

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний факультет
(повне найменування інституту, факультету)
Метакорізанські верстати та інструмент
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

Магістр
(ступінь вищої освіти)

на тему Розробка технології виготовлення мало-габаритних корпусних деталей з урахуванням виробничих можливостей та оптимізація режимів різання.

Виконав: студент(ка) II курсу, групи МЗ-218М

Спеціальності 133 Галузеве машинобудув.
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Метакорізанські верстати та інструмент
Троць Д.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник Гришко П.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Фролов М.В.
(прізвище та ініціали)

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

Інститут, факультет Машинобудівний
 Кафедра Метанорізанські верстати та інструменти
 Ступінь вищої освіти магістр
 Спеціальність 133 Тампазеве машинобудування
 (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Метанорізанські верстати та системи
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МВТ 14
доц. М.В. Фролов
 « 14 » 12 2019 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Троць Дмитро Ващенікович
 (прізвище, ім'я, по батькові)

Тема проекту (роботи) Розробка технології виготовлення малогаба-
ритних корпусних деталей з урахуванням виробничих можливос-
тей та оптимізації режимів різання
 Керівник проекту (роботи) Гуцко Павло Васильович
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом закладу вищої освіти від « » 20 року №

Строк подання студентом проекту (роботи) 10 грудня 2019

Вихідні дані до проекту (роботи) креслення деталі, специфікація
обладнання

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
 розробити) аналіз виробу, вибір матеріалу, розробка техноло-
гії, вибір інструменту та оснащення, дослідження впливу ре-
жимів різання на шорсткість, питання охорони праці.

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

Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	приймав виконав завдання
1	Аналіз технологічності виробу	11.02.19	25.03.19
2	Аналіз оброблюваності сталі	25.03.19	29.04.19
3	Розробка технологічного процесу	29.04.19	8.07.19
4	Вибір інструменту та оснаст.	8.07.19	26.08.19
5	Дослідження впливу режимів на шорсткість	26.08.19	11.11.19
6	Охорона праці	4.10.19	29.11.19
7	Корисококонтроль	14.12.19	

7. Дата видачі завдання « 11 » 02 2019 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	При
1	Аналіз технологічності виробу та оброблюваності сталі	02.2019 - 05.2019	
2	Розробка ТП	05.2019 - 05.2019	
3	Вибір інструменту та оснаст.	05.2019 - 07.2019	
4	Дослідження впливу режимів різання на шорсткість	07.2019 - 10.2019	
5	Охорона праці		

Студент(ка)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)
(підпис)

Троць Д.І.
(прізвище та ініціали)
Гелетко П.
(прізвище та ініціали)

[10:52:28] Yah Найдено 2% совпадений по адресу: <https://studopedia.org/6-105273.html> Исключить

[10:52:30] Возникла ошибка при чтении файла:
http://www.zntu.edu.ua/sites/default/files/konf/rozdil_dp_specialisty.pdf (Недоступно чтение через IFilter)

[10:52:37] Yah Найдено 3% совпадений по адресу: <https://solar-eclipse.at.ua/forum/13-43-0-17-1> Исключить

[10:52:45] Возникла ошибка при чтении файла: <http://eir.zntu.edu.ua/bitstream/123456789/4941/1/M07318.pdf> (Недоступно чтение через IFilter)

[10:52:54] Не загружена страница из запроса №4-1 (30097 миллисек., превышен таймаут в 30000 миллисек.):
https://ua-referat.com/Технічні_вимірювання

[10:52:55] Возникла ошибка при чтении файла: <http://kaf-pe.kpi.ua/wp-content/uploads/2016/10/diplom-bachelor.pdf> (Недоступно чтение через IFilter)

[10:52:58] Не загружена страница из запроса №1-3 (30065 миллисек., превышен таймаут в 30000 миллисек.):
http://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/151452/Козаков_АО.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[10:53:07] Bi Найдено 1% совпадений по адресу: https://ua-referat.com/Технічні_вимірювання (Сохраненная копия) Исключить

[10:53:14] Возникла ошибка при загрузке страницы из запроса №1-3 (16687 миллисек.):
http://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/151452/Козаков_АО.pdf?sequence=1&isAllowed=y (Сохраненная копия) (Too big page)

[10:53:47] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №2 [3] (28504 миллисек.): Yandex (The remote name could not be resolved: 'yandex.ru')

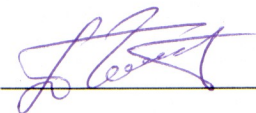
[10:53:48] Тип проверки: *Экспресс*

[10:53:48] Уникальность текста 96%[©] (Проигнорировано подстановок: 0%)

Перевірку на плагіат програмою AntiPlagiarism.NET магістерської роботи Троня Д.В. провів старший викладач кафедри МВ та І – Глушко П.В.

12.12.19

дата



Підпис

РЕФЕРАТ

ПЗ: _ _ с, _21_ рис., _21_ табл., _2_ додатків, _20_ літературних джерел.

При розробці технологічного процесу, в ряді випадків, з метою зменшення капітальних витрат є доцільним максимальне зосередження на існуючому обладнанні та його можливостях, при необхідності доповнюючи його мінімальною кількістю оснащення.

Об'єктом дослідження є малогабаритна корпусна деталь (корпус годинника) з високими вимогами до шорсткості (Ra 1.25) та точності (6 квалітет).

Оскільки виріб має високі вимоги до шорсткості поверхні і в цілому до її зовнішнього вигляду, що залежать від режимів різання, актуальним є аналіз та дослідження впливу режимів різання на шорсткість та їх оптимізація за цим критерієм.

Виходячи з вищесказаного були сформульовані тема проекту, мета та задачі.

Мета роботи: Створення та оптимізація технологічного процесу деталі типу «Корпус» за умови налагодження виробництва на існуючому обладнанні.

Задачі:

- аналіз технологічності виробу та вибір матеріалу виробу;
- аналіз оброблюваності кріогенної сталі;
- аналіз характеристик та можливостей існуючого обладнання;
- розробку технологічного процесу деталі корпус;
- вибір інструменту, технологічного оснащення та режимів різання;
- аналіз та дослідження впливу режимів різання на шорсткість оброблюваної поверхні.

Методи дослідження: теоретичний аналіз, комп'ютерне моделювання, аналітичний і графоаналітичний метод, графічний метод.

КОРПУС, ОБРОБЛЮВАНІСТЬ, ШОРСТКІСТЬ, КЕРУЮЧА
ПРОГРАММА, МОДЕЛЮВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЯ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ,
ІНСТРУМЕНТ.

REPORT

Em: _ _p, _21_ rice., _21_ table., _2_ additions, _20_ literary sources.

Aim of work:

It was in-process executed:

In the development of technological process, in some cases, in order to reduce capital expenditures, it is advisable to concentrate as much as possible on the existing equipment and ego is possible, supplementing it with the minimum amount of equipment if necessary.

The object of the study is a small-sized body detail (watch case) with the Template Requirements for Roughness (Ra 1.25) and Precision (6 QUALITY). As the product has high requirements for surface roughness and in general for its appearance, depending on the cutting modes, it is important to analyze and study the effect of cutting modes on the roughness and their optimization by this criterion. Based on the above, the project theme, purpose and objectives were formulated. Purpose of work: Creation and optimization of technological process of details of the case type, subject to production adjustment on the existing equipment.

Objectives:

- analysis of manufacturability of the product and choice of material of the product;
- analysis of workability of cryogenic steel;
- analysis of the characteristics and capabilities of existing equipment;
- development of technological process details of the housing;
- Choice of tools, technological equipment and cutting modes;
- analysis and investigation of the effect of cutting modes on the roughness of the surface being treated.

Research methods: theoretical analysis, computer simulation, analytical and graphoanalytical method, graphical method.

HULL, WORKABILITY, SPEED, CONTROL PROGRAM, MODELING, TECHNOLOGY, CUTTING MODES, TOOLS.

