

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

РЕЦЕНЗІЯ
на дипломний проект (роботу)

Технологічні методи забезпечення якості обробки складнопрофільних деталей

(вказати тему дипломного проекту (роботи))

Студент(ка) Біла Анастасія Петрівна

Спеціальність 131 Прикладна механіка М-118м

(код, спеціальна спрямованість)

Обсяг проекту повний

Кількість аркушів креслень 2,75 та 7 слайдів презентації

Кількість сторінок пояснювальної записки 108

а) короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень. 1. Технологічна частина. 2. Конструкторська частина 3. Автоматизація дроблення та видалення стружки з робочої зони при свердленні. 4. Розрахунок поршня на міцність. 5. Спеціальне завдання. Підвищення ефективності слюсарних операцій за рахунок використання механічних щіток з металевим ворсом. 6. Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки або заходів. 7. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

б) висновок про відповідність проекту (роботи) завданню

Виконана робота повністю відповідає поставленому завданню

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

Виконана робота на достатньому рівні відповідає останнім досягненням науки та техніки

г) негативні особливості виконання проекту (роботи)

При перевірці виконаної роботи негативних особливостей не виявлено

д) позитивні особливості

Запропоновано використання механічних щіток з металевим ворсом для виконання слюсарних операцій, що сприяє підвищенню продуктивності і зменшенню частки ручної праці

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

є) відгук про проект (роботу) загалом _____
В цілому магістерська робота студентки групи М-118м Білої Анастасії Петрівни відповідає вимогам вищої школи _____

ж) інші зауваження _____
У якості зауважень можна привести наступне: На кресленні МВД та в таблиці МВД у записці заготовка не повинна бути заштрихованою. В спецзавданні не представлено недоліки металевих щіток та особливості зношення дротяного ворсу _____

з) оцінка проекту (роботи) _____
В цілому магістерська робота студентки групи М-118м Білої Анастасії Петрівни заслуговує оцінку «відмінно» _____

Рецензію склав _____ доцент кафедри ТМБ Пухальська Г.В.
(посада, місце роботи, прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)

«04» _____ 2019 р.


[11:42:40] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №512 [3] (200029 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:43:40] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №517 [3] (200029 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:46:19] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №522 [3] (200029 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:46:40] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №527 [3] (200013 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:46:40] Тип проверки: *Стандартная*

[11:46:40] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 25%)**

[11:46:40] Уникальность текста 88%[©] (Проигнорировано подстановок: 0%)

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

02.12.2019р.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Manuelito Luna

(Income related to business activity, partnership)

MLAD 0044

2. массовый туризм

Copyright © 2003 by John Wiley & Sons, Inc.

Пояснювальна записка

до дипломного проекта (работы)

Дружинин (Александрович)

Copyright © 2007 by Humana Press

HA TEMV

на тему "Філософські методи дослідження
зв'язку брехки з емоційними деталями"

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи М-108/1

Спеціальності 13/01/00/000 - економіка
(код і найменування спеціальності)

1. KISI I NALINGSTUNING CUCIALI NASTI

Освітня програма (спеціалізація)

техасони принце Луизиана
 Билл А. Б. 100
 (FORWARD TO INDIGENES)

DISPOSABLE TO INDIAN

Керівник *Гукав А.В.*

Downloaded from ascelibrary.org by University of California, San Diego on 06/06/14

Рецензент *Григорьев Т.В.*

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

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

Інститут, факультет машинобудівний
Кафедра технології машинобудівних
Ступінь вищої освіти (магістерський) Другий
Спеціальність 131 функціональна механіка
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) технології машинобудівних
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Т.М.Б.
Р.С.С.
« 04 » 12 2012 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Білої Анастасії Петрівни
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Технологічні методи оброблення
шесті брідки складнопрофільного діаметра

керівник проекту (роботи) Тимар Наталія Вікторівна доц.к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, місце роботи)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 26 » листопада 20 19 року № 416

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 2 грудня 2019

3. Вихідні дані до проекту (роботи) робота виконана вручну,
різка програма викрутку № 500045

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1-Технологічна частина 2-Конструкторська
частина 3-Відомості про 4-Розрахунок діаметра на
міцність 5-Спеціальне креслення підвищення ерєктивності
складних операцій у різанні складнопрофільних механі-
чних шестів з шаттєвим керуванням 6-Оцінка еко-
логічної складової ерєктивності 7-Оцінка факт
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Креслення: 1-Робочі креслення деталі 2-Креслення креслення
3-Матриця визначення факт 4-Креслення робочого
функціонального 5-Креслення креслення пристосування
механізмів фрезерної (1 шість)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Кілець розрах.	Тимчук Н.В. доц. к.т.н.	ПВН 2.09.19	ПВН 30.11.19
Конструктив. розб.	Тимчук Н.В. доц. к.т.н.	ПВН 2.09.19	ПВН 30.11.19
Висновок	Тимчук Н.В. доц. к.т.н.	ПВН 2.09.19	ПВН 30.11.19
Розрах. по діаметру	Тимчук Н.В. доц. к.т.н.	ПВН 2.09.19	ПВН 30.11.19
Саме завдання	Тимчук Н.В. доц. к.т.н.	ПВН 2.09.19	ПВН 30.11.19
Осередок факт.	Шмарило В.Т. доц. к.т.н.	ПВН 4.10.19	ПВН 29.11.19
Висновок	Дедя С.Б. доц. к.т.н.	ПВН 04.12.19	

7. Дата видачі завдання « 04 » Вересня 2019 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Срок виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1.	Визначення назви, типу організаційного стилю, вибір типу виробництва, аналіз технологічної складової. Вибір системи організації управління.	13.09.2019	
2.	Визначення плану організації виробств; МПТ, МПЗ, розподіл функцій, функціональні складові та їхня організація документів.	27.09.2019	
3.	Конструктивне рішення. Визначення та розподіл робочого; конструктивне рішення.	11.10.2019	
4.	Визначення, впровадження на підприємстві.	8.11.2019	
5.	Специфікація	22.11.2019	
6.	Одкріплення графіку	25.10.2019	
	Корисність проекту	3.12.2019	
	Представлення графіку за кожним з них	3.12.2019	
	Висновки	4.12.2019	

Студент(ка)

[Signature]

610 15
(Continued to next page)

Керівник проекту (роботи)



(Signature)

Europe H.B.
(continued)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 108 с., 55 рис., 14 табл., 2 додатки, 22 джерела.

Об'єкт дослідження – поршень.

Мета роботи – вдосконалення технологічного процесу виготовлення поршня.

Метод дослідження – розрахунково-аналітичний.

В магістерській роботі спроектовано технологічний процес виготовлення поршня, обрано обладнання, інструмент, розраховані режими різання та норми часу, спроектоване робоче і контрольне пристосування, проведена робота по автоматизації виробництва, виконано спеціальне завдання, виконані економічні розрахунки по оцінці доцільності виконаного проекту, передбачені заходи з охорони праці.

При роботі було виконано дві публікації: «Minimization of the number of experiments by means of factor analysis at the study of polishing with polymer-abrasive tools» у збірнику «Тезисы докладов. XI Международные молодежные научно технические чтения им. А.Ф. Можайского» та «Особливості і переваги фінішної обробки металевими щітками» у збірнику «Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції».

ДЕТАЛЬ, ЗАГОТОВКА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ЕСКІЗ, РОЗМІР, ПРИПУСК, ОПЕРАЦІЯ, ІНСТРУМЕНТ, ВЕРСТАТ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, НОРМУВАННЯ, ПРИСТОСУВАННЯ, СПЕЦИФІКАЦІЯ

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів.....	7
Вступ.....	8
1 Технологічна частина.....	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі.....	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт.....	10
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням.....	11
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі.....	16
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність.....	16
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	19
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	24
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів.....	29
1.6 Розрахунок режимів різання.....	36
1.6.1 Розрахунок режимів різання для комплексної операції 025 з ЧПК.....	36
1.6.2 Розрахунок режимів різання для шліфувальної операції 065.....	43
1.7 Технічне нормування операцій.....	47
1.7.1 Розрахунок норм часу для комплексної операції з ЧПК 025.....	47
1.7.2 Розрахунок норм часу для шліфувальної операції 065.....	49
1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК.....	50
2 Конструкторська частина.....	54
2.1 Проектування робочого пристосування.....	54
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування.....	54
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність.....	55
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу.....	57
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	59
3 Автоматизація дроблення та видалення стружки з робочої зони при свердленні.....	62
4 Розрахунок деталі на міцність.....	67
4.1 Визначення напружено деформованого стану деталі.....	67
4.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції.....	68

4.3 Оптимізація геометрії деталі.....	71
5 Спеціальне завдання. Підвищення ефективності слюсарних операцій за рахунок використання механічних щіток з металевим ворсом.....	72
6 Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки або заходів.....	86
7 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	90
7.1 Аналіз потенційних небезпек.....	90
7.2 Заходи по забезпеченню безпеки.....	91
7.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.....	93
7.4 Заходи з пожежної безпеки.....	95
7.5 Організація навчання працюючого та непрацюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях.....	98
7.6 Висновки з охорони праці.....	102
Висновки.....	103
Перелік посилань.....	104
Додаток А. Специфікація робочого пристосування.....	106
Додаток Б. Специфікація контрольного пристосування.....	108

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ГОСТ – государственный стандарт
ДБН – державні будівельні норми
ДСН – державні санітарні норми
ДСТУ – державний стандарт України
ЗОТС – змащувально-охолоджуюча технічна суміш
КВМ – коефіцієнт використання матеріалу
КГШП – кривошипний гарячештампувальний прес
КПО – коефіцієнт природного освітлення
МВД – маршрут виготовлення деталі
МОП – маршрут обробки поверхонь
МЦХ – масово-центровочні характеристики
МЮУ – міністерство юстиції України
НПАОП – нормативно-правові акти з охорони праці
ППТЯ – послідовність показників точності та якості
ПУЕ – правила улаштування електроустановок
СНиП – строительные нормы и правила
ССБП – система стандартів безпеки праці
ТП – технологічний процес
ЧПК – числове програмне керування

ВСТУП

Метою магістерської роботи є вдосконалення технологічного процесу виготовлення поршня.

Головне завдання – рішення техніко-економічних задач підвищення ефективності виробничого процесу машинобудівного підприємства.

Питання вдосконалення технологічного процесу є досить актуальним. В наш час постійно оновлюються і вдосконалюються обладнання, інструменти, верстати, прилади контролю, пристосування, методики розрахунку, тому є доцільною розробка оновленого технологічного процесу для виготовлення деталі, з урахуванням нових тенденцій у машинобудуванні.

Однією з основних тенденцій розвитку сучасного машинобудування є підвищення продуктивності та зниження собівартості виготовлення виробів, за рахунок зменшення частки ручної праці. Для цього використовуються новітнє обладнання та новітні методи проведення певних операцій.

Основними проблемами машинобудівних підприємств, пов'язаними з виробництвом продукції є:

- 1) відсутність новітнього обладнання, яке здатне до переналагодження без значних витрат;
- 2) використання застарілих методів при розробці технологічних процесів.

Магістерська робота буде спрямована на часткове чи повне вирішення цих проблем.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Деталь поршень (рисунок 1.1) конструктивно представляє собою тіло обертання. З одного боку деталь має замок для визначення кутового положення деталі у вузлі. З іншого боку отвір діаметром 15,1 мм для встановлення стрижня, який використовується для більш точного переміщення поршня по циліндру. Осьовий отвір слугує для скидання тиску. Паз по діаметру 45 мм використовується для встановлення ущільнювального кільця.

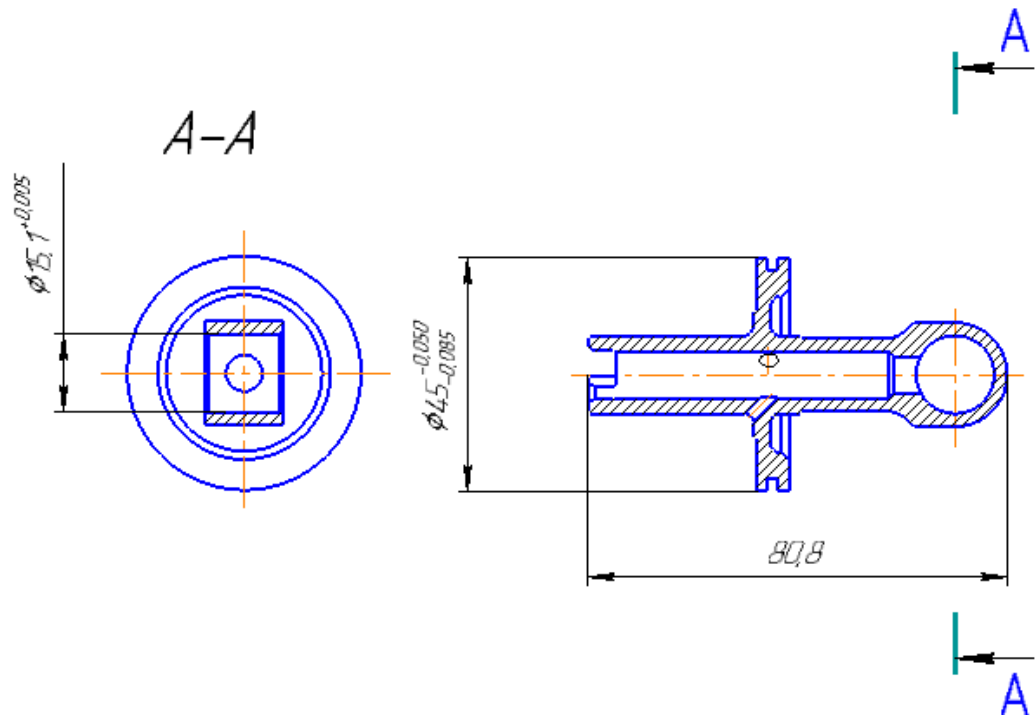


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі поршень

Поршень здійснює зворотно-поступальний рух у середині циліндра для перетворення зміни тиску газу на механічну роботу. Деталь працює в агресивному середовищі, тому у кінці технологічного процесу проводиться покриття Хім. Фос. Окс. прм. (хімічне фосфатне оксидування), яке призначене для захисту від корозії, а також підвищує твердість та зносостійкість. До торцевих і циліндричних поверхонь деталі пред'являють вимоги по біттю.

Деталь виготовлено з конструкційної легованої сталі марки 12Х2Н4А-ІІІ. Хімічний склад матеріалу показано у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад матеріалу 12Х2Н4А-Ш

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0,09-0,15	0,17-0,37	0,3-0,6	3,25-3,65	до 0,025	до 0,025	1,25-1,65	до 0,3

Фізико-механічні властивості матеріалу:

- а) межа міцності σ_b – 1130 МПа;
- б) межа текучості σ_T – 930 МПа;
- в) твердість за Брінеллем НВ – 269 МПа;
- г) ударна в'язкість КСУ – 880 кДж/м²;
- д) модуль пружності Е – $2 \cdot 10^5$ МПа;
- є) густина ρ – 7840 кг/м³.

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Одним з основних принципів побудови технологічного процесу (ТП) є принцип суміщення технічних, економічних та організаційних задач, що вирішуються за даних умов виробництва. Спроектований технологічний процес безумовно повинен забезпечити виконання всіх вимог до точності та якості виробу, які передбачені кресленням та технічними умовами. При цьому виготовлення виробу повинно супроводжуватися найменшими затратами праці й мінімальною собівартістю, а також характеризуватися виготовленням виробів потрібної кількості та в терміни, що встановлені виробничою програмою.

Один з факторів, що знижує собівартість продукції, є правильний вибір типу й організації виробництва та, відповідно, побудова технологічного процесу в повній відповідності до вибраного типу виробництва. В залежності від обсягу та характеру випуску деталей розрізняють одиничне, серійне та масове виробництва. Тип виробництва залежить від річної програми випуску деталі та її маси. За [1,с.15,т.1.1] обираємо середньо-серійний тип виробництва, тому що річна програма випуску складає 5000 штук, а маса деталі 0,121 кг.

В залежності від типу виробництва обираємо змінно-потоккову форму організації робіт, при якій обладнання розташовується у послідовності ТП і присутні «заділи».

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Для отримання заготовки порівнюємо два методи: штампування на молотах і на кривошипному гарячештампувальному пресі (КГШП).

Параметри штампованих заготовок [2,с.150-152]:

- клас точності – Т4 (на молотах), Т3 (на КГШП);
- група сталі – М3;
- ступінь складності – С4.

Вихідний індекс: 12 – на молотах, 10 – на КГШП [2,с.358].

Загальні припуски приймаємо за [3,с.12,т.1.3] і заносимо до таблиці 1.2 для заготовок на молотах и до таблиці 1.3 для заготовок на КГШП. Виконуємо розрахунок фактичних розмірів заготовок.

Таблиця 1.2 – Розрахунок розмірів заготовки, отриманої на молотах

Номінальний розмір деталі, мм	Основний припуск, мм	Допустиме граничне відхилення, мм	Розрахунок фактичного розміру поковки, мм	Фактичний розмір поковки, мм
Ø 45	2,7	+1,5 -0,7	$45+2,7\cdot 2=50,4$	$\text{Ø } 50,4^{+1,5}_{-0,7}$
Ø 15	2,7	+1,5 -0,7	$15+2,7\cdot 2=20,4$	$\text{Ø } 20,4^{+1,5}_{-0,7}$
80,8	2,9	+1,6 -0,8	$80,8+2,9\cdot 2=86,6$	$86,6^{+1,6}_{-0,8}$
24	2,7	+0,7 -1,5	$24-2,7\cdot 2=18,6$	$18,6^{+0,7}_{-1,5}$
20	2,7	+1,5 -0,7	$20+2,7\cdot 2=25,4$	$\text{Ø } 25,4^{+1,5}_{-0,7}$
18	2,7	+1,5 -0,7	$18+2,7\cdot 2=23,4$	$23,4^{+1,5}_{-0,7}$
7	2,7	+1,5 -0,7	$7+2,7\cdot 2=12,4$	$12,4^{+1,5}_{-0,7}$

На всі отвори менше 30 мм і пази робимо напуски. Виконуємо ескізи заготовки на молотах (рисунок 1.2) і на КГШП (рисунок 1.3).

Таблиця 1.3 – Розрахунок розмірів заготовки, отриманої на КГШП

Номінальний розмір деталі, мм	Основний припуск, мм	Допустиме граничне відхилення, мм	Розрахунок фактичного розміру поковки, мм	Фактичний розмір поковки, мм
Ø 45	2,4	+1,5 -0,7	$45+2,4\cdot 2=49,8$	$\varnothing 49,8^{+1,5}_{-0,7}$
Ø 15	2,4	+1,5 -0,7	$15+2,4\cdot 2=19,8$	$\varnothing 19,8^{+1,5}_{-0,7}$
80,8	2,6	+1,6 -0,8	$80,8+2,6\cdot 2=86$	$86^{+1,6}_{-0,8}$
24	2,4	+0,7 -1,5	$24-2,4\cdot 2=19,2$	$19,2^{+0,7}_{-1,5}$
20	2,4	+1,5 -0,7	$20+2,4\cdot 2=24,8$	$24,8^{+1,5}_{-0,7}$
18	2,4	+1,5 -0,7	$18+2,4\cdot 2=22,8$	$22,8^{+1,5}_{-0,7}$
15	2,4	+1,5 -0,7	$15+2,4\cdot 2=19,8$	$19,8^{+1,5}_{-0,7}$
7	2,4	+1,5 -0,7	$7+2,4\cdot 2=11,8$	$11,8^{+1,5}_{-0,7}$

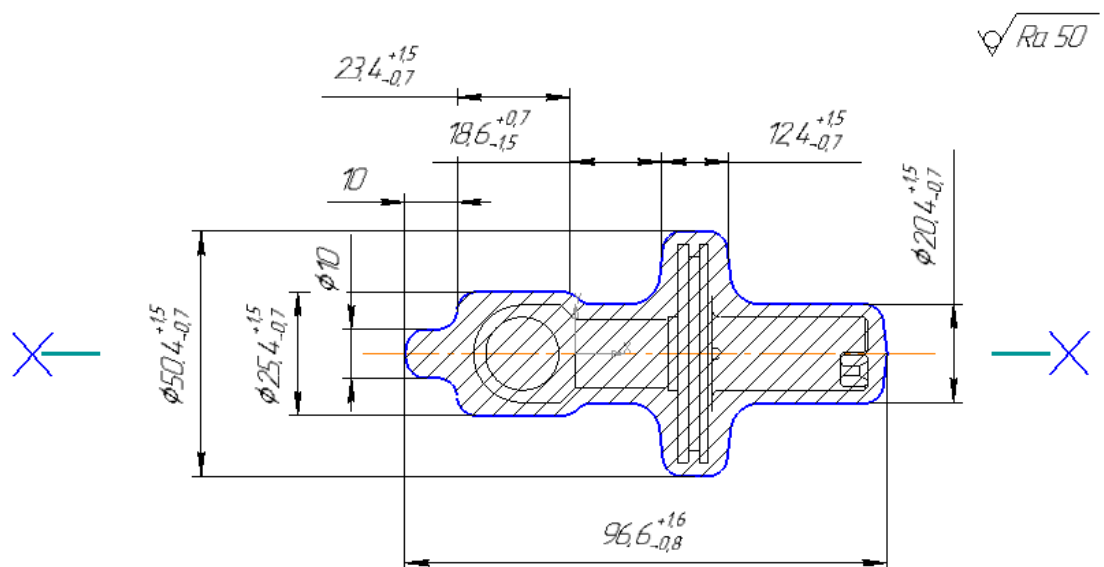


Рисунок 1.2 – Ескіз заготовки, виготовленої на молотах

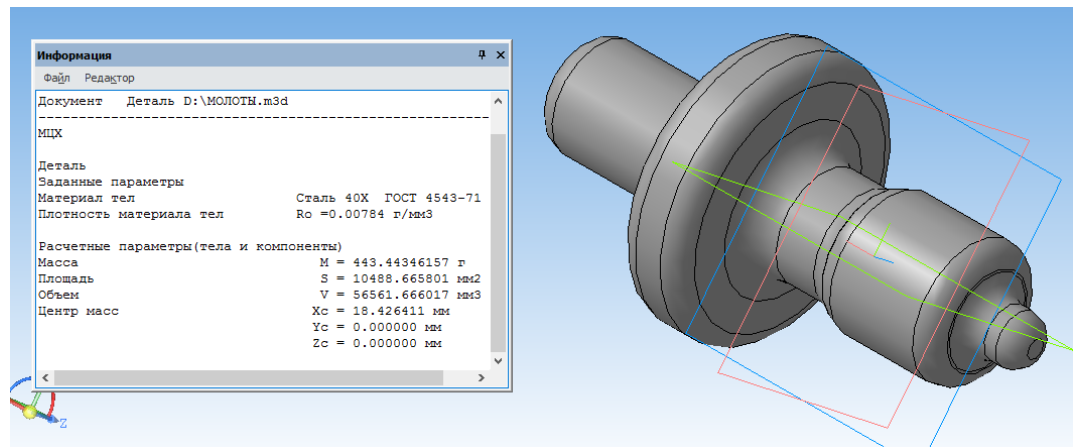


Рисунок 1.5 – МЦХ заготовки на молотах

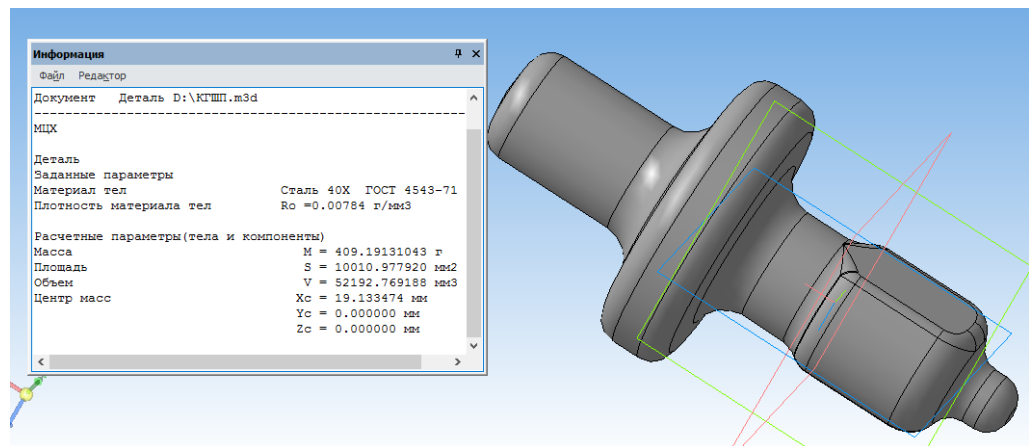


Рисунок 1.6 – МЦХ заготовки на КГШП

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) за формулою (1.1):

$$K_{\text{в.м}} = q/Q \quad (1.1)$$

де q – маса деталі, кг;
 Q – маса заготовки, кг.

$$K_{\text{в.м1}} = \frac{0,121}{0,443} = 0,27$$

$$K_{\text{в.м2}} = \frac{0,121}{0,409} = 0,29$$

Вартість виготовлення заготовок визначаємо за формулою (1.2):

$$B = \frac{B_6}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_3 \cdot K_{\Pi} - (Q - q) \cdot \frac{B_{\text{відх}}}{1000} \quad (1.2)$$

де B_6 – базова оптова вартість однієї тонни металу, грн;

$B_{\text{відх}}$ – вартість однієї тонни стружки, грн;

$K_3, K_M, K_B, K_T, K_{\Pi}$ – коефіцієнти, що враховують відповідно матеріал, клас точності, групу складності, масу заготовки, програму випуску, які призначаємо за [3, с.18-19, т.1.24-1.27].

Вартість заготовки, виготовленої на молотах:

$$\begin{aligned} B_1 &= \frac{50000}{1000} \cdot 0,443 \cdot 0,9 \cdot 1,22 \cdot 1,14 \cdot 1,25 \cdot 0,8 - (0,443 - 0,121) \cdot \frac{10000}{1000} = \\ &= 24,5 \text{ грн} \end{aligned}$$

Вартість заготовки, виготовленої на КГШП:

$$\begin{aligned} B_2 &= \frac{50000}{1000} \cdot 0,409 \cdot 0,9 \cdot 1,22 \cdot 1,14 \cdot 1,25 \cdot 0,8 - (0,409 - 0,121) \cdot \frac{10000}{1000} = \\ &= 22,71 \text{ грн} \end{aligned}$$

Оскільки $K_{\text{BM2}} > K_{\text{BM1}}$ і $B_2 < B_1$, то для отримання заготовки обираємо КГШП.

Розраховуємо річну економію по собівартості за формулою (1.3):

$$\mathcal{E} = (B_2 - B_1) \cdot N \quad (1.3)$$

де N – річна програма виготовлення заготовок: $N = 5000$ шт.

$$\mathcal{E} = (24,5 - 22,71) \cdot 5000 = 8950 \text{ грн}$$

Розраховуємо річну економію матеріалу за формулою (1.4):

$$M_{\mathcal{E}} = \frac{q \cdot (K_{\text{B.M2}} - K_{\text{B.M1}})}{K_{\text{B.M1}} \cdot K_{\text{B.M2}}} \cdot N \quad (1.4)$$

$$M_{\mathcal{E}} = \frac{0,121 \cdot (0,29 - 0,27)}{0,29 \cdot 0,27} \cdot 5000 = 154,5 \text{ кг}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Результати розрахунків економічного обґрунтування вибору заготовок

Показники	Позначення	Одиниці вимірювання	Види заготовок	
			На молотах	На КГШП
Припуск на сторону	z	мм	2,7	2,4
Вага заготовки	Q	кг	0,443	0,409
Базова вартість 1т заготовок	B_6	грн	50000	50000
Коефіцієнти	K_T	-	0,9	0,9
	K_M		1,22	1,22
	K_B		1,14	1,14
	K_3		1,25	1,25
	K_{II}		0,8	0,8
Вартість 1 т стружки	$B_{\text{відх}}$	грн	10000	
Вартість однієї заготовки	B	грн	24,5	22,71
КВМ	$K_{\text{ВМ}}$	-	0,27	0,29

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Під технологічністю конструкції виробу розуміють сукупність конструктивних особливостей виробу, які забезпечують зручність в експлуатації, ремонті і технічному обслуговуванні при використанні економічних і продуктивних методів обробки.

Існує два види оцінки технологічності деталі:

- а) якісна;
- б) кількісна.

