{pmatrix} +0.030 \\ +0.010 \end{pmatrix}$.

Завдання 1

$\sqrt{Ra\ 125(\checkmark)}$

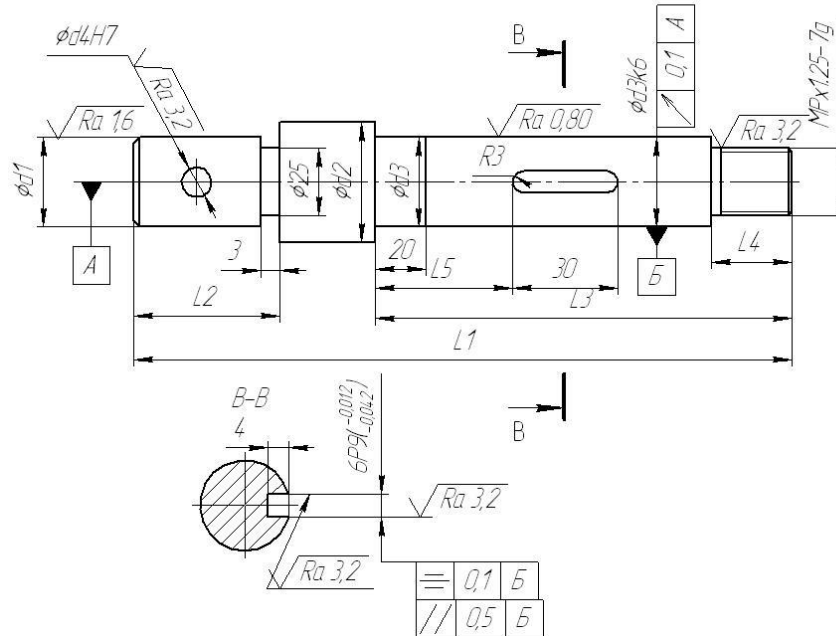


Деталь – Вал

Ном ер варіа нту	Матеріал деталі	Метод отримання заготовки	d1	d2	d3	d4	d5	L1	L2	L3	L4	L5	P
1	Сталь45	штамповка	32h8	32h12	50	40 _{-0,062}	6H7	180	80	25	70	36	20x1,5- 7g
2	Сталь40X	штамповка	30h7	30	45	42m6	4H8	140	60	30	60	36	18x2-6g
3	Сталь20	прокат	26r6	28h10	30	20h8	3H10	200	100	40	70	14	14x1,25 -7g
4	Сталь45	прокат	40 _{-0,062}	40h11	36r6	30h12	3	160	70	20	70	24	20-7g
5	Сталь40	штамповка	20 _{-0,033}	20	30	28k6	4	150	80	20	70	22	18x1-7g
6	Сталь18ХГТ	штамповка	28h7	28	35d9	30 _{-0,033}	5H8	170	80	30	70	24	22x2-7g

