

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування факультету)

Технологія машинобудування

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

другий (магістерський)

(ступінь вищої освіти)

на тему «Вдосконалення технологічного процесу виготовлення маточини»

Виконав: студент(ка) II курсу, групи M-112м

Спеціальності 131 Прикладна механіка

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування

ЖДАНОВСЬКИЙ Е.В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник ТРИШИН П.Р.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ШИРОКОБОКОВ В.В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Машинобудівний
Кафедра «Технологія машинобудування»
Ступінь вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) Технології машинобудування
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри С.І. ДЯДЯ
« » 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

ЖДАНОВСЬКИЙ Едуард Вікторович

(ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) « Вдосконалення технологічного процесу виготовлення маточини»

керівник проєкту (роботи) к.т.н ., ст.викл. ТРИШИН Павло Романович

(науковий ступінь, вчене звання, ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові.)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «14» 11 2023 року №436

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 02.12.2023 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення маточини; річна програма випуску N=5000 шт

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Технологічна частина. 2. Конструкторська частина. 3. Автоматизація 4. Розрахунок деталі на міцність. 5. Спеціальне завдання 6. Економічний розрахунок 7. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів)

Креслення деталі, заготовки; плакат 3D-моделі деталі та заготовки; маршрут виготовлення деталі; плакат зображення обробки для верстата з ЧПК; плакат автоматизації; креслення робочого та контрольного пристосувань; плакат розрахунку деталі на міцність; плакати спецзавдання.
Кількість слайдів -10

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРІЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-6	ст.викл. ТРИШИН П.Р.		
6	доц. ПУХАЛЬСЬКА Г.В.		
7	доц. ШМИРКО В.І.		
нормоконтроль	зав.каф. ДЯДЯ С.І.		

7. Дата видачі завдання _____ 04 вересня 2023 _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	18.09.2023	
2	Конструкторська частина	02.10.2023	
3	Автоматизація	09.10.2023	
4	Розрахунок на міцність	23.10.2023	
5	Спецзавдання	30.10.2023	
6	Економічний розрахунок	06.11.2023	
7	Охорона праці	13.11.2023	
8	Оформлення пояснювальної записки, креслень, карт	27.11.2023	
9	Нормоконтроль	04.12.2023	
10	Рецензія	07.12.2023	
11	Захист дипломного проєкту	18.12.2023	

Студент(ка)

_____ Едуард ЖДАНОВСЬКИЙ
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

_____ Павло ТРИШИН
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 132 с., 17 табл., 25 рис., 2 дод., 17 джерел.

АВТОМАТИЗАЦІЯ, МАТОЧИНА, ЗАГОТОВКА, КЕРУЮЧА ПРОГРАМА, МАРШРУТ ОБРОБКИ, МІЦНІСТЬ, ОСНАСТКА, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС.

Об'єкт дослідження –маточина.

Мета роботи – вдосконалення технологічного процесу виготовлення маточини.

Метод дослідження, використаний у магістерській роботі, є розрахунково-аналітичним. Окрім того, комп'ютерне моделювання було використано для визначення експлуатаційного навантаження на деталь та проведено комп'ютерну симуляцію процесів механічної обробки лопатки.

У магістерській роботі було вдосконалено технологічний процес виготовлення маточини, вибрано відповідне обладнання та інструмент, розраховано режими різання та норми часу. Крім того, було спроектовано робоче та контрольне пристосування. Для оцінки міцності деталі було використано комп'ютерне моделювання.

У роботі також висунуто пропозиції щодо автоматизації та механізації процесу, а також розглянуто заходи для забезпечення безпечної роботи персоналу.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	7
ВСТУП.....	8
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі.....	9
1.2 Визначення типу виробництва	11
1.3 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки.....	12
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі	16
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність	16
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	18
1.4.3 План виготовлення деталі.....	23
1.5 Визначення операційних припусків і розмірів заготовки	23
1.6 Розрахунок режимів різання	37
1.6.1 Розрахунок режимів різання для токарної операції.....	37
1.6.2 Розрахунок режимів різання для фрезерної операції.....	44
1.6.3 Розрахунок режимів різання для свердлильної операції.....	49
1.6.4 Розрахунок режимів різання для шліфувальної операції.....	52
1.7 Нормування операцій	56
1.7.1 Нормування токарної операції.....	56
1.7.2 Нормування свердлильної операції.....	57
1.7.3 Нормування фрезерної операції.....	57
1.7.4 Нормування шліфувальної операції.....	59
1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПУ, з використанням NX CAM.....	60
1.8.1 Розробка токарної операції.....	60
1.8.2 Розробка фрезерної операції.....	63
1.8.3 Розробка свердлильної операції.....	65
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	67

2.1 Проектування робочого пристосування	67
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	67
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність.....	68
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу	70
2.2 Проектування контрольного пристосування	72
3 АВТОМАТИЗАЦІЯ	75
3.1 Автоматизація оперативного контролю	75
3.2 Види та завдання автоматизації оперативного контролю індуктивної пробки	80
4 РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ.....	84
5 СПЕЦЗАВДАННЯ.	89
5.1 Методи маркування деталей.....	89
5.2 Електрохімічний спосіб маркування металу.....	97
5.3 Лазерне маркування металевих виробів.....	104
6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	107
7 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	120
7.1 Розрахунок загального рівномірного штучного освітлення виробничих приміщень.....	120
ВИСНОВОК.....	126
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	127
ДОДАТОК А СПЕЦИФІКАЦІЯ РОБОЧОГО ПРИСТОСУВАННЯ	129
ДОДАТОК Б СПЕЦИФІКАЦІЯ КОНТРОЛЬНОГО ПРИСТОСУВАННЯ...	130

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

АЗВТ	Автоматичний захист вільної турбіни
АК	Активний контроль
КГШП	Кривошипно-горячештамповочний прес
ККД	Коефіцієнт корисної дії
КП	Керуюча програма
МОП	Маршрут обробки поверхні
МОР	Мастильно-охолоджуюча рідина
ППТК	Послідовність показників точності і якості
ППП	Перетворювальний підсилювальний пристрій
РТК	Розрахунково-технологічна карта
СС	Стартерний струмопровідний
ТО	Термічна обробка
ТП	Технологічний процес
ТВ	Технічні вимоги

ВСТУП

Оптимізація технологічних процесів є важливою складовою сучасної промисловості. Використання прогресивних методів отримання та обробки заготовок є ключовим кроком у покращенні ефективності виробництва, підвищенні якості виготовленої продукції та забезпеченні конкурентоспроможності на ринку.

Якість виробу формується під час підготовки виробництва. Контроль є важливою компонентою забезпечення якості, який здійснюється як під час технологічного процесу, так і на етапі остаточного контролю деталей. Щоб забезпечити високий рівень контролю та зменшити час, необхідно використовувати контрольні пристосування з автоматичним або напівавтоматичним режимом роботи, різноманітні системи обробки та аналізу інформації, а також різні режими роботи.

Технологічні інновації допомагають підвищити ефективність виробництва деталей «Маточина» за допомогою високопродуктивного обладнання, скоротити витрати сировини та енергії, а також оптимізувати час виготовлення. Застосування передових методів отримання заготовок та їх подальшої обробки відкриває нові можливості для підвищення продуктивності та зниження негативного впливу на навколишнє середовище під час виробничого процесу.

Таким чином, ціллю магістерської роботи є забезпечення ефективності виробництва деталей «Маточина» за допомогою високопродуктивного обладнання.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Маточина (рис. 1.1) застосовується на турбовальних двигунах АІ-450СР-2, АІ-450С-2 та входить в склад ротора вільної турбіни. Функціональне призначення деталі складається в реалізації можливості считування обертів вільної турбіни. Считування обертів ротора виконується взаємодією індукційних датчиків розташованих над індукторними зуб'ями деталі.

Считування обертів (імпульсні сигнали) ротора СС (стартерний струмопровідний) передаються до блоку керування двигуном в якому реалізован алгоритм системи автоматичного захисту вільної турбіни (АЗВТ) від неконтролюємої розкрутки ротора у випадку аварійної ситуації. При перевищенні обертів системи АЗВТ вимкне подачу палива на форсунки.

Деталь «Маточина» кріпиться до ротора СС фланцем через стяжні болти, базовий діаметр А.

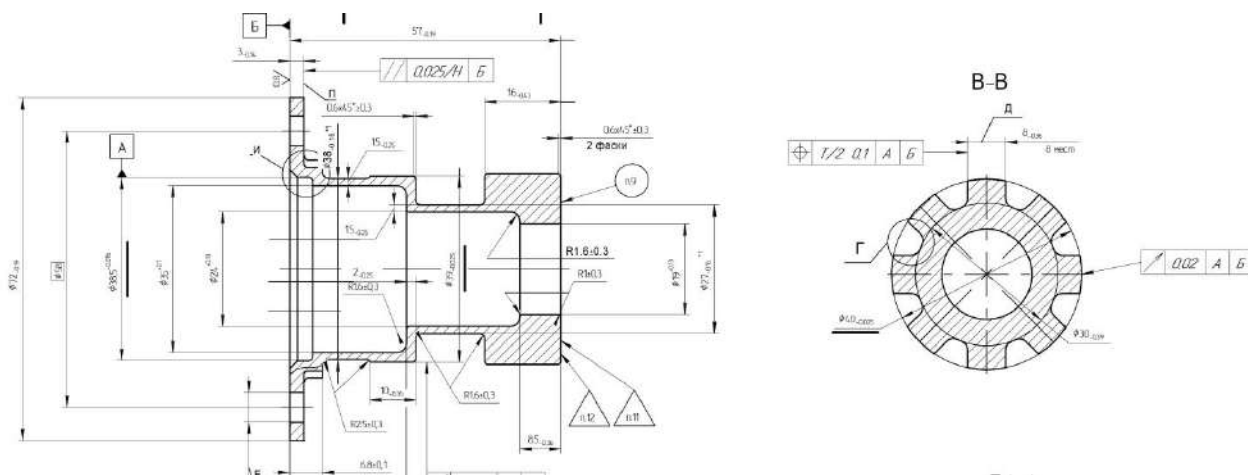


Рисунок 1.1 – Маточина

Матеріал – сталь 13X11H2B2MФ (EI961).

Використання в промисловості: різні деталі газових турбін, які тривалий час працюють при температурах до 600 град.

Хімічний склад матеріалу наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1-Хімічний склад, % [1]

Fe	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	W	V
до 83	0,1 – 0,16	до 0,6	до 0,6	1,5 – 1,8	до 0,03	до 0,03	10,5 - 12	0,35 - 0,5	1,6 - 2	0,18 – 0,3

Основу сталі 13X11H2B2MФ складають:

- 1) Залізо
- 2) Хром
- 3) Вольфрам
- 4) Нікель

Додатковими елементами є: кремній, марганець, молібден, вуглець, ванадій, сірка, фосфор.

Цей матеріал відноситься до важкозварюваних.

Початкова температура кування матеріалу становить 1250 °С, кінцева - 850°С. Товщина перерізу не перевищує 400 мм. Воно піддається низькотемпературному відпалу з двома переохолодженнями.

Ця марка сталі є флокеночувствительной, тобто має схильність до появи коротких і уривчастих внутрішніх тріщин. Вони виникають під дією внутрішніх та зовнішніх напруг під час експлуатації деталі.

Питома вага: 7800 кг/м³

Термообробка: Загартування 1000°С, олія, Відпустка 620 - 680°С

Механічні властивості сталі наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2- Механічні властивості сталі 13X11H2B2MФ [1]

Режими термообробки	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	σ_B (МПа)	δ_5 (%)	ψ %	КСУ (кДж / см ²)
Закалка 1000-1020 °С, олія або повітря. Отпуск:					
660-710 °С, повітря	735	880	15	55	88
540-590 °С, повітря	930	1080	13	55	88

1.2 Визначення типу виробництва

Вихідні дані:

- 1) річна програма випуску $N = 5000$ шт;
- 2) маса деталі $q = 0,217$ кг.

Розробка технологічного процесу обробки залежить від типу виробництва і його організації. Тип виробництва визначається розмаїттям продукції, його регулярністю і стабільністю. Враховуючи вагу деталі і програму виробництва, я вважаю його серійним.

Кількість деталей у партії можна розрахувати за формулою [1]:

$$n = \frac{a \cdot N}{\Phi} \quad (1.1)$$

де a – періодичність запуску, $a=2$;

Φ – кількість робочих днів в році, $\Phi=250$ днів.

$$n = \frac{2 \cdot 5000}{250} = 40 \text{ шт}$$

Операції на робочих місцях виконуються рівномірно та повністю завантажені одними й тими ж операціями, виробництво поточне.

1.3 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки

Вихідні дані:

Ескіз 3D – моделі деталі Маточина наведено на рис. 1.2.

Маса деталі $q = 0,2176$ кг.

Матеріал сталь 13X11H2B2МФ, густина $\rho = 7870 \text{ кг/м}^3$.

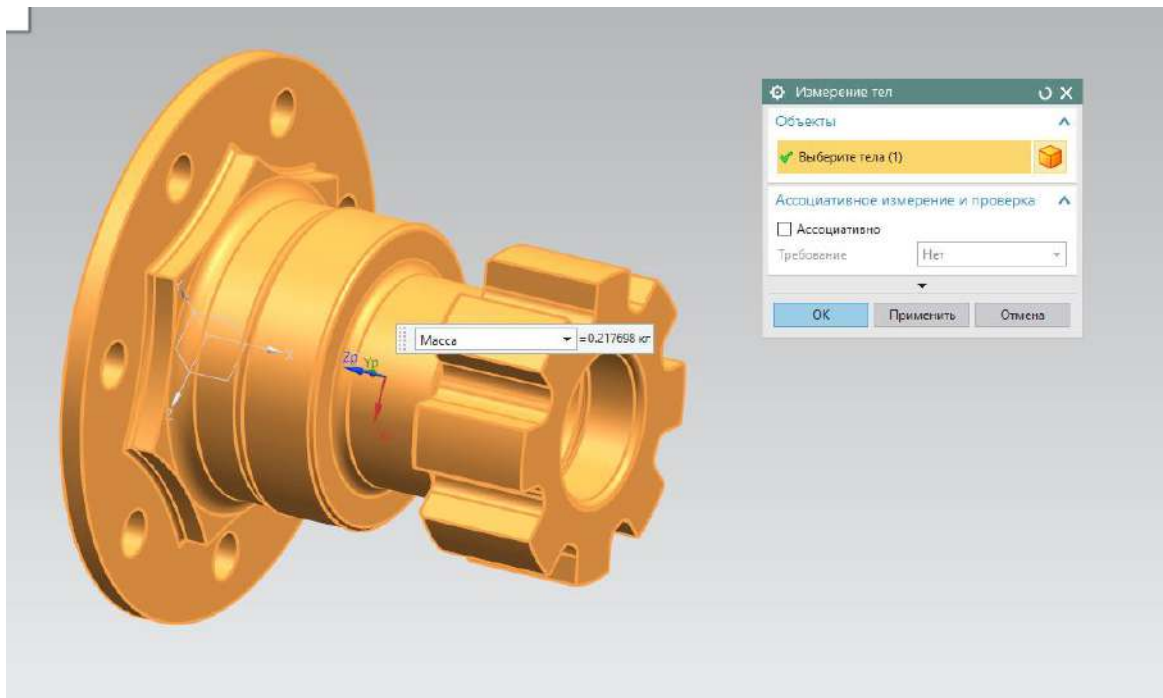


Рисунок 1.2 –3D модель деталі «Маточина»

Річна програма випуску $N = 5\,000$ шт.

Розглянемо два методи отримання заготовки:

- а) методом ГKM;
- б) методом штампування на КГШП нормальної точності.

Визначення собівартості однієї заготовки, одержаної методом ГKM (рис. 1.3)

Припуск на сторону дорівнює 3,5 мм [5].

Маса заготовки 1: $Q_1 = 1,08 \text{ кг}$

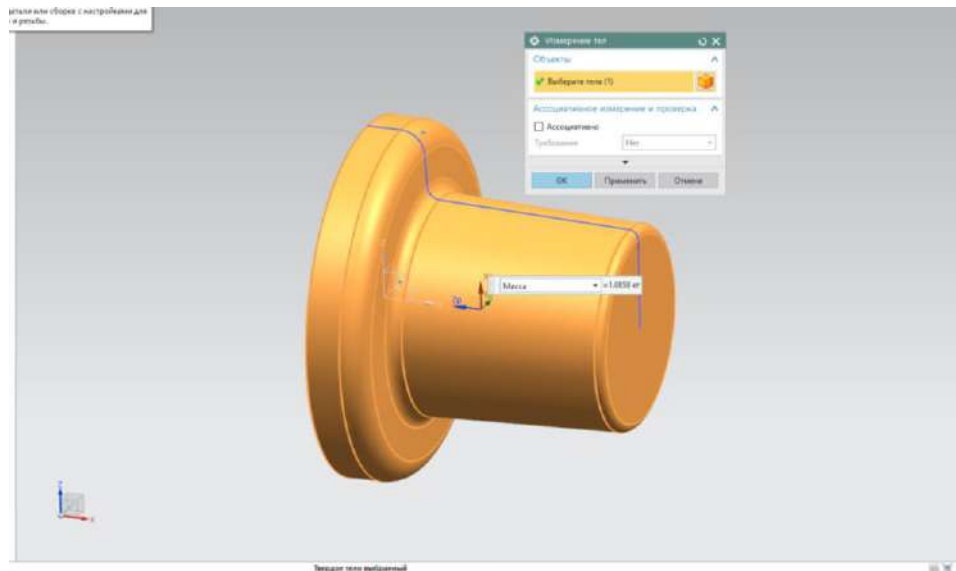


Рисунок 1.3 – 3D-модель заготовки, отриманої методом ГKM

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки визначається за формулою [5]:

$$\eta = \frac{q}{Q} \quad (1.2)$$

де q - маса деталі;

Q – маса заготовки.

$$\eta = \frac{0,217}{1,08} = 0,2$$

Вартість однієї заготовки, одержуємо за формулою [5]:

$$B = \frac{B_0}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_{\Pi} - (Q - q) \cdot \frac{B_{\text{відх}}}{1000} \quad (1.3)$$

де B_i – базова вартість однієї тонни заготовок, [5];

K_T - Коефіцієнт, що залежить від класу точності, [5] ;

K_C - Коефіцієнт, що залежить від групи складності, [5] ;

K_B - Коефіцієнт, що залежить від маси, [5];

K_M - Коефіцієнт, що залежить від матеріалу[5];

K_{Π} - Коефіцієнт, що залежить від обсягу виробництва заготовок, [5] ;

$V_{\text{відх}}$ – вартість стружки, $V_{\text{отх}} = 140$ грн [5].

Для ГKM:

де $V_1 = 3150$ грн; $K_T = 1$; $K_C = 0,89$; $K_B = 1,25$; $K_M = 1,8$; $K_{\Pi} = 1$.

$$V_1 = \frac{3150}{1000} \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1,25 \cdot 1,8 \cdot 1 - (1,08 - 0,217) \cdot \frac{140}{1000} = 6,69 \text{ грн}$$

Визначення собівартості однієї заготовки, отриманої методом штампування на КГШП (рис. 1.4, рис. 1.5)

При використанні закритого штампування на КГШП з класом її точності Т2 визначаємо параметри заготовки та розраховуємо припуски:

Група сталі – М2

Ступінь складності заготовки – С1

Маса заготовки: $Q_2 = 0,925$ кг

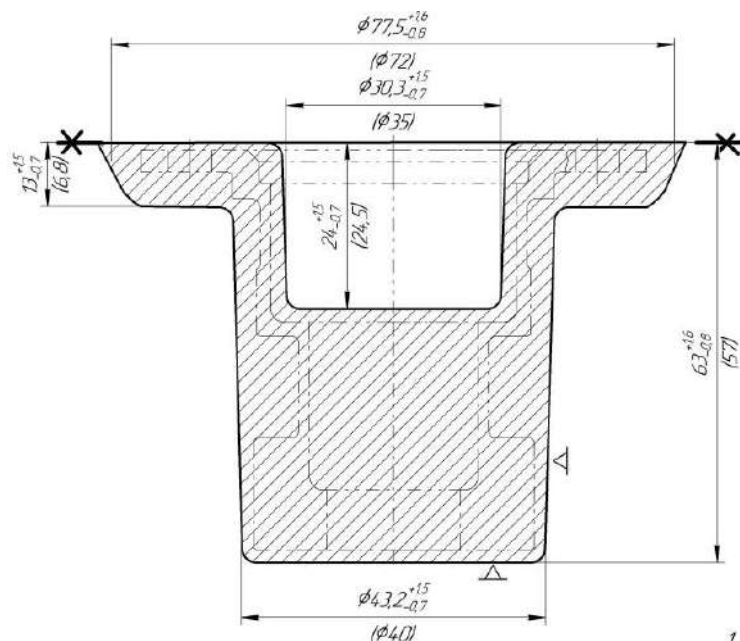


Рисунок 1.4 – Ескіз заготовки, отриманої методом штампування КГШП

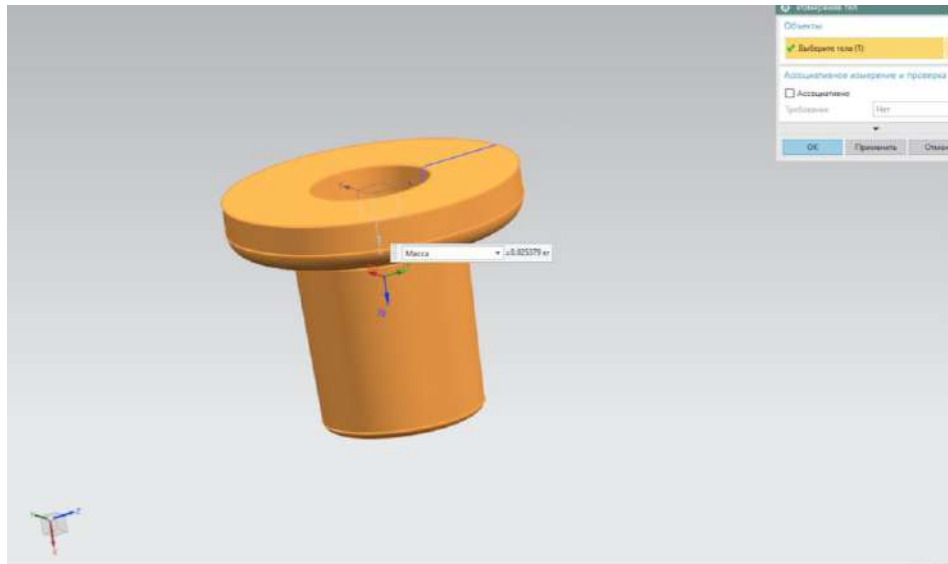


Рисунок 1.5 – 3D модель заготовки штамповки КГШП

Коефіцієнт використання матеріалу за формулою (1.2):

$$\eta = \frac{0,217}{0,925} = 0,234$$

Вартість однієї заготовки згідно формулі (1.3) :

де $B_2 = 3500$ грн; $K_T = 1$; $K_C = 0,89$; $K_B = 1,25$; $K_M = 1,8$; $K_{II} = 1$.

$$B_2 = \frac{3500}{1000} \cdot 0,925 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1,25 \cdot 1,8 \cdot 1 - (0,925 - 0,217) \cdot \frac{140}{1000} = 6,39 \text{ грн}$$

Усі розрахунки зводимо до таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Результати розрахунку собівартості заготовок

Показники	Обозн.	Од. змін.	Варіанти	
			ГКМ	КГШП
Маса деталі	q	кг	0,217	
Маса заготовки	Q	кг	1,08	0,925
Коеф. використ. матеріалу	η		0,2	0,234
Базова ціна заготовки	B_i	грн	3150	3500
коефіцієнти	K_T		1,0	1,0
	K_M		0,89	0,89
	K_C		1,25	1,25
	K_B		1,8	1,8
	K_{Π}		1,0	1,0
Ціна за тону стружки	$B_{\text{відх}}$	грн	140	
Вартість однієї заготовки	B	грн	6,69	6,39

При порівнянні двох способів отримали значення $B_1 > B_2$ та $\eta_1 < \eta_2$, то обираємо виготовлення заготовки методом КГШП.

Економічний ефект згідно формулі [5]:

$$E_B = (B_2 - B_1) \times N \quad (1.4)$$

$$E_B = (6,69 - 6,39) \cdot 5000 = 1500 \text{ грн}$$

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Зазвичай, якщо конструкція деталі забезпечує простий та економний процес виробництва, вона вважається технологічною. Основними критеріями для оцінки технологічності деталі є значення трудомісткості (Т) і технологічної собівартості (В) її виробництва. Проте, на початковому етапі проектування

технологічність деталі не може бути оцінена через відсутність необхідних вихідних даних. Щоб визначити технологічність деталі вже на початковому етапі проектування ТП, використовуються різні показники.

Коефіцієнт використання матеріалу: $\eta = 0,234$

За коефіцієнтом використання матеріалу видно, що більша частина матеріалу йде у відходи (стружку). Тому за цим параметром деталь нетехнологічна.

Коефіцієнт уніфікації конструкції елементів деталі [4]:

$$K_{ye} = \frac{Q_{ye}}{Q_e}, \quad (1.5)$$

де Q_e – загальна кількість конструктивних елементів, $Q_e = 32$;

Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів, $Q_{ye} = 26$.

$$K_{ye} = \frac{26}{32} = 0,81$$

Так як коефіцієнт уніфікації $K_{ye} = 0,81 > 0,6$, то деталь вважається технологічною.

Коефіцієнт точності обробки [4]:

$$K_{TO} = 1 - \frac{1}{A_{cp}} > 0,8 \quad (1.6)$$

де A_{cp} – середнє значення квалітету точності.

$$A_{cp} = \frac{\sum A_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (1.7)$$

де A_i – квалітет точності i -ї елементарної поверхні;

n_i – кількість розмірів відповідного квалітету.

$$A_{cp} = \frac{7 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 1 + 11 \cdot 1 + 12 \cdot 1 + 14 \cdot 18 + 16 \cdot 6}{29} = \frac{395}{29} = 13,6.$$

$$K_{TO} = 1 - \frac{1}{13,6} = 0,93.$$

Так як $K_{TO} = 0,93 > 0,8$ то деталь можна вважати технологічною за даним показником.

Коефіцієнт шорсткості [4]:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}} < 0,32 \quad (1.8)$$

де B_{cp} – середнє значення показника шорсткості по робочим кресленням:

$$B_{cp} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} \quad (1.9)$$

де B_i – клас шорсткості i -ї елементарної поверхні;

n_i – кількість поверхонь відповідного класу шорсткості.

$$B_{cp} = \frac{1,6 \cdot 7 + 3,2 \cdot 12 + 6,3 \cdot 12}{29} = \frac{125,2}{29} = 4,32$$

$$K_{ш} = \frac{1}{4,32} = 0,23$$

Так як, $K_{ш} = 0,23 < 0,32$ то можна сказати, що за показником коефіцієнта шорсткості деталь є технологічною.

За трьома з чотирьох показників деталь маточина є технологічною. Якщо деталь хоч по одному показнику не є технологічною, то в цілому її можна вважати нетехнологічною.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Поверхня $\varnothing 40h7_{(-0.025)}$

Розробимо МОП (маршрут обробки поверхонь) на циліндричну поверхню $\varnothing 40h7_{(-0.025)}$. Параметри деталі:

- квалітет – 7. Допуск – $T = 0,025$ мм;
- шорсткість – $Ra = 1,6$. Клас шорсткості – $\nabla 7$ [1].