Якісна оцінка деталі:

- а) деталь має геометричну форму високої складності і представляє собою тіло обертання;
- б) уніфіковані елементи: радіуси та фаски виконані з урахуванням можливості обробки;
- в) матеріал деталі 12Х2Н4А-Ш є важкооброблюваним;
- г) деталь є не типовою, тому вимагає додаткових витрат на розробку технологічного процесу і не дозволяє використання типового технологічного процесу;
- д) для обробки отворів буде використано спеціальний інструмент;

є) вимірювальні бази на більшості операцій співпадають з технологічними.

Проводимо кількісну оцінку деталі на технологічність. Для цього заповнюємо таблицю 1.5.

Таблиця 1.5 – Основні характеристики поверхонь поршня

№	Розмір	Квалітет	Шорсткість/клас	Уніфікація
Діаметральні розміри				
1	$\varnothing 45_{-0,085}^{-0,05}$	e7	0,8/7	+
2	$\varnothing 40_{-0,5}^{-0,34}$	a11	6,3/4	+
3	$\varnothing 30^{+0,39}$	H13	6,3/4	+
4	$\varnothing 24 \pm 0,5$	js15	6,3/4	-
5	$\varnothing 15,1^{+0,005}$	H4	0,4/8	+
6	$\varnothing 15_{-0,014}^{-0,006}$	g5	0,4/8	+
7	$\varnothing 14_{-0,27}$	h13	6,3/4	+
8	$\varnothing 9_{-0,075}^{+0,22}$	Js12	12,5/3	-
9	$\varnothing 7_{-0,075}^{+0,22}$	Js12	12,5/3	-
10	$\varnothing 2,5_{-0,05}^{+0,14}$	Js12	12,5/3	-
Лінійні розміри				
11	$70,8_{-0,5}$	h13	6,3/4	+
12	$58_{-0,5}^{+1,0}$	JT15	6,3/4	-
13	$39 \pm 0,1$	JT12	6,3/4	+
14	$26,4 \pm 0,1$	JT12	6,3/4	+
15	24 ± 1	JT17	6,3/4	-
16	$20 \pm 0,4$	Js15	6,3/4	-
17	$15_{-0,18}^{-0,06}$	d10	0,8/7	-
18	$10 \pm 0,2$	JT14	6,3/4	-
19	$8^{+0,36}$	H14	6,3/4	-
20	$7_{-0,1}$	h12	0,8/7	-
21	$3,5 \pm 0,2$	JT15	6,3/4	-
22	$2,6_{-0,12}$	h12	0,8/7	-
23	$2,2^{+0,04}$	H10	0,8/7	-
24	$0,8 \pm 0,15$	JT15	6,3/4	-

За критерієм KBM: $K_{BM} = 0,29 < 0,8$ деталь не є технологічною.
Визначаємо коефіцієнт технологічності за формулою (1.5):

$$K_{tex.} = \frac{K_{y.e.} + K_{точ} + K_{ш}}{3} > 0,6 \quad (1.5)$$

де $K_{y.e.}$ – коефіцієнт уніфікації;

$K_{точ}$ – коефіцієнт точності;

$K_{ш}$ – коефіцієнт шорсткості.

Коефіцієнт уніфікації визначаємо за формулою (1.6):

$$K_{y.e.} = \frac{Q_{y.e.}}{Q_o} > 0,6 \quad (1.6)$$

де $Q_{y.e.}$ – кількість уніфікованих елементів, од.;

Q_o – загальна кількість елементів, од.

$$K_{y.e.} = \frac{9}{24} = 0,4 \not> 0,6$$

Коефіцієнт точності визначаємо за формулою (1.7):

$$K_{точ} = 1 - \frac{1}{A_{сеп}} > 0,6 \quad (1.7)$$

де $A_{сеп}$ – середній квалітет точності, який знаходимо за формулою (1.8):

$$A_{ср.} = \frac{A_1 \cdot n_1 + A_2 \cdot n_2 + \dots + A_n \cdot n_n}{\sum_n} \quad (1.8)$$

де $A_1 - A_n$ – квалітет точності;

$n_1 - n_n$ – кількість розмірів, які мають відповідний квалітет;

$\sum_n$ – загальна кількість розмірів.

$$A_{сеп} = \frac{4 + 5 + 7 + 10 \cdot 2 + 11 + 12 \cdot 7 + 13 \cdot 3 + 14 \cdot 2 + 15 \cdot 5 + 17}{24} = 12$$

$$K_{точ} = 1 - \frac{1}{12} = 0,92 > 0,6$$

Коефіцієнт шорсткості визначаємо за формулою (1.9):

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{B_{сеп}} > 0,6 \quad (1.9)$$

де $B_{\text{сер}}$ – середній клас шорсткості, який знаходимо за формулою (1.10):

$$B_{\text{cp}} = \frac{K_1 \cdot n_1 + K_2 \cdot n_2 + \dots + K_n \cdot n_n}{\sum_n} \quad (1.10)$$

де $B_1 - B_n$ – клас шорсткості;

$n_1 - n_n$ – кількість розмірів, які мають відповідний клас;

$\sum_n$ – загальна кількість розмірів.

$$B_{\text{сер}} = \frac{8 \cdot 2 + 7 \cdot 5 + 4 \cdot 14 + 3 \cdot 3}{24} = 4,8$$

$$K_{\text{ш}} = 1 - \frac{1}{4,8} = 0,79 > 0,6$$

Звідси коефіцієнт технологічності:

$$K_{\text{тех}} = \frac{0,4 + 0,92 + 0,79}{3} = 0,7 > 0,6$$

Можна зробити висновок, що деталь є технологічною за кількісною оцінкою, але не є технологічною за якісною. Якісний показник важливіший, через складну форму деталі, тому деталь не технологічна.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Маршрут обробки поверхні (МОП) – це послідовність методів обробки, необхідних для досягнення параметрів поверхні, заданих кресленням деталі, таких як: геометричний тип поверхні, точність розміру, шорсткість, вид термообробки і т.д.

Поверхня 2 (рисунок 1.7): зовнішня циліндрична $\varnothing 15_{-0,014}^{+0,006}$; $Td_d = 0,008 \text{ мм} = 8 \text{ мкм}$; квалітет g5; шорсткість Ra0,4 мкм. Допуск на заготовку $_{-0,7}^{+1,5}$; $Td_3 = 2,2 \text{ мм} = 2200 \text{ мкм}$; квалітет IT 17; шорсткість Ra50 мкм.

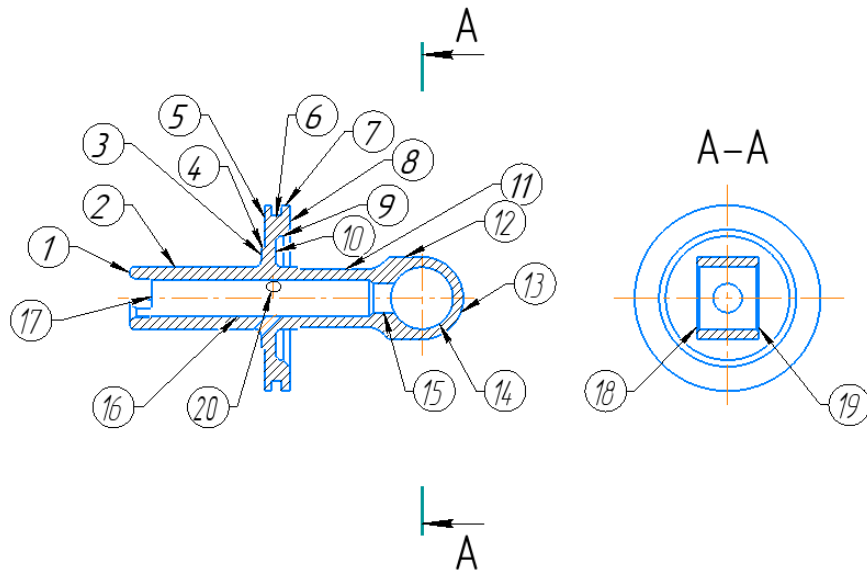


Рисунок 1.7 – Ескіз деталі з позначенням поверхонь

Розраховуємо загальне уточнення за допуском за формулою (1.11):

$$\epsilon_{зTD} = \frac{Td_3}{Td_d} \quad (1.11)$$

де Td_3 – допуск на заготовку, мм;

Td_d – допуск на деталь, мм.

$$\epsilon_{зTD} = \frac{2,2}{0,008} = 275$$

Розраховуємо загальне уточнення за шорсткістю за формулою (1.12):

$$\epsilon_{зRa} = \frac{Ra_3}{Ra_d} \quad (1.12)$$

де Ra_3 – шорсткість заготовки, мкм;

Ra_d – шорсткість деталі, мкм.

$$\epsilon_{зRa} = \frac{50}{0,4} = 125$$

Розраховуємо кількість переходів по ϵ_{Td} за формулою (1.13):

$$K = 2 \cdot \lg \epsilon_{Td} = 2 \cdot \lg 275 = 4,88 \quad (1.13)$$

Приймаємо $K = 5$. МОП: заготовка, точіння чорнове, точіння чистове, точіння тонке, термообробка, шліфування попереднє, шліфування остаточне.

Проводимо розробку послідовності показників точності та якості (ППТЯ). Різниця показників: $\Delta_{\text{кв}} = 17 - 5 = 12 = 5 + 3 + 2 + 1 + 1$.

ППТЯ_{Td}: IT17→h12→h9→h7→т/о→h6→g5.

ППТЯ_{Ra}: Ra50→Ra6,3→Ra3,2→Ra1,6→т/о→Ra0,8→Ra0,4.

Виконуємо перевірку операційних уточнень. Визначаємо операційні уточнення за переходами за формулою (1.14):

$$\varepsilon_{nTd} = \frac{Td_{n-1}}{Td_n} \quad (1.14)$$

де Td_n – допуск на операцію, мм;

Td_{n-1} – допуск на попередню операцію, мм.

$$\varepsilon_{2Td} = \frac{2,2}{0,18} = 12,22$$

$$\varepsilon_{3Td} = \frac{0,18}{0,043} = 4,186$$

$$\varepsilon_{4Td} = \frac{0,043}{0,018} = 2,389$$

$$\varepsilon_{6Td} = \frac{0,018}{0,011} = 1,636$$

$$\varepsilon_{7Td} = \frac{0,011}{0,008} = 1,375$$

Операційні уточнення за шорсткістю визначаємо за формулою (1.15):

$$\varepsilon_{nRa} = \frac{Ra_{n-1}}{Ra_n} \quad (1.15)$$

де Ra_n – шорсткість операції, мкм;

Ra_{n-1} – шорсткість попередньої операції, мкм.

$$\varepsilon_{2Ra} = \frac{Ra50}{Ra6,3} = 7,936$$

$$\varepsilon_{3Ra} = \frac{Ra6,3}{Ra3,2} = 1,968$$

$$\varepsilon_{4Ra} = \frac{Ra3,2}{Ra1,6} = 2$$

$$\varepsilon_{6Ra} = \frac{Ra1,6}{Ra0,8} = 2$$

$$\varepsilon_{7Ra} = \frac{Ra0,8}{Ra0,4} = 2$$

За усіма показниками повинна виконуватися умова $\varepsilon_3 \leq \Pi \varepsilon_i$:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{3Td} &\leq \varepsilon_{2Td} \cdot \varepsilon_{3Td} \cdot \varepsilon_{5Td} \cdot \varepsilon_{6Td} \cdot \varepsilon_{7Td} \\ 275 &\leq 12,22 \cdot 4,186 \cdot 2,389 \cdot 1,636 \cdot 1,375 \\ 275 &\leq 274,93 \\ \varepsilon_{3Ra} &\leq \varepsilon_{2Ra} \cdot \varepsilon_{3Ra} \cdot \varepsilon_{5Ra} \cdot \varepsilon_{6Ra} \cdot \varepsilon_{7Ra} \\ 125 &\leq 7,936 \cdot 1,968 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \\ 125 &\leq 124,94\end{aligned}$$

Через математичні округлення значення менші за дійсні. В цілому, за двома показниками контрольна умова виконується, тому маршрут обробки даної поверхні вважаємо дійсним.

Результати заносимо до таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Результат розрахунку МОП для поверхні 2

Х-ка пов.	Параметри заготовки, мкм		Параметри деталі, мкм		Загальне уточнення		МОП	Квалітет	ППТЯ, мкм	
	Td _з	Ra _з	Td _д	Ra _д	ε_{oTD}	ε_{oRa}			Td _i	Ra _i
Ø15 ^{-0,006} _{-0,014} зовнішня цилінд- рична	2200 IT17	50	8 g5	0,4	275	125	2. точіння чорнове	h12	180	6,3
							3. точіння чистове	h9	43	3,2
							4. точіння тонке	h7	18	1,6
							5. термообробка	-	-	-
							6. шліфування попереднє	h6	11	0,8
							7. шліфування остаточне	g5	8	0,4

Поверхня 14 (рисунок 1.7) внутрішня циліндрична Ø15,1^{+0,005}; Td_д = 0,005 мм = 5 мкм; квалітет H4; шорсткість Ra0,4 мкм. У заготовки ця поверхня відсутня.

Розраховуємо загальне уточнення за допуском за формулою (1.16):

$$\varepsilon_{3TD} = \frac{Td_1}{Td_d} \quad (1.16)$$

де Td₁ – допуск на свердління, мм;

Td_д – допуск на деталь, мм.

$$\varepsilon_{3TD} = \frac{0,11}{0,005} = 22$$

Розраховуємо загальне уточнення за шорсткістю за формулою (1.17):

$$\varepsilon_{3Ra} = \frac{Ra_1}{Ra_d} \quad (1.17)$$

де Ra_1 – шорсткість після свердління, мкм;

Ra_d – шорсткість деталі, мкм.

$$\varepsilon_{3Ra} = \frac{12,5}{0,4} = 31,25$$

Для отримання заданих параметрів поверхні приймаємо $K = 6$. МОП: свердління, зенкерування, розвертання напівчистове, розвертання чистове, термообробка, шліфування, притирання тонке.

ППТЯ_{Td}: H11→H9→H7→H6→T/o→H5→H4.

ППТЯ_{Ra}: Ra12,5→Ra6,3→Ra3,2→Ra1,6→T/o→Ra0,8→Ra0,4.

Виконуємо перевірку операційних уточнень. Визначаємо операційні уточнення за переходами за формулою (1.14):

$$\varepsilon_{2Td} = \frac{0,11}{0,043} = 2,558$$

$$\varepsilon_{3Td} = \frac{0,043}{0,018} = 2,388$$

$$\varepsilon_{4Td} = \frac{0,018}{0,011} = 1,636$$

$$\varepsilon_{6Td} = \frac{0,011}{0,008} = 1,375$$

$$\varepsilon_{7Td} = \frac{0,008}{0,005} = 1,6$$

Операційні уточнення за шорсткістю визначаємо за формулою (1.15):

$$\varepsilon_{2Ra} = \frac{Ra_{12,5}}{Ra_{6,3}} = 1,984$$

$$\varepsilon_{3Ra} = \frac{Ra_{6,3}}{Ra_{3,2}} = 1,968$$

$$\varepsilon_{4Ra} = \frac{Ra_{3,2}}{Ra_{1,6}} = 2$$

$$\varepsilon_{6Ra} = \frac{Ra_{1,6}}{Ra_{0,8}} = 2$$

$$\varepsilon_{7Ra} = \frac{Ra_{0,8}}{Ra_{0,4}} = 2$$

За усіма показниками повинна виконуватися умова $\varepsilon_3 \leq \Pi \varepsilon_i$:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{3Td} &\leq \varepsilon_{2Td} \cdot \varepsilon_{3Td} \cdot \varepsilon_{5Td} \cdot \varepsilon_{6Td} \cdot \varepsilon_{7Td} \\ 22 &\leq 2,588 \cdot 2,388 \cdot 1,636 \cdot 1,375 \cdot 1,6 \\ 22 &\leq 21,98 \\ \varepsilon_{3Ra} &\leq \varepsilon_{2Ra} \cdot \varepsilon_{3Ra} \cdot \varepsilon_{5Ra} \cdot \varepsilon_{6Ra} \cdot \varepsilon_{7Ra} \\ 31,25 &\leq 1,984 \cdot 1,968 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \\ 31,25 &\leq 31,24\end{aligned}$$

Через математичні округлення значення менші за дійсні. В цілому, за двома показниками контрольна умова виконується, тому маршрут обробки даної поверхні вважаємо дійсним.

Результати заносимо до таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Результат розрахунку МОП для поверхні 14

Х-ка пов.	Параметри заготовки		Параметри деталі, мкм		МОП	Квалітет	ППТЯ, мкм	
	Td _з	Ra _з	Td _д	Ra _д			Td _і	Ra _і
Ø15,1 ^{+0,005} внутрішня циліндрична	-	-	5 H4	0,4	1. свердління	H11	110	12,5
					2. зенкерування	H9	43	6,3
					3. розвертання напівчистове	H7	18	3,2
					4. розвертання чистове	H6	11	1,6
					5. термообробка	-	-	-
					6. шліфування	H5	8	0,8
					7. притирання тонке	H4	5	0,4

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі (МВД) – це загальний план, у якому на основі розробленого МОП встановлюються склад і послідовність операцій ТП, вказуються тип і модель верстата, визначаються технологічні комплекси, розробляються схеми установок і т.д.

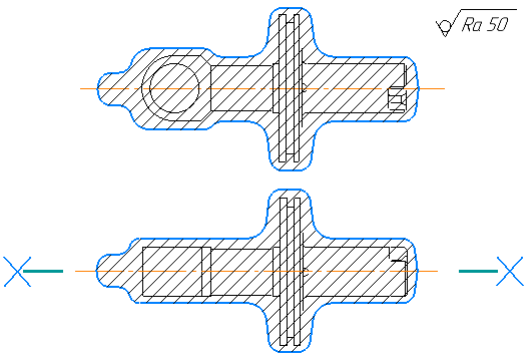
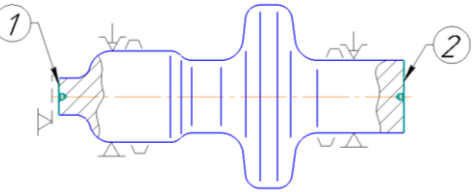
В першу чергу проводиться обробка поверхонь, які в подальшому будуть технологічними базами. База – це точка, вісь або поверхня, які належать заготовці і використовуються для надання виробу необхідного положення відносно заданої системи координат. Базові поверхні обробляють з високою точністю розмірів і взаємного розташування поверхонь.

За призначенням бази поділяються на конструкторську, вимірювальну та технологічну. Конструкторська база – база, яка використовується для визначення положення деталі чи складальної одиниці у виробі. Вимірювальна база – база, яка використовується для визначення відносного положення заготовки чи виробу та засобів вимірювання. Технологічна база – база, яка використовується для визначення положення заготовки чи виробу в процесі виготовлення або ремонту. Технологічні бази поділяють на чорнові та чистові. Чорнові – бази, які використовують на першій операції механічної обробки. Ці бази призначені для підготовки чистових баз. Чорнові бази використовують тільки один раз, на першій технологічній операції. Чистові – бази, що використовуються для чистової обробки.

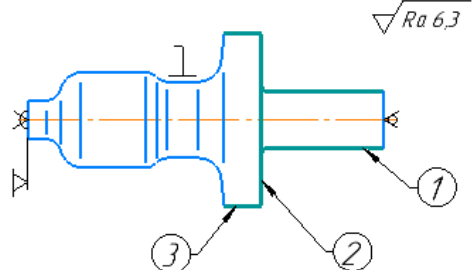
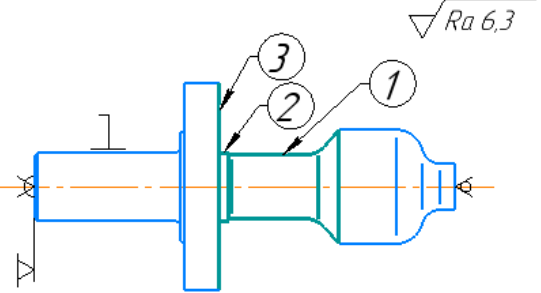
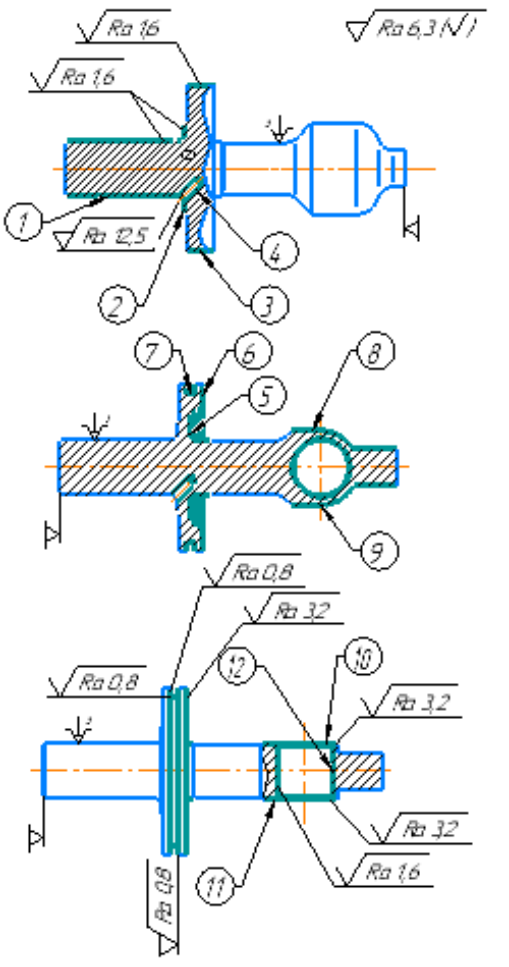
У якості чорнової бази для даної деталі обираємо поверхні 1 та 11 (рисунок 1.7) для встановлення деталі у паводковий патрон. У якості чистової бази обираємо поверхню 2 (рисунок 1.7) для встановлення у 3-х кулачковий патрон.

Розроблений МВД заносимо до таблиці 1.8.

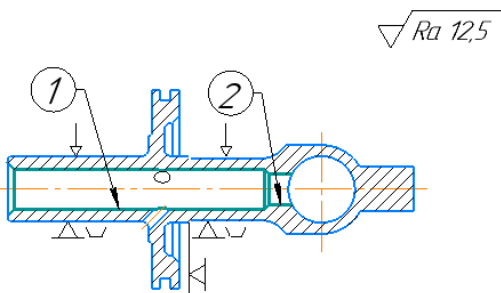
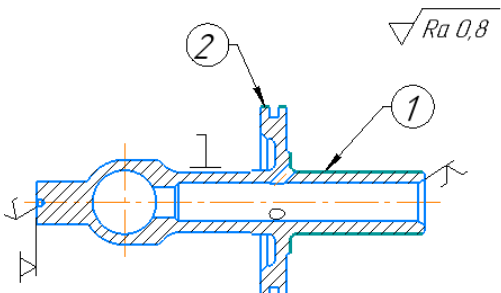
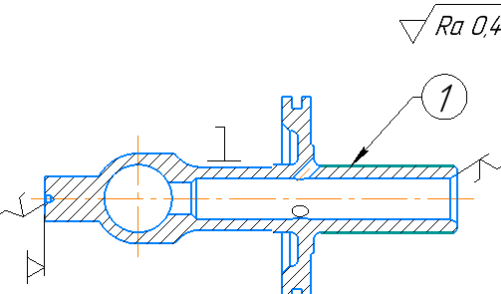
Таблиця 1.8 – Маршрут виготовлення поршня

№ оп	Найменування операції та переходів	Найменування обладнання	Ескіз
1	2	3	4
005	Заготівельна	КГШП	
010	Фрезерно-центрувальна: 1) фрезерувати торці 1 та 2 одночасно; 2) центрувати два отвори.	Фрезерно-центрувальний ЕМ-535М	

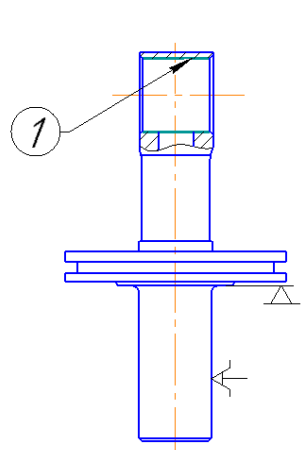
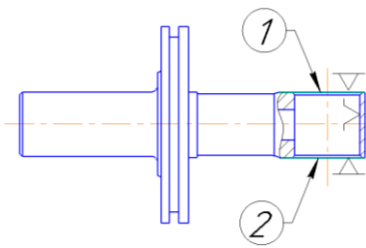
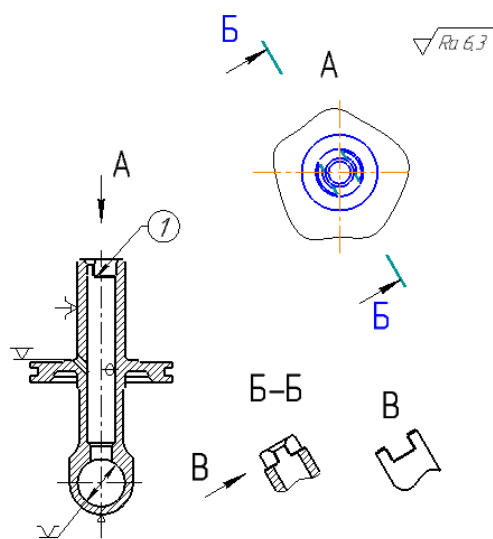
Продовження таблиці 1.8

1	2	3	4
015	Токарна: 1) точити начорно поверхні 1, 3; 2) підрізати торець 2.	Токарний з ЧПК Proma SKF-800	
020	Токарна: 1) точити поверхні 1, 2; 2) підрізати торець 3.	Токарний з ЧПК Proma SKF-800	
025	Комплексна операція з ЧПК: 1) точити поверхні 1,3; 2) підрізати торець 2; 3) свердлити 3 отвори 4 під кутом 45°; 4) підрізати торець 6 і обробити канавку 5; 5) точити канавку 7; 6) фрезерувати поверхні 10, 11; 7) свердлити отвір 12; 8) зенкерувати отвір 12; 9) розвертати начорно отвір 12; 10) розвертати начисто отвір 12; 11) фрезерувати поверхні 8,9.	Токарно-фрезерний обробний центр INDEX G200	

Продовження таблиці 1.8

1	2	3	4
030	Горизонтально-свердлильна: 1) свердлити отвір 1; 2) свердлити отвір 2; 3) зенкерувати фаску 1,6×30°.	Горизонтально-розточний з ЧПК ВО 90	
035	Слюсарна	Верстак	
040	Мийна	Мийна машина ММ-20	
045	Контрольна	Стіл контрольний	
050	Термообробка (гартування та відпуск)	Піч	
055	Слюсарна: зенкерувати 2 фаски під кутом 60 °	Верстат для виправлення фасок	
060	Круглошліфувальна: 1) шліфувати поверхню 1; 2) шліфувати поверхню 2.	Круглошліфувальний 3А151	
065	Круглошліфувальна: 1) шліфувати поверхню 1	Круглошліфувальний 3А151	
070	Слюсарна: відрізати технологічний прибуток.	Абразивно-відрізний Д-300	
075	Слюсарна: заокруглити поверхню.	Верстак	

Продовження таблиці 1.8

1	2	3	4
080	Внутрішньошліфувальна: 1) шліфувати поверхню 1.	Внутрішньошліфувальний 3K228B	 $\sqrt{Ra\ 0,8}$
085	Притирання: 1) притирати поверхню 1.	Верстак	Ескіз див. оп. 080 $\sqrt{Ra\ 0,4}$
090	Плоскошліфувальна: 1) шліфувати поверхню 1; 2) перевстановити деталь; 3) шліфувати поверхню 2.	Плоскошліфувальний 371M	 $\sqrt{Ra\ 0,8}$
095	Електроерозійна: 1) пропалити поверхню 1.	Електроерозійний 4E723	 $\sqrt{Ra\ 6,3}$
100	Слюсарна	Верстак	
105	Мийна	Мийна машина ММ-20	
110	Контрольна	Стіл контрольний	
115	Покриття (Хім. Фос. Окс. прм.)	Ванна	

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Припуском на обробку називається шар металу, що підлягає видаленню з поверхні заготовки в процесі обробки для отримання готової деталі. Розмір припуску визначають різницею між розміром заготовки і розміром деталі по робочим кресленням; припуск задається на сторону. Припуски поділяють на загальні, ті які видаляються протягом всього процесу обробки даної поверхні, і міжопераційні, які видаляються при виконанні окремих операцій. Загальний припуск на обробку дорівнює сумі міжопераційних припусків по всіх технологічних операціях.