ЗМІСТ

	Вступ	8
1	Аналіз технологічності виробу.	9
1.1	Якісний аналіз деталі	10
1.2	Кількісний аналіз деталі	11
1.3	Технологічний код деталі	12
1.4	Тип та характеристики виробництва	13
2	Аналіз оброблюваності кріогенної сталі	16
2.1	Вибір матеріалу виробу	16
2.2	Оброблюваність сталі	22
3	Розробка технологічного процесу	27
3.1	Розробка маршруту обробки основних поверхонь	27
3.2	Розробка маршруту виготовлення деталі	29
4	Вибір інструменту	40
5	Аналіз та дослідження впливу режимів різання на шорсткість оброблюваної поверхні	58
5.1	Попередній аналіз та математичне моделювання впливу режимів та умов різання на шорсткість обробленої поверхні	58
5.2	Методика вимірювання шорсткості	70
5.3	Дослідження впливу режимів різання на шорсткість при обробці аустенітної кріогенної (медичної) сталі тип1.4435 методом повного факторного експерименту	72
5.4	Обробка результатів експерименту та висновки	75
5.5	Аналіз впливу радіусу при вершині інструменту на визначення товщини слою, що зрізується	80
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	83
6.1	Аналіз потенційних небезпек	83
6.2	Заходи по забезпеченню безпеки	84
6.3	Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	89
6.4	Заходи з пожежної безпеки	92
6.5	Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях	94
6.6	Розрахунок освітлення механічного цеху у програмі DIALux	97

	7
Загальні висновки	99
Список використаних джерел	100
Додаток А Розрахунок освітлення механічного цеху	101
Додаток Б Комплект технологічних карт	

ВСТУП

Верстати з ЧПУ (числовим програмним управлінням) - це високотехнологічне обладнання, в якому виконавчі пристрої (приводи) управляються автоматично. Приводи, керовані за певною програмою, пускають у хід робочий елемент верстата - такий принцип роботи обладнання з ЧПУ. Залежно від призначення верстата робочим елементом може бути шпиндель, свердло, пуансон і т.д. Парк верстатного обладнання, оснащеного ЧПУ, величезний і різноманітний.

Можливості обладнання істотно відбилися на технології обробки деталей, верстатної оснащення і ріжучих інструментах. Що дозволило застосувати нові підходи в обробці матеріалів робота з якими раніше викликала певні технологічні труднощі.

Зі збільшенням можливостей обладнання все більше зростають і вимоги до виготовлення, підвищується точність і зменшується необхідна шорсткість оброблених поверхонь. У зв'язку з цим не втрачають актуальності питання пов'язані з процесами, що відбуваються в зоні різання і прямим чином впливають на точність і якість обробленої поверхні. Дослідження взаємозв'язку факторів, що впливають на процес різання і результатів обробки дають можливість правильно оцінити і оптимізувати технологічний процес.

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ВИРОБУ

Деталь відноситься до класу диски. Деталь має отвір з різьбою, ступінчатий отвір, конструктивні елементи «Вушка». Габаритні розміри деталі: $L_{\max}=7$ мм; $D_{\max}=44$ мм.

З найбільш високою точністю обробляються пов. 3 і 13 рис1.1. Найбільш високою якістю поверхні характеризується пов. 1,2 та 3, оброблювані по параметру $Ra=1,25\mu\text{м}$.

Конструктивні елементи деталі:

- зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 44^{+0.02}$ мм;
- внутрішня різь $M40 \times 0.35 L=1.95$ мм;
- внутрішній отвір $\varnothing 25.62^{+0.021}$ мм;
- 3 фаски $0.1 \times 45^\circ$.
- 2 фаски $0.2 \times 45^\circ$

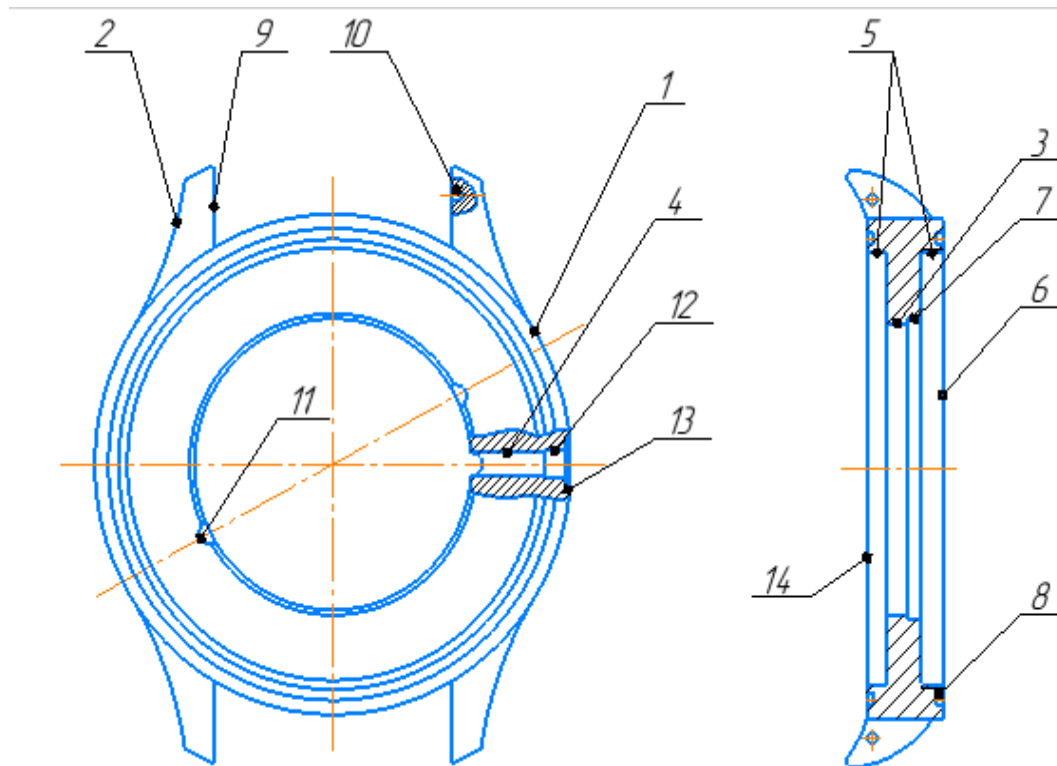


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі

Таблиця 1.1 – Аналіз розмірів та шорсткості поверхонь

Позначення поверхні деталі	Кількість поверхонь	Розмір, поле допуску і відхилення	Допуск Т (мкм)	Шорсткість Ra (мкм)
1	2	3	4	5
Зовнішня поверхня 1	1	$\varnothing 44^{+0,02}$	0,02	1,25
Зовнішня поверхня 2	4	R35	-	1,25
Поверхня отвору 3	1	$\varnothing 22,62^{+0,021}$	0,021	1,25
Поверхня отвору 4	1	$\varnothing 2,1(^{+0,1})$	0,1	3,2
Різьбова поверхня 5	2	M40x0,35	-	-
Зовнішня поверхня 6	1		-	-
Поверхня отвору 7	1	$\varnothing 26,5$		1,25
Поверхня отвору 8	4	$\varnothing 0,9^{+0,025}$	0,025	3,2
Зовнішня поверхня 9	4			3,2
Поверхня отвору 10	4	$\varnothing 0,9^{+0,025}$		3,2
Зовнішня поверхня 11	3	$R1\ 1,3^{+0,01}$	0,01	1,25
Поверхня отвору 12	1	$\varnothing 2,1^{+0,1}$	0,1	1,25
Поверхня отвору 13	1	$(2,5]_{-0,01}^{-0,004})$	0,006	3,2
Зовнішня поверхня 14	1			3,2

1.1 Якісний аналіз деталі

Ретельно вивчивши креслення деталі, технічні вимоги на її виготовлення, параметри точності і шорсткості, властивостей матеріалу, установлено, що

- оброблюваність матеріалу різання добре;
- всі поверхні доступні для обробки стандартними ріжучими інструментами;
- на деталі наявні поверхні правильної геометричної форми, які можна використовувати як бази;
- вага деталі та її габаритні розміри та потребують застосування спеціальних підйомних механізмів;
- допуски та граничні відхилення на розміри відповідають стандартними значенням.

