

Міністерство освіти і науки України

Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних робіт з дисципліни
«Теоретичні основи технології виготовлення деталей
та складання машин»

для студентів спеціальності
131 «Прикладна механіка»
освітньої програми «Технології машинобудування»
галузі знань «Механічна інженерія»
всіх форм навчання

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин», для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», освітньої програми «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання/ Укл.: Гончар Н.В., Тумарченко Л.О., Томілін В.М. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 74 с.*

* Дані методичні вказівки розроблено на основі практичних робіт, розроблених викладачами кафедри ТМБ

Укладачі: Н.В. Гончар, доцент каф. ТМБ, к.т.н.
Л.О. Тумарченко, аспірантка каф. ТМБ
В.М. Томілін, зав. лаб. каф. ТМБ

Рецензент: О.Б. Козлова, доцент, к.т.н.

Відповідальний за
випуск С.І. Дядя, доцент, к.т.н.

Затверджено
на засіданні кафедри ТМБ
протокол № 1
від 06.08.2024 р.

Рекомендовано до видання НМК
машинобудівного факультету
протокол № 1
від 27.08.2024 р.

ЗМІСТ

1 Вибір заготовки і економічне обґрунтування способу її отримання.....	5
2 Складання планів обробки поверхонь деталі	22
3 Призначення операційних припусків та розрахунок операційних розмірів методом розмірних ланцюгів.....	35
4 Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків на обробку циліндричних поверхонь та розрахунок операційних виконавчих розмірів методом розмірних ланцюгів	52
Перелік джерел посилання	60

Подані методичні вказівки - це рекомендації до виконання практичних занять за темами, зміст яких відповідає змісту розділу "Методика проектування технологічних процесів" лекційного курсу "Технологія машинобудування".

Мета методичних вказівок – допомогти студентам при самостійній роботі над закріпленням лекційного курсу. Методичні вказівки узагальнюють такі теми: вибір заготовки і економічне обґрунтування методів її одержання; складання планів обробки поверхонь деталей; призначення операційних припусків і розрахунок виконавчих розмірів; розрахунково-аналітичний метод встановлення припусків для обробки циліндричних поверхонь; визначення припусків за допомогою коефіцієнтів; визначення виконавчих розмірів за різними методиками.

Для кожного практичного заняття подані основні теоретичні положення, приклад розв'язання задачі, індивідуальні завдання, довідникові матеріали.

Дані методичні вказівки можуть також використовуватися студентами при виконанні курсового і дипломного проектування.

1 ВИБІР ЗАГОТОВКИ І ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ЇЇ ОТРИМАННЯ

Мета роботи: економічне обґрунтування способу отримання заготовок враховуючи те, що кожен з можливих способів визначається показниками: витрата матеріалу, вартість виготовлення заготовки, технологічна собівартість і трудоемність на механічну обробку.

Основні теоретичні положення за темою занять

Кожен з обраних методів отримання заготовок повинен задовольняти ряд умов, а саме забезпечувати:

- властивість заготовки, яка необхідна для виконання деталлю своїх службових функцій за даними умовами експлуатації;
- можливість отримання заготовок з поданого матеріалу й поданої конструкції;
- продуктивність виготовлення заготовок з урахуванням поданої програми випуску.

Якщо ці умови задовольняються у декількох методах (лиття, гаряче штампування, прокат) і тим паче декількох способів в межах кожного з цих методів, необхідно вибрати найбільш економічний варіант. При цьому використовують два критерії економічної доцільності:

- вартість виготовлення заготовки;
- коефіцієнт використання матеріалу заготовки (КВЗ).

Вартість однієї заготовки, отриманої литтям чи гарячим штампуванням:

$$B = \frac{B_6}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_{II} - (Q - q) \cdot \frac{B_{OTX}}{1000} \quad (1.1)$$

Для заготовок з прокату:

$$B = \frac{B_6}{1000} \cdot Q - (Q - q) \cdot \frac{B_{OTX}}{1000} \quad (1.2)$$

де B_6 - базова вартість виготовлення 1т. заготовок, грн.;

Q і q - відповідно вага заготовки і готової деталі, кг;

$K_T, K_M, K_B, K_C, K_{II}$ - коефіцієнти, що враховують відповідно клас точності, матеріал, групу складності, масу заготовки, програму випуску;

$V_{отх}$ - вартість 1т. стружки, грн.

Коефіцієнт використання заготовки:

$$\eta = \frac{q}{Q} \quad (1.3)$$

Для розрахунку Q необхідно знати матеріал, розміри деталі, сумарні припуски на обробку, які вибирають для відливок з сірого чавуну по ГОСТ 1855-95* ; відливки зі сталі - по ГОСТ 2009- 85*; ГОСТ 26645-85 гаряче штампованих заготовок - по ГОСТ 7505-89; заготовок з прокату - по ГОСТ 2590-74* і ГОСТ 7414-74*. Потім з урахуванням розмірів заготовки розраховують об'єм та масу.

Припустимо, що при порівнянні двох способів отримані значення $V_1 < V_2$ та $\eta_1 > \eta_2$, тоді приймають перший спосіб і розраховують річні заощадження за вартістю виготовлення заготовок:

$$E_B = (V_2 - V_1) \cdot N \quad (1.4)$$

і річне заощадження матеріалу:

$$M_1 = \frac{q \cdot (\eta_1 - \eta_2)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot N \quad (1.5)$$

де N - річна програма випуску заготовок, шт.

Якщо отримали значення $V_1 < V_2$, але $\eta_1 < \eta_2$, то порівнюємо додаткові витрати на виготовлення заготовок за другим варіантом (форм. 1.4) з додатковими витратами на матеріал по першому варіанту:

$$V_{M1} = \frac{V_{B1}}{1000} \cdot M_1 \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_{\Pi} \quad (1.6)$$

де $M1$ – додаткова використана вага матеріалу при отриманні заготовок першим способом.

$$M_2 = \frac{q \cdot (\eta_2 - \eta_1)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot N$$

Тобто порівнюють заощадження на виготовлення з додатковими витратами на матеріал: $E_B > Z_M$ або $E_B < Z_M$. Приймають той спосіб, який потребує найменших додаткових витрат.

Приклад розв'язання задачі №1

Вихідні дані

Робоче креслення деталі (рисунок 1.1).

Розміри:

$D_1=100$ мм, $D_2=50$ мм, $D_3=80$ мм, $L_1=100$ мм, $L_2=80$ мм.

Матеріал деталі - вуглецева сталь.

Річна програма $N=100 \times 10^3$ шт.

Умови задачі

Економічно обґрунтувати доцільність використання одного з трьох способів отримання заготовок першого класу точності:

- лиття в піщані форми;
- лиття в кокіль;
- лиття в оболонкові форми.

Порядок розв'язання задачі

1. Накреслити ескіз деталі. Дані занести в таблицю 1.1.

2. Встановити припуски (таблицю 1.2; 1.3) і розрахувати, використовуючи таблицю 1.3, ескіз деталі, вагу деталі q ($q=V\rho$), вагу заготовки Q , отриману кожним методом.

3. Розрахувати B і η , використовуючи формули (1.1) і (1.3) і дані таблиці 1.4 - 1.28. Наприклад, за першим варіантом (лиття в піщані форми), (табл. 1.4 – 1.11):

$$B = \frac{2900}{1000} \cdot 4.39 \cdot 1.06 \cdot 1.21 \cdot 0.83 \cdot 0.93 \cdot 0.77 - (4.39 - 2.83) \cdot \frac{140}{1000} = 9.48 \text{ грн}$$

$$\eta = \frac{3,88}{4,39} = 0,644$$

Інші розрахунки аналогічно.

4. Розрахункові і довідникові розміри для кожного варіанту занести в табл. 1.1.

Подальші розрахунки належить виконувати відповідно до варіантів 2 і 3 тому, що $B_2 < B_1 < B_3$ та $\eta_1 < \eta_2 < \eta_3$

5. Розрахувати додаткові витрати на матеріал за варіантом 3:

$$E_B = (10.49 - 6.52) \cdot 10^5 = 197000 \text{ грн}$$

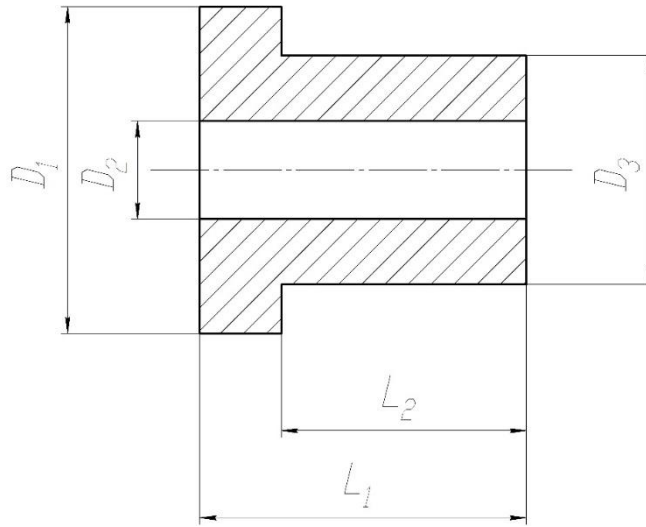


Рисунок 1.1

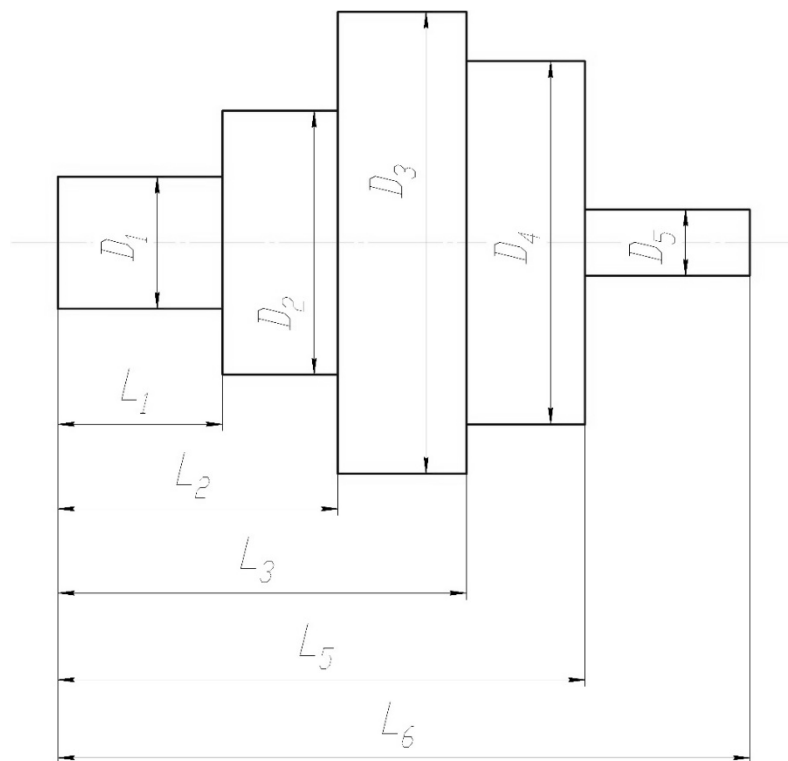


Рисунок 1.2

6. Розрахувати додаткові витрати на виготовлення заготовки за варіантом 2:

$$M_2 = \frac{2,83 \cdot (0,89 - 0,841)}{0,89 \cdot 0,841} \cdot 10^5 = 18449 \text{ кг}$$

$$V_{M1} = \frac{3350}{1000} \cdot 18449 \cdot 1,06 \cdot 1,21 \cdot 0,83 \cdot 0,93 \cdot 0,77 = 61807 \text{ грн}$$

Тому, що $V_{M2} < V_{B1}$, необхідно прийняти варіант 2 – лиття в кокіль. Абсолютне річне заощадження при програмі випуску $\Pi = 10^5$ шт. від упровадження цього способу відповідно:

$$E_B = 197000 - 61807 = 135193 \text{ грн}$$

Індивідуальне завдання

Завдання кожному студентові наведено в табл. 1.31. Номер варіанту відповідає номеру прізвища студента в списку академічної групи. Оцінка за виконання завдання ставиться відповідно до результатів його захисту.

Таблиця 1.1 – Порівняльні показники за варіантами.

Показники	Позначення	Вимір	ВАРІАНТ		
			1	2	3
Припуск на сторону	Q	мм	3,5	1,25	1,0
Вага заготовки	Z	кг	4,39	3,37	3,18
Базова вартість 1т. заготовки	V_B	грн.	2900	3350	4350
Коефіцієнт	K_T	-		1,06	
	K_M	-		1,21	
	K_C	-		0,83	
	K_B	-		0,93	
	K_Π	-		0,77	
Вартість 1т. стружки	V_{OTX}	грн.		140	
Вартість однієї заготовки.	V	грн.	9,48	8,52	10,49
Коефіцієнт використання заготовок	η	-	0,664	0,84	0,89

Контрольні запитання

1. Методи і способи виготовлення заготовок.
2. Чинники, які визначають можливість технічної реалізації методів і способів виготовлення заготовок.

3. Критерії, які використовують при оцінюванні ощадної економічної ефективності різноманітних способів.

4. Що відображають коефіцієнти, зведені в формулу (1.1)?

5. В яких типах виробництва застосовуються ті чи інші способи отримання заготовок?

6. Чи варто враховувати технологічну собівартість механічної обробки заготовки при обґрунтуванні способу її отримання?

Таблиця 1.2 – Припуски Z на сторону заготовок, отриманих литтям, мм.

№	Спосіб лиття	Найбільший габаритний розмір деталі, мм	Номінальний розмір деталі											
			I клас точності						II клас точності					
			До 50		50-120		120-250		До 50		50-120		120-250	
			Сталь	Чавун	Сталь	Чавун	Сталь	Чавун	Сталь	Чавун	Сталь	Чавун	Сталь	Чавун
1	В піщані форми	До 200 мм	3,5	2,5	3,5	2,5	4,0	3,0	4,0	3,5	4,0	4,0	4,5	4,5
2	Відцентрове		3,0	2,0	3,0	2,0	3,5	2,5	3,5	2,5	3,5	3,5	4,0	4,0
3	В кокіль		1,0	1,0	1,25	1,0	1,25	1,25	1,25	1,0	1,5	1,25	1,75	1,5
4	В оболонкові форми		0,9	0,9	1,0	1,0	1,25	1,25	1,0	1,0	1,25	1,25	1,5	1,25
5	Під тиском		0,3	-	0,5	-	0,75	-	0,5	-	0,75	-	1,0	-
6	За виплавленими моделями		0,2	-	0,25	-	0,50	-	0,3	-	0,5	-	0,75	-

Таблиця 1.3 - Припуски Z на сторону гарячештампованих заготовок, мм.

Вага заготовки, кг	Клас точності заготовки	Розмір заготовки, мм											
		До 50	50-120	120-260	260-360	До 50	50-120	120-260	260-360	До 50	50-120	120-260	260-360
Від 1,6 до 2,5	1	1,4	1,5	1,5	1,7	1,5	1,5	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	2,4
	2	1,9	2,0	2,3	2,5	2,0	2,1	2,4	2,6	2,7	2,9	3,0	3,3
	3	2,4	2,6	3,0	3,3	2,7	2,9	3,3	3,6	3,4	3,7	1,3	4,7
Від 2,5 до 4,0	1	1,6	1,6	1,7	1,9	1,6	1,7	1,8	1,9	2,2	2,2	2,5	2,7
	2	2,1	2,2	2,5	2,7	2,3	2,4	2,7	3,0	2,7	3,0	3,3	3,6
	3	2,6	2,8	3,2	3,5	2,9	3,1	3,5	3,8	3,7	4,0	4,6	5,1
Від 4,0 до 6,3	1	1,9	1,9	2,0	2,2	1,9	2,0	2,1	2,2	2,7	2,7	3,0	3,1
	2	2,3	2,5	2,7	2,9	2,5	2,6	2,9	3,1	3,0	3,2	3,6	4,0
	3	2,9	3,1	3,5	3,8	3,2	3,4	3,8	4,1	4,3	4,5	5,1	5,6
Від 6,3 до 10,0	1	2,0	2,1	2,2	2,3	2,1	2,1	2,3	2,4	2,8	3,0	3,1	3,3
	2	2,5	2,6	2,9	3,1	2,7	2,8	3,1	3,3	3,3	3,5	3,9	4,2
	3	3,2	3,4	3,8	4,1	3,6	3,8	4,2	4,5	4,6	4,9	5,5	6,0

Таблиця 1.4 – Базова вартість 1т заготовок.

Спосіб і метод отримання заготовок	Базова вартість 1т. заготовок, грн.
ВІДЛИВКИ	
В піщану форму при машинному формування. Заготовки із сірого чавуна, вагою до 3кг.	2900
В кокіль. Заготовки із сірого чавуна, вагою до 3кг	3350
Відцентрове лиття. Заготовки із сірого чавуна, вагою до 3кг	3600
В оболонкові форми. Заготовки із сірого чавуна, вагою до 3кг	4350
В витоплювані моделі. Заготовки з алюмінієвих сплавів, вагою до 0,2кг	16000
Лиття під тиском. Заготовки з алюмінієвих сплавів, вагою до 0,2кг	17800
ГАРЯЧЕШТАМПОВАНІ ЗАГОТОВКИ	
На ГKM. Заготовка із вуглецевої сталі, вагою до 4кг.	3150
На молотах і пресах. Заготовка із вуглецевої сталі, вагою до 4кг.	350

Таблиця 1.5 – Вартість 1т. стружки.

Стружка	Оптова ціна за 1т., грн.
Стальна	140
Чавунна	170
Алюмінієва	1770
Мідна	4000
Бронза	5500

Значення коефіцієнтів K_T , K_M , K_B , K_C , K_P при розрахунку вартості відливок, отриманих литтям в піщані форми, в кокіль, відцентровим і в оболонкові форми знаходиться по табл. 1.6 – 1.10

Таблиця 1.6 – Значення коефіцієнта K_T .

Клас точності відливки	Матеріал відливки	
	Чорний	Кольоровий
1	1,06	-
2	1,03	-
3	1,00	-
4	-	1,10
5	-	1,05
6	-	1,00

Таблиця 1.7 – Значення коефіцієнта K_M .