Розрахунково-аналітичним методом визначаємо припуски для поверхні $\varnothing 15_{-0,014}^{-0,006}$.

Параметри заготовки: $R_z = 80$ мкм, $h = 150$ мкм [4,с.186,т.12].

Визначаємо сумарне відхилення за формулою (1.18):

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2} \quad (1.18)$$

де $\rho_{\text{кор}}$ – кривизна для поковок, яку визначаємо за формулою (1.19):

$$\rho_{\text{кор}} = \rho_{\text{кор.табл}} \cdot l \quad (1.19)$$

де $\rho_{\text{кор.табл.}} = 3$ мкм – табличне значення кривизни на 1 мм [4,с.186,т.15];

$l = 32$ мм – довжина поверхні;

$$\rho_{\text{кор}} = 3 \cdot 32 = 96 \text{ мкм}$$

$\rho_{\text{зм}}$ – точність взаємного розташування поверхонь у штампованих заготовках, яку визначаємо за формулою (1.20):

$$\rho_{\text{зм}} = \rho_{\text{зм.табл}} \cdot l \quad (1.20)$$

де $\rho_{\text{зм.табл.}} = 1$ мкм – табличне значення зміщення на 1 мм [5,с.25,т.3.9];

$$\rho_{\text{зм}} = 1 \cdot 32 = 32 \text{ мкм}$$

$$\rho_1 = \sqrt{96^2 + 32^2} = 101 \text{ мкм}$$

Визначаємо елементи припуску за переходами h за [5,с.23,т.3.7] і заповнюємо таблицю 1.9. Значення R_z беремо з ППТЯ (табл. 1.6).

Визначаємо відхилення ρ для кожного переходу за формулою (1.21):

$$\rho_{i+1} = \rho_i \cdot k_{i+1} \quad (1.21)$$

де ρ_i – значення відхилення i -того переходу, мкм;

k_i – коефіцієнт уточнення i -того переходу [4,с.190,т.29].

$$\rho_2 = 101 \cdot 0,06 = 6,06 \text{ мкм} \approx 6 \text{ мкм}$$

$$\rho_3 = 6 \cdot 0,05 = 0,3 \text{ мкм} \approx 0 \text{ мкм}$$

Визначаємо похибку встановлення ε при обробці в 3-х кулачковому патроні [4,с.42,т.13] і заносимо до таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 – Вихідні дані та результати розрахунків припусків для поверхні $\varnothing 15_{-0,014}^{-0,006}$

i	$\varnothing 15_{-0,014}^{-0,006}$	Елементи припуску, мкм				Відхилення, мм		Допуск, мм	Номін. припуск, мм	Номін. розмір, мм	Виконавчий розмір, мм	Припуски, мм	
		R_z	h	ρ	ε	es	ei					$2Zi^{\max}$	$2Zi^{\min}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Заготовка	80	150	101	-	+1,5	-0,7	2,2	-	17,552	$\varnothing 17,5_{-0,7}^{+1,5}$	-	-
2	Точіння чорнове	25,2	75	6	200		-0,18	0,18	1,608	15,944	$\varnothing 15,94_{-0,18}$	3,288	0,908
3	Точіння чистове	12,8	25	0	50		-0,043	0,043	0,481	15,463	$\varnothing 15,463_{-0,043}$	0,524	0,301
4	Точіння тонке	6,4	15	0	50		-0,018	0,018	0,219	15,244	$\varnothing 15,244_{-0,018}$	0,237	0,176
5	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Шліфування попереднє	3,2	10	0	50		-0,011	0,011	0,161	15,083	$\varnothing 15,083_{-0,011}$	0,172	0,143
7	Шліфування остаточне	1,6	5	0	20	-0,006	-0,014	0,008	0,083	15	$\varnothing 15_{-0,014}^{-0,006}$	0,085	0,066

Визначаємо мінімальні припуски за формулою (1.22):

$$2Z_i^{min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (1.22)$$

де Rz , h , ρ , ε – елементи припуску з таблиці 1.9, мкм.

$$2Z_2^{min} = 2(80 + 150 + \sqrt{101^2 + 200^2}) = 908 \text{ мкм}$$

$$2Z_3^{min} = 2(25,2 + 75 + \sqrt{6^2 + 50^2}) = 301 \text{ мкм}$$

$$2Z_4^{min} = 2(12,8 + 25 + \sqrt{50^2}) = 176 \text{ мкм}$$

$$2Z_6^{min} = 2(6,4 + 15 + \sqrt{50^2}) = 143 \text{ мкм}$$

$$2Z_7^{min} = 2(3,2 + 10 + \sqrt{20^2}) = 66 \text{ мкм}$$

Визначаємо номінальні припуски за формулою (1.23):

$$2Z_n^H = 2Z_n^{min} + Td_{n-1} \quad (1.23)$$

де $2Z_n^{min}$ – мінімальне значення припуску на операції, мм;

Td_{n-1} – допуск на попередню операцію, мм.

$$2Z_2^H = 0,908 + 0,7 = 1,608 \text{ мм}$$

$$2Z_3^H = 0,301 + 0,18 = 0,481 \text{ мм}$$

$$2Z_4^H = 0,176 + 0,043 = 0,219 \text{ мм}$$

$$2Z_6^H = 0,143 + 0,018 = 0,161 \text{ мм}$$

$$2Z_7^H = 0,066 + 0,011 + 0,006 = 0,083 \text{ мм}$$

Розраховуємо номінальні розміри за формулою (1.24):

$$d_i^H = d_{i+1}^H + 2Z_{i+1}^H \quad (1.24)$$

де d_{i+1}^H – номінальний розмір наступної операції, мм;

$2Z_{i+1}^H$ – номінальний припуск наступної операції, мм.

$$d_7^H = 15 \text{ мм}$$

$$d_6^H = 15 + 0,083 = 15,083 \text{ мм}$$

$$d_4^H = 15,083 + 0,161 = 15,244 \text{ мм}$$

$$d_3^H = 15,244 + 0,219 = 15,463 \text{ мм}$$

$$d_2^H = 15,463 + 0,481 = 15,944 \text{ мм}$$

$$d_1^H = 15,944 + 1,608 = 17,552 \text{ мм}$$

Розраховуємо максимальні припуски за формулою (1.25):

$$\begin{aligned}
 2Z_n^{max} &= 2Z_n^{min} + Td_{n-1} + Td_n & (1.25) \\
 2Z_2^{max} &= 0,908 + 2,2 + 0,18 = 3,288 \text{ мм} \\
 2Z_3^{max} &= 0,301 + 0,18 + 0,043 = 0,524 \text{ мм} \\
 2Z_4^{max} &= 0,176 + 0,043 + 0,018 = 0,237 \text{ мм} \\
 2Z_6^{max} &= 0,143 + 0,018 + 0,011 = 0,172 \text{ мм} \\
 2Z_7^{max} &= 0,066 + 0,011 + 0,008 = 0,085 \text{ мм}
 \end{aligned}$$

Визначаємо загальний номінальний припуск за формулою (1.26):

$$\begin{aligned}
 2Z_o^H &= \sum 2Z_i^H = 1,608 + 0,481 + 0,219 + 0,161 + 0,083 = \\
 &= 2,552 \text{ мм} & (1.26)
 \end{aligned}$$

Контрольне правило перевіряємо за формулами (1.27) – (1.28):

$$\begin{aligned}
 2Z_o^H &= d_3^H - d_d^H & (1.27) \\
 2,552 &= 17,552 - 15
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2,552 &= 2,552 \\
 2Z_n^{max} - 2Z_n^{min} &= Td_{n-1} + Td_n & (1.28) \\
 3,288 - 0,908 &= 2,2 + 0,18 \\
 2,38 &= 2,38 \\
 0,524 - 0,301 &= 0,18 + 0,043 \\
 0,223 &= 0,223 \\
 0,237 - 0,176 &= 0,043 + 0,018 \\
 0,061 &= 0,061 \\
 0,172 - 0,143 &= 0,018 + 0,011 \\
 0,029 &= 0,029 \\
 0,085 - 0,066 &= 0,011 + 0,008 \\
 0,019 &= 0,019
 \end{aligned}$$

Контрольні правила зійшлися, тому розрахунок вважаємо вірним. Визначаємо виконавчі розміри і заносимо до таблиці 1.9. Схема припусків для поверхні зображено на рисунку 1.8.

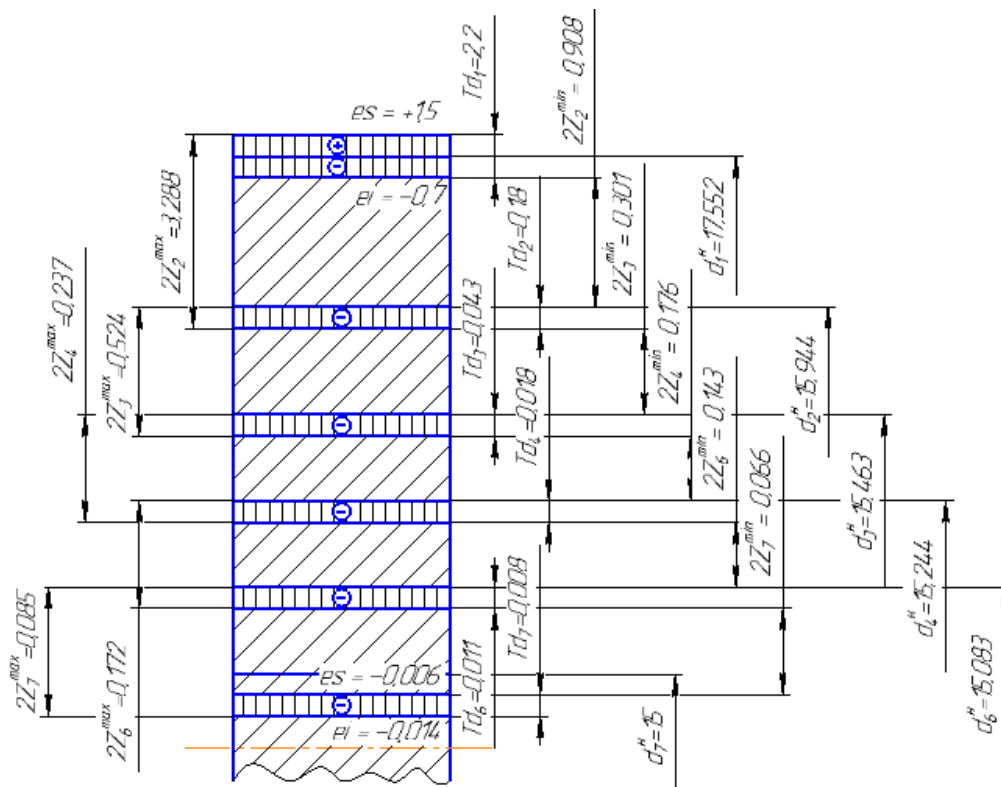


Рисунок 1.8 – Схема припусків для поверхні $\varnothing 15_{-0,014}^{-0,006}$

Табличним методом визначаємо припуски для поверхні $\varnothing 15,1^{+0,005}$.
Знаходимо мінімальні припуски:

$$\begin{aligned} 2Z_2^{\min} &= 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ мм [5,с.48,т.4.11];} \\ 2Z_3^{\min} &= 0,45 \cdot 2 = 0,9 \text{ мм [5,с.48,т.4.11];} \\ 2Z_4^{\min} &= 0,16 \cdot 2 = 0,32 \text{ мм [5,с.49,т.4.12];} \\ 2Z_6^{\min} &= 0,1 \cdot 2 = 0,2 \text{ мм [3,с.53,т.3.4];} \\ 2Z_7^{\min} &= 0,01 \cdot 2 = 0,02 \text{ мм [3,с.53,т.3.4].} \end{aligned}$$

Визначаємо номінальні припуски за формулою (1.23):

$$\begin{aligned} 2Z_2^H &= 3 + 0 = 3 \text{ мм} \\ 2Z_3^H &= 0,9 + 0,043 = 0,943 \text{ мм} \\ 2Z_4^H &= 0,32 + 0,018 = 0,338 \text{ мм} \\ 2Z_6^H &= 0,2 + 0,011 = 0,211 \text{ мм} \\ 2Z_7^H &= 0,02 + 0,008 + 0,005 = 0,033 \text{ мм} \end{aligned}$$

Розраховуємо номінальні розміри за формулою (1.29):

$$d_i^H = d_{i+1}^H - 2Z_{i+1}^H \quad (1.29)$$

$$d_7^H = 15,1 \text{ мм}$$

$$d_6^H = 15,1 - 0,033 = 15,067 \text{ мм}$$

$$d_4^H = 15,067 - 0,211 = 14,856 \text{ мм}$$

$$d_3^H = 14,856 - 0,338 = 14,518 \text{ мм}$$

$$d_2^H = 14,518 - 0,943 = 13,575 \text{ мм}$$

$$d_1^H = 13,575 - 3 = 10,575 \text{ мм}$$

Розраховуємо максимальні припуски за формулами (1.25):

$$2Z_2^{max} = 3 + 0,11 + 0,043 = 3,153 \text{ мм}$$

$$2Z_3^{max} = 0,9 + 0,043 + 0,018 = 0,961 \text{ мм}$$

$$2Z_4^{max} = 0,32 + 0,018 + 0,011 = 0,349 \text{ мм}$$

$$2Z_6^{max} = 0,2 + 0,011 + 0,008 = 0,219 \text{ мм}$$

$$2Z_7^{max} = 0,02 + 0,008 + 0,005 = 0,033 \text{ мм}$$

Визначаємо загальний номінальний припуск за формулою (1.26):

$$2Z_0^H = 3 + 0,943 + 0,338 + 0,211 + 0,033 = 4,525 \text{ мм}$$

Контрольне правило визначаємо за формулами (1.27) – (1.28):

$$4,525 = 15,1 - 10,575$$

$$4,525 = 4,525$$

$$3,153 - 3 = 0,11 + 0,043$$

$$0,153 = 0,153$$

$$0,961 - 0,9 = 0,043 + 0,018$$

$$0,061 = 0,061$$

$$0,349 - 0,32 = 0,018 + 0,011$$

$$0,029 = 0,029$$

$$0,219 - 0,2 = 0,011 + 0,008$$

$$0,019 = 0,019$$

$$0,033 - 0,02 = 0,008 + 0,005$$

$$0,013 = 0,013$$

Контрольні правила зійшлися, тому розрахунок вважаємо вірним. Визначаємо виконавчі розміри і заносимо до таблиці 1.10. Для розмірних

інструментів обираємо розмір з [3,с.55,т.3.6]. Схема припусків для поверхні зображено на рисунку 1.9.

Таблиця 1.10 – Вихідні дані та результати розрахунків припусків для $\varnothing 15,1^{+0,005}$

i	$\varnothing 15,1^{+0,005}$	Відхилення, мм		Допуск, мм	Номін. припуск, мм	Номинальний розмір, мм	Виконавчий розмір, мм	Припуски, мм	
		es	ei	Td _i	2Zi _n	di ⁿ	di	2Zi ^{max}	2Zi ^{min}
1	Свердління	+0,11	-	0,11	-	$\varnothing 13,7$	$\varnothing 13,7^{+0,11}$	-	-
2	Зенкерування	+0,043	-	0,043	3	$\varnothing 14,82$	$\varnothing 14,82^{+0,043}$	3,153	3
3	Розвертання тонке	+0,018	-	0,018	0,943	$\varnothing 14,94$	$\varnothing 14,94^{+0,018}$	0,961	0,9
4	Розвертання точне	+0,011	-	0,011	0,338	$\varnothing 15$	$\varnothing 15^{+0,011}$	0,349	0,32
5	Термообробка	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Шліфування остаточне	+0,008	-	0,008	0,211	$\varnothing 15,067$	$\varnothing 15,067^{+0,008}$	0,219	0,2
7	Притирання тонке	+0,005	-	0,005	0,033	$\varnothing 15,1$	$\varnothing 15,1^{+0,005}$	0,033	0,02

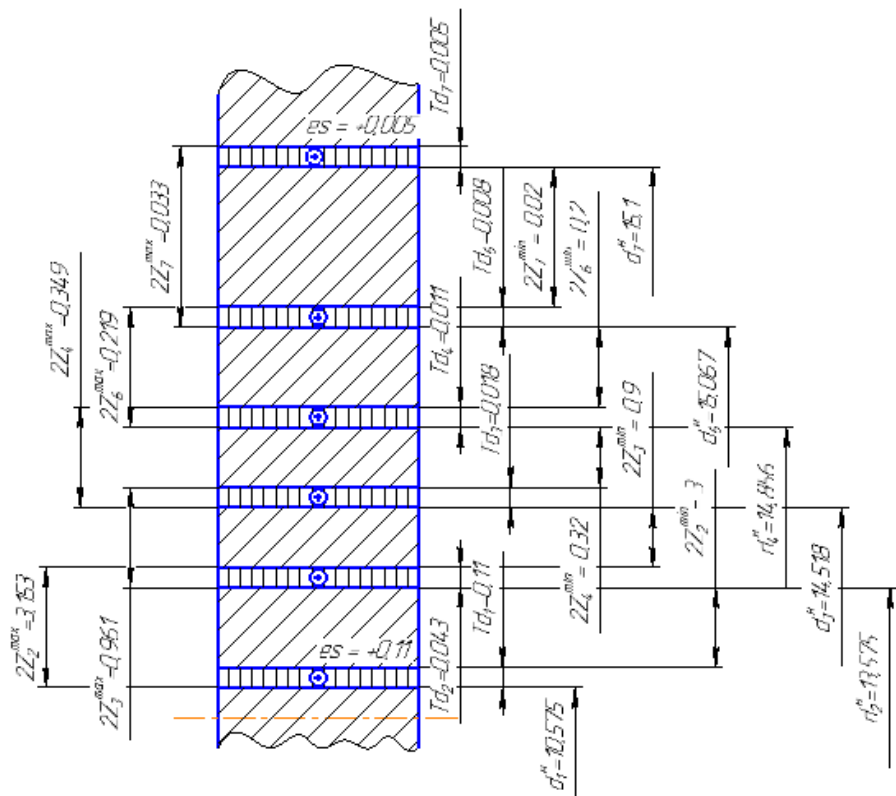


Рисунок 1.9 – Схема припусків для поверхні $\varnothing 15,1^{+0,005}$

1.6 Розрахунок режимів різання

Режими різання – це сукупність параметрів, що визначають характер протікання процесу механічної обробки. До режимів різання відносяться: глибина різання – t , подача – S , швидкість різання – V або частота обертання шпинделя верстата – n , сила різання – P , потужність різання – N .

Режими різання впливають на точність і якість обробленої поверхні, продуктивність і собівартість обробки.

1.6.1 Розрахунок режимів різання для комплексної операції 025 з ЧПК

Виконуємо розрахунок токарного переходу. Ескіз до нього зображено на рисунку 1.10.

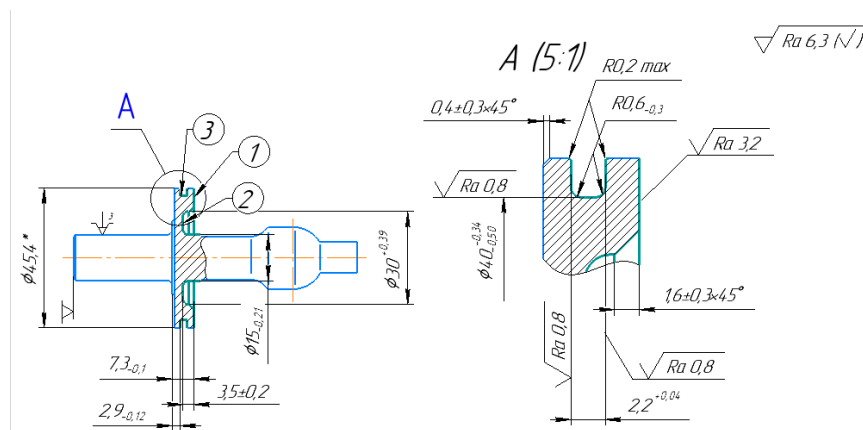


Рисунок 1.10 – Ескіз токарного переходу

Для обробки:

1) торця 1 і канавки 2 обираємо токарний прохідний відігнутий різець з кутом в плані $\phi = 90^\circ$ з довжиною ріжучої кромки $b = 4$ мм, розміром державки 16×10 мм і радіусом при вершині $r = 0,5$ мм, з пластинами з твердого сплаву ВК8;

2) канавки 3 обираємо різець спеціальний канавочний з пластинами з твердого сплаву ВК8, з кутом в плані 90° і шириною ріжучої кромки 2,2 мм.

Стійкість інструментів: $T_1 = T_2 = 60$ хв [6,с.268].

Глибина різання при підрізанні торця з канавкою: $t_1 = 2$ мм.

Глибина різання при обробці канавки: $t_2 = 2,5$ мм.

Визначаємо подачу за формулою (1.30):

$$S_o = S_{\text{табл}} \cdot K_{S\Pi} \cdot K_{S\text{И}} \cdot K_{S\Phi} \cdot K_{S3} \cdot K_{S\text{Ж}} \cdot K_{S\text{М}} \quad (1.30)$$

де $S_{\text{табл}}$ – табличне значення подачі, мм/об за [7,с.238,т.28-29]:
 $S_{\text{табл1}} = 0,13$ мм/об; $S_{\text{табл2}} = 0,07$ мм/об;

$K_{S\Pi}$, $K_{S\text{И}}$, $K_{S\Phi}$, K_{S3} , $K_{S\text{Ж}}$, $K_{S\text{М}}$ – коефіцієнти, які визначаємо за [7,с.239,т.30]:

$K_{S\Pi} = 1$ – поверхня без корки;

$K_{S\text{И}} = 1$ – різець із твердого сплаву;

$K_{S3} = 0,8$ – гартування HRC 44...56;

$K_{S\Phi} = 0,85$ – обробка зовнішньої поверхні;

$K_{S\text{Ж1}} = K_{S\text{Ж2}} = 0,62$ – розмір оброблюваної поверхні до 50 мм;

$K_{S\text{М}} = 1,07$ – VI група сталі.

$$S_{o1} = 0,13 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 0,62 \cdot 1,07 = 0,06 \text{ мм/об}$$

$$S_{o2} = 0,07 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 0,62 \cdot 1,07 = 0,03 \text{ мм/об}$$

Визначаємо швидкість різання за формулою (1.31):

$$V_o = V_{\text{табл}} \cdot K_{V\Pi} \cdot K_{V\text{И}} \cdot K_{V\Phi} \cdot K_{V5} \cdot K_{V\text{Ж}} \cdot K_{V\text{М}} \cdot K_{V0} \quad (1.31)$$

де $V_{\text{табл}}$ – табличне значення швидкості, м/хв за [7,с.243,т.36]:
 $V_{\text{табл1}} = 304$ м/хв, $V_{\text{табл2}} = 274$ м/хв.;

$K_{V\Pi}$, $K_{V\text{И}}$, $K_{V\Phi}$, K_{V5} , $K_{V\text{Ж}}$, $K_{V\text{М}}$, K_{V0} – коефіцієнти, які визначаємо за [7,с.244-245,т.37]:

$K_{V\Pi} = 0,83$ – матеріал інструмента BK8;

$K_{V\text{И}} = 1$ – поверхня без корки;

$K_{V\Phi1} = K_{V\Phi2} = 0,81$ – кут в плані 90°;

$K_{V51} = K_{V52} = 0,5$ – обробка канавки;

$K_{V\text{Ж1}} = K_{V\text{Ж2}} = 0,61$ – діаметр обробки до 50 мм;

$K_{V\text{М}} = 0,39$ – коефіцієнт оброблюваності матеріалу [7, с.23, т.1];

$K_{V0} = 1$ – обробка з ЗОТС.

$$V_{o1} = 304 \cdot 0,83 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 0,5 \cdot 0,61 \cdot 0,39 \cdot 1 = 24,3 \text{ м/хв}$$

$$V_{o2} = 274 \cdot 0,83 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 0,5 \cdot 0,61 \cdot 0,39 \cdot 1 = 21,9 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо частоту обертання за формулою (1.32):

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

де D – діаметр оброблюваної поверхні, мм.

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 24,3}{3,14 \cdot 45,4} = 170,45 \text{ об/хв}$$
$$n_2 = \frac{1000 \cdot 21,9}{3,14 \cdot 45,4} = 153,6 \text{ об/хв}$$

Приймаємо $n_{\phi 1} = 170 \text{ об/хв}$, $n_{\phi 2} = 150 \text{ об/хв}$.

Визначаємо фактичне значення швидкості різання за формулою (1.33):

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (1.33)$$
$$V_{\phi 1} = \frac{3,14 \cdot 45,4 \cdot 170}{1000} = 24,2 \text{ м/хв}$$
$$V_{\phi 2} = \frac{3,14 \cdot 45,4 \cdot 150}{1000} = 21,3 \text{ м/хв}$$

Визначаємо основний час за формулою (1.34):

$$t_o = \frac{L_{p.x.}}{S_o \cdot n} \cdot i \quad (1.34)$$

де i – кількість проходів;

$L_{p.x.}$ – довжина робочого ходу інструмента, яку визначаємо за формулою (1.35):

$$L_{p.x.} = l_p + l_{вр} + l_{пер} \quad (1.35)$$

де l_p – довжина різання, мм: $l_{p1} = 22 + 11,5 \text{ мм}$; $l_{p2} = 2,5 \text{ мм}$;

$l_{вр}$ – врізання, мм: $l_{вр1} = l_{вр2} = 2,5 \text{ мм}$;

$l_{пер}$ – перебіг, мм: $l_{пер1} = 2,5 \text{ мм}$, $l_{пер} = 0 \text{ мм}$;

$$L_{p.x.1} = 22 + 2,5 + 2,5 + 11,5 + 2,5 + 2,5 = 43,5 \text{ мм}$$

$$t_{o1} = \frac{43,5}{0,06 \cdot 170} = 4,2 \text{ хв}$$

$$L_{p.x.2} = 2,5 + 2,5 = 5 \text{ мм}$$

$$t_{o2} = \frac{5}{0,03 \cdot 150} = 1,1 \text{ хв}$$

Визначаємо загальний основний час по операції за формулою (1.36):

$$t_o = \sum t_{oi} = t_{o1} + t_{o2} \quad (1.36)$$
$$t_o = 4,2 + 1,1 = 5,3 \text{ хв}$$

Виконуємо розрахунок свердлильного переходу. Ескіз до нього зображено на рисунку 1.11.

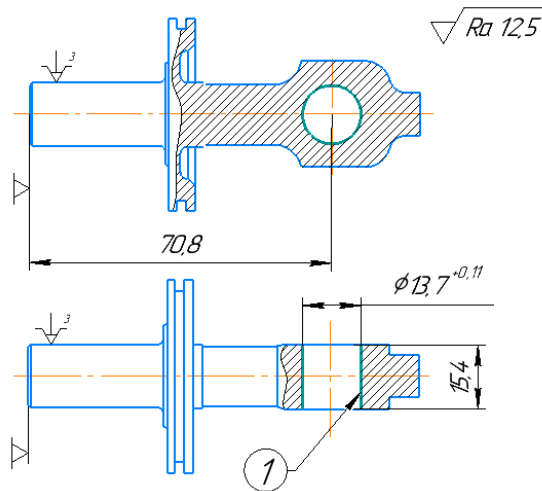


Рисунок 1.11 – Ескіз свердлильного переходу

Для обробки обираємо свердло спіральне з конічним хвостовиком з твердого сплаву ВК8, діаметром $d_{cb} = 13,7$ мм і довжиною $l = 87$ мм. Стійкість інструмента $T = 20$ хв [6, с.279, т.30].