1.2 Кількісний аналіз деталі

Кількісну оцінку технологічності конструкції робимо за наступними показниками:

– Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$K_{u.m.} = \frac{M_{д.}}{M_{з.}} \quad (1.1)$$

де $M_{д.}$ - маса деталі за даними креслення, кг;

$M_{з.}$ - маса заготовки (обумовлена в розділі 7 даного проекту), кг;

– Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{т.о.} = 1 - \frac{1}{A_{ср.}} \quad (1.2)$$

де $A_{ср.}$ - середній квалітет точності, обумовлений по формулі:

$$A_{ср.} = \frac{1 * n_1 + 2 * n_2 + ... + 17 * n_{17}}{n_1 + n_2 + ... + n_{17}} \quad (1.3)$$

де 1, 2...17 - квалітет точності по якому виготовляється деталь;

$n_1, n_2 \dots n_{17}$ - кількість розмірів деталі, що виконується по відповідному квалітету.

У нашому випадку:

$$A_{cp.} = \frac{6*3+7*2+8*1+9*3+10*2+11*1+12*2}{14} = 8,7$$

Тоді:

$$K_{m.o.} = 1 - \frac{1}{8,7} = 0,89$$

– Коефіцієнт шорсткості обробки:

$$K_{ш.о.} = 1 - \frac{1}{B_{cp.}} \quad (1.4)$$

де $B_{cp.}$ - середня шорсткість поверхонь деталі, що визначає значення параметра Ra у мкм. Визначається по формулі:

$$B_{cp.} = \frac{0,1*n_1 + 0,2*n_2 + ... + 25*n_9}{n_1 + n_2 + ... + n_9} \quad (1.5)$$

де 0,1; 0,2...25 - параметри шорсткості поверхні за ДСТ 2789-73 відповідно з 3-го по 11-ий класи.

$n_1, n_2 \dots n_9$ - кількість поверхонь, що мають шорсткість, що відповідає даному числовому параметру Ra .

Висновок: на підставі аналізу якісних показників і порівнянні кількісних показників з даними стор. 46...48 [6] робимо висновок, що деталь технологічна.

1.3 Технологічний код деталі

Технологічна класифікація розкриває широкі можливості для автоматизованого проектування технологічного процесу та впровадження системи автоматизованої підготовки виробників.

Основна ціль технологічної класифікації - зниження трудомісткості та скорочення технологічної підготовки виробництва.

За класифікатором ТКД [9] складаємо технологічний код деталі.

Технологічний код деталі:

3 – код ширини;

3 – код довжини;

1 – код висоти;

21 – код групи матеріалу;

4 – код деталі по методу виготовлення;

31 – код вихідної заготовки;

4 – код точності розміру зовнішньої поверхні;

4 – код точності діаметру центрального отвору;

4 – код шорсткості зовнішньої поверхні;

B – код відхилення форми та взаємного розташування поверхонь;

0 – Код додаткової обробки;

8 – код маси деталі.

Отже технологічний код деталі: 33121431444B08.

1.4 Тип та характеристики виробництва

Річна програма випуску заданих деталей $N_{\text{вип}} = 80$ штук.

Тип виробництва і відповідні йому форми організації роботи визначають характер технологічного процесу і його побудову. Тому перш ніж приступити до проектування технологічного процесу механічної обробки деталі, визначаємо, виходячи з заданої програми випуску і маси деталі, тип виробництва.

Таблиця 1.2 – Вибір типу виробництва

Маса деталі, кг	Тип виробництва				
	одиничне	малосерійне	середньосерійне	крупносерійне	масове
до 1	до 10	10...2000	2000....75000	75000...200000	>200000
>1,0...2,5	до 10	10...1000	1000...50000	50000...100000	>100000
>2,5...5,0	до 10	10...500	500...35000	35000...75000	>75000
>5,0...10,0	до 10	10...300	300...25000	25000...50000	>50000
>10,0	до 10	10...200	200...10000	10000...25000	>25000

Виходячи з таблиці 1.2 обираємо тип – штучне виробництво.

Визначаємо річну програму запуску $N_{\text{зап}}$ деталей у виробництво визначаємо по формулі:

$$N_{\text{зап}} = N_{\text{вип}} \left(1 + \frac{\alpha}{100} + \frac{\beta}{100} + \frac{\gamma}{100} \right), \quad (1.6)$$

де: $N_{\text{вип}} = 80$ деталей;

$\alpha = (3...5)\%$ – процент невідворотних витрат (брак);

$\beta = (2...10)\%$ – процент незавершеного виробництва який залежить від галузі машинобудування, терміну виробничого циклу та інше;

$\gamma = (2...10)\%$ – процент запасних частин.

Приймаємо $\alpha = 4\%$; $\beta = 5\%$; $\gamma = 6\%$;

$$N_{\text{зап}} = N_{\text{вип}} \left(1 + \frac{\alpha}{100} + \frac{\beta}{100} + \frac{\gamma}{100} \right) = 80 \left(1 + \frac{4+5+6}{100} \right) = 92 \text{ шт.}$$

Характерної рисою штучного виробництва є широка номенклатура виготовлених виробів, малі обсяги їх випуску, виконання на кожному робочому місці різнорідних операцій.

Визначаємо величину виробничої партії по спрощеній формулі:

$$n = N_{\text{зап}} * t / F \quad (1.7)$$

де $N_{\text{зап}}$ – річний об'єм запуску деталей у шт.;

t – необхідний запас деталей на складі в днях:

- для великих деталей 2...3 дні;
- для середніх деталей 4...5 днів;
- для дрібних деталей 10...30 днів (таб.9 стор.28 [5]);

Обираємо запас деталей на 20 днів.

F – число робочих днів у році $F = 253$ дні при двох днях відпочинку і тривалості робочого дня 8 годин 12 хв.

У нашому випадку:

$$n = \frac{92 \cdot 20}{253} = 8 \text{ шт.}$$

2 АНАЛІЗ ОБРОБЛЮВАНOSTІ КРИОГЕННОЇ СТАЛІ

Основні вимоги, що пред'являються до матеріалу виробу:

1. Корозійна стійкість;
2. матеріал повинен зберігати свої естетичні властивості протягом усього періоду використання виробу;
3. так як виріб має тонкостінні елементи яке піддаватися знакозмінних навантажень, матеріал повинен забезпечувати достатню міцність при впливів даних навантажень.
4. стійкість до подряпин і ударів;
5. дешевизна матеріалу;
6. через технологічні особливості виробництва, матеріал повинен добре оброблятися;
7. Матеріал не повинен викликати алергічних реакції.

2.1 Вибір матеріалу виробу

Виходячи з основних вимог до матеріалу, було вирішено обрати для виготовлення виробу сталь з групи криогенних сталей.

До криогенних відносяться сталі, що використовуються в машинах і обладнанні для отримання, зберігання і транспортування зріджених газів з температурою кипіння від -80 до -269 ° С. Криогенні сталі володіють достатньою міцністю при нормальній температурі в поєднанні з високим опором крихкому руйнуванню при низьких температурах. До цих сталей нерідко пред'являють вимоги високої корозійної стійкості. У більшості випадків в якості криогенних матеріалів застосовують аустенітні Cr-Ni, Cr-Mn, Cr-Ni-Mn сталі, а також феритні сталі, леговані нікелем [4,5].

Аустенітні хромонікелеві сталі

Сталі цієї групи, маючи в своєму складі 18% Cr, є корозійностійкими в багатьох середовищах окисного характеру в широкому діапазоні концентрацій і

температур, а також мають велику жаростійкість і жароміцність при помірних температурах.

Наявність нікелю в цих сталях в кількості 9-12% сприяє отриманню аустенітної структури, яка характеризується високою технологічністю при операціях гарячої і холодної деформації і хладостійкістю при криогенних температурах.

Стійкість проти міжкристалічної корозії сталей цієї групи визначається концентрацією вуглецю в твердому розчині. Вплив азоту на схильність до міжкристалічної корозії значно слабкіше вуглецю, тому додавання азоту для підвищення міцності може бути доцільним.

Хром і нікель впливають на температурно-часові області, в яких хромонікелеві сталі можуть бути схильні до міжкристалічної корозії. Підвищення концентрації нікелю супроводжується зменшенням розчинності вуглецю, що негативно впливає на ударну в'язкість хромонікелевої сталі після відпустки і призводить до розширення області схильності до міжкристалічної корозії.

