



УКРАЇНА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(ЗНТУ)

РЕЦЕНЗІЯ

на магістерську роботу Особливості технологічного процесу
(вказати тему дипломного проекту (роботи))

обробки складно-профільних поверхонь деталей
Студент Іхтіков А. О.

Спеціальність «131. Прикладна механіка» , група МЗ-113.м

Обсяг проекту повний

Кількість аркушів креслень 7,5 А1

Кількість сторінок пояснювальної записки 106

а) короткий зміст проекту та прийнятих рішень в роботі:
обґрунтовано способи виготовлення заготовки, запро-
поновано використання електродериваційної обробки
замість лервої, розраховані припуски, режим
різання, призначені заходи з техніки
безпеки та охорони праці.

б) висновок про відповідність проекту завданню виконана
робота відповідає завданню

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

В роботі використано прогресивне
обладнання, що дозволяє підвищити
продуктивність та якість обробки

г) негативні особливості виконання проекту при виконанні
обробки на плоскому рухомому верстаті
з круговою подачею неаціонально оброблявати
одну деталь

д) позитивні особливості робота виконана з вико.

рисунків сучасних програмних
продуктів

е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до проекту
графічних матеріалів та пояс-
нювальних записок виконані у відповідно-
вності до нормативних документів

є) відгук про роботу загалом робота виконана
в повному обсязі

ж) інші зауваження

з) оцінка проекту в цілому робота заслу-
говує оцінки добре

Рецензію склав

Зел. каф. ТМБ Перс. Т
(посада, місце роботи, прізвище, ім'я, по батькові)

Р
(підпис)

« 18 » 12 20 18 р.

[11:24:18] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №732 [3] (200028 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:24:27] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №737 [3] (200028 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:24:38] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №742 [3] (200028 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:24:48] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №747 [3] (200028 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:25:23] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №752 [3] (200028 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:25:36] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №757 [3] (200028 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:25:49] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №762 [3] (200028 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:26:01] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №767 [3] (200028 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:26:09] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №772 [3] (200028 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:26:10] Тип проверки: *Стандартная*

[11:26:10] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 27%)**

[11:26:10] **Уникальность текста 75%[©]** (Проигнорировано подстановок: 0%)

Перевірку на плагіат програмою AntiPlagiarism.NET, магістерської роботи Ухтіков А.О., провів

зав. лаб. каф. ТМБ Паміров В.М.

18.12.2018р.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

Пояснювальна записка

до магістерської роботи
другий (магістерський)
(рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему Особливості технологічного процесу
обробки складно-простірливих поверхонь деталей

Виконав: студент ____ курсу, групи ____
спеціальності (напряму підготовки)
131 Прикладна механіка
(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Чутіков А.О.
(прізвище та ініціали)
Керівник Козлова О.Б.
(прізвище та ініціали)
Рецензент Дегдє С.І.
(прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя
2018 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет машинобудівний
 Кафедра технології машинобудування
 Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) Другий (магістерський)
 Спеціальність 131 Прикладна механіка
 (код і назва)
 Напрямок підготовки _____
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМБ
Регістр РЛ
 "18" 12 2018 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Читіков Артем Олександрович
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Особливості технологічного процесу обробки складно-профільованих поверхонь деталей

керівник роботи Козлова Олена Борисівна
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "26" 11 2018 року № 372

2. Строк подання студентом роботи 20.12.18

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі різна програми випуску N5000

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Технологічна частина, Конструкторська частина Автоматизація контролю заданих розмірів спеціальне завдання електроерозійної обробки, Оптимізація геометрії деталі, Охорона праці

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

Креслення деталі, креслення загонів, креслення абиано-підстав, креслення конуса зитиждомаючого програми N Основні поняття електроерозійної обробки, пристосування для токарної обробки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Прийняв виконане завдання
Технолог. таб	Козлова Є.Б		
Констр таб	Козлова Є.Б		
Автоматизація	Козлова Є.Б		
Спец. завдання	Козлова Є.Б		
Оптимізація	Козлова Є.Б		
Охорона праці	Іммерко В.І		
Нормативні	Ташоткін А.В		

7. Дата видачі завдання 03.09.2018

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Технологічна частинка	1.10.18	
2.	Конструкторська частинка	15.10.18	
3.	Автоматизація контролю заданих розмірів деталі	29.10.18	
4.	Спеціальне завдання електропроектна обробка	12.11.18	
5.	Оптимізація конструкції деталі	26.11.18	
6.	Охорона праці	8.12.18	

Студент

(підпис)

Уртіков А.О

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Козлова Є.Б

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Текст пояснювальної записки складається з сторінок основного тексту і сторінок додатку, таблиць, малюнків, використаних джерел. Графічна частина складається з креслень формату А1, 1 креслення А2.

Метою магістерської роботи з технології машинобудування є закріплення і поглиблення отриманих знань, поповнення їх новими досягненнями сучасної прогресивної технології і застосування новітнього обладнання. Вивчення систем автоматизації та механізації технологічних процесів, накопичення досвіду самостійної інженерної діяльності по розробці технології виготовлення деталі підвищеної точності, конструювання технологічної оснастки, ріжучого інструменту і контрольного пристосування.

Графічна частина проекту складається з робочого креслення кільця упорного, заготовки, креслень пристосувань верстатного для фрезерування пазів і контрольного для перевірки паралельності, планування обладнання на ділянці, плаката по спецзавданням.

Альбом технологічних карт оформлений окремим томом. Він включає розробку технологічного процесу обробки кільця упорного.

ЗАГОТОВКА, ДЕТАЛЬ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ПЛАН ОБРОБКИ, РЕЖИМ РІЗАННЯ, НОРМА ЧАСУ, КІЛЬЦЕ УПОРНЕ.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ЕЕО	Електроерозійна обробка
КГШП	Кривошипно-гарячештампувальний прес
КП	Керуюча програма
МОП	Маршрут обробки поверхні
МОР	Мастильно-охолоджуюча рідина
ППТК	Послідовність показників точності і якості
ТО	Термічна обробка
ТП	Технологічний процес
ТВ	Технічні вимоги
ХТО	Хіміко-термічна обробка

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП.....	11
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	12
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі.....	12
1.1.1 Опис виробу	12
1.1.2 Призначення деталі.....	13
1.1.3 Технологічний контроль креслення.....	14
1.1.4 Характеристика формотворчих поверхонь	15
1.1.5 Механічні властивості матеріалу	16
1.2 Визначення типу виробництва	17
1.3 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки.....	18
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі	21
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність	21
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	23
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	27
1.5 Визначення операційних припусків і розмірів заготовки.....	27
1.5.1 Розрахунок операційних припусків і розмірів заготовки розрахунково-аналітичним методом	27
1.5.2 Розрахунок операційних припусків та розмірів заготовки табличним методом	Ошибка! Закладка не определена.
1.6 Розрахунок режимів різання.....	34
1.6.1 Операція 40 (токарна з ЧПК)	34
1.6.2 Операція 65 (фрезерна з ЧПК)	36
1.6.3 Операція 85 (плоскошліфувальна).....	39
1.6.4 Операція 130 (плоскошліфувальна).....	41
1.7 Нормування операцій	44
1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПУ, з використанням NX CAM	48
1.8.1 Розробка токарної операції	48
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	54
2.1 Проектування робочого пристосування	54
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	54
2.1.2 Розрахунок пристосування на точність	55
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску.....	57

	10
2.2 Проектування контрольного пристосування	59
3 АВТОМАТИЗАЦІЯ АВТОМАТИЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЗАДАНИХ РОЗМІРІВ ДЕТАЛЕЙ ПРИ МЕХАНІЧНІЙ ОБРОБЦІ НА ВЕРСТАТАХ.....	61
3.1 Класифікація різних засобів для активного контролю розмірів оброблюваних деталей	61
3.2 Класифікація датчиків в залежності від способу перетворення вимірювальних імпульсів	64
3.2.1 Електроконтактні вимірювальні системи з електроконтактними датчиками.....	64
3.2.2 Індуктивні вимірювальні системи з індуктивними датчиками	65
3.2.3 Ємнісні вимірювальні системи з ємнісними датчиками	66
3.2.3 Пневматичні вимірювальні системи і пневматичні датчики.....	67
3.3 Прилади для зв'язаного шліфування	67
4 СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНА ОБРОБКА	70
4.1 Сутність електроерозійної обробки	70
4.2 Обладнання для електроерозійної обробки	74
4.3 Класифікація основних видів електроерозійної обробки	85
5 ОПТИМІЗАЦІЯ ГЕОМЕТРІЇ ДЕТАЛІ.....	89
5.1 Розрахунок на міцність. Визначення напружено-деформованого стану деталі	89
6 ОХОРОНА ПРАЦІ	91
6.1 Аналіз потенційних небезпек	91
6.2 Заходи по забезпеченню безпеки	92
6.3 Заходи по забезпеченню безпеки	95
6.4 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.....	100
6.5 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.....	102
6.6 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	104
ВИСНОВОК	106
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	107
ДОДАТОК А	109
ДОДАТОК Б.....	110

ВСТУП

При переході машинобудівного виробництва в ринкову економіку перед ним постають безліч різних завдань і питань, які потребують негайного і правильного їх вирішення.

Зростаюча конкуренція серед виробників продукції вимагає в мінімальні терміни, максимальної якості з найменшою собівартістю обробки виробу.

Собівартість виробу в значній мірі залежить від використання прогресивних технологічних процесів на виробництво продукції, застосування відповідно прогресивного технологічного обладнання та скорочення тривалості виробничого циклу і виготовлення деталі.

Тривалість виробничого циклу виготовлення деталі в свою чергу можна скоротити, застосовуючи механізоване і автоматизоване обладнання та приладдя (як робочі, так і контрольні), зменшення ручної праці, використання автоматизованих методів збирання стружки і транспортування деталей використання передових методів управління виробництвом.

В значній мірі скорочується тривалість циклу конструкторської та технологічної підготовки виробництва, при використанні новітніх засобів автоматизованої підготовки виробництва.

Якість створюваного виробу створюється на етапах підготовки та виробництва продукції і реалізованої в процесі експлуатації. Важливою складовою забезпечення якості продукції є контроль, як в ході виконання технологічного процесу, так і остаточний контроль деталі. Для забезпечення великої відсотка контрольованих деталей і зменшення часу на контроль, необхідно застосовувати контрольні пристосування з автоматичним і напіваавтоматичним циклом роботи, при використанні різних режимів, а також систем переробних і аналізують отриману інформацію.

Як висновок можна написати, що в умовах ринкової економіки визначальне значення в положенні підприємства матиме застосування найбільш продуктивних, з найменшою собівартістю коштів праці, які забезпечують необхідну якість, виконання конструкторських і технологічних робіт зі складанням мережевий моделі роботи підприємства, застосування найбільш ефективних засобів і методів контролю якості продукції.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

1.1.1 Опис виробу

Об'єктвиробництва – тривальний турбореактивний двоконтурний авіаційний двигун (рис. 1.1).

Двигун виконаний за трьохвальною схемою з переднім розташуванням вентилятора і з роздільними потоками та соплами. Ротор компресора розділений на три самостійних ротора (трьохвальна схема), кожен з яких обертається своєю турбіною. При цьому ротори мають різні оптимальні для них частоти обертання і пов'язані між собою тільки газодинамічним зв'язком.

Виконання двигуна за трьохвальною схемою дозволило отримати більш високий ККД окремих каскадів компресора, забезпечити необхідні запаси газодинамічної стійкості компресора, використовувати для запуску двигуна пусковий пристрій малої потужності, тому що при запуску стартер розкручує тільки ротор компресора високого тиску.

Крім того, у трьохвального двигуна ротори коротші і тому вони жорсткіші та краще зберігаються радіальні зазори.

Двигун розділений на 12 основних модулів:

- робоче колесо вентилятора;
- напрямний апарат вентилятора;
- вал вентилятора;
- компресор низького тиску;
- коробка приводів
- задня опора;
- турбіна вентилятора;
- ротор турбіни низького тиску;
- корпус опор турбін;
- ротор турбіни високого тиску;
- камера згоряння;
- проміжний корпус, зібраний з компресором високого тиску.

Кожен з модулів є закінченим конструктивно-технологічним вузлом і може бути демонтований і замінений без розбирання сусідніх модулів, що забезпечує можливість відновлення його експлуатаційної придатності заміною деталей і вузлів в умовах експлуатації.

Велика ступінь двухконтурності двигуна і високі параметри газодинамічного циклу забезпечують його високу економічність. У вихідній частині зовнішнього контуру на двигун може бути встановлено реверсивний пристрій.



Рисунок 1.1 – ДвигунД-36

1.1.2 Призначення деталі

Кільце упорне входить до складу радіально-торцевого контактного ущільнення ротора турбіни 1-го ступеня (рис. 1.2).

Кільце призначене для організації розділення повітряної та масляної порожнин ротора 1-го ступеню. Одна з поверхонь є частиною щільного радіально-торцевого контактного ущільнення. В іншу поверхню упирається ролікопідшипник. Маслозбірні вікна служать для відбирання мастила, що підводиться для змащування ролікопідшипника.

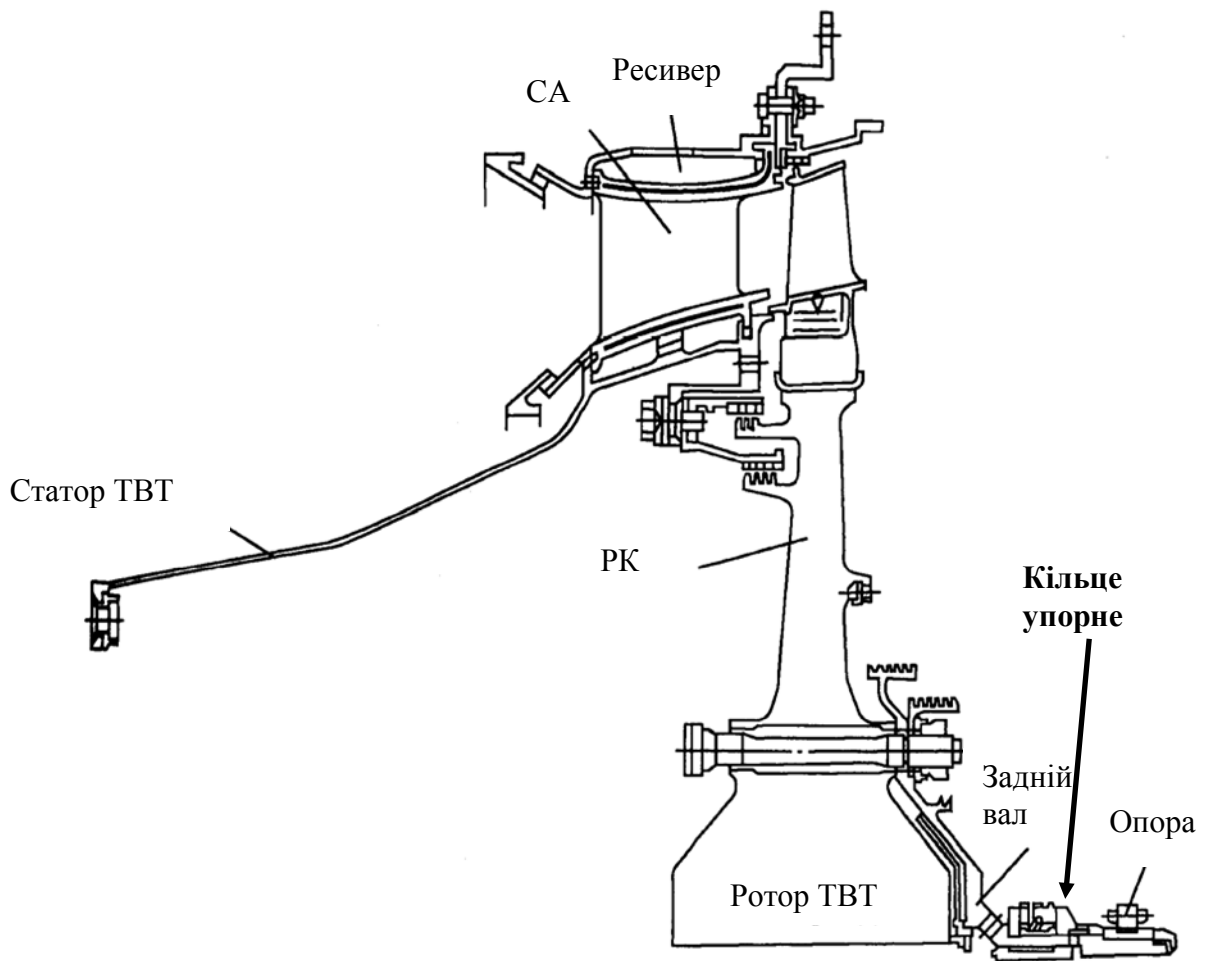


Рисунок 1.2 –Турбіна ротору високого тиску

1.1.3 Технологічний контроль креслення

Робоче креслення деталі містить всі необхідні відомості, що дають повне уявлення про конструкцію деталі, тобто наявність всіх необхідних проекцій, перетинів, розмірів. На кресленні вказані всі необхідні розміри з відхиленнями, шорсткістю оброблюваних поверхонь, допуск відхилення від правильних геометричних форм, а також взаємного положення поверхонь.

Креслення містить відомості про матеріал і масу деталі.

Креслення деталі зроблений згідно СТ РЕВ 1181-78. Розміри проставлені згідно ГОСТ 2307-68. Граничні відхилення наведені згідно ОСТ 141154-86.

Допуски форми і розташування поверхні виконані по ГОСТ 2.308-79.

Шорсткість на кресленні проставлена у відповідності з ГОСТ 2309-73.

1.1.4 Характеристика формотворчих поверхонь

На рис. 1.3 показана розмітка основних формотворчих поверхонь кільця упорного. У таблиці 1.1 зведені характеристики основних формотворчих поверхонь.

Таблиця 1.1 – Характеристики основних формотворчих поверхонь

№ поверхні	Характерповерхні	Розмір	Квалітет	Допуск на розмір, мм	Шорсткість, Ra, мкм
1	циліндрична	$\varnothing 116H7^{+0,035}$	7	0,035	2,5
2	фаска	$0,4^{+0,2} \times 45^\circ$	13	0,2	2,5
3	торцева	$16,3h8_{(-0,027)}$	8	0,027	1,25
4	радіус	$R0,6_{-0,3}$	14	0,3	2,5
5	циліндрична	$\varnothing 134h10_{(-0,16)}$	10	0,16	2,5
6	конічна	$4,1_{-0,3}$	14	0,3	2,5
7	радіус	$R1,6 \pm 0,5$	17	1	2,5
8	конічна	$\varnothing 124h10_{(-0,16)}$	10	0,16	2,5
9	торцева	$16,3h8_{(-0,027)}$	8	0,027	1,25
10	циліндрична	$\varnothing 116H7^{+0,035}$	7	0,035	2,5
11	торцева	$8 \pm 0,025$	14	0,5	2,5
12	торцева	$3,2_{-0,2}$	13	0,2	2,5
13	отвір	$25JS14(\pm 0,25)$	14	0,5	10,0
14	отвір	$7H14^{+0,36}$	14	0,36	10,0
15	циліндрична	$\varnothing 118H10^{+0,035}$	10	0,035	2,5

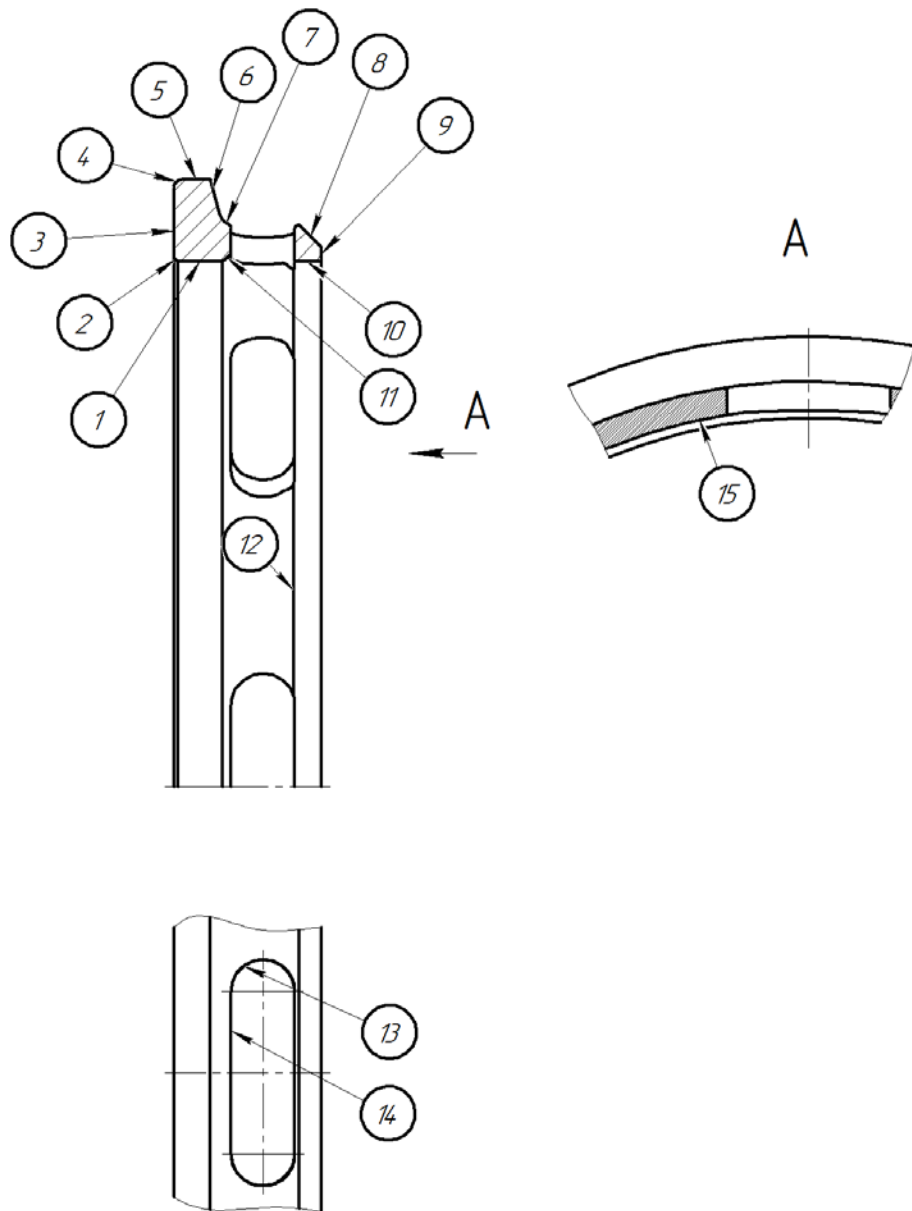


Рисунок 1.3 – Розмітка поверхонь

1.1.5 Механічні властивості матеріалу

Матеріалдеталі: Сталь 07X12НМФБР ГОСТ 5632-2014(табл. 1.2).

Сталь 07X12НМФБР ГОСТ 5632-2014– корозійностійка мартенситного класу. Сталь 07X12НМБФ застосовується: для виготовлення листового і фасонного прокату, прутків гарячекатаних і кованих, а також поковок, призначених для подальшої холодної механічної обробки, або для подальшої гарячої механічної обробки (штампування, кування, прокатки і т. п.) при виготовленні деталей машин; кільця суцільнокатані різного призначення; зварювального дроту. Хімічний склад Сталі 07X12НМФБР показаний в табл. 1.2. Механічні властивості Сталі07X12НМФБРнаведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад, %

C	Cr	Nb	Mn	Mo	Ni	P	S	Si	V
0,05-0,09	10,5-12	0,05-0,15	≤0,6	0,4-0,6	1,4-1,8	≤0,03	≤0,02	≤0,6	0,15-0,25

Таблиця 1.3 – Механічні властивості в залежності від температури відпустки

σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %	KCU (кДж / м ²)
755	880	12	30	290

1.2 Визначення типу виробництва

Попередньо тип виробництва на початковій стадії розробки технологічного процесу визначають залежно від річної програми (5000 шт.) Випуску і маси деталі (0,2 кг). Згідно таблиці 1.4 тип виробництва - серійне (табл. 1.5).

Остаточо тип виробництва визначають за коефіцієнтом закріплення операцій на ділянці або потокової лінії. Коефіцієнт закріплення - це відношення всіх деталей-операцій, які виконуються чи повинні бути виконані на ділянці протягом місяця, до кількості робочих місць.

Форма організації - змінно-потокова.

Таблиця 1.4 – Таблиця для попереднього визначення типу виробництва

Тип виробництва	Кількість оброблюваних деталей в рік, шт		
	Важкі, масою більше 100 кг	Середні, масою 10 – 100 кг	Легкі, масою до 10 кг
Одиничне	до 5	до 10	до 100
Дрібносерійне	5 – 100	10 – 200	100 - 500
Серійне	100 – 300	200 – 500	500 – 5000
Багатосерійне	300 – 1000	500 – 5000	5000 – 50000
Масове	понад 1000	понад 5000	понад 50000

Кількість деталей настроювальної партії:

$$n = \frac{\alpha \cdot N}{251} \quad (1.1)$$

де $\alpha=2 \dots 10$ днів – період запуску партії;

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

Розрахуємо кількість деталей настроювальної партії:

$$n = \frac{3 \cdot 5000}{251} = 60.$$

1.3 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки

Виходячи з призначення деталі, умов її експлуатації і матеріалу, заготовку отримують методами обробки тиском.

Порівнюємо два альтернативних методи одержання заготовки:

- штампуванням на молотах;
- штампуванням на кривошипних гарячештампувальних пресах (КГШП).

Метод КГШП забезпечує виготовлення відносно точних поковок без зсуву в площині роз'єму. Економічне обґрунтування одного з двох методів отримання заготовки: на молотах в відкритих штампах і на кривошипних гарячештампувальних пресах у відкритих штампах.