Завдання 2

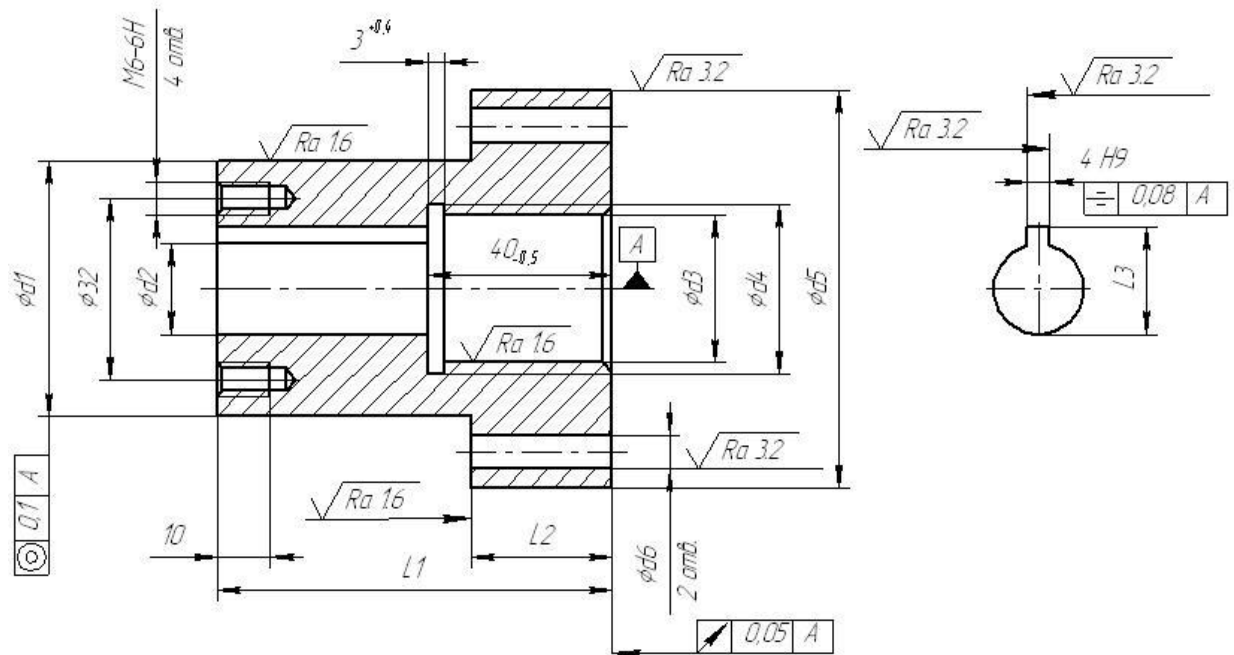
$\sqrt{Ra\ 125}$ (✓)



Деталь – Вісь

Ном ер варіа нту	Матеріал деталі	Метод отримання заготовки	D1	D2	D3	D4	L1	L2	L3	L4	L5	P
1	Сталь45	прокат	26r6 (+0.041 +0.028)	32	28	28k6	140	30	90	35	6P9	14
2	Сталь20	прокат	28d11 (-0.065 -0.195)	35	30	30h7	140	30	90	35	4P8	18
3	Сталь45	прокат	28r6 (+0.041 +0.028)	35	30	30h8	140	30	90	35	6P9	18
4	Сталь45	прокат	20h7	30	26	26r6 (+0.041 +0.028)	150	30	100	35	4P8	16
5	Сталь20	штамповка	30d11	35	30	30k6	160	35	110	20	6P8	20
6	Сталь45	штамповка	40r6	45	35	35h7	160	35	110	20	6P8	20

Завдання 3

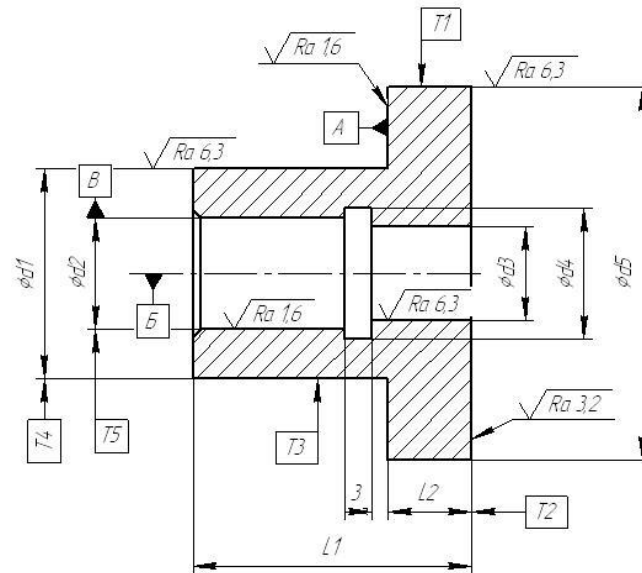


Деталь - Втулка

Ном ер варі анту	Матеріал деталі	Метод отримання заготовки	D1	D2	D3	D4	D5	D6	L1	L2	L3
1	Сталь 45Л	виливок	42h9 (-0,062)	20H6	32H7	34	100d11 (^{-0,120} _{-0,340})	8H7	100	30	24
2	Чавун СЧ18	виливок	45h9	25H7	35H8	36	110h11	10H10	110	40	28
3	Сталь 45	штамповка	50 h11	20H6	30H9	34	120e11	10H8	120	40	24
4	Чавун СЧ20	виливок	42 (-0,062)	20H8	32H6	34	100d11	8H7	100	30	24
5	Сталь 20	штамповка	50 h9	20H8	30H6	34	120d11	10H7	120	40	24
6	Чавун СЧ32	виливок	45h8	25H9	35H9	36	110e11	10H10	110	40	28

