

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

РЕЦЕНЗІЯ
на дипломний проект (роботу)

Діагностика зношеності деталей машин «Валів»
(вказати тему дипломного проекту (роботи))

технологічними методами
Студент (ка) Куроп'янич Олександр Миколайович

Спеціальність 131 Прикладна механіка
(код, підметання спеціальності)

Обсяг проекту новий

Кількість аркушів креслень 10,45

Кількість сторінок пояснювальної записки 10,45 120

а) короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень технологічне
часино, конструкційного часино, розрахунок
на міцність, визначення напружено-деформованого
стану деталі

б) висновок про відповідність проекту (роботи) завданню
Вроша відповідає завданню

в) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту (роботи), рівень відповідності останнім досягненням науки та техніки і передовим методам роботи

в пояснювальній записці відсутні виснов-
ки по дипломному проекту

г) негативні особливості виконання проекту (роботи) спеціальне
завдання не пов'язане з технологією про-
цесу деталі

д) позитивні особливості запропоновано автотести-
зати координат при координатній автотес-
туванні технологічних процесів

е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до проекту (роботи)

відсутнє графічне зображення токарної

і організацій операцій, розроблених в НХ

є) відгук про проект (роботу) загалом ~~дизайнерський~~ проект
висловлений у повільній обсязі

ж) інші зауваження в організаційних картках відгуків
за не утворення та зміна загальної оцінки за
порівнянням експертних оцінок кращою оцінкою
з порівнянням даних стандартів

з) оцінка проекту (роботи) ~~дизайнерський~~ проект за-
вершує оцінку "задоволено"

Рецензію склав

доц. Терхальський Г. В.

(посада, місце роботи, прізвище, ім'я, по батькові)

Гієу

(підпис)

«12» грудня 2019 р.

[14:18:47] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №477 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:18:57] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №482 [3] (200043 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:19:08] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №487 [3] (200043 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:19:15] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №492 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:19:27] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №497 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:19:40] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №507 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:19:53] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №502 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:21:34] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №512 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:22:42] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №517 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:22:55] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №522 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:23:45] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №527 [3] (200058 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:25:28] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №532 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:27:29] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №537 [3] (200043 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:27:50] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №542 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:28:07] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №547 [3] (200043 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:28:29] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №552 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:28:57] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №557 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:28:58] Тип проверки: *Стандартная*

[14:28:58] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 28%)**

[14:28:58] **Уникальность текста 85%⁰ (Пропигнорировано подстановок: 0%)**

Перевірку на плагіат програмою AntiPlagiarism.NET, магістерської роботи
Куроп'ятник О.М., провів зав. навч. лаб. каф. ТМБ Паміров В.М.

10.12.2019р.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний
(повне найменування інституту, факультету)
Технології машинобудування
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

другий (магістерський)
(ступінь вищої освіти)

на тему Проблемы эффективности работы
«Вал» технологичными параметрами

Виконав: студент(ка) II курсу, групи М-18М

Спеціальності 131 Прокатна механіка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування
(прізвище та ініціали)

Керівник Могачов В.О
(прізвище та ініціали)

Рецензент Буряковська Г.О
(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Машинобудівний
Кафедра Технології 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 ТМБ
Рогов С.І.
« 12 » 12 2019 року

ЗАВДАННЯ

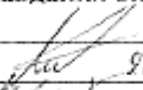
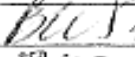
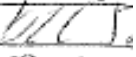
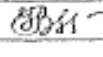
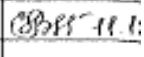
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Курдюковський Олександр Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові)
Тема проекту (роботи) Розроблення технічної документації конструкторської технологічної меморанди
Рівень проекту (роботи) Логанов В.О. м. Рогов С.І.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
Затверджені наказом закладу вищої освіти від « 26 » 11 2019 року № 416
Строк подання студентом проекту (роботи) _____
Вихідні дані до проекту (роботи) Робота креслення деталі на програмування
випуску

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно зробити) Сформулювати завдання деталі, обчислюючи способи обчислення загальної, розрахунок креслень на різних режимах розроблення, креслення робочого на конструкторське креслення, виконати заходи щодо охорони праці та безпеки життєдіяльності

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Робота креслення, МЗР, креслення загальної, складання креслення робочого креслення, меморанди

Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконав завдан
1-6 розділ	Логемінов В.О., доцент	 20.09.19	
7 розділ	Шмирко В.І., доцент	 21.10.19	
Нормоконтр	Гончар Н.В., доцент	 23.11.19	

7. Дата видачі завдання « 9 » вересня 2019 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

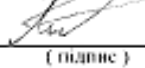
№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	При
1	Технологічне календарне	02.10.19 - 14.10.19	
2	Конструктивне календарне	14.10.19 - 01.11.19	
3	Анотаційна форма	01.11.19 - 04.11.19	
4	Специфікація	04.11.19 - 16.11.19	
5	Визначення на мікротомі	16.11.19 - 20.11.19	
6	Економічне календарне	20.11.19 - 24.11.19	
7	Оформлення праці	24.11.19 - 02.12.19	
		02.12.19	

Студент(ка)


(підпис)


(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)


(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: с., 18 рисунків, 9 таблиць, додатків, 14 посилань.

Об'єкт дослідження – цапфа передня.

Мета магістерської роботи – вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі цапфи передньої; вивчення загальної конструкції, технологічної схеми процесу, обладнання та оснащення, а також проектування технологічного процесу обробки цапфи передньої.

Метод дослідження - розрахунково-аналітичний, із застосуванням спеціальних систем САПР.

В магістерській роботі спроектовано технологічних процес виготовлення цапфи передньої, обрано обладнання, інструмент, розраховані режими різання, норми часу, спроектовано робоче та контрольне пристосування, виконанно розрахунок економічного ефекту від удосконалення технологічного процесу, передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу.

ЦАПФА ПЕРЕДНЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ПРИПУСК, ДОПУСК, ЕСКІЗ, КВАЛІТЕТ, БАЗА, ЗАГОТОВКА, РІЗЕЦЬ, ТОЧНІСТЬ, ШОРСТКІСТЬ, РОЗМІР, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ОБЛАДНАННЯ, ВЕРСТАТ, ТЕРМООБРОБКА, НАЛАГОДЖЕННЯ, СОБІВАРТІСТЬ

ЗМІСТ

Реферат

Перелік умовних скорочень

Вступ

1 Технологічна частина

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів (1 - розрахунково-аналітичний метод, 2 - табличний метод)

1.6 Розрахунок режимів різання

1.7 Розрахунок технічної норми часу

1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПУ, з використанням NXCAM або іншої програми, що має CAM-модуль

1.8.1 Розробка токарної операції

1.8.2 Розробка свердлильної операції

1.8.3 Розробка фрезерної операції

2 Конструкторська частина

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

2.1.2 Розрахунок пристосування на точність

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску

2.2 Проектування контрольного пристосування

3 Автоматизація (завантаження/вивантаження заготовки; транспортування між верстатами; системи контролю).

4 Зміцнення методами поверхневого пластичного деформування

5 Розрахунок на міцність. Визначення напружено-деформованого стану деталі

6 Охорона праці

Висновок

Перелік посилань

Додаток А. Специфікація на робоче пристосування

Додаток Б. Специфікація на контрольне пристосування

Додаток В. Комплект технологічних карт

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ГКМ	Горизонтально-кувальна машина
ДСТУ	Державний стандарт
І	Індукційний
МГ	Магнітографічний
МВД	Маршрут виготовлення деталі
МОП	Маршрут обробки поверхні
ОК	Об'єкт контролю
ППТЯ	Послідовність показників точності та якості
РСЗ	Робочий стандартний зразок
РТК	Розрахунково-технологічна карта
ЗВ	Засоби вимірювання
СНтП	Система норм та правил
ЗОР	Змазуючо-охолоджуюча рідина
ТО	Термічна обробка
ТП	Технологічний процес

ВСТУП

Підвищення експлуатаційних характеристик авіаційних двигунів: енергоозброєності, ресурсу, надійності і економічності при одночасному забезпечення ефективності їх серійного виробництва, є однією з найважливіших задач розвитку і конкурентоспроможності авіаційної техніки під час переходу до ринкової економіки.

Реалізація поставленого завдання супроводжується ускладненням конструкції виробу, посиленням норм точності, оптимізацією запасів міцності деталей, застосуванням нових матеріалів, що в свою чергу вимагає пошуку технічних рішень, спрямованих на зниження собівартості виготовлення як деталей і вузлів, так і всього виробу в цілому. Необхідно також підвищувати надійність найбільш навантажених деталей двигуна, що в свою чергу дозволить підвищити надійність всього двигуна. З метою зниження собівартості виготовлення двигунів, доцільно проводити автоматизацію окремих технологічних операцій і економічне обґрунтування прийнятих рішень.

Пріоритетними напрямками при вирішенні поставленого завдання в даний час і в найближчому майбутньому є:

- підвищення технологічності конструкції створюваних виробів;
- розробка безвідходних і малоенергоємних технологій;
- застосування без припускних. в тому числі і складових заготовок;
- розробка і впровадження прогресивних методів механічної, електричної та світло променевої обробки важкооброблюваних сталей і сплавів;
- використання високопродуктивного і точного обладнання;
- механізація ручної праці;
- автоматизація трудомісткого контролю;
- застосування ефективних оздоблювальних, зміцнюючих і обробно-зміцнюючих методів обробки навантажених деталей, з метою підвищення їх надійності за рахунок резервів міцності матеріалу;
- поліпшення планування і організації виробництва;

З урахуванням викладеного, був розроблений технологічний процес виготовлення відцентрового суфлеру сучасного газотурбінного двигуна в серійному виробництві.

Тривимірна модель показана на рисунку 1.2.

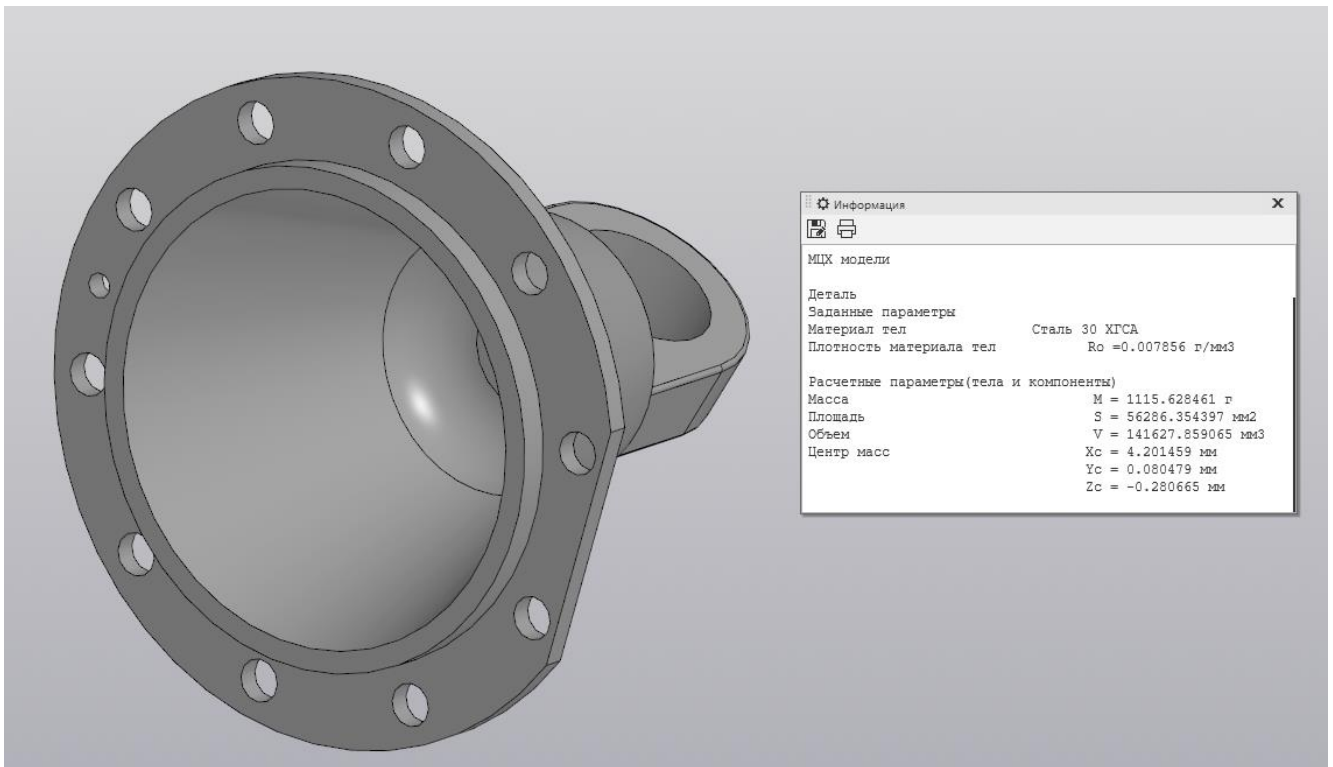


Рисунок 1.2 – Тривимірна модель цапфи передньої

1.2 Вибір типу виробництва та форми організації робіт

Вихідні дані

річна програма випуску..... $N = 5000$ шт.

маса деталі..... $q = 0,115$ кг

Розробка технологічного процесу обробки залежить від типу виробництва і форми його організації.

Тип виробництва визначають за широтою номенклатури, регулярності і стабільності випуску виробів. Попередньо, враховуючи масу деталі і програму випуску приймаю серійний тип виробництва.

Кількість деталей в партії можна визначити за формулою:

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

де a – періодичність запуску (2 рази на тиждень);

Φ – кількість робочих днів на рік (250 днів).

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

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

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Метод отримання заготовки залежить від конструктивної форми деталі і умов роботи. Будь-яка заготовка виготовляється з припуском, який представляє собою шар металу, що підлягає в процесі обробки видалення, ніж забезпечуються необхідні розміри, клас точності і величини шорсткості поверхні. Встановлення оптимальних припусків є найважливішим завданням при проектуванні технологічного процесу.

Щодо цапфи передньої, оптимальними є заготовки, отримані одним з методів штамповки, т. к. матеріал – сталь 30ХГСА. До даної деталі висувують високі вимоги за механічними властивостями, макроструктуру, залишковим напруженням. Виходячи з цього, заготовки можуть бути отримані штампуванням на ГKM і КГШП.

Остаточний вибір методу отримання заготовки проводиться на підставі економічного розрахунку шляхом порівняння собівартості деталей, отриманих різними методами.

Визначаємо припуски і розраховуємо масу заготовки, отриману будь-яким способом.

Штампування на молоті у відкритому штампі.

Попередньо визначаємо розміри заготовки (рисунок 1.3) (1, табл 1.2 стр. 11)

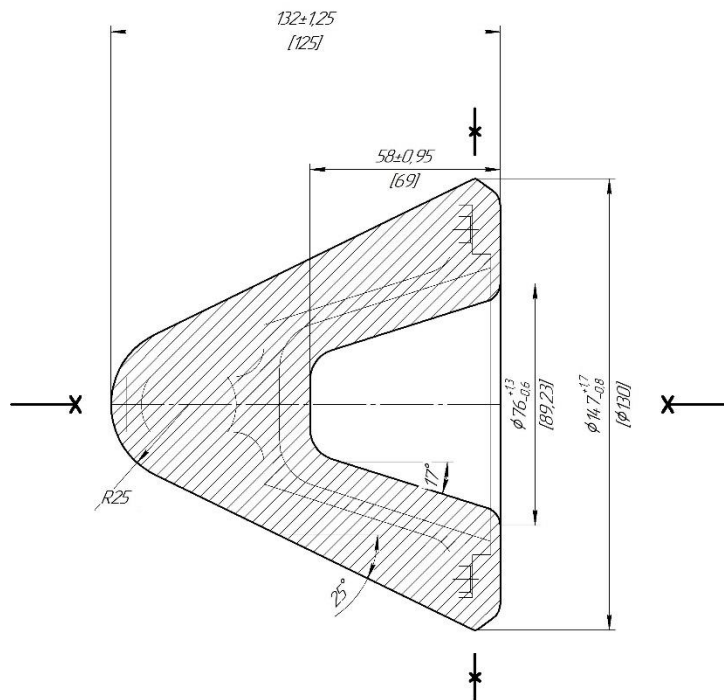


Рисунок 1.3 – Рисунок заготовки, що отримана штамповкою на ГKM

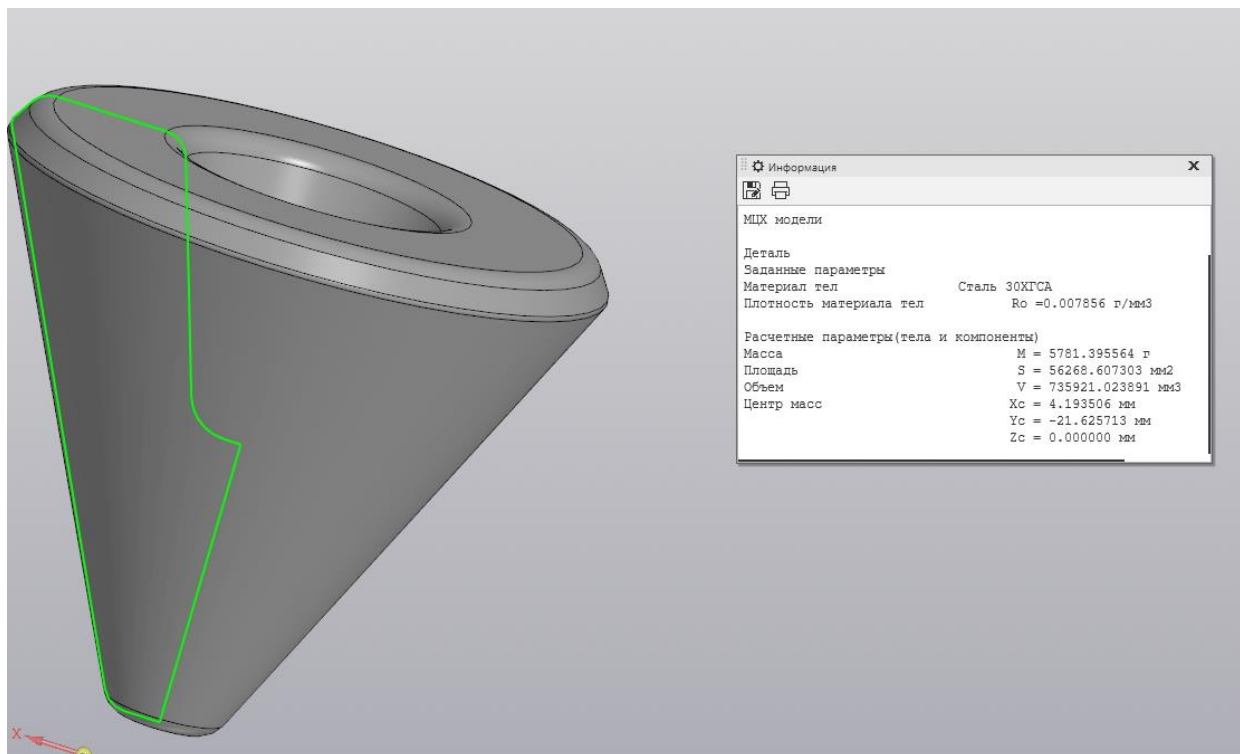


Рисунок 1.4 – Тривимірна модель заготовки, що отримана «штамповкою на ГKM»

Собівартість виготовлення визначається за формулою:

$$C_1 = \frac{C_B}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{II} - (Q - q) \cdot \frac{C_{отх}}{1000}, \quad (1.2)$$

де C_B -базова собівартість 1т заготовки, $C_B=25000$ гр/т;

Q -маса заготовки, $Q=5,781$ кг;

q -маса деталі, $q=0,115$ кг;

K_T - коефіцієнт, що враховує клас точності $K_T=1$;

K_M - коефіцієнт, враховує марку матеріалу $K_M=2,4$;

K_B - коефіцієнт, враховує масу заготовки $K_B=1$;

K_{II} - коефіцієнт, враховує програму випуску $K_{II}=0,5$;

$C_{відх}$ - собівартість 1т стружки, $C_{отх}=1400$ /т.

$$C_1 = \frac{25000}{1000} \times 5,781 \times 1 \times 2,4 \times 1 \times 0,5 - (5,781 - 0,115) \times \frac{1400}{1000} = 165,5 \text{ грн}$$

Визначимо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{BM} = \frac{q}{Q}; \quad (1.3)$$

де $q = 0,115$ кг – маса деталі;

$Q = 5,781$ кг – маса заготовки;

$$K_{BM} = \frac{0,115}{5,781} = 0,02$$

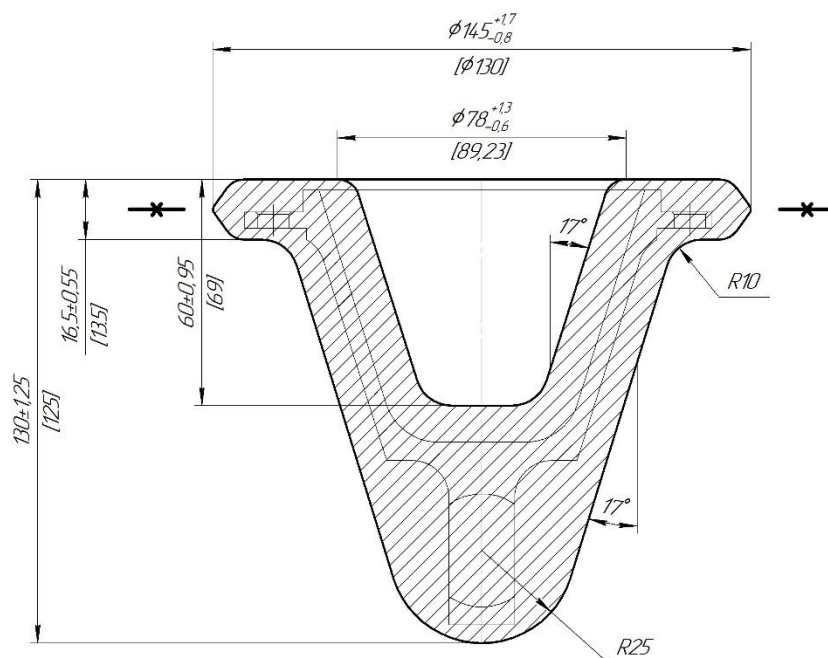


Рисунок 1.5 – Ескіз заготовки, що отримана штамповкою на КГШП

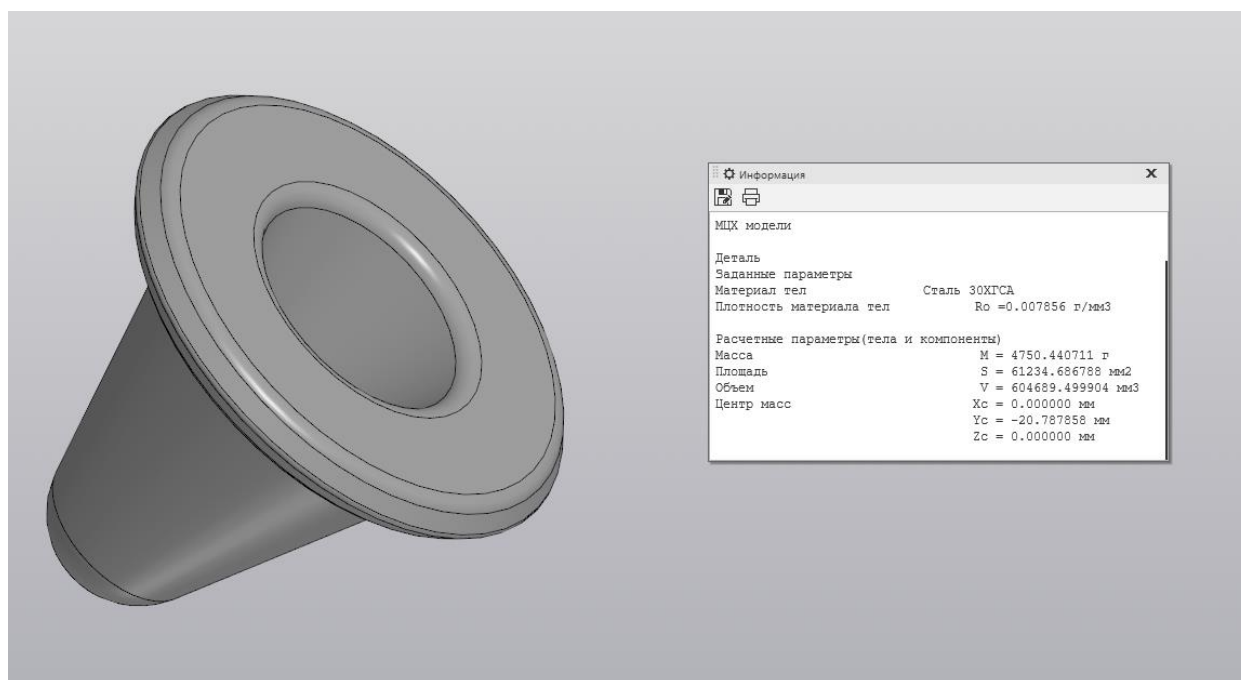


Рисунок 1.6 – Тривимірна модель заготовки, що отримана штамповкою на КГШП

Собівартість виготовлення визначається за формулою:

$$C_2 = \frac{26000}{1000} \times 4,75 \times 1 \times 2,4 \times 1 \times 0,5 - (4,75 - 0,115) \times \frac{1400}{1000} = 141,71 \text{ грн}$$

де $K_B=1$; $K_M=2,5$; $K_P=0,5$; $K_T=1$; $C_6=26000 \text{ грн/т}$; $q=0,115 \text{ кг}$; $Q=4,75 \text{ кг}$;

$S_{\text{відх}}=1400 \text{ грн/т}$.

Визначимо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{вм}} = \frac{0,115}{4,75} = 0,25$$

Приведені витрати на одну заготовку складають: в 1-м варіанті $C_1=165,5 \text{ грн}$; во 2-м варіанті $C_2=141,7 \text{ грн}$; $C_1 > C_2$; $K_{\text{вм1}} < K_{\text{вм2}}$

Таблиця 1.3 - Порівняльні показники отримання заготовок двома методами

Показники	Позначення	Одиниці вимірювання	Варіанти	
			Штамповка на ГKM	KГШП
Маса деталі	q	кг	0,115	0,115
Маса заготовки	Q	кг	5,78	4,75
Коефіцієнт використання матеріала	η	—	0,02	0,25
Базова ціна 1т заготовок	B_6	Грн.	25000	26000
Коефіцієнти	K_B		1	1
	K_M		2.4	2.5
	K_P		1	1
	K_T		0.5	0.5
Ціна 1т стружки	$B_{\text{отх.}}$	грн.	1400	1400
Вартість заготовки	B	грн.	165,5	141,7

За значенням коефіцієнта використання матеріалу та собівартістю переважає KГШП. Він забезпечує річну економію за собівартістю:

$$\mathcal{E} = (C_1 - C_2) \cdot N \quad (1.4)$$

$$\mathcal{E} = (165,5 - 141,7) \cdot 5000 = 11900 \text{ грн.}$$

де N – річна програма виготовлення заготовок

Річна економія за використанням матеріалу:

$$M_9 = \frac{q \cdot (\eta_2 - \eta_1)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot N \quad (1.5)$$
$$M_9 = \frac{0,115 \cdot (0,25 - 0,02)}{0,25 \cdot 0,02} \cdot 5000 = 26450 \text{ кг.}$$

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Матеріал задовільно обробляється різанням. Деталь складної форми, тіло обертання. Не жорстка - тонкостінна, є наскрізні отвори.

Виконуємо якісну оцінку:

а) деталь має геометричну форму середньої складності;
б) деталь має не жорстку конструкцію;
в) деталь нормальної точності;
г) уніфіковані елементи: радіусу і фаски, виконані з урахуванням можливості обробки;

д) деталь можна обробляти стандартним інструментом;

ж) всі поверхні доступні для обробки;

Коефіцієнт використання деталі:

$$K_{\text{вм}} = \frac{q}{Q} = \frac{0,205}{0,82} = 0,25 < 0,8 \quad (1.6)$$

де q – маса деталі, Q – маса заготовки.

По цьому показнику деталь не технологічна.

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою

$$K_{\text{у.э.}} = \frac{Q_{\text{уэ}}}{Q_9} > 0,6, \quad (1.7)$$

де $K_{\text{у.э.}}$ – коефіцієнт уніфікації;

$Q_{\text{у.э.}}$, Q_9 – відповідно кількість уніфікованих елементів та загальна кількість елементів.

$$K_{y.э.} = \frac{22}{30} = 0,73 > 0,6$$

За цим показником деталь технологічна.

Коефіцієнт точності визначається за формулою:

$$K_{то} = 1 - \frac{1}{A_{cp}} > 0,8, \quad (1.8)$$

де $K_{то}$ – коефіцієнт точності;

A_{cp} – середній квалітет точності визначається за формулою

$$A_{cp} = \frac{14 \times n_1 + 13 \times n_2 + \dots + 6 \times n_n}{\sum n}, \quad (1.9)$$

де $n_{1...n}$ – кількість розмірів, котрі мають відповідний квалітет;

$\sum n$ – кількість усіх розмірів.

$$A_{cp} = \frac{14 \times 18 + 12 \times 2 + 11 \times 1 + 10 \times 3 + 8 \times 1 + 6 \times 3}{28} = 12,25$$

$$K_{то} = 1 - \frac{1}{12,25} = 0,92 > 0,8$$

За цим показником деталь технологічна.

Коефіцієнт шорсткості визначається за формулою:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}} < 0,32, \quad (1.10)$$

де $K_{ш}$ – коефіцієнт шорсткості;

B_{cp} – середній квалітет шорсткості визначається за формулою

$$B_{cp} = \frac{K_5 \times n_1 + K_4 \times n_2 + \dots + K_8 \times n_n}{\sum n}, \quad (1.11)$$

де $K_{5...8}$ - клас шорсткості;

$n_1 \dots n_n$ - кількість розмірів, котрі мають відповідний клас шорсткості.

$$B_{cp} = \frac{5 \times 22 + 7 \times 2 + 8 \times 4}{28} = 5,28$$

$$K_{ш} = \frac{1}{5,28} = 0,19 < 0,32$$

З цим показником деталь технологічна.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Маршрут обробки деталі (МОП) - це певна послідовність технологічних переходів обробки поверхонь заготовки, необхідних для досягнення заданих показників точності і якості цих поверхонь в цій деталі. МОП є технологічною основою технології механічної обробки, тому що саме в МОП, в технологічних переходах закладають механічні, хіміко - термічні тощо. Процеси впливу на поверхню заготовки. МОП необхідний для компонування операцій ТП, розробки схем групових налагоджень і налаштувань.

Для поверхні Ø98f7 шорсткість заготовки $R_a = 25$ мкм, [1, табл.3.7, с.19], допуск $Td_3 = 2,5$ мм, шорсткість деталі $R_a = 1,6$ мкм, допуск $Td = 0,015$ мм.

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості

$$\varepsilon_d = \frac{Td_3}{Td_0} = \frac{2,5}{0,015} = 166.6 \quad (1.12)$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{Ra_3}{Ra_0} = \frac{25}{1,6} = 15.62 \quad (1.13)$$

Визначаючим показником якості цієї поверхні буде показник точності геометричного розміру, так як він вимагає найбільшого уточнення. За цим показником розраховуємо k переходів:

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon_d = 2 \cdot \lg 166.6 = 4,44 \quad (1.14)$$

Приймаємо $k = 5$

Різниця класів шорсткості та їх розподіл $IT = IT_{17} - IT_7 = 10 = 3 + 3 + 2 + 1 + 1$

Встановлюємо послідовність показників точності: $IT_{17} - IT_{14} - IT_{11} - IT_9 - IT_8 - IT_7$

Призначаємо методи обробки за переходами. Заготівельна – точіння чорнове – точіння напівчистове – точіння чистове – шліфування чорнове – шліфування напівчистове.

За [1, табл.3.7, с.19] призначаємо допуски та шорсткість за переходами, див. табл .1.4.

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості для точіння чорнового:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{Td_3}{Td_2} = \frac{2,5}{0,81} = 3,08$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{Ra_3}{Ra_1} = \frac{25}{12,5} = 2$$

Для інших переходів уточнення розраховується так само.

Результати розрахунків заносимо в табл. 1.4.

Для поверхні 18h12 шорсткість заготовки $R_a = 25$ мкм, [1, табл.3.7, с.19], допуск $Td_3 = 1,1$ мм, шорсткість деталі $R_a = 1,6$ мкм, допуск $Td = 0,18$ мм.

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості

$$\varepsilon_d = \frac{Td_3}{Td_0} = \frac{1,1}{0,18} = 6,1 \quad (1.15)$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{Ra_3}{Ra_0} = \frac{25}{1,6} = 15,6 \quad (1.16)$$

Визначаючим показником якості цієї поверхні буде показник шорсткості, так як він вимагає найбільшого уточнення. За цим показником розраховуємо k переходів:

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon_{Ra} = 2 \cdot \lg 15,6 = 2,4 \quad (1.17)$$

Приймаємо $k=3$

Різниця класів шорсткості та їх розподіл $IT=IT17-IT12=5=3+1+1$

Встановлюємо послідовність показників точності: $IT17-IT14-IT13-IT12$

Призначаємо методи обробки за переходами. Заготівельна – фрезерування чорнове – фрезерування напівчистове – фрезерування чистове.

За [1, табл.3.7, с.19] призначаємо допуски та шорсткість за переходами, див. табл .1.4.

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості для точіння чорнового:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{Td_3}{Td_2} = \frac{1,1}{0,62} = 1,77$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{Ra_3}{Ra_1} = \frac{25}{12.5} = 2$$

Для інших переходів уточнення розраховується так само.
Результати розрахунків заносимо в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Маршрут обробки поверхонь деталі «Цапфа передня»

Характер та показники точності та якості поверхонь в деталі та заготівці	Показник	Уточнення	Кількість переходів k		Різниця показників ППТК	МОП		Допуск		Уточнення	
			Розрахункове	Прийняте		i	Метод обробки	Розмір	Шорсткість	Розмір	Шорсткість
	J	ϵ_{j0}	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ø98f7 R _a =25 мкм, Td ₃ = 2,5мм, R _a =1,6мкм, Td = 0,015мм	d	166,6	4,44	5	IT=IT17- IT7=10=3+3+2+1+1 IT17-IT14-IT11-IT9-IT8- IT7	1	Заготовка	2,5	25	-	-
						2	Т/о	-	-	-	-
						3	Точ. чорн.	0,81	12,5	3,08	2
	Ra	15,62			Δ кл= 6кл –2кл = 6 кл = 2кл- 3кл - 4кл - 5кл - 6 кл - 6 кл Ra25> Ra12,5> Ra5> Ra2,5> Ra1,6> Ra1,6	4	Точ. Напівчист.	0,34	5	2,38	2,5
						5	Точ. Чист.	0,08	2,5	4,25	2
						6	Шліф. Чорн	0,022	1,6	3,64	1,56
						7	Шліф. Напівчист.	0,015	1,6	1,46	1
	Σε _i =									166,6	15,62
18h12 R _a =25 мкм, Td ₃ = 1,1мм, R _a =1,6мкм, Td = 0,18мм.	d	6,1	2,4	3	IT=IT17-IT12=5=3+1+1 IT17-IT14-IT13-IT12	1	Заготовка	1,1	25	-	-
						2	Т/о	-	-	-	-
						3	Фрез. чорн.	0,62	10	1,77	2,5
	Ra	15,6			Δ кл= 6кл –2кл = 4 кл = 2кл- 3кл - 4кл - 6 кл Ra25> Ra12,5> Ra5> Ra1,6	4	Фрез. Напівчист.	0,24	5	2,58	2
						5	Фрез. Чист.	0,18	1,6	1,33	3,12
	Σε _i =									6,1	15,6

1.4.3 План виготовлення деталі.