Припуски для заготовки, одержуваної на молотах, визначаємо по [1, табл 1.3, с. 12]. Для штампування на молотах – $z = 2,0$ мм; штампування на КГШП – $z = 1,9$ мм;

Заготовка на молотах: група матеріалу М2, ступінь складності поковки С3, клас точності поковки Т2, штампувальні ухили 7° [2, с. 145].

Заготовка на КГШП: група матеріалу М2, ступінь складності поковки С3, клас точності поковки Т2, штампувальні ухили 5° [2, с. 145].

Так як заготовка має складну форму, то її масу, одержувану обома методами, визначаємо в програмі КОМПАС 3D, рис. 1.4.

Маса заготовки, певна в програмі КОМПАС 3D:

- на молотах - $m_3 = 0,389$ кг;
- на КГШП - $m_3 = 0,353$ кг;

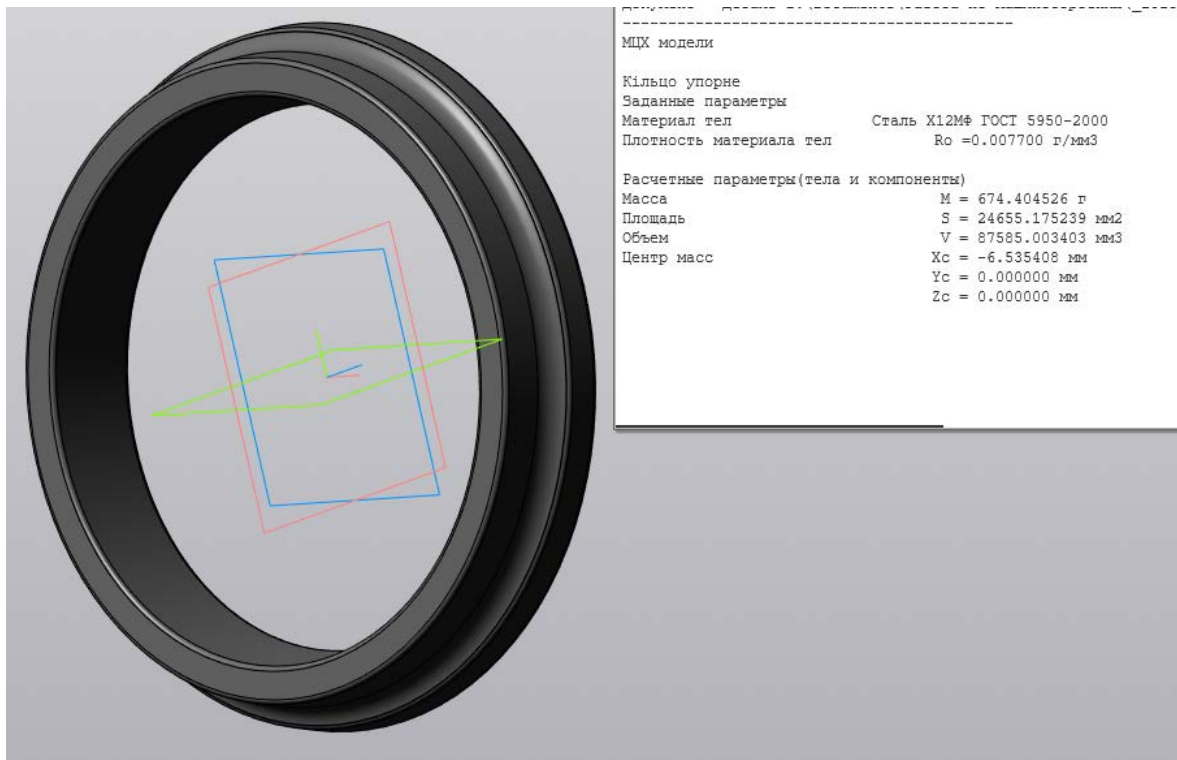


Рисунок 1.4 – 3D модель заготовки

Вартість однієї заготовки отриманої на молотах і коефіцієнт використання матеріалу:

$$B_1 = \frac{B_6}{1000} \cdot M_{з1} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{\Pi} - (M_3 - m) \frac{B_{отд}}{1000}, \quad (1.2)$$

де $B_6 = 35000$ грн. – базова вартість виготовлення 1 тони заготовок [1, табл 1.4, с. 13];

$B_{отх} = 12000$ грн – вартість 1 тони стружки;

$M_{з1} = 0,67$ кг – маса заготовки;

$m = 0,2$ кг – маса деталі;

$K_T, K_M, K_C, K_B, K_{\Pi}$ – коефіцієнти які враховують відповідно клас точності, матеріал, групу складності, масу заготовки, програму випуску. Значення коефіцієнтів вибираємо по [1, табл.1.24-1.28, с.18-19].

$$K_T = 1, K_M = 1,8, K_C = 1,12, K_B = 1,25, K_{\Pi} = 1.$$

$$B_1 = \frac{35000}{1000} \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1,18 \cdot 1,12 \cdot 1,25 \cdot 1 - (0,75 - 0,2) \frac{12000}{1000} = 59,6.$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$\eta = \frac{m}{M_3}, \quad (1.3)$$

$$\eta_1 = \frac{0,2}{0,75} = 0,27,$$

Розрахуємо вартість однієї заготовки, отриманої на КГШП і коефіцієнт використання матеріалу:

$$B_2 = \frac{B_6}{1000} \cdot M_3 \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{\Pi} - (M_3 - m) \frac{B_{отд}}{1000}, \quad (1.4)$$

де $B_6 = 35000$ грн. – базова вартість виготовлення 1 тони заготовок [1, табл. 1.4, с. 13];

$B_{отд} = 12000$ грн – вартість 1 т стружки;

$M_{32} = 0,75$ кг – маса заготовки;

$m = 0,2$ кг – маса деталі;

$K_T, K_M, K_C, K_B, K_{\Pi}$ – коефіцієнти які враховують відповідно клас точності, матеріал, групу складності, масу заготовки, програму випуску. Значення коефіцієнтів вибираємо по [1, табл. 1.24-1.28, с. 18-19].

$K_T = 1, K_M = 1,8, K_C = 1,12, K_B = 1,25, K_{\Pi} = 1.$

$$B_2 = \frac{35000}{1000} \cdot 0,67 \cdot 1 \cdot 1,8 \cdot 1,12 \cdot 1,25 \cdot 1 - (0,67 - 0,2) \frac{12000}{1000} = 53,5,$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$\eta_2 = \frac{0,2}{0,67} = 0,3,$$

Результати розрахунків наведені в табл. 1.5. Порівнюючи вартість однієї заготовки і коефіцієнт використання матеріалу на молотах і КГШП, видно що вигідніше виготовляти заготовки на КГШП так як, $B_2 < B_1$ и $\eta_2 < \eta_1$.

Таблиця 1.5 – Порівняльні показники за варіантами отримання заготовки

Показник	Позначення	Одиниця вимірювання	Варіант отримання	
			молот	КГШП
Маса заготовки	Мз	кг	0,75	0,67
Маса деталі	М _д	кг	0,2	0,2
Базова вартість 1т заготовок	В _б	грн	35000	35000
Вартість однієї заготовки	В	грн	59,6	53,5
Коефіцієнт використання матеріалу	η	-	0,27	0,3

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

У звичайному випадку конструкція деталі вважається технологічною, якщо вона забезпечує просте і економне виробництво. Загальними критеріями оцінки технологічності деталі є абсолютне значення трудомісткості – Т і технологічної собівартості – В її виробництва. Оцінити показники Т і В на початковому етапі проектування ТП неможливо через відсутність необхідних вихідних даних.

Технологічність деталі на початковому етапі проектування ТП можна визначити за допомогою ряду показників.

Коефіцієнт використання матеріалу (див. рівняння (1.12)):

$$\eta_2 = \frac{0,2}{0,67} = 0,3,$$

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

Коефіцієнт уніфікації конструкції елементів деталі:

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

де $Q_e = 32$ – загальна кількість конструктивних елементів.

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

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

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

Коефіцієнт точності обробки:

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

де A_{cp} – середнє значення квалітету точності.

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

де A_i – квалітет точності i -ї елементарної поверхні;

n_i – кількість розмірів відповідного квалітету;

$$A_{cp} = \frac{7 \cdot 2 + 8 \cdot 2 + 10 \cdot 3 + 13 \cdot 2 + 14 \cdot 5 + 17 \cdot 1}{15} = \frac{173}{15} = 11,5.$$

$$K_{TO} = 1 - \frac{1}{11,5} = 0,91.$$

Так як $K_{TO} = 0,91 > 0,8$ то деталь можна вважати технологічною за даним показником.

Коефіцієнт шорсткості:

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

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

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

де B_i – клас шорсткості i -ї елементарної поверхні;

n_i – кількість поверхонь відповідного класу шорсткості.

$$B_{cp} = \frac{1,25 \cdot 2 + 2,5 \cdot 11 + 10 \cdot 2}{15} = \frac{50}{15} = 3,33.$$

$$K_{ш} = \frac{1}{3,33} = 0,3.$$

Так як, $K_{ш} = 0,3 < 0,32$ то можна сказати, що за показником коефіцієнта шорсткості деталь не є технологічною.

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

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Поверхня $\varnothing 116H7(^{+0,035})$

Розробимо МОП на циліндричну поверхню $\varnothing 116H7(^{+0,035})$.

Параметри деталі:

- квалітет – 7. Допуск – $T = 0,035$ мм;
- шорсткість – $Ra = 2,5$. Клас шорсткості – $\nabla 6$ [1, табл. 2.5, с. 35].

Параметри заготовки:

- поле допуску – $\begin{smallmatrix} +0,5 \\ -1,0 \end{smallmatrix}$ [2, табл. 23, с. 146], квалітет – 15. Допуск – $T = 1,5$ мм [3, табл. 3.1, с. 14];
- шорсткість – $Ra = 50$ [1, табл. 2.2, с. 34]. клас шорсткості – $\nabla 2$.

Загальне уточнення за показниками точності і якості поверхні:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{oIT} &= \frac{T_{заг}}{T_{дет}}, \quad \varepsilon_{oRa} = \frac{Ra_{заг}}{Ra_{дет}}, & (1.10) \\ \varepsilon_{oIT} &= \frac{1500}{35} = 42,3; \quad \varepsilon_{oRa} = \frac{50}{2,5} = 20. \end{aligned}$$

Переважаючим показником якості цієї поверхні є показник точності, який потребує найбільшої уточнення. За найбільшим показником уточнення розрахуємо кількість k переходів по формулі:

$$\begin{aligned} k_p &= 2 \lg \varepsilon_o, & (1.11) \\ k_p &= 2 \lg 42,3 = 3,25. \end{aligned}$$

Приймаємо $k = 3$ переходу.

Встановлюємо послідовність показників точності і якості – ППТК:

– за точністю геометричного розміру:

IT15 $\Rightarrow$ H12 $\Rightarrow$ H9 $\Rightarrow$ H7;

– за шорсткістю поверхні:

$$\nabla 2 \Rightarrow \nabla 4 \Rightarrow \nabla 5 \Rightarrow \nabla 6,$$

або краще

$$Ra\ 50 \Rightarrow Ra\ 12,5 \Rightarrow Ra\ 3,2 \Rightarrow Ra\ 0,8.$$

За рекомендацією [2] встановлюємо, що потрібну точність і якість поверхні можна забезпечити однократним шліфуванням. Це останній перехід механічної обробки. Проміжні переходи: чорнове і чистове точіння. Методи обробки записуємо в таблиці МОП (табл. 1.6).

За [2, табл. 32 с. 192] визначаємо допуски по переходах відповідно до прийнятих ППТК. Розраховуємо уточнення по переходах і їхні добутки (табл. 1.6).

Поверхня $\varnothing 134h10_{(-0,16)}$

Розробимо МОП на циліндричну поверхню $\varnothing 134h10_{(-0,16)}$.
Параметри деталі:

- квалітет – 8. Допуск – $T = 0,16$ мм;

- шорсткість – $Ra = 2,5$. Клас шорсткості – $\nabla 6$ [1, табл. 2.5, с. 35].

Параметри заготовки:

- поле допуску – $\begin{smallmatrix} +1,0 \\ -0,5 \end{smallmatrix}$ [2, табл. 23, с. 146], квалітет – 15. Допуск – $T = 1,5$ мм [3, табл. 3.1, с. 14];

- шорсткість – $Ra = 50$ [1, табл. 2.6, с. 36]. Клас шорсткості – $\nabla 2$.

Загальне уточнення за показниками точності і якості поверхні визначаємо за формулами (1.19):

$$\varepsilon_{oIT} = \frac{1500}{160} = 9,4; \quad \varepsilon_{oRa} = \frac{50}{2,5} = 20.$$

Переважаючим показником якості цієї поверхні є показник шорсткості, який потребує найбільшої уточнення. За найбільшим показником уточнення розрахуємо кількість k переходів по формулі:

$$k_p = 2 \lg 20 = 2,6.$$

Приймаємо $k = 3$ переходу.

Встановлюємо послідовність показників точності і якості – ППТК:

– за точністю геометричного розміру:

$$IT15 \Rightarrow h12 \Rightarrow h11 \Rightarrow h10;$$

– за шорсткістю поверхні:

$$\nabla 2 \Rightarrow \nabla 4 \Rightarrow \nabla 5 \Rightarrow \nabla 6,$$

або краще

$$Ra\ 50 \Rightarrow Ra\ 12,5 \Rightarrow Ra\ 3,2 \Rightarrow Ra\ 0,8.$$

За рекомендацією [2] встановлюємо, що потрібну точність і якість поверхні можна забезпечити однократним шліфуванням. Це останній перехід механічної обробки. Проміжні переходи: чорнове і чистове точіння. Методи обробки записуємо в таблиці МОП (табл. 1.6).

За [2, табл. 32 с. 192] визначаємо допуски по переходах відповідно до прийнятих ППТК. Розраховуємо уточнення по переходах і їхні добутки (табл. 1.6).

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

При проектуванні технологічного процесу виготовлення деталі вирішують головне завдання технології – забезпечити потрібну якість, максимальну продуктивність, мінімальну собівартість і мінімум шкідливих впливів на навколишнє середовище. Технологічні основи вирішення цього завдання закладаються при призначенні переходів маршрутів обробки поверхонь (МОП), а організаційні основи – при формуванні операцій маршруту виготовлення деталі (МВД).

Маршрут виготовлення деталі (МВД) – це загальний план, в якому на основі компонування раніше розроблених МОП встановлено склад і послідовність операцій технологічного процесу, зазначені тип і модель верстата, встановлені технологічні комплекси, розроблені схеми установок, наведені вхідні і вихідні характеристики оброблюваних поверхонь і т.п.

Маршрут виготовлення деталі представлений на плакаті в графічній частині магістерської роботи.

1.5 Визначення операційних припусків і розмірів заготовки

1.5.1 Розрахунок операційних припусків і розмірів заготовки розрахунково-аналітичним методом

При розрахунку припусків аналітичним методом мінімальний операційний припуск визначається за формулами. При послідовній обробці протилежних поверхонь припуск визначається за формулою:

$$Z_i^{min} = (Rz + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i, \quad (1.12)$$

При паралельній обробці протилежних поверхонь двосторонній припуск:

$$2Z_i^{min} = 2[(Rz + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i], \quad (1.13)$$

При обробці діаметральні зовнішніх і внутрішніх поверхонь двосторонній припуск:

$$2Z_i^{min} = 2 \left[(Rz + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right], \quad (1.14)$$

де Rz – висота нерівностей профілю поверхні на попередній операції;

h_{i-1} – глибина дефектного шару поверхні обробленої на попередній операції;

Δ_{i-1} – сумарне відхилення розташування поверхні на $(i-1)$ операції;

ε_{i-1} – похибка установки заготовки на операції, що виконується.

Розрахунок припусків і технологічних розмірів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 116H7(^{+0,035})$.

Вихідні дані:

Матеріалдеталі – Сталь Х12МФ ГОСТ 5950-2000; твердість – HRC 24...35,5; шорсткість поверхні – Ra 2,5; заготовка – штамповка; маса заготовки 0,67 кг.

Технологічний маршрут обробки поверхні:

- 1) заготовка штамповка;
- 2) точіння чорнове;
- 3) точіння чистове;
- 4) однократне плоске шліфування.

Для заготовки:

$Rz_1 = 160$ мкм, $h = 150$ мкм. [2, табл. 12, с. 186];

Сумарна похибка форми і просторового відхилення заготовки:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\rho_{cm}^2 + \rho_{кор}^2}, \quad (1.15)$$

де $\rho_{cm} = 0,5$ мм., по [2, табл. 17, с. 186];

$\rho_{кор} = \Delta_k \cdot l$, де $\Delta_k = 4$ мкм/мм. [2, табл. 16, с. 186]

$l = 22$ мм;

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{500^2 + (4 \cdot 22)^2} = 508 \text{ мкм.}$$

Точіння чорнове:

$Rz = 32$ мкм, $h = 50$ мкм, [2, табл. 25, с. 188].

$\Delta_1 = \Delta_{\Sigma} \cdot K_y$, $K_y = 0,06$, [2, табл. 29, с. 190].

$\varepsilon_1 = 200$ мкм.

$$\Delta_1 = 508 \cdot 0,06 = 30,5 \text{ мкм.}$$

Точіння чистове:

$Rz = 10 \text{ мкм}, h = 15 \text{ мкм}, [2, \text{табл. 25, с. 188}].$

$\Delta_2 = \Delta_1 \cdot K_y, K_y = 0,05, [2, \text{табл. 29, с. 190}].$

$\varepsilon_2 = 100 \text{ мкм}.$

$$\Delta_2 = 30,5 \cdot 0,05 = 1,22 \text{ мкм}.$$

Шліфування однократне:

$Rz = 5 \text{ мкм}, h = 10 \text{ мкм}, [2, \text{табл. 24, с. 187}].$

$\Delta_3 = \Delta_2 \cdot K_y, K_y = 0,04, [2, \text{табл. 29, с. 190}].$

$\varepsilon_3 = 50 \text{ мкм}.$

$$\Delta_2 = 1,22 \cdot 0,04 \approx 0 \text{ мкм}.$$

Розрахуємо мінімальні припуски для переходів механічної обробки за формулою (1.23).

Точіння	чорнове	—
$2Z_{1 \min} = 2(160 + 150 + \sqrt{508^2 + 200^2}) = 1,712 \text{ мкм}.$		

Точіння чистове	—
$2Z_{1 \min} = 2(32 + 50 + \sqrt{31^2 + 100^2}) = 0,373 \text{ мкм}.$	

Шліфування	однократне	—
$2Z_{2 \min} = 2(10 + 15 + \sqrt{1,2^2 + 50^2}) = 0,150 \text{ мкм}.$		

Допуски на розміри призначаємо за [2, табл. 32, с. 192] з урахуванням квалітету допуску розміру. Результати заносимо в таблицю 1.7.

Допуск на розмір заготовки знаходимо за [2, табл. 23, с. 147] з урахуванням маси заготовки, групи матеріалу, ступеня складності штампування і розміру заготовки.

$$Td_{\text{заг}} = \begin{matrix} +0,5 \\ -1,0 \end{matrix} = 1,5 \text{ мм}.$$

Розрахуємо технологічні розміри методом розмірних ланцюгів.

Мінімальний розмір поверхні деталі - розмір останнього переходу механічної обробки:

$$D_{3min} = D_{3ном} + e_{id3};$$

$$D_{3min} = 116 - 0 = 116 \text{ мм.} \quad (1.16)$$

Далі мінімальні розміри знаходимо за формулою:

$$D_{i min} = D_{i+1 min} - 2Z_{i+1 min} - TD_i, \quad (1.17)$$

$$D_{2 min} = D_{3 min} - 2Z_{3 min} - TD_2 = 116,0 - 0,150 - 0,087 = 115,763 \text{ мм,}$$

$$D_{1 min} = D_{2 min} - 2Z_{2 min} - TD_1 = 115,763 - 0,373 - 0,35 = 115,040 \text{ мм,}$$

$$D_{заг min} = D_{1 min} - 2Z_{1 min} - TD_{заг} = 132,811 - 1,712 - 1,5 = 111,828 \text{ мм.}$$

Максимальні розміри поверхонь для переходів розрахуємо за формулою:

$$D_{i max} = D_{i min} + TD_i, \quad (1.18)$$

$$D_{2 max} = D_{2 min} + TD_2 = 115,763 + 0,087 = 115,85,$$

$$D_{1 max} = D_{1 min} + TD_1 = 115,040 + 0,35 = 115,390,$$

$$D_{заг max} = D_{заг min} + TD_{заг} = 111,828 + 1,5 = 113,328.$$

Розрахуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки:

$$2Z_{i max} = D_{i max} - D_{i-1 min}, \quad (1.19)$$

$$2Z_{3 max} = D_{3 max} - D_{2 min} = 116,035 - 115,763 = 0,272,$$

$$2Z_{2 max} = D_{2 max} - D_{1 min} = 115,85 - 115,04 = 0,810,$$

$$2Z_{1 max} = D_{1 max} - D_{заг min} = 115,39 - 111,828 = 3,562.$$

Перевіримо правильність розрахунків, використовуючи нерівність:

$$TZ_0 = Z_{0 max} - Z_{0 min} = TA_{заг} + TA_{дет}, \quad (1.20)$$

$$\text{де } Z_{0 max} = D_{дет max} - D_{заг min} = 116,035 - 111,828 = 4,207 \text{ мм.}$$

$$Z_{0 min} = D_{дет min} - D_{заг max} = 116,0 - 113,328 = 2,672 \text{ мм.}$$

$$4,207 - 2,672 = 1,535 \text{ мм.}$$

$$1,5 + 0,035 = 1,535 \text{ мм.}$$

Визначимо виконавчі технологічні розміри для переходів механічної обробки. Визначимо виконавчий розмір заготовки:

Виконавчий розмір заготовки – $\varnothing 112,8^{+0,5}_{-1,0}$.

Виконавчі розміри для інших переходів поставимо в системі валу– h, тобто за номінальний розмір приймемо максимальний розмір поверхні мінус допуск на обробку як нижнє відхилення см. розрахункову табл. 1.7.

1.5.2 Розрахунок операційних припусків та розмірів заготовки табличним методом

Розрахуємо припуски для однієї циліндричної поверхні та однієї торцевої поверхні.

Мінімальні припуски для переходів вибираємо по [3, табл. 4.23, с. 58]. Значення допусків вибираємо по [3, табл. 3.10, с. 27].

Розрахунок технологічних розмірів робимо методом розмірних ланцюгів. Обрані значення мінімальних припусків та допусків заносимо до розрахункової таблиці (табл. 1.8).

Таблиця 1.7 - Розрахунок припусків і технологічних розмірів аналітичним методом

i	Найменування технологічних переходів	Елементи припуску				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$, мкм	Допуск T, мкм	Мінімальний припуск $2Z_{\min}$, мкм	Максимальний припуск $2Z_{\max}$, мкм	Мінімальний розмір, мм	Максимальний розмір, мм	Розрахунковий номінальний розмір, мм	Виконавчий технологічний розмір, мм
		Rz	h	r	e								
	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 116H7^{+0,035}$												
1	Заготовка	160	150	508	0	-	1500	—	—	111,828	113,328	112,828	$\varnothing 112,8^{+0,5}_{-1,0}$
2	Точіння чорнове	32	50	31	200	1712	350	1712	3562	115,040	115,390	115,040	$\varnothing 115^{+0,35}$
3	Точіння чистове	10	15	1,2	100	373	87	373	810	115,763	115,850	115,763	$\varnothing 115,7^{+0,087}$
4	Шліфування однократне	5	10	0	50	150	35	150	272	116	116,035	116,000	$\varnothing 116^{+0,035}$

Таблиця 1.8 – Розрахунок припусків та технологічних розмірів табличним методом

i	Найменування технологічних переходів			Допуск T, мм	Граничні значення припусків, мм		Граничні значення припусків, мм		Виконавчий технологічний розмір, мм
		Припуск $2Z_{\min}$, мм	Розмір, мм		D _{max}	D _{min}	2Z _{max}	2Z _{min}	
		5	6	7	8	9	10	11	12
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 134h10_{(-0,16)}$									
1	Заготовка	-	$\varnothing 137,3$	1,5	138,300	136,800	–	–	$\varnothing 137^{+1,0}_{-0,5}$
2	Точіння чорнове	1,25	$\varnothing 135,3$	0,4	135,300	134,900	3,400	1,5	$\varnothing 135,3_{-0,4}$
3	Точіння чистове	0,35	$\varnothing 134,55$	0,25	134,550	134,300	1,000	0,35	$\varnothing 134,55_{-0,25}$
4	Шліфування однократне	0,3	$\varnothing 134$	0,16	134,000	133,84	0,710	0,3	$\varnothing 134_{-0,16}$
Торцева поверхня $16,3h8_{(-0,027)}$									
1	Заготовка	-	19,53	1,3	20,426	19,126	–	–	$19,5^{+0,9}_{-0,4}$
2	Точіння чорнове	1,5	17,63	0,18	17,626	17,446	2,980	1,500	$17,6_{-0,18}$
3	Точіння чистове	0,7	16,75	0,046	16,746	16,700	0,926	0,700	$16,75_{-0,046}$
4	Шліфування однократне	0,4	16,30	0,027	16,30	16,27	0,473	0,400	$16,3_{-0,027}$

1.6 Розрахунок режимів різання

1.6.1 Операція 40 (токарна з ЧПК)

Вихідні дані:

- операційний ескіз показаний на рис. 1.5;
- матеріал – Сталь 07Х12НМФБР ГОСТ 5632-2014 гр. IX по [4, табл. 1, с. 31];
- заготовка – штамповка. Твердість – 24...35,5 HRC;
- Верстат – токарний з ЧПК 16К20Ф3.