Завдання 4

$\sqrt{Ra\ 12,5}$ (✓)

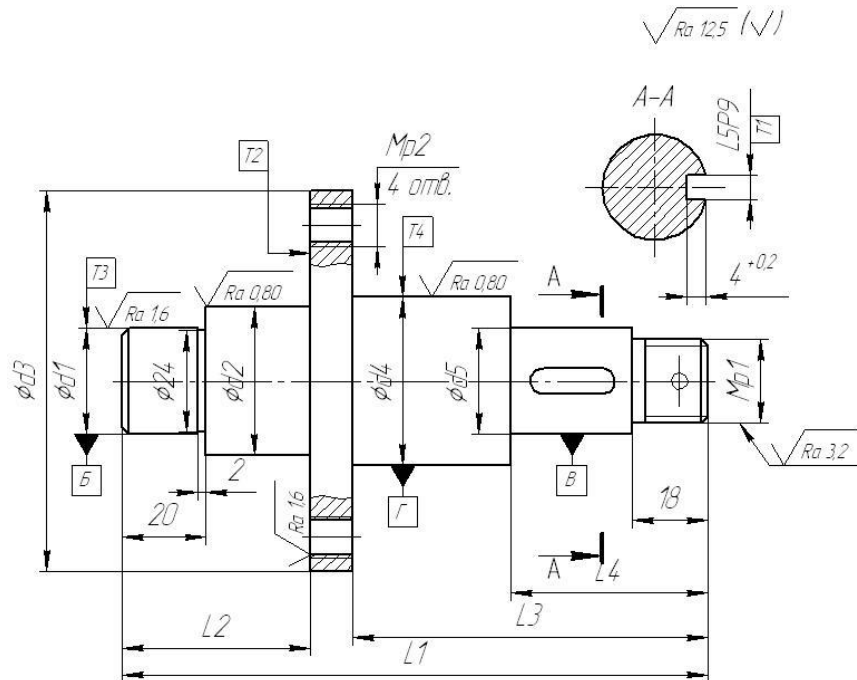


Деталь – Втулка

Номер варіанту	Матеріал деталі	Метод отримання заготовки	d1	d2	d3	d4	d5	L1	L2
1	Чавун СЧ14	ВИЛИВОК	40h7 _(-0.025)	32F8	30H10	32	80d11	60	18h9
2	ЧавунСЧ17	ВИЛИВОК	85h12	42 _{-0.016}	28K7	45	110	85	30
3	Чавун СЧ14	ВИЛИВОК	55s6 _(+0.072/+0.053)	35H8 ^(0.039)	20F8	22	80d11	60h10	18
4	Чавун СЧ18	ВИЛИВОК	60h8 _(-0.046)	40D8	30F10	42	80e11	60	20h9
5	Сталь30	поковка	55s6 _(+0.072/+0.053)	32F8	30F10	34	80d11	85	30 h9
6	Сталь 45	поковка	85h12	40D8	30K7	45	120d11	70h10	20

Номер варіанту	T1	T2	T3	T4	T5
1				-	-
2			-		
3			-		-
4				-	-
5			-		-
6				-	

Завдання 5



Деталь – Валик

Номер варіант	Матеріал деталі	Метод отримання заготовки	d1	d2	d3	d4	d5	p1	p2
1	Сталь 35	штамповка	$18e8\left(\begin{smallmatrix} -0,032 \\ -0,059 \end{smallmatrix}\right)$	25к6	90	30f7	25	18-7h	6-7H
2	Сталь 40	штамповка	$30_{-0,033}$	$40_{0,1}$	100	42m6	$20\left(\begin{smallmatrix} +0,028 \\ +0,015 \end{smallmatrix}\right)$	16x1.5-7g	6-7H
3	Сталь 45	поковка	$25_{-0,013}$	35к6	90	40	30h6	20x1.5-8h	8-6H
4	Сталь 35	поковка	30h8	40к6	100	42m6	25e11	16-7h	8-7H
5	Сталь 30	поковка	25s6	$40_{0,1}$	90	40f7	30h6	18-7h	6-8H
6	Сталь 45	штамповка	$18\left(\begin{smallmatrix} -0,032 \\ -0,059 \end{smallmatrix}\right)$	25к6	100	45f6	$20\left(\begin{smallmatrix} +0,028 \\ +0,015 \end{smallmatrix}\right)$	16x1.5-7g	6-7H