Технологічний процес виготовлення цапфи передньої складається з різноманітних операцій, серед них токарні, свердлильні операції, фрезерні операції, шліфувальні операції, є деяка кількість слюсарних операцій і спеціальні операції.

Маршрут виготовлення деталі цапфа передня показано на кресленні формату А1.

1.5 Розрахунок припусків та технологічних розмірів

Припуски на одну поверхню визначають розрахунково-аналітичним методом.

Розрахунково-аналітичний метод:

Зовнішня діаметральна поверхня $\varnothing 98f7^{(+0,036)}_{(+0,021)}$

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 $Rz=100\text{мкм}$ и $h=140\text{мкм}$ приймаємо в залежності від маси заготовки.

Просторові відхилення заготовки визначаємо, як сумму допустимих значень похибки розміру від зміщення $\rho_{\text{см}}$ та короблення $\rho_{\text{кор}}$. Для штамповки нормальної точності (серійне виробництво): $\rho_{\text{см}}=450\text{мкм}$, $\rho_{\text{кор}}=\Delta_k \times l = 3 \times 72,22 = 216\text{мкм} = 0,216\text{мм}$.

Суммарне значення просторових відхилень визначаємо за формулою:

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2} = \sqrt{450^2 + 216^2} = 499,15\text{мкм} = 0,500\text{мм} \quad (1.18)$$

Отримані значення заносимо в таблицю 1.5.

Для точіння чорнового нормативні значення Rz , h : $Rz_2=50\text{мкм}$, $h_2=50\text{мкм}$, $\rho_2=k_y \times \rho_1 = 0.06 \times 500 = 30\text{мкм} = 0,03\text{мм}$, $k=0,06$ – коефіцієнт уточнення.

Похибки установки заготовки визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_2 = 0,25 \times \sqrt{Td_{\text{заг}}^2 + 1} = 0,25\sqrt{2,5^2 + 1} = 0,673\text{мм} = 673\text{мкм} \quad (1.19)$$

де $Td_{\text{заг}}=2,5\text{мм}$ – допуск бази заготовки.

Для точіння напівчистового нормативні значення Rz , h , приймаємо:
 $Rz_3=25\text{мкм}$, $h_3=25\text{мкм}$, $\rho_3= 1,5\text{мкм}$, $\varepsilon_3=40,38\text{мкм}$.

Для точення чистового нормативні значення Rz , h , приймаємо:
 $Rz_4=10\text{мкм}$, $h_4=10\text{мкм}$, $\rho_4= 0\text{мкм}$, $\varepsilon_3=2,02\text{мкм}$.

Для шліфування чорнового нормативні значення Rz , h , приймаємо:
 $Rz_3=5\text{мкм}$, $h_3=5\text{мкм}$, $\rho_3= 0\text{мкм}$, $\varepsilon_3=0\text{мкм}$.

Для шліфування напівчистового нормативні значення Rz , h , приймаємо: $Rz_3=2,5\text{мкм}$, $h_3=2,5\text{мкм}$, $\rho_3= 0\text{мкм}$, $\varepsilon_3=0\text{мкм}$.

Для точіння чорнового:

$$2Z_{1\min} = 2[50 + 50 + \sqrt{(500^2 + 673^2)}] = 1876\text{мкм} = 1,876\text{мм}$$

Для точіння напівчистового:

$$2Z_{2\min} = 2[25 + 25 + \sqrt{(30^2 + 40,38^2)}] = 200,6\text{мкм} = 0,201\text{мм}$$

Для точіння чистового:

$$2Z_{3\min} = 2[10 + 10 + \sqrt{(1,5^2 + 2,02^2)}] = 45,03\text{мкм} = 0,045\text{мм}$$

Для шліфування чорнового:

$$2Z_{4\min} = 2[5 + 5 + \sqrt{(0^2 + 0^2)}] = 20\text{мкм} = 0,02\text{мм}$$

Для шліфування напівчистового:

$$2Z_{5\min} = 2[2,5 + 2,5 + \sqrt{(0^2 + 0^2)}] = 10\text{мкм} = 0,01\text{мм}$$

Визначаємо мінімальний розмір поверхні деталі – розмір останнього переходу механічної обробки:

$$d_6^{\min} = d_6^{\text{НОМ}} + \text{eid}_6 = 98 + (+0,021) = 98,021 \text{ мм} \quad (1.20)$$

Далі розрахункові мінімальні розміри знаходимо по формулі:

$$\begin{aligned} d_i^{\min} &= d_{i+1}^{\min} + 2z_{i+1}^{\min} \quad (1.21) \\ d_5^{\min} &= d_6^{\min} + 2z_6^{\min} = 98,021 + 0,01 = 98,031 \text{ мм}; \\ d_4^{\min} &= d_5^{\min} + 2z_5^{\min} = 98,031 + 0,051 = 98,051 \text{ мм}; \\ d_3^{\min} &= d_4^{\min} + 2z_4^{\min} = 98,051 + 0,045 = 98,096 \text{ мм}; \\ d_2^{\min} &= d_3^{\min} + 2z_3^{\min} = 98,096 + 0,2 = 98,296 \text{ мм}; \\ d_1^{\min} &= d_2^{\min} + 2z_2^{\min} = 98,296 + 1,875 = 100,171 \text{ мм}; \end{aligned}$$

Розраховуємо максимальні розміри поверхні для переходів по формулі:

$$\begin{aligned} d_i^{\max} &= d_i^{\min} + Td_i \quad (1.22) \\ d_6^{\max} &= d_6^{\min} + Td_6 = 98,021 + 0,015 = 98,036 \text{ мм}; \\ d_5^{\max} &= d_5^{\min} + Td_5 = 98,031 + 0,022 = 98,053 \text{ мм}; \\ d_4^{\max} &= d_4^{\min} + Td_4 = 98,051 + 0,08 = 98,131 \text{ мм}; \\ d_3^{\max} &= d_3^{\min} + Td_3 = 98,099 + 0,34 = 98,439 \text{ мм}; \\ d_2^{\max} &= d_2^{\min} + Td_2 = 98,296 + 0,81 = 99,106 \text{ мм}; \\ d_1^{\max} &= d_1^{\min} + Td_1 = 100,171 + 2,5 = 102,671 \text{ мм}; \end{aligned}$$

Розраховуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки:

$$\begin{aligned} 2z_i^{\max} &= d_{i-1}^{\max} - d_i^{\max} \quad (1.23) \\ 2z_2^{\max} &= d_1^{\max} - d_2^{\max} = 102,671 - 99,106 = 3,565 \text{ мм}; \\ 2z_3^{\max} &= d_2^{\max} - d_3^{\max} = 99,106 - 98,439 = 0,667 \text{ мм}; \\ 2z_4^{\max} &= d_3^{\max} - d_4^{\max} = 98,439 - 98,131 = 0,308 \text{ мм}; \\ 2z_5^{\max} &= d_4^{\max} - d_5^{\max} = 98,131 - 98,053 = 0,078 \text{ мм}; \\ 2z_6^{\max} &= d_5^{\max} - d_6^{\max} = 98,053 - 98,036 = 0,017 \text{ мм}; \end{aligned}$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи наступну рівність:

$$\begin{aligned} 2Z_0^{\max} - 2Z_0^{\min} &= Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}} \\ 4650 - 2135 &= 2500 + 15 \end{aligned}$$

Визначаємо виконавчий розмір заготовки за формулою:

$$d_{1\text{ном}} = d_{1\text{min}} + ei_1 = 100,17 + 1,0 = 101,17\text{мм}$$

Виконавчий розмір заготовки буде дорівнювати: $\varnothing 101,17^{+1,5}_{-1,0}$. Виконавчі розміри для інших переходів виконуються в системі вал, тобто номінальний розмір займає максимальний розмір поверхні мінус допуск до обробки як нижнього відхилення, всі дані записані в таблиці 1. 5.

Розрахунок технологічних розмірів на поверхню 18h12 виконується методом розмірних ланцюгів.

Для заготовки нормативні значення $Rz=100\text{мкм}$ и $h=140\text{мкм}$ приймаємо у залежності від маси заготовки.

Просторові відхилення заготовки визначаємо, як суму допустимих значень зміщення $\rho_{\text{см}}$ та короблення поверхні $\rho_{\text{кор}}$. По [3, табл. 18, с.187] для групи точності 3 (крупносерійне виробництво): $\rho_{\text{см}}=0,235\text{мм}$. По [3, табл. 16, с.186] – $\Delta_k=2,4\text{мкм/мм}$, тоді $\rho_{\text{кор}}= \Delta_k \times l = 2,4 \times 66 = 158,4\text{мкм} = 0,158\text{мм}$.

Сумаре значення просторових відхилень визначаємо за формулою:

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2} = \sqrt{235^2 + 158^2} = 283,2\text{мкм}$$

Отримані значення заносимо в таблицю 1.5.

Для фрезерування чорнового нормативні значення Rz , h , приймаємо за [3, табл. 25, с.188]: $Rz_2=50\text{мкм}$, $h_2=50\text{мкм}$, $\rho_2=k_y \times \rho_1 = 0,06 \times 283 = 16,98\text{мкм} = 0,017\text{мм}$, $k=0,06$ – коефіцієнт уточнення приймаємо по [3, табл. 29, с.190].

Похибки установки заготовки визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_2 = 0,25 \times \sqrt{Td_{\text{заг}}^2 + 1} = 0,25 \sqrt{1,1^2 + 1} = 0,372\text{мм} = 372\text{мкм}$$

де $Td_{\text{заг}}=1,1\text{мм}$ – допуск бази заготовки.

Для фрезерування напівчистового нормативні значення Rz , h , приймаємо: $Rz_3=25\text{мкм}$, $h_3=25\text{мкм}$, $\rho_3= 0,85\text{мкм}$, $\varepsilon_3=22,32\text{мкм}$.

Для фрезерування чистового нормативні значення Rz , h , приймаємо: $Rz_4=10\text{мкм}$, $h_4=10\text{мкм}$, $\rho_4= 0\text{мкм}$, $\varepsilon_3=1,12\text{мкм}$.

Розраховуємо мінімальні припуски для переходів механічної обробки.

Для фрезерування чорнового:

$$Z_{2min} = 2 \left[100 + 140 + \sqrt{(283^2 + 372^2)} \right] = 1414 \text{мкм} = 1,414 \text{мм}$$

Для фрезерування напівчистового:

$$Z_{3min} = 2 \left[50 + 50 + \sqrt{(16,98^2 + 22,32^2)} \right] = 256,1 \text{мкм} = 0,256 \text{мм}$$

Для фрезерування чистового:

$$Z_{4min} = 2 \left[25 + 25 + \sqrt{(0,85^2 + 1,12^2)} \right] = 102,81 \text{мкм} = 0,102 \text{мм}$$

Розраховуємо максимальний розмір поверхні деталі – останнього переходу

$$L_{дет}^{max} = L_4^{ном} + esL_4 = 18 + 0 = 18 \text{ мм.}$$

Розраховуємо максимальні розміри поверхні для переходів по формулі:

$$\begin{aligned} L_i^{max} &= d_{i+1}^{max} + 2Z_{i+1}^{min} + Td_i \\ L_3^{max} &= 18 + 0,102 + 0,24 = 18,126 \text{мм}; \\ L_2^{max} &= 18,126 + 0,256 + 0,62 = 19,398 \text{мм}; \\ L_1^{max} &= 19,398 + 1,414 + 1,1 = 21,912 \text{мм}; \end{aligned} \quad (1.24)$$

Розраховуємо мінімальні розміри поверхні для переходів за формулою

$$\begin{aligned} d_i^{min} &= d_i^{max} - Td_i \\ L_1^{min} &= 21,912 - 1,1 = 20,812 \text{мм}; \\ L_2^{min} &= 19,398 - 0,62 = 18,778 \text{мм}; \\ L_3^{min} &= 18,522 - 0,24 = 18,282 \text{мм}; \\ L_4^{min} &= 18 - 0,18 = 17,82 \text{мм}; \end{aligned} \quad (1.25)$$

Розраховуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки:

$$2Z_{imax} = d_{i-1}^{max} - d_i^{min} \quad (1.26)$$

$$2Z_{max2} = 21,912 - 18,778 = 3,134\text{мм};$$

$$2Z_{max3} = 19,398 - 18,282 = 1,116\text{мм};$$

$$2Z_{max4} = 18,522 - 18 = 0,522\text{мм};$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи наступне рівняння:

$$2Z_0^{max} - 2Z_0^{min} = Td_{заг} + Td_{дет} \quad (1.27)$$

$$3,912 - 2,632 = 1,1 + 0,18$$

Виконавчий розмір заготовки буде дорівнювати: $21,35 \pm 0,55$ виконуючі розміри за іншими переходами виконуємо в системі «отвору», за номінальний розмір приймаємо мінімальне значення розміра поверхні плюс допуск на обробку як верхнє відхилення, всі данні заносимо в таблицю 1.5.

Таблиця 1.5 – Розрахунок припусків

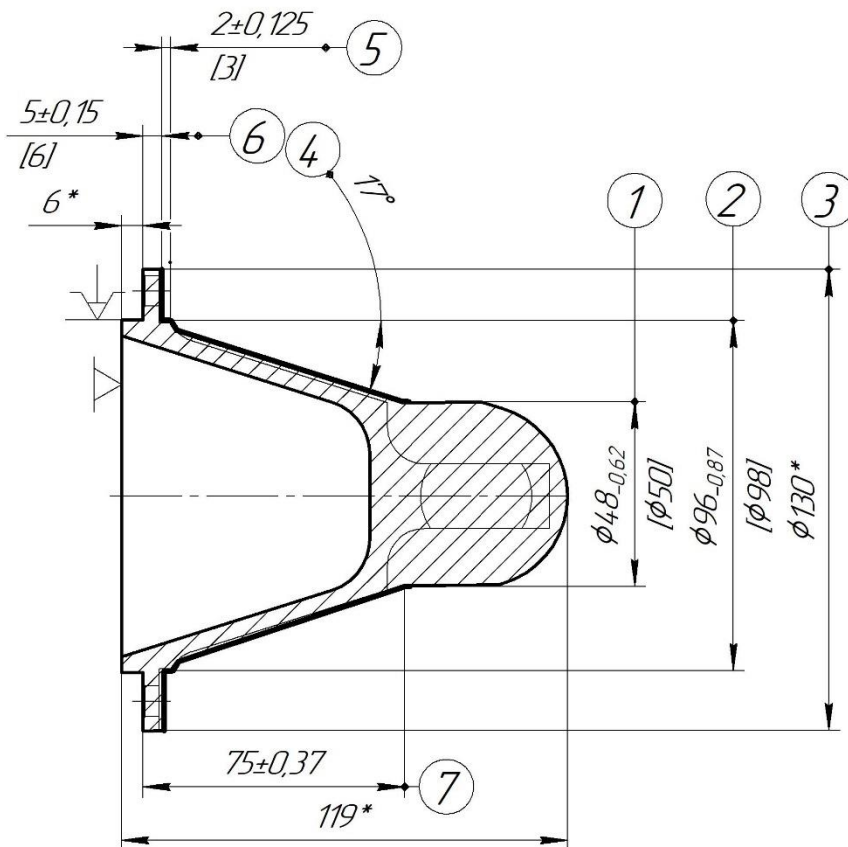
№ Пов.	Перехід	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий		Допуск, мм	Макс. розмір, мм	Мінім. розмір, мм	Припуск на обробку, мкм		Виконавчий розмір, мм
		Rz	h	ρ	ε	Мін. припуск, мкм	Розмір, мм				2Z _{max}	2Z _{min}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ø98f7	Заготовка	100	140	500	-	-	100,171	2,5	102,671	100,171	-	-	Ø102,2 ^{+1,5} _{-1,0}
	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Точ.чорн.	50	50	30	673	1876	98,296	0,81	99,106	98,296	3565	1876	Ø99,11 _{-0,81}
	Точ. напів.чист	25	25	1,5	40,38	201	98,096	0,34	98,439	98,096	667	201	Ø98,4 _{-0,34}
	Точ. чист	10	10	0	2,02	45	98,051	0,08	98,131	98,051	308	45	Ø98,1 _{-0,08}
	Шліф. чорн.	5	5	0	0	20	98,031	0,022	98,053	98,031	78	20	Ø98,05 _{-0,022}
	Шліф. напів.чорн.	2,5	2,5	0	0	10	98,021	0,015	98,036	98,021	17	10	Ø98 ^{+0,036} _{+0,021}
Ø18h12	Заготовка	100	140	283	-	-	20,812	1,1	21,912	20,812	-	-	21,35±0,55
	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Фрез.чорн.	50	50	16,98	372	1414	18,778	0,62	19,398	18,778	3134	1414	19,4±0,31
	Фрез. напів.чист.	25	25	0,85	22,32	256	18,282	0,24	18,126	18,282	1116	256	18,1±0,12
	Фрез. чист	10	10	0	1,12	102	17,82	0,18	18	17,82	522	102	18 _{-0,18}

1.6 Розрахунок режимів різання

Матеріал деталі – жароміцна сталь 30ХГСА

Операція 030 Токарна з ЧПК

$\sqrt{Ra\ 5,0}$



* розмір для довідок

Рисунок 1.7 – Ескиз операції №030 Токарна з ЧПУ

Операція виконується на токарному верстаті з ЧПУ АТПр 2М12СН1.
Заготовка затискається в спеціальному пристрої.

Точити поверхні 1,2,3,4,5,6,7

Інструмент – різець розточний упорний з пластиною з твердого сплава
Т5К10

Глибина різання $t_1=1,0$ мм

Подача:

$$S_o = S_{o_T} \times K_{S_o} \quad (1.28)$$

$$K_{S_o} = K_{S_{II}} \times K_{S_{II}} \times K_{S_{\phi}} \times K_{S_3} \times K_{S_{Ж}} \times K_{S_M} \quad (1.29)$$

где $S_{o_T} = 0,2$ мм/об (3, т.26, стр. 237);

$K_{S_{II}}$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні, $K_{S_{II}}=1,0$;

K_{SI} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту, $K_{SI}=1,0$;

$K_{S\Phi}$ – коефіцієнт, що враховує форму обраблюваної поверхні, $K_{S\Phi}=0,7$;

K_{S3} – коефіцієнт, що враховує вплив закалки, $K_{S3}=0,8$;

$K_{SЖ}$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи, $K_{SЖ}=0,83$;

K_{SM} – коефіцієнт, що враховує матеріал обраблюваної поверхні, $K_{SM}=1,0$.

$$K_{So} = 1,0 \times 1,0 \times 0,7 \times 0,8 \times 0,83 \times 1,0 = 0,46$$

$$S_o = 0,2 \times 0,46 = 0,092 \approx 0,1 \text{ мм/об}$$

Визначаємо швидкість різання

$$V = V_T \times K_V \quad (1.30)$$

$$K_V = K_{Vm} \times K_{VI} \times K_{V\Phi} \times K_{VT} \times K_{VЖ} \times K_{V\Pi} \times K_{VO} \quad (1.31)$$

де, V_T – табличне значення швидкості різання, $V_T=113 \text{ м/хв}$, (3, т.36, стр. 243);

K_V – узагальнений швидкісний коефіцієнт;

K_{Vm} – коефіцієнт обробляемого матеріалу, $K_{Vm}=0,8$;

K_{VI} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу інструменту, $K_{VI}=1,0$;

$K_{V\Phi}$ – коефіцієнт, що враховує вплив головного куту в плані, $K_{V\Phi}=1,0$;

K_{VT} – коефіцієнт, що враховує вид обробки, $K_{VT}=0,85$;

$K_{VЖ}$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи, $K_{VЖ}=0,82$;

$K_{V\Pi}$ – коефіцієнт, що враховує стан обробляемої поверхні, $K_{V\Pi}=1,0$;

K_{VO} – коефіцієнт, що враховує вплив ЗОР, $K_{VO}=1,0$.

$$k_v = 0,8 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,85 \times 0,82 \times 1,0 \times 1,0 = 0,56$$

$$V = 113 \times 0,56 = 63,28 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертів шпинделю

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (1.32)$$

де, V - швидкість різання, м/хв

D - діаметр обробки, мм

$$n = \frac{1000 \times 63,28}{3,14 \times 130} = 155,02 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо за паспортом верстату $n=160 \text{ хв}^{-1}$

Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{3,14 \times 160 \times 63,28}{1000} = 31,79 \text{ м/хв}$$

Визначаємо силу різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot k_p, \quad (1.33)$$

де, C_p – коефіцієнт, що враховує умови обробки. $C_p=204$ (2, т.22, стр.273)

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

$n=0$; $x=1,0$; $y=0,75$; (2, т.22, стр.273)

k_p – поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання.

$$K_p = k_{mv} \cdot k_{\phi v} \cdot k_{\gamma v} \cdot k_{\lambda v} \cdot k_{rv}, \quad (1.34)$$

де, k_{mv} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюємого матеріалу

$$k_{mv} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{1080}{750} \right)^{0,75} = 1,31$$

$k_{\phi p}, k_{\gamma p}, k_{\lambda p}, k_{rp}$ – поправочні коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів режучої частини інструменту $k_{\phi p}=1,1$, $k_{\gamma p}=1,2$, $k_{\lambda p}=1,0$, $k_{rp}=1,13$, (2, т. 23, стр.275)

$$k_p = 1,31 \times 1,1 \times 1,2 \times 1,0 \times 1,13 = 1,95$$

$$P_z = 10 \times 204 \times 1,0^{1,0} \times 0,1^{0,75} \times 31,79^0 \times 1,95 = 707,4 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (1.35)$$

де, P_z – сила різання, Н

V – швидкість різання, м/хв

$$N = \frac{707,4 \times 31,79}{1020 \times 60} = 0,4 \text{ кВт}$$

Перевірка потужності різання за потужністю верстата:

$$N_2 = 0,72 \text{ кВт} \leq N_{CT} = N_{ДВ} \cdot \eta = 15 \cdot 0,85 = 12,75 \text{ кВт}$$

Визначаємо машиний час

$$T_o = \frac{l + y + \Delta}{n \cdot S_o} ; \quad (1.36)$$

де, l - довжина оброблюємої поверхні, $l=27,4$ мм

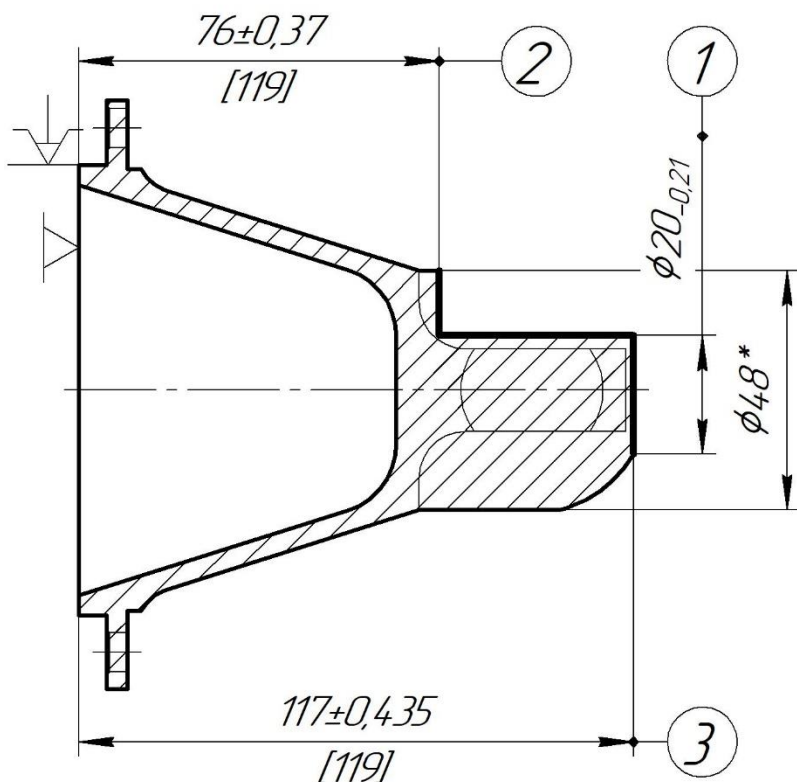
y - величина врезання, мм $y=3$ мм;

Δ - величина перебігу інструменту, $\Delta=3$ мм

$$T_o = \frac{82 + 3 + 3}{160 \times 0,1} = 5,5_{\text{хв}}$$

Розрахунок режимів різання на фрезерну операцію з ЧПУ (045)

$\sqrt{Ra\ 2,5}$



* розмір для довідок

Рисунок 1.9 – Операційний ескіз на фрезерну операцію

Резучий інструмент:

Фреза концева Ø10 P6M5 ГОСТ 17026-71

Визначаємо подачу по формулі:

$$S_Z = S_{ZT} \cdot K_{SZ} \quad (1.37)$$

де $S_Z=0,055$ мм/зуб – табличне значення подачі.

K_{S0} – коефіцієнт, що враховує ряд конструктивних особливостей технологічної системи;

$$K_{SZ} = K_{SZH} \cdot K_{SZ\phi} \cdot K_{SZR} \quad (1.38)$$

де K_{SZH} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту, $K_{SZH} = 1$;

$K_{SZ\phi}$ – коефіцієнт, що враховує вид оброблюваної поверхні, $K_{SZ\phi} = 1$;

K_{SZR} – коефіцієнт, що враховує клас чистоти, $K_{SZR} = 0,5$;

$$S_Z = 0,055 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,0275 \text{ мм/зуб}$$

Розраховуємо швидкість різання:

$$V = V_m \cdot K_V \quad (1.39)$$

де V_m – табличне значення швидкості різання

K_V – коефіцієнт, що враховує ряд конкретних умов обробки

$$K_V = K_{VM} \cdot K_{Vn} \cdot K_{Vo} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{Vi} \cdot K_{VB} \quad (1.40)$$

де K_{VM} – коефіцієнт, що враховує оброблюваність матеріалу;

K_{Vn} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні;

K_{Vo} – коефіцієнт, що враховує умови обробки;

$K_{V\phi}$ – коефіцієнт, що враховує вид обробки;

K_{Vi} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

K_{VB} – коефіцієнт, що враховує ширину фрезерування

$$V_m = 15,3 \text{ м/хв}$$

$$K_{VM} = 0,81; K_{Vn} = 1; K_{Vo} = 1; K_{V\phi} = 1; K_{Vi} = 1; K_{VB} = 1.$$

$$V = 15,3 \cdot 0,81 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 12,4 \text{ м/хв}$$

Обороти:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D}$$

$$n = \frac{1000 \times 12,4}{3,14 \times 10} = 394,9 \text{ об/хв}$$

Коригуємо обертання шпинделя по паспорту верстата $n=400$ об/хв.
Знаходимо дійсну швидкість різання по формулі:

$$V = \frac{3,14 \times 10 \times 400}{1000} = 12,56 \text{ м/хв}$$

Хвилинну подачу визначимо по формулі:

$$S_{\text{мин}} = S_Z \times z \times n_D, \text{ мм/хв}$$

$$S_{\text{мин}} = 0,0275 \times 4 \times 400 = 44 \text{ мм/хв}$$

Згідно з довідником [6], стор.522, карті 5 залежно від модуля і подачі, потрібна на різання потужність $N_H=0,8$ кВт.

$$N_{\text{рез}} = N_H \cdot K_M \cdot K_K \cdot K_W \cdot K_\beta = 0,8 \cdot 1 \cdot 1,64 \cdot 1,1 \cdot 1 = 1,44 \text{ кВт}, \quad (1.44)$$

де $K_M=1$ – поправочний коефіцієнт, залежний від оброблюваного матеріалу;

$K_W=1,64$ – поправочний коефіцієнт, залежний від кількості осьових переміщень;

$K_K=1,1$ – поправочний коефіцієнт, залежний від кількості заходів фрези;

$K_\beta=1$ – поправочний коефіцієнт, залежний від кута нахилу зубів коліс;

$$N_{\text{рез}} = 1,44 \text{ кВт} < N_{\text{ст}} = 7 \text{ кВт}.$$

Ефективна потужність, потрібна на різання, нижче потужності електродвигуна, що задовольняє умовам різання.

Визначаємо машинний час

$$T_o = \frac{l + y + \Delta}{n \cdot S_o \cdot Z} = \frac{61 + 3 + 3}{400 \times 0,0275 \times 4} = 1,52 \text{ хв}$$

де, l – довжина оброблюваної поверхні, $l=61$ мм;

y – величина врізання, мм $y=3$ мм;

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

Z – число зубів фрези, $z=4$.

Свердлильна операція №75

$\sqrt{Ra\ 2,5}$

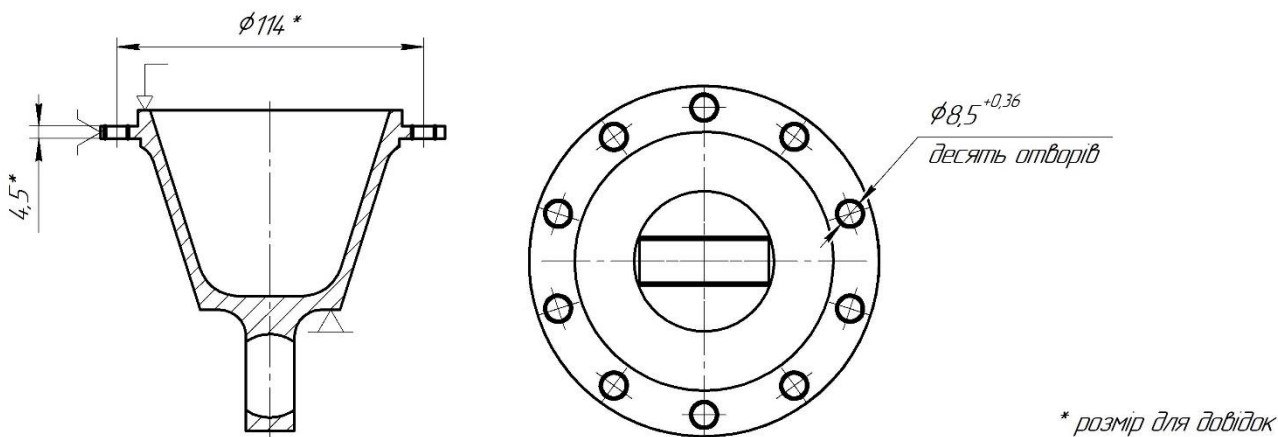


Рисунок 1.5 - Операційний ескіз – операція № 080

Верстат: Радіально-свердлильний с Knuth KSB 40

Перший перехід

Поверхня $\phi 8,5$ $L=4,5$ мм $Ra=2,5$ мкм;

Інструмент: Свердло спіральне $\phi 8,5$ мм, $L=4,5$ мм, P6M5, ГОСТ12121-77

Свердлить відповідно ескізу десять отворів (рис. 1.5):

Довжина робочого ходу

$$L_p = 2 \cdot (l + y) = 2 \cdot (4,5 + 5,1) = 9,6 \text{ мм}$$

де l -довжина свердління $l=4,5$ мм;

$y=0,6d_{\text{св}}$ –врезання, мм;

де $d_{\text{св}}$ -діаметр свердла, мм;

$$\text{Глибина різання: } t = \frac{d_{\text{св}}}{2} = \frac{8,5}{2} = 4,25 \text{ мм.}$$

Визначаємо подачу по формулі:

$$S_0 = 0,12 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 = 0,09 \text{ мм/об}$$

По паспорту верстата приймаємо $S_0 = 0,1$ мм/об
Швидкість різання розраховуємо по формулі:

$$v_0 = v_m \times k_{mv} \times k_{nv} \times k_{uv} \times k_{\varphi v} \times k_{\varphi 1v} \times k_r \quad (1.41)$$

$$v_0 = 4,7 \cdot 0,55 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,94 \times 1,03 = 1,6 \text{ м/хв}$$

де, k_{mv} – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовлі

$$k_{mv} = k_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_b} \right)^{n_v} = 0,8 \times \left(\frac{750}{1061} \right)^1 = 0,55$$

k_r – коефіцієнт, що характеризує групу стали. $k_r=0,8$ (4, т. 2, стор.262);

σ_b - тимчасовий опір розриву, МПа. $\sigma_b=1061$ МПа;

n_v - показник степені, $n_v=1,0$ (4, т. 2, стор.262);

k_{nv} – коефіцієнт, що характеризує стан поверхні $k_{nv}=0,8$;

k_{uv} – коефіцієнт, що характеризує матеріал інструменту $k_{uv}=1,0$ (4, т. 6, стор.263);

$k_{\varphi v}$, $k_{\varphi 1v}$, k_{rv} , - коефіцієнти, що характеризують геометричні параметри інструменту $k_{\varphi v}=1,0$, $k_{\varphi 1v}=0,94$, $k_{rv}=1,03$ (4, т. 23, стор.275).

Частота обертання деталі по формулі:

$$n = \frac{1000 \times 1,6}{3,14 \times 8,5} = 59,95 \text{ об/хв}$$

По паспорту верстата приймаємо частоту обертання $n=60$ об/хв.