Зменшення розчинності вуглецю в твердому розчині відбувається і при збільшенні вмісту хрому, в результаті чого знижується також ударна в'язкість через утворення карбідної сітки по межах зерен, але при цьому стійкість проти між кристалічної корозії зростає.

Це протиріччя пояснюється тим, що хром істотно підвищує корозійну стійкість і тому збіднення хромом твердого розчину при утворенні карбідних фаз не досягає катастрофічних значень.

Аустенітні хромомарганцеві і хромонікельмарганцеві сталі

Хромомарганцеві сталі мають високу міцність і твердість навіть при знижених температурах, демонструють стійкість до помірно агресивних середовищ і окисленню. Матеріали цієї серії володіють хорошими деформаційними властивостями, вельми пластичні, чудово скручуються, гнуться і штампуються. Ще одним важливим їх перевагою є хороша

зварюваність, а чутливість до міжкристалічної корозії не поступається хромонікелевим сталям.

Висока рівномірна твердість забезпечується вмістом хрому в межах від 14 до 18,5%. Крім того, хром покращує гартувальні властивості матеріалу. Опір до динамічним і ударних навантажень обумовлено наявністю в цій групі марганцю в межах від 8 до 10,5%. Комбінація азоту - 0,2%, марганцю і нікелю - в межах від 1,0 до 4,5%. Це підсилює не тільки антикорозійні властивості, але і усуває дисбаланс аустенітної структури. Економічна ефективність сталей даної групи пояснюється частковою заміною нікелю на азот і марганець.

Хромомарганцеві сталі застосовують для виготовлення всіляких водяних ємностей, які схильні до помірної корозії. Вони добре підходять для виготовлення столових приладів і посуду, декоративних металевих частин, кухонних плит і витяжок. Служать оздоблювальними елементами офісної та корпусних меблів. Їх також використовують в якості деталей при виробництві великої побутової техніки.

Хромонікельмарганцеві сталі, містять азот, можна розглядати як криогенні сталі підвищеної міцності, так як вони мають значно більш високі значення межі текучості при кімнатній температурі, ніж аустенітні хромонікелеві сталі.

Аустенітно–ферритні сталі, леговані нікелем

Аустенітно–ферритні нержавіючі сталі, основу мікроструктури яких складають дві фази: аустеніт і ферит. Відсоток фериту і аустеніту в кожній марці дуплексної сталі різний, але стандартно від 40% до 60%. Приблизно однакові частки кожної фази забезпечує більш високу міцність, якісну зварюваність великої товщини, хорошу ударну в'язкість і опір розтріскування, спровокованого корозійним впливом.

Легування нікелем, зменшуючи енергію взаємодії дислокацій з атомами домішок впровадження в кристалічній решітці заліза, ефективно знижує

порігхладноломкості заліза і підвищує роботу розвитку тріщини в умовах вузького руйнування (1% Ni знижує порігхладноломкості приблизно на 20 ° C).

Стабільні аустенітні сталі

Широке поширення в техніці низьких температур отримали хромонікелеві аустенітні сталі, що містять 17 – 25% хрому і 8 – 25% нікелю. Завдяки збереженню високої пластичності і в'язкості в широкому температурному діапазоні, корозійної стійкості в поєднанні з хорошими технологічними властивостями вони в даний час є найбільш поширеними конструкційними матеріалами кріогенної техніки.

Залежно від змісту основних легуючих елементів розрізняють два типи хромонікелевих аустенітних сталей:

1) метастабільні сталі, що піддались помітному мартенситному перетворенню при охолодженні і деформації, та містять 17 - 20% Cr і 8 - 12% Ni.

2) стабільні сталі, містять 17 - 25% Cr і 14 - 25% Ni. У них мартенситні перетворення знижені і аустенітна структура зберігається аж до найнижчих температур.

До недоліків цієї групи сталей відносяться низька міцність при кімнатній температурі, особливо за межею текучості (близько 250 МПа), а також порівняно висока вартість, обумовлена високим вмістом дорогого нікелю.

Вибір сталі 03X17H14M3

Із розглянутих вище аустенітних сталей кріогенної групи була обрана сталь 03X17H14M3 який відноситься до стабільних хромонікелевих аустенітних сталей. Механічними і хімічними властивостями обраної сталі повністю задовольняють вимоги які представлені до матеріалу виробу.

У таблиці 2.1 представлені зарубіжні аналоги обраної сталі.

Таблиця 2.1 – Зарубіжні аналоги сталі 3X17H14M3

США	AISI 316L, 316LN
Німеччина	1.4429, 1.4435, X2CrNiMo18-14-3, X2CrNiMoNi18-13
Японія	SCS16, SUS316L
Франція	Z2CND17-13, Z3CND17-12-03, Z3CND18-14-08
Англія	316S11, 316S13, 316S31, LW22, LWCF22
Італія	X2CrNiMo17-13
Іспанія	F.3533, X2CrNiMo17132
Швеція	2353

В таблиці 2.2 представлений хімічний склад сталі 3X17H14M3. Від хімічного складу обраної сталі залежать її механічні властивості, вони представлені в таблиці 2.3. Твердість та міцність сталі задовольняють вимогу виробу до стійкості від ударів та здатності протистояти знакозмінним навантаженням.

Таблиця 2.2 – Хімічний склад

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo
до 0.03	до 0.4	1 - 2	13 - 15	до 0.02	до 0.035	16 - 18	2.5 - 3.1

Таблиця 2.3 – Механічні властивості

Б _В , МПа	Б _Т , МПа	δ ₅ , %	Твердість, НВ	Межа міцності, Н/мм ²
490	196	40	250	650 - 850

Дані на рисунку 2.1 вказують на те, що оптимальний вміст хрому в сталі, для забезпечення високої корозійної чутливості, знаходиться в межах (12...17)%.

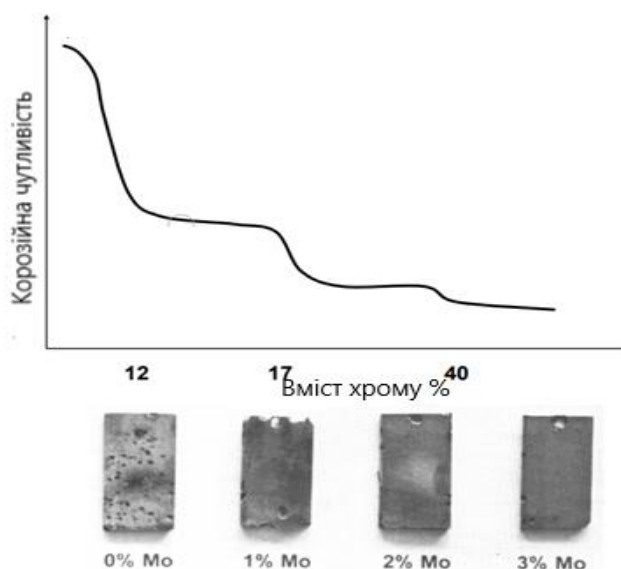


Рисунок 2.1 – Визначення корозійної чутливості сталі

Cr – створює захисний шар на поверхні сталі; Mo, W, Ni – зміцнюють захисний шар з хрому. Без хрому ці елементи не можуть створювати антикорозійний шар;

Для оцінки корозійної стійкості сталі використовують формулу PREN (Pitting resistance equivalent number) – це прогнозне вимірювання стійкості нержавіючої сталі до локалізованої корозії пітінгу на основі її хімічного складу. Чим вище значення PREN, тим більш стійкою є нержавіюча сталь до локалізованої корозії. PREN сам по собі не є показником стійкості до корозії.

PREN часто вказується, коли нержавіючі сталі піддаються впливу морської води або інших розчинів з високим вмістом хлориду. У деяких випадках нержавіючі сталі зі значеннями $PREN > 32$ можуть надавати корисну стійкість до корозії без коріння в морській воді, але це залежить від оптимальних умов. Однак корозія тріщин також є значною можливістю, і $PREN > 40$, як правило, задається для обслуговування морської води.

$$PREN = 1 \times \%Cr + 3.3 \times \%Mo + 16 \times \%Ni \quad (2.1)$$

$$PREN = 1 \times \%Cr + 3.3 \times \%Mo + 16 \times \%Ni = 22.5$$

Наприклад сталі зі значеннями PREN вище 32 вважаються стійкими до корозії морської води. Дуплексна сталь зі значеннями PREN 40 або вище застосовується у сірководневих середовищах.