Матеріал відливки		Значення
ЧАВУН	Сч12-28; Сч15-32; Сч-36	1,00
	Сч24-24; Сч28-48; Сч36-60	1,10
	Сч30-6; Кч35-10; Кч37-42	1,15
	Вч54-0; Вч50-1; Вч60-2	1,24
СТАЛІ	Вуглецеві	1,21
	Низьколеговані	1,6
	Леговані	2,40
СПЛАВИ	Алюмінію	5,10
	Бронзи	5,40
	Магнію	9,15

Таблиця 1.8 – Значення коефіцієнта K_C .

Матеріал відливки		Група складності				
		1	2	3	4	5
Чавун, сталь		0,7	0,83	1	1,2	1,45
Сплави	Алюмінію	0,82	0,89	1	1,25	1,32
	Бронзи	0,97	0,98	1	1,02	1,04
	Магнію	0,82	0,90	1	1,11	1,25

Таблиця 1.9 – Значення коефіцієнта K_B .

Вага заготовки	Матеріал відливки				
	Чавун	Сталь	Алюмінієві сплави	Магнієві сплави	Бронзи
0,5-1,0	1,1	1,07	1,05	1,07	1,01
1-3	1	1	1	1	1
3-10	0,91	0,93	0,96	0,97	0,99
10-20	0,84	0,87	0,94	0,94	0,99
20-50	0,80	0,82	0,92	0,91	0,98

Таблиця 1.10 – Значення коефіцієнта K_{II} .

Матеріал відливки		Група серійності (см. табл. 1.11)		
		1	2	3
Чавун		0,52	0,76	1
Сталь		0,5	0,77	1
Сплави	Алюмінію	0,77	0,90	1
	Бронзи	0,82	0,92	1
	Магнію	0,91	0,96	1

Таблиця 1.11 – Дані для визначення групи серійності.

Вага відливки	Об'єм (тис. шт.) при групі серійності		
	1	2	3
0,5-1,0	>500	100-500	<100
1-3	>350	75-350	<75
3-10	>200	30-200	<30
10-20	>100	15-100	<15
20-50	>60	10-60	<10

Значення коефіцієнтів K_T , K_M , K_B , K_C , K_P , при розрахунку вартості відливок, отриманих за методом витоплюваних моделей (табл. 1.12 – 1.16).

Таблиця 1.12 – Значення коефіцієнта K_T .

Клас точності відливки	1	2	3
K_T	1,1	1,05	1,0

Таблиця 1.13 – Значення коефіцієнта K_M .

Матеріал відливки		Значення
СТАЛІ	Вуглецеві	1,0
	Низьколеговані	1,04
	Високолеговані	1,23
СПЛАВИ	Алюмінію	1,0
	Бронзи	1,65
	Магнію	1,70

Таблиця 1.14 – Значення коефіцієнта K_C .

Матеріал відливки		Група складності				
		1	2	3	4	5
СТАЛІ	Вуглецеві	0,86	0,92	1	1,12	1,24
	Низьколеговані	0,86	0,93	1	1,11	1,23
	Високолеговані	0,85	0,90	1	1,12	1,26
Мідні сплави		0,87	0,93	1	1,15	1,26
Бронзи		0,92	0,95	1	1,10	1,15

Таблиця 1.15 – Значення коефіцієнта K_B .

Вага заготовки	Матеріал відливки				
	Вуглецеві та низьколеговані сталі	Високо легована сталь	Мідні сплави	Бронза безолов'яніста	Бронза олов'яніста
0,5-1,0	0,7	0,74	0,89	0,76	0,80
1-2	0,62	0,63	0,86	0,71	0,76
2-5	0,5	0,53	0,82	0,64	0,70
5-10	0,45	0,48	0,78	0,61	0,67
10	0,38	0,40	0,72	0,75	0,64

Таблиця 1.16 – Значення коефіцієнта K_{II} .

Група серійності	1	2	3
K_{II}	0,83	1	1,23

Таблиця 1.17 – Дані для визначення групи серійності.

Вага відливки	Об'єм (тис. шт.) при групі серійності		
	1	2	3
0,5-1,0	>15	11-15	<11
1-2	>12	9-12	<9
2-5	>10	7-10	<7
5-10	>4	3-4	<3

Значення коефіцієнтів K_T , K_M , K_B , K_C , K_{II} , при розрахунку вартості відливок, отриманих за методом лиття під тиском (табл. 1.18 – 1.22).

Таблиця 1.18 – Значення коефіцієнта K_T .

Клас точності відливки	1	2	3
K_T	0,83	1	1,23

Таблиця 1.19 – Значення коефіцієнта K_M .

Матеріал відливки		Значення
СПЛАВИ	Алюмінію	1,0
	Бронзи	1,5
	Магнію	0,93

Таблиця 1.20 – Значення коефіцієнта K_C .

Матеріал відливки		Група складності			
		1	2	3	4
Сплави	Алюмінію	0,88	0,94	1	1,07
	Бронзи	0,85	0,92	1	1,07
	Магнію	0,90	0,93	1	1,07

Таблиця 1.21 – Значення коефіцієнта K_B .

Вага заготовки	Матеріал відливки		
	Алюмінієві сплави	Магнієві сплави	Мідні сплави
0,5-1,0	0,81	0,75	0,81
1-2	0,75	0,68	0,75
2-5	0,70	0,61	0,71
5-10	0,64	0,55	0,67

Таблиця 1.22 – Значення коефіцієнта K_D .

Матеріал відливки		Група серійності (см. табл. 1.11)		
		1	2	3
Сплави	Алюмінію	0,92	1	1,09
	Бронзи	0,88	1	1,08
	Магнію	0,93	1	1,07

Таблиця 1.23 – Дані для визначення групи серійності.

Вага відливки	Об'єм (тис. шт.) при групі серійності		
	1	2	3
0,5-2,0	>500	300-500	<300
2-5	>300	150-300	<150
5-10	>100	75-100	<75

Дані для визначення коефіцієнтів при розрахунку вартості гарячештапованих заготовок, отриманих на пресах, молотах, ГKM (табл. 1.24 – 1.28).

Таблиця 1.24 – Значення коефіцієнта K_T .

Клас точності заготовок	1	2	3
K_T	1,05	1,0	0,9

Таблиця 1.25 – Значення коефіцієнта K_M .

Матеріал заготовок	Значення
Вуглецеві	1,00
Низьколеговані	1,22
Високолеговані	1,80

Таблиця 1.26 – Значення коефіцієнта K_C .

Матеріал відливки	Група складності			
	1	2	3	4
Вуглецеві	0,75	0,84	1	1,15
Низьколеговані	0,77	0,87	1	1,14
Високолеговані	0,78	0,89	1	1,12

Таблиця 1.27 – Значення коефіцієнта K_B .

Вага заготовки	Матеріал заготовок, сталі		
	Вуглецеві	Низьколеговані	Високолеговані
0,63-1,6	1,33	1,29	1,25
1,6-2,5	1,14	1,14	1,11
2,5-4	1	1	1
4-10	0,87	0,89	0,90
10-25	0,80	0,79	0,80
25-63	0,73	0,74	0,75

Примітка. Значення коефіцієнта K_{II} визначається з наступної умови. Якщо річна програма випуску заготовок більше значень, що вказані в табл. 1.28, то приймають $K_{II}=0,8$, а в решті випадків приймають $K_{II}=1$.

Таблиця 1.28 – Значення коефіцієнта K_{II} .

Маса заготовки, кг	Річна програма, тис. шт..
0,63-1,6	5-150
1,6-2,5	4,5-120
2,5-4	4-100
4-10	3,5-7,5
10-25	3-50
25-63	2-30

Таблиця 1.29 – Оптові ціни на матеріали, що одержані прокатом

Назва, марка матеріалу		Ціна за 1т, грн.
Саль якісна сортова кругла		
Вуглецева сталь 10, 20, 30, 40, 45, 50		1140
Легована сталь 15Х, 20Х, 30Х, 40Х, 50Х		1260
18ХГТ, 30ХГТ		1880
13ХН3А, 20ХН3А		2540
Автоматна А12, А20, А30, А40		1250
Сталь якісна інструментальна кругла, квадратна		
Вуглецева У8, У9, У10, У11, У12		1270
Вуглецева У8А, У9А, У10А, У11 А, У12А		1440
Легована ХВГ		3430
Швидкоріжуча	Р18 (32 —50 мм)	25100
	Р9 (32-50 мм)	17700
	Р9Ф5 (32-50 мм)	22000
	Р9К10 (32-50 мм)	56800

Примітка. Діаметри прутків гарячекатаної сталі нормальної та підвищеної точності, мм: 15...20, 22, 24...26, 28, 30, 34, 38, 40, 42, 45, 48, 50, 56, 60, 63, 65, 70, 75, 80, 90, 100, 105, 110, 120, 125, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200.

Таблиця 1.30 - Густина металів та сплавів.

Матеріал	Густина, г/см ³
Алюміній	2,7
Алюмінієві сплави	6,3
Магній	1,74
Бронза	8,9
Мідь	8,96
Сталь, чавун	7.87
Титан	4,5
Цинк	7,3
Мідноцинкові сплави (латунь)	8,5
Магнієвий сплав	2,2-3,0

Таблиця 1.31 – Вихідні данні для розв’язання задач.

№ вар.	Матеріал деталі	Густина г/см ³	Розмір деталі, мм (втулка рис.1.1)					Порівняльні методи отримання заготовок	Річна програма N тис.шт.
			D ₁	D ₂	D ₃	L ₁	L ₂		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Сталь вуглецева	7,8	120	60	90	100	80	ПФ, К	250 · 10 ³
2	Алюмінієвий сплав	6,3	120	60	90	100	80	ВМ, ВЦ	200 · 10 ³
3	Сталь вуглецева	7,8	130	70	100	110	80	ПФ, ОФ	150 · 10 ³
4	Магнітний сплав	2,5	150	80	100	120	90	К, ВЦ	100 · 10 ³
5	Магнітний сплав	2,5	100	60	80	80	60	К, ОФ	25 · 10 ³
6	Магнітний сплав	2,5	200	100	150	200	180	ВЦ, ОФ	20 · 10 ³
7	Сталь низьколегована	7,8	120	60	90	100	80	К, ОФ	15 · 10 ³
8	Сталь легована	7,8	120	60	90	100	80	К, ОФ	10 · 10 ³
9	Алюмінієвий сплав	6,3	100	60	80	90	70	ОФ, ВМ	25 · 10 ³
10	Чавун СЧ 15-32	7,8	100	60	80	100	60	ПФ, ОФ	100 · 10 ³
11	Чавун СЧ 50-1	7,8	120	60	90	100	80	К, ОФ	100 · 10 ³
12	Алюмінієвий сплав	6,3	100	60	80	100	80	ВЦ, ОФ	25 · 10 ³
13	Сталь низьколегована	7,8	120	60	90	100	80	К, ГКМ	250 · 10 ³
14	Сталь низьколегована	7,8	150	70	100	150	100	М, ГКМ	200 · 10 ³
15	Сталь вуглецева	7,8	160	60	100	120	80	М, ГКМ	200 · 10 ³
16	Сталь легована	7,8	160	60	90	120	90	ПФ, П	100 · 10 ³
17	Сталь вуглецева	7,8	160	60	100	120	90	ПФ, ГКМ	100 · 10 ³
18	Сталь легована	7,8	100	55	80	100	70	К, ГКМ	150 · 10 ³
19	Сталь вуглецева	7,8	100	55	80	100	70	ОФ, ГКМ	200 · 10 ³
20	Сталь низьколегована	7,8	60	0	50	100	60	ПР, ГКМ	10 · 10 ³

Продовження таблиці 1.31

№ Вар.	Матеріал деталі	Густина г/см ³	Розмір деталі, мм (втулка рис.1.2)								Порівняльні методи отримання заготовок	Річна програма N тис.шт.
			D ₁ =D ₅	D ₂ =D ₄	D ₃	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
21	Сталь низьколегована	7,8	50	60	70	40	80	120	160	200	ПР, ГКМ	10 · 10 ³
22	Сталь низьколегована	7,8	40	60	70	40	90	130	180	220	ПР, ГКМ	10 · 10 ⁴
23	Сталь низьколегована	7,8	60	80	90	50	100	140	190	240	ПР, П	10 · 10 ³
24	Сталь вуглецева	7,8	50	70	80	50	100	150	200	250	П, ГКМ	10 · 10 ³
25	Сталь вуглецева	7,8	40	70	90	60	100	150	190	250	М, ГКМ	5 · 10 ³
26	Сталь низьколегована	7,8	60	70	80	50	90	130	170	210	ПР, ГКМ	10 · 10 ⁴
27	Сталь легована	7,8	50	70	80	40	90	130	180	220	ПР, ГКМ	10 · 10 ³
28	Сталь низьколегована	7,8	40	30	80	40	80	120	160	200	ПР, П	10 · 10 ⁴
29	Сталь легована	7,8	60	70	80	50	100	140	190	240	П, ГКМ	10 · 10 ³
30	Сталь вуглецева	7,8	40	50	70	50	80	100	120	150	М, ГКМ	10 · 10 ⁴

2 СКЛАДАННЯ ПЛАНІВ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛІ

Мета роботи: оволодіти методикою складання планів обробки елементарних поверхонь деталі та ознайомитися з довідковими даними, необхідними для складання планів.

Плани обробки, як вихідні документи, використовуються при проектуванні маршрутної і операційної технології.

Основні теоретичні положення

План обробки поверхні містить у собі кількість технологічних переходів, послідовність цих переходів, методи обробки поверхонь.

На зміст плану виявляє вплив ряд чинників [2, с.126].

а) Вимоги до точності розмірів, та до точності взаємного розташування вісей та поверхонь.

Чим вищі ці вимоги, тим більше треба переходів. Досить часто розміри, що зв'язують поверхні або вісі, мають широкі допуски, і їх можна забезпечити за один прохід.

Наприклад: розмір $40_{-0,4}$, що позначає ширину зубчастого вінця, можна забезпечити однократним точінням торця. Вимога ж до торцевого биття зубчастого вінця щодо вісі отвору А не більш 0,03 мм змушує виконати ще два проходи: чистове точіння й шліфування торців.

б) Вимоги до якості поверхні.

Якщо засіб остаточної обробки забезпечує необхідну точність розміру, але не забезпечує якість поверхні, то в план обробки додатково вводять 1-2 переходи, такі як: тонке шліфування, притирку, суперфініш, полірування, зміцнюючи методи обробки та інше.

в) Наявність і характер термічної обробки.

Відомо, що цементация, азотування, гартування, відпуск та інші методи призводять до втрати вже досягнутих показників точності. Для відтворення втраченої точності необхідно додатково ввести 1-2 переходи.

г) Вимоги до точності установочних технологічних баз.

Якщо поверхня виконує у технологічному процесі роль установчої бази, то кількість переходів її обробки збільшується. Звичайно додаткові переходи вводяться після чорнової обробки.

д) Вимоги до показників якості вихідної заготовки.

Чим вищі вимоги до точності розмірів, форми, взаємного розташування поверхонь заготовок, тим менш треба переходів для досягнення відповідних показників якості деталі.

Зазначені чинники впливають в основному на встановлення числа переходів. Для оцінки достатності цього числа можна скористатися поняттям «необхідне уточнення», значення якого розраховується за формулою [1, с.343]:

$$\varepsilon_{oi} = \frac{T_{si}}{T_{di}} \quad (2.1)$$

де T_{si} - допуски на i -й параметр вихідної заготовки;

T_{di} - допуск за кресленням для того ж i -го параметру готової деталі.

На кожному j -му переході забезпечується приватне уточнення i -го параметру:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{T_{i(j-1)}}{T_{ij}} \quad (2.2)$$

Де $T_{i(j-1)}$ і T_{ij} - відповідно технологічні допуски, що забезпечуються на попередньому ($j-1$) та даному j -му переходах.

Значення цих допусків, які забезпечуються різними методами обробки, наведені в [3, с.8-11]. Якщо після обробки заготовки за наміченим планом забезпечується виконання умови:

$$\prod_{j=1}^k \varepsilon_{ij} > \varepsilon_{oi} \quad (2.3)$$

то загальну кількість переходів $j=k$ треба вважати достатньою, а варіант плану обробки поверхні – прийнятним. Виконання умови (2.3) може забезпечуватися в однаковій мірі різними планами. Остаточо вибраний план повинен не тільки задовольняти умові (2.3), але й враховувати особливості типа виробництва, наявності і можливості технологічного обладнання, принципи забезпечення мінімальних витрат на обробку. Число k переходів механічної обробки і уточнення ε_i по усіх переходах, що забезпечують виконання рівняння (2.3), можна приблизно визначити за формулою:

$$k_i = 2lg\varepsilon_{oj} \quad (2.4)$$

де ε_{0j} – максимальне загальне уточнення по контролюємим параметрам.

Остаточне рішення про кількість переходів k визначає розробник.

Задачі і послідовність проектування МОП:

а) вивчивши креслення деталі і виконавши ескіз заготовки з вписаними контурами деталі, зробити технологічну розмітку поверхонь деталі, тобто виділити основні поверхні, які будуть механічно обробляться, і позначити їх арабськими цифрами;

б) визначити характеристики поверхонь, розрахувати загальне уточнення i , відповідно, визначити кількість переходів механічної обробки;

в) скласти послідовність показників точності та якості (ППТЯ) основних поверхонь деталі, установити перелік технологічних переходів і значення допусків для цих переходів. На кожну поверхню розробити декілька варіантів ППТЯ. Число k переходів механічної обробки поверхні в різних варіантах ППТЯ може бути різним.

Перевагу віддають тому варіанту ППТЯ i , відповідно, МОП, який забезпечує найкоротший шлях до досягнення кінцевої мети, тобто необхідно прагнути до мінімального числа переходів;

При проектуванні МОП перш за все, по таблицях економічної точності [1, 2, 3] визначають метод (один або декілька можливих) остаточної обробки, виходячи із показників точності поверхні, шорсткості, з урахуванням матеріалу, геометричних розмірів, маси і форми, а також наявності і характеру термообробки.