Номер варіанту	L1	L2	L3	L4	L5	T1	T2	T3	T4
1	$140 \pm \frac{IT14}{2}$	$45_{-0,062}$	80	50	4			-	-
2	140	45	80	50	4	 	-		
3	$120 \pm \frac{IT14}{2}$	$40 \pm 0,2$	$70^{+1,0}$	$40_{0,2}$	12			-	-
4	140	40	70	50	4		-	-	
5	$120 \pm \frac{IT14}{2}$	$40 \pm 0,2$	$70^{+1,0}$	50	6	-			
6	$140 \pm \frac{IT14}{2}$	$45_{-0,062}$	80	50	4			-	-

1. ТАБЛИЦЯ ДОПУСКІВ ISO

Інтервал розмірів, мм		Квалітет 6												Квалітет 7												Квалітет 8											
		Поля допусків																																			
		H6	f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6	H7	e7	f7	h7	js7	k7	m7	n7	s7	u7	H8	c8	d8	e8	f8	h8	js8	u8	x8	z8				
		Граничні відхилення, мкм																																			
від 1	до 3	+6 0	-6 -12	-2 -8	0 -6	+3 -3	+6 0	+8 +2	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	-	+10 0	-14 -24	-6 -16	0 -10	+5 -5	+10 0	-	+14 +4	+24 +14	+28 +18	+14 0	-60 -74	-20 -34	-14 -28	-6 -20	0 -14	+7 -7	+32 +18	+34 +20	+40 +26				
від 3	до 6	+8 0	-10 -18	-4 -12	0 -8	+4 -4	+9 +1	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	-	+12 0	-20 -32	-10 -22	0 -12	+6 -6	+13 +1	+16 +4	+20 +8	+35 +23	+35 +23	+18 0	-70 -88	-30 -48	-20 -38	-10 -28	0 -18	+9 -9	+41 +23	+46 +28	+53 +35				
від 6	до 10	+9 0	-13 -22	-5 -14	0 -9	+4,5 -4,5	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	-	+15 0	-25 -40	-13 -28	0 -15	+7 -7	+16 +1	+21 +6	+25 +10	+38 +23	+43 +28	+22 0	-80 -102	-40 -62	-25 -47	-13 -35	0 -22	+11 -11	+50 +28	+56 +34	+64 +42				
від 10	до 14	+11 0	-16 -27	-6 -17	0 -11	+5,5 -5,5	+12 +1	+18 +7	+23 +12	+29 +18	+34 +23	+39 +28	-	+18 0	-32 -50	-16 -34	0 -18	+9 -9	+19 +1	+25 +7	+30 +12	+46 +28	+51 +33	+27 0	-95 -122	-50 -77	-32 -59	-16 -43	0 -13	+13 -13	+60 +33	+40 +72	+50 +87				
від 14	до 18	+11 0	-16 -27	-6 -17	0 -11	+5,5 -5,5	+12 +1	+18 +7	+23 +12	+29 +18	+34 +23	+39 +28	-	+18 0	-32 -50	-16 -34	0 -18	+9 -9	+19 +1	+25 +7	+30 +12	+46 +28	+51 +33	+27 0	-95 -122	-50 -77	-32 -59	-16 -43	0 -27	+13 -13	+60 +33	+40 +72	+50 +87				
від 18	до 24	+13 0	-20 -33	-7 -20	0 -13	+6,5 -6,5	+15 +2	+21 +8	+28 +15	+35 +22	+41 +28	+48 +35	-	+21 +54 +41	-40 -61	-20 -41	0 -21	+10 -10	+23 +2	+29 +8	+36 +15	+56 +35	+62 +41 +48	+33 0	-110 -143	-65 -98	-40 -73	-20 -53	0 -33	+16 -16	+74 +41	+87 +54	+106 +73				
від 24	до 30	+16 0	-25 -41	-9 -25	0 -16	+8,0 -8,0	+18 +2	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34	+59 +43	+64 +48 +70 +54	+25 0	-50 -75	-25 -50	0 -25	+12 -12	+27 +2	+34 +9	+42 +17	+68 +43	+85 +60 +95 +70	+39 0	-120 -159 -130 -169	-80 -98	-50 -89	-25 -64	0 -39	+19 -19	+99 +60 +109 +70	+119 +80 +136 +97	+175 +121 +136 +172				
від 30	до 40	+16 0	-25 -41	-9 -25	0 -16	+8,0 -8,0	+18 +2	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34	+59 +43	+64 +48 +70 +54	+25 0	-50 -75	-25 -50	0 -25	+12 -12	+27 +2	+34 +9	+42 +17	+68 +43	+85 +60 +95 +70	+39 0	-120 -159 -130 -169	-80 -98	-50 -89	-25 -64	0 -39	+19 -19	+99 +60 +109 +70	+119 +80 +136 +97	+175 +121 +136 +172				
від 40	до 50	+16 0	-25 -41	-9 -25	0 -16	+8,0 -8,0	+18 +2	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34	+59 +43	+64 +48 +70 +54	+25 0	-50 -75	-25 -50	0 -25	+12 -12	+27 +2	+34 +9	+42 +17	+68 +43	+85 +60 +95 +70	+39 0	-120 -159 -130 -169	-80 -98	-50 -89	-25 -64	0 -39	+19 -19	+99 +60 +109 +70	+119 +80 +136 +97	+175 +121 +136 +172				