Сталь 03X17H14M3 зазвичай розглядається як медичний клас нержавіючої сталі завдяки своїй чудовій стійкості до всіх видів корозії, а також завдяки відмінній поверхні, яку можна отримати в процесі обробки.

Антикорозійні властивості сталі проявляються завдяки наявності на поверхні металу шару оксиду хрому. Цей захисний шар дуже стійкий і навіть після механічного або хімічного пошкодження швидко набуває свій колишній вигляд, і антикорозійні якості металу залишаються без змін.

Сталь 03X17H14M3 [2] призначена для експлуатації в умовах високих температур, а також постійних механічних навантажень. Тому зі сталі 03X17H14M3 виготовляють:

- ємності для харчової промисловості;
- архітектурні елементи;
- хірургічні інструменти;
- медичне обладнання;
- деталі для промислових агрегатів;
- труби різного призначення;
- медичні імпланти;
- модульні димарі.

Крім того, сталь не викликає алергічних реакцій, має благородний колір, ніколи не темніє, тому з нього виготовляють корпусу дорогих моделей телефонів і годинників, якісну біжутерію, елітну кухонний посуд. Ось чому пропонований метал часто називають ювелірною сталлю.

2.2 Оброблюваність сталі

Оброблюваність обраної сталі впливає на створення технологічного процесу виготовлення виробу: вибір інструменту, режимів різання, вибір обладнання для забезпечення обробки. Тому слід класифікувати обрану сталь за класом оброблюваності. Класифікацію проводимо за стандарт ISO.

За класифікацією ISO сталь 03X17H14M3 відноситься до групи оброблюваності ISO M який включає в себе: нержавіючі сталі – леговані сталі з

вмістом хрому не менш 12%. Також в якості легуючих елементів можуть використовуватися нікель і молібден. Це велика група матеріалів, що включає в себе різні типи сталей – феритні, мартенситні, аустенітні та аустенітно-феритні (дулексні). Спільною особливістю всіх цих матеріалів є те, що в процесі різання в зоні обробки виникає висока температура, що веде до утворення проточиною і наростів на ріжучій кромці інструменту.

- Довгостружечний матеріал;
- Задовільний контроль над стружко дробленням для феритних/мартенситних матеріалів, проте він значно ускладнюється для аустенітних і дулексних сортів;
- Питома сила різання: 1800–2850 Н/мм²;
- Обробка пов'язана з великими силами різання, утворенням наросту, термічним і дисперсійним зміцненням поверхонь;
- Аустенітна структура з високим вмістом азоту (N) покращує міцність і опірність корозії, проте погіршує оброблюваність, що пов'язано з деформаційним зміцненням;
- Для поліпшення оброблюваності в сплав додають сірку (S) ;
- Високий вміст вуглецю C ($> 0,2\%$) веде до відносно великому зносу по задній поверхні;
- Молібден і азот погіршують оброблюваність, проте забезпечують стійкість до впливу кислот і сприяють міцності при високих температурах.

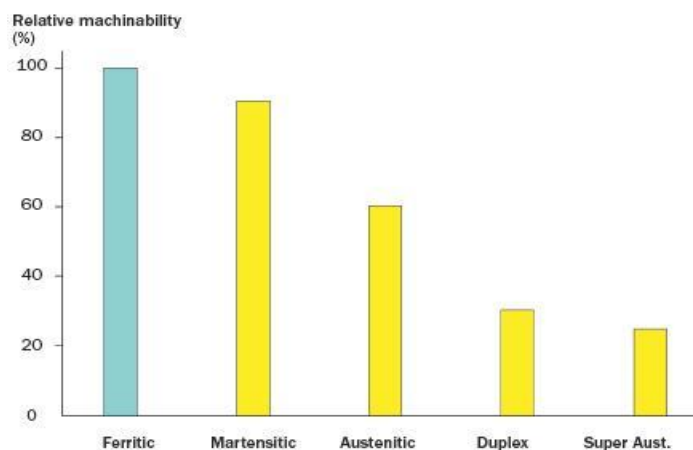


Рисунок 2.2 – Відносна оброблюваність сталей групи ISO M

На рисунку 2.2 указана відносна оброблюваність сталей в групі ISO M. За основу взята феритна сталь з оброблюваністю 100%. Можна помітити, що обрана нами сталь 03X17H14M3 має середню оброблюваність, це пов'язано зі збільшенням кількості вуглецю в складі і зміст більшого відсотка легуючих елементів.

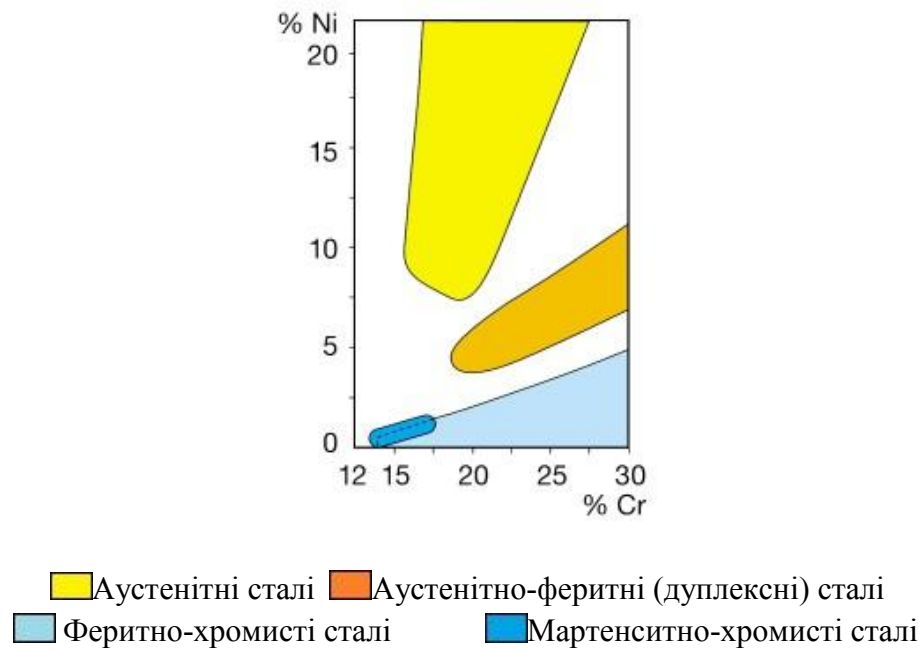


Рисунок 2.3 – Діаграма ідентифікацій групи оброблюваного матеріалу

Для ідентифікацій оброблюваного матеріалу в групі оброблюваності ISO M використовують діаграму (Рисунок 2.3). Мікроструктура, яку набуває нержавіюча сталь, залежить в першу чергу від її хімічного складу, в якому найважливішими легуючими елементами є хром (Cr) і нікель (Ni) (див. Рисунок 2.3). Насправді можливо варіювання в досить широкому діапазоні в результаті впливу інших легуючих елементів, що стабілізують або аустеніт, або ферит. Структура може бути також змінена шляхом гарячої або, в деяких випадках, холодної обробки. Дисперсно-твердіюча феритна або аустенітна нержавіюча сталь має більш високу міцність на розтягнення.

Основні особливості обробки нержавіючих сталей наступні:

1. Висока зміцнення матеріалу в процесі деформації різанням. Підвищена здатність до зміцнення нержавіючих сталей пояснюється

специфічними особливостями будови кристалічної решітки цих матеріалів. Характеристикою, що визначає пластичність або здатність матеріалу до зміцнення, є ставлення умовної межі текучості, що відповідає 0.2–відсоткової залишкової деформації, до межі міцності. Чим менше це відношення, тим більш пластичний матеріал і тим більшої сили різання вимагає для зняття одного і того ж обсягу металу. Величина цього відношення для нержавіючих сталей становить до 0.4 ... 0.45, в той час як для звичайних конструкційних сталей ця величина складає 0.6 ... 0.65 і більше.

2. Мала теплопровідність оброблюваного матеріалу, що призводить до підвищеної температури в зоні контакту, а отже, до активації явищ адгезії і дифузії, інтенсивному захоплюванню контактних поверхонь і руйнування ріжучої частини інструменту.