Відповідно до цього фактична швидкість різання складає:

$$V = \frac{3,14 \times 8,5 \times 60}{1000} = 1,6 \text{ м/хв}$$

Крутячий момент,

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P \quad (1.42)$$

$C_M = 0,041$; $q = 2$; $y = 0,7$ $K_P = 1,04$ [3, таблиця.32, стор.281]

$$M_{KP} = 10 \times 0,041 \times 8,5^2 \times 0,1^{0,7} \times 1,04 = 23,64 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Осьова сила, Н

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

$$C_p = 143; \quad q = 1; \quad y = 0,7; \quad K_p = 1,04 \quad [3, \text{таблиця.32, стор.281}]$$

$$P_o = 10 \times 87 \times 8,5^1 \times 0,1^{0,7} \times 1,04 = 1534,52 \text{ Н}$$

Потужність різання, кВт

$$N_3 = \frac{23,64 \times 60}{9750} = 0,14 \text{ кВт}$$

Розрахунок основного часу

Основний (технологічний) час:

$$t_o = \frac{l + l_1}{n \cdot S} \cdot i$$

де l – довжина оброблюваної поверхні (довжина отвору), $l=9,6$ мм

l_1 – довжина врізання і перебігу інструменту $l_1 = 3,5$ мм, [5, к.43, стор.282]

i – кількість проходів, $i = 1$

n – частота обертання шпинделя з інструментом, об/хв

S – подання інструменту, мм/об

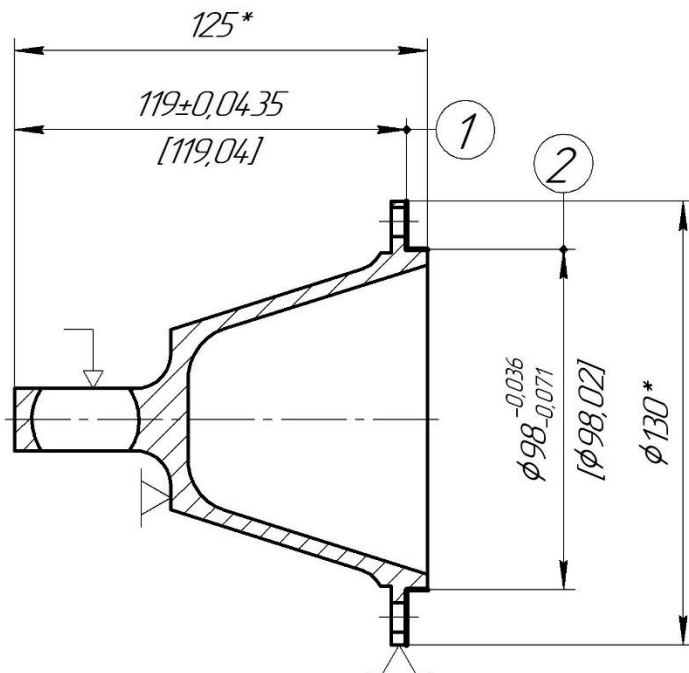
$$t_{o2} = \left(\frac{9,6}{55 \times 0,1} \right) \times 10 = 23,81 \text{ хв}$$

Розрахунок режимів різання на шліфувальну операцію (85)

Вихідні дані:

Інструмент – круг шліфувальний

ПВ 300×2.8×127 63С 25 СМ1 К 35м/с 1кл ГОСТ 2424-88



* розмір для довідок

Рисунок 1.10 - Операційний ескіз на шліфувальну операцію 85.

Припуск на обробку поверхонь $h = 0,02\text{мм}$, [4, табл. 160, стор.343]

Розрахунок швидкості обертання шліфувального круга $V_{кр}$:

$$V_{кр} = \frac{\pi \times D \times n_{кр}}{1000 \times 60} \quad (1.43)$$

де $n_{кр}$ - число обертів шпинделя шліфувального круга, $n_{кр} = 1590\text{об/мін}$;
 D - діаметр круга, $D = 300\text{мм}$.

$$V_{кр} = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 1590}{1000 \cdot 60} = 25\text{м/с} \leq 35\text{м/с}$$

Оброблюваний діаметр $D_d = 98$.

Швидкість деталі $V_d = 48 - 68\text{м/хв}$ [4, табл.161, стор.343], приймаємо $V_d = 48\text{м/хв}$.

Частота обертання деталі n_d :

$$n = \frac{1000 \times 48}{3,14 \times 98} = 155,98\text{об/хв}$$

Приймаємо згідно паспортних даних верстата $n_d = 160\text{об/хв}$.

Відповідно до цього фактична швидкість різання складає:

$$V = \frac{\pi \times D \times n}{1000} = \frac{3,14 \times 98 \times 160}{1000} = 49,23 \text{ м/хв}$$

Визначення радіальної подачі круга S_t в мм/об

$$S_{t1} = S_t \times K_m \times K_D \times K_{V_k} \times K_t \times K_{IT} \times K_h, \quad (1.44)$$

де S_t – таблична радіальна подача круга, $S_t = 0,007 \text{ мм/об}$ [4, табл.163 стор.346];

K_m – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал, $K_m = 0,38$;

K_D - коефіцієнт, що враховує діаметр круга, $K_D = 0,5$;

K_{V_k} - коефіцієнт, що враховує швидкість круга, $K_{V_k} = 1$;

K_t - коефіцієнт, що враховує стійкість круга, $K_t = 0,72$;

K_{IT} - коефіцієнт, що враховує точність обробки, $K_{IT} = 0,5$;

K_h - коефіцієнт, що враховує припуск на обробку, $K_h = 1$.

$$S_{t1} = 0,007 \times 0,38 \times 0,5 \times 1 \times 0,72 \times 0,5 \times 1 = 0,0005 \text{ мм/об},$$

Приймаємо радіальне подання $S_{t1} = 0,001 \text{ мм/об}$

Визначення радіальної хвилинної подачі S_{tm} мм/хв:

$$S_{tm} = S_{t1} \cdot n_d = 0,001 \cdot 780 = 0,78 \text{ мм/хв}.$$

Визначення потужності різання N :

$$N = \frac{N_{10} \times L_{акт}}{10} \quad (1.45)$$

де N_{10} - потужність на 10 мм активної поверхні круга, $N_{10} = 0,43$, [5, к.8, стор.631],

$L_{акт}$ - довжина активної поверхні круга, оскільки $l_d < B_k$ то $L_{акт} = l_d = 4,2 \text{ мм}$.

$$N = \frac{0,43 \cdot 4,2}{10} = 0,18 \text{ кВт}$$

Визначення основного(технологічного) часу:

$$t_o = (\tau_2 + \tau_3) \cdot K \quad (1.46)$$

де τ_2 - час сталого процесу, $\tau_2 = 0,19$, [5,к.12,стор.636],

τ_3 – час зачистки, $\tau_3 = 0,132$, [5,к.12,стор.637],

K – коефіцієнт, залежний від форми поверхні, K=1.

$$t_o = (0,19 + 0,132) \cdot 1 = 0,32 \text{ хв.}$$

1.7 Розрахунок технічної норми часу

У серійному виробництві нормою часу на операцію є штучно-калькуляційний час.

Штучно-калькуляційний час на операцію визначається по формулі:

$$t_{\text{шт-к.}} = \frac{t_{nz}}{n} + t_{\text{шт.}} \quad (1.47)$$

$$t_{\text{шт.}} = t_o + t_{\text{всп}} + t_{\text{обс}} + t_n \quad (1.48)$$

де $t_{\text{шт.}}$ - штучний час, хв;

t_{nz} – підготовчо-завершальний час, хв;

n – кількість деталей в партії, $n=40$ шт;

t_o – сумарний час на операцію, хв;

$t_{\text{всп}}$ – допоміжний час, хв;

$t_{\text{обс}}$ – час обслуговування робочого місця, хв;

t_n – час на особисті потреби, хв.

Технічне нормування на токарну операцію (030)

Основний сумарний час на операцію $t_o = 5,5$ хв

Допоміжний час:

$$t_{\text{всп.}} = t_{\text{в.у.}} + t_{\text{м.в.}} \quad (1.49)$$

$t_{\text{в.у.}} = 0,1$ хв – час на установку і зняття деталі в патроні з ручним затиском (5, к.51, стор.138);

$t_{\text{м.в.}} = 0,19$ хв - час, пов'язаний з виконанням допоміжних ходів і переміщень при обробці поверхні (6, таблиця.12, стор.605)

$$t_{\text{всп}} = 0,1 + 0,19 = 0,29 \text{ хв}$$

Час роботи верстата дорівнює неповному оперативному часу роботи верстата:

$$t_{n.y.} = t_o. + t_{м.в.} = 5,5 + 0,29 = 5,79 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця:

$$t_{обс} = 10\% \cdot t_{n.y.} = 0,1 \cdot 5,79 = 0,58 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби:

$$t_n = 10\% \cdot t_{n.y.} = 0,1 \cdot 5,79 = 0,58 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію:

$$t_{um.} = 5,79 + 0,58 + 0,58 = 6,95 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію (6, стор.604):

$$T_{n-3} = T_{n-31} + T_{n-32} \quad (1.50)$$

$T_{п-31}$ = 12 хв – час на витрати по обслуговуванню верстата (6, стор.604)

$T_{п-32}$ = 6 хв – час на витрати, що враховують додаткові роботи (6, таблиця.12, стор.606)

$$T_{n-3} = 12 + 6 = 18 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв

$$t_{um.-к.} = \frac{18}{40} + 6,94 = 7,4 \text{ хв}$$

Технічне нормування на фрезерну операцію (45)

Основний сумарний час на операцію $t_o = 1,52 \text{ хв}$

Допоміжний час:

$t_{в.у.} = 0,15 \text{ хв}$ – час на установку і зняття деталі (5, к.44, стор.288);

$t_{м.в.} = 0,16 \text{ хв}$ – час, пов'язаний з виконанням допоміжних ходів і переміщень при обробці поверхні (6, таблиця.12, стор.605)

$$t_{всн} = 0,16 + 0,15 = 0,31 \text{ хв}$$

Час роботи верстата за програмою управління $t_{п.у}$ дорівнює неповному оперативному часу роботи верстата:

$$t_{н.у.} = t_{о.} + t_{м.в.} = 1,52 + 0,31 = 1,83 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця:

$$t_{обс} = 8\% \times t_{н.у.} = 0,08 \times 1,83 = 0,15 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби:

$$t_n = 8\% \times t_{н.у.} = 0,08 \times 1,83 = 0,15 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію:

$$t_{шт.} = 1,83 + 0,15 + 0,15 = 2,13 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію (6, стор.604):

$$T_{n-3} = T_{n-31} + T_{n-32}$$

$T_{п-31} = 12 \text{ хв}$ – час на витрати для усіх верстатів з ЧПУ(6, стор.604)

$T_{п-32} = 7 \text{ хв}$ – час на витрати, що враховують додаткові роботи (6, табл.12, стор.606),

$$T_{n-3} = 12 + 7 = 19 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв

$$t_{шт.-к.} = \frac{19}{40} + 2,13 = 2,61 \text{ хв}$$

Технічне нормування на свердлильну операцію (75)

Основний сумарний час на операцію 23,81 хв

Допоміжний час:

$t_{0''} = 0,05$ мін - переміщення інструменту в «0» інструменту(5, до.34, стр.258);

$t_{c.б.} = 0,05$ мін - час пов'язаний зі зміною блоку(5, до.42, стр.394);

$t_{c.б.} = 0,05$ мін - час пов'язаний зі зміною блоку(5, до.42, стр.394);

$t_{в.у.} = 1,2$ мін - час на установку і зняття деталі в патроні з пневматичним затиском(5, до.51, стр.139);

$t_{м.в.} = 0,15$ мін - час, пов'язаний з виконанням допоміжних ходів і переміщень при обробці поверхні(5, до.60, стр.1525)

$$t_{всн} = 0,05 + 0,05 + 1,2 + 0,15 = 1,45 \text{ хв}$$

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

$$t_{н.у.} = t_{о.} + t_{м.в.} = 23,81 + 1,45 = 25,26 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця :

$$t_{обс} = 8\% \cdot t_{н.у.} = 0,08 \times 25,26 = 2,02 \text{ хв}$$

Час на відпочинок і природні потреби :

$$t_n = 8\% \cdot t_{н.у.} = 0,08 \times 25,26 = 2,02 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію:

$$t_{шт.} = 23,81 + 1,45 + 2,02 + 2,02 = 29,3 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію:

$$T_{n-3} = T_{n-31} + T_{n-32}$$

Тп-31 =12 мін - час на витрати для усіх верстатів з ЧПУ(5, до. 60, стор. 301);

Тп-32 =7 мін - час на витрати додаткові роботи, що враховують,(5, до. 60, стор. 301) :

$$T_{n-3} = 12 + 7 = 19 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію, мін

$$t_{шт.-к.} = \frac{19}{40} + 29,3 = 29,77 \text{ хв}$$

Технічне нормування на круглошлифовальну операцію (85)

Основний сумарний час на операцію $t_o = 0,32 \text{ хв}$

Допоміжний час:

$t_{уст} = t_{сн} = 0,1 \text{ хв}$ – установка на кінцеве розтискну оправку з пневмозатиском (5, к.16, стор.640)

$t_{пер} = 1,09 \text{ хв}$ – час, пов'язаний з переходами при шліфуванні зовнішніх циліндричних і торцевих поверхонь на круглошлифовальних верстатах (5, к.17-18, стор.641-643)

$t_{мех}$ – час технічного обслуговування робочого місця:

$$t_{мех} = \frac{t_{np} \times t_o \times 1,1}{T} = \frac{1,3 \times 0,32 \times 1,1}{7} = 0,06 \text{ хв}$$

де - $T=7$ – стійкість круга,

$t_{np} = 1,3 \text{ хв}$ – час правки круга (5, к.19, стор.644)

$$t_{ecn} = 0,1 + 1,09 + 0,06 = 1,25 \text{ хв}$$

Визначаємо оперативний час:

$$t_{оп.} = t_o + t_{ecn.} = 0,32 + 1,25 = 1,57 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця:

$$t_{обс} = 0,015 \times t_{он.} = 0,015 \times 1,57 = 0,024 \text{хв}$$

Час на відпочинок і природні потреби:

$$t_{отд} = 0,04 \times t_{он.} = 0,04 \times 1,57 = 0,063 \text{хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію:

$$t_{шт.} = t_{он.} + t_{обс.} + t_{отд.} = 1,57 + 0,024 + 0,063 = 1,66 \text{хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію [5, к.20, стор.646]:

$$t_{нз} = 12 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв

$$t_{шт.-к.} = \frac{12}{40} + 1,66 = 1,96 \text{хв}$$

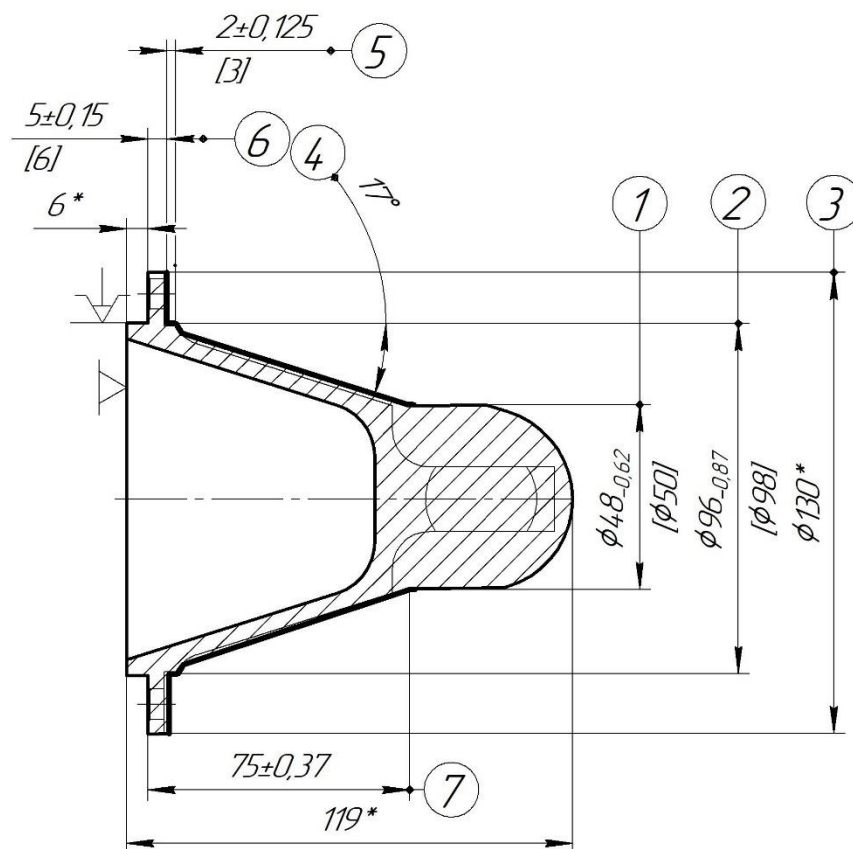
1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПУ, з використанням NXCAM або іншої програми, що має САМ-модуль

1.8.1 Розробка токарної операції

Операція виконується на токарному верстаті з ЧПУ АТПр 2М12СН1. Заготовка затискається в спеціальному пристрої.

Інструмент – різець прохідний упорний з пластиною з твердого сплаву Т5К10

$\sqrt{Ra\ 5,0}$



** розмір для довідок*

Рисунок 1.11 – Ескиз операції №035 Токарна з ЧПУ

Розробка операції виконується у програмному комплексі Siemens NX.

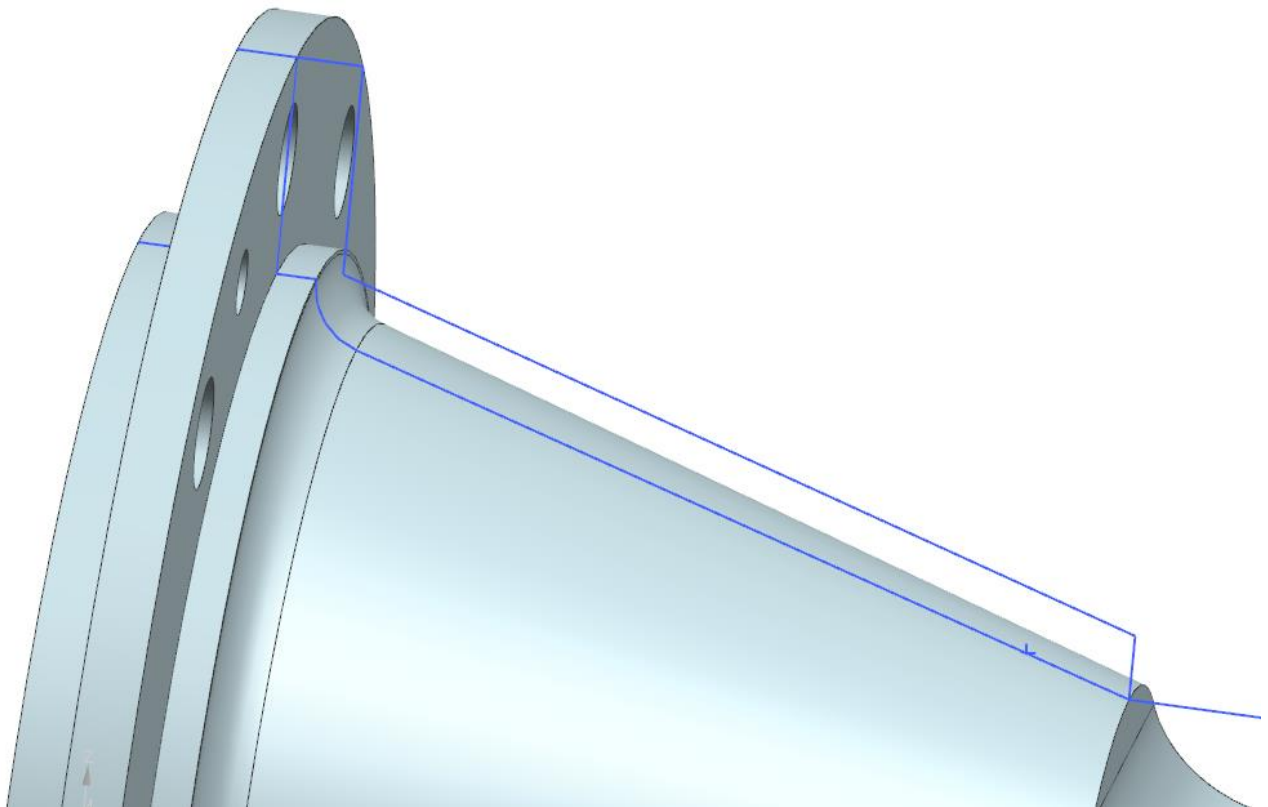


Рисунок 1.12 – Трьовимірна модель операційного ескизу операції №035
Токарна з ЧПУ