Параметри заготовки:

- поле допуску – $\begin{smallmatrix} +1,5 \\ -0,7 \end{smallmatrix}$ [1], квалітет – 16. Допуск – $T = 2,2$ мм [1];

- шорсткість – $Ra = 25$ клас ; шорсткості – $\nabla 2$ [1].

Загальне уточнення за показниками точності і якості поверхні [4]:

$$\varepsilon_{oIT} = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}}, \quad (1.10)$$

де $T_{\text{заг}}$ - допуск геометричного розміру заготовки, $T_{\text{заг}} = 2200$ мкм;

$T_{\text{дет}}$ - допуск геометричного розміру деталі, $T_{\text{дет}} = 25$ мкм.

$$\varepsilon_{oIT} = \frac{2200}{25} = 88;$$

$$\varepsilon_{oRa} = \frac{Ra_{\text{заг}}}{Ra_{\text{дет}}}, \quad (1.11)$$

де $Ra_{\text{заг}}$ - шорсткість заготовки, $Ra_{\text{заг}} = 25$;

$Ra_{\text{дет}}$ - шорсткість деталі, $Ra_{\text{дет}} = 1,6$.

$$\varepsilon_{oRa} = \frac{25}{1,6} = 15,6$$

Переважаючим показником якості цієї поверхні є показник точності, який потребує найбільшої уточнення.

За найбільшим показником уточнення розрахуємо кількість k переходів по формулі [4]:

$$k_p = 2 \lg \varepsilon_o, \quad (1.12)$$

$$k_p = 2 \lg 88 = 3,88$$

Приймаємо $k = 4$ переходи.

Встановлюємо послідовність показників точності і якості – ППТК:

1) за точністю геометричного розміру:

$$IT16 \Rightarrow h12 \Rightarrow h11 \Rightarrow h9 \Rightarrow h7;$$

2) за шорсткістю поверхні:

$$\nabla 2 \Rightarrow \nabla 4 \Rightarrow \nabla 5 \Rightarrow \nabla 7 \Rightarrow \nabla 7,$$

або краще

$$Ra\ 25 \Rightarrow Ra\ 12,5 \Rightarrow Ra\ 3,2 \Rightarrow Ra\ 1,6 \Rightarrow Ra\ 1,6.$$

За рекомендацією [2] встановлюємо, що потрібну точність і якість поверхні можна забезпечити однократним шліфуванням. Це останній перехід механічної обробки. Проміжні переходи: чорнове і чистове точіння. Методи обробки записуємо в таблиці МОП (таблиця 1.4).

За [2] визначаємо допуски по переходах відповідно до прийнятих ППТК. Розраховуємо уточнення по переходах і їхні добутки (табл. 1.4).

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості для точіння чорнового: $Td_1=250$ мкм; $Tra_1=6,3$ мкм

$$\varepsilon_{d1} = \frac{2200}{250} = 8,8$$

$$\varepsilon_{Ra1} = \frac{25}{6,3} = 3,97$$

2-й перехід - точіння напів-чистове: $Td_2=160$ мкм ; $Tra_2=3,2$ мкм

$$\varepsilon_{d2} = \frac{250}{160} = 1,56$$

$$\varepsilon_{Ra2} = \frac{6,3}{3,2} = 1,97$$

3-й перехід – точіння чистове: $Td_3=62$ мкм; $Tra_3=1,6$ мкм

$$\varepsilon_{d3} = \frac{160}{62} = 2,58$$

$$\varepsilon_{Ra4} = \frac{3,2}{1,6} = 2$$

4-й перехід – шліфування: $Td_3=25$ мкм; $Tra_3=1,6$ мкм

$$\varepsilon_{d3} = \frac{62}{25} = 2,48$$

$$\varepsilon_{Ra4} = \frac{3,2}{1,6} = 2$$

Загальне уточнення:

$$\prod_{i=4}^K \varepsilon d_i = 8,8 \cdot 1,56 \cdot 2,58 \cdot 2,48 = 88 \geq \varepsilon d_0 \quad (1.13)$$

Пропонований МОП забезпечує необхідну точність та якість поверхні.

Розрахунки маршрутів обробки інших поверхонь наведено у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Маршрут обробки поверхонь

Характер і показники точності і якості поверхні деталі і заготовки	Показники	Уточнення	Кількість переходів k		Різниця показників і ППТК	МОП		Допуск		Уточнення	
			розрахункове	прийняте		i	Метод обробки	розміру	шорсткості	розміру	шорсткості
Циліндрична поверхня $\varnothing 40h7(-0.025)$; $Ra = 1,6$. Заготовка: $^{+1,5}_{-0,7}$, $\sim IT16$, $Ra = 25$.	T	88	3,8	4	$\Delta_{KB.} = 1T16 - h7 = 4 + 1 + 2 + 2$	1	Заготовка	2200	25	-	-
						2	ТО				
					$IT16 \Rightarrow h12 \Rightarrow h11 \Rightarrow h9 \Rightarrow h7$	3	точіння чорнове	250	12,5	8,8	3,97
						4	ТО				
	Ra	15,6			$\Delta_{кл.} = \nabla 7 - \nabla 2 = 2 + 1 + 1 + 1$	5	точіння напів-чистове	160	3,2	1,56	1,97
					$Ra 25 \Rightarrow Ra 12,5 \Rightarrow Ra 3,2 \Rightarrow Ra 1,6 \Rightarrow Ra 1,6$	6	точіння чистове	62	1,6	2,58	2
						7	шліф. однокр.	25	1,6	88	1
Циліндрична поверхня $\varnothing 35H10^{+0,1}$; $Ra = 1,6$. Заготовка: $^{+1,5}_{-0,7}$, $\sim IT16$, $Ra = 25$.	T	22	2,68	3	$\Delta_{KB.} = 1T16 - H10 = 4 + 3 + 3$	1	Заготовка	2200	25	-	-
						2	ТО				
					$IT16 \Rightarrow H13 \Rightarrow H11 \Rightarrow H10$	3	точіння чорнове	390	12,5	5,64	3,97
						4	ТО				
	Ra	15,6			$\Delta_{кл.} = \nabla 6 - \nabla 2 = 2 + 1 + 1$	5	точіння чистове	160	3,2	2,43	1,97
					$Ra 25 \Rightarrow Ra 12,5 \Rightarrow Ra 3,2 \Rightarrow Ra 1,6$	6	шліф. однокр.	100	1,6	1,6	2

1.4.3 План виготовлення деталі

Загальна (етапна) схема виготовлення деталі:

- 1) одержання заготівлі;
- 2) термообробка;
- 2) механічна обробка – чорнове точення зовнішніх та внутрішніх поверхонь на верстатах з ЧПК;
- 3) слюсарна обробка ;
- 4) термообробка;
- 5) чистова механічна обробка ;
- 6) свердління отворів;
- 7) фрезерна обробка;
- 8) шліфування;
- 8) слюсарна обробка;
- 9) промивка;
- 10) контроль магнітопорошковий
- 11) контоль

Графічне зображення маршруту обробки представлено на плакаті НУЗП 715003.007

1.5 Визначення операційних припусків і розмірів заготовки

Припуски на одну поверхню визначають розрахунково-аналітичним методом.

Розрахунково-аналітичний метод:

Зовнішня діаметральна поверхня $\varnothing 40h7_{(-0.025)}$

Прийняті позначення: h_{i-1} – глибина дефектного слою матеріалу від попередньої операції; ρ_i – похибки форми та взаємного розташування поверхонь на попередній операції; ε_i – похибки установки на виконуємому переході.

Для заготовки нормативні значення $Rz=160\text{мкм}$ и $h=200\text{мкм}$ приймаємо в залежності від маси заготовки [1].

Просторові відхилення заготовки визначаємо, як сумму допустимих значень похибки розміру від зміщення $\rho_{зм}$ та короблення $\rho_{кор}$. Для штамповки нормальної точності (серійне виробництво) [1]:

$$\rho_{зм}=500\text{мкм},$$

$$\rho_{кор}=\Delta_k \cdot l, \quad (1.14)$$

$$\rho_{кор}=0,5 \cdot 57=28,5\text{мкм}.$$

Суммарне значення просторових відхилень визначаємо за формулою:

$$\rho = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кор}^2} \quad (1.15)$$

де $\rho_{кор}$ – похибка короблення;

$\rho_{зм}$ – похибка зміщення, мкм.

$$\rho = \sqrt{500^2 + 28,5^2} \approx 500\text{мкм}$$

Отримані значення заносимо в таблицю 1.5.

Для точіння чорнового нормативні значення Rz , h [1] :

$$Rz_2=125 \text{ мкм}, h_2=120 \text{ мкм},$$

$$\rho_2=k_y \cdot \rho_1 \quad (1.16)$$

$$\rho_2=0.06 \cdot 500=30 \text{ мкм}.$$

k – коефіцієнт уточнення, $k=0,06$ [1].

Похибки установки заготовки: $\varepsilon_2 = 120 \text{ мкм}$

Для термообробки [1]:

$$\Delta k = 0,1 \text{ мкм/мм}$$

$$\rho_3 = 0,1 \cdot 57 = 5,7 \text{ мкм}$$

Для точіння напівчистового нормативні значення R_z, h [1]:

$$R_{z4} = 40 \text{ мкм}, h_4 = 40 \text{ мкм}, k_y = 0,05$$

$$\varepsilon_4 = k_y \cdot \varepsilon_2 \quad (1.17)$$

$$\varepsilon_4 = 0,05 \cdot 120 = 6 \text{ мкм}$$

$$\rho_4 = k_y \cdot \rho_3 \quad (1.18)$$

$$\rho_4 = 0,05 \cdot 5,7 = 0,285 \text{ мкм}$$

Для точіння чистового нормативні значення R_z, h , приймаємо [1] :
 $R_{z5} = 25 \text{ мкм}, h_5 = 25 \text{ мкм}.$

$$\varepsilon_5 = 0,04 \cdot 6 = 0,24 \text{ мкм}$$

$$\rho_5 = 0,04 \cdot 0,285 = 0,0114 \text{ мкм} \approx 0 \text{ мкм}$$

Для шліфування нормативні значення R_z, h , приймаємо [1] : $R_{z6} = 5 \text{ мкм},$
 $h_6 = 5 \text{ мкм}, \rho_6 = 0 \text{ мкм}, \varepsilon_6 = 0 \text{ мкм}.$

Мінімальні значення припусків визначаємо за формулою [3]:

$$z_{i \min} = R_{z(i-1)} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \quad (1.19)$$

де $R_{z(i-1)}$ - висота нерівностей поверхні, що залишилися при виконанні попередньої операції (переходу);

h_{i-1} - глибина дефектного шару, що залишився при виконанні попередньої операції (переходу);

ρ_{i-1} - просторові відхилення, що виникли при виконанні попередньої операції (переходу);

ε_i - похибка установки заготівлі цієї операції (переході).

Для точіння чорнового:

$$2Z_{1min} = 2 \left[160 + 200 + \sqrt{500^2 + 120^2} \right] = 1748 \text{ мкм}$$

Для точіння напів-чистового:

$$2Z_{2min} = 2 \left[125 + 120 + \sqrt{30^2 + 6^2} \right] = 551 \text{ мкм}$$

Для точіння чистового:

$$2Z_{3min} = 2 \left[40 + 40 + \sqrt{0,28^2 + 0,24^2} \right] = 160 \text{ мкм}$$

Для шліфування:

$$2Z_{4min} = 2 \left[25 + 25 + \sqrt{0^2 + 0^2} \right] = 100 \text{ мкм}$$

Визначаємо мінімальний розмір поверхні деталі – розмір останнього переходу механічної обробки [3]:

$$d_5^{min} = d_5^{ном} + ei_{d5} \quad (1.20)$$

$$d_5^{min} = 40 + (-0,025) = 39,975 \text{ мм}$$

Далі розрахункові мінімальні розміри знаходимо по формулі:

$$d_i^{min} = d_{i+1}^{min} + 2z_{i+1}^{min} \quad (1.21)$$

$$d_4^{min} = d_5^{min} + 2z_5^{min} = 39,975 + 0,100 = 40,075 \text{ мм};$$

$$d_3^{min} = d_4^{min} + 2z_4^{min} = 40,075 + 0,160 = 40,235 \text{ мм};$$

$$d_2^{min} = d_3^{min} + 2z_3^{min} = 40,235 + 0,551 = 40,786 \text{ мм};$$

$$d_1^{min} = d_2^{min} + 2z_2^{min} = 40,786 + 1,748 = 42,534 \text{ мм};$$

Розраховуємо максимальні розміри поверхні для переходів по формулі [3]:

$$d_i^{max} = d_i^{min} + Td_i \quad (1.22)$$

$$d_5^{max} = d_5^{min} + Td_5 = 39,975 + 0,025 = 40,0 \text{ мм};$$

$$d_4^{max} = d_4^{min} + Td_4 = 40,075 + 0,062 = 40,137 \text{ мм};$$

$$d_3^{max} = d_3^{min} + Td_3 = 40,235 + 0,16 = 40,395 \text{ мм};$$

$$d_2^{max} = d_2^{min} + Td_2 = 40,786 + 0,25 = 41,036 \text{ мм};$$

$$d_1^{max} = d_1^{min} + Td_1 = 42,534 + 2,2 = 44,734 \text{ мм}.$$

Розраховуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки [3]:

$$2z_i^{max} = d_{i-1}^{max} - d_i^{max} \quad (1.23)$$

$$2z_2^{max} = d_1^{max} - d_2^{max} = 44,734 - 41,036 = 3,698 \text{ мм};$$

$$2z_3^{max} = d_2^{max} - d_3^{max} = 41,036 - 40,395 = 0,641 \text{ мм};$$

$$2z_4^{max} = d_3^{max} - d_4^{max} = 40,395 - 40,137 = 0,258 \text{ мм};$$

$$2z_5^{max} = d_4^{max} - d_5^{max} = 40,137 - 40,0 = 0,137 \text{ мм}.$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи наступну рівність [3]:

$$2Z_0^{max} - 2Z_0^{min} = Td_{заг} - Td_{дет}$$

$$4,734 - 2,559 = 2,200 - 0,025$$

$$2,175 = 2,175$$

Визначаємо виконавчий розмір заготовки за формулою:

$$d_{\text{ном}} = d_{\text{мін}} + ei_1 = 42,534 + 0,7 = 43,234\text{мм}$$

Виконавчий розмір заготовки дорівнюватиме: $\varnothing 43,2^{+1,5}_{-0,7}$

Виконавчі розміри по інших переходах виконуємо в системі «валу», то бто за номінальний розмір приймається максимальне значення розміру поверхні мінус допуск на обробку як нижнє відхилення, усі дані заносимо до таблиці 1.5.

Внутрішня діаметральна поверхня $\varnothing 35H10(^{+0,1})$

Для заготовки нормативні значення $Rz=160\text{мкм}$ и $h=200\text{мкм}$ приймаємо в залежності від маси заготовки [1].

Просторові відхилення заготовки визначаємо, як сумму допустимих значень похибки розміру від зміщення $\rho_{\text{зм}}$ та короблення $\rho_{\text{кор}}$. Для штамповки нормальної точності (серійне виробництво) згідно формулі (1.14):

$$\rho_{\text{зм}}=500\text{мкм},$$

$$\rho_{\text{кор}}=0,5 \cdot 57=28,5\text{мкм}.$$

Суммарне значення просторових відхилень визначаємо за формулою (1.15):

$$\rho = \sqrt{500^2 + 28,5^2} \approx 500\text{мкм}$$

Для точіння чорнового нормативні значення Rz , h [1] згідно формулі (1.16) :

$$Rz_2=125\text{ мкм}, h_2=120\text{ мкм}, k=0,06\text{ [1]}.$$

$$\rho_2=0,06 \cdot 500=30\text{ мкм}.$$

Похибки установки заготовки: $\varepsilon_2 = 120$ мкм

Для термообробки [1]:

$$\Delta k = 0,1 \text{ мкм/мм}$$

$$\rho_3 = 0,1 \cdot 57 = 5,7 \text{ мкм}$$

Для точіння чистового нормативні значення R_z , h , приймаємо[1] :
 $R_{z4} = 25$ мкм, $h_4 = 25$ мкм.

$$\varepsilon_4 = 0,04 \cdot 120 = 4,8 \text{ мкм}$$

$$\rho_4 = 0,04 \cdot 5,7 = 0,228 \text{ мкм}$$

Для шліфування нормативні значення R_z , h , приймаємо[1] : $R_{z5} = 5$ мкм,
 $h_5 = 5$ мкм.

$$\varepsilon_5 = 0,04 \cdot 4,8 = 0,19 \text{ мкм}$$

$$\rho_5 = 0,04 \cdot 0,228 = 0,009 \text{ мкм}$$

Мінімальні значення припусків визначаємо за формулою (1.19):

Для точіння чорнового:

$$2Z_{1min} = 2 \left[160 + 200 + \sqrt{500^2 + 120^2} \right] = 1748 \text{ мкм}$$

Для точіння чистового:

$$2Z_{3min} = 2 \left[125 + 120 + \sqrt{4,8^2 + 0,228^2} \right] = 500 \text{ мкм}$$

Для шліфування:

$$2Z_{4min} = 2 \left[25 + 25 + \sqrt{0,19^2 + 0,009^2} \right] = 100,4 \text{ мкм}$$

Визначаємо мінімальний розмір поверхні деталі – розмір останнього переходу механічної обробки [3] згідно формулі (1.20):

$$d_4^{min} = 35 \text{ мм}$$

Мінімальні розміри за формулою (1.21):

$$d_3^{min} = 35 - 0,1 - 0,16 = 34,74 \text{ мм};$$

$$d_2^{min} = 34,74 - 0,5 - 0,39 = 33,85 \text{ мм};$$

$$d_1^{min} = 33,85 - 1,748 - 2,2 = 29,902 \text{ мм};$$

Розраховуємо максимальні розміри поверхні для переходів по формулі (1.22):

$$d_4^{max} = 35 + 0,1 = 35,1 \text{ мм};$$

$$d_3^{max} = 34,74 + 0,16 = 34,9 \text{ мм};$$

$$d_2^{max} = 33,85 + 0,39 = 34,24 \text{ мм};$$

$$d_1^{max} = 29,902 + 2,2 = 32,102 \text{ мм}.$$

Розраховуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки за формулою (1.23):

$$2z_2^{max} = 34,24 - 29,902 = 4,338 \text{ мм};$$

$$2z_3^{max} = 34,9 - 33,85 = 1,05 \text{ мм};$$

$$2z_4^{max} = 35,1 - 34,75 = 0,35 \text{ мм};$$

Виконавчий розмір заготовки дорівнюватиме: $\emptyset 31,4_{-0,1}^{+0,7}$

Виконавчі розміри по іншим переходам виконуємо в системі «отвору», та заносимо до таблиці 1.5.

Визначення припусків табличним методом

Операційний припуск Z_i — це шар матеріалу , знімаємий з заготовки при виконанні однієї технологічної операції [1]:

$$Z_i = \sum_{j=1}^k Z_{ji}, \quad (1.24)$$

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

Операційний припуск може приймати значення :

- 1) -номінальне Z_i^H ,
- 2) -мінімальне Z_i^{min} ,
- 3) -максимальне Z_i^{max} .

Значення Z_i^{min} задаються у нормативних таблицях. При відомих Z_i^{min} можливо розрахувати [4]:

$$Z_i^H = Z_i^{min} + Td_{i-1}, \quad (1.25)$$

$$Z_i^{max} = Z_i^H + Td_i, \quad (1.26)$$

де Td_i та Td_{i-1} – відповідно технологічні допуски, які забезпечуються на даній та попередніх операціях.

Розрахунок слід починати з останньої операції , на якій забезпечується розмір, проставлений для розглядаємої поверхні на робочому кресленні деталі.

Для внутрішніх циліндричних поверхонь згідно формули [4]:

$$D_{i-1} = D_i + Z_{i-1}^H, \quad (1.27)$$

Вірність проведення розрахунків перевіряється за формулами [4]:

$$Z_i^{max} - Z_i^{min} = Td_{i-1} + Td_i, \quad (1.28)$$

$$d_{заг}^H - d_{дет} = Z_0^H. \quad (1.29)$$

Якщо перевірка показала вірність розрахунків, то розміри необхідно вказати, округлив їх номінальні значення до того знаку після коми, з котрим вказані на них граничні відхилення.

Поверхня : $\varnothing 40_{-0,025}$

Встановлюємо значення мінімальних припусків [5]:

$$Z_1^{min} = 1,7 \text{ мм}; Z_2^{min} = 0,5 \text{ мм}; Z_3^{min} = 0,15 \text{ мм}; Z_4^{min} = 0,1 .$$

Розраховуємо значення номінальних припусків за формулою (1.25).

При розрахунку Z_i^H замість $TD_{заг}$ узяти $es_{заг} = 1,5$.

$$Z_1^H = 1,7 + 1,5 = 3,2 \text{ мм}$$

$$Z_2^H = 0,5 + 0,25 = 0,75 \text{ мм}$$

$$Z_3^H = 0,15 + 0,16 = 0,31 \text{ мм}$$

$$Z_4^H = 0,1 + 0,062 = 0,162 \text{ мм}$$

Розраховуємо номінальні значення розмірів для кожної операції згідно формули (1.27):

$$D5_H = 40 \text{ мм}$$

$$D4_H = 40 + 0,162 = 40,162 \text{ мм}$$

$$D3_H = 40,162 + 0,31 = 40,472 \text{ мм}$$

$$D2_H = 40,472 + 0,75 = 41,222 \text{ мм}$$

$$D1_H = 41,222 + 3,2 = 44,422 \text{ мм}$$

Розраховуємо максимальне значення операційних припусків за формулою (1.31):

$$Z_1^{max} = 3,2 + 0,7 + 0,25 = 4,15 \text{ мм}$$

По формулі (1.26) :

$$Z_2^{max} = 0,75 + 0,16 = 0,91 \text{ мм}$$

$$Z_3^{max} = 0,31 + 0,062 = 0,372 \text{ мм}$$

$$Z_4^{max} = 0,162 + 0,025 = 0,187 \text{ мм}$$

Усі розрахунки заносимо до табл. 1.5.

Поверхня : $\emptyset 35^{+0,1}$

Встановлюємо значення мінімальних припусків [5]:

$$Z_1^{min} = 1,7 \text{ мм}; Z_2^{min} = 0,5 \text{ мм}; Z_3^{min} = 0,3 \text{ мм}.$$

Розраховуємо значення номінальних припусків за формулою (1.25).

При розрахунку Z_i^H замість $TD_{заг}$ узяти $eS_{заг} = 1,5$.

$$Z_1^H = 1,7 + 1,5 = 3,2 \text{ мм}$$

$$Z_2^H = 0,5 + 0,39 = 0,89 \text{ мм}$$

$$Z_3^H = 0,3 + 0,16 = 0,46 \text{ мм}$$

Розраховуємо номінальні значення розмірів для кожної операції і для вихідної заготовки [5]:

$$D_{2H} = D_{3H} - TD_3 - Z_3^H \quad (1.30)$$

$$D_{2H} = 35 - 0,1 - 0,46 = 34,44 \text{ мм}$$

Згідно формули (1.27):

$$D_{1H} = 34,44 - 0,89 = 33,55 \text{ мм}$$

$$D_{\text{загн}} = 33,55 - 3,2 = 30,35 \text{ мм}$$

Розраховуємо максимальне значення операційних припусків за формулою:

$$Z_1^{\text{max}} = Z_1^H + ei_{\text{заг}} + TD_1 \quad (1.31)$$

$$Z_1^{\text{max}} = 3,2 + 0,7 + 0,39 = 4,29 \text{ мм}$$

По формулі (1.26) :

$$Z_2^{\text{max}} = 0,89 + 0,16 = 1,05 \text{ мм}$$

$$Z_3^{\text{max}} = 0,46 + 0,1 = 0,56 \text{ мм}$$

Перевіряємо правильність розрахунків за формулою (1.28):

$$1,05 - 0,5 = 0,39 + 0,16$$

$$0,55 = 0,55$$

Усі розрахунки заносимо до табл. 1.5

Таблиця 1.5 - Розрахунок припусків та технологічних розмірів

Характер поверхні	i	Назва технологічних переходів (операції)	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий		Допуск, Td, мм	Значення				Виконавчий розмір, мм
			R _z	h	ρ	ε	Припуск 2Z _{min} , мкм	Розмір, dmin,мм		Розмірів		Припусків		
										d _{max}	d _{min}	2Z _{max}	2Z _{min}	
Аналітичний метод поверхня Ø40 _{-0,025}	1	Заготовка	160	200	500	-	-	42,534	2,2	44,734	42,534	-	-	Ø43,2 ^{+1,5} _{-0,7}
	2	Точіння чорнове	125	120	30	120	1748	40,786	0,25	41,036	40,786	3698	1748	Ø41 _{-0,25}
	3	т/о		-	5,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	Точіння н/чистове	40	40	0,28	6	551	40,235	0,16	40,395	40,235	641	551	Ø40,4 _{-0,16}
	5	Точіння чистове	25	25	0	0	160	40,075	0,062	40,137	40,075	258	160	Ø40,1 _{-0,062}
	6	шліфування	5	5	0	0	100	39,975	0,025	40	40	137	100	Ø40 _{-0,025}
Табличний метод поверхня Ø40 _{-0,025}	1	Заготовка					-	43,7	2,2	44,42	43,7	-	-	Ø44,4 ^{+1,5} _{-0,7}
	2	Точіння чорнове					1700	40,97	0,25	41,22	40,97	4150	1700	Ø41,2 _{-0,25}
	3	т/о					-	-	-	-	-	-	-	-
	4	Точіння н/чистове					500	40,31	0,16	40,47	40,31	910	500	Ø40,5 _{-0,16}
	5	Точіння чистове					150	40,098	0,062	40,16	40,098	372	150	Ø40,15 _{-0,062}
	6	шліфування					100	40	0,025	40	40	187	100	Ø40 _{-0,025}

Продовження таблиці 1.5

Характер поверхні	i	Назва технологічних переходів (операції)	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий		Допуск, Td, мм	Значення				Виконавчий розмір, мм
			R _z	h	ρ	ε	Припуск 2Z _{min} , мкм	Розмір, dmin,мм		Розмірів		Припусків		
										d _{max}	d _{min}	2Z _{max}	2Z _{min}	
Аналітичний метод поверхність Ø35 ^{+0,1}	1	Заготовка	160	200	500	-	-	29,902	2,2	32,102	29,902	-	-	Ø31,4 ^{+0,7 -0,1}
	2	Точіння чорнове	125	120	30	120	1748	33,85	0,39	34,24	33,85	4338	1748	Ø33,85 ^{+0,39}
	3	Т/О		-	5,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	Точіння чистов	25	25	0,228	4,8	500	34,74	0,16	34,9	34,74	1005	500	Ø34,75 ^{+0,16}
	5	Шліфування	5	5	0	0,19	100	35	0,1	35,1	35	350	100	Ø35 ^{+0,1}
Табличний метод поверхність Ø35 ^{+0,1}	1	Заготовка					-	30,35	2,2	32,54	30,35	-	-	Ø30,3 ^{+1,5 -0,7}
	2	Т/О					-		-	-	-	-	-	
	3	Точіння чорнове					1700	33,55	0,39	33,89	33,55	4290	1700	Ø33,5 ^{0,39}
	4	Точіння чистов					500	34,44	0,16	34,56	34,44	1050	500	Ø34,4 ^{+0,16}
	5	Шліфування					300	35	0,1	35,1	35	560	300	Ø35 ^{+0,1}

1.6 Визначення режимів різання

1.6.1 Визначення режимів різання для токарної операції

Операція 030 – Токарна з ЧПК

Верстат – Токарний з ЧПК Lynx-300 M

Технічні характеристики верстата наведені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Паспортні дані верста Lynx -300M

		LYNX 300M
Загальні		
Діаметр обробки	мм	76
Макс. діаметр обробки	мм	370
Макс. довжина обробки	мм	712
Револьверна голівка		
Діаметр разточної оправки (борштанги)	мм	40
Розміри інструменту для точіння зовнішнього діаметру	мм	25×25
Кількість інструментальних позицій	—	12
Головний шпиндель		
Швидкість шпинделя	об/хв	3500
Каретка		
Довжина переміщень по осі X	мм	255
Довжина переміщень по осі Z	мм	790
Ускорені переміщення по осі X	м/мин	24
Ускорені переміщення по осі Z	м/мин	30
Система керування		
FANUC, Siemens		

1 перехід: підрізати торець дотримуючись розміру 9.