$\sqrt{Ra\ 12,5}$

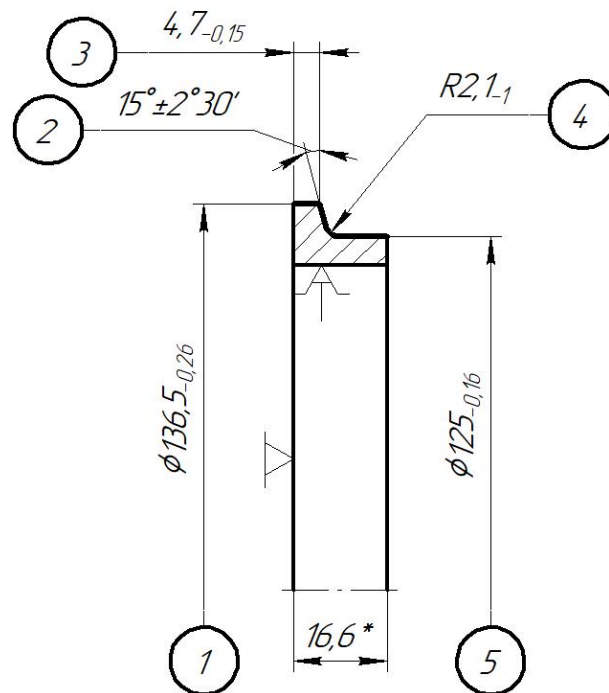


Рисунок 1.5 – Ескіз обробки

Обробити зовнішню циліндричну поверхню, витримуючи розміри 1-5 за програмою.

Інструмент: різець підрізний з кріпленням змінних пластин прихватом зверху $\phi = 90^\circ$, $25 \times 25 \times 150$, $r = 1$ мм, ВК 8, ГОСТ 26611-85.

МОР: 5%-ий розчин Аквол-10М [4, табл. 24, с. 233].

Назначаємо режими різання.

Глибина різання $t = 2$ мм.

Подача визначається за формулою [4, с. 240]:

$$S_o = S_{oT} \cdot K_{So}; K_{So} = K_{СП} \cdot K_{СИ} \cdot K_{SФ} \cdot K_{SЗ} \cdot K_{SЖ} \cdot K_{SM} \quad (1.21)$$

де S_{om} – табличне значення подачі за оберт, мм;

$K_{So\Pi}$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

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

$K_{So\Phi}$ – коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні;

K_{So3} – коефіцієнт, що враховує вплив загартування;

$K_{So\mathcal{K}}$ – коефіцієнт, що враховує твердість технологічної системи;

K_{SoM} – коефіцієнт, що враховує матеріал оброблюваної деталі.

Табличне значення подачі дорівнює [4, табл. 26, с. 237] – $S_{om} = 0,47$ мм/об.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 30, с. 239]:
 $K_{So\Pi} = 0,8$; $K_{SoH} = 1,0$; $K_{So\Phi} = 0,85$; $K_{So3} = 1,0$; $K_{So\mathcal{K}} = 0,5$; $K_{SoM} = 1,0$.
 Розрахункове значення подачі:

$$S_{op} = 0,47 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,16 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S_o = 0,12$ мм/об.

Розраховуємо швидкість різання за формулою [4, с. 240]:

$$v = v_T \cdot K_v; K_v = K_{vM} \cdot K_{vH} \cdot K_{v\Phi} \cdot K_{vT} \cdot K_{v\mathcal{K}} \cdot K_{v\Pi} \cdot K_{vO} \quad (1.22)$$

де v_m – табличне значення швидкості різання, м/хв;

K_{vM} – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

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

K_{vm} – коефіцієнт, що враховує вид обробки;

$K_{v\mathcal{K}}$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи;

$K_{v\Pi}$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

K_{vO} – коефіцієнт, що враховує вплив МОР.

Табличне значення швидкості різання дорівнює [4, табл. 40, с. 246] –
 $v_m = 80$ м/хв.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 43, с. 247-248]:
 $K_{vM} = 0,7$, $K_{vH} = 1,0$, $K_{vm} = 0,87$, $K_{v\mathcal{K}} = 1,0$, $K_{v\Pi} = 0,75$, $K_{vO} = 1,0$.

Розрахункове значення швидкості різання:

$$v_p = 80 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 0,87 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 1,0 = 58,8, \text{ м/хв.}$$

Число обертів:

$$n_p = \frac{1000 \cdot v_p}{\pi \cdot D} \quad (1.23)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 58,8}{3,14 \cdot 138} = 135,6 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо по верстату $n_{\text{вст}} = 125$ об/хв.

Дійсна швидкість різання:

$$v_d = \frac{1000 \cdot \pi \cdot n_{\text{вст}}}{D} \quad (1.24)$$

$$v_d = \frac{1000 \cdot 3,14 \cdot 125}{138} = 51,2 \text{ м/хв.}$$

Довжина робочого ходу:

$$L_{p.x} = L_{\text{рез}} + y, \quad (1.25)$$

де $L_{\text{рез}} = 21$ мм – довжина різання; $y = 5$ мм – довжина врізання та перебігу [5, карта 65, с. 165].

Основний час:

$$t_o = \frac{L_{p.x}}{S_o \cdot n} \quad (1.26)$$

$$t_o = \frac{21 + 5}{0,12 \cdot 125} = 1,04 \text{ хв.}$$

1.6.2 Операція 65 (фрезерна з ЧПК)

Вихідні дані:

- операційний ескіз показаний на рис. 1.5;
- матеріал – Сталь 07X12НМФБР ГОСТ 5632-2014 гр. IX по [4, табл. 1, с. 31];
- заготовка – штамповка. Твердість – 24...35,5 HRC;
- Верстат – вертикально-фрезерний з ЧПК 6P13Ф3.
- МОР: 5%-ий розчин Аквол-10М [4, табл. 24, с. 233].

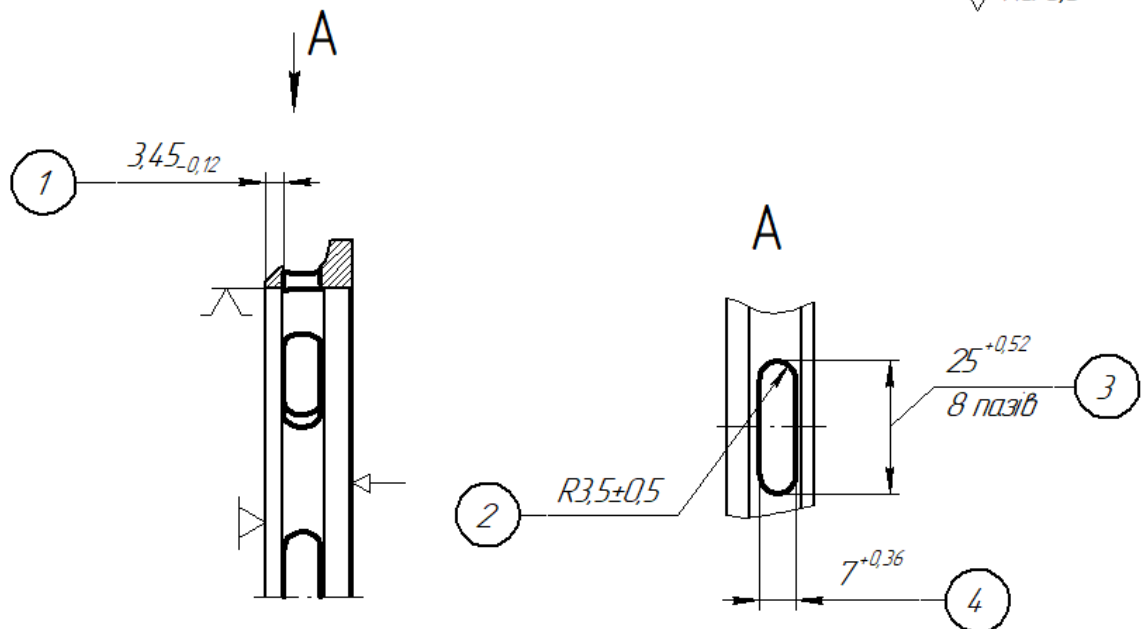
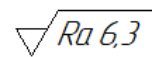


Рисунок 1.6 – Ескіз обробки

Перехід 1-8

Фрезерувати послідовно 8 пазів, після обробки кожного пазу провести індексацію заготовки.

Інструмент: фреза кінцева твердосплавна, $D = 7$ мм, $l = 25$ мм, $z = 5$ (позначення – Фреза 2220-0303 ВК8 ГОСТ 18372-73).

МОР: 5%-ий розчин Аквол-10М [4, табл. 24, с. 233].

Призначаємо режими різання.

Глибина різання $t = 3$ мм (див. схему [4, с. 392]).

Подача визначається за формулою [4, с. 304]:

$$S_z = S_{zT} \cdot K_{SZ}; K_{SZ} = K_{Szc} \cdot K_{Szi} \cdot K_{Szd} \cdot K_{Sz\phi}, \quad (1.27)$$

де S_{zm} – табличне значення подачі на зуб, мм;

K_{Szc} – коефіцієнт, що враховує шифр схеми фрезерування;

K_{Szi} – коефіцієнт, що враховує матеріал фрези;

K_{Szd} – коефіцієнт, що враховує шорсткість обробленої поверхні;

$K_{Sz\phi}$ – коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні.

Табличне значення подачі дорівнює [4, табл. 111, с. 304] – $S_{zm} = 0,07$ мм/зуб.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 108, 109, 114, с. 299-305]: $K_{Szc} = 1,2$; $K_{Szi} = 0,85$; $K_{Szd} = 0,25$; $K_{Sz\phi} = 0,66$. Розрахункове значення подачі на зуб:

$$S_z = 0,07 \cdot 1,2 \cdot 0,85 \cdot 0,25 \cdot 0,66 = 0,011, \text{ мм/зуб}$$

Розраховуємо швидкість різання за формулою:

$$v = v_T \cdot K_v; K_v = K_{vM} \cdot K_{vИ} \cdot K_{vП} \cdot K_{vC} \cdot K_{vФ} \cdot K_{vO} \cdot K_{vB} \cdot K_{vФ} \quad (1.28)$$

де v_m – табличне значення швидкості різання, м/хв;

K_{vM} – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

$K_{vИ}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

$K_{vП}$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

K_{vC} – коефіцієнт, що враховує шифр типової схеми фрезерування;

$K_{vФ}$ – коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні;

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

K_{vB} – коефіцієнт, що враховує відношення фактичної ширини фрезерування до нормативної;

$K_{vФ}$ – коефіцієнт, що враховує головний кут в плані.

Табличне значення швидкості різання дорівнює [4, табл. 130, с. 318] – $v_m = 75$ м/хв.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 1, 134, 109, 135, с. 31, 302, 322]: $K_{vM} = 0,6$, $K_{vИ} = 1,0$, $K_{vП} = 0,5$, $K_{vC} = 1,1$, $K_{vФ} = 1,0$, $K_{vO} = 1,0$, $K_{vB} = 1,3$, $K_{vФ} = 1,0$.

Розрахункове значення швидкості різання:

$$v = 75 \cdot 0,81 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 43,4 \text{ м/хв.}$$

Число обертів:

$$n_p = \frac{1000 \cdot 43,4}{3,14 \cdot 7} = 1975,2 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо по верстату $n_{вст} = 1800$ об/хв.

Дійсна швидкість різання:

$$v_d = \frac{1000 \cdot 3,14 \cdot 1800}{7} = 39,5 \text{ м/хв.}$$

Розрахункове значення хвилинної подачі:

$$S_{\text{хвр}} = S_{\text{зр}} \cdot z \cdot n \quad (1.29)$$

$$S_{\text{хвр}} = 0,011 \cdot 5 \cdot 1800 = 106,0 \text{ мм/хв}$$

Приймаємо по верстату – $S_{\text{мв}} = 100 \text{ мм/хв}$.

Довжина робочого ходу:

$$L_{\text{р.х}} = L_{\text{рез}} + y, \quad (1.30)$$

де $L_{\text{рез}} = 18 + 12 = 30 \text{ мм}$ – довжина різання;

$y = 12 \text{ мм}$ – довжина врізання і перебігу [5, карта 68, с. 448].

Основний час:

$$t_o = \frac{L_{\text{р.х}}}{S_{\text{хв}}} \quad (1.31)$$

$$t_{o3} = 6 \cdot \frac{30}{100} = 1,8 \text{ хв.}$$

1.6.3 Операція 85 (плоскошліфувальна)

Вихідні дані:

- операційний ескіз показаний на рис. 1.5;
- матеріал – Сталь 07Х12НМФБР ГОСТ 5632-2014 гр. IX по [4, табл. 1, с. 31];

- заготовка – штамповка. Твердість – 24...35,5 HRC;

Верстат – плоскошліфувальний з круглим столом 3740.

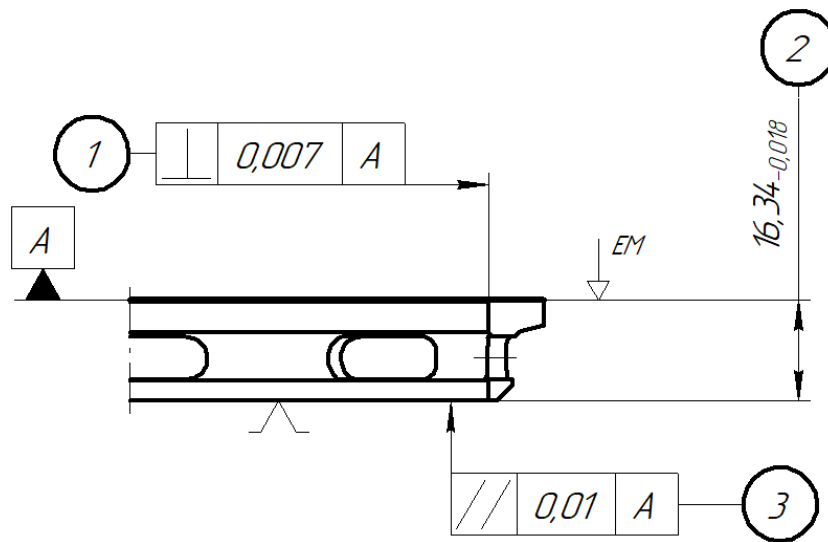


Рисунок 1.7 – Ескіз обробки

Інструмент: круг прямого профілю, абразив – 14А (нормальний електрокорунд), зернистість – F 80, твердість – О (СТ1), структура – 6, зв'язка – V [4, табл. 158 с. 340] (позначення – Круг 1 350×40×127 14AF46O6V35Б3 ГОСТ Р 52781-2007).

МОР: 5%-ий розчин Аквол-2 [4, табл. 24, с. 233].

Призначаємо режими різання.

Величина припуску, що знімається дорівнює: $h = 0,16$ мм. Розрахуємо швидкість шліфувального круга:

$$v_{кр} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{кр}}{1000 \cdot 60} \quad (1.32)$$

де $D = 350$ мм – діаметр круга;

$n_{кр} = 1112$ об/хв – частота обертання шліфувального круга по верстату.

$$v_{кр} = \frac{3,14 \cdot 350 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 20,3 \text{ м/с.}$$

Вибираємо швидкість обертання столу по [4, табл. 176 с. 357] – $v_d = Sxv = 25$ м/хв.

Частота обертання столу:

$$n_p = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 134} = 60 \text{ об/хв.}$$

Призначаємо по верстату $n_{\text{вст}} = 60$ об/хв.

Визначаємо вертикальну подачу за формулою:

$$S_t = S_{t_T} \cdot K_{St}; K_{St} = K_{SM} \cdot K_{SH} \cdot K_{SB} \cdot K_{SD} \cdot K_{ST} \cdot K_{SIT} \cdot K_{SI} \quad (1.33)$$

де St_m – табличне значення швидкості різання, м/хв;

K_M – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

K_{SH} – коефіцієнт, що враховує товщину деталі;

K_{SB} – коефіцієнт, що враховує ширину деталі;

K_{SD} – коефіцієнт, що враховує діаметр шліфувального круга;

K_{ST} – коефіцієнт, що враховує стійкість круга;

K_{SIT} – коефіцієнт, що враховує точність обробки;

K_{SI} – коефіцієнт, що враховує довжину оброблюваної поверхні.

Табличне значення вертикальної подачі дорівнює [4, табл. 177, с. 358] – $St_m = 0,006$ мм.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 181, с. 361-362]: $K_M = 0,46$, $K_{SH} = 1,0$, $K_{SB} = 0,63$, $K_{SD} = 1,5$, $K_{ST} = 0,85$, $K_{SIT} = 0,6$, $K_{SI} = 0,82$.

$$S_t = 0,006 \cdot 0,046 \cdot 1 \cdot 0,63 \cdot 1,5 \cdot 0,85 \cdot 0,6 \cdot 0,82 = 0,001 \text{ мм/дв.ход.}$$

основний час:

$$t_o = \frac{h}{n_d \cdot S_t} \cdot K \quad (1.34)$$

де $K = 1,3$ – коефіцієнт виходжування.

$$t_o = \frac{0,16}{60 \cdot 0,0001} \cdot 1,3 = 3,5 \text{ хв.}$$

1.6.4 Операція 130 (плоскошліфувальна)

Вихідні дані:

- операційний ескіз показаний на рис. 1.8;

- матеріал – Сталь 07Х12НМФБР ГОСТ 5632-2014 гр. IX по [4, табл. 1, с. 31];

- заготовка – штамповка. Твердість – 24...35,5 HRC;

Верстат – плоскошліфувальний з круглим столом 3740.

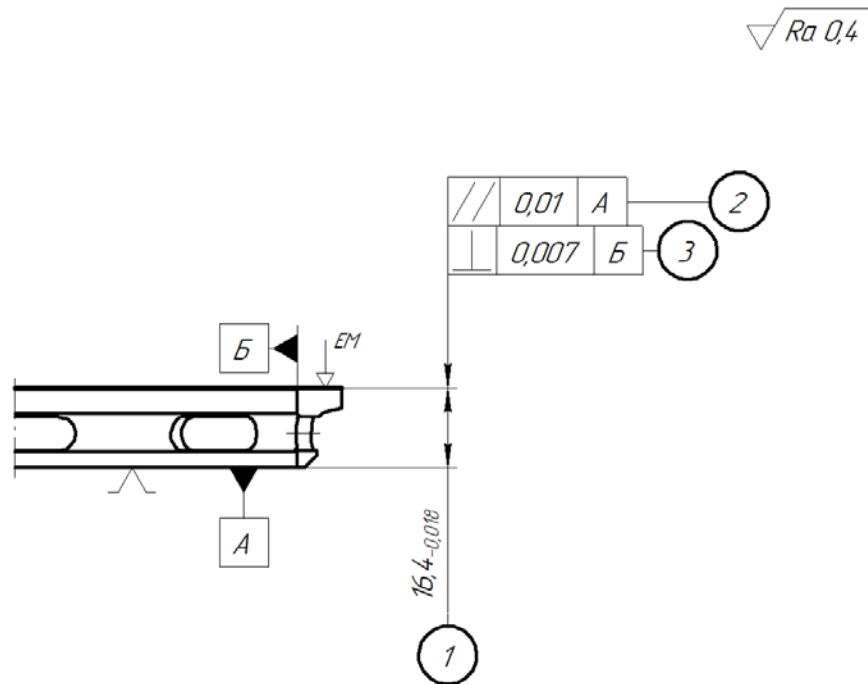


Рисунок 1.8 – Ескіз обробки

Інструмент: круг прямого профілю, абразив – 14А (нормальний електрокорунд), зернистість – F 80, твердість – О (СТ1), структура – 6, зв'язка – V [4, табл. 158 с. 340] (позначення – Круг 1 350×40×127 14AF80O6V35БЗ ГОСТ Р 52781-2007).

МОР: 5%-ий розчин Аквол-2 [4, табл. 24, с. 233].

Призначаємо режими різання.

Величина припуску, що знімається дорівнює: $h = 0,08$ мм. Розрахуємо швидкість шліфувального круга:

$$v_{кр} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{кр}}{1000 \cdot 60} \quad (1.32)$$

де $D = 350$ мм – діаметр круга;

$n_{кр} = 1112$ об/хв – частота обертання шліфувального круга по верстату.

$$v_{кр} = \frac{3,14 \cdot 350 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 20,3 \text{ м/с.}$$

Вибираємо швидкість обертання столу по [4, табл. 176 с. 357] – $v_d = Sxv = 25 \text{ м/хв.}$

Частота обертання столу:

$$n_p = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 134} = 60 \text{ об/хв.}$$

Призначаємо по верстату $n_{вст} = 60 \text{ об/хв.}$

Визначаємо вертикальну подачу за формулою:

$$S_t = S_{t_T} \cdot K_{St}; K_{St} = K_{SM} \cdot K_{SH} \cdot K_{SB} \cdot K_{SD} \cdot K_{ST} \cdot K_{SIT} \cdot K_{Sl} \quad (1.33)$$

де S_{t_m} – табличне значення швидкості різання, м/хв;

K_M – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

K_{SH} – коефіцієнт, що враховує товщину деталі;

K_{SB} – коефіцієнт, що враховує ширину деталі;

K_{SD} – коефіцієнт, що враховує діаметр шліфувального круга;

K_{ST} – коефіцієнт, що враховує стійкість круга;

K_{SIT} – коефіцієнт, що враховує точність обробки;

K_{Sl} – коефіцієнт, що враховує довжину оброблюваної поверхні.

Табличне значення вертикальної подачі дорівнює [4, табл. 177, с. 358] – $S_{t_m} = 0,006 \text{ мм.}$

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 181, с. 361-362]: $K_M = 0,46$, $K_{SH} = 1,0$, $K_{SB} = 0,63$, $K_{SD} = 1,5$, $K_{ST} = 0,85$, $K_{SIT} = 0,6$, $K_{Sl} = 0,82$.

$$S_t = 0,006 \cdot 0,046 \cdot 1 \cdot 0,63 \cdot 1,5 \cdot 0,85 \cdot 0,6 \cdot 0,82 = 0,001 \text{ мм/дв.ход.}$$

основний час:

$$t_o = \frac{h}{n_d \cdot S_t} \cdot K \quad (1.34)$$

де $K = 1,3$ – коефіцієнт виходжування.

$$t_o = \frac{0,08}{60 \cdot 0,0001} \cdot 1,3 = 1,75 \text{ хв.}$$

1.7 Нормування операцій

Технічні норми часу в умовах серійного виробництва встановлюються розрахунково-аналітичним методом.

Норма часу в серійному виробництві називається штучно-калькуляційною нормою часу:

$$t_{\text{шт-к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{п.з}}}{n}, \quad (1.35)$$

де n – число деталей в партії;

$t_{\text{п.з}}$ – підготовчо-заключний час, хв;

$t_{\text{шт}}$ – штучний час на одну деталь, хв.

$$t_{\text{шт}} = t_o + t_{\text{доп}} + t_{\text{об}} + t_{\text{відп}}, \quad (1.36)$$

де t_o – основний (машинний) час, хв;

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

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

$t_{\text{відп}}$ – час перерви на відпочинок, хв.

Допоміжний час:

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{у.з}} + t_{\text{з.в}} + t_{\text{у.п}} + t_{\text{вим}}, \quad (1.37)$$

де $t_{\text{у.з}}$ – час на установку і зняття деталі, хв;

$t_{\text{з.в}}$ – час на закріплення і відкріплення деталі, хв;

$t_{\text{у.п}}$ – час на прийоми управління, хв;

$t_{\text{вим}}$ – час на вимірювання деталі, хв.

Оперативний час:

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_{\text{доп}}, \quad (1.38)$$

де t_o – машинний час;

$t_{\text{доп}}$ – допоміжний час.

Час на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби:

$$t_{\text{обс}} + t_{\text{відп}} = (t_o + t_{\text{доп}}) \cdot \left(\frac{\alpha_{\text{обс}} + \alpha_{\text{відп}}}{100} \right), \quad (1.39)$$

де $\alpha_{\text{обс}}$ и $\alpha_{\text{відп}}$ – час на обслуговування робочого місця, перерва на відпочинок і природні потреби в% від оперативного часу.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску визначено за формулою (1.1) – $n = 60$ деталей:

Проведемо розрахунок технічної норми часу для операції токарної з ЧПК 040.

Підготовчо-заклучний час складається з часу на наладку верстата, інструменту та пристосування (12хв), і отримання та здача інструменту і пристосування (8 мин). Таким чином $t_{\text{н-з}} = 20$ хв, [6, карта 18, с.71] (група верстата II).

Допоміжний час:

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{у.з}} + t_{\text{з.в}} + t_{\text{у.п}} + t_{\text{вим}} = 0,4 + 0,16 + 0,33 = 0,89 \text{ хв},$$

де $t_{\text{у.з}} + t_{\text{з.в}} = 0,4$ хв – час на установку і зняття деталі [7, табл. 70, с. 131];

$t_{\text{у.п.}} = 0,16$ хв – час на прийоми управління [7, табл. 71, с.132];

$t_{\text{вим}} = 0,09 \cdot 1 + 0,12 \cdot 2 = 0,33$ хв – час на вимірювання деталі шаблоном і штангенциркулем. [5, карта 67, с. 446].

Оперативний час дорівнює – $t_{\text{оп}} = t_o + t_{\text{доп}} = 1,04 + 0,89 = 1,93$ хв.

Час на обслуговування робочого місця і природні потреби становить 4,6% від оперативного часу [7, с.133]:

$$t_{\text{обс}} + t_{\text{відп}} = (t_o + t_{\text{доп}}) \cdot \left(\frac{\alpha_{\text{обс}} + \alpha_{\text{відп}}}{100} \right) = 1,93 \cdot 0,046 = 0,09 \text{ хв}, \quad (1.39)$$

Штучний час дорівнює:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{відп}} = 1,93 + 0,09 = 2,02 \text{ хв}, \quad (1.39)$$

Штучно-калькуляційний час дорівнює:

$$t_{\text{ш-к}} = 2,02 + \frac{20}{60} = 2,35 \text{ хв.} \quad (1.35)$$

Проведемо розрахунок технічної норми часу для операції фрезерної з ЧПК065.

Підготовчо-заключний час складається з часу на наладку верстата, інструменту та пристосування (18хв), і отримання та здача інструменту і пристосування (7хв). Таким чином $t_{n-з} = 25\text{хв}$, [6, табл. 6.6, с.219].