Визначаємо глибину різання за формулою (1.37):

$$t = \frac{d_{\text{CB}}}{2} \quad (1.37)$$

де $d_{\text{св}}$ – діаметр свердла, мм.

$$t = \frac{13,7}{2} = 6,85 \text{ mm}$$

Визначаємо подачу за формулою (1.38):

$$S_o = S_{\text{табл}} \cdot K_{Sc} \cdot K_{Sh} \cdot K_{Si} \cdot K_{Sd} \cdot K_{SM} \quad (1.38)$$

де $S_{\text{табл}} = 0,2 \text{ мм/об}$ [7, с.267, т.64];

$K_{sc}, K_{sh}, K_{su}, K_{sd}, K_{sm}$ – коефіцієнти, які визначаємо за [7, с.267, т.65]:

 $K_{Sc} = 1$ – глибина свердління до 3D;

$K_{sh} = 0,5$ – низька жорсткість технологічної системи;

 $K_{SH} = 1$ – матеріал свердла ВК8;

$K_{sd} = 1$ – наскрізний отвір;

$$K_{SM} = 1 - \text{VI група сталі.}$$

$$S_0 = 0,2 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,1 \text{ мм/об}$$

Визначаємо швидкість різання за формулою (1.39):

$$V_o = V_{\text{табл}} \cdot K_{V_M} \cdot K_{V_H} \cdot K_{V_C} \cdot K_{V_O} \cdot K_{V_b} \quad (1.39)$$

де $V_{\text{табл}} = 36$ м/хв [7, с.269, т.66];

$K_{V_M} = 0,39$ – коефіцієнт оброблюваності матеріалу [7, с.23, т.1];

$K_{V_H}, K_{V_C}, K_{V_O}, K_{V_b}$ – коефіцієнти, які визначаємо за [7,с.270,т.67]:

$K_{V_H} = 1$ – матеріал інструмента ВК8;

$K_{V_C} = 0,9$ – наскрізний отвір;

$K_{V_O} = 1$ – обробка з ЗОТЗ;

$K_{V_b} = 1$ – по глибині отвору до 3D.

$$V_o = 36 \cdot 0,39 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 12,64 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо частоту обертання за формулою (1.40):

$$n = \frac{1000 \cdot V_o}{\pi \cdot d_{\text{св}}} \quad (1.40)$$
$$n = \frac{1000 \cdot 12,64}{3,14 \cdot 13,7} = 293,8 \text{ об/хв}$$

Приймаємо $n_{\phi} = 290$ об/хв.

Визначаємо фактичне значення швидкості різання за формулою (1.41):

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d_{\text{св}} \cdot n_{\phi}}{1000} \quad (1.41)$$
$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 13,7 \cdot 290}{1000} = 12,5 \text{ м/хв}$$

Визначаємо основний час за формулою (1.34):

де $L_{\text{р.х.}}$ – довжина робочого ходу інструмента, яку визначаємо за формулою (1.35):

де $l_p = 15,2$ мм;

$l_{\text{вр}} = 2,5$ мм;

$l_{\text{пер}} = 2,5$ мм.

$$L_{\text{р.х.}} = 15,2 + 2,5 + 2,5 = 20,2 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{20,4}{0,1 \cdot 290} = 0,7 \text{ хв}$$

Виконуємо розрахунок фрезерного переходу. Ескіз фрезерного переходу зображено на рисунку 1.12.

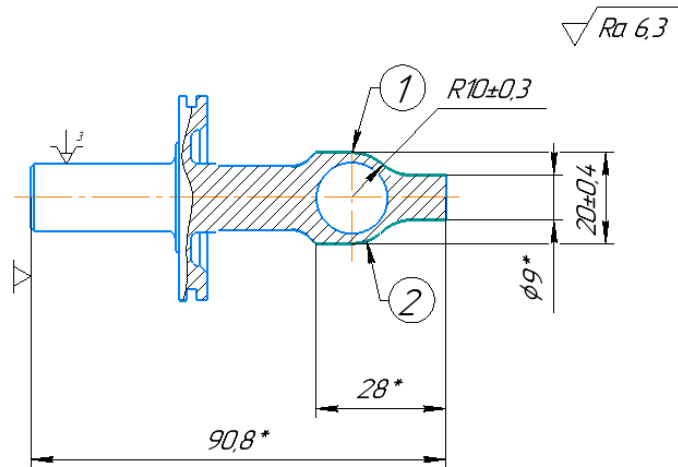


Рисунок 1.12 – Ескіз фрезерного переходу

Для обробки поверхні обираємо фрезу кінцеву з циліндричним хвостовиком по ГОСТ 17025-71 діаметром $d_{фр} = 20$ мм, довжиною ріжучої кромки $l = 38$ мм і кількістю зубців $z = 6$ [6, с.174, т.65] з твердого сплаву ВК8. Стійкість інструмента $T = 80$ хв [6, с.290, т.40].

Глибина різання: $t = 6$ мм.

Визначаємо подачу за формулою (1.42):

$$S_z = S_{табл} \cdot K_{Sh} \cdot K_{Sф} \cdot K_{SR} \quad (1.42)$$

де $S_{табл} = 0,05$ мм/зуб [7, с.301, т.111];

K_{Sh} , $K_{Sф}$, K_{SR} – коефіцієнти, які визначаємо за [7, с.305, т.114]:

$K_{Sh} = 0,85$ – матеріал фрези ВК8;

$K_{Sф} = 0,57$ – фасонна поверхня;

$K_{SR} = 0,5$ – шорсткість поверхні $Rz 25$.

$$S_z = 0,05 \cdot 0,85 \cdot 0,57 \cdot 0,5 = 0,01 \text{ мм/зуб}$$

Визначаємо швидкість різання за формулою (1.43):

$$V_o = V_{табл} \cdot K_{Vm} \cdot K_{Vh} \cdot K_{Vc} \cdot K_{Vп} \cdot K_{Vo} \cdot K_{Vb} \quad (1.43)$$

де $V_{табл} = 61$ м/хв [7, с.317, т.128];

$K_{Vm} = 0,39$ – коефіцієнт оброблюваності матеріалу [7, с.23, т.1];

K_{Vh} , K_{Vc} , $K_{Vп}$, K_{Vo} , K_{Vb} – коефіцієнти, які визначаємо за [7, с.317-318, т.129]:

$K_{Vh} = 2$ – матеріал інструмента ВК8;

$K_{Vc} = 1$ – поверхня без корки;

$K_{Vn} = 1$ – обробка виступу;

$K_{Vo} = 1,2$ – обробка з ЗОТС;

$K_{Vb} = 1$ – ширина фрезерування 15,5 мм.

$$V_o = 61 \cdot 0,39 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 = 57 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо частоту обертання за формулою (1.44):

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{\text{фр}}} \quad (1.44)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 57}{3,14 \cdot 20} = 907 \text{ об/хв}$$

Приймаємо $n_{\text{ф}} = 900 \text{ об/хв}$.

Визначаємо фактичне значення швидкості різання за формулою (1.45):

$$V_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{фр}} \cdot n}{1000} \quad (1.45)$$
$$V_{\text{ф}} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 900}{1000} = 56,5 \text{ м/хв}$$

Визначаємо основний час за формулою (1.46):

$$t_o = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_z \cdot z \cdot n} \cdot i \quad (1.46)$$

де $L_{\text{р.х.}}$ – довжина робочого ходу інструмента, яку визначаємо за формулою (1.35):

де $l_p = 90 \text{ мм}$;

$l_{\text{вр}} = 2,5 \text{ мм}$;

$l_{\text{пер}} = 2,5 \text{ мм}$.

$$L_{\text{р.х.}} = 90 + 2,5 + 2,5 = 95 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{95}{0,01 \cdot 6 \cdot 1000} = 1,58 \text{ хв}$$

Визначаємо головну складову сили різання за формулою (1.47):

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^{n \cdot z}}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \quad (1.47)$$

де B – ширина фрезерування, мм;

K_{mp} – поправочний коефіцієнт, який визначаємо за формулою (1.48):

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad (1.48)$$

де $n = 0,3$ [6,с.264,т.9];

$$K_{mp} = \left(\frac{1130}{750} \right)^{0,3} = 1,13$$

Значення коефіцієнтів і показників ступеня обираємо за [6,с.291,т.41] і підставляємо до формули (1.47):

$$P_z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 6^{0,85} \cdot 0,01^{0,75} \cdot 15,5^1 \cdot 6}{20^{0,73} \cdot 900^{-0,13}} \cdot 1,13 = 518 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність за формулою (1.49):

$$N = \frac{P_z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60} \quad (1.49)$$
$$N = \frac{518 \cdot 56,5}{1020 \cdot 60} = 0,47 \text{ кВт}$$

Порівнюємо отриману потужність з потужністю верстата:

$$N_{\text{верст}} > N_\phi$$
$$20 \text{ кВт} > 0,47 \text{ кВт}$$

Верстат має достатню потужність для обробки деталі.

1.6.2 Розрахунок режимів різання для шліфувальної операції 065

На рисунку 1.13 зображено ескіз шліфувальної операції 065.

Обираємо круг 250×50×32 25А 10-П С2 7 К1А 35 м/с А 1 кл. по ГОСТ 2424-83 [7,с.340,т.158].

Припуск на обробку визначаємо за [7, с.342, т.159]: $2h = 0,1 \text{ мм}$.

Швидкість деталі обираємо за [6, с.301, т.55]: $V_d = 35 \text{ м/хв}$.

Швидкість круга обираємо за [6, с.301, т.55]: $V_k = 35 \text{ м/с}$.

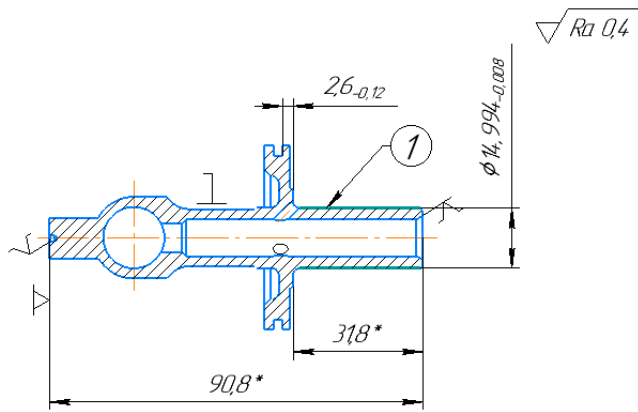


Рисунок 1.13 – Ескіз шліфувальної операції 065

Визначаємо радіальну подачу за формулою (1.50):

$$S_t = S_{\text{табл}} \cdot K_M \cdot K_R \cdot K_D \cdot K_{V_k} \cdot K_T \cdot K_{lt} \cdot K_h \quad (1.50)$$

де $S_{\text{табл}} = 0,007$ мм/об [7, с.346, т.163];

$K_M, K_R, K_D, K_{V_k}, K_T, K_{lt}, K_h$ - коефіцієнти, які визначаємо за [7,с.348,т.165]:

$K_R = 0,85$ – радіус галтелі деталі $< 0,5$ мм;

$K_D = 0,42$ – діаметр шліфувального круга $d_k = 250$ мм;

$K_{V_k} = 1$ – швидкість деталі 35 м/хв;

$K_T = 1$ – стійкість круга: $T = 3$ хв;

$K_M = 1$ – шліфування врізанням;

$K_{lt} = 0,6 - 7$ квалітет;

$K_h = 1$ – припуск $h = 0,1$ мм.

$$S_t = 0,007 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,42 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 1 = 0,0015 \text{ мм/об}$$

Розраховуємо частоту обертання круга за формулою (1.51):

$$n = \frac{1000 \cdot V_k \cdot 60}{\pi \cdot d_k} \quad (1.51)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3,14 \cdot 250} = 2675 \text{ об/хв}$$

Приймаємо $n_{фк} = 1272$ об/хв.

Розраховуємо частоту обертання деталі за формулою (1.52):

$$n = \frac{1000 \cdot V_d}{\pi \cdot d_d} \quad (1.52)$$

де d_d – діаметр деталі, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 15} = 743 \text{ об/хв}$$

Приймаємо $n_{\text{фд}} = 400 \text{ об/хв}$.

Визначаємо фактичне значення швидкості різання для круга за формулою (1.53):

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d_{\text{к}} \cdot n_{\text{фк}}}{1000} \quad (1.53)$$

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 1272}{1000 \cdot 60} = 16,64 \text{ м/с}$$

Визначаємо фактичне значення швидкості різання для деталі за формулою (1.54):

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d_{\text{д}} \cdot n_{\text{фд}}}{1000} \quad (1.54)$$

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 15 \cdot 400}{1000} = 18,84 \text{ м/хв}$$

Визначаємо основний час за формулою (1.55):

$$t_o = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_t \cdot n} \cdot i \quad (1.55)$$

де $L_{\text{р.х.}}$ – довжина робочого ходу інструмента, яку визначаємо за формулою (1.35):

де $l_p = 0,2 \text{ мм}$;

$l_{\text{вр}} = 1 \text{ мм}$;

$l_{\text{пер}} = 0 \text{ мм}$;

$L_{\text{р.х.}} = 1,2 \text{ мм}$.

$$t_o = \frac{1,2}{0,0015 \cdot 1272} = 0,6 \text{ хв}$$

Визначаємо потужність за формулою (1.56):

$$N = C_N \cdot V_{\text{д}}^r \cdot S_t^y \cdot d^q \cdot b^z \quad (1.56)$$

де d – діаметр шліфування, мм;

b – ширина шліфування, мм.

Значення коефіцієнтів і показників ступеня обираємо за [6,с.303,т.56] і підставляємо до формули (1.56):

$$N_{\phi} = 0,14 \cdot 35^{0,8} \cdot 0,0015^0 \cdot 45,4^{0,2} \cdot 6,2^1 = 0,048 \text{ кВт}$$

Порівнюємо отриману потужність з потужністю верстата:

$$N_{\text{верст}} > N_{\phi}$$

$$7 \text{ кВт} > 0,048 \text{ кВт}$$

Верстат має достатню потужність для обробки деталі.

Заповнюємо таблицю 1.11 за результатами розрахунку режимів різання по всіх операціях.

Таблиця 1.11 – Результати розрахунку режимів різання

№ оп	Найменування операції та переходів	Режими різання				t _о , хв
		t, мм	S _о , мм/об	V, м/хв	n, об/хв	
1	2	3	4	5	6	7
010	Фрезерно-центрувальна: 1) фрезерувати торці 1 та 2 одночасно	2,6	0,6	86,35	550	0,2
	2) центрувати два отвори	0,8	0,012	10	2000	0,12
015	Токарна з ЧПК: 1) точити начорно поверхні 1,2,3	2	0,11	81	540	1,3
020	Токарна з ЧПК: 1) точити начорно поверхні 1,2,3	2	0,11	84,7	540	1,53
025	Комплексна операція з ЧПК: 1) точити поверхні 1, 2, 3	0,7	0,12	71,2	500	0,22
	2) точити поверхні 1, 2, 3	0,5	0,06	99,7	700	0,13
	3) свердлити 3 отвори 4 під кутом 45°	1,25	0,05	5,5	700	1,64
	4) підрізати торець 6 з канавкою 5	2	0,06	24,2	170	4,2
	5) точити канавку 7	2,5	0,03	21,3	150	1,1
	6) фрезерувати поверхні 10, 11	2,2	0,7	44,1	700	0,73
	7) свердлити отвір 12	6,85	0,1	12,64	290	0,7
	8) зенкерувати отвір 12	0,56	0,6	18,7	440	0,07
	9) розвертати начорно отвір 12	0,06	0,6	8,6	190	0,17
	10) розвертати начисто отвір 12	0,03	0,6	13,9	300	0,11
	11) фрезерувати поверхні 8, 9	6	0,06	56,5	900	1,58
030	Свердлильна з ЧПК: 1) свердлити отвір 1	4,5	0,1	7,9	280	2,17
	2) свердлити отвір 2	3,5	0,1	6,1	280	0,6
	3) зенкувати фаску 1,5×30°	1	0,6	11,34	300	0,01
060	Круглошліфувальна: 1) шліфувати поверхню 1	0,2	0,001	16,64	1272	0,6
	2) шліфувати поверхню 2	0,2	0,001	16,64	1272	0,6

Продовження таблиці 1.11

1	2	3	4	5	6	7
065	Круглошліфувальна: 1) шліфувати поверхню 1	0,05	0,001	16,64	1272	0,6
080	Внутрішньошліфувальна: 1) шліфувати поверхню 1	0,03	0,001	24	1200	0,55
090	Плоскошліфувальна: 1) шліфувати поверхню 1; 2) шліфувати поверхню 2.	0,1	0,001	31,9	1000	0,85

1.7 Технічне нормування операцій

Технічне нормування праці – це процес встановлення заданого часу на виконання робочих процесів (операцій) у певних організаційно-технічних умовах, виходячи з раціонального використання виробничих можливостей устаткування і робочого місця, з урахуванням передового досвіду.

Заданий робочий час, встановлений за допомогою технічного нормування ґрунтується на організаційних і технічних параметрах виробничого процесу, а також враховує фізіологічні чинники людини (потреба в перервах на відпочинок і особисті потреби).

1.7.1 Розрахунок норм часу для комплексної операції з ЧПК 025

Визначаємо норму допоміжного часу за формулою (1.57):

$$t_{\text{доп}} = (t_{\text{вст.зн}} + t_{\text{кер}} + t_{\text{пр.рух}}) \cdot k \quad (1.57)$$

де $t_{\text{вст.зн}}$ – час на встановлення та зняття деталі, хв: $t_{\text{вст.зн}} = 0,05$ хв [8,с.197,т.5.1];

$t_{\text{кер}}$ – час на керування верстатом, хв: $t_{\text{кер}} = 0,01$ хв [8,с.202,т.5.8];

$t_{\text{пр.рух}}$ – прискорений рух інструмента, який визначаємо за формулою (1.58):

$$t_{\text{пр.рух}} = (t_{\text{п.п}} + t_{\text{п.в}}) \cdot i \quad (1.58)$$

де $t_{\text{п.п}}$ і $t_{\text{п.в}}$ – прискорене підведення і відведення інструмента, хв: $t_{\text{п.п}} = t_{\text{п.в}} = 0,02$ хв [8,с.203,т.5.8];

i – кількість інструментів, шт: $i = 13$ шт;

$$t_{\text{пр.рух}} = (0,02 + 0,02) \cdot 13 = 0,52 \text{ хв}$$

k – коефіцієнт для середньо-серійного виробництва: $k = 1,85$ [8,с.101];

$$t_{\text{доп}} = (0,05 + 0,01 + 0,52) \cdot 1,85 = 1,07 \text{ хв}$$

Визначаємо оперативний час за формулою (1.59):

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_{\text{доп}} \quad (1.59)$$

де t_o – основний час, хв (див. табл. 1.11)

$$t_{\text{оп}} = 10,65 + 1,07 = 11,72 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час за формулою (1.60):

$$t_{\text{дод}} = t_{\text{оп}} \cdot \alpha_{\Sigma} \quad (1.60)$$

де α_{Σ} – відсоток на додатковий час: $\alpha_{\Sigma} = 6,5 \%$ [8,с.214,т.6.1];

$$t_{\text{дод}} = 11,72 \cdot 6,5\% = 0,76 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час за формулою (1.61):

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{дод}} \quad (1.61)$$

$$t_{\text{шт}} = 11,72 + 0,76 = 12,48 \text{ хв}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою (1.62):

$$t_{\text{шт.к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{п.з}}}{n} \quad (1.62)$$

де $t_{\text{п.з}}$ – підготовчо-заключний час, який визначаємо за формулою (1.63):

$$t_{\text{п.з}} = t_{\text{п.з1}} + t_{\text{п.з2}} \quad (1.63)$$

де $t_{\text{п.з1}}$ – час на налагодження верстата, пристосування та інструмента, хв: $t_{\text{п.з1}} = 12$ хв [8,с.216,т.6.3];

$t_{\text{п.з2}}$ – час на додаткові заходи, такі як отримання інструментів до початку і здача після кінця обробки, хв: $t_{\text{п.з2}} = 10$ хв [8,с.216,т.6.3];

$$t_{\text{п.з}} = 12 + 10 = 22 \text{ хв}$$

n – об'єм партії, який визначаємо за формулою (1.64):

$$n = \frac{a \cdot N}{A} \quad (1.64)$$

де a – періодичність запуску: $a = 5$;

N – річна програма випуску, шт: $N = 5000$ шт (див. п. 1.3);

A – кількість робочих днів на рік: $A = 253$ дні;

$$n = \frac{5 \cdot 5000}{253} = 98,8 \approx 99 \text{ деталей}$$

$$t_{\text{шт.к}} = 12,48 + \frac{22}{99} = 12,7 \text{ хв}$$

Час на вимірювання і контроль основних параметрів деталі визначаємо за формулою (1.65):

$$t_{\text{контр}} = (t_{\text{к1}} + t_{\text{к2}}) \cdot i \quad (1.65)$$

де $t_{\text{к1}}$ – час на вимірювання скобою, хв: $t_{\text{к1}} = 0,07$ хв [8,с.207,т.5.12];

$t_{\text{к2}}$ – час на вимірювання за допомогою шаблона, хв: $t_{\text{к2}} = 0,07$ хв [8,с.208,т.5.14];

i – кількість вимірів: $i = 5$.

$$t_{\text{контр}} = (0,07 + 0,07) \cdot 5 = 0,7 \text{ хв}$$

Час на контроль перекривається основним часом обробки, тому в розрахунку не використовується.

1.7.2 Розрахунок норм часу для шліфувальної операції 065

Визначаємо норму допоміжного часу за формулою (1.66):

$$t_{\text{доп}} = (t_{\text{вст.зн}} + t_{\text{кер}} + t_{\text{пр.рух}} + t_{\text{контр}} + t_{\text{п}}) \cdot k \quad (1.66)$$

де $t_{\text{вст.зн}} = 0,06$ хв [8,с.197,т.5.1];

$t_{\text{кер}} = 0,01$ хв [8,с.202,т.5.8];

$t_{\text{пр.рух}} = 0,04$ хв [8,с.203,т.5.8];

$t_{\text{контр}} = 0,09$ хв [8,с.207,т.5.12];

$t_{\text{п}}$ – час на правку шліфувального круга: $t_{\text{п}} = 1,4$ хв [8,с.211,т.5.19];

$$t_{\text{доп}} = (0,06 + 0,01 + 0,04 + 0,09 + 1,4) \cdot 1,85 = 2,96 \text{ хв}$$

Визначаємо оперативний час за формулою (1.59):

де $t_0 = 0,6$ хв (див. табл. 1.11);

$$t_{оп} = 0,6 + 2,96 = 3,56 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час за формулою (1.60):

де $\alpha_{\Sigma} = 4 \%$ [8,с.215,т.6.2];

$$t_{дод} = 3,56 \cdot 4\% = 0,14 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час за формулою (1.61):

$$t_{шт} = 3,56 + 0,14 = 3,7 \text{ хв}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою (1.62):

де $t_{п.з} = 10$ хв [8,с.220,т.6.8];

$$t_{шт.к} = 3,7 + \frac{10}{99} = 3,8 \text{ хв}$$

Заповнюємо таблицю 1.12 за результатами розрахунку технічного нормування по всіх операціях.

Таблиця 1.12 – Результати розрахунку технічного нормування

№ оп	Найменування операції та переходів	$t_{дод}$, хв	$t_{оп}$, хв	$t_{дод}$, хв	$t_{шт}$, хв	$t_{шт-к}$, хв
010	Фрезерно-центрувальна	0,22	0,54	0,03	0,57	0,8
015	Токарна з ЧПК	0,45	1,75	0,1	1,85	2,07
020	Токарна з ЧПК	0,45	1,98	0,11	2,09	2,31
025	Комплексна операція з ЧПК	1,07	11,72	0,76	12,48	12,7
030	Свердлильна з ЧПК	0,3	3,08	0,17	3,25	3,47
060	Круглошліфувальна	2,96	4,16	0,16	4,32	4,42
065	Круглошліфувальна	2,96	3,56	0,14	3,7	3,8
080	Внутрішньошліфувальна	2,96	3,51	0,14	3,65	3,75
090	Плоскошліфувальна	3,02	3,87	0,15	4,02	4,12

1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК

Для побудови траєкторій і написання програм для трьох переходів (токарного, свердлильного, фрезерного) комплексної операції з ЧПК 025 використовуємо програмне забезпечення NX CAM.

NX CAM – це система автоматизованої розробки керуючих програм для верстатів з ЧПК (числовим програмним керуванням) від компанії

Siemens PLM Software. Програма має широкий набір вбудованих засобів автоматизації – від майстрів і шаблонів до можливостей програмування обробки типових конструктивних елементів. Генератор програм ЧПК включає в себе стратегії обробки, призначені для створення програм з мінімальною участю інженера.

Після побудови моделі деталі створюємо траєкторії для кожного з переходів комплексної операції. Для токарного переходу траєкторію з інструментом на початку обробки і у процесі обробки зображено на рисунку 1.14. Програму для даного переходу зображено на рисунку 1.15.

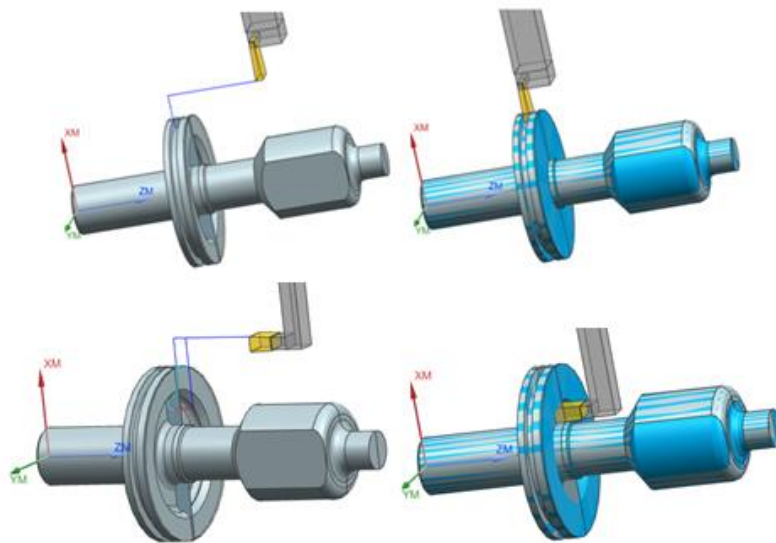


Рисунок 1.14 – Ескіз обробки для токарного переходу

```

%
N0010 G94 G90 G20
N0020 G50 X0.0 Z0.0
:0030 T00 H00 M06
N0040 G97 S0 M03
N0050 G94 G00 X1.1862 Z2.4228
N0060 Z1.689
N0070 X.4527
N0080 G92 S0
N0090 G96 M03
N0100 G95 G01 Z1.6811 F.004
N0110 Z1.4606
N0120 G04 X1
N0130 Z1.4685 F.0394
N0140 G94 G00 Z1.689
N0150 X.8858
N0160 G95 G01 Z1.6811 F.004
N0170 Z1.5433
N0180 X.6663
N0190 G02 X.6524 Z1.5375 I0.0 K-.0197
N0200 G01 X.5963 Z1.4815
N0210 G02 X.5906 Z1.4675 I.0139 K-.0139
N0220 G01 Z1.4606
N0230 G03 X.5354 Z1.4055 I-.0551 K0.0
N0240 G01 X.5079
N0250 G03 X.4527 Z1.4606 I0.0 K.0551
N0260 G01 X.4583 Z1.4662 F.0394
N0270 G94 G00 Z1.689
N0280 X.8858
N0290 G95 G01 Z1.6811 F.004
N0300 Z1.5433
N0310 Z1.5512 F.0394
N0320 G94 G00 X1.1862
N0330 Z2.4228
N0340 G50 X0.0 Z0.0
:0350 T00 H00 M06
N0360 G97 S0 M03
N0370 G94 X1.1862 Z2.4228
N0380 Z1.3543
N0390 X1.0118
N0400 G92 S0
N0410 G96 M03
N0420 G95 G01 X1.0039 F.004
N0430 X.7874
N0440 X.7953 F.0394
N0450 G94 G00 X1.1862
N0460 Z2.4228
N0470 M02
%

```

Рисунок 1.15 – Програма для токарного переходу

Для свердильного переходу траєкторію з інструментом на початку обробки і у процесі обробки зображено на рисунку 1.16. Програму для даного переходу зображено на рисунку 1.17.

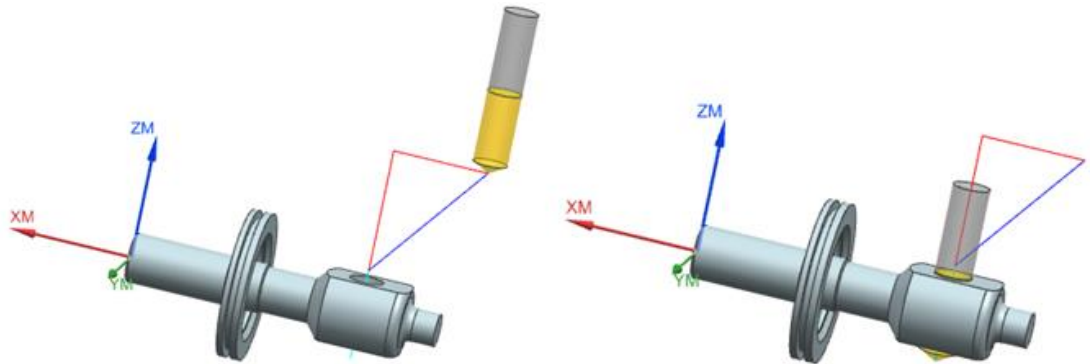


Рисунок 1.16 – Ескіз обробки для свердильного переходу

```

%
N0010 G40 G17 G94 G90 G70
N0020 G91 G28 Z0.0
:0030 T00 M06
N0040 G0 G90 X-3.937 Y0.0 B0.0 S390 M03
N0050 G43 Z1.9685 H00
N0060 G81 X-2.7877 Y0.0 Z-.573 R.5079 F3.9
N0070 G80
N0080 G0 Z1.9685
N0090 X-3.937
N0100 M02
%
```

Рисунок 1.17 – Програма для свердильного переходу

Для фрезерного переходу траєкторію з інструментом на початку обробки і у процесі обробки зображено на рисунку 1.18. Програму для даного переходу зображено на рисунку 1.19.