2 перехід :обробити внутрішні поверхні 1,2,3,4,5,6,7.

3 перехід: точити фаску на розмір 8.

Операційний ескіз представлений на рис. 1.6.

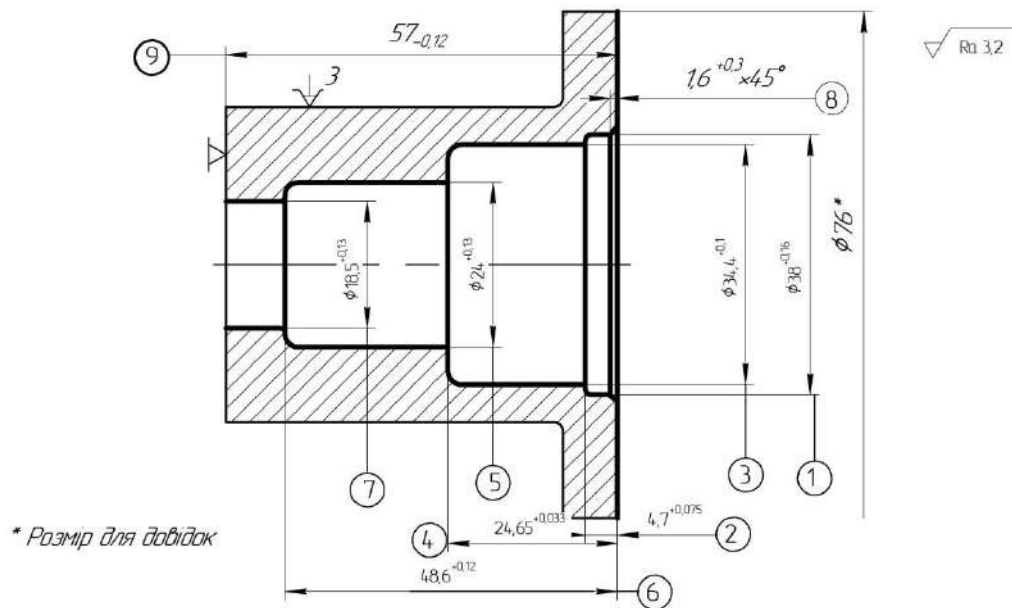


Рисунок 1.6 – Операційний ескіз до операції – 030 токарна

1 перехід

Різець підрізний ВК6, $R = 0,8$ мм, ГОСТ 18880-83.

Глибина різання: $t = h = 0,6$ мм.

Розраховуємо подачу за формулою [5]:

$$S_0 = S_{0m} \cdot K_{S0} \quad (1.32)$$

де $S_{0T} = 0,11$ мм/об [5]

K_{S0} - поправочний коефіцієнт на подачу згідно формулі [5]:

$$K_{S0} = K_{СП} \cdot K_{СЖ} \cdot K_{СИ} \cdot K_{СФ} \cdot K_{СМ} \cdot K_{СЗ} \quad (1.33)$$

де $K_{СП}$ – коефіцієнт, враховуючий стан оброблюємої поверхні; $K_{СП} = 1,0$ [5];

$K_{СЖ}$ – коефіцієнт, враховуючий жорсткість технологічної системи; $K_{СЖ} = 1,0$ [5];

$K_{СИ}$ – коефіцієнт, враховуючий матеріал інструменту; $K_{СИ} = 1,0$ [5];

$K_{СФ}$ – коефіцієнт, враховуючий форму оброблюємої поверхні; $K_{СФ} = 1,0$ [5];

$K_{СМ}$ – коефіцієнт, враховуючий марку оброблюємого матеріалу, $K_{СМ} = 0,78$ [5];

$K_{СЗ}$ – коефіцієнт, враховуючий вплив заправки; $K_{СЗ} = 1,0$ [5].

$$K_{S0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,78 = 0,78$$

$$S_0 = 0,11 \cdot 0,78 = 0,086 \text{ мм/об}$$

Корегуємо за паспортом верстата $S_0=0,09$ мм/об

Розраховуємо швидкість різання [5]:

$$v = v_T \cdot k_v \quad (1.34)$$

де $v_T=53$ м/хв [5]

K_V - поправочний коефіцієнт на швидкість різання, визначається за формулою [5]:

$$K_V = K_{VM} \cdot K_{VI} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{V\kappa} \cdot K_{VT} \cdot K_{V0} \cdot K_{V\Pi} \quad (1.35)$$

де K_{VM} - коефіцієнт, враховуючий марку обробляемого матеріалу; $K_{VM} = 0,58$ [5]

K_{VI} – коефіцієнт, враховуючий матеріал інструменту; $K_{VI}=1,3$ [5] ;

$K_{V\phi}$ – коефіцієнт, враховуючий вплив кута в плані; $K_{V\phi}=1,0$ [5];

K_{V0} – коефіцієнт, враховуючий вплив МОР (мастильно-охолоджуюча рідина) [5];

K_{VT} – коефіцієнт, враховуючий вид обробки; $K_{VT} = 1,0$ [5] ;

$K_{V\kappa}$ – коефіцієнт, враховуючий жорсткість технологічної системи [5];

$K_{V\Pi}$ – коефіцієнт, враховуючий стан обробляємої поверхні [5] .

$$K_V = 0,58 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,754$$

$$v = 53 \cdot 0,754 = 39,96 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою [5]:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \quad (1.36)$$

де, V - швидкість різання, $V=39,96$ м/хв

D - діаметр обробки, $D=76$ мм

$$n = \frac{1000 \cdot 39,96}{3,14 \cdot 76} = 167,4 \text{ хв}^{-1}$$

За паспортом верстата $n=170 \text{ хв}^{-1}$

Дійсна швидкість різання з урахуванням прийнятих обертів верстата [5]:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (1.37)$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 76 \cdot 170}{1000} = 40,56 \text{ м/хв}$$

Розрахуємо машиний час за формулою [5]:

$$t_{M1} = \frac{L_{PX}}{S_0 \cdot n} \quad (1.38)$$

$$L_{PX} = l + y + \Delta \quad (1.39)$$

де l - довжина оброблюємої поверхні, $l = (76-38)/2 = 19 \text{ мм}$

y – величина врізання;

$$y = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi \quad (1.40)$$

де φ – головний кут в плані;

$$y = 0,6 \cdot \operatorname{ctg} 10 = 3,4 \text{ мм}$$

Δ – вихід ріжучого інструменту, $\Delta = 1-2 \text{ мм}$.

$$t_M = \frac{19 + 3,4 + 2}{0,09 \cdot 170} = 1,59 \text{ хв}$$

2 перехід

Різець розточний ВК10 ХОМ R 0,8 за ГОСТ 18883-83 (2141-0059)

Глибина різання за формулою [2] :

$$t = \frac{D_3 - D_d}{2}, \quad (1.41)$$

де D_3 – діаметр заготовки;

D_d – діаметр деталі.

$$t_1 = \frac{38 - 33,5}{2} = 2,25 \text{ мм}$$

$$t_2 = \frac{34,4 - 33,5}{2} = 0,45 \text{ мм}$$

$$t_3 = \frac{24 - 18}{2} = 3 \text{ мм}$$

$$t_4 = \frac{18,5 - 18}{2} = 0,25 \text{ мм}$$

Розраховуємо подачу за формулою (1.32):

де $S_{0T} = 0,11 \text{ мм/об}$ [5]

K_{S0} - поправочний коефіцієнт на подачу згідно формулі (1.33):

$K_{SP}=1,0$ [5]; $K_{SJ}=1,0$ [5]; $K_{SI}=1,0$ [5]; $K_{SF}=1,0$ [5]; $K_{SM}=0,78$ [5]; $K_{S3}=1,0$ [5].

$$K_{S0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,78 = 0,78$$

$$S_0 = 0,11 \cdot 0,78 = 0,086 \text{ мм/об}$$

Корегуємо за паспортом верстата $S_0=0,09 \text{ мм/об}$

Розраховуємо швидкість різання за формулою (1.34):

де $v_T=53 \text{ м/хв}$ [5]

K_V - поправочний коефіцієнт на швидкість різання, визначається за формулою (1.35):

де $K_{VM} = 0,58$ [5]; $K_{VI}=1,3$ [5] ; $K_{VF}=1,0$ [5]; $K_{VT} = 1,0$ [5] .

$$K_V = 0,58 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,754$$

$$v = 53 \cdot 0,754 = 39,96 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою (1.36):

$$n = \frac{1000 \cdot 39,96}{3,14 \cdot 38} = 334,85 \text{ хв}^{-1}$$

За паспортом верстата $n=350 \text{ хв}^{-1}$

Дійсна швидкість різання з урахуванням прийнятих обертів верстата за формулою (1.37):

$$v = \frac{3,14 \cdot 38 \cdot 350}{1000} = 41,7 \text{ м/хв}$$

Розрахуємо машиний час за формулою (1.38):

де $l = 57 \text{ мм}$

$$y_1 = 2,25 \cdot \text{ctg } 10 = 12,75 \text{ мм}$$

$$y_2 = 0,45 \cdot \text{ctg } 10 = 2,55 \text{ мм}$$

$$y_3 = 3 \cdot \text{ctg } 10 = 17,01 \text{ мм}$$

$$y_4 = 0,25 \cdot \text{ctg } 10 = 1,41 \text{ мм}$$

$\Delta = 1-2 \text{ мм}$.

$$t_m = \frac{57 + 12,72 + 2,55 + 17,01 + 1,41 + 2}{0,09 \cdot 350} = 2,94 \text{ хв}$$

3 перехід: точіння фаски на розмір 8

Різець розточний ВК6 за ГОСТ 9795-89 (2142-0372)

Глибина різання: $t = 1,6$

Розраховуємо подачу за формулою (1.32):

де $S_{0T} = 0,11 \text{ мм/об}$ [5]; $K_{СП} = 1,0$ [5]; $K_{СЖ} = 1,0$ [5]; $K_{СИ} = 1,0$ [5]; $K_{СФ} = 1,0$ [5]; $K_{SM} = 0,78$ [5]; $K_{S3} = 1,0$ [5].

$$K_{S0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,78 = 0,78$$

$$S_0 = 0,11 \cdot 0,78 = 0,086 \text{ мм/об}$$

Корегуємо за паспортом верстата $S_0 = 0,09 \text{ мм/об}$

Розраховуємо швидкість різання за формулою (1.34):

де $v_T = 53 \text{ м/хв}$ [5]; $K_{VM} = 0,58$ [5]; $K_{ВИ} = 1,3$ [5]; $K_{VФ} = 1,0$ [5]; $K_{VT} = 1,0$ [5].

$$K_V = 0,58 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,754$$

$$v = 53 \cdot 0,754 = 39,96 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою (1.37):

$$n = \frac{1000 \cdot 38}{3,14 \cdot 35} = 345 \text{ хв}^{-1}$$

За паспортом верстата $n=350 \text{ хв}^{-1}$

Дійсна швидкість різання з урахуванням прийнятих обертів верстата за формулою (1.38):

$$v = \frac{3,14 \cdot 38 \cdot 350}{1000} = 41,7 \text{ м/хв}$$

Розрахуємо машиний час за формулою (1.39):

$$t_m = \frac{1,6}{0,09 \cdot 350} = 0,05 \text{ хв}$$

Загальний час на операцію:

$$t_m = 1,59 + 2,94 + 0,05 = 4,58 \text{ хв}$$

Розрахуємо силу різання за формулою [5]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (1.42)$$

де C_p та показники по [2].

K_p - поправочний коефіцієнт враховуючий вплив якості обробки матеріалу на силові залежності [2].

$$K_p = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{1000}{750} \right)^{0,75} = 1,24$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 0,43^{1,0} \cdot 0,09^{0,75} \cdot 41,7^0 \cdot 1,24 = 178,8H$$

Розрахуємо потужність різання за формулою [5]:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (1.43)$$

$$N = \frac{178,7 \cdot 41,7}{1020 \cdot 60} = 0,11 \leq 40 \text{ кВт}$$

Що не перевищує потужності електродвигуна верстата.

1.6.2 Розробка режимів різання для фрезерної операції

Операція 060 – Фрезерна з ЧПК (рис. 1.7)

Обладнання – Оброблюючий центр MC665-2 SF

Технічні характеристики представлені в таблиці 1.7

Таблиця 1.7- Технічні характеристики MC665-2 SF

Діапазон переміщень	
Вісь X	800 мм
Вісь Y	410 мм
Вісь Z	500 мм
Вісь B	360 град
Точність позиціонування	0,01 мм
Точність повторного виходу в точку	0,008 мм
Прискорена подача	15 000 мм/хв
Рабочая подача	0,1...5000 мм/мин

Продовження таблиці 1.7

Поворотний стіл (Вісь В)	
Діаметр столу	520 мм
Кількість Т-образних пазів	6
Угловое расстояние между Т-образными пазами	60°
Діапазон обертання осі В - з встановленою віссю А - без осі А	120° ±360°
Максимальна швидкість обертання	110 об/хв
Максимальний крутний момент	1500 Н/м
Поворотний стіл (вісь А)	
Діаметр столу	350 мм
Максимальна швидкість	60 об/мин
Привод подач по осям X, Y, Z	Simodrive 611D
Габаритні розміри, мм: довжина ширина висота	4500 4600 3000
Маса, кг	15 000

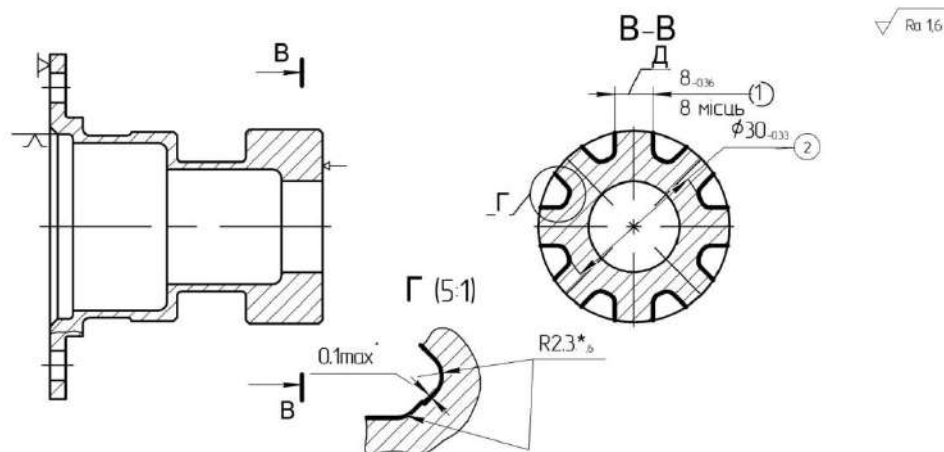


Рисунок 1.7 – Операційний ескіз фрезерної операції

Вибір різального інструменту:

Для операції фрезерування, враховуючи малі розміри заготовки, вибираємо кінцеву фрезу, діаметром $D=4\text{ мм}$ з числом зубів $z=4$ із швидкорізальної сталі Р6М5 (2220-0137) ГОСТ 17025-71.

Визначення глибини різання:

Для проходу $t = 1,5 \text{ мм}$

Подача за формулою (1.23):

де $S_z^{\text{табл}} = 0,1 \text{ мм/зуб}$ [5].

$K_{\text{СП}}$ – коефіцієнт, що враховує вид оброблюваної поверхні заготовлі, $K_{\text{СП}} = 1,0$ [5];

K_S – коефіцієнт, що враховує матеріал різальної частини інструменту $K_{\text{СИ}} = 1,0$ [5];

$K_{\text{сф}}$ – Коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні, $K_{\text{сф}} = 1,0$ [5].

$$S_z = 0,10 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,1 \text{ мм / зуб}.$$

Розраховуємо швидкість головного руху за формулою :

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_y \cdot B^y \cdot Z^p} \cdot K_v \quad (1.44)$$

де T – середнє значення стійкості інструменту, $T = 80 \text{ хв}$ [2];

C_v – коефіцієнт, $C_v = 22,5$ [2];

x - показник ступеня подачі, $x = 0,21$ [2];

y - показник ступеня подачі, $y = 0,48$ [2];

q - показник ступеня подачі, $q = 0,35$ [2];

z - кількість зуб'їв, $z = 4$;

p - показник ступеня подачі, $p = 0,1$ [2]

m – показник ступеня стійкості інструменту, $m = 0,27$ [2].

K_v – узагальнений швидкісний коефіцієнт.

$$K_v = K_{\text{mv}} \cdot K_{\text{ив}} \cdot K_{\text{lv}} \quad (1.45)$$

де K_{vm} – коефіцієнт оброблюваності матеріалу, $K_{\text{vm}} = 0,8$ [2];

K_{VI} – коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу інструменту, $K_{\text{VI}} = 0,91$ [2];

K_{VI} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні, $K_{\text{VI}} = 1,0$, [2];

$$K_v = 0,8 \cdot 0,91 \cdot 1 = 0,728.$$

$$V = \frac{22,5 \cdot 4^{0,35}}{80^{0,27} \cdot 1,5^{0,21} \cdot 0,1^{0,48} \cdot 4^{0,1}} \cdot 0,728 = 20 \frac{\text{м}}{\text{хв}}.$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.25):

$$n = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 4} = 1592 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по верстату: $n=1000$ об/хв.

Справжня швидкість різання за формулою (1.26):

$$V = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 1000}{1000} = 12,56 \text{ м/хв.}$$

Визначення хвилинної подачі інструменту за формулою:

$$S_{\text{хв}} = S_z \cdot n \cdot z: \quad (1.46)$$

$$S_{\text{хв}} = 0,1 \cdot 1000 \cdot 4 = 440 \text{ мм/хв}$$

Обираємо: $S_{\text{хв}} = 400$ мм/хв [6]

Розрахунок машинного часу:

$$t = \frac{l + y + \Delta}{n \cdot S} i \quad (1.47)$$

де l – довжина фрезерування, $l=16$ мм;

y – величина врізання, мм $y=0,5 \cdot 4=2$ мм;

Δ – величина перебігання інструменту, $\Delta=3$ мм;

i – кількість місць фрезерування.

$$t = \frac{(16 + 2 + 3)6}{0,1 \cdot 1000} 8 = 10,08 \text{ хв}$$

Головна складова сили різання при фрезеруванні – окружна сила [9]:

$$P_z = \frac{10C_p t^x S_z^y B^u z}{D^q n^w} K_{mp}, H \quad (1.48)$$

де x, y, n – показники степені, що враховують умови обробки.

$x=0,75, y=0,6, z=6, q=0,86, w=0, C_p=82, u=1$ [2];

K_{mp} – поправочний коефіцієнт на якість матеріалу, що обробляється.

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^{0,75}, \quad (1.49)$$

$$K_{mp} = \left(\frac{1000}{750} \right)^{0,75} = 1,24$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 82 \cdot 1,5^{0,75} \cdot 0,1^{0,6} \cdot 4^1 \cdot 4}{4^{0,86} \cdot 1000^0} \cdot 1,24 = 1668,91 H.$$

Крутний момент згідно формулі:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} \quad (1.50)$$

$$M_{кр} = \frac{1668,91 \cdot 4}{2 \cdot 100} = 33,37 \text{ Нм}$$

Визначення потужності фрезерування та перевірка її по верстату:

$$N = 3,36 \cdot 10^{-5} \cdot D^{0,14} \cdot t^{0,86} \cdot S_z^{0,72} \cdot B \cdot z \cdot n; \kappa Bm \quad (1.51)$$

$$N = 3,36 \cdot 10^{-5} \cdot 4^{0,14} \cdot 1,5^{0,86} \cdot 0,1^{0,72} \cdot 4 \cdot 2 \cdot 400 = 1,5 \kappa Bm$$

$$N=1,5 < [N]=2,2 \text{ кВт.}$$

1.6.3 Розрахунок режимів різання для свердлильної операції

Операція 050 - Свердлильна

Обладнання-вертикально-свердлильний верстат LS2L

Технічні характеристики:

1. Потужність двигуна: 3 кВт;
2. Максимальний діаметр свердління від 3 до 32 мм;
3. Максимальна відстань від шпинделя до столу: від 150 до 400 мм;
4. Максимальна висота свердління від 200 до 650 мм;
5. Максимальний хід шпинделя від 80 до 250 мм;
6. Швидкість обертання шпинделя: від 500 до 3000 обертів на хвилину;
7. Тип шпинделя: конусне з'єднання 1:1, 2:1 або 3:1;
8. Габарити верстата (висота, ширина, глибина): до 1800 мм заввишки, до 1300 мм завширшки і до 800 мм завглибшки;
9. Вага верстата: до 600 кг.

Операційний ескіз представлено на рис.1.8.

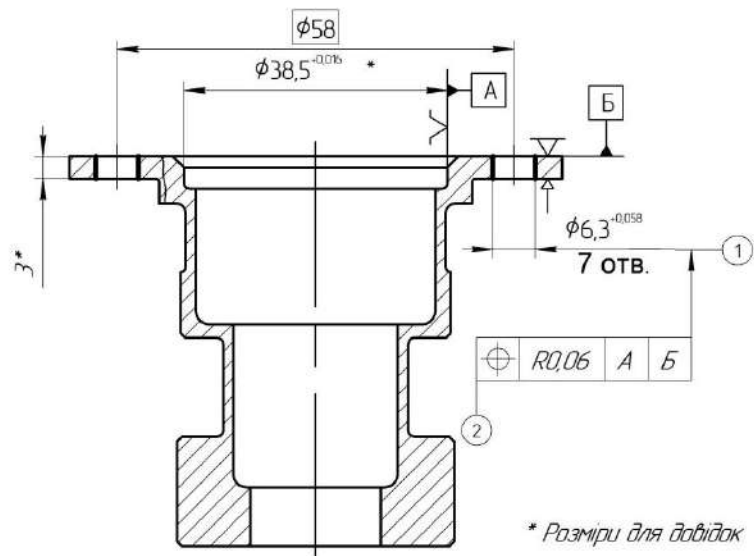


Рисунок 1.8 – Операція свердлильна

Інструмент:

1) свердло спіральне $D = 6,0$ мм (2300-2583) ГОСТ 10902-77, матеріал Р6М5, стійкість свердла $T = 12$ хв [2];

2) розгортка $D = 6,3$ мм (2363-1143) ГОСТ 16086-70, матеріал Р6М5 [2];

1 Сведління отворів

Визначаємо подачу за формулою (1.23) та (1.24):

$$K_{S_o} = 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,85 = 0,85$$

$$S_o = 0,14 \times 0,85 = 0,12 \text{ мм / об}$$

де обираємо $S_o = 0,14$ мм/об [5]; $K_{Sl} = 1,0$ [5]; $K_{SI} = 1,0$ [5]; $K_{Sd} = 1,0$ [5]; $K_{SЖ} = 1,0$ [5]; $K_{SM} = 0,85$ [5].

Визначаємо швидкість різання за формулою (1.25) та (1.26):

$$k_v = 0,8 \times 0,91 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 0,73$$

$$V = 22 \cdot 0,73 = 16,06 \text{ м/хв}$$

де, $V_T = 22$ м / хв, [5]; $K_{vm} = 0,8$ [2]; $K_{vI} = 0,91$ [2]; $K_{Vd} = 1,0$ [2]; $K_{vI} = 1,0$ [2]; $K_{VO} = 1,0$ [2].

Визначаємо частоту обертання шпинделя згідно формули (1.27):

$$n = \frac{1000 \cdot 16,06}{3,14 \cdot 6} = 2557 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо по паспорту $n = 800 \text{ хв}^{-1}$

Дійсна швидкість різання за формулою (1.28):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 800 \cdot 6}{1000} = 15,07 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Розраховуємо машинний час обробки за формулою (1.29):

де $l=6$ мм ;

$$y = 0,5 \cdot D \cdot \operatorname{tg} 30^\circ = 0,5 \cdot 6 \cdot 0,57 = 1,71 \text{ мм};$$

Δ – величина перебігання інструменту, $\Delta=3$ мм;

$$t_{m2} = \frac{6 + 1,71 + 3}{0,14 \cdot 800} \cdot 7 = 0,66 \text{ хв}$$

2. Розгортання отвору

Призначаємо подачу на один оборот шпинделя верстата [2]:

$$S_0 = S_{om} K_1 = 1,53 \cdot 0,94 = 1,43 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$$

Уточнюємо подачу за паспортом верстата : $S_{cm} = 1,12 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$

Визначаємо період економічної стійкості інструменту [2]: $T=120$ хв

Визначаємо розрахункову швидкість різання формулою (1.24):

$$V_p = 5,2 \cdot 0,94 = 4,88 \text{ м / хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя згідно формули (1.27):

$$n = \frac{1000 \cdot 4,88}{3,14 \cdot 6,3} = 250,07 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо по паспорту $n=250$ хв⁻¹

Дійсна швидкість різання за формулою (1.28):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 6,3}{1000} = 4,88 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Розраховуємо машинний час обробки за формулою (1.29):

де $l=6$ мм ;

$$y = 0,5 \cdot D \cdot \operatorname{tg} 30^\circ = 0,5 \cdot 6,3 \cdot 0,57 = 1,79 \text{ мм};$$

Δ – величина перебігання інструменту, $\Delta=3$ мм;

$$t_{мз} = \frac{6 + 1,79 + 3}{1,12 \cdot 250} 7 = 0,26 \text{ хв}$$

Загальний час на операцію:

$$t_0 = 1,62 + 0,66 + 0,26 = 2,54 \text{ хв}$$

1.6.4 Розрахунок режимів різання для шліфувальної операції

Операція 095 - Шліфувальна

Інструмент: шліфувальний круг 1 600х40х305 15А 40Н СТ1 6 К8 А
50м/хв ГОСТ 2424-83

Пристосування – оправка

Верстат – круглошліфувальний 3Б161;

Технічні характеристики верстата:

- 1) найбільший діаметр заготовки - 200мм
- 2) найбільша довжина заготовки - 700 мм
- 3) частота обертання круга: 1590об/хв;
- 4) частота обертання шпинделя: 50-500об/хв;
- 5) потужність – 10 кВт

МОР – емульсія.