від 50	до 65	+74	-100	-60	-30	0	+37	+120	-100	0	+60	+190	-340	-190	-140	-100	0	+95	+300	-190	0	+150	+460	0	+23	
від 65	до 80	0	-174	-134	-104	-74	-37	0	-220	-120	-60	0	-360	-200	-150	-290	-190	-95	0	-200	-300	-150	0	-460	0	-230
від 80	до 100	+87	-120	-72	-36	0	+43	+140	-120	0	+70	+220	-380	-220	-170	-120	0	+110	+350	-220	0	+175	+540	0	+27	
від 100	до 120	0	-207	-159	-123	-87	-43	0	-260	-140	-70	0	-410	-240	-180	-340	-220	-110	0	-240	-350	-175	0	-540	0	-270
від 120	до 140												-460	-260	-200					-260						
від 140	до 160	+100	-145	-85	-43	0	+50	+160	-145	0	+80	+250	-520	-280	-210	-145	0	+125	+400	-280	0	+200	+630	0	+31	
від 160	до 180	0	-245	-185	-143	-100	-50	0	-305	-160	-80	0	-770	-530	-460	-395	-250	-125	0	-680	-400	-200	0	-630	0	-315
													-580	-310	-230					-310						
													-830	-560	-480					-710						

Інтервал розмірів, мм		Квалітет 14			Квалітет 15			Квалітет 16			Квалітет 17		
		Поля допусків											
		H14	h14	j _s 14	H15	h15	j _s 15	H16	h16	j _s 16	H17	h17	j _s 17
		Граничні відхилення, мкм											
від 1	до 3	+250 0	0 -250	+125 -125	+400 0	0 -400	+200 -200	+600 0	0 -600	+300 -300	+1000 0	-1000 0	+500 -500
від 3	до 6	+300 0	0 -300	+150 -150	+480 0	0 -480	+240 -240	+750 0	0 -750	+375 -375	+1200 0	0 -1200	+600 -600
від 6	до 10	+360 0	0 -360	+180 -180	+580 0	0 -580	+290 -290	+900 0	0 -900	+450 -450	+1500 0	0 -1500	+750 -750
від 10	до 14	+430 0	0 -430	+215 -215	+700 0	0 -700	+350 -350	+1100 0	0 -1100	+550 -550	+1800 0	0 -1800	+900 -900
від 14	до 18												
від 18	до 24	+250 0	0 -520	+260 -260	+840 0	0 -840	+420 -420	+1300 0	0 -1300	+650 -650	+2100 0	0 -2100	+1050 -1050
від 24	до 30												
від 30	до 40	+620 0	0 -620	+310 -310	+1000 0	0 -1000	+500 -500	+1600 0	0 -1600	+800 -800	+2500 0	0 -2500	+1250 -1250
від 40	до 50												
від 50	до 65	+740 0	0 -740	+370 -370	+1200 0	0 -1200	+600 -600	+1900 0	0 -1900	+950 -950	+3000 0	0 -3000	+1500 -1500
від 65	до 80												

