

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

РЕЦЕНЗІЯ
на дипломний проект (роботу)

Технологічні методи підвищення зносостійкості деталі «Шестерня
гідронасосу»

Студент (ка) Чирка Анна Валеріївна
Спеціальність 131 Прикладна механіка

Обсяг проекту повний

Кількість аркушів креслень 11,75

Кількість сторінок пояснювальної записки 126

а) короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень

1. Технологічна частина 2. Конструкторська частина 3. Автоматизація
технічного контролю якості 4. Охорона праці 5. Розрахунок шестерні на
міцність за допомогою модуля NX 6. Спецзавдання – Особливості
нітроцементзації шестерень 7. Оцінка очікуваної економічної ефективності
заміни обладнання

б) висновок про відповідність проекту (роботи) завданню
Виконана робота повністю відповідає поставленому завданню

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

Виконана робота на достатньому рівні відповідає останнім досягненням
науки та техніки

г) негативні особливості виконання проекту (роботи)

При перевірці виконаної роботи негативних особливостей не виявлено

д) позитивні особливості

Запропоновано використання САПР, як NX для інтенсифікації підготовки
виробництва, а також проведено економічний аналіз доцільності заміни
обладнання, не знімаючи деталь з верстата

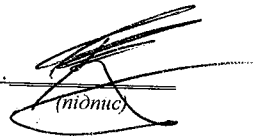
е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до проекту (роботи) Графічна частина та пояснювальна записка виконані у відповідності до діючих стандартів

є) відгук про проект (роботу) загалом цілому магістерська робота студентки групи МЗ-118м Чірки Анни Валеріївни відповідає вимогам вищої школи.

ж) інші зауваження 1. Для програмних операцій більш доцільно було б застосувати більш сучасне обладнання, 2. На кресленні токарного пристосування не одному виді схематично не показана деталь, що закріплюється

з) оцінка проекту (роботи) В цілому дипломний проект студентки групи МЗ-118м Чірки Анни Валеріївни заслуговує оцінку «добре»

Рецензію склав старший викладач кафедри ТМБ Вишнепольський Є.В.
(посада, місце роботи, прізвище, ім'я, по батькові)



(підпис)

« 6 » 12 2019 р.

[11:41:19] ■■■ Найдено 1% совпадений по адресу: <https://www.dissercat.com/content/osobennosti-i-usloviya-effektivnogo-primeneniya-organizovannykh-potokov-vody-v-kachestve-zak>

[11:41:32] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №522 [3] (200032 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:41:40] ■■■ Найдено 1% совпадений по адресу: <http://metallurgu.ru/books/item/f00/s00/z0000016/st018.shtml>

[11:41:52] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №527 [3] (200034 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:46:46] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №532 [3] (200039 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:47:08] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №537 [3] (200048 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:47:40] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №542 [3] (200022 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:48:07] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №547 [3] (200046 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:48:32] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №552 [3] (200031 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:49:18] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №557 [3] (200028 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:49:46] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №562 [3] (200028 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:49:58] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №567 [3] (200016 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:50:06] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №572 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:50:49] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №577 [3] (200036 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:51:04] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №582 [3] (200020 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:51:18] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №587 [3] (200020 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:51:34] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №592 [3] (200020 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:51:42] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №597 [3] (200020 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:52:00] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №602 [3] (200036 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:52:31] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №607 [3] (200036 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

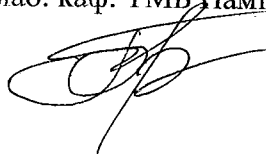
[11:52:31] Тип проверки: *Стандартная*

[11:52:31] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 23%)**

[11:52:31] **Уникальность текста 91%[©] (Проигнорировано подстановок: 0%)**

Перевірку на плагіат програмою AntiPlagiarism.NET, магістерської роботи Чирка А.В., провів зав. навч. лаб. каф. ТМБ Паміров В.М.

05.12.2019р.



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 Технологічні методи підвищення
зносостійкості деталі «Шестерня гонокосу»

Виконав: студент(ка) II курсу, групи МЗ-118М

Спеціальності 131 Прикладна механіка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування
Черка А.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник Рудальська Г.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Винипольський Є.В.
(прізвище та ініціали)

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

Інститут, факультет машинобудівний
 Кафедра технологій машинобудування
 Ступінь вищої освіти другий (магістерський)
 Спеціальність 131 Прикладна механіка
 (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) технологій машинобудування
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри К.Т.Н. доц. Держ С.І.
05 12 2019 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Черка Анні Валеріївни
 (прізвище, ім'я, по батькові)

Тема проекту (роботи) Технологічні методи підвищення зносостійкості деталей «Шестерня ірроносасу»

Рівень проекту (роботи) Пухальська Рупина Вікторівна К.Т.Н. доцент
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом закладу вищої освіти від «26» 11 2019 року № 417

Строк подання студентом проекту (роботи) _____

Вихідні дані до проекту (роботи) Креслення деталі «Шестерня ірроносасу»
існуюча програма випуску N = 5000 шт

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Технологічна частинка; 2. Конструкторське завдання; 3. Автоматизація; 4. Спеціальне завдання; 5. Розрахунок на міцність; 6. Оцінка існуючої економічної ефективності запропонованих заходів; 7. Охоро-
на праці

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

креслення деталі та заготовки, малюнок виготовлення деталі, креслен-
ня робочого та контрольного пристосування, автоматизація, спеціальне
завдання), графічне зображення до розрахунку операцій технологій в DXCAM

Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконання завдання
Технолог. застосування	Пуканьська Р.В. к.т.н., доцент	10.09.19	10.09.19
Констр. заст.	Пуканьська Р.В. к.т.н., доцент	10.09.19	10.09.19
Автоматизація	Пуканьська Р.В. к.т.н., доцент	10.09.19	10.09.19
Охорона праці	Шешко В.І. к.т.н., доцент	4.10.19	4.10.19
Розрахунки на міцність	Пуканьська Р.В. к.т.н., доцент	10.09.19	10.09.19
Спецзавдання	Пуканьська Р.В. к.т.н., доцент	10.09.19	10.09.19
Нормоконтроль	Логінов В.О. к.т.н., доцент		5.12

7. Дата видачі завдання « 10 » 09 2019 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примі
1	Технологічне застосування	18.09.19	
2	Конструкторське застосування	09.10.19	
3	Автоматизація	27.10.19	
4	Охорона праці	01.11.19	
5	Розрахунок на міцність	20.11.19	
6	Спец. завдання : Особливості нитроцелюлози шестерен	27.11.19	

Студент(ка)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)


(підпис)

Чирко А.В.
(прізвище та ініціали)

Пуканьська Р.В.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 121с., 58 рисунків, 7 таблиць, 2 додатки, 34 посилання.

Об'єкт дослідження – шестерня гідронасосу.

Мета дипломного проекту – вдосконалення технологічного процесу виготовлення шестерні гідронасосу, вивчення загальної конструкції, технологічної схеми процесу, обладнання та оснащення, а також проектування технологічного процесу обробки шестерні гідронасосу.

Метод дослідження - розрахунково-аналітичний.

Підвищення вимог надійності авіаційних деталей, збільшення їх повного і міжремонтного ресурсу, викликає підвищення вимог до технології виробництва двигунів взагалі, а особливо до механічної обробки деталей і вузлів авіаційних двигунів.

Виконуючи данну роботу, визначили оптимальний метод отримання заготовки, застосували нове обладнання, запропонували пристосування для автоматизації контролю геометрії, за допомогою NXCAM розробили технологічні операції для верстатів з ЧПК, , сконструювали робоче та контрольне пристосування, розглянули питання особливостей нітроцементзації шестерень.

ШЕСТЕРНЯ ПРИВОДУ ГІДРОНАСОСУ, ГІДРОНАСОС, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ПРИПУСК, ДОПУСК, ЕСКІЗ, КВАЛІТЕТ, БАЗА, ЗАГОТОВКА, РІЗЕЦЬ, ТОЧНІСТЬ, ШОРСТКІСТЬ, РОЗМІР, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ОБЛАДНАННЯ, ВЕРСТАТ, ТЕРМООБРОБКА, НАЛАГОДЖЕННЯ,

ЗМІСТ

Реферат	4
Перелік умовних скорочень	7
Вступ	8
1 Технологічна частина	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	11
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	12
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі	17
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність	17
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	19
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	22
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	23
1.6 Розрахунок режимів різання	30
1.7 Розрахунок технічної норми часу	44
1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК, з використанням NXCAM або іншої програми, що має САМ-модуль	50
1.8.1 Розробка токарної операції	50
1.8.2 Розробка свердлильної операції	55
1.8.3 Розробка фрезерної операції	57
2 Конструкторська частина	60
2.1 Проектування робочого пристосування	60
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	60
2.1.2 Розрахунок похибки базування пристосування	62
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску	62
2.1.4 Розрахунок пристосування на точність	66
2.1.5 Розрахунок пристосування на міцність	67
2.2 Проектування контрольного пристосування	68
3 Автоматизація	72
4 Спеціальне завдання: Особливості нітроцементзації шестерен	84
5 Розрахунок на міцність. Визначення напружено-деформованого стану деталі	95
6 Оцінка очікуваної економічної ефективності запропонованих заходів	99

7	Охорона праці	103
7.1	Аналіз потенційних небезпек	103
7.2	Заходи з забезпечення техніки безпеки	104
7.3	Заходи з забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці	107
7.4	Шум, вплив на людину і методи захисту	109
7.5	Заходи з пожежної безпеки	111
7.6	Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях	113
	Висновок	118
	Перелік посилань	119
	Додаток А. Специфікація на робоче пристосування	
	Додаток Б. Специфікація на контрольне пристосування	

ПЕРЕЧЕНЬ УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ГКМ	Горизонтально-кувальна машина
ДСТУ	Державний стандарт
І	Індукційний
МГ	Магнітографічний
МВД	Маршрут виготовлення деталі
МОП	Маршрут обробки поверхні
НК	Неруйнуючий контроль
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
СЗН	Спосіб Залишкової намагніченості
СПП	Спосіб приложеного полю
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 вишукування 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 шестерні гідронасосу сучасного газотурбінного двигуна.

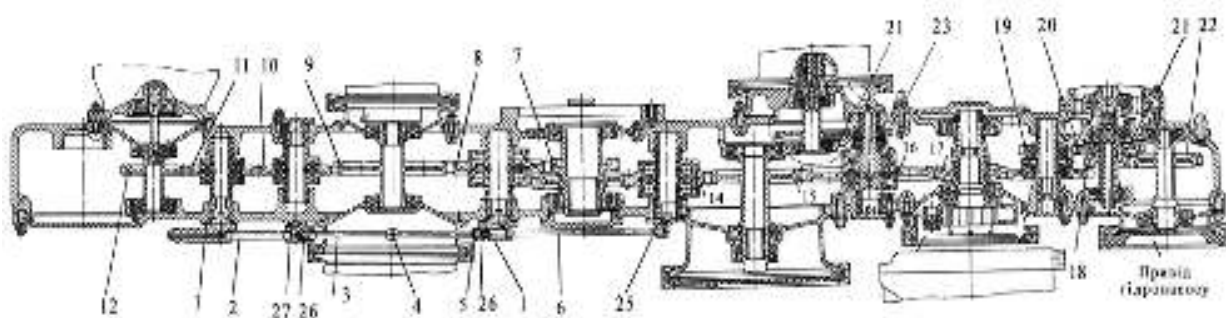
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Шестерня гідронасосу входить у вузол коробки приводів. Коробка приводів призначена для розміщення агрегатів і приводів до них. Агрегати розміщені із зовнішнього боку коробки. У коробці змонтовані приводи до гідронасосу 7, паливного насоса 3, гідроприводу з генератором змінного струму 15, маслоагрегату 5, воздухоотделитель 6, центральному суфлера 2, а також привід 8 від повітряного стартера до ротора компресора високого тиску.

До приводним агрегатів обертання передає ведуча шестерня (І), встановлена на валу ротора компресора високого тиску, шестерні (2), (3) і (4) центрального приводу, шестерні (5) і (6) колонки приводів і блок провідних шестерень (7) і (14) коробки приводів.

Гідропривід ГП-21 (привід ХІ) отримує обертання від шестерні (14), блоку шестерень (7) і (14), проміжної шестерні (15) і шестерні (16), яка шліцами з'єднана з валиком гідроприводу.



1. Ущільнення; 2. Трубопровод; 3. Трубопровод; 4. Буртик монтажний; 5. Кільце стопорне; 6. Трубопровод; 7. Шестерня проміжна; 8. Шестерня проміжна; 9. Шестерня приводу блока паливних насосів; 10. Шестерня проміжна; 11. Шестерня проміжна; 12. Шестерня приводу відцентрового суфлера; 13. Шестерня проміжна; 14. Шестерня проміжна; 15. Шестерня приводу генератору ГЛ-21; 16. Шестерня проміжна; 17. Шестерня приводу ротору; 18. Шестерня проміжна; 19. Шестерня проміжна; 20. Шестерня приводу повітрявідсікача; 21. Шестерня проміжна; 22. Шестерня приводу гідронасосу; 23. шестерня проміжна; 24. Шестерня привода мастилоагрегату; 25. Кільце ущільнюоче; 26. Кільце ущільнюоче; 27. Кільце ущільнюоче;

Рисунок 1.1 – Коробка приводів

Повітрявідсікач отримує обертання від шестерні (17), шестерні (18), що знаходиться на валику приводу повітряного стартера, блоку проміжних шестерень (19) і (20) і шестерні (21) через ресору 6. Гідронасос отримує обертання від шестерні (22) і шестерні (23), яка шліцами з'єднується з валом гідронасоса. Блок паливних насосів отримує обертання від шестерні (7), блоку шестерень (7) і (14), проміжної шестерні (8) і шестерні, ч (9), яка шліцами з'єднана з валиком блоку насосів. Відцентровий суфлер отримує обертання від шестерні (9), через проміжні шестерні (10) і (II), шестерню (12) і ресору.

Деталь виготовляється з жароміцної сталі 14ХГСН2МА-Ш. Хімічний склад показано у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад в % матеріалу 14ХГСН2МА-Ш

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	Fe	S	P
								не більше	
0,11-0,16	0,45-0,70	0,7-1,0	1,2-1,6	1,6-2,0	0,25-0,40	0,03-0,06	Основа	0,025	0,03

Таблиця 1.2 – Механічні властивості матеріалу 14ХГСН2МА-Ш

Вид полуфабрикату	ТУ	Стан полуфабрикату або контрольних зразків	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_5	ψ	a_n	НВ ($d_{отп}$)
			кгс/мм ²		%		кгс·м/см ²	мм
Прутки	ЧМТУ 1-919-70	відпалені або після високого відпуску	-	-	-	-	-	$\geq 3,7$
		Термічно оброблені за режимом: закалка 840±20°C у мастилі, відпуск при 160- 250°C	80	100	12	55	10	3,55-3,0

Тривимірна модель показана на рисунку 1.2.

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 видаленню. Встановлення оптимальних припусків є найважливішим завданням при проектуванні технологічного процесу.

Щодо шестерні гідронасосу, оптимальними є заготовки, отримані одним з методів штамповки, т. к. матеріал – сталь 14ХГСН2МА-Ш. До даної деталі висувають високі вимоги за механічними властивостями, макроструктурою, залишковими напруженнями. 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 ГKM.

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

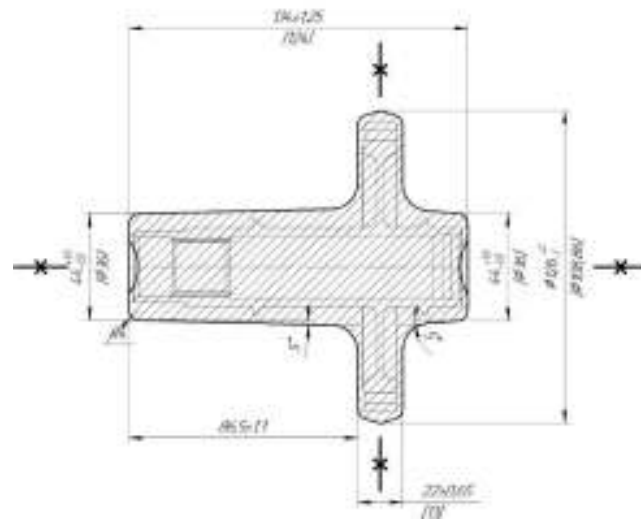


Рисунок 1.3 – Рисунок заготовки, що отримана штамповкою на ГKM

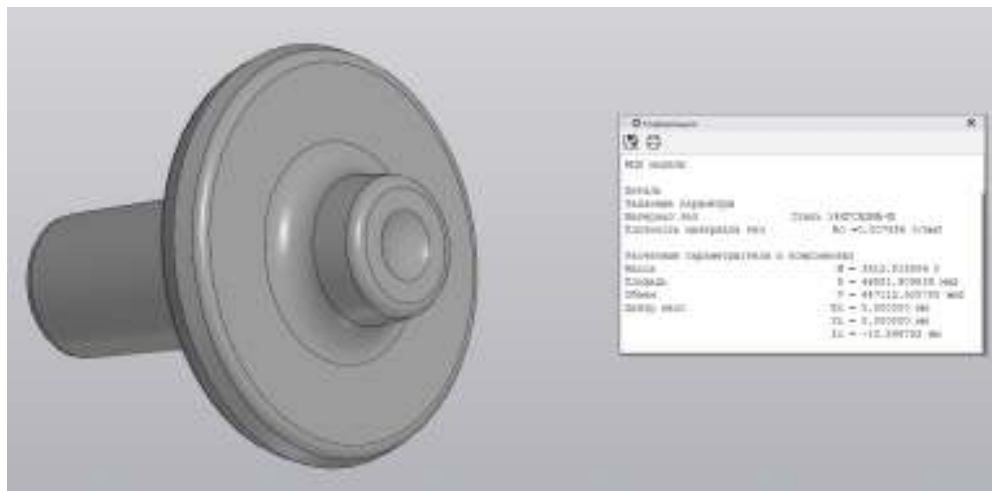


Рисунок 1.4 – Тривимірна модель заготовки, що отримана штамповкою на ГKM

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, $C_B=25000$ грн/т;

Q -маса заготовки, $Q=1,95$ кг;

q -маса деталі, $q=3,51$ кг;

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

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

Таблиця 1.3 - Порівняльні показники отримання заготовок двома методами

Показники	Позначення	Одиниці вимірювання	Варіанти	
			Штамповка на ГKM	КГШП
Маса деталі	q	кг	1,95	1,95
Маса заготовки	Q	кг	3,51	2,9
Коефіцієнт використання матеріалу	K _{BM}	–	0,55	0,67
Базова ціна 1т заготовок	B _б	Грн.	25000	26000
Коефіцієнти	K _в		1	1
	K _м		2,4	2,5
	K _п		1	1
	K _т		0.5	0.5
Цена 1т стружки	B _{отх.}	грн.	1400	1400
Вартість заготовки	B	грн.	103,12	86

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

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

$$\mathcal{E} = (103,12 - 86) \cdot 5000 = 85600 \text{ грн.}$$

де N – річна програма виготовлення заготовок

Річна економія за використанням матеріалу:

$$M_9 = \frac{q \cdot (\eta_2 - \eta_1)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot N \quad (1.5)$$

$$M_9 = \frac{1,95 \cdot (0,67 - 0,55)}{0,55 \cdot 0,67} \cdot 5000 = 3175,03 \text{ кг.}$$

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 звичайним інструментом;
- ж) всі поверхні доступні для обробки;

Коефіцієнт використання деталі:

$$K_{\text{вм}} = \frac{q}{Q} = \frac{1,95}{2,9} = 0,67 < 0,8 \quad (1.6)$$

де q – маса деталі, Q – маса заготовки.

По цьому показнику деталь не технологічна.

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою

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

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

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

$$K_{\text{у.э.}} = \frac{27}{35} = 0,77 > 0,6$$

За цим показником деталь технологічна.

Коефіцієнт точності визначається за формулою:

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

де $K_{\text{то}}$ – коефіцієнт точності;

$A_{\text{ср}}$ – середній квалітет точності визначається за формулою

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

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

Σn – кількість усіх розмірів.

$$A_{\text{ср}} = \frac{14 \times 17 + 12 \times 3 + 11 \times 2 + 9 \times 1 + 8 \times 5 + 7 \times 2 + 6 \times 5}{35} = 11,1$$

$$K_{\text{то}} = 1 - \frac{1}{11,1} = 0,91 > 0,8$$

За цим показником деталь технологічна.

Коефіцієнт шорсткості визначається за формулою:

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

де $K_{\text{ш}}$ – коефіцієнт шорсткості;

$B_{\text{ср}}$ – середній величина шорсткості визначається за формулою

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

де $K_{5...8}$ – величина шорсткості;

$n_1 \dots n_n$ – кількість розмірів, котрі мають відповідну шорсткість.

$$B_{\text{ср}} = \frac{10 \times 3 + 5 \times 25 + 1,25 \times 4 + 0,5 \times 3}{35} = 4,61$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{4,61} = 0,22 < 0,32$$

З цим показником деталь технологічна.

Взагалі на основі проведених розрахунків можна зробити висновок, що за сукупністю показників досліджувана деталь є технологічною.

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 Ø30г6 шорсткість заготовки $R_a = 25$ мкм, [1, табл.3.7, с.19], допуск $Td_3 = 2,6$ мм, шорсткість деталі $R_a = 0,5$ мкм, допуск $Td = 0,013$ мм.

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості

$$\varepsilon_d = \frac{Td_3}{Td_d} = \frac{2,6}{0,013} = 200 \quad (1.12)$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{Ra_3}{Ra_d} = \frac{25}{0,5} = 50 \quad (1.13)$$

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

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon_d = 2 \cdot \lg 200 = 4,6 \quad (1.14)$$

Приймаємо $k = 5$

Різниця класів шорсткості та їх розподіл $IT = IT_{16} - IT_6 = 10 = 3 + 3 + 2 + 1 + 1$

Встановлюємо послідовність показників точності: $IT_{16} - IT_{13} - IT_{10} - IT_8 - IT_7 - IT_6$

Призначаємо методи обробки за переходами. Заготовокна – 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:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{Td_3}{Td_2} = \frac{2,6}{0,37} = 7,03$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{Ra_3}{Ra_1} = \frac{25}{10} = 2,5$$

Для інших переходів уточнення розраховується так само.

Результати розрахунків заносимо в табл. 1.4.

Для поверхні Ø24H7 шорсткість заготовки $R_a = 25$ мкм, [1, табл.3.7, с.19], допуск $Td_3 = 1,6$ мм, шорсткість деталі $R_a = 1,25$ мкм, допуск $Td = 0,021$ мм.

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості

$$\varepsilon_d = \frac{Td_3}{Td_0} = \frac{1,6}{0,021} = 76,2 \quad (1.15)$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{Ra_3}{Ra_0} = \frac{25}{1,25} = 20 \quad (1.16)$$

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

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon_{Ra} = 2 \cdot \lg 76,2 = 3,76 \quad (1.17)$$

Приймаємо $k=4$

Різниця класів шорсткості та їх розподіл $IT = IT16 - IT7 = 9 = 3 + 3 + 2 + 1$

Встановлюємо послідовність показників точності: IT16-IT13-IT10-IT8-IT7

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

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:

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ø22,5H8 R _a =25 мкм, T _d ₃ = 2,6мм, R _a =1,25мкм, T _d = 0,033мм	d	78,78	3,79	4	IT=IT16- IT8=8=3+2+2+1 IT16-IT13-IT11- IT9-IT8 Δ кл= 6кл –2кл = 4 кл = 2кл- 3кл - 4кл - 5кл 6 кл Ra25> Ra10> Ra5> Ra2,5> Ra1,25>	1	Заготовка	2,6	25	-	-
	Ra	20				2	Т/о	-	-	-	-
						3	Точ. чорн.	0,37	10	7,02	2,5
						4	Точ. напівчист.	0,12	5	3,1	2
						5	Точ. чист.	0,078	2,5	1,54	2
						6	Шлиф. чорн	0,033	1,25	2,34	2
Σε _i =									78,78	20	
Ø27h9 R _a =25 мкм, T _d ₃ = 1,6мм, R _a =2,5мкм, T _d = 0,052мм.	d	30,77	2,97	3	IT=IT16- IT9=7=3+2+2 IT16-IT13-IT11- IT9 Δ кл= 6кл –2кл = 4 кл = 2кл- 3кл - 4кл - 5кл Ra25> Ra10> Ra5> Ra2,5	1	Заготовка	1,6	25	-	-
	Ra	10				2	Т/о	-	-	-	-
						3	Точ. черн.	0,37	10	4,32	2,5
						4	Точ. получист.	0,12	5	3,1	2
						5	Точ. чист.	0,052	2,5	2,31	2
						Σε _i =					
Ø108,86h8 R _a =25 мкм, T _d ₃ = 2,5мм, R _a =2,5мкм, T _d = 0,054мм.	d	46,29	3,33	4	IT=IT16- IT8=8=3+2+2+1 IT16-IT13-IT11- IT9-IT8 Δ кл= 6кл –2кл = 4 кл = 2кл- 3кл - 4кл - 5кл Ra25> Ra10> Ra5> Ra2,5> Ra2,5	1	Заготовка	1,6	25	-	-
	Ra	10				2	Т/о	-	-	-	-
						3	Точ. черн.	0,85	10	1,88	2,5
						4	Точ. получист.	0,37	5	2,29	2
						5	Точ. чист.	0,12	2,5	3,1	2
						6	Шлиф. чорн	0,054	2,5	2,22	1
Σε _i =									46,29	10	

1.4.3 План виготовлення деталі

Технологічний процес виготовлення шестерні гідронасосу складається з різноманітних операцій, серед них токарні, фрезерні операції, зубофрезерні операції, шліфувальні операції, є деяка кількість слюсарних операцій і спеціальні операції.

Маршрут виготовлення деталі шестерня гідронасосу 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 $\varnothing 30r6 \begin{pmatrix} +0.041 \\ +0.028 \end{pmatrix}$

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 $h=200\text{мкм}$ 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): $\rho_{\text{см}}=600\text{мкм}$, $\rho_{\text{кор}}=\Delta_k \times l = 3 \times 78 = 234\text{мкм} = 0,234\text{мм}$.

Суммарне значення просторових відхилень визначаємо за формулою:

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2} = \sqrt{600^2 + 234^2} = 644,02\text{мкм} = 0,644\text{мм} \quad (1.18)$$

Отримані значення заносимо в таблицю 1.5.

Для точіння чорнового нормативні значення Rz , h : $Rz_2=50\text{мкм}$, $h_2=50\text{мкм}$, $\rho_2=k_y \times \rho_1 = 0.06 \times 644 = 38,64\text{мкм} = 0,038\text{мм}$, $k=0,06$ – коефіцієнт уточнення.

Похибки установки заготовки визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_2 = 0,25 \times \sqrt{Td_{\text{заг}}^2 + 1} = 0,25 \sqrt{2,6^2 + 1} = 0,696\text{мм} = 696\text{мкм} \quad (1.19)$$

де $Td_{\text{заг}}=3,6\text{мм}$ – допуск бази заготовки.

Для точіння напівчистового нормативні значення Rz , h , приймаємо: $Rz_3=25\text{мкм}$, $h_3=25\text{мкм}$, $\rho_3=1,93\text{мкм}$, $\varepsilon_3=41,76\text{мкм}$.

Для точення чистового нормативні значення Rz , h , приймаємо: $Rz_4=10\text{мкм}$, $h_4=10\text{мкм}$, $\rho_4=0\text{мкм}$, $\varepsilon_3=2,09\text{мкм}$.

Для шліфування чорнового нормативні значення Rz , h , приймаємо: $Rz_5=5\text{мкм}$, $h_5=5\text{мкм}$, $\rho_5=0\text{мкм}$, $\varepsilon_5=0\text{мкм}$.

Для шліфування напівчистового нормативні значення Rz , h , приймаємо: $Rz_6=2,5\text{мкм}$, $h_6=2,5\text{мкм}$, $\rho_6=0\text{мкм}$, $\varepsilon_3=0\text{мкм}$.