Операційний ескіз – рис. 1.9

Припуск на обробку поверхні 2 : $t = 0,03$ мм, [2]

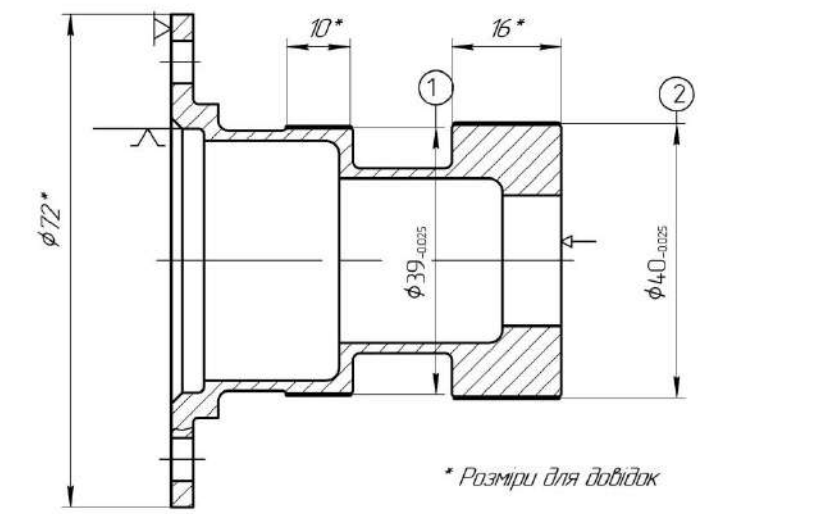


Рисунок 1.9 – Операційний ескіз

1 перехід: шліфувати поверхню на розмір 1.

Подачу обираємо за [2]:

де $S_p = 0,005$ мм/об [2];

За паспортом:

$S_p = 0,005$ мм/об

Швидкість різання:

$V_{ш.кр.} = 30$ м/с [5];

$V_{ш.дет.} = 30$ м/хв [5].

Розрахункова частота обертання круга за формулою [2]:

$$n_{ш.кр.}^p = \frac{1000 \cdot 30 \cdot 60}{3,14 \cdot 600} = 955,4 \text{ об / хв}$$

$$n_{дет. 39}^p = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 39} = 244,9 \text{ об / хв}$$

За паспортом: $n_{ш.кр.} = 960$ об/хв, $n_{дет.} = 250$ об/хв

Фактична швидкість різання за формулою (1.24) :

$$V_{дет} 39 = \frac{3,14 \cdot 39 \cdot 250}{1000} = 30,6 \text{ м/хв}$$

2 перехід: шліфувати поверхню на розмір 2.

Подачу обираємо за [2]:

де $S_p = 0,005 \text{ мм/об}$ [2];

За паспортом:

$S_p = 0,005 \text{ мм/об}$

Швидкість різання:

$V_{ш.кр.} = 30 \text{ м/с}$ [5];

$V_{ш.дет.} = 30 \text{ м/хв}$ [5].

Розрахункова частота обертання круга за формулою [2]:

$$n_{ш.кр.}^p = \frac{1000 \cdot 30 \cdot 60}{3,14 \cdot 600} = 955,4 \text{ об / хв}$$

$$n_{дет.}^p 40 = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 40} = 238,9 \text{ об / хв}$$

За паспортом: $n_{ш.кр.} = 960 \text{ об/хв}$, $n_{дет.} = 250 \text{ об/хв}$

Фактична швидкість різання за формулою (1.24) :

$$V_{дет} 40 = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 250}{1000} = 31,4 \text{ м/хв}$$

Визначення основного(технологічного) часу:

$$t_o = \frac{L}{S \cdot n}, \quad (1.54)$$

$$t_o = \frac{10 + 16}{960 \cdot 0,01} = 0,2 \text{ хв}$$

1.7 Нормування операцій

Визначення норми основного часу операції [8]:

$$T_o = \sum t_{oi} \quad (1.55)$$

де, $\sum t_{oi}$ – сума основних часів із переходів;

Додатковий час роботи верстата за програмою [8]:

$$T_{0\text{доп}} = 0,3 \cdot T_{0a} \quad (1.56)$$

Допоміжний час:

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{вст}} + T_{\text{пер}} + T_{\text{контр}} \quad (1.57)$$

де $T_{\text{вст}}$ – допоміжний час, пов'язаний із встановленням, зняттям деталі [7];

$T_{\text{пер}}$ - допоміжний час пов'язаний з переходом [7];

$T_{\text{контр}}$ – допоміжний час на контрольні виміри [7].

Штучний час на операцію:

$$T_{\text{шт}} = (T_o + T_B) \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{обслотд}}}{100} \right) \quad (1.58)$$

де $a_{\text{тех}}$, $a_{\text{орг}}$, $a_{\text{отл}}$ - час на технічне, організаційне обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби робітника.

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} \quad (1.59)$$

де $T_{пз}$ - підготовчо-заключний час на налаштування операції;
 n - кількість деталей у партії, що запускається.

1.7.1 Нормування токарної операції

Машинний час роботи верстата: $T_o = 4,58$ хв

Оперативно-допоміжний час за формулою (1.55):

$$T_{доп} = 0,24 + 0,39 + 0,325 = 0,955 \text{ хв}$$

де $T_{вст} = 0,18 + 0,06 = 0,24$ хв, [7]

$$T_{пер} = 0,13 + 0,13 + 0,13 = 0,39 \text{ хв}, [2]$$

$$T_{контр} = 0,1 + 0,075 \cdot 3 = 0,325 \text{ хв}, [7]$$

Штучний час за формулою (1.56):

$$T_{шт} = ((4,58 + 0,955)(1 + (10/100))) = 6,08 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час [7]: $T = 25$ хв

Штучно-калькуляційний час за формулою (1.57):

$$T_{шт.к} = 6,08 + \frac{25}{40} = 6,7 \text{ хв}$$

1.7.2 Нормування свердлильної операції

Основний час : $T_o=2,54$ хв

Оперативно-допоміжний час за формулою (1.55):

$$T_{\text{доп}} = 0,34+0,491+0,12=0,971 \text{ хв.}$$

де $T_{\text{вст}}=0,06 \cdot 4+0,16=0,34$ хв[7]

$$T_{\text{пер}} = 0,13 + 0,13 + 0,077 = 0,491 \text{ хв [2]}$$

$$T_{\text{контр}} = 0,12 \text{ хв [7]}$$

Штучний час за формулою (1.56):

$$T_{\text{шт}} = ((2,54+0,971) \cdot (1+(10/100))) = 3,86 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час ,[7]: $T = 28$ хв

Штучно-калькуляційний час за формулою (1.57):

$$T_{\text{шт.к}} = 3,86 + \frac{28}{40} = 4,56 \text{ хв}$$

1.7.3 Нормування на фрезерну операцію

Основний сумарний час на операцію = 10,08 хв

Допоміжний час за формулою (1.55):

де t''_0 - переміщення інструменту в «0» інструменту[8]; $t''_0 = 0,05$ хв

$t_{\text{с.б.}}$ - час пов'язаний зі зміною блоку[8]; $t_{\text{с.б.}} = 0,05$ хв;

$t_{в.у.}$ - час на установку і зняття деталі в патроні з пневматичним затиском[8]; $t_{в.у.} = 1,2$ хв;

$t_{м.в.}$ - час, пов'язаний з виконанням допоміжних ходів і переміщень при обробці поверхні[8], $t_{м.в.} = 0,15$ хв.

$$T_{доп} = 0,05 + 0,05 + 1,2 + 0,15 = 1,45 \text{ хв}$$

Час роботи верстата за програмою управління $t_{п.у}$ рівно неповному оперативному часу роботи верстата [8]:

$$T_{п.у.} = t_{о.} + t_{м.в.} \quad (1.60)$$

$$T_{п.у.} = 10,08 + 0,16 = 10,24 \text{ хв}$$

Час на обслуговування робочого місця [8]:

$$t_{обс} = 8\% \cdot t_{п.у.} \quad (1.61)$$

$$t_{обс} = 0,08 \cdot 10,24 = 0,82 \text{ хв}$$

Час на відпочинок і природні потреби [8]:

$$t_{п} = 8\% \cdot t_{п.у.} \quad (1.62)$$

$$t_{п} = 0,08 \cdot 10,24 = 0,82 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію згідно операції (1.57):

$$t_{шт.} = 10,24 + 1,45 + 0,82 + 0,82 = 13,33 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію [8]:

$$T_{п-3} = T_{п-31} + T_{п-32} \quad (1.63)$$

де $T_{п-31}$ - час на витрати для усіх верстатів з ЧПК[8]; $T_{п-31} = 12$ хв;

$T_{п-32}$ - час на витрати додаткові роботи, що враховують,[8], $T_{п-32} = 7$ хв.

$$T_{п-3} = 12 + 7 = 19 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію згідно формулі (1.58):

$$t_{шт-к} = \frac{19}{40} + 13,33 = 13,8 \text{ хв}$$

1.7.4 Нормування на круглошліфувальну операцію

Основний сумарний час на операцію $t_m = 0,2$ хв

Допоміжний час за формулою (1.56):

$$T_{вст} = t_{сн} = 0,1 \text{ хв [8]}$$

$$T_{пер} = 1,09 \text{ хв [8]}$$

$$T_{тех} = 0,06 \text{ хв}$$

$$T_{доп} = 0,1 + 1,09 + 0,06 = 1,25 \text{ хв}$$

Визначаємо оперативний час згідно формулі (1.55):

$$T_{оп.} = 0,2 + 1,25 = 1,35 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця за формулою (1.56):

$$T_{\text{обс}} = 0,015 \cdot 1,35 = 0,02 \text{ хв}$$

Час на відпочинок і природні потреби за формулою (1.57):

$$T_{\text{отд}} = 0,04 \cdot 1,35 = 0,054 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію згідно формулі (1.58):

$$t_{\text{шт.}} = 1,35 + 1,25 + 0,02 + 0,054 = 2,67 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію [8]: $T_{\text{пз}} = 12 \text{ хв.}$

Штучно-калькуляційний час на операцію згідно формулі (1.59):

$$t_{\text{шт-к}} = \frac{12}{40} + 2,67 = 2,97 \text{ хв}$$

1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК

1.8.1 Розробка токарної операції

Розробка операції виконується у програмному комплексі Siemens NX.

Трьовимірний модель операційного ескизу операції 030-Токарна з ЧПУ наведена на рис. 1.10

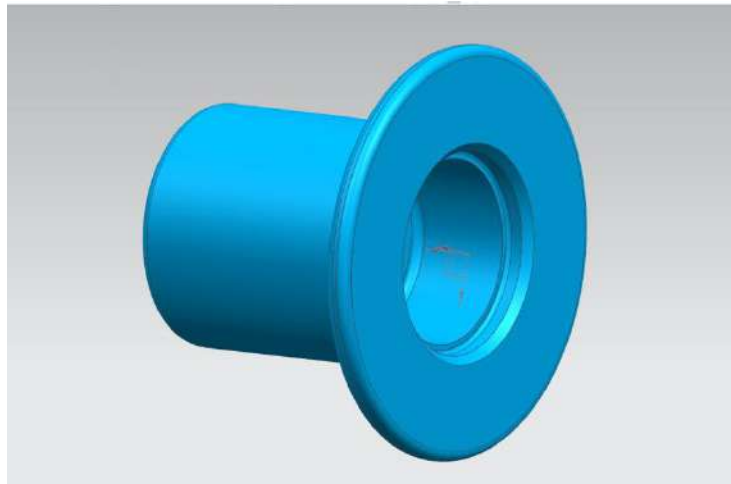


Рисунок 1.10 – Тривимірна модель операції №030 Токарна з ЧПУ

Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні обробки наведено на рис. 1.11.

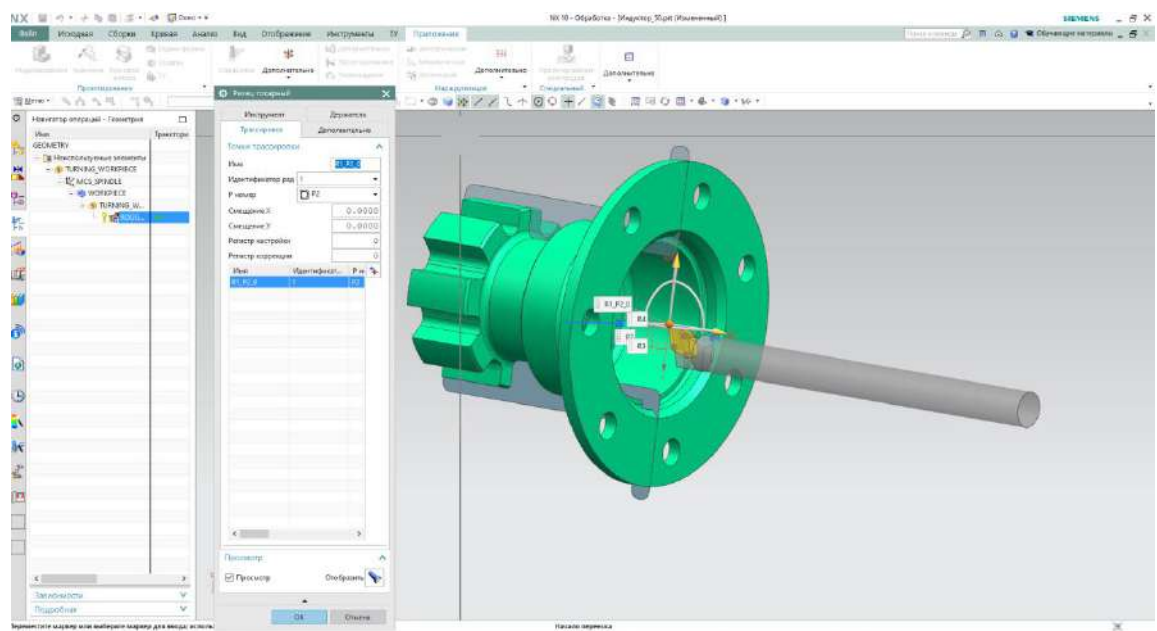


Рисунок 1.11 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні обробки

Траєкторія обробки представлена на рис. 1.12.

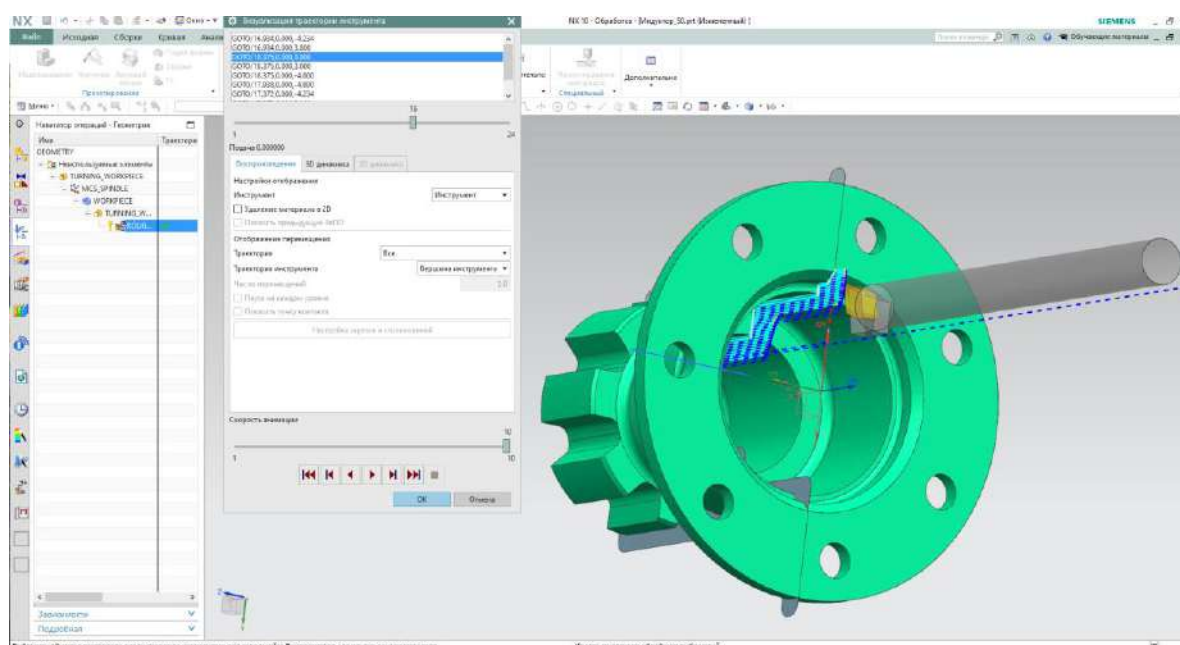


Рисунок 1.12 – Траектория обработки

Программа обработки надана на рис. 1.13.

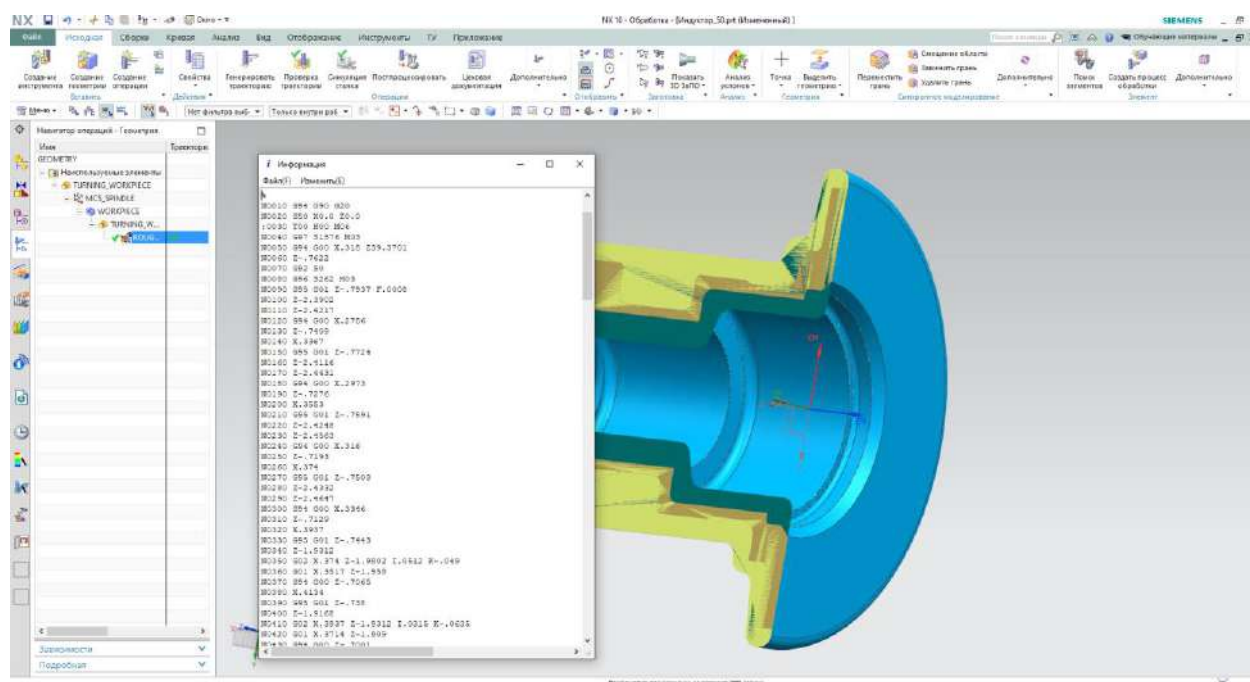


Рисунок 1.13 – Программа обработки

1.8.2 Розробка свердильної операції

Тривимірна модель операційного ескизу операції 050 Свердлильна з ЧПУ представлена на рис. 1.14.

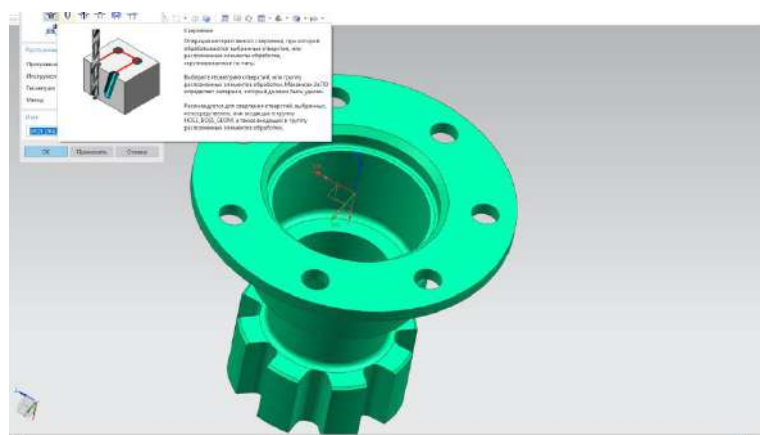


Рисунок 1.14 – Тривимірна модель операції -Свердлильна з ЧПУ

Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні обробки наведене на рис. 1.15.

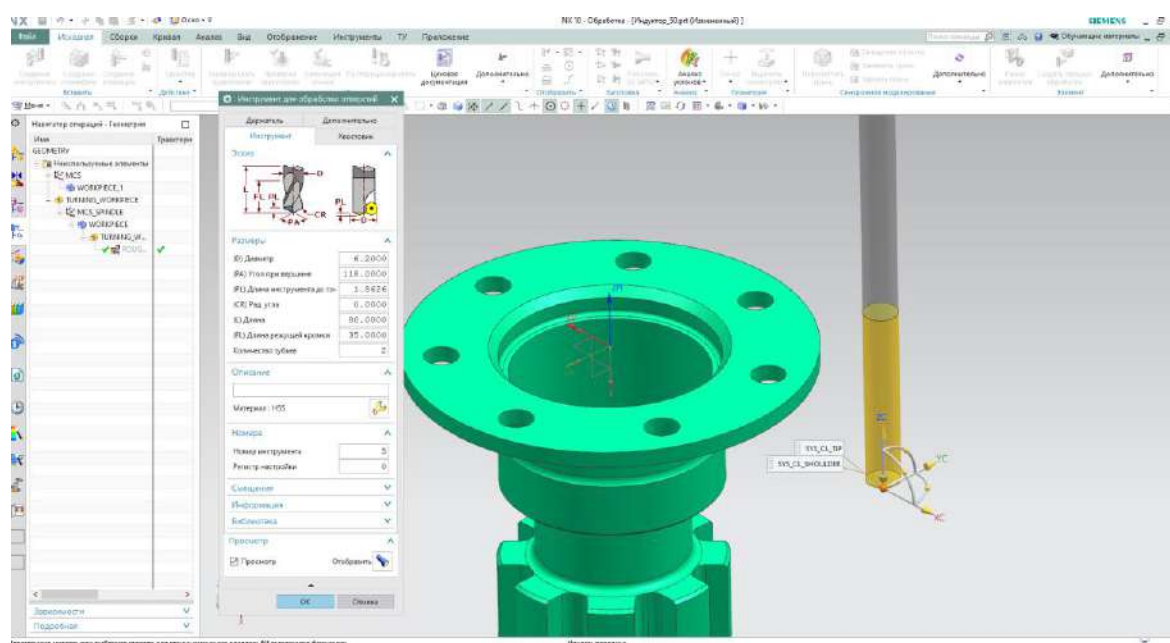


Рисунок 1.15 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні обробки

Зображення траєкторії руху наведене на рис. 1.16.

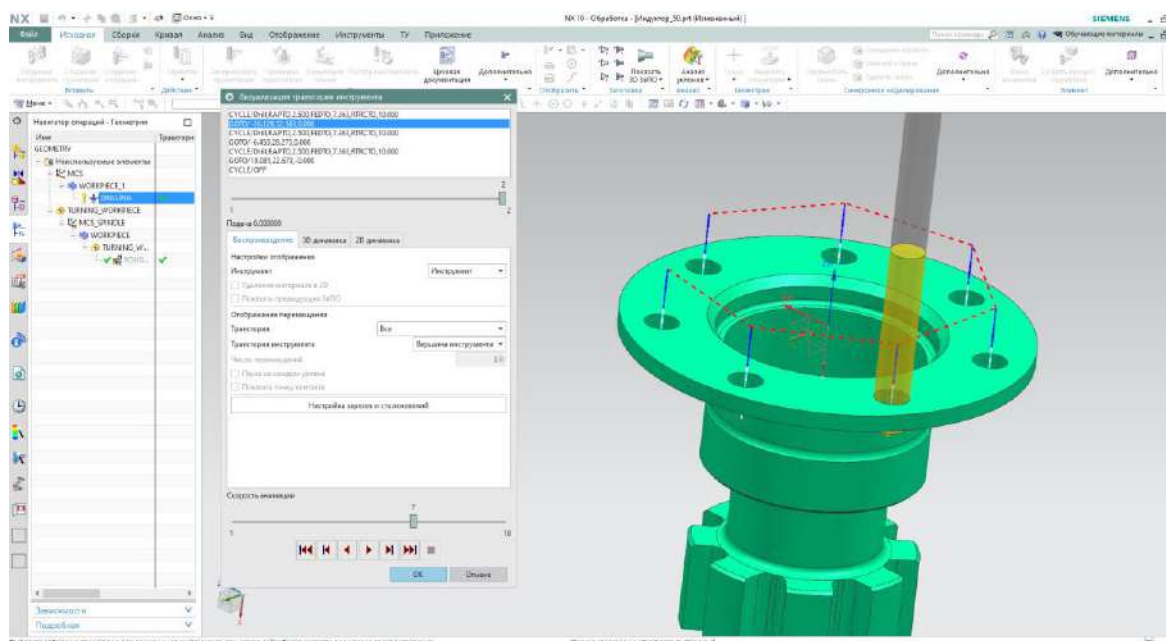


Рисунок 1.16 – Зображення траєкторії руху

Керуюча програма наведена на рис. 1.17.

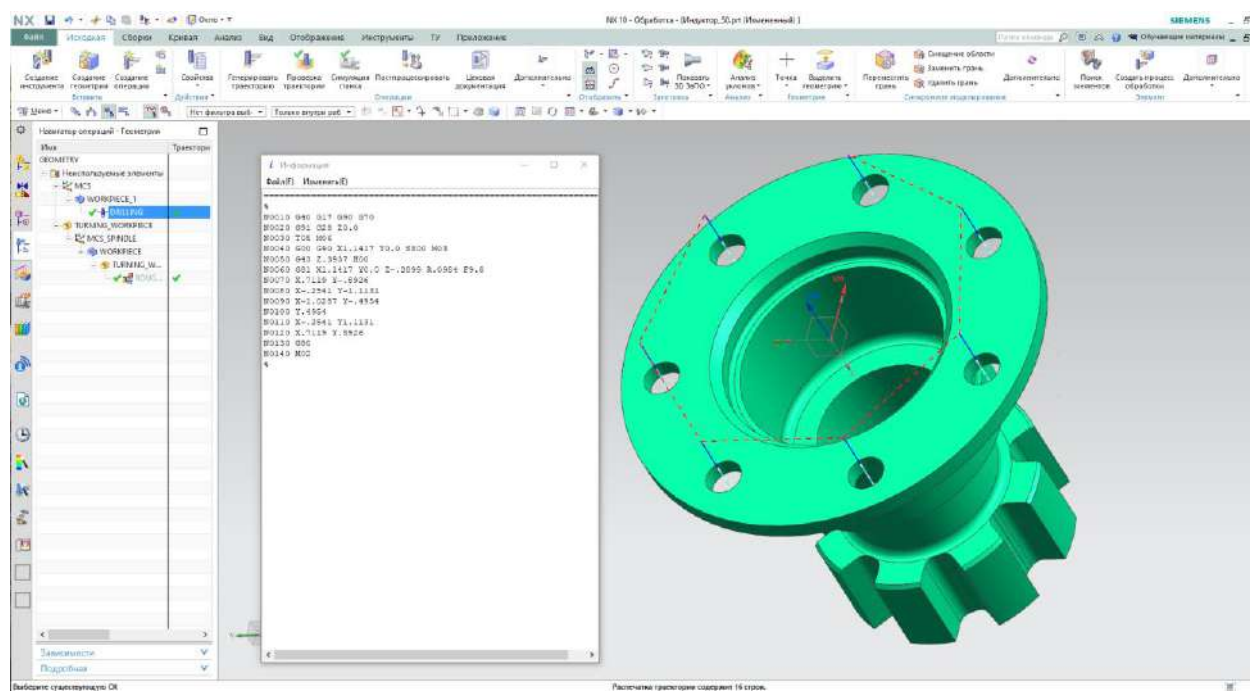


Рисунок 1.17 – Керуюча програма

1.8.3 Розробка фрезерної операції

Операційний ескіз фрезерної операції наведено на рис. 1.18

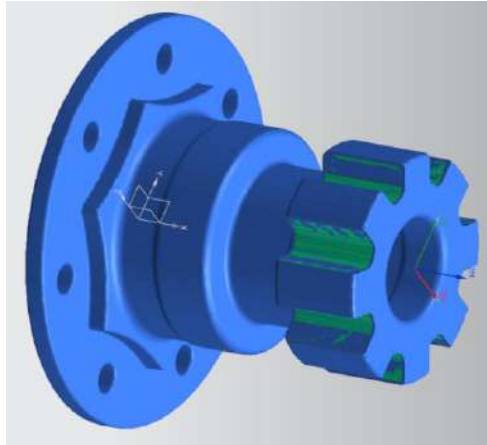


Рисунок 1.18- Операційний ескіз фрезерної операції

Вибір та орієнтація інструменту наведен на рис. 1.19.