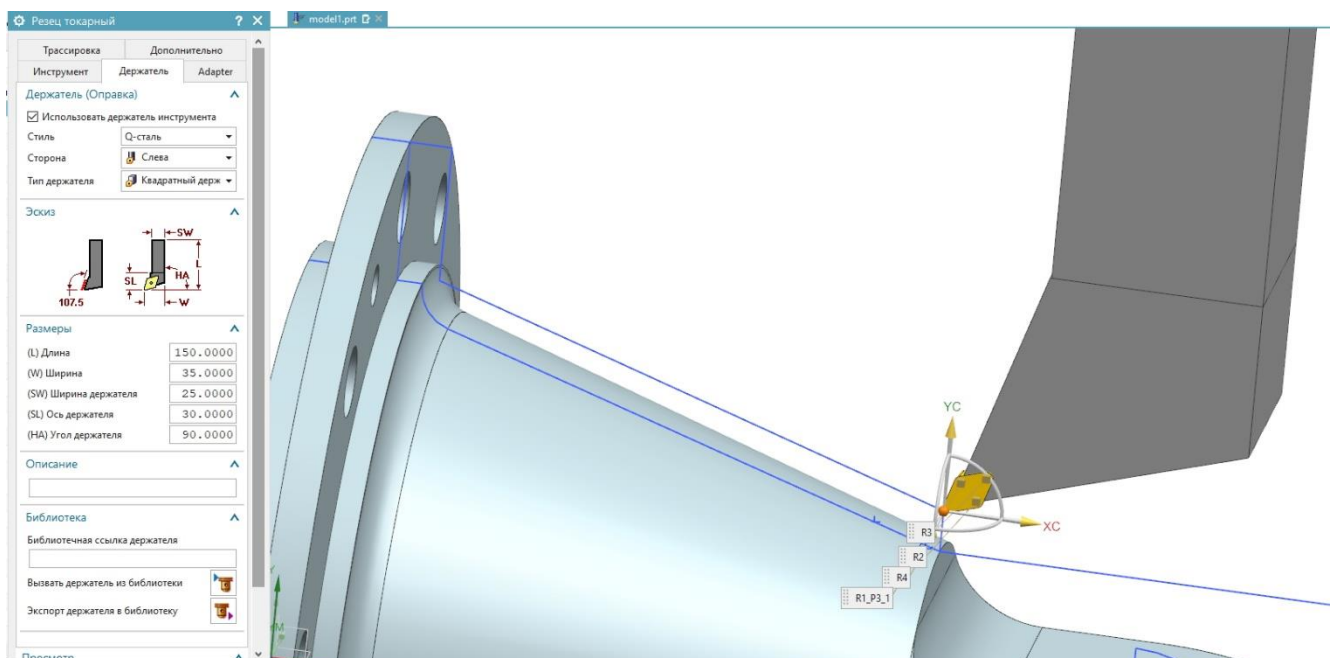


Рисунок 1.13 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні
обробки

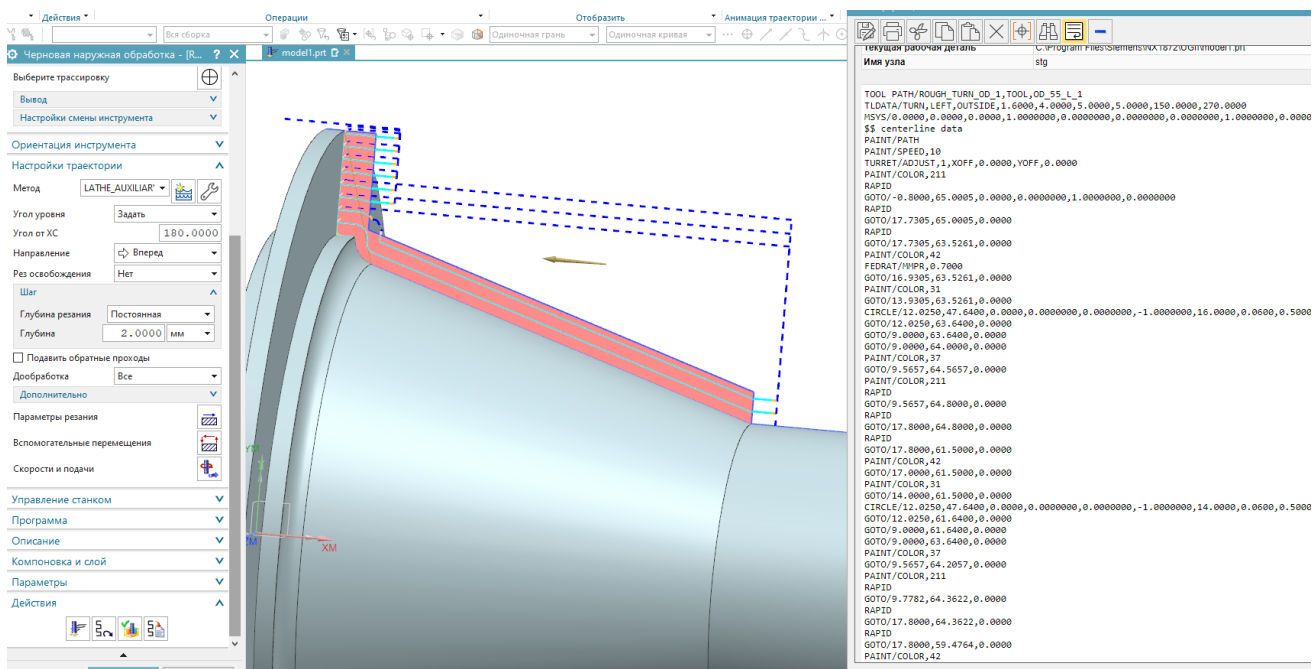


Рисунок 1.14 – Траектория обработки на первом переходе та программа в АРТ

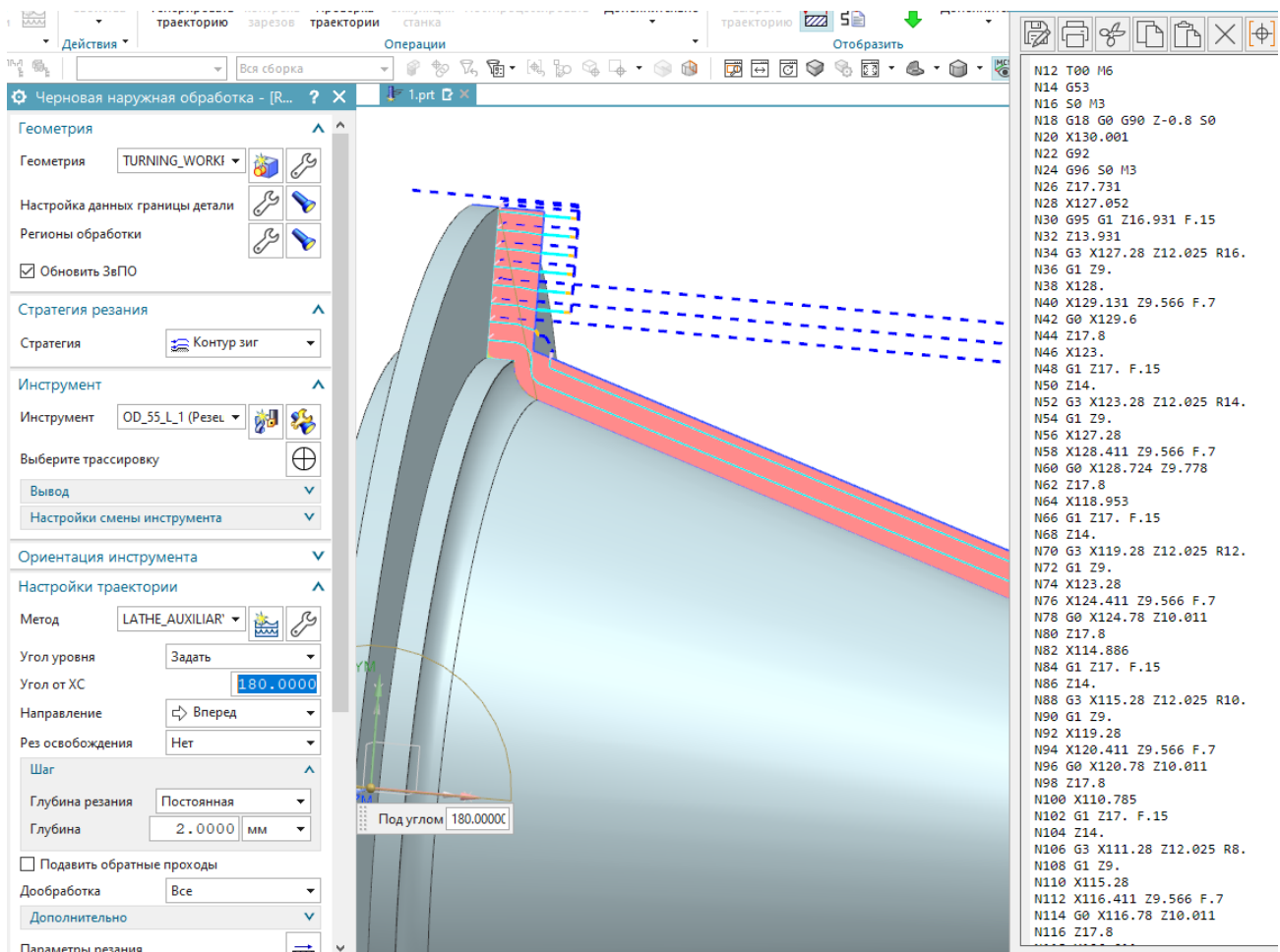


Рисунок 1.15 – Программа обработки в G кодах

1.8.2 Розробка фрезерної операції

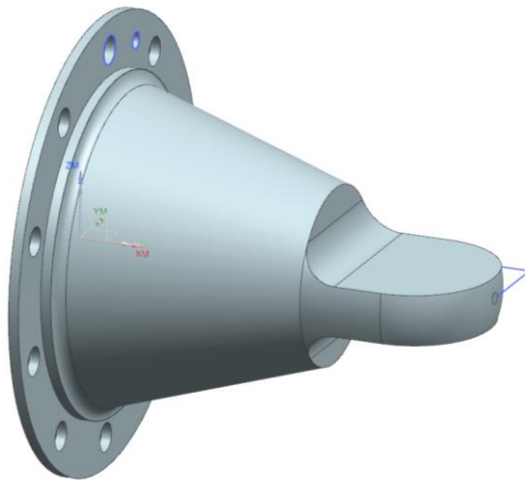


Рисунок 1.16 - Операцийний ескіз – фрезерна операція

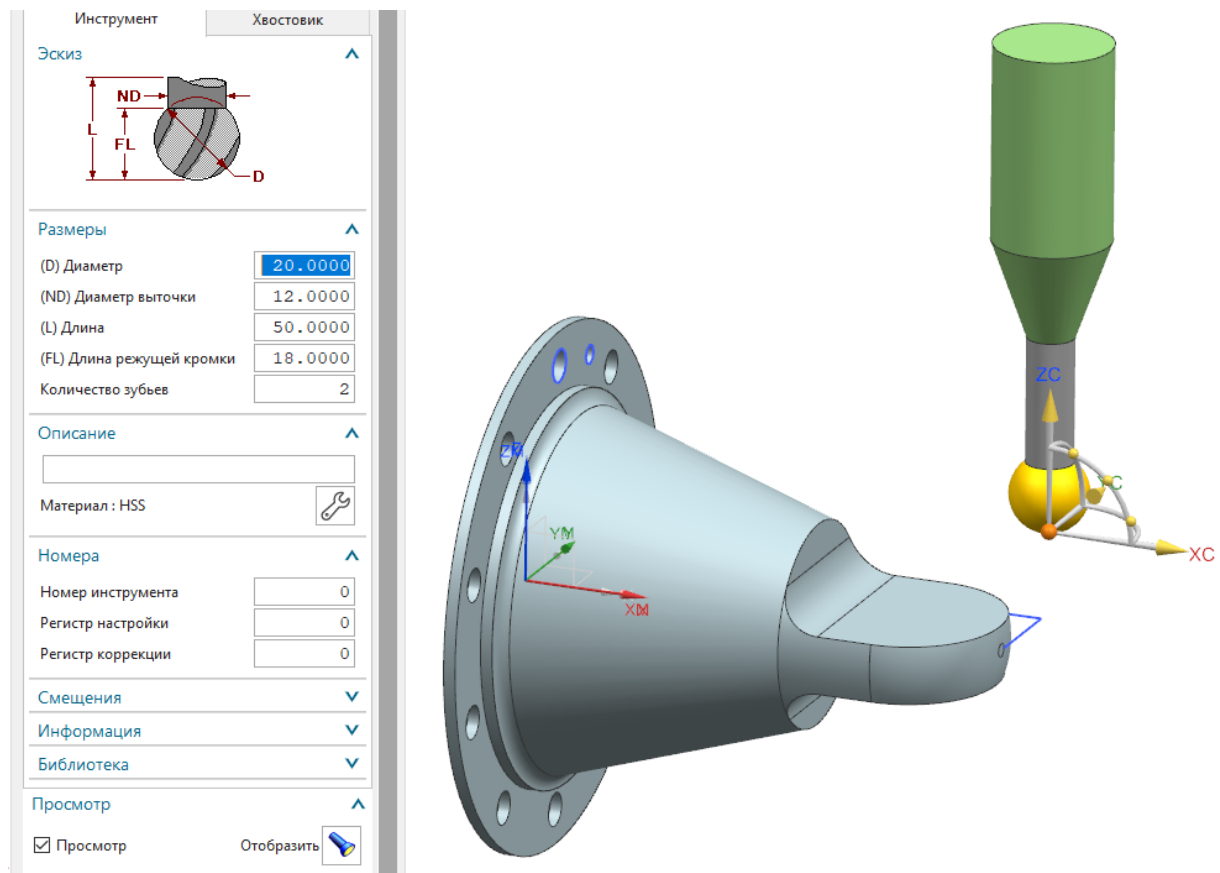


Рисунок 1.17 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні обробки

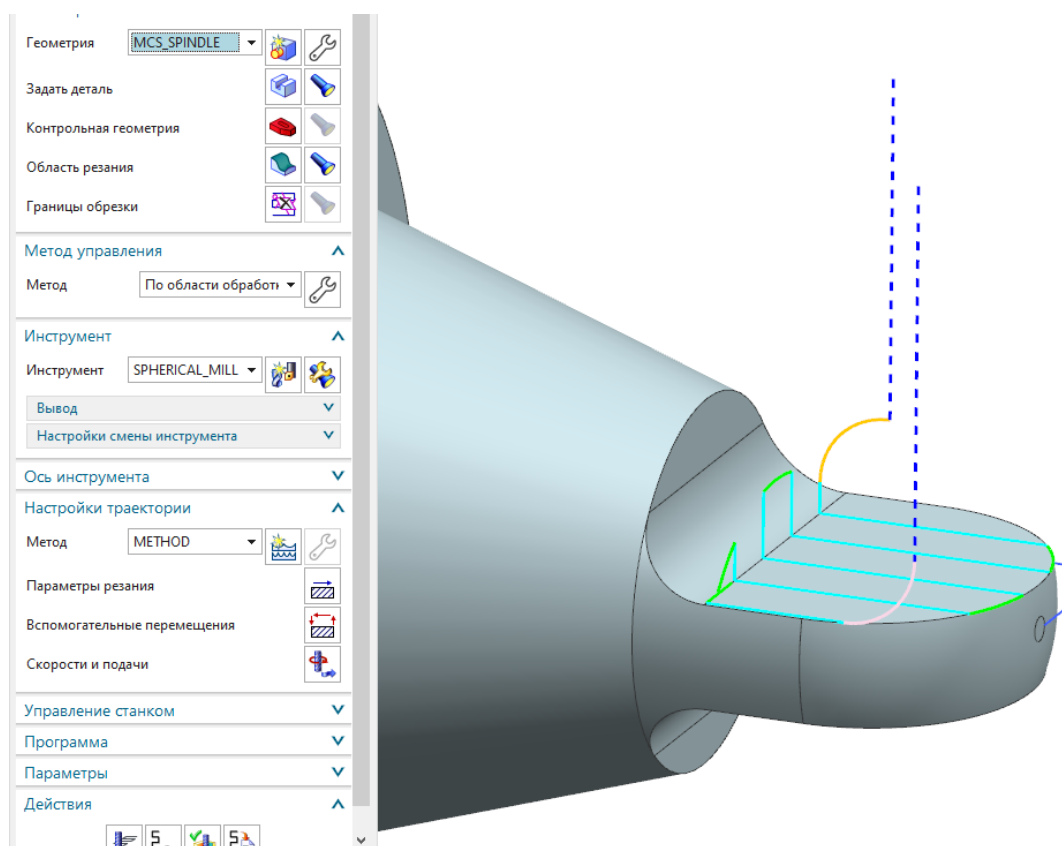


Рисунок 1.18 – Траектория обработки

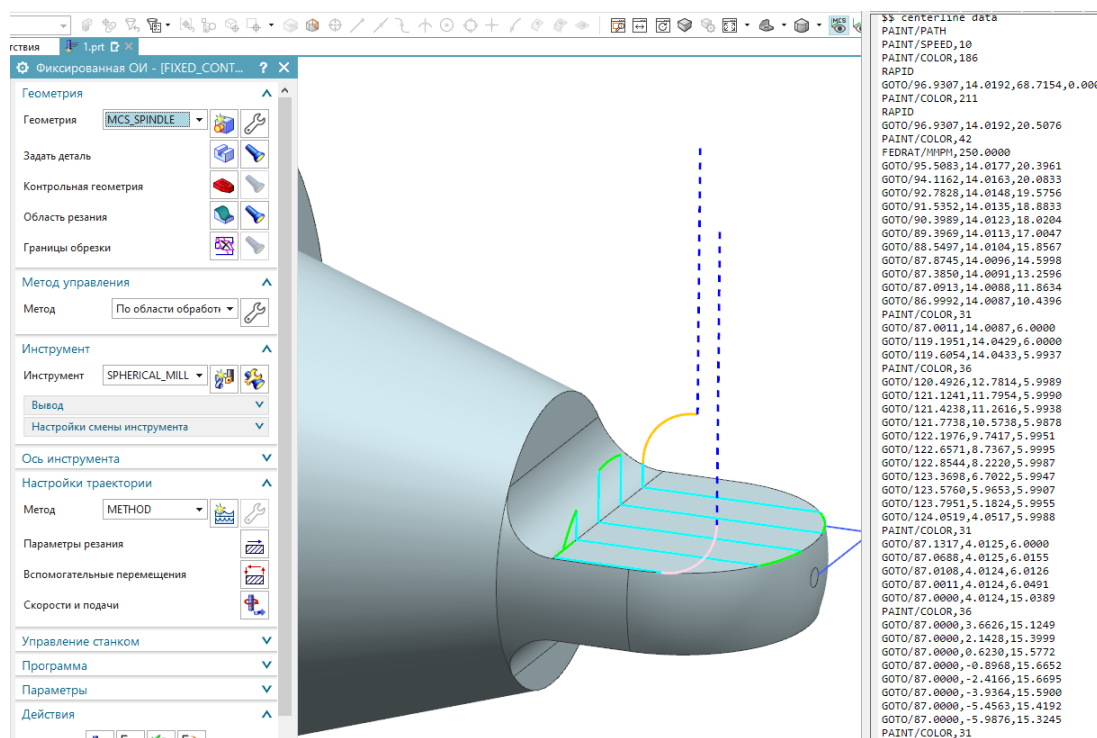


Рисунок 1.19 – Траектория обработки з програмою в АРТ

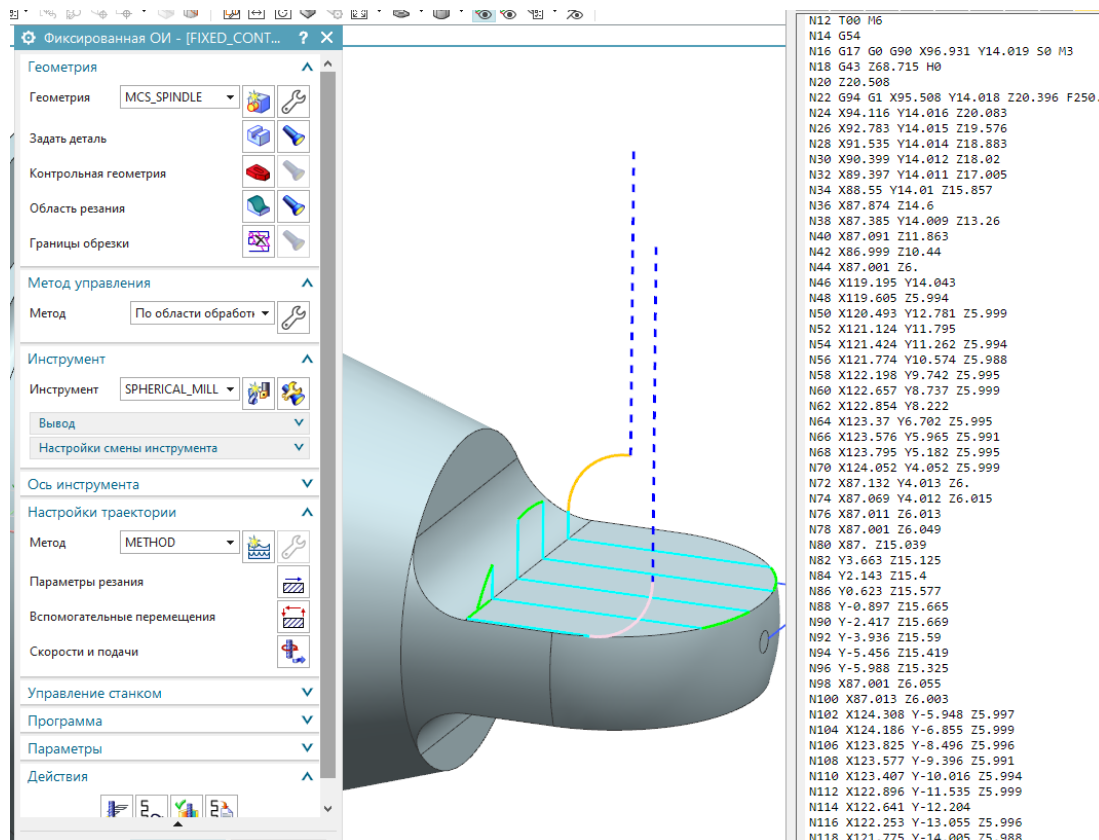


Рисунок 1.20 – Траектория обработки з програмою в G кодах

1.8.3 Розробка свердильної операції

Розрахунок режимів різання на свердильну операцію з ЧПУ (070)

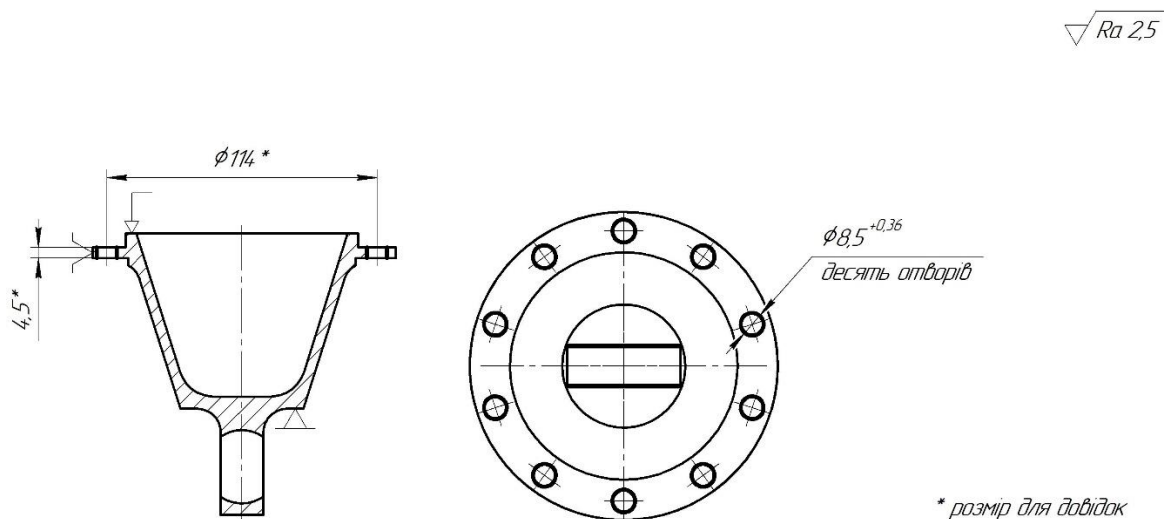


Рисунок 1.21 – Операційний ескіз на свердлильну операцію

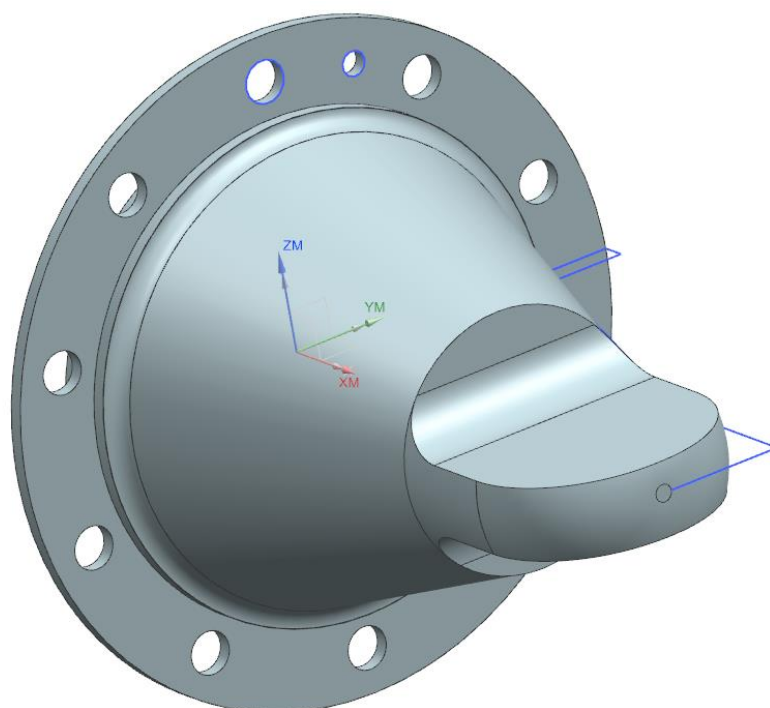


Рисунок 1.22 – Трьовимірна модель операційного ескизу операції №070
Свердлильна з ЧПУ

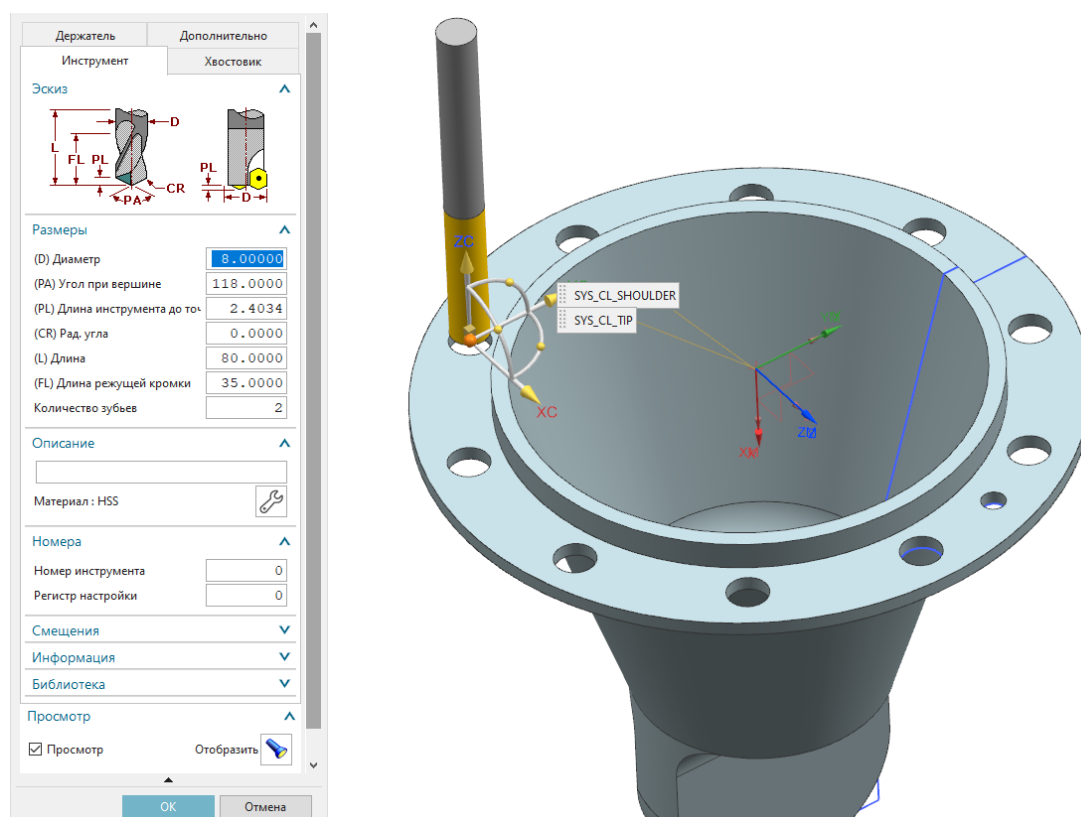


Рисунок 1.23 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні обробки

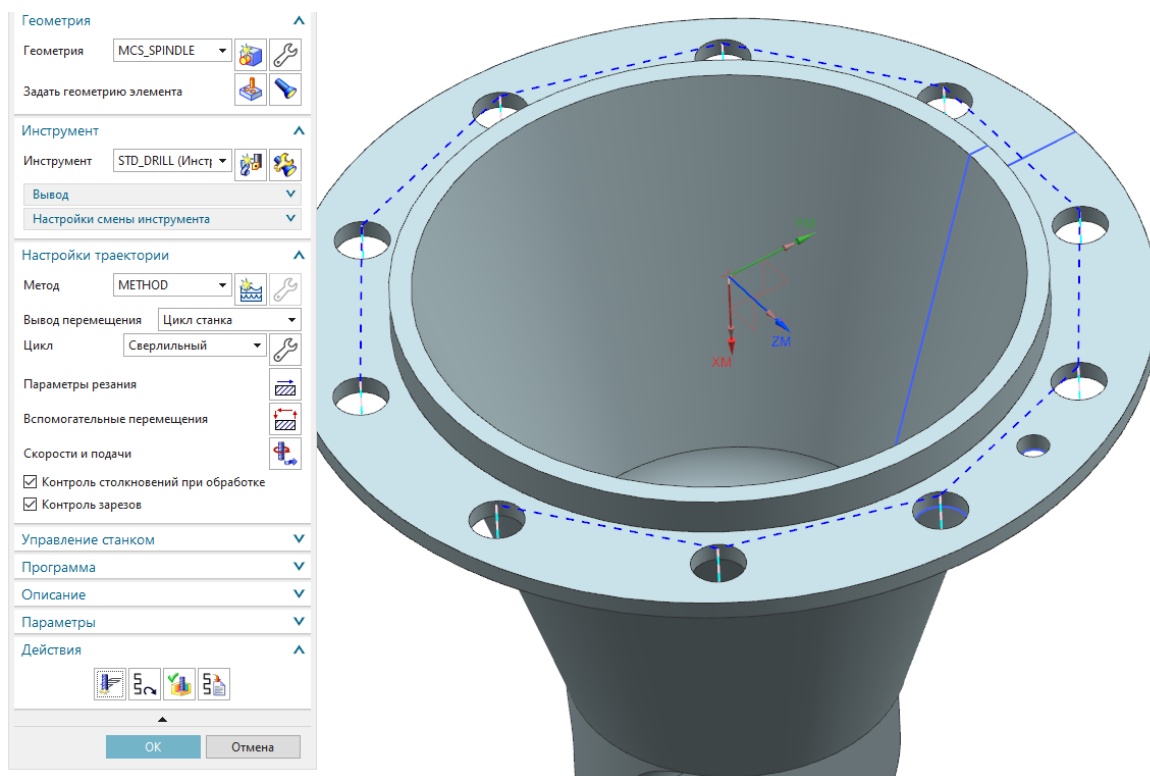


Рисунок 1.24 – Траектория обработки на опрацюю 055 Фрезерна з ЧПК

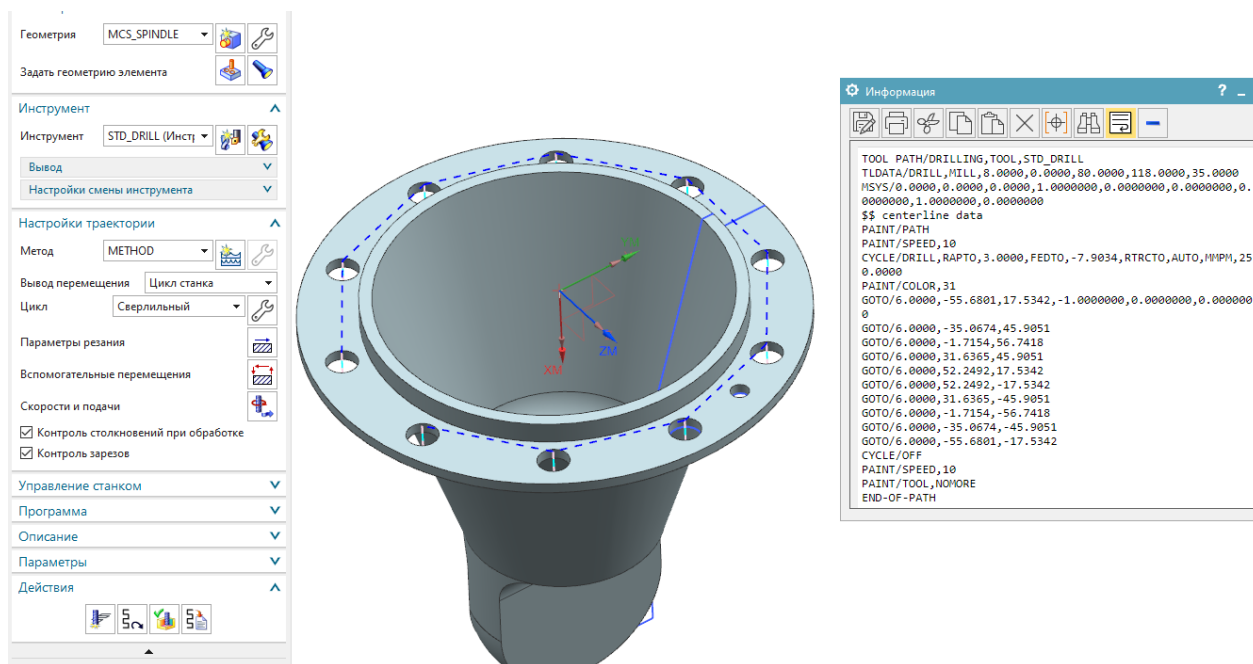


Рисунок 1.25 – Траектория обработки з програмою в АРТ

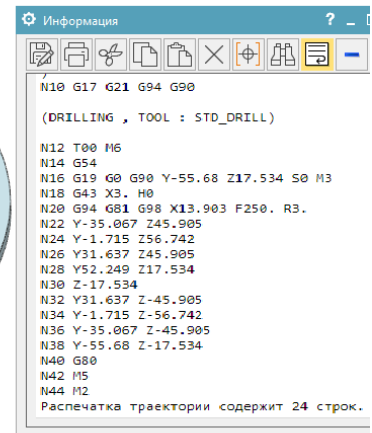
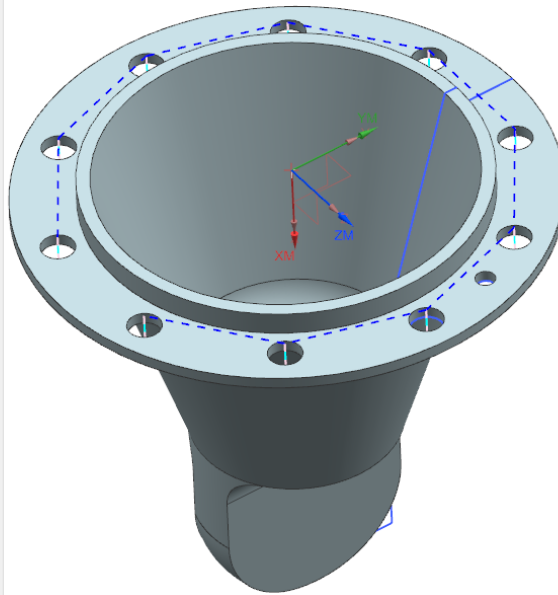
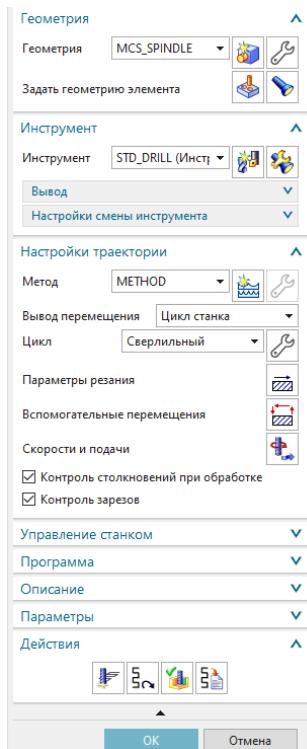


Рисунок 1.26 – Траектория обработки з програмою в G кодах

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Для обробки деталі по контуру на 30 Токарну з ЧПУ приймаємо токарний верстат з ЧПУ АТПр 2М12См1

Визначаємо погрішність установки деталі в пристосуванні:

Погрішність установки деталі в пристосуванні враховується при розрахунку припусків на механічну обробку деталі і залежить від конструкції пристосування.

Погрішність установки - це різниця граничних відхилень вимірювальної бази відносно встановленого на розмір різального інструменту, що виникає в процесі базування і закріплення заготівлі.

Деталь встановлюється в процесі обробки на затискне цангове опрацювання. При цьому вимірювальною базою є вісь деталі, а настроювальною базою вісь пристосування.

2.1.2 Визначення погрішності установки

Погрішність установки визначається:

$$E_{уст} = \sqrt{E_{баз}^2 + E_{закр}^2} \quad (2.1)$$

де $E_{закр}$ - погрішність закріплення - це частина погрішності установки, викликана зміщенням вимірювальної бази відносно встановленого на розмір різального інструменту, внаслідок того, що зім'яло мікронерівностей в зоні контакту заготовка-установочний елемент і пружних віджимань внаслідок прикладеної сили закріплення. Оскільки напрям сили затиску і розмірів обробки взаємно перпендикулярні, то $E_{закр}=0$

$E_{баз}$ - погрішність базування - частина погрішності установки, що є неспівпаданням вимірювальної і настроювальної баз.

$$E_{баз} = 0,5 \cdot \delta = 0,5 \cdot 0,12 = 0,06 \text{ мм} \quad (2.2)$$

де δ - допуск на розмір діаметру обробки

$$E_{уст} = E_{БАЗ} = 0,06 \text{ мм}$$

З практики відомо, що погрішність установки не повинна перевищувати 1/3 допуски на розмір обробки тобто

$$E_{уст} = 0,06 \leq \frac{1}{3} \cdot Td_{обр} \leq \frac{1}{3} \cdot 0,3 = 0,1$$

де $Td_{обр}$ - допуск на розмір обробки

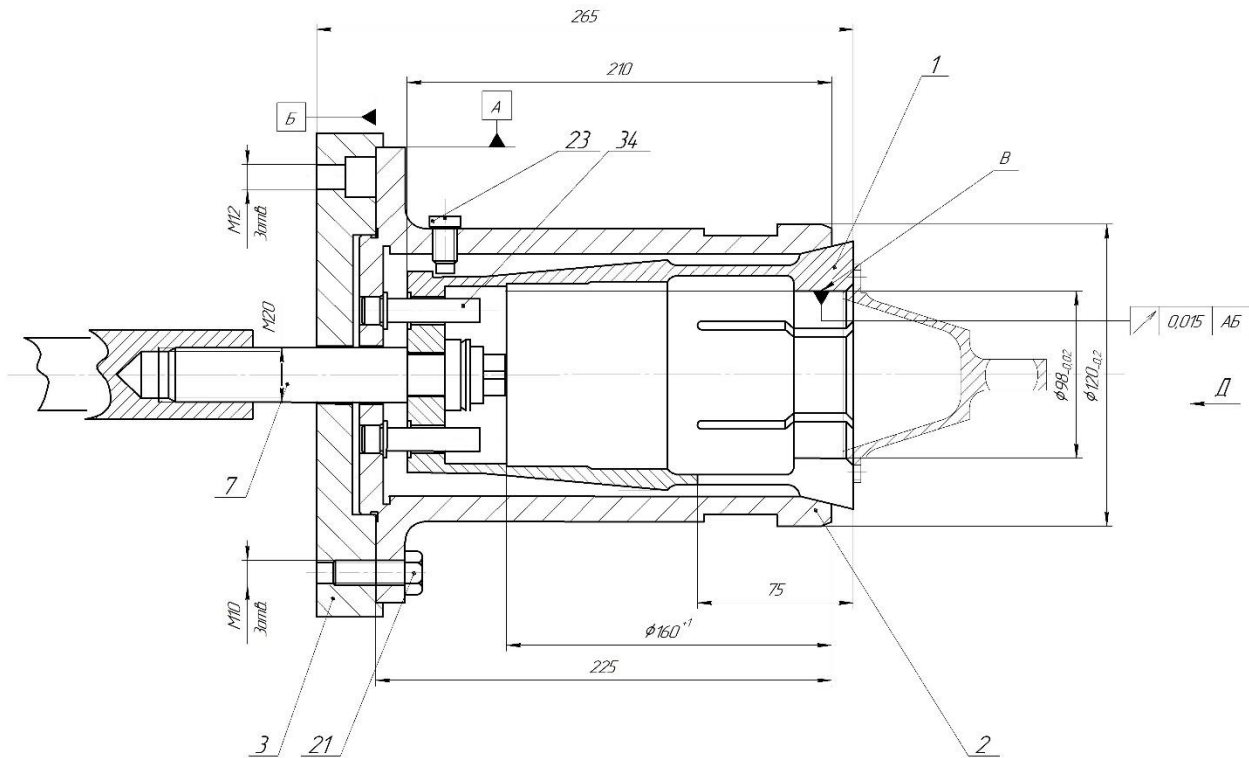


Рисунок 2.2 - Схема робочого пристосування для визначення погрішності : установки, розрахунків на точність і визначення сили затиску

2.1.3 Розрахунок пристосування на точність

Робимо розрахунок пристосування на точність:

Методика розрахунку базується на тому, що допуск на розмір обробки має бути більший або дорівнює сумі погрішностей, що виникають в процесі виготовлення і налаштування інструменту, пристосування і погрішностей, що безпосередньо виникають в процесі обробки.

Налаштування інструменту на розмір обробки робиться за допомогою еталону, який не входить в систему пристосування.

Розрахунок цього пристосування на точність буде зводитися до визначення точності виготовлення пристосування.

$$T_H \leq T_{OBR} - (K1 \cdot E_{\sigma} + K2 \cdot \omega) = 0,3 - (0,8 \cdot 0,06 + 0,6 \cdot 0,2) = 0,3 - 0,168 = 0,132 \quad (2.3)$$

де k_1 - коефіцієнт, що враховує зменшення погрішності базування в слідстві того, що настановний елемент в пристосуванні замінюється не часто, а дійсні розміри заготівлі рідко рівні граничним: $k_1=0,8$;

k_2 - коефіцієнт, що враховує долю погрішності обробки від загальної, такої, що викликається чинниками, не залежними від конструкції пристосування : $k_2=0,6$;

ω - середня економічна точність обробки : $\omega=0,2$;

Посилюємо до найближчого нормалізованого ω . Це пристосування по точності виготовлення відноситься до пристосувань для напівчистої обробки.

2.1.4 Визначення сили затиску

Визначаємо силу затиску деталі в пристосуванні

Цангові затиски відносяться до що центрується затискним пристроєм і застосовуються для установки Заготовок по зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхнях.

Цанги є розрізними пружинними гільзами, виготовленими з легованих сталей і термічно обробленими по робочій частині до твердості 58...62 HRC і до 40...45 HRC в хвостовій частині.

Визначаємо осьову складову сили різання :

$$P_O = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p = 10 \cdot 339 \cdot 1,6^{1,0} \cdot 0,08^{0,5} \cdot 99,6^{-0,4} \cdot 0,8 = 184,1H \quad (2.4)$$

де C_p , x , y , n - постійна і показники міри для конкретних умов обробки для складових сили різання : $C_p=339$ $x=1,0$ $y=0,5$ $n=-0,4$;

t , s , v - режими різання : $t=1,6$ мм $s=0,08$ мм/про $v=99,6$ м/мін;

K_p - поправочний коефіцієнт, що враховує умови різання;

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p} = 1,07 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,88 \quad (2.5)$$

де K_{mp} - коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу;

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_v}{750} \right)^n = \left(\frac{830}{750} \right)^{0.75} = 1.07 \quad (2.6)$$

$K_{\phi p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив головного кута в плані $K_{\phi p}=0,89$ [2];

$K_{\gamma p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута $K_{\gamma p}=1,0$ [2];

$K_{\lambda p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу головного леза $K_{\lambda p}=1,0$

K_{rp} - коефіцієнт, що враховує вплив радіусу при вершині $K_{rp}=0,93$ [2];

Визначуваний передаваний момент різання, що крутить

$$M_{kp} = P_z \cdot 1.1 \cdot \frac{D}{2} = 432 \cdot 1.1 \cdot \frac{11}{2} = 2613,6 H \cdot mm \quad (2.7)$$

Визначаємо сумарну силу затиску заготівлі :

$$W = \frac{k}{f} \cdot \sqrt{\frac{4M_{kp}^2}{d^2} + P_o} = \frac{2.5}{0.3} \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 2613,6^2}{11^2} + 184,1^2} = 3960 H \quad (2.8)$$

де k - коефіцієнт запасу, приймається приблизно $k=2,5$;

f - коефіцієнт зчеплення між робочими поверхнями цанги і заготівлі $f=0,3$;

d - внутрішній діаметр цанги в місці контакту заготівлі з цангою $d=11$ мм;

Визначаємо силу стискування пелюсток цанги до їх зіткнення із заготівлею:

$$W_1 = 6 \cdot 10^3 \cdot 0.08 \cdot 20 \cdot 50^3 / 80^3 = 2343,75 H$$

Визначаємо силу приводу цанги для забезпечення необхідної сили затиску заготівлі :

$$Q = (W + W_1) \cdot [tg(\alpha + \varphi_1) + tg \varphi_2] = (3960 + 2343) \cdot [tg(15 + 25) + tg 15] = 6996,33 H$$

де α - половина кута конуса цанги;

$\varphi_1 = 25^\circ$ - кут тертя в місці контакту конуса цанги і корпусу;

$\varphi_2 = 15^\circ$ - кут тертя в місці контакту цанги і заготівлі в осьовому напрямі

2.1.5 Розрахунок затискного пристрою

Проводимо розрахунок затискного пристрою

Основним призначенням затискних пристроїв є надійне закріплення заготовлі в процесі її обробки.

У пристосуванні, що розраховується, затиск деталі походить від дії гідроциліндра, який повинен забезпечувати необхідну силу затиску

$Q=6996,33$ Н. Таким чином сила на штоку гідроциліндра має бути більша або рівна Q . Виходячи з того, що наш верстат має вбудовану гідросистему і діаметр гідроциліндра відомий ми розраховуємо робочий тиск рідини.

$$P_p = \frac{4 \cdot P_{шт}}{D^2 \cdot \pi \cdot \eta} = \frac{4 \cdot 6996,33}{0,11^2 \cdot 3,14 \cdot 0,85} = 0,866 \text{ МПа}$$

де $P_{шт}$ - сила на штоку, Н;

D - діаметр цанги в метрах;

η - коефіцієнт корисної дії.

2.1.6 Розрахунок затискного пристрою

Робимо перевірочний розрахунок на міцність навантажених деталей пристосування

Міцність одна з основних вимог, що пред'являються до деталей і пристосувань в цілому. У конструкціях пристосувань використовуються деталі, які випробовують різноманітні види навантажень.

Найбільш навантаженою частиною пристосування є шток гідроциліндра, отже, перевіримо чи виконується умова міцності. Втрата стійкості штока виникає при додатку критичної сили $R_{кр}$:

$$P_{кр} = \eta \cdot \frac{E \cdot W}{l_{пр}^2} = 2,4 \cdot \frac{0,5 \cdot 10^5 \cdot 3960}{200^2} = 4950 \text{ Н}$$

де E - модуль пружності

W - момент інерції

$$W = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 20^4}{64} = 7850 \text{ мм}^4$$

$l_{пр}$ - робоча довжина штока приведена _

l - довжина штока
коефіцієнт - _

Допустиме навантаження на штоку не повинне перевищувати $(0,5 \dots 0,7) R_{кр}$ в нашому випадку:

$$3960 < (0,5 \dots 0,7) P_{кр} = (2475 \dots 3465)$$

Оскільки умова міцності виконується те це пристосування робоче.

2.2 Проектування контрольного пристосування

Данное контрольное приспособление предназначено для проверки перпендикулярности рисунок 2.2.