Першим переходом створення поверхні є заготівельна операція (заготовка). Вибір першого переходу механічної обробки (другого переходу в МОП) залежить від виду заготовки. Якщо точність заготовки невисока, то така поверхня спочатку підлягає чорновій обробці. При точній заготовці можна відразу починати чистову обробку, а в деяких випадках і оздоблювальну, кінцеву обробку. Методи обробки проміжних переходів МОП установлюють, базуючись на початковий і базовий метод обробки. При розробці МОП виходять із того, що кожний наступний перехід повинен бути точнішим попереднього.

г) бажано, щоб в МОП однієї деталі повтор методів обробки був максимальним. Це скорочує номенклатуру необхідного ріжучого інструмента і дозволяє будувати ТП по принципу концентрації.

Зразок розв'язання задачі №2

Вихідні дані

Робоче креслення деталі (рис. 2.1)

Заготовка – поковка із сталі 40Х, група сталі М-1, нормальної точності та складності С-1. Вага заготовки Q=3,8 кг. Тип виробництва – масовий.

Постановка задачі

Скласти план обробки зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 35_{+0.05}^{+0.02}$.

Порядок розв'язання задачі

1. По робочому кресленню з'ясувати технічні вимоги на оброблюєму поверхню. До них відносяться допуски та шорсткість поверхні: $T_{дл}=30\text{мкм}$, $R_{аз}=0,4\text{ мкм}$. (приблизно 7 квалітет)
2. Підготувати табл. 2.1 та шорсткість.
3. Встановити допуски $T_{дз}$ та $R_{аз}$ для поверхні вихідної заготовки. Використовуючи [3, табл. 23, с.146] і табл. 2.2 та 2.5, встановлюємо: $es_{дз}=+0.13$; $ei_{дз}=-0.7$; (приблизно 6 квалітет) $T_{дз}=2000\text{мкм}$; $R_{аз}=40\text{ мкм}$.
4. Розрахувати потрібні уточнення по формулі (2.1):

$$\varepsilon_{od} = \frac{2000}{30} = 67 \quad \varepsilon_{oRa} = \frac{40}{0.4} = 100$$

За найбільшим $\varepsilon_o = 100$ (для визначення потрібної шорсткості) розрахуємо приблизну кількість переходів механічної обробки k за формулою:

$$k_i = 2lg100 = 4$$

Крім параметрів точності та шорсткості, доцільно провести розрахунки за параметрами взаємного розташування поверхонь, особливо, коли це вимагається за кресленням деталі.

Доцільно приблизно визначити ступені показників точності та якості, які будуть забезпечуватись на кожному технологічному переході, орієнтуючись на визначену кількість k усіх переходів:

$$IT16 \rightarrow IT13 \rightarrow IT11 \rightarrow IT8 \rightarrow IT7$$

$$16 - 7 = 9 \rightarrow 3 + 2 + 3 + 1$$

Для інших показників якості обробки (шорсткості та взаєморозташування) розрахунки виконують аналогічно.

5. Призначити технологічні переходи для обробки поверхні, яка розглядається, дотримуючись визначених квалітетів точності, взаємного розташування та показників шорсткості. Точність та шорсткість, яка забезпечується різноманітними засобами обробки наведені у [4, табл. 4, с.8] і табл. 2.6.

Перший перехід – обточка чорнова, що забезпечує $T_{d1}=390\text{мкм}$, та $R_{a1}=20\text{ мкм}$, уточнення буде дорівнювати:

$$\varepsilon_{d1} = \frac{2000}{390} = 5.13 \quad ; \quad \varepsilon_{Ra1} = \frac{40}{20} = 2$$

Другий перехід – обточування напівчистове, в наслідок якого $T_{d2}=160\text{мкм}$, $R_{a2}=10\text{ мкм}$:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{390}{160} = 2.48 \quad ; \quad \varepsilon_{Ra2} = \frac{20}{10} = 2$$

$$\prod_{j=1}^2 \varepsilon_{dj} = 5.13 \cdot 2.43 = 12.46 \quad ; \quad \prod_{j=1}^2 \varepsilon_{Ra} = 2 \cdot 2 = 4$$

Подальше призначення переходів залежить від наявності у технологічному процесі операцій термообробки деталей. Для деталі, що розглядається у прикладі, термообробка необхідна, і отже досягнення необхідної точності розміру, шляхом виконання чистового та тонкого обточування стає недоцільним, тому що досягнута точність в наслідок проведення термообробки буде втрачена. Після термообробки деталь необхідно обробляти абразивним інструментом.

Третій перехід – шліфування попереднє, яке забезпечує:

$$T_{d3}=39\text{мкм}, R_{a3}=2.5\text{мкм}$$

$$\varepsilon_{d3} = \frac{160}{39} = 4.1 \quad ; \quad \varepsilon_{Ra3} = \frac{10}{2.5} = 4$$

$$\prod_{j=1}^2 \varepsilon_{dj} = 12.46 \cdot 4.1 = 51.1 \quad ; \quad \prod_{j=1}^2 \varepsilon_{Ra} = 4 \cdot 4 = 16$$

Четвертий перехід – чистове шліфування, в наслідок якого:

$$T_{d43}=30\text{мкм}, R_{a4}=0.8\text{мкм}$$

$$\varepsilon_{d4} = \frac{39}{30} = 1.3 \quad ; \quad \varepsilon_{Ra4} = \frac{2.5}{0.8} = 3.12$$

$$\prod_{j=1}^2 \varepsilon_{dj} = 51.1 \cdot 1.3 = 66.4 \quad ; \quad \prod_{j=1}^2 \varepsilon_{Ra} = 16 \cdot 3.12 = 50$$

Таким чином, після чотирьох переходів точність розміру $\varnothing 35_{+0.02}^{+0.05}$ мм практично забезпечується, тому що сумарне уточнення практично дорівнює необхідному, як ми і розраховали за кількістю переходів k (малі розбіжності виникли внаслідок округлень при розрахунках).

Для повного забезпечення параметру шорсткості необхідно запровадити додатковий перехід.

Якщо нас це не влаштовує, то необхідно призначити інші дозволені, за призначенням, видами механічної обробки показники шорсткості, так щоб здобути потрібну якість за 4 переходів.

П'ятий перехід – суперфінішування, що є не вимірюваною обробкою, тільки зменшує висоту мікронерівностей. При цьому:

$$R_{a5}=0.2\dots 0.4\text{мкм}$$

$$\varepsilon_{Ra5} = \frac{0.8}{0.4} = 2$$

$$\prod_{j=1}^2 \varepsilon_{Ra} = 50 \cdot 2 = 100$$

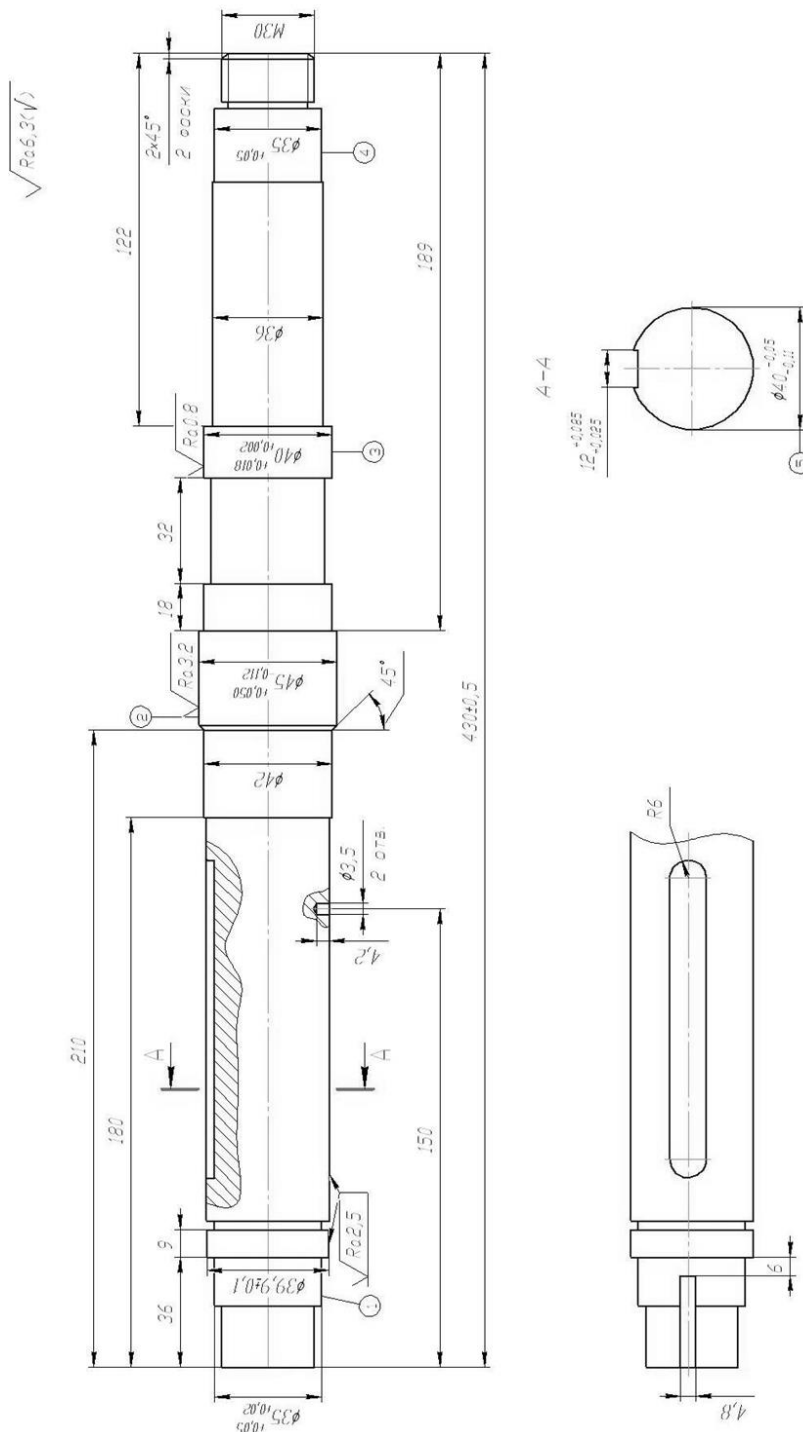
6. Заповнить табл. 2.1, захистить запропоноване рішення.

Висновок

Призначених переходів механічної обробки при умові дотримання при їх виконанні визначених показників точності та якості обробки вистачить, щоб отримати поверхню деталі потрібної якості.

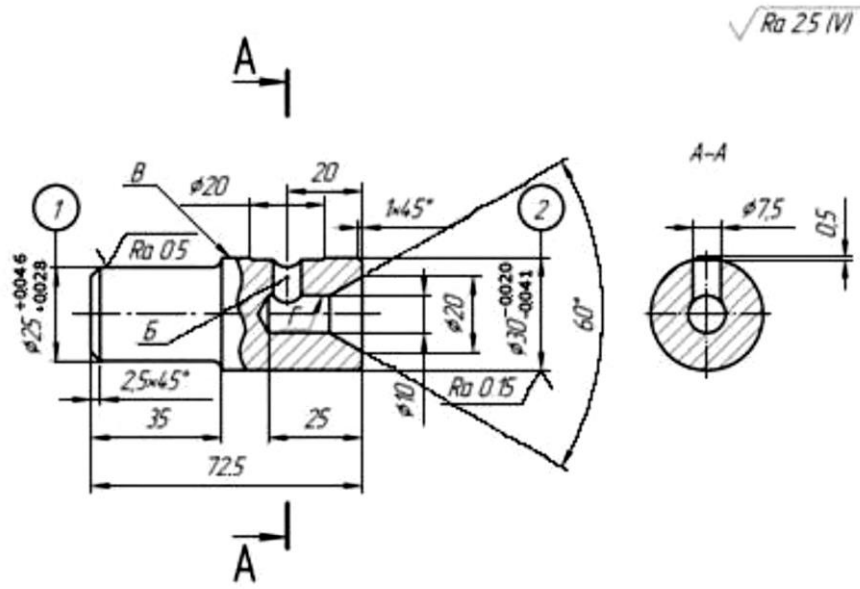
Індивідуальне завдання

Вихідні дані для розв'язання задачі наведені у табл. 2.7 та на рис. 2.1 – 2.3. Данні про шорсткість поверхні заготовки та оброблених поверхонь наведені в табл. 2.2 – 2.4 та 2.6. Значення параметрів Rz та Ra наведені в табл. 2.5. Інші довідкові данні наведені в [4], де точність механічної обробки вказана у табл. 3, с. 120; табл. 23, с.146; і табл. 62, 169.



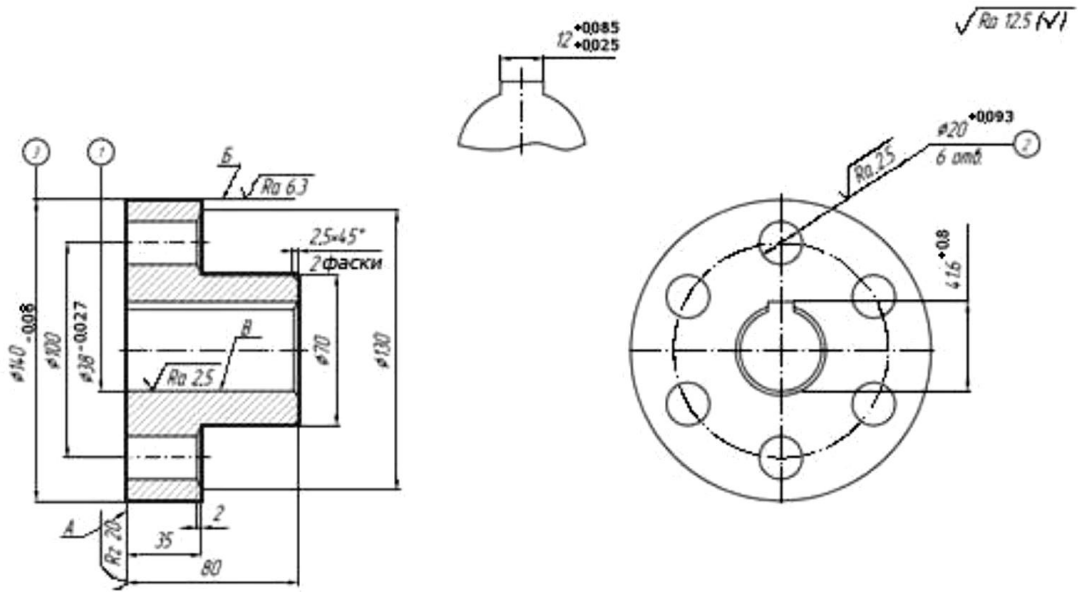
1.HRC>50.
2.Невкоссні граничні відхилення по H12 / k12/

Рисунок 2.1 - Вал



Невизначені граничні відхилення розмірів по H12 і h12

Рисунок 2.2 – Вісь ролика



Невизначені граничні відхилення розмірів по H12 і h12

Рисунок 2.3 – Полумуфта

Таблиця 2.1 – План обробки

Показн. точн. і якості поверх.	Показник	Уточнення	Кількість переходів k		Різниця показників і ППТК	МОП		Допуск			Уточнення		
			Розраховане	Прийняте		i	Метод обробки	Допуск Td	Взаємне розміщення	Шорсткість	ε _i	ε _i	ε _i
	J	ε _o									Td	↗	Ra
Зовнішня циліндрична, оброблювана поверхня діаметром 35мм	Td	67	4(5)		$\Delta = 17 - 6 = 11 =$ $= 4 + 3 + 2 + 2$ <i>IT17</i> $\Rightarrow h13 \Rightarrow h10 \Rightarrow$ $\Rightarrow T/O \Rightarrow h8 \Rightarrow s6$	1	Заготовка, IT 17	2000	1,4	40	-	-	-
					2	Точение черновое, h13	0,39	0,3	20	5,13	4,7	2	
					3	Точение чистовое, h10	0,16	0,08	10	2,43	3,75	2	
	Ra	100	4	4	$\Delta_{ст} = ст16 - ст7 = 9 =$ $= 3 + 3 + 2 + 1$ <i>ст16</i> $\Rightarrow ст13 \Rightarrow ст10$ $\Rightarrow T/O \Rightarrow ст8 \Rightarrow ст7$	4	Термическая	-	-	-	-	-	-
					5	Шлифование черновое, h8	0,039	0,03	2,5	4,1	2,7	4	
					6	Шлифование чистовое, s6	0,03	0,02	0,8	1,3	1,5	3,12	
					7	Суперфініш	-	-	0,4	-	-	2	
						Загальне уточнення			67	71,3	100		

Таблиця 2.2 - Якість поверхні поковок, виготовлених різними способами

№ п/п	Спосіб виготовлення	Rz,мкм	h,мкм
1	Вільна ковка	400-500	400-500
2	Гаряча об'ємна штамповка з вагою заготовок, кг: Від 0,25 до 4,0 Від 4,0 до 25	160	200
		200	250
3	Холодна об'ємна штамповка видавлюванням	40	40
4	Радіальним обтисканням	3,2-10	

Таблиця 2.3 - Якість поверхонь відливок, отриманих різними способами лиття

№ п/п	Метод лиття	Rz,мкм	h, мкм, для заготовок		
			із чавуна	із сталі	із кольорових металів
1	По витоплюваним моделям	30	170	100	60
2	В оболонковій формі	40	260	160	100
3	Під тиском	50	-	-	200
4	Відцентрове	200	300	200	100
5	В кокіль	200	300	200	100
6	В землю для відливок класів точності	I	200	300	-
			150	-	150
			100	-	100
		II	250	250	-
			200	-	200
			150	-	100
		III	300	300	-
			250	-	250
			200	-	300

Таблиця 2.4 - Якість поверхонь заготовок, отриманих із прокату

№ п/п	Прокат	Клас точності					
		Високий		Підвищений		Звичайний	
		Rz	h	Rz	h	Rz	h
		МКМ					
1	Сортовий круглий		60				
	з діаметром, мм: до 30	60	75	80	100	125	150
	від 30 до 80	100	10	125	150	160	300
	від 80 до 180	120	0	160	200	200	400
2	Поперечно- гвинтовий						
	з діаметром, мм: до 30			160	300	320	300
	від 30 до 50	-		320	500	500	500
	від 50 до 80			500	800	800	800
	від 80 до 120			800	120	0	1200