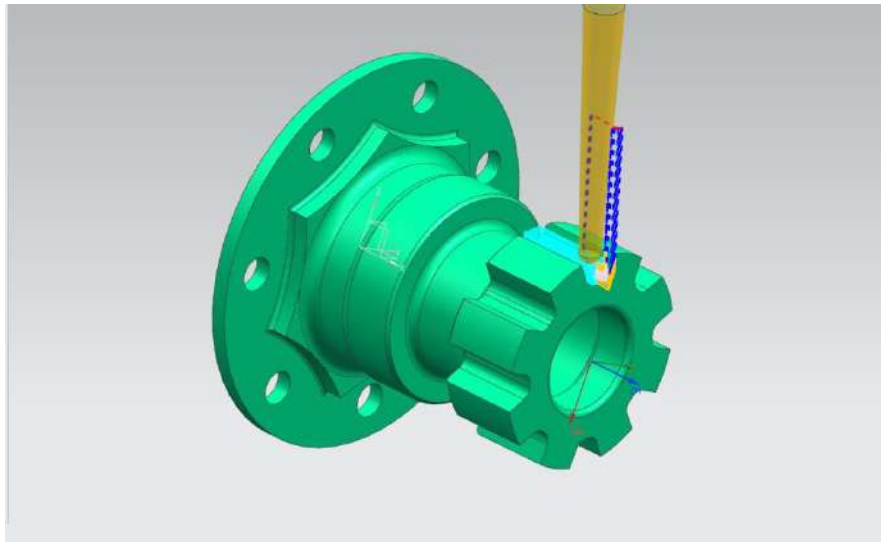


Рисунок 1.19- Вибір та орієнтація інструменту

Траєкторія руху інструменту наведена на рис. 1.20.

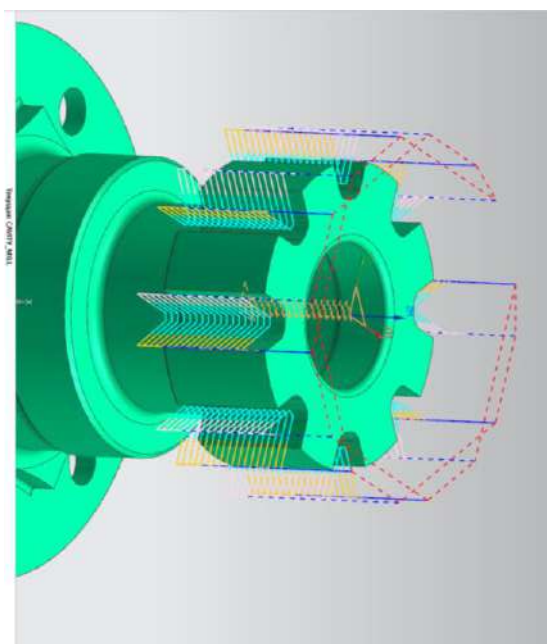


Рисунок 1.20 – Траєкторія руху інструменту

Керуюча програма фрезерної операції представлена на рис. 1.21.

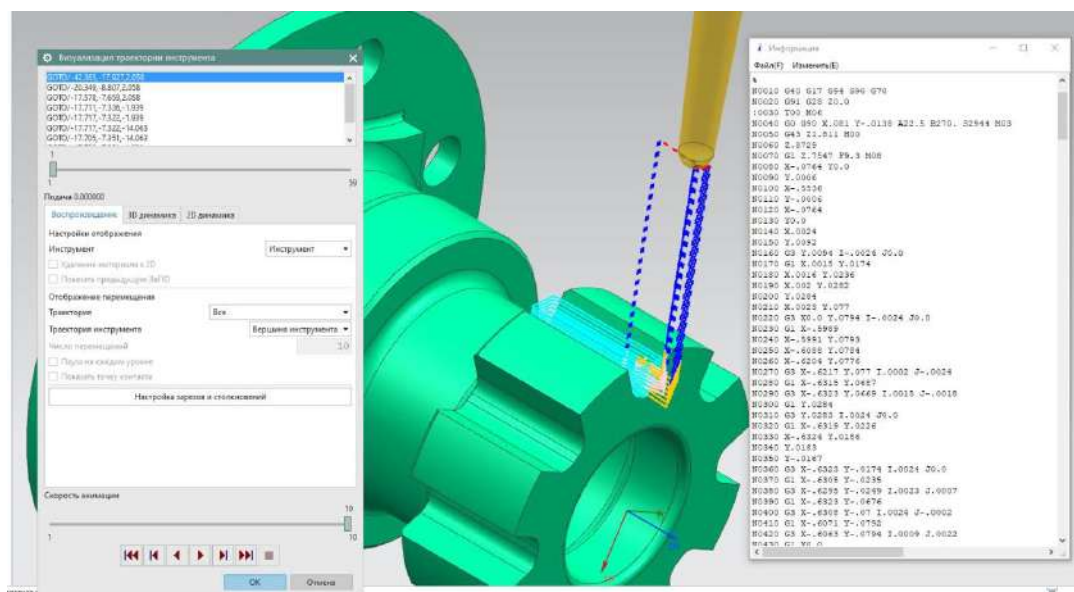


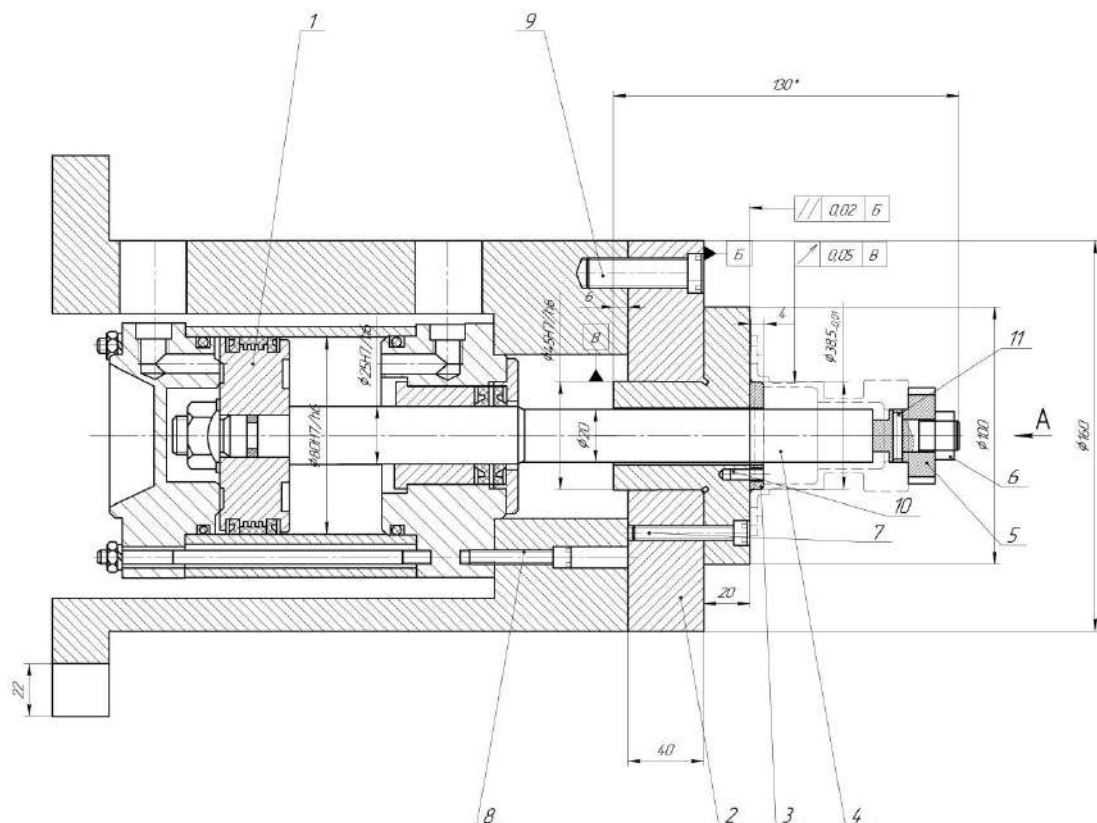
Рисунок 1.21- Керуюча програма фрезерної операції

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристрою

2.1.1 Опис конструкції та принципа роботи

На рис.2.1 представлено пристосування для фрезерної обробки - наладка 2 на фрезерний верстат для фрезерування 8 лисок. Деталь встановлюється на центратор 3, який кріпиться до наладки 2 штифтом 10. Деталь центрується по внутрішньому $\varnothing 38,4$. Крізь деталь проходить стойка 4 на кінці якої притиск 5 з гайкою 6, які фіксують деталь. З іншого боку стойка 4 з'єднана зі штуцером, крізь який в свою чергу стисле повітря підводиться до пневмоприводу. Стька 4 відіграє роль штоку, який переміщується в бік, закріплюючи чи звільняючи деталь через притиск 5.



2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність

Похибка установки $\varepsilon_{уст}$, як одна із складових загальної похибки виконуваного розміру, складається з похибки базування, закріплення. По своєму фізичному сенсу величина $\varepsilon_{уст}$ показує похибкum положення заготовки [9]

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_z^2} \quad (2.1)$$

де ε_{δ} - частина похибки установки, що виникає внаслідок розбіжності вимірювальної та настроювальної баз [9];

ε_z - частина похибки установки, що виникає внаслідок відхилення вимірювальної бази щодо встановленого на розмір ріжучого інструменту під дією прикладених сил закріплення [9].

1) Похибка базування деталі на диск

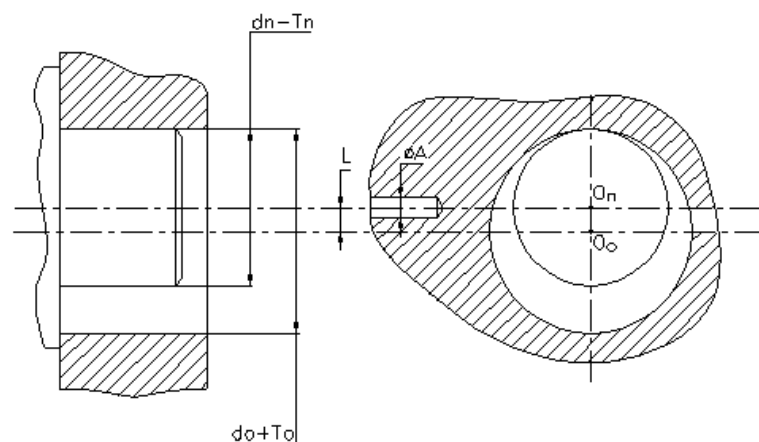


Рисунок 2.2 – Схема встановлення на циліндричний палець

$$\varepsilon_{\delta L} = S \max, \quad (2.1)$$

де

$$S_{\max} = T_o + T_{\Pi} \quad (2.2)$$

$$T_o = 0,016 \text{ мм},$$

$$T_{\Pi} = 0,01 \text{ мм}$$

$$S_{\max} = 0,016 + 0,01 = 0,026 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{\delta} = 0,026 \text{ мм}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_3 = 0 \text{ [1]}$$

Похибка встановлення:

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \sqrt{0,026^2 + 0^2} = 0,026 \text{ мм} < TD = 0,36 \text{ мм},$$

- отже необхідна точність встановлення забезпечується.

Розрахунок пристосування на точність [9]

Величину допустимого биття циліндричного пальця визначаємо за виразом:

$$T_{\delta.o} \leq T_{\delta} - (K_1 \cdot \varepsilon_{\delta.аз} + \varepsilon_{закр} + K_2 \cdot \omega)$$

де $T_{\delta.o}$ – биття пальця;

T_{δ} – биття обробленої деталі, $T_{\delta} = 0,1 \text{ мм}$

K_1 - коефіцієнт, що враховує реальну похибка базування, $K_1 = 0,8..0,85$;

K_2 - коефіцієнт, що враховує частку за середню економічної точності обробки і не залежить від конструкції пристосування, $K_2 = 0,6..0,65$;

ω - середня економічна точність обробки [9], $\omega = 0,05 \text{ мм}$.

$$T_{\delta.o} = 0,1 - (0,8 \cdot 0,026 + 0 + 0,6 \cdot 0,05) = 0,049 = 0,05 \text{ мм}$$

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу

Ця схема установки широко використовується в пристосуваннях для токарних, фрезерних, свердлильних, зубообробних, шліфувальних верстатів (рис. 2.3).

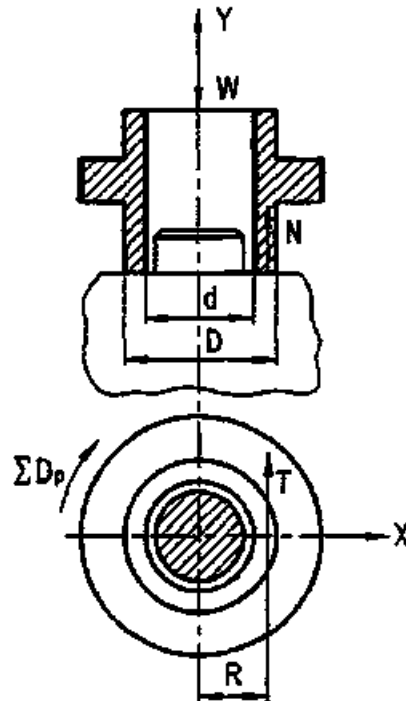


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема визначення сили затискання при встановленні на оправку

Особливістю даної схеми установки є те, що вона не враховує тертя в точці докладання сили затиску W . Вихідною величиною для розрахунків є $P_{окр}$, що діє на заготовлю в процесі обробки.

Дійсна сила затиску за формулою [9]:

$$W_{д} = W \cdot k \quad (2.13)$$

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \quad (2.14)$$

де k_0 - гарантований коефіцієнт запасу для всіх випадків, $k_0 = 1,5$ [9];

k_1 - коефіцієнт нерівномірності сил різання через мінливість знімається при обробці припуску, $k_1 = 1$ [9];

k_2 - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання від прогресуючого затуплення інструменту, $k_2 = 1,4$ [9];

k_3 - коефіцієнт, що враховує уривчастість різання, $k_3 = 1,2$ [9];

k_4 - коефіцієнт, що враховує мінливість розвиваються приводами сил затиску, $k_4 = 1$ [9];

k_5 - коефіцієнт, що враховує зручність розташування рукояток, $k_5 = 1,2$ [9];

k_6 - коефіцієнт невизначеності 2положення місць контакту, $k_6 = 1,5$ [9].

$$k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,5 = 4,53$$

f - коефіцієнт тертя, $f = 0,15$ [9];

$$W = \frac{3 \cdot k \cdot P_z (D^2 - d^2)}{f (D^3 - d^3)} \quad (2.15)$$

$$W = \frac{3 \cdot 4,53 \cdot 1668,91 (72^2 - 38,5^2)}{0,15 (72^3 - 38,5^3)} = 1770,23 \text{ Н}$$

Розрахунок затискного приводу

Привід зазвичай складається з установки, що включає електродвигун з пусковою апаратурою, насос, апаратуру управління і регулювання, гідроциліндри і трубопроводи.

В даному випадку сила закріплення дорівнюватиме зусиллю на штоку [9]:

$$W_d = Q, \quad (2.16)$$

Мінімальний діаметр штока за формулою [9];

$$d = \sqrt{\frac{4\alpha W}{\pi[\sigma]}}, \text{ мм} \quad (2.17)$$

де p - тиск в системі, [9], $p = 0,6 \text{ МПа}$;

α -коефіцієнт затяжки [9] , $\alpha=2,25$;

$[\sigma]$ -допустиме напруження на розтягнення для сталі 40Х, [9], $[\sigma]=200$ МПа .

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 1770,23}{3,14 \cdot 200}} = 5,03 \text{ мм}$$

Діаметр циліндру за формулою [9]:

$$D = \sqrt{\frac{4W}{p\eta\pi} + d^2}, \text{ мм} \quad (2.18)$$

де $\eta=0,85\dots0,9$ – ККД (коефіцієнт корисної дії), враховує втрати на тертя[9].

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1770,23}{3,14 \cdot 0,9 \cdot 0,6} + 5,03^2} = 64,9 \text{ мм}$$

Згідно ГОСТ 15608-81 приймаємо $D=80$ мм, $d=25$ мм

2.2 Проектування контрольного пристосування

Контрольний пристрій призначений для перевірки радіального биття.

Пристрій (рис. 2.4) складається з плити 2, до якої встановлюється кільце 4. На це кільце встановлюється деталь. Годинник індикаторного типу підводиться до вимірюваної поверхні деталі. Далі деталь провертають, тим самим вимірюючи похибки [10].

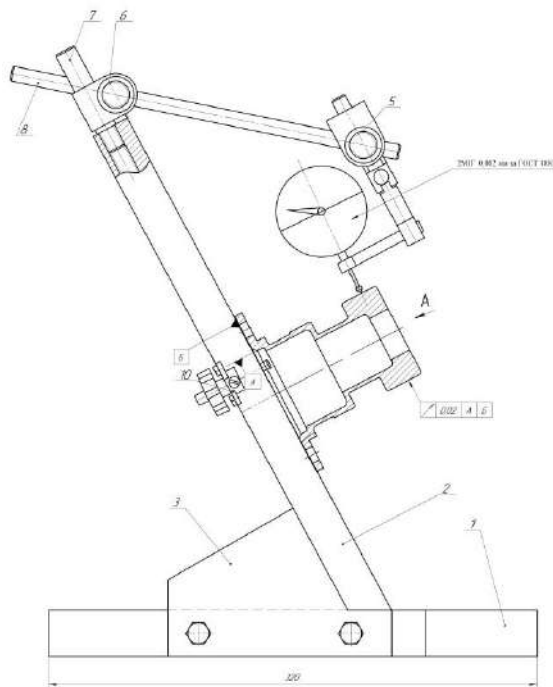


Рисунок 2.4 - Контрольний пристрій для перевірки радіального биття

Розрахунок на точність

Спосіб контролю залежить від необхідної точності виміру. У кресленні деталі задано биття внутрішніх діаметрів щодо зовнішнього 0,02 мм. Відповідно до чинних рекомендацій інституту метрології України прилад для перевірки розміру повинен мати ціну поділу як мінімум у шість разів точніше, ніж точність розміру [10]:

$$\begin{aligned} \text{Ц}_д &= \text{TD}/6 \\ \text{Ц}_д &= 0,02/6 = 0,003 \text{ мм} \end{aligned} \quad (2.19)$$

Промисловість випускає індикаторний годинник з ціною розподілу 0,01, 0,002, 0,001 мм. За типом вимірювання індикатори ділять на важільні та пружинні. Пружинні індикатори використовують для вільного доступу до поверхонь деталі. [10]

Для вимірювання биття діаметра вибираємо індикаторну головку типу 2МІГ з ціною шкали 0,002 мм за ГОСТ 18833-73.

Методика розрахунку пристосування на точність полягає в тому, що сума похибок, що виникають у процесі обробки, має перевищувати величину допуску, встановленого на розмір. [10]

$$\Delta_{\text{вим}} = \frac{1}{k} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2 + \Delta_7^2}$$

де $\Delta_{\text{вим}}$ – суммарна похибка вимірювання;

k - коефіцієнт відносного розсіювання, k=0,85;

Δ_1 – похибка базування та закріплення виробу, $\Delta_1 = 0,006$;

Δ_2 – складаюча похибки установки опорних елементів прибора, $\Delta_2 = 0$;

Δ_3 – складаюча похибки конструкції прибора, $\Delta_3 = 0$;

Δ_4 – похибка, що залежить від ціни поділу індикатору, $\Delta_4 = 0,002$;

Δ_5 – похибка наладки прибора за еталонною деталлю, $\Delta_5 = 0,002$;

Δ_6 – похибка від контактних деформацій, $\Delta_6 = 0$;

Δ_7 – похибка від температурних деформацій, $\Delta_7 = 0,001$.

$$\Delta_{\text{вим}} = \frac{1}{0,85} \sqrt{0,006^2 + 0,002^2 + 0,002^2 + 0,001^2} = 0,007$$

Величина допуску розміру обробки становить $T_d = 0,02$ мм, сума похибок $\epsilon = 0,007$ мм. Даний пристрій дозволяє виконувати якісні вимірювання биття поверхні.

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ

3.1 Автоматизація оперативного контролю

Автоматичний контроль в механічній обробці є економічно вигідним, в першу чергу, через уникнення виробництва бракованих виробів. Він також сприяє збільшенню продуктивності обробки шляхом скорочення часу простоювання, утримання оптимальних режимів обробки та підвищення якості деталей. Крім того, автоматичний контроль допомагає зменшити тривалість механічної обробки шляхом усунення систематичних та імовірних факторів, таких як знос різального інструменту, температурні та пружні деформації системи та вібрації. Основним завданням автоматичного контролю є усунення впливу цих факторів на розмір оброблюваних деталей [11].

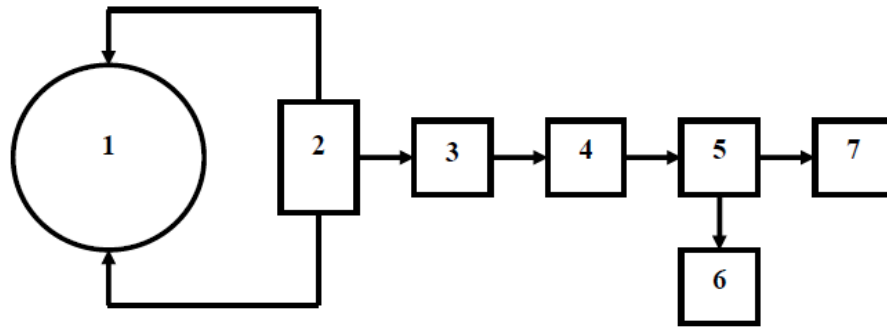
Автоматичний контроль може здійснюватися [11]:

- 1) до обробки заготовки або деталі – пасивний контроль;
- 2) у процесі обробки деталі – активний контроль;
- 3) після обробки – пасивно-активний контроль.

Пристрої автоматичного контролю

Установка автоматичного контролю - це технічний засіб, який порівнює реальний розмір з заданим і генерує сигнал, необхідний для управління технологічним обладнанням. Для генерування сигналу вимірювальної інформації у зручному для передачі, обробки і збереження форматі використовуються різноманітні перетворювачі. В їхній системі, що застосовується в механічній обробці, перетворювачі призначені для лінійного вимірювання розміру деталі та перетворення цього розміру у дискретний електричний, пневматичний або гідравлічний сигнал [11].

Діаграма пристрою автоматичного контролю наведена на рис. 3.1.



1- деталь; 2- вимірювальний пристрій (скоби, призми, важелі); 3 – прилад індикації; 4- перетворювач; 5- підсилювач; 6 - блок індикації; 7- блок комутації

Рисунок 3.1 – Принципова схема пристрою автоматичного контролю [11]

Діапазон вимірів – це діапазон значень, який обмежений початковим і кінцевим значеннями шкали.

Пристосування для автоматичного контролю можна класифікувати за двома критеріями: видом контактів і ступенем автоматизації процесу [11].

За видом контактів автоматичні контрольні пристрої поділяються на три категорії: контактні, безконтактні і пристрої, які використовують непрямі виміри [11].

Контактні пристрої можуть бути електроконтактними, пневматичними, індуктивними, ємнісними, п'єзоелектричними, пневмо-електричними і механотронними[11].

Безконтактні пристрої можуть бути оптичними, лазерними і ультразвуковими.

Пристрої, що використовують непрямі виміри поділяються на [11]:

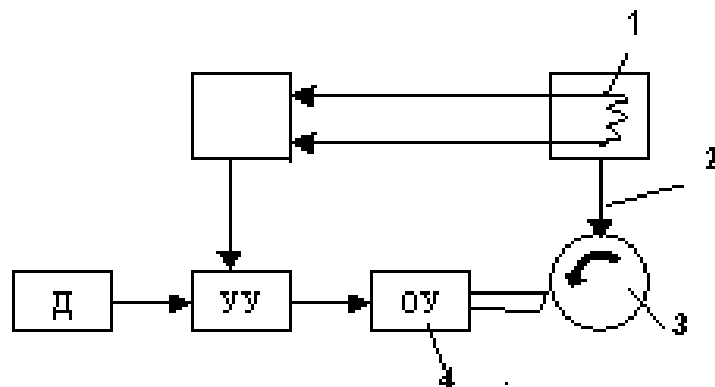
- 1) пристрої переміщення вузла верстату із різальним інструментом;
- 2) пристрої для контролю положення різальної кромки інструменту;
- 3) пристрої для контролю положення кромки різального інструменту щодо деталі.

Автоматичні пристрої, що сприяють автоматизації, включають кілька видів: пристрої, які зупиняють верстат при досягненні заданого розміру деталі; пристрої, що змінюють режими обробки залежно від розміру або якості

поверхні деталі; автопідналагоджувальники, що використовуються для відрегулювання процесу; захисно-блокуючі пристрої; контрольно-вимірювальні машини та самонастроювальні пристрої [11].

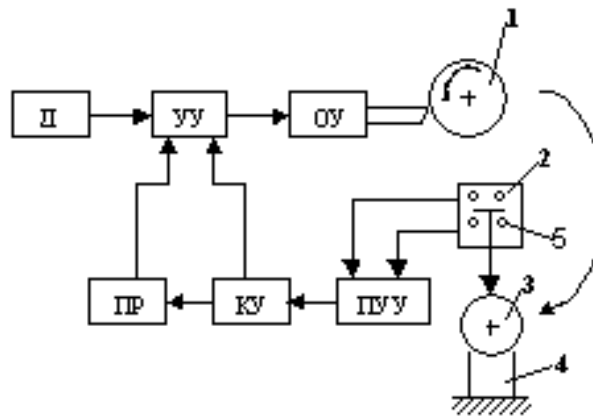
Автоматичний контроль заготовок під час обробки може бути забезпечений через використання спеціальних автоматичних пристроїв, які змінюють режими обробки в залежності від поточного розміру деталі (рис. 3.2). Під час обробки заготовки, система вимірювання відслідковує розмір деталі або параметри оброблювальної поверхні. Якщо ці значення не відповідають вимогам, вимірювальна система генерує сигнал корекції, який передається до пристрою керування верстатом. Прискорене змінюються режими обробки з метою виправлення невідповідностей розмірів деталі [11].