3. Здатність зберігати вихідну міцність і твердість при підвищених температурах, що призводить до високою питомою навантаженням на контактні поверхні інструменту в процесі різання. Посилює дію цього фактора низька теплопровідність цих матеріалів, завдяки чому висока температура на контактних поверхнях не дозволяє помітно знизити механічні властивості по всьому перетину зрізаного шару.

4. Велика стирається здатність жароміцних і нержавіючих сталей обумовлена наявністю в них крім фази твердого розчину ще так званої другої фази, що утворює інтерметалідні або карбідні включення. Ці частинки діють на робочі поверхні інструменту подібно абразиву, приводячи до збільшеного зносу. Велике значення мають також структурні перетворення, що відбуваються в цих матеріалах в процесі пластичної деформації і супроводжуються випаданням карбідів.

5. Знижена вібростійкість руху різання, обумовлена високою здатністю до зміцнення нержавіючих матеріалів при нерівномірності протікання процесу їх пластичного деформування. Виникнення вібрацій призводить до змінних силовим і тепловим навантаженням на робочі поверхні інструменту, отже, до мікро- і макровикришуванню різальних кромek. При

наявності вібрацій особливо несприятливий вплив на знос інструменту надають явища захоплення стружки з передньою поверхнею інструменту.

Рекомендацій при обробки нержавіючих сталей:

1. Застосування твердосплавних інструментів забезпечує належну твердість ріжучих крайок, що дозволяє витримати підвищену температуру при обробці аустенітної нержавіючої сталі. Маючи більш гострі ріжучі кромки, твердосплавні інструменти дійсно ефективно ріжуть нержавіючу сталь, а не деформують її, що обумовлює незначне виділення тепла в зоні різання.

2. Особливість аустенітної нержавіючої сталі така, що чим більше перетин стружки, тим більше тепла вона може відвести із зони різання. Найефективніший спосіб отримання великої стружки – це збільшення глибини різання і величини подачі. Великі глибини різання також скоротять кількість проходів, необхідних для обробки деталі. Це важливий фактор, оскільки аустенітна нержавіюча сталь піддається серйозному деформаційному зміцненню протягом тривалих операцій різання.

3. Унаслідок проблемних теплових явищ при обробці аустенітних нержавіючих сталей застосування MOP, як правило, є фактором, що визначає ефективність процесу. Рідина повинна бути високої якості, з вмістом олії в водо-масляній емульсії мінімум вісім або дев'ять відсотків у порівнянні з трьома-чотирма відсотками, характерними для більшості технологічних операцій. Чим вище тиск подачі MOP, тим краще вона забезпечує тепловідвід із зони різання.

У таблиці 2.4 вказані рекомендовані режими різання при обробки сталі 03X17H14M3 [5].

Таблиця 2.4 – Рекомендовані режими різання

Глибина, мм	6	3	1
Подача, мм/об	0,5	0,4	0,2
Швидкість різання, м/хв	130	160	205

3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

3.1 Розробка маршруту обробки основних поверхонь

Маршрут обробки основних поверхонь (МОП) необхідний для визначення кількості переходів при обробці деталі для того, щоб при їх реалізації отримати необхідну точність і якість поверхні деталі. МОП – це певна послідовність технологічних переходів обробки поверхні заготовки, необхідних для досягнення заданих показників якості цієї поверхні в деталі. МОП є технологічною основою технологічного процесу механічної обробки, бо саме в МОП, в технологічних переходах закладаються фізико-механічні, хіміко-термічні та інші процеси впливу на поверхню заготовки.

Таблиця 3.1 – Маршрут обробки поверхонь

№ операції	Поверхня	Модель верстата	Пристрій	Технологічна база
005	1. Чорнове точіння поверхні $\varnothing 58 \pm 0,02$ мм на довжину $l = 15 \pm 0,5$ мм для отримання шорсткості $Ra = 3,2$ мкм 3. Чистове точіння $\varnothing 57^{+0,02}$ мм на довжину $l = 14 \pm 0,2$ мм для отримання шорсткості $Ra = 1,6$ мкм 4. Чорнове точіння отворів $\varnothing 22_{-0,3}$ мм на довжину $l = 4,8^{+0,08}$ мм; отримання шорсткості $Ra = 3,2$ мкм 5. Чистове точіння внутрішніх отворів $\varnothing 25,62^{+0,021}$ мм на довжину $l = 5,15$ мм, для отримання шорсткості $Ra = 1,6$	Weiler DZ 32	Гідравлічний цанговий патрон	Чорнова зовнішня поверхня заготовки

	мкм. 6. Чистове точіння канавки за програмою на Ø39,6 мм 0,9^{+0,025}мм 0,6±0,012мм,отримання шорсткості Ra = 1,6 мкм.			
010	1. Чорнове точіння поверхні Ø57мм, отримання шорсткості Ra = 3,2 мкм 3. Чистове контурне точіння за програмою поверхні Ø57мм, отримання шорсткості Ra = 1,6 мкм. 4. Чистове точіння канавки за програмою на Ø39,6 мм отримання шорсткості Ra = 1,6 мкм. 7. Нарізання різі за програмою М40х0,35 на довжину l=1,53мм; отримання шорсткості Ra = 1,6 мкм.	Weiler DZ 32	Пристосування спеціальне	Попередньо оброблений внутрішній отвір
015	Обробка контуру за програмою	Mitsubishi CX 20	Пристосування спеціальне	Попередньо оброблений внутрішній отвір
020	Чистове фрезерування контуру за програмою, отримання шорсткості Ra = 1,6 мкм.	МАНО МН 600 Е2	Пристосування спеціальне	Попередньо оброблений внутрішній отвір
025	2. Фрезерування отвору Ø5,5^{+0,03}ммотримання шорсткості Ra = 3,2 мкм. 3. Свердління отвору	МАНО МН 600 С	Пристосування спеціальне	Попередньо оброблений внутрішній отвір

	$\varnothing 2,1^{+0,1}$ мм отримання шорсткості $R_a = 3,2$ мкм. 4. Фрезерування $\varnothing 2,5^{+0,004}_{-0,01}$ мм отримання шорсткості $R_a = 1,6$ мкм.			
--	--	--	--	--

Після фрезерної обробки шорсткість зовнішніх поверхонь повинна бути не більша ніж $R_{a3} = 1,25$ мкм. У подальшому шорсткість поверхонь доводиться полірувальником до необхідного рівня згідно еталону.

3.2 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі (МВД) – це загальний план, в якому на основі компоновання раніше розробленого маршруту обробки основних поверхонь (МОП) встановлено склад і послідовність операцій технологічного процесу, вказані тип і модель верстата, розроблені схеми установок, наведені вхідні та вихідні характеристики оброблюваних поверхонь і тому подібне.

Головною метою технології при проектуванні технологічного процесу виготовлення деталі є забезпечення необхідної якості, максимальної продуктивності, мінімальних собівартості та шкідливих впливів на навколишнє середовище. Технологічні основи для досягнення цієї мети закладаються при складанні маршруту обробки основних поверхонь (при призначенні переходів), а організаційні основи – при формуванні операцій маршруту виготовлення деталі [12,13].

Вихідними даними для складання МВД є креслення деталі та заготовки (рисунок 3.1), річна програма випуску, відомості про цільове призначення технологічного процесу, довідково-нормативні матеріали.