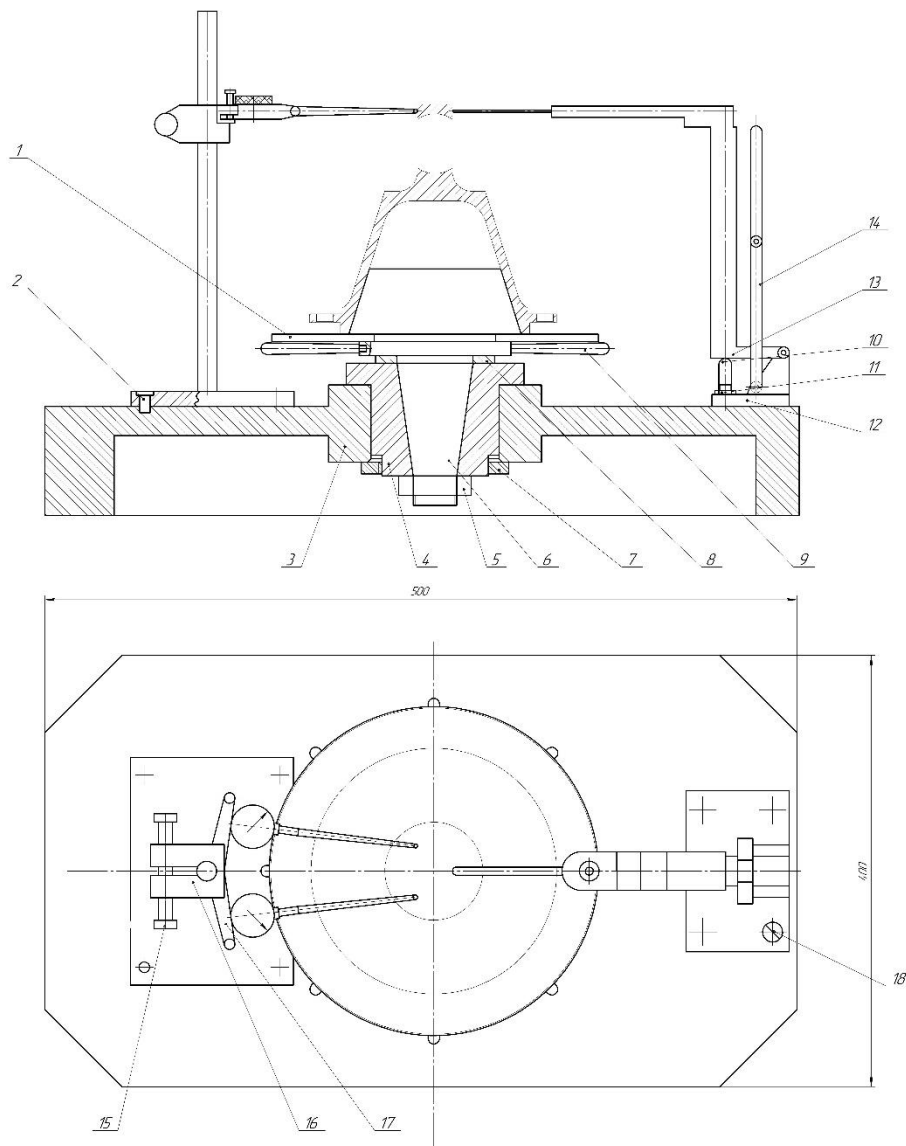


Рисунок 2.2 – Конструкція контрольного пристосування

Деталь, що перевіряється, встановлюють на основу 1, на якому вона центрується пальцем. Перпендикулярність перевіряють вимірювальною голівкою, яка через втулку 16 закріплюється на стійці основи 2. Індикаторний годинник встановлена на рухливій планці, монтованою на стійці основи. Для зняття перевіреної деталі упор відводять вгору шарнірним важелем 14. Робоче положення планки з регулюється гвинтом і гайкою.

При цій схемі базування погрішність базування дорівнює максимальному проміжку між внутрішньою поверхнею деталі і зовнішньою пальця. В даному випадку деталь сідає на конусну оправку. Проміжок відсутній і, отже, погрішність базування дорівнює нулю. Погрішність закріплення дорівнює нулю, оскільки деталь сідає на оправляння з натягом.

Вибірання засобу виміру розпочнемо з визначення оптимальних метрологічних, експлуатаційних і надійностних характеристик, які повинні мати засоби виміру.

Допустиму погрішність виміру знаходиться по формулі:

$$[\varepsilon_{изм}] = \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{5} \right) \times T_k, \quad (2.9)$$

де ε - допустима погрішність виміру;

T_k - допуск на контрольований розмір, $T_k = 0,05 \text{ мм}$.

$$[\varepsilon_{изм}] = \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{5} \right) \times 0,05 = 0,0065 \text{ мм} = 6,5 \text{ мкм}$$

Розрахунок сумарної погрішності виміру КІП.

$$E_{кип} = \varepsilon + \Delta_p + \Delta_{\text{э}} + \Delta_{ин} + \Delta_t + \Delta_{\text{вус}} \quad (2.10)$$

де ε - погрішність передатного пристрою, оскільки в конструкції нашого КІП передатний пристрій відсутній $\varepsilon = 0$;

$\Delta_{\text{э}}$ - погрішність виготовлення еталонної деталі $\Delta_{\text{э}} = 0$;

$\Delta_{ин}$ - погрішність вибраного засобу виміру $\Delta_{ин} = 2 \text{ мкм}$;

Δ_t - погрішність, викликана зміною температури довкілля, в нашому випадку $\Delta_t = 0$;

$\Delta_{\text{вус}}$ - погрішність, що викликається вимірювальним зусиллям за рахунок контактної деформації. Визначимо фактичну погрішність по формулі Герца :

$$\Delta_{\text{вус}} = 0,43 \cdot K \cdot \sqrt[3]{\frac{P_{\text{вус}}^2}{r}} = 0,43 \cdot 0,81 \cdot \sqrt[3]{\frac{2^2}{5}} = 0,032 \text{ мкм},$$

де $P_{\text{вус}}$ - вимірювальне зусилля, $H (P_{\text{вус}} = 2 \text{ Н})$;

r - радіус вимірювального наконечника, $\text{мм} (r = 5 \text{ мм})$;

Do - коефіцієнт, залежний від матеріалу наконечника ($Do = 0,81$).

ε - погрішність положення контрольованої деталі в пристосуванні.

Вона визначається як:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\text{б}}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_{np}^2}, \quad (2.11)$$

де $\varepsilon_{\text{б}}$ - погрішність базування. У нашому випадку вона дорівнює нулю.

$\varepsilon_{\text{з}}$ - погрішність закріплення.

ε_{np} – неточність виготовлення елементів пристосування, що беруть участь у формуванні розмірного ланцюга. Визначається квадратичним підсумовуванням елементарних погрішностей, викликаних як неточністю виготовлення деталей для установки СІ, так і для базування об'єкту контролю.

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2}, \quad (2.12)$$

де $\Delta_1=0$ - відхилення положення осі наконечника від заданої точки виміру.

$\Delta_2=2$ мкм - погрішність положення наконечника в горизонтальному напрямі.

$\Delta_3=2$ мкм - погрішність осевого переміщення.

$\Delta_4=0$ – погрішність виміру величини відхилення від паралельності переміщення вимірювального наконечника відносно осі отвору в кронштейні. Від неспівпадання переміщення наконечника і вимірюваного параметра виникає погрішність в соті долі мікрометра, тому нею можна нехтувати.

$$\Delta_5 = 0$$

$\Delta_6 = 0$ – погрішність від неспівпадання напрямку виміру і розміру.

Тоді:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2} = \sqrt{0 + 2^2 + 2^2 + 0 + 0 + 0} = 2,83 \text{ мкм}$$

Погрішність положення вимірюваної деталі можна вичислити по формулі:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_o^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}$$

$$\varepsilon = \sqrt{0 + 0 + 2,83^2} = 2,83 \text{ мкм}$$

Підставивши знайдені значення, отримаємо фактичну сумарну погрішність КІП :

$$\varepsilon_{кїп} = \varepsilon + \Delta_p + \Delta_3 + \Delta_{ин} + \Delta_t + \Delta_{выс}$$

$$\varepsilon_{кїп} = 2,83 + 0 + 0 + 2 + 0 + 0,32 = 5,15 \text{ мкм.}$$

Зіставивши фактичну сумарну погрішність ε з допустимою $|\varepsilon_{зм}| = 6,5 \text{ мкм}$, робимо висновок про те, що необхідна умова точності дотримується :

$$\varepsilon_{кїп} = 5,15 \text{ мкм} < 6,5 \text{ мкм.}$$

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ

Автоматизація контролю при комплексній автоматизації технологічних процесів

Автоматизація контролю є одним з найбільш складних питань комплексної автоматизації технологічних процесів. Вона здійснюється по двох принципово різних напрямом: шляхом автоматизації післяопераційного(пасивного) контролю і технологічного(активного) контролю. Другий напрям - спрямований на активізацію контролю - є найбільш прогресивним і перспективним напрямом, оскільки якість продукції забезпечується самим технологічним процесом.

При пасивному контролі контрольні пристрої фіксують розміри деталей або сортують їх по розмірах, не чинячи дії на хід технологічного процесу.

При активному контролі контрольні пристрої чинять дію на хід технологічного процесу, тобто активно втручаються в технологічний процес. Ці

системи відносяться до замкнутих систем автоматизації, тобто до систем із зворотним зв'язком.

Блок схема замкнутої системи автоматизації може бути представлена таким чином:

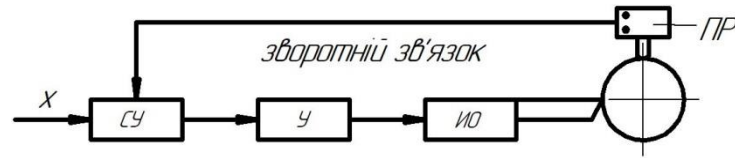


Рисунок 3.1 - Блок схема замкнутої системи автоматизації

Розмір оброблюваної деталі контролюється за допомогою перетворювача ПР. Залежно від дійсного розміру перетворювач подає сигнали на СУ, де порівнюється із заданим сигналом.

Величина розузгодження заданого сигналу і сигналу зворотного зв'язку посилюється підсилювачем і потрапляє у виконавчий орган, в результаті чого-небудь міняється режим різання, або подається команда на зупинку верстата.

Тому активним контролем називається метод контролю, за результатами якого вручну або автоматично здійснюється дія на хід технологічного процесу.

До активного контролю відноситься, наприклад, контроль при обробці методом пробних проходів; контроль, за результатами якого вручну подналаживаються верстати - автомати; управління процесом обробки за результатами виміру параметрів заготівлі (для отримання заданих розмірів, а також для стабілізації сил різання або часу обробки).

До засобів активного контролю відносяться облаштування для автоматичного регулювання режимів різання обробки (наприклад, для стабілізації потужності, що витрачається при різанні, що відповідає умові найбільшої продуктивності). Це також системи компенсації зносу круга методом його правки перед чистовими проходами, це контроль в процесі обробки, регулювання розмірів за допомогою підналагоджувальних систем.

Таким чином, будь-який вимір, в результаті якого здійснюється певна дія на той або інший процес, можна віднести до активного контролю.

Особлива увага зараз приділяється розвитку засобів автоматичного активного контролю. Його впровадження дозволяє підвищити якість продукції, скоротити час обробки деталей шляхом інтенсифікації режимів різання і виключення зупинок верстата для проміжних вимірів, зменшити витрати на остаточний післяопераційний контроль.

Залежно від методу виміру засобу активного контролю розділяються на пристрої, засновані на прямому методі виміру, і пристрої, засновані на непрямому методі виміру.

При прямому методі виміру контролюється безпосередньо розмір деталі, що виготовляється або виготовленої. База виміру при цьому співпадає з поверхнею контрольованої деталі.

При непрямому методі контролюється не розмір деталі, а положення поверхні вимірюваної деталі, або положення різальної кромки інструменту, або виконавчих органів верстата по відношенню до бази установки приладу.

Розглянемо це на прикладі плоского шліфування (Рис. 3.2).

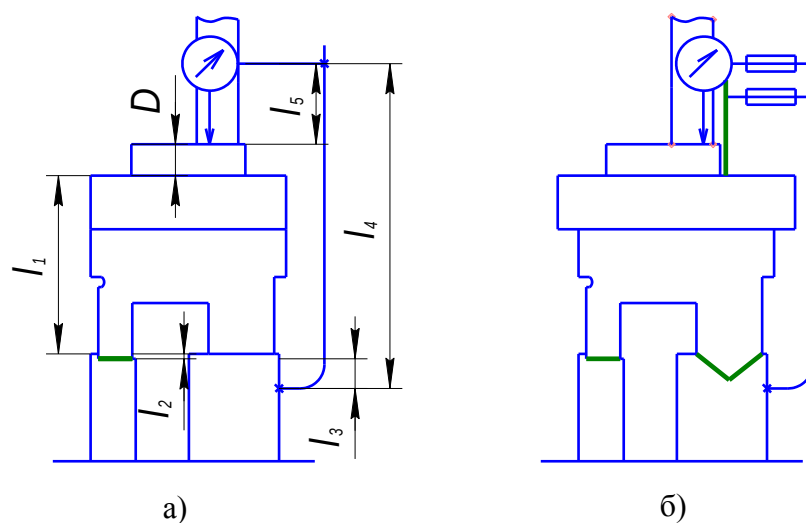


Рисунок 3.2 - Схема плоского шліфування з активним контролем: а) непрямий метод виміру, б) прямий метод виміру

При непрямому методі виміру у вимірювальний ланцюг окрім розміру контрольованої деталі включаються розмірні параметри самого верстата. В даному випадку розмір l_5 є таким, що замикає, і його точність залежить від точності розмірного ланцюга.

При прямому методі вимірюємо безпосередньо розмір і немає того довгого вимірювального ланцюга, що мали при непрямому методі. Точність обробки в цьому випадку в основному залежить від теплових деформацій оброблюваної деталі, погрішності самого приладу і товщини шару металу, що знімається з деталі за один прохід.

Таким чином, непрямий метод менш точний, ніж прямий, оскільки виходять довші, ніж при прямому, розмірні ланцюги.

По виконуваних функціях засобу активного контролю розмірів можуть бути розділені на 4 групи:

- 1) пристрої, контролюючі деталі безпосередньо в процесі обробки(прилади контролю, що управляє);
- 2) підналагоджують;
- 3) блокуючі пристрої (вимірювальні «заслони»);
- 4) облаштування контролю заготовок до обробки.

До облаштувань контролю, що управляє, відносяться прилади, контролюючі розміри деталей, положення різальної кромки інструменту або виконавчих органів верстата безпосередньо в процесі обробки деталі і через ланцюг зворотного зв'язку що подають команду на вимір режимів різання або припинення обробки досягши заданих значень контрольованих параметрів. Ці пристрої управляють циклом роботи металорізальних верстатів. Розглянемо приклад. На рис 3.3 показана принципова схема круглошліфувального верстата, працюючого по методу урізування, з приладом контролю, що управляє.

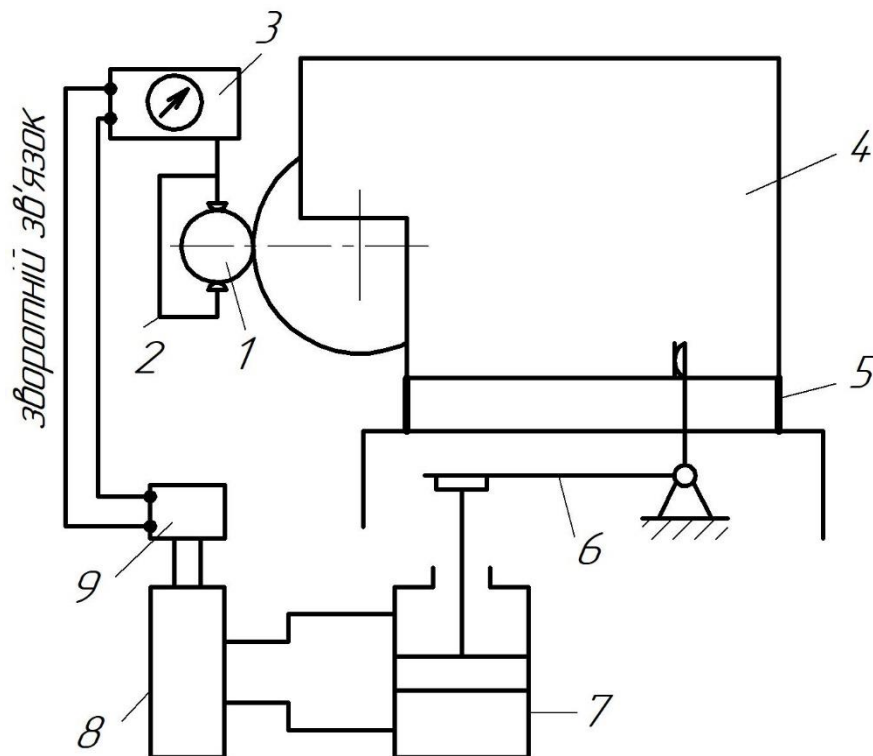


Рисунок 3.3 - Схема системи активного контролю, що управляє : 1 - оброблювана деталь, 2 - скоба активного контролю, 3 - відліковий - командний пристрій, 4 - шліфувальна бабка, 5 - плоскі пружини, 6 - важільна скоба, 7 - гідроциліндр, 8 - золотник, 9 - електромагніт

В цьому випадку контролюється безпосередньо розмір оброблюваної деталі.

При обробці шліфувальна бабка безперервно подається вліво за допомогою гідроциліндра через важільну передачу, а прилад активного контролю стежить за поточним розміром оброблюваної деталі. Досягши певного налагодженого розміру прилад, наприклад, подає через ланцюг зворотного зв'язку команди на перемикання врізного подання на виходжування, а з виходжування на швидке відведення шліфувальної бабки. Ці команди реалізуються через електромагніт 9 і золотник 8, керівники роботою гідроциліндра.

Таким чином, процес обробки незалежно від впливу різних технологічних чинників (припуски на обробку, зносу шліфувального круга, температурних деформацій верстата і інструменту і інших) триватиме до тих пір, поки в контрольованому перерізі не буде досягнутий заданий розмір. У цих умовах на точність обробки перестає впливати розмірний знос різального інструменту, припуск на обробку, силові деформації системи ВПД, теплові деформації верстата і інструменту. Тому з точки зору компенсації технологічних погрішностей контроль деталей в процесі обробки, коли вихідному параметром є безпосередньо розмір, є найбільш прогресивним, чим, наприклад, підналадка, оскільки компенсуються як систематичні, так і випадкові складові погрішності процесу обробки.

Ми розглянули приклад, коли вихідним параметром є безпосередньо розмір. Але при контролі, що управляє, вихідним параметром може служити і положення різальної кромки інструменту, і положення виконавчих органів верстата. В цьому випадку технологічні погрішності компенсуються лише частково. І точність в цьому випадку залежить від протяжності розмірних ланцюгів, в які входить регульований розмір.

Підналадка є однією з форм активного контролю. До тих, що підналагоджують відносяться вимірювальні прилади, які через ланцюг зворотного зв'язку викликають зміну настанки металорізального верстата або вимірювального пристрою, що здійснює управління роботою верстата, коли значення контрольованого параметра виходить за допустимі межі або відхиляється від заданого значення.

Підналагоджувальні пристрої застосовуються в основному при обробці на прохід, зокрема, при наскрізному безцентровому шліфуванні. Проте у поєднанні з жорсткими упорами або засобами контролю в процесі обробки (наприклад, з чутливими упорами) ті, що підналагоджують можуть застосовуватися і при врізних процесах.

Розглянемо деякі системи підналагоджувальних систем.

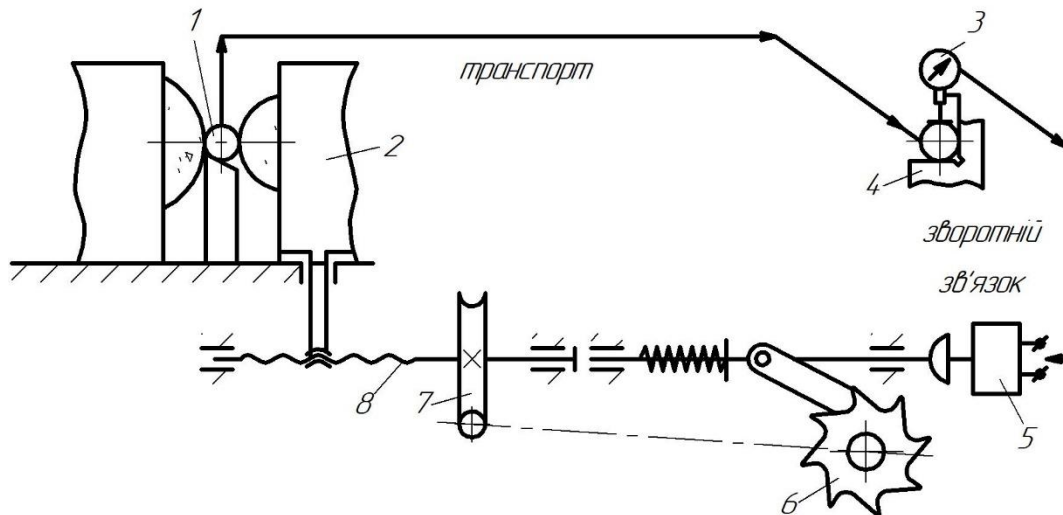


Рисунок 3.4 - Схема підналагоджувальної системи при шліфуванні: 1 - оброблювана деталь, 2 - шліфувальна бабка, 3 - вимірювальний прилад (підналагоджує), 4 - позиція виміру, 5 - електромагніт, 6 - механізм хропіння, 7 - черв'ячна фреза, 8 - гвинт

На рис. 3.4 показана принципова схема підналагоджувального пристрою при наскрізному безцентровому шліфуванні кілець шарикопідшипника.

Оброблювана деталь після виходу із зони обробки по лотку потрапляє на позицію виміру того, що підналагоджує. У міру зносу шліфувального круга розміри деталей поступово збільшуються і наближаються до верхньої межі поля допуску. У деякий момент розміри деталей досягають встановленої межі підналадки, прилад видає команду, внаслідок чого спрацьовує електромагніт, що управляє роботою храпового механізму. Храповое колесо і пов'язаний з ним черв'як, а отже, і гвинт обертаються, і шліфована бабка переміщається на величину підналагоджувального імпульсу. Недоліком такої системи є складність отримання малих переміщень масивної бабки. Вона або не переміщається, або переміщається на значні відстані при повторних імпульсах. Тому шліфувальну бабку закріплюють шарнірно, що дає можливість забезпечувати малі переміщення.

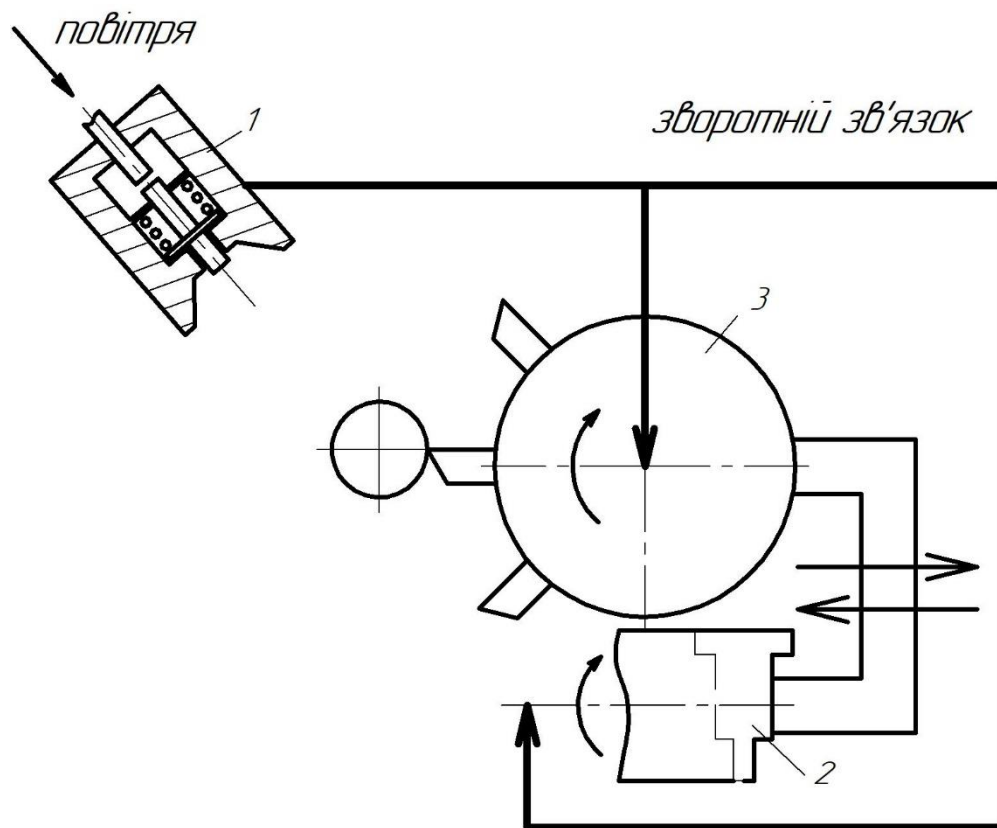


Рисунок 3.5 – Схема підналадки для токарної обробки

Розглянемо ще схему підналагоджувального пристрою з рухливим жорстким упором (рис. 3.5).

Після обточування на прохід деталь вимірюється пневматичним приладом 1. При виході розміру деталі за допустимий кордон, подається команда на поворот ступеньчатого упору 2, (висота кожного ступеня складає 0,0125 мм), який має шість східців. Після того, як будуть використано усі шість східців жорсткого упору, підналагоджувальний імпульс повідомляється різцевій голівці, яка при спрацьовуванні перетворювача обертається на 1/10 частину обороту (у голівці встановлені 10 різців). Надалі підналадку здійснюють в тій же послідовності до тих пір, поки усі встановлені в голівці різці повністю не зносяться.

Як ми вже відмічали, підналадка є менш точною формою зворотного зв'язку, чим контроль в процесі обробки, оскільки вона компенсує не випадкові погрішності, а тільки систематичні і функціональні.

Пристрої, контролюючі заготовлі до процесу обробки, можна розділити на дві групи: пристрої, контролюючі параметри заготовок, і пристрої, фіксувальні момент зіткнення різального інструменту із заготовлею.

Принцип роботи облаштувань першої групи полягає в тому, що за результатами виміру параметрів заготовлі (дійсні припуски, механічні властивості

та ін.), або стабілізуються сили різання, або підтримується постійним тривалість циклу обробки (наприклад, зі збільшенням припуску збільшується чорнове подання, а зі зменшенням припуску- зменшується).

Облаштування другої групи в основному застосовуються на шліфувальних верстатах. Наприклад, при шліфуванні методом урізування, відбуваються наступні переміщення шліфувальної бабки : швидке підведення, робоче чорнове подання, робоче чистове подання, швидке відведення.

Бажано, щоб перемикання з неодруженого прискореного переміщення шліфувальної бабки на чорнове подання відбувалося у момент дотику круга до заготівлі. Якщо це перемикання станеться раніше, то круг не відразу почне шліфувати, що понизить продуктивність обробки. Запізніле перемикання може викликати ушкодження деталі і шліфувального круга. Момент зіткнення круга із заготівлею фіксується за допомогою реле потужності або струму. Це реле включається в ланцюг електродвигуна приводу круга. При зіткненні круга із заготівлею збільшується сила струму, що поступає з мережі, внаслідок чого спрацьовує реле і бабка перемикається з прискореного переміщення на чорнове робоче подання.

Блокування є простою формою активного контролю. Блокуючі пристрої на відміну від тих, що підналагоджують не виконують автоматичної підналадки, а тільки зупиняють верстат, якщо внаслідок зносу інструменту або інших причин розмір деталей виходить за контрольні межі або якщо потрібна обробка взагалі не здійснена, що буває при поломці інструменту.

Принцип застосування блокуючого пристрою зручно розглянути на прикладі багаторізцевого токарного верстата, встановити на який, що підналагоджує практично неможливо. Різці багаторізцевого токарного верстата зношуються неоднаково, підналадку для кожного різця необхідно робити окремо. Автоматичний пристрій для цієї мети занадто складний, тому йдуть по іншому шляху. Оброблена деталь автоматично транспортується на вимірювальну позицію, де контролюється по усіх розмірах одночасно. Якщо хоч би один з розмірів вийшов з контрольних меж, захисно-блокувальний пристрій зупиняє верстат, подаючи при цьому світловий сигнал. До верстата підходить той, що налагоджує і робить підналадку вручну.

Інший приклад характерний для автоматичної лінії. Припустимо, що на одному з верстатів лінії робиться свердління декількох отворів, а на наступних верстатах ці ж отвори обробляються іншими інструментами, наприклад, в них надрізається різьблення. Якщо зламалося свердло, то вийдуть з ладу, наступні оброблювальні інструменти. Щоб цього не сталося, після свердління автоматично

контролюється глибина отвору і, якщо який отвір не досвердлює або свердло зламалося, блокуючий пристрій зупиняє автоматичну лінію для зміни інструменту і видалення бракованої деталі. Команда на зупинку верстата подається і у разі, якщо отвір забито стружкою.

Захисно - блокуючі пристрої широко застосовуються на шліфувальних, токарних, розточувальних і свердлувальних верстатах.

Блокуючі пристрої можуть застосовуватися також для реєстрації правильного базування деталей при їх обробці або вимірі: до тих пір, поки деталь правильно не встановлена, процес обробки або виміру не може початися.

Контрольно – сортувальні автомати відносяться до розімкнених автоматичних систем. Вони контролюють оброблені деталі. Контрольно-сортувальні автомати отримали найбільше поширення в масовому виробництві (у підшипниковій, частково в автомобільній і тракторній промисловості).

Автоматичне сортування потрібне:

- 1) при розбракуванні на придатні деталі і брак;
- 2) при сортуванні на розмірні групи, тобто при селективному складанні.

Контрольно-сортувальні автомати здійснюють автоматичний прийом, орієнтування, транспортування, контроль і сортування деталей. Тому вони містять: завантажувальний пристрій, що транспортує пристрій, вимірювальний вузол, фіксувальний пристрій і сортувальний пристрій.

Завантажувальні облаштування контрольно-сортувальних автоматів аналогічні завантажувальним облаштуванням металорізальних верстатів. Основна функція транспортуючого пристрою — це здійснення переміщення деталі усередині автомата з поданням на вимірювальну індикацію і далі до сортувального пристрою.

Наступний вузол, який містить контрольно-сортувальний автомат, - це вимірювальний. Цей вузол є основним в автоматі. Він вимірює деталь і залежно від дійсного розміру деталі подає команди сортувальному пристрою на те або інше перемикання. Вимір деталей здійснюється за допомогою різних перетворювачів. Фіксувальні пристрої повинно запам'ятати імпульс, поданий від вимірювального пристрою, на якийсь час, необхідне для транспортування деталі від вимірювальної позиції до відповідної сортувальної позиції.

Функції сортувального пристрою полягає у напрямі деталі у відповідний лоток.

Транспортуючі облаштування контрольно-сортувальних автоматів підрозділяються:

- 1) на пристрої з переривчастим рухом

2) на пристрої з безперервним рухом деталей.

У облаштуваннях першої групи деталі в процесі виміру нерухомі, а необхідні переміщення здійснює вимірювальний пристрій.

У облаштуваннях другої групи деталей безперервно переміщається відносно вимірювального пристрою.

Крім того, транспортуючі пристрої залежно від траєкторії руху деталі діляться на три групи:

- 1) пристрої з рухом деталі по прямій
- 2) пристрої з рухом деталі по колу
- 3) пристрої з рухом деталі по складній траєкторії.

Схема контрольно - сортувального пристрою з транспортуючим вузлом, що переміщає деталі по ламаній лінії, показана на рис. 3.6.

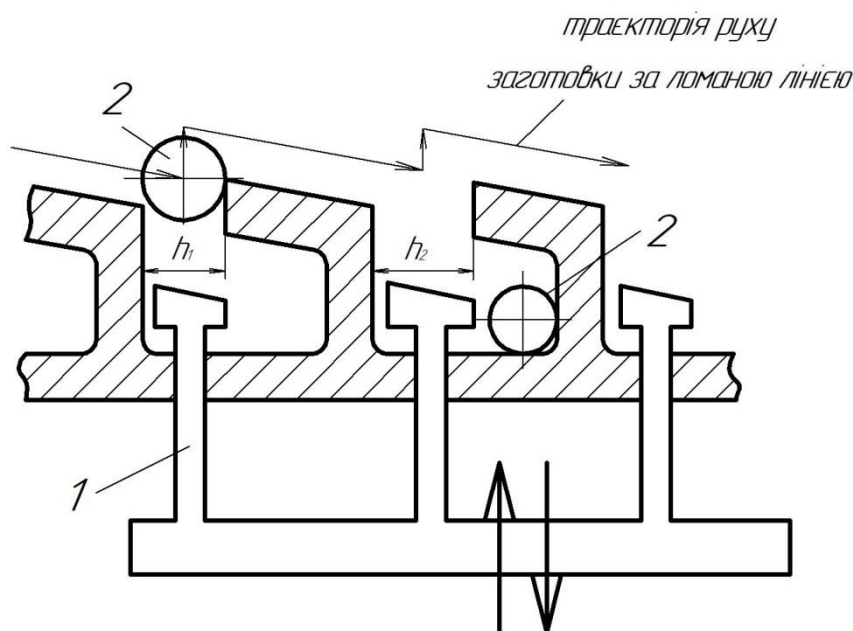


Рисунок 3.6 — Схема контрольно-сортувального пристрою з транспортуючим вузлом

Штовхальники 1 переміщують деталі 2 вгору, які під дією власної ваги перекочуються на наступну вимірювальну позицію до тих пір, поки вони не проваляться в осередок, що відповідає їх розміру. Розміри вікон різні.

Такому автомату не потрібний фіксувальний пристрій для запам'ятовування сигналу.

Схема сортувального автомата з транспортуючим облаштуванням безперервної дії при русі деталей по колу показана на рис. 3.7.

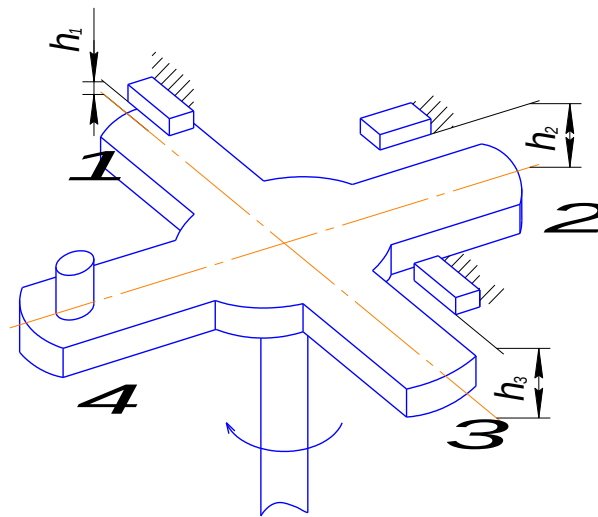


Рисунок 3.7 – Схема сортувального автомата з транспортуючим облаштуванням безперервної дії

На транспортуючий пристрій у вигляді зірочки, що обертається навколо вертикальної осі і має 4 позиції, завантажуються деталі (від завантажувального пристрою). Ці деталі потрапляють на IV позицію. На трьох інших позиціях, на різній висоті від площини столу, встановлені упори. Ці упори зіштовхують деталі в прорізі зірочки, якщо розмір деталі виявиться більше висоти установки упору.

Схема сортувального пристрою із заслінками показана на рис. 3.8.