Інший тип автоматичних контрольних пристроїв - це пристрої для автоматичного налаштування. Схема автоматичного пристрою для автопідналагодження показана на рисунку 3.3 [11].



- 1 – індуктивний перетворювач; 2 – вимірювальний стрижень; 3 заготовка;
4 – система керування верстатом

Рисунок 3.2 – Структурна схема системи контролю в процесі обробки заготовки [11]



1 – заготовка; 2 – пристрій активного контролю (АК); 3 – деталь; 4 – призма; Д, ПР, УУ, ОУ – система керування; ПУУ – перетворювально-підсилювальний пристрій; КУ – командний пристрій; 5 – контактний пристрій (АК)

Рисунок 3.3 – Структурна схема автопідналогджувальника [11]

Процес обробки заготовки 1 в програмі ПР керується системою керування, яка складається з датчика Д, керуючого пристрою УУ та об'єкта керування ОУ. Після обробки, деталь 3 вставляється в призму 4 та вимірюється за допомогою пристрою активного контролю 2 (АК). Якщо розмір деталі в межах допустимих значень, то процес обробки не коригується. В разі відхилення величини деталі від заданого значення, контакти пристроїв контролю 2 та 5 замикатимуться, сигнал від яких через перетворювальний підсилювальний пристрій ПУУ передається на командний пристрій КУ. Останній зупиняє процес обробки та коригує програму ПР. Після коректування програми, процес обробки заготовки продовжується. Отже, завдання автоматичного налаштування полягає в тому, щоб за результатами контролю обробленої деталі налаштувати технологічний процес обробки цієї деталі [11].

Захисно-блокуючі пристрої використовуються для контролю на правильність виконання обробки деталі або для перевірки цілісності ріжучого

інструменту. На рисунку 3.4 показана схема пристрою для контролю отворів [11].

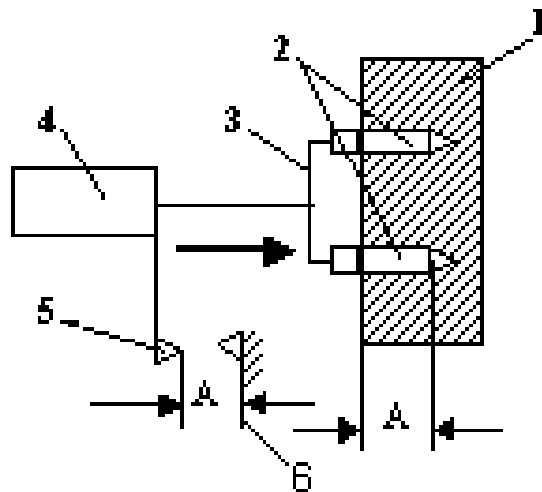
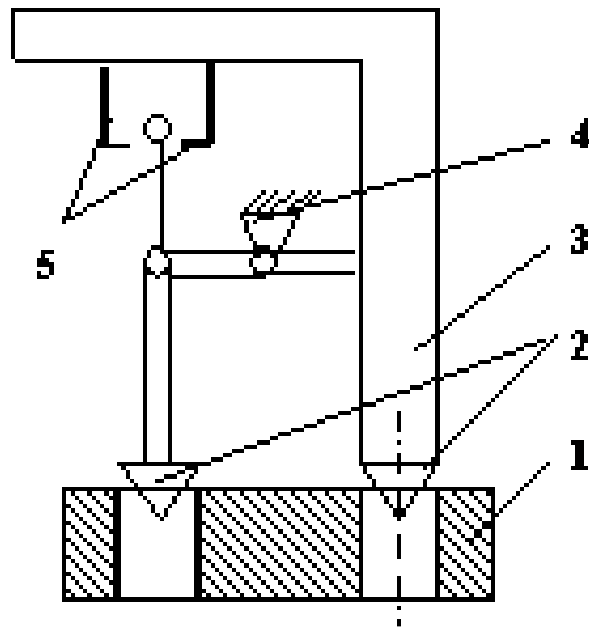


Рисунок 3.4 – схема захисно-блокуючого пристрою: 1 – деталь; 2 – оброблені отвори; 3 – калибр-пробка; 4 – привод; 5 – рухомий контакт; 6 – нерухомий контакт [11]

Відмінність захисно-блокуючих пристроїв від автопідналоговувачів полягає у тому, що захисно-блокуючий пристрій зупиняє верстат, якщо розмір деталі виходить за допустимі межі. Приводом 4 калибрної пробки 3 подаються до оброблених отворів 2 у деталі 1. Рухомий контакт 5 також переміщується разом з калибрами-пробками. Якщо діаметри отворів відповідають заданим, пробки-калібри переміщуються всередину отворів на повну глибину, а рухомий контакт замикається з нерухомим і сигнал надходить до системи керування для виконання наступної операції. В разі невідповідності розміру отворів або наявності зламаного свердла в отворі, наступна операція блокується. Схема аналогічного автоматичного пристрою для контролю положення отворів зображена на рисунку 3.5 [11].



1 – деталь; 2 – калібр-пробка; 3 – стійка; 4 – шарнір; 5 – контакти, зв'язані із системою керування

Рисунок 3.5 – Схема захисно-блокуючого пристрою для контролю положення отворів [11]

3.2 Види та завдання автоматизації оперативного контролю індуктивної пробки

Існує багато конструктивних різновидів пробок, що залежать від розміру контрольованого отвору, конфігурації деталі та ін. Так, в деяких випадках однією пробкою одночасно контролюють кілька перерізів одного або декількох отворів. У цьому випадку в одному корпусі мають кілька пар вимірювальних важелів і стільки ж індуктивних перетворювачів. У пробках застосовують диференціальні та недиференціальні індуктивні перетворювачі [12].

У підналагоджувачах вимірювальна оснастка встановлюється на пристрої, що підводить, або в строго визначеному положенні, або на "плаваючих" центруючих пристроях [12].

У першому випадку вимірювана поверхня та вимірювальна оснастка повинні бути дуже точно орієнтовані щодо один одного. Так, вимірювальна пробка повинна входити в отвір, що вимірюється з зазором без заклинювання і заїдання [12].

У другому випадку вимірювальна оснастка має деяку рухливість щодо поверхні, що вимірюється, і автоматично встановлюється (центрується по цій поверхні) [12].

В якості вимірювального оснащення для контролю внутрішніх та зовнішніх діаметрів застосовуються контактні індуктивні та пневматичні пробки та скоби (рис. 3.6) [12].

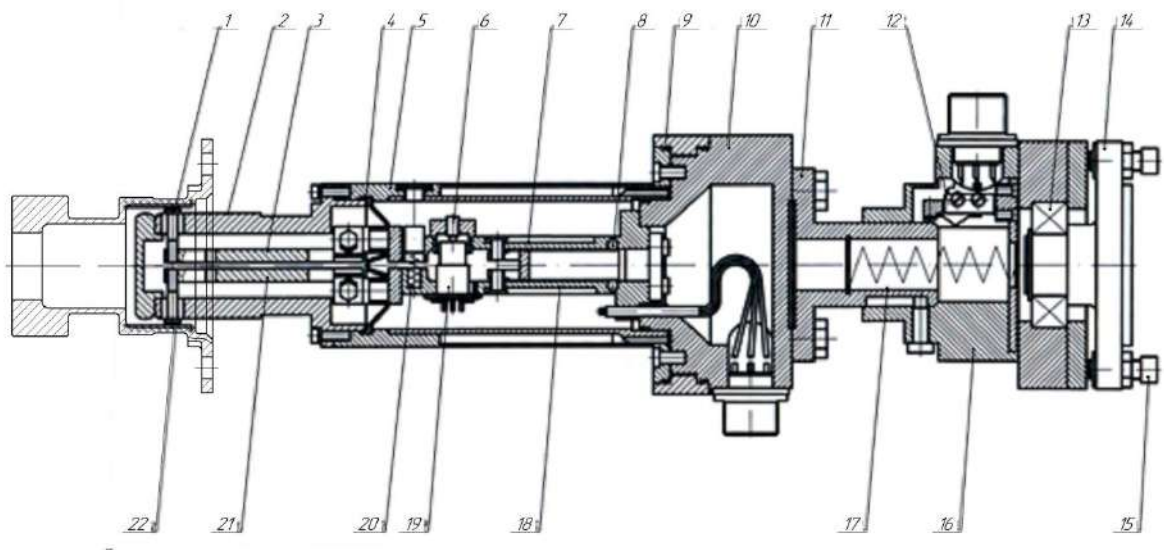


Рисунок 3.6 - Індуктивна пробка для контролю внутрішнього діаметру [12]

На жорсткій підставці 10 на плоскопружинних шарнірах 8 встановлені два вимірювальних важеля 7 і 18 з державками 3 і 21 і різьбовими наконечниками 1 і 22. На одному з важелів 7 закріплений якір 6, а на другому - магнітопровід 19 диференціального індуктивного перетворювача. Контактне зусилля створюється пружиною 20, розташованої між важелями 7 та 18. Вимірювальний механізм закритий кожухом 5, герметизованими гумовими кільцями 9 і чохлам

4. Державки 3 і 21 з вимірювальними наконечниками 1 і 22 закриті захисною змінною склянкою 2, на торці якого поблизу виміру центрують пробку в контрольованому отворі. Вимірювальні наконечники 1 та 22 оснащені штучними алмазами. Наконечники 1 і 22 фіксуються в державках 3 і 21 в більшості випадків самоконтролюючим механізмом. На торці склянки 2 є сопла, яким підводиться стиснене повітря для очищення контрольованої поверхні [12].

Пробка забезпечена механізмом блокування у разі її заклинювання та механізмом центрування. Механізм блокування складається з напрямної 11, до якої кріпиться пробка, і корпусу 16. Видається команда на аварійне відведення пробки. Блокувальний механізм можна виконувати не на пробці, а на пристрої, що підводить. Однак у цьому випадку зусилля, що діє на пробку при заклинюванні, більше і може призвести до пошкодження [12].

У корпусі 16 на сферичному шарикопідшипнику 13 встановлений фланець 14 з чотирма обмежувальними гвинтами 15. Цей механізм дає можливість пробці самовстановлюватися по отвору, що вимірюється, повертаючись щодо жорстко закріпленого на підводимому пристрої фланці 14 [12].

У пробці застосовують диференціальні індуктивні перетворювачі [12].

У підналагоджувачах вимірювальна оснастка встановлюється на пристрої, що підводить [12]. Вимірювальна оснастка має деяку рухливість щодо поверхні, що вимірюється, і автоматично встановлюється (центрується по цій поверхні) [12].

Для деталі «Маточина» калібр-пробка застосовується в опер. 040- токарна з ЧПК для заміру $\varnothing 34,4^{+0,1}$.

Після обробки, деталь вимірюється за допомогою автоматичної калібр-пробки. Якщо розмір деталі в межах припустимих значень, то процес обробки не коригується. В разі відхилення величини деталі від заданого значення, контакти пристроїв контролю замикатимуться, сигнал від яких через

перетворювальний підсилювальний пристрій ПУУ передається на командний пристрій. Останній зупиняє процес обробки та коригує програму. Після корегування програми, процес обробки заготовки продовжується. Отже, завдання автоматичного налаштування полягає в тому, щоб за результатами контролю обробленої деталі налаштувати технологічний процес обробки цієї деталі.

Застосування автоматичної калібр-пробки значно скорочує час на замір, так як немає необхідності знімати деталь з верстата, та попереджає виникнення браку під час обробки деталі.

4 РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ. ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДЕТАЛІ

Розрахунок напружено-деформованого стану виконуємо у NX ADVANTAGE SIMULATION. Тривимірна модель показана на рис. 4.1.

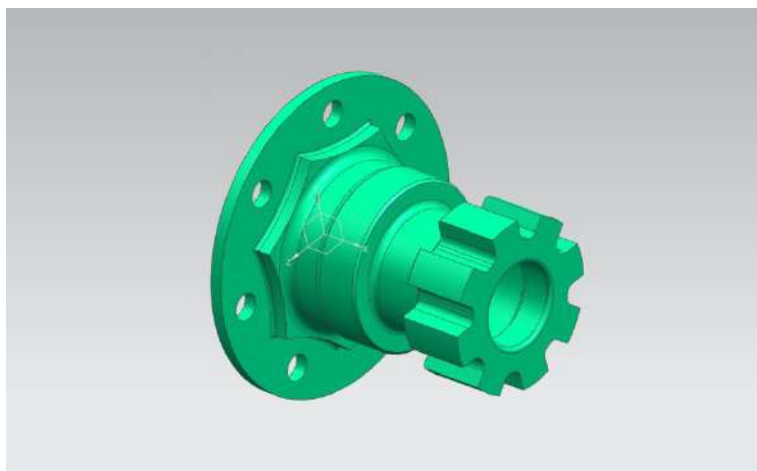


Рисунок 4.1 - Тривимірна модель деталі Маточина

Розподілемо модель за допомогою сітки кінцевих елементів з розміром 5000 на міліметр. Результат показаний на рис. 4.2.

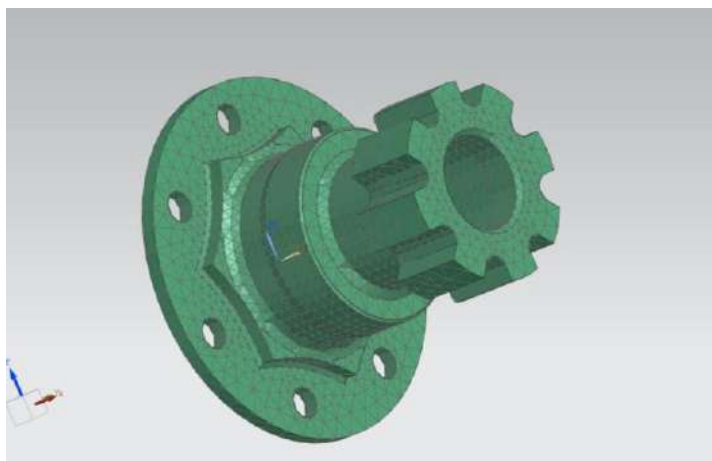


Рисунок 4.2 - Розбивка на сітку

Наступним етапом прикладаємо обмеження, що унеможливляють переміщення деталі у окремих напрямках (рис. 4.3).

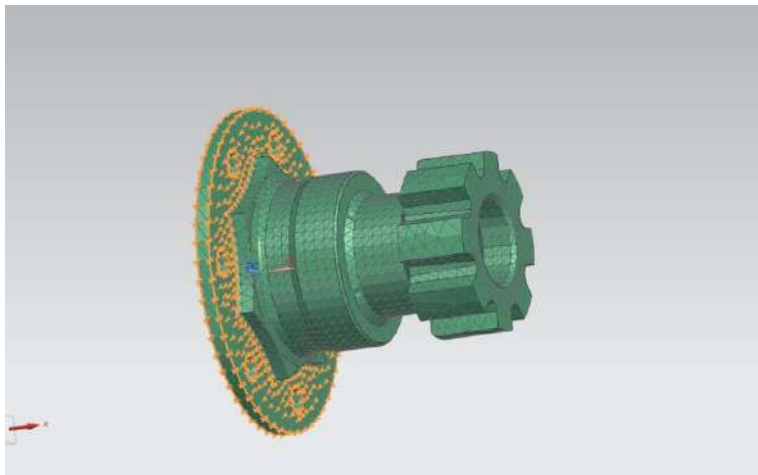


Рисунок 4.3 - Схема прикладення обмежень

Далі виконуємо прикладання навантажень (рис. 4.4).

Тип навантаження - тиск прикладений до пазів.

Прикладена сила дорівнює: 100 Н, 200 Н та 500 Н.

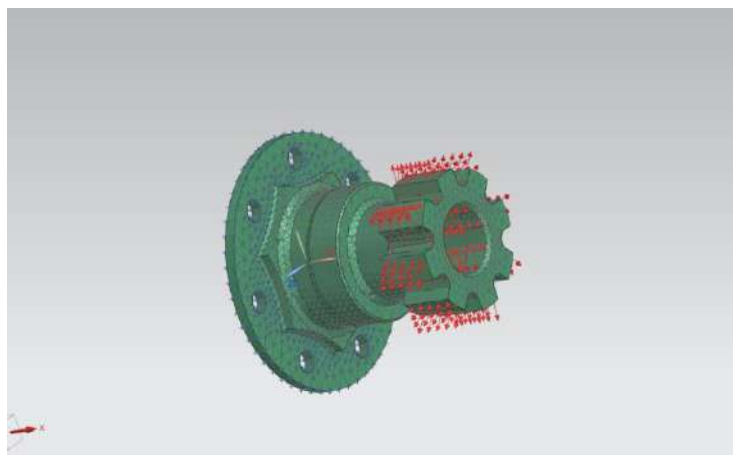


Рисунок 4.4 - Схема прикладання навантажень

Наступним етапом виконуємо розрахунок напружено-деформованого стану при навантаженні 100 Н (рис. 4.5).

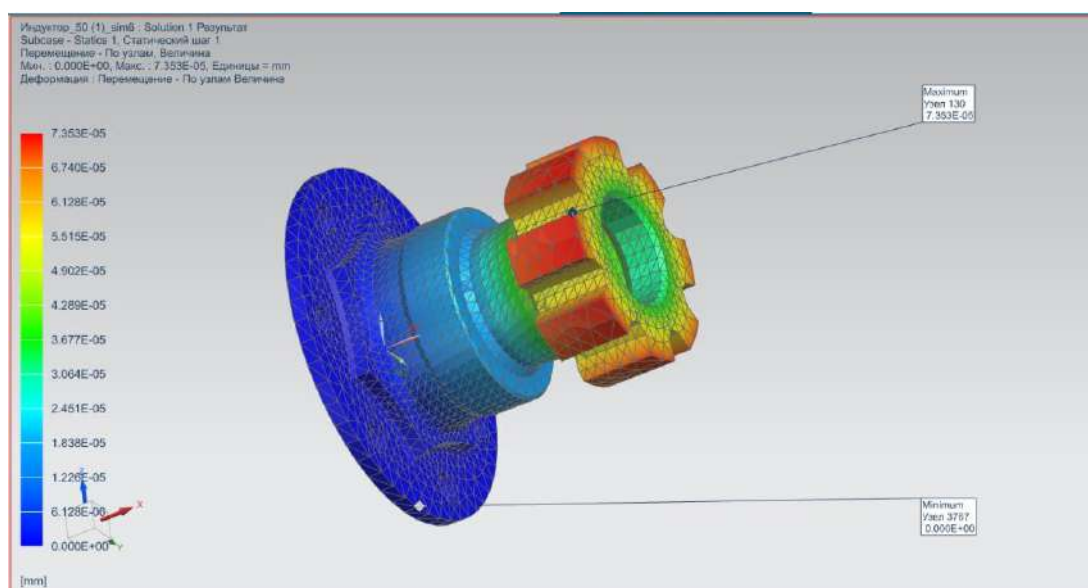


Рисунок 4.5 - Результат розрахунку напружено деформованого стану 100Н

Наступним етапом виконуємо розрахунок напружено-деформованого стану при навантаженні 200 Н (рис. 4.6).

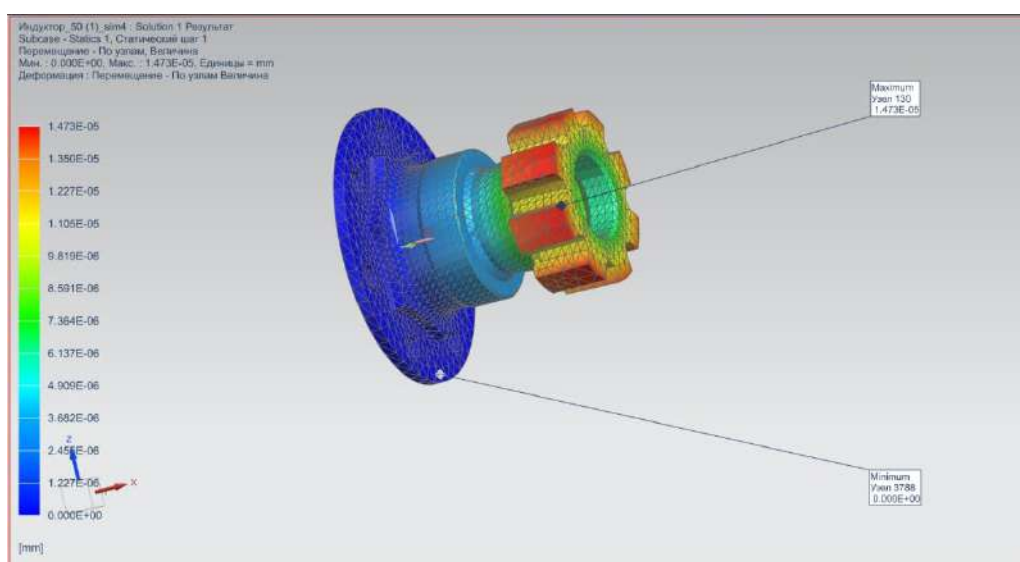


Рисунок 4.6 - Результат розрахунку 200Н

Виконуємо розрахунок напружено-деформованого стану при навантаженні 500 Н (рис. 4.7).

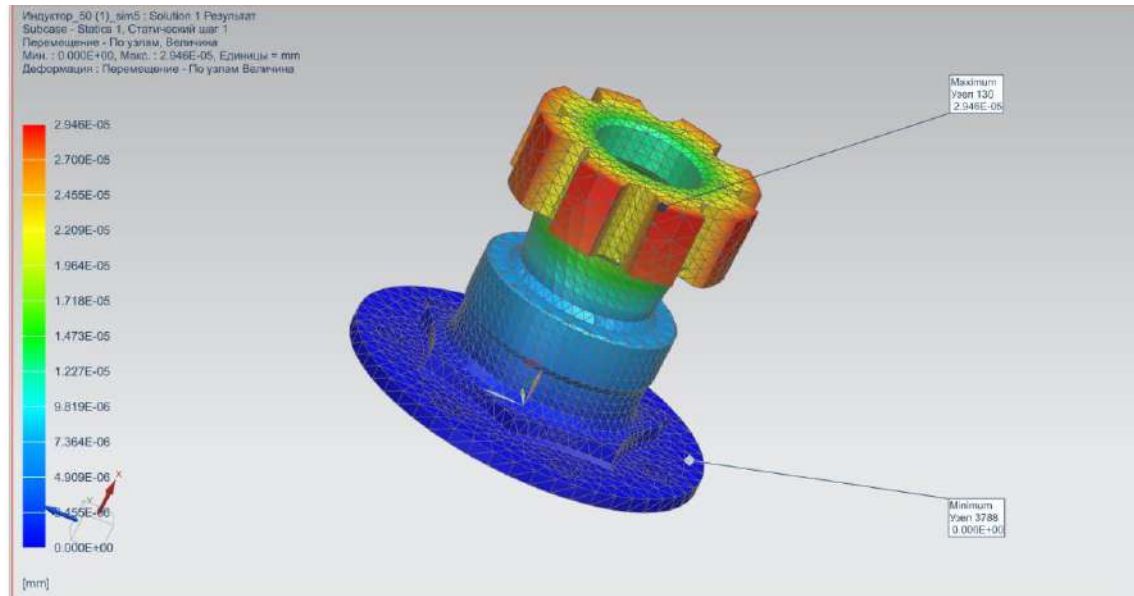


Рисунок 4.7 - Результат розрахунку напружено деформованого стану 500Н

Забезпечення міцності та жорсткості деталей машин вимагає врахування їх розмірів і конструкції, щоб вони могли витримувати навантаження, яке не перевищує допустимих меж. При цьому важливо мати достатній запас міцності для статичного навантаження від 1,5 до 3 разів. Запас міцності враховує розкид механічних властивостей матеріалів, що використовуються для виготовлення деталей, і залежить від рівня відповідальності конструкції та умов експлуатації. Для розрахунку запасу міцності за напруженням використовується спеціальна формула:

$$k = \frac{[\sigma]}{\sigma_{max}}, \quad (4.1)$$

де $[\sigma]$ - допустиме значення границі плинності для сталі 13X11H2B2МФ, $[\sigma]=1000$ МПа;

$\sigma_{\max}$ - максимальне напруження.

Тому напруження, яке виникає в деталі повинне відповідати наступній вимозі:

$$\sigma_{\max} \leq \frac{[\sigma]}{k} . \quad (4.2)$$
$$\sigma_{\max} = \frac{1000}{1,5} = 833,3 \text{ МПа}$$

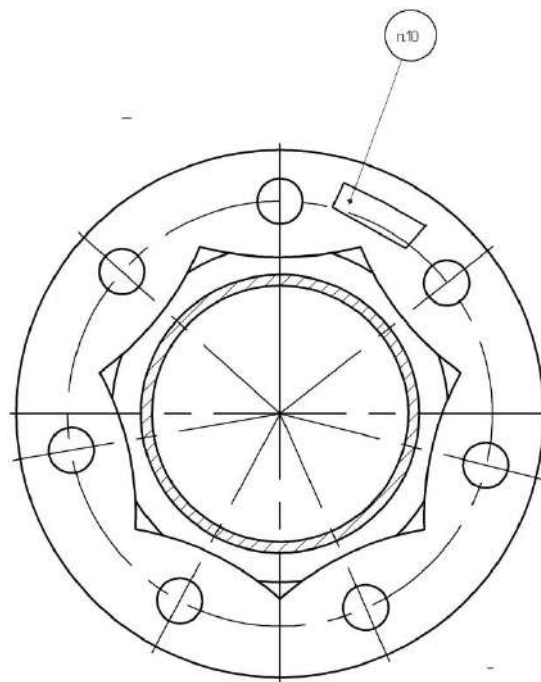
Після проведення розрахунку можна зазначити, що при випробуванні деталі "Маточина" на міцність виявлено, що прикладений крутний момент в розмірах 100 Н та 200 Н не перевищує допустиму межу. Однак, при навантаженні в розмірі 500 Н, крутний момент перевищує допустиму межу.

5 СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

5.1 Методи маркування деталей

Призначення маркування полягає у присвоєнні товару необхідної офіційної інформації, такої як серійний номер, дата виробітку або найменування товару, код, каталожний номер і т.д.[13].

В технічних умовах креслення деталі «Маточина» вказано маркувати деталь способом EX – електрохімічне маркування (рис. 5.1).



10 Маркування індивідуального номера деталі способом EX шрифтом 2,5, глибиною 0,05-0,10 мм, забезпечується інструментом.

Рисунок 5.1 – Маркування деталі «Маточина»

Розглянемо які бувають методи маркування деталей.

Маркувати продукцію можна ручним, автоматичним чи напівавтоматичним способом.

При виборі методу маркування необхідно враховувати [13]:

- 1) мета маркування, обсяг і складність інформації, що наноситься, вимоги до якості символів;
- 2) кількість виробів, що маркуються на добу (одиничне, дрібносерійне або великосерійне виробництво);
- 3) необхідність нанесення змінного маркування та частота внесення змінних даних;
- 4) стан маркованої поверхні: фізико-хімічні властивості (шорсткість поверхні, твердість матеріалу, товщина виробу у місці маркування, хімічний склад матеріалу та покриття); геометричні властивості (розміри маркування, кривизна поверхні в зоні маркування, розташування цієї поверхні - втоплене або виступає);
- 5) вимоги до довговічності маркування з урахуванням умов, у яких використовуватиметься виріб (температура, вологість, склад атмосфери, занурення в рідині, абразивний та фрикційний вплив, дія газових потоків тощо);
- 6) негативний вплив методу маркування: поява концентраторів напружки, корозійних джерел та інші зміни поверхневого шару;
- 7) надійність доступу та читання інформації;
- 8) вимоги щодо захищеності маркування від підробки;
- 9) продуктивність процесу маркування та можливість вбудовування у конвеєрне виробництво;
- 10) економічні витрати та екологічні фактори.