Для точіння чорнового:

$$2Z_{1\min} = 2[50 + 50 + \sqrt{(644^2 + 696^2)}] = 2096\text{мкм} = 2,096\text{мм}$$

Для точіння напівчистового:

$$2Z_{2\min} = 2[25 + 25 + \sqrt{(38,64^2 + 41,76^2)}] = 213,79\text{мкм} = 0,214\text{мм}$$

Для точіння чистового:

$$2Z_{3\min} = 2[10 + 10 + \sqrt{(1,93^2 + 2,09^2)}] = 45,69\text{мкм} = 0,046\text{мм}$$

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:

$$d_6^{\min} = d_6^{\text{ном}} + \text{eid}_6 = 30 + (+0,028) = 30,028\text{мм} \quad (1.20)$$

Далі розрахункові мінімальні розміри знаходимо по формулі:

$$\begin{aligned} d_i^{\min} &= d_{i+1}^{\min} + 2z_{i+1}^{\min} \\ d_5^{\min} &= d_6^{\min} + 2z_6^{\min} = 30,028 + 0,01 = 30,038\text{мм}; \\ d_4^{\min} &= d_5^{\min} + 2z_5^{\min} = 30,038 + 0,02 = 30,058\text{мм}; \\ d_3^{\min} &= d_4^{\min} + 2z_4^{\min} = 30,058 + 0,046 = 30,104\text{мм}; \end{aligned} \quad (1.21)$$

$$d_2^{\min} = d_3^{\min} + 2z_3^{\min} = 30,104 + 0,214 = 30,318 \text{ мм};$$

$$d_1^{\min} = d_2^{\min} + 2z_2^{\min} = 30,318 + 2,096 = 32,414 \text{ мм};$$

Розраховуємо максимальні розміри поверхні для переходів по формулі:

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

$$d_6^{\max} = d_6^{\min} + Td_6 = 30,028 + 0,013 = 30,041 \text{ мм};$$

$$d_5^{\max} = d_5^{\min} + Td_5 = 30,038 + 0,021 = 30,059 \text{ мм};$$

$$d_4^{\max} = d_4^{\min} + Td_4 = 30,058 + 0,033 = 30,091 \text{ мм};$$

$$d_3^{\max} = d_3^{\min} + Td_3 = 30,104 + 0,12 = 30,224 \text{ мм};$$

$$d_2^{\max} = d_2^{\min} + Td_2 = 30,318 + 0,37 = 30,688 \text{ мм};$$

$$d_1^{\max} = d_1^{\min} + Td_1 = 32,414 + 2,6 = 35,014 \text{ мм};$$

Розраховуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки:

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

$$2z_2^{\max} = d_1^{\max} - d_2^{\max} = 35,014 - 30,688 = 4,326 \text{ мм};$$

$$2z_3^{\max} = d_2^{\max} - d_3^{\max} = 30,688 - 30,224 = 0,464 \text{ мм};$$

$$2z_4^{\max} = d_3^{\max} - d_4^{\max} = 30,224 - 30,091 = 0,133 \text{ мм};$$

$$2z_5^{\max} = d_4^{\max} - d_5^{\max} = 30,091 - 30,059 = 0,032 \text{ мм};$$

$$2z_6^{\max} = d_5^{\max} - d_6^{\max} = 30,059 - 30,041 = 0,018 \text{ мм};$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи наступну рівність:

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

$$4960 - 2373 = 2600 - 13$$

$$2587 = 2587$$

Визначаємо виконавчий розмір заготовки за формулою:

$$d_{1\text{ном}} = d_{1\text{мин}} + ei_1 = 32,41 + 0,9 = 33,31 \text{ мм}$$

Виконуючий розмір заготовки буде дорівнювати: $\varnothing 33,31_{-0,9}^{+1,7}$
виконуючі розміри за іншими переходами виконуємо в системі «валу», за номінальний розмір приймається максимальне значення розміру поверхні

мінус допуск на обробку як нижнє відхилення, всі данні заносимо в таблицю 1.5.

Розрахунок технологічних розмірів на поверхню Ø24H7 виконується табличним методом, но при цьому визначаємо загальний мінімальний припуск, а потім розподіляємо цей припуск між переходами механічної обробки.

Припуски на механічну обробку призначаємо табличним методом, но при цьому визначаємо загальний мінімальний припуск, а потім розподіляємо його між переходами механічної обробки.

По ГОСТ 7505-74 [3, табл.49, с.248] враховуючи вагу заготовки, точність виготовлення, ступінь складності поковки, інтервал розміру поверхні, клас шорсткості, знаходимо $z_o^{\min}=5,7$ мм, відповідно на діаметр - $2z_o^{\min}=11,4$ мм.

Загальний припуск $2z_o^{\min}=4,75$ мм розподіляємо між переходами механічної обробки, використовуючи коефіцієнт співвідношення припуску γ_i :

$$2z_i^{\min} = \gamma_i \cdot 2z_o^{\min} \quad (1.26)$$

$$2z_2^{\min} = \gamma_2 \times 2z_o^{\min} = 0.6 \times 4,75 = 2,85 \text{ мм};$$

$$2z_3^{\min} = \gamma_3 \times 2z_o^{\min} = 0.5 \times 4,75 = 0,2375 \text{ мм};$$

$$2z_4^{\min} = \gamma_4 \times 2z_o^{\min} = 0.4 \times 4,75 = 0,19 \text{ мм};$$

$$2z_5^{\min} = \gamma_5 \times 2z_o^{\min} = 0.3 \times 4,75 = 0,1425 \text{ мм};$$

Отримані значення припусків заносимо в розрахункову таблицю 1.5.

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

$$d_6^{\min} = d_6^{\text{НОМ}} + e_{id_6} = 24 + 0 = 24 \text{ мм} \quad (1.24)$$

Далі розраховані мінімальні розміри знаходимо за формулою:

$$d_i^{\min} = d_{i+1}^{\min} - 2_{i+1}^{\min} - Td_i \quad (1.25)$$

$$d_5^{\min} = 24 - 0,05 - 0,033 = 23,917 \text{ мм};$$

$$d_4^{\min} = 23,917 - 0,106 - 0,12 = 23,691 \text{ мм};$$

$$d_3^{\min} = 23,691 - 0,323 - 0,37 = 22,998 \text{ мм};$$

$$d_1^{\min} = 22,998 - 2,855 - 1,6 = 18,543 \text{ мм};$$

Розрахуємо максимальні розміри поверхонь для переходів за формулою:

$$d_i^{max} = d_i^{min} + Td_i \quad (1.26)$$

$$d_1^{max} = 18,543 + 1,6 = 20,143\text{мм};$$

$$d_3^{max} = 22,998 + 0,37 = 23,368\text{мм};$$

$$d_4^{max} = 23,691 + 0,12 = 23,811\text{мм};$$

$$d_5^{max} = 23,917 + 0,033 = 23,95\text{мм};$$

Розрахуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки:

$$2Z_{imax} = d_i^{max} - d_{i+1}^{min} \quad (1.27)$$

$$2Z_{min1} = 23,368 - 18,543 = 4,825\text{мм};$$

$$2Z_{min3} = 23,811 - 22,998 = 0,813\text{мм};$$

$$2Z_{min4} = 23,95 - 23,691 = 0,259\text{мм};$$

$$2Z_{min5} = 24,021 - 23,917 = 0,104\text{мм};$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи наступне рівняння:

$$2Z_0^{max} - 2Z_0^{min} = Td_{заг} - Td_{дет} \quad (1.28)$$

$$5,430 - 3,857 = 1,6 - 0,027$$

$$1573=1573$$

Виконуючий розмір заготовки буде дорівнювати: $\varnothing 20_{-1,1}^{+0,5}$ виконуючі розміри за іншими переходами виконуємо в системі «отвір», за номінальний розмір приймаємо мінімальне значення розміру поверхні плюс допуск на обробку як верхнє відхилення, всі данні заносимо у 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 розмер, 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
Ø30г6	Заготовка	100	200	644	-	-	32,414	2,6	35,014	32,414	-	-	Ø33,31 ^{+1,7} _{-0,9}
	Т/О	-	-	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Точ.чорн.	50	50	38,6	696	2096	30,318	0,37	30,69	30,318	4326	2096	Ø30,7 _{-0,37}
	Точ. напів/чист	25	25	1,93	41,7	214	30,104	0,12	30,22	30,104	464	214	Ø30,22 _{-0,12}
	Точ. чист	10	10	0	2,09	46	30,058	0,053	30,09	30,058	133	46	Ø30,1 _{-0,053}
	Шліф. Чорн.	5	5	0	0	20	30,038	0,021	30,06	30,038	32	20	Ø30,06 _{-0,021}
	Шліф. Напів/Чорн.	2,5	2,5	0	0	10	30,028	0,013	30,04	30,028	18	10	Ø30 ^{+0,041} _{+0,028}
Ø24Н7	Заготовка					-	18,543	1,6	20,14	18,543	-	-	Ø20 ^{+0,5} _{-1,1}
	Т/О					-	-	-	-	-	-	-	-
	Точ.черн.					2855	22,99	0,37	23,37	22,99	4825	2855	Ø23 ^{+0,37}
	Точ. п/чист					323	23,69	0,12	23,81	23,69	813	323	Ø23,7 ^{+0,12}
	Точ. чист					106	23,92	0,033	23,95	23,92	259	106	Ø23,9 ^{+0,033}
	Шлиф.					50	24	0,021	24,02	24	104	50	Ø24 ^{+0,021}
Ø22,5Н8	Заготовка					-	26,775	2,6	29,375	26,775	-	-	Ø28 ^{+0,9} _{-1,7}
	Т/О					-	-	-	-	-	-	-	-
	Точ.черн.					3550	23,225	0,37	23,595	23,225	5780	3550	Ø23,2 ^{+0,37}
	Точ. п/чист					425	22,8	0,12	22,92	22,8	675	425	Ø22,8 ^{+0,12}
	Точ. чист					220	22,58	0,078	22,658	22,58	262	220	Ø22,58 ^{+0,078}
	Шлиф.					80	22,5	0,033	22,533	22,5	125	80	Ø22,5 ^{+0,033}

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ø27h9	Заготовка					-	29,863	1,6	31,463	29,863	-	-	Ø31 ^{+1,1} _{-0,5}
	Т/О					-	-	-	-	-	-	-	-
	Точ.черн.					2500	27,363	0,37	27,733	27,363	3730	2500	Ø27,7 ^{+0,37}
	Точ. п/чист					265	27,098	0,12	27,218	27,098	515	265	Ø27,2 ^{+0,12}
	Точ. чист					150	26,948	0,052	27	26,948	218	150	Ø27 ^{+0,052}
Ø108,86h8	Заготовка					-	113,961	1,6	115,561	113,961	-	-	Ø114,5 ^{+1,1} _{-0,5}
	Т/О					-	-	-	-	-	-	-	-
	Точ.черн.					4500	109,461	0,85	110,311	109,461	5250	4500	Ø110,3 ^{+0,85}
	Точ. п/чист					420	109,041	0,37	109,411	109,041	900	420	Ø109,4 ^{+0,37}
	Точ. чист					150	108,891	0,12	109,011	108,891	400	150	Ø109,01 ^{+0,12}
	Шлиф.					85	108,806	0,054	108,86	108,806	151	85	Ø108,86 ^{+0,054}

1.6 Розрахунок режимів різання

Матеріал деталі – жароміцна сталь 14ХГСН2Ма-Ш

Операція 030 Токарна з ЧПК

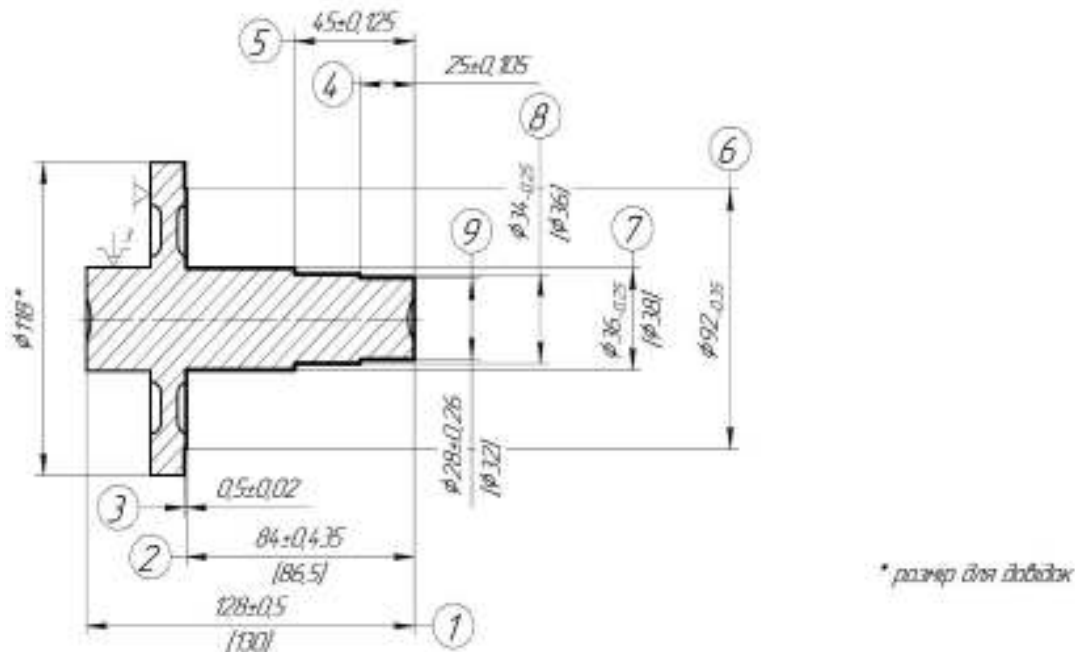
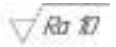


Рисунок 1.7 – Ескиз операції №045 Токарна з ЧПК

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

Перехід 1 – точити поверхні 1,2,3,6,7

Інструмент – різець розточний упорний з пластиною з твердого сплава
Т5К10

Глибина різання $t_1=1,0$ мм

Подача:

$$S_o = S_{o_T} \times K_{S_o} \quad (1.29)$$

$$K_{S_o} = K_{S_{II}} \times K_{S_{II}} \times K_{S_{\phi}} \times K_{S_3} \times K_{S_{\text{ж}}} \times K_{S_M} \quad (1.30)$$

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

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

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

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

K_{S_3} – коефіцієнт, що враховує вплив заправки, $K_{S_3}=0,8$;

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

K_{SM} – коефіцієнт, що враховує матеріал оброблюваної 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 резання

$$V = V_T \times K_V \quad (1.31)$$

$$K_V = K_{VM} \times K_{VI} \times K_{VФ} \times K_{VT} \times K_{VЖ} \times K_{VП} \times K_{VO} \quad (1.32)$$

де, V_T – табличне значення швидкості різання, $V_T=88 \text{ м/хв}$, (3, т.36, стр. 243);

K_V – узагальнений швидкісний коефіцієнт;

K_{VM} – коефіцієнт оброблюваного матеріалу, $K_{VM}=0,8$;

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

$K_{VФ}$ – коефіцієнт, що враховує вплив головного куту в плані, $K_{VФ}=0,81$;

K_{VT} – коефіцієнт, що враховує вид обробки, $K_{VT}=0,75$;

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

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

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

$$k_v = 0,8 \times 1,0 \times 0,81 \times 0,75 \times 0,82 \times 1,0 \times 1,0 = 0,4$$

$$V = 88 \times 0,4 = 35,2 \text{ м/мин}$$

Визначаємо частоту обертів шпинделю

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (1.33)$$

де, V - швидкість різання, м/хв

D - діаметр обробки, мм

$$n = \frac{1000 \times 35,2}{3,14 \times 118} = 95 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо за паспортом верстату $n=100 \text{ хв}^{-1}$

Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{3,14 \times 100 \times 118}{1000} = 37,05 \text{ м/хв}$$

Визначаємо силу різання:

$$P_z = 10 \times C_p \times t^x \times s^y \times V^n \times k_p, \quad (1.34)$$

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.

$$K_p = k_{mv} \times k_{fv} \times k_{gv} \times k_{lv} \times k_{rv}, \quad (1.35)$$

де, k_{mp} - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюемого матеріалу

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

де, $k_{fp}, k_{gp}, k_{lp}, k_{rp}$ - поправочні коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів режучої частини інструменту $k_{fp}=1,08, k_{gp}=1,15, k_{lp}=1,0, k_{rp}=0.93$, (2, т. 23, стр.275)

$$k_p = 1,31 \times 1,08 \times 1,15 \times 1,0 \times 0,93 = 1,51$$

$$P_z = 10 \times 204 \times 1,0^{1,0} \times 0,1^{0,75} \times 37,05^0 \times 1,51 = 547,78 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (1.36)$$

де, P_z - сила резання, Н

V - швидкість резання, м/хв

$$N = \frac{547,78 \times 37,05}{1020 \times 60} = 0,33 \text{ кВт}$$

Перевірка потужності різання за потужністю верстата:

$$N_2 = 0,33 \text{ кВт} \leq N_{CT} = N_{ДВ} \cdot \eta = 15 \cdot 0,85 = 12,75 \text{ кВт}$$

Перехід 2 – точити поверхню 1,2,3,4,5,6,7,8,9

Інструмент – різець рівчаківий з пластиною з твердого сплаву Т5К10

Глибина різання $t_1 = 0,5 \text{ мм}$

Подача:

$$S_o = S_{oT} \times K_{S_o} \quad (1.37)$$

$$K_{S_o} = K_{S_{\Pi}} \times K_{S_{И}} \times K_{S_{\Phi}} \times K_{S_3} \times K_{S_{Ж}} \times K_{S_M} \quad (1.38)$$

де $S_{oT} = 0,3 \text{ мм/об}$ (3, т.26, стр. 237);

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

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

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

K_{S_3} – коефіцієнт, що враховує вплив закалки, $K_{S_3} = 0,8$;

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

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

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

$$S_o = 0,2 \times 0,46 = 0,09 \approx 0,1 \text{ мм/об}$$

Визначаємо швидкість резання

$$V = V_T \times K_V \quad (1.39)$$

$$K_V = K_{V_M} \times K_{V_{И}} \times K_{V_{\Phi}} \times K_{V_T} \times K_{V_{Ж}} \times K_{V_{\Pi}} \times K_{V_O} \quad (1.40)$$

де, V_T – табличне значення швидкості різання, $V_T = 124 \text{ м/хв}$, (3, т.36, стр. 243);

K_V – узагальнений швидкісний коефіцієнт;

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

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

$K_{V_{\Phi}}$ – коефіцієнт, що враховує вплив головного куту в плані, $K_{V_{\Phi}} = 0,81$;

K_{V_T} – коефіцієнт, що враховує вид обробки, $K_{V_T} = 0,75$;

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

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

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

$$k_v=0,8 \times 1,0 \times 0,81 \times 0,75 \times 0,82 \times 1,0 \times 1,0 = 0,4$$

$$V = 124 \times 0,4 = 49,6 \text{ м/мин}$$

Визначаємо частоту обертів шпинделю

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (1.41)$$

де, V - швидкість різання, м/хв

D - діаметр обробки, мм

$$n = \frac{1000 \times 49,6}{3,14 \times 118} = 133,86 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо за паспортом верстату $n=140 \text{ хв}^{-1}$

Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{3,14 \times 140 \times 118}{1000} = 51,87 \text{ м/хв}$$

Визначаємо силу різання:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot k_p, \quad (1.42)$$

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.

$$K_p = k_{mv} \cdot k_{\phi v} \cdot k_{\gamma v} \cdot k_{\lambda v} \cdot k_{rv}, \quad (1.43)$$

де, k_{mv} - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу

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

де, $k_{\phi p}, k_{\gamma p}, k_{\lambda p}, k_{\Gamma p}$ - поправочні коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів режучої частини інструменту $k_{\phi p}=1,08$, $k_{\gamma p}=1,15$, $k_{\lambda p}=1,0$, $k_{\Gamma p}=0,93$, (2, т. 23, стр.275)

$$k_p = 1,31 \times 1,08 \times 1,15 \times 1,0 \times 0,93 = 1,51$$

$$P_z = 10 \times 204 \times 0,5^{1,0} \times 0,1^{0,75} \times 51,87^0 \times 1,51 = 273,9 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (1.44)$$

де, P_z - сила різання, Н

V - швидкість різання, м/хв

$$N = \frac{273,9 \times 51,87}{1020 \times 60} = 0,23 \text{ кВт}$$

Перевірка потужності різання за потужністю верстата:

$$N_2 = 0,23 \text{ кВт} \leq N_{\text{СТ}} = N_{\text{ДВ}} \cdot \eta = 15 \cdot 0,85 = 12,75 \text{ кВт}$$

Визначаємо машиний час

$$T_0 = \frac{l + y + \Delta}{n \cdot S_0}; \quad (1.45)$$

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

y - величина врізання, мм $y=3$ мм;

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

$$T_0 = \frac{125 + 3 + 3}{100 \times 0,1} + \frac{135 + 3 + 3}{140 \times 0,1} = 23,17 \text{ хв}$$

Свердлильна операція №45

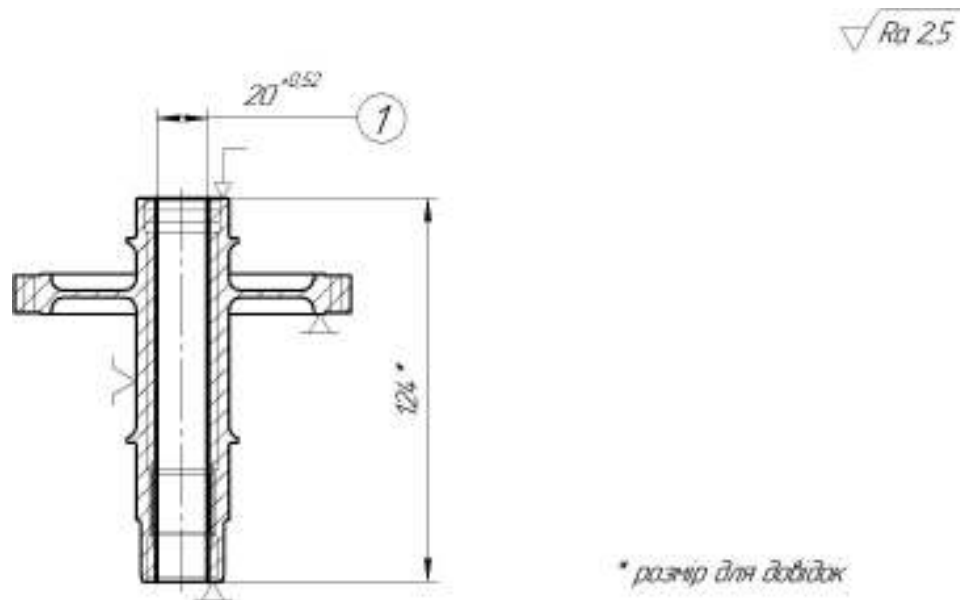


Рисунок 1.8 - Операційний ескіз – операція № 045

Верстат: Радіально-свердлильний 2Л540

Перший перехід

Поверхня Ø20 L=124мм Ra=2.5мкм;

Інструмент: Свердло спіральне Ø20мм, L=124мм, Р6М5, ГОСТ12121-

77

Свердлить відповідно ескізу (рис. 1.5):

Довжина робочого ходу

$$L_p = 2 \cdot (l + y) = 2 \cdot (124 + 12) = 272 \text{ мм}$$

де l-довжина свердління l=124мм;

y=0,6d_{св} –врезання, мм;де d_{св}-діаметр свердла, мм;

$$\text{Глибина різання: } t = \frac{d_{\text{св}}}{2} = \frac{20}{2} = 10 \text{ мм.}$$

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 $S_0 = 0,1 \text{ мм/об}$

Швидкість різання розраховуємо по формулі:

$$v_0 = v_m \times k_{mv} \times k_{nv} \times k_{uv} \times k_{\phi v} \times k_{\phi 1v} \times k_r \quad (1.46)$$

$$v_0 = 24,7 \cdot 0,55 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,94 \times 1,03 = 8,42 \text{ м/хв}$$

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

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

де, 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);

$k_{\phi v}$ – коефіцієнт, що характеризує стан поверхні $k_{\phi v}=0,8$;

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

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

Частота обертання деталі по формулі:

$$n = \frac{1000 \times 8,42}{3,14 \times 20} = 134 \text{ об/хв}$$

По паспорту верстата приймаємо частоту обертання $n=150$ об/хв.

Відповідно до цього фактична швидкість різання складає:

$$V = \frac{3,14 \times 20 \times 150}{1000} = 9,42 \text{ м/хв}$$

Крутячий момент,

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P \quad (1.47)$$

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

$$M_{KP} = 10 \times 0,041 \times 20^2 \times 0,1^{0,7} \times 1,04 = 34,03 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Осьова сила, Н

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

де, $C_p = 143$; $q = 1$; $y = 0,7$; $K_p = 1,04$ [3, таблиця.32, стор.281]

$$P_o = 10 \times 87 \times 20^1 \times 0,1^{0,7} \times 1,04 = 3610,63 \text{ Н}$$

Потужність різання, кВт

$$N_3 = \frac{34,03 \times 150}{9750} = 0,52 \text{ кВт}$$

Розрахунок основного часу

Основний (технологічний) час:

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

де l – довжина оброблюваної поверхні (довжина отвору), $l = 126,8 \text{ мм}$

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

i – кількість проходів, $i = 1$

n – частота обертання шпинделя з інструментом, об/хв

S – подання інструменту, мм/об

$$t_{o2} = \left(\frac{17,6}{55 \times 0,1} \right) \times 9 = 28,8 \text{ хв}$$

Розрахунок режимів різання на фрезерну операцію з ЧПК (070)

Резучий інструмент:

Фреза кінцева Ø30 P12Ф4К5 ГОСТ 17026-71

Визначаємо подачу по формулі:

$$S_z = S_{zT} \cdot K_{sz} \quad (1.48)$$

де $S_z = 0,07 \text{ мм/зуб}$ – табличне значення подачі.

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

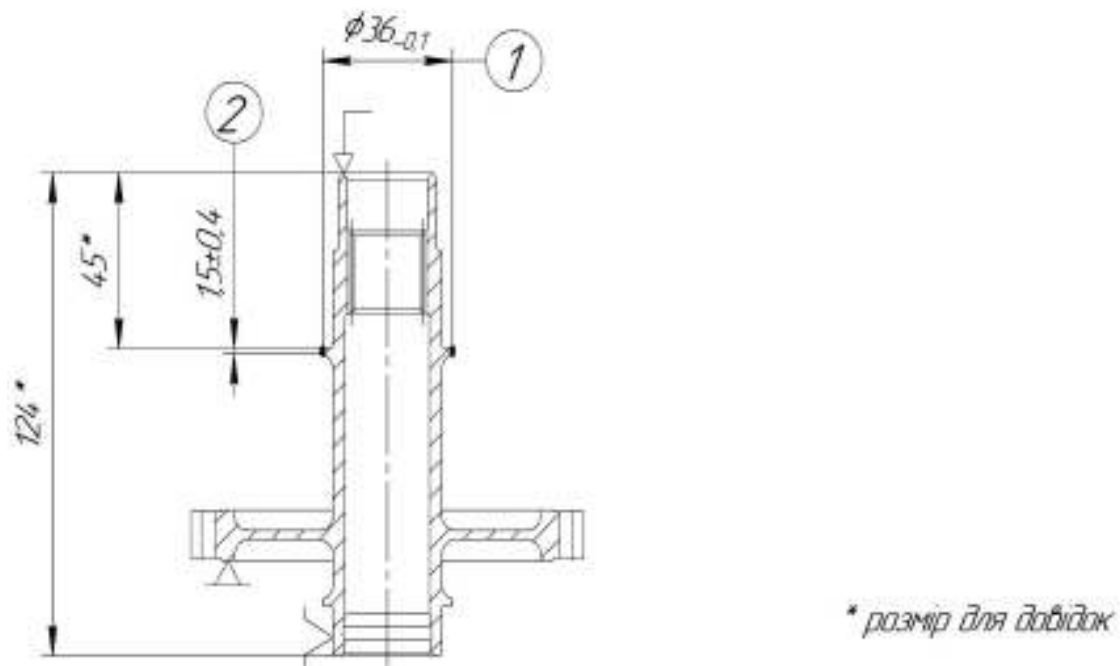


Рисунок 1.9 – Операційний ескіз на фрезерну операцію

$$K_{S_Z} = K_{S_{ZII}} \times K_{S_{Z\Phi}} \times K_{S_{ZR}} \quad (1.49)$$

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

$K_{S_{Z\Phi}}$ – коефіцієнт, що враховує вид оброблюваної поверхні, $K_{S_{Z\Phi}} = 1$;

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

$$S_Z = 0,07 \times 1 \times 1 \times 0,5 = 0,035 \text{ мм/зуб}$$

Розраховуємо швидкість різання:

$$V = V_m \times K_V \quad (1.50)$$

де V_m – табличне значення швидкості різання

K_V – коефіцієнт, що враховує ряд конкретних умов обробки

$$K_v = K_{V_M} \times K_{V_{II}} \times K_{V_O} \times K_{V_{II}} \times K_{V_{\Phi}} \times K_{V_B} \quad (1.51)$$

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

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

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

$K_{V_{\Phi}}$ – коефіцієнт, що враховує вид обробки;

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

K_{VB} – коефіцієнт, що враховує ширину фрезерування

$$V_m = 3,6 \text{ м/хв}$$

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

$$V=3,6 \times 0,81 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 2,92 \text{ м/хв}$$

Обороти:

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

$$n = \frac{1000 \times 2,95}{3,14 \times 30} = 31,3 \text{ об/хв}$$

Коригуємо обертання шпинделя по паспорту верстата $n=30$ об/хв.

Знаходимо дійсну швидкість різання по формулі:

$$V = \frac{3,14 \times 30 \times 30}{1000} = 2,82 \text{ м/хв}$$

Хвилинну подачу визначимо по формулі:

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

$$S_{хв} = 0,035 \times 4 \times 30 = 0,42 \text{ мм/хв}$$

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

$$N_{рез} = N_n \times K_m \times K_k \times K_W \times K_\beta \quad (1.52)$$

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;

$$N_{рез} = 0,8 \times 1 \times 1,64 \times 1,1 \times 1 = 1,44 \text{ кВт},$$

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

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

Визначаємо машинний час

$$T_0 = \frac{l + y + \Delta}{n \times S_0 \times Z} = \frac{23 + 3 + 3}{30 \times 0,035 \times 4} = 6,9 хв;$$

де, l – довжина оброблюваної поверхні, $l=23$ мм;

y – величина врізання, мм $y=3$ мм;

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

Z – число зубів фрези, $z=4$.

Розрахунок режимів різання на шліфувальну операцію (90)

Вихідні дані:

Інструмент – круг шліфувальний

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

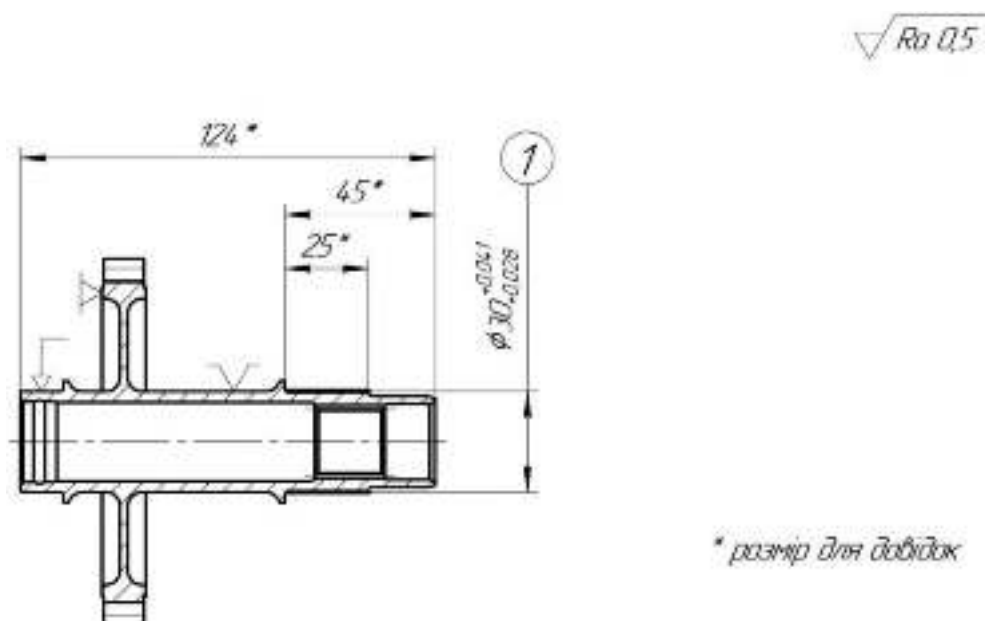


Рисунок 1.10 – Операційний ескіз на шліфувальну операцію 90.