від 80	до 100	+870	0	+435	+1400	0	+700	+2200	0	+1100	+3500	0	+1750
від 100	до 120	0	-870	-435	0	-1400	-700	0	-2200	-1100	0	-3500	-1750
від 120	до 140	+1000	0	+500	+1600	0	+800	+2500	0	+1250	+4000	0	+2000
від 140	до 160	0	-1000	-500	0	-1600	-800	0	-2500	-1250	0	-4000	-2000
від 160	до 180												

1. Точність та якість поверхонь при обробці зовнішніх циліндричних поверхонь

Обробка	Параметр шорсткості поверхні R _a , мкм	Глибина дефектного поверхневого шару, мкм	Квалітет допуску розмір	Технологічні допуски (мкм) на розмір при номінальних діаметрах поверхні, мм												
				Від 3 до 6	Від 6 до 10	Від 10 до 18	Від 18 до 30	Від 30 до 50	Від 50 до 80	Від 80 до 120	Від 120 до 180	Від 180 до 250	Від 250 до 315	Від 315 до 400	Від 400 до 500	
Обточування: чорнове	50-6,3	120-60	14	-	-	-	-	620	740	870	1000	1150	1300	1400	1550	
			13	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810	890	970	
			12	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	630	
			13	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810	890	970	
	напівчистове або однократне чистове	25-1,6	50-20	12	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	630
				11	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360	400
				10	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250
				9	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
	тонке	6,3-0,4	30-20	8	18	22	27	33	39	46	57	63	72	81	89	97
				9	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
8				18	22	27	33	39	46	57	63	72	81	89	97	
7				12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	
Шліфування: попереднє	6,3-0,4	20	9	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155	
			8	18	22	27	33	39	46	57	63	72	81	89	98	

Продовження табл.1

Обробка	Параметр шорсткості поверхні R_a , мкм	Глибина дефектного поверхневого шару, мкм	Квалітет допуску розміру	Технологічні допуски (мкм) на розмір при номінальних діаметрах поверхні, мм											
				Від 3 до 6	Від 6 до 10	Від 10 до 18	Від 18 до 30	Від 30 до 50	Від 50 до 80	Від 80 до 120	Від 120 до 180	Від 180 до 250	Від 250 до 315	Від 315 до 400	Від 400 до 500
Шліфування: чистове	3,2-0,2	15-5	7	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63
				6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36
тонке	1,6-0,1	5	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
Притирання, суперфіншування	0,8-0,1	5-3	5	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
				4	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18
Обкатування, алмазне вигладжування	0,8-0,1	5-3	5	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
				4	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18

Примітка: 1. Наведені в таблиці дані відносяться до деталей із сталі. Для деталей з чавуна або кольорових сплавів допуски на розмір приймати відповідно на один квалітет точніші. 2. Допуски на розмір дійсні для поверхонь з $l/d < 2$. При $l/d = 2 \div 10$ допуски приймати відповідно на один-два квалітети грубіші.

2.Точність та якість поверхні при обробці отворів

Обробка	Параметр шорсткості поверхні R_a , мкм	Глибина дефектного поверхневого шару, мкм	Квалітет допуску розміру	Технологічні допуски (мкм) на розмір при номінальних діаметрах поверхні, мм											
				Від 3 до 6	Від 6 до 10	Від 10 до 18	Від 18 до 30	Від 30 до 50	Від 50 до 80	Від 80 до 120	Від 120 до 180	Від 180 до 250	Від 250 до 315	Від 315 до 400	Від 400 до 500
Свердління та розсвердлення	25-0,8	70-15	13	-	-	270	330	390	460						
			12	-	-	180	210	250	300						
			11	75	90	110	130	160	190	-	-	-	-	-	-
			10	48	58	70	84	100	120						
			9	30	36	43	52	62	74						
Зенкерування: чорнове	25-6,3	50-20	13	-	-	270	330	390	460	540	-	-	-	-	-
			12	-	-	180	210	250	300	350					
однократне литого або прошитого отвору;	25-0,4	50-20	13	-	-	270	330	390	460	540					
			12			180	210	250	300	350					
			11			110	130	160	190	220	-	-	-	-	-
			10			70	84	100	120	140					
чистове після чорнового або свердління	25-0,4	50-20	9	-	-	43	52	62	74	87	-	-	-	-	-
			8			27	33	39	46	57					