Допоміжний час:

$$t_{\text{доп}} = t_{y.з} + t_{з.в} + t_{y.п} + t_{\text{вим}} = 0,79 + 0,24 + 0,09 = 1,45 \text{ хв,}$$

де $t_{y.c.} + t_{з.o} = 0,79\text{хв}$ – час на установку і зняття деталі [7, табл. 93, с. 159];

$t_{yn.} = 0,24\text{хв}$ – время на приёмы управления [7, табл. 93, с.159];

$t_{вим} = 0,09 \cdot 2 + 0,12 \cdot 2 = 0,42\text{хв}$ – время на измерение детали шаблоном и штангенциркулем. [5, карта 67, с. 446].

Оперативний час дорівнює – $t_{on} = t_o + t_{oon} = 1,8 + 1,45 = 3,25$ мин.

Час на обслуговування робочого місця і природні потреби становить 4,1% від оперативного часу [7, табл. 94, с.160]:

$$t_{\text{обс}} + t_{\text{відп}} = (t_o + t_{\text{доп}}) \cdot \left(\frac{\alpha_{\text{обс}} + \alpha_{\text{відп}}}{100} \right) = 3,25 \cdot 0,041 = 0,21 \text{ хв,}$$

Штучний час дорівнює:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{відп}} = 3,25 + 0,21 = 3,46 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час дорівнює:

$$t_{\text{ш-к}} = 3,46 + \frac{25}{60} = 3,88 \text{ хв.}$$

Проведемо розрахунок технічної норми часу для плоскошліфувальної операції 085.

Підготовчо-заключний час складається з часу на наладку верстата, інструменту та пристосування ($5,5 + 2,5 + 1,5 = 9,5$ хв), отримання і здачі інструменту і пристосування (7 хв). Таким чином $t_{n-3} = 16,5$ хв, [6, табл. 6.6, с.219].

Допоміжний час:

$$t_{\text{доп}} = t_{y.з} + t_{з.в} + t_{y.п} + t_{\text{вим}} = 0,37 + 0,35 + 0,16 = 0,88 \text{ хв},$$

де $t_{y.c} + t_{з.o} = 0,13 + 0,04 = 0,37$ хв – час на установку і зняття деталі [6, карта 16, с. 54];

$t_{yn} = 0,35$ хв – час на прийоми управління [7, табл. 109, с. 187];

$t_{\text{вим}} = 0,16$ хв – час на вимірювання деталі шаблоном і штангенциркулем. [5, карта 67, с. 446].

Оперативний час дорівнює – $t_{on} = t_o + t_{oon} = 3,5 + 0,88 = 4,38$ мин.

Час на обслуговування робочого місця і природні потреби становить 5,2% від оперативного часу [7, табл. 110, с.188]:

$$t_{\text{обс}} + t_{\text{відп}} = (t_o + t_{\text{доп}}) \cdot \left(\frac{\alpha_{\text{обс}} + \alpha_{\text{відп}}}{100} \right) = 4,38 \cdot 0,052 = 0,28 \text{ хв},$$

Штучний час дорівнює:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{відп}} = 4,38 + 0,28 = 4,66 \text{ хв}.$$

Штучно-калькуляційний час дорівнює:

$$t_{\text{ш-к}} = 4,66 + \frac{19,5}{60} = 4,94 \text{ хв}.$$

Проведемо розрахунок технічної норми часу для плоскошліфувальної операції 130.

Підготовчо-заключний час складається з часу на наладку верстата, інструменту та пристосування ($5,5 + 2,5 + 1,5 = 9,5$ хв), отримання і здачі інструменту і пристосування (7 хв). Таким чином $t_{n-3} = 16,5$ хв, [6, табл. 6.6, с.219].

Допоміжний час:

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{у.з}} + t_{\text{з.в}} + t_{\text{у.п}} + t_{\text{вим}} = 0,37 + 0,35 + 0,16 = 0,88 \text{ хв},$$

де $t_{\text{у.с}} + t_{\text{з.о}} = 0,13 + 0,04 = 0,37 \text{ хв}$ – час на установку і зняття деталі [6, карта 16, с. 54];

$t_{\text{уп.}} = 0,35 \text{ хв}$ – час на прийоми управління [7, табл. 109, с. 187];

$t_{\text{вим}} = 0,16 \text{ хв}$ – час на вимірювання деталі шаблоном і штангенциркулем. [5, карта 67, с. 446].

Оперативний час дорівнює – $t_{\text{оп}} = t_{\text{o}} + t_{\text{доп}} = 1,75 + 0,88 = 2,63 \text{ мин.}$

Час на обслуговування робочого місця і природні потреби становить 5,2% від оперативного часу [7, табл. 110, с.188]:

$$t_{\text{обс}} + t_{\text{відп}} = (t_{\text{o}} + t_{\text{доп}}) \cdot \left(\frac{\alpha_{\text{обс}} + \alpha_{\text{відп}}}{100} \right) = 2,63 \cdot 0,052 = 0,17 \text{ хв},$$

Штучний час дорівнює:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{відп}} = 2,63 + 0,17 = 2,8 \text{ хв.}$$

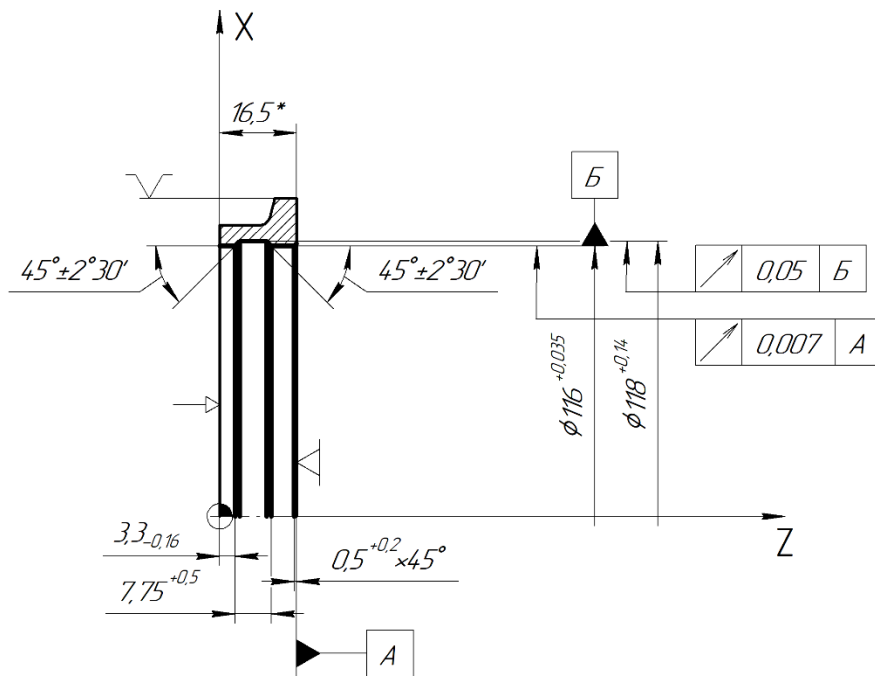
Штучно-калькуляційний час дорівнює:

$$t_{\text{ш-к}} = 2,8 + \frac{19,5}{60} = 3,08 \text{ хв.}$$

1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПУ, з використанням NXCAM

1.8.1 Розробка токарної операції

Розробимо керуючу програму на оперіцію 055 для верстата з ЧПК. На рис. 1.9 показаний операційний ескіз.



* Розмір для довідок

Рисунок 1.9 – Операційний ескіз

Попередньо створюємо 3D модель, що відповідає деталі відповідно заготовки на операції, що розробляється. Далі об'єднуємо ці дві моделі в одному файлі. Далі створюємо файл в якому будемо розробляти траєкторію. Вибираємо **Обработка, Шаблон – Токарная (Express)**. Створюються декілька геометричних об'єктів, пов'язаних з токарною обробкою. В геометричному об'єкті MSC_SPINDLE, задаємо систему координат деталі (рис. 1.10).

В геометричній групі WORKPIECE задаємо деталь і заготовку. Далі в геометричній групі AVOIDANCE задаємо початкову точку і точку повернення.

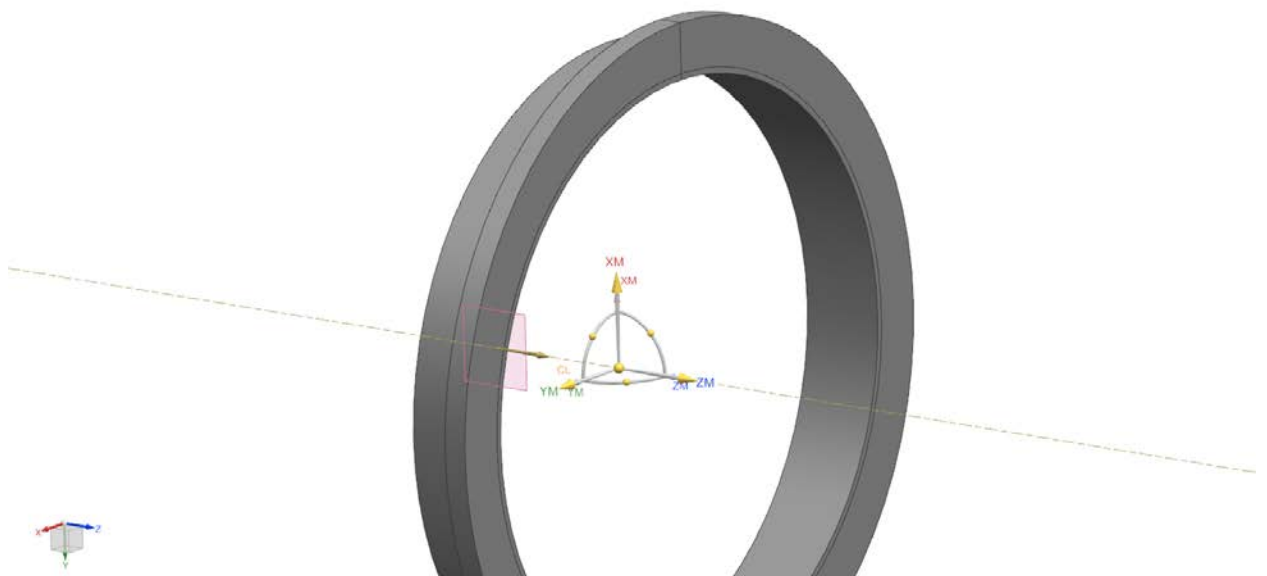


Рисунок 1.10 – Система координат деталі

В наступному кроці задаємо інструмент – розточний різець (рис. 1.11).

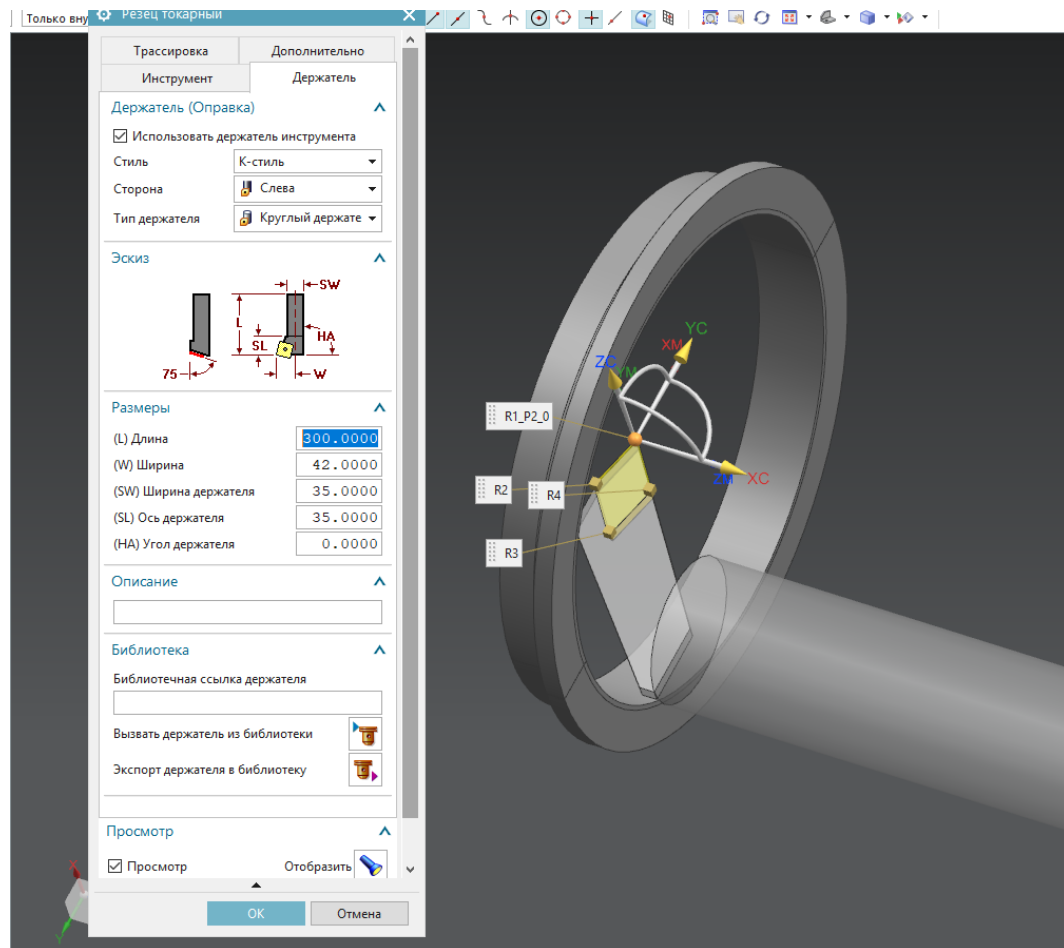


Рисунок 1.11 – Створення інструмента

Для організації декількох переходів необхідно створити допоміжний геометричний об'єкт CONTAINMENT. А вже в цьому переході створюємо перехід «Чистовая внутренняя расточка» і розташування площини безпеки.. Задаємо всі необхідні параметри (рис. 1.12). Генеруємо траєкторію і керуючу програму (рис. 1.13, рис. 1.14).

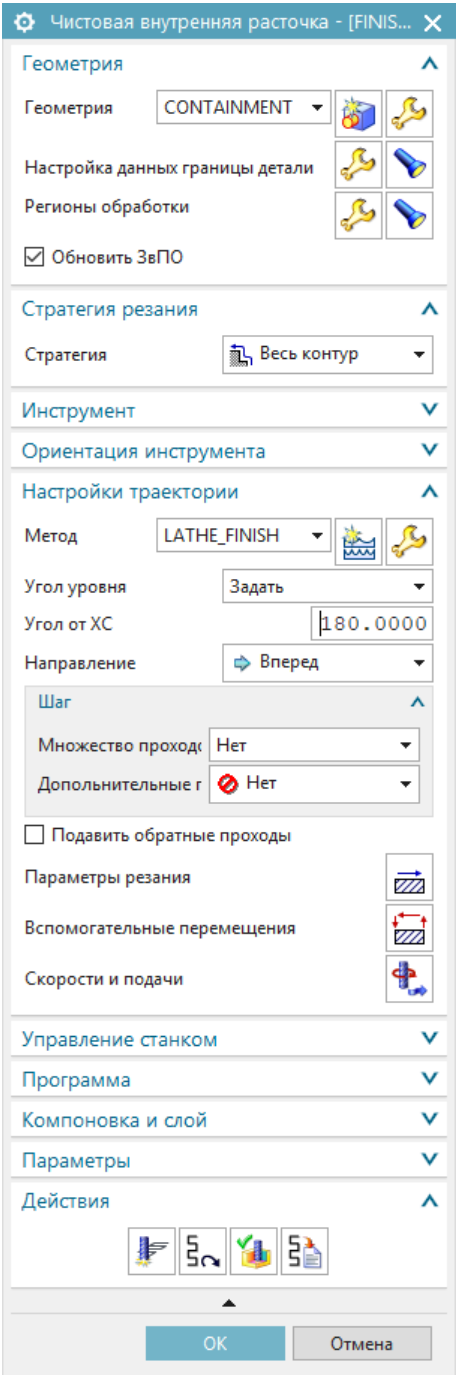


Рисунок 1.12 – Створення інструмента

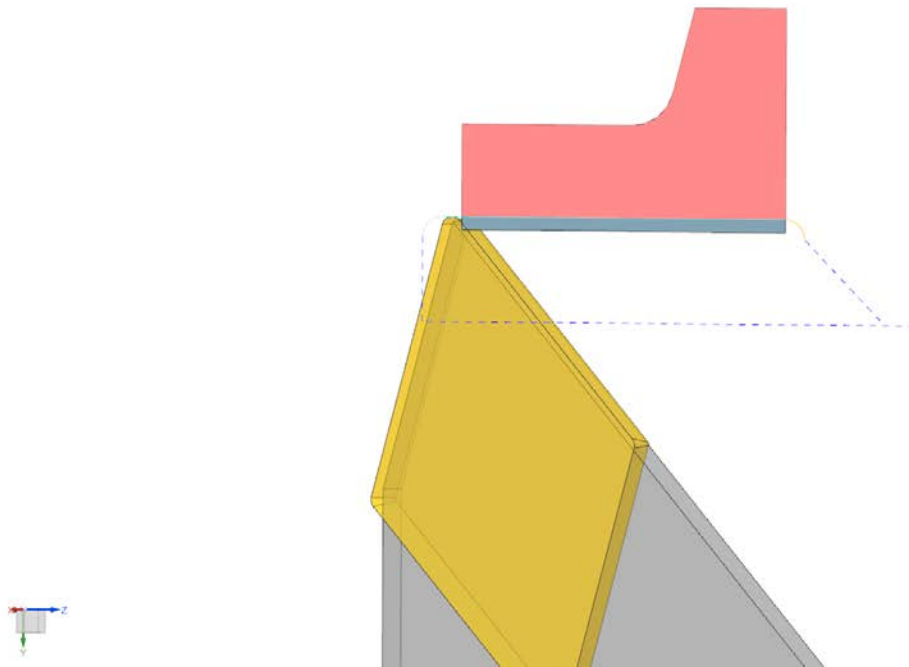


Рисунок 1.13 – Траєкторія руху інструмента на першому переході

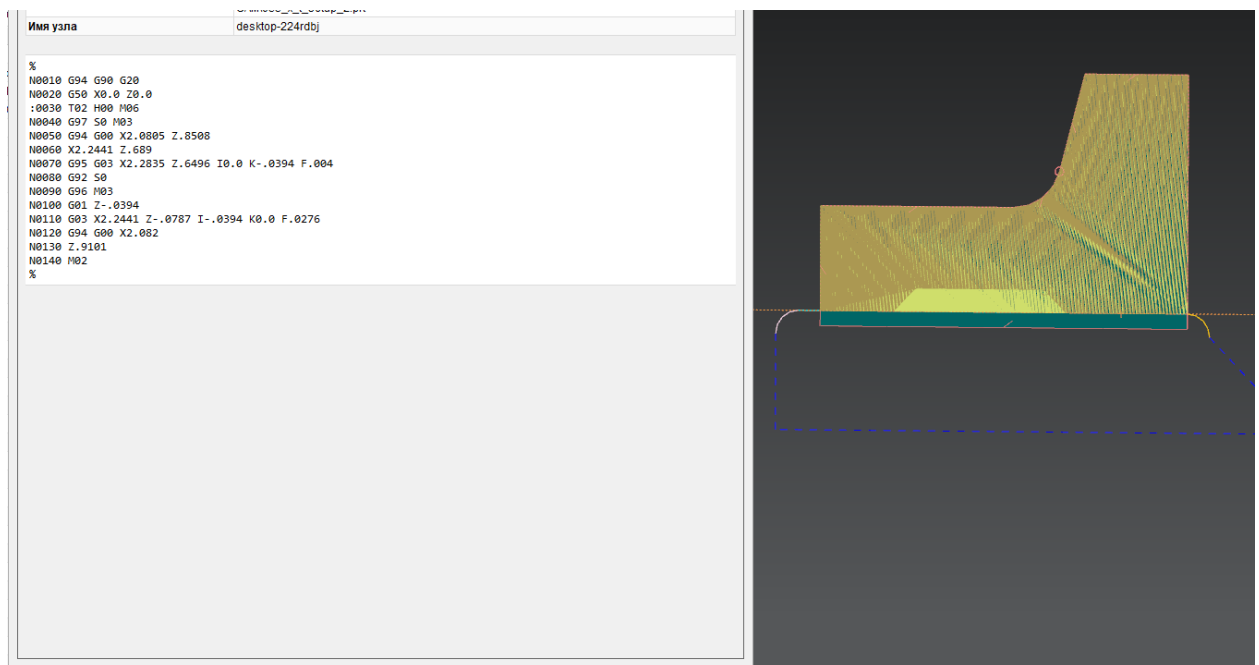


Рисунок 1.14 – Лістинг керуючої програми

Створюємо новий геометричний об'єкт CONTAINMENT_1. І в ньому за аналогією створюємо другий і третій перехід (рис. 1.15, 1.16).

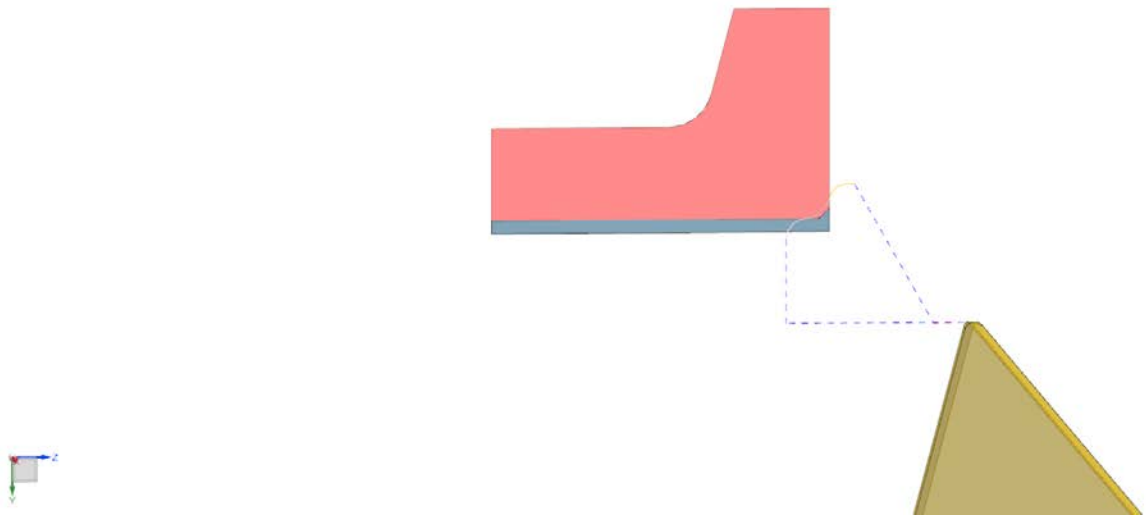


Рисунок 1.15 – Траєкторія руху інструмента на другому переході

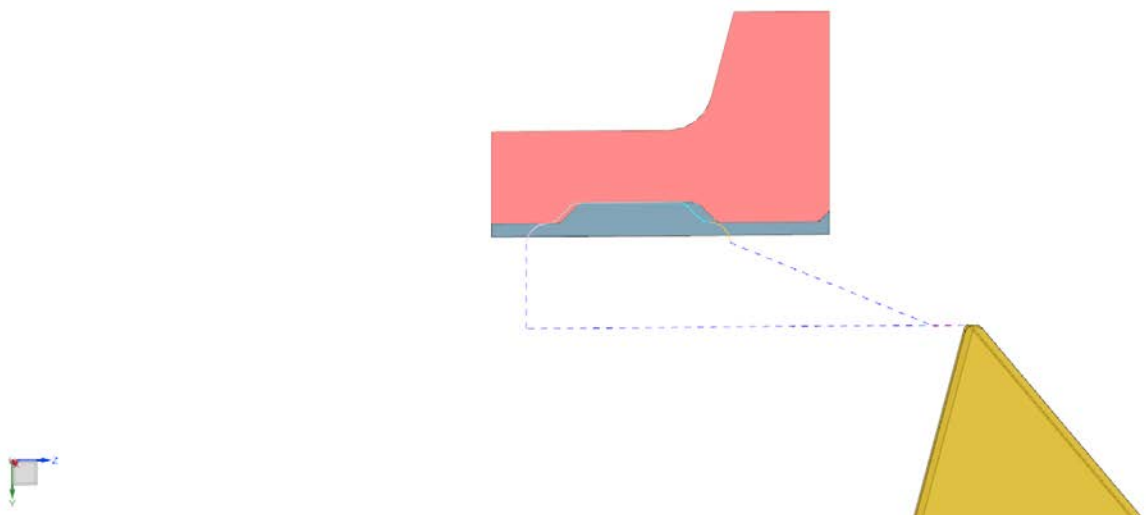


Рисунок 1.16 – Траєкторія руху інструмента на другому переході

2.1.2 Розрахунок пристосування на точність

Методика расчёта приспособления на точность базируется на том, что сумма погрешностей, возникающих в процессе обработки, не должна превышать величину допуска, установленного на размер обработки.

$$T_{\text{обр}} > \sum_{i=1}^n \varepsilon_i \quad (2.1)$$

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i = \varepsilon_{\text{уст}} + \varepsilon_{\text{пр}} + \varepsilon_{\text{наст}} + \varepsilon_{\text{обр}}, \quad (2.2)$$

де $\varepsilon_{\text{уст}}$ – частина похибки обробки, що залежить від обраної схеми установки заготовки в пристосування. Похибка установки дорівнює нулю, так як настроювальна база співпадає з установчою базою – $\varepsilon_{\text{уст}} = 0$ мм.