Припуск на обробку поверхонь $h = 0,03$ мм, [4, табл. 160, стор.343]

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

$$V_{кр} = \frac{\pi \times D \times n_{кр}}{1000 \times 60}, \quad (1.53)$$

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

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

Режими різання для поверхні 1.

Оброблюваний діаметр $D_d = 30$.

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

Частота обертання деталі n_o :

$$n = \frac{1000 \times 48}{3,14 \times 30} = 509,5 \text{ об/хв}$$

Приймаємо згідно паспортних даних верстата $n_d = 520 \text{ об/хв}$.

Відповідно до цього фактична швидкість різання складає:

$$V = \frac{\pi \times D \times n}{1000} = \frac{3,14 \times 30 \times 520}{1000} = 48,98 \text{ м/хв}$$

Визначення радіальної подачі круга S_r в мм/об

$$S_{tl} = S_t \times K_m \times K_D \times K_{V_k} \times K_t \times K_{IT} \times K_h, \quad (1.54)$$

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, $K_h = 1$.

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

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

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

$$S_{tm} = S_{t1} \times n_d = 0,001 \times 520 = 0,52 \text{ мм/хв.}$$

Визначення потужності різання N :

$$N = \frac{N_{10} \times L_{акт}}{10} \quad (1.55)$$

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 $L_{акт} = l_d = 4,2$ мм.

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

Визначення основного(технологічного) часу:

$$t_o = (\tau_2 + \tau_3) \cdot K \quad (1.56)$$

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, $K=1$.

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

Таблиця 1.6 – Режими різання

N Опер.	Найменування операції		t, мм	So, мм/об	V _д , м/хв	пд, хв ⁻¹	To, хв
015	Токарна з ЧПК		1,2	0,15	153,09	450	4,23
020	Токарна з ЧПК		1,2	0,15	153,09	450	7,53
025	Токарна з ЧПК		1,0	0,1	203,5	600	3,21
030	Токарна з ЧПК	1	1	0,1	37,05	100	23,17
		2	0,5	0,1	51,87	140	

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8
035	Токарна з ЧПК	1	0,15	0,1	186,52	550	8,32
		2	0,15	0,1	62,17		
		3	0,15	0,1	62,17		
		4	0,15	0,1	158,88		
040	Токарна з ЧПК	1	0,15	0,1	186,52	550	14,31
		2	0,15	0,1	62,17		
		3	0,15	0,1	62,17		
045	Свердлильна		10	0,1	9,42	150	28,8
050	Токарна з ЧПК	1	0,08	0,05	62,75	850	5,78
		2	0,02	0,05	60,23		
055	Токарна з ЧПК		0,1	0,05	50,24	800	3,94
060	Токарна з ЧПК		0,05	0,075	38,15	450	2,45
065	Токарна з ЧПК		0,05	0,075	28,26	450	1,23
070	Фрезерна з ЧПК		2	0,42	2,82	30	6,9
075	Зубодовбальна		1,5	0,12мм/зуб	28,26	-	42,1
080	Протяжна		2	0,1мм/зуб	41,43	-	25,6
085	Зубошліфувальна		0,08	0,008	35	1800	7,5
090	Шліфувальна		0,03	0,52	48,98	520	0,32
095	Шліфувальна		0,05	0,012	35	1800	3,32
100	Шліфувальна		0,05	0,012	35	1700	2,12

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:

$$t_{шт-к.} = \frac{t_{нз}}{n} + t_{шт.} \quad (1.57)$$

$$t_{шт.} = t_o + t_{всп} + t_{обс} + t_n \quad (1.58)$$

де $t_{шт.}$ - штучний час, хв;

$t_{нз}$ - підготовчо-завершальний час, хв;

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

t_o – сумарний час на операцію, хв;

$t_{всп}$ – допоміжний час, хв;

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

t_n – час на особисті потреби, хв.

Технічне нормування на токарну операцію (030)

Основний сумарний час на операцію $t_o = 23,17$ хв

Допоміжний час:

$$t_{всп.} = t_{в.у.} + t_{мв} \quad (1.59)$$

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

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

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

Час роботи верстата дорівнює неповному оперативному часу роботи верстата:

$$t_{н.у.} = t_o. + t_{м.в.} = 23,17 + 0,29 = 23,46 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця:

$$t_{обс} = 10\% \cdot t_{н.у.} = 0,1 \cdot 23,46 = 2,35 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби:

$$t_n = 10\% \cdot t_{н.у.} = 0,1 \cdot 23,46 = 2,35 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію:

$$t_{шт.} = 23,46 + 2,35 + 2,35 = 28,16 \text{ хв.}$$

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

$$T_{n-3} = T_{n-31} + T_{n-32} \quad (1.60)$$

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

$T_{n-32} = 6$ 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

$$t_{шт.-к.} = \frac{18}{40} + 28,16 = 28,61 \text{ хв}$$

Технічне нормування на свердлувальну операцію (045)

Основний сумарний час на операцію $t_o = 28,8$ хв

Допоміжний час:

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

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

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

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

$$t_{н.у.} = t_o + t_{м.в.} = 28,8 + 0,31 = 29,11 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця:

$$t_{обс} = 8\% \cdot t_{н.у.} = 0,08 \cdot 29,11 = 2,33 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби:

$$t_n = 8\% \cdot t_{н.у.} = 0,08 \cdot 29,11 = 2,33 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію:

$$t_{um.} = 29,11 + 2,33 + 2,33 = 33,17 \text{ хв.}$$

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

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

де, $T_{n-31} = 12$ хв – час на витрати для усіх верстатів з ЧПК(6, стор.604)

$T_{n-32} = 7$ 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

$$t_{um.-к.} = \frac{19}{40} + 33,17 = 33,65 \text{ хв}$$

Технічне нормування на фрезерну операцію (70)

Основний сумарний час на операцію 6,9 хв

Допоміжний час:

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

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

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

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

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

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

Час роботи верстата за програмою управління тп.у рівно неповному оперативному часу роботи верстата :

$$t_{n.y.} = t_o. + t_{м.в.} = 6,9 + 0,16 = 7,06 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця :

$$t_{обс} = 8\% \cdot t_{n.y.} = 0,08 \times 7,06 = 0,56 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби :

$$t_n = 8\% \cdot t_{n.y.} = 0,08 \times 7,06 = 0,56 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію:

$$t_{шт.} = 6,9 + 0,16 + 0,56 + 0,56 = 8,18 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію:

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

де, Тп-з1 =12 мін - час на витрати для усіх верстатів з ЧПК(5, до. 60, стор. 301);

Тп-з2 =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

$$t_{шт.-к.} = \frac{19}{40} + 8,18 = 8,66 \text{ хв}$$

Технічне нормування на круглошлифовальну операцію (90)

Основний сумарний час на операцію $t_o = 0.32$ хв

Допоміжний час:

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

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

t_{mex} – час технічного обслуговування робочого місця:

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

де - $T=7$ – стійкість круга,

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

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

Визначаємо оперативний час:

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

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]: $t_{nz} = 12$ хв.

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв

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

Таблиця 1.7 – Технічна норма часу за операціями

Номер операції	Найменування операції	Складові $T_{\text{шт-к}}$						
		t_o	t_d	$t_{\text{оп}}$	$t_{\text{обсл}}$	$t_{\text{п}}$	$t_{\text{п-з}}$	$t_{\text{шт-к}}$
015	Токарна з ЧПК	4,23	0,88	5,11	0,41	0,41	20	6,43
020	Токарна з ЧПК	7,53	1,58	9,11	0,73	0,73	22	11,12
025	Токарна з ЧПК	3,21	0,67	3,88	0,31	0,31	19	4,975
030	Токарна з ЧПК	23,17	0,29	28,16	2,35	2,35	18	28,61
035	Токарна з ЧПК	8,32	1,75	10,07	0,81	0,81	18	12,14
040	Токарна з ЧПК	14,31	3,0	17,31	1,38	1,38	21,5	20,61
045	Свердлильна	28,8	0,31	33,17	2,33	2,33	19	33,65
050	Токарна з ЧПК	5,78	1,21	6,99	0,56	0,56	12	8,41
055	Токарна з ЧПК	3,94	0,83	4,77	0,38	0,38	12	5,76
060	Токарна з ЧПК	2,45	0,51	2,96	0,24	0,24	14	3,79
065	Токарна з ЧПК	1,23	0,26	1,49	0,12	0,12	14	2,08
070	Фрезерна з ЧПК	6,9	1,45	8,18	0,56	0,56	19	8,66
075	Зубодовбальна	42,1	8,84	50,94	4,07	4,07	23	59,65
080	Протяжна	25,6	5,4	31	2,48	2,48	26	36,61
085	Зубошліфувальна	7,5	1,57	9,07	0,72	0,72	10	10,76
090	Шліфувальна	0,32	1,25	1,57	0,024	0,024	12	1,96
095	Шліфувальна	3,32	0,69	4,01	0,32	0,32	12	4,95
100	Шліфувальна	2,12	0,44	2,56	0,2	0,2	12	3,26

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

1.8.1 Розробка токарної операції

Операція виконується на токарному верстаті з ЧПК АТПр 2М12СМ1. Заготовка затискається в спеціальному пристрої.

Переход 1 – точити поверхні 1,2,3,6,7

Інструмент – різець прохідний упорний з пластиною з твердого сплава Т5К10

Переход 2 – точити поверхню 1,2,3,4,5,6,7,8,9

Інструмент – різець прохідний упорний з пластиною з твердого сплава Т5К10

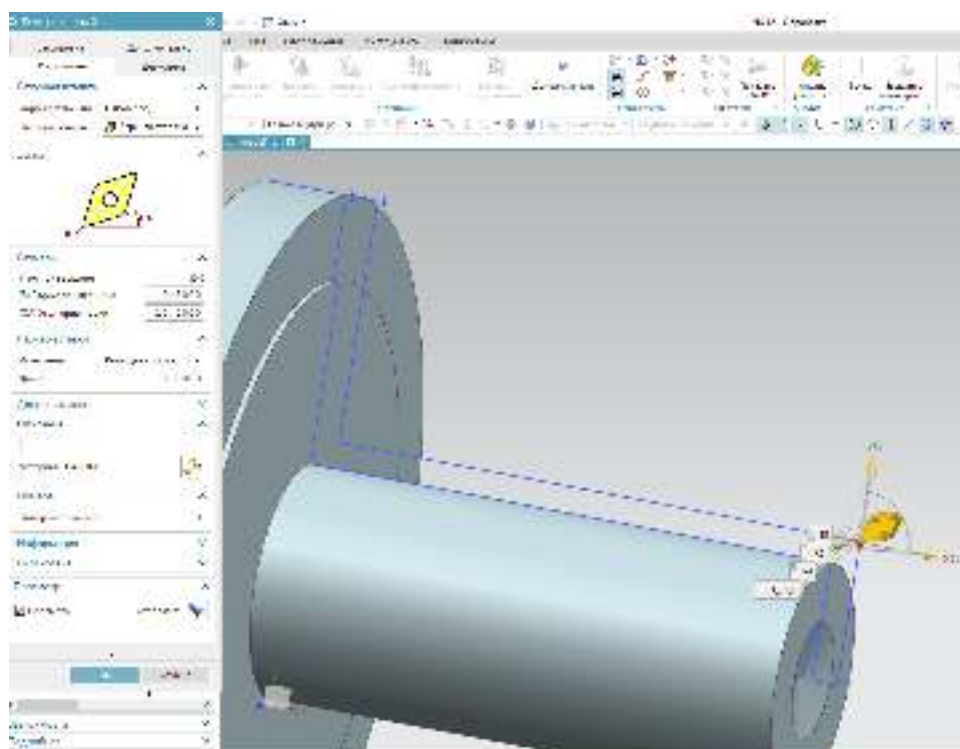


Рисунок 1.13 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні обробки на першому переході

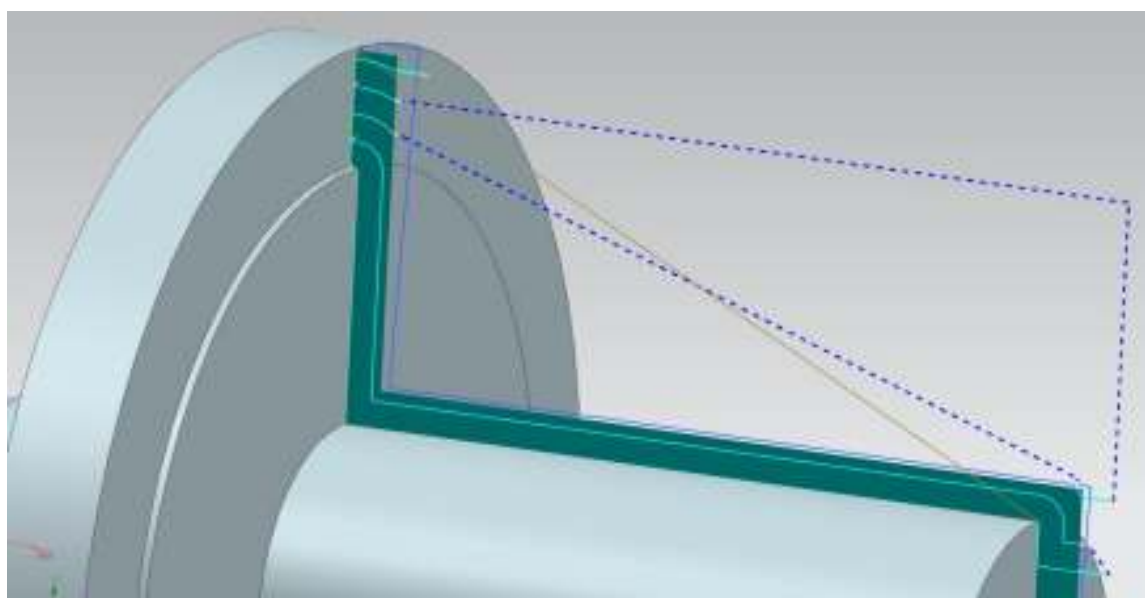


Рисунок 1.14 – Траєкторія обробки на першому переході

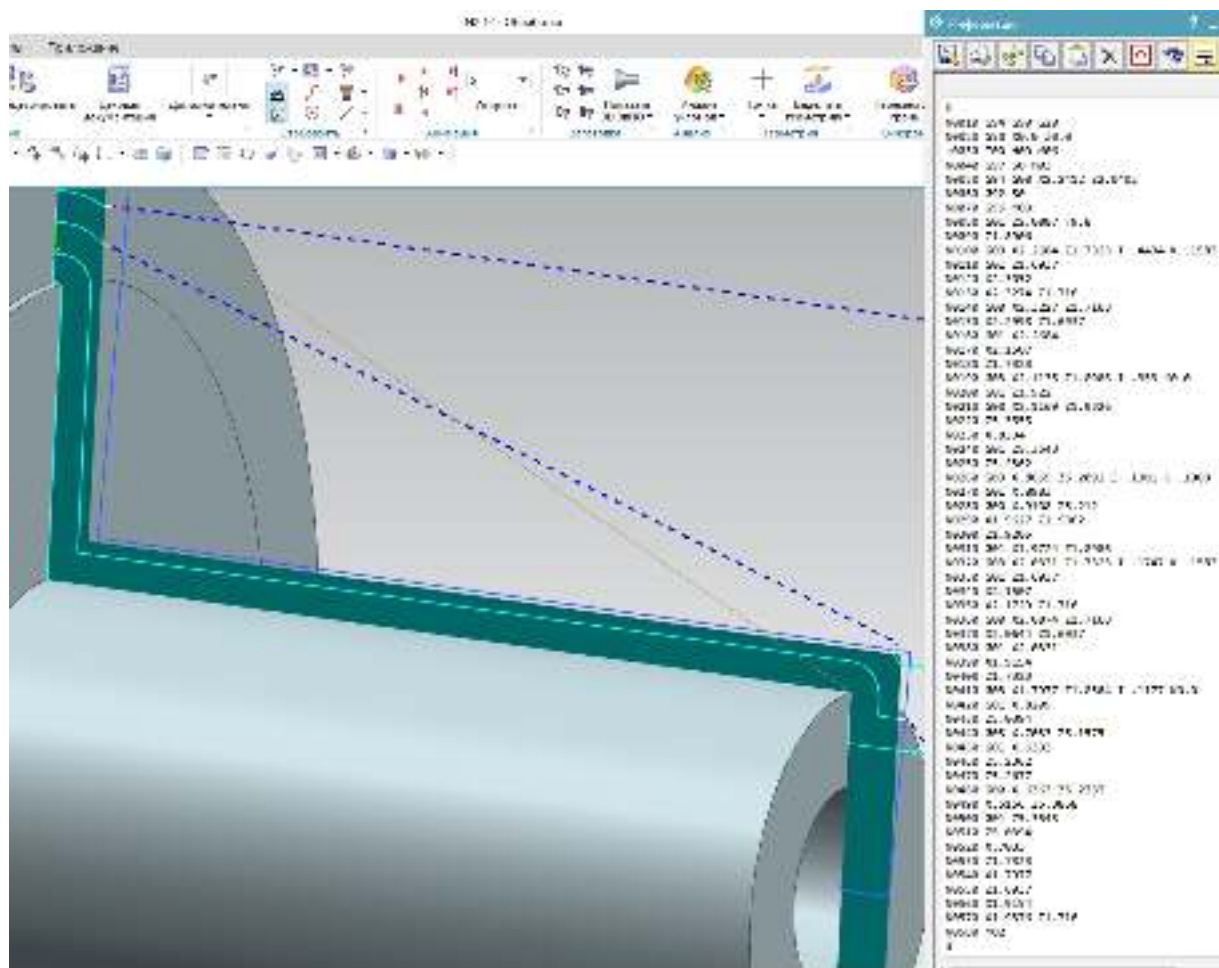


Рисунок 1.15 – Програма обробки на першому переході

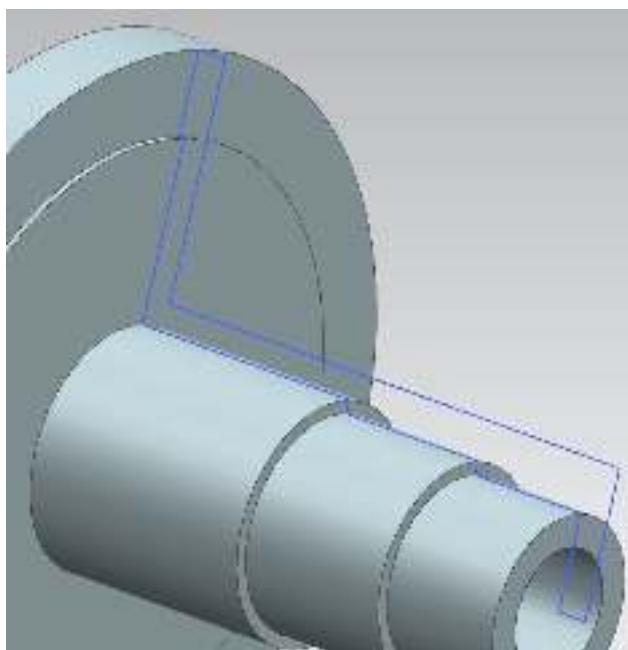


Рисунок 1.16 – Трьовимірний модель операційного ескизу операції №030
Токарна з ЧПК 2 перехід

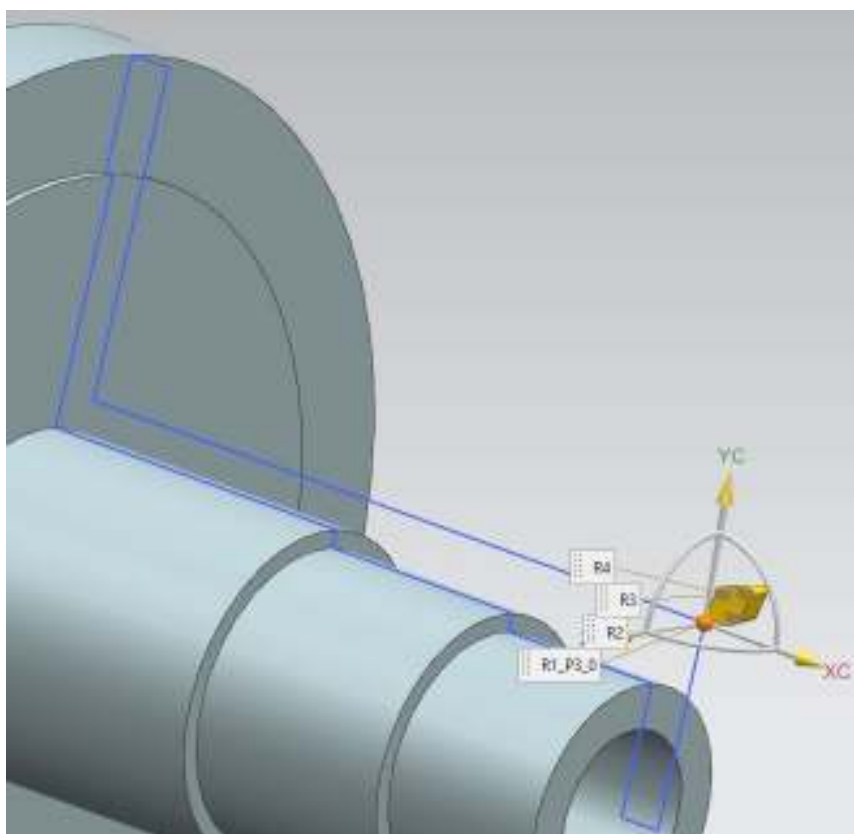


Рисунок 1.17 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні обробки на другому переході

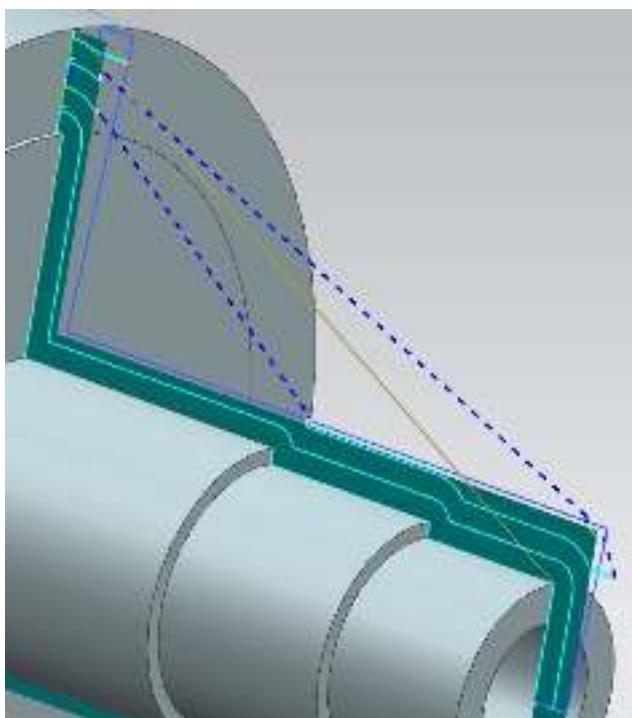


Рисунок 1.18 – Траєкторія обробки на другому переході

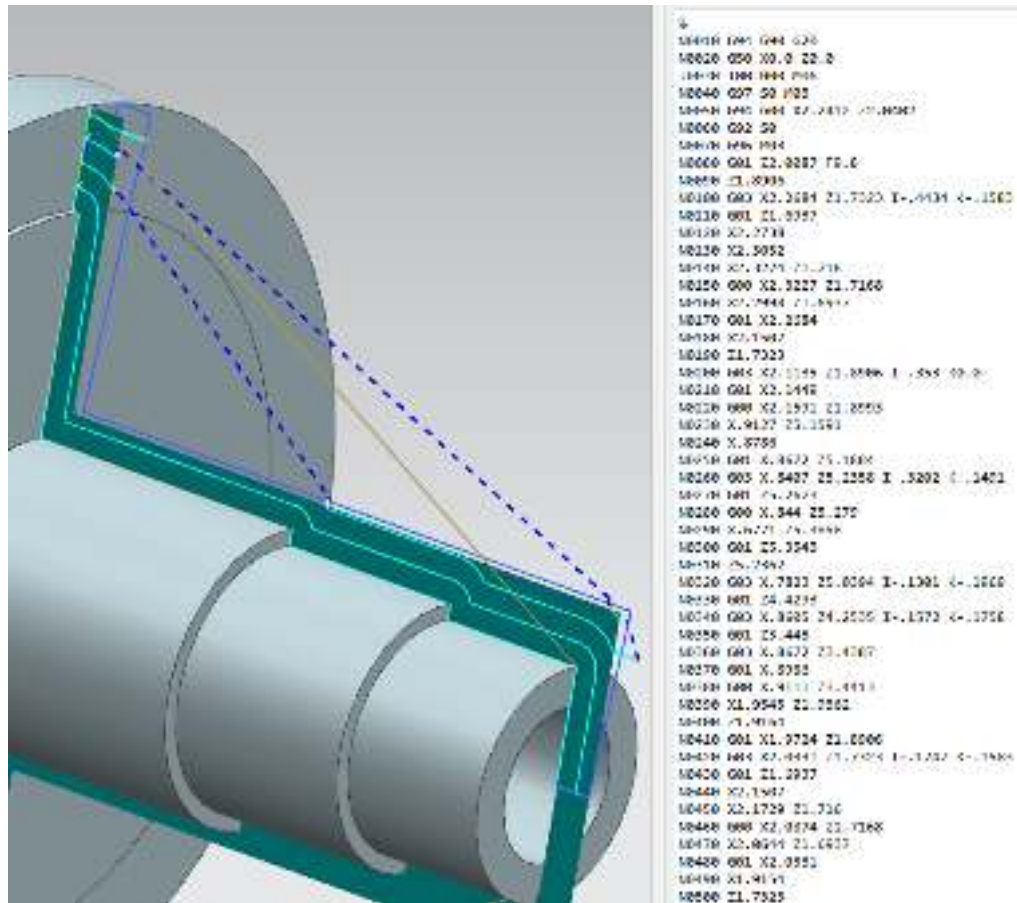


Рисунок 1.19 – Моделювання обробки на другому переході

1.8.2 Розробка свердлильної операції

Свердлильна операція №45

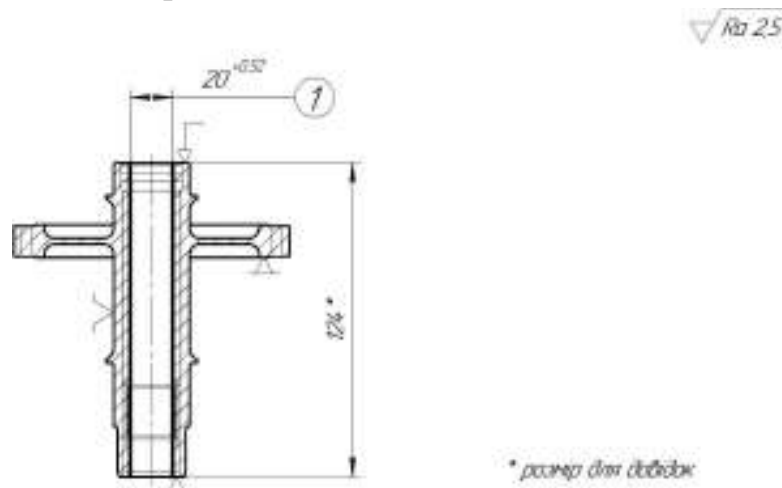


Рисунок 1.20 – Операційний ескіз – операція № 045

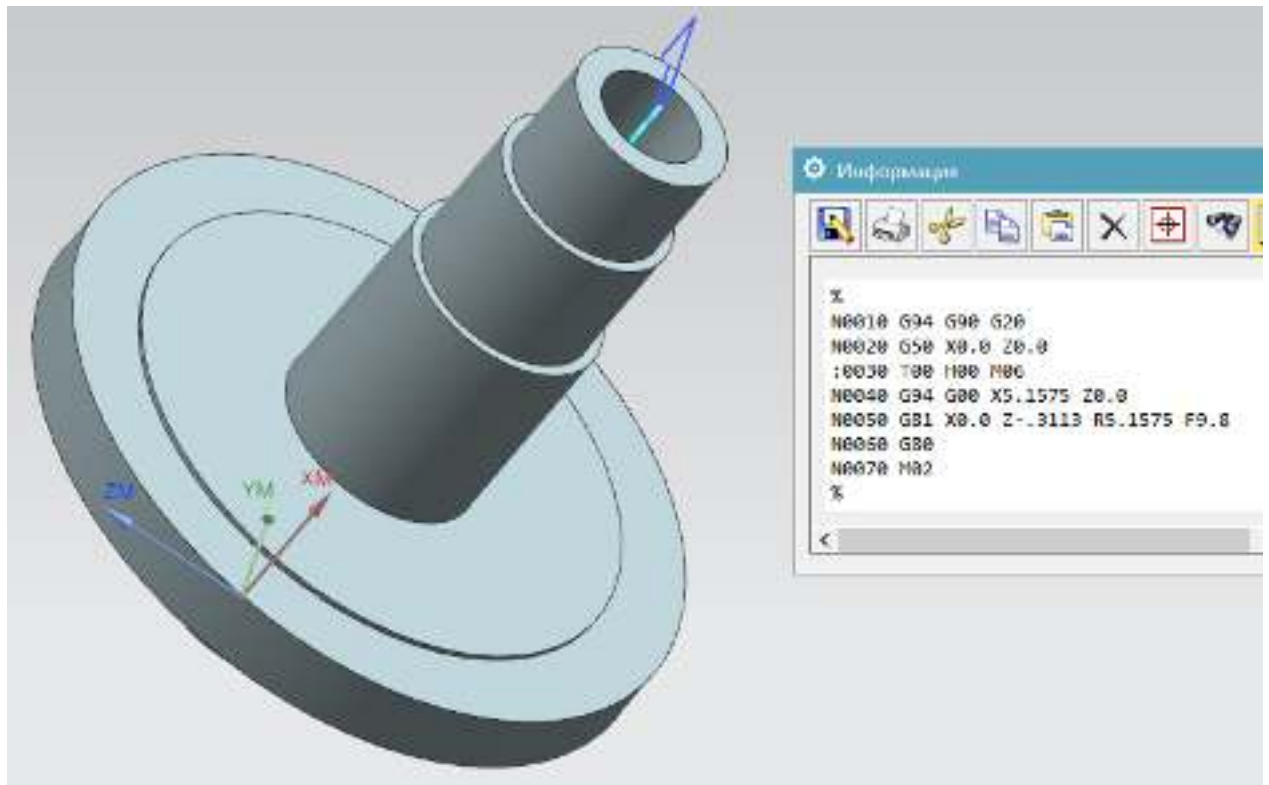


Рисунок 1.23 – Траєкторія обробки з програмою в G кодах

1.8.3 Розробка фрезерної операції

Розрахунок режимів різання на фрезерну операцію з ЧПК (070)