Продовження табл. 2

Обробка	Параметр шорсткості поверхні R_a , мкм	Глибина дефектного поверхневого шару, мкм	Квалітет допуску розміру	Технологічні допуски (мкм) на розмір при номінальних діаметрах поверхні, мм											
				Від 3 до 6	Від 6 до 10	Від 10 до 18	Від 18 до 30	Від 30 до 50	Від 50 до 80	Від 80 до 120	Від 120 до 180	Від 180 до 250	Від 250 до 315	Від 315 до 400	Від 400 до 500
Розвірчування: нормальне	12,5-0,8	25-15	11 10	75 48	90 58	110 70	130 84	160 100	190 120	220 140	250 160	290 185	320 210	360 230	-
точне	6,3-0,4	15-5	9 8 7	30 18 12	36 22 15	43 27 18	52 33 21	62 39 25	74 46 30	87 57 35	100 63 40	115 72 46	130 81 52	140 98 57	-
тонке	3,2-0,1	10-5	6 5	8 5	9 6	11 8	13 9	16 11	19 13	22 15	25 18	29 20	32 23	36 25	-
Протягування: чорнове	12,5-0,8	25-10	11	-	-	-	-	160	190	220	250	-	-	-	-
литого або прошито отвору			10	-	-	-	-	100	120	140	160	-	-	-	-
чистове після чорнового або після свердління	6,3-0,2	10-5	9	-	-	43	52	62	74	87	100	-	-	-	-
			8			27	33	39	46	57	63				
			7			18	21	25	30	35	40				
			6			11	13	16	19	22	25				

Продовження табл. 2

Обробка	Параметр шорсткості поверхні R _a , мкм	Глибина дефектного поверхневого шару, мкм	Квалітет допуску розміру	Технологічні допуски (мкм) на розмір при номінальних діаметрах поверхні, мм											
				Від 3 до 6	Від 6 до 10	Від 10 до 18	Від 18 до 30	Від 30 до 50	Від 50 до 80	Від 80 до 120	Від 120 до 180	Від 180 до 250	Від 250 до 315	Від 315 до 400	Від 400 до 500
Розточування: чорнове	25-1,6	50-20	13	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810	890	970
			12	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	630
			11	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360	400
чистове	6,3-0,4	25-10	10	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250
			9	30	36	43	52	36	74	87	100	115	130	140	155
			8	18	22	27	33	39	46	57	63	72	81	89	97
тонке	3,2-1,6	10-5	7	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63
			6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
			5	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
Шліфування: попереднє	6,3-0,4	25-10	9	-	-	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
			8	-	-	27	33	39	46	57	63	72	81	89	97
чистове	3,2-0,2	20-5	7	-	-	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63
			6	-	-	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
тонке	1,6-0,1	10-5	5	-	-	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27

Продовження табл. 2

Обробка	Параметр шорсткості поверхні R_a , мкм	Глибина дефектного поверхневого шару, мкм	Квалітет допуску розміру	Технологічні допуски (мкм) на розмір при номінальних діаметрах поверхні, мм											
				Від 3 до 6	Від 6 до 10	Від 10 до 18	Від 18 до 30	Від 30 до 50	Від 50 до 80	Від 80 до 120	Від 120 до 180	Від 180 до 250	Від 250 до 315	Від 315 до 400	Від 400 до 500
Притирання, хонінгування	1,6-0,1	5-3	5	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
			4	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
Розкочування, калібрування, алмазне вигладжування	6,3-0,1	-	10	-	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250
			9	-	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
			8	-	22	27	33	39	46	57	63	72	81	89	97
			7	-	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63
			6	-	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
			5	-	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27