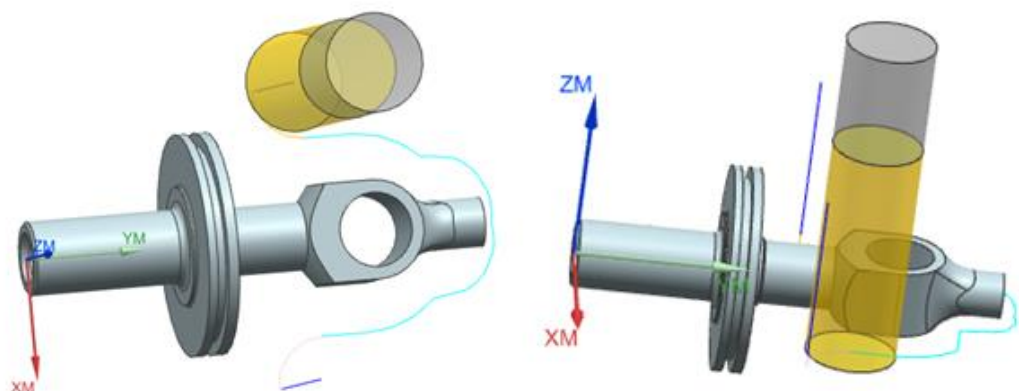


Рисунок 1.18 – Ескіз обробки для фрезерного переходу

```

%
N0010 G40 G17 G94 G90 G70
N0020 G91 G28 Z0.0
:0030 T00 M06
N0040 G0 G90 X-1.1772 Y2.0099 B0.0 S900 M03
N0050 G43 Z1.2795 H00
N0060 Z-.1772
N0070 G1 Z-.2953 F4.3 M08
N0080 G3 X-.7835 Y2.4036 I0.0 J.3937
N0090 G1 Y2.7874
N0100 G2 X-.5575 Y3.3395 I.7874 J0.0
N0110 G1 Z-.0984
N0120 G2 X-.5213 Y3.5569 I.3909 J.0466
N0130 G1 X-.4938 Y3.6141 Z-.1143
N0140 X-.4225 Y3.7078 Z-.1313
N0150 X-.36 Y3.7543 Z-.1489
N0160 G2 X-.2501 Y3.8118 I.2352 J-.3157
N0170 G1 X-.1803 Y3.8353 Z-.1653
N0180 X-.0771 Y3.8423 Z-.1789
N0190 X-.0171 Y3.8379 Z-.1896
N0200 X.0039 Y3.8357 Z-.1933
N0210 X.0243 Y3.8378 Z-.1897
N0220 X.0839 Y3.8423 Z-.1791
N0230 X.1868 Y3.8355 Z-.1655
N0240 X.2568 Y3.8122 Z-.1491
N0250 G2 X.3669 Y3.755 I-.1243 J-.3736
N0260 G1 X.4296 Y3.7085 Z-.1315
N0270 X.5015 Y3.6142 Z-.1143
N0280 X.5291 Y3.5569 Z-.0984
N0290 G2 X.5653 Y3.3395 I-.3547 J-.1708
N0300 G1 Z-.2953
N0310 G2 X.7913 Y2.7874 I-.5614 J-.5521
N0320 G1 Y2.4086
N0330 G3 X1.185 Y2.0149 I.3937 J0.0
N0340 G1 Z-.1772
N0350 G0 Z1.2795
N0360 M02
%
```

Рисунок 1.19 – Програма для фрезерного переходу

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Робоче пристосування використовується для встановлення і закріплення деталі в процесі обробки. Воно повинно забезпечувати необхідну точність встановлення і достатню силу затиску.

Робоче пристосування для горизонтально-свердильної операції 030 зображено на рисунку 2.1.

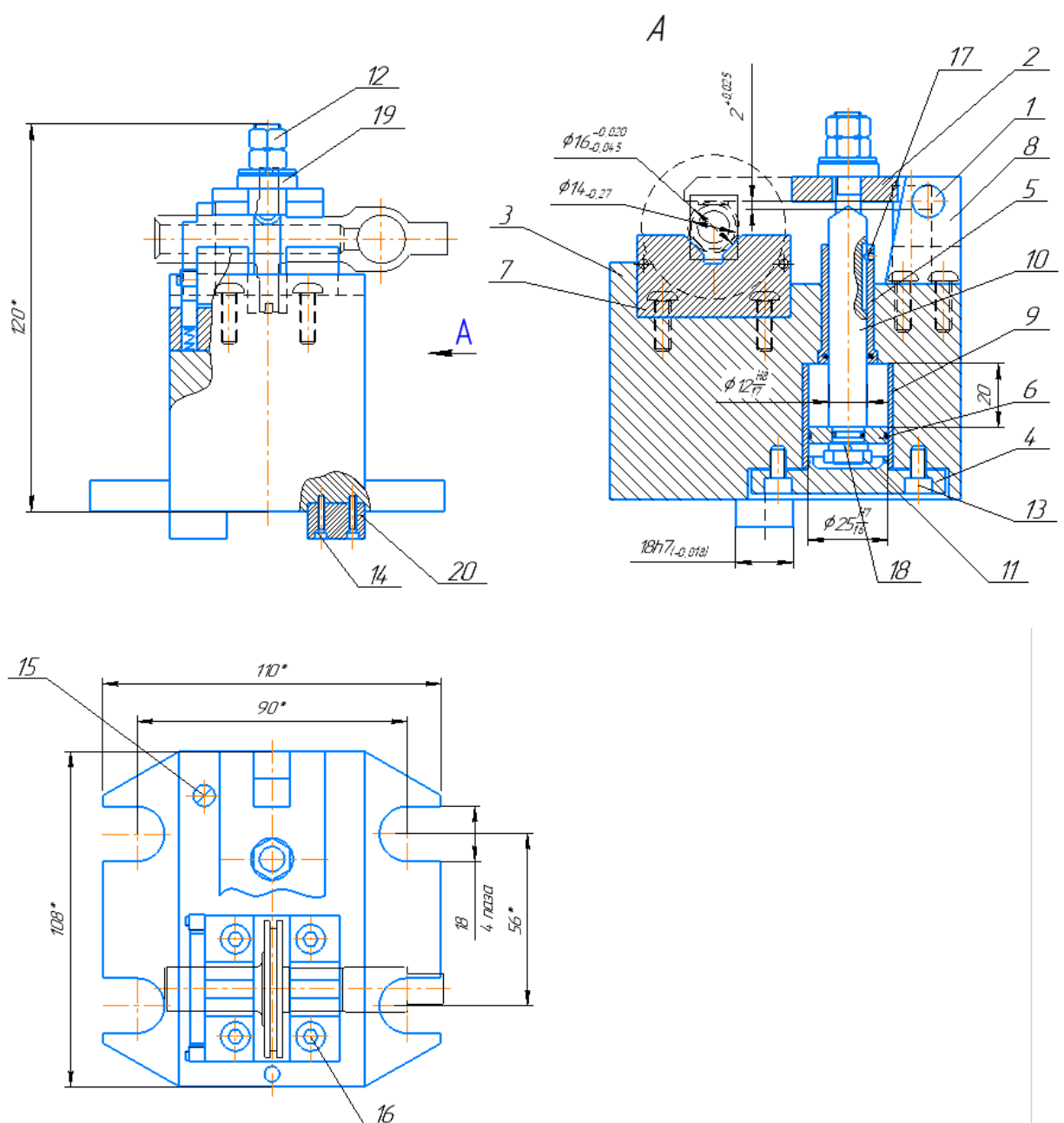


Рисунок 2.1 – Ескіз робочого пристосування

Пристосування має пневматичний привод двобічної дії. Даний привод призначено для приведення в рух частин машин і механізмів за допомогою енергії стисненого повітря. На столі верстата пристрій закріплюється за допомогою чотирьох болтів, які входять у пази. Специфікацію до пристосування наведено у додатку А.

Переваги пневмоприводу, у порівнянні з гідроприводом:

- а) менша вага;
- б) простота конструкції;
- в) економічність, обумовлена дешевизною робочого газу;
- г) швидкодія;
- д) відсутність високої чутливості до зміни температури оточуючого середовища.

Деталь встановлюється у призму 7 з кутом 90° , яка кріпиться до корпусу 3 за допомогою гвинтів 17. При подачі повітря у штокову порожнину циліндра через штуцер поршень 6 зі штоком 11 рухається донизу і за допомогою затискача 2 деталь притискається до призми. Для розкріплення деталі повітря подається у поршневу порожнину пневмоциліндра. Для забезпечення герметичності камер циліндра використовують поршневі і штокові манжети. Також для герметичності робочої камери слугує кришка пневмоциліндра 4.

2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність

Забезпечення заданої точності механічної обробки, зокрема з використанням пристосувань, в значній мірі залежить від вибору технологічних баз і схеми встановлення заготовок. Однак при цьому виникає похибка встановлення, яка складається з похибки закріплення і похибки базування.

Похибка закріплення (ε_3) – виникає під дією сил затиску, за рахунок контактних деформацій заготовки і пружних деформацій пристосування.

Похибкою базування (ε_6) називається різниця граничних відстаней від вимірювальної бази заготовки до встановленого на розмір інструменту. Вона виникає в результаті встановлення заготовки в пристосування по технологічним базам, що не збігаються з вимірювальними базами.

Схему закріплення деталі зображено на рисунку 2.2.

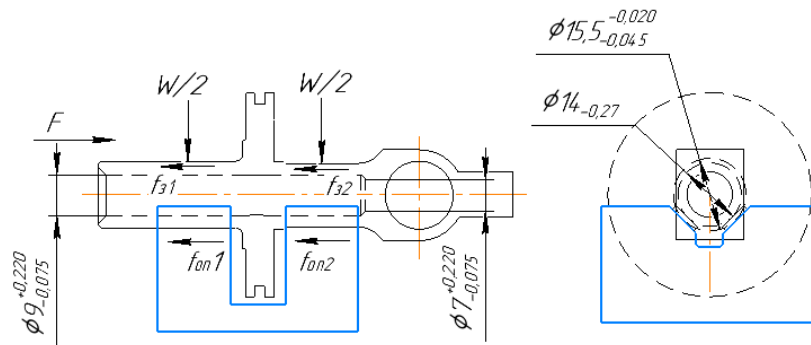


Рисунок 2.2 – Схема закріплення деталі

В даному випадку вимірювальна та налагоджувальна бази співпадають, тому похибка базування $\varepsilon_6 = 0$ мм.

Напрям сили затиску та винесення розміру також співпали, тому похибка закріплення визначається за формулою (2.1):

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_{3T} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad (2.1)$$

де ε_{3T} – табличне значення похибки закріплення: $\varepsilon_{3T} = 0,03$ мм [9, с.50, т.4.7];

α – кут призми.

$$\varepsilon_3 = 0,03 \cdot \sin \frac{90^\circ}{2} = 0,021 \text{ мм}$$

Похибку установлення визначаємо за формулою (2.2):

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \quad (2.2)$$

$$\varepsilon_y = \sqrt{0^2 + 0,021^2} = 0,021 \text{ мм}$$

При встановленні деталі повинна виконуватися умова: $\varepsilon_y \leq \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{4}\right) Td$.
Умова виконується, тому що допуск на деталь становить 0,295 мм і відповідно $0,021 \leq 0,295$.

Визначаємо допуск на виготовлення пристосування за формулою (2.3):

$$T_H \leq T_{обp} - (k_1 \cdot \varepsilon_6 + \varepsilon_3 + k_2 \cdot \omega) \quad (2.3)$$

де $T_{обр}$ – допуск на обробку, мм: $T_{обр} = 0,295$ мм;

k_1 – коефіцієнт, який враховує зменшення похибки базування:
 $k_1 = 0,8 \dots 0,85$ [9,с.61];

k_2 – коефіцієнт, який враховує частку похибки обробки від загальної:
 $k_2 = 0,6 \dots 0,65$ [9,с.61];

ω – середня економічна точність обробки, $\omega = 0,2$ [9,с.64,т.5.3].

$$T_H \leq 0,295 - (0,8 \cdot 0 + 0,021 + 0,6 \cdot 0,2)$$

$$T_H \leq 0,154 \text{ мм}$$

Для свердлильної операції допуск проставляється симетрично, тому значення $T_H = \pm 0,077$ мм. За [11,с.61] приймаємо $T_H = \pm 0,05$ мм.

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу

Головне призначення затискних пристосувань – забезпечення надійного контакту заготовки з установочними елементами, попередження її зміщення в процесі обробки чи складання.

Вимоги до затискних пристроїв:

- 1) при затиску не повинно порушуватися положення заготовки, досягнуте базуванням;
- 2) затиск не повинен викликати деформації заготовок, закріплених в пристосуванні, або пошкодження їх поверхонь;
- 3) сила затиску має бути мінімально необхідною, але достатньою для забезпечення фіксованого положення заготовки щодо елементів пристосувань в процесі обробки;
- 4) сила затиску має бути постійною на всьому протязі технологічної операції;
- 5) затискання і розкріплення заготовки необхідно проводити з мінімальною затратою сил і часу робітника;
- 6) затискний механізм повинен бути простим по конструкції, компактним, максимально зручним і безпечним в роботі.

Силу затиску визначаємо за формулою (2.4):

$$W = \frac{K \cdot M}{f_3 \cdot D/2 + f_{on} \cdot D/2 \sin \frac{\alpha}{2}} \quad (2.4)$$

де K – коефіцієнт запасу, який визначаємо за формулою (2.5):

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (2.5)$$

де $K_0 = 1,5$ – гарантований запас [10,с.382];

$K_1 = 1,2$ – чорнова обробка [10,с.382];

$K_2 = 1,15$ – операція свердління [10,с.382,т.2];

$K_3 = 1$ – безперервне різання [10,с.383];

$K_4 = 1$ – пневмопривід двобічної дії [10,с.383];

$K_5 = 1$ – затиск без повороту [10,с.383];

$K_6 = 1,5$ – встановлення у призму [10,с.384];

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 3,1$$

M – крутний момент, Н·м, який визначаємо за формулою (2.6):

$$M = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p \quad (2.6)$$

де D – діаметр отвору, мм;

t – глибина різання, мм;

S – подача, мм/об: $S = 0,1$ мм/об [6,с.281,т.32];

$K_p = K_{mp}$ – поправочний коефіцієнт, який визначаємо за формулою (1.49):

де $n = 0,75$ [6,с.264,т.9]

$$K_{mp} = \left(\frac{1130}{750} \right)^{0,75} = 1,36$$

C_p, q, x, y – коефіцієнти, які визначаємо за [6,с.277,т.25];

$$M = 10 \cdot 0,041 \cdot 9^2 \cdot 4,5^0 \cdot 0,1^{0,7} \cdot 1,36 = 9 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$f_3, f_{оп}$ – коефіцієнти тертя між деталлю і затискним пристроєм та між деталлю та опорою: $f_3 = f_{оп} = 0,16$ [10,с.384,т.3];

D – діаметр, по якому деталь встановлюється у призму, мм.

$$W = \frac{3,1 \cdot 9}{15/2 \cdot 0,16 + 15 / 2 \sin \frac{90^\circ}{2} \cdot 0,16} = 13,62 \text{ Н}$$

Сила затиску пневмоприводом визначається за формулою (2.7):

$$Q = p \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot \eta \quad (2.7)$$

де D – діаметр пневмоциліндра, мм;

d – діаметр штока, мм;

p – робочий тиск повітря у системі, МПа: $p = 0,4$ МПа [11,с.143];

η – коефіцієнт корисної дії: $\eta = 0,9$ [11,с.143].

З формули (2.7) знаходимо діаметр циліндра за формулою (2.8):

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta} + d^2} \quad (2.8)$$

де $Q = W = 13,62 \text{ Н}$.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 13,62}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,9} + 12^2} = 13,86 \text{ мм}$$

За [6,с.91,т.17] уточнюємо дійсний діаметр поршня і штока циліндра: $D = 25 \text{ мм}$, $d = 12 \text{ мм}$. З даними параметрами циліндр буде забезпечувати необхідне зусилля затиску, тому вибір приводу вважаємо вірним.

2.2 Проектування контрольного пристосування

Контроль – це перевірка властивостей, параметрів і характеристик матеріалу, готового виробу на відповідність стандартам.

Контроль якості виробів є дуже важливим у сучасному машинобудуванні. Застосування універсальних вимірювальних інструментів і калібрів малопродуктивні, не завжди забезпечує потрібну точність і зручність контролю.

Контрольні пристосування підвищують продуктивність праці контролерів, покращують умови їх роботи, підвищують якість і об'єктивність контролю.

Для заданої деталі було розроблено пристосування (рисунок 2.3) для контролю биття поверхні 8 (рисунок 1.7) відносно бази А, яке не повинно перевищувати 0,05 мм. Специфікацію до пристосування наведено у додатку Б.

Пристосування складається з плити 2, на яку встановлена індикаторна стійка 5 з кронштейном 1 та індикаторним годинником. Деталь встановлюється у призми 3 та 4. Для контролю биття деталь обертають вручну і одержують результат на годиннику. Пристосування має точність 0,01 мм.

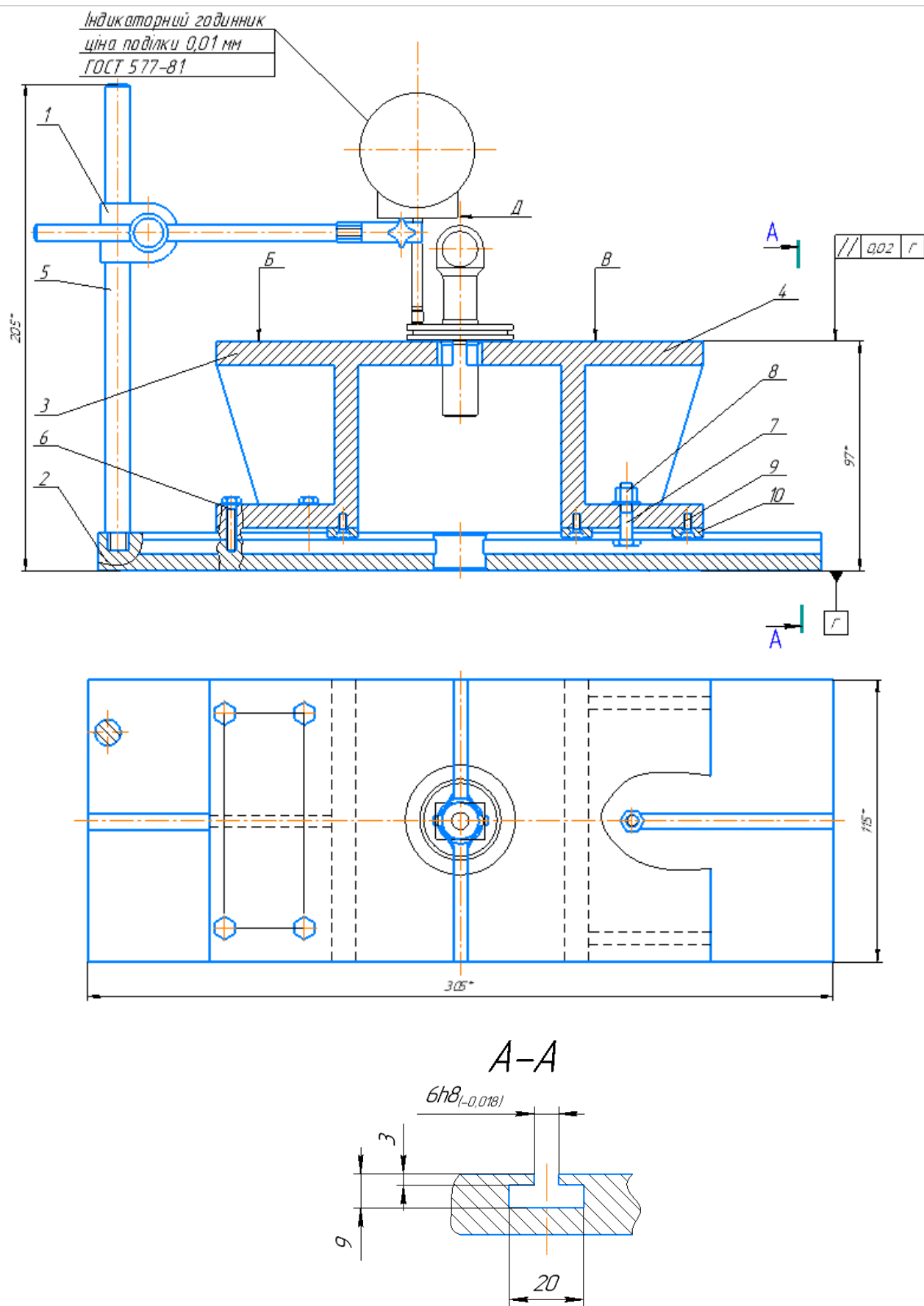


Рисунок 2.3 – Ескіз контрольного пристосування

Визначаємо сумарну похибку вимірювань для контрольного пристосування за формулою (2.9):

$$\varepsilon_B = \varepsilon_{IY} + \varepsilon_{IP} + \varepsilon_{IM} + \sqrt{\varepsilon_{HB}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{3П}^2 + \varepsilon_{CI}^2 + \varepsilon_{ДР}^2} \quad (2.9)$$

де ε_{IY} – частина похибки конструкції пристосування: $\varepsilon_{IY} = 0,0015$ мм;

ε_{IP} – похибка від неточності виготовлення пристосування: $\varepsilon_{IP} = 0$ мм;

ε_{IM} – похибка, яка виникає через неточність еталона: $\varepsilon_{IM} = 0$ мм – еталони не використовуються;

ε_{HB} – похибка базування: $\varepsilon_{HB} = 0$ мм – вимірювальна та настроювальна бази співпадають;

ε_3 – похибка закріплення: $\varepsilon_3 = 0$ мм – деталь вільно обертається у призмах вручну;

$\varepsilon_{3П}$ – похибка, що виникає через зазори між осями важелів пристосування, якщо вони використовуються: $\varepsilon_{3П} = 0$ мм – важелі відсутні;

ε_{CI} – похибка вимірювального пристрою: $\varepsilon_{CI} = 0,001$ мм;

$\varepsilon_{ДР}$ – похибка, що виникає через дію випадкових факторів:

$\varepsilon_{ДР} = 0,0015$ мм.

$$\varepsilon_B = 0,0015 + 0 + 0 + \sqrt{0 + 0 + 0 + 0,001^2 + 0,0015^2} = 0,003 \text{ мм}$$

Допустиме значення похибки вимірювання: $[\varepsilon_B] = 0,025$ мм

Отже, $\varepsilon_B < [\varepsilon_B]$, тому пристосування можна використовувати для заданої операції.

З АВТОМАТИЗАЦІЯ ДРОБЛЕННЯ ТА ВИДАЛЕННЯ СТРУЖКИ З РОБОЧОЇ ЗОНИ ПРИ СВЕРДЛІННІ

Автоматизація – один із напрямів науково-технічного прогресу, що використовує саморегулюючі технічні засоби і математичні методи з метою звільнення людини від участі в процесах отримання, перетворення, передачі і використання енергії, матеріалів, виробів або інформації, або істотного зменшення відсотка цієї участі чи трудомісткості виконуваних операцій [12].

У процесі обробки деталі проводиться операція ОЗ0 – горизонтального свердлення. Отвір, який отримують на операції має глибину 7 діаметрів, тому вважається глибоким. Свердління глибоких отворів є складною і трудомісткою операцією. Внаслідок малої жорсткості довгих свердел під дією сил різання виникає їх поздовжній вигин, що може призвести до викривлення осі отвору. Крім того, зі збільшенням довжини отвору створюються несприятливі умови утворення стружки і утруднюється видалення її з отвору під час роботи. Тому для обробки буде використовуватися метод переривчастого свердлення. Він є досить ефективним для підвищення продуктивності при обробці глибоких отворів на горизонтально-свердлильних верстатах. Принцип методу полягає у тому, що під час обробки свердлу буде передаватися зворотно-поступальний рух у напрямку подачі.

Для деталі з легованої сталі, яка є пластичним матеріалом, характерно утворення зливної стружки (рисунок 3.1) під час обробки [13]. Утворення зливної стружки є негативним фактором обробки різанням, що утруднює видалення її з робочої зони обробки. За умови застосування переривчастого свердління зливна стружка не зможе утворитися, навіть при обробці в'язких металів.



Рисунок 3.1 – Утворення зливної стружки при свердленні в'язких металів

Для свердління отвору буде використовуватися горизонтально-розточний верстат з ЧПК ВО 90 CNC (рисунок 3.2) з максимальним діаметром свердлення 30 мм. Верстат оснащено столом розміром 630×800мм з Т-образними пазами шириною 18 мм, що дозволить встановити на ньому спеціальне свердлильне пристосування (рисунок 2.1).



Рисунок 3.2 – Горизонтально-розточний верстат з ЧПК ВО 90 CNC

Для забезпечення переривчастого свердлення на верстаті з ЧПК використовуються спеціальні цикли обробки (G83 та G73). Верстат оснащено системою ЧПК Siemens 828 D Basic, що дозволяє використовувати цикли переривчастого свердління отвору.

При звичайному свердлінні інструмент на робочій подачі рухається на дно отвору безперервно. На відміну від нього, цикл, що забезпечується використанням коду G83 забезпечує переривчасте свердлення глибоких отворів, при якому інструмент піднімається вгору через певні інтервали для видалення стружки. Це виключить не лише можливість утворення зливної стружки, а ще й виключить імовірність того, що стружка не встигне вийти з отвору і інструмент зруйнується під час обробки [14].

Цикл, що задається кодом G73 у програмі – це високошвидкісний цикл переривчастого свердлення, який є аналогічним до G83. Єдиною його відмінністю є те, що при високошвидкісній обробці свердло для видалення стружки не виймається з отвору повністю, що дозволяє зменшити машинний час обробки.

Схему циклу для переривчастого свердлення зображено на рисунку 3.3. Відповідно до схеми, під час свердління інструмент на прискореній подачі буде підходити з площини безпеки до площини відводу і звідти свердло буде подаватися на глибину Q з робочою подачею. Після цього інструмент на прискореному ході повернеться до площини відводу. Далі цикл буде повторюватися зі зміною величини Q в арифметичній прогресії на Q , поки отвір не буде повністю оброблено. Після цього інструмент повертається до площини безпеки [14]. Загальна довжина отвору складає 60 мм, тому Q буде дорівнювати 5 мм.

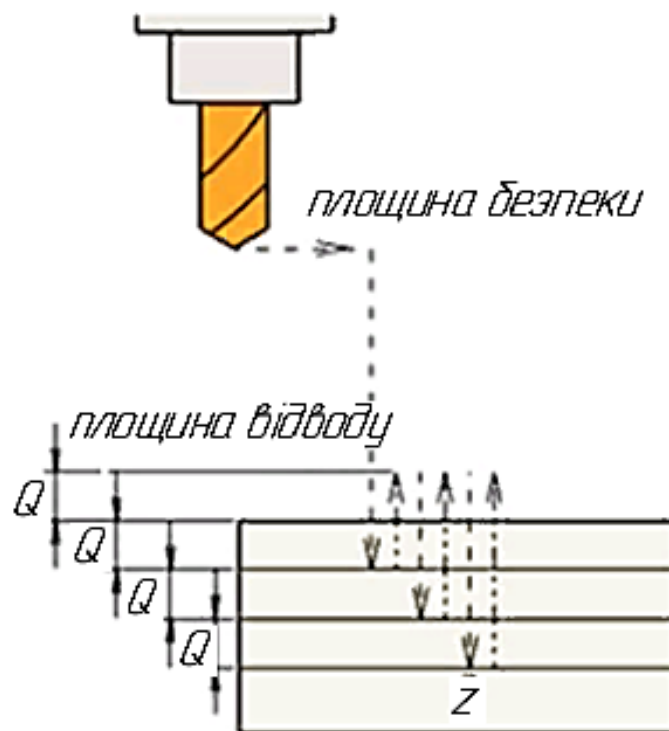


Рисунок 3.3 – Схема переривчастого свердлення

Для обробки буде використовуватися спіральне свердло (рисунок 3.4) діаметром 9 мм, довжиною ріжучої частини 65 мм та загальною довжиною 120 мм, в якому для покращення умов видалення стружки кут нахилу канавки ω буде збільшено до 40-60°.