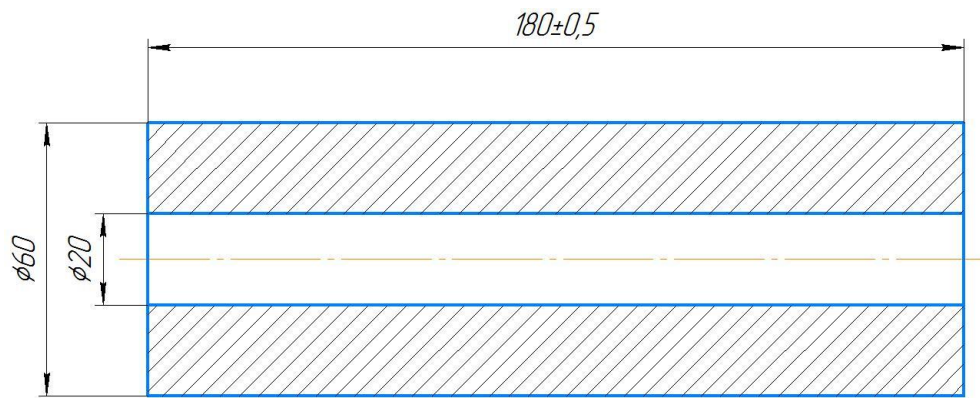
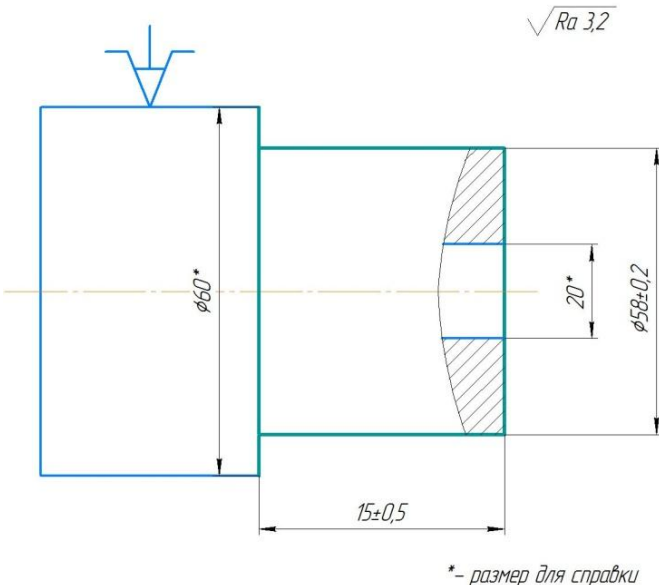
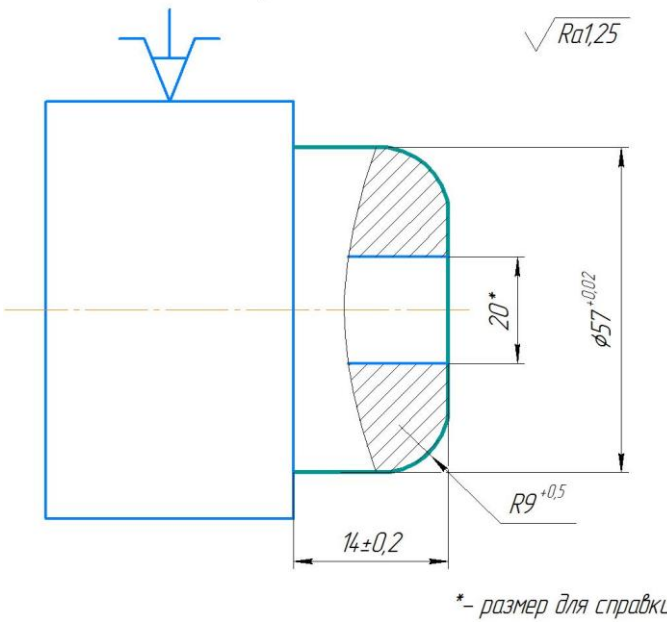


Рисунок 3.1 – Креслення заготовки.

Оскільки заготовка отримана відцентровим литтям, її шорсткість складатиме $Ra = 6,3$ мкм. Виходячи з цього, можна запропонувати наступний маршрут виготовлення деталі «Втулка» як етапний документ технологічного проектування, який представлений у вигляді карти-таблиці (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 – Маршрут виготовлення деталі

№ опер	Назва операції.	Картинка
1	2	4
005	Токарна з ЧПК 1) Чорнове точіння поверхні $\varnothing 58 \pm 0,02 \text{ мм}$ на довжину $l = 15 \pm 0,5 \text{ мм}$ для отримання шорсткості $Ra = 3,2 \text{ мкм}$ 2) Чистове точіння $\varnothing 57^{+0,02} \text{ мм}$ на довжину $l = 14 \pm 0,2 \text{ мм}$ для отримання шорсткості $Ra = 1,6 \text{ мкм}$	<i>Переход 2</i>  $\sqrt{Ra\ 3,2}$ $\varnothing 60^*$ 20^* $\varnothing 58^{+0,2}$ $15 \pm 0,5$ * – розмір для справки <i>Переход 3</i>  $\sqrt{Ra\ 1,25}$ $\varnothing 57^{+0,02}$ 20^* $R9^{+0,5}$ $14 \pm 0,2$ * – розмір для справки

3) Чорнове точіння
отворів

$\varnothing 22_{-0,3}^{+0,08}$ мм на довжину
 $l=4,8_{-0,03}^{+0,08}$ мм; $\varnothing 23_{-0,03}^{+0,08}$

мм на довжину

$l=2,8_{-0,03}^{+0,08}$ мм,

$\varnothing 36_{-0,03}^{+0,08}$ мм на довжину
 $l=1,6_{-0,03}^{+0,08}$ мм отримання

шорсткості

$Ra = 3,2$ мкм

4) Чистове точіння
внутрішніх отворів

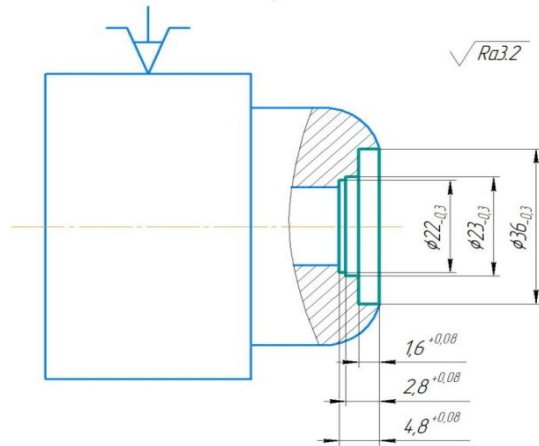
$\varnothing 25,62_{-0,021}^{+0,021}$ мм на
довжину $l=5,15$ мм, для
отримання шорсткості

$Ra = 1,6$ мкм.

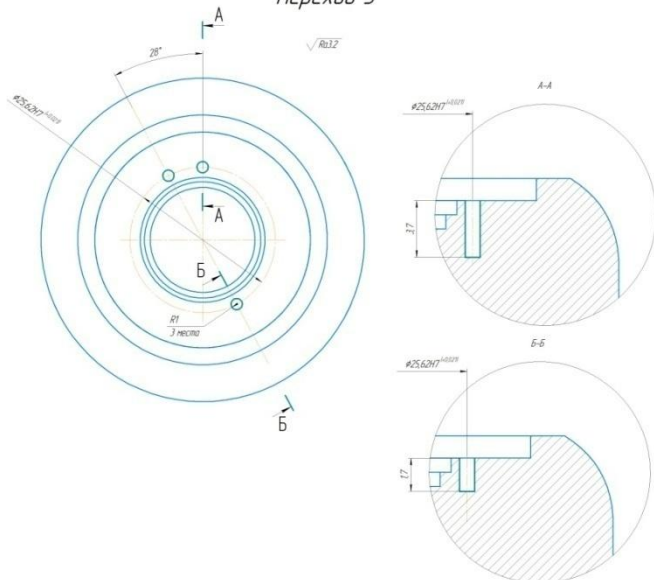
6) Чистове точіння
внутрішніх отворів

$\varnothing 25,62_{-0,02}^{+0,02}$ мм на
довжину $l=5,15$ мм,
 $\varnothing 26,5$ мм на довжину
 $l=3,2$ мм $\varnothing 38,5_{-0,02}^{+0,02}$ мм
на довжину $l=1,95$ мм
для отримання
шорсткості
 $Ra = 1,25$ мкм.