$\varepsilon_{\text{пр}}$ – частина похибки обробки, що залежить від точності виготовлення настановних елементів, їх зносу і установки пристосування на металорізальному верстаті.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 \quad (2.3)$$

де Δ_1 – похибка, обумовлена неточністю виготовлення установчих елементів;

$$\Delta_1 = T_{\text{у.с.}} = 0,003 \text{ мм [10].}$$

$\Delta_2 = 0,001$ мм – похибка залежить від величини допустимого зношування установчих елементів [10];

Δ_3 – похибка яка виникає при установці пристосування на металорізальному верстаті [10]. В нашому випадку, вона дорівнює $\Delta_3 = 0$ мм, оскільки цанга попередньо проточується на верстаті, в якому буде здійснюватись обробка.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 0,003 + 0,001 + 0 = 0,004 \text{ мм.}$$

$\varepsilon_{настр}$ – частина похибки обробки, що залежить від точності виготовлення настроювальних елементів пристосування і процесу настройки, $\varepsilon_{настр} = 0,002$ мм [10].

$\varepsilon_{обр}$ – частина похибки обробки, що залежить від зношування ріжучого інструменту, геометричній неточності виготовлення верстата, пружних і теплових деформацій системи ВПД.

$$\varepsilon_{обр} = \Delta_4 + \Delta_5 + \Delta_6 + \Delta_7 \quad (2.4)$$

де $\Delta_4 = 0,001$ мм – величина допуску зношування ріжучого інструменту [10];

$\Delta_5 = 0,002$ мм – величина похибки, що залежить від геометричній неточності виготовлення металорізальних верстатів [10];

$\Delta_6 = 0,001$ мм – величина похибки, що залежить від деформацій системи ВПД [10];

$\Delta_7 = 0,001$ мм – величина похибки, що залежить від температурних деформацій системи ВПД [10];

Таким чином, похибка становить:

$$\varepsilon_{обр} = 0,001 + 0,002 + 0,001 + 0,001 = 0,005 \text{ мм.}$$

Сумарна похибка обробки:

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i = 0 + 0,004 + 0,002 + 0,005 = 0,011 \text{ мм,}$$

За умовами розрахунку пристосування на точність, сума похибок, що виникають в процесі обробки, не повинна перевищувати величину допуску, встановленого на розмір.

Виконавчий розмір при точінні $\varnothing 116^{+0,035}$.

Величина допуску на розмір обробки становить $T = 0,035$ мм, сума похибок $\sum_{i=1}^n \varepsilon_i = 0,011$ мм.

Дане пристосування дозволяє при токарній обробці витримати заданий розмір з допуском на нього 0,035 мм.

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску

Перед початком конструювання пневматичного пристосування необхідно визначити діаметр робочої порожнини пневмоциліндра.

Для цього, визначимо окружну силу різання при точінні [11, с. 271]

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p, \text{ Н} \quad (2.5)$$

де $C_p = 204$ [11, табл. 22, с. 273];

$t = 2$ мм;

$s = 0,12$ мм/об;

$v = 52$ м/хв;

$x = 1,0$ [11, табл. 22, с. 273];

$y = 0,75$ [11, табл. 22, с. 273];

$n = 0$ [11, табл. 22, с. 273];

Загальний поправочний коефіцієнт на силу різання визначається за формулою:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{yp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \text{ Н} \quad (2.6)$$

де $K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n = \left(\frac{1100}{750} \right)^{0,75} = 1,33$ [11, табл. 9, с. 264];

$K_{\varphi p} = 0,89$ [11, табл. 23, с. 275];

$K_{yp} = 1,1$ [11, табл. 23, с. 275];

$K_{\lambda p} = 1$ [11, табл. 23, с. 275];

$K_{rp} = 0,87$ [11, табл. 23, с. 275].

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 2^1 \cdot 0,12^{0,75} \cdot 52^0 \cdot 1,33 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 1604 \text{ , Н}$$

Далі необхідно визначити зусилля Q і силу затиску P . Згідно зі схемою затискають пристрої з сілообразуючімі ланками визначимо зусилля:

$$Q = k \frac{P_z}{f_1 + f_2} \quad (2.7)$$

де $f_1 = 0,15$, $f_2 = 0,15$ – коефіцієнти тертя заготовки о базуючу поверхню і поверхню штока-прихвата [12, табл. 6.4, с. 132];

k – коэффициент запаса:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \quad (2.8)$$

де k_0 – гарантований коефіцієнт запасу закріплення, $k_0 = 1,5$ [12, табл. 6.5, с. 133];

k_1 – коефіцієнт, що враховує наявність випадкових нерівностей на поверхні деталі, для чистової обробки – $k_1 = 1,0$ [12, табл. 6.5, с. 133];

k_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання, в слідстві прогресуючого зносу інструменту – $k_2 = 1,2$ [12, табл. 6.5, с. 133];

k_3 – коефіцієнт, що враховує зміни сил, при переривчастому різанні, для фрезерування $k_3 = 1,3$ [12, табл. 6.5, с. 133];

k_4 – коефіцієнт, що враховує вид пристосування, для механізованих пристосувань $k_4 = 1,0$ [12, табл. 6.5, с. 133];

k_5 – коефіцієнт, що характеризує зручність рукоятки для ручних затискачів, для механізованих пристосувань $k_5 = 1,0$ [12, табл. 6.5, с. 133];

k_6 – коефіцієнт, що враховує положення заготовки, $k_6 = 1,3$ [12, табл. 6.5, с. 133].

$$k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,3 = 3,04$$

Визначимо еквівалентну силу:

$$Q = 3,04 \frac{1604}{0,15 + 0,15} = 16\,268 \text{ Н.}$$

Виходячи з розрахункового зусилля на штоку і прийнятого тиску повітря в мережі – 4 атм., Вибираємо діаметр робочої порожнини циліндра $D=160$ мм. Діаметр штока дорівнює $d = 36$ мм.

Згідно з прийнятими даними, визначимо зусилля на штоку [12, табл. 6.11, с. 151]. Для пневмоциліндра двосторонньої дії сила, що тягне шток, дорівнює:

$$W = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (2.10)$$

де $D = 160$ мм – діаметр робочої порожнини циліндра;

$d = 36$ мм – діаметр штока;

$p = 0,4$ МПа – тиск повітря в мережі;

$\eta = 0,9$ – коефіцієнт корисної дії;

$$W = \frac{3,14}{4} (160^2 - 36^2) \cdot 0,4 \cdot 0,9 = 17390 \text{ Н},$$

Порівнюючи отримане значення зусилля на штоку з розрахунковим зусиллям, що залежать від сили різання, видно що $W > Q$, дана умова забезпечує надійне закріплення деталі.

2.2 Проектування контрольного пристосування

Контрольне пристосування призначене для контролю радіального биття внутрішньої циліндричної поверхні, відносно торця деталі. Контрольне пристосування (рис. 2.2) складається з наклонної плити 5, на яку встановлюється вимірювана деталь. Внутрішня поверхня контрольованої деталі контролюється спеціальним індикатором, що має два стану «годно» і «брак». Індикатор встановлюється в рухому стійку 1. Для настройки пристосування використовується еталонна деталь «кільце».

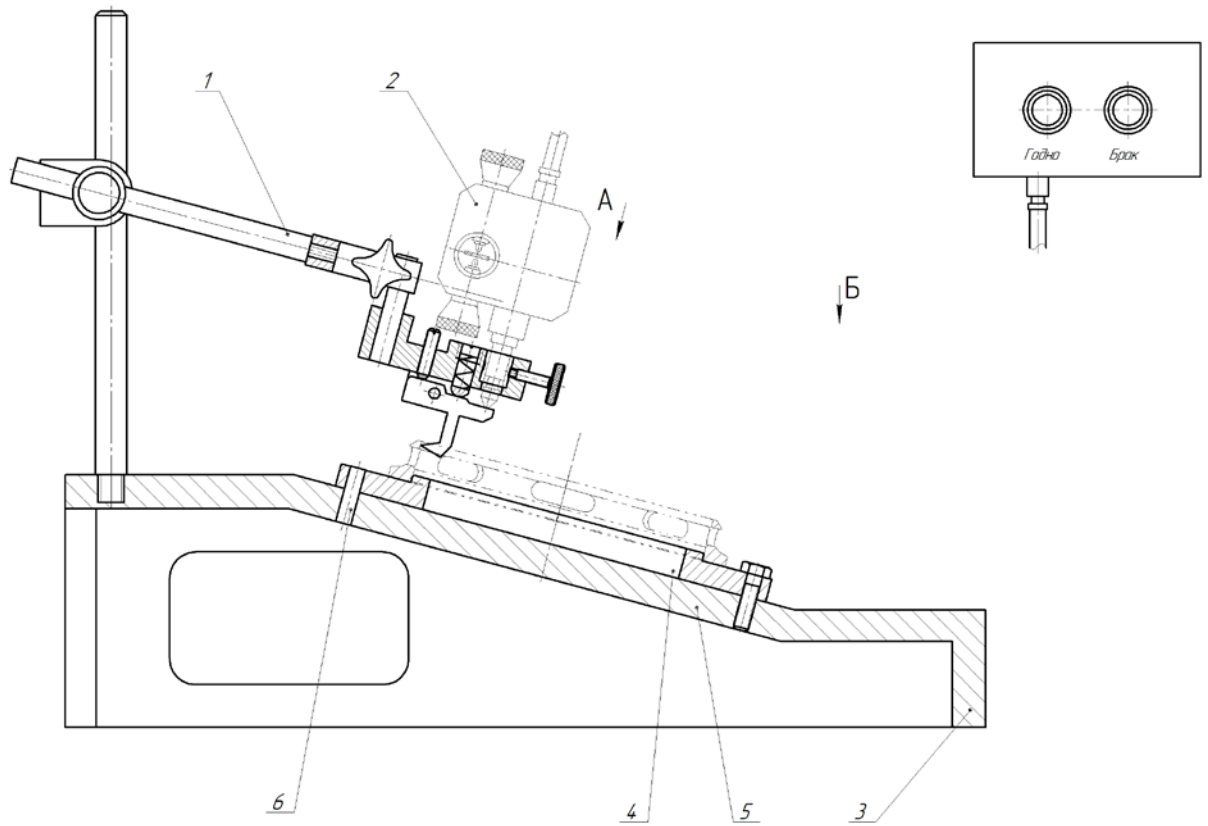


Рисунок 2.4 – Контрольне пристосування

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЗАДАНИХ РОЗМІРІВ ДЕТАЛЕЙ ПРИ МЕХАНІЧНІЙ ОБРОБЦІ НА ВЕРСТАТАХ

3.1 Класифікація різних засобів для активного контролю розмірів оброблюваних деталей

Сучасні вимірювальні прилади для активного контролю в основному застосовуються для контролю одного розміру і рідше – кількох розмірів деталі [16].

Контрольні прилади застосовуються для автоматичного контролю розмірів деталей із суцільними і переривчастими поверхнями. Контрольні прилади, які застосовуються для активного контролю розмірів деталей в процесі обробки, ґрунтуються як на прямому, так і на непрямому методах вимірювання. Прямий метод вимірювання характеризується безпосередньою оцінкою значень шуканої величини або відхилень від неї за показаннями приладу. Непрямий метод вимірювання характеризується оцінкою значень шуканої величини або відхилень від неї за результатами вимірювань іншої величини, пов'язаної з шуканою певною залежністю. Прямий метод вимірювання є більш раціональним в порівнянні з непрямым, так як виключається додаткова похибка передачі розміру від проміжної ланки до розміру оброблюваної деталі.

Вимірювальні прилади для прямих вимірювань поділяються на:

- прилади, що контактують з вимірюваною поверхнею деталі в одній точці при вимірюванні внутрішнього (рис. 3.1,а) і зовнішнього (рис. 3.1,б) діаметрів. В основному одноконтактні вимірювальні прилади застосовуються для активного контролю при плоскому та безцентровому шліфуванні деталей. Значно рідше вони застосовуються для активного контролю при зовнішньому і внутрішньому шліфуванні;

- прилади, що контактують з поверхнею деталі в двох точках. Двоконтактні вимірювальні прилади застосовуються для активного контролю деталей на круглошліфувальних (рис. 3.2, а), внутрішньошліфувальних (рис. 3.2, б), хонінговальних верстатах та ін.;

- прилади, що контактують з вимірюваною поверхнею деталі в трьох точках. Трьохконтактні вимірювальні прилади застосовуються для активного контролю деталей на круглошліфувальних (рис. 3.3, а) і внутрішньошліфувальних (рис. 3.3, б) верстатах;

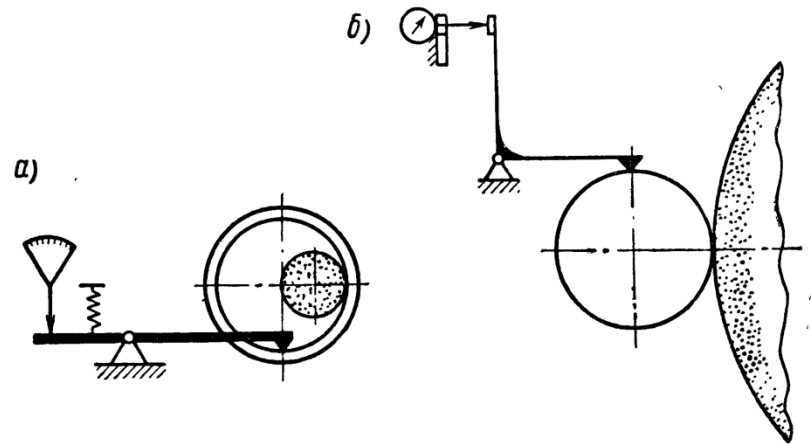


Рисунок 3.1 – Схема активного контролю розмірів деталей одноконтактними вимірювальними приладами

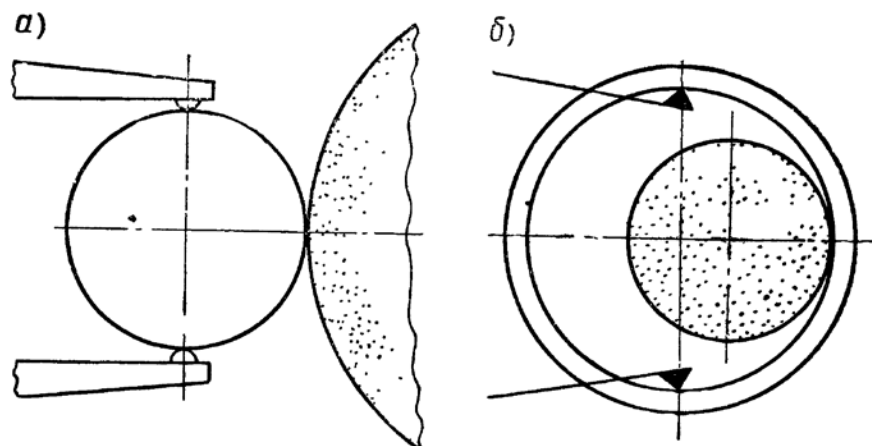


Рисунок 3.2 – Схема активного контролю розмірів деталей двоконтактними вимірювальними приладами

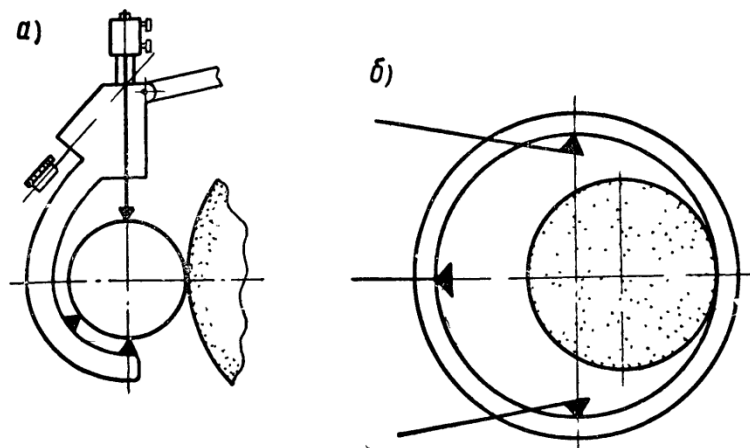


Рисунок 3.3 – Схема активного контролю розмірів деталей триконтактними вимірювальними приладами

– прилади, що контактують з циліндричної вимірюваної поверхні оброблюваної деталі (рис. 3.4). Ці вимірювальні прилади застосовуються для активного контролю отворів на внутрішньошліфувальних і хонинговальних верстатах. Є вимірювальні прилади для безконтактних вимірювань. Такі прилади для активного контролю розмірів деталей застосовують порівняно рідко.

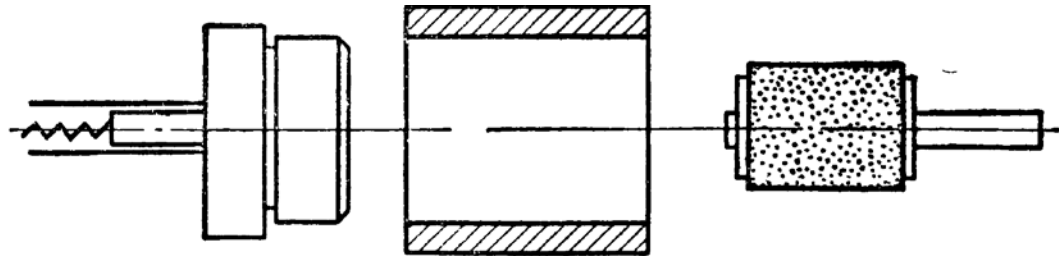


Рисунок 3.4 – Схема активного контролю розмірів деталей вимірювальними приладами з циліндричною пробкою

Вимірювальні прилади для непрямих вимірювань поділяються на:

- прилади, що контролюють переміщення вузла верстата з ріжучим інструментом (рис. 3.5, а);
- прилади, що контролюють положення ріжучих граней ріжучого інструменту щодо оброблюваної поверхні деталі (рис. 3.5, б).

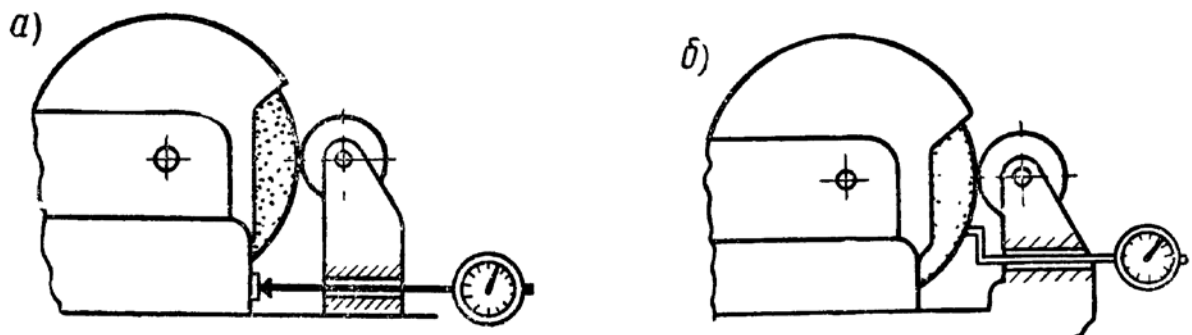


Рисунок 3.5 – Вимірювальний пристрій:

- а) що контролює переміщення вузла верстата з ріжучим інструментом;
- б) контролює стан ріжучих граней ріжучого інструменту відносно поверхні деталі, що оброблюється

3.2 Класифікація датчиків в залежності від способу перетворення вимірювальних імпульсів

Найбільше застосування для автоматичного контролю отримали електроконтактні, індуктивні, ємнісні і пневматичні вимірювальні системи[16].

В основному будь-яка вимірювальна система складається з наступних вузлів: датчика, вимірювального пристрою, відлікової частини, командного, сигнального і записуючого пристрою, блоку живлення.

Датчик – це прилад, що служить для перетворення лінійної величини в нелінійну.

Вимірювальний пристрій служить для перетворення сигналу датчика і приведення в роботу командного пристрою (відлікового, сигнального, записуючого). Відлікова частина (шкала) показує значення вимірюваної величини у відповідних одиницях. Командний пристрій формує електричний імпульс, який може управляти електричними ланцюгами верстатів, контрольно-сортувальними автоматами та ін. У електроконтактних системах для цієї мети застосовується електромагнітне реле. Сигнальний пристрій служить для подачі світлового або звукового сигналу при досягненні заданого розміру оброблюваної деталі. Записуючий пристрій записує контрольовані розміри деталі і застосовується досить рідко. Блок живлення перетворює надходить з мережі енергію в такий вид, який необхідний для нормальної роботи вимірювального пристрою. Наприклад, блок живлення електроконтактні системи являє собою трансформатор.

Залежно від способу перетворення датчиком лінійної величини в нелінійну вони поділяються на електроконтактні, індуктивні, ємнісні, пневматичні та ін.

3.2.1 Електроконтактні вимірювальні системи з електроконтактними датчиками

Електроконтактні датчики по ГОСТ 3899-58 поділяються за своїм призначенням на граничні, що застосовуються для контролю заданого розміру деталі відповідно до допуском на обробку, і амплітудні, що призначаються для контролю правильності форми і взаємного положення оброблюваних поверхонь деталі.

Електроконтактні датчики в залежності від числа контактів поділяються на однограничні, двуграничні і багатограничні. Однограничні датчики мають одну пару контактів і поділяють контрольовані деталі на дві групи: з розміром більше заданого і з розміром менше заданого. Двуграничні датчики мають дві пари контактів і поділяють контрольовані деталі на три групи: придатні, негідні з завищеними і негідні із заниженими розмірами. Багатограничні датчики мають кілька пар контактів і застосовуються для сортування деталей на кілька груп.

3.2.2 Індуктивні вимірювальні системи з індуктивними датчиками

Вимірювальні системи з індуктивними датчиками застосовуються для контролю деталей в процесі обробки на верстатах і автоматах, для контролю і сортування оброблюваних деталей.

Контроль розмірів індуктивними датчиками заснований на тому, що зі зміною контрольованого розміру деталі змінюється індуктивність датчика. Індуктивний метод контролю деталей може бути контактним або безконтактним. В основному застосовується контактний метод, вимірювання, при якому положення вимірювального стрижня датчика визначає взаємне розташування якоря датчика і котушок, тобто індуктивність всієї системи.

У вимірювальних системах з індуктивними датчиками малі лінійні переміщення вимірювального стрижня датчика перетворюються в зміни індуктивних опорів його котушок, включених в електричну схему. Зміна індуктивних опорів впливає на електричну схему. Електрична схема, отримавши сигнал, перетворює його в відлікових пристроях в переміщення стрілки по шкалі цього пристрою, протарірованої в одиницях довжини, або, впливаючи на реле, автоматично відключає виконавчий механізм контрольного пристрою і верстата.

Найбільше застосування мають диференціальні датчики, що мають дві котушки, між якими міститься якор датчика. При зміщенні якоря з нейтрального положення індуктивність однієї котушки зростає, а інший зменшується на ту ж величину.

Електроіндуктивний датчик. Принцип роботи такого датчика (рис. 3.6) полягає в тому, що при зміні контрольованого розміру деталі 1 стрижень 2 переміщує якор 3, закріплений на гнучкій пружині 4. Вимірювальне зусилля стрижня забезпечує пружина 5.

З переміщенням стержня вниз ярмір наближається до сердечника котушки 7 і віддаляється від сердечника котушки 6, внаслідок цього збільшується зазор δ_1 і зменшується зазор δ_2 . Таке переміщення ярміра з вимірювальним стрижнем змінює індуктивність котушок 6 і 7, що призводить до порушення балансу моста і появи струму в отс-парному пристрої, величина якого пропорційна переміщенню стрижня. Живлення індуктивного датчика виконується змінним струмом з частотою від 50 до десятка тисяч герц.

Індуктивні датчики прості по своїй конструкції, надійні в роботі і забезпечують більшу точність вимірів. До недоліків індуктивних датчиків слід віднести порівняльну складність електричних схем і неможливість приєднання будь-якого індуктивного датчика до будь-якого електроблока, що обслуговує цей датчик.

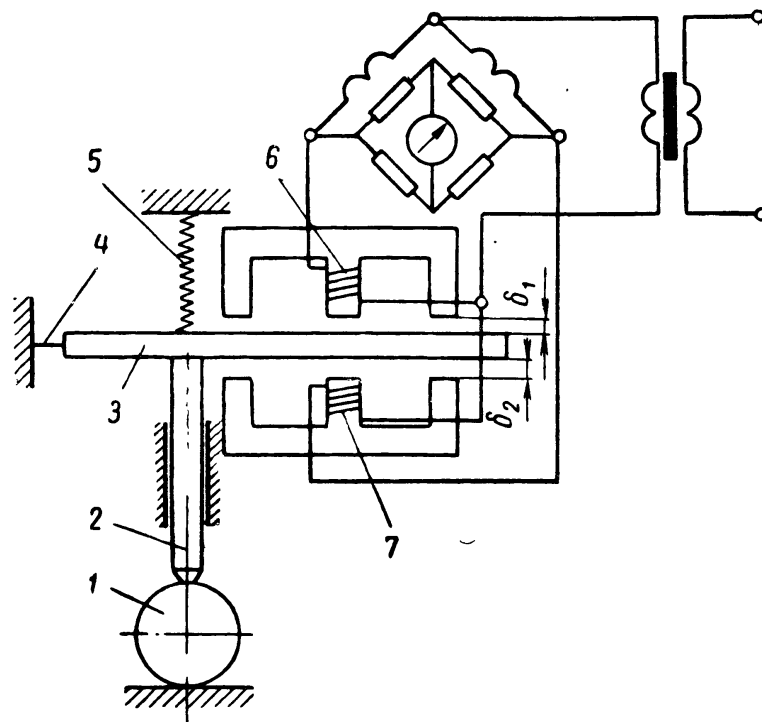


Рисунок 3.6 – Електроіндуктивний датчик для активного контролю розмірів деталей

3.2.3 Ємнісні вимірювальні системи з ємнісними датчиками

Принцип дії вимірювальної системи з ємнісними вимірювальними датчиками заснований на тому, що при зміні розміру оброблюваної деталі відбуваються невеликі лінійні переміщення вимірювального стрижня датчика, які перетворюються в зміна ємностей диференціального

конденсатора датчика. Вимірюючи відповідним способом цю ємність, можна контролювати розмір оброблюваної деталі.