Найпростішим, але поряд із цим трудомістким, що вимагає значної кількості електроенергії, способом нанесення гравіювання на металеві поверхні є метод фрезерування [13].

Метод фрезерного маркування металу

Застосування такого способу дозволяє отримати гарний об'ємний напис чи логотип. Змінюючи глибину різання металу, можна виконати профільне рельєфне зображення [13].

Безумовно, для такої операції буде потрібне потужне механічне обладнання, здатне винести навантаження, які виникають у процесі нанесення маркування та залежать від глибини різання металу [13].

Використання високоточних верстатів для гравіювання дозволяє наносити на поверхню металу різні логотипи та зображення. На точність виготовлення впливає вигляд різального інструменту. Часте застосування знаходять фрези із пластинами з твердого сплаву, за допомогою яких наносяться малюнки високої якості навіть на сталі підвищеної твердості. Зазвичай такий механічний спосіб маркування металевих виробів використовують лише деталей, мають товсті стінки (рис. 5.2) [13].



Рисунок 5.2 – Метод фрезерного маркування [13]

Ударно-крапкове маркування

Крім фрезерної обробки, є ще й такий механічний метод нанесення зображення на поверхню металу, як голковдарне маркування. Його ще називають ударно-крапковим. Таким чином, відбувається нанесення логотипів або малюнків за допомогою спеціального ударного маркатора. Цей пристрій є верстатом, оснащеним рухомою головкою з інструментом точкової дії на метал. Кожен удар по оброблюваній поверхні утворює вм'ятину невеликого розміру, а при їх сукупності виникає велике об'ємне зображення. З одного боку, утворюється поглиблення, а з іншого – поверхня, що виступає [13].

Маркіратори ударно-крапкового типу використовують при гравіювання виробів з м'яких металів, таких як латунь, арматура, бронзові фітинги. Можна розмістити і поодинокі замовлення. Поряд із моделями стаціонарного типу використовуються пристрої маркування переносного варіанту. Завдяки мобільності інструмент дає змогу наносити маркування вручну на вироби великих габаритів, які проблематично встановити на верстат. Підприємствам із дрібно- або середньосерійним масштабом виробництва немає необхідності купувати дороге обладнання. Для невеликих партій деталей доцільніше купити модель для таврування металу стаціонарного варіанта [13].

Ручне маркування можна наносити також віброолівцем із твердосплавною голкою – це варіант зменшеної моделі маркувального портативного апарату. Його застосування раціонально при нанесенні маркування на вироби з тонколистових металів. Можна використовувати як індивідуальний інструмент для гравіювання металевих деталей [13].

Каплеструйне маркування металу

Це вид технології, застосування якої дозволяє наносити буквені позначення та різні зображення на сталеві вироби циліндричних або плоских форм (рис. 5.3). Особливістю даного методу є те, що можна здійснювати кольорове маркування будь-яких відтінків. Є обладнання, оснащене двома головками, за допомогою яких можна виконати найскладніші зображення [13].



Рисунок 5.3 - Каплеструйне маркування [13]

Для виконання такого маркування використовується краплеструменевий маркіратор. В принципі, це те саме, що й струменевий друк, тільки не на папері, а на металі. Технологія використовується для груп товарів, які реалізуються у сталевих флакончиках та невеликій тарі. Маркування наносять на дні або на шийці виробу [13].

Розрізняють портативні та стаціонарні краплеструминні принтери для маркування. Саме таке обладнання найчастіше використовується на виробництві. Промислові підприємства здатні гравірувати з високою продуктивністю, роблячи таку операцію під час руху деталі на потоці конвеєра без зупинки технологічного процесу [13].

Для контролю та обліку товарів на касі під час продажу в нанесеній інформації переважно застосовують штриховий код та набір певних цифрових символів [13].

Аналогом краплеструменевого маркування є простий маркіратор струминного виконання. Як витратний матеріал використовують чорнило. Такий інструмент наносить дані з недостатньою чіткістю та якістю контурних

ліній надрукованого зображення, але й цього цілком достатньо для можливості зчитування пристроями штрих-кодів [13].

Шовкографія

Крім перерахованих вище, також у виробництві застосовують такий спосіб маркування металевих виробів, як шовкографія. Його використовують переважно для маркування плоских деталей, різних корпусних виробів та при заповненні інформації на шильдиках. Виконання друку допустимо поверх вже нанесеної фарби, оскільки суть процесу накладення додаткового шару. Дане обладнання дозволяє наносити чорно-біле зображення або з використанням різних відтінків, в результаті можна отримати багатобарвну якісну картинку. Гравіювання за допомогою шовкографії здійснюється за декілька проходів [13].

При такому друку використовують фарби двох типів, що підбираються в залежності від оригінального вигляду деталі. Відмінність у цьому, що у поверхню деталі до покриття її фарбою необхідно створити адгезійний шар. Для цієї мети застосовують спеціальну фарбу із двох компонентів. Подібний тип витратного матеріалу має підвищену стійкість до зовнішніх впливів та сонячного вигорання, тому його застосування широко поширене для маркування виробів, призначених для експлуатації на відкритому повітрі. Така властивість фарби дозволяє зберігатися на поверхні виробів довгий час [13].

Технологія металофото

Металофото – це технологія перенесення відображень на алюмінієві шильдики з метою отримання чорно-білого або кольорового зображення. Суть цього процесу – прояв на алюмінієвій поверхні фоточутливої солі. Така хімічна реакція буквально змушує зображення вкраплюватися в структуру металевої поверхні [13].

Процес маркування цим способом здійснюється у наступній послідовності [13]:

- 1) друк плівки із зображенням, призначеним для перенесення;

2) щільне встановлення плівки на поверхню пластини та його надійна фіксація;

3) експонування, що займає кілька секунд;

4) застосування проявника та закріплювача;

5) нанесення на поверхню пластини потрібних кольорів і занурення її в ємність зі спеціальним розчином, що ущільнює.

У результаті виходить єдине зображення, яке «вкrapується» у металеву структуру. Такі вироби довго зберігають колір навіть при механічних впливах.

Маркування металів травленням. Кислотні маркери

Існуючі методи (технології) промислового маркування готових виробів з металів та сплавів можна розділити на дві групи (навісні бирки не розглядаються).

Не впливають на маркований виріб (так звані – «не інтрузивні») [13] :

1) маркування фарбою – ручні маркери на основі твердої або рідкої фарби, краплеструминні принтери (рис.5.4);

2) самоклеючі етикетки на паперовій або полімерній основі.



Рисунок 5.4 - Маркування фарбою [13]

Змінюючи властивості поверхні виробу, що маркується (так звані – «інтрузивні») [13]:

1) хімічне травлення (рис. 5.5);

- 2) електрохімічне травлення;
- 3) ручне таврування;
- 4) автоматизоване ударно-крапкове маркування;
- 5) лазерне маркування.



Рисунок 5.5 – Маркування травленням [13]

Маркування ударним методом представлена на рис. 5.6.



Рисунок 5.6 – Маркування ударним методом [13]

5.2 Електрохімічний спосіб маркування металу

Електрохімічне маркування полягає у розчиненні металу при проходженні електричного струму від електрода (клейма) до виробу через шар електроліту безпосередньо або через змочену електролітом прокладку з діелектричним накладеним трафаретом [14].

У разі застосування трафаретів отримати чіткі межі індексів досить важко, тому ширше застосовують безтрафаретний спосіб маркування, для якого характерні висока продуктивність, простота обладнання та оснащення, високі якості маркування та відсутність зносу клейм. При такому маркуванні не створюються концентратори напруги, що дозволяє таврувати вироби (деталі) з тонкого листа, ажурні деталі та деталі, що піддаються знакозмінним навантаженням, де не допускається геометрична та структурна зміна поверхні.

Маркування здійснюється при накладенні на поверхню деталі попередньо змоченого електролітом тавра (у штемпельній подушці) і при пропусканні постійного струму напругою 3-15 (до деталі підключається позитивний полюс джерела струму, а до тавра - негативний). В якості електролітів використовують переважно водні розчини нейтральних солей, однокомпонентні та багатокомпонентні [14].

У процесі роботи тавро забруднюється продуктами обробки, тому через 30-50 відбитків його протирають вологою серветкою. Для електрохімічного маркування застосовують низку спеціальних приладів [14].

Приклад електрохімічного маркування представлений на рис. 5.7.



Рисунок 5.7 – Електрохімічне маркування [14]

Як електрод-інструмент застосовується шрифт з друкарського сплаву (гарті), відлитий на рядковідливній машині. Отримане тавро заливається пластмасою і обробляється до розкриття гарту. Інструмент практично не зношується і може використовуватися багаторазово [14].

Електрод вибирають виходячи з вимоги одержання стійкого та відмінного від кольору основного металу оксиду. Для маркування інструментальних сталей цим умовам відповідає електроліт, в якому окислювач міститься нітрат натрію. Може також використовуватися нітрат калію, проте його розчинність гірша. Під впливом іонів NO_3 відбувається окислення заліза до утворення окислу заліза FeO чорного кольору. Цей оксид, стійкий до дії лугів та кислот, утворює чітке тавро. Для запобігання можливості утворення осаду Fe(OH) бурого кольору електроліт вводиться невелика кількість (4-10%) сегнетової солі [14].

Додавання надмірної кількості сегнетової солі призводить, однак, до зменшення інтенсивності фарбування тавра [14].

Для маркування використовуються як одиночні, так і групові тавра, що складаються із знаків, розташованих в один або кілька рядків. Поодинокі клейма містять знак і обрамлення (якщо воно необхідне), що прикріплюються

до державки, виконаної з латуні. У державці є гніздо під штекер. Зовнішня її частина ізолюється поліхлорвінілової трубкою або іншим ізолятором [14].

Знак прикріплюється до потовщеної частини державки за допомогою з'єднання типу «ластівчин хвіст» з наступним керненням або пайкою легкоплавкими припоями (наприклад, ПОС-61), або приклеювання струмопровідною емаллю (наприклад, типу ХС-928) [14].

Широко використовують спосіб кріплення знаків струмопровідної емаллю, що здійснюється наступним чином: основу державки і знака очищають від забруднення, наприклад наждачним папером, потім поверхні, що склеюються, обдують сухим повітрям і знежирюють бензином, після чого сушать на повітрі протягом 10-15 хв. Далі на поверхні, що склеюються, наносять перший шар емалі і сушать при температурі 15-35°C протягом 1 год. Після нанесення на склеювані поверхні другого шару емалі знак притискають до державки, і тавро сушиться на повітрі протягом 72 год [14].

Наступним етапом є заливання знаків швидкотвердіючої пластмасою типу стіракрилу або епоксидного клею (на основі смол ЕД-5, ЕД-6). Заливка знаків виробляється у спеціальні форми, розмір та конфігурація яких залежить від розмірів тавра. Форма складається із сталеві шліфованої пластинки, до якої двома гвинтами кріпиться рамка з оргскла. Внутрішній контур рамки виконаний з ухилом 65 °, завдяки чому полегшується знімання тавра після затвердіння. По всьому внутрішньому контуру вікна рамки та платівки гарячим способом наноситься тонкий шар парафіну, що служить для запобігання прилипання пластмаси до стінок форми [14].

Після затвердіння пластмаси (стіракрилу протягом 6-8 год, а епоксидного клею-20-24 год) тавро виймається з форми. Необхідно стежити, щоб після заливання пластмаса рівним шаром (без будь-яких виїмок, пір, волосин тощо) заповнила всі поглиблення знаків по периметру шаром 2-3 мм. У разі утворення зазначених дефектів погіршується локальність маркування та чіткість відбитка,

потім ізоляційний трафарет шліфується до оголення знаків, при цьому відхилення від площинності не повинно перевищувати 0,02 мм [14].

У разі утворення пористості або фарбування тавра для його відновлення на пошкоджене місце наносять кілька шарів лаку ЕП-51, стіракрилу або рідкої епоксидної смоли і після висихання зачищають, не чіпаючи матеріалу знаків.

Так як при електрохімічному маркуванні тавро відокремлено від деталі тонким шаром електроліту, товщина якого залежить від зусилля притиску тавра до деталі, то не виключається можливість короткого замикання, тому процес маркування залежить від навичок оператора. З метою запобігання передчасному руйнуванню тавра при короткому замиканні на ізолюючому трафареті по периметру зовнішнього контуру знаків утворюють місцеві опуклості шляхом розколювання його вістрям голки на глибину 0,2-0,3 мм. Це забезпечує гарантований міжелектродний проміжок 0,01-0,05 мм [14].

Складові електричних маркерів

Електричні маркери складаються з джерела живлення та електропровідного пера (дрот, тонкий стрижень), укладеного в діелектричний корпус зазвичай циліндричної форми (рис. 5.8) [14].



Рисунок 5.8- Електроіскровий маркер Arkograf A50/6 фірми Arglo (Швейцарія) [14]

Перо здійснює механічні коливання за допомогою соленоїдного електромеханічного вібратора і підключається до одного полюса джерела живлення, а провідник з'єднує виріб, що обробляється, з іншим полюсом [14].

Джерело живлення в найпростішому випадку є малогабаритним понижувальним трансформатором, що працює від стандартної мережі (220 В, 50 Гц), на вторинній обмотці якого генерується напруга 8...24 В. При зміщенні стрижня вібратора у напрямку до виробу міжелектродний зазор між робочим кінчиком пера і зменшується, а напруженість електричного поля зростає і при деякому зазорі досягає критичного для даних умов значення. Відбувається пробой діелектрика та розвивається іскрова форма розряду, яка супроводжується виділенням певної кількості тепла на ділянках поверхні електродів, що контактують із плазмовим розрядним стовпом [14].

Завдяки поверхневому джерелу тепла формується нестационарне температурне поле поверхневому шарі електрода. Якщо енергія розряду досить велика для перебігу фазових переходів (плавлення, випаровування матеріалу електрода), формується електроерозійна лунка. При менших значеннях енергії, що виділяється, відбувається нагрівання локального об'єму матеріалу, обмеженого поверхнею плями контакту електрода з плазмовим стовпом до значних температур, що зазвичай призводить до зміни кольору плями в результаті утворення оксидних плівок різного стехіометричного складу і різної товщини [14].

У будь-якому випадку при переміщенні кінчика пера по поверхні за ним залишається слід у вигляді ланцюжка ерозійних лунок або термозабарвлених плям, що формує вміст інформації, що наноситься. Більшість маркерів даного типу забезпечує розмір символів від 2 мм, ширину маркування 0,1...1 мм, глибину сліду маркування 0,1...10 мкм [14].

За наявності високоточного двокоординатного столу або механічної руки з високою точністю позиціонування та цифровим керуванням переміщеннями по

осях координат, процес нанесення інформації можна автоматизувати (рис. 5.9) [14].

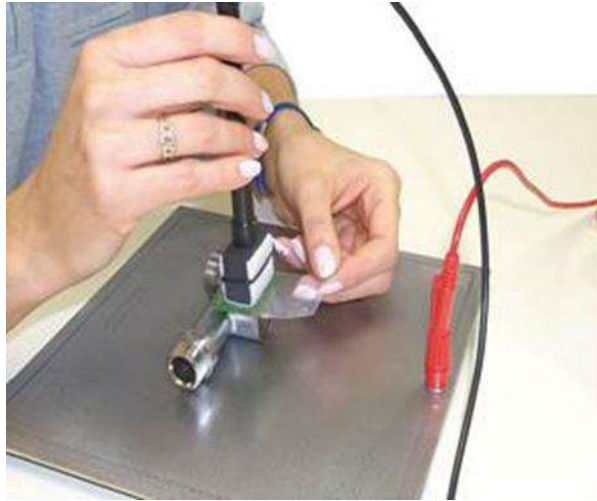


Рисунок 5.9 – Автоматизований процес електрохімічного маркування [14]

У деяких випадках для маркування виробів із крихких матеріалів використовують ультразвукові маркувальні установки та технології. Для ультразвукового таврування застосовують магнітострикційні та п'єзоелектричні перетворювачі, до концентратора яких прикріплюють тавро. Під тавро подають абразивну суспензію, підтискають його до деталі і включають УЗ коливання амплітудою 5...15 мкм із частотою 22 кГц. Час обробки вибирають в залежності від площі зображення, виду знаків і матеріалу деталі, що обробляється [14].

Електрохімічне маркування вигідно вирізняється серед сучасних методів нанесення інформації на поверхню виробів завдяки наступним технологічним перевагам [14]:

- 1) Негативний вплив на поверхневий шар деталі в зоні нанесення знаків відсутній або проявляється мінімальною мірою;
- 2) Можливе регулювання кількісних та якісних параметрів зображення в широких межах;
- 3) Операція маркування характеризується відносно високою продуктивністю та низькою собівартістю.

Сутність електрохімічного маркування полягає у локальному виборчому анодному розчиненні поверхневого шару матеріалу деталі чи складальної одиниці, обмеженого захисним покриттям (трафаретною маскою), під впливом електричного струму серед електроліту [14].

Цей метод забезпечує достатню довговічність нанесеної інформації, не потребує складного обладнання, не супроводжується техногенним навантаженням на довкілля. Теоретичний опис процесу маркування дозволяє досить точно вирішити задачу електрохімічного формоутворення стосовно зазначеної операції [14].

Для маркування використовують трафаретні маски, виготовлені за допомогою спеціальних принтерів. Принцип роботи маркувального пристрою пояснюється на рис. 5.10 [14].

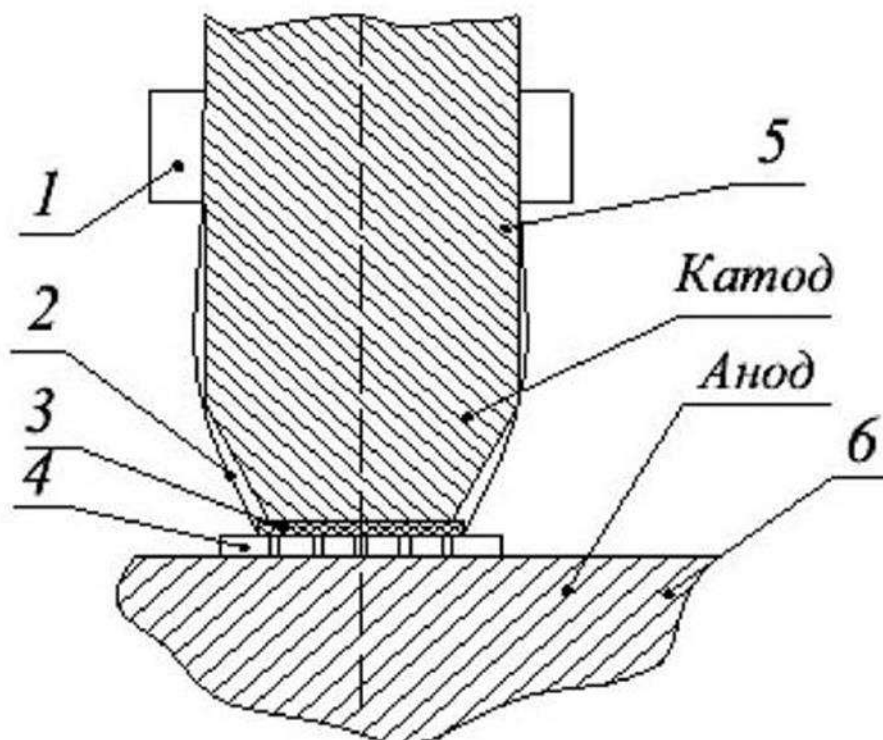


Рисунок 5.10 - Схема маркування знаків завглибшки 2...5 мкм [14]

Після нанесення інформації на деталь місце маркування нейтралізують тампоном, змоченим 5% розчином кальцинованої соди [14].

Касета 1 служить для закріплення розділової тканини 2, що підтискає вологонакопичувач 3 у вигляді шматочка фетру до торця графітового електрода 5. Попередньо підготовлений трафарет 4 накладається на очищену і знежирену поверхню деталі 6. Шорсткість поверхні, підготовленої для нанесення інформації, = 6,3 мкм. Висота шрифту інформації, що наноситься, не менше 1 мм [14].

Як електроліт використовують водні розчини нейтральних солей або розчин етилового спирту та води [14].

5.3 Лазерне маркування металевих виробів

Лазерна технологія маркування металів має свою специфіку. При безконтактному впливі обробляється верхній шар деталі. Якийсь час це гарантуватиме збереження якості таврування, оскільки під час нанесення маркування не відбувалося жодних зовнішніх впливів. При маркуванні матеріалів підвищеної крихкості (чи то пластик чи скло) за допомогою такого методу виключається його деформація [15].

Після цього за допомогою лазерного маркатора на підготовлену поверхню виробу з металу наносять інформацію: логотип фірми-виробника, номер партії, штрих-код та серійний номер. Дані має чітке зображення, не стираються і включають рекомендовані умови зберігання та використання, а також відомості про продаж виробу. Видалити лазерне маркування неможливо ні хімічним, ні фізичним способом – це підтверджує його високу якість [15].

Леймення лазером можна використовувати на будь-якому етапі виготовлення деталі без спеціальних вимог та умов. Цей процес залежить від видів металів та його сплавів [15].

Відмінною особливістю цього виду маркування виробів і те, що процес нанесення зображень здійснюється досить швидко і несе додаткових витрат за витратні матеріали [15].

Приклад лазерного маркування надано на рис. 5.11.



Рисунок 5.11 – Лазерне маркування[15]

Переваги лазерного способу маркування металевих виробів [15]:

- 1) можливість нанесення на поверхню виробів різних параметрів та фактично з будь-якого виду матеріалу;
- 2) нанесене зображення залишається чітким та видимим протягом тривалого часу;
- 3) не потребує великих енергетичних витрат;
- 4) здійснюється за допомогою комп'ютерного моделювання;

- 5) мінімальні часові витрати під час лазерного маркування не відбиваються на продуктивності підприємства;
- 6) нанесене зображення важко стерти чи змінити;
- 7) здійснення маркування деталі з будь-якою нерівністю її поверхні та у важкодоступних місцях;
- 8) захищає виріб від підробки.

До недоліків лазерного маркування на металі (особливо в порівнянні з методом електрохімічного маркування) відноситься те, що [15]:

- 1) устаткування для маркування металу у такий спосіб коштує дорого;
- 2) при нанесенні зображень руйнується поверхневий шар, що критично у разі виробів із нержавіючої сталі.

Висновок:

Порівнявши усі «за» та «проти» викладені вище для деталі «Маточина» обране електрохімічне маркування .

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ АБО ЗАХОДІВ

Для вдосконалення технологічного процесу деталі «Маточина» в умовах виробництва можливі два варіанти технологічного процесу (ТП) .

У першому варіанті, заводський технологічний процес розроблено з урахуванням принципу концентрації переходів. Фрезерні операції виконуються на універсальних верстатах в операціях 060 та 070.

У другому варіанті запропоновано перевести операції 060 та 070 на операції з ЧПК на оброблювальному центрі MC665-2 SF. Обрані верстати характеризуються високою продуктивністю.

Вихідні дані наведені в табл. 6.1

Таблиця 6.1 – Вихідні дані

Розрахункові параметри	Варіанти ТП	
	Перший ТП	Другий ТП
Річна програма випуску деталей Np	5000	
Модель верстата	FNK-25	MC665-2 SF
Штучний час Tшт, хв.	70,3	47,46
Розряд верстатника	3	5
Розряд наладчика	5	-
Число верстатів, що обслуговуються за зміну: верстатником наладч	2	1
Тарифна ставка основного робітника, грн/год	51,7	65,1
Тарифна ставка наладчика, грн/год	57,7	-
Число змін m	2	
Оптова ціна верстата F, грн	2016000	5063940
Число верстатів	2	1
Сервісний термін обслуговування n, років	10	15
Норма амортизаційних відрахувань На %	10,7	12,2
Встановлена потужність електродвигунів N	12,5	14,5

Дійсний річний фонд часу роботи обладнання $F_d=4015$ год.; нормативний коефіцієнт завантаження обладнання $\eta_{zn}=0,8$; річна програма випуску деталей $N_p=5000$ шт./рік.

Визначимо найбільш економічний варіант механічної обробки деталей за технологічною собівартістю для двох випадків [16]:

- на ділянці є обидва верстати,
- необхідне придбання цих верстатів.

Здійснимо розрахунок технологічної собівартості поелементним методом для першого випадку. Попередньо визначимо:

- тип виробництва першого та другого варіанта технологічного процесу, скориставшись даними щодо трудомісткості операцій;
- кількість верстатів на кожну операцію C_p [16]:

$$C_p = \frac{t_{шт-кі} \cdot N}{F_d \cdot K_B \cdot K_z \cdot 60} \quad (6.1)$$

де C_p - рахункова кількість обладнання;

$t_{шт-кі}$ - штучно-калькуляційний час, хв, операції виготовлення i - тої деталі;

N - програма випуску;

F_d - дійсний фонд часу роботи обладнання, год (при 2-змінній роботі 4015 год, при 1-змінній - 2023 год) [16];

K_B - коефіцієнт виконання норм часу (приймається за даними підприємства, приблизно можна прийняти $=1,1 \dots 1,2$) [16];

K_z - коефіцієнт завантаження обладнання (приймається за даними підприємства, приблизно можна прийняти $=0,8 \dots 0,85$) [16];

60 - переведення хвилин в години [16].

P - прийнята кількість робочих місць P ;

$\eta_{зф}$ - фактичний коефіцієнт завантаження верстата [16]:

$$\eta_{зф} = \frac{C_p}{P} \quad (6.2)$$

Кількість операцій O , що виконуються на робочому місці [14]:

$$O = \frac{\eta_{зн}}{\eta_{зф}} \quad (6.3)$$

Розрахунки коефіцієнта закріплення операцій по обом ТП зведені в табл. 6.2 та 6.3

Таблиця 6.2 - Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій першого ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	C_p	P	$\eta_{зф}$	O	$K_{зoi}$
	Фрезерна	70,3	1,45	2	0,73	1,1	1,1

Таблиця 6.3 - Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій другого ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	C_p	P	$\eta_{зф}$	O	$K_{зoi}$
	Комплексна з ЧПК	47,46	0,98	1	0,98	0,8	0,8

Заробітна плата основних виробничих робітників

Розраховуємо за формулою [16]:

$$Z_o = \sum_{i=1}^{m_{оп}} t_{шти} \cdot C_{тар} \cdot K_6 \cdot K_{доп} \cdot K_{соц} \quad (6.4)$$

де $m_{оп}$ - кількість операцій у технологічному процесі;

$t_{шти}$ - норма штучного часу виконання i -ої операції, год (для переведення хвилин у години розділити на 60) [16];

$C_{тар}$ - годинна тарифна ставка виробничого робітника на операції, [16];

K_6 - коефіцієнт, що враховує оплату основного робітника при багатOVERSTATному обслуговуванні та визначається за табл. 2.1 [16];

$k_{\text{доп.}}$ - коефіцієнт, що враховує додаткову заробітну плату (приблизно $k_{\text{доп.}} = 1,2$) [16];

$k_{\text{соц}}$ - коефіцієнт, що враховує страхові внески, $k_{\text{соц}} = 1,4$ [16].