Таблиця 2.5 - Порівняльна таблиця параметрів шорсткості

Клас шорсткості поверхні по ГОСТ 2789-59	Параметри шорсткості поверхні, мкм		
	По ГОСТ 2789-73		Рекомендоване Ra
	Rz	Ra	
1	Від 320 до 160	Від 80 до 40	Від 100 до 50
2	" 160 " 80	40 " 20	" 50 " 25
3	" 80 " 40	" 20 " 10	" 25 " 12,5
4	" 40 " 20	" 10 " 5	" 12,5 " 6,3
5	" 20 " 10	" 5 " 2,5	" 6,3 " 3,2
6	" 10 " 5	" 2,5 " 1,25	" 3,2 " 1,6
7	" 5 " 2,5	" 1,25 " 0,63	" 1,6 " 0,8
8	" 2,5 " 1,25	" 0,63 " 0,32	" 0,8 " 0,4
9	" 1,25 " 0,63	" 0,32 " 0,16	" 0,4 " 0,2
10	" 0,63 " 0,32	" 0,16 " 0,08	" 0,2 " 0,1
11	" 0,32 " 0,16	" 0,08 " 0,04	" 0,1 " 0,05

Таблиця 2.6 – Шорсткість поверхні при різних методах обробки

Обробка	Параметр Ra, мкм, для поверхонь		
	Зовнішні циліндричні	Внутрішні циліндричні	Плоски
Обточування розточування:			
чорнове	12,5-25	6,3-12,5	12,5-25
напівчистове	3,2-12,5	1,6-6,3	-
чистове	0,8-2,5	0,8-1,6	1,6-6,3
тонке	0,2-0,8	0,2-0,8	0,32-1,6
Свердління	-	6,3-15	-
Зенкеруванняб			
чорнове	-	10	-
чистове	-	3,2-6,3	-
Розточування:			
Чорнове	-	1,25-2,5	-
чистове	-	0,63-1,25	-
тонке	-	0,32-0,63	-
Протягування:			
чорнове	-	1,25-3,2	1,25-3,2
чистове	-	0,32-1,25	0,32-1,25
Фрезерування:			
чорнове	-	-	6,3-25
чистове	-	-	0,8-3,2
Шліфування:			
попередне	1,25-2,5	1,6-3,2	1,6-3,2
чистове	0,32-1,25	0,32-1,6	0,32-1,6
тонке	0,08-0,32	0,08-0,32	0,08-0,32
Суперфінішування	0,03-0,28	-	-
Притирка	0,01-0,11	0,02-0,16	0,02-0,1
Хонінгування	-	0,05-0,25	-
Обкатування, виглажування	0,05-1,25	0,05-1,6	0,1-1,6

Таблиця 2.7 – Вихідні данні для розв'язання задач.

№ вар.	Деталь	Поверхня	Твердість поверхні	Заготовка				
				матеріал	вид	вага, кг	точність	
1	2	3	4	5	6	7	8	
1,16	Вісь ролика рис.2.2	1 і 2	HRC57...61	сталь 12ХНЗА	сталь гарячекатаная Ø34	1,2	Висока	
2,17							Підвищена	
3,18							Звичайна	
4,19		1 і 2	HRC57...61	сталь 12ХНЗА	Штамповка	1,2	Підвищена	
5,20							Нормальна	
6,21	Полумуфта рис.2.3	1 і 2	Без Т/О	сталь 3	Відливка у землю	3,2	1 клас	
7,22							2 клас	
8,23							3 клас	
9,24		1 і 3					Штамповка	Підвищена
10,25								Нормальна
11,26	Вал рис.2.1	1 і 2	HRC50 не менше	сталь 40Х	Прокат сортовий Ø50	0,9	Висока	
12,27							Підвищена	
13,28		3 і 4					Звичайна	
14,29							Штамповка	Підвищена
15,30								Нормальна

3 ПРИЗНАЧЕННЯ ОПЕРАЦІЙНИХ ПРИПУСКІВ ТА РОЗРАХУНОК ОПЕРАЦІЙНИХ РОЗМІРІВ МЕТОДОМ РОЗМІРНИХ ЛАНЦЮГІВ

Величини операційних припусків (ОП) використовуються при розрахунку операційних виконавчих розмірів (ОВР), забезпечених на кожній операції технологічного процесу. Ці розміри необхідні для налагодження та настроювання верстатів, вибору різального інструменту, розрахунок режимів різання, оформлення документації.

Величину ОП можна розрахувати за формулами, які враховують конкретні умови виконання операції, або вибрати з нормативних джерел, в яких наведені досвідно-статистичні значення цих припусків.

Мета роботи: оволодіти нормативним методом призначення ОП і методикою розрахунку ОВР.

Основні теоретичні положення по темі заняття

Припуск призначається на кожену поверхню деталі, яка обробляється.

Загальним припуском Z_0 на обробку зветься шар матеріалу, знімаємий з поверхні вихідної заготовки під час процесу механічної обробки.

Операційний припуск Z_0 - це шар матеріалу, знімаємий з заготовки при виконанні однієї технологічної операції (ДСТ 3.1109-82). Якщо операція складається з декількох технологічних переходів, то необхідно розрахувати припуски Z_{ji} , які знімаються на кожному j -му технологічному переході i -ї операції, при цьому ОП:

$$Z_i = \sum_{j=1}^k Z_{ji} \quad (3.1)$$

де k – загальна кількість технологічних переходів для обробки поверхні на i -ї операції.

Операційний припуск може приймати значення: номінальне Z_i^H , мінімальне Z_i^{min} та максимальне Z_i^{max} .

Значення Z_i^{min} задаються у нормативних таблицях. При відомих Z_i^{min} можливо розрахувати:

$$Z_i^H = Z_i^{min} + Td_{i-1} \quad (3.2)$$

$$Z_i^{max} = Z_i^H + Td_i \quad (3.3)$$

Td_{i-1} та Td_i - відповідно технологічні допуски, які забезпечуються на даній та попередніх операціях. Розрахунок ОВР слід починати з останньої операції, на якій забезпечується розмір, проставлений для поверхні, яка розглядається на робочому кресленні деталі.

Для зовнішніх циліндричних поверхонь (Рис. 3.1) значення номінальних розмірів розраховується за формулою:

$$d_i^H = d_{i+1}^H + 2Z_{i+1}^H \quad (3.4)$$

Для внутрішніх циліндричних поверхонь:

$$D_i^H = D_{i+1}^H - 2Z_{i-1}^H \quad (3.5)$$

Для запису ОРВ необхідно вказати номінальне значення розміру d_i^H або D_i^H та допустимі граничні відхилення es та ei або ES та EI .

На розмір заготовки граничні відхилення задаються з урахуванням способу її отримання.

Розміри відливок мають симетричне розташування допуску, звідки:

$$|es| = |ei| = \frac{1}{2}Td_{заг}$$

Розміри зовнішніх (які охоплюються) і внутрішніх (які охоплюють) поверхонь гарячештапованих заготовок відповідно мають:

$$\text{Зовнішні } es = +\frac{2}{3}Td_{заг}; ei = -\frac{1}{3}Td_{заг}$$

$$\text{Внутрішні } ES = +\frac{1}{3}TD_{заг}; EI = -\frac{2}{3}TD_{заг}$$

Розмір заготовок з прокату забезпечується з es та ei , які знаходять зі стандартів на прокат.

При механічній обробці заготовок усі проміжні ОВР повинні мати розміщення допуску «у метал». Звідси, для розмірів поверхонь, які охоплюються $es=0$, для поверхонь, які охоплюють $EI=0$.

Граничні відхилення розмірів остаточно обробленої поверхні мають знаки і значення, які проставляють на робочому кресленні деталі.

Вірність проведення розрахунків перевіряється за формулами:

$$TZ_i = 2Z_i^{max} - 2Z_i^{min} = Td_{i-1} + Td_i \quad (3.6)$$

$$2Z_0 = D_{заг}^H - d_{дет}^H \quad (3.7)$$

Якщо перевірка показала вірність розрахунків, то усі ОРВ та виконавчій розмір заготовки необхідно вказати, округливши їх номінальні значення до того знаку після коми, з котрим вказані на них граничні відхилення.

Більш докладні правила розрахунку ОРВ викладені у [3,4].

Метод розмірних ланцюгів

В основу цього методу покладено розмірний зв'язок шуканого технологічного розміру з іншими розмірами, що утворюють замкнутий контур. Наприклад, потрібно обробити поверхню заготовки розміром $A_{заг} = A_{мех} = A_i$ за один прохід, забезпечуючи розмір деталі $A_{дет} = A_{i+1}$. При цьому знімається Z_{i+1} припуск. Розміри-ланки A_i , і A_{i+1} припуск Z_{i+1} утворюють замкнутий контур – розмірний ланцюг

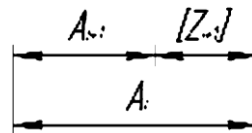


Рисунок 3.1 – Замкнутий контур розмірного зв'язку зовнішньої поверхні

У цьому замкнутому контурі кожна ланка-розмір впливають на розмір припуску. Тому припуск приймається замикаючою ланкою. Таким чином, до розрахунку технологічних розмірів механічної обробки можна застосовувати теорію розмірних ланцюгів, згідно якої рисунок 3.1:

Номінальне значення припуску як замикаючої ланки:

$$Z_{i+1} = A_i - A_{i+1} \quad (3.8)$$

Допуск замикаючої ланки – допуск на припуск:

$$TZ_{i+1} = Z_{i+1}^{max} - Z_{i+1}^{min} = TA_i + TA_{i+1} = \Sigma TA_i \quad (3.9)$$

звідки

$$Z_{i+1}^{max} = Z_{i+1}^{min} + TA_i + TA_{i+1} \quad (3.10)$$

В рівнянні (3.8) розмір TA_{i+1} , що виконується, і мінімальний припуск Z_{i+1}^{min} відомі величини: A_{i+1} , як конструкторський розмір або раніше розрахований і отриманий технологічний розмір; Z_{i+1}^{min} відомий як раніше розраховане чи прийняте значення мінімального припуску. Тоді значення замикаючої ланки:

$$Z_{i+1}^{min} = A_i^{min} - A_{i+1}^{max} \quad (3.11)$$

звідки мінімальне значення шуканого технологічного розміру для зовнішніх поверхонь:

$$A_i^{min} = A_{i+1}^{max} + Z_{i+1}^{min} \quad (3.12)$$

Технологічні розміри переходів механічної обробки заготовки повинні мати розташування допуску в «тіло». Отже, для розмірів охоплюваних (зовнішніх) поверхонь $e_i=0$, а для охоплюючих (внутрішніх) поверхонь $E_i=0$.

Технологічні розміри зовнішніх поверхонь (валиків) звичайно задаються в системі «вала-h». Визначимо номінальне (максимальне) значення технологічного розміру для зовнішньої поверхні, враховуючи (3.12):

$$A_i^H = A_i^{max} = A_i^{min} + TA_i = A_{i+1}^{max} + Z_{i+1}^{min} + TA_i \quad (3.13)$$

Вираз (3.13) дозволяє сформулювати практичну методику – правило визначення технологічного розміру A_i :

Беруть максимальний розмір поверхні деталі A_{i+1}^{max} , до цього розміру додають мінімальний припуск Z_{i+1}^{min} на останній перехід механічної обробки і потім ще додають допуск на точність обробки TA_i .

Для і-го технологічного переходу вище викладену методику можна записати у вигляді аналітичних виразів: для зовнішніх поверхонь спочатку розраховують максимальний розмір:

$$A_{i.p.} = A_i^{max} = A_i^H + e_s TA_{i+1}$$

$$A_i^{max} = A_{i+1}^{max} + Z_{i+1}^{min} + TA_i$$

а потім розраховують мінімальний розмір:

$$A_i^{min} = A_i^{max} - TA_i$$

Якщо задавати відхилення по «h», то технологічний виконавчий розмір:

$$A_i^H = A_i^{max} \begin{matrix} +esAt=0 \\ -eiAt=TA_t \end{matrix}$$

Контрольне правило – допуск на припуск:

$$TZ_0 = Z_0^{max} - Z_0^{min} = TA_{заг} + TA_{дет}$$

$$\begin{aligned} \text{де } Z_0^{max} &= A_{заг}^{max} + A_{дет}^{min} \\ Z_0^{min} &= A_{заг}^{min} + A_{дет}^{max} \end{aligned}$$

У вище наведених формулах: A_i – шуканий технологічний розмір поверхні; A_{i+1} – розмір поверхні, який отримують після наступного (за i -м) технологічного переходу, відома величина; Z_{i+1} – припуск, що знімається на наступному переході механічної обробки, відома величина; $i = 1, 2, \dots, k$ – індекс номера технологічного переходу.

Більш детальну методику розрахунку технологічних розмірів показано в прикладах.

Схема розташування полів допусків, припусків і технологічних розмірів, розрахованих методом розмірних ланцюгів для зовнішніх поверхонь, показана на рисунку 3.2.

Розглянемо внутрішню поверхню (отвір). Схема розмірного ланцюга для розрахунку технологічного розміру внутрішньої поверхні виглядає так, як рис. 3.3

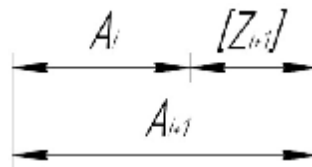


Рисунок 3.2 – Замкнутий контур розмірного зв'язку внутрішньої поверхні (отвору)

Із схеми розмірного ланцюга при відомому впливає, що

$$Z_{i+1}^{min} = A_{i+1}^{min} - A_i^{max}$$

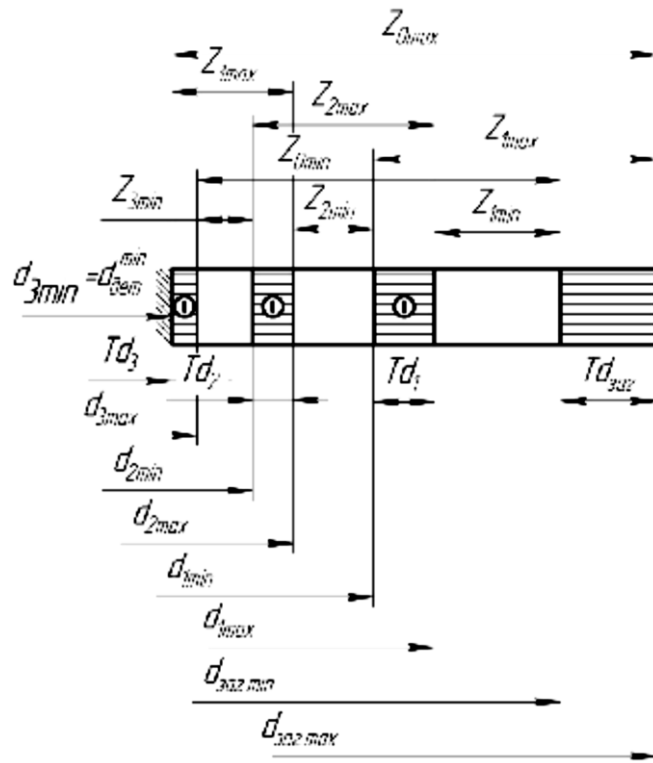


Рисунок 3.3 – Схема розташування допусків, припусків і технологічних розмірів, визначених методом розмірних ланцюгів для зовнішніх поверхонь (валів).

звідки $A_i^{max} = A_{i+1}^{min} - Z_{i+1}^{min}$

Технологічні розміри внутрішніх поверхонь (отворів) звичайно задаються в системі «отвору-Н». Визначимо номінальне (мінімальне) значення технологічного розміру для внутрішньої поверхні:

$$A_{i+1 p.} = A_{i+1}^{min} = A_{i+1}^H - e_s T A_{i+1}$$

$$A_i^H = A_i^{min} = A_i^{max} - T A_i = A_{i+1}^{min} - Z_{i+1}^{min} - T A_i$$

Цей вираз дозволяє сформулювати методику-правило визначення технологічного розміру A_i внутрішньої поверхні:

Беруть мінімальний розмір A_{i+1}^{min} внутрішньої поверхні, від цього розміру віднімають мінімальний припуск Z_{i+1}^{min} і потім ще віднімають допуск на точність обробки $T A_i$.

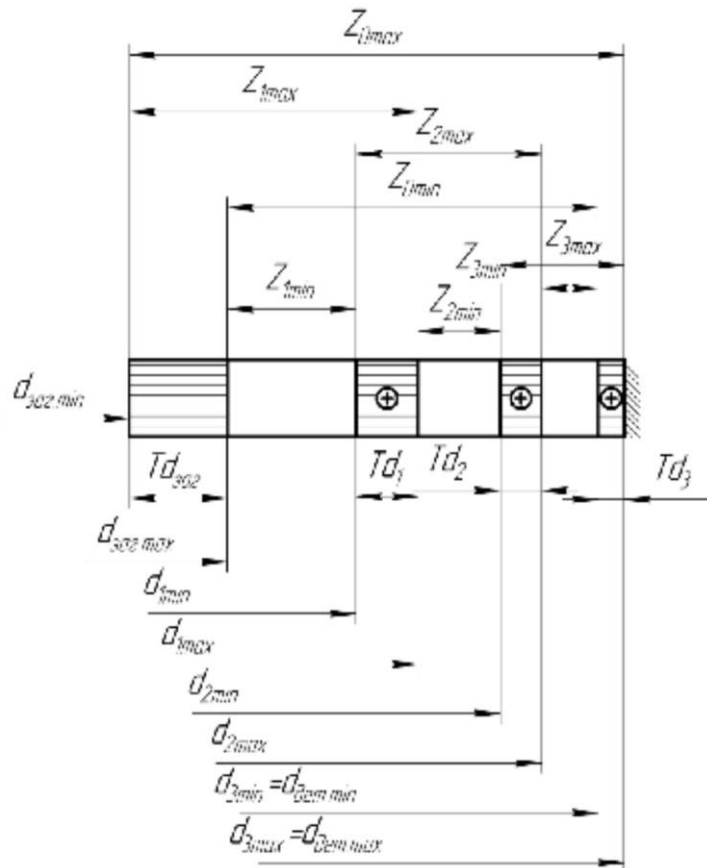


Рисунок 3.4 – Схема розташування допусків, припусків і технологічних розмірів, визначених методом розмірних ланцюгів

Для i -го технологічного переходу вище викладену методику можна записати у вигляді аналітичних виразів:

для внутрішніх поверхонь спочатку розраховують мінімальний розмір:

$$A_i^{\min} = A_{i+1}^{\min} - Z_{i+1}^{\min} - TA_i$$

а потім максимальний:

$$A_i^{\max} = A_{i+1}^{\min} + TA_i$$

Технологічний виконавчий розмір при заданому відхиленні по «Н»:

$$A_i^H = [A_i^{\min}]^{esA_i = TA_i}$$

Контрольне правило – допуск на припуск визначається за формулою:

$$TZ_0 = Z_0^{\max} - Z_0^{\min} = TA_{\text{заг}} + TA_{\text{дет}}$$

$$\begin{aligned} \text{де } Z_0^{max} &= A_{\text{дет}}^{max} - A_{\text{заг}}^{min} \\ Z_0^{min} &= A_{\text{дет}}^{min} - A_{\text{заг}}^{max} \end{aligned}$$

Приклад розв'язання задачі №3

1. Вихідні дані

Робоче креслення деталі (рис. 2.1)

Заготовка – поковка із сталі 40Х, група сталі М-1, нормальної точності та складності С-1. Вага заготовки Q=3,8 кг. Тип виробництва – масовий.