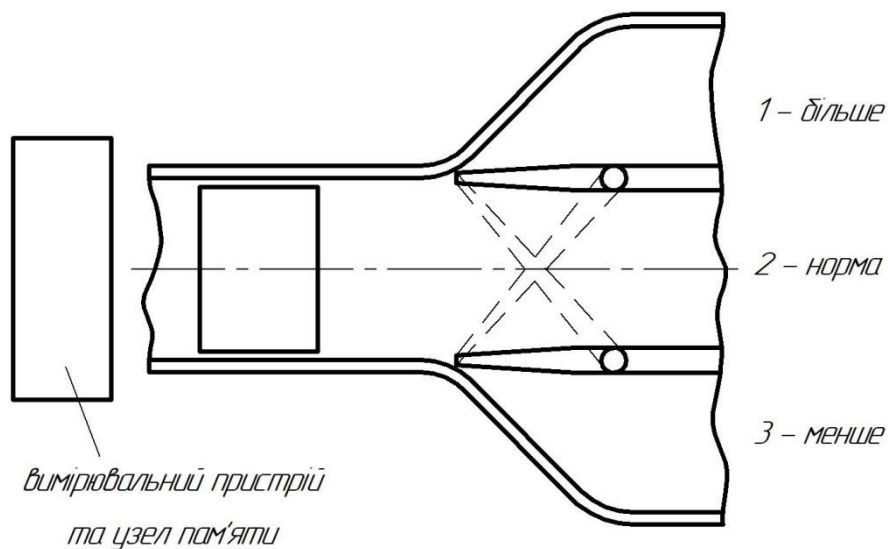


Рисунок 3.8 – Схема сортувального пристрою із заслінками

Після виміру деталі на вимірювальній позиції деталь по лотку переміщається до сортувального пристрою. У нім є заслінки, роботою яких

управляють електромагніти. Вимірювальний пристрій включає відповідний електромагніт, внаслідок чого заслінка приймає відповідне положення. Для цього вимірювального пристрою потрібний трипозиційний перетворювач. Із заслінками може бути і пристрій, показаний на рис. 3.9.

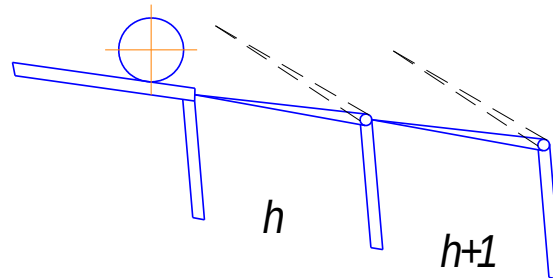


Рисунок 3.9 – Схема сортувального пристрою із заслінками, що піднімають

Цей пристрій також повинен мати фіксувальний блок для запам'ятовування імпульсу на деякий час.

Є сортувальні пристрої з поворотним лотком

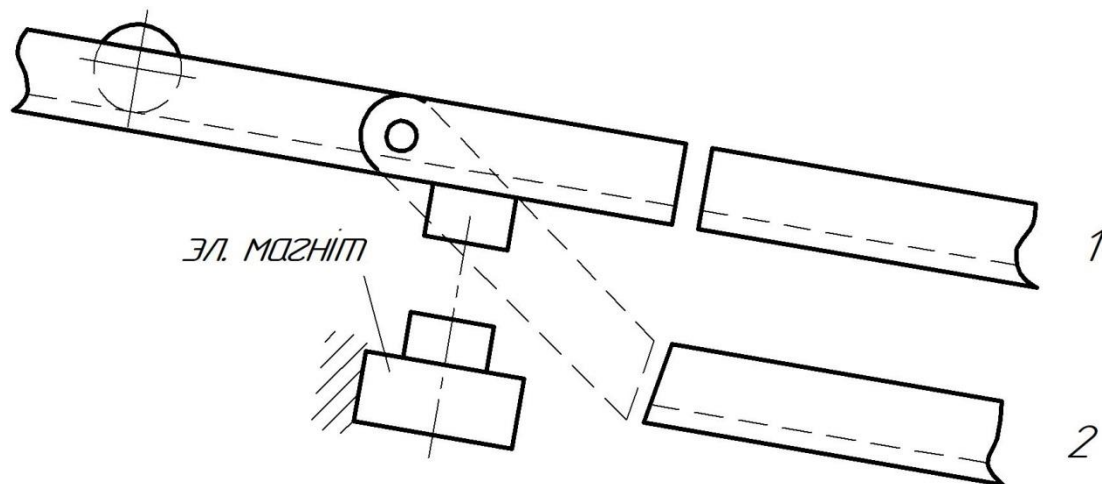


Рисунок 3.9 - Схема сортувального пристрою з поворотним лотком

Контрольно - сортувальні автомати застосовуються для контролю і сортування за різними параметрами: по розмірах, формі, взаємному розташуванні поверхонь.

4 СПЕЦЗАВДАННЯ

Особливості методів поверхнево-пластичної деформації

Згідно з класифікацією і особливостями застосування усі методи поверхневої пластичної деформації підрозділяють на статичні і ударні. При статичних методах обробки інструмент впливає на оброблювану поверхню з певною постійною силою P , відбувається плавне переміщення вогнища дії, яке послідовно проходить усю поверхню, що підлягає обробці. При цьому інерційні сили не роблять істотного впливу на поверхневу пластичну деформацію. До таких методів відносять різні випрасовування, обкатування і розкочування.

При ударних методах інструмент багаторазово впливає на усю оброблювану поверхню або її частину, при цьому сила дії P в кожному циклі змінюється від нуля або від деякого мінімального значення до максимуму, а у разі локальної ударної дії вогнище деформації може послідовно і рівномірно проходити усю оброблювану поверхню, як і в статичних методах.

При цьому розрізняють:

- накочення - поверхнева пластична деформація при коченні інструменту по поверхні матеріалу, що деформується. Розрізняють окремі випадки накочення - обкатування і розкочування. Поверхнєве обкатування - це накочення по опуклій або плоскій поверхні матеріалу, що деформується. Поверхнєве розкочування - це накочення по увігнутій поверхні матеріалу, що деформується;

- випрасовування - поверхнева пластична деформація при ковзанні інструменту по поверхні матеріалу, що деформується, що локально контактує з ним;

- калібруюче наочення (калібрування) - наочення, при якому відбувається калібрування;

- дорнование - поверхнева пластична деформація при поступальному ковзанні інструменту (дорну або деформуючого протягання) по поверхні, що охоплює його.

Основні групи методів поверхневої пластичної деформації представлені на рисунку 4.1, де позначено: а, б, в - статичні методи (відповідно випрасовування, обкатування, одноразова деформація); г - ударні методи (багатократні дії інструментом або робочими тілами інструменту); D - напрям переміщення інструменту або заготівлі; P - сила дії поверхневої пластичної деформації.

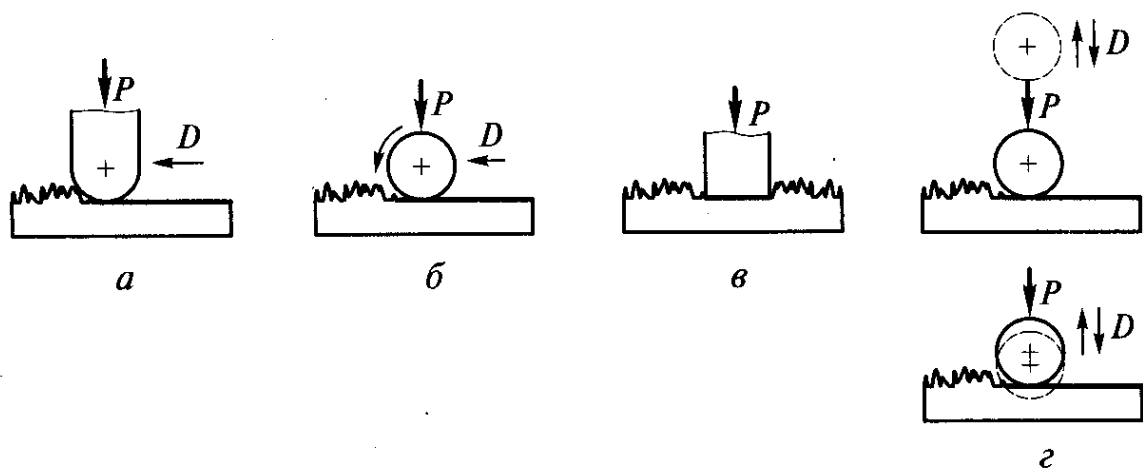


Рисунок 4.1 – Основні групи методів поверхневої пластичної деформації

Зазвичай в якості інструментів при поверхневій пластичній деформації застосовують кульки, ролики, вигладжувачі (гладилки), дорни, деформуючі протягання. При цьому, застосовуючи статичні методи поверхневої пластичної деформації, отримують меншу товщину деформованого шару з усіма витікаючими наслідками. Проте ці методи, як правило, забезпечують меншу шорсткість поверхонь із сприятливою формою мікронерівностей. При застосуванні ударних методів поверхневої пластичної деформації можна досягти великої міри зміцнення, яка характеризується мірою підвищення поверхневої мікротвердості, значеннями корисної стискувальної залишкової напруги і завтовшки зміцненого шару.

При проектуванні операцій поверхневої пластичної деформації, замінюючих, наприклад, операції точіння, шліфування, полірування або доведення, необхідно пам'ятати про наступні переваги поверхневої пластичної деформації :

а) зберігається цілість волокон металу і утворюється дрібнозерниста структура-текстура в поверхневому шарі;

б) відсутній шаржування оброблюваної поверхні частинками шліфувальних кругів, полірувальних паст;

в) відсутні термічні дефекти;

г) стабільні процеси обробки, що забезпечують стабільну якість поверхні;

д) можна досягати мінімального параметра шорсткості поверхні $R_a = 0,1 \dots 0,05$ мкм і навіть менш. При цьому як на термічно не- оброблених сталях, кольорових сплавах, так і на високоміцних і загартованих сталях, зберігаючи початкову форму заготовок;

е) можна зменшити шорсткість поверхні у декілька разів за один технологічний перехід або операцію;

ж) створюється сприятлива форма мікронерівностей з великою часткою опорної площі;

и) можна утворювати регулярні мікрорельєфи із заданою площею поглиблень для затримання мастильного матеріалу;

к) створюються сприятлива стискуюча залишкова напруга в поверхневому шарі;

л) плавно і стабільно підвищується мікротвердість в поверхневому шарі.

Проте необхідно врахувати і наступні міркування:

а) значна частина способів поверхневої пластичної деформації не підвищує геометричної точності поверхні, зазвичай зберігається точність, досягнута на попередній операції;

б) у зв'язку із створенням корисної стискуючої залишкової напруги в поверхневому шарі при обробці тонкостінних і нерівножестких деталей (завтовшки від 3 до 5 мм) може відбуватися деформація поверхні в межах від 5 до 10 мкм і навіть більше;

в) у зв'язку з пластичною течією металу при використанні способів обробки поверхневою пластичною деформацією на кромках оброблених поверхонь утворюються рівномірні напливи металу завтовшки від 0,03 до 0,3 мм.

Поєднанням обертального і поступального переміщень деталей і деформуючих елементів інструменту способами поверхневої пластичної деформації обробляють плоскі, циліндричні, перехідні поверхні, фасонні поверхні

і канавки. Основні способи поверхневої пластичної деформації представлені на рисунку 4.2, де позначено: а, би - зміцнююче розкочування і обкатування; у - випрасовування; г - вібраційне накочення і випрасовування; д - поверхнєве дорнювання; е - дробеструйна обробка; ж - дробеметна обробка; з - ультразвукова обробка дробом; і - відцентрова обробка; до - ударне розкочування; л - зміцнююче карбування; м - вібраційна ударна обробка; н - обробка механічною щіткою. 1 - заготівля; 2 - дріб; 3 - струмінь газу і (чи) рідини; 4 – дробемет (турбіна); 5 - ультразвуковий генератор; 6 - опора; 7 - ролики; п - обертання заготівлі і (чи) інструменту; s - переміщення заготівлі і (чи) інструменту; Р - зусилля деформації; → - напрям різного виду рухів.

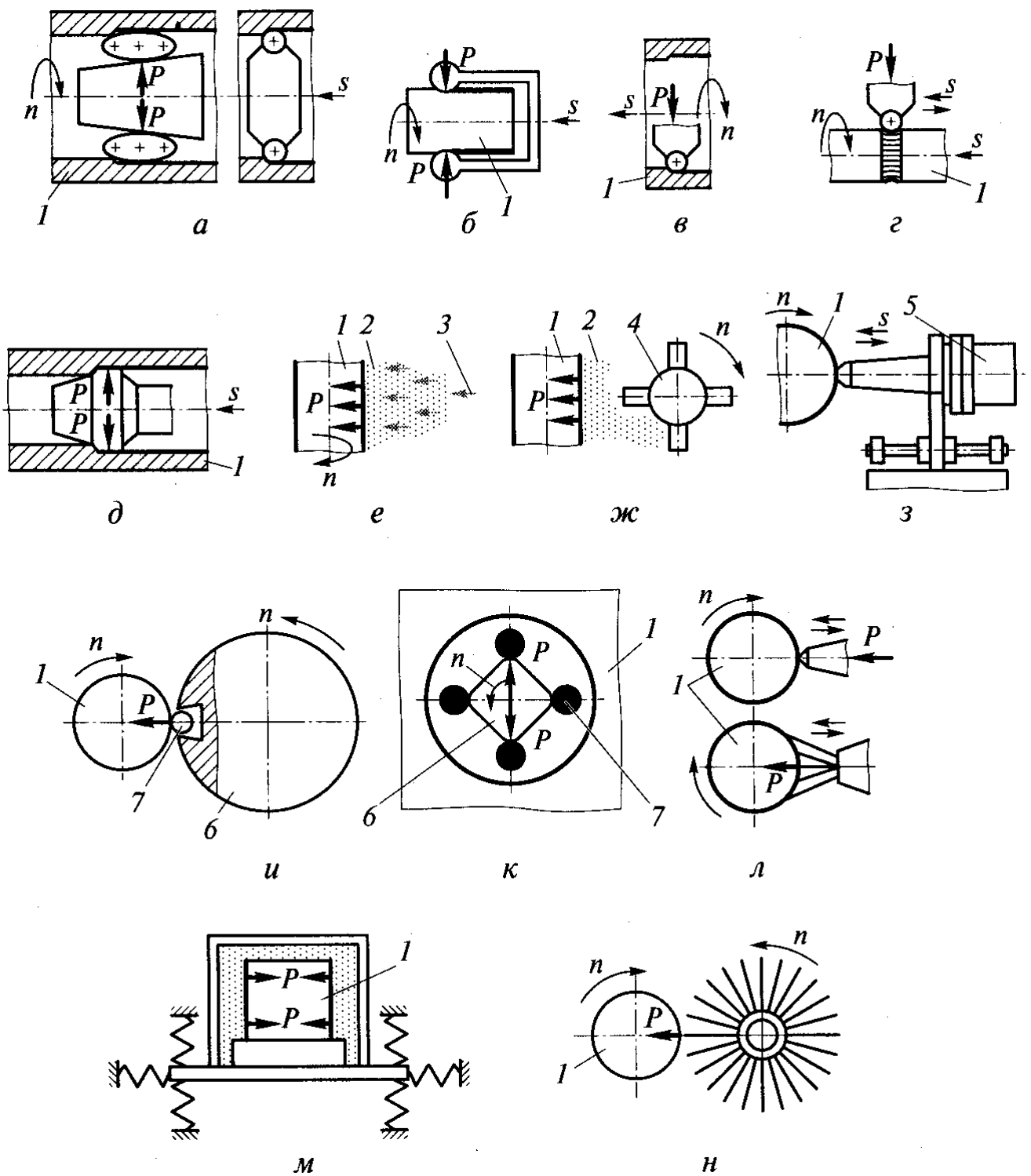


Рисунок 4.2 – Основні способи поверхневої пластичної деформації

Точність, що досягається, і якість поверхонь при поверхневій пластичній деформації деякими способами представлена в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Точність, що досягається, і якість поверхонь при поверхневій пластичній деформації

Поверхні															
Зовнішні циліндричні				Внутрішні циліндричні				Пласкі				Фасонні			
Обкатування роликami	Обкатування шариками	Калібруюче обкатування роликami	Алмазне вигладжування	Відцентрова обробка	Розкатування роликami	Деформуюче протягування, дорнювання	Калібрування шариками	Алмазне вигладжування	Обкатування роликami	Багатороликове обкатування	Вібраційне обкатування	Обкатування шариками	Відцентрова обробка	Алмазне вигладжування	Обробка дробом
10...7 квалітет Ra=1,60...0,05мкм	10...7 квалітет Ra=1,60...0,05мкм	8...7 квалітет Ra=0,40...0,025мкм	7...5 квалітет Ra=0,10...0,025мкм	9...7 квалітет Ra=0,40...0,10мкм	8...7 квалітет Ra=1,60...0,05мкм	7...6 квалітет Ra=0,40...0,10мкм	9...6 квалітет Ra=1,6...0,05мкм	7...5 квалітет Ra=0,10...0,05мкм	10...7 квалітет Ra=1,60...0,10мкм	10...7 квалітет Ra=1,60...0,10мкм	10...7 квалітет Ra=1,60...0,025мкм	9...8 квалітет Ra=3,20...0,20мкм	10...8 квалітет Ra=1,60...0,10мкм	9...8 квалітет Ra=0,40...0,10мкм	12...8 квалітет Ra=6,30...0,20мкм

Обкатування і розкочування поверхонь є найширше вживаними способами поверхневої пластичної деформації деталей машин. Обкатуванням і розкочуванням обробляють і зміцнюють циліндричні, конічні, плоскі, фасонні зовнішні і внутрішні поверхні. В якості верстатного устаткування зазвичай застосовуються верстати токарної групи, стругальні або спеціальні верстати. В якості робочих елементів інструменту застосовують кульки і ролики. При цьому залежно від вирішуваної задачі інструмент може бути оснащений одним робочим елементом або декількома.

В якості робочих елементів накатника, представленого на малюнку 3, застосовані ролики, на рисунку 4.4 - кулька. Для розкочування внутрішньої циліндричної поверхні за схемою в) застосований один ролик, а за схемою г) - два ролики.

На рисунку 4.4 представлена проста схема обкатування. Вона полягає в наступному: до циліндричної заготовлі, що обертається, підводять інструмент, на якому закріплена загартована гладка кулька.

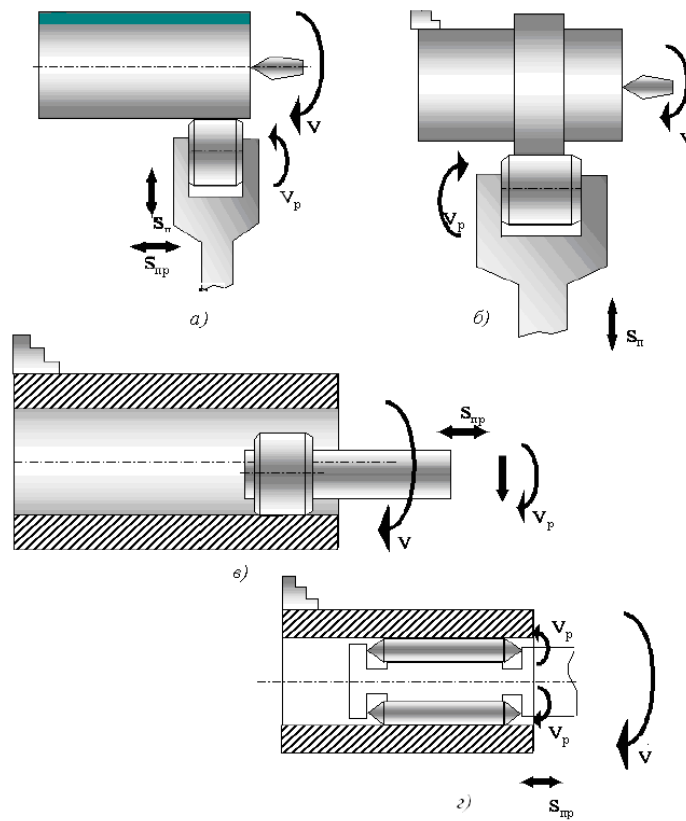


Рисунок 4.3 – Зовнішнє обкатування і розкочування внутрішньої циліндричної поверхні

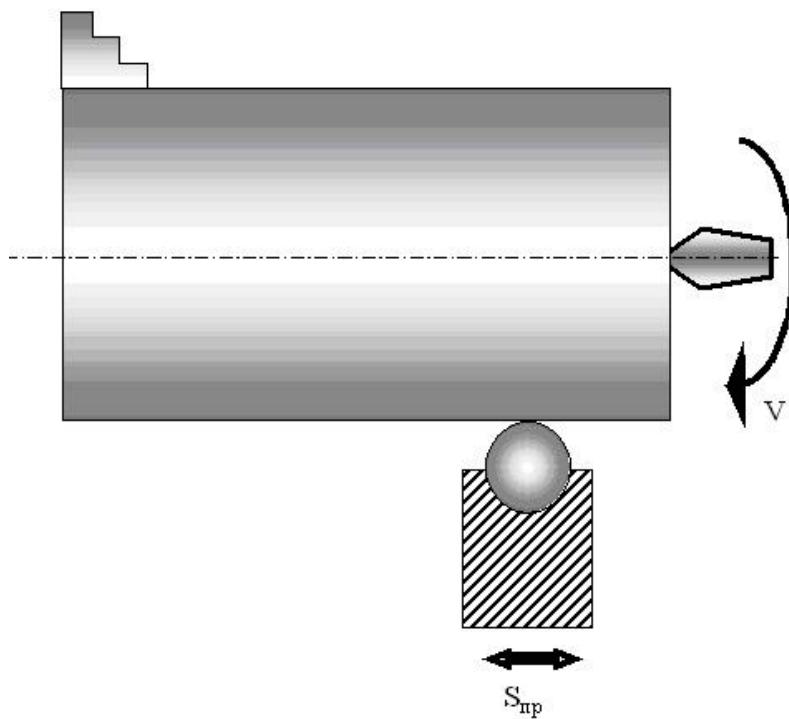


Рисунок 4.4 – Обкатування однією кулькою

Кульки частіше виготовляють з підшипникової сталі, рідше - з інших високоміцних матеріалів, наприклад, з твердого сплаву. Розміри кульок, їх точність і інші вимоги, що пред'являються до них, стандартизовані. Кульки виготовляють номінальними діаметрами від 0,25 до 150 мм. Кульку з необхідним зусиллям підтискають до оброблюваної поверхні. Підтиск кульки здійснюється за допомогою пружини або за допомогою пневматичного або гідравлічного силового механізму. В процесі обробки заготівля обертається, а інструмент має подовжнє подання. Завдяки самоустановці кульки під час обкатування забезпечується його вільне обертання при терті кочення між кулькою і оброблюваною поверхнею заготівлі. В силу цього і створюються сприятливіші умови для пластичної деформації, що забезпечують отримання менш шорсткої поверхні при невеликому тиску з боку кулі. Зі збільшенням діаметру кульки глибина залягання залишкової напруги зростає, але градієнт і абсолютні значення зменшуються. Шорсткість поверхні найбільш інтенсивно зменшується при питомих навантаженнях 1000-1400 МПа. При цьому оптимальне значення питомого навантаження зростає для твердіших і менш пластичніших матеріалів.

Параметр шорсткості обробленої поверхні прямо пропорційний поданню і обернено пропорційний до радіусу кульки. Швидкість обкатування і число робочих ходів практично не впливають на шорсткість поверхні.

Твердість поверхні при обкатуванні підвищується для усіх металів. Зазвичай до глибини від 1 до 1,5 мм підвищення твердості значне, а на більшій глибині (≈ 2 мм) зазвичай спостерігається незначне підвищення твердості. Число робочих ходів, а також швидкість обкатування практично не впливають на поверхневу твердість.

Важливою особливістю накатників є використання стандартних кульок з високою точністю обробки і якістю поверхні. Відсутність матеріальної осі обертання кульок і їх самоустановка відносно оброблюваної поверхні під дією сил обкатування і тертя, відсутність або незначне прослизання кульок, незначні сили обробки (точковий контакт з оброблюваною заготівлею) дозволяють обробляти маложорсткі і неравножерсткі деталі, у тому числі і деталі з високою поверхневою твердістю. Менші подання і менша продуктивність обробки, чим при використанні роликів пристроїв, визначають основну сферу застосування кулькових пристроїв - обробку маложорстких і неравножерстких деталей.

Застосування багатокулькових обкатників і раскатників не лише забезпечує підвищення продуктивності, але і дозволяє уникнути одностороннього тиску деформуючого елемента на оброблювану деталь. Особливо широке

застосування багатокулькових обкатників і раскатників в машинобудуванні зараз спостерігається для обробки зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь.

Обкатування кулькою або кульками зазвичай здійснюється зі швидкостями від 15 до 100 м/хв. Швидкість в основному визначається конструкцією інструменту. Фасонні поверхні обробляються тільки із застосуванням копира.

Для обкатування і розкочування також використовуються ролики різної конфігурації. Ролики бувають двох видів - стержневі і кільцеві, а їх, у свою чергу, підрозділяють на 15 типів, причому деякі типи мають по декілька виконань. Стержневі ролики слід виконувати діаметром не більше 18 мм, кільцеві - діаметром не більше 160 мм. Частіше ролики виготовляють з підшипникової сталі, тобто використовують ролики від стандартних підшипників.

Калібруюче обкатування і розкочування роликами і кульками застосовують у разі потреби підвищення точності оброблюваної поверхні, при цьому не потрібно підвищення якості і значного зміцнення поверхні (якість поверхні лише трохи підвищується за рахунок того, що зім'яло мікронерівностей). Для цього застосовують багатороликові або багатокулькові інструменти. Інструменти мають жорстку конструкцію, в якій положення роликів або кульок забезпечує необхідний невеликий натяг при обробці, завдяки чому і забезпечується підвищення точності форми і розміру оброблюваної поверхні. Натяг - це невелике перевищення діаметрального розміру інструменту по відношенню до оброблюваного діаметрального розміру деталі при обробці отворів, а при обробці зовнішніх поверхонь - навпаки. При цьому для обробки зовнішніх поверхонь деталей-тіл обертання застосовують інструмент, який є таким, що охоплює по відношенню до оброблюваної поверхні.

На рисунку 4.5 представлений жорсткий роликовий накатник. У інструменту конічні ролики 1 рівномірно, за допомогою сепаратора 3, розташовані по колу оброблюваної деталі 8, а для передачі зусилля деформації на оброблювану поверхню вони спираються на натискний конус 2, запресований в корпус інструменту 4. Налаштування інструменту на розмір робиться за допомогою гайок 5. У конструкцію інструменту також входить підп'ятник 6 і кришка 7.

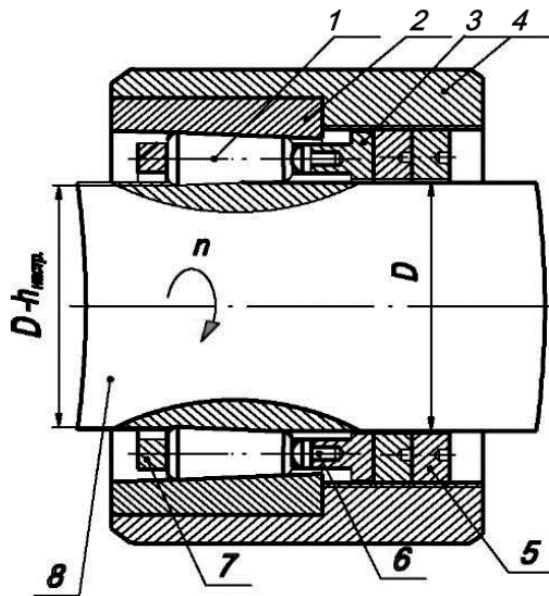


Рисунок 4.5 – Конструкція жорсткого роликового накатника для обробки валів

Порівняно нескладна конструкція інструменту, зручність в експлуатації, можливість застосування роликів відносно малих діаметрів (до 20 мм), що створюють при обробці каплевидний контакт з оброблюваною поверхнею, що забезпечує тим самим високу продуктивність при низькій шорсткості, високій точності форми обробленої поверхні, запобіганні хвилястості і досягненні необхідної глибини зміцнення сприяють широкому застосуванню цієї конструкції.

Зміна розміру при калібруючому обкатуванні і розкочуванні пов'язана з тим, що зім'яло мікронерівностей і пластичною деформацією в поверхневому шарі. Таким чином, точність обробленої деталі залежатиме від її конструкції, конструкції інструменту, режимів обробки, а також від точності розмірів, форми і якості оброблюваної поверхні, отриманих при обробці на попередній операції.

Найбільш доцільним вважається калібруюче обкатування і розкочування поверхонь заготовок, заздалегідь оброблених точінням, шліфуванням або іншими способами, що забезпечують точність поверхонь по 7.10 квалітету і шорсткістю з параметром $Ra=0,8,6,3$ мкм.

Алмазне випрасовування застосовується для поверхневого зміцнення і досягнення малої шорсткості обробленої поверхні заготівлі. Алмазне випрасовування зовнішніх, внутрішніх і фасонних поверхонь аналогічно обробці роликами і кульками. Але при алмазному випрасовуванні обробка поверхневою пластичною деформацією проводиться в умовах тертя ковзання (з дуже малим

коефіцієнтом тертя, оскільки алмаз має дуже малий коефіцієнт тертя в парі з будь-яким металом), а при накоєнні роликми і кульками - в умовах тертя кочення.

Найчастіше алмазне випрасовування здійснюють на токарних верстатах. Інструмент для випрасовування складається з наконечника з алмазом або композитом і державки. Державка кріпиться на супорті або в пиноли задньої бабки. Вигладжувачі можуть бути жорсткої конструкції, але частіше виконуються нежорсткі (підпружинені) інструменти. Навантажуючі механізми державок мають пружні елементи (пружини), що забезпечують безперервний контакт алмазу з оброблюваною поверхнею і приблизно однакову силу випрасовування. Конструкція алмазного вигладжувача представлена на рисунку 6, де а) - конструкція з циліндричною пружиною; б) - конструкція з пружинячим корпусом. На малюнку позначено: 1 - регулювальний гвинт; 2 - тарована пружина; 3 - індикатор; 4 - наконечник з алмазом або композитом.

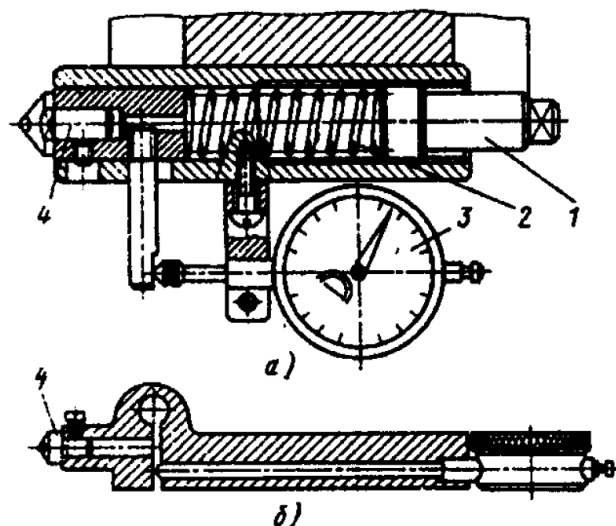


Рисунок 4.6 – Алмазний вигладжувач

Алмаз або композит, закріплений в державці, не обертається, а ковзає з дуже малим коефіцієнтом тертя. Робочий елемент (алмаз або композит) виконаний у вигляді півсфери, циліндра (застосовується тільки для обробки зовнішніх циліндричних поверхонь) або конуса з тим або іншим радіусом скруглення робочої частини. Робочий елемент, виконаний у вигляді півсфери, застосовується найширше. Чим твердіше оброблюваний метал заготівлі, тим меншим має бути радіус скруглення робочої частини алмазу або композиту. Як правило, на практиці застосовуються вигладжувачі з радіусом скруглення робочої частини алмазу або композиту від 0,5 до 3,5 мм. Оскільки поверхня контакту

вигладжувача з оброблюваною поверхнею виявляється незначною, то це обумовлює створення високих контактних тисків, необхідних для здійснення пластичної деформації при невеликих нормальних силах, що передаються з боку інструменту на оброблювану поверхню. Нормальна сила при алмазному випрасовуванні (50.300 Н) приблизно в 10 разів менше, ніж при обкатуванні або розкочуванні кулькою.

Калібрування отворів методом поверхневої пластичної деформації при поступальному ковзанні інструменту по поверхні матеріалу, що деформується, що охоплює його, здійснюють в основному для підвищення точності отворів і якості їх поверхонь. При калібруванні жорсткий інструмент (кулька, дорн або деформуюче протягання) з натягом переміщуються в отворі заготівлі. Розміри поперечного перерізу інструменту дещо більше розмірів поперечного перерізу отвору для забезпечення натягу. Калібрують зазвичай наскрізні отвори з прямолінійною віссю. Але при застосуванні для калібрування однієї кульки або дорну з одним деформуючим елементом можливе калібрування глухих отворів, правда, при цьому залишиться необробленим поясок у дна отвору. Калібрувати кулькою в деяких випадках можливо отвори з криволінійною віссю, але в цьому випадку застосовується гнучка тяга.

Калібрування за допомогою кульки або кульок є найбільш дешевим процесом. Процес легко піддається автоматизації, проте розмірна стійкість кульок низька. Дорни і деформуючі протягання - дорогі інструменти, що мають високу стійкість, і тому застосовуються в основному у багатосерійному і масовому виробництві.

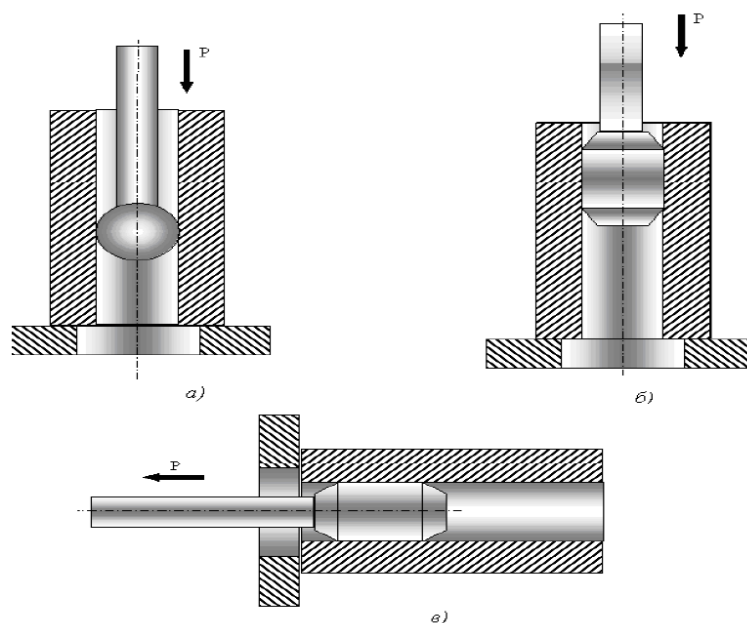


Рисунок 4.7 - Схеми калібрування отворів

Найширше застосовується дорновання (калібрування за допомогою дорну). При дорнованні точність попереднього отвору може бути підвищена на 30.60%. Зазвичай економічно доцільною є точність не вище 7.8 квалітета. Якість обробленої поверхні при дорнованні залежить від шорсткості заздалегідь обробленої поверхні отвору, натягу дорновання, оброблюваного матеріалу, конструкції дорну, а також вживаної мастильно-охолоджувальної рідини. Деформуюче простягання застосовують рідше, головна причина - деформуючі елементи тільки з твердого сплаву. Особливо ефективно застосування деформуючого простягання при виготовленні деталей типу втулок з трубних заготовок. Наприклад, деформуюче-ріжуче-вигладжуюча протягання забезпечує за одну операцію отримання з «чорного» отвору труби отвір 9.10 квалітету точності з параметром шорсткості R_a не нижче 1,6 мкм, при цьому відхилення геометричної форми отвору зменшується в 10.20 разів.