Заробітна плата основних виробничих робітників по обом ТП зведені в табл. 6.4 та 6.5.

Таблиця 6.4 - Заробітна плата верстатника за першим ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	$C_{\text{тар}}$, грн	$K_{\text{доп}}$	$K_{\text{соц}}$	Z_o , грн
	Фрезерна	70,3	51,7	1,2	1,4	101,8

Таблиця 6.5 - Заробітна плата верстатника за другим ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	$C_{\text{тар}}$, грн	$K_{\text{доп}}$	$K_{\text{соц}}$	Z_o , грн
	Комплексна з ЧПК	47,46	65,1	1,2	1,4	86,5

Заробітна плата допоміжних робітників (наладчиків)

Розраховуємо за формулою [16]:

$$Z_n = \frac{C_{\text{тар.н}} \cdot \Phi_p \cdot \chi_n \cdot K_{\text{доп}} \cdot K_{\text{соц}}}{N} \quad (6.5)$$

де $C_{\text{тар.н}}$ - годинна тарифна ставка, [16];

χ_n - чисельність робітників відповідної категорії, чол.

Заробітна плата наладчика за першим ТП наведена в табл. 6.6.

Таблиця 6.6 - Заробітна плата наладчика за першим ТП

№ оп	Найменування операції	С _{тар} , грн	Ф _р , год	Ч _н	К _{доп}	К _{соц}	З _н , грн
	Фрезерна	57,5	65,1	0,5	1,2	1,4	0,63

Амортизаційні відрахування на обладнання

Розраховуємо за формулою [16]:

$$A_{\text{від}} = \sum_{i=1}^{m_{\text{оп}}} \frac{k_i \cdot H_{ai} \cdot t_{oi}}{100 \cdot F_d \cdot 60} \quad (6.6)$$

де K_i - первісна вартість обладнання (оснащення) на i -ої операції, грн.;

H_{ai} - річна норма амортизаційних відрахувань на обладнання (оснащення) на i -ої операції (%) [16];

t_{oi} - основний (машинний) час на i -ої операції, хв;

F_d - дійсний (ефективний) фонд часу роботи устаткування (оснащення), [16].

Норма амортизації технологічного обладнання визначається за строком його корисного використання $T_{\text{вик}}$ (сервісного обслуговування) [16]:

$$H_a = \frac{1}{T_{\text{вик}}} \cdot 100\% \quad (6.7)$$

Норма амортизації технологічного оснащення приймається рівною 5%, якщо термін служби не перевищує 2-х років. У Додатках В, Г[16] наведено оптові ціни на обладнання в умовних одиницях (1 у.о. = 1 євро) та норми амортизаційних відрахувань.

Амортизаційні відрахування на обладнання по обом варіантам ТП зведені в табл. 6.7 та 6.8.

Таблиця 6.7 - Відрахування на амортизацію обладнання за першим ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	К, грн	Н _а , %	Е _д	А _{від.} грн
060	Фрезерна	70,3	4032000*	10,7	4015	125,9

* Вартість за два верстати

Таблиця 6.8 - Відрахування на амортизацію обладнання за другим ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	К, грн	Н _а , %	Е _д	А _{від.} грн
	Комплексна з ЧПК	47,46	5063940	12,2	4015	104,6

Витрати на інструмент

Розраховуємо за формулою [16]:

$$S_{in} = \sum_{i=1}^{m_{on}} \sum_{j=1}^{n_{in}} \frac{C_{inj} \cdot t_{штиj} \cdot \eta_m}{T_{ij} \cdot (n_j + 1)} \quad (6.8)$$

де C_{inj} - ціна інструменту j -го виду на i -ої операції, що визначається за каталогами підприємств, фірм-постачальників інструменту чи сайтах мережі Інтернет, грн./шт.;

$t_{штиj}$ - штучний час роботи j -го інструменту на i -ої операції, хв;

η_m - коефіцієнт машинного часу, що визначається як відношення $t_{маш}/t_{шт}$;

T_{ij} - період стійкості інструменту j -го виду на i -ої операції [16];

n_{in} - номенклатура інструментів на i -ої операції;

n_j - число переточок інструменту j -го виду до повного зношування або кількість ріжучих граней інструменту (для пластин без задніх кутів необхідно враховувати переверот пластини).

Витрати на інструмент за двома ТП зведені в табл. 6.9 та 6.10.

Таблиця 6.9 - Витрати на інструмент за першим ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	Ці, грн	Типорозміри інструменту	п _i	Т, хв	п	η _{mi}	S _{ін} , грн
060	Фрезерна	70,3	380	Фреза кінцева	1	80	12	0,2	5,13
			380	Фреза дискова	1	80	12	0,2	5,13
			380	Фреза торцева	1	80	12	0,2	5,13

Σ=15,39

Таблиця 6.10 - Витрати на інструмент за другим ТП

№	Операція	Тшт, хв	ПП	Вартість інструментального обладнання			Т, хв	η _{mi}	п	S _{ін} , грн
				Втулка*, у.о.	Фреза*, свердло у.о.	Пластина у.о.				
	Комплексна з ЧПК	47,46	1	307	580	35	12	0,35	1	1,15
			2	307	450	35	80	0,35	1	8,2

* - Витрати, включені в договір про постачання обладнання. Σ S_{ін}=9,35 грн

Витрати на технологічну електроенергію

Розраховуємо за формулою [16]:

$$S_e = \frac{N_B \cdot k_N \cdot k_q \cdot K_{од} \cdot K_W \cdot t_{штк}}{\eta \cdot K_B} \cdot C_e \quad (6.9)$$

де N_B - встановлена потужність головного електродвигуна, [16]; k_N - середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за потужністю (для верстатів з ЧПК прийняти рівним 0,9, для решти обладнання - 0,8) [16]; k_q - середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за часом (для верстатів з ЧПК прийняти рівним 0,7, для решти обладнання - 0,6) [16]; $K_{од}$ - середній коефіцієнт одночасності роботи всіх електродвигунів верстата (для верстатів з ЧПК прийняти рівним 1, для решти обладнання - 0,6) [16];

k_w - коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в мережі заводу (прийняти рівним 1,08) [16];

η - коефіцієнт корисної дії обладнання (початкові дані);

k_B - коефіцієнт виконання норм часу [16] ;

C_e - вартість 1 кВт×год електроенергії (тариф для підприємств становить 3,45 грн. за 1 кВт×год) [16].

Витрати на технологічну електроенергію по двом ТП зведені в табл. 6.11 та 6.12.

Таблиця 6.11 - Витрати на силову електроенергію за першим ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	Ці, грн/кВт год	N_B , кВт	k_N	k_χ	k_{od}	k_w	η_c	K_ϵ	S_ϵ , грн
	Фрезерна	70,3	3,45	12,5	0,8	0,6	0,6	1,08	0,8	1,1	17,85

Таблиця 6.12 - Витрати на силову електроенергію за другим ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	Ці, грн/кВт год	N_B , кВт	k_N	k_χ	k_{od}	k_w	η_c	K_ϵ	S_ϵ , грн
	Комплексна з ЧПК	47,46	3,45	14,5	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	10,6

Витрати на обслуговування та ремонт обладнання

Розраховуємо за формулою [16]:

$$S_p = \frac{C_{то} \cdot K_p \cdot C_p}{N} \quad (6.10)$$

де $C_{то}$ - залишкова вартість обладнання, грн

K_p - коефіцієнт відрахувань до ремонтного фонду ($K_p \approx 0,02 \dots 0,04$) [14].

Витрати на обслуговування та ремонт обладнання по обом ТП зведені в табл. 6.13 та 6.14.

Таблиця 6.13 - Витрати на ремонт та обслуговування обладнання по першому ТП

№ оп	Найменування операції	Відрахувань до ремонтного фонду, К _р	C _р	S _р , грн
060	Фрезерна	0,02	1,45	11,69

Таблиця 6.14 - Витрати на ремонт та обслуговування обладнання по другому ТП

№ оп	Найменування операції	Відрахувань до ремонтного фонду, К _р	C _р	S _р , грн
	Комплексна з ЧПК	0,02	0,98	19,8

Витрати на налаштування інструментів поза верстатом

Розраховуємо за формулою [16]:

$$S_H = \frac{\varphi \cdot C_{\text{гн}} \cdot t_{\text{ін}} \cdot t_o \cdot K_T}{T_M \cdot m \cdot 60} \quad (6.11)$$

де φ - 1,3 - коефіцієнт, що враховує випадковий спад та поломки інструменту [16];

$C_{\text{гн}}$ - середньогодинна заробітня плата наладчиків, грн./год [16];

$t_{\text{ін}}$ - середній час налаштування одного інструменту поза верстатом, хв ($t_{\text{ін}} = 4$ хв. - для токарних верстатів з ЧПК; $t_{\text{ін}}=5$ хв. - для верстатів з ЧПК свердлильної, фрезерної та розточувальної груп) [16];

t_o - основний час роботи інструменту на операції, хв.;

K_T - коефіцієнт, що враховує питому вагу основного технологічного часу у штучному часі [16];

T_M - середня стійкість інструменту, хв. [16];

m - число граней ріжучої пластини, що не переточується, з механічним кріпленням, шт.; якщо налаштування інструментів поза верстатом не проводиться, $t_{in} = 0$; у разі використання на операції кількох ріжучих інструментів, що налаштовуються поза верстатом, розрахунок для кожного інструменту повторюється і результати складаються [16].

Витрати на налаштування інструментів поза верстатом по другому ТП зведені в табл. 6.15.

Таблиця 6.15 - Витрати на налаштування інструментів поза верстатом по другому ТП

№ оп	Найменуван. операції	T_o , хв	$C_{гн}$, грн/год	Тип інструменту	p_i	t_{in}	K_T	T_M	m	S_H
	Комплексна з ЧПК	47,46	50,9	Фреза	6	5	0,9	60	2	4,82

Узагальнені результати розрахунку технологічної собівартості обробки за варіантами наведено у табл. 6.16.

Таблиця 6.16 - Розрахунок елементів технологічної собівартості, грн.

Елементи собівартості		Варіанти ТП	
		Перший	Другий
Заробітна плата верстатника	$З_o$	101,8	86,5
Заробітна плата наладчика	$З_n$	0,63	-
Відрахування на амортизацію обладнання	$A_{від}$	125,9	104,6
Витрати на ремонт та обслуговування обладнання	S_p	11,69	19,8
Витрати на різальний інструмент	$S_{ін}$	15,39	9,35
Витрати на налаштування інструментів поза верстатом	S_n	-	4,82
Витрати на електроенергію	S_e	17,85	10,6
Витрати інші	I_n	20,36	17,3
Технологічна собівартість	C_T	293,62	252,97

Інші загальновиробничі витрати за формулою [16] :

$$I_n = Z_o k_{заг}, \quad (6.12)$$

де $k_{заг}$ - коефіцієнт, що враховує інші загальновиробничі витрати, віднесені до заробітної плати основних виробничих робітників, або до суми основної заробітної плати основних виробничих робітників та витрат, пов'язаних з роботою обладнання відповідно; $k_{заг} = 0,20 \dots 0,25$ [16].

$$I_{n1} = 101,8 \cdot 0,2 = 20,36 \text{ грн}$$

$$I_{n2} = 86,5 \cdot 0,2 = 17,3 \text{ грн}$$

Розрахуємо умовну економію за формулою [16]:

$$E_{yp} = (C_1 - C_2) N, \quad (6.12)$$

$$E_{yp} = (101,8 - 86,5) \cdot 5000 = 76500 \text{ грн.}$$

Таким чином, річна економія від впровадження другого ТП за статтею собівартість може становити 76500 грн., що свідчить про ефективність запропонованої технологічної інновації.

Здійснимо розрахунок технологічної собівартості поелементним методом для випадку придбання технологічного обладнання. Зіставимо величини капітальних витрат за варіантами. У табл. 6.17-6.18 розраховані капітальні витрати за формулою (6.13) [16].

Капітальні вкладення обладнання, віднесені до одиниці продукції, визначаються за наступним рівнянням [16]:

$$K_o = \frac{C_{об} \cdot t_{шт.к}}{60 \cdot F_d} \quad (6.13)$$

Таблиця 6.17 - Капітальні витрати на обладнання за першим ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	Ц, грн	F_d	K_o , грн
	Фрезерна	70,3	4032000*	4015	1176,62

* Вартість двох верстатів

Таблиця 6.18 - Капітальні витрати на обладнання за другим ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	Ц, грн	F_d	K_o , грн
	Комплексна з ЧПК	47,46	5063940	4015	997,65

Оскільки капітальні витрати є суттєво різними, оцінювати ефективність варіантів ТП слід на основі мінімуму наведених витрат. У табл. 6.19 наведено результати порівняння [16].

Таблиця 6.19 - Порівняння варіантів ТП за наведеними витратами

Витрати, грн		Варіанти ТП	
		перший	другий
Технологічна собівартість деталі	C_T	293,62	252,97
Капітальні витрати на деталь	K_o	1176,62	997,65
Собівартість річної програми	C_p	1468100	1264850
Капітальні витрати на програму	$K_{оріч}$	5883100	4988250
Річна економія (збиток), грн.	ΔW	1098100	

Аналіз табл. 6.19 показує, що придбання та використання високотехнологічного дорогого обладнання в умовах багатосерійного типу виробництва є прибутковим для впровадження нових інноваційних технологій [16].

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Розрахунок загального рівномірного штучного освітлення виробничих приміщень

Дуже часто в механічних цехах недостатньо природної освітленості, це пов'язано з малими світловими прорізами, розташуванням робочих місць, погодними умовами (висока хмарність, похмура погода, зимовий час). Недостатнє освітлення приміщення згубно впливає на зір людини і в результаті на її роботу в даному приміщенні і кінцевий результат його діяльності (готову деталь). У зв'язку з цим необхідно продумувати, розраховувати і встановлювати джерела штучного освітлення приміщенні (додаткові світильники, індивідуальні світлові прилади на робочих місцях) [17].

Тому проведемо розрахунок системи штучного висвітлення.

Важливим чинником забезпечення комфортних умов праці є створення оптимального висвітлення виробничих приміщень, робочих місць, ділянок виконання робіт поза будинками та території підприємства в цілому. Для штучного освітлення виробничих приміщень використовують переважно люмінесцентні лампи, а при висоті 12 ... 14 м - дугові ртутні лампи. Лампи розжарювання внаслідок низького ККД мало знаходять застосування на сучасних підприємствах [17].

Завдання світлотехнічного розрахунку може бути [17]:

- 1) - Визначення потужності ламп, необхідної для забезпечення заданої освітленості, при вибраних типі та розташуванні світильників;
- 2) – визначення числа та розташування світильників відомої потужності, необхідні отримання заданої освітленості;

3) - Визначення очікуваної (розрахункової) освітленості при відомих типі, розташування та потужності світильників.

Найбільш поширеним методом розрахунку системи штучного освітлення світильниками будь-якого типу застосовується метод коефіцієнта використання світлового потоку [17]:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot k_3 \cdot z}{\eta} \quad (7.1)$$

де $\Phi_{\text{л}}$ – сумарний світловий потік, *лм*;

$E_{\text{н}}$ – нормоване значення освітленості, відповідно до вимог ДБН В.2.5–28:2018, *лк*;

S – площа освітлюваної поверхні, *м²*;

k_3 – коефіцієнт запасу, відповідно до вимог ДБН В.2.5–28:2018;

z – коефіцієнт мінімальної освітленості, для люмінесцентних ламп $z=1,1$ [17];

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

Індекс приміщення і визначають за такою формулою [17]:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}; \quad (7.2)$$

де A і B – довжина та ширина приміщення відповідно;

h – висота розташування світильників щодо робочої поверхні.

Після визначення необхідного світлового потоку лампи підбирають за довідковими даними найближчу стандартну лампу і знаходять відхилення світлового потоку від розрахункового [17]:

$$C = \frac{\Phi_{\text{СТ}} - \Phi_{\text{РАСЧ}}}{\Phi_{\text{РАСЧ}}} \cdot 100; \quad (7.3)$$

Допускається відхилення до +20%.

Спроектувати загальне рівномірне освітлення механічного цеху світильниками типу КЛС. Розміри приміщення: довжина $A = 46$ м, ширина $B = 20$ м, висота $H = 7,8$ м. $E_n = 300$ лк (зорова робота дуже високої точності).

Обчислюємо площу освітлюваної поверхні [17]:

$$S_{\pi} = A \cdot B \quad (7.4)$$

$$S_{\pi} = 46 \cdot 20 = 920 \text{ м}^2$$

Коефіцієнт запасу лампи в залежності від вмісту пилу в приміщенні [17, дод. Г, табл. 4]:

$$K_3 = 1,5 \text{ мг/м}^3$$

Задаємось кількістю світильників N і визначаємо схему їх навішування.

Кількість рядів світильників у приміщенні [17]:

$$N_p = \frac{B}{(H - h_p) \cdot [L/h]} \quad (7.5)$$

де $[L/h]$ – числове значення коефіцієнта світильника (17, дод. В).

$$N_p = \frac{20}{(7,8 - 0,8) \cdot 0,8} = 4 \text{ ряди}$$

Максимально припустима відстань між рядами світильників [17]:

$$L_{\max} = \frac{B}{N_p}, \text{ м} \quad (7.6)$$

$$L_{\max} = \frac{20}{4} = 5 \text{ м}$$

Висота підвісу світильника над робочою поверхнею [17]:

$$h = \frac{L_{\max}}{[L/h]}, \text{ м} \quad (7.7)$$

$$h = \frac{5}{0,8} = 6,25 \text{ м}$$

Визначимо індекс приміщення згідно формулі (7.2):

$$i = \frac{46 \cdot 20}{6,25 \cdot (46 + 20)} = 2,23$$

Коефіцієнт використання світлового потоку світильника типу НСП з урахуванням заданих коефіцієнтів відбиття стелі та стін. Приймається у частках одиниці $\eta = 0,57$ [17].

Тоді необхідний світловий потік згідно формулі (7.1):

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{300 \cdot 920 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{0,57} = 79894 \text{ лм}$$

Розрахункова загальна кількість світильників N^* у приміщенні, виходячи з позиції розташування їх у вершинах квадрата [17]:

$$N^* = AB/L_{\max}^2 \quad (7.8)$$

$$N^* = 46 \cdot 20 / 5^2 = 37 \text{ шт}$$

Розрахунковий світловий потік лампи $\Phi_{\text{л}}^*$ [17]:

$$\Phi_{\text{л}}^* = \frac{\Phi_{\Sigma}}{N_{\text{л}}} \quad (7.9)$$

де $N_{\text{л}}$ — загальна кількість ламп у приміщенні [17];

$$N_{\text{л}} = N^* \cdot n \quad (7.10)$$

n — кількість ламп у світильнику;

$$N_{\text{л}} = 37 \cdot 2 = 74 \text{ шт}$$

$$\Phi_{\text{л}}^* = \frac{79894}{74} = 1079 \text{ лм}$$

Коефіцієнт пропорційності [17]:

$$m = \Phi_{\text{л}}^* / \Phi_{\text{л}} ; \quad (7.11)$$

$$m = 1079 / 1200 = 0,89$$

Оптимальна кількість світильників у приміщенні [17]:

$$N = N^* \cdot m \quad (7.11)$$

$$N = 37 \cdot 0,89 = 33,26 \text{ шт}$$

Скоригуємо число світильників та визначимо їх фактичну кількість $N_{\text{ф}}$, яка відповідає рівнокількісному розміщенню (значенню) світильників у кожному ряді (тобто є величиною кратною кількості рядів) [17].

$$N = 36 \text{ шт}$$

Визначення загальної розрахункової освітленості E_p у приміщенні, що створюється при застосуванні вибраних стандартних ламп [17]:

$$E_p = \frac{\Phi_{\text{л}} N_{\text{фл}} \cdot \eta}{S \cdot k_3 \cdot z} \quad (7.12)$$

де $N_{\text{фл}}$ – фактична кількість ламп у приміщенні.

$$N_{\text{фл}} = 36 \cdot 2 = 72 \text{ шт}$$

$$E_p = \frac{1079 \cdot 72 \cdot 0,57}{920 \cdot 1,5 \cdot 1,1} = 291,17 \text{ лк}$$

При правильному виборі типу і кількості стандартних ламп повинна виконуватися умова [17]:

$$E_p = (-10\% \dots +20\%) \cdot E_{\text{н}}, \text{ лк} \quad (7.13)$$

$$291,17 = - 2,94\% \cdot 300$$

Умова виконується.

Приймаємо 72 світильника, розташованих у чотири ряди.

Загальна потужність освітлювальної установки [17]:

$$P_{\Sigma} = N_{\text{фл}} \cdot P_{\text{л}}, \text{ Вт} \quad (7.14)$$

де $P_{\text{л}}$ – потужність вибраної стандартної лампи, $P_{\text{л}}=20\text{Вт}$ (17, дод. Б).

$$P_{\Sigma} = 72 \cdot 20 = 1440, \text{ Вт}$$

Таким чином, для освітлення приміщення механічного цеху потрібно 36 світильників типу НСП із двома люмінесцентними лампами .

ВИСНОВОК

У ході написання магістерської роботи вдосконалено та оформлено документацію на технологічний процес виготовлення «Маточини» .

Вибрано серійний тип виробництва та серійно-потокова форма організації, розраховано кількість заготовок у партії для одночасного запуску.

Вибрано та обґрунтовано спосіб отримання заготівлі та маршрут виготовлення Маточини. Розраховано припуски на механічну обробку та підібрано оптимальні режими різання та норми часу.

Виконано проектування та розрахунок робочого та контрольного пристосувань. Внесено суттєві зміни у конструкцію існуючого пристосування спрямовані на механізацію та автоматизацію пристроїв, які знижують витрати часу.

У спеціальній частині порівняно методи маркування. Вибрано електрохімічне маркування.

Економічно обґрунтовано ухвалені рішення. Розрахована освітленість в механічному цеху.

У магістерській роботі розкрито основні теоретичні положення, наведено всі необхідні пояснення, розрахункові формули, ескізи та детальні розрахунки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 1. / [под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985. - 694 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 2. / [под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова]. – М.: Машиностроение, 1985.- 652 с.
3. Косилова А.Г. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении / А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков, М. А. Калинин. – М. : Машиностроение, 1976. – 352 с.
4. Ципак В.І. Розрахунки технологічних розмірів при проектуванні процесів механічної обробки / В.І. Ципак. – Запоріжжя : ЗДТУ, 1996. – 91 с.
5. 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. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 61 с.
6. Режимы резания металлов. Справочник / [под ред. Ю.В. Барановского]. – М. : Машиностроение, 1972. – 176 с.
7. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник / В.И.Баранчиков, А.В.Жаринов, Н.Д. Юдина и др.; Под общ.ред.В.И.Баранчикова.- М.: Машиностроение, 1990.- 400с
8. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика-машиностроителя. Том 2.Техническое нормирование станочных работ.М:ГНТИМЛ, 1961.-826с
9. В.А.Богуслаев, В.А.Леховицер, А.С.Смирнов. Станочные приспособления – Запорожье : изд-во «Мотор Сич», 2000. – 430 с.
10. Альбом контрольно-измерительных приспособлений: Учебное пособие для вузов / Ю. С. Степанов, Б. И. Афонасьев, А. Г. Схиртладзе, А. Е. Щукин, А.

С. Ямников. / Под общ. ред. Ю. С. Степанова. - М.: Машиностроение, 1998. - 184 с.

11. Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні: Конспект лекцій для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» 7.05050201, 8.05050201 денної та заочної форми навчання / Сост.: В. Т. Саункін, С. Л. Міранцов, В. І. Тулупов. – Краматорськ: ДГМА, 2012. – 100 с.

12. Kondaschewski W.W., Lotze W. Mesteuergeräte spanender Werkzeugmaschinen. Berlin: VEB Verlag Technik, 1974. – 624 S.

13. Макаров М. Способы маркировки металлических изделий - Основные и вспомогательные варианты. ВТ-металл 2023. <https://vt-metall.ru/articles/614-sposoby-markirovki-metallicheskih-izdelij/> (дата звернення 25.12.2023)

14. Электрохимический способ маркировки металла // Ритм машиностроения. 2021г. <https://molotokrus.ru/elektrohimicheskiy-sposob-markirovki-metalla/> (дата обращения: 11.12.2023)

15. Горный С.Г., Емельченков И.Р. Лазерная маркировка. В кн.: Лазерная технология и ее применение в металлообработке. – Л.: ЛДНТП, 1990, с.42–47. https://www.photonics.su/files/article_pdf/2/article_2696_877.pdf (дата обращения: 11.12.2023)

16. Методичні рекомендації для дипломного проектування “Оцінка економічної ефективності технічних рішень” для студентів зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. Г.В. Пухальська - Запоріжжя: НУ«Запорізька політехніка», 2023 - 41 с.

17. Методичні вказівки до лабораторного заняття «Розрахунок загального рівномірного штучного освітлення виробничих приміщень» з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі»: для студентів усіх спеціальностей та форм навчання /Укл. : В.І. Шмирко, О.В. Коробко, Ю.І. Троян. – Запоріжжя: каф. ОПіНС. НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 36с., 3 рис., 12 табл.

Додаток А Специфікація робочого пристосування

НУЗП 292344.007

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ.					Документація		
			A1	НЧЗП 292344.007	Складальне креслення		
					Складальні одиниці		
			1		Пневмоциліндр ГОСТ 15608-81	1	
					Деталі		
			2		Корпус	1	
			3		Центратор	1	
			4		Стійка	1	
			5		Притискач	1	
					Стандартні вироби		
			6		Гайка М10-6Н ГОСТ 5927-70	1	
Подп. и дата			7		Гвинт М5-6dх20 ГОСТ 11738-84	3	
			8		Гвинт М8-6dх40 ГОСТ 11738-84	3	
			9		Гвинт М10-6dх25 ГОСТ 11738-84	3	
			10		Штіфт 3т6х18 ГОСТ 3128-70	1	
			11		Штіфт 4т6х12 ГОСТ 3128-70	1	
Подп. и дата							
Взам. инв.							
Инв. инв.							
подп.							
Инв. подп.							
Изм. Лист							
Разраб. Пров.							
Н.контр. Утв.							
				НЧЗП 292344.007			
				Приспособування для фрезерування лисок			
				Лит. Лист Листов			
				У 1 1			
				НЧЗП М-112М			

Копировал

Формат А4

Додаток Б Специфікація контрольного пристосування

НУЗП 401131.007

Формат		Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.							
					Документація		
			A1		Складальне креслення		
					Деталі		
			1		Основа	1	
			2		Плита	1	
			3		Підставка	1	
			4		Штирь	2	
Справ.			5		Вісь	1	
			6		Вісь	1	
			7		Ручка	1	
			8		Стійка	1	
			9		Сухарик	2	
			10		Планка	2	
			11		Ручка регулюючого пристрою	2	
Взам. инв.					Стандартні вироби		
			12		Болт М10х40 ГОСТ 7808-80	1	
			13		Гвинт М5х25 ГОСТ 14 731-80	1	
			14		Гвинт М5х8 ГОСТ 14 91-80	1	
Подп. и дата					НУЗП 4 11010.007		
	Изм.	Лист	докум.	Подп.	Дата		
	Разраб.	Ждановський Е.В.				Лит.	Лист
	Пров.	Тришин П.Р.				У	Листов
Инв. подл.							
	Н.контр.	Дядя С.І.				НУЗП	
	Утв.	Дядя С.І.				М-112м	
Пристосування для перевірки биття							