2. Вибираємо допуски згідно призначених квалітетів точності обробки за призначеним у другій роботі планом обробки та заносимо у табл. 3.1 стовпчик (7):

$$\begin{aligned} Td_{1\text{заг}} &= \begin{matrix} +1,3 \\ -0,7 \end{matrix} \text{ мм} \\ Td_{2\text{заг}} &= 0,390 \text{ мм} \\ Td_{3\text{заг}} &= 0,160 \text{ мм} \\ Td_{5\text{заг}} &= 0,039 \text{ мм} \\ Td_{6\text{заг}} &= 0,03 \text{ мм} \\ Td_{7\text{заг}} &= 0,03 \text{ мм} \end{aligned}$$

3. Призначаємо припуски (за табл. 3.2 та 3.3).

У таблицях представлені припуски діаметри обробки :

- точіння чорнове: $2Z_2^{min} = 3,0 \text{ мм}$;
- точіння чистове: $2Z_3^{min} = 0,3 \text{ мм}$;
- шліфування чорнове: $2Z_5^{min} = 0,85 \text{ мм}$ (після ТО);
- шліфування чистове: $2Z_6^{min} = 0,1 \text{ мм}$.

Вказати значення на схемі (рис. 3.5) та занести у табл. 3.1 стовпчик (5).

4. Розрахунки технологічних розмірів виконуємо за методикою розмірних ланцюгів.

Для зовнішньої поверхні спочатку розраховують максимальний розмір за формулою (3.15) та формулою (3.16):

$$d_i^{max} = d_i^H + esTd_i \quad (3.15)$$

$$d_{\text{дет } 6}^{max} = d_6^H + esTd_6 = 35 + 0,05 = 35,05 \text{ мм}$$

$$d_i^{max} = d_{i+1}^{max} + 2Z_{i+1} + Td_i \quad (3.16)$$

$$d_5^{max} = d_6^{max} + 2Z_6 + Td_5 = 35,05 + 0,1 + 0,039 = 35,189\text{мм}$$

$$d_3^{max} = d_5^{max} + 2Z_5 + Td_3 = 35,189 + 0,85 + 0,16 = 36,199\text{мм}$$

$$d_2^{max} = d_3^{max} + 2Z_3 + Td_2 = 36,199 + 0,3 + 0,39 = 36,889\text{мм}$$

$$d_{зар1}^{max} = d_2^{max} + 2Z_2 + Td_1 = 36,889 + 3,0 + 2,0 = 41,889\text{мм}$$

5. Отримані розміри заносимо у розрахункову таблицю 3.1 у стовпчик (6).

6. Виконуємо округлення розрахованих розмірів до можливої точності виконання у більшу сторону та заносимо результат у стовпчик (8) «Граничні значення розмірів» з позначкою d^{max} :

$$d_{дет6}^{max} = 35,05\text{мм}$$

$$d_5^{max} = 35,189\text{мм}$$

$$d_3^{max} = 36,2\text{мм}$$

$$d_2^{max} = 36,89\text{мм}$$

$$d_{зар1}^{max} = 41,9$$

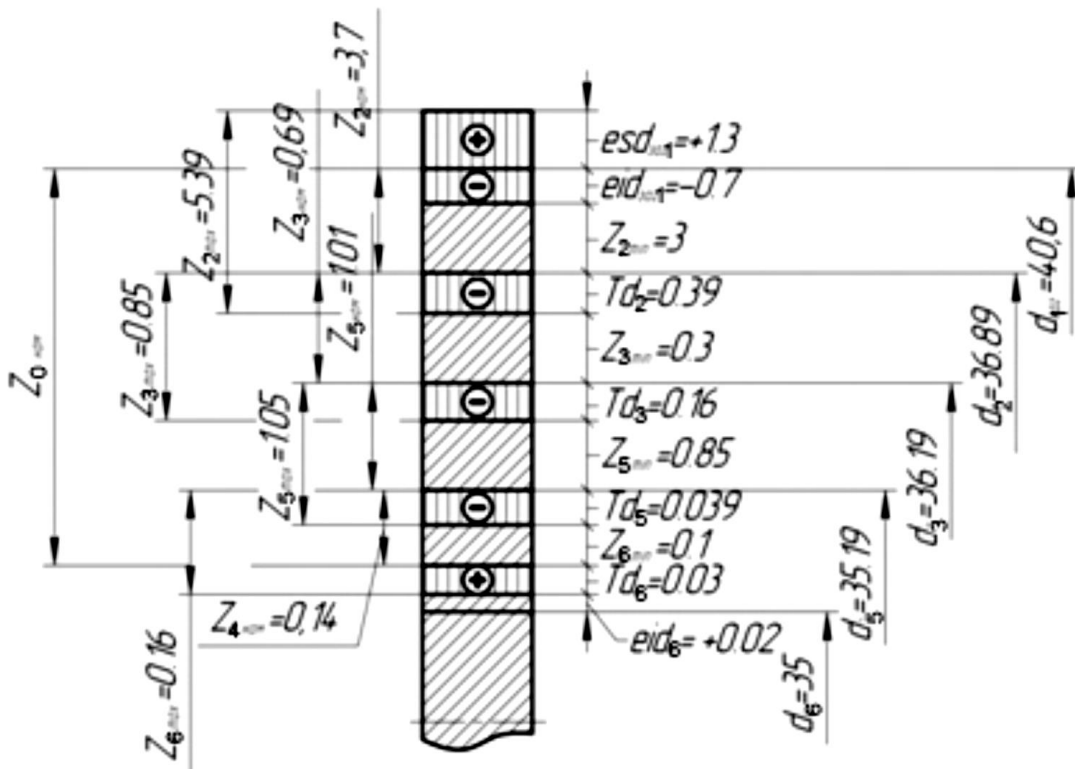


Рисунок 3.5 – Розрахункова схема

7. Розрахуємо «Граничні значення розмірів», мінімальні для переходів за формулою (3.17) та занесемо результати у стовпчик (9) табл. 3.1:

$$d_i^{min} = d_i^{max} - Td_i \quad (3.17)$$

$$d_{дет 6}^{min} = d_6^{max} - esTd_6 = 35.05 - 0.03 = 35.02vv$$

$$d_5^{min} = d_5^{max} - Td_5 = 35,189 - 0.039 = 35.150\text{мм}$$

$$d_3^{min} = d_4^{max} - Td_3 = 36,2 - 0.16 = 36.04\text{мм}$$

$$d_2^{min} = d_2^{max} - Td_2 = 36,89 - 0.39 = 36.50\text{мм}$$

$$d_{заг 1}^{min} = d_1^{max} - Td_1 = 41,9 - 2.0 = 39.9\text{мм}$$

8. Визначаємо «Граничні значення припусків» для переходів механічної обробки:

а) мінімальні значення операційних припусків для переходів механічної обробки розраховуємо за формулою (3.18) та заносимо у стовпчик (11) табл. 3.1:

$$2Z_{imin} = d_{i-1min} - d_{imax} \quad (3.18)$$

- точіння чорнове: $2Z_{2min} = 39.9 - 36.89 = 3.01\text{мм};$
- точіння чистове: $2Z_{3min} = 36.5 - 36.2 = 0.3 \text{ мм};$
- шліфування чорнове: $2Z_{5min} = 36.04 - 35.189 = 0.851 \text{ мм};$
- шліфування чистове: $2Z_{6min} = 35.150 - 35.05 = 0.1 \text{ мм}.$

б) максимальні значення операційних припусків для переходів механічної обробки розраховуємо за формулою (3.19) та заносимо у стовпчик (10) у табл. 3.1:

$$2Z_{imax} = d_{i-1max} - d_{imin} \quad (3.19)$$

- точіння чорнове: $2Z_{2max} = 41.9 - 36.5 = 5.4 \text{ мм};$
- точіння чистове: $2Z_{3max} = 36.89 - 36.04 = 0.85 \text{ мм};$
- шліфування чорнове: $2Z_{5max} = 36.20 - 35.15 = 1.05 \text{ мм};$
- шліфування чистове: $2Z_{6max} = 35.189 - 35.02 = 0.169 \text{ мм}.$

9. Робимо перевірку розрахунків за формулою (3.20), використовуючи контрольне правило:

$$TZ_i = 2Z_{imax} - 2Z_{imin} = Td_i + Td_{i-1} \quad (3.20)$$

$$TZ_2 = 5.4 - 3.01 = 2.0 + 0.39 = 2.39 \text{ мм};$$

$$TZ_3 = 0.85 - 0.3 = 0.39 + 0.16 = 0.55 \text{ мм};$$

$$TZ_5 = 1.05 - 0.851 = 0.160 + 0.039 = 0.199 \text{ мм};$$

$$TZ_6 = 0.169 - 0.1 = 0.039 + 0.03 = 0.069 \text{ мм};$$

10. Робимо загальну перевірку розрахунків за формулою (3.21):

$$TZ_0 = 2Z_{0max} - 2Z_{0min} = Td_{заг} + Td_{дет} \quad (3.21)$$

$$2Z_{0max} = d_{загmax} - d_{детmin} = 41,9 - 35,02 = 6,88 \text{ мм};$$

$$2Z_{0min} = d_{детmax} - d_{загmin} = 39,9 - 35,05 = 4,85 \text{ мм};$$

$$TZ_0 = 6,88 - 4,85 = 2,0 + 0,03 = 2,03 \text{ мм};$$

Перевірка стверджує, що виконані розрахунки вірні.

11. Визначаємо технологічні виконавчі розміри та заносимо у табл.

3.1 у стовпчик (12):

$$d_{загвик} = d_{загном} = d_{загmax} - eTd_{заг} = d_{загmin} + eiTd_{заг}$$

$$d_{загвик} = 41,9 - 1,3 = 39,9 + 0,7 = 40,6 \text{ мм}$$

- заготовка: $d_{загвик} = 40,6_{-0,7}^{+1,8} \text{ мм};$

- точіння чорнове: $d_2 = 36,89_{-0,89} \text{ мм};$

- точіння чистове: $d_3 = 36,2_{-0,16} \text{ мм};$

- шліфування чорнове: $d_5 = 35,189_{-0,039} \text{ мм};$

- шліфування чистове: $d_6 = 35_{+0,02}^{+0,06} \text{ мм};$

- суперфінішування: $d_7 = 35_{+0,02}^{+0,06} \text{ мм}.$

Розмір на останньому переході повинен співпадати з розміром на кресленні деталі.

Примітка: Якщо розмір заготовки вже визначений попередньо (наприклад заготовка прокат нормальної точності $\varnothing 50_{-0,8}^{+0,2} \text{ мм}$), то це повинно бути враховано при визначенні граничних розмірів заготовки ($d_{max}^{заг} = 50,2 \text{ мм}; d_{min}^{заг} = 49,8 \text{ мм}$), та «граничних значень припусків» на перший перехід – точіння чорнове, які повинні бути визначені за формулами (3.18-3.19) з напуском $2Z_{1max} = 50,2 - 36,5 = 13,7 \text{ мм}; 2Z_{1min} = 49,2 - 36,89 = 12,31 \text{ мм}$. Саме вони повинні бути враховані у подальших розрахунках за загальною методикою та занесені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок припусків на обробку та технологічні операційні розміри по технологічним переходам.

i	Найменування технологічних переходів	Елементи припуску				Розрахунковий		Допуск Td. мм	Граничні значення розмірів, мм		Граничні значення припусків, МКМ		Виконавчий технологічний розмір d, мм
		R _{Zi}	h _i	ρ _i	ε _i	Припуск 2Z	Розмір d		D _{max}	D _{min}	2Z _{max}	2Z _{min}	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Зовнішня циліндрична поверхня Ø35 ^{+0,05} _{+0,02}												
1	Заготовка					-	41,889	2,0	41,9	39,9	-	-	Ø40,6 ^{+1,3} _{-0,7}
2	Точіння чорнове					3,0	36,889	0,390	36,89	36,5	5,4	3,01	Ø36,9 _{-0,39}
3	Точіння чистове					0,3	36,199	0,160	36,2	36,04	0,85	0,3	Ø36,2 _{-0,16}
4	Т/О					-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліфування чорнове					0,85	35,189	0,039	35,18 9	35,15	1,05	0,851	Ø35,2 _{-0,02}
6	Шліфування чистове					0,1	35,05	0,03	35,05	35,02	0,169	0,1	Ø35 ^{+0,05} _{+0,02}
7	Суперфінішування					-	35,05	-	35,05	35,02	-	-	Ø35 ^{+0,05} _{+0,02}

Таблиця 3.2 – Мінімальні припуски на обробку зовнішніх поверхонь обертання , мм

Номінальний діаметр, мм	Спосіб обробки	Прокат		Штамповані		Відливки	
		Припуск на діаметр при довжині деталі , мм					
		до 120	120-260	До 120	120-260	до 120	120-260
До 30	Чорнове	1.3/1.1	1.7/-	1.6/1.5	2.0/1.8	1.6	1.9
	Напівчистове	0.45/0.45	0.5/-	0.5/0.5	0.55/0.55	0.5/0.5	0.55/0.55
	Чистове	0.25/0.2	0.25/-	0.25/0.25	0.3/0.25	0.25/0.25	0.3/0.25
	Тонке	0.13/0.12	0.15/-	0.14/0.14	0.15/0.14	0.14/0.14	0.15/0.14
більш 30 до 50	Чорнове	1.3/1.1	1.6/1.4	1.8/1.7	2.3/2.0	1.8	2.0
	Напівчистове	0.45/0.45	0.45/0.45	0.5/0.5	0.5/0.5	0./0.5	0.5/0.5
	Чистове	0.25/0.25	0.25/0.2	0.3/0.25	0.3/0.25	0.3/0.25	0.3/0.25
	Тонке	0.13/0.12	0.13/0.12	0.15/0.15	0.16/0.15	0.15/0.15	0.16/0.15
більш 50 До 80	Чорнове	1.5/1.1	1.7/1.5	2.2/2.0	2.9/2.6	2.0	2.2
	Напівчистове	0.45/0.45	0.5/0.45	0.5/0.5	0.55/0.5	0.5/0.5	0.55/0.5
	Чистове	0.25/0.2	0.25/0.25	0.3/0.3	0.3/0.3	0.3/0.3	0.3/0.3
	Тонке	0.13/0.12	0.14/0.13	0.16/0.16	0.18/0.17	0.16/0.16	0.18/0.17
Більш 80 До 180	Чорнове	1.9/1.3	2.0/1.4	2.9/2.5	3.8/3.5	2.4	2.6
більш 180 до 260	Чорнове	2.3/1.4	2.4/1.5	-	-	3.0	3.5

Примітка: У чисельнику вказані припуски при обробці у центрах, у знаменнику – у патронах.

Таблиця 3.3 – Мінімальні припуски на шліфування зовнішніх поверхонь, мм

Номінальний діаметр, мм	Спосіб обробки поверхні	Припуск на діаметр при довжині деталі, мм			
		до 120	більше 120 до 260	більше 260 до 500	більше 500 до 800
до 30	1	0,30	0,60	-	-
	2	0,10	0,10	-	-
	3	0,06	0,06	-	-
більше 30 до 50	1	0,25	0,50	0,85	-
	2	0,10	0,10	0,10	-
	3	0,06	0,06	0,06	-
більше 50 до 80	1	0,25	0,40	0,75	1,20
	2	0,10	0,10	0,10	0,10
	3	0,06	0,06	0,06	0,06
більше 80 до 120	1	0,20	0,35	0,65	1,00
	2	0,10	0,10	0,10	0,10
	3	0,06	0,06	0,06	0,06

Примітка. Спосіб шліфування визначають:

- а) після термообробки;
- б) після чистового точіння;
- в) чистове після попереднього шліфування.

Таблиця 3.4 - Мінімальні припуски на фінішні методи обробки отворів, мм

Методи обробки	Припуск на діаметр при розмірі отвору, мм			
	до 30	30-50	50-80	80-120
Шліфування:				
Чорнове	0,2	0,2	0,3	0,3
Чистове	0,1	0,1	0,2	0,2
Тонке розточування		0,1	0,2	0,3
Хонінгування	0,1	0,03	0,05	0,06
Притирка	0,01	0,01	0,015	0,02

Таблиця 3,5 – Точність обробки отворів у литому або гаряче штампованому матеріалі та рекомендований інструмент.