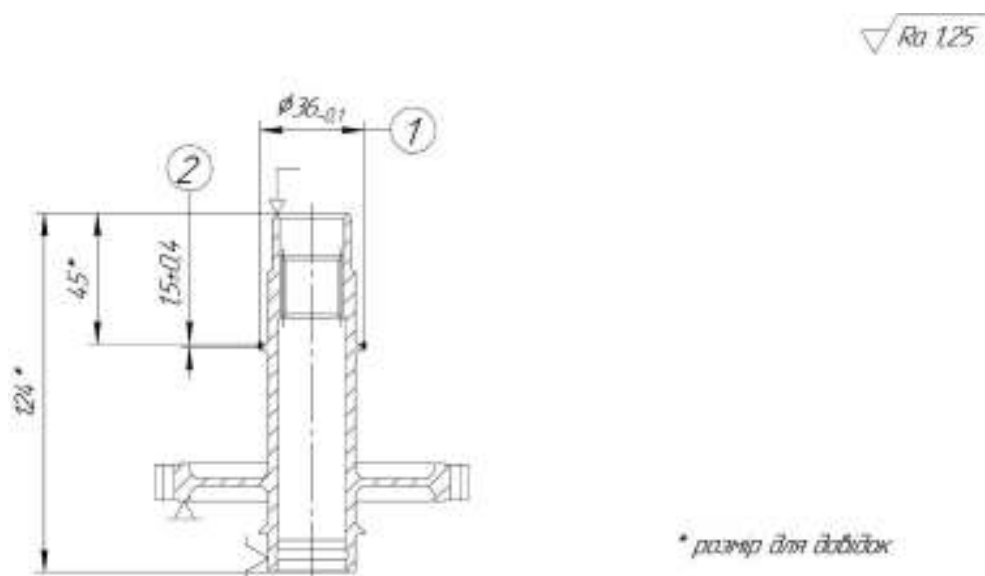


Рисунок 1.24 – Операційний ескіз на фрезерну операцію

Ріжучий інструмент:

Фреза концева Ø30 P12Ф4К5 ГОСТ 17026-71

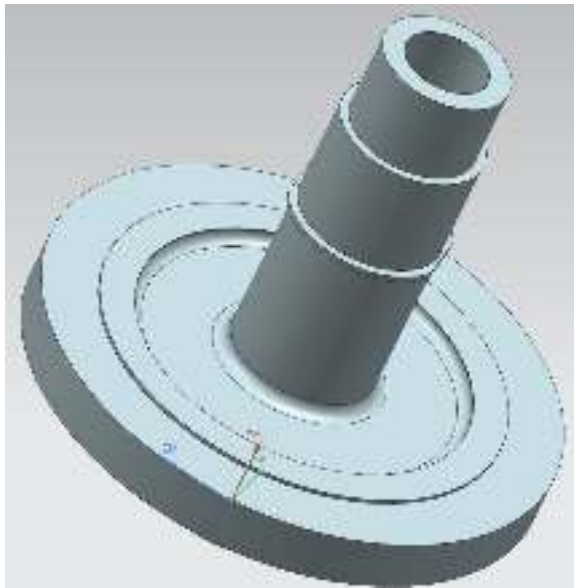


Рисунок 1.25 – Трьовимірний модель операційного ескизу операції №070
Фрезерна з ЧПК

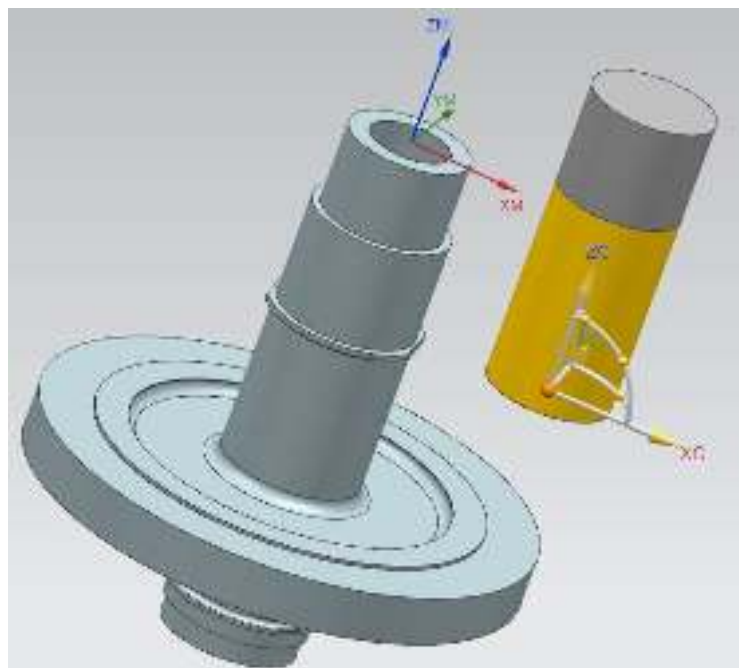


Рисунок 1.26 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні
обробки

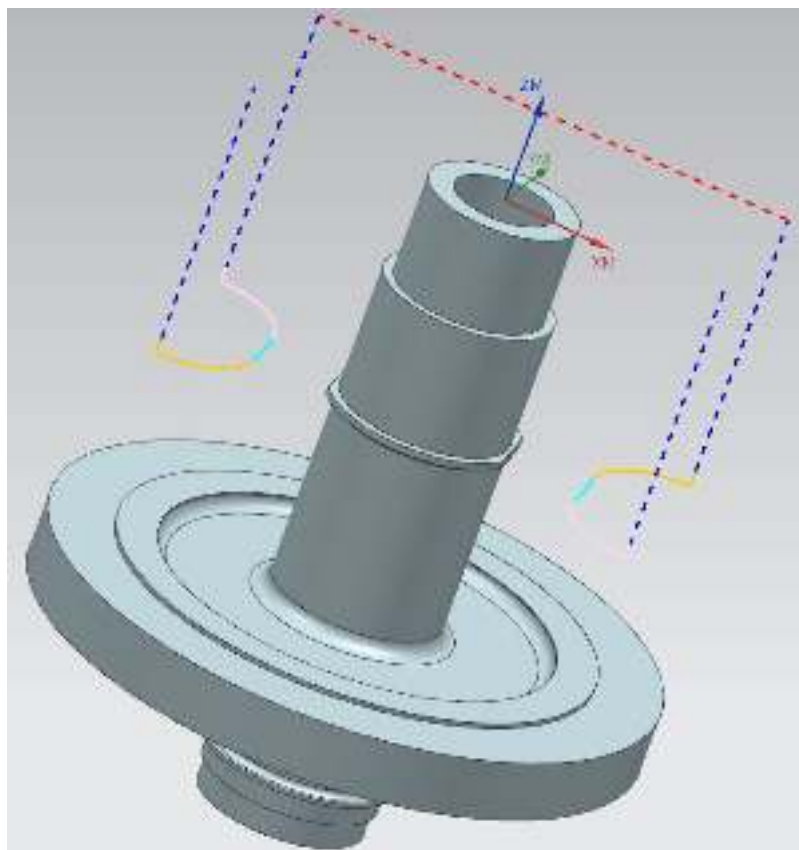


Рисунок 1.27 – Траєкторія обробки на операцію 070 Фрезерна з ЧПК

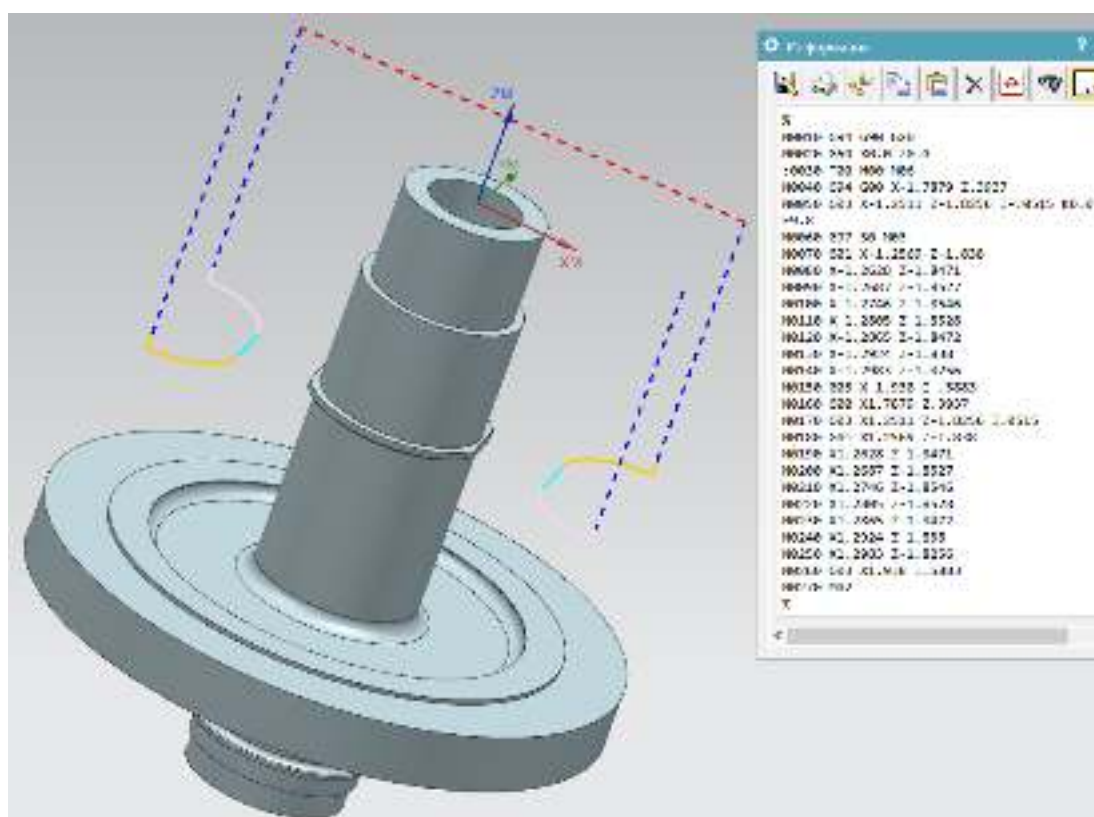


Рисунок 1.28 – Моделювання обробки з програмою

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування токарного пристрою

2.1.1 Опис конструкції та принципа роботи

Мембранні пристосування широко використовуються для затиску різних деталей, вони незамінні при обробці тонкостінних втулок і кілець великого діаметру, так як забезпечують отримання високої концентричності оброблюваного отвору щодо базової поверхні.

Для виконання технологічної операції використовується мембранне пристосування (рисунок 2.1) яке являє собою плиту 1 з отворами для установки змінної мембрани 2. Плита попередньо центрується по $\varnothing$ 80 мм. Після вивірки пристосування закріплюється до планшайби верстата за трьома отворами по різьбі М12. З метою механізації пристосування для спрощення процесу затиску мембрани використовують пневматичний привід. Пневматичний привід має ряд переваг, серед яких: швидкість дії; сталість зусилля затиску і можливість його регулювання; простота конструкції і експлуатації; незалежність працездатності від температури навколишнього середовища.

В даному випадку пропонується використовувати пневмоциліндр двосторонньої дії, прямий і зворотний хід якого здійснюється за рахунок стисненого повітря.

Після установки оброблюваної деталі до контакту з упором 16 для затиску за допомогою тяги, за допомогою пружних властивостей мембран, закріплюємо оброблювану заготовку.

Пневмоциліндр встановлюється на задньому кінці шпинделя токарного верстата і обертається разом з ним. На корпусі пневмоциліндра гвинтами закріплена кришка. У середині корпусу розміщені поршень зі штоком і встановлений вал, в який впресовано пустотельний стрижень, за яким в пневмосистему надходить повітря. На вал напресовують втулки, положення яких на валу фіксується разжимною шайбою.

Повітря, що надходить в систему по каналу, а буде змушувати поршень і шток підніматися вгору, при цьому клини мембрани будуть розтискати і заготовку можна буде знімати з пристосування, при відкритті клапанів б і в заготовка буде ніяковіти мембраною, так як повітря з пневмосистеми буде виходити і поршень опуститися

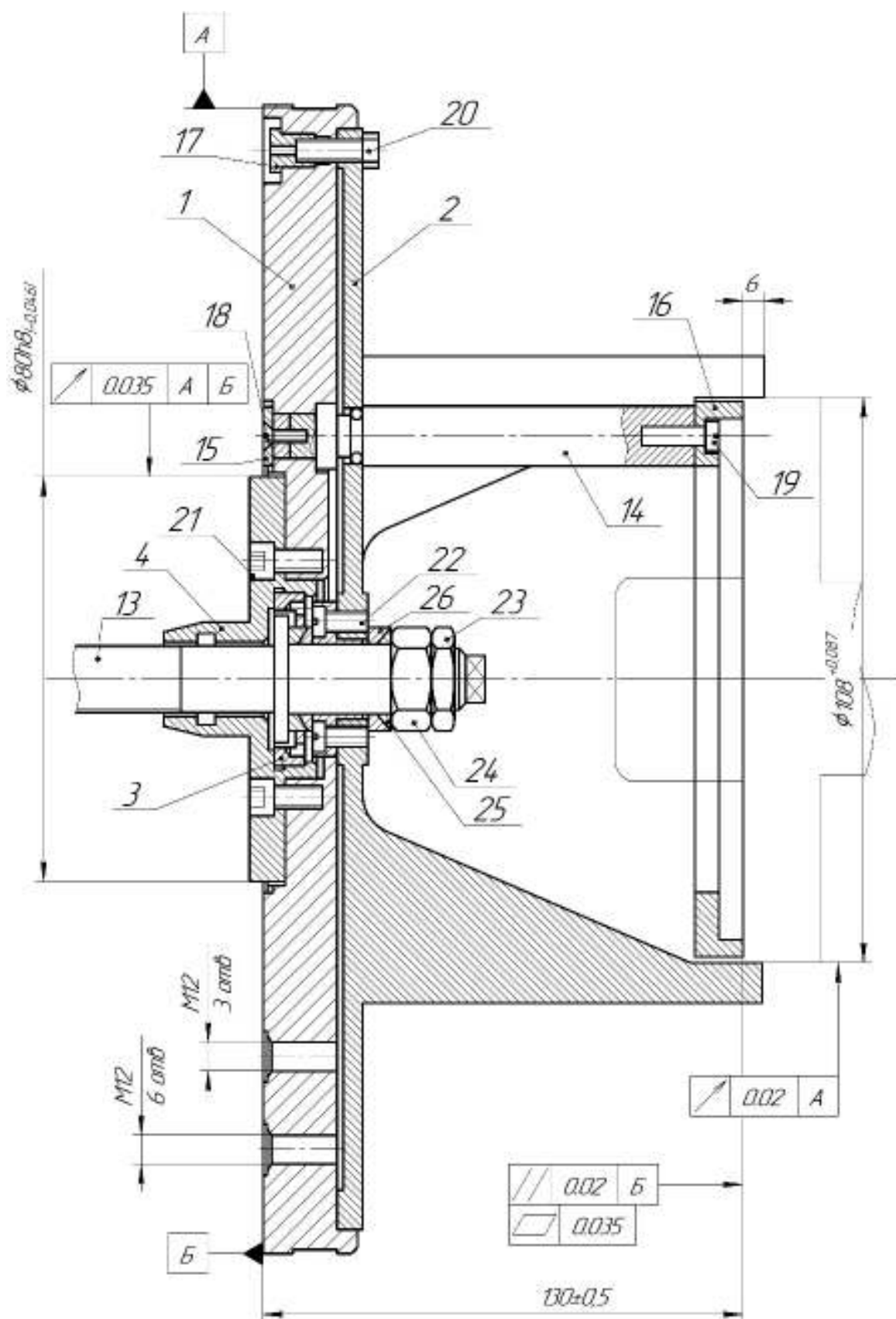


Рисунок 2.1 – Мембранне пристосування для обробки на токарному верстаті з ЧПК

2.1.2 Розрахунок похибки базування

Похибка установки - різниця граничних відхилень вимірювальної бази щодо встановленого на розмір ріжучого інструменту [11].

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

де $\varepsilon_{\text{баз}}$ -похибка базування;

$\varepsilon_{\text{закр}}$ – похибка закріплення.

Похибка базування - частина похибки установки, викликана розбіжністю вимірювальної і настроювальної баз.

Похибка закріплення виникає в тому випадку, коли напрям сили затиску або її складової збігається з розміром обробки.

У моєму випадку похибка базування може виникнути при самоцентрування мембрани пристосування. Ріжкові мембрани забезпечують точне центрування при базуванні по зовнішніх поверхнях, так як затиск здійснюється за рахунок пружної деформації. Точність центрування деталей з базовими поверхнями, виконаними по восьмому квалітету знаходиться в межах 0,04 ... 0,06мм. [8, стор. 279] Отже, похибка базування складе 50 мкм.

Похибка закріплення визначається табличним методом, який враховує чистоту обробки базової поверхні, геометричні розміри заготовки, вид настановних елементів, а також тип затискних пристроїв. [1, стор. 134-136] $\varepsilon_{\text{зак}} = 40$ мкм. Тоді похибка установки складає:

$$\varepsilon_{\text{уст}} = \sqrt{50^2 + 40^2} = 64 \text{ мкм}$$

2.1.3 Визначення сил затиску

Вихідними даними для визначення сил затиску в мембранному пристосуванні є: момент різання і діаметр базової поверхні деталі.

Розрахуємо момент різання [11].

$$M = P_X \times l \quad (2.2)$$

де P_X – осьова сила резання, що за напрямком співпадає з силою зажиму [11].

$$P_X = 10 \times C_p \times t^x \times S^y \times v^n \times K_p \quad (2.3)$$

де K_p – довідковий коефіцієнт, що враховує вплив геометрії ріжучого інструменту та твердість оброблююмого матеріалу [11].

$$K_P = K_{Mp} \times K_{\phi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{rp} \quad (2.4)$$

$$K_P = 1,8 \times 0,78 \times 1,0 \times 0,85 \times 1,0 = 1,19$$

$$P_X = 10 \times 243 \times 0,8^{0,9} \times 0,2^{0,6} \times 94,2^{-0,3} \times 1,19 = 230,3 \text{ Н}$$

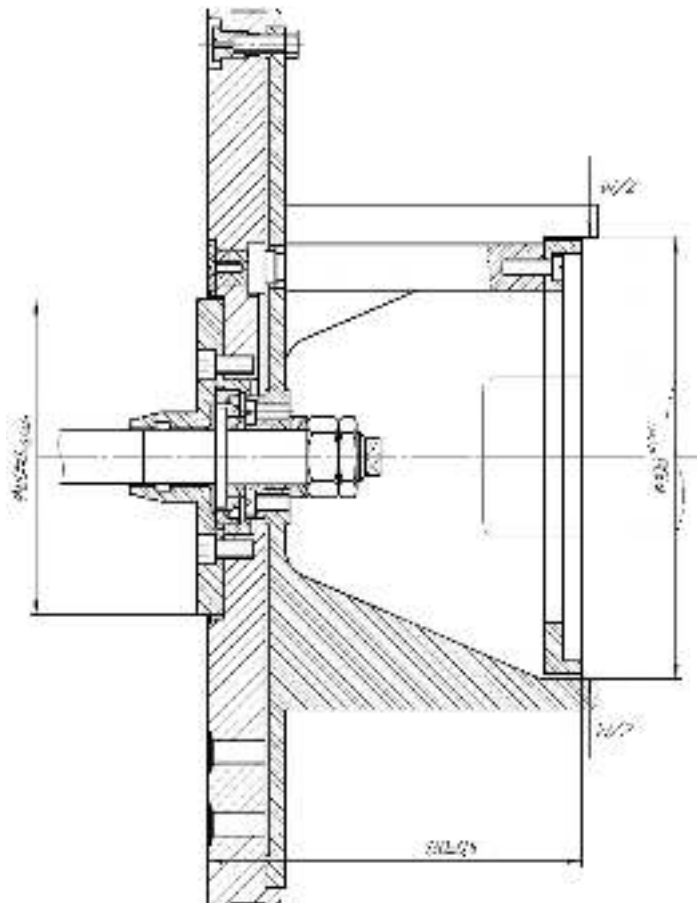


Рисунок 2.2 – Схема дії сил затиску в пристосуванні

Тоді, момент резання дорівнює:

$$M = 230,3 \times 9,5 = 2187,8 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Радіальне зусилля затиску деталі на одному кулачке мембрани для передачі заданого моменту [11]:

$$W = \frac{k \times M}{2 \times n \times f \times d} \quad (2.5)$$

де, k – коефіцієнт запасу, $k=2,5$ [11];

n – кількість кулачків;

f – коефіцієнт тертя базової поверхні деталі і кулачка, приймається рівними від 0.15 до 0.18.

$$W_0 = \frac{2,5 \times 2187,85}{2 \times 12 \times 0,16 \times 280} = 75,51 \text{ кН}$$

За таблицею 11.1 стор. 285 [8] в залежності від діаметру базової поверхні деталі визначаємо діаметр мембрани 280 мм, товщину мембрани – 8,5 мм.

Цилиндричну жорсткість мембрани розраховуємо за [11]:

$$B = \frac{E \times s^3}{12 \times (1 - \mu^2)} \quad (2.6)$$

де $E = 2.1 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності;

s – товщина мембрани;

μ – коефіцієнт Пуассона, $\mu = 0.3$.

$$B = \frac{2 \times 10^5 \times 8,5^3}{12 \times (1 - 0,3^2)} = 11810096 \text{ МПа} \times \text{мм}^3$$

Кут розтиску кулачків при закріпленні деталі з найменшим діаметром [11]:

$$\varphi = \frac{M_3 \times d}{2 \times B \times (1 + \mu)} \quad (2.7)$$

де, $M_3 = 0.825$ кН·мм – момент закріплення по відношенню до діаметру мембрани до діаметра заготовки.

$$\varphi = \frac{0,825 \times 10^3 \times 377,6}{2 \times 11810096 \times (1 + 0,3)} = 0,01 \text{ рад}$$

Зусилля на клині мембрани, від дії пневмоциліндра визначається за формулою [11]:

$$Q = W \times \frac{d}{D \times n} \times \operatorname{tg} \varphi \quad (2.8)$$

де, W – зусилля затиску, Н;

d – діаметр, базування заготовки, мм;

D – діаметр мембрани, мм;

φ – кути тертя в точках контакту клину з опорними роликами, град.

$$Q = 75,51 \times 10^3 \times \frac{108}{280 \times 12} \times \operatorname{tg} 8^\circ = 2427 \text{ Н}$$

Визначаємо діаметр пневмоциліндру [11]:

$$Q = \frac{\pi \times D^2}{4} \times P \times \eta \quad (2.9)$$

де, $P = 0,5$ МПа – тиск у пневмоциліндрі;

$\eta = 0,9$ - ККД пневмоциліндру.

Тоді,

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times P \times \eta}} = \sqrt{\frac{4 \times 2327}{3,14 \times 0,5 \times 10^6 \times 0,9}} = 0,079 \text{ м} = 80 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр пневмоциліндра з стандартного ряду $D = 80$ мм. [8, стор. 141, табл. 7.4]

Згідно розрахованому діаметру, вибираємо інші параметри пневмоциліндра: діаметр шпильок - М12; кількість шпильок - 4; діаметр штока - 35 мм; діаметр різьби на штоке - М35х2 товщина стінки циліндра - 8 мм.

2.2.4 Розрахунок пристосування на точність

Для забезпечення заданої точності обробки необхідно дотримуватися умови:

$$\sum E_i \leq T_{\text{обр}} \quad (2.10)$$

де, $T_{\text{обр}}$ – допуск на розмір обробки.

Необхідно витримати розмір обробки $\varnothing 108_{-0,035}$ мм. Розраховуємо номінальний розмір та допуск на виготовлення габариту установка.

Визначаємо середній розмір обробки за формулою [11]:

$$A_{\text{ср}} = A - \frac{TA}{2}, \quad (2.11)$$

де, A – розмір обробки, мм;

TA – допуск на розмір обробки, мм.

$$A_{\text{ср}} = 108 - \frac{0,035}{2} = 107,98 \text{ мм}$$

Визначаємо середній розмір висоти установку:

$$H_{\text{ср}} = A_{\text{ср}} + A = \left(A - \frac{TA}{2} \right) + A \quad (2.12)$$

де, A – розмір, що пов'язує розмір установку та розмір обробки.

$$H_{\text{ср}} = 107,98 + 100 = 207,98 \text{ мм}$$

Розраховуємо допуск на виготовлення установку:

$$T_H \leq T_A - (k_1 \times E_6 + E_2 + k_2 \times w) \quad (2.13)$$

де, k_1 – 0.8...0.85 коефіцієнт, що враховує відхилення позиціонування значень від знаку нормального розподілення внаслідок того, що дійсний розмір поверхонь установок рідко дорівнює крайньому;

E_6 – похибка базування при виконанні операції;

E_2 – похибка закріплення, котра виникає в результаті під впливом прикладених зусиль зажиму;

$k_2 = 0.6 \dots 0.65$ – коефіцієнт зменшення величини w , котрий враховує долю похибки обробки, визвану факторами, котрі не залежать від пристосування;

w – середня економічна точність обробки на цю операцію [1, табл. 4.2г...4.2е, 4.24, 4.25];

$T_{пр}$ – допуск на виготовлення пристосування.

$$T_H \leq 200 - (0,8 \times 50 + 40 + 0,6 \times 15)$$

$$T_H \leq 111$$

Визначаємо величину $\pm \frac{T_H}{2}$, округливши значення до найближчого нормалізованого. Приймаємо $\frac{T_H}{2} = \pm 0,055$ мм. Виконавчий розмір габариту установка: $\varnothing 207,98 \pm 0.055$.

2.2.5 Розрахунок пристосування на прочність

У конструкціях пристосувань використовуються деталі, які зазнають різні навантаження (внутрішні, центрувальні, температурні). Напруження, які виникають в деталях називають нормальними, якщо складова напруження σ спрямована вбік по нормалі до площадки, і дотичними, якщо складові напруження τ діють в площині майданчика.

Нормальні напруження вважаються позитивними, якщо вони розтягують. Дотичні напруження знака не мають.

В пристосуванні що розраховується слабкою ланкою є різьблення на штоке пневмоциліндра. Зробимо розрахунок різьби на зріз і зминання.

Визначаємо величину напруги зрізу в різьбі тяги за формулою [11]:

$$\tau_{cp} = \frac{P}{\pi \times d_1 \times k \times H \times k_m} \quad (2.14)$$

де, P – сила, діюча на витки різі, Н;

d_1 – внутрішній діаметр різі, м;

$k=0.87$ – коефіцієнт повноти різі;

H – довжина різі в проушині, м;

$k_m=0.75$ – коефіцієнт нерівномірності навантаження за витками різі, з врахуванням пластичної деформації.

$$\tau_{cp} = \frac{230,3}{3,14 \times 36 \times 10^{-3} \times 0,87 \times 23 \times 10^{-3} \times 0,75} = 0,14 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження зрізу для данного матеріалу дорівнює $[\tau]_{cp}=150 \text{ МПа}$.

Відповідно: $\tau_{cp} < [\tau]_{cp}$.

Розрахунок різі на смятие виконуємо зао формулою:

$$\sigma_{cm} = \frac{4 \times P}{\pi \times (d^2 - d_1^2) \times k_m \times z}, \quad (2.15)$$

де, d – зовнішній діаметр різі, м;

z – кількість витків на довжині звинчування ($z=18$).

$$\sigma_{cm} = \frac{4 \times 230,3}{3,14 \times (0,04^2 - 0,036_1^2) \times 0,75 \times 18} = 715 (\text{кПа})$$

Допустиме напруження смятия для матеріала тяги дорівнює $[\sigma]_{cm}=282 \text{ МПа}$. Відповідно: $\sigma_{cm} < [\sigma]_{cm}$.

За результатами розрахунків робимо висновок – різь тяги витримає навантаження, що виникають при роботі пристосування.