Ємнісний метод контролю деталей буває контактний і безконтактний. При безконтактному методі контролю деталі однієї з пластин конденсатора є контрольована деталь. При контактному методі ємнісний датчик є плоским або циліндричним конденсатором, одна пластина якого пов'язана з вимірювальним стрижнем датчика.

Переміщення вимірювального стрижня датчика, на нижньому кінці якого знаходиться вимірювальний важіль, що впирається в поверхню контрольованої деталі, викликає зсув рухомий обкладки конденсатора щодо змонтованих в корпусі рухомих обкладок. При цьому на рухомий обкладанні конденсатора виникає напруга, що надходить в сітку підсилювальної лампи, яке після посилення подається на відліковий пристрій.

3.2.3 Пневматичні вимірювальні системи і пневматичні датчики

Пневматичні контрольні пристрої для контролю розмірів і форми деталей, оброблюваних на металорізальних верстатах, отримали велике застосування в промисловості.

Залежно від способу визначення витрати повітря все пневматичні вимірювальні пристрої можна розділити на дві групи: що реагують на зміну тиску повітря – манометричні й реагують на зміну швидкості повітряного потоку – ротометричні. Найбільше застосування мають пристрої першого типу – манометричні.

Залежно від величини робочого тиску (манометричний) пневматичні пристрої поділяються на пристрої низького тиску і пристрої високого тиску.

3.3 Прилади для зв'язаного шліфування

Прилади для зв'язаного шліфування є подальшим розвитком приладів активного контролю для круглого шліфування.

Для створення необхідного сполучення деталей з внутрішньою поверхнею спочатку обробляється в межах більш-менш розширеного допуску на розмір, а потім по дійсному розміру окремої деталі йде обробка зв'язаної деталі із зовнішньою поверхнею до досягнення розміру вала, який

утворює необхідний зазор або натяг з раніше оброблюваних отвором. Такий спосіб дозволяє забезпечити точність зв'язування в межах 2-5 мкм при діаметрі до 100 мм.

Прилади активного контролю при зв'язаному шліфуванні будуються таким чином, щоб їх показання або видача команд на виконавчі органи верстата залежали тільки від різниці зв'язаних деталей. Здійснення цієї вимоги можна вирішити за допомогою пневматичних приладів.

На рис. 3.7 наведена принципова схема пневматичного приладу активного контролю при зв'язаному шліфуванні, побудована на недиференціальній схемі вимірювання.

На вимірювальну позицію встановлюється втулка з остаточно обробленим отвором D . Втулка на позиції вимірювання центрується на оправці 2, в вирізах якої переміщуються вимірювальні штоки 1 і 3, які підвішені на плоских пружинах 4 і 6 і несуть на собі вимірювальне сопло 9 і плоску заслінку 8.

Підвіска штоків на пружинних паралелограмах забезпечує їх переміщення тільки по лінії вимірювання. У схемі вимірювання дотримується принцип Аббе. Вимірювальне зусилля створюється пружинами 5 і 7.

Пристрій для вимірювання розміру оброблюваного вала вдає із себе двоконтактну скобу, встановлену на столі шліфувального верстата. За допомогою гідроциліндра 11 скоба подається на деталь, вимірювальні твердосплавні наконечники 15 і 16 охоплюють деталь в діаметральній площині. Сталість цього положення забезпечується упором 12. Конструкція скоби аналогічна конструкції вимірювального пристрою для контролю отвори, тільки виконано інше кріплення вимірювального сопла 14 і заслінки 13, так що при збільшенні валу зазор Z_2 збільшується, а при контролі отвори зазор зменшується при збільшенні отвору.

Вимірювальна скоба контролює діаметр d оброблюваного валика, який підганяється до втулки D .

Тиск в правій гілці пневматичного диференціального приладу 10 залежить від суми тиск в лівій гілці встановлюється залежно від величини зазору в вузлі протivotиску, який служить для настройки приладу за шкалою і для видачі команди верстата при досягненні валом розміру, що забезпечує в сполученні з втулкою заданої зазор або натяг.

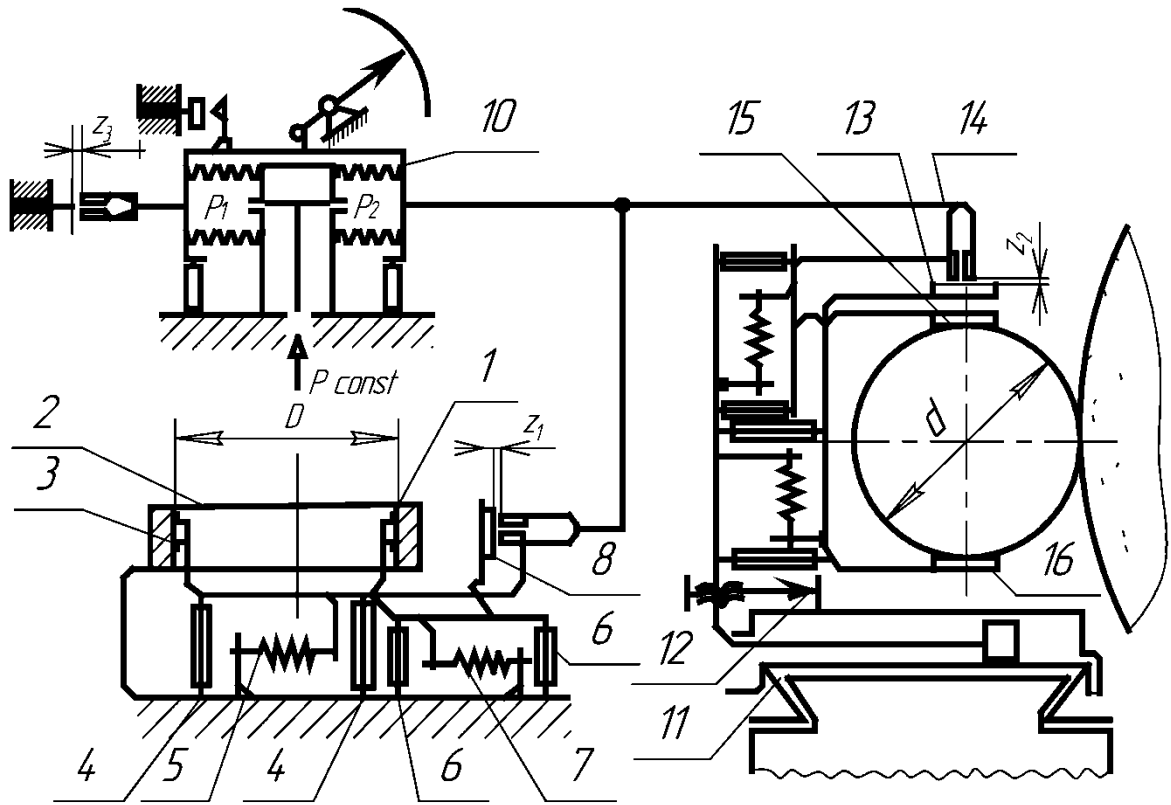


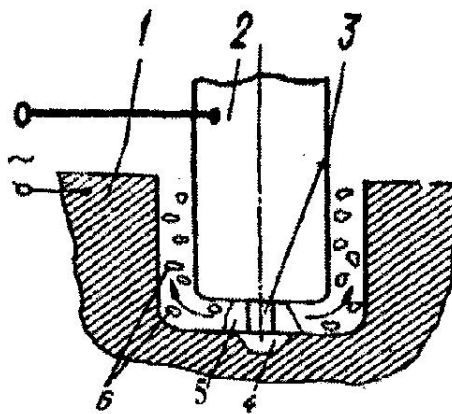
Рисунок 3.7 – Схема зв'язаного шліфування

4 СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНА ОБРОБКА

4.1 Сутність електроерозійної обробки

Електроерозійна обробка (ЕЕО) ґрунтується на руйнуванні металу під дією електророзряду, що проходить через діелектричне середовище (ГОСТ 25331-82). У якості робочого середовища використовується рідина (вода, гас, мастило), що заповнює міжелектродний простір (рис. 4.1)[17].

Після накопичення необхідного заряду між анодом 1 і катодом 2 відбувається електричний пробій рідини, у результаті чого виникає плазмовий канал розряду 3, де протікають процеси нагрівання, розпаду й іонізації речовини робочого середовища. Оброблюваний матеріал з лунки 4 викидається в міжелектродний простір. При цьому канал розряду 3 оточується газоподібними продуктами розпаду робочого середовища, так званим газовим міхуром 5. Газовий міхур, що розширюється, виштовхує з МЕР робоче середовище, потік якого захоплює частки 6, раніше викинуті з лунок, і виводить їх із проміжку. Так виникає явище електричної ерозії.



- 1 – анод;
- 2 – катод;
- 3 – плазмовий канал розряду;
- 4 – лунка;
- 5 – газовий міхур

Рисунок 4.1 – Схема електроерозійної обробки

Процес ерозії має яскраво виражений полярний характер, унаслідок якого електрод, що становить собою заготовку, руйнується більше, ніж електрод-інструмент (ЕІ). Форма й розміри руйнування електрода-заготовки, досить точно відтворюють форму й розміри ЕІ. Ефективність ерозійного руйнування визначається: теплофізичними параметрами оброблюваного матеріалу, режимами й кінематикою обробки, параметрами робочих імпульсів, а також властивостями середовища, у якому проводиться обробка.

ЕЕО застосовується тільки для виготовлення деталей із струмопровідних матеріалів. При цьому міцність, твердість та інші властивості матеріалів не впливають на продуктивність обробки.

Основний недолік електроерозійної обробки: інтенсивне зношування електрода (підвищити стійкість можна різними методами, наприклад, використанням електродів із графіту).

Профільні електроди при поступальному русі ЕІ здійснюють формоутворення шляхом копіювання своєї форми, що є зворотним відбиттям поверхні деталі. Для поліпшення підведення рідини в МЕП і видалення продуктів ерозії, а також для підвищення стабільності процесу, ЕІ надається додатковий зворотнопоступальний рух у напрямку подачі.

Формоутворення шляхом взаємного переміщення оброблюваної деталі й непрофільного ЕІ дозволяє здійснювати вирізання складнопрофільних деталей і розрізування заготовок. Рух електрода сприяє кращому видаленню продуктів ерозії з робочого зазору й підвищенню точності обробки.

Для забезпечення вимог до точності розмірів і якості оброблених поверхонь деталі, що виготовляється електроерозійним способом, необхідно дотримуватись деяких умов, що витікають з сутності процесу обробки, і враховувати його особливості.

Основні з них наступні [18]:

а) для проведення розмірної обробки металів електроерозійним способом необхідні електричні імпульси тривалістю не більше 0,001 сек;

б) розмірна обробка проводиться переважно в рідкому середовищі;

в) електроерозійним способом можна обробляти струмопровідні матеріали будь-якої твердості, в'язкості, крихкості і хімічної активності, тобто обробляти матеріали з будь-якими фізико-хімічними якостями.

г) при обробці матеріалу не слід використовувати інструмент з більш твердого матеріалу, ніж оброблювана заготовка.

д) при електроерозійному способі обробки ЕІ виготовляється з латуні, міді, чавуну, міднографітової, вольфрамо-мідної композиції та інших матеріалів.

е) при ЕЕО завжди змінюються вихідні фізико-хімічні властивості оброблюваної поверхні.

є) після кожного імпульсу на оброблюваній заготовці утворюється сочевицеподібна лунка. Сполучення цих лунок утворює нову поверхню, яка не має направленої шорсткості, якість якої не залежить від напрямку її спостереження.

ж) продуктивність процесу та якість обробленої поверхні визначається енергією одиничного імпульсу, частотою утворення імпульсів, складом матеріалу електродів, складом і станом середовища в міжелектронному просторі:

1) чим більше енергія і тривалість імпульсу, тим глибше лунка, тим вище продуктивність, але вище шорсткість обробленої поверхні;

2) чим більше тривалість імпульсу, тим більше зона термічного впливу, а також внутрішні напруги в поверхневому шарі, які можуть привести до утворення сітки мікротріщин;

3) параметри імпульсу (тривалість, енергія) можуть регулюватись у широких межах, що дозволяє отримати будь-яку наперед задану шорсткість.

з) ЕЕО виконується, як правило, без безпосереднього стикання інструмента з оброблюваною заготовкою.

і) електроерозійний спосіб обробки дозволяє виготовляти деталі практично будь-яких розмірів, забезпечувати видалення будь-якого за величиною обсягу металу з оброблюваної заготовки.

У таблиці 4.1 подано орієнтовне співставлення вигідності застосування ЕФХМО в порівнянні з іншими методами.

Значення балів оцінки вигідності застосування ЕФХМО замість обробки різанням: 1 – абсолютно недоцільно; 2 – недостатньо вигідно; 3 – дещо вигідніше; 4 – безумовно вигідно; 5 – інакше не можна зробити.

Таблиця 4.1 – Орієнтовне співставлення вигідності ЕФХМО

Метод (операція)	Геометрична форма виробу										
	особливо складна		складна		середньої складності		проста				
	Твердість матеріалу виробу										
	висока	низька	висока	низька	висока	низька	висока	низька			
АМР	3-5	2-3	3-4	2-3	3-4	2-3	3	2-3			
УЗР				2	3	2	3-4	2			
УЗМР	3-4	2-3		3		3	3	3			
ЕАБО		3			2-3	2-3		3	2-3		
ЕІМ електродом: профільним	4-5	2-3		2-3						2-4	3
непрофільним										2-3	
ЕІС електродом: профільним							3-4			3	
непрофільним											3-4
ЕКО	3-4	3		3	3	3-4	3-4				
ЕХП	4-5	3	3-5	3							
ЕХРО		3-4	3-4	2-3	3-4						
ЕХУЗ	3-4							3-4	3-4	2-3	

Примітка: 1– абсолютно недоцільно; 2 – недостатньо вигідно; 3 – дещо вигідніше; 4 – безумовно вигідно; 5 – інакше не можна зробити.

4.2 Обладнання для електроерозійної обробки

Перший у світі радянський електроерозійний (електроіскровий) верстат був призначений для видалення зламаного інструмента (1943 р.). З того часу випущено велику кількість різноманітних за призначенням, продуктивністю та конструкцією електроерозійних верстатів[16].

За призначенням (як і металорізальні верстати) розрізняють верстати універсальні, спеціалізовані та спеціальні, за необхідною точністю обробки – загального призначення, підвищеної точності, прецизійні.

Загальними для всіх електроерозійних верстатів вузлами є пристрої для кріплення і переміщення інструмента (заготовки), гідросистема, пристрої для автоматичного регулювання міжелектродного простору (між заготовкою та інструментом).

Генератори відповідних імпульсів (іскрових (60-200 В) чи дугових (20-60 В)) виготовляються, як правило, окремо і можуть працювати з різними верстатами. Основна різниця пристроїв для переміщення інструмента (заготовки) в електроерозійних верстатах від таких же металорізальних верстатів – відсутність значних силових навантажень та наявність електричної ізоляції міжелектродами. Гідросистема складається з ванни з робочою рідиною (технічного мастила, гасу та ін.), гідронасосу для прокачування рідини через міжелектродний простір, фільтрів для очищення рідини через міжелектродний простір та фільтрів для очищення рідини, яка подається в насос від продуктів ерозії.

Основними елементами електроерозійних верстатів є станина 1 коробчастої або іншої форми зі стійкою (рис. 1.20), стіл 2, ванна 3, інструмент 4, пов'язаний з інструментальною голівкою 5, пристрій 6-9 для переміщення інструментальної голівки в трьох взаємно перпендикулярних напрямках, пульт керування 10, трубопроводи подачі робочої рідини у ванну 11 і на злив 12, насос 13.

Компонування копіювально-прошивочних верстатів переважно вертикальне. Вони можуть бути з нерухомим столом та підйомною ванною, або з координатним столом та ванною, що знімається.

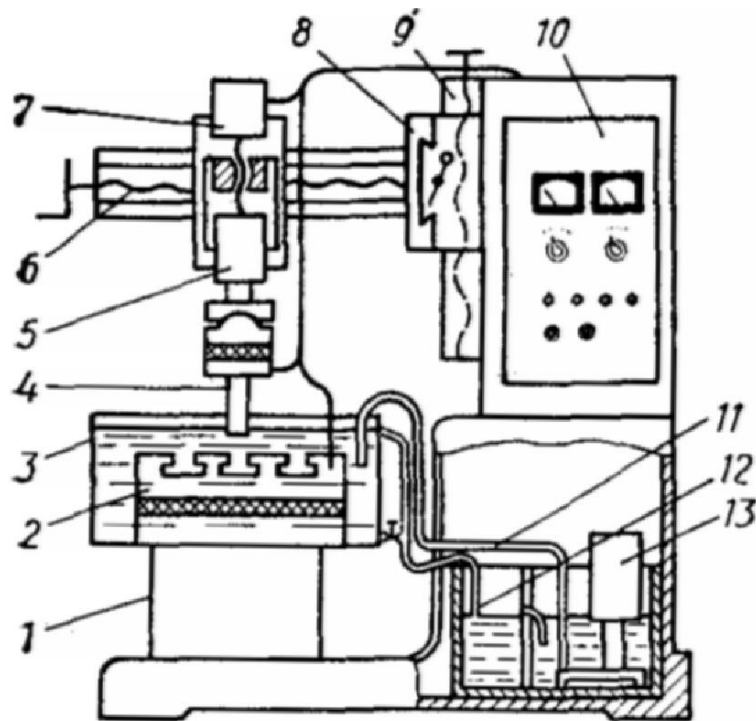


Рисунок 4.2 – Будова верстата для електроерозійної обробки

Відповідно до ГОСТУ 15954-70 розмірний ряд копіювально-розмірами столів: 125×200, 200×360, 400×360, 800×1120, 1600×2000 мм.

Застосування спеціального оснащення, крім удосконалення копіювально-прошивочних операцій, дозволяє здійснити таку складну обробку, як внутрішнє різьбонарізання, обробку внутрішніх фасонних поверхонь, нарізання зовнішніх різьб і т.д.

Верстат моделі 183 (рис. 4.3) призначений для електроерозійного прошивання отворів і порожнин різноманітної форми в деталях з різних матеріалів, сплавів і неметалічних електропровідних матеріалів. На верстаті можлива обробка отворів під кутом до площини столу, а також координатна прошивання отворів. Верстат забезпечений генератором типу RC.

На деяких верстатах стіл і ванну можна переміщувати у відносних вертикальних напрямках.

Точні верстати постачаються оптичною системою відліку координат, виконують із цифровою індикацією, із програмним керуванням, з керуванням від ЕОМ. У великих верстатах шафи з апаратурою встановлюють окремо. Верстати постачають фільтрами робочої рідини, холодильниками для її охолодження й т.д.

За основні розміри універсальних електроерозійних верстатів прийняті розміри столу й найбільша відстань від торця шпинделя інструментальної голівки до поверхні столу. Довжина столів установлена за

геометричним рядом з показником $\varphi=1,8$ (ГОСТ 15954-70), ширина з геометричним рядом з показником $\varphi=2$, а ряд відстаней відторця шпинделя до поверхні столу – з $\varphi=1,6$. Спеціальні та спеціалізовані електроімпульсні й електроіскрові копіювально-прошивочні верстати призначені для обробки конкретної деталі типу деталей. На рис. 4.4 показано загальний вигляд спеціального електроерозійного верстата моделі ОФ-81.

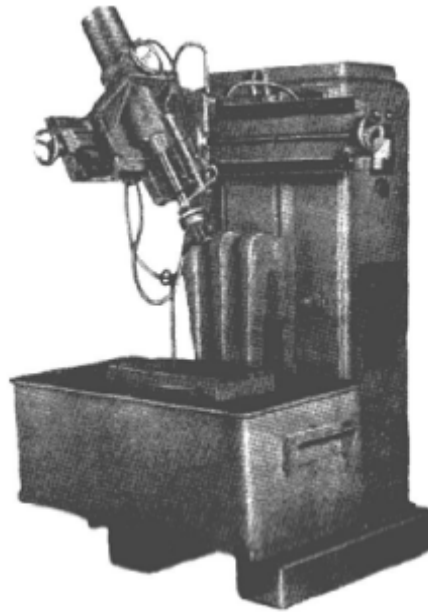


Рисунок 4.3 – Загальний вид верстата 183

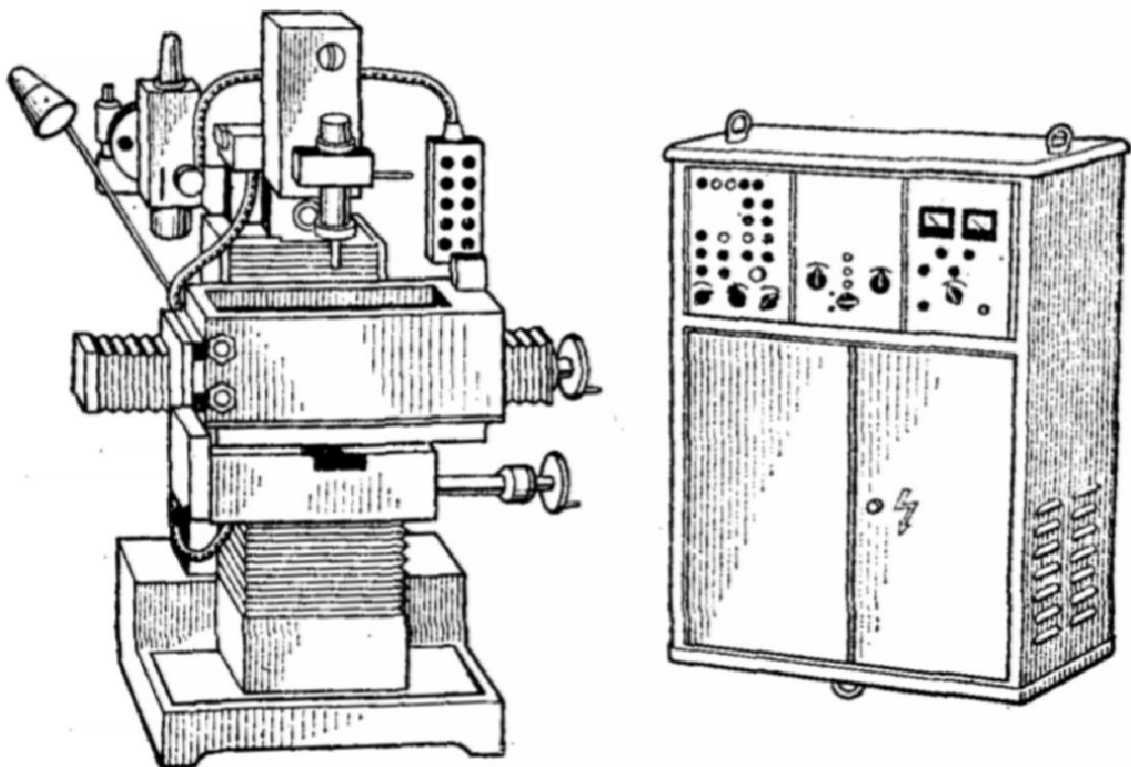


Рисунок 4.4 – Електроерозійний верстат моделі ОФ-81

Із найбільшим ефектом верстат може бути використаний в інструментальних цехах для виготовлення багатомісних штамів, кондукторів, пристосувань, кочів; в експериментальних, ремонтних цехах, а також в основному виробництві (приладобудуванні, радіоелектроніці). Верстат оснащений прецизійним обертовим шпинделем, що дозволяє здійснювати ЕЕО отворів з високою точністю, плавне регулювання міжелектродного зазору за допомогою автоматичного регулятора й передачі гвинт-гайкачового, ефективної системи подачі, очищення й охолодження рідини. Верстат оснащений голівкою орієнтації електрода, мікроскопом ЦО-2, лещатами, електродною голівкою, віброголівкою, орбітальною голівкою, свердлильним патроном, центрошукачем та ін.

Для виконання операцій вирізання за допомогою непрофільованого електрода (електрода-дроту) випускаються різноманітні верстати (4531, МА-4535, А20740). Конструктивно верстати для обробки непрофільованим електродом містять майже всі вузли копіювально-прошивочного верстата. Тільки інструментотримач виконаний у вигляді спеціального кронштейна з механізмом перемотки електрода-дроту (рис. 4.5). Вирізання дротовим електродом може здійснюватись як по копію, так і з використанням програмного керування (рис. 4.6).

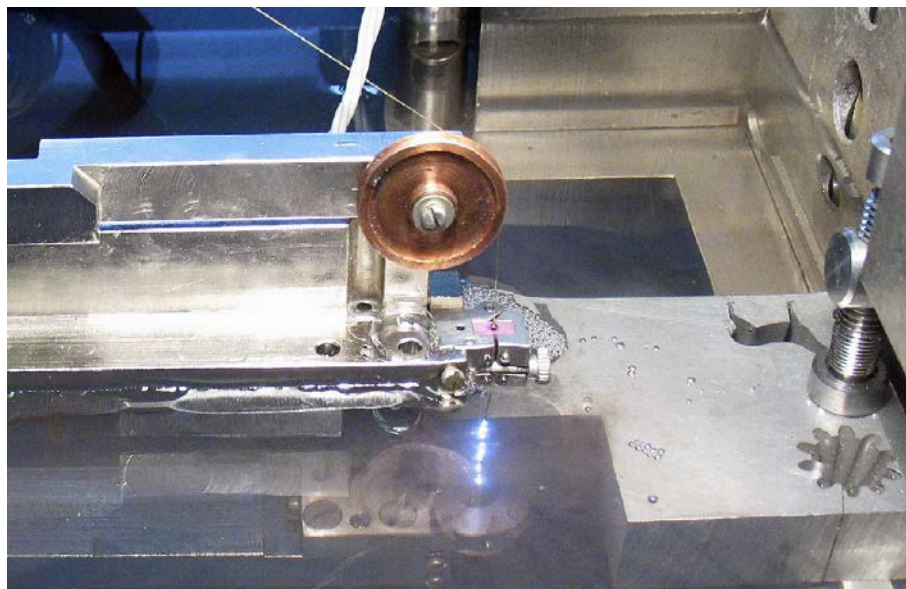


Рисунок 4.5 – Спеціальний кронштейн з механізмом перемотки електрода-дроту

Електроерозійне розрізування виконується ЕІ у формі диска,металевої стрічки або дроту. Процес може протікати в рідкомусередовищі, наприклад, у промисловій воді і на повітрі. При використанні у якості ЕІ металевої стрічки вона може перемотуватися з однієї котушки на іншу або ж бути натягнутою на два барабани й скріплена кінцями у вигляді нескінченної стрічки. Широко поширені вирізні верстати для розрізування заготовок непрофільованим дровим електродом.