При обробці дробом поверхнева пластична деформація здійснюється за рахунок кінетичної енергії потоку дроби. Обробка дробом відноситься до ударних методів поверхневої пластичної деформації. При цьому дробинки з чавуну, сталі або інших матеріалів (наприклад, із спеціального скла для тонкої обробки поверхні заготівлі) потоком повітря або мастильно-охолоджувальної рідини подаються на оброблювану поверхню заготівлі. Цей процес називається дробеструйною обробкою. Можливий і інший варіант подання дроби - дробеметна обробка. В цьому випадку потік дроби формується дробеметним апаратом - турбіною, що обертається. Дробеметний апарат забезпечує більш високу швидкість потоку дроби. Діаметр дробинок звичайний від 0,02 до 0,8 мм, швидкість польоту дроби від 1 до 100 м/с, залежно від вживаної установки (дробеметний, дробепроменевою), кількість дроби, заготівлі, що одночасно бере участь в обробці поверхні, складає від 6 до 1400 кг/хв. Тому цей процес здійснюють тільки в спеціальних установках. В процесі обробки, як правило, оброблювану деталь необхідно кантувати.

Обробка дробом застосовується для збільшення опору втоми металу деталей. Зміцнення засноване на локальній дії дробинок на оброблюваний метал деталі. При цьому виникають численні зони дії на дуже малих ділянках поверхні, внаслідок чого створюються дуже великі контактні тиски. Численні контакти дробинок з матеріалом деталі призводять до зміцнення поверхні, а в поверхневих шарах виникає напруга стискування. Зміцнююча обробка дробом призводить до підвищення зносостійкості, опору втоми на 15.70%, довговічності в 3.10 разів

залежно від умов роботи деталей, режимів і технології зміцнення, а також матеріалу заготівлі, початкового стану поверхні, попередньої термообробки і деяких інших властивостей.

При обробці дробом шорсткість оброблюваної поверхні заготівлі дещо погіршується. Точність розмірів оброблених поверхонь не підвищується. А режим зміцнення характеризується значною нестабільністю, що пояснюється наступними причинами: порівняно великими допусками на діаметр дробу, прискореним зношуванням дробу, що призводить до зменшення її діаметру. Але обробка дробом дуже продуктивна і недорога, тому застосовується досить широко в усіх типах виробництва, наприклад, для обробки шестерень, листових ресор, витих пружин, лопаток компресорів і турбін, зварних швів, штампового оснащення та ін.

Підвищення продуктивності дробепроменевої обробки йде по декількох напрямках.

Просте з них - створення спеціалізованих дробепроменевих установок для обробки виробів нескладної форми, що дозволяють організувати їх переміщення на рольгангах або конвеєрах (труби, прокат, листи і тому подібне). При цьому оброблювальні сопла (зазвичай декілька) розташовуються на простих маніпуляторах типу «гойдалка» для збільшення площі обробки.

При автоматизації дробепроменевої обробки штучних виробів використовують різні варіанти барабанів, що обертаються, або столів. На рисунку 4.8 показана обробка в галтувальному барабані, а на рис. 4.9 - на столі, що обертається, причому для зменшення часу простою при перезавантаженні установка забезпечена двома столами, що входять в камеру обробки поперемінно.

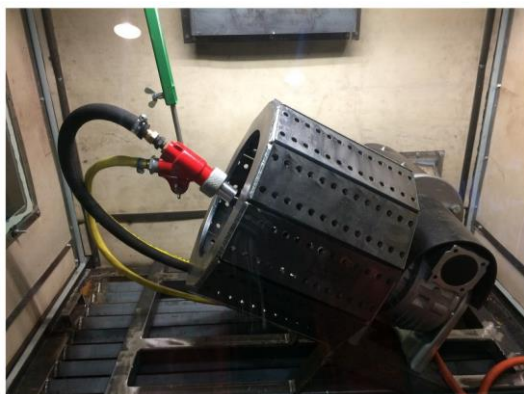


Рисунок 4.8 – Дробеструйна установка з галтувальним барабаном.



Рисунок 4.9 – Установка з двома столами, що обертаються.

При відцентровій ударній обробці на оброблювану поверхню заготівлі завдають послідовних ударів робочими елементами (кульками або роликами), що вільно сидять в радіальних отворах диска, що обертається. Робочі елементи під дією відцентрових сил займають крайнє положення в радіальних отворах, а при ударі об оброблювану поверхню опускаються на глибину, рівну натягу, віддаючи енергію, що створюється відцентровою силою. Відцентрова ударна обробка відноситься до ударних методів поверхневої пластичної деформації.

Приклад інструменту для відцентрової ударної обробки деталей типу валів показаний на рисунку 4.10. В якості робочих елементів застосовуються сталеві кульки. На малюнку позначено: 1 - токарний верстат; 2 - оброблювана деталь; 3 - інструмент; 4 - електропривод інструменту.

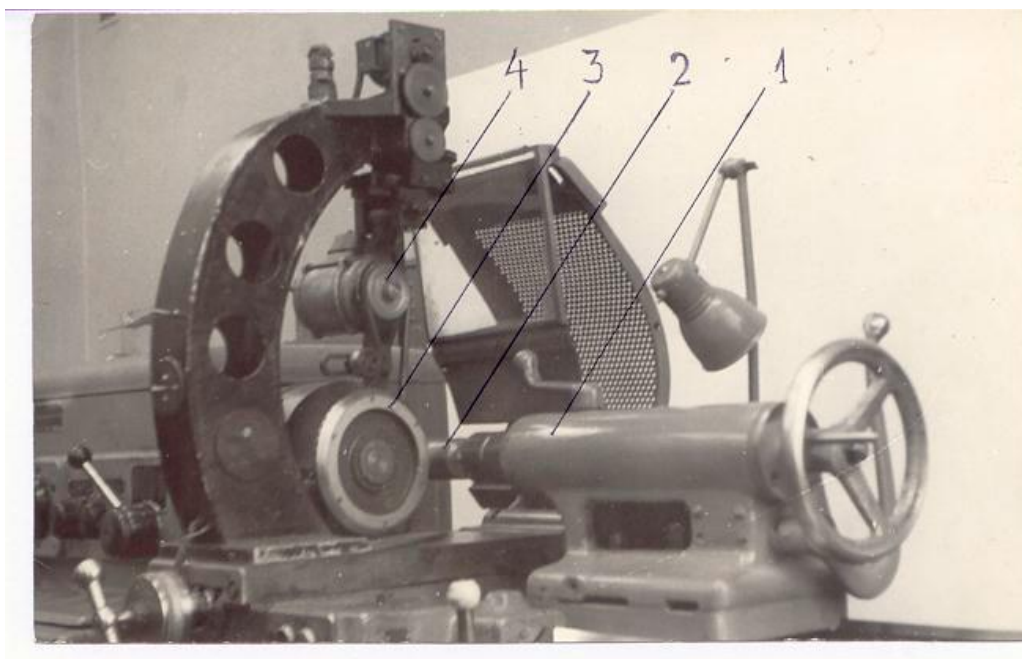


Рисунок 4.10 – Пристрій для відцентрової ударної обробки

При поверхневій пластичній деформації можна здійснювати перерозподіл невеликих об'ємів металу. Таким чином, можна формувати на поверхнях деталей рифлення, різбові і зубчасті профілі. Проте можливе формування тільки гострокутних різьб, дрібних шліців і зубів.

Накочення різьблення роблять зазвичай до термічної обробки. Хоча точні різьблення можна накочувати і після неї. Поширеним методом є формування різьблення плашками. Схема процесу накочення плашками представлена на рисунку 4.11 а). Заготівля 2 поміщається між рухливою 1 і нерухомою 3 плашками, на робочих поверхнях яких фасонний профіль, що відповідає профілю і кроку формованого різьблення. При переміщенні рухливої плашки заготівля котиться між плашками, а на її поверхні утворюється різьблення. Різьблення можна також формувати роликами, як показано на рисунку 4.11 б). Ролики 1 і 3 отримують примусове обертання, заготівля 2 - вільно обкатується між ними. Окрім цього ролик 3 повідомляється радіальне подання для втискування в метал оброблюваної заготівлі на необхідну глибину. Обробка роликами вимагає менших сил, ніж обробка плашками. Звичайне формування різьблення за допомогою плашок застосовують для отримання дрібніших і менш точних різьб на дрібних деталях. Для накочення різьб застосовують спеціальні накатні верстати, працюючі по одній з вищезгаданих схем. В умовах одиничного і дрібносерійного виробництва в якості устаткування для накочення різьблення плашками застосовують поперечно-стругальні верстати.

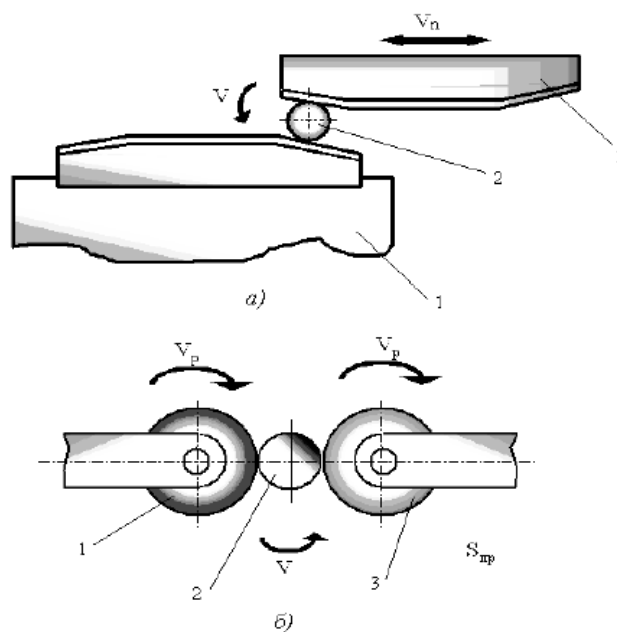


Рисунок 4.11 – Схеми накочення різьблення

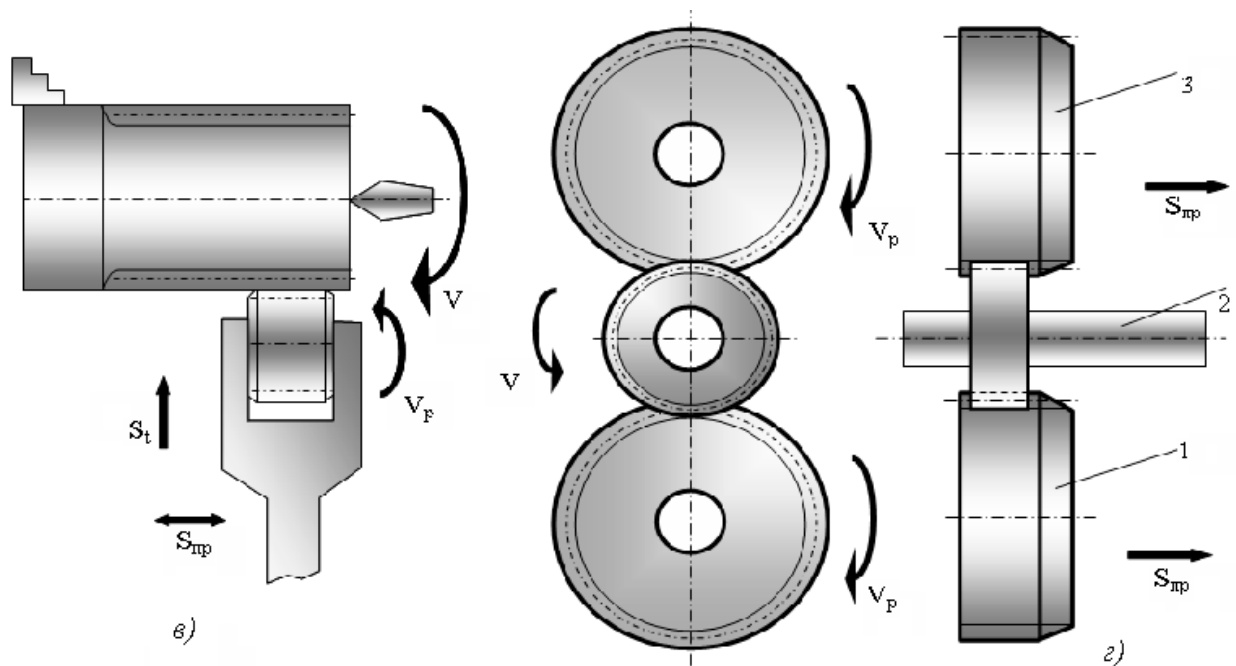
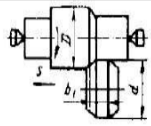
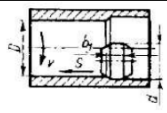
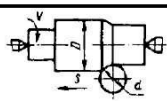
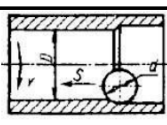


Рисунок 4.12 – Схеми наковчання рифлень, шліцьових і зубчастих профілів

Зусилля при обкатуванні і розкочуванні поверхонь кулками і роликами залежать від багатьох чинників. На величину сил обкатування і розкочування впливають фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу. Для вуглецевих і конструкційних сталей, що мають хороші пластичні властивості, при обкатуванні і розкочуванні кулками оптимальна нормальна сила зазвичай від 500 до 1200 Н, при обробці менш пластичних сталей нормальна сила може зрости до 2500 Н. При обкатуванні і розкочуванні роликами вуглецевих і конструкційних сталей нормальна сила, як правило, від 1500 до 6000 Н. На початкових етапах вибору і проектування деформуючого інструменту в якості стартового значення контактний тиск приймають рівним σ_T , де σ_T - межа плинності оброблюваного матеріалу, Па.

Формули для розрахунку нормальних сил для режиму зміцнення обкатуванням і розкочуванням кулками і роликами приведені в таблиці 2. У формулах позначено: P - нормальна сила обкатування або розкочування, Н; q - максимальний тиск обкатування, Па; D - діаметр обкатуваної або розкочуваної поверхні, мм; d - діаметр кульки або робочої поверхні ролика, мм; b_1 - ширина контакту ролика з оброблюваною поверхнею, мм; E - модуль пружності оброблюваного матеріалу, Па.

Таблиця 4.2 - Формули для розрахунку нормальних сил при обкатуванні і розкочуванні

Деформуючий елемент	Схема обробки	Формула
Ролик		$P = \frac{Dbq^2}{0,126E\left(\frac{D}{d} + 1\right)}$
Ролик		$P = \frac{Dbq^2}{0,18E\left(\frac{D}{d} - 1\right)}$
Шарик		$P = \left(\frac{dq}{0,045E}\right)^2 q$ при $D/d \geq 10$
Шарик		$P = \left[\frac{Dq}{0,054E\left(\frac{D}{d} - 1\right)} \right]^2 q$

Кількість шляхів ППД обширна, всі вони добре вивчені, кожен з яких має свою технологічну нішу. Однак, в основному всі вони впроваджуються в основному в дрібномасштабне виробництво для відповідальних частин. Можна замінити оздоблювальні процеси, такі як дрібнодисперсувальний, шліфування або охолодження з охолодженням, з методами РРД без використання мастильних матеріалів, але серед відомих методів ППД дуже важко знайти процес, який би дуже важко було знайти процес, який би відповідає вимогам масового виробництва. Коли в дуже короткий час-до 20 градусів потрібно реалізувати вимоги до процесу і якості обробки деталі.

5 РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ. ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДЕТАЛІ

Розрахунок напружено-деформованого стану виконуємо у NX ADVANTAGE SIMULATION. Трьохвимірна модель показана на рисунку 5.1.

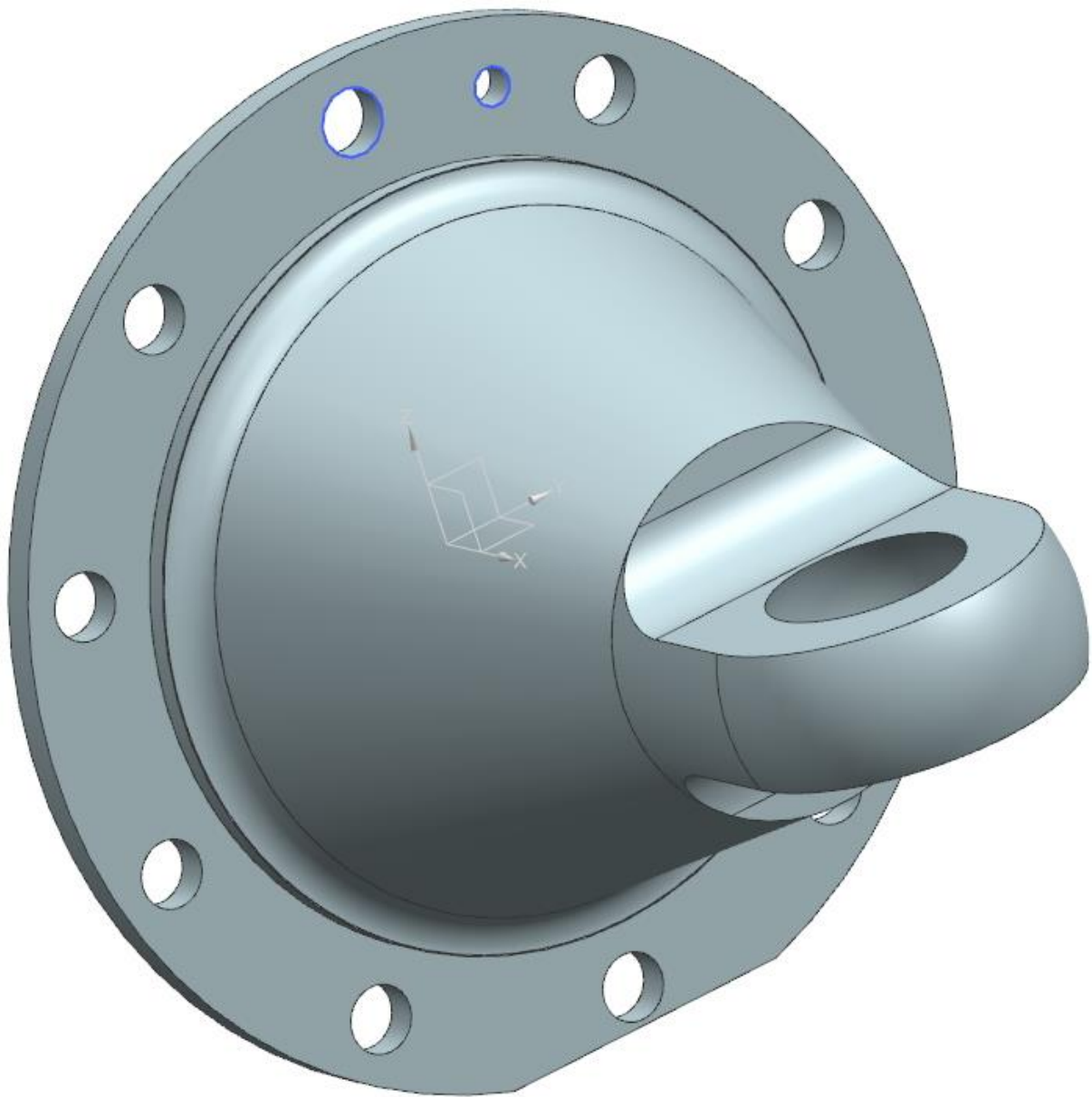


Рисунок 5.1 – Трьохвимірна модель цапфи передньої

На першому етапі розрахунку виконуємо розбивку моделі сіткою кінцевих елементів, результат показано на рисунку 5.2.

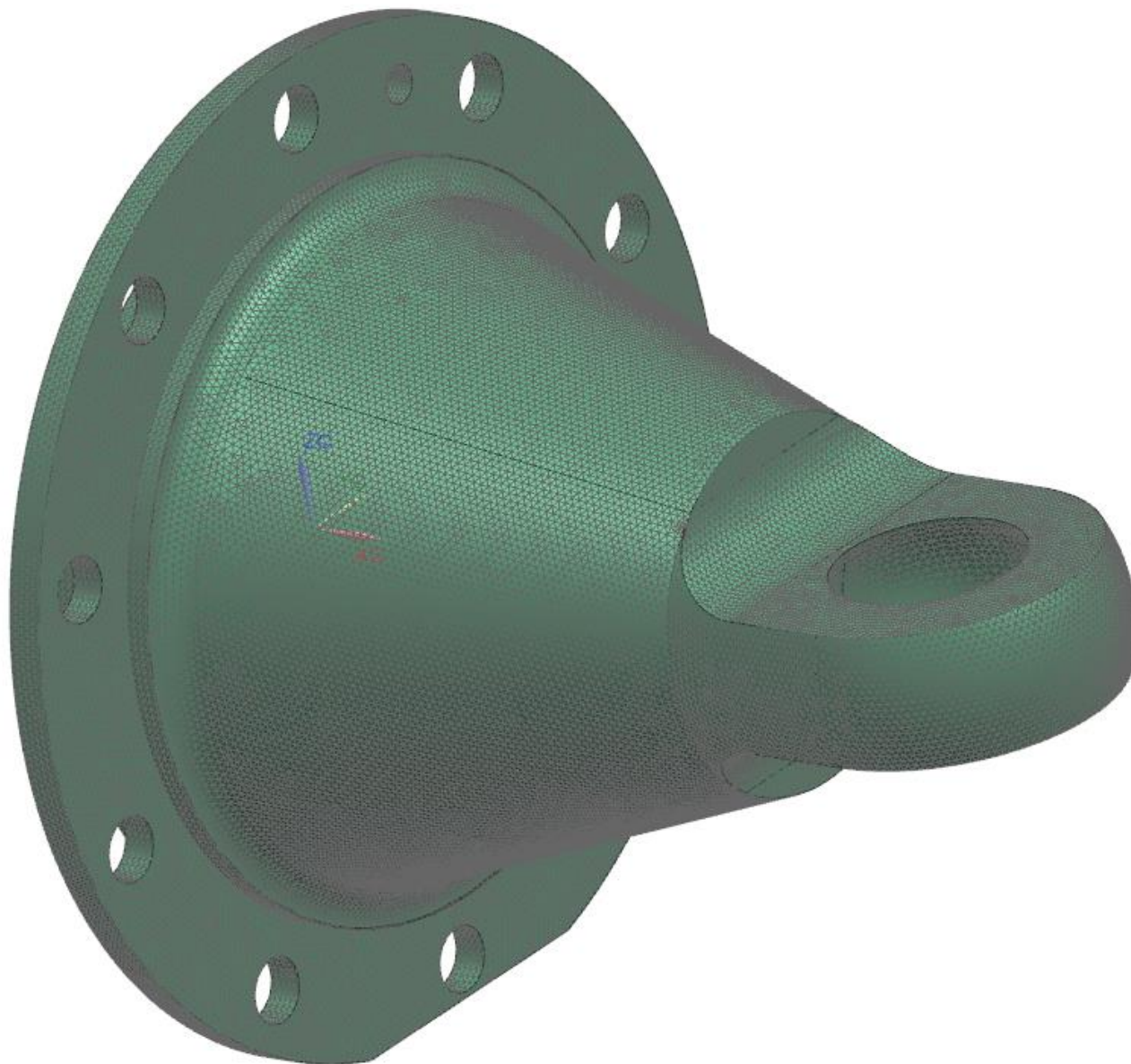


Рисунок 5.2 – Модель цапфи передньої розбита на сітку нінцевих елементів

Другий етап виконуємо прикладення обмежень, що унеможливлують переміщення деталі у окремих напрямках (рисунок 5.3).

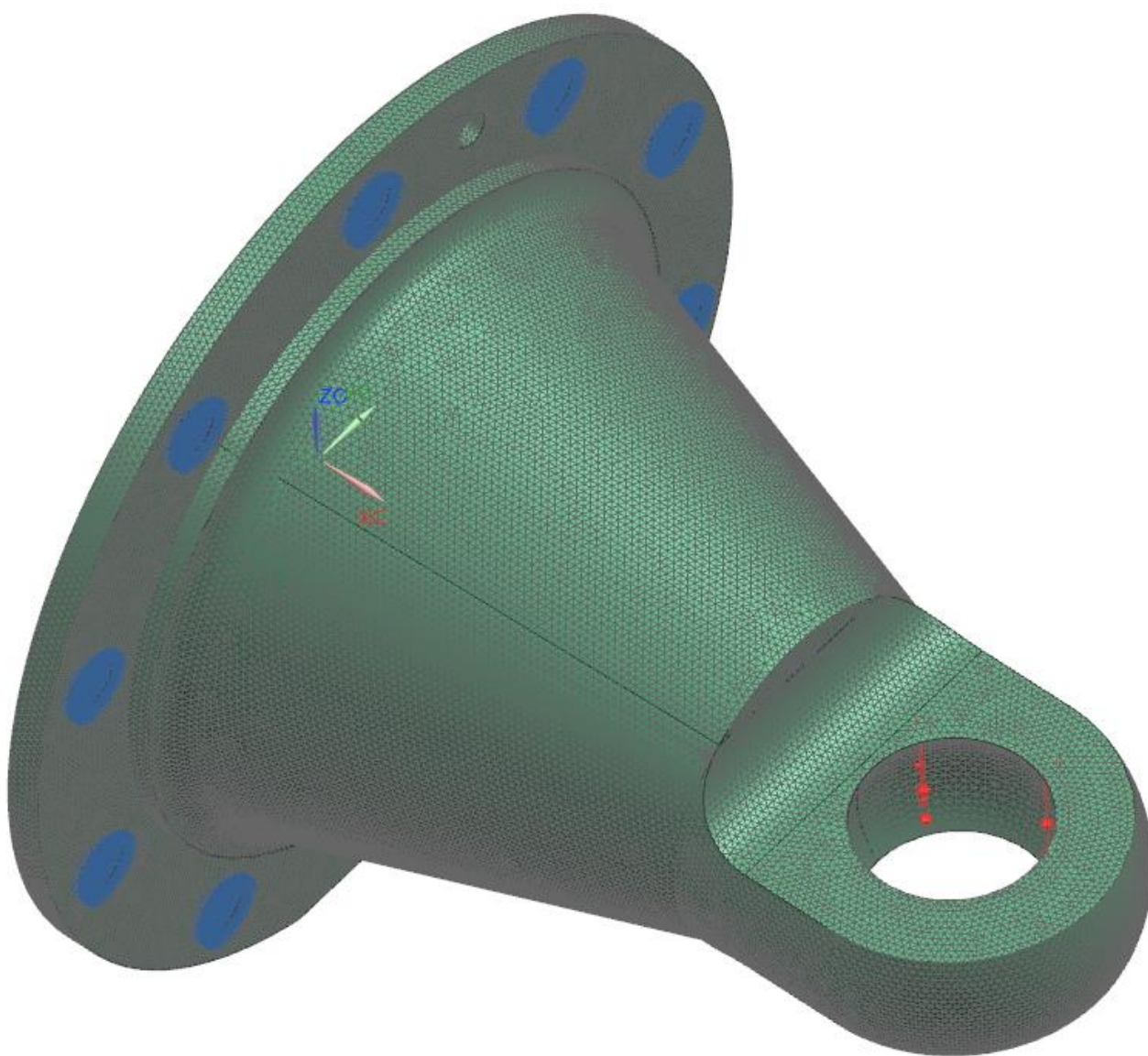


Рисунок 5.3 – Схема прикладення обмежень та навантажень

Наступним етапом виконуємо розрахунок напружено-деформованого стану (рисунок 5.4).

1_sim1 : Solution 2 Результат
Subcase - Static Loads 1, Статический шаг 1
Перемещение - По узлам, Величина
Мин. : 0.0000, Макс. : 0.0351, Единицы = mm
Деформация : Перемещение - По узлам Величина

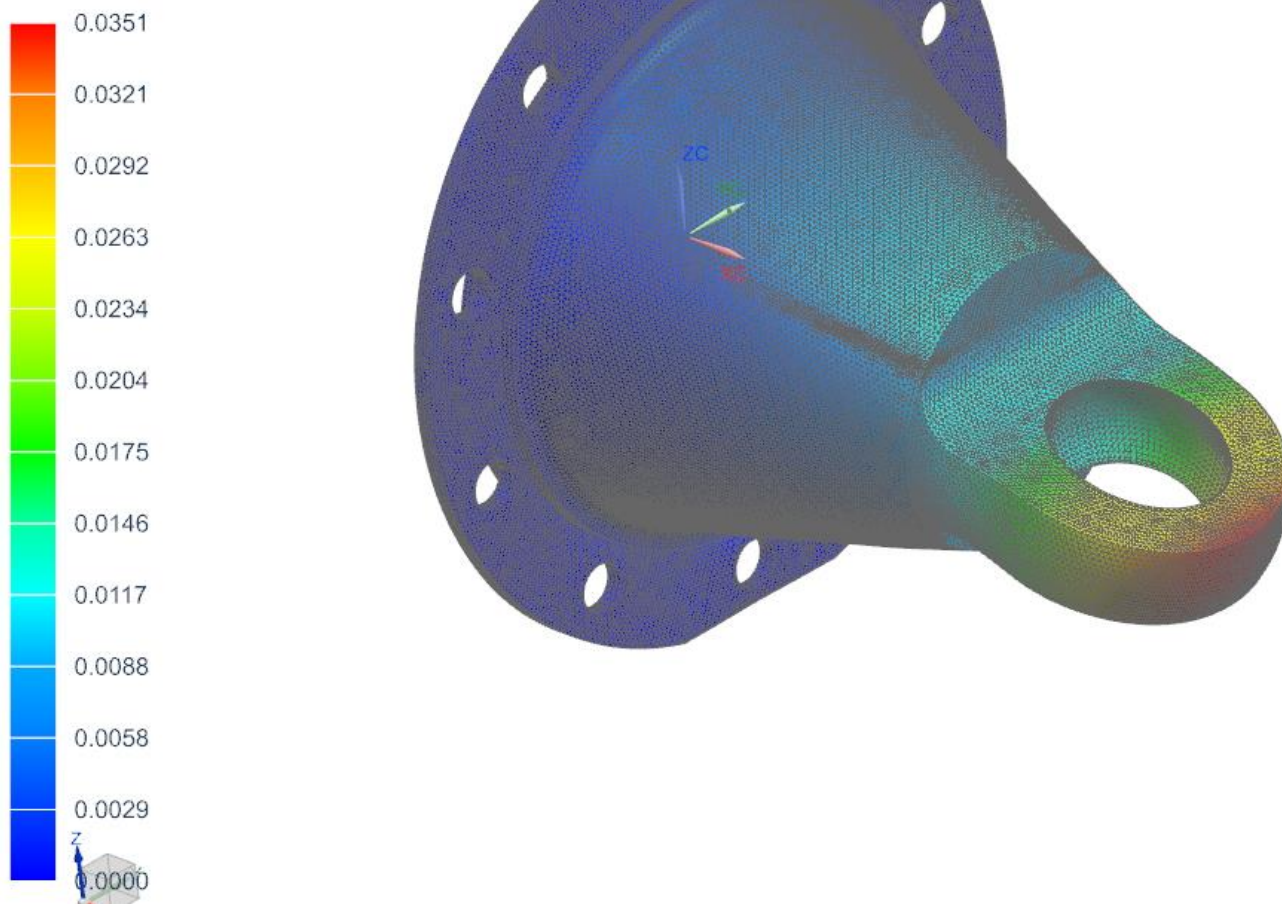


Рисунок 5.4 – Результат розрахунку напружено деформованого стану цапфи передньої

У результаті виконаного розрахунку можна зробити висновок, що найбільш опасним перерізом є сферична поверхня деталі і підвищити її надійність можна зробивши на гострій кромці закруглення або фаску.

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ

За заводською технологією свердлення отворів на цапфі передній виконується на радіально свердлильному верстаті 2А554 пропонується свердлення отворів виконувати на верстиковально свердлильному верстаті з ЧПК KSB 40 необхідно визначити очікувану економічну ефективність.

Розраховуємо операцію свердлення десяти отворів цапфи передньої діаметром 8,5мм, матеріал сталь 30ХГСН. Програма випуску $\Pi=5000$.

За базовою технологією свердлення виконується на верстаті 2А554 спіральним свердлом, матеріал – сталь Р6М5. Норма $t_{шт.к.}=60,2хв$.

Пропонується виконувати на верстаті KSB 40 спіральним свердлом з конічним хвостовиком, матеріал – сталь Р6М5. Норма $t_{шт.к.}=29,77хв$.

Визначаємо такт випуску

$$\tau = \frac{F_d \times 60}{\Pi} \quad [6.1]$$

де F_d – дійсний річний фонд роботи обладнання $F_d=4015$ год;

Π – річна програма випуску $\Pi=5000шт$.

$$\tau = \frac{4015 \times 60}{5000} = 48,18 \text{ хв.}$$

Розрахуємо кількість верстатів для виконання операції

$$\eta_{KSB40} = \frac{t_{шт-к}}{\tau} = \frac{29,77}{48,18} = 0,62 \approx 1$$
$$\eta_{2A554} = \frac{t_{шт-к}}{\tau} = \frac{60,2}{48,18} = 1,25 \approx 2$$

Розрахуємо норми витрат по статтях собівартості. Розрахуємо нарахування на заробітну плату.

$$З_p = З_T \times K_H \quad [6.2]$$

де $З_T$ – тарифна ставка за розрядом робочого, приймаємо розряд робочого – 4й, $З_T=10,48коп/хв$ [8, табл. 2.18];

K_H – коефіцієнт виконання норм $K=1,2$, [8, табл. 2.18]

$$З_p = 10,48 \times 1,2 = 12,6 \text{ грн/хв}$$

Розрахуємо нарахування на заробітну плату наладчика.

$$З_{\text{наладч}} = 14,14 \times 1,2 = 16,97 \text{ грн/хв}$$

Витрати на електроенергію потужність верстату 2A554 $N=2,9$ кВт, потужність верстату KSB40 $N=5,5$ кВт.

$$E = \frac{\sum N \times K1 \times K2 \times C_E}{60} \quad [6.3]$$

де $\sum N$ – сумарна потужність електродвигунів верстата;

$K1$ та $K2$ – коефіцієнт потужності [8, табл. 2.19] $K_1=0,7$ та по часу роботи $K_2=0,7$;

C_e – вартість 1 кВт×г електроенергії у діючих тарифах $C_e=1,68$ грн

$$E_{2A554} = \frac{5,5 \times 0,7 \times 0,7 \times 1,68}{60} = 0,08 \text{ грн}$$
$$E_{KSB40} = \frac{2,9 \times 0,7 \times 0,7 \times 1,68}{60} = 0,04 \text{ грн}$$

Витрати на амортизацію обладнання. Ціна верстату моделі 2A554 $\Pi=125000$ грн, ціна верстату KSB40 $\Pi=150000$ грн.

$$A = \frac{A_r \times 100}{F_d \times 60} \quad [6.4]$$

$$A_r = \frac{\alpha_1 \times 1,15 \times \Pi}{100} \quad [6.5]$$

де α_1 – відсотки відрахувань від вартості обладнання, $\alpha_1=15$;

$$A_{2A554} = \frac{15 \times 1,15 \times 125000}{100} = 21562,5 \text{ грн}$$
$$A_{2A554} = \frac{21562,5 \times 100}{4015 \times 60} = 8,95 \text{ грн}$$

$$A_{KSB40} = \frac{15 \times 1,15 \times 150000}{100} = 25875 \text{ грн}$$

$$A_{KSB40} = \frac{25875 \times 100}{4015 \times 60} = 10,74 \text{ грн}$$

Витрати на обслуговування обладнання:

$$O_{об} = \frac{O_r \times 100}{F_d \times 60} \quad [6.6]$$

де O_r – нарахування на обслуговування обладнання:

$$O_r = \frac{\alpha_2 \times 1,15 \times Ц}{100} \quad [6.7]$$

де α_2 – відсотки відрахувань від вартості обладнання, $\alpha_2=0,5$;

$$O_{r_{KSB40}} = \frac{0,5 \times 1,15 \times 125000}{100} = 718,75 \text{ грн}$$

$$O_{KSB40} = \frac{718,75 \times 100}{4015 \times 60} = 0,29 \text{ грн}$$

$$O_{r_{2A554}} = \frac{0,5 \times 1,15 \times 150000}{100} = 862,5 \text{ грн}$$

$$O_{2A554} = \frac{862,5 \times 100}{4015 \times 60} = 0,36 \text{ грн}$$

Витрати на ремонт обладнання

$$P_{рем} = \frac{P_r \times 100}{F_d \times 60} \quad [6.8]$$

де O_r – нарахування на обслуговування обладнання:

$$P_r = \frac{\alpha_3 \times 1,15 \times Ц}{100} \quad [6.9]$$

де α_3 – відсотки відрахувань від вартості обладнання, $\alpha_3=4,5$;

$$P_{r_{KSB40}} = \frac{4,5 \times 1,15 \times 125000}{100} = 6468,75 \text{ грн}$$

$$P_{KSB40} = \frac{6468,75 \times 100}{4015 \times 60} = 2,68 \text{ грн}$$

$$P_{r_{2A554}} = \frac{4,5 \times 1,15 \times 150000}{100} = 7762,5 \text{ грн}$$

$$P_{2A554} = \frac{7762,5 \times 100}{4015 \times 60} = 3,22 \text{ грн}$$

Витрати на інструмент. Так як нарізування зубів виконується за один прохід то $I_{\phi}=17,6$ грн, $I_d=29,3$ грн [8, табл. 2.20].