2.3 Проектування контрольного пристосування

Для контролю биття профілів зубів використовується спеціальне пристосування, показане на рисунку 2.3. Контрольована деталь встановлюється в призму поз. 30 посадочним діаметром $30_{-0,01}$.

Призма встановлена на плиту 1 між двома пластинами 15,16 і притискається притисками 28. При підвертанні ручки 27 втулка 37 починає накручуватися різьбовою частиною на притиск. Втулка нерухома, тому при

підвертанні ручки проти годинникової стрілки притиск піднімається вгору і звільняє призму, а при підвертанні за годинниковою стрілкою - притискує.

Вимір биття профілів здійснюється шляхом опускання змінного модульного наконечника 22 в западину між двома зубами. Індикатор заздалегідь встановлюється на «нуль». Індикатор і важіль 21 з наконечником 22 кріпляться на кронштейні 5, який у свою чергу встановлений на призму 1 і може пересуватися по пазах в горизонтальному напрямі.

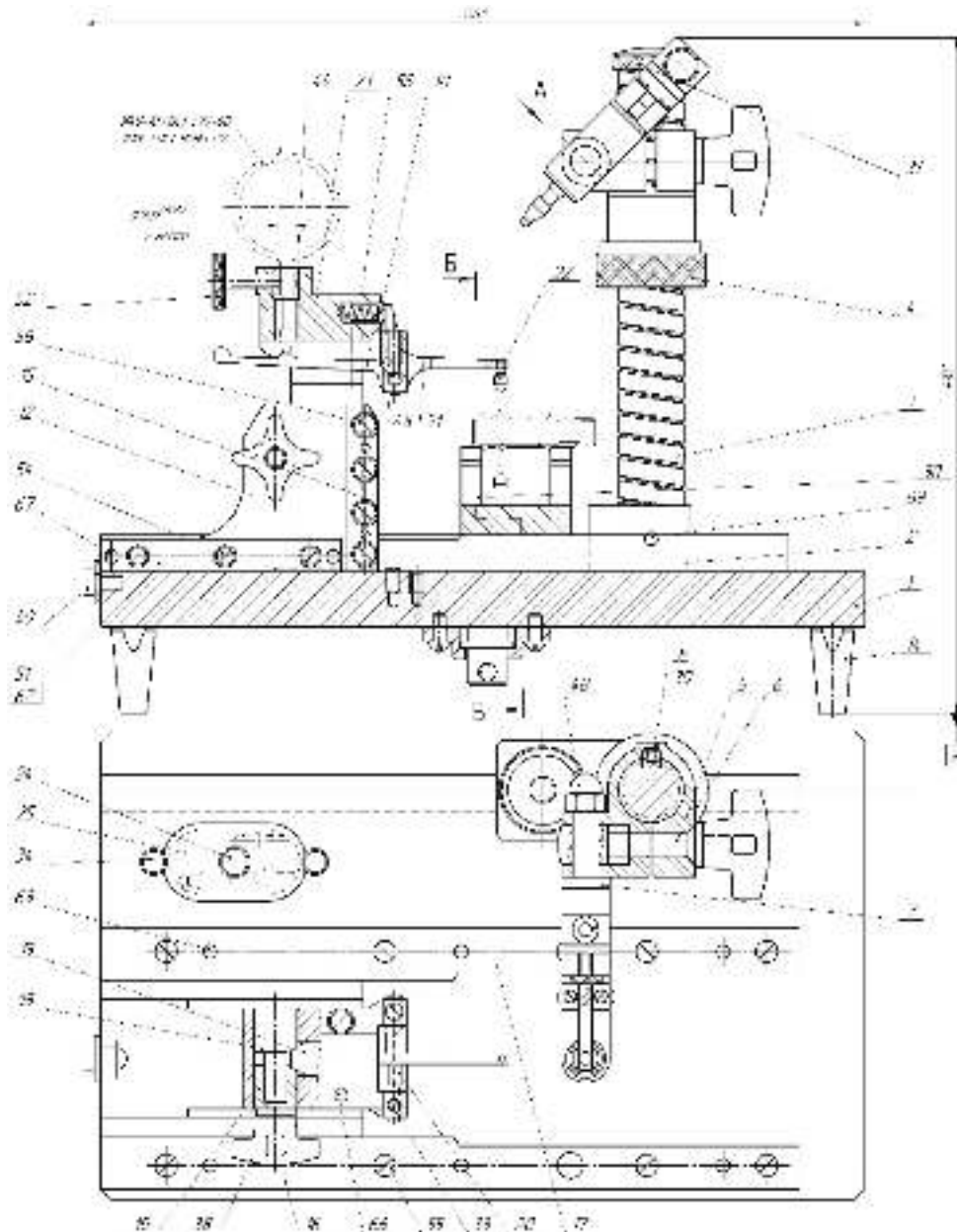


Рисунок 2.3 – Схема контрольного пристосування

Встановивши деталь на призму 30, посуваємо кронштейн, встановлюємо наконечник 22 в першу западину зубу. Далі вимір проводиться

шляхом ручного натиснення на важіль і провертання деталі на одну западину. Важіль підтискається пружиною 58. Наконечник індикатора рухливий і встановлений у безпосередньому контакті з важелем. Свідчення індикатора відносні.

Розрахунок на точність контрольного пристосування зводиться до розрахунку фактичної сумарної погрішності :

$$\varepsilon_{кп} = \Delta_p \times \Delta_э \times \Delta_{ин} \times \Delta_t \times \Delta_{вус} \quad (2.7)$$

де, $\varepsilon_{кп}$ - погрішність положення контрольованої деталі в пристосуванні;

Δ_p - погрішність передатного пристрою;

$\Delta_э$ - погрішність виготовлення еталонної деталі для налаштування контрольного пристосування, $\Delta_э = 4$ мкм;

$\Delta_{ин}$ - погрішність вибраного засобу виміру, $\Delta_{ин} = 10$ мкм;

Δ_t - погрішність, викликана зміною температури довкілля, $\Delta_t = 0$, так перехід температур не впливає на величину вимірів, що знімаються;

$\Delta_{вус}$ - погрішність, що викликається вимірювальним зусиллям за рахунок контактної деформації. Так, як вимір проводиться без закріплення, а також похибка базування і неточність виготовлення елементів пристосування не впливає на величину свідчень, що знімаються, то $\Delta_{вус} = 0$.

На точність роботи передатного пристрою робить істотний вплив навіть при невеликій абсолютній величині проміжок S . На рисунку 2. показана схема передатного пристрою.

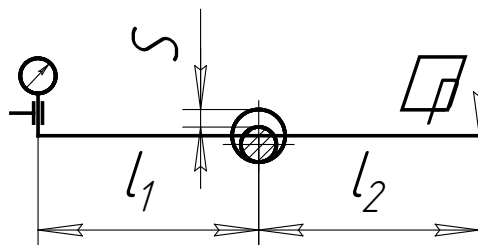


Рисунок 2.4 – Схема передатного пристрою

Для цієї схеми величина погрішності визначається по формулі:

$$\Delta p = \frac{S(l_1 + l_2)}{l_1} = S(1 + k) \quad (2.8)$$

де, k - передатне відношення системи.

В даному випадку $k=1$, оскільки $l_1 = l_2$. При $S = 2$ мкм ($p = 4$ мкм)
Фактичну похибку, що викликається вимірювальним зусиллям за рахунок контактної деформації, визначаємо по формулі Герца :

$$\Delta_{yc} = 0,43 \cdot k \cdot \sqrt[3]{\frac{P_{yc}^2}{r}} \quad (2.9)$$

де, P_{yc} - вимірювальне зусилля, $P_{yc} = 2$ Н;

- радіус вимірювального наконечника, $r = 2,5$ мм;

k - коефіцієнт, залежний від матеріалу наконечника, $k = 0,81$.

$$\Delta_{yc} = 0,43 \times 0,81 \times \sqrt[3]{\frac{2^2}{2,5}} = 0,4 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_{kn} = 4 + 4 + 10 + 0,4 = 18,4 \text{ мкм}$$

Зіставимо фактичну сумарну погрішність ε_{kn} з допустимою $\varepsilon_{i3m} = 20$ мкм, $\varepsilon_{kn} = 18,4 \text{ мкм} < \varepsilon_{i3m} = 20 \text{ мкм}$.

Виходячи з цієї нерівності, робимо висновок про те, що необхідна умова точності дотримується.

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ

Автоматизація технічного контролю якості

При виготовленні деталі шестерня гідронасосу великий час витрачається на проведення контролю геометричних параметрів та якості. Для зменшення часу цих операцій передбачається використання пристосувань для автоматичного контролю під час обробки. Перелік цих пристосувань надано далі.

При автоматизації технологічних процесів необхідно вирішувати задачу автоматизації технічного контролю технологічного процесу і його результатів. Технічний контроль в промисловому виробництві вирішує наступні основні завдання:

- підтримка необхідного рівня якості технологічного процесу шляхом виявлення розладнання і розладу процесу і проведення корекцій;
- розбраковування виробів, що випускаються, за нормованими технічними параметрами з метою запобігання попаданню браку до споживача;
- сортування виробів за нормованими технічними параметрами на групи при використанні селективного складання.

Крім того, оскільки в ході технологічного процесу неминуче виникає деяка кількість бракованих виробів, завданням технічного контролю є запобігання вступу цього браку споживачеві за рахунок виявлення і вилучення бракованої продукції (розбраковування зроблених виробів). На технічний контроль можуть витрачатися значні виробничі ресурси. При автоматизації технологічних і виробничих процесів неминуче виникає завдання автоматизації технічного контролю.

Для вирішення цього завдання в серійному виробництві потрібні високопродуктивні засоби. Зважаючи на постійність процесів і об'єктів масового виробництва ці засоби можуть бути спеціалізованими або спеціальними. Усі засоби автоматизації технічного контролю якості технологічних процесів можна розбити на дві основні групи:

- засоби для контролю безпосередньо в ході технологічних операцій для управління якістю процесів;
- засоби для післяопераційного контролю для розбраковування і розсортування виготовлених виробів.

Розглянемо основні принципи, використовувані для вирішення сформульованих вище завдань на прикладі механообробляючого

виробництва, для якого питання технічного контролю представляють найбільшу складність.

При виконанні механічної обробки деталей на верстатах необхідно забезпечити відхилення оброблюваних розмірів деталей в межах технічного допуску. Оскільки остаточна геометрія деталі формується на фінішних операціях, то засоби для контролю в процесі обробки створені в першу чергу для високоточних фінішних операцій (шліфування, хонінгування).

На рисунці 3.1 показані принципові схеми пристроїв, призначених для контролю діаметральних поверхонь в процесі їх обробки на круглошліфовальних верстатах. Пристрій на рисунку 3.1, а є одноточечним або одноконтактним. Вимірювальний важіль 2 притискається до поверхні оброблюваного валу 1 вимірювальною пружиною, яка на малюнку не показана. В процесі шліфування радіус валу зменшується, і важіль обертається відносно шарніра 4, встановленого в корпусі приладу.

Положення важеля вимірюється за допомогою датчика переміщень 3, вимірювальний сигнал якого поступає у блок контрольного пристрою, що інформаційно-управляє. Для зменшення погрішності приладу вимірювальний важіль оснащується зносостійким вимірювальним наконечником, що контактує з оброблюваним валом. Наконечник виконується з твердих сплавів або алмазних.

Недоліком одноточечних пристроїв є істотна залежність точності виміру від розмірного ланцюга, що включає елементи конструкції верстата і реагує на силові і теплові деформації верстата.

На рисунку 3.1, б показана схема двоточкового (двохконтактного) приладу для контролю в процесі шліфування валів. Прилад має два вимірювальні наконечники 1, які сполучені з рухливими вимірювальними каретками 2. Для переміщення кареток є ті, що направляють 3 (виконані у вигляді пружинного паралелограма). У верхній каретці встановлений датчик переміщень, який вимірює взаємне положення кареток.

Корпус вимірювального пристрою сполучений з облаштуванням підведення-відведення 6, основу якого складає гідравлічний циліндр, керований розподільником 5. Пристрій може налаштовуватися на контроль валів різних діаметрів. Для цього вимірювальні наконечники 1 переміщуються відносно кареток 2 і фіксуються в потрібному положенні.

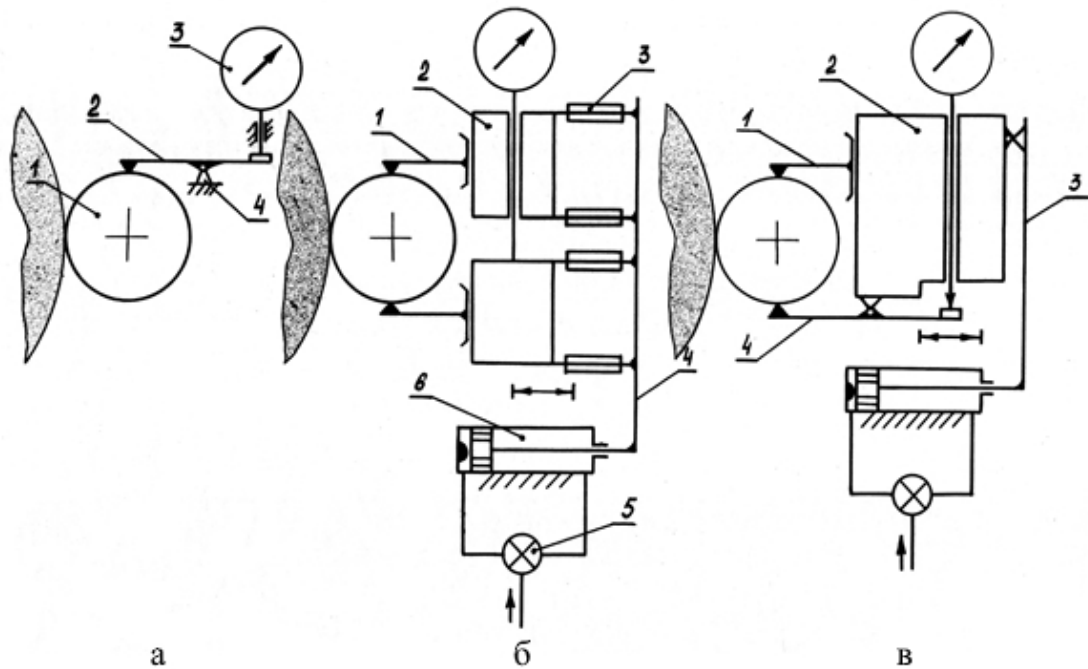


Рисунок 3.1 – Контроль циліндричної поверхні шестерні гідронасосу в процесі обробки

Двоточковий пристрій у меншій мірі реагує на теплові і силові деформації елементів верстата і точність його вище в порівнянні з однотоочечним пристроєм. Подібні пристрої отримали широке поширення для автоматизації контролю і управління шліфуванням.

На рисунку 3.1, представлений варіант конструктивного виконання двоточкового приладу для контролю в процесі шліфування. Його характеристики співпадають з характеристиками попереднього приладу.

Розглянуті схеми є прикладами і не вичерпують усього різноманіття конструктивних схем приладів для контролю валів в процесі обробки. Подібні прилади розроблені і для інших видів фінішної обробки.

На рисунку 3.2 показані конструктивні схеми приладів для контролю в процесі шліфування отворів. Особливістю процесів обробки отворів (внутрішнє шліфування і хонінгування) є складність доступу до контрольованої поверхні із-за розміщення усередині отвору оброблювального інструменту (шліфувального круга або хону). У зв'язку з цим перевага віддається таким вимірювальним схемам, при яких чутливі елементи контрольного пристрою, що сприймають контрольований розмір, займають мінімальний об'єм.

Найбільш проста одноточечна схема виміру (рисунок 3.2, а). Вимірювальний важіль 1 вводить вимірювальний наконечник в оброблюваний отвір. Пружиною наконечник притискається до оброблюваної поверхні. Другий кінець вимірювального важеля 1 впливає на датчик переміщень 3, що створює вимірювальний сигнал для блоку приладу, що інформаційно-управляє.

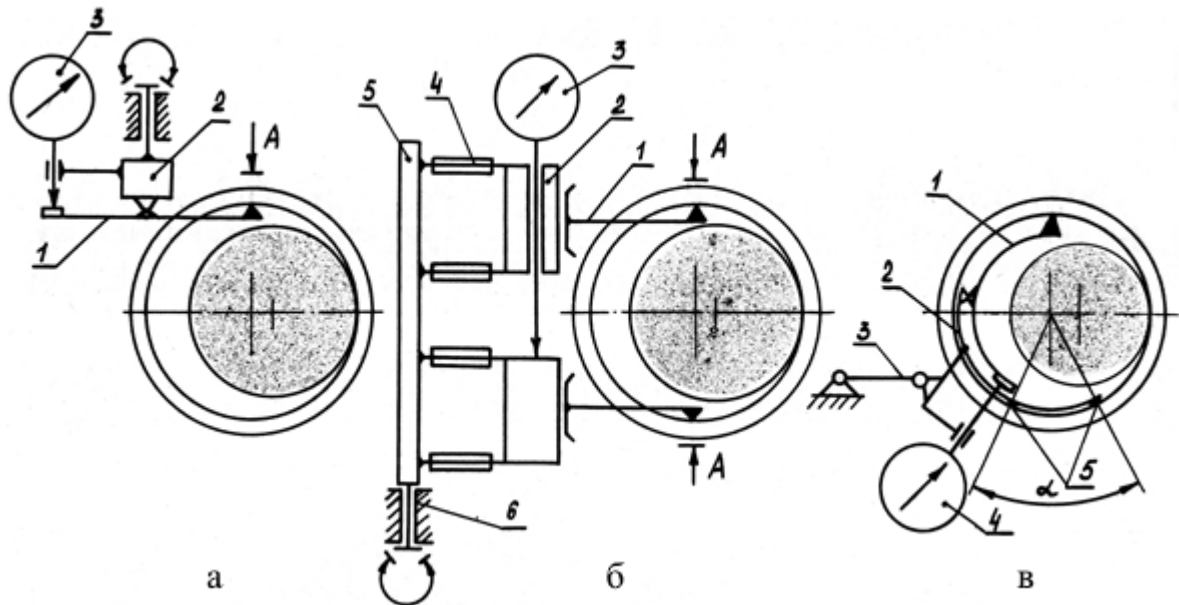


Рисунок 3.2 – Контроль отворів в процесі обробки

Введення вимірювального наконечника в отвір на початку обробки і виведення його з отвору у кінці обробки робиться поворотом корпусу 2 пристрої навколо вертикальної осі.

Вимірювальні пристрої, побудовані за двоточною вимірювальною схемою (рисунок 3.2, б), вимагають більшого вільного простору, проте, як було сказано вище, погрішність виміру при цьому істотно знижується. Вимірювальні важелі 1 сполучені з каретками 2, які мають ті, що пружинні, що направляють 4 для переміщення відносно корпусу 5.

З верхньою кареткою сполучений датчик переміщень 3. Підведення пристрою в робоче положення на початку обробки і відведення в неробоче положення у кінці робиться поворотом корпусу навколо осі 6.

Оскільки простір усередині отвору мало, то вимірювальні наконечники зазвичай мають малу жорсткість і їх довжину доводиться обмежувати. Остання обставина не дає можливості контролювати отвір на значній відстані від зовнішнього торця.

Відомі пристрої, побудовані за триточковою вимірювальною схемою і вільні від вказаного недоліку (рисунок 3.2, в). Вимірювальний важіль 1 за допомогою шарніра кріпиться до корпусу 5 пристроїв. Останній вводиться всередину отвору і базується по його поверхні опорними наконечниками 2. Корпус через важіль підвіски 4 кріпиться до верстата.

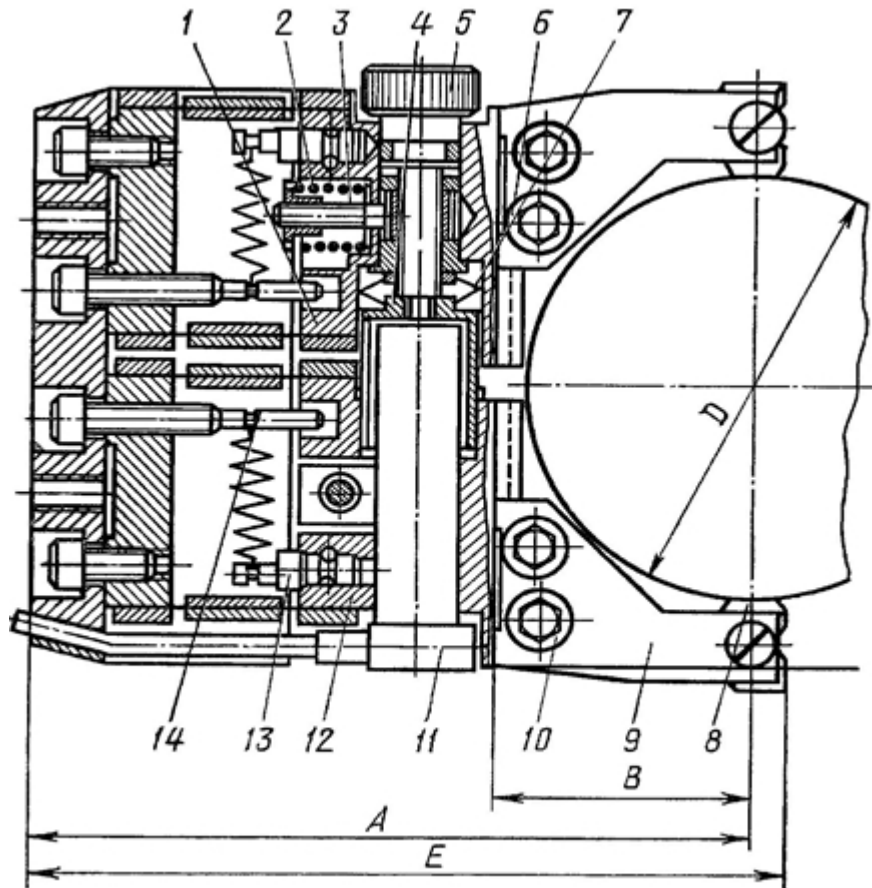


Рисунок 3.3 – Двохконтактна скоба для контролю валів

З корпусом 5 сполучений датчик переміщень 3, що вимірює положення важеля 1 відносно корпусу 5, яке пропорційно контрольованій зміні діаметру отвору. Оскільки описаний пристрій базується по контрольованій поверхні, то воно може застосовуватися для контролю глибоких отворів.

Розглянуті вище схеми реалізуються в різних серійних приладах для контролю в процесі обробки деталей. Для контролю валів часто використовується двоточкова схема. Прилади, побудовані за цією схемою, часто називають двохконтактними скобами. Конструкція двоточної настільної індуктивної скоби показана на рисунок 3.3. Вимірювальні кронштейни 9 несуть твердосплавні циліндричні змінні наконечники 8 і за

допомогою тих, що направляють і гвинтів 10 кріпляться до вимірювальних кареток 12 і 1. Є обмежувачі ходу кареток 14. Вимірювальні зусилля кареток створюються за допомогою пружин і можуть регулюватися ексцентриками 13, що змінюють натягнення пружин.

Нижня каретка 12 несе індуктивний датчик переміщень 11, вимірювальний стержень якого упирається в торець настроювального гвинта 5, сполученого з верхньою вимірювальною кареткою 1. Вибір проміжку в різьбленні настроювального гвинта робиться за допомогою пружини 2 і сержки 3. Хід настроювального гвинта обмежується обмежувачем 4. Зубчастий валик 6 призначений для переміщення кронштейнів по тих, що направляють в процесі налаштування скоби. Гумовий кожух 7 захищає внутрішню порожнину скоби від попадання бруду і рідини. Скоба кріпиться гвинтами до гідравлічного пристрою, що підводить, встановлюється на столі верстата. Індуктивний датчик скоби за допомогою кабелю з роз'ємом підключається до відліково-командного блоку.

Для установки двохконтактних вимірювальних скоб приладів автоматичного контролю на автоматичних або напівавтоматичних круглошліфувальних верстатах призначений гідравлічний пристрій, що підводить. Застосування такого пристрою дозволяє автоматизувати підведення скоби для виміру шліфованої деталі і здійснити повернення скоби в початкове положення з метою звільнення робочої зони при видаленні обробленої деталі і установці в центрі верстата чергової заготовки.

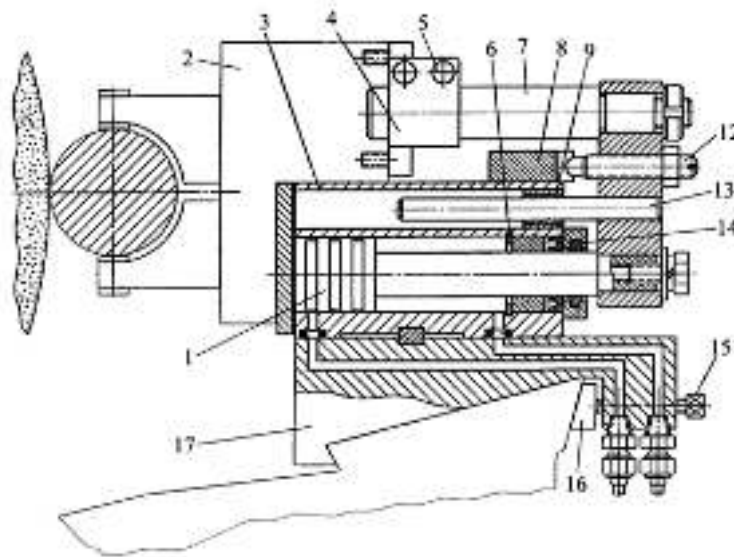


Рисунок 3.4 – Установка двоточковой скобы на верстаті

Приклад конструкції пристрою, що підводить, показаний на рисунок 3.4. Корпус скоби 2 кріпиться гвинтами до кронштейна 4 пристрої, що підводять. Кронштейн 4 гвинтами 5 закріплений на качалці 7, яка за допомогою планки сполучена з поршнем 1 гідравлічного циліндра 3. Гідроциліндр 3 встановлений на підставі 17, яке закріплюється на столі шліфувального верстата.

При переміщенні скоби направляючий стержень 13, пропущений з невеликим проміжком через втулку 9, запобігає конструкції від повороту навколо осі поршня. Робочий хід у напрямі контрольованої деталі обмежується призмою 8 і нерегульованим упором 12, надійне притискання сферичного торця якого до граней призми забезпечує точну і стабільну фіксацію скоби на вимірювальній позиції.

Управління підведенням і відведенням скоби робиться від циклової системи управління процесом шліфування відповідно до фаз автоматичного циклу шліфування.

У початковому положенні шліфувальної бабки олія з напірної магістралі гідросистеми верстата нагнітається в ліву порожнину гідроциліндра 3, а з протилежної порожнини спрямовується на злив. Завдяки цьому, поршень 1 переміщається управо і притискається до пружинного кільця 6, що обмежує його переміщення, а вимірювальна скоба 2 утримується в початковому положенні.

На першій фазі автоматичного циклу здійснюється прискорене підведення шліфувальної бабки до оброблюваної деталі. Після закінчення підведення відбувається реверсування потоків робочої рідини, і права порожнина гідроциліндра сполучається з напірною магістраллю, а ліва - із зливною. Завдяки цьому, поршень 1 із скобою 2 плавно рухається у бік оброблюваної заготовки, і скоба займає робоче положення для контролю діаметру шліфованого валу.

Команда на відведення шліфувальної бабки і вимірювальної скоби в початкове положення формується блоком приладу автоматичного контролю, що інформаційно-управляючим, у момент досягнення заданого розміру деталі. Тиск з напірної магістралі подається в ліву порожнину гідроциліндра і забезпечується злив олії з протилежної порожнини. В результаті вимірювальна скоба повертається в початкове положення.

Прилади для контролю в процесі обробки різноманітні і розроблені для багатьох фінішних операцій механічної обробки. Розробкою і виробництвом таких приладів займаються численні спеціалізовані фірми і організації.

Для післяопераційного контролю виготовлених виробів, їх розбраковуваної і сортування в автоматизованому виробництві використовуються автоматизовані і автоматичні контрольні засоби. Автоматизовані засоби у більшості випадків виконуються у вигляді багатовимірних приладів зі вбудованою логікою для обробки вимірювальної інформації, що поступає від датчиків приладу, що дозволяє істотно підвищити продуктивність контрольних операцій і їх об'єктивність.

Максимальну продуктивність контрольних операцій дозволяють забезпечити контрольні автомати. Такі автомати можуть використовуватися як для простої розбраковуваної (видалення бракованих виробів з постачання споживачеві) виробів, так і для їх сортування на групи по деякому контрольованому параметру.

Автомати проектуються під певний об'єкт контролю, параметри якого можуть варіюватися в обмежених межах. Різноманіття об'єктів контролю породжує і різноманіття конструкцій контрольно-сортувальних автоматів. При реалізації автоматів використовуються різні підходи і конструктивні схеми, вибір яких залежить від цілого ряду умов як пов'язаних з технологічним процесом, так і від нього не залежних.

Розглянемо приклади побудови контрольних автоматів для контролю деталей в технологічних процесах механічної обробки. На рисунк 3.5 показана принципова схема побудови контрольного автомата для розбраковуваної циліндричних роликів по довжині, що використовується в підшипниковій промисловості в автоматичних лініях по виробництву підшипників кочення.