Рисунок 4.6 – Електроерозійний вирізний верстатз числовим програмним керуванням

Електроерозійні шліфувальні верстати мають за джерело живлення постійну напругу. Шпиндель верстата повинен бути ізолюваний від корпусу, а у якості інструмента використовують металевий диск. Для підведення напругизастосовують щок, розраховані нанеобхідну силу струму.

Верстат моделі 187 (рис. 4.7) призначений для шліфування площинтвердосплавних заготовок штампів іпостійних магнітів з різноманітнихмарок магнітних сплавів, а такожструмопровідної кераміки, тугоплавких, твердих та в'язких матеріалів. Налитій основі 1 установлений корпус 2 згенератором імпульсів та електрообладнанням верстата. На передній панелі корпусу розташована вертикальнастанина 3 з основними механізмами. Внижній частині станини знаходитьсяванна 8 з робочою рідиною. Ваннаможе переміщуватись по станині задопомогою гвинтового приводу, щообертається від електродвигуна.

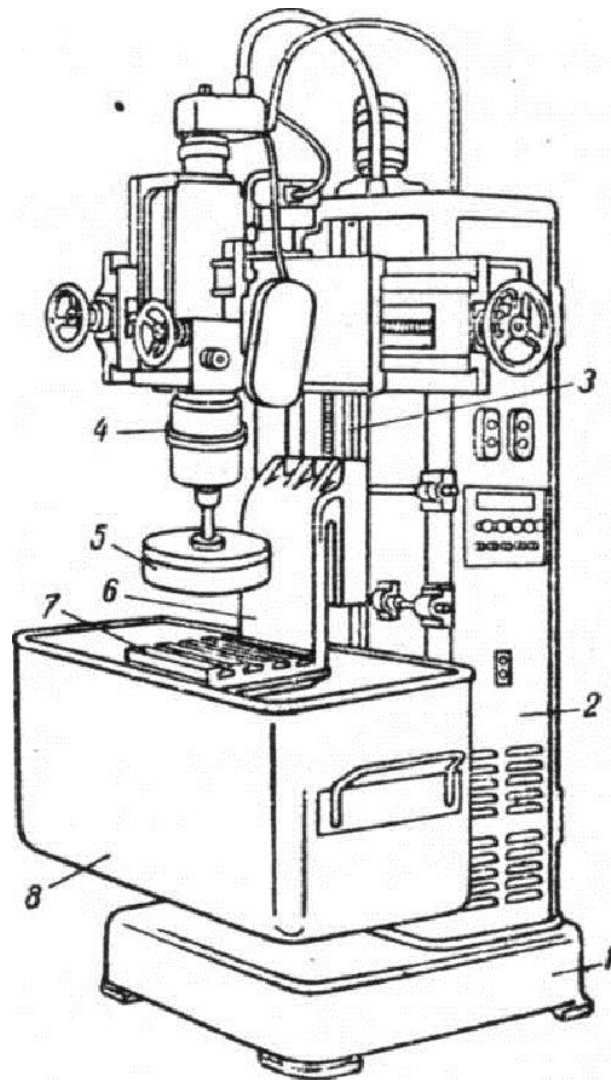


Рисунок 4.7 – Верстат моделі 187

Оброблювані деталі закріплюються на столі 7 кутового кронштейна 6 і при підніманні ванни занурюються в робочу рідину. Деталі оброблюються кільцевим чавунним електрод-інструментом 5, що обертається, розташованим у нижній частині головки 4. Електрод-інструмент обертається з невеликою швидкістю (50-60 об/хв), що виключає розбризкування рідини та оголення зони розрядів між оброблюваною деталлю й електрод-інструмент.

Процес шліфування відбувається при горизонтальному зворотно-поступальному переміщенні (подачі) робочої головки вздовж напрямних за допомогою електродвигуна-регулятора, який обертає гвинт горизонтальної подачі.

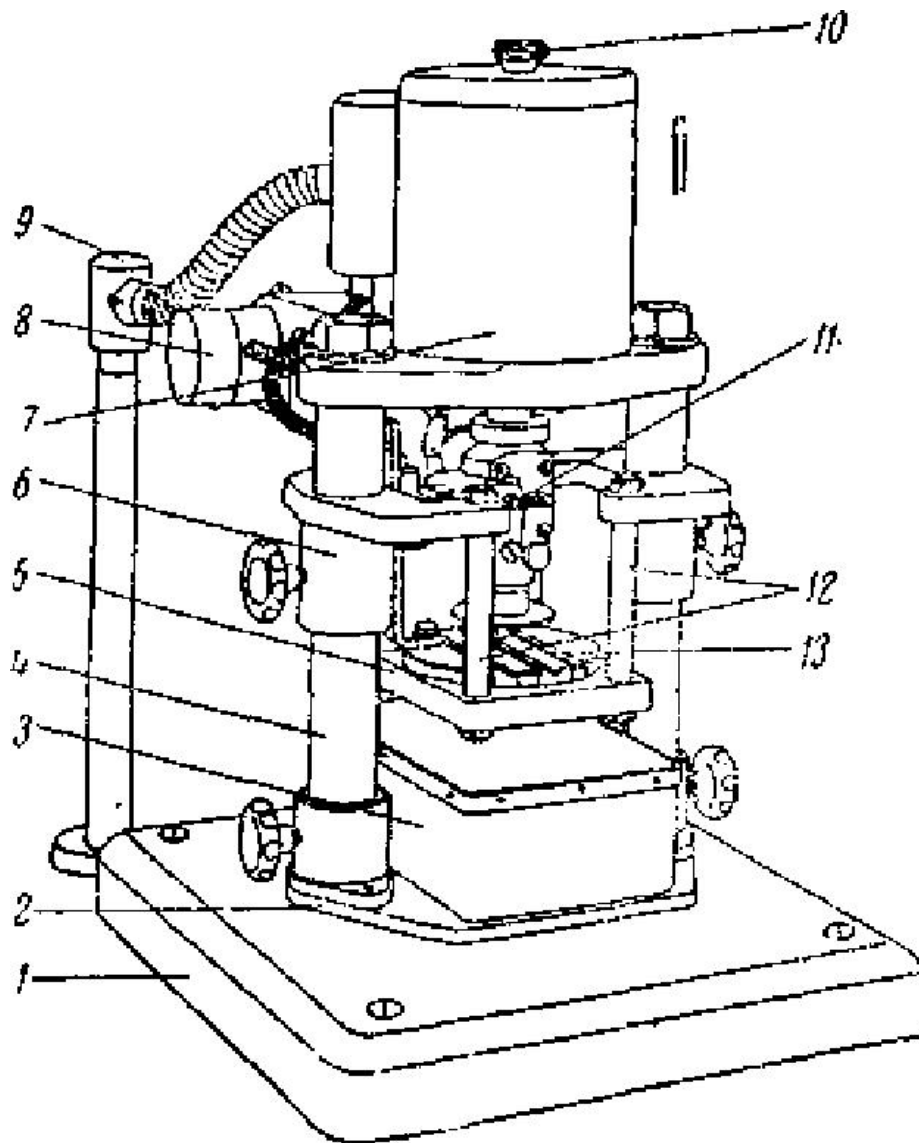
Процес звичайно проводять у середовищі мастила. Для обдирання великих виливків і штампувань застосовують чорновешліфування, використовуючи у якості робочого середовища воду або повітря. Обдирні електроерозійні верстати виконуються на базі звичайних шліфувальних

верстатів, у яких коло заміненена електрод-інструменті і встановлене джерело постійної напруги.

Верстат ЛКЗ-53 (рис. 4.8) призначається для електроіскрової обробки матриць дрібних твердосплавних штампів, профільних волок і твердосплавних пластинок. Цей верстат – настільного типу. Електроустаткування розміщене всередині стола. Робоча голівка становить собою електромагнітний вібратор, що складається з пустотілого шпинделя, підвішеного на мембранах, і голівки з механізмом, що подає. Голівка кріпиться до шпинделя затяжною шпилькою. Подача електрод-інструмента здійснюється роликами за допомогою електродвигуна-регулятора. Робоча голівка встановлена на двох колонках. Корпус голівки – литий чавунний. У середині корпусу знаходиться електромагніт, що притягує якір, який становить собою кільцеподібне розширення тіла шпинделя. Збуджувальний електромагнітом змінний магнітний потік приводить мембрану й всі пов'язані з нею деталі в коливальний рух. Зміцнення шпинделя на двох мембранах зі значною відстанню між ними забезпечує прямоту вібрації. Електрод-інструмент тут служить дрот або стрічка того або іншого профілю, що подається двома роликами.

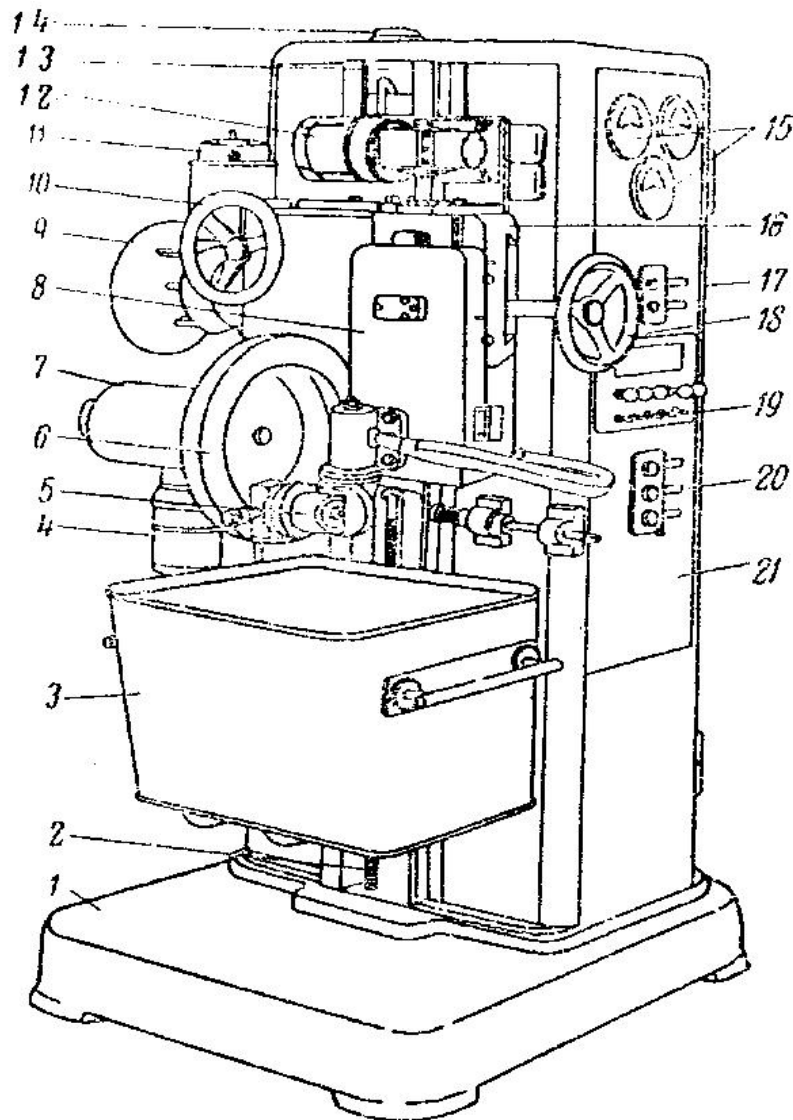
Верстат ЛКЗ-37 (рис. 4.9), призначений для заточення твердосплавних різців із прямими гранями, побудований на базі верстата ЛКЗ-18 і має аналогічне електроустаткування.

У цьому верстаті ЕІ служить чавунний диск, що обертається із швидкістю 40 об/хв. Вісь обертання диска горизонтальна. При роботі нижня частина диска занурюється в робочу рідину. Оскільки швидкість обертання мала, то при роботі верстата розбризкування рідини не відбувається, внаслідок чого відсутня необхідність у бризкозахисних пристроях. Різець, що заточується, кріпиться в різцетримачі й також занурюється в робочу рідину. Для запобігання від нерівномірного зношування площини диска, різцю, що заточується, повідомляється зворотно-поступальний рух, перпендикулярний осі диска [19]. Робочою рідиною для цього верстата служить гас або солярове мастило.



1 – основа; 2 – підйомний столик для ванни; 3 – ванна для робочої рідини; 4 – колонки; 5 – ізоляційна плита; 6 – кронштейн столика для деталей; 7 – корпус електромагнітного вібратора; 8 – електродвигун-регулятор; 9 – колонка для виведення проводів зі столу; 10 – гайка для закріплення робочої голівки; 11 – робоча голівка; 12 – колонки, що з'єднують кронштейн із плитою; 13 – столик для закріплення оброблюваних деталей

Рисунок 4.8 – Верстат ЛКЗ-53 для електроіскрової обробки твердосплавних пластинок



1 – основа; 2 – гвинт підйому ванни; 3 – ванна з РР; 4 – електродвигун, що обертає дисковий ЕІ; 5 – різцетримач; 6 – ЕІ (чавунний диск); 7 – шпindelна бабка; 8 – супорт вертикального зворотно-поступального переміщення різцетримача; 9 – шкала вказівника величини знімання металу; 10 – рукоятка для швидкого відведення горизонтального супорта; 11 – електродвигун-регулятор; 12 – електродвигун приводу вертикального супорта; 13 – станина; 14 – вентилятор; 15 – вимірювальні прилади; 16 – супорт горизонтального переміщення (подачі); 17 – кнопки увімкнення і вимикання верстата; 18 – рукоятка горизонтального переміщення супорта; 19 – перемикач режимів; 20 – кнопки підйому й опускання ванни; 21 – корпус верстата

Рисунок 4.9 – Верстат ЛКЗ-37 для електроіскрового заточення твердосплавних різців

Подача різця, що заточується, здійснюється автоматично за допомогою регулятора, який обертає гвинт горизонтального супорта. На кінці гвинта перебуває шкала для відліку величин знімання.

На початку 70 років XX ст. був розроблений типовий ряд електроіскрового прецизійного обладнання і малогабаритні транзисторні генератори імпульсів, упровадження яких відкрило можливості для дво-, трьохкратного підвищення продуктивності процесу, поліпшення якості виробів, розроблено і передано усерійне виробництво електроіскровий вирізний верстат А207.46 на базі верстата А207.23 з універсальним пультом програмного керування А745.17.

До кінця 80-х років НПК-СТМ «Істок» було випущено більш як 2000 одиниць електроіскрового обладнання. В середині 70-х років почалось інтенсивне виробництво та розробка електроіскрових верстатів японськими фірмами: JAPAX, FANUC, MITSUBISHI, SODICK, HITACHI та швейцарською фірмою AGIE, яке продовжується і по цей день. На машинобудівних підприємствах використовується також високопродуктивне електроерозійне обладнання з ЧПК німецького виробництва (рис. 4.10-4.12).

Сучасні електроерозійні верстати характеризуються використанням у якості приводів по осях ХУ прямих високомоментних і прецизійних лінійних двигунів, вільних від вібрацій, керамічних робочих зон, трьохвимірних програмних систем підготовки керуючих програм, модулів чистової обробки, що забезпечують шорсткість поверхні до Ra 0,05 мкм, дуже низьким зношенням електродів.

Верстат забезпечує швидкість знімання матеріалу 70 мм²/хв, досягає шорсткість поверхні Ra 1,25, в якості діелектричної рідини використовується деіонізована вода, діаметр дроту 0,25 мм. Верстат забезпечує високу продуктивність обробки 120 мм²/хв та досягає чистоту обробки Ra 0,8, обробку по 5 осях, діелектрична рідина – деіонізована вода, діаметр дроту 0,25 мм.

Верстат забезпечує максимальну швидкість еродування 400 мм³/хв. Максимальне зношення електродів 0,3%. Потужність генератора 7 кВт. Середній струм 60 А.



Рисунок 4.10 – Високопродуктивний дротовий еродуючий верстатз ЧПК для виготовлення високоточних фасонних деталейта електродів Smart Dem



Рисунок 4.11 – CNC Дротовий ерозійний верстатSmart DEM Plus (Німеччина)



Рисунок 4.12 – Іскроерозійний верстат ZNC-EDM 350 (Німеччина)

4.3 Класифікація основних видів електроерозійної обробки

Терміни і визначення, що пов'язані з ЕЕО, регламентуються ГОСТ 25331-82. За технологічними ознаками установлюють наступні види ЕЕО: відрізання (ЕЕОВ), об'ємне копіювання (ЕЕОК), вирізання (ЕЕВ), прошивання (ЕЕПр), шліфування (ЕЕШ), доведення (ЕЕД), маркування (ЕЕМ) та електроерозійне зміцнення (ЕЕЗ).

Процес можна виконувати з прямою та зворотною полярністю, багатоелектродною чи багатоконтурною обробкою.

Залежно від умов обробки, застосовуваних режимів, устаткування й технологічних прийомів, а також одержуваних технологічних характеристик ЕЕО електричних розрядів, обробку прийнято підрозділяти на електроіскрову, електроімпульсну й електроконтактну, а залежно від частоти повторення розрядів нанизько-, середньо- й високочастотну.

Електроіскрова обробка (ЕІС) ґрунтується на явищі електричної ерозії при проскакуванні іскри між катодом і анодом; з останнього вириваються

дрібні частки металу й спрямовуються до катода. ЕІС може застосовуватися для будь-яких струмопровідних матеріалів, незалежно від механічних властивостей останніх. Так, наприклад, дуже складно виготовити отвір діаметром 0,1 мм. У заготовці із загартованої сталі або твердого сплаву ще складніше виготовити отвір із криволінійним каналом. Електроіскровий метод легко здійснює ці операції. Електроіскровим методом можна отримувати отвори різної форми із прямими й криволінійними осями, прорізати пази, вирізати порожнини, виготовляти поверхні складної форми, розрізати різні матеріали, витягати зламаний і заточувати твердосплавний інструмент, одержувати порошки металів, наносити різні матеріали один на одного й зміцнювати оброблювану поверхню.

ЕІС звичайно проводиться під шаром рідини, що запобігає переходу іскри в дугу й полегшує видалення відходів. У якості інструмента у використовуються: латунь, мідь, алюміній, сталь, але найбільш гарні показники забезпечує застосування інструмента з мідно-графітової маси.

Високочастотний електроіскровий метод обробки. Ґрунтується на дробленні енергії, підведеної до місця обробки й подачії малими імпульсами при високій частоті повторення, що забезпечує низьку шорсткість поверхні. Висока частота проходження імпульсів спричиняє високу продуктивність процесу обробки при високій якості одержуваної поверхні. Перевагами процесу є висока точність обробки й мале зношування інструмента.

Основне призначення високочастотної ЕІС – це чистова обробка деталей, що виключає подальше доведення. Розрізняють:

- обробку непрофільованим електродом (дріт);
- обробку профільованим електродом (інструмент – дзеркальне відображення одержуваної поверхні);
- плоске, кругле або внутрішнє шліфування.

Обробка профільними електродами полягає в копіюванні геометричної форми катода-інструмента на деталі, що здійснюється прямим або зворотним копіюванням.

Однією з оригінальних схем застосування є електроерозійне дрітове різання непрофільованим ЕІ. В основному виробництві застосування цього методу обробки дозволило реалізувати нові конструкторські рішення в деталях, тому що практично зараз тільки цей метод дозволяє одержати пази й канавки від 0,1 до 0,2 мм. Застосовуючи дротовий електрод, можна автоматизувати процес обробки при виготовленні деталей складного

профілю, підвищити точність обробки через відсутність впливу зношування інструмента (електрода) на точність обробки.

Електроіскрове шліфування широко застосовується для обробки важкооброблюваних матеріалів, воно виконується з невисокою швидкістю обертання інструмента. У якості електродазвичайно застосовують чавунний диск, що обертається зі швидкістю $V=15-25$ м/сек. Основний недолік даного методу – великезношування інструмента 50-100% від обсягу вилученого матеріалу й утворення тонкого дефектного шару.

Застосовується електроіскрове шліфування для обдираннядеталей з важкооброблюваних матеріалів, розрізання заготовок.Продуктивність шліфування цим методом при обробці твердихсплавів і литих магнітних сплавів у кілька разів вище продуктивності абразивного шліфування.

Електроімпульсна обробка (ЕІМ) становить собою різновидЕЕО. Вона характеризується більшою швидкістю знімання металу при відносно високій шорсткості обробленої поверхні. Відповідно й режими обробки, форма використовуваних при обробці імпульсів мають істотні розходження. У результаті збільшення електричної потужності, що вводиться у зону імпульсноїобробки, швидкість знімання металу в порівнянні зі швидкістюзнімання при ЕІС підвищується у 8-10 разів.

Збільшення тривалості імпульсів при низькій сквапності йусуненні зворотної напівхвилі напруги приводить тут до різкогозниження зношування ЕІ. На відміну від ЕІС тут застосовуєтьсязворотна полярність: анод-інструмент, катод-заготовка.Завдяки високим швидкостям знімання металу при зниженнівідносного внеску інструмента стає можливою обробка фасонних поверхонь великої площі, що вимагають значного зніманняметалу. Високий ККД генератора імпульсів, що застосовуєтьсяпри імпульсній обробці, забезпечує проведення обробки призниженій питомій витраті електричної енергії.

Процес ЕІМ, як і всі електроерозійні процеси, заснований нарозплавленні малих часток металу в зоні електричних розрядів.Чим вище частота розрядів, тим нижче (за інших рівних умов)шорсткість поверхні. Тому при ЕІМ використовують, як правило, струми підвищеної частоти, одержувані від спеціальнихгенераторів.

Режими ЕІМ відрізняються від режимів ЕІС застосуваннямзнижених напруг і відносно більшими значеннями середніх струмів.

Електроконтактна обробка ЕКО відрізняється від електроерозійної тим, що знімання металу з оброблюваної деталі відбувається під тепловим впливом електричних нестационарних контактних-дугових процесів.

На рис. 4.13 показана схема ЕКО. Напруга від промислової мережі надходить на трансформатор 1, потім через його вторинну обмотку на ріжучий інструмент 2, виготовлений у вигляді диска з електроконтактного матеріалу, і заготовку 3. ЕІ, обертаючись, притискається до заготовки й переміщається вздовж оброблюваної поверхні з деякою подачею. МЕП заповнюється непервідним робочим середовищем у вигляді повітря, рідини.

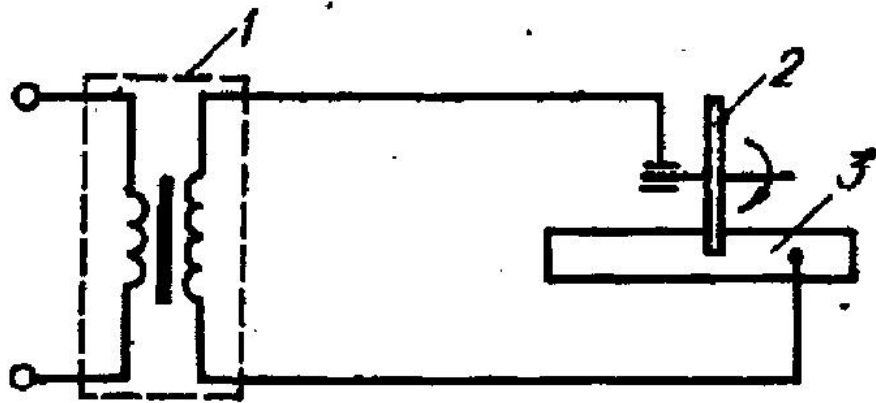


Рисунок 4.13 – Принципова схема електроконтактної обробки

Кінематика ЕКО забезпечує короткочасні контакти між невеликими ділянками інструмента й заготовки. Якщо ділянки віддаляють одну від іншої, то між ними виникають електричні розряди. Тому для цього виду обробки відпадає необхідність у використанні спеціальних генераторів імпульсів, а знімання металу можна вести при живленні як від постійних, так і змінних джерел струму.

Під впливом електричних розрядів відбувається плавлення металу, що виноситься із зони обробки, ЕІ, що обертається. Інтенсивному нагріванню піддаються в першу чергу найбільш виступаючі нерівності поверхні заготовки. Якість поверхні, одержуваної в результаті ЕКО, залежить від параметрів електричного струму, характеру середовища, матеріалу інструмента й заготовки.

5 ОПТИМІЗАЦІЯ ГЕОМЕТРІЇ ДЕТАЛІ

5.1 Розрахунок на міцність. Визначення напружено-деформованого стану деталі

Розрахунок напружено-деформованого стану деталі вилка проведемо в пакеті Siemens NX за допомоги метода скінчених елементів. Даний аналіз проводиться в декілька етапів. Спочатку в препроцесорі будується на основі геометрії деталі сітка скінчених елементів. В нашому випадку це тривимірні елементи тетраедральної форми. Далі задаються механічні параметри матеріалу і модель розбивається на скінчені елементи.

Прикладаємо навантаження у вигляді розподіленого тиску і закріплюємо деталь «поршень» за дно поршня (рис. 5.1).