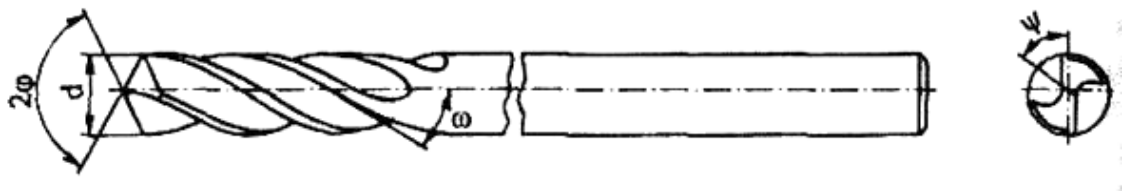


Рисунок 3.4 – Ескіз свердла спірального для обробки отвору

Даний метод – переривчастого свердлення, не лише полегшить видалення стружки, а ще й покращить оброблюваність деталі і підвищить стійкість інструмента.

Також на операції було передбачено автоматичне видалення стружки з зони обробки. Автоматизація видалення стружки на верстатах з ЧПК є дуже важливим завданням. Ефективне відведення стружки від верстата дозволяє:

- запобігти концентрації теплоти в місцях контакту стружки з вузлами верстата і знизити їх температурні деформації;
- підвищити час безпосередньої роботи верстата за рахунок скорочення простоїв для прибирання стружки;
- поліпшити використання ЗОТС, так як стружка в цьому випадку буде перебувати в контакті з нею протягом нетривалого часу;
- поліпшити умови праці оператора і зменшити небезпеку нещасного випадку через контакт зі стружкою.

Видалення стружки та пилу з зони різання буде відбуватися за допомогою витяжної вентиляції з пневматичною системою (рисунок 3.5). Для забезпечення ефективної роботи системи приймач-уловлювач повинен розташовуватися безпосередньо в робочій зоні. Стружка, що утворюється при обробці повинна потрапляти безпосередньо в коробку приймача [15].

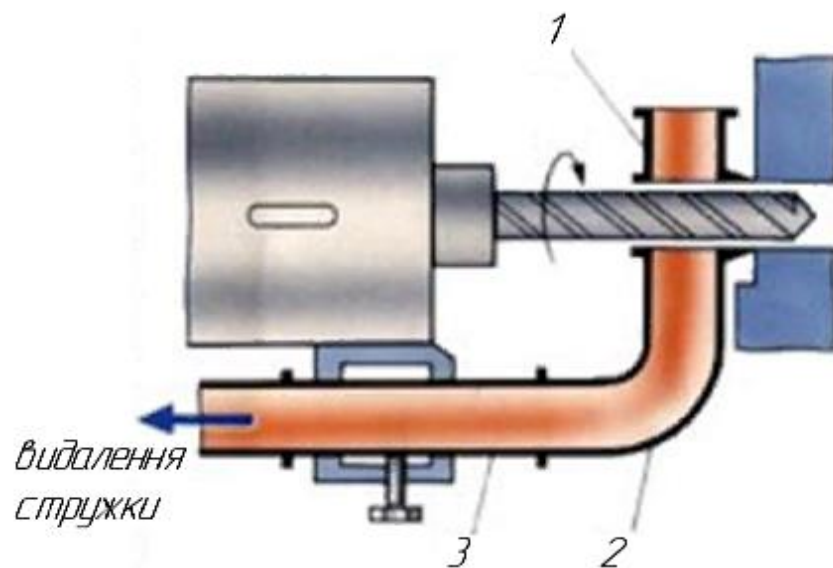
Ефективність цього методу буде залежати від потужності пневматичної системи.

Окрім цього для видалення стружки можна використовувати спеціальні транспортери (рисунок 3.6), які можуть бути вбудовані до верстата.

Шарнірно-стрічкові транспортери застосовуються там, де необхідно транспортувати мокру або суху стружку будь-яких форм [15]. Їх особливості:

- 1) компактна конструкція і максимальна продуктивність;
- 2) є ідеальним вибором для використання разом з верстатами з ЧПК;
- 3) доступні виконання зі скребками різної ширини;
- 4) часті виступи щільно розподілені по всій поверхні стрічки, що дозволяє захистити поверхню від налипання стружки, полегшуючи чистку;

5) обмежувач крутного моменту знижує ризик пошкодження, викликаного неправильним використанням.



1 – змінна головка; 2 – криволінійний патрубок; 3 – телескопічна труба

Рисунок 3.5 – Пневматична система для видалення стружки з зони різання

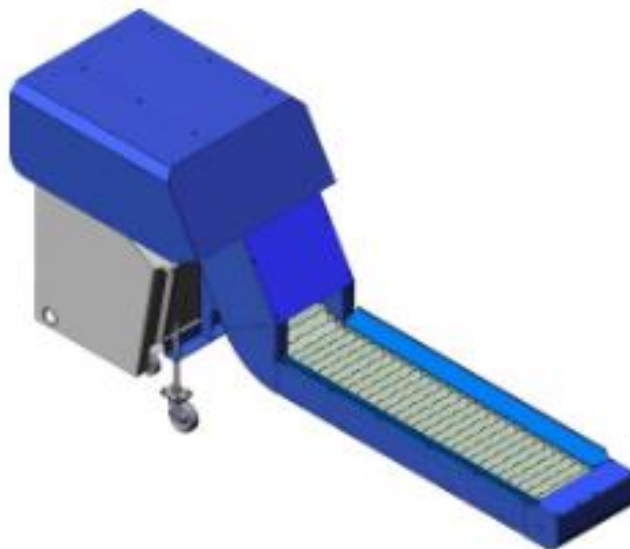


Рисунок 3.6 – Транспортёр для видалення стружки з верстата фірми HAAS

4 РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ

4.1 Визначення напружено деформованого стану деталі

Напружено-деформований стан — це сукупність напружень і деформацій, що виникають при дії на матеріальне тіло зовнішніх навантажень, температурних полів та інших факторів.

Визначення напружено-деформованого стану деталі було проведено за допомогою NX CAM. Перед початком розрахунку було призначено матеріал деталі (AISI_Steel_1005) та деталь було розбито на сітку скінчених елементів (рисунок 4.1) з розміром елементів 4 мм.

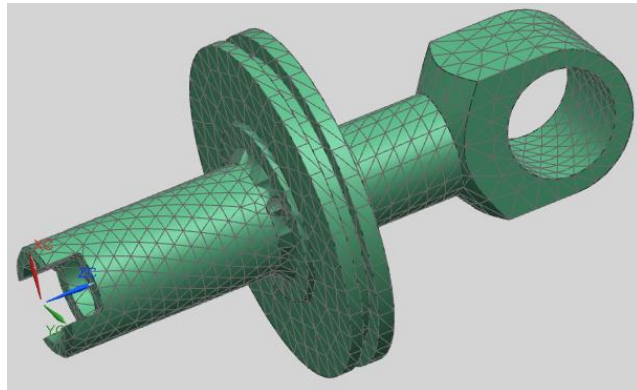


Рисунок 4.1 – Модель деталі з 3D тетраедральною сіткою

При роботі деталь закріплюється з того боку отвору 14 (рисунок 1.7), де тягове зусилля і сприймає напруження по торцю 8 (рисунок 1.7) від стисненої робочої рідини. Закріплення деталі і навантаження на деталь зображено на рисунку 4.2. Прикладена сила дорівнює 10 кН.

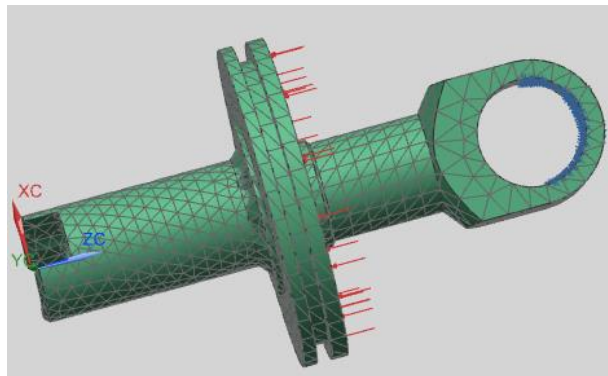


Рисунок 4.2 – Модель деталі зі схематичним зображенням закріплення та навантаження

Після цього було проведено розрахунок і отримано результати (рисунок 4.3).

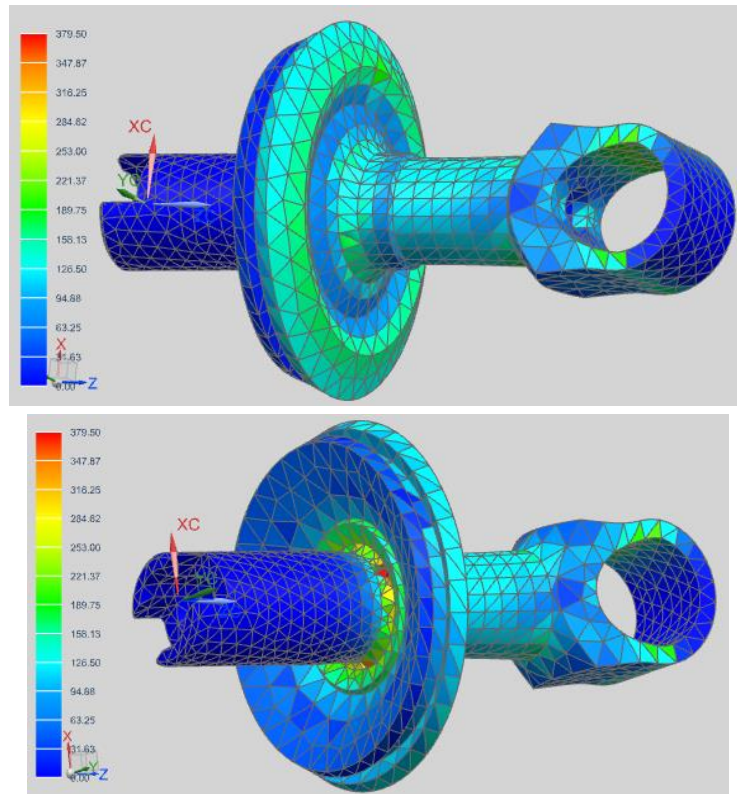


Рисунок 4.3 – Результати розрахунку напружено-деформованого стану деталі

Можна зробити висновок, що мінімальні навантаження на деталі виникають у місці закріплення, а максимальні на перетині поверхонь 2 та 3 (рисунок 1.7).

4.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції

В якості зміни конструкції деталі було зменшено розмір торцевої кільцевої канавки 10 (рисунок 1.7). Зміну конструкції представлено на рисунку 4.4:

$$\Delta_1 = h_1 - h_0 = 5,4 - 3,5 = 1,9 \text{ мм}$$

$$\Delta_2 = h_2 - h_0 = 7 - 3,5 = 3,5 \text{ мм}$$

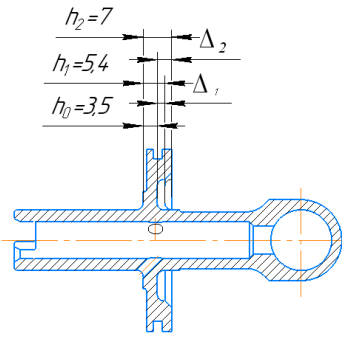


Рисунок 4.4 – Зміна конструкції деталі

Для деталей з оновленою конструкцією обираємо аналогічний матеріал і проводимо розбиття на сітку з розміром елементів 4 мм. Також проводимо аналогічне закріплення і прикладення сили величиною 10 кН. Моделі зі схематичним закріпленням деталі і зображенням прикладеної сили показано на рисунку 4.5 – для деталі зі зменшенням канавки на величину Δ_1 і на рисунку 4.6 – для деталі зі зменшенням канавки на величину Δ_2 .

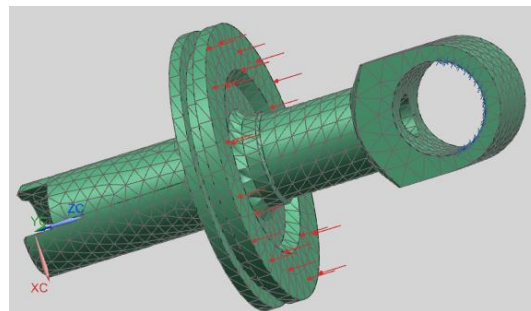


Рисунок 4.5 – Модель деталі зі схематичним зображенням закріплення і прикладення сили, при зменшенні канавки на величину Δ_1

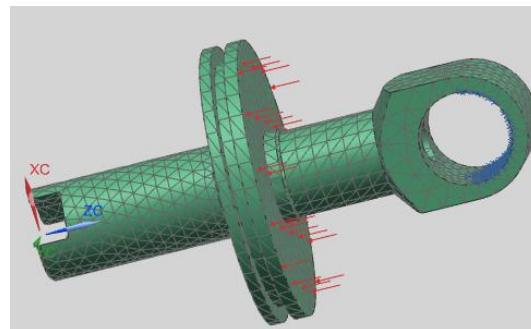


Рисунок 4.6 – Модель деталі зі схематичним зображенням закріплення і прикладення сили, при зменшенні канавки на величину Δ_2

Проводимо розрахунок. Результати розрахунку для першого випадку зображено на рисунку 4.7, для другого – на рисунку 4.8.

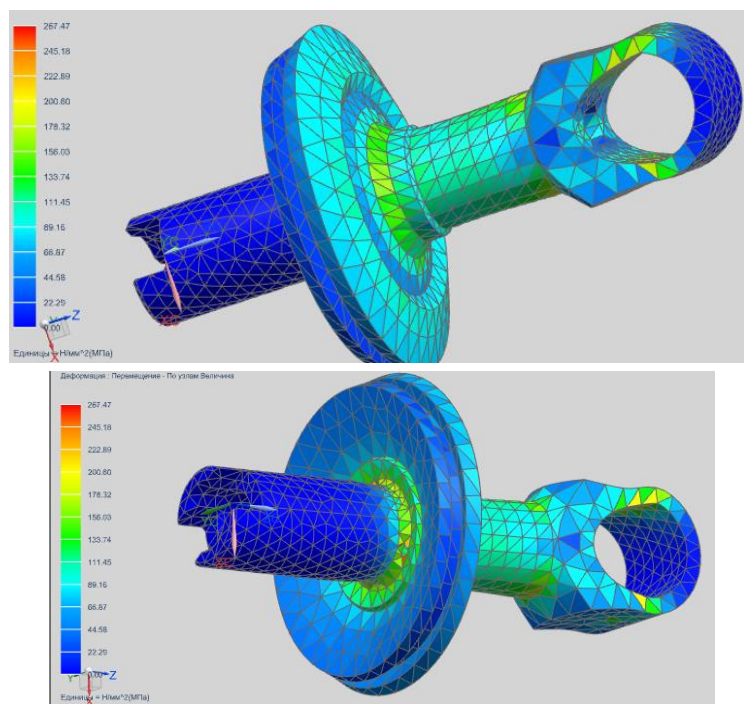


Рисунок 4.7 – Результати розрахунку напружено-деформованого стану для деталі, при зменшенні канавки на величину Δ_1

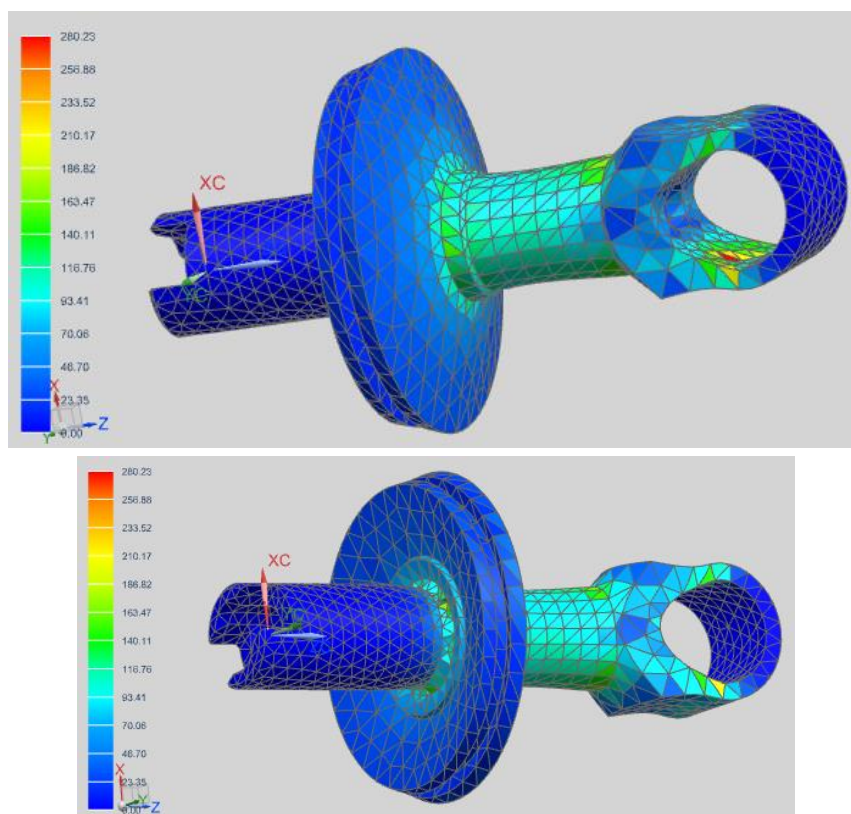


Рисунок 4.8 – Результати розрахунку напружено-деформованого стану для деталі, при зменшенні канавки на величину Δ_2

4.3 Оптимізація геометрії деталі

За результатами проведених розрахунків заповнюємо таблицю 4.1 і будуємо графік (рисунок 4.9).

Таблиця 4.1 – Залежність напружень від товщини стінки деталі

№ експерименту	Зміна розміру Δ , мм	Товщина стінки h , мм	Маса деталі m , кг	Напруження σ , МПа
Вихідний	0	3,5	0,121	378
1	1,9	5,4	0,127	267
2	3,5	7	0,135	186

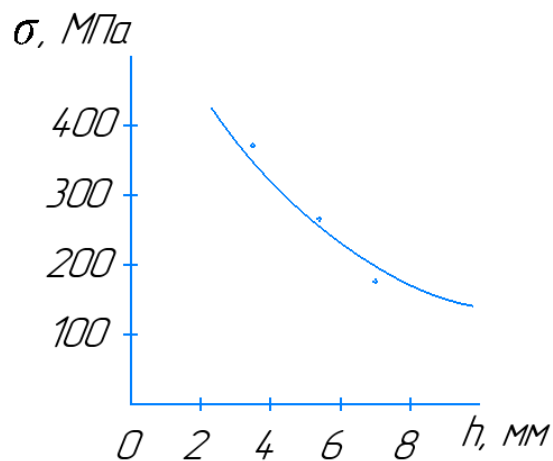


Рисунок 4.9 – Графік залежності напружень від товщини стінки деталі

Отже, зі зменшенням торцевої кільцевої канавки напруження зменшуються. Та слід зазначити, що при повній відсутності канавки, максимальні напруження виникають в іншому місці (рисунок 4.8), яке є більш небезпечним, через малу товщину стінки. Відсутність канавки впливає на масу деталі але не значним чином, що видно з таблиці 4.1. Тому можна рекомендувати конструкцію деталі зі зменшеною торцевою канавкою (рисунок 4.5), що підвищить міцність деталі і дозволить її використання з більшими навантаженнями без руйнування.

5 СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СЛЮСАРНИХ ОПЕРАЦІЙ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ МЕХАНІЧНИХ ЩІТОК З МЕТАЛЕВИМ ВОРСОМ

Для обробки заданої деталі використовується багато ручних слюсарних операцій, таких як видалення задирок на зовнішніх поверхнях та з отворів, заокруглення кромки та кутів, полірування поверхонь, тому є доцільним автоматизувати ці процеси.

Існує багато варіантів проведення таких слюсарних операцій. Зазвичай вони виконуються вручну (рисунок 5.1), в кілька етапів з використанням ручних інструментів: напилків, паст, кіл або наждачного паперу.

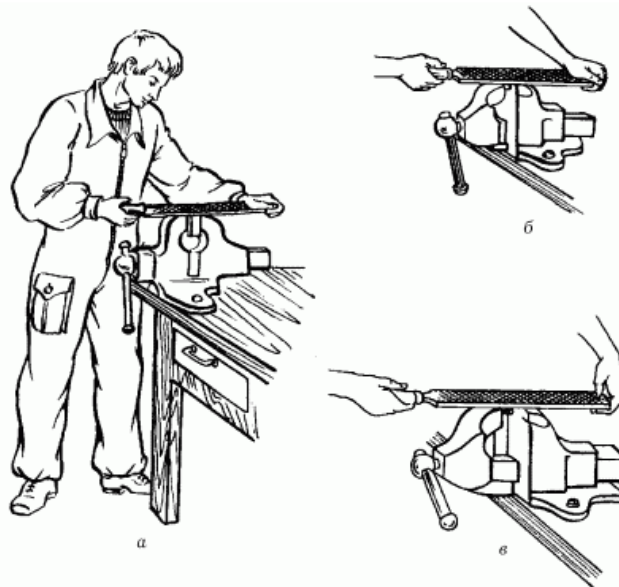


Рисунок 5.1 – Видалення задирок вручну напилком

Окрім цього, для видалення задирок можна використовувати термічний або електрохімічний спосіб.

Термічне видалення – це виробничий процес, який використовує теплову енергію для видалення задирок. Під час процесу у герметично зачинену камеру під тиском закачується горюча газова суміш, зазвичай це метан і кисень. Потім за допомогою електричного запалювання газова суміш запалюється і відбувається потужний вибух. Задирок дуже швидко окислюється, «вигоряє» до основного матеріалу [16]. Термічний верстат для видалення задирок показано на рисунку 5.2.



Рисунок 5.2 – Термічний верстат для видалення задирок фірми MICROSTREAM

Електрохімічне видалення задирок – це локальний процес видалення задирок, що використовує електричну енергію для видалення задирок в конкретному місці на деталі, на відміну від термічного видалення, при якому обробці піддається вся деталь повністю [16]. Електрохімічний верстат для видалення задирок показано на рисунку 5.3.



Рисунок 5.3 – Електрохімічний верстат для видалення задирок фірми INDEC

Полірування деталей та притуплення гострих кромek можна проводити на спеціальній барабанній установці (рисунок 5.4). Принцип дії

полягає у тому, що до барабану закладають шихту зі шматків абразиву та деталь. Барабану передається обертальний рух і деталь з шихтою перемішуються в рідкому середовищі, до того моменту, поки не буде досягнуто необхідний результат [16].

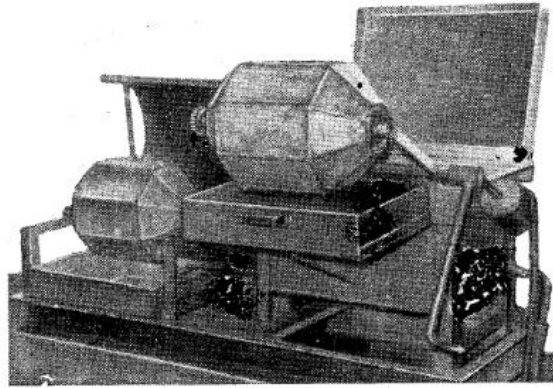


Рисунок 5.4 – Барабанна установка для гідрополірування

В дипломному проекті слюсарні операції будуть проводитися на багатоцільовому верстаті за допомогою металевих щіток.

У якості верстата для проведення операції було використано токарно-фрезерний обробний центр INDEX G200 (рисунок 5.5). Верстат є багатокоординатним, що дозволяє обробити деталь за одне встановлення, використовуючи весь необхідний набір щіток.



Рисунок 5.5 – Токарно-фрезерний обробний центр INDEX G200

Обробка металевими щітками на теперішній час широко поширена на виробництві, що обумовлено високою ефективністю процесу, відносно низькою вартістю інструментів, а також можливістю обробки складнопрофільних та тонкостінних деталей. Особливістю цього інструменту

є те, що необхідна шорсткість оброблюваних поверхонь досягається без зміни розміру деталі. Дія щіток характеризується відносно невеликим силовим тиском і розподіленою силою, яка може швидко змінювати інтенсивність. Це дає можливість проводити полірування, зачищення, поверхневе зміцнення деталей, обробку зварних швів, очищення поверхонь від фарб, бруду, іржі та ін. Однією з переваг використання такого інструменту є зменшення вимог до точності відносного позиціонування інструменту і деталі (завдяки гнучкості волокон), зниження витрат на автоматичні пристрої і їх програмування при обробці фасонних поверхонь. У зв'язку з цим, актуальним є використання металевих щіток саме на багатокоординатних верстатах. Також гнучкість волокон дозволяє більш рівномірно впливати на поверхню деталі, на відміну від шліфувальних кругів [17].

Проволочні волокна щіток не лише знімають виступаючі ділянки мікропрофілю, але й досягаючи дна найдрібніших нерівностей і поглиблень округлюють їх і видаляють гострі кути, які є концентраторами напружень і можуть призвести до утворення тріщин. Обробка щітками є досить простим і ефективним методом підвищення втомленої міцності, корозійної стійкості та зносостійкості, яка забезпечується високою твердістю зміцненої поверхні і наявністю окисної плівки на ній після обробки.

Основними показниками характеристик щіток є: тип щітки, матеріал і діаметр ворсу, вільна довжина ворсу, щільність робочої частини, ширина та діаметр щітки, матеріал маточини, форма та розмір посадочного місця.

За конструкцією металеві щітки поділяють на такі типи [18]:

1) дискові (рисунок 5.6) – використовують для зачищення задирок, очищення поверхні від іржі, фарби і підготовки поверхні під покриття, для покращення якості поверхні твердих матеріалів та інше;



Рисунок 5.6 – Дискова металева щітка Makita P-66874

2) циліндричні (рисунок 5.7) – використовуються в роботах, які потребують наявності у щітки широкозахватної ворсової частини, наприклад, при обробці великих площин;



Рисунок 5.7 – Циліндрична металева щітка SIT Società Italiana Tecno spazzole

3) кільцеві (рисунок 5.8) – використовуються для доводочних робіт на високих швидкостях без попереднього видалення задирок;



Рисунок 5.8 – Кільцева металева щітка Bosch

4) торцеві (рисунок 5.9) – використовуються для видалення окалини, іржі, старої фарби, бруду з великих поверхонь з метою підготовки останніх під фарбування чи гальванічне покриття, для зачищення зварних швів і з'єднань;



Рисунок 5.9 – Торцева металева щітка MASTERTOOL

5) кінцеві (рисунок 5.10) – використовуються для обробки внутрішніх поверхонь, з метою видалення задирок, зачищення зварних швів, заокруглення кромek та кутів, очищення, полірування.



Рисунок 5.10 – Кінцева металева щітка OSBORN Pro

Ще одним типом металевих щіток є голкофрези (рисунок 5.11). Вони мають більшу жорсткість та відрізняються технологією виготовлення, характером роботи та режимами обробки. Відмінною особливістю голкофрез є велика щільність ворсу. Коефіцієнт заповнення ворсом простору на робочій поверхні становить 50-85%. Завдяки цьому виключається можливість зламу ворсу, на відміну від звичайних металевих щіток. Голкофрези здатні знімати значний шар металу (до 4 мм) і з легкістю видаляють тверду гарячекатану окалину і альфований шар великої твердості з титанових сплавів. Очищення таким інструментом можна вважати найбільш економічним [17].