Номинальний діаметр отвору, мм	H13-H12	H11	H10	H9-H8			H7			
	Чорний зенкер	Чорний зенкер	Чорний зенкер	Чорний зенкер	Напівчистовий зенкер	Точна розвертка	Чорний зенкер	Напівчистовий зенкер	Розвертка	Тонка розвертка
	Забезпечення точності на переході									
	H13-H12	H13-H12	H11-H10	H13-H12	H11-H10	H9-H8	H13-H12	H11-H10	H9-H8	H7
13	13	12	13	12	12,82	13	12	12,82	12,94	13
18	18	17	18	17	17,82	18	17	17,82	17,94	18
19	19	18	19	18	18,75	19	18	18,75	18,93	19
30	30	28	30	28	29,75	30	28	29,75	29,93	30
32	32	30	32	30	31,71	32	30	31,71	31,92	32
50	50	48	50	48	49,71	50	48	49,71	49,92	50
52	52	50	52	50	51,65	52	50	51,65	51,91	52
72	72	70	72	70	71,65	72	70	71,65	71,91	72

Таблиця 3,6 – Точність обробки отворів у литому або гаряче штампованому матеріалі та рекомендований інструмент.

Номінальний діаметр отвору, мм	Н13-Н12		Н11-Н10			Н9-Н8				Н7				
	Перше свердло	Друге свердло	Перше свердло	Друге свердло	Напівчистовий зенкер або розгортка	Перше свердло	Друге свердло	Напівчистовий зенкер	Розгортка	Перше свердло	Друге свердло	Напівчистовий зенкер	Точна розгортка	Точна розгортка
	Забезпечення точності на переході													
	Н13	Н12	Н13	Н12	Н11- Н10	Н13	Н12	Н11- Н10	Н9-Н8	Н13	Н12	Н11- Н10	Н9- Н8	Н7
10	10	-	8,7	-	10	8,7	-	9,82	10	8,7	-	9,82	9,94	10
15	15	-	13,7	-	15	13,7	-	14,82	15	13,7	-	14,82	14,94	15
16	16	-	14,25	-	16	14,25	-	15,82	16	14,25	-	15,82	-	16
18	18	-	16,25	-	18	16,25	-	17,82	18	16,25	-	17,82	17,94	18
19	19	-	16,5	-	19	16,5	-	18,75	19	16,5	-	18,75	18,93	19
28	28	-	25,5	-	28	25,5	27	27,25	28	25,5	27	27,25	27,93	28
30	20	30	20	27	30	20	20	29,71	30	20	20	29,71	29,92	30
45		45		42			45	41			44,71	45		

Вихідні дані для кожного варіанта приведені в табл. 2.7 попередньої задачі. Розмір заготовки і ОВР розраховують з урахуванням отриманих у цій задачі планів обробки поверхні. Мінімальні значення операційних припусків зазначені в табл. 3.2. Мінімальні припуски для внутрішніх циліндричних поверхонь оброблюваних розточуванням у отворах, отриманих у поковках і виливках, брати такими ж, як і для точіння зовнішніх циліндричних поверхонь (табл. 3.2). У випадках обробки отворів мірним інструментом, номінальні припуски встановлювати на підставі даних табл. 3.5, 3.6. Інші довідкові дані дивитись у [4], де точність обробки поверхонь зазначена в табл. 4, с.8 і в табл. 5, с.11, а точність вихідних заготовок – у табл. 3, с.120 і в табл. 2.3, с.146, у табл. 6.2, с.163. Номінальні значення припусків брати для виливків і поковок у ГОСТ 1855-95, ГОСТ 2009-95 і в ГОСТ 7505-89.

Контрольні питання

1. Що називається припуском на обробку?
2. Що називають номінальним, мінімальним і максимальним операційним припуском?
3. Які вихідні дані треба мати для розрахунку ОВР?
4. Які якості точності встановлені для заготовок, одержаних за допомогою лиття і гарячим штампуванням?
5. У залежності від яких чинників устанавлюються допуск, граничні відхилення і розміри вихідної заготовки?
6. Якими нормативними документами регламентуються припуски на обробку?

4 РОЗРАХУНКОВО-АНАЛІТИЧНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСКІВ НА ОБРОБКУ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ТА РОЗРАХУНОК ОПЕРАЦІЙНИХ ВИКОНАВЧИХ РОЗМІРІВ МЕТОДОМ РОЗМІРНИХ ЛАНЦЮГІВ

Розрахунково-аналітичний метод установалення припусків (РАМУП) базується на аналізі чинників, впливаючих на припуск, який визначається з урахуванням складаючих його елементів. РАМУП передбачає розрахунок припусків по усім послідовно виконуєним технологічним переходам обробки даної поверхні, їх підсумовуванням для визначення загального припуску операційних виконавчих розмірів.

Мета роботи: оволодіння РАМУП та порівняння розрахункових припусків з нормативними. Визначення операційних розмірів методом розмірних ланцюгів.

Основні теоретичні положення

Розрахунковою величиною є мінімальний припуск на обробку.

При послідовній обробці протилежних поверхонь припуск на поверхню:

$$2Z_i^{min} = Rz_{i+1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i \quad (4,1)$$

при паралельній обробці протилежних поверхонь двосторонній припуск:

$$2Z_i^{min} = 2(Rz_{i+1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) \quad (4,2)$$

при обробці зовнішніх та внутрішніх поверхонь двосторонній припуск:

$$2Z_i^{min} = 2 \left(Rz_{i+1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) \quad (4,3)$$

У формулах (4.1) – (4.3) Rz_{i+1} - висота нерівностей профілю на попередній (i-1) операції чи переході, h_{i-1} – глибина дефектного шару поверхні, обробленої на тій же попередній (i-1) операції; ρ_{i-1} – сумарне відхилення форми (зігнутість вісі, бочкоподібність тощо) поверхні на (i-1)

операції, ε_i - похибка установки заготовки на виконуємій і-й операції чи на і-м переході.

Нормативні матеріали та розрахункові формули, необхідні для визначення елементів: Rz , h , ρ , ε , мінімального припуску наведені в [3]:

- для заготовок з прокату у табл. 1 – 5, с. 180-182;
- відливок – табл. 6-10, с. 182-185;
- для поковок, виготовлених куванням та штампуванням – табл. 11-25, с. 185-189.

Додатково необхідно використовувати табл. 27-30, с. 190-191.

Величини операційних номінальних Z_i^H та максимальних Z_i^{max} , загальних Z_0^{min} та Z_0^{max} припусків, а також номінальних, граничних виконавчих розмірів, забезпечуємих на і-х операціях, розраховують по формулам (3.2) – (3.5) виходячи з рис. 3.1.

Вірність розрахунків перевіряють по формулам (3.6), (3.7).

Приклад розв'язання задачі №4

Вихідні дані

Деталь – вал (рис. 2.1)

Поверхня $\varnothing 35_{+0,02}^{+0,06}$

Робоче креслення деталі (рис. 2.1)

Заготовка – поковка із сталі 40Х, група сталі М-1, нормальної точності та складності С-1. Вага заготовки $Q=3,8$ кг. Тип виробництва – масовий.

Постановка задачі

Визначити припуски розрахунково-аналітичним методом та технологічні розміри методом розмірних ланцюгів.

Матеріал деталі – сталь 40Х, твердість поверхні HRC 48...53, шорсткість поверхні Ra0,4 (Rz1,25). Заготовка-штамповка на пресах нормальної точності, маса заготовки 3,8 кг, група сталі М1, ступінь складності штамповки С1. Обробка поверхні виконується на токарних і шліфувальних напівавтоматах при установці заготовки в центрах.

Технологічний маршрут обробки поверхні:

- 1)заготовка-штамповка;
- 2)точіння чорнове; 3)точіння чистове; 4)термообробка-загартування;
- 5)шліфування попереднє; 6)шліфування остаточне;
- 7)суперфінішування. Виробництво серійне.

Розв'язання:

1. Підготувати розрахункову таблицю 4.1 і занести основні характеристики поверхні: зовнішня поверхня $\varnothing 35_{+0,02}^{+0,06}$; Rz=1,25; HRC 48...53; мм.

2. Припуски визначаємо розрахунково-аналітичним методом. Вибираємо нормативні і розраховуємо значення елементів припусків для технологічних переходів.

а) для заготовки нормативні значення Rz_i , h_i приймаємо за [4, табл.12, с.186] в залежності від маси штамповки – $Rz_1 = 200\text{мкм}$, $h_1 = 200\text{мкм}$. Заносимо у табл. 4.1 (стовпчик 1 та 2);

Просторові відхилення заготовки визначаємо як суму допустимих значень зміщення $\rho_{зм}$ і короблення поверхні $\rho_{кор}$. За [4, табл.18, с. 187] для групи точності 3 (серійне виробництво): $\rho_{зм} = 1,0\text{мм}$. За [4, табл.16, с.186]- $\Delta_{зм} = 3,0\text{мкм}$, тоді:

$$\rho_{кор} = \Delta_{зм} \cdot l = 3 \cdot 36 = 106\text{мкм} \approx 0,11\text{мм}$$

Сумарне значення просторових відхилень визначається за формулою:

$$\rho = \sqrt{\rho_{кар.}^2 + \rho_{см}^2} = \sqrt{1,0^2 + 0,11^2} = 1,006\text{мм}$$

Отримані значення елементів припуску заносимо до таблиці 4.1. у стовпчик 3.

б) для точіння чорнового нормативні значення Rz, h приймаємо за [4, табл. 25, с. 190]:

$$Rz_2 = 50\text{мкм}, h_2 = 50\text{мкм}$$

$$\rho_2 = \Delta_4 \cdot \rho_1 = 0,06 \cdot 1006 = 60,36\text{мкм}$$

Де $\Delta_4 = 0,06$ – коефіцієнт уточнення приймаємо за [4, табл. 29, с.190].

Тут слід порівнювати значення Rz із значенням Rz, яке призначили в МОП відповідно до прийнятої схеми досягнення показників якості поверхні.

Похибка зацентровки заготовки визначається за формулою:

$$\varepsilon_2 = 0,25 \cdot \sqrt{Td_{заг}^2 + 1} = \sqrt{2^2 + 1} = 560\text{мкм}$$

де $Td_{\text{заг}} = 2,0$ мм – допуск діаметрального розміру бази заготовки, що використовується при центруванні-свердлінні центрових отворів заготовки. Призначається в залежності від $Q=3.8$ кг. [4, табл. 23, с.147]

в) Для точіння чистового за [4, табл. 25, с.188] приймаємо:

$$\begin{aligned} Rz_3 &= 25\text{мкм}, h_3 = 25\text{мкм} \\ \rho_3 &= 0,05 \cdot 60 = 3\text{мкм} \\ \varepsilon_3 &= \Delta_4 \cdot \varepsilon_2 = 0,06 \cdot 560 = 33\text{мкм} \end{aligned}$$

г) для термообробки (з використанням СВЧ) – за [4, табл. 16, с.186]

$$\rho_4 = 0,75 \cdot 36 = 27\text{мкм}$$

д) для шліфування попереднього приймаємо за [4, табл. 25, с.188]:

$$\begin{aligned} Rz_5 &= 10\text{мкм}, h_5 = 10\text{мкм} \\ \rho_5 &= 0,05 \cdot 27 = 1,35 \approx 1\text{мкм} \\ \varepsilon_5 &= 0,05 \cdot 33 = 1,65 \approx 2\text{мкм} \end{aligned}$$

е) для шліфування остаточного:

$$\begin{aligned} Rz_6 &= 5\text{мкм}, h_6 = 15\text{мкм} \\ \rho_6 &= 0\text{мкм} \\ \varepsilon_6 &= 0\text{мкм} \end{aligned}$$

ж) для суперфінішування:

$$\begin{aligned} Rz_7 &= 1,25\text{мкм}, h_7 = 1,25\text{мкм} \\ \rho_7 &= 0\text{мкм} \\ \varepsilon_7 &= 0\text{мкм} \end{aligned}$$

На цій операції припуск не знімається, а лиш тільки поліпшується шорсткість поверхні.

3. Розраховуємо мінімальні припуски для переходів механічної обробки за формулою (4.3):

Для точіння чорнового:

$$2Z_2^{min} = 2 \left(200 + 250 + \sqrt{1006^2 + 560^2} \right) = 3203 \text{мкм}$$

Для точіння чистового:

$$2Z_3^{min} = 2 \left(50 + 50 + \sqrt{60^2 + 33^2} \right) = 337 \text{мкм}$$

Для шліфування попереднього:

$$2Z_3^{min} = 2 \left(25 + 25 + \sqrt{27^2 + 2^2} \right) = 154 \text{мкм}$$

Для шліфування остаточного:

$$2Z_2^{min} = 2(200 + 250 + 1) = 62 \text{мкм}$$

Отримані значення заносимо до табл. 4.1 стовпчик (5).

4. Допуски на розміри для технологічних переходів призначаємо згідно з раніше розробленим МОП, починаючи з останнього: згідно з раніше розробленим МОП, починаючи з останнього:

$$Td_6 = Td_{дет} = 0,03 \text{ мм} - \text{за кресленням деталі } -p7 ;$$

$$Td_5 = 0,039 \text{ мм} - \text{відповідно до МОП } -h8;$$

$$Td_3 = 0,160 \text{ мм} - \text{відповідно до МОП } -h11;$$

$$Td_2 = 0,390 \text{ мм} - \text{відповідно до МОП } -h13.$$

Допуск на розмір заготовки знаходимо за [4, табл. 23, с.147] з урахуванням маси заготовки 3,8 кг, групи сталі М1, ступеня складності штамповки С1, штамповки нормальної точності і розмірного інтервалу до 50 мм.

$$Td_1 = Td_{заг} = +1,3 - (-0,7) = 2,0 \text{ мм}$$

Отримані дані заносимо до табл.4.1 стовпчик (7)

5. Визначаємо граничні значення технологічних розмірів.

а) розраховуємо максимальний розмір поверхні деталі – останнього переходу:

$$d_{дет}^{max} = d_6^{max} + esd_6 = 35 + 0.05 = 35.05 \text{ мм}$$

б) розраховуємо розрахункові максимальні розміри для переходів за формулою (4.5):

$$d_i^{max} = d_{i+1}^{max} + 2Z_{i+1}^{min} + Td_i \quad (4,5)$$

$$d_5^{max} = d_6^{max} + 2Z_6^{min} + Td_5 = 35,05 + 0,062 + 0,039 = 35,151 \text{ мм}$$

$$d_3^{max} = d_5^{max} + 2Z_5^{min} + Td_3 = 35,151 + 0,154 + 0,16 = 35,465 \text{ мм}$$

$$d_2^{max} = d_3^{max} + 2Z_3^{min} + Td_2 = 35,465 + 0,337 + 0,39 = 36,192 \text{ мм}$$

$$d_{заг 1}^{max} = d_2^{max} + 2Z_2^{min} + Td_1 = 36,192 + 3,203 + 2,00 = 41,395 \text{ мм}$$

Отримані результати заносимо до розрахункової таблиці 4.1 у стовпчик (6).

6. Розраховуємо мінімальні розміри поверхні для переходів за формулою (4.6), попередньо округлимо розраховані розміри в більшу сторону до можливої точності виконання:

отримані "Граничні значення розмірів" заносимо у табл. 4.1 стовпчик (8) та (9):

$$d_i^{min} = d_i^{max} - Td_i \quad (4,6)$$

$$d_{дет 6}^{min} = d_6^{max} - esTd_6 = 35,05 - 0,03 = 35,02 \text{ мм}$$

$$d_5^{min} = d_5^{max} - Td_5 = 35,151 - 0,039 = 35,112 \text{ мм}$$

$$d_3^{min} = d_4^{max} - Td_3 = 35,47 - 0,16 = 35,31 \text{ мм}$$

$$d_2^{min} = d_2^{max} - Td_2 = 36,2 - 0,39 = 35,81 \text{ мм}$$

$$d_{заг 1}^{min} = d_1^{max} - Td_1 = 41,4 - 2 = 39,4 \text{ мм}$$

7. Визначаємо граничні значення припусків для переходів механічної обробки.

а) мінімальні значення припусків визначаємо за формулою (4.7):

$$2Z_{imin} = d_{i-1min} - d_{imax} \quad (4,7)$$

- точіння чорнове: $2Z_{2min} = 39,4 - 36,2 = 3,2 \text{ мм};$
- точіння чистове: $2Z_{3min} = 35,81 - 35,47 = 0,34 \text{ мм};$
- шліфування чорнове: $2Z_{5min} = 35,31 - 35,151 = 0,159 \text{ мм};$
- шліфування чистове: $2Z_{6min} = 35,112 - 35,05 = 0,062 \text{ мм}.$

б) максимальні значення припусків розраховуємо за формулою (4.7):

$$2Z_{imax} = d_{i-1max} - d_{imin} \quad (4,8)$$

- точіння чорнове: $2Z_{2max} = 41,4 - 35,81 = 5,59 \text{ мм};$
- точіння чистове: $2Z_{3max} = 36,2 - 35,31 = 0,89 \text{ мм};$
- шліфування чорнове: $2Z_{5max} = 35,47 - 35,112 = 0,358 \text{ мм};$
- шліфування чистове: $2Z_{6max} = 35,151 - 35,02 = 0,131 \text{ мм}.$

Результати заносимо у табл. 4.1 у стовпчик (10) та (11).

8. Робимо перевірку розрахунків за формулою (4.9), використовуючи контрольне правило:

$$TZ_0 = 2Z_{0max} - 2Z_{0min} = Td_{заг} + Td_{дет} \quad (4,9)$$

$$2Z_{0max} = d_{загmax} - d_{детmin} = 41,4 - 35,02 = 6,38\text{мм} ;$$

$$2Z_{0min} = d_{детmax} - d_{загmin} = 39,4 - 35,05 = 4,35\text{мм} ;$$

$$TZ_0 = 6,38 - 4,35 = 2,0 + 0,03 = 2,03 \text{ мм} ;$$

Отримані результати заносимо до таблиці 4.1.

9. Технологічні виконавчі розміри визначені і наведені в розрахунковій таблиці 4.1.

Розмір заготовки розраховуємо за формулою (4.10):

$$d_{1н} = d_{1min} + eid_1 = d_{1max} - esd_1 \quad (4,10)$$

$$d_{1н} = 41.4 - 1.3 = 39.4 + 0.7 = 40.1\text{мм}$$

Виконавчий розмір заготовки - $\varnothing 40,1_{-0,7}^{+1,3}$

Технологічні виконавчі розміри для другого, третього і п'ятого переходів проставляємо в системі «вала – h», тобто за номінальний розмір приймається максимальний розмір поверхні мінус допуск на обробку, як нижнє відхилення, (див. розрахункову таблицю 4.1).