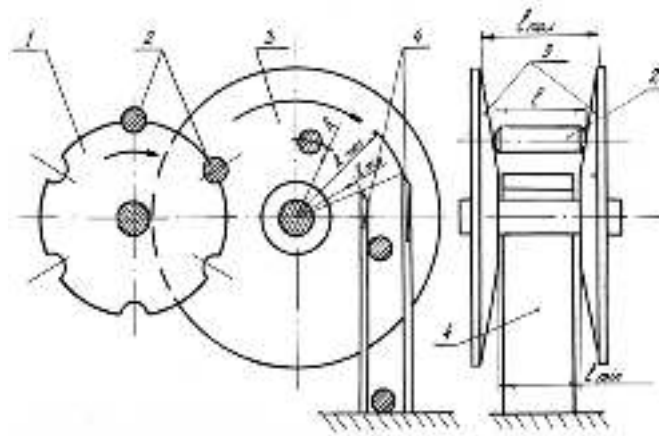


Рисунок 3.5 – Вимірювальна частина автомата для контролю довжини роликів

У виїмки транспортуючого диска 1 завантажуються контрольовані ролики 2. При обертанні транспортуючого диска ролики переносяться у вимірювальний простір клиновидного калібру 3, утвореного бічними поверхнями двох конічних дисків. У тому місці, де відстань між дисками дорівнює довжині 1 контрольованого ролика 2, останній застряє і починає рухатися разом з калібром, що має більш високу швидкість обертання, чим транспортуючий диск. Радіус R застрявання ролика однозначно залежить від його довжини l . Застряглі ролики знімаються ножами 4. Ніж знімає тільки ті деталі, довжина яких більше відстані між стінками калібру в місці установки ножа. Залежно від числа знімних ножів міняється число сортувальних груп.

Описаний датчик застосовується для сортування роликів завдовжки 10-25 мм, діаметром до 3 мм на групи з допуском 0,2 мм. Продуктивність контролю досягає до 10000 шт/годину. Автомат простий по конструкції, проте можливості його істотно обмежені.

Найбільш загальним принципом побудови контрольо-сортувальних автоматів є використання в їх складі вимірювальної позиції, забезпеченої датчиками контрольованих параметрів об'єкту. Вимірювальні сигнали від цих датчиків обробляються логічним облаштуванням блоку автомата, що інформаційно-управляє, внаслідок чого контрольований виріб відноситься до тієї або іншої групи. Виконавчий механізм автомата направляє минулий контроль виріб у відповідну групу.

Приклад побудови вимірювальних позицій автомата для контролю розмірів деталей показаний на рисунок 3.6. Вимірювальна позиція на рисунок 3.6, призначена для контролю і сортування бочкоподібних роликів по діаметру на 48 розмірних груп. Позиція на рисунок 3.6, би забезпечує контроль ролика по довжині. Межі виміру діаметрів і висоти роликів 5-10 мм.

При контролі діаметру(рисунок 3.6, а) ролик 2 базується на столику 1 по нижньому торцю і утворює. Зміна діаметру ролика сприймається вимірювальним стержнем 3, підвішеним на тих, що пружинних, що направляють до каретки 4. Переміщення вимірювального стержня за допомогою важеля 5 передаються на фотоелектричний датчик 9, закріплений на другій каретці 8. Вимірювальне зусилля забезпечує пружина 7.

Хід вимірювального стержня обмежується регульованим упором 6. Налаштування вимірювальної голівки по діаметру робиться переміщенням каретки 4 відносно каретки 8 в горизонтальному напрямі за допомогою мікрометричної пари 12. Для установки вимірювального наконечника по

висоті можна переміщати усю каретку 8 відносно нерухомого кронштейна 11 за допомогою мікрометричної пари 10. Таким чином, використовуючи цю пару можна встановити необхідний контрольований переріз по висоті ролика, а за допомогою мікрометричної пари 12 - зробити узгодження діапазону виміру і настроювальних меж датчика 9 з діапазоном зміни діаметрів контрольованих роликів.

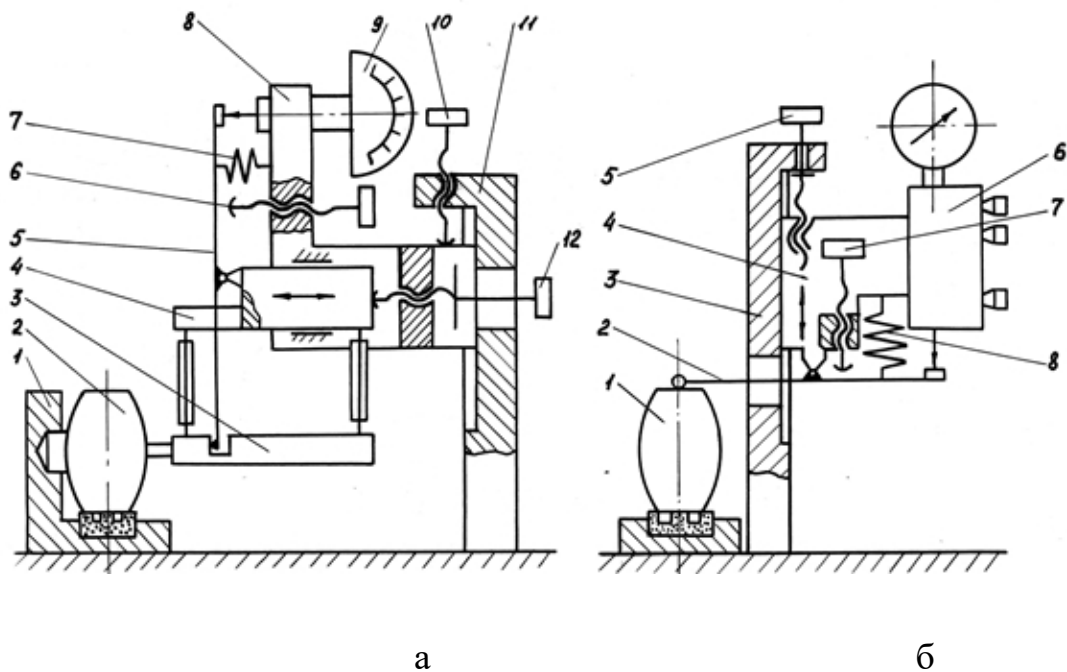


Рисунок 3.6 – Вимірювальні позиції контрольного автомата

У вимірювальній голівці для контролю висоти(рисунок 3.6, б) ролик 1 базується нижньою основою на столик. Зміна висоти ролика сприймається вимірювальним важелем 2 і передається на датчик електроконтакта 6. Вимірювальне зусилля створюється пружиною 8. Переміщення важеля ограничені регульованим упором 7. Для налаштування вимірювальної голівки каретка 4, несна вимірювального важеля і датчика електроконтакта, зроблена рухливою відносно кронштейна 3. Налаштовувальні переміщення каретки створюються мікрометричною парою 5.

Як приклад автомата, побудованого з використанням описаного принципу, розглянемо автомат для сортування голчастих роликів діаметром 1,6-3 мм і завдовжки 8-30 мм на три групи по довжині (плюсова, мінусова і придатна) і на 12 груп по діаметру (плюсова, мінусова і десять придатних).

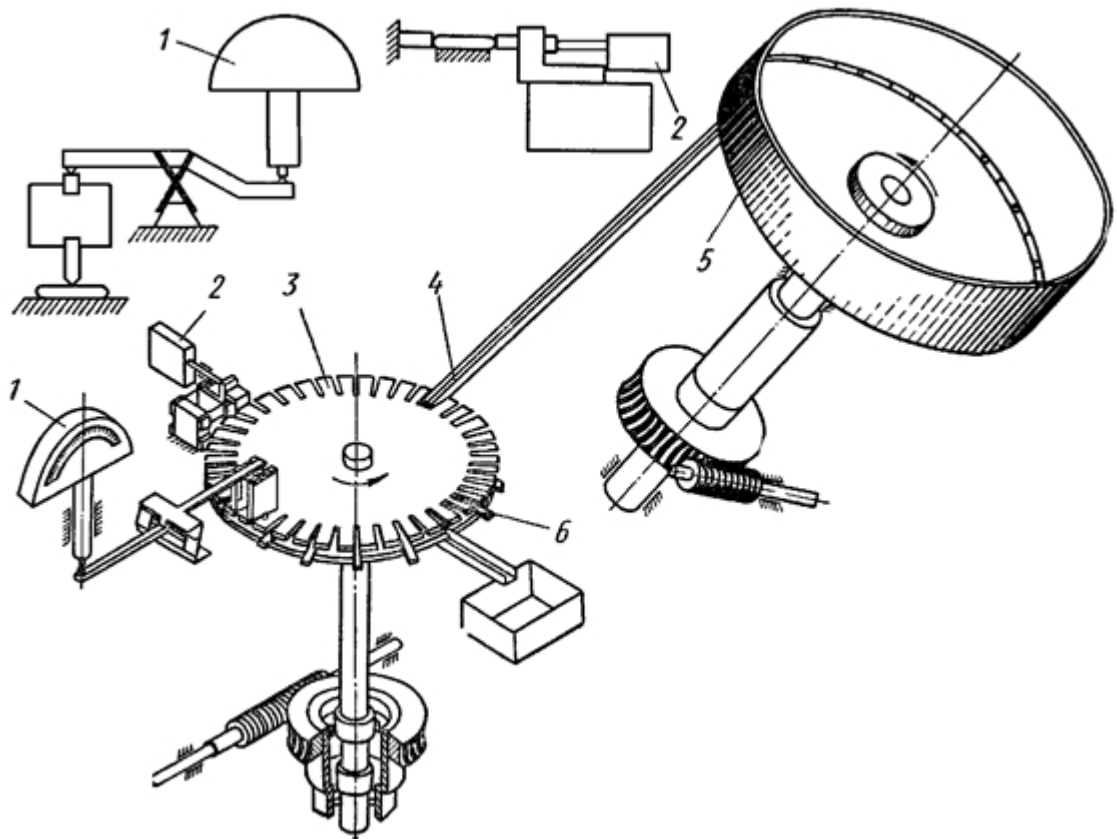


Рисунок 3.7 – Автомат для сортування роликів

Конструктивна схема автомата приведена на рисунок 3.7. Засипані у бункер 5 ролики, за допомогою диска, що безперервно обертається, подаються в приймач 4. При збігу паза транспортуючого диска 3 з вікном приймача черговий ролик западає в нього і переміщається на позицію виміру довжини. Вимір довжини робиться за допомогою датчика електроконтакта 2. У разі браку відкривається заслінка сортувального пристрою, і ролик провалюється в один з відсіків браку по довжині. Придатні ролики транспортуються далі на позицію виміру діаметру.

Контроль роликів по діаметру робиться за допомогою фотоелектричного датчика 1. Датчик контролює відхилення діаметру ролика, порівнює результат з граничними розмірами сортувальних груп і видає сигнал, що ідентифікує приналежність ролика до певної розмірної групи.

Результати виміру у вигляді сигналу магнітною голівкою записуються на магнітній стрічці, укріпленій на диску, який обертається синхронно з транспортуючим диском. Сигнали прочитуються відтворюючими голівками, включеними на входи підсилювачів, що відповідають певній сортувальній групі.

На виході кожного підсилювача включений електромагніт сортувального пристрою, який спрацьовує тільки у тому випадку, коли записаний на магнітну стрічку сигнал проходить перед відтворюючою голівкою. Електромагніти відкривають заслінки 6 у той момент, коли над ними проходить ролик відповідної групи.

Електромагніт при спрацьовуванні відкриває заслінку і ролик провалюється по лотку у відповідний відсік. За останньою відтворюючою голівкою розташована стираюча голівка, яка видаляє записані сигнали. Захоплення, вимір і сортування роликів робляться на ходу при безперервному обертанні транспортуючого диска.

Автомат забезпечує сортування роликів по діаметру з погрішністю 0,5 мкм при продуктивності 10000 роликів в годину. Така висока продуктивність характерна для масового виробництва.

З використанням аналогічних принципів будуються автомати для контролю виготовлених виробів за іншими нормованими параметрами. Наприклад, відомі автомати для контролю твердості термооброблених деталей, автомати для контролю дефектів поверхні і структури виробу та ін.

Жорстка автоматизації ефективна в масовому виробництві, доля якого за сучасними оцінками складає, як відзначалося раніше, наприклад, для машинобудування 15-20 % від загального обсягу виробництва. В той же час, при випуску спеціальних і спеціалізованих засобів жорсткої автоматизації в умовах гнучких автоматизованих виробництв, терміни їх постачання і вартість зменшуються, що розширює можливості застосування таких засобів.

4 СПЕЦЗАВДАННЯ ОСОБЛИВОСТІ НІТРОЦЕМЕНТАЦІЇ ШЕСТЕРЕНЬ

Підвищення надійності окремої деталі, вузла, машини в цілому дозволяє збільшити працездатність, понизити металоємність, зменшити енергетичні і матеріальні витрати, що дуже важливо в умовах сучасного економічного розвитку нашої країни.

Дуже відповідальними і антаженими деталями, являються шестерні, передчасний вихід з ладу яких може привести до значних економічних втрат, пов'язаних з ремонтом і технічним обслуговуванням. У зв'язку з цим вивчення причин руйнування шестерень є важливим завданням.

Зубчасті колеса машин працюють в складних умовах. Зуби випробовують тертя і знос, змінні за величиною контактні тиски, статична і циклічна напруга при вигині, динамічні навантаження. Особливостями експлуатації зубчастих коліс є несталий режим роботи, реверсивність, вібрації і тому подібне

У зв'язку з вищесказаним матеріал зубчастих коліс повинен мати високу міцність, твердість і зносостійкість поверхні, контактну витривалість, статичну і втомну міцність при вигині, достатньою в'язкістю.

Для виготовлення шестерень застосовують покращувані сталі, такі, що піддаються поверхневому загартуванню, і цементовані леговані сталі, цементациї, що піддаються, і нітроцементациї.

Завдання підвищення надійності і довговічності зубчастих коліс тісно пов'язане з аналізом причин передчасного виходу з ладу.

Систематичного дослідження причин руйнування шестерень в літературі немає, зокрема не дослідився механізм руйнування нітроцементованих шестерень, хоча нітроцементация нині є дуже поширеним і перспективним методом хіміко-термічної обробки.

Нітроцементациї піддають 94,5 % деталей, зміцнюваних ХТО. У зв'язку з цим вивчення причин передчасного виходу з ладу шестерень, у тому числі підданих нітроцементациї, є актуальним завданням рисунк 4.1.



Рисунок 4.1 - Нітроцементатація шестерень

Дослідження показали, що основними видами руйнувань зубчастих коліс є наступні: втомне вифарбовування робочих поверхонь зубів; втомне руйнування зуба при вигині; знос робочих поверхонь зубів і торцевий знос; деформація і вироблення зубів; раптові поломки.

Втомне вифарбовування робочих поверхонь зубів - один з найбільш поширених видів руйнування шестерень.

В результаті тривалої дії змінних з величини контактної напруги на робочих поверхнях зубів виникають втомні тріщинки, розвиток яких призводить до відділення часток металу. Осередки руйнування, що утворилися, звані питтингами, представлені на рис. 4.2.

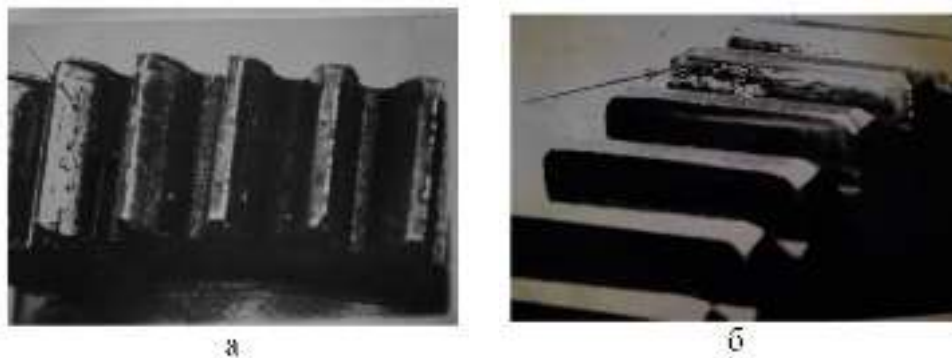


Рисунок 4.2 - Питтинги на робочій поверхні зубів шестерень : а - початкова стадія; $\times 1/3$, б - значне руйнування (вказаною стрілкою); $\times 3/4$

Утворенню питтингов сприяють дефекти макроструктури (пори, неметалічні включення і тому подібне), недостатня твердість і товщина

нітроцементованного шару, попадання в зачеплення сторонніх часток і тому подібне

Підвищення опору руйнування можна досягти оптимальною зміною радіусів кривизни зв'язаних профілів, підвищенням твердості поверхні зубів і міцності серцевини, а також точність виготовлення і монтажу зубчастої передачі, правильним вибором мастила, точним дотриманням режимів хіміко-термічної і термічної обробки.

Втомне руйнування зубів при вигині виникає від дії змінних навантажень, що багаторазово повторюються (циклічних). Вихід з ладу деяких видів коліс (провідні циліндричні зубчасті колеса автомобіля) з цієї причини складає до 70 % усіх поломок. Напруга вигину може досягати значних величин.

Втомний злам має вигляд, представлений на рис. 4.3.

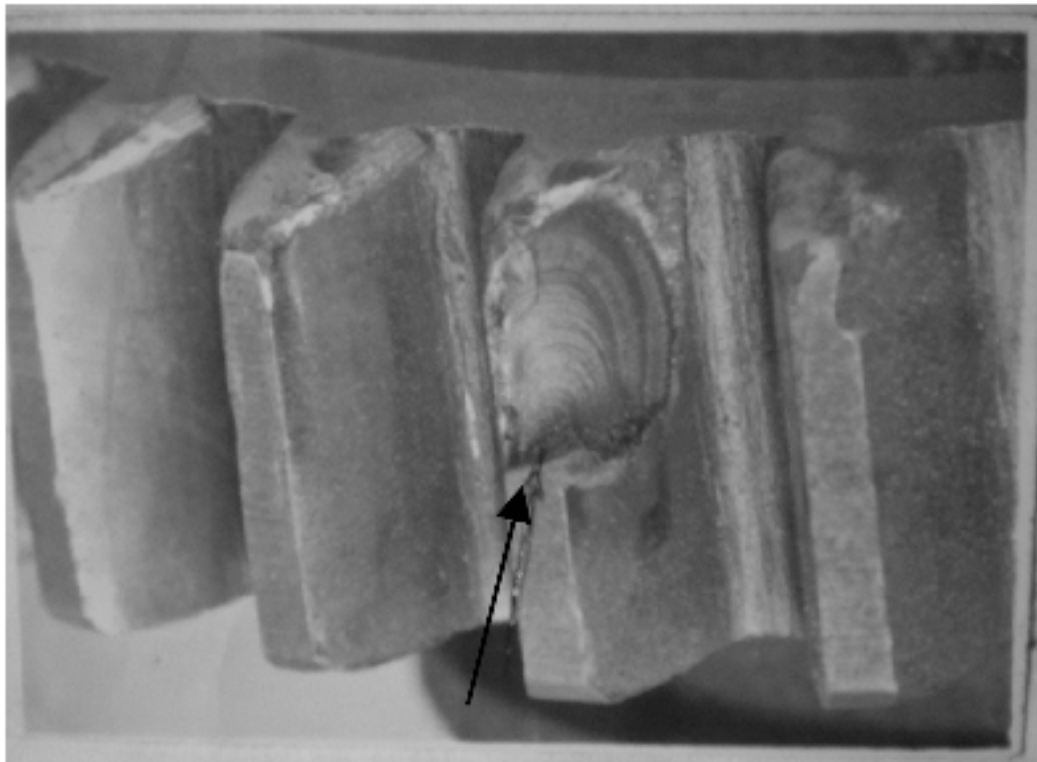


Рисунок 4.3 – Втомне руйнування при вигині зуба шестерні.

На зламі видно вогнище зародження втомної тріщини (відмічений стрілкою) і фронтальні лінії її стрибкоподібного переміщення.

Рисунок 4.4 ілюструє руйнування зубів шестерні із-за втоми при вигині, викликане завищеною глибиною нітроцементованого шару і невідповідністю структури технічним умовам.

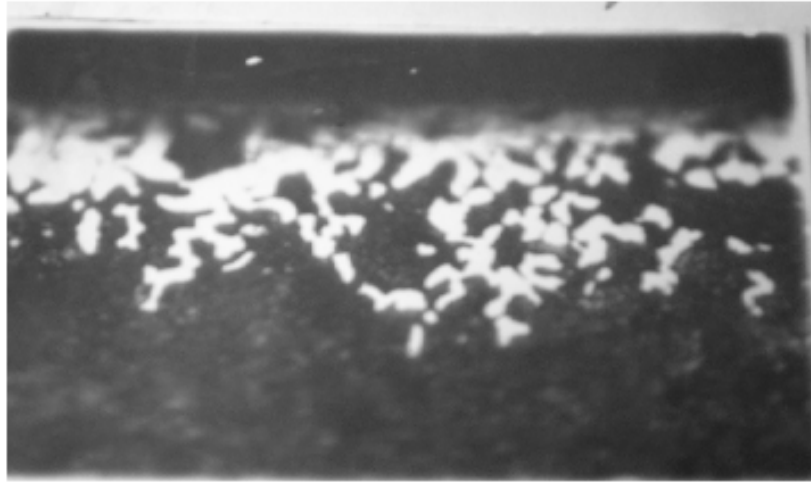


Рисунок 4.4 – Нітроцементована шестерня

Глибина нітроцементованого шару склала 2,2-2,3 мм, що майже в 2 рази перевищує необхідну глибину (0,8-1,3 мм). Наявність грубої карбонитридної сітки значно окрихчує шар і знижує втомну міцність при вигині і контактну витривалість.

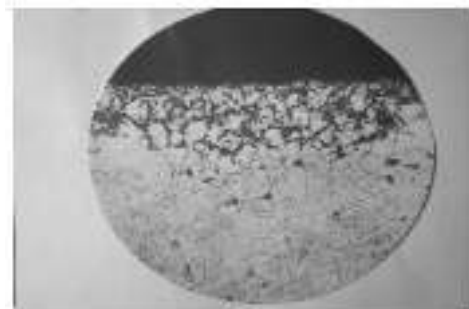
Знос робочих поверхонь зубів шестерень, як правило, викликається недостатньою твердістю поверхневого шару.

Причиною зниженої твердості поверхні може бути недотримання режимів хіміко-термічної і термічної обробки.

На рис. 4.5, а показаний знос зубів шестерні в результаті недостатньої інтенсивності охолодження в процесі загартування і освіти, разом з мартенсітом, ділянок трооститу, особливо в западинах (рис. 4.5, б).



а



б

Рисунок 4.5 – Знос робочої поверхні зубів шестерні (а); і структура нітроцементованого шару (б); а - $\times 1/9$; б - $\times 400$

Торцевий знос шестерень коробки передач має місце в результаті періодичного перемикання передач (рис. 4.6).

Дуже часто на одній шестерні може спостерігатися декілька видів руйнування, викликаних однією і тією ж або різними причинами.

Різним видам руйнування шестерень можуть сприяти занижена (рис. 4.7, 4.8) або завищена (рис. 4.9) глибина нітроцементованого шару.

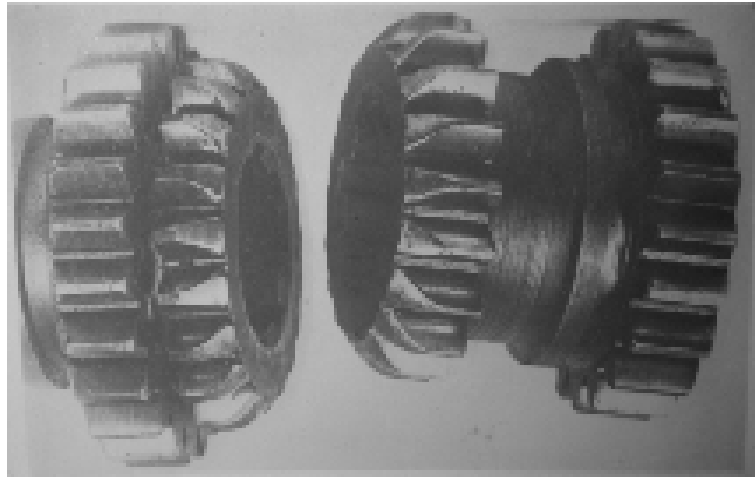


Рисунок 4.6 – Торцевий знос шестерень коробки передач; $\times 1/8$



Рисунок 4.7 - Руйнування шестерні із-за заниженої глибини нітроцементованого шару; $\times 1/2$



Рисунок 4.8 – Різні види ушкоджень шестерні внаслідок заниженої глибини нітроцементованого шару; $\times 1/4$

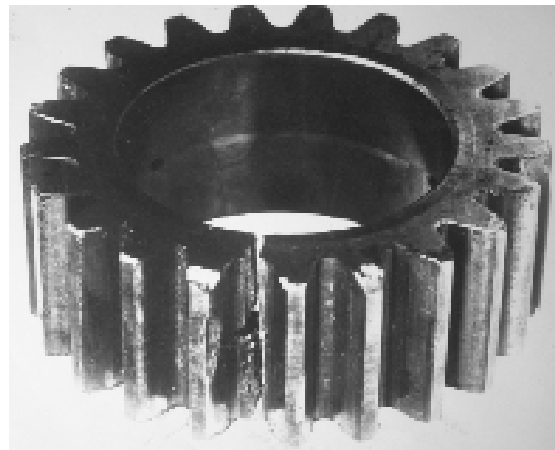


Рисунок 4.9 – Ушкодження шестерні із-за великої товщини нітроцементованого шару; $\times 1/2$

На рис. 4.8 представлена шестерня коробки передач з нітроцементованим шаром заниженої глибини, внаслідок чого спостерігається знос поверхні зубів, руйнування декількох зубів, тріщина втомного характеру, що зародилася в западині зуба.

На рис. 4.9 добре видно сколи на вершині зубів шестерні і втомне руйнування, що почалося біля основи зуба із-за великої товщини нітроцементованого шару (1,6 мм), що на 0,2 мм перевищує необхідну товщину.

При нітроцементатії робиться насичення поверхні стали одночасно вуглецем і азотом.

Залежно від використовуваних джерел отримання активного вуглецю і азоту, а також залежно від температури хіміко-термічної обробки розрізняють окремі різновиди процесу нітроцементатії.

Високотемпературна газова нітроцементатія з автоматичним регулюванням концентрації вуглецю в шарі.

Високі і стабільні прочностные показники виробів при нітроцементатії можна забезпечити тільки при автоматичному регулюванні концентрації вуглецю і азоту в шарі. У зв'язку з цим, в сучасному машинобудуванні для найбільш прогресивного методу газової нітроцементатії використовуються автоматизовані безмуфельні агрегати, в робочу камеру яких подається ендотермічна атмосфера з автоматично регульованим потенціалом вуглецю, а також строго регульованою кількістю аміаку.

Безмуфельні агрегати з ендотермічною атмосферою найширше використовуються для газової нітроцементатії шестерень з середньолегованих і малолегованих сталей, для яких можна застосовувати безпосереднє загартування з підстуджуванням.

Застосування для газової нітроцементатії нижчої температури, ніж при газовій нітроцементатії (850°C Із замість 930°C), і ступінчастого загартування в гарячій олії забезпечує значне зниження деформації шестерень.

Так, для шестерень з модулем 4 биття зубчастого вінця при нітроцементатії складає 0,08 мм замість 0,12 мм, що зазвичай отримуються після газової нітроцементатії в муфельних печах. Деформація за профілем зуба не перевищує 0,04 мм.

Поглиблені дослідження властивостей різних сталей, вживаних для виготовлення відповідальних шестерень, показали, що для отримання оптимальних показників міцності при нітроцементатії необхідно регулювати не лише концентрацію вуглецю в шарі, але також і вміст азоту. Слід враховувати при цьому, що оптимальний зміст цих елементів в шарі може змінюватися залежно від хімічного складу, стали.

На рис. 4.10 показаний вплив суми вуглецю і азоту на механічні властивості після нітроцементатії на глибину 0,5 - 0,7 мм.

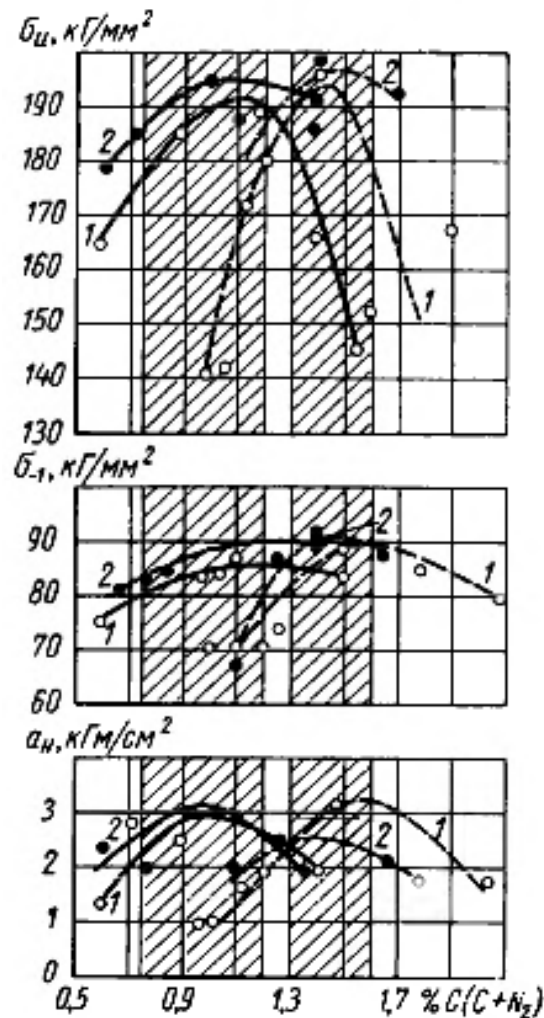


Рисунок 4.10 – Залежність показників міцності сталей від концентрації вуглецю і азоту в нітроцементованому шарі. Концентрація вуглецю показана суцільними лініями; сума концентрації вуглецю і азоту — штриховими: 1 — сталь 14XGCH2MA; 2 — сталь 25XGMT

Мікроструктура нітроцементованого шару сталей при оптимальних концентраціях вуглецю і азоту складається з мартенситу і до 50% залишкового аустеніту. При оптимальній мірі насичення вуглецем і азотом необхідно враховувати, що при надмірно низькій концентрації вуглецю в структурі шару по межах зерен мартенситу з'являється троостит. В той же час, при надмірно високій концентрації вуглецю в зовнішній зоні з'являються карбонитридні фази типу Fe_3 (рис. 4.11) і підвищується кількість залишкового аустеніту. Як зменшення, так і надмірне збільшення концентрації вуглецю в шарі призводять до зниження міцності нітроцементованої стали (див. рис. 4.10).