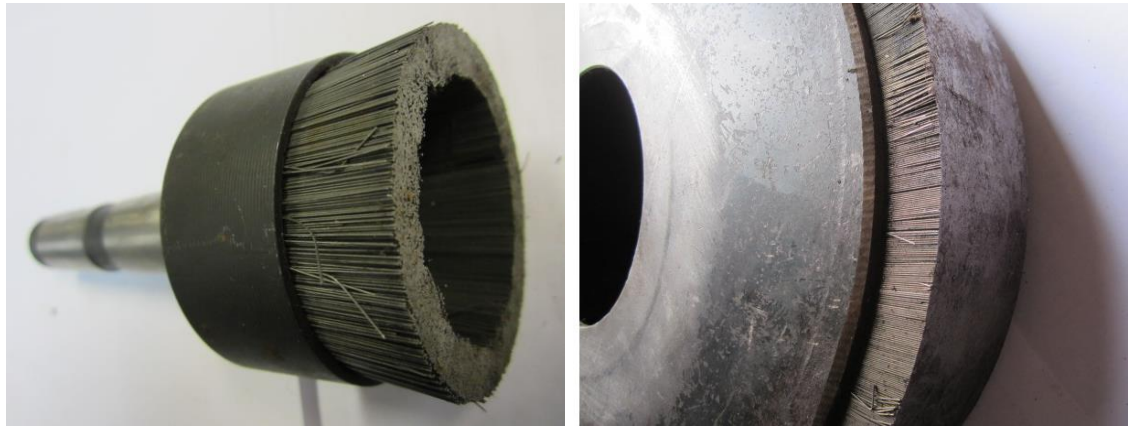


Рисунок 5.11 – Голкофрези (Білгородський завод)

Основні проблеми, що виникають в процесі підготовки до фінішної обробки це вибір типу і параметрів щітки, та оптимальних режимів. Для твердих металів (сталь, чавун) використовують сталеві щітки з діаметром ворсу 0,2...0,4 мм; для м'яких (алюміній, мідь) – з діаметром не більше 0,15...0,25 мм [19]. З метою забезпечення корозійної стійкості щітки при роботі з охолодженням ворсова частина щіток часто виготовляється зі сталей луджених, оцинкованих або обміднених дротів. Щітки з ворсом зі сталей вуглецевих дротів широко використовують при обробці різноманітних матеріалів, однак в деяких випадках доцільно використовувати дроти інших металів. Так, наприклад, для алюмінію та нержавіючої сталі використовують щітки з ворсом з нержавіючої сталі, доводка сталей поверхонь у ряді випадків виконується щітками з ворсом з міді. Правильний вибір матеріалу ворсу для заданого типу обробки та оброблюваного матеріалу є важливим, тому що впливає на продуктивність та якість процесу [18].

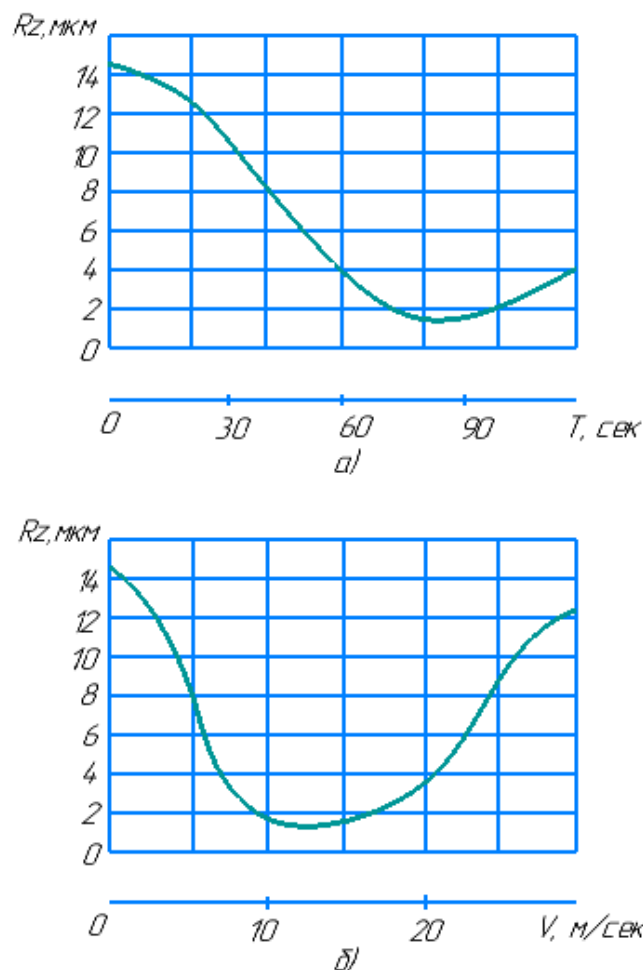
Дріт для виготовлення ворсової частини щітки за формою використовується прямий, завитий, гофрований. Останній використовується найчастіше, завдяки більшій жорсткості.

Також слід зазначити, що чим менша довжина ворсу і більше діаметр, тим сильніше ефект обробки. Щітки з низькою щільністю ворсу забезпечують високу гнучкість при зачищенні нерівних поверхонь, а щітки з високою щільністю – забезпечують швидкодію та мають тривалий термін служби.

Рекомендована колова швидкість щіток знаходиться в межах від 10 м/с до 60 м/с. Більш точне значення обирається залежно від виду обробки. Високі значення швидкості роблять щітку більш жорсткою і забезпечують більш високу продуктивність, а низькі швидкості уповільнюють ріжучу дію

щіток. На більшості операцій доцільно використовувати максимальне значення швидкості при мінімальному значенні сили притиснення. З метою забезпечення безпеки під час роботи важливо не перевищувати максимальне значення швидкості.

На рисунку 5.12 зображено залежність висоти нерівностей R_z від колової швидкості при обробці сталі 12Х дисковими щітками з ворсом діаметром 0,11-0,40 мм. В даному випадку оптимальною є швидкість 20 м/с. При цьому для видалення задирок і заокруглення гострих кромek оптимальною є швидкість 50-60 м/с [18].

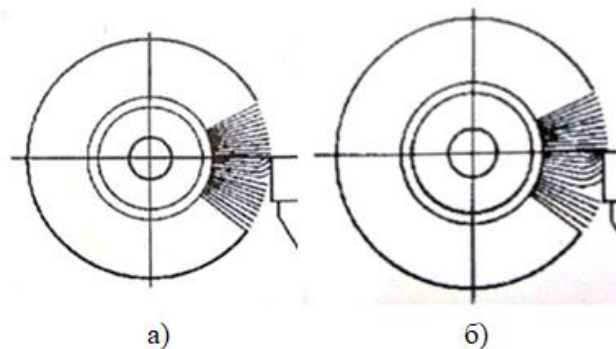


а – при обробці на протязі 1 хв; б – при швидкості 20 м/с

Рисунок 5.12 – Залежність висоти нерівностей R_z від колової швидкості при обробці сталі 12Х

При роботі зі щітками необхідно відповідально підходити до вибору сили притиснення. Якщо вона буде вище оптимальної, то на поверхні можуть виникнути небажані смуги і несприятлива шорсткість. Щоб уникнути цього

слід застосовувати спеціальні ЗОТС, які будуть утворювати на поверхні захисну плівку. На рисунку 5.13 показано схематичне зображення правильного та неправильного режиму роботи зі щітками. При занадто великому зусиллі притиснення виникає перегин ворсу і накопичення тепла, що призводить до розриву ворсу і зменшення терміну використання інструмента. Замість прикладення більшого зусилля необхідно використовувати щітки з більшим діаметром ворсу або коротшим ворсом, збільшити швидкість поверхні щітки, збільшити число обертів за хвилину або збільшити діаметр щітки.



а – оптимальне зусилля притиснення; б – занадто велике зусилля притиснення

5.13 – Схематичне зображення режимів роботи зі щітками

При обробці щітками тиск щітки становить 3-12 кг, що відповідає натягу 3-6 мм [18].

Тривалість обробки щітками залежить від характеру робіт, характеристик щітки, швидкості обробки та матеріалу деталі. У більшості випадків тривалість обробки встановлюється дослідним шляхом. Як видно на графіку (рисунок 5.12) для заданого випадку оптимальний час обробки 45-50с (крива б).

При визначенні можливості використання тієї чи іншої щітки слід враховувати характер впливу щітки на оброблювану поверхню. Одним з процесів при обробці є різання. При обертанні щітки усі ворсинки послідовно доторкаються до деталі і передньою кромкою знімають мікростружку.

Наступний процес – це ударна дія ворсу, яка визначається швидкістю обертання щітки, довжиною, жорсткістю і характером закріплення ворсу. Енергія удару ворсу щітки пропорційна квадрату швидкості, тому миттєва

сила тиску ворсу на оброблювану поверхню при високих швидкостях досягає значення, при якому відбувається інтенсивне пластичне деформування чи навіть руйнування металу у поверхневому шарі. Динамічний вплив, який супроводжується тертям ворсу щітки по оброблюваній поверхні, призводить до підвищення температури в зоні обробці (до 1000-1200°C). Через це на поверхні утворюється тонкий (0,05-0,1 мм) поверхневий шар, який складається з твердої окисної плівки і суміші окислів з деформованим металом. Висока твердість і наявність окисних плівок підвищує зносостійкість поверхні, обробленої щітками [18].

Мікроструктурний аналіз і вимірювання мікротвердості оброблених поверхонь показали, що в процесі обробки щітками шари металу, що безпосередньо примикають до поверхні, мають високі твердість і ступінь пластичної деформації, а шари, що лежать нижче, володіють зниженою твердістю і мають структуру перліту, що поступово переходить у структуру мартенситу.

Максимальні значення мікротвердості поверхневого шару у різних металів в кілька разів перевищують твердість, досягнуту при зміцненні іншими методами обробки пластичним деформуванням. Так, твердість сталевій поверхні зростає у 2,5-3 рази, мідної поверхні – у 1,5-3 рази і алюмінієвої – у 4,5-6,3 рази [19].

І останній процес при обробці щітками – це процес використання їх в якості носіїв абразивних і полірувальних паст. Для нього переважно використовують щітки з неметалевим ворсом.

Фактори, на які необхідно звертати увагу при виборі щіток:

- вид і характер роботи;
- необхідна якість поверхні;
- матеріал оброблюваної деталі і його стан;
- форма та розмір деталі і поверхні;
- спеціальні вимоги до операції.

Вид та характер операції в першу чергу береться до уваги.

В даному випадку необхідно підібрати щітки для видалення задирок і заокруглення гострих кромek на деталі та остаточної обробки з метою підвищення чистоти поверхні. Для видалення задирок доцільно використовувати дискові щітки середньої і великої щільності з обробкою на автоматичному обладнанні.

Також слід звернути увагу на характер задирок. При попередній обробці гострим інструментом на високих швидкостях задирки надламані

біля основи і легко видаляються щітками. При попередній обробці затупленим інструментом задирки мають кращій зв'язок з поверхнею і потребують видалення іншим ріжучим інструментом. В заданій деталі наявні задирки першого типу.

Остаточна обробка з метою підвищення чистоти поверхні є досить трудомісткою. Для неї доцільно використовувати саме металеві щітки, завдяки їх перевагам:

- а) простота інструмента;
- б) висока зносостійкість та довговічність інструмента;
- в) легкість застосованого обладнання (багатокоординатний верстат);
- г) можливість отримання однорідної поверхні з необхідною висотою мікронерівностей;
- д) забезпечення зміцнення поверхневого шару, що призводить до підвищення зносостійкості, втомленої міцності і корозійної стійкості оброблюваного матеріалу;
- е) здатність щітки облягати складний профіль деталі.

В результаті остаточна обробка деталі металевими щітками при певних режимах забезпечує отримання поверхні з висотою мікронерівностей до 0,5-0,8 мкм (9-10 клас чистоти) при чистоті вихідної поверхні 5-7 класу, дозволяючи, таким чином, значно зменшити шорсткість вхідної поверхні з підвищенням чистоти на 2-4 класи за один прохід [18].

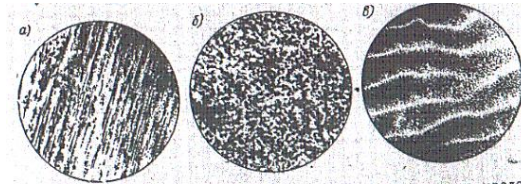
Шорсткість оброблюваної поверхні залежить від матеріалу та діаметру ворсу щітки та режимів обробки: швидкості, тиску, тривалості обробки, виду ЗОТС. Певний вплив має і вихідна шорсткість поверхні.

Для чистової обробки рекомендуються щітки, виготовлені з дроту діаметром 0,05...0,1 мм; для грубої обробки (зняття окалини, задилок, обля) – щітки з дроту діаметром 0,3...0,6 мм.

Процес обробки складається з декількох періодів. На початку відбувається інтенсивне згладжування шорсткості вихідної поверхні. Після цього відбувається повне видалення слідів від попередньої обробки і утворення нової поверхні з мікрозаглибленнями величиною 0,5-2 мкм.

Процес утворення поверхні такого типу при обробці щітками пов'язаний з динамічним характером впливу ворсу на оброблювану поверхню, з отриманням в зоні контакту значних температур, тертям ворсу по оброблюваній поверхні і переміщенням його при контакті з деталлю. Непостійність місць контакту ворсу з деталлю призводить до утворення на поверхні різноспрямованих мікроскопічних слідів обробки. Подальша

обробка призводить до утворення хвилеподібних мікронерівностей з новою орієнтацією – перпендикулярно напрямку руху робочої поверхні щітки (рисунок 5.14). Така поверхня є характерною саме при обробці щітками [18].

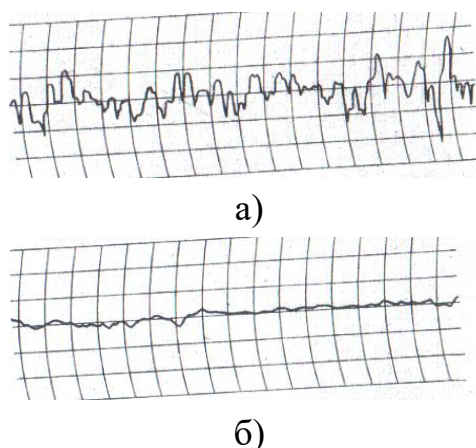


а – вихідна шліфувана поверхня; б, в – поверхні після обробки щітками

Рисунок 5.14 – Поверхня хромистої деталі до та після обробки щітками

Максимальна величина шару, що видаляється металевими щітками, не перевищує 0,02 мм.

Видалення часток металевого пилю, абразиву і згладжування мікронерівностей профілю, які є основною причиною швидкого зношування поверхні при роботі, призводить до того, що поверхня, оброблена щіткою, має підвищену зносостійкість. Цьому також сприяє поверхнєве зміцнення деталі від обробки щітками. Різницю шорсткості поверхні деталі після обробки абразивним інструментом та щітками можна побачити на рисунку 5.15 [18].



а – шорсткість після обробки абразивним інструментом;
б – шорсткість після обробки металевою щіткою

Рисунок 5.15 – Профілограма шорсткості поверхні деталі після різних видів фінішної обробки

Деякі оброблені металевими щітками поверхні, можуть зазнати впливу корозії, якщо опиняться в корозійному середовищі і не будуть попередньо оброблені лаком. Це відбувається внаслідок розриву природною оксидної плівки і місцевої електрохімічної корозії. Для запобігання місцевій корозії такого роду необхідно проводити очищення металу щітки в азотній кислоті

Отже, можна зробити рекомендації, що для фінішної обробки деталі на багатокоординатному верстаті, за допомогою металевих щіток, для окремих поверхонь буде використано різні щітки та різні режими, а саме:

1) для видалення задирок на всіх оброблених зовнішніх поверхнях буде використовуватися дискова щітка (рисунок 5.6) діаметром 50 мм, з довжиною ворсу 10 мм і діаметром ворсу 0,3 мм на швидкості 50 м/с;

2) для видалення задирок в отворі буде використовуватися кінцева щітка (рисунок 5.16) діаметром 17 мм з діаметром ворсу 0,3 мм на швидкості 50 м/с;



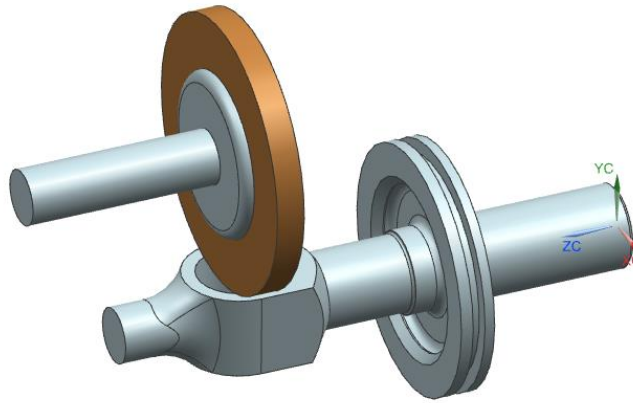
Рисунок 5.16 – Кінцева щітка для обробки отвору Lessmann

3) для видалення задирок на торцевих поверхнях буде використовуватися торцева чашечна щітка (рисунок 5.17) діаметром 18 мм з діаметром ворсу 0,3 мм на швидкості 50 м/с.

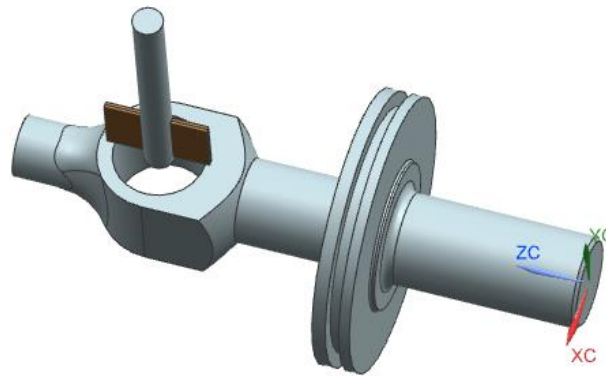


Рисунок 5.17 – Чашечна щітка Lessmann

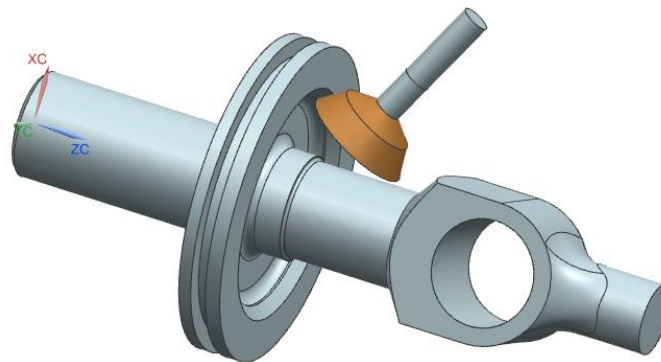
На рисунку 5.18 зображено процес обробки обраними щітками.



а)



б)



в)

а – обробка зовнішніх поверхонь дисковою щіткою; б – обробка отвору кінцевою щіткою; в – обробка торцевого пазу чашечною щіткою

Рисунок 5.18 – Схематичне зображення щіток в процесі обробки

В результаті цього будуть механізовані і, відповідно, автоматизовані фінішні слюсарні операції, що підвищить точність та продуктивність обробки, знизить частку ручної праці і буде економічно доцільним в технологічному процесі обробки.

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ АБО ЗАХОДІВ

В дипломному проекті було об'єднано шість операцій (дві токарні, дві фрезерні та дві свердлильні) в одну комплексну операцію, яка виконується на токарно-фрезерному обробному центрі INDEX G200. Необхідні для розрахунку дані наведено у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для розрахунку

Модель верстата	Потужність верстата, кВт	Вартість верстата, грн	t _{шт.к} , хв
Перший варіант			
Zenitech ZK 360	5,5	800000	19,21
JET GH-1640 ZX DRO	8,8	542599	
Hermle UWF 1000	10	420000	
MIKRON WF 3DCM CNC Toolroom Mill	9	340000	
Kraissmann 750SB20	0,75	7685	
Sturm BD7045	0,45	3500	
Всього	34,5	2113784	
Другий варіант			
INDEX G200	20	1410440	12,54

Визначаємо такт випуску за формулою (6.1):

$$\tau = \frac{F_d \cdot 60}{\Pi} \quad (6.1)$$

де F_d – дійсний річний фонд роботи обладнання: $F_d = 4015$ год [20,с.92];

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

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

Розраховуємо кількість верстатів для операції з найбільшим значенням штучно-калькуляційного часу за формулою (6.2):

$$\eta_p = \frac{t_{\text{шт.к}}}{\tau} \quad (6.2)$$

де $t_{\text{шт.к}}$ – штучно-калькуляційний час: $t_{\text{шт.к}} = 19,21$ хв.

$$\eta_p = \frac{19,21}{48,18} = 0,4$$

Приймаємо η для обох випадків $\eta_1 = \eta_2 = 1$.

Розраховуємо заробітну плату робітників за хвилину за формулою (6.3):

$$З = З_T \cdot K_H \cdot n \quad (6.3)$$

де $З_T$ – табличне значення заробітної плати: $З_{T1} = З_{T2} = 1,293$ коп/хв – для 5-го розряду [20,с.94, т.2.18];

K_H – коефіцієнт перевиконання норми: $K_{H1} = K_{H2} = 1,2$ [20,с.93];

n – кількість верстатів: $n_1 = 6$ шт, $n_2 = 1$ шт.

$$З_1 = 1,293 \cdot 1,2 \cdot 6 = 9,3 \text{ коп/хв}$$

$$З_2 = 1,293 \cdot 1,2 \cdot 1 = 1,55 \text{ коп/хв}$$

Визначаємо витрати на електроенергію за формулою (6.4):

$$E = \frac{\sum N \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot C_e}{60} \quad (6.4)$$

де $\sum N$ – сумарна потужність електродвигунів верстатів: $\sum N_1 = 34,5$ кВт, $\sum N_2 = 20$ кВт (див.табл.6.1);

k_1 – коефіцієнт з потужності: $k_1 = 0,6$ [20,с.94, т.2.19];

k_2 – коефіцієнт по часу роботи $k_2 = 0,5$ [20,с.94, т.2.19];

C_e – вартість 1 кВт електроенергії: $C_e = 90$ коп [20,с.93].

$$E_1 = \frac{34,5 \cdot 0,6 \cdot 0,5 \cdot 90}{60} = 15,52$$

$$E_2 = \frac{20 \cdot 0,6 \cdot 0,5 \cdot 90}{60} = 9$$

Визначаємо витрати на амортизацію обладнання за формулами (6.5) – (6.6):

$$A_\Gamma = \frac{\alpha_1 \cdot 1,15 \cdot Ц}{100} \quad (6.5)$$

$$A = \frac{A_\Gamma \cdot 100}{F_d \cdot 60} \quad (6.6)$$

де α_1 – процент відрахування від балансової вартості обладнання: $\alpha_1 = 15$ [20,с.92];

Ц – вартість обладнання: Ц₁ = 2113784 грн, Ц₂ = 1410440 грн (див.табл.6.1).

$$A_{Г1} = \frac{15 \cdot 1,15 \cdot 2113784}{100} = 364627$$

$$A_1 = \frac{364627 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 151,36$$

$$A_{Г2} = \frac{15 \cdot 1,15 \cdot 1410440}{100} = 243301$$

$$A_2 = \frac{243301 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 100,99$$

Визначаємо витрати на обслуговування обладнання за формулами (6.7) – (6.8):

$$O_{Г} = \frac{\alpha_2 \cdot 1,15 \cdot Ц}{100} \quad (6.7)$$

$$O = \frac{O_{Г} \cdot 100}{F_{д} \cdot 60} \quad (6.8)$$

де α_2 – процент відрахування від балансової вартості обладнання: $\alpha_2 = 0,5$ [20,с.92];

$$O_{Г1} = \frac{0,5 \cdot 1,15 \cdot 2113784}{100} = 12154$$

$$O_1 = \frac{12154 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 5,04$$

$$O_{Г2} = \frac{0,5 \cdot 1,15 \cdot 1410440}{100} = 8110$$

$$O_2 = \frac{8110 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 3,36$$

Визначаємо витрати на ремонт обладнання за формулами (6.9) – (6.10):

$$P_{Г} = \frac{\alpha_3 \cdot 1,15 \cdot Ц}{100} \quad (6.9)$$

$$P = \frac{P_{Г} \cdot 100}{F_{д} \cdot 60} \quad (6.10)$$

де α_3 – процент відрахування від балансової вартості обладнання: $\alpha_3 = 4,5$ [20,с.92];

$$P_{Г1} = \frac{4,5 \cdot 1,15 \cdot 2113784}{100} = 109388$$

$$P_1 = \frac{109388 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 45,4$$

$$P_{Г2} = \frac{4,5 \cdot 1,15 \cdot 1410440}{100} = 72990$$

$$P_2 = \frac{72990 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 30,29$$

Витрати на інструмент визначаємо за [20,с.94, т.2.20]: $I_1 = I_2 = 1,04$ грн

Витрати на пристосування визначаємо за [20,с.95,т.2.21]:

$\Pi_1 = 0,283$ коп/хв, $\Pi_2 = 0,0036$ коп/хв.

Розраховуємо технологічну собівартість за формуло. (6.11):

$$C = (3 + E + A + O + P + I + \Pi) \cdot t_{шт.к} \quad (6.11)$$

$$C_1 = (19,3 + 15,52 + 151,36 + 5,04 + 45,4 + 1,04 + 0,283) \cdot 19,24 =$$

$$= 4578 \text{ коп}$$

$$C_2 = (1,55 + 9 + 100,99 + 3,36 + 30,29 + 1,04 + 0,0036) \cdot 12,54 =$$

$$= 1834 \text{ коп}$$

Розраховуємо економічний ефект за формулою (6.12):

$$Еф = (C_1 \cdot \Pi + \epsilon \cdot Ц_1) - (C_2 \cdot \Pi + \epsilon \cdot Ц_2) \quad (6.12)$$

де ϵ – нормативний коефіцієнт ефективності: $\epsilon = 0,15$.

$$Еф = (45,78 \cdot 5000 + 0,15 \cdot 2113784) - (18,34 \cdot 5000 + 0,15 \cdot 1410440) =$$

$$= 242701 \text{ грн}$$

Отже, можна зробити висновок, що доцільно об'єднати операції, для виконання їх на одному верстаті, замість шести, тому що це дасть значний економічний ефект.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Аналіз потенційних небезпек

З метою запобігання травматизму, професійним захворюванням, виникненню шкідливого впливу на навколишнє середовище буде проведено аналіз потенційних небезпек на робочому місці та в робочій зоні на дільниці, що розглядаються у проекті.

Потенційні небезпеки фізичного характеру:

1) наявність гострих кромek на поверхні деталі чи інструменту при відсутності рукавиць, може призвести до порізів;

2) відліт стружки при роботі на верстаті в разі відсутності захисних щитків чи спеціального одягу і захисних окулярів, може призвести до механічних травм;

3) руйнування ріжучого інструмента в процесі різання на токарному чи свердлильному верстаті при неправильно підібраних режимах різання, може призвести до травмування;

4) робота з ручним інструментом на слюсарних операціях, деталі якого обертаються, при низькій кваліфікації робітника, може призвести до травм різного ступеня важкості;

5) розрив гнучких шлангів, що з'єднують пневмопривод спеціального пристосування, що розроблено у проекті, з повітряною магістраллю, у випадку пошкодження з'єднання, може призвести до механічного травмування значної кількості людей;

6) ураження електричним струмом, через недотримання техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, може призвести до тяжких травм;

7) розрив шліфувального круга при наявності тріщин, може призвести до травмування робочого і осіб, що знаходяться поруч.

Потенційні небезпеки психофізіологічного характеру:

1) перевантаження робітника, при відсутності перерв у роботі, може призвести до погіршення уваги і травматизму.

Потенційні небезпеки санітарно-гігієнічного характеру:

1) перенавантаження органів зору, при недостатньому освітленні, може призвести до зорової втоми і погіршення зору;

2) підвищена запиленість у робочій зоні, при відсутності засобів захисту, може призвести до захворювань дихальних шляхів і подальшого виникнення професійних захворювань;

3) використання під час обробки ЗОТС, при порушенні техніки безпеки, може призвести до виникнення алергічних реакцій і зниження імунітету.

Потенційні небезпеки, що пов'язані з порушеннями правил пожежної безпеки:

1) виникнення загоряння через несправність електричного обладнання, систем охолодження, коротке замикання може призвести до виникнення пожежі.

Потенційні небезпеки, що пов'язані з проявом наслідків надзвичайних ситуацій:

1) недотримання правил безпеки під час надзвичайної ситуації, може призвести до трав різного ступеня важкості;

2) невідповідність персоналу в умовах надзвичайних ситуацій і недостатня інформованість може призвести до небажаних наслідків і збитків.