Витрати на спеціальне обладнання $P_{\phi}=5,29$ грн/хв та $P_d=7,03$ грн/хв [8, табл. 2.21].

Розрахуємо технологічну собівартість для кожного варіанту.

Для зубодовбання

$$C_{KSB40} = (12,6 + 16,97 + 0,04 + 8,95 + 0,29 + 2,68 + 29,3 + 7,03) \times 4,37 = 340,25 \text{ грн}$$

$$C_{2A554} = (12,6 + 16,97 + 0,08 + 10,74 + 0,36 + 3,22 + 17,6 + 5,29) \times 9,2 = 615,11 \text{ грн}$$

Розрахуємо економічний ефект від впровадження нової операції:

$$E = (C1_{\Pi} + E1_{\Pi}n1) - (C2_{\Pi} + E2_{\Pi}n2) \quad [6.10]$$

де $C1$ та $C2$ – технологічна собівартість по першому та другому варіанту операції;

$\Pi1$ та $\Pi2$ – ціна одного верстата по варіантах;

$E=0,15$ – нормативний коефіцієнт ефективності;

Π – річна програма виготовлення деталей;

$n1$ та $n2$ – число одиниць обладнання по кожному з варіантів;

$$E = (615,11 \times 5000 + 0,15 \times 150000 \times 1) - (340,25 \times 5000 + 0,15 \times 125000 \times 1) = 1378050 \text{ грн}$$

ВИСНОВОК

Згідно з завданням на магістерську роботу, розроблено вдосконалений технологічний процес механічної обробки цапфи передньої.

Обрано і економічно обгрунтований метод отримання заготовки. Призначено припуски на заготовку. Режими різання і технічні норми часу призначені і визначені за рекомендаціями нормативних документів авіаційної промисловості. Детально розроблено операції на верстатах з ЧПК з використанням системи Siemens NXCAM.

Технологічний процес розроблений з урахуванням вимог охорони праці та стійкості до надзвичайних ситуацій. Спроектвані верстатні пристосування дозволяють швидко і надійно закріплювати заготовку під час обробки, що в умовах великосерійного виробництва дуже важливо.

Виконано спеціальне завдання на тему методи поверхнево-пластичного зміцнення.

У частині з охорони праці приведена повна характеристика ділянки механічної обробки деталей з точки зору безпеки проведення робіт, наведена характеристика виробництва за ступенем пожежної безпеки.

Складено альбом технологічної документації на виготовлення цапфи передньої.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Розглянемо потенційні небезпеки, що можуть виникнути в процесі технологічної обробки деталей. Відповідно до класифікації «Небезпечні та шкідливі виробничі фактори» фактори виробничого процесу, в залежності від впливу на організм людини поділяються на фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні. Розглянемо, які небезпеки є потенційно можливими в процесі виготовлення деталі «Цапфа передня»

4.1 Аналіз потенційних небезпек

1. Фізичні фактори:

- ураження електричним струмом, у наслідок несправності електрообладнання, невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, що може призвести до електротравм або летального наслідку;

- механічні травми, що виникають внаслідок наявності в цеху рухомих машин і механізмів, рухомих частин виробничого обладнання, заготовок, матеріалів, а також конструкцій, що руйнуються;

- захаращення заготівками і деталями робочого місця;

- травми та пошкодження шкіряного покриву при розвантаженні і завантаженні заготовок та деталей;

- пошкодження шкіряного покриву рук гострити кромками, шорхо-ватістю на поверхні заготовок, інструменту, обладнання, відходів при роботі без рукавиць;

- незадовільні параметри мікроклімату, у зв'язку з відсутністю приладів, що забезпечують необхідний повітрообмін та опалювальної системи, можуть викликати загальні захворювання;

- недостатнє освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з несправністю, або хибного вибору освітлювальних приладів, що призводить до погіршення зору;

- підвищений рівень шуму, що супроводжує роботу значної кількості верстатів, призведе до роздратованості, збільшенню помилок, в окремих випадках

- до погіршення слуху.

До психофізіологічних небезпек відносяться:

- нервово-психічні навантаження в наслідок специфіки виконуваних робіт, що призводить до захворювань загального характеру;

- виконання роботи стоячи, внаслідок постійного статичного навантаження, сприяє передчасному розвитку загального втомлення та зниженню працездатності.

- повтор однотипних рухів, які пов'язані з багаторазовим скороченням м'язів є причиною захворювання кистей рук (запалення та набрякання) та зап'ястя, набрякання та оніміння пальців;

- підвищена напруга зору та уваги, інтелектуальні навантаження, тривалі статичні навантаження, монотонність праці при роботі.

Вірогідність загоряння, у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що призводить до пожежі;

Небезпеки що пов'язанні з незадовільною професійною підготовкою фахівців, зокрема виникнення аварійних ситуацій при неправильній дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, виконанні хибних дій у приміщенні з обладнанням, що може призвести до руйнування обладнання та тяжких випадків травматизму.

4.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Щоб уникнути механічних та електричних травм під час роботи за обладнанням передбачені заходи по проведенню навчання, перевірки знань з питань охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також правил поведінки та дій при виникненні аварійних ситуацій, пожеж і стихійних лих згідно НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». Під час прийому на роботу представник служби охорони праці проводить вступний інструктаж з усіма особами, що прибули на підприємство. На робочому місці безпосередній керівник проводить спочатку первинний, а потім і повторний, позаплановий інструктажі. Згідно Наказу міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій» до роботи допускаються особи, що пройшли медичний огляд та не мають протипоказань до цієї роботи.

Для запобігання аварій, виробничого травматизму та інших небезпечних явищ конструкція обладнання на механічній ділянці відповідає вимогам національних стандартів та технічному регламенту безпеки. Обладнання не

створювали небезпеки для людей під час встановлення, налагодження, експлуатації та обслуговування згідно з передбачуваними умовами та технологічними вимогами. З метою уникнення ризиків травмування робітників під час обробки деталей рухомі частини виробничого обладнання огорожені та мають інші види засобів захисту відповідно ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож». Знімні, відкидні або розсувні огороження робочих органів, які запобігають небезпеці при роботі обладнання, а також двері, кришки, щитки, що відкриваються в огороженнях або в корпусі обладнання, мають пристрої, що унеможливають їх випадкове знімання або відкриття та мають блокування, що забезпечує припинення робочого процесу (ДСТУ EN ISO 14119:2017 «Безпечність машин. Блокувальні пристрої, з'єднані з огорожами. Принципи проектування та вибору»).

Передбачена звукова сигналізація, яка попереджає про пуск обладнання, засоби зупинки, про порушення нормального режиму роботи, автоматичного відключення від джерела енергії при небезпечних несправностях. Елементи конструкції виробничого обладнання не мають гострих кутів, країв і поверхонь з нерівностями, що становлять небезпеку. Робочі місця безпечні зручні ті відповідають вимогам ДСТУ EN 894-3:2017 «Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування», НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями».

З метою уникнення ризиків отримання механічних травм різного ступеню важкості передбачено застосування кольорів та сигналів безпеки, що використовуються на робочих місцях, у відповідності вимогам Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118).

Червоний колір застосовують для позначення безпосередньої небезпеки, заборони. Ним фарбують заборонні знаки безпеки, вимикальні пристрої машин і механізмів, сигнальні лампи, пожежну техніку, пожежні щити, обладнання та інвентар, кнопку «Стоп» та важелі термінової зупинки обладнання (ДСТУ ISO 6309:2007 «Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір»). Заборонні знаки мають форму кола, по периметру якого є широка червона смуга, а біле поле з нанесеним чорною фарбою відповідним символом перекреслюється червоною смугою такої самої ширини. Жовтий колір означає попередження, імовірну небезпеку. Його застосовують для фарбування попереджувальних знаків

безпеки, відкриті рухомі частини обладнання, постійне та тимчасове огороження, огороження драбин, балконів та інше. Синій колір застосовують для забов'язувальних і вказівних знаків безпеки. Зелений колір сигналізує про нормальний режим роботи машин, позначаються евакуаційні виходи, надписи типу «Виходити тут».

Небезпека ураження електричним струмом при використанні верстатів, приладів з'являється при недотриманні заходів безпеки, а також при відмові або несправності цього обладнання. Наслідки ураження електричним струмом залежать від багатьох факторів: опору організму, величини, тривалості дії, роду і частоти струму, шляхів його проходження через життєво важливі органи, умов зовнішнього середовища.

Категорія приміщення механічної дільниці, відповідно НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» - підвищеної небезпеки (сухе – відносної вологості не більше 60%, металевий пил в повітрі, температура до 30°C, залізобетонна підлога).

Відповідно до вимог «Правил улаштування електроустановок» (далі «ПУЕ») для виключення можливого ураження обслуговуючого персоналу електричним струмом, передбачене захисне заземлення. Електроживлення електрообладнання механічної дільниці здійснюється від мережі змінного струму напругою 220 В і частотою 50 Гц. Відповідно до вимог «ПУЕ», електрообладнання на механічній дільниці характеризується як електроустановки до 1000 В, тому згідно вимог глави 1.7 «ПУЕ», величина опору контуру захисного заземлення електрообладнання приміщення у будь-яку пору року не перевищує – 4 Ом.

Відповідно до вимог ПУЕ в електроустаткуванні застосовують такі системи засобів: захисне заземлення ізоляції токоведучих частин, захисне відключення, напруга (до 42 В) для переносного освітлення і роботи електроінструменту, повна недоступність працівників до неізольованих проводів.

Обладнання має подвійну ізоляцію: робочу – електрична ізоляція струмоведучих частин електроустаткування, що забезпечує її нормативну роботу та захист від ураження електричним струмом; додаткову ізоляцію – для захисту від ураження електричним струмом на випадок пошкодження робочої ізоляції.

Згідно з ПУЕ електричне устаткування за засобом захисту людини від ураження електричним струмом, належить до І класу, оскільки має подвійну ізоляцію, елемент для заземлення та провід для поєднання до джерела живлення, що має заземлюючу жилу і вилку з заземлюючим контактом.

Захисні засоби безпеки електроустаткування будинків виконується відповідно вимога ПУЕ і ДСТУ Б В.2.5-82:2016 «Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом». Для підвищення рівня захисту від загорання при замиканні на заземні частини, коли величина струму не є достатньою для спрацювання максимального струмового захисту, рекомендовано застосування УЗО зі струмом спрацювання до 400 мА.

Ймовірність механічного травмування може виникнути внаслідок нераціонального розташування робочих місць, захаращення робочих місць або у зв'язку з недбалістю та неуважністю обслуговуючого персоналу. Для виключення травматизму зроблено більш зручне та раціональне розташування робочих місць, таким чином збільшена відстань між ними. Враховано рекомендації ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення», відстань між верстатами залежить від розміру верстатів і становить не менше – 0,9...1,5 м, що забезпечує безпеку в процесі трудової діяльності. Ширина проїзду на ділянці - 4.5 метрів, ширина проходів становить 2-2.5метри, що дає можливість безпечно та комфортно переміщувати заготовки, деталі, обладнання, а у випадку пожежі – гарантує швидку евакуацію людей.

З метою зменшення важкої фізичної праці та запобіганню травматизму в умовах серійного виробництва передбачено механізоване переміщення вантажів, масою понад 20 кг та на відстань понад 25 м. На ділянці передбачено застосування кран-балки, яка призначена для транспортування пристосувань, переміщення тари з партією заготовок або деталей від верстата до верстата. Кран-балка з дистанційним (за допомогою пульта) керуванням. Перевагою дистанційного керування є можливість здійснення постійного візуального контролю за переміщенням вантажу, а перебування працівника в безпечній зоні, що гарантує його особисту безпеку. Попереджувальні надписи про вантажопідйомність крана і його роботу відповідають вимогам Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118). Також враховано, що вантажопідйомність кран-балки на 10-20% вища ніж маса вантажу, що підіймається.

З метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії, запобігання втоми, передбачені перерви у роботі – 15 хвилин кожні дві години, а також спеціально обладнане приміщення – кімната відпочинку.

Також обов'язковим є проходження медичного огляду один раз на два роки, а для окремих категорій робітників і один раз на рік, за рахунок роботодавця відповідно Наказ міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій».

Таким чином кожен працівник повинен дотримуватися заходів з охорони праці, до яких належать дотримання правил техніки безпеки та особистої гігієни, дотримання виробничої дисципліни і правил внутрішнього розпорядку, утримання в чистоті і порядку робочого місця, дотримання місцевих виробничих інструкцій, застосування індивідуальних захисних засобів та вміти надати першу медичну допомогу при невідкладних станах.

Для всіх працівників необхідним є проходження навчання відповідно вимог, що зазначено в НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». Згідно Наказу міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій» до роботи допускаються особи, що пройшли медичний огляд та не мають протипоказань до цієї роботи.

4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці для механічної дільниці та робочих кімнат розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МІОУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 (далі – «Гігієнічна класифікація праці»).

Метеорологічні умови на дільниці: температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість його переміщення відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень». Роботи на дільниці належать до категорії Іа – робота середньої важкості, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у холодний період року: температура 18-20°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с;
- у теплий період року: температура 21-23°C; відносна вологість: 40-60%;

швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с.

Забезпечення таких параметрів мікроклімату досягається оснащенням приміщень системою опалювання, що збалансована з припливно-витяжною вентиляцією, згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціювання».

Під вентиляцією розуміють сукупність заходів та засобів призначених для забезпечення на постійних робочих місцях та зонах обслуговування виробничих приміщень метеорологічних умов та чистоти повітряного середовища, що відповідають гігієнічним та технічним вимогам. Основне завдання вентиляції – вилучити із приміщення забруднене, вологе або нагріте повітря та подати свіже очищене повітря.

Вентиляція класифікується за такими ознаками:

- за способом переміщення повітря – природна, штучна (механічна) та суміщена (природна та штучна одночасно);
- за напрямком потоку повітря – припливна, витяжна, припливно-витяжна;
- за місцем дії – загальнообмінна, місцева, комбінована;
- за призначенням – робоча, аварійна.

Природна вентиляція може бути неорганізованою і організованою. При неорганізованій вентиляції невідомі об'єми повітря, що надходять та вилучаються із приміщення, а сам повітрообмін залежить від випадкових чинників (напрямку та сили вітру, температури зовнішнього та внутрішнього повітря). Неорганізована природна вентиляція включає інфільтрацію – просочування повітря через нещільності у вікнах, дверях, перекриттях тощо та провітрювання, що здійснюється при відкриванні вікон та кватирок.

Організована природна вентиляція називається аерацією. Для аерації в стінах будівлі роблять отвори для надходження зовнішнього повітря, а на даху чи у верхній частині будівлі встановлюють спеціальні пристрої (ліхтарі) для видалення відпрацьованого повітря. Для регулювання надходження та видалення повітря передбачено перекривання на необхідну величину аераційних отворів та ліхтарів. Це особливо важливо в холодну пору року.

Перевагою природної вентиляції є її дешевизна та простота експлуатації. Основний її недолік у тому, що повітря надходить у приміщення без попереднього очищення, а видалене відпрацьоване повітря також не очищується і забруднює довкілля.

Штучна (механічна) вентиляція, на відміну від природної, дає можливість очищувати повітря перед його викидом в атмосферу, вловлювати шкідливі речовини безпосередньо біля місць їх утворення, обробляти припливне повітря

(очищувати, підігрівати, зволожувати тощо), більш цілеспрямовано подавати повітря в робочу зону. Окрім того, механічна вентиляція дає можливість організувати повітрозабір у найбільш чистій зоні території підприємства і навіть за її межами.

При штучній вентиляції повітрообмін здійснюється внаслідок різниці тисків, що створюється вентилятором. Вона застосовується в тих випадках, коли тепловиділення у виробничому приміщенні недостатні для постійного (протягом року) використання аерації, або коли кількість чи токсичність шкідливих речовин, які виділяються у повітря приміщення є такою, що виникає необхідність постійного повітрообміну незалежно від метеорологічних умов навколишнього середовища.

Природна та штучна вентиляції повинні відповідати наступним санітарно-гігієнічним вимогам:

- створювати в робочій зоні приміщень нормовані метеорологічні умови праці (температуру, вологість і швидкість руху повітря);
- повністю усувати з приміщень шкідливі гази, пари, пил та аерозолі або розчиняти їх до допустимих концентрацій;
- не вносити в приміщення забруднене повітря ззовні або шляхом засмокування із суміжних приміщень;
- не створювати на робочих місцях протягів чи різкого охолодження;
- бути доступними для керування та ремонту під час експлуатації;
- не створювати під час експлуатації додаткових незручностей (наприклад, шуму, вібрацій, попадання дощу, снігу і т. п.).

Необхідно зазначити, що до вентиляційних систем, встановлених у пожежо- та вибухонебезпечних приміщеннях висувається ціла низка додаткових вимог.

Кондиціонування повітря — це створення та автоматичне підтримування в приміщенні заданих або таких, що змінюються за певною програмою метеорологічних умов, які є найбільш сприятливими для працівників чи для нормального протікання технологічного процесу. Кондиціонування повітря може бути повним та неповним. Повне кондиціонування повітря передбачає регулювання температури, вологості, швидкості руху повітря, а також можливість його додаткового оброблення (очищення від пилу, дезінфекції, дезодорації, озонування). При неповному кондиціонуванні регулюється лише частина параметрів повітря.

Кондиціонування повітря здійснюється кондиціонерами, які підрозділяються на центральні та місцеві. Центральні кондиціонери призначені

для обслуговування великих за розмірами приміщень. Оброблення повітря проводиться в одному центрі, що розташований поза приміщеннями, в яких здійснюється кондиціонування і зв'язаного з останніми каналами для подачі та рециркуляції повітря. Місцеві кондиціонери мають малу продуктивність і встановлюються безпосередньо в невеликих приміщеннях. Такі кондиціонери, зазвичай, працюють на зовнішньому повітрі за, так званою, припливною схемою.

Система кондиціонування оснащується спеціальними пристроями, які автоматично регулюють за заданими умовами необхідні параметри повітря, а отже й відповідні характеристики теплоносія та холодної води.

Розраховуємо повітрообмін за умови виділення шкідливих речовин, у нашому випадку при обробці дюралюмінію виділяється металевий пил, що надходить у робочу зону, з метою розбавлення його до граничнодопустимої концентрацій по формулі (5.1):

$$L_v = \frac{G_{вр}}{g_{пдк} - g_{п}}, \text{ м}^3/\text{ГОД} \quad (5.1)$$

де L_v – кількість приточного або видаляє мого повітря в залежності від схеми механічної вентиляції, $\text{м}^3/\text{с}$;

$G_{вр}$ – кількість шкідливих речовин, що виділяються у виробничих приміщеннях, $\text{мг}/\text{с}$. У нашому випадку металевий пил при різній механічній обробці: фрезерування – $1,9 \text{ мг}/\text{с}$, свердління – $0,4 \text{ мг}/\text{с}$, розточування – $0,7 \text{ мг}/\text{с}$, шліфування – абразивний пил $10 \text{ мг}/\text{с}$, металевий пил $18 \text{ мг}/\text{с}$.

$g_{пдк}$ – граничнодопустима концентрація шкідливих речовин в приміщенні, $\text{мг}/\text{м}^3$. ГДК деяких шкідливих речовин у повітрі робочої зони при обробці деталей з алюмінію наведені у таблиці 5.1.

$g_{п}$ – концентрація шкідливих речовин в зовнішньому повітрі, що подається в приміщення і дорівнює $g_{п} = 0,3 \cdot g_{пдк}$, $\text{мг}/\text{м}^3$.

Таблиця 5.1 – ГДК деяких шкідливих речовин у повітрі робочої зони

№ п/п	Речовина	ГДК, $\text{мг}/\text{м}^3$	Клас небезпеки	Агрегатний стан
1	Алюміній та його сплави (у перерахунку на алюміній)	2	3	а
2	Мідь	1	2	а
3	Кремнію діоксин амфорний	1	3	а
4	Залізо з домішками магнію та марганцю	6	4	а
5	Нікель	0,5	2	а

6	Титан та його діоксид	10	4	а
7	Цинку оксид	0,5	2	а

$$g_{\text{п}} = 0,3 \cdot 22,5 = 6,75 \text{ мг/м}^3$$

$$L_{\text{в фрез.}} = \frac{1,9}{22,5-6,75} = 0,12 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$L_{\text{в св.}} = \frac{0,4}{22,5-6,75} = 0,02 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$L_{\text{в розт.}} = \frac{0,7}{22,5-6,75} = 0,04 \text{ м}^3/\text{с}$$

Розраховуємо кількість повітря, що видаляється від шліфувальних та полірувальних верстатів по формулі (5.2):

$$L = k \cdot d_{\text{кр}} \cdot n, \text{ м}^3/\text{год} \quad (5.2)$$

де $d_{\text{кр}}$ – діаметр круга - 100 мм;

k – коефіцієнт, що приймається в залежності від матеріалу та діаметра круга – 6;

n – число кругів – 1 шт.

$$L = 1 \cdot 0,1 \cdot 1 = 0,1 \text{ м}^3/\text{год}$$

З розрахунків можемо зробити висновок, що для забезпечення безпечних умов праці достатньо використовувати місцеву вентиляцію, яка вбудована в верстаті та загальну припливно-витяжну вентиляційну систему по цеху.

Освітлення виробничих приміщень відіграє найважливішу роль у забезпеченні збереження працездатності та здоров'я працівників, що постійно працюють в умовах напруження органу зору. Згідно ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» передбачене природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%.

Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Норма освітленості на робочий поверхні становить 200-300 лк. Як джерела штучного освітлення в конструкторському бюро та робочих кімнатах використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ, ЛД, які встановлені у світильники типу ЛПО. Для забезпечення нормованого освітленні на ділянці механічного цеху застосовуються світильники типу РСД, з газорозрядними лампами типу ДРЛ. Лампи мають високу ефективність, економічні, надійні, строк експлуатації понад 8000-14000 годин.

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приміщення відповідають вимогам ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» та ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків і споруд від шуму». Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою: використання більш сучасного обладнання; розташування обладнання, що створює рівень шуму, більший за нормативно допустимий (понад 80дБа), на значній відстані від більшості робочих місць працівників.

Рівні вібрації під час верстатних робіт перевищують допустимі значення, що визначені в ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».

Для зменшення негативного впливу вібрації (спазми судин, порушення кровообігу та терморегуляції, біль в суглобах, тремор кінцівок) під час роботи з ручним механічним, електричним та пневматичним інструментом застосовуються засоби індивідуального захисту (НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 року № 966. Під час роботи в умовах загальної вібрації застосовується спеціальне взуття.

4.4 Заходи з пожежної безпеки

Заходи з пожежної безпеки на механічній дільниці розроблено відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Залежно від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих речовин й матеріалів пожежі згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» приміщення відноситься до класу можливої пожежі класів – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та Е (пожежі, пов'язані горіння електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В.)

Згідно із методикою визначення категорій приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою, який регламентується ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» та СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» механічна дільниця відповідає категорії «Д» з пожежної небезпеки – наявність незаймистих речовини і матеріали в холодному стані.

Відповідно до категорії виробництва з пожежної небезпеки і вимог

ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», ступінь вогнестійкості приміщення – II.

Згідно ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», на випадок пожежі передбачені два шляхи евакуації працівників із адміністративних приміщень та два евакуаційних виходи з механічної дільниці. Максимальне видалення від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу, згідно п.2.29 СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» становить 70 метрів.

Згідно вимог «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 дільниця оснащена переносними вуглекислотними вогнегасниками ВВК-3 з розрахунку 2 шт. на кожні 20 м² площі приміщення з урахуванням гранично допустимих концентрацій вогнегасної рідини. Доцільність використання даного вогнегасника пояснюються його властивостями. Вогнегасник призначений для гасіння загорання різних речовин, горіння яких не може відбуватися без доступу повітря, загорання електроустановок, що знаходяться під напругою, загорання в приміщеннях при наявності оргтехніки. Головною особливістю вуглекислотний вогнегасників є відсутність слідів гасіння так як вуглекислота після використання не залишає слідів і бруду.

Для механічних цехів та адміністративних приміщень передбачено використання сповіщувачів пожежі, приміщення буде обладнане адресованим автоматичним сповіщувачем ДІП-1, який буде реагувати на дим. Своєчасне виявлення ознак займання й виклик пожежних підрозділів дає змогу швидко локалізувати осередки пожежі та вжити заходи щодо її ліквідації, а отже, створює можливість суттєво зменшити обсяги заподіяної шкоди. Адресований сповіщувач постійно або періодично активно формує сигнал про стан пожежонебезпечності у захищуваному приміщенні та про власну працездатність із зазначенням свого номера (адреси). Автоматичні пожежні сповіщувачі реагують на фактори, що супроводжують пожежу: підвищення температури, дим, полум'я.

Враховуючи пожежну небезпеку в приміщеннях та на дільниці також передбачено систему автоматичного пожежогасіння та первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники типу ВВК-3).

4.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Надзвичайні ситуації техногенного характеру: аварії та катастрофи.

Зростання масштабів господарської діяльності і чисельності великих промислових комплексів, використання у виробництві потенційно небезпечних речовин у великих кількостях — усе це збільшує імовірність виникнення техногенних аварій. Найбільша кількість надзвичайних ситуацій, особливо із загибеллю людей в Україні, припадає на транспорт. Тільки в 1997 р. сталося 37,94 тис. дорожньо-транспортних аварій, у яких загинуло 6240 чоловік, травмовано 31,70 тис. чоловік.

У даний час в Україні функціонують чотири АЕС (Південноукраїнська, Запорізька, Рівненська і Хмельницька). На території України розташовано 6000 різних установ і організацій, діяльність яких може призвести до утворення радіоактивних відходів.

Основними виробниками радіоактивних відходів і місцями їх концентрації є: АЕС (накопичено 70 000 м³ радіоактивних відходів); уранодобувна і переробна промисловість (накопичено 65,5 млн. тонн радіоактивних відходів); українське державне об'єднання «Радон» (накопичено 5000 м³/р);

зона вітчуження Чорнобильської АЕС понад 1.1 млрд м³ радіоактивних відходів.

На території України функціонує 1610 об'єктів господарювання, на яких зберігається чи використовується у виробничих процесах понад 283 тис. СДОР, у тому числі 9,8 тис. тонн хлору, 178,4 тис. тонн аміаку. З них — I ступеня хімічної небезпеки — 76 об'єктів; II — 60 і III — 1134 об'єкти.

Усього в зонах можливого хімічного зараження від цих об'єктів проживає понад 20 млн. чоловік (38,5 % населення країни).

320 адміністративно-територіальних одиниць (АТО) мають ступінь хімічної небезпеки, з них I ступеня — 154 АТО, II ступеня — 47 АТО, III ступеня — 108 АТО.

Довжина магістральних газопроводів на території України становить 3,9 тис. км. Їх роботу забезпечують 31 компресорна станція перекачування нафти і 69 газових перекачувальних станцій.

Довжина продуктопроводів становить 3,3 тис. км, і весь перерахований вище технічний комплекс уже вичерпав свій ресурс, що робить цей комплекс об'єктом підвищеної небезпеки.

Досить критичне становище в країні склалося в комунальному господарстві. Четверта частина водопровідних очисних споруд і систем фактично відпрацювали свій термін експлуатації, 22 % систем перебувають в аварійному стані. Закінчився термін експлуатації кожної п'ятої насосної станції. Планово-

попереджувальний ремонт виконується на 73 %. У системах каналізації відпрацювали термін експлуатації 26 % систем і 17 % насосних станцій.

Нині у водойми скидається без попереднього очищення близько 250 м³/доба стічних вод. Особливості географічного положення України, атмосферні процеси, наявність гірських масивів, близькість теплих морів обумовлюють різновид кліматичних умов.

У результаті взаємодії всіх цих факторів виникають небезпечні стихійні явища. В окремих випадках вони носять катастрофічний характер для навколишнього середовища і населення.

Сейсмоактивні зони оточують Україну на південному-заході і півдні. У сейсмологічному відношенні найбільш небезпечними областями в Україні є Закарпатська, Івано-Франківська, Чернівецька, Одеська та АРК.

На значній території України (Карпати, Крим) річки мають виражений паводковий режим стоків. Вони формуються в будь - який сезон року і часто мають катастрофічні наслідки, ведуть до масових руйнувань і до загибелі людей.

Характерними для України є також селеві процеси (в містах і районах Карпат і Криму), посухи, циклони, пилові бурі.

Нині в Україні, у зв'язку зі зростанням числа аварій і катастроф, стихійних лих, обстановка характеризується як дуже складна. Про це свідчать статистичні дані по Україні за останні роки.

Висновки

Охорона праці це - система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Розглянувши та проаналізувавши потенційні небезпеки, що можуть виникнути на механічній дільниці в процесі обробки різноманітних деталей, найголовнішим є проведення навчання та інструктажів з охорони праці, додержання ергономічних та санітарно-гігієнічних вимог, пожежної безпеки та електробезпеки.

Безпека праці на виробництві може бути на належному рівні тільки тоді, коли всебічно виконуються вимоги трудового законодавства, державних стандартів України, норм і правил, розроблених для збереження здоров'я працюючих та їх соціального захиту. Важливе місце при цьому належить виконанню організаційних вимог з охорони праці, а також трудовій та виробничій дисципліні працюючих.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Технологический процесс. : ОАО «Мотор Сич», 1992. – 245с.
2. Справочник технолога - машиностроителя. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985.
3. Маталин А.А. и др. Проектирование технологических процессов обработки деталей на станках с числовым программным управлением.-Л., 1977г.
4. Стандарты предприятия: Система качества, Положения о цехе основного производства ОАО “Мотор Сич”, 1998. –45с.
5. Должностная инструкция. СТП 549.00.200.1 – 2004 г.
6. Горохов В.А. «Проектирование и расчет приспособлений»: Учебное пособие для студентов вузов. – Минск: «Вышэйшая школа», 1986г. – 237с.
7. Иванов И.И. «Детали машин» Учебник для вузов. – 2-е издание. – М.: Машиностроение 1983г. – 277с.
8. Методичні вказівки до практичних занять з дисциплін “ Технологія машинобудування» (розділ проектування зубообробних операцій) для студентів спеціальностей: 8.090202, 8.090203, 7.090260, усіх форм навчання./Укл. В.Д. Хорошков.-Запоріжжя: ЗНТУ, 2003. - 93 с.
9. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/ А.А. Гаков., В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Гакова.- М.: Машиностроение.1988.-736 с., ил.
10. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика.М.: Машиностроение,1961.-Т.2.- 890 с.
11. В.А. Богуслаев, В.А. Лиховицер, А.С.Смирнов. Станочные приспособления, монография., – г. Запорожье , изд. ОАО «Мотор Сич». 2000 г.,461 с.
12. Справочник инструментальщика/ И.А. Ординарцев, Г.В. Филипов, А.Н. Шевченко и др.; Под общ. ред. И.А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 846 с.: ил.
13. Режимы резания труднообрабатываемых материалов: Справочник/ Я. Л. Гуревич, М. В. Горохов, В. И. Захаров 2 – е изд. Перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. - 240 с.
14. Координатные измерительные машины / В.А. Гапшис, А.Ю. Каспарайтис, М.Б. Модестов, и др. М.: Машиностроение, 1988. 328с.
15. Справочник инженера-технолога в машиностроении / А.П. Бабичев и др. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2005. – 541 с
16. <http://www.galtovka.ru/>

17. Кулаков Ю.М., Хрульков В.А. Отделочно-зачистная обработка деталей. – М., Машиностроение, 1979, 216 с.
18. Бабичев А.П. Основы вибрационной технологии / Бабичев А.П., Бабичев И. А. – Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ, 2008. – 694 с.
19. Бабичев А.П. Основы вибрационной технологии: Учебное пособие. Ч.1. Ростов-на-Дону. ДГТУ. 1993. 98 с.
20. Бабичев А.П. Вибрационная обработка деталей. М.: Машиностроение, 1974.
21. <http://www.rosler.com/>
22. Кремень З.И. Турбоабразивная обработка деталей – новый способ финишной обработки / З.И.Кремень, М.Л. Масарский // Вестник машиностроения. – 1977. – №28. – С. 68 - 70.
23. Машиностроение. Энциклопедия: в 40 т. / [Ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др.]. – М.: Машиностроение, 2000 – . – Т. 3: Технология изготовления деталей машин / А.М. Дальский, А.Г. Суслов, Ю.Ф. Назаров и др.; Под общ. ред. А.Г. Суслова. 2002. – 840 с.
24. Богуслаєв В.О. Технологія виробництва авіаційних двигунів: Ч. 3. Методи обробки деталей авіаційних двигунів / Богуслаєв В.О., Качан О.Я., Яценко та ін. – Запоріжжя: БАТ «Мотор Січ», 2008. — 639 с.
25. WALTHER TROWAL! [Электронный ресурс]: Produkte/Gleitschleiftechnik. – Режим доступа: <http://www.walthertrowal.de/de/produkte/gleitschleiftechnik/>, свободный. – Загл. с экрана.