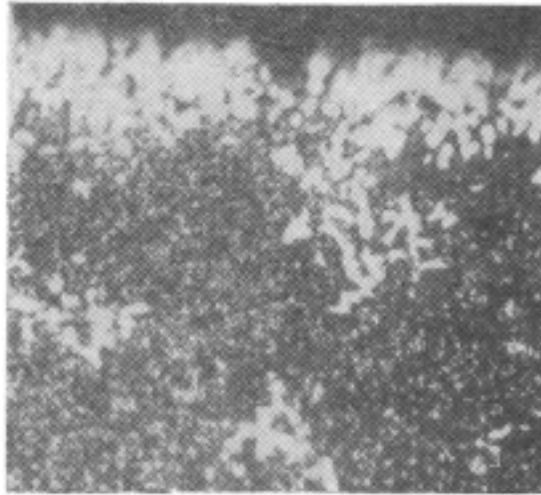


Рисунок 4.11 – Мікроструктура нітроцементованого шару з карбо-нітрідною фазою.

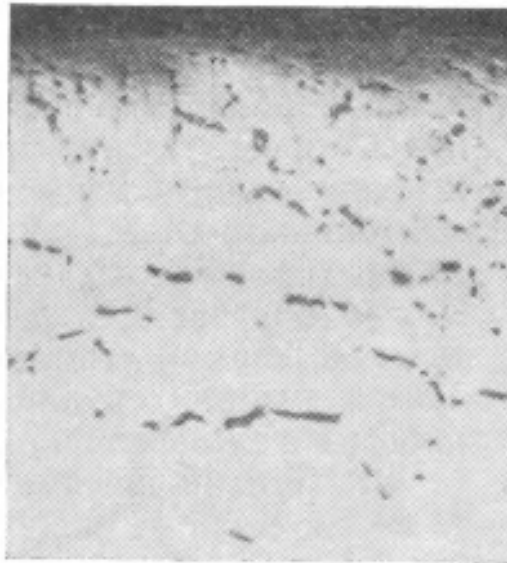


Рисунок 4.12 – Мікроструктура темної складової в нітроцементованому шарі.

Дослідження показали, що при використанні ендотермічної атмосфери і безмуфельних агрегатів автоматичне регулювання концентрації вуглецю в нітроцементованому шарі здійснюється без особливих утруднень. Різниця полягає тільки в тому, що при нітроцементатії неможливо використати регулювання вуглецевого потенціалу ендотермічної атмосфери за змістом пари води, оскільки в атмосфері, що містить аміак, швидко виходять з ладу датчики приладів, що реєструють точку роси атмосфери. У зв'язку з цим для регулювання вуглецевого потенціалу при нітроцементатії рекомендується використати системи приладів, фіксувальних вміст двоокису вуглецю в

атмосфері печі. До теперішнього часу розроблені і впроваджені в практику виробництва надійно працюючі прилади вказаного типу.

На рис. 4.13 показано, що при нітроцементзації в шахтній печі при 850° з витратою триетаноламіну $540 \text{ см}^3/\text{г}$ навіть при витримці впродовж 0,5 г спостерігається падіння концентрації азоту на периферії.

Різкіше деазотування поверхні проявляється при збільшенні витримки до 5 г. При цьому концентрація азоту на периферії знижується до 0,1%, хоча на відстані 0,12 мм від поверхні вона дорівнює 0,42 %.

Найбільш вірогідна причина такого незвичайного явища полягає у витісненні азоту вуглецем з твердого розчину впровадження при спільному насиченні стали обома елементами внаслідок того, що стійкість азотистих фаз при температурі нітроцементзації значно нижча, ніж вуглецевих, що стає очевидним при зіставленні значень термодинамічного потенціалу утворення карбідів і нітриду заліза і хрому.

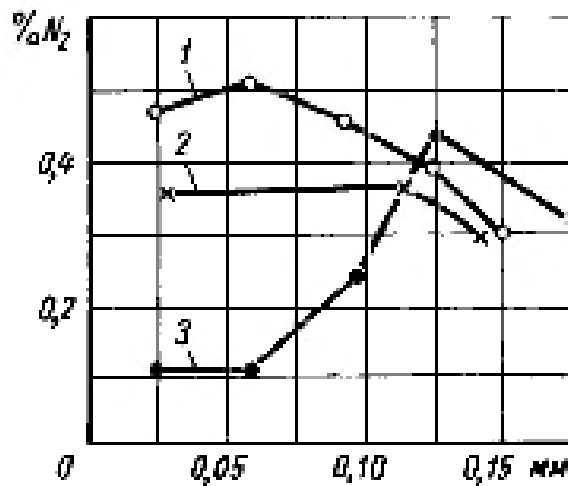


Рисунок 4.13 – Розподіл азоту по глибині нітроцементованого шару при різній тривалості процесу насичення; витрата триетаноламіну 0,54 л/г : 1 – 0,5 г; 2 – 3,0 г; 3 – 5,5 г.

При нітроцементзації по режиму комбінованих циклів насичення вуглецем спостерігаються істотні зміни показників міцності стали. На рис. 4.14 показаний розподіл вуглецю і азоту по глибині шару на сталі 14ХГСН в результаті застосування комбінованих циклів насичення вуглецем. У периферійній зоні на глибині до 0,1 мм спостерігається зниження концентрації вуглецю на 0,2 %, причому концентрація азоту знаходиться в оптимальних межах і деазотування поверхні немає. Таким чином, в даному випадку є тільки

зміна концентрації вуглецю в зовнішній зоні, без зміни в розподілі азоту. Зниження концентрації вуглецю на поверхні при нітроцементатації, так само, як і при цементатації, робить негативний вплив на міцність.

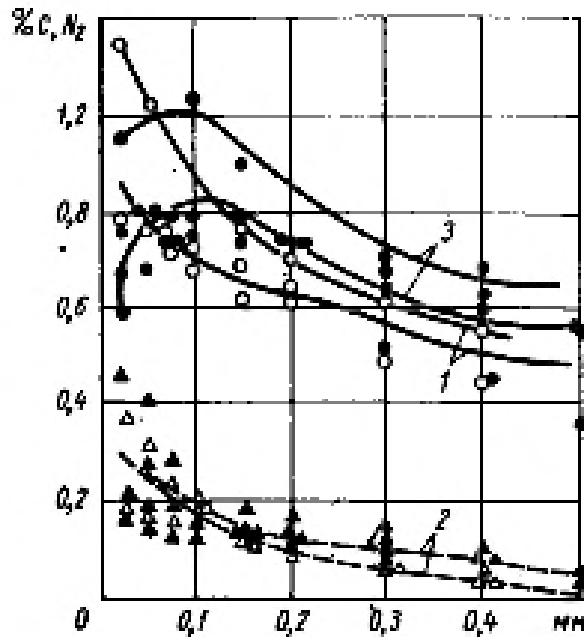


Рисунок 4.14 – Розподіл вуглецю і азоту в шарі при різних циклах насичення : 1 - вміст вуглецю; 2 - вміст азоту; 3 - сума концентрації вуглецю і азоту;

В порівнянні з цементатацією, нітроцементатація має ряд істотних переваг. При легуванні аустеніту азотом знижується температура $\alpha \leftrightarrow \gamma$ -перетворення, що дозволяє вести процес насичення при нижчих температурах. Одночасно у присутності азоту різко зростає дифузійна рухливість вуглецю в аустеніті. Незважаючи на значно нижчу температуру насичення, швидкість зростання дифузійного шару при цементатації (930 - 950 °C) і нітроцементатації (840 - 860 °C) на товщину 0,5 - 0,8 мм практично однакова. Виробничий цикл при нітроцементатації, в порівнянні з цементатацією, скорочується на 50 - 60 %.

Пониження температури насичення, без збільшення тривалості процесу, дозволяє понизити деформацію оброблюваних деталей, підвищити стійкість пічного устаткування і зменшити час на підстуджування перед загартуванням.

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.

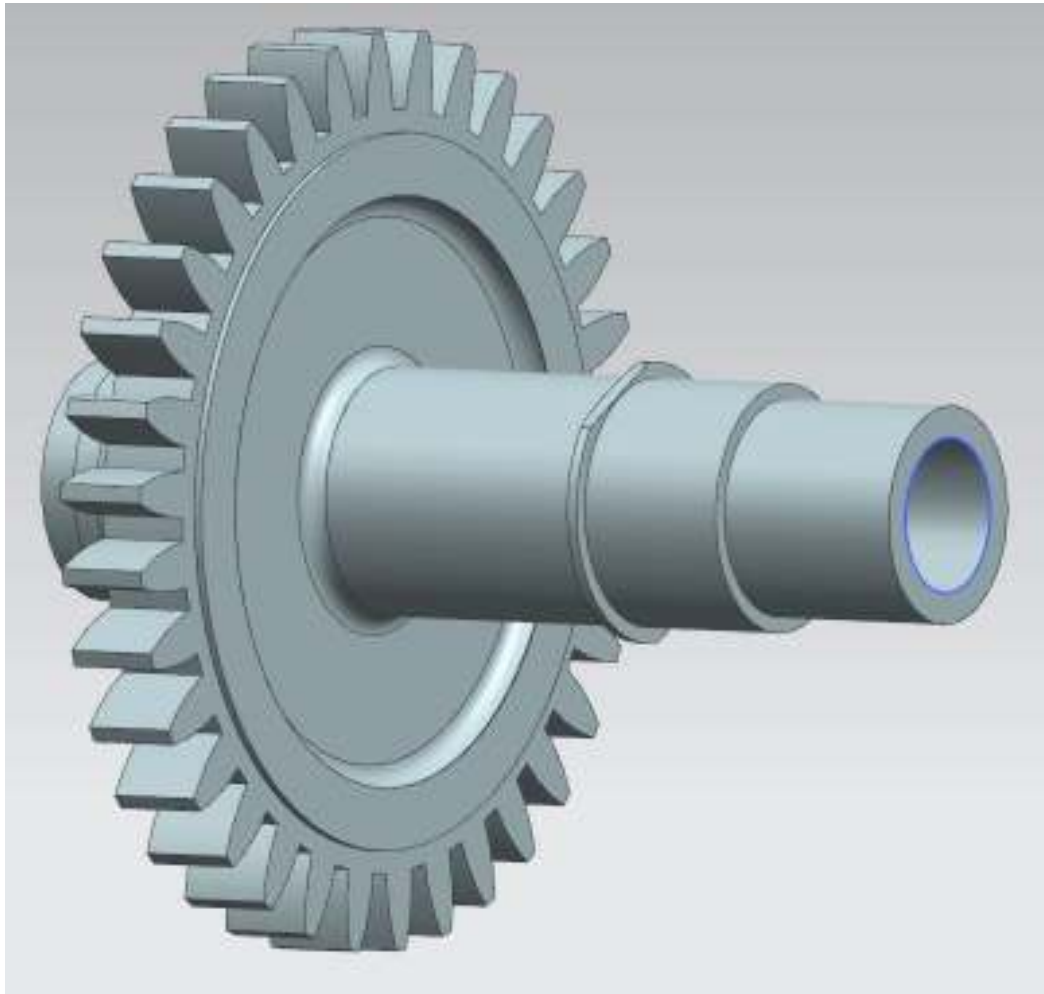


Рисунок 5.1 – Трьовимірна модель шестерні гідронасосу

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

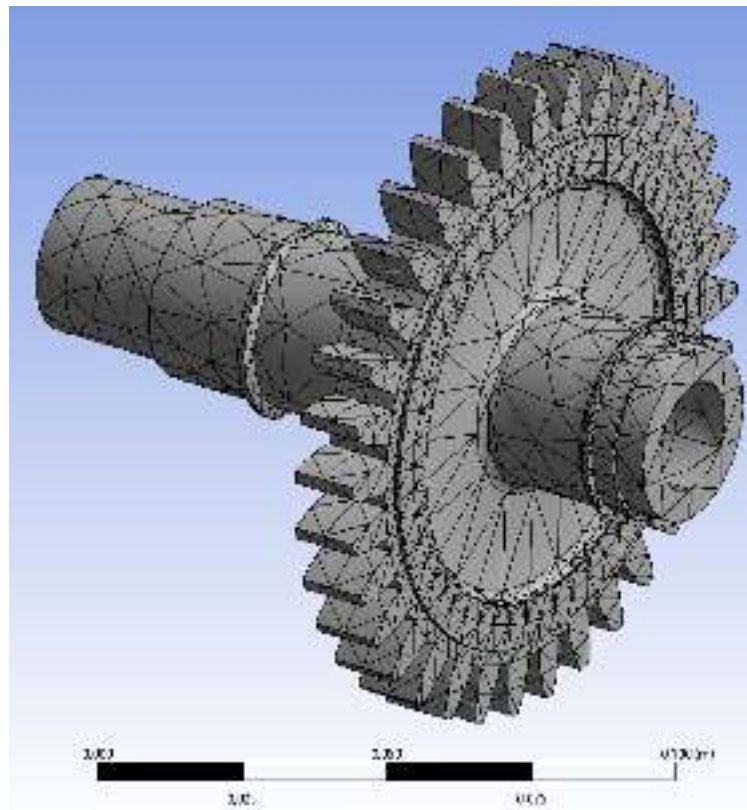


Рисунок 5.2 – Модель шестерні гідронасосу розбита на сітку кінцевих елементів

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

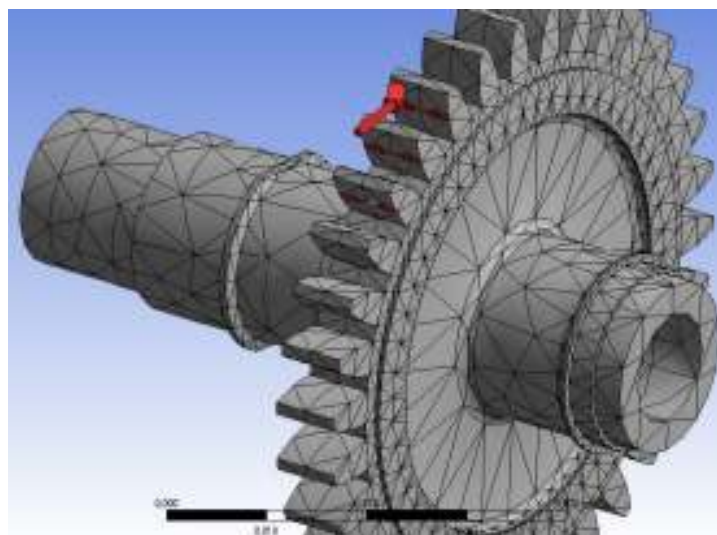


Рисунок 5.3 – Схема прикладення обмежень та навантажень

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

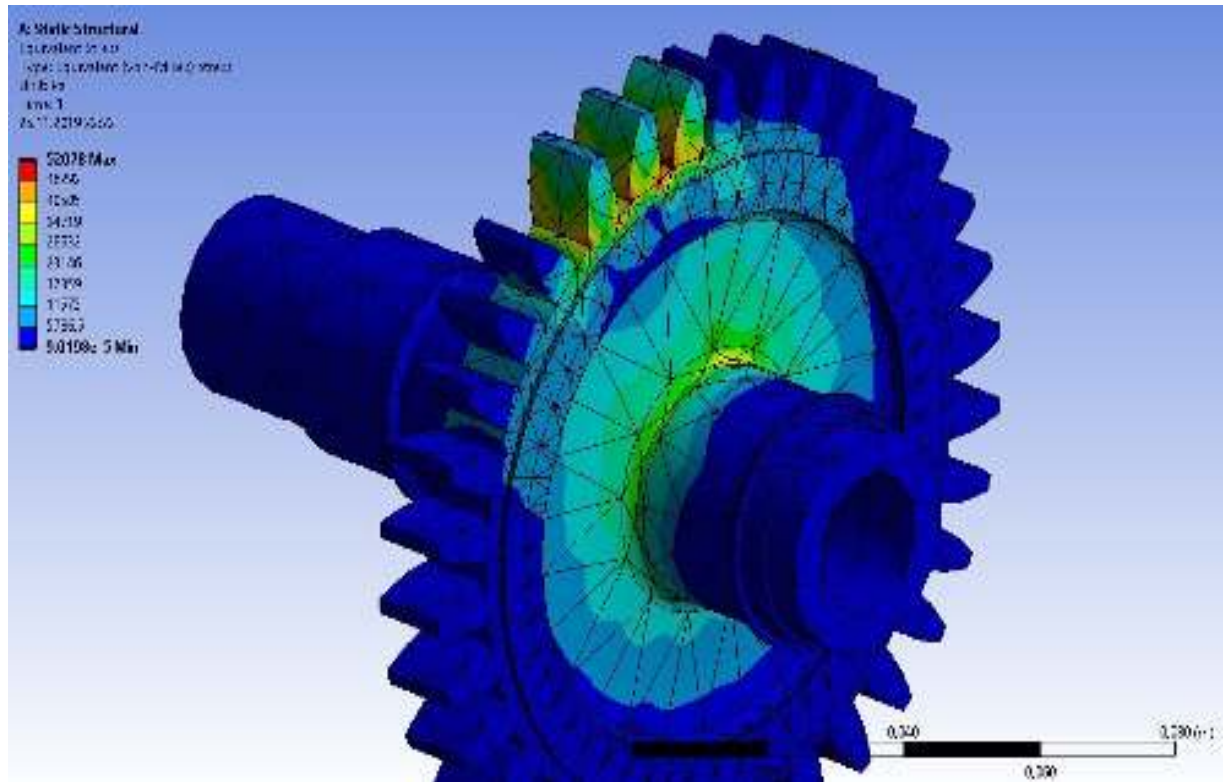


Рисунок 5.4 – Результат розрахунку напружено деформованого стану шестерні гідронасосу

У результаті виконаного розрахунку можна зробити висновок, що найбільш небезпечним перерізом буде радіус закруглення впадини зуба і збільшення його значення до 1,5мм призведе до значного збільшення міцності.

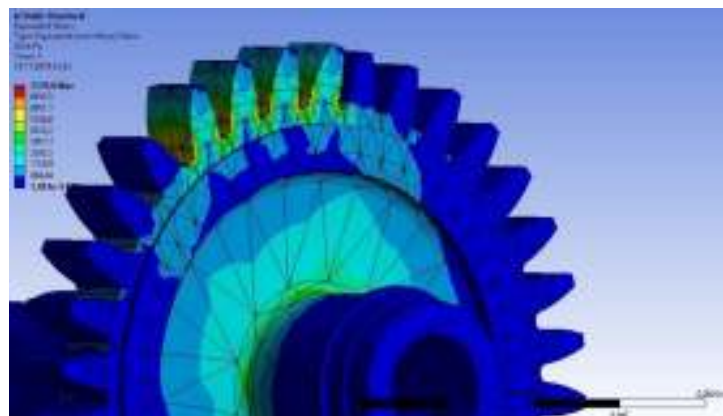


Рисунок 5.4 – Результат розрахунку напружено деформованого стану шестерні гідронасосу оптимізованої конструкції

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ

Було виконано порівняння двох варіантів отримання зубів. За базовою технологією нарізання зубів шестерні виконується на зубофрезерному верстаті 5К32А пропонується нарізку зубів виконувати на зубодовбальному верстаті 5140 необхідно визначити очікувану економічну ефективність.

Розраховуємо операцію нарізання зубів шестерні гідронасосу $m=3$, $z=34$, довжина зубів $B=13$ мм, матеріал сталь 14ХГСН2МА-Ш, твердість HRA 65...71. Програма випуску $\Pi=5000$.

Зубофрезерування виконується на верстаті 5К32А черв'ячною фрезою $m=3$, $D=112$ мм, число заходів $K=1$, матеріал – сталь Р6М5. Норма $t_{шт.к.}=9,2$ хв.

Зубодовбання виконується на верстаті 5140 прямозубим долбляком $m=3$, $D=120$ мм, матеріал – сталь Р6М5. Норма $t_{шт.к.}=4,37$ хв.

Розрахуємо кількість верстатів для виконання операції

$$\eta = \frac{t_{шт-к} \times N}{60 \times F_d} \quad (6.1)$$

де, F_d – дійсний річний фонд роботи обладнання, $F_d=4060$ год;

$$\eta_{зубодовб} = \frac{4,37 \times 5000}{60 \times 4060} = 0,09 \approx 1$$

$$\eta_{зубофрез} = \frac{9,2 \times 5000}{60 \times 4060} = 0,19 \approx 1$$

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, $З_T=10,48$ коп/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 5140 $N=2,9$ кВт,
потужність верстату 5K32A $N=5,5$ кВт.

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

де, $\sum N$ – сумарна мотужність електродвигунів верстата;

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

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

$$E_{\text{зубофрез}} = \frac{5,5 \times 0,7 \times 0,7 \times 1,68}{60} = 0,08 \text{ грн}$$

$$E_{\text{зубдовб}} = \frac{2,9 \times 0,7 \times 0,7 \times 1,68}{60} = 0,04 \text{ грн}$$

Витрати на амортизацію обладнання. Ціна верстату моделі 5140 $\Pi=125000$ грн, цена верстату 5K32A $\Pi=150000$ 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, $\alpha_1=15$;

$$A_{r_{\text{зубдовб}}} = \frac{15 \times 1,15 \times 125000}{100} = 21562,5 \text{ грн}$$

$$A_{\text{зубдовб}} = \frac{21562,5 \times 100}{4015 \times 60} = 8,95 \text{ грн}$$

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

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

Витрати на обслуговування обладнання:

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

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, $\alpha_2=0,5$;

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

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

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

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

Витрати на ремонт обладнання

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

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, $\alpha_3=4,5$;

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

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

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

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

Витрати на інструмент. Так як нарізування зубів виконується за один прохід то $Иф=17,6$ грн, $Ид=29,3$ грн [8, табл. 2.20].

Витрати на спеціальне обладнання $Пф=5,29$ грн/хв та $Пд=7,03$ грн/хв [8, табл. 2.21].

Розрахуємо технологічну собівартість для кожного варіанту.

Для зубодовбання

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

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

Розрахуємо економічний ефект від впровадження нової операції:

$$E = (C1П + E1Ц1n1) - (C2П + E2Ц2n2) \quad [6.10]$$

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

$Ц1$ та $Ц2$ – ціна одного верстата по варіантах;

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

$П$ – річна програма виготовлення деталей;

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

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

Можно зробити висновок, що економічно більш доцільно виконувати на зубодовбальному верстаті.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Для усунення ризиків травматизму, нещасних випадків та створення безпечних умов роботи під час механічної обробки деталі технологічний процес механічної обробки шестерні гідронасосу двигуна АІ 25 поведемо аналіз потенційно небезпечних факторів, що характеризують умови роботи, заходи з забезпечення техніки безпеки, виробничої санітарії та гігієни праці, а також пожежної безпеки. Крім вище зазначених питань, розглянуто заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях, а саме: захист населення при хімічному зараженні у разі аварії на хімічно небезпечному об'єкті або транспортних засобах, що перевозять сильнодіючі отруйні речовини.

7.1 Аналіз потенційних небезпек

При роботі на металорізальних верстатах існують наступні потенційні небезпеки фізичного характеру:

- руйнування ріжучого інструменту внаслідок порушення, технологічного процесу, або режимів різання може призвести до отримання травм різного ступеню важкості;
- при контакті робітника з поверхнями обладнання, оброблюваної деталі або стружки без захисних рукавиць, які мають підвищену температуру існує ймовірність отримання опіки;
- під час контакту робітника з гострими кромками, шорсткістю та задирками існує ймовірність механічних травм;
- ураження електричним струмом у зв'язку з невиконанням правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, відсутності захисного заземлення .
- існує ймовірність захвату одягу чи волосся робітника при контакті с рухомими частинами фрезерного верстата (шпиндель, стіл), що може призвести до отримання травм різної ступені тяжкості.

До потенційних небезпек санітарно-гігієнічного характеру відносяться:

- підвищений рівень шуму на робочому місці при роботі обладнання, призводить до розвитку втоми, роздратованості та зниженню уваги;
- запиленість повітря пилом та парами рідин, що виникають при випаровуванні мастил та змащувально-охолоджуючих рідин призводить до

подразнення слизових оболонок дихальних шляхів, що може викликати алергічні захворювання;

- недостатня освітленість робочого місця може призвести до погіршення зору і появи ризику отримання травми, а також до розвитку професійних захворювань.

До потенційних небезпек, що пов'язані з порушеннями правил пожежної безпеки насамперед можна віднести ймовірність виникнення загорання у зв'язку із-за несправності електро-обладнання.

Існує ймовірність виникнення надзвичайної ситуації для робітників, майна, приміщень та оточуючого середовища і насамперед може порушити умови життєдіяльності людей та призвести до людських жертв.

7.2 Заходи з забезпечення техніки 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».

Для забезпечення безпеки працюючих при виконанні операції обробки деталей, обладнання, що передбачено на механічній дільниці відповідає вимогам «Технічного регламенту безпеки машин». Обладнання є безпечним при монтажі, демонтажі, ремонті та експлуатації, а також при транспортуванні чи зберіганні протягом всього терміни служби. Обладнання є надійним протягом строку, що встановлено експлуатаційно-технічною документацією. Крім того, обладнання безпечно для навколишнього середовища та в процесі утилізації. Згідно законодавства України, роботодавець повинен забезпечити безпеку працюючих та відповідає за безпечність обладнання, що застосовується згідно технологічного процесу. Відповідальність за дотримання справного стану і безпечну експлуатацію металорізального верстату покладається на керівника підрозділу, за яким закріплений верстат.

Робітники повинні дотримуватися правил безпеки при роботі згідно НПАОП 28.5-1.34-90 «Правила щодо безпеки праці при обробці металів різанням».

Для уникнення можливих травм при контакті з рухомими частинами обладнання потрібно передбачати захисні огорожі відповідно до вимог ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож». При проектуванні та експлуатації технологічного обладнання необхідно передбачати застосування пристроїв, які виключають ймовірність контакту людини з небезпечною зоною, або знижують небезпеку контакту («Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями», Затверджено Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 № 966. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 25 лютого 2014 р. за № 327/25104).

Для уникнення травм внаслідок руйнування інструменту необхідно працювати тільки з огороженим інструментом (ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож»). При проведенні розрахунків на міцність огорож, необхідно враховувати ймовірність вильоту та удару об огорожу заготовок і ріжучого інструменту.

Перед початком роботи потрібно перевірити справність обладнання, гальмівних пристроїв на холостому ході, а також перевірити на справність та наявність дефектів ріжучий інструмент та засоби для закріплення деталей для уникнення ймовірності їх вильоту внаслідок недостатнього закріплення. Не допускати при роботі різних змін режимів різання для того, щоб уникнути можливості руйнування інструменту або порушення закріплення деталі.

Для захисту від можливих порізів, опіків та травм, пов'язаних з вильотом стружки необхідно надати робітнику засоби індивідуального захисту (спеціальний одяг, спеціальне взуття, засоби захисту рук, очей) згідно НПАОП 0.00-4.01-08 «Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту».

Засоби колективного захисту передбачені згідно ДСТУ 7238:2011 «ССБП. Засоби колективного захисту працюючих. Загальні вимоги та класифікація». Для індивідуального захисту працюючих передбачено комплектування працівників механічної дільниці взуттям та рукавицями

згідно ДСТУ 7239:2011 «ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація».

Відстань від проходу до фронтальної частини фрезерного верстата повинна становити 1 м, до бокової та тильної сторони 0,5 м. Ширина проходів складає 1,4 м, зона робітника приймається рівною 0,8 м.

Обладнання розташовано, з урахування вимог безпеки та ергономіки та відповідає ДСТУ EN 894-3:2017 «Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування». Враховано, що дискомфорт, втома, фізичні та психологічні стреси оператора повинні бути знижені до мінімально можливого рівня з огляду на такі принципи ергономіки: врахування можливих фізичних розмірів оператора, його сили і витривалості; забезпечення достатнього простору для рухів частин тіла оператора; уникнення встановлення фіксованої продуктивності; уникнення необхідності спостереження, яке вимагає тривалої зосередженості; пристосування системи взаємодії “людина - машина” до передбачуваних характеристик операторів.

Для попередження травматизму робітник повинен утримувати своє робоче місце в чистоті, не захаращувати його деталями, металевими відходами, сміттям. Під час роботи не вживати алкогольні напої, дотримуватися вимог санітарних норм та правил особистої гігієни.

При плануванні робочого місця забезпечена їх зручність, розташування потрібних для роботи пристроїв, а також зони досяжності рук працюючих, що дає можливість раціонально розташувати необхідні пристрої у відповідності з рекомендаціями ДСТУ EN 294-2001 «Безпечність машин. Безпечні відстані для запобігання можливості досягнення небезпечних зон руками», ДСТУ EN 547-2018 «Безпечність машин. Частина 3. Антропометричні дані».

Для здійснення безпечної, безаварійної та високопродуктивної роботи верстатів необхідно правильно організовувати їх експлуатацію для уникнення можливості помилок зі сторони обслуговуючого персоналу.

Для запобігання ураження електричним струмом електрообладнання має відповідати вимогам ПУЕ-2014 «Правила улаштування електроустановок»

Експлуатація електрообладнання та електроустановок має проводитися відповідно «НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» (далі «ПБЕЕ»), НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» (далі «ПБЕЕС»).

Для забезпечення захисту від випадкового торкання до струмопровідних частин необхідно прийняти наступні способи і засоби: захисне огороження; ізоляція струмопровідних частин; захисне відключення (ДСТУ EN 418-2003 «Безпечність машин. Пристрої аварійної зупинки. Функціонування і принципи проектування»);

блокування (ДСТУ EN ISO 14119:2017 «Безпечність машин. Блокувальні пристрої, з'єднані з огорожами. Принципи проектування та вибору») знаки безпеки (ДСТУ EN 457-2001 «Безпечність машин. Звукові сигнали небезпеки. Загальні вимоги проектування та випробування»).