7.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Для виключення порізів і механічних травм; уникнення травмування через руйнування ріжучого інструмента, у разі неправильного підбору режимів різання; уникнення травмування різного ступеня важкості при роботі з ручним інструментом (напилком, надфіль); уникнення травмування значної кількості людей при розриві гнучкого шлангу, що з'єднується з пневмоприводом; уникнення травмування від розриву шліфувального круга необхідно передбачити такі організаційні заходи, як проведення навчань з техніки безпеки та перевірка знань персоналу, згідно НПАОП 0.00 4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». Окрім цього, в якості організаційних заходів для уникнення порізів і механічних травм під час роботи на верстатах і при виконанні слюсарних операцій передбачене забезпечення працівників засобами індивідуального захисту у вигляді рукавиць від механічних порізів, захисних окулярів, захисного одягу від механічних ушкоджень, напівчоботів для захисту від порізів стружкою і незначних вібрацій, згідно

ДСТУ 7239:2011 «ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація». Для уникнення травмування через руйнування ріжучого інструмента при неправильному підборі режимів різання проводять інформування робітників, щодо особливостей роботи з обладнанням, згідно НПАОП 0.00-1.30-01 «Правила безпечної роботи з інструментом і пристроями», а також розробляють такі режими різання і підбирають такий інструмент, що дадуть можливість виключення механічного травмування через виліт інструмента, згідно ДСТУ EN ISO 12100:2016 «Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків (EN ISO 12100:2010, IDT; ISO 12100:2010, IDT)».

Для уникнення травмування персоналу при роботі на верстатах всі верстати повинні бути оснащені захисними щитками та кожухами, згідно ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож», мати блокувальні пристрої, для виключення можливості проникнення людини в небезпечну зону обробки на верстаті, згідно ДСТУ EN ISO 14119:2017 «Безпечність машин. Блокувальні пристрої, з'єднані з огорожами. Принципи проектування та вибору».

Для захисту від травмування значної кількості людей при розриві гнучкого шлангу, що з'єднується з пневмоприводом передбачене забезпечення персоналу засобами захисту від механічного фактору (порушення цілісності обладнання), у вигляді огорожувальних і запобіжних пристроїв та знаків безпеки, згідно ДСТУ 7238:2011 «ССБП. Засоби колективного захисту працюючих. Загальні вимоги та класифікація».

Для уникнення ураження електричним струмом передбачені:

- організаційні заходи: проведення навчань з електробезпеки, перевірка знань та атестація персоналу на другу або третю групу з електробезпеки, згідно НПАОП 0.00 4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці»;

- технічні заходи: використання електроустановок з глухо заземленою нейтраллю відповідно до вимог глави 1.2.16 «ПУЕ-2014» та ДСТУ 7237:2011 «ССБП. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту». Враховуючи те, що верстати на виробничій ділянці характеризуються як електроустановки до 1000 В, тому згідно вимог глави 1.7 «ПУЕ» величина опору контуру захисного заземлення електрообладнання приміщення з верстатами у будь-яку пору року не перевищує – 4 Ом.

7.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії і гігієни праці розробляються 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.

Згідно 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 умови праці на ділянці виробничого цеху відносять до 2 класу (допустимі умови праці) – умови, що характеризуються такими рівнями факторів виробничого середовища і трудового процесу, які не перевищують встановлених гігієнічних нормативів (а можливі зміни функціонального стану організму відновлюються за час регламентованого відпочинку або до початку наступної зміни) та не повинні чинити несприятливого впливу на стан здоров'я працівників та їх нащадків в найближчому і віддаленому періодах. При цьому шліфувальні операції, які виконуються на ділянці на універсальних шліфувальних верстатах відносять до 3 класу (шкідливі умови праці) 1 ступеня – умови праці, що характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища та трудового процесу, які викликають функціональні зміни, що виходять за межі фізіологічних коливань (останні відновлюються при тривалішій, ніж початок наступної зміни, перерві контакту зі шкідливими факторами) та збільшують ризик погіршення здоров'я, у тому числі й виникнення професійних захворювань. Для уникнення цих ризиків шліфувальник повинен мати засоби захисту органів дихання (респіратор), згідно ДСТУ 7239:2011 «ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація», а також мати постійний медичний нагляд.

Для забезпечення оптимального рівня параметрів повітряного середовища виробничої зони на ділянці передбачено очищення повітря від пилу в системах механічної вентиляції відповідно глави 7.1 ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування». Згідно ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», для категорії робіт середньої важкості (IIa), що характерна для обробки на всіх верстатах, окрім шліфувальних, допустима температура в теплу пору року

складає 18°C - 27°C, в холодну – 17°C - 23°C; відносна вологість повітря в теплий період складає 65%, в холодний – 75%; швидкість руху на робочих місцях не більше 0,2 м/с. Для категорії важких робіт (III), до яких відносяться шліфувальні операції на універсальних шліфувальних верстатах, допустима температура в теплу пору року складає 15°C - 26°C, в холодну – 13°C - 19°C; відносна вологість повітря в теплий період складає 65%, в холодний – 75%; швидкість руху на робочих місцях не більше 0,2 м/с. Але слід зазначити, що через відсутність можливості використання у цеху засобів опалення та кондиціонування температура дещо відрізняється від допустимих параметрів і може бути вище гранично допустимої у теплу пору року на 3°C - 8°C і нижче гранично допустимої у холодну пору року на 3°C. В такому випадку, швидкість руху повітря повинна бути збільшена на 1,1 м/с, а відносна вологість повітря знижена на 5% при підвищенні температури на кожний градус вище верхньої межі допустимих температур повітря. Якщо досягнення оптимальних параметрів мікроклімату не є можливим, передбачаються заходи щодо захисту від можливого перегрівання та охолодження, згідно ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень»:

- для зменшення термічних навантажень на працюючих передбачається максимальна механізація, автоматизація та дистанційне управління технологічними процесами і устаткуванням;

- для профілактики перегрівання працюючих в умовах нагріваючого мікроклімату організовують раціональний режим праці та відпочинку (тривалість регламентованих перерв становить не менше 10 % робочого часу на кожні 2°C перевищення);

- для попередження можливого переохолодження працюючих в холодний період в приміщеннях, де на робочих місцях мікрокліматичні умови нижче допустимих величин, влаштовують повітряні або повітряно-теплові завіси біля воріт;

- встановлюють внутрішньозмінний режим праці та відпочинку, що передбачає можливість перерв для обігріву.

Для забезпечення оптимального рівня освітлення на виробничій ділянці, відповідно главі 8.1 ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення», на ділянці будуть використовуватися джерела світла з колірною температурою від 2400 К до 6800 К, а саме люмінесцентні лампи. Рівень нормованої освітленості $E_n = 200$ лк, при цьому коефіцієнт

природного освітлення (КПО) повинен складати 2%, згідно п.5 (табл.5.2) ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення».

Рівень шуму в робочій зоні на дільниці цеха відповідно п.5.1. (табл. 2) ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» не повинен перевищувати 80 дБА. Шумові характеристики верстатів, що використовуються на дільниці не перевищують задану норму, тому спеціальні засоби захисту не потрібні.

У технологічний процес було введено вібраційне свердлення і згідно вимог ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» п. 5.1 (табл.3) віброшвидкість при 8-годинній тривалості зміни не повинна перевищувати 112 дБ, а віброприскорення – 76 дБ. На заданій операції норми не перевищені, за рахунок підбору оптимальних значень коливання інструмента при обробці.

Для забезпечення ергономічності дільниці, згідно ДСТУ Б В.2.2-29:2011 «Будинки і споруди. Будівлі підприємств. Параметри.», ширина проходів приймається рівною 1,4 м. Зона робочого (від фронтальної сторони верстата до потилиці робочого) приймається рівною 0,8 м. Відстань між верстатами, в залежності від їх габаритних розмірів – від 1,9 м до 2,6 м. При цьому слід передбачати зручні площадки для обслуговування машин і апаратів на кожній відмітці, огорожі, сходи, відкриття дверцят верстатів назовні. Відстань від верстата до проїзду повинна складати 1 м. Ширина площадок повинна бути не менше як 1 м для обслуговування частин обладнання, що виступають.

7.4 Заходи з пожежної безпеки

Комплекс протипожежних заходів для дільниці цеха обладнаної верстатами розроблено згідно вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Виходячи з аналізу речовин та матеріалів, які використовуються при роботі у приміщенні обладнаному верстатами:

- згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» у приміщенні обладнаному верстатами можлива пожежа класу: А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та D (пожежа, що супроводжується горінням металів);

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

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

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

Згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту», в приміщенні обладнаному верстатами встановлена адресна система пожежної сигналізації «Сигнал-ВК6». Яка забезпечує виявлення теплових і димових ознак пожежі і місця виникнення пожежі з точністю до місця розміщення датчика.

Далі будуть розглянуті основні типи вогнегасників [21].

Хімічний пінний вогнегасник – призначений для гасіння твердих матеріалів, що горять, а також різних горючих рідин площею не більше 1 м^2 , за винятком електроустановок, що знаходяться під напругою, а також лужних металів. Вогнегасник використовується в діапазоні температур зовнішнього середовища від $+5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+45 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Робота хімічного пінного вогнегасника заснована на витісненні вогнегасного складу (хімічної піни) під дією надмірного тиску, що створюється вуглекислим газом, який утворюється в процесі взаємодії кислотної і лужної його частин.

Повітряно-пінний вогнегасник – призначений для гасіння загорянь різних речовин і матеріалів, за винятком лужних металів і електроустановок, що знаходяться під напругою. Вогнегасники застосовуються при температурі навколишнього повітря від $3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ до $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Конструкція насадок вогнегасників забезпечує подачу повітряно-механічної піни середньої кратності. Робота повітряно-пінного вогнегасника заснована на витісненні вогнегасного складу

(розчину піноутворювача) під дією надмірного тиску, що створюється робочим газом (повітря, вуглекислий газ, азот).

Вуглекислотний вогнегасник – призначений для гасіння невеликих початкових вогнищ загоряння різних речовин і матеріалів, а також для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою до 1000 В, за винятком речовин, горіння яких відбувається без доступу повітря. Вогнегасник використовується при температурі навколишнього повітря від -25°C до 50°C . Робота вуглекислотного вогнегасника заснована на витісненні двоокису вуглецю під дією надмірного тиску. Щоб уникнути обмороження рук при використанні цього вогнегасника, не можна доторкатися до металевого розтруба. Вуглекислота, випаровуючись, не залишає слідів, тому вуглекислотні вогнегасники рекомендується використовувати в тих випадках, коли використання вогнегасників з іншими вогнегасними складами може заподіяти додатковий збиток.

Порошкові вогнегасники – призначені для гасіння загорянь нафтопродуктів, легкозаймистих рідин. Широко застосовуються на хімічних підприємствах наступні типи порошкових вогнегасників:

- 1) з вбудованим газовим джерелом тиску;
- 2) закачні порошкові;
- 3) аерозольні порошкові автоматичної дії (самоспрацьовуючі).

Робота порошкового вогнегасника з вбудованим газовим (газогенеруючим) джерелом тиску заснована на витісненні вогнегасного складу (порошок марки ПСБ, “Піраніт”) під дією надмірного тиску, що створюється робочим газом (вуглекислий газ, азот).

Порошковий закачний вогнегасник – призначений для гасіння загорянь нафтопродуктів, легкозаймистих рідин, твердих речовин, а також для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою до 1000 В. Такі вогнегасники можуть працювати в діапазоні температур від -50°C до $+500^{\circ}\text{C}$. Робота порошкового закачного вогнегасника заснована на витісненні вогнегасного складу (порошок марки ПСБ, “Піраніт”) під дією надмірного тиску (1,6 МПа) робочого газу (вуглекислого газу, азоту) закачаного безпосередньо в корпус вогнегасника. Порошок, потрапляючи на речовину, що горить, ізолює його від кисню повітря.

Аерозольні порошкові вогнегасники випускаються у вигляді різних пристроїв, в яких виробляється вогнегасний аерозоль із заданими параметрами. У зв'язку з цим ці вогнегасники називають генераторами вогнегасного аерозолі (ГВА). Існує близько 80 модифікацій ГВА. Як

активний елемент для отримання вогнегасного аерозолі застосовуються піротехнічні складові, що виділяють в процесі горіння високодисперсну конденсовану фазу аерозолі. Композиція спеціальних складових здатна до самостійного горіння без доступу кисню. Продукти горіння аерозольних складів надають інгібітуючу дію на вогнище пожежі, знижують концентрацію кисню в зоні горіння і є ефективним засобом об'ємного пожежогасіння.

Аерозольні хладонові вогнегасники призначені для гасіння пожеж класу А, В, Е окрім лужних металів і кислотовмісних речовин. Основне застосування даний тип вогнегасника отримав на транспортних засобах.

7.5 Організація навчання працюючого та непрацюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях

Навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях здійснюється:

- 1) за місцем роботи – працюючого населення;
- 2) за місцем навчання – дітей дошкільного віку, учнів та студентів;
- 3) за місцем проживання – непрацюючого населення.

Організація навчання діям у надзвичайних ситуаціях покладається:

- працюючого та непрацюючого населення – на центральний орган виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, місцеві державні адміністрації, органи місцевого самоврядування, які розробляють і затверджують відповідні організаційно-методичні вказівки та програми з підготовки населення до таких дій;

- дітей дошкільного віку, учнів та студентів – на центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері освіти і науки, який розробляє та затверджує навчальні програми з вивчення заходів безпеки, способів захисту від впливу небезпечних факторів, викликаних надзвичайними ситуаціями, з надання домедичної допомоги за погодженням з центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту.

Порядок здійснення навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях встановлюється Кабінетом Міністрів України [22].

Громадські організації та позашкільні навчальні заклади здійснюють навчання діям у надзвичайних ситуаціях відповідно до своїх статутів.

Навчання населення складається з:

- навчання безпосередньо на підприємствах, в установах та організаціях;
- навчання за межами підприємств, установ та організацій керівного складу і фахівців з питань цивільного захисту та пожежної безпеки;
- практичної підготовки під час проведення спеціальних об'єктових навчань і тренувань з питань цивільного захисту;
- навчання під час здобуття відповідного освітнього рівня у навчальних закладах системи освіти;
- самостійного вивчення інформації про дії в умовах надзвичайних ситуацій.

Навчання працюючого населення здійснюється безпосередньо на підприємстві, в установі та організації згідно з програмами підготовки працівників до дій у надзвичайних ситуаціях, а також під час проведення спеціальних об'єктових навчань і тренувань з питань цивільного захисту [22].

Програми підготовки працівників до дій у надзвичайних ситуаціях поділяються на:

- загальної підготовки працівників підприємств, установ та організацій;
- спеціальної підготовки працівників, що входять до складу спеціалізованих служб і формувань цивільного захисту;
- додаткової підготовки з техногенної безпеки працівників об'єктів підвищеної небезпеки;
- пожежно-технічного мінімуму для працівників, зайнятих на роботах з підвищеною пожежною небезпекою;
- прискореної підготовки працівників до дій в особливий період.

Підготовка працівників до дій у надзвичайних ситуаціях передбачає:

- за програмою загальної підготовки працівників підприємств, установ та організацій – вивчення інформації, що міститься у планах реагування на надзвичайні ситуації, про дії в умовах загрози і виникнення надзвичайної ситуації, а також оволодіння навичками надання першої допомоги потерпілим, користування засобами індивідуального і колективного захисту;
- за програмою спеціальної підготовки працівників, що входять до складу спеціалізованих служб і формувань цивільного захисту, – ознайомлення з обов'язками, навичками користування та матеріальною

частиною техніки, приладів і табельного майна таких служб і формувань, засобами захисту, вивчення порядку приведення їх у готовність, проведення рятувальних та інших невідкладних робіт;

- за програмою додаткової підготовки з техногенної безпеки працівників об'єктів підвищеної небезпеки - поглиблення знань з питань техногенної безпеки, джерел небезпеки, що за певних обставин можуть спричинити виникнення надзвичайної ситуації на об'єкті підвищеної небезпеки, та небезпечних речовин, що виготовляються, переробляються, зберігаються чи транспортуються на його території;

- за програмою пожежно-технічного мінімуму для працівників, зайнятих на роботах з підвищеною пожежною небезпекою, – підвищення рівня загальних пожежно-технічних знань, вивчення правил пожежної безпеки з урахуванням особливостей виробництва, ознайомлення з протипожежними заходами та діями у разі виникнення пожежі, оволодіння навичками використання наявних засобів пожежогасіння;

- за програмою прискореної підготовки працівників до дій в особливий період – навчання способам захисту від наслідків надзвичайних ситуацій, спричинених застосуванням засобів ураження в особливий період, що здійснюється підприємствами, установами та організаціями, які продовжують роботу у воєнний час, і розпочинається одночасно з введенням в дію планів цивільного захисту на особливий період.

Навчання працівників на підприємстві, в установі та організації здійснюється шляхом:

- курсового навчання, що передбачає формування навчальних груп і здійснюється в навчальних класах або на об'єктах навчально-виробничої бази підприємства, установи та організації;

- індивідуального навчання, що передбачає вивчення теоретичного матеріалу самостійно та у формі консультацій з керівниками навчальних груп або іншими особами [22].

Навчальні групи комплектуються переважно з працівників, що входять до складу спеціалізованих служб і формувань цивільного захисту.

З метою належної організації навчального процесу, забезпечення послідовності теоретичного і практичного навчання на підприємствах, в установах та організаціях розробляються і ведуться планувальні, облікові та звітні документи.

Для отримання працівниками відомостей про конкретні дії у надзвичайних ситуаціях на підприємстві, в установі та організації

обладнується з урахуванням особливостей виробничої діяльності інформаційно-довідковий куточок з питань цивільного захисту, що є частиною приміщення загального користування, у якій тематично оформляються стенди, розміщуються схеми, навчальні посібники і зразки, передбачені програмами підготовки працівників до дій у надзвичайних ситуаціях.

Навчання керівного складу підприємств, установ та організацій і фахівців, діяльність яких пов'язана з організацією і здійсненням заходів з питань цивільного захисту, здійснюється в установленому законодавством порядку.

Особи у разі прийняття на роботу та працівники щороку за місцем роботи проходять інструктаж з питань цивільного захисту, пожежної безпеки та дій у надзвичайних ситуаціях.

Навчання працюючого населення здійснюється у робочий час за рахунок коштів підприємств, установ та організацій [22].

Підготовка студентів вищих навчальних закладів до дій у надзвичайних ситуаціях здійснюється за нормативними навчальними дисциплінами “Безпека життєдіяльності” та “Цивільний захист”.

Підготовка учнів загальноосвітніх та професійно-технічних навчальних закладів до дій у надзвичайних ситуаціях, що передбачає здобуття знань і вмінь з питань особистої безпеки в умовах загрози та виникнення надзвичайної ситуації, користування засобами захисту від її наслідків, вивчення правил пожежної безпеки та основ цивільного захисту, здійснюється в рамках вивчення предметів “Основи здоров'я” та “Захист Вітчизни”.

Навчально-виховна робота з дітьми дошкільного віку проводиться згідно з вимогами базового компонента дошкільної освіти і спрямовується на формування достатнього та необхідного рівня знань і умінь дитини для безпечного перебування в навколишньому середовищі, елементарних норм поведінки у надзвичайних ситуаціях і запобігання пожежам від дитячих пустощів з вогнем [22].

Навчання непрацюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях здійснюється шляхом проведення інформаційно-просвітницької роботи за місцем проживання та самостійного вивчення загальної програми навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях та інших інформаційно-довідкових матеріалів з питань цивільного захисту, правил пожежної безпеки у побуті та громадських місцях.

Інформаційно-просвітницька робота з питань поведінки в умовах надзвичайних ситуацій організовується місцевими органами виконавчої влади та органами місцевого самоврядування, в тому числі через утворені при них консультаційні пункти.

Для задоволення потреби у самостійному вивченні загальної програми навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях місцеві органи виконавчої влади та органи місцевого самоврядування за методичного супроводження територіальних курсів, навчально-методичних центрів цивільного захисту та безпеки життєдіяльності видають навчальні, навчально-наочні посібники, брошури, розповсюджують інформаційні матеріали, буклети тощо [22].

7.6 Висновки з охорони праці

В результаті роботи над розділом було розроблено попереджувальні заходи запобігання виробничого травматизму, професійних захворювань, шкідливого впливу на навколишнє середовище, які можуть виникнути в результаті роботи на виробничій дільниці.

Для досягнення поставленої мети було вирішено наступні завдання:

- виявлено небезпечні і шкідливі чинники, які можуть мати прояв при роботі на виробничій дільниці, оснащій верстатами;
- було визначено причин та наслідків цих чинників;
- проведено оцінку параметрів виробничого середовища на відповідність санітарно-гігієнічним нормам;
- було розроблено організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні заходи відповідно до нормативно-правових актів з охорони праці;
- запропоновано рішення щодо поліпшення санітарно-гігієнічних параметрів на виробничій дільниці, оснащій верстатами;
- визначено категорію приміщення за вибухопожежною та пожежною небезпекою і ступінь її вогнестійкості та розроблено протипожежні заходи;
- розглянуто організацію навчання працюючого та непрацюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях.

ВИСНОВКИ

В результаті роботи було проведено вдосконалення технологічного процесу виготовлення поршню.

Було виконано порівняння двох методів отримання заготовок: кування на молотах та штампування на КГШП і за результатами розрахунку обрано другий метод.

Було спроектовано новий МВД, а саме:

- 1) об'єднано декілька операцій в одну – комплексну з ЧПК 025;
- 2) старе обладнання замінено на нове з ЧПК.

Розрахунок економічної ефективності вдосконаленого технологічного процесу проводився на основі визначення доцільності використання комплексної операції з ЧПК 025, яка поєднувала 6 операцій, і в результаті економічний ефект склав 242701 грн.

По всіх операціях було виконано розрахунки режимів різання та технічного нормування. Для декількох операцій з ЧПК було розроблено траєкторії обробки в NX CAM.

Було спроектовано робоче пристосування для горизонтального свердлення (операція 030) та контрольне пристосування для контролю биття.

Було проведено автоматизацію дроблення та видалення стружки з робочої зони при свердленні, яка була доцільною через обробку глибокого отвору.

Також було проведено розрахунок деталі на міцність за допомогою NX CAM. В результаті було визначено небезпечний переріз в деталі і надані рекомендації по оптимізації конструкції деталі.

У спеціальному завданні до дипломного проекту було розглянуто підвищення ефективності слюсарних операцій за рахунок використання механічних щіток з металевим ворсом. Було обрано необхідний набір щіток для обробки та обладнання, а також було розроблено схеми обробки. Завдяки цьому скоротилася частка ручної праці в технологічному процесі і підвищилась ефективність слюсарних операцій, а саме видалення задирок після обробки ріжучим інструментом.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Богуслаев В.А. Основы технологии машиностроения [Текст]: / В.А. Богуслаев, В.И. Цыпак, В.К. Яценко; ОАО "Мотор Сич", Запорожье. – М.: Машиностроение, 2003. – 336с.
2. Плескач В.М. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин [Текст]: підручник / В.М. Плескач, І.В. Акімов, О.А. Мітяєв; за заг. ред. доц. В.М. Плескача. – Запоріжжя: Просвіта, 2013. – 372 с.
3. Алексеєнко, О.В. Методичні вказівки до практичних занять з дисциплін «Технології машинобудування», «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин» [Текст]: / О.В. Алексеєнко – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. – 86с.
4. А.Г. Косилова Справочник технолога-машиностроителя [Текст]: / В 2т. Т.1./ под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова; 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.
5. Ципак В.І. Додатки до методичних вказівок для виконання практичних занять з дисциплін «Технологічні основи машинобудування», «Технологія машинобудування», «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин» [Текст]: / В.І. Ципак; під ред., Гончар Н.В. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2012. – 62 с.
6. А.Г. Косилова Справочник технолога-машиностроителя [Текст]: / В 2т. Т.2./ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова; 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с.
7. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов [Текст]: Справочник/ В.И. Баранчиков, А.В. Жаринов, Н.Д. Юдина и др.; Под общ. ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. – 400с.
8. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Текст]: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред; 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с четвертого издания. – М.: ООО ИД "Альянс", 2007. – 256 с.
9. Богуслаев В.А. Станочные приспособления [Текст]: издание 2-е/ В.А. Богуслаев, В.А. Леховицер, А.С. Смирнов; ОАО "Мотор Сич", Запорожье. – М.: Машиностроение, 2004. – 461 с.
10. Вардашкин Б.М. Станочные приспособления [Текст]: в 2 т. Т.1/ Под ред. Б.М. Вардашкина и А.А. Шатилова. – М.: Машиностроение, 1984. – 592 с.

11. Горохов В.А. Проектирование и расчет приспособлений [Текст]: учебное пособие для вузов / В.А. Горохов – Мн.: Выш. шк., 1986. – 238 с.
12. Выдрин А.И. Малая механизация и автоматизация в сборочном цехе [Текст]: учебное пособие для вузов / А.И. Выдрин, М.З. Гамус; под. общ. ред. Л.М. Резницкого. – М.: Машиностроение, 1961. – 436 с.
13. Ачеркан Н.С. Справочник машиностроителя [Текст]:/ В 6т. Т.5./ Под ред. Э.А. Сатель – М.: Машиностроение, 1964. – 470с.
14. Электронний ресурс: <http://planetacam.ru/college/learn/8-3/>
15. Степанов А.А. Обработка резанием высокопрочных композиционных полимерных материалов [Текст]:/ А.А. Степанов; под. общ. ред. С.Я. Кудерской – М.: Машиностроение, 1987. – 176 с.
16. Андрианов А.И. Прогрессивные методы технологии машиностроения [Текст]:/ А.И. Андрианов; под. общ. ред. В.Н. Падуреева – М.: Машиностроение, 1975. – 240 с.
17. Гончар Н.В. Особливості і переваги фінішної обробки металевими щітками [Електронний ресурс]/ Н.В. Гончар, А.П. Біла//Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука –виробництво. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції 31 жовтня — 02 листопада 2018 року / Під заг. ред. В. Д. Ковальова. — Краматорськ: ДДМА, 2018. — 204 с.
18. Серебrenицкий П.П. Обработка деталей механическими щетками [Текст]: / П.П. Серебrenицкий – Л.: Лениздат, 1967. – 149 с.
19. Электронний ресурс: <https://www.blog.gtool.ru/testy/azy-primeneniya-schetok/>
20. Яценко В.К. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіадвигунобудування і машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» та «Технологія будування авіаційних двигунів» усіх форм навчання [Текст]/ В.К. Яценко, В.І. Ципак, Є.Я. Коренєвський, В.Д. Хорошков та ін. – М.: Запоріжжя, ЗНТУ, 2003. – 245 с.
21. Петрищев А.С. Методичні вказівки до лабораторного заняття «Дослідження вогнегасних властивостей первинних засобів пожежогасіння, визначення їх типів та розрахунок кількості» з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі» для студентів усіх спеціальностей та усіх форм навчання/ А. С. Петрищев, С. М. Журавель – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. – 26 с.
22. Электронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/444-2013-%D0%BF/print>

ДОДАТОК А

	Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
Лист общий							
					<u>Документация</u>		
	12			НУЗП 293344.002	Складальне креслення		
Сторона №					<u>Детали</u>		
			1		Вісь	1	
			2		Затискач	1	
			3		Корпус	1	
			4		Кришка	1	
			5		Напрямна	1	
			6		Паршень	1	
			7		Призма	1	
			8		Стійка	1	
Листы и детали			9		Цилиндр	1	
			10		Шток	1	
Всего листов №					<u>Стандартные изделия</u>		
			4		Гайка М8-6Н5 (512) ГОСТ 5927-70	1	
			12		Гайка М8-6Н6 (512) ГОСТ 5927-70	2	
			13		Гвинт АМ6-6д 15.48 ГОСТ 1491-80	2	
Листы и детали			14		Гвинт АМ2-6д 14.48 ГОСТ 1491-80	4	
№12 № листа					НУЗП 293344.002		
	Разработ.	Біла А.П.			Приспосовування свердлильні		
	Пров.	Гончар НВ.					
	Нормир.	Дядя С.І.					
	Утв.						
						Лист	Лист
						1	2
						ст. гр. М-118м	
						НУ "Запорізька політехніка"	

[illegible]

ДОДАТОК Б

Лист 1		Лист 2	Лист 3	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
					Документация		
12				НУЗП 401121.002	Складальне креслення		
					Детали		
		1			Кранштейн	1	
		2			Плита	1	
		3			Призма нерухома	1	
		4			Призма рухома	1	
		5			Стійка	1	
					Стандартные изделия		
		4			Болт М4-6д × 2058 ГОСТ 7805-70	4	
		7			Болт М6-6д × 2058 ГОСТ 7805-70	1	
		8			Гайка М6-6Н.5 ГОСТ 5915-70	1	
		9			Гвинт АМЗ-6д 848 ГОСТ 1491-80	3	
		10			Шпакля 1-4×4×13 ГОСТ 23360-78	3	