Індивідуальне завдання

Вихідні дані для кожного варіанта приведені в табл. 2.7.

Додаткові дані – план обробки поверхонь, отриманий в результаті розв'язання задачі на практичному занятті по темі «Складання планів обробки поверхонь деталі». Усі додаткові джерела вказані на с.46.

Контрольні питання

1. Які існують методи встановлення номінальних припусків?
2. У чому полягає головна ідея РАМУП?
3. З яких елементів складається мінімальний припуск?
4. Як записується формула для розрахунку мінімального припуску при обробці поверхонь?
5. Як розрахувати величину ?
6. Що зветься похибкою установки заготовки ?
7. Що називають загальним та місцевим відхиленням осі від прямолінійності?
8. Як розраховується місцеве відхилення осі від прямолінійності?
9. Що розуміють під зміщенням осі заготовки при центруванні вала?

Таблиця 4.1 – Розрахунок припусків на обробку та технологічні операційні розміри по технологічним переходам.

i	Найменування технологічних переходів	Елементи припуску				Розрахунковий		Допуск Td. мм	Граничні значення розмірів, мм		Граничні значення припусків, МКМ		Виконавчий технологічний розмір d, мм
		R _{Zi}	h _i	ρ _i	ε _i	Припуск 2Z	Розмір d		D _{max}	D _{min}	2Z _{max}	2Z _{min}	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Зовнішня циліндрична поверхня Ø35 ^{+0,05} _{+0,02}												
1	Заготовка	200	250	1006	-	-	41,395	2,0	41,49	39,4	-	-	Ø40,1 ^{+1,3} _{-0,7}
2	Точіння чорнове	50	50	60	56	3203	36,192	0,39	36,2	36,81	5590	3200	Ø36,2 _{-0,39}
3	Точіння чистове	25	25	3	33	337	35,465	0,16	35,47	35,32	890	340	Ø35,47 _{-0,16}
4	Т/О	-	-	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліфування чорнове	10	20	1	2	154	35,151	0,039	35,151	35,112	358	159	Ø35,151 _{-0,02}
6	Шліфування чистове	5	15	0	0	62	35,05	0,03	35,05	35,02	131	62	Ø35 ^{+0,05} _{+0,02}
7	Суперфінішування	1,25	35	0	0	-	35,05	-	35,05	35,02	-	-	Ø35 ^{+0,05} _{+0,02}

Методи забезпечення точності замикаючої ланки розмірного ланцюга при складанні

Практичне заняття 5

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ЗАМИКАЮЧОЇ ЛАНКИ МЕТОДОМ ПОВНОЇ ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ

Мета роботи – оволодіти методикою розв'язання проектної задачі, суть якої полягає у нормуванні точності складових ланок складального розмірного ланцюга, при забезпеченні якого задана точність замикаючої ланки буде забезпечуватись при складанні вузла методом повної взаємозамінності (ПВЗ).

5.1 Основні теоретичні положення

Суть методу ПВЗ полягає в тому, що в кожному з усіх вузлів однієї конструкції, що складаються, точність замикаючої ланки забезпечується без підбору, сортування, пригонки деталей чи регулювання вузла.

Метод ПВЗ може бути реалізованим при виконанні трьох умов.

Умова 1.

$$TA_{\Delta} = \sum_{j=1}^n TA_j \quad (5.1)$$

де TA_{Δ} – допуск на розмір замикаючої ланки;

TA_j – допуск на розмір j -ої складової ланки;

n – число складових ланок розмірного ланцюга.

Умова 2.

$$\Delta_0 A_{\Delta} = \sum_{i=1}^m \Delta_0 \vec{A}_i - \sum_{j=1}^k \Delta_0 \overleftarrow{A}_j \quad (5.2)$$

де $\Delta_0 A_{\Delta}$ – координата середини поля допуску замикаючої ланки;

$\Delta_0 \vec{A}_i, \Delta_0 \overleftarrow{A}_j$ – відповідно координати середини поля допуску i -ої складової збільшувальної або j -ої зменшувальної ланки розмірного ланцюга;

m - кількість збільшуваних ланок;

k - число зменшувальних ланок.

Умова 3.

$$\left. \begin{aligned} ESA_{\Delta} &= \sum ES \vec{A}_i - \sum EI \overleftarrow{A}_j \\ EIA_{\Delta} &= \sum EI \vec{A}_i - \sum ES \overleftarrow{A}_j \end{aligned} \right\} \quad (5.3)$$

При розв'язанні проектної задачі відомими є: виконавчий розмір замикаючої ланки (номінальний розмір – A_{Δ} ; граничні відхилення ESA_{Δ} , EJA_{Δ}); номінальні розміри складових ланок (за варіантами табл. 5.5).

Для всіх складових ланок всі параметри: ESA_j , EJA_j , TA_j , $\Delta_0 A_j$ повинні бути призначені такими, щоб умови (5.1)...(5.3) задовольнялись.

Допуски TA_j можна встановлювати різними способами, в тому числі – по одному квалітету точності. Потрібний квалітет точності знаходиться за допомогою коефіцієнта a :

$$a = \frac{TA_{\Delta}}{\sum i_j} \quad (5.4)$$

де i_j – одиниця допуску;

$$i_j = 0,45 \cdot \sqrt[3]{A_j} + 10^{-3} \cdot A_j \quad (5.5)$$

де A_j – середнє значення розміру в інтервалі розмірів стандартного ряду.

Значення i та a наведено відповідно в табл. 5.1, 5.2.

В табл. 5.3 наведено значення допусків на розміри в залежності від квалітету точності.

5.2 Приклад розв'язання задачі.

Постановка задачі. Назначити показники точності на складові ланки розмірного ланцюга заданого вузла для забезпечення складання методом ПВЗ. Записати виконавчі розміри складових ланок. Вибрати метод обробки деталей.

Вихідні дані. Схема вузла кріплення диску і його розмірний ланцюг (рис. 5.1). При складанні зазор (замикаюча ланка) між диском 1 і втулкою 3 повинен забезпечуватись $A_{\Delta} = 0^{+0,3}_{+0,1}$ у межах 0,1...0,3 мм. Втулка 3 кріпиться ковпаком-гайкою 2. Номінальні розміри деталей у мм: диска $A_1=38$ мм; гайки $A_2=42$ мм; втулки $A_3=80$ мм.

Порядок виконання роботи

5.2.1. Накреслити креслення вузла.

5.2.2. Накреслити схему розмірного ланцюга.

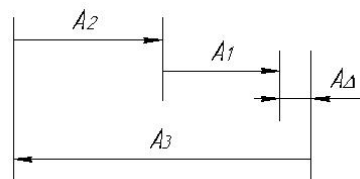


Схема розмірного ланцюга

Таблиця 5.1 – Значення одиниці допуску – i для інтервалів розмірів

Інтервали	до 3	3...6	6...10	10... 18	18... 30	30... 50	50... 80	80... 120	120... 180	180... 250
Значення	0,55	0,73	0,90	1,08	1,31	1,56	1,86	2,17	2,52	2,89

Таблиця 5.2 – Значення коефіцієнта a

Коефіцієнт	16	25	40	64	100	160	250	400
Квалітет	7	8	9	10	11	12	13	14

Таблиця 5.3 – Табличні значення допусків

Квалітет	Допуски, мкм для розмірів, мм										
	більш 3 до 6	6...10	10... 18	18... 30	30... 50	50... 80	80... 120	120... 180	180... 250	250... 315	315... 400
7	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57
8	18	22	27	33	39	46	54	63	72	81	89
9	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140
10	48	56	70	84	100	120	140	160	185	210	230
11	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360
12	120	130	150	210	250	300	350	400	460	520	570

Рівняння розмірного ланцюга:

$$A_{\Delta} = A_3 - (A_1 + A_2) = 80 - (38 + 42) = 0$$

5.2.3. Накреслимо табл. 5.4 і заповнимо колонки 1...3.

Таблиця 5.4 – Результати розрахунку

Деталь	Позначення ланки	Номинальний розмір, мм	Одиниця допуску i	Допуск TA_j , мм	Координата $\Delta_0 A_j$, мкм
Диск	A_1	38	1,56	0,062	0
Гайка	A_2	42	1,56	0,062 / 0,064	0
Втулка	A_3	80	1,86	0,074	0,2
				$\Sigma 4,98$	$\Sigma 0,198 / \Sigma 0,2$

5.2.4. За табл. 5.1 вибрати значення одиниць допуску та записати їх в табл. 5.4. Знайти суму.

5.2.5. Розрахувати за формулою (5.4) значення коефіцієнта a , підставляючи допуск замикаючої ланки $TA_{\Delta}=200$ мкм:

$$a = \frac{TA_{\Delta}}{\sum i_j} = \frac{200}{4,98} = 40,16 \approx 40$$

5.2.6. Визначити за таблицею 5.2 квалітет точності. Таке значення коефіцієнта приблизно відповідає 9-му квалітету точності.

5.2.7. За таблицею 5.3 вибрати допуски на розміри $A_1 \dots A_3$.
Встановлюємо $TA_1=TA_2=62$ мкм; $TA_3=74$ мкм.

5.2.8. Перевіряємо умову рівності допусків за формулою (5.1):

$$TA_{\Delta} = \sum_{j=1}^n TA_j$$

$$200 \neq 62 + 62 + 74 = 198$$

Через те, що умова (5.1) не виконується, необхідно скоректувати значення одного з допусків. Наприклад, приймаємо $TA_2=64$ мкм.

Прийняті значення $TA_1=62$ мкм, $TA_2=64$ мкм та $TA_3=74$ мкм, їх сума 200 мм; записуємо в табл. 5.4.

5.2.9. Призначити координати середини полів допусків на всі ланки, крім одної, наприклад, A_3 . Спочатку використовуючи формулу (5.2), знаходимо координату $\Delta_0 A_3$:

$$\Delta_0 A_{\Delta} = \frac{ESA_{\Delta} + EIA_{\Delta}}{2} = \frac{300 + 100}{2} = 200 \text{ мкм}$$

Приймаємо $\Delta_0 A_1=0$, $\Delta_0 A_2=0$, і за формулою $\Delta_0 A_{\Delta} = \sum_{i=1}^m \Delta_0 \vec{A}_i - \sum_{j=1}^k \Delta_0 \overleftarrow{A}_j$

записуємо $200 = \Delta_0 A_3 - 0 - 0$ та отримуємо $\Delta_0 A_3 = 200$ мкм.

Записуємо значення координат $\Delta_0 A_j$ в табл. 5.4.

5.2.10. Розраховуємо граничні відхилення ланки A_3 :

$$ESA_3 = \Delta_0 A_{\Delta} + \frac{TA_3}{2} = 200 + \frac{74}{2} = 237 \text{ мкм};$$

$$EJA_3 = \Delta_0 A_{\Delta} - \frac{TA_3}{2} = 200 - \frac{74}{2} = 163 \text{ мкм}.$$

5.2.11. Записуємо виконавчі розміри:

$$A_1 = 38 \pm 0,031; \quad A_2 = 42 \pm 0,032; \quad A_3 = 80 \begin{matrix} +0.237 \\ +0.163 \end{matrix}.$$

5.2.12. Виконуємо перевірку розрахунків, використовуючи формулу (5.3):

$$\left. \begin{aligned} ESA_{\Delta} &= \sum ES \vec{A}_i - \sum EI \overleftarrow{A}_j \\ EIA_{\Delta} &= \sum EI \vec{A}_i - \sum ES \overleftarrow{A}_j \end{aligned} \right\}$$

$$300 = 237 - (-3,1 - 32) = 300 = ESA_{\Delta}$$

$$100 = 167 - (31 + 32) = 100 = EIA_{\Delta}$$

Таким чином всі розрахунки виконані правильно.

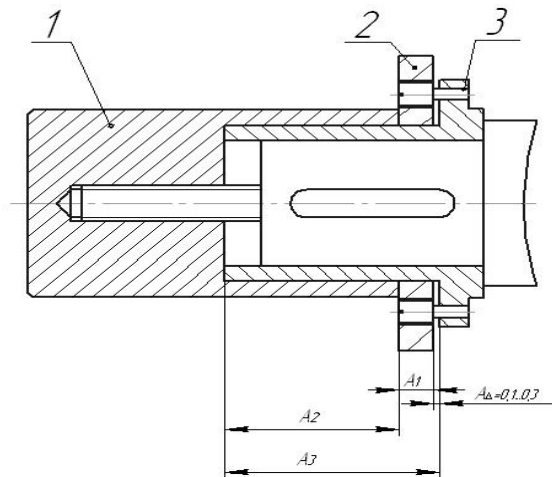
5.2.13. Призначаємо метод обробки, що забезпечує задану точність обробки деталей. Скориставшись таблицею 5.6, для обробки трьох деталей, що входять у розмірний ланцюг, призначаємо однократне шліфування.

5.3 Індивідуальне завдання

Вихідні дані за варіантами подано в табл. 5.5 і на рисунках 5.1 та 5.2.
Для довідки наведено табл. 5.6.

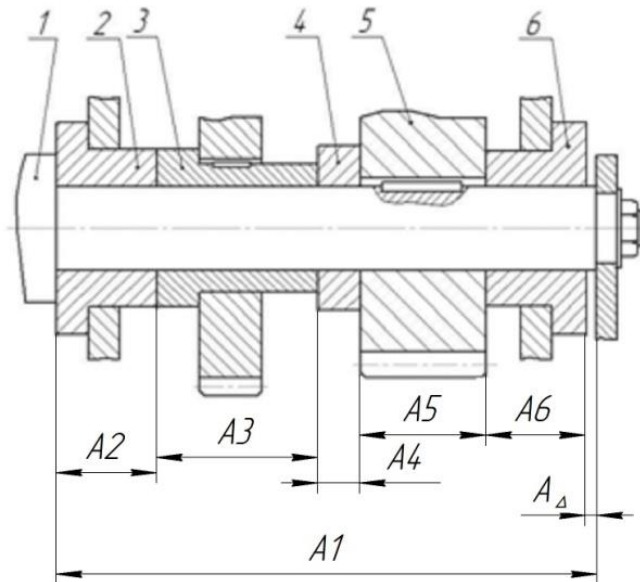
Таблиця 5.5 – Вихідні дані для рішення задачі

Варіанти	Замикаюча ланка A_{Δ} , мм	Розміри складових ланок, мм						Вузол
		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	
1, 13	$0^{+0,2}$	10	30	40				Рис.5.1
2, 14	$0^{+0,1}$	20	35	55				
3, 15	$0^{+0,4}$	35	55	90				
4, 16	$0^{+0,1}$	52	48	100				
5, 17	$0^{+0,5}$	30	35	65				Рис.5.2
6, 18	$0^{+0,1}$	55	45	100				
7, 19	$0^{+0,4}$	100	15	30	5	35	15	
8, 20	$0^{+0,1}$	150	25	35	10	55	25	
9, 21	$0^{+0,6}$	200	35	60	25	55	25	
10, 22	$0^{+0,2}$	100	20	25	5	30	20	
11, 23	$1^{+0,5}$	300	75	125	4	20	75	Рис.5.2
12, 24	$1^{+0,1}$	200	35	55	14	60	35	
25, 26	$1^{+0,4}$	180	25	60	25	44	25	
	$1^{+0,2}$							



1 – гайка; 2 – диск; 3 – втулка

Рисунок 5.1 – Схема вузла для прикладу розв'язання задачі



1 – вал; 2,4,6 – втулки; 3 – ступиця (маточина); 5 – зубчасте колесо
Рисунок 5.2 – Схема і складальний ланцюг вузла

Таблиця 5.6 – Значення допусків при різних методах обробки

Метод обробки	Середньо-економічні допуски, мкм, на розміри					
	Св.3 до 6	6...10	10...18	18...30	30...50	50...80
1	2	3	4	5	6	7
Точіння:						
чорнове	300	360	430	520	620	740
напівчистове	160	200	240	280	340	400
чистове	48	58	70	84	100	120
Шліфування:						
однократне	25	30	35	45	50	60
чистове	12	15	18	21	25	30

Продовження таблиці 5.6

80...120	120...180	180...250	250...315
8	9	10	11
870	1000	1150	1350
460	530	600	680
140	160	185	215
70	80	90	100
35	40	47	54

5.4 Контрольні питання

1. Які розмірні ланцюги називаються складальними?
2. Які ланки входять до розмірних ланцюгів?

3. У чому полягає зміст проектної задачі при розрахунку розмірних ланцюгів?
4. Які існують методи розрахунку розмірних ланцюгів?
5. Як формулюють основне правило розмірних ланцюгів?
6. Якою формулою описується зв'язок граничних відхилень ланок розмірного ланцюга?
7. Якою формулою описується зв'язок координат середин полів допусків на розміри ланок розмірного ланцюга?
8. Які існують способи призначення допусків на розміри складових ланок?
9. Як визначається квалітет точності – загальний для всіх розмірів складових ланок?
10. Як перевіряється правильність розрахунків?

Практичне заняття 6

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ЗАМИКАЮЧОЇ ЛАНКИ МЕТОДОМ НЕПОВНОЇ ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ (НПВЗ)

Мета роботи – обґрунтувати економічну доцільність застосування методу НПВЗ і оволодіти методикою нормування точності розмірів складових ланок розмірного ланцюга в разі застосування цього методу.

Для виконання задачі студент повинен:

- знати сутність методу НПВЗ;
- принципи імовірності, покладені в основу цього методу;
- область застосування, переваги та недоліки методу НПВЗ;
- основні розрахункові формули;
- методика економічного обґрунтування застосованого методу;
- вміти обґрунтувати доцільність застосування методу НПВЗ для досягнення заданої точності вихідного параметра (замикаючої ланки) вузла, що збирається;
- нормувати точність розмірів деталей (складових ланок) складального розмірного ланцюга.