Для забезпечення захисту від ураження електричним струмом при доторканні до металевих не струмопровідних частин, які можуть опинитися під напругою в наслідок пошкодження ізоляції, застосовують захисне заземлення, занулення, вирівнювання потенціалу системи захисних дротів, захисне відключення, ізоляцію не струмопровідних частин, які можуть опинитися під напругою вище 24 В. засоби індивідуального захисту та ін. Всі металеві частини виробничого обладнання (станини, корпуси, електродвигуни, каркаси пультів керування та ін.), якщо вони можуть опинитися під напругою вище 42 В, мають бути заземлені згідно ПУЕ-2007. Для цього їх оснащують легко оглядним пристроєм заземлення $R < 4 \text{ Ом}$ або з'єднують з нульовим дротом.

Для вчасного запобігання, вияву та лікування захворювань необхідно регулярно та своєчасно проходити медогляди: попередній - при влаштуванні на роботу і періодичний - протягом трудової діяльності відповідно до Наказу міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій». Періодичні медичні огляди мають проводитися раз на два роки комісією в складі: терапевта, невропатолога та офтальмолога, жінки обов'язково оглядаються лікарем акушером-гінекологом. До складу комісії, що проводить попередні та періодичні медичні огляди, при необхідності (за наявністю медичних показань) можуть залучатись до оглядів лікарів інших спеціальностей.

7.3 Заходи з забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці

Загальні санітарно-гігієнічні показники повітря в приміщенні при роботі за верстатом повинні відповідати ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми

мікроклімату виробничих приміщень». Оптимальні значення температури в холодну пору року при проведенні дослідницької роботи за фрезерним верстатом 18-20° С, в теплу пору року 21-23° С та мати відносну вологість 40-60%, швидкість руху повітря в робочій зоні приміщення повинна бути не більше 0,2 м/с.

Для запобігання запиленості та загазованості приміщення пилом і парами речовин, що утворюються при випаровуванні змазувально-охолоджуючих рідин та мастил необхідно передбачити вентиляційні системи, які повинні відповідати вимогам ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування». Вентиляційні системи також повинні відповідати загальним вимогам ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Рівень шуму кімнаті в лабораторії не повинен перевищувати 65 дБ згідно вимог ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

При організації робочого місця необхідно приймати всі необхідні заходи для зменшення шуму, який впливає на людину на робочих місцях до значень, котрі не перевищують допустимі. Це досягається за рахунок розробки, застосування засобів і методів колективного та індивідуального захисту, використання сучасної техніки з більш меншим виділенням шуму а також це повинно враховуватись при проектуванні підприємств, будівель та споруд різного призначення. ви

Оцінку впливу рівня вібрацій необхідно проводити за ДСТУ ISO 2631-1:2004«Вібрація та удар механічні. Оцінка впливу загальної вібрації на людину».

Необхідно дотримуватися санітарних норм при роботі з наявністю вібрацій згідно ДСН 3.3.6.039-99. «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрацій». При роботі, яка супроводжується вібраціями необхідно робити перерву через кожні 10-15 хвилин роботи. Потрібно зменшувати вібрації за рахунок застосувань конструктивних і технологічних методів, застосовувати засоби віброізоляції та вібропоглинання, своєчасно проводити плановий та попереджувальний ремонт обладнання. Потрібно застосовувати заходи лікувально-профілактичного характеру: професійні та профілактичні огляди, вітамінізація, лікувальні гімнастика та масаж рук. Для профілактичного лікування та відпочинку працюючих повинні бути організовані профілакторії та кабінети і кімнати, де проводять масаж рук у

струмені теплого повітря або сухий обігрів та мікромасаж на спеціальному обладнанні.

При проведенні робіт за металорізальним обладнанням необхідно застосовувати систему комбінованого освітлення. Освітленість при роботі за фрезерним верстатом в зоні обробки повинна бути не менше 2 000 лк, що досягається за рахунок місцевого освітлення, яке передбачається конструкцією обладнання. Вимоги природного та штучного освітлення в приміщеннях повинні виконуватись згідно ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення»

Приміщення повинні мати природне та штучне освітлення. Значення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів має становити 300-500 лк, якщо ці значення неможливо забезпечити системою загального освітлення, допускається використовувати місцеве освітлення. Штучне освітлення – освітлення будинків, приміщень, споруд та створення зовнішнього освітлення за допомогою спеціальних електроосвітлювальних установок – світильників. Система загального освітлення призначена для освітлення всього приміщення.

Правильно спроектоване та виконане освітлення забезпечує можливість нормальної діяльності, зберігає зір людини, стан його центральної нервової системи. В значній мірі від умов освітленості залежить безпека та продуктивність праці.

7.4 Шум, вплив на людину і методи захисту

Найшкідливішим фактором виробничого і побутового середовищ є шум. Особливо небезпечним є виробничий шум, дія якого є тривалою, тобто постійно супроводжує виробничий процес.

Виробничий шум - сукупність різноманітних за силою і частою звуків. Джерелом шуму можуть бути двигуни, насоси, вентиляційні пристрої, холодильне обладнання, компресори, деякі технологічні процеси - робота на ткацьких верстатах, випробування двигунів, будівельні роботи. Постійним джерелом шуму є транспорт, особливо міський (залізниця, метро, автомобілі) і на сьогодні на вулицях великих міст рівень шуму досягає 80-90 дБ. В останні роки інтенсивність шуму на виробництві й у побуті зростає, що пов'язано з підвищенням потужності і продуктивності машин, механізмів, побутових

приладів. За останні 30 років в усіх великих містах країни рівень шуму виріс на 12-15 дБ, а гучкість виросла в 3-4 рази [8].

Шум спричиняє шкідливу дію не тільки на орган слуху, але й на весь організм. При тривалому впливі шуму знижується гострота слуху (розвиток приглуховатості і глухоти), погіршується стан нервової системи (неврози), серцево-судинної (гіпертонічна хвороба) і травної (гастрити, виразкова хвороба) систем. При дії підвищеного рівня шуму (понад 80 дБ) працездатність людини знижується в середньому на 20 %, а для 30 % людей шум є причиною передчасного постаріння. Найбільш негативна дія шуму проявляється протягом перших 10 років роботи, і з плином часу ця небезпека зростає. Для визначення впливу шуму на організм людини навіть введено термін «шумова хвороба».

Виділяють три характеристики шуму - рівень тиску шуму, частоту і тривалість дії. Шумові характеристики джерела шуму визначаються згідно з ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Допустимі межі тиску шуму в різних умовах становлять 45-80 дБ. Частотну характеристику шуму подають в герцах (Гц). Вухом людини сприймає шуми в діапазоні від 16 Гц до 20000 Гц (20 кгц). Звук частотою до 16 Гц називають інфразвуком, понад 20000 Гц - ультразвуком.

Параметри шуму вимірюються приладами - шумомірами і частотними аналізаторами. Рівень робочого шуму вимірюється регулярно, 1 раз на рік, і він не повинен перевищувати 80 дБ. Класи умов праці залежно від рівня виробничого шуму поділяються на допустимі (згідно з державними санітарними нормами, ДСН 3.3.6.037-99. Санитарные нормы производственного шума, ультразвука и инфразвука), шкідливі й небезпечні.

Рекомендовані такі діапазони шуму для приміщень різного призначення:

- для сну й відпочинку - 30 -50 дБ (45 дБ вдень і 40 дБ - вночі);
- для розумової праці - 45 -55 дБ;
- для робітників цехів, гаражів, магазинів - 56-70 дБ;
- для банківських приміщень - 60 дБ;
- касового вузла банку - 75 дБ;
- інших виробництвах - до 80 дБ.

Для боротьби з виробничим шумом застосовують різні заходи. Найефективнішим є зниження його рівня у джерелі виникнення. У тих випадках, коли вплинути на джерело шуму неможливо, використовують метод зменшення сили шуму на шляху його поширення - звукоізоляцію та

звукопоглинання (стіни, загородки, перекриття з металу, товстого скла, цегли, залізобетону, які покривають пористими матеріалами, шлакотою, пінополіуретаном, тканинами тощо). Місцева ізоляція проводиться шляхом створення боксів, кабін, у яких розміщується джерело шуму.

Важливу роль у боротьбі з шумом відіграють архітектурно-будівельні рішення при проектуванні та будівництві підприємств. Цехи з високим рівнем шуму повинні бути сконцентровані в 1-2 місцях, їх необхідно оточувати зеленою зоною. За цією зоною слід розміщувати підприємства з середнім рівнем шуму, за ними - безшумні цехи та адміністративні приміщення.

Важливим профілактичним засобом попередження утомлюваності на роботі при дії шуму є чергування періодів роботи й відпочинку.

Працівники виробництв з високим рівнем виробничого шуму повинні обов'язково проходити профілактичні огляди з обстеженням насамперед стану органу слуху не менше 1 разу на рік.

Зниження загального шумового фону населених пунктів досягають шляхом перерозподілу транспортних потоків та екрануванням житлових будівель, а також облаштуванням зелених зон між вулицею та будівлями..

До засобів індивідуального захисту відносять навушники, заглушки для вух.

7.5 Заходи з пожежної безпеки

Пожежі представляють собою велику загрозу життю та здоров'ю працівників та можуть призвести до величезних матеріальних збитків. Питання забезпечення пожежної безпеки будівель і споруд має велике значення та регламентується спеціальними державними постановами і рішеннями. Пожежна безпека забезпечується системою запобігання пожежі і системою пожежного захисту згідно НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». Ці правила встановлюють загальні вимоги з пожежної безпеки до будівель, обладнання, майна.

Відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», воно належить до категорії «Д» з пожежної небезпеки – простір у приміщенні, у якому перебувають тверді горючі речовини та матеріали.

Згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» у приміщенні механічної дільниці можлива пожежа класу – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та Е (горіння електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В);

Причинами пожежі можуть бути: несправність електрообладнання (коротке замикання, перевантаження); тривале перевантаження двигунів, приводів; порушення ізоляції, потрапляння іскор або стружки з високою температурою на легкозаймисті матеріали або спецодяг.

Оскільки приміщення дільниці належить до категорії «Д» з пожежної небезпеки, тому згідно вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» воно має II ступінь вогнестійкості.

У разі виникнення пожежі у приміщенні для евакуації персоналу відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» передбачені виходи, по обидві сторони приміщення, з одного боку вікно (на пожежні сходи), а з іншого – вхідні двері. Згідно п. 2.29 (табл. 2) СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания», відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу не обмежується.

Згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту», в приміщенні (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, офісу, тощо) обладнаному ПК з ВДТ встановлена система пожежної й охоронної сигналізації «Сигнал-ВК6». Яка забезпечує виявлення теплових і димових ознак пожежі і місця виникнення пожежі з точністю до місця розміщення датчика

Рекомендується для даної категорії приміщення і класу пожежі оснащувати приміщення порошковими вогнегасниками місткістю 5л в кількості 1 шт згідно «Правила експлуатації та типові норми належності вогнегасників», затверджені наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстровані в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677. При чому гранична захищувана площа складає 900 м², що більш ніж достатньо для приміщення площею 36 м² в якому проводяться науково-дослідницькі роботи. В порошкових вогнегасниках джерелом гасіння є сухий порошок. Призначаються для гасіння твердих, рідких та газоподібних речовин, а також для матеріалів, які тліють. Рекомендуються для гасіння електроустановок з напругою до 1000 В. Зберігати потрібно у вертикальному стані в легкодоступному місці, захищеному від прямих сонячних променів і далеко від нагрівальних приладів.

7.6 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Заходи щодо забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях

Сили і засоби, які залучаються для проведення рятувальних та інших невідкладних робіт.

При підготовці РІНР найважливішими заходами є: оцінка обстановки, планування проведення РІНР у вогнищах ураження, прийняття начальником ЦЗ остаточного рішення, організація взаємодії, усебічного забезпечення сил ЦЗ і управління ними.

Основною ланкою, що організовує підготовку і проведення РІНР, є область. Тому в плані ЦО області, з урахуванням якого приймається рішення начальником ЦО як на мирний, так і на воєнний час, закладається основа угруповання сил ЦО області, визначається її чисельність для кожного категорійованого міста і міського району, намічаються всі інші заходи щодо організації рятувальних робіт і ставляться завдання підлеглим силам і ланкам управління. Аналогічно, але більш конкретно і детально плануються створення угруповань сил і можливий порядок їх дій на заздалегідь визначених ділянках (об'єктах) в містах, сільськогосподарських і міських районах.

Угруповання сил ЦЗ на воєнний час повинне відповідати задуму майбутніх дій і забезпечувати:

- можливість швидкого приведення сил у повну готовність до виконання завдань у найскладніших умовах обстановки;
- своєчасне висування сил до місця проведення рятувальних робіт, швидке їх розгортання і зосередження основних зусиль в інтересах вирішення головних завдань;
- можливість одночасного виконання робіт з максимальним використанням усіх сил і засобів у декількох вогнищах ураження для порятунку потерпілих у найкоротший термін;
- нарощування зусиль за рахунок наступних змін ешелонів і резервів, можливість здійснення маневру силами і засобами в ході робіт;
- захист особового складу;
- стійке управління силами і підтримка взаємодії між ними, а також усебічне забезпечення дій у ході проведення РІНР.

Ядром угруповань сил ЦЗ є військові частини ЦЗ і невоєнізовані формування підвищеної готовності.

Для створення угруповань сил використовуються:

- на ОГ — невоєнізовані формування об'єкта, а також територіальні формування міста (району), формування сільського району (некатегорійованого міста) та інші сили, виділені за рішенням старшого начальника ЦЗ;
- у районі — угруповання сил об'єктів району, територіальні формування району, а також військові частини ЦЗ і Збройних Сил, відомчі, спеціалізовані формування і підрозділи, формування прилеглих районів (сільських) та інші сили, виділені за рішенням старшого начальника ЦЗ для виконання завдань на території даного району;
- у місті без районного поділу угруповання сил ОГ, невоєнізовані територіальні формування міста й області, військові частини ЦЗ, підрозділи і частини військового гарнізону, а також інші сили, що виділяються згідно з планами взаємодії;
- у місті з районним поділом — угруповання сил міських районів і резерви міста;
- в області - угруповання сил категорійованих міст, населених пунктів з категорійованими ОГ, угруповання сил сільських районів і резерви.

Кожне угруповання за своїм складом повинно забезпечувати виконання повного обсягу РІНР у заданому районі (на ділянці, об'єкті).

Для забезпечення безупинного проведення РІНР до повного їх завершення, для нарощування зусиль і розширення фронту рятувальних робіт, а також для заміни сил і засобів угруповання можуть складатися з одного чи двох ешелонів і резерву. Кількість ешелонів визначається обсягом і умовами виконання рятувальних робіт, наявністю сил, а також особливостями їх розміщення в заміській зоні і можливій готовності за часом до виконання завдань у вогнищах ураження. Кожен ешелон може складатися з декількох змін. Для проведення розвідки і забезпечення висування і введення сил у вогнища ураження до складу угруповання включаються розвідувальні підрозділи і формування (загони) забезпечення руху.

При наявності двох ешелонів перший ешелон угруповання сил призначається для негайного (з урахуванням радіаційної обстановки) розгортання рятувальних робіт і ведення їх у високому темпі. З цією метою в перший ешелон включаються найбільш мобільні, добре підготовлені й оснащені сучасною технікою сили, здатні в короткі терміни прибути до вогнища ураження і приступити до робіт. Такими силами є: військові частини і підрозділи ЦО; інші військові частини і підрозділи, що виділяються

військовим командуванням згідно з планами взаємодії; територіальні та невоєнізовані формування категорійованих міст; формування міських ОГ, які продовжують виробничу діяльність, і невоєнізовані формування підвищеної готовності ближніх некатегорійованих міст і сільських районів.

Другий ешелон призначається для нарощування зусиль і розширення фронту рятувальних робіт в міру спадання рівня радіації, а також для заміни підрозділів і формувань першого ешелону. До складу другого ешелону включаються сили ЦО міст і сільських районів, що не ввійшли до складу першого ешелону, частини і підрозділи Збройних Сил і МВС з пізнішими термінами розгортання і невоєнізовані формування ОГ, які продовжують свою діяльність у заміській зоні.

Військові частини і формування, що входять до складу ешелонів, розподіляються по змінах з дотриманням цілісності їхньої організаційної структури і виробничого принципу. Кількість змін і їх склад визначається залежно від наявності сил і засобів, їх можливостей, радіаційної чи хімічної обстановки на об'єктах робіт, обсягу робіт, транспортних можливостей, наявності комунікацій і необхідного часу прибуття у вогнища ураження. Особливо ретельно визначається склад першої зміни. При її комплектуванні враховується, що техніка (бульдозери, екскаватори, крани, компресорні станції й ін.), яка входить до цієї зміни, при необхідності буде залишена на місцях робіт і передана розрахункам чергової зміни.

Резерви призначаються для вирішення завдань, що раптово виникають у ході проведення РІНР, для нарощування зусиль на найважливіших ділянках і об'єктах з метою скорочення термінів завершення робіт, для заміни чи перекидання сил і засобів на нові ділянки (об'єкти) робіт.

До складу резервів включаються формування некатегорійованих міст та віддалених сільських районів, військові частини і підрозділи, що не ввійшли до складу ешелонів, сили ЦЗ, які виділяються сусідами згідно з планами взаємодії. З початком проведення РІНР сили резерву виводяться у встановлені райони збору в кілька місць заміської зони з таким розрахунком, щоб можна було забезпечити швидке перекидання їх на різні напрямки. В міру використання резерви відновлюються в тому числі і за рахунок сил, виведених з вогнищ ураження після виконання ними поставлених завдань.

Важливе значення має підготовка загонів забезпечення руху. Вони створюються по одному на кожен маршрут введення сил у вогнища ураження і, крім того, один-два резервних у залежності від кількості маршрутів та їх складності і на випадок повторних надзвичайних ситуацій.

До складу загону звичайно включаються механізовані й інженерні підрозділи військових частин і формування ЦЗ, оснащені засобами механізації робіт з прокладання колонних шляхів і по улаштуванню проїздів у вогнищах ураження, локалізації і гасінню пожеж, обладнанню тимчасових переправ, знезаражуванню (дезактивації і дегазації) ділянок маршрутів і виконанню інших робіт для забезпечення швидкого й безпечного введення основних сил ЦЗ у вогнища ураження.

На приморських (річкових) маршрутах створюються морські і річкові загони забезпечення руху, які призначаються для забезпечення безперешкодного руху суден з військовими частинами і невоєнізованими формуваннями ЦЗ до вогнища ураження і на підходах до місць (причалів) їх висадки і вивантаження; для локалізації і гасіння пожеж у прибережній зоні, в портах, на пристанях і суднах; для знезаражування території портів, пристаней й інших місць висадки сил ЦЗ; для розчищення фарватерів і, в окремих випадках, для підготовки пунктів висадки сил на необладнаних ділянках морського (річкового) берега.

Для зручності організації робіт і управління силами територія вогнища ураження чи зони затоплення, виходячи з особливостей місцевості, планування, характеру забудови, а також з урахуванням транспортних можливостей, поділяється на ділянки, які виділяються певним силам ЦО для проведення РІНР.

При підготовці до проведення РІНР повинні бути передбачені заходи щодо приведення сил ЦЗ в готовність: доукомплектування формувань особовим складом, дооснащення їх технікою і майном; призначення формуванням і частинам ЦЗ районів розташування (вихідних районів) у замиській зоні. З початком розосередження й евакуації населення ці формування будуть виводитися в складі робочих змін у райони, розташовані за межами зон можливих руйнувань категорійованих міст.

Райони розташування повинні забезпечувати:

- розміщення формувань в їх організаційній цілісності;
- можливість швидкого збору і виступу в потрібному напрямку;
- сприятливі санітарно-епідемічні умови.

Небезпека раптового виникнення стихійних лих і можливість швидкої і різкої зміни обстановки ставлять високі вимоги до керування силами ЦЗ у мирний час. На підставі даних розвідки й оцінки обстановки начальники ЦЗ приймають чи уточнюють раніше прийняті рішення, визначають необхідні сили і засоби, висувають їх у райони стихійних лих (у місця аварій) і

організують там РІНР. Склад угруповань сил може бути різним, він визначається видами і масштабами стихійних лих і аварій, наявністю сил і засобів, характером і обсягом розв'язуваних завдань, а також особливостями місцевих умов. Ці угруповання можуть включати невоєнізовані формування різного призначення, військові частини ЦЗ, частини і підрозділи збройних сил, а також відомчі спеціалізовані формування.

Характер, обсяг і способи ведення робіт залежать від виду, причин виникнення, масштабів і тривалості стихійних лих і аварій, ступеня впливу їх наслідків на навколишнє середовище і населення, а також від наявності і підготовленості сил ЦЗ, від погоди, часу доби, пори року й інших факторів [].

Висновки

Таким чином, 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.

Недотримання правил и вимог нормативно-правових актів та законів України може призвести до негативних наслідків, травмуванню або погіршенню здоров'я фахівців, появі професійних захворювань, втраті працездатності працівника.

ВИСНОВОК

Згідно з завданням на дипломний проект, розроблено технологічний процес механічної обробки шестерні гідронасосу двигуна AI 25.

Обрано і економічно обґрунтований метод отримання заготовки. Призначено припуски на заготовку. Режими різання і технічні норми часу призначені і визначені за рекомендаціями нормативних документів авіаційної промисловості. Розроблено технологічні операції обробки деталі на верстатах з ЧПК з використанням програми 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 особливості хіміко-термічної обробки.

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

Складено альбом технологічної документації на виготовлення шестерні гідронасосу двигуна AI 25.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Справочник технолога - машиностроителя. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985.
2. Маталин А.А. и др. Проектирование технологических процессов обработки деталей на станках с числовым программным управлением.-Л., 1977г.
3. Стандарты предприятия: Система качества, Положения о цехе основного производства ОАО “Мотор Сич”, 1998. –45с.
4. Должностная инструкция. СТП 549.00.200.1 – 2004 г.
5. Горохов В.А. «Проектирование и розрахунок приспособлений»: Учебное пособие для студентов вузов. – Минск: «Вышэйшая школа», 1986г. – 237с.
6. Иванов И.И. «Детали машин» Учебник для вузов. – 2-е издание. – М.: Машиностроение 1983г. – 277с.
7. 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.
8. 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.
9. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика.М.: Машиностроение,1961.-Т.2.- 890 с.
10. В.А. Богуслаев, В.А. Лиховицер, А.С.Смирнов. Станочные приспособления, монография., – г. Запорожье , изд. ОАО «Мотор Сич». 2000 г.,461 с.
11. 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.
12. 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.
13. Трубин Г. К- Контактная усталость Материалов для зубчатых колес. М., Машгиз, 1962.
14. Hultgren A. Transaction ASM, 1987, v.
15. Gas Carburizing. Book of ASM Committee, USA, 1984.

16. Frederick S., Newman A. Gears Failure Proceedings of the International Conference of Gearing. London, 1988.
17. Справочник металлиста под редакцией Ачеркана Н.С., т. 1. «Машиностроение», 1965.
18. Ассонов А. К. Современные методы термической обработки. М., «Машиностроение», 1964.
19. Тарасова А. М. Стали для автомобильных деталей в США. «Автомобильная и тракторная промышленность», 1978, № 8.
20. Мороз Л. С., Шураков С. С. Проблема прочности цементованной стали. Л., Минтрансмаш, 1978.
21. Козловский И. С. Пути повышения прочности стали для автомобильных шестерен. Сб. «Повышение усталостной прочности деталей машин». М., Машгиз, 1972.
22. Справочник металлиста, т. 2. Машгиз, 1953.
23. Перельман Е. Г. Рациональный выбор марок стали для цементуемых деталей. Сб. «Современные сплавы и их термическая обработка». М., Машгиз, 1958.
24. Козловский И. С. Новая цементуемая сталь для автомобильных шестерен. «Автомобильная и тракторная промышленность», 1984, № 8.
25. Окнов М. Г. Изменение объема стали при закалке. Журнал Русского металлургического общества, 1966, № 3.
26. Ассонов А. Д. Развитие технологии термической обработки. «Металловедение и термическая обработка», 1985, № 8.
27. Минкевич А. Н. Химико-термическая обработка стали. Справочник «Металловедение и термическая обработка», под редакцией Гудцова Н. Т., Бернштейна М. Л., Рахштадта А. Г. М., Металлургиздат, 1996.
28. Спектор А. Г. Изменение размеров подшипников при термообработке, хранении и эксплуатации. Сб. «Предотвращение деформации при термической обработке». М., МДНТП, 1996.
29. Козловский И. С., Новикова А. Я., Калинин А. Т., Никонов В. Ф. Повышение прочности автотракторных шестерен цементацией и нитроцементацией. «Металловедение и термическая обработка металлов», 1966, № 5.

30. Каюшников П. Я- Деформация стали 1 при закалке. «Современные сплавы и их термическая обработка». М., Машгиз, 1988.
31. Воробьев В. Г. О временном изменении механических свойств при внутренних превращениях. «Металловедение и термическая обработка металлов», 1958, № 3.
32. Блантер М. Е., Машков А. К. Аномальные изменения свойств сплавов в процессе фазовых превращений. «Металловедение и термическая обработка металлов», 1989, № II.
33. Гуляев А. П. Термическая обработка стали. М., Машгиз, 1990.
34. Свешников Д. А., Кудрявцев И. В., Гуляева Н. А., Голубовская Л. Д. Исследование химико-термической обработки зубчатых колес. «Металловедение и термическая обработка металлов», 1996, № 7.

Перв. примен.	Справ. №	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	При- мітка											
Подп. и дата	Инв. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.		Документація													
					A1	НУЗП 27834.1.014	Складальне креслення	1											
					A4		Пояснювальна записка	1											
							Деталі												
						1	Планшайда	1											
						2	Мембрана	1											
						3	Кольцо	1											
						4	Основа	1											
						5	Пневмоциліндр	1											
						6	Кришка	1											
						7	Поршень	2											
						8	Тяга	2											
						9	Шток	2											
						10	Поршень	1											
						11	Стопорна гайка	1											
	12	Муфта	1																
	13	Ось	1																
	14	Упор	1																
	15	Кільце	1																
	16	Втулка	1																
	17	Гайка спеціальна	4																
						Стандартні вироби													
		18				Болт 15 × 50	4												
						ГОСТ 1491-80													
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № докл.	Подп. и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	НУЗП 27834.1.014	Лит.	Лист	Листов						
														Разраб.	Чирка			Токарне пристосування	1
														Пров.	Пухальська Г.В.				
														Н.контр.	Логоміов В.О.				
	Утв.	Дядя С.І.								НУЗП гр. Мз-118м									

Перв. примен.	Справ. №	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка				
Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.				Документація						
					A1	НУЗП 401314.014	Складальне креслення					
						1	Плита	1				
						2	Двигжок	1				
						3	Стійка	1				
						4	Гайка	1				
						5	Кронштейн	1				
						6	Тяга	1				
						7	Проставка	1				
						8	Корпус	1				
						9	Важіль	1				
						10	Стакан	2				
						11	Контр-гвинт	1				
						12	Корпус	1				
	13	Планка	1									
	14	Ножка	4									
	15	Планка	1									
	16	Планка	1									
	17	Планка	1									
	18	Болт	1									
	19	Втулка	1									
	20	Вісь	1									
Подп. и дата					ЗНТУ 401314.014							
Инв. № подл.			Изм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Пристрій для контролю биття профілю зубів	Арк.	Аркцш	Аркцшів	
			Разраб.	Чирка							1	4
			Пров.	Пухальська Г.В.								
			Т.контр.	Пухальська Г.В.								
			Н.контр.	Логомінов В.О.								
			Утв.	Дядя С.І.					НУЗП Мз-118м			

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
		21		Важіль	1	
		22		Наконечник	1	
		23		Корпус	1	
		24		Ручка	1	
		25		Кришка	1	
		26		Фланець	1	
		27		Ручка	2	
		28		Притискач	2	
		29		Фланець	1	
		30		Призма	1	
		31		Кришка	1	
		32		Центр	2	
		33		Центр	2	
		34		Гвинт	2	
		35		Гайка	1	
		36		Наконечник	1	
		37		Втулка	2	
		38		Гайка	2	
		39		Вставка	1	
		40		Планка	2	
		41		Палець	1	
		42		Гайка	1	
				Стандартні вироби		
		43		Болт М10-6d × 60.58	1	
				ГОСТ 7798-70		
		44		Гвинт М3-6d × 10.58	1	
				ГОСТ 1419-72		
		45		Гвинт М6-6d × 12.58	6	
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ЗНТУ 401314.014	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
					Лист	
					2	

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				ГОСТ 1491-72		
		46		Гвинт М6-6d × 20.58	8	
				ГОСТ 1491-72		
		47		Гвинт М6-6d × 25.58	8	
				ГОСТ 1491-72		
		48		Гвинт М6-6d × 25.58	8	
				ГОСТ 1491-72		
		49		Гвинт М4-6d × 12.58	1	
				ГОСТ 10343-63		
		50		Гвинт М5-6d × 25.58	1	
				ГОСТ 10343-63		
		51		Гвинт М4-6d × 10.58	2	
				ГОСТ 17473-72		
		52		Гвинт М5-6d × 16.58	6	
				ГОСТ 17473-72		
		53		Гвинт М6-6d × 25.58	2	
				ГОСТ 17473-72		
		54		Втулка 12Н7	1	
				ГОСТ 18432-73		
		55		Втулка 12Р8		
				ГОСТ 18432	1	
		56		Втулка 20Н7	2	
				ГОСТ 18432-73		
		57		Гайка М12 × 1,5-8Н5	1	
				ГОСТ 5813-81		
		58		Гайка М12 × 1,25-6Н5	1	
				ГОСТ 5916-70		
		59		Пружина	2	
				ГОСТ 13766-68		
		59		Пружина	2	
				ГОСТ 13766-68		
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ЗНТУ 401314.014	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	
					3	