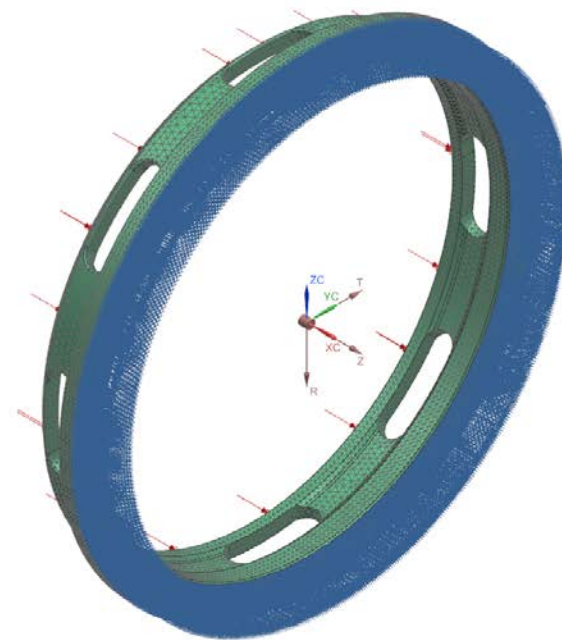


Рисунок 5.1 – Сітка елементів і прикладене навантаження

Проводимо розрахунок навантажень. Результати у вигляді діаграми еквівалентних навантажень за Мізесом показані на рис. 5.2. На рис. 5.3 показані переміщення частин деталі.

sim1 : Solution 1 Результат
 Subcase - Static Loads 1, Статический шаг 1
 Напряжение - По элементам, По Мизесу
 Мин. : 7.89, Макс. : 1313.94, Единицы = Н/мм²(МПа)
 Деформация : Перемещение - По узлам Величина



Единицы = Н/мм²(МПа)

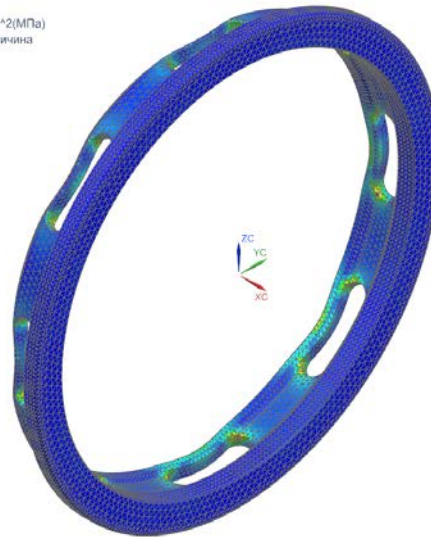
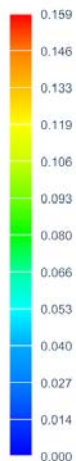


Рисунок 5.2 – Напряжения за Мизесом

sim1 : Solution 1 Результат
 Subcase - Static Loads 1, Статический шаг 1
 Перемещение - По узлам, Величина
 Мин. : 0.000, Макс. : 0.159, Единицы = мм
 Деформация : Перемещение - По узлам Величина



Единицы = мм

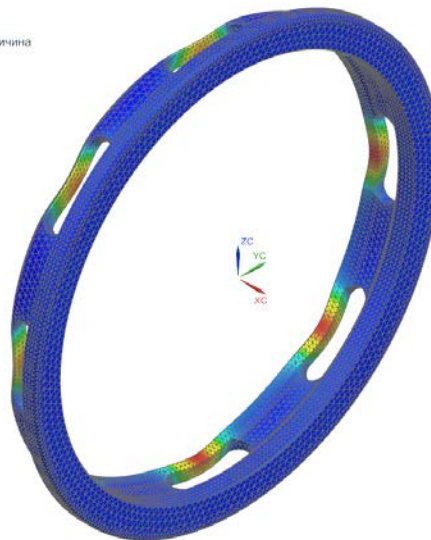


Рисунок 5.3 – Диаграмма перемещень

Виходячи з результатів розрахунку робимо висновок, що найбільші напруження в середині тонких стінок радіальних отворів. Зменшити ці напруження можна збільшивши товщину стінок або зробивши більшу кількість отворів. Але в першому випадку це призведе до збільшення маси деталі, що є неприйнятним для деталі авіаційного двигуна. В другому випадку збільшення кількість отворів призведе до збільшення об'єму механічної обробки і відповідно до здорожчення деталі.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Аналіз потенційних небезпек

Під час технологічного процесу виготовлення деталей ймовірними є наступні потенційні небезпеки:

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

б) механічні травми внаслідок організаційних причин:

1) нераціонального планування робочого місця; в наслідок застосування меблів, що не відповідають ергономічним вимогам;

2) захаращення заготівками і деталями робочого місця;

3) травми та пошкодження шкіряного покрову при розвантаженні і завантаженні заготівок та деталей;

4) пошкодження шкіряного покрову рук гострити кромками, шорохо-ватістю на поверхні заготівок, інструменту, обладнання, відходів при роботі без рукавиць.

в) при порушенні правил безпеки при виконанні операцій точіння в'зких металів без спец.одягу.

г) під час токарної обробки деталей можливе травмування очей пиловими частками або стружкою, що відлітає в процесі обробки матеріалів. Причини травматизму – порушення технологічного процесу та робота без захисних окулярів або щитків для захисту обличчя

д) неуважність і недбалість персоналу також може привести до травм різного ступеню важкості.

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

є) довготривалий дискомфорт під час виконання роботи в одноманітній позі сприяє передчасному розвитку загального втомлення, зниженню працездатності, а при систематичній безперервній роботі призводить до захворювань периферичної нервової системи: невритів, радикулітів.

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

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

и) підвищений рівень шуму, що супроводжує роботу значної кількості верстатів, призведе до роздратованості, збільшенню помилок, в окремих випадках – до погіршення слуху.

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

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

й) неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, які призводять до паніки та загибелі людей.

6.2 Заходи по забезпеченню безпеки

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

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

Для запобігання ураження електричним струмом встановлено електроустаткування, яке відповідає вимогам: ПУЕ («Правила устрою електроустановок») і ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», величина опору захисного заземлення електрообладнання приміщення – 4 Ом; НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок».

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

Відповідно до вимог ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения» обладнання має подвійну ізоляцію:

– робочу – електрична ізоляція струмоведучих частин електроустаткування, що забезпечує її нормативну роботу та захист від ураження електричним струмом;

– додаткову ізоляцію – для захисту від ураження електричним струмом на випадок пошкодження робочої ізоляції.

Згідно з ГОСТом 12.2.007.0-75* (2001) «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» електричне устаткування за засобом захисту людини від ураження електричним струмом, належить до І класу, оскільки має подвійну ізоляцію, елемент для заземлення та провід для поєднання до джерела живлення, що має заземлюючу жилу і вилку з заземлюючим контактом.

Захисні засоби безпеки електроустаткування будинків виконується відповідно вимога ПУЕ і ГОСТ 12.2.007.0-75* (2001). Для підвищення рівня захисту від загорання при замиканні на заземні частини, коли величина струму не є достатньою для спрацювання максимального струмового захисту, рекомендовано застосування УЗО зі струмом спрацювання до 400 мА.

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

Відповідно до вимог ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями») в конструкторському бюро та інших робочих кімнатах, де співробітники застосовують персональні комп'ютери (ПК), площа на одне робоче місце становить не менше 6 м^2 , а об'єм – не менше 20 м^3 . Конструкція робочого столу має відповідати сучасним вимогам ергономіки і забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання (ПК, дисплея, клавіатури, принтера) і документів. Висота робочої поверхні робочого столу з ВДТ має регулюватися в межах 680...800 мм, а ширина і глибина – забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля (рекомендовані розміри: 600...1400 мм, глибина - 800...1000 мм). Робочий стіл повинен мати простір для ніг заввишки не менше ніж 600 мм, завширшки не менше ніж 500 мм, завглибшки (на рівні колін) не менше ніж 450 мм, на рівні простягнутої ноги - ніж 650 мм. Робочий стілець має бути підйомно-поворотним, регульованим за висотою, з кутом і нахилу сидіння та спинки і за відстанню від спинки до переднього краю сидіння поверхня сидіння має бути плоскою, передній край - заокругленим. Обладнання і організація робочого місця працюючих з ВДТ ЕОМ і ПЕОМ мають забезпечувати відповідність конструкції всіх елементів робочого місця та їх взаємного розташування ергономічним вимогам з урахуванням характеру і особливостей трудової діяльності згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин».

З метою зменшення важкої фізичної праці та запобіганню травматизму в умовах серійного виробництва передбачено механізоване переміщення вантажів, масою понад 20 кг та на відстань понад 25 м, що відповідає вимогам НПАОП 63.11-7.02-87 ОСТ 113.18-014-87 «ССБТ. Роботи вантажно-розвантажувальні. Загальні вимоги безпеки». На проєктуємій дільниці передбачено застосування кран-балки, яка призначена для транспортування пристосувань, переміщення тари з партією заготовок або деталей від верстата до верстата. Кран-балка з дистанційним (за допомогою пульта) керуванням. Перевагою дистанційного керування є можливість здійснення постійного візуального контролю за переміщенням вантажу, а перебування працівника в безпечній зоні, що гарантує його особисту безпеку. Попереджувальні надписи про вантажопідйомність крана і його роботу відповідають вимогу

ГОСТу 12.4.026-76 (1987) «ССБТ. Цветасигнальные и знаки безопасности». Також враховано, що вантажопідйомність кран-балки на 10-20% вища ніж маса вантажу, що підіймається.

Обслуговування універсальних верстатів з елементами ручного керування пов'язане з тривалим перебуванням у вимушеній робочій позі, статичним навантаженням, напруженням уваги, що в свою чергу, призводить до підвищеної втоми та нервово-емоційного напруження. Тобто під час роботи людина постійно відчуває енергетичне та інформаційне напруження.

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

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

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

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

6.3 Заходи по забезпеченню безпеки

Психофізіологічні основи безпеки праці базуються на психології і фізіології трудової діяльності. Психологія – це наука, що займається вивченням психічного відображення дійсності у свідомості людини.

Вона включає в себе ряд наукових напрямів таких як психологія праці, психологія безпеки, інженерна психологія і ергономіка. Предметом психології праці є вивчення психічних аспектів трудової діяльності, зокрема психічних компонентів, що спонукають, направляючих і регулюючих активність виробничого персоналу, а також властивості особистості, через які ця активність реалізується. Для профілактики втоми, зниження ризику виробничого травматизму та професійної захворюваності при організації виробництва, застосуванні складних технічних і екологічних систем найбільший інтерес представляє психологія безпеки, предметом якої є психічні процеси, властивості і стани.

Вона вивчає психологічні, тобто залежать від людини (людського фактора) причини нещасних випадків і аварій і розробляє методи і засоби, що знижують або виключають ризик травмування та захворюваності. Причини, пов'язані з людським фактором негативно впливають на поведінку працівника, що і створює аварійні ситуації.

Психічні процеси, властивості і стани, що впливають на безпеку: У структурі психічної діяльності людини розрізняють три основні групи компонентів: психічні процеси, властивості і стани. Психічні процеси є основою психічної діяльності. Без них неможливе формування професійної компетентності, придбання знань, професійного і життєвого досвіду. Розрізняють пізнавальні, емоційні і вольові психічні процеси. Такі психічні процеси як сприйняття, пам'ять, увага, мислення є регуляторами трудової діяльності.

Сприйняття – це відображення в свідомості людини предметів або явищ при їх впливі на органи чуття. Для сприйняття використовується інформація від раз-особистих аналізаторів - зорового, слухового, тактильного та ін.

Для якісного сприйняття інформації, зокрема, з безпеки праці, необхідно забезпечити її новизну, актуальність, стислість, емоційність впливу.

Пам'ять – це властивість запам'ятовування, збереження та наступного програвання-ведення людиною інформації, безпосередньо пов'язаної з безпекою. За-поминання тісно пов'язане з забуванням. Встановлено, що в середньому за перші дев'ять годин отримана інформація зменшується на 65%. Тому для заповнення втраченої інформації необхідно проводити повторне навчання, інструктажі, переатестацію і т.п.

Увага – це спрямованість свідомості людини на певні об'єкти, що процеси, явища, що мають в даній ситуації істотне значення, а також зосередження свідомості, що припускає підвищений рівень розумової чи рухової активності.

Мислення – це процес пізнання дійсності, що характеризується узагальненням. У процесі мислення здійснюється вибір рішення, яке реалізується в подальших діях людини. Помилкове рішення є наслідком невірної оцінки ситуації через недостатність знань, досвіду, компетентності, а також помилкового осмислення отриманої інформації.

При прийнятті рішень важливе значення має емоційно-почуттєва сфера людини, до якої відносяться почуття, емоції, настрої.

Почуття – це суб'єктивне відображення в свідомості людини реальної дійсності. Почуття втрати реальності, помилковий страх і т.п. можуть з'явитися причинами створення небезпечних ситуацій на виробництві.

Чуттєвий тон людини, його емоції і настрої грають важливу роль в оцінці реальної ситуації і забезпеченні безпеки. Чуттєвий тон – це емоційне забарвлення психічного процесу. Негативним фактором чуттєвого тону, що його створенню небезпечних ситуацій, є хворобливе відраза до певних подразників. Позитивний чуттєвий тон, що виникає від приємних звуків, запахів, кольору, зменшує стомлюваність людини і знижує ризик виникнення небезпечної ситуації. Ця обставина використовується при естетичному оформленні робочої зони і інтер'єра виробничого приміщення.

Емоції – це переживання людиною якого небудь почуття. Емоції бувають різного типу – стеничні і астенічні. Стеничні – резолюція, радість, насагу, азарт – спонукають людину до активних дій, подоланню перешкод та усунення причин загрози для людини. Астенічні емоції – страх, побоювання, страх, переляк, жах сприяють відмови від подолання перешкод, замикання в собі і необґрунтованим переживань. Тип емоцій пов'язаний з темпераментом і характером людини. Тому темперамент і характер людини враховуються при його допуск до деяких видів робіт, пов'язаних з великою відповідальністю, необхідністю прийняття швидких і адекватних рішень (авіадиспетчери, оператори, що керують небезпечними виробничими процесами і т.п.). У ряді випадків емоції, зумовлені характером і темпераментом людини, можуть викликати стан афекту емоційного стану, швидко опанувавши людиною, бурхливо протікає і характеризується значним з трансформаційних змін свідомості, втратою самовладання, неадекватними у ситуації діями. Тому людей, схильних до афектів, не можна

допускати до особливо відповідальним і небезпечних робіт, так як афект може бути основною причиною нещасного випадку, аварії тощо.

Настрій – це загальний емоційний стан людини, яке формує протягом певного періоду часу характер протікання окремих психічних процесів і поведінку людини. Настрій може бути причиною виникнення небезпечних ситуацій привести людину до зниження працездатності, нездатності до активних дій у подоланні труднощів, що виникли і т.п. Тому працівник, який перебуває в емоційно пригніченому настрої, може бути тимчасово відсторонений від виконання відповідальних та пов'язаних з високою небезпекою операцій.

Воля – це форма психічної активності людини, яка характеризується регулюванням самою людиною своєї поведінки (обмеженням або відмовою від інших прагнень і спонукань в ім'я досягнення поставленої мети). Основними характеристиками волі є: осмисленість і спрямованість дій на досягнення мети, усвідомлення обмежень, яке визначається реальною ситуацією. Для професійної діяльності, що вимагає швидких, рішучих і усвідомлених дій повинні залучатися люди з сильною волею.

Антиподом сильної волі є такі якості людини, як нерішучість, безвілля, імпульсивність. Тому людей з подібними якостями не слід використовувати для виконання відповідальних робіт, від результату яких залежить життя людей, стан технічного або виробничого об'єкта, ймовірність виникнення аварії або надзвичайної ситуації.

До психічних станів відноситься мотивація, яка дуже тісно стосується з емоційно-вольовою сферою. Під мотивацією розуміється сукупність бажань, прагнень, спонукань, мотивів, установок та інших побудників сил особистості. Одним з важливих мотивів людини є забезпечення безпеки. Нерозвиненість або ослаблення цього мотиву може залучити людини в небезпечну ситуацію. Готовність до ризику індивіда визначається його психологічними властивостями (характером, темпераментом, легковажністю і т.п.).

Психічні властивості, або особливості характеризують якості особистості (інтелектуальні, емоційні, вольові, моральні, трудові). Основними психічними властивостями людини, що впливають на його безпеку, є характер і темперамент.

Характер людини визначається сукупністю індивідуальних виражень і якостей праці. психологічних властивостей, що виявляються в типових для конкретної особистості діях за певних обставин і його до них відношенні.

Сукупність психологічних властивостей утворюють структуру характеру. Характер працівника повинен враховуватися при професійному відборі.

Темперамент – це характеристика динамічних психологічних особливостей: інтенсивності, швидкості, темпу, ритму психічних процесів і станів. За темпераментом люди поділяються на холериків, меланхоліків, флегматиків і сангвініків. Темперамент людей, також як і характер, певним чином впливає на безпеку праці (наприклад, меланхоліки частіше холериків стають жертвою за несприятливих обставин).

Психологічні стани. У психології безпеки праці важливе значення мають психічні стани, позамежні і особливі психічні перебування. Вони визначають особливості психічної діяльності в конкретний момент (період) часу і можуть здійснювати як позитивний, так і негативний вплив на перебіг усіх психічних процесів, а значить і на безпеку.

У процесі трудової діяльності психічні стани людини можуть бути:

- тривалими, які визначають ставлення людини до виконуваної ним роботи і його загальний психологічний настрій. Це насамперед, задоволеність чи незадоволеність виконуваної роботою, наявність зацікавленості у праці або байдужість до нього, психологічний клімат у трудовому колективі тощо;

- тимчасовими, що виникають через різні порушення в виробничих процесах, неполадок, конфліктних ситуацій;

- періодичними, пов'язаними з настроєм на активну діяльність і бажанням працювати або, навпаки, із зниженою готовністю працювати, стомленням, перенапруженням, сонливістю, апатією, нудьгою, викликані одноманітністю і монотонністю роботи.

Позамежні і особливі (пароксизмальні) форми психічної напруги: Ефективність діяльності або працездатність базується на рівні психічної напруги (стресу). Надмірні форми психічної напруги позначаються як позамежні, що викликають дезінтеграцію психічної діяльності, що знижує рівень психічної працездатності.

Можливі два типи позамежного психічної напруги гальмівний і збудливий.

Гальмівний тип характеризується скутістю і сповільненістю рухів. При цьому знижується швидкість відповідних реакцій, сповільнюється розумовий процес, погіршується пам'ять, з'являється неуважність та інші негативні признаки, невластиві даній людині в спокійному стані.

Збудливий тип проявляється гіперактивністю, багатослівністю, тремтінням рук і голосу. При такому стані у людей виявляються невластиві їм дратівливість, запальність, різкість, грубість, образливість. Тривалі психічні напруги і особливо їх позамежні форми ведуть до виражених станів стомлення.

До особливим психічним станам, які мають значення для психічної надійності персоналу, або людського ланки в складних технічних і технологічних системах, відносяться пароксизмальні розлади свідомості, тобто психогенні зміни настрою і стани, пов'язані з прийомом психічно активних засобів (транквілізаторів, стимуляторів, алкогольних напоїв). Пароксизмальні стану це група розладів, викликаних захворюваннями головного мозку та іншими причинами (епілепсія, непритомності). Психогенні зміни настрою і афективні стани виникають під впливом психічних збуджень, при цьому виявляється байдужість, млявість, загальна скутість, загальмованість, уповільнення мислення. Афективні стану (вибух емоцій) можуть розвиватися під впливом образи, виробничих та інших невдач. У такому стані розвивається зниження обсягу свідомості. При цьому можливі різкі рухи, агресивні і руйнівні дії. Особи, схильні до вибуху емоцій, відносяться до категорії з підвищеним ризиком травмування.

Таким чином, контроль психічного стану персоналу відповідальних робіт і прийняття адміністративних заходів може позитивно впливати на скорочення травматизму та підвищення надійності робіт складних систем.

6.4 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці для механічної дільниці та робочих кімнат розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МЮУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 (далі – «Гігієнічна класифікація праці»), ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні стандартні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями».

Метеорологічні умови на дільниці: температура повітря, відносна

вологість повітря й швидкість його переміщення відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ.Общесанитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень». Роботи на дільниці належать до категорії ІІа – робота середньої важкості, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

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

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

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

Освітлення виробничих приміщень відіграє найважливішу роль у забезпеченні збереження працездатності та здоров'я працівників, що постійно працюють в умовах напруження органу зору. Згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» передбачене природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%.

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

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приміщення відповідають вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою:

використання більш сучасного обладнання; розташування обладнання, що створює рівень шуму, більший за нормативно допустимий (понад 80дБа), на значній відстані від більшості робочих місць працівників.

Рівні вібрації під час верстатних робіт перевищують допустимі значення, що визначені в ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» і ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «ССБП. Вібраційна безпека. Загальні вимоги».

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

6.5 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи з пожежної безпеки для приміщення дослідницької лабораторії обладнаного ПК з ВДТ розроблено відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

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

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

Відповідно до категорії виробництва з пожежної небезпеки і вимог

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

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

Приміщення дослідницької лабораторії, в якому розташовуються електрообчислювальні матеріали, різноманітне устаткування, належить до пожежонебезпечної зони, класу П-Па, тому передбачений мінімальний ступінь захисту ізоляції обладнання IP44.

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

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

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

6.6 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Надзвичайні ситуації техногенного характеру: аварії та катастрофи.

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

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

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

зона вітчуження Чорнобильської АЕС понад 1.1 млрд м³ радіоактивних відходів.

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

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

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

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

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

Досить критичне становище в країні склалося в комунальному господарстві. Четверта частина водопровідних очисних споруд і систем фактично відпрацювали свій термін експлуатації, 22 % систем перебувають в аварійному стані. Закінчився термін експлуатації кожної п'ятої насосної станції. Планово-попереджувальний ремонт виконується на 73 %. У системах каналізації відпрацювали термін експлуатації 26 % систем і 17 % насосних станцій.

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

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

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

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

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

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

ВИСНОВОК

Согласно заданию на дипломный проект, разработан механический цех деталей механизма ИКМ двигателя АИ-20 и предложена планировка оборудования на участке. Подробно разработан технологический процесс изготовления поршня. Выбран и экономически обоснован метод получения заготовки. Назначены припуски на заготовку. Режимы резания и технические нормы времени назначены и определены по рекомендациям нормативных документов. Разработана расчётно-технологические карты обработки на станках с ЧПУ. Технологический процесс разработан с учётом требований охраны труда и устойчивости к чрезвычайным ситуациям. Спроектированное станочное приспособление позволяет быстро и надёжно закрепить заготовку во время обработки, что в условиях крупносерийного производства очень важно.

В экономической части дипломного проекта рассчитаны основные фонды и амортизационные отчисления, заработная плата основных рабочих, вспомогательных рабочих, произведён расчёт цеховых расходов, составлена смета расходов по содержанию и эксплуатации оборудования. Для полного представления о производственной мощности цеха составлена таблица технико-экономических показателей.

В части по охране труда приведена полная характеристика участка механической обработки поршня с точки зрения безопасности проведения работ, проведена характеристика по степени пожарной безопасности, выполнен план эвакуации из административных помещений цеха.

Спецзадание выполнено на тему: многоцелевая обработка.

Составлен альбом технологической документации на изготовление поршня.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методические указания к практическим занятиям по технологии машиностроения (раздел – проектирование технологических процессов) для студентов специальностей: 8.090205, 8.090203, 8.090214, 7.100102, 8.090211 всех форм обучения / В. Д. Хорошков, О. В. Алексеенко, Д. В. Павленко – Запорожье, ЗГТУ, 1999. – 78 с.
2. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т. 1/ Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. 656 с., ил.
3. Додатки до методичних вказівок для виконання практичних занять з дисциплін «Технологічні основи машинобудування», «Технологія машинобудування», «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин» для студентів спеціальності 6.05050201 – технологія машинобудування всіх форм навчання // Укл.: В.І. Ципак (перевидання 2-е). Під ред., Гончар Н.В. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2012 – 62 с.
4. Прогрессивные режущие инструменты режимы резания металлов. Справочник. / Под ред. Баранчикова В. И. – М.: Машиностроение. 1990. 274с.
5. Справочник нормировщика-машиностроителя. В 4-х т. Т. 2/ Под ред. Е. И. Стружестраха. – М.: МАШГИЗ, 1961. 892 с.
6. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительного-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. Изд. 2-е. – М.: Машиностроение, 1974. – 421 с.
7. Миллер Э.Э. Техническое нормирование труда в машиностроении / Э.Э. Миллер. – М.: Машиностроение, 1972. – 248 с.
8. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіабудування та машинобудування для студентів спеціальностей “Технологія машинобудування” /8.090202/, та “Двигуни та енергетичні установки літальних апаратів” /7.100.102/, Склали: Яценко В. К., Ципак В. І., Корневский С. Я., Кононов В. В. та інші. – Запоріжжя, ЗДТУ, 2000 – 244с.
9. Антонюк В.Е. Справочник конструктора по расчету и проектированию станочных приспособлений. – Минск.: «Беларусь», 1969. – 392 с., ил.
10. Богуслаев В. А. Станочные приспособления / В. А. Богуслаев, В. А. Леховицер, А. С. Смирнов. – Запорожье: ОАО «Мотор Сич», 2000. – 461 с.

11. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1972. – 574 с., ил.
12. Горюшкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. – М.: Машиностроение. 1979. –302с.
13. Приложения к методическим указаниям “Расчёт технологических размеров при проектировании технологических процессов механической обработки”, для выполнения курсовых и дипломных проектов по технологии машиностроения /7.090202/, авиационных двигателей и энергетических установок /7.100103/. – 55с.
14. Справочник режимы резания металлов. / Под ред. Ю. В. Барановского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1972. 409с.
15. Горбачевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – 4 изд., перераб. и доп. – Мн.: Высш. школа. 1983. 256с.
16. Основы автоматизации и механизации технологических процессов в машиностроении : [учебник для машиностроит. техникумов] / А. П. Владзиевский, А. П. Белоусов. – Москва : Высшая школа, 1966. – 352 с.
17. Електрофізичні та електрохімічні методи обробки поверхонь деталей у машинобудуванні: [навчальний посібник]. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2011. – 412 с.
18. Зингерман А.С. Физические основы технологии электроэрозионной обработки металлов.- М.: Машгиз, 1955.
19. Шушкин В.Ф. Электроэрозионная обработка сплавов повышенной твердости. – М.: НИИМАШ, 1965.

ДОДАТОК А

ДОДАТОК Б