6.1 Основні теоретичні положення

Теорія методу НПВЗ заснована на наступних положеннях:

1. Похибки розмірів є випадковими величинами і підкоряються певним законам розподілу.
2. Згідно з цими законами при обробці деталей поява розмірів з граничними похибками буде маловірогідною.
3. Поєднання деталей, що мають граничні розміри, при їх випадковому відборі для складання одного вузла буде тим більш малоймовірним.

Звідси випливає, що отримання граничних значень замикаючої ланки:

$$ESA_{\Delta} = \sum ES \vec{A}_i - \sum EI \overleftarrow{A}_j \quad (6.1)$$

$$EIA_{\Delta} = \sum EI \vec{A}_i - \sum ES \overleftarrow{A}_j$$

при складанні вузлів також буде маловірогідним.

Виходячи з цього нормування точності розмірів складових ланок з обов'язковим виконання умови:

$$TA_{\Delta} = \sum_{j=1}^n TA_j \quad (6.2)$$

не завжди виявляється виправданим насамперед з економічних міркувань. Особливо це стає очевидним при необхідності забезпечення малих значень TA_{Δ} і великій кількості n складових ланок у розмірному ланцюзі. Саме в цих випадках доводиться відмовлятися від методу ПВЗ і використовувати метод НПВЗ.

Сутність методу НПВЗ полягає в наступному.

1. При нормуванні точності розмірів A_j призначають середньо-економічні допуски TA_j таким чином, що:

$$\sum TA_{je} > TA_{\Delta} \quad (6.3)$$

2. У результаті після складання деяка кількість вузлів буде мати значення похибки замикаючої ланки, що виходить за межі допустимого.

3. Ці вузли розбираються і шляхом повної або часткової заміни деталей повторно складаються. При цьому брак усувається.

Економічну доцільність застосування методу НПВЗ можна встановити таким шляхом.

Припустимо, собівартість виготовлення всіх вузлів при використанні методу ПВЗ:

$$C_{\Sigma 1} = (C_{н1} + C_{c1})N \quad (6.4)$$

та при використанні метода НПВЗ:

$$C_{\Sigma 2} = (C_{н2} + C_{c2})N + (C_{p2} + C_{c2})n_{бр} \quad (6.5)$$

де $C_{н1}$ та $C_{н2}$ – технологічна собівартість виготовлення комплексу деталей для одного вузла, грн, відповідно, при методах ПВЗ і НПВЗ;

$C_{c1} = C_{c2}$ – собівартість складання одного вузла при тих же двох методах, грн;

N – програма випуску вузлів, шт.;

$n_{бр}$ – кількість бракованих вузлів, що підлягають розбиранню і повторному складанню, шт.

Припускаємо, що $C_{c1} = C_{c2}$, і що собівартість розбирання C_{p2} одного бракованого вузла та його повторного складання однакові $C_{c1} = C_{c2} = C_{p2}$.

Віднімаючи (6.5) з (6.4), отримаємо:

$$E = (C_{н1} - C_{н2})N - 2n_{бр}C_{p2} \quad (6.6)$$

Якщо виходить (+E), то більш економічним є використання метода НПВЗ, якщо (-E) – то ПВЗ.

Таким чином, ефект від застосування методу НПВЗ пояснюється тим, що $C_{н2} < C_{н1}$ за рахунок грубішої, низької точності виготовлення деталей, що входять до розмірної ланки в якості ланцюгів:

$$(C_{н1} - C_{н2}) N = 2n_{бр} C_{р2} \quad (6.7)$$

Допустиме значення $[n_{бр}]$, при якому методи ПВЗ і НПВЗ економічно рівнозначні, визначається за формулою (6.8):

$$[n_{бр}] = \frac{(C_{н1} - C_{н2}) N}{2C_{р2}} \quad (6.8)$$

Очікуване значення $n_{бр}$ розраховується за допомогою коефіцієнта ризику:

$$t_{\Delta} = \frac{TA_{\Delta}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n \lambda_j^2 (TA_{ej})^2}} \quad (6.9)$$

Замінюємо $\lambda_j^2 = \lambda'_j$, де λ'_j – коефіцієнт відносного розсіювання залежить від виду закону розподілу похибки j -ї ланки; λ'_j приймають:

$\lambda'_j = 1/9$ – для закону нормального розподілу;

$\lambda'_j = 1/6$ – для закону розподілу трикутника Сімпсона;

$\lambda'_j = 1/3$ – для закону рівної імовірності;

TA_{ej} – призначений середньо-економічний допуск на розмір j -ї ланки;

n – кількість складових ланок.

При відомому значенні t_{Δ} за таблицею 6.1 знаходять відсоток $P_{бр}$ бракованих вузлів. Тоді очікувана кількість бракованих вузлів:

$$n_{бр} = \frac{N \cdot P_{бр}}{100} \quad (6.10)$$

Якщо $n_{бр} < [n_{бр}]$, то за формулою (6.6) розраховується очікуваний економічний ефект, що забезпечується застосуванням методу НПВЗ. Якщо рішення про використання методу НПВЗ прийнято, то виконується нормування точності розмірів складових ланок. Процедура нормування викладено у прикладі розв'язання задачі.

Доцільно знати, що, наприклад, при $t_{\Delta} = 3$ – відсоток виходу значень похибок за межі допуску складає $P_{бр} = 0,27\%$. Тобто імовірність знаходження розмірів у полі допуску складає $P = 99,73\%$. А при $t_{\Delta} = 1$ – відсоток бракованих вузлів складає $P_{бр} = 32\%$.

Якщо у проектних умовах закон розподілу складових невідомий, то приймають $t_{\Delta} = 3$, а коефіцієнт $\lambda = 1/6$.

6.2 Приклад розв'язання задачі

Постановка задачі. Дати порівняльну економічну оцінку методам ПВЗ і НПВЗ стосовно складання заданого вузла. З урахуванням обраного методу призначити виконавчі розміри складових ланок складального розмірного ланцюга.

Вихідні дані. Креслення вузла для побудови розмірного ланцюга (рис. 5.2); замикаюча ланка $A_{\Delta} = 0_{+0,12}^{+0,36}$; номінальні розміри складових ланок, мм: $A_1=200$, $A_2=35$, $A_3=60$, $A_4=20$, $A_5=50$, $A_6=35$; річна програма

випуску $N=10^5$ шт.; технологічна собівартість виготовлення комплекту деталей для одного вузла $C_{н1}=0,3$ грн – при методі ПВЗ і $C_{н2}=0,22$ грн при методі НПВЗ; технологічна собівартість складання одного вузла при обох методах $C_{с1}=C_{с2}=0,2$ грн.

Порядок розв'язання задачі

6.2.1 На підставі рис. 5.2 дати графічне представлення розмірного ланцюга.

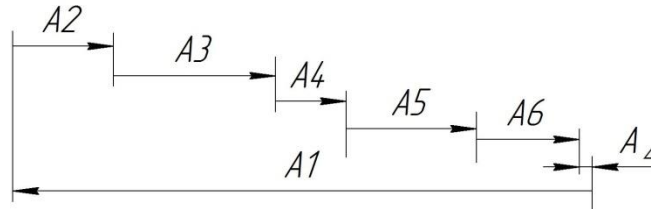


Рисунок 6.1 – Розмірний ланцюг

6.2.2. Розрахувати середній номінальний розмір складових ланок:

$$\bar{A}_j = \frac{\sum A_j}{n} = \frac{400}{6} = 66,7 \text{ мм}$$

де $\sum A_j$ – сума номінальних розмірів складових ланок, мм;

n – кількість складових ланок.

6.2.3. Розрахувати стосовно до методу ПВЗ середнє значення допуску, відповідно, однакове для всіх складових ланок:

$$\overline{TA}_j = \frac{TA_{\Delta}}{n} = \frac{240}{6} = 40 \text{ мкм.}$$

де TA_{Δ} – допуск замикаючої ланки: $TA_{\Delta} = 0,24 \text{ мм} = 240 \text{ мкм.}$

6.2.4. За таблицею 5.6 встановлюємо метод обробки, що забезпечує $TA_j = 40 \text{ мкм.}$ Така точність в основному забезпечується шліфуванням і знаходиться в межах допусків квалітетів $H7$ та $H8$ (табл. 5.3).

Таким чином, метод ПВЗ вимагає високої точності обробки деталей для забезпечення точності замикаючої ланки.

6.2.5. Приймаємо рішення обробляти деталі остаточно чистовим точінням. За табл. 5.6 встановлюємо TA_{je} – середньо-економічні допуски розмірів $TA_{1e} = 0,185 \text{ мм,}$ $TA_{2e} = TA_{5e} = TA_{6e} = 0,1 \text{ мм,}$ $TA_{3e} = 0,12 \text{ мм,}$ $TA_{4e} = 0,084 \text{ мм.}$

При цьому:

$$\sum TA_{je} = 0,689 \text{ мм} > TA_{\Delta} = \sum TA_j = 0,240 \text{ мм,}$$

Середнє значення економічних допусків:

$$\overline{TA}_{je} = \frac{0,689}{6} = 0,115 \text{ мм} > \overline{TA}_j = 0,04 \text{ мм.}$$

6.2.6. Знайдемо очікувану кількість $n_{бр}$ бракованих вузлів.

За формулою (6.9) знаходимо коефіцієнт ризику:

$$t_{\Delta} = \frac{0,240}{\sqrt{\left(\frac{1}{3}\right)^2 \cdot [(0,185)^2 + (0,1)^2 + (0,12)^2 + (0,084)^2 + (0,1)^2 + (0,1)^2]}} = 2,47$$

За табл. 6.1 визначаємо відсоток (ймовірність) бракованих вузлів
 $P_{\text{бр}} = 1,3\%$.

За формулою (6.10) розраховуємо кількість бракованих вузлів.

$$n_{\text{бр}} = \frac{10^5 \cdot 1,3}{100} = 1300 \text{ шт.}$$

Таблиця 6.1 – Значення коефіцієнта t_{Δ} при нормальному розподілі розмірів для різних відсотків ризику $P_{\text{бр}}$

t_{Δ}	P	t_{Δ}	P	t_{Δ}	P	t_{Δ}	P
1,20	23,02	1,60	10,96	2,00	4,56	2,40	1,64
1,25	21,12	1,65	9,90	2,05	4,06	2,45	1,32
1,30	19,36	1,70	8,92	2,10	3,58	2,50	1,24
1,35	17,70	1,75	8,02	2,15	3,16	2,60	0,94
1,40	16,16	1,80	7,18	2,20	2,78	2,70	0,70
1,45	14,70	1,85	6,44	2,25	2,44	2,80	0,52
1,50	13,46	1,90	5,74	2,30	2,14	2,90	0,38
1,55	12,12	1,95	5,12	2,35	1,88	3,00	0,27

6.2.7. Допустима кількість бракованих вузлів за формулою (6.8):

$$[n_{\text{бр}}] = \frac{10^5 \cdot (0,3 - 0,22)}{2 \cdot 0,20} = 20000 \text{ шт.}$$

Оскільки $n_{\text{бр}} < [n_{\text{бр}}]$, метод НПВЗ є економічно доцільним.

6.2.8. Економічний ефект за формулою (6.6) від впровадження методу НПВЗ:

$$E = 10^5 \cdot (0,3 - 0,22) - 2 \cdot 1300 \cdot 0,20 = 7480 \text{ грн.}$$

6.2.9. Встановлюємо виконавчі розміри складових ланок A_j у випадку застосування методу НПВЗ і при значеннях TA_{je} , зазначених у п. 6.2.5.

Для всіх розмірів A_j , крім, наприклад, ланки $A_1 = 200$ мм, призначаємо розташування допусків в $(-)$. Тоді виконавчі розміри ланок, мм:

$$A_2 = 35_{-0,1}; A_3 = 60_{-0,12}; A_4 = 20_{-0,084}; A_5 = 50_{-0,1}; A_6 = 35_{-0,1}.$$

Щоб визначити розташування поля допуску, а, відповідно, і граничні відхилення ланки A_1 , спочатку знайдемо середину поля допуску замикаючої ланки:

$$\Delta_0 A \Delta = \frac{ESA_{\Delta} + EIA_{\Delta}}{2} = \frac{0,36 + 0,12}{2} = 0,24 \text{ мм}$$

Скориставшись рівнянням (5.2):

$$\Delta_0 A_{\Delta} = \sum \Delta_0 \bar{A}_j - \sum \Delta_0 \bar{A}_j,$$

Знаходимо координату середини поля допуску $\Delta_0 A_1$:

$$0,240 = \Delta_0 A_1 - (-0,05 - 0,06 - 0,042 - 0,05 - 0,05)$$

$$\Delta_0 A_1 = -0,012 \text{ мм.}$$

Розрахуємо граничні відхилення ланки A_1 :

$$\begin{cases} ESA_1 = \Delta_0 A_1 + 0,5 \cdot TA_1 = -0,012 + 0,5 \cdot 0,185 = 0,0805 \text{ мм,} \\ EIA_1 = \Delta_0 A_1 - 0,5 \cdot TA_1 = -0,012 - 0,5 \cdot 0,185 = -0,1045 \text{ мм.} \end{cases}$$

Виконавчий розмір ланки $A_1 = 200_{-0,1045}^{+0,0805}$. Для зручності його можна записати у вигляді $A_1 = 200_{-0,105}^{+0,08}$.

6.2.10. Перевіримо правильність розрахунків за формулою (6.1):

$$ESA'_{\Delta} = 0,08 - (-0,1 - 0,12 - 0,084 - 0,1 - 0,1) = 0,584 \text{ мм}$$

$$EIA'_{\Delta} = -0,105 - 0 = -0,105 \text{ мм}$$

Перевіримо значення допуску замикаючої ланки:

$$TA'_{\Delta} = \sum TA_{je} = ESA'_{\Delta} - EIA'_{\Delta} = 0,584 - (-0,105) = 0,689 \text{ мм}$$

6.3 Індивідуальне завдання

Вихідні дані наведено в табл. 6.2 та 6.3. До захисту потрібно представити звіт з рішенням задачі згідно розглянутому прикладу.

Таблиця 6.2 – Вихідні дані для рішення задачі №6

Варіанти	Програма випуску N	Параметри розмірного ланцюга (рис. 5.2), мм						
		A_{Δ}	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
1, 14	$5 \cdot 10^3$	$1 \pm 0,10$	100	15	30	4	35	15
2, 15	$10 \cdot 10^3$	$1 \pm 0,12$	150	25	35	9	55	25
3, 16	$15 \cdot 10^3$	$1 \pm 0,13$	200	35	60	24	55	25
4, 17	$20 \cdot 10^3$		250	30	85	34	70	30
5, 18	$5 \cdot 10^4$	$1 \pm 0,2$	100	15	30	4	35	15
6, 19	$10 \cdot 10^4$		150	25	35	9	55	25
7, 20	$15 \cdot 10^4$	$1 \pm 0,12$	100	10	35	3	32	20
8, 21	$20 \cdot 10^4$		150	20	65	14	35	15
9, 22	$30 \cdot 10^3$	$2_{-0,2}^{+0,4}$	100	15	30	3	35	15
10, 23	$30 \cdot 10^4$		150	25	32	8	53	30
11, 24	$25 \cdot 10^3$	$2_{-0,3}^{+0,5}$	200	35	60	23	55	25
12, 25	$25 \cdot 10^4$		250	55	100	28	40	25
13, 26	$50 \cdot 10^3$	$3 \pm 0,15$	300	75	125	12	55	30

Таблиця 6.3 – Собівартість виготовлення комплексу деталей та складання вузла

Варіанти	Технологічна собівартість, грн.		
	Комплекту деталей, виготовлених методами		Складання вузла C_c Розборка вузла C_{p2} $C_{c1} = C_{c2} = C_{p2}$
	ПВЗ - $C_{н1}$	НПВЗ - $C_{кн2}$	
1-5	0,30	0,20	0,20
6-10	0,35	0,20	0,25
11-15	0,40	0,25	0,20
16-20	0,40	0,30	0,25
21-26	0,30	0,22	0,18

Примітка. Прийнято допущення, що вартість розборки C_{p2} одного бракованого вузла дорівнює вартості його складання C_{c2} .

6.4 Контрольні питання

1. Які математичні ідеї лежать в основі теорії методу НПВЗ?
2. Суть методу НПВЗ.
3. Що таке коефіцієнт ризику?
4. Як розрахувати ймовірну кількість бракованих вузлів?
5. За яких умов похибки замикаючої ланки підпорядковуються нормальному закону розподілу?
6. За рахунок чого виходить економічний ефект при досягненні точності замикаючої ланки методом НПВЗ?
7. Чому при значному збільшенні допусків на виготовлення деталей відсоток бракованих вузлів буде невеликим?

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Ципак В.І. та ін. Основи технології машинобудування. Навчальний посібник. – Запоріжжя : ЗНТУ, АТ «Мотор Січ», 2003. – 335 с.
2. Руденко П.А. Проектування технологічних процесів в машинобудування. – Київ: Вища школа, 1985. – 256с.
3. Юрчишин І.І. та ін. Технологія машинобудування – Львів. Видавництво Львівської політехніки, 2009. –528 с.
4. Технологія машинобудування / А.В. Якімов, Ф.В. Новиков, П.А. Лінчевський та ін. – Одеса : Астропринт, 2001. – 608 с.

Допоміжна література

1. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіадвигунобудування і машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» і «Технологія будування авіаційних двигунів» / укл. В.К. Яценко, В.І. Ципак, Є.Я. Коренєвський та ін. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2003. – 245 с.
2. Гнучкі виробничі системи: навчальний посібник для студентів напрямку 131 Прикладна механіка – 2-е видання /І.Е. Яковенко, О.А. Пермяков, О.М. Шелковой – Харків: «Діса плюс», 2021. – 284 с. (режим доступу <https://online.fliphtml5.com/qmddr/yojz/#p=1>).
3. Технологічні основи машинобудування. Практикум: навчальний посібник для студентів спеціальностей 131 – Прикладна механіка, 133 – Галузеве машинобудування /І.Е. Яковенко, О.А. Пермяков, – Харків: НТУ «ХП», 2023. – 208 с. (Електронний ресурс - режим доступу <https://online.fliphtml5.com/qmddr/kdwp/#p=1>)
4. Бондаренко С.Г. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва. – Київ: ІСДО, 1993. – 544 с.