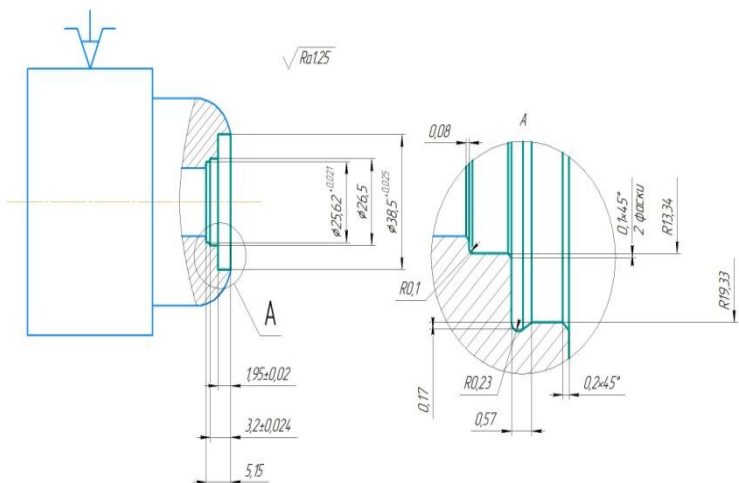
Переход 4



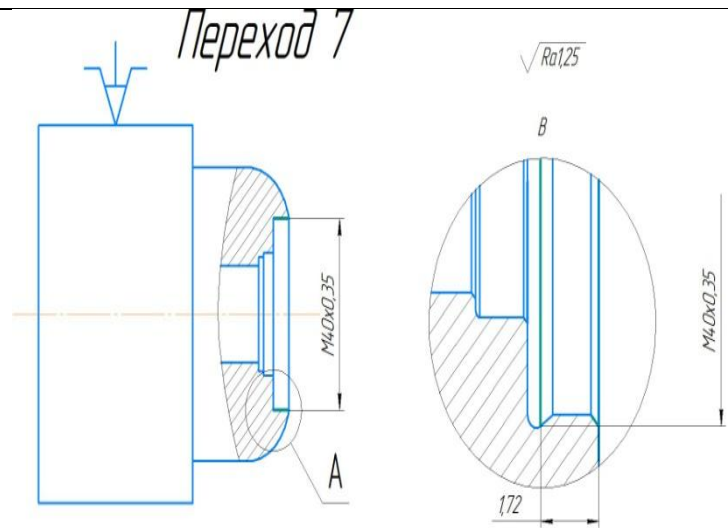
Переход 5



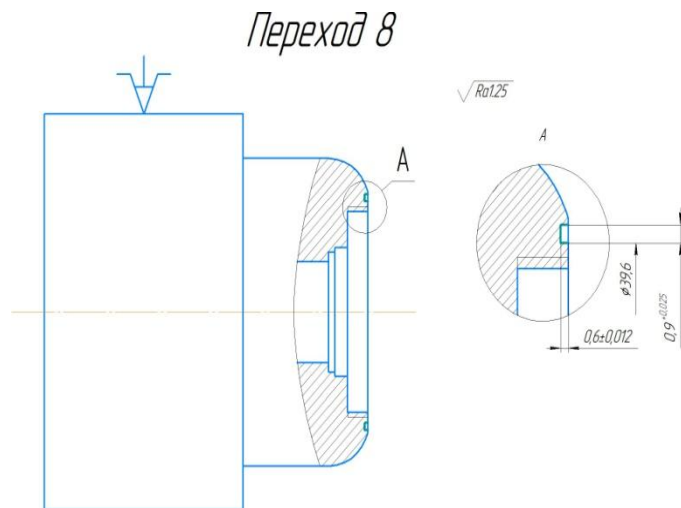
Переход 6



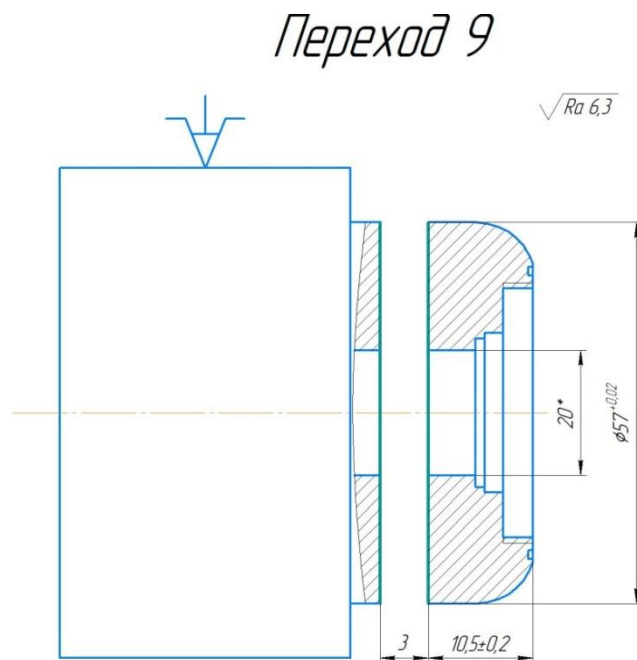
5) Нарізання різі
M40x0,35 на довжину
 $l=1,53\text{мм}$; отримання
шорсткості $Ra = 1,6$
мкм.

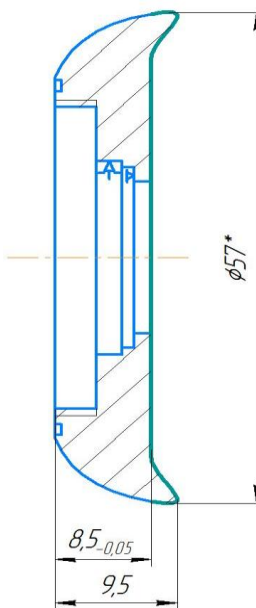
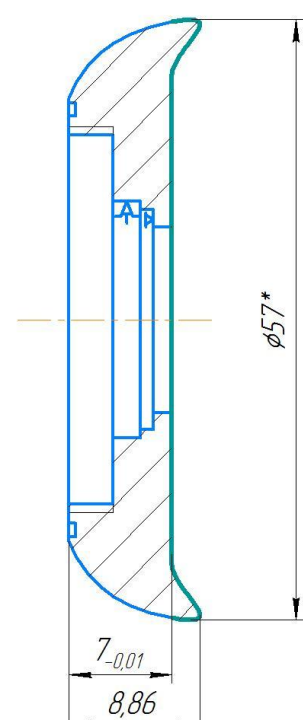


7) Фрезерування
торцевої канавки
довжиною
 $0,6 \pm 0,02 \times 0,9^{+0,02}$
отримання шорсткості
 $Ra = 1,25$ мкм



8) Відрізання
заготовки $\phi 57^{+0,02}$
отримання шорсткості
 $Ra = 6,3$ мкм



010	Токарна з ЧПК 1) Чорнове контурне точіння поверхні Ø57мм на довжину $l=8,5_{-0,05}$ мм $l=9,5$мм для отримання шорсткості $Ra = 3,2$ мкм 2) Чистове контурне точіння поверхні Ø57мм на довжину $l=7_{-0,01}$ мм $l=8,86$мм для отримання шорсткості $Ra = 1,25$ мкм	<i>Переход 2</i> $\sqrt{Ra\ 3.2}$  <i>Переход 3</i> $\sqrt{Ra\ 1.25}$ 
-----	--	--

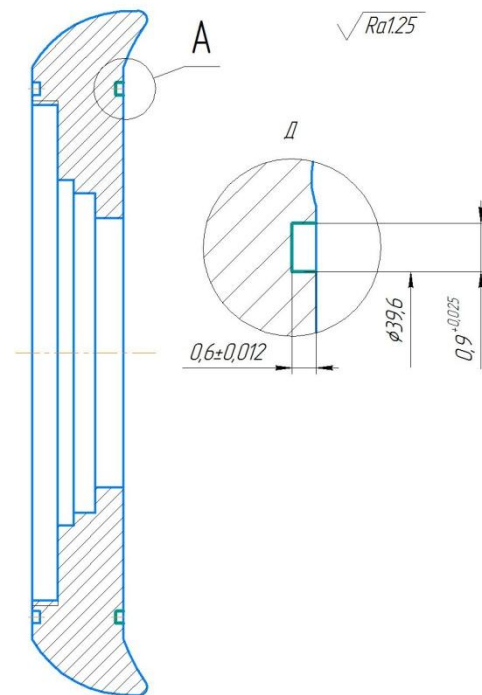
3) Чистове точіння
канавки на $\varnothing 39,6$ мм

$0,9^{+0,025}_{-0}$ мм

$0,6 \pm 0,012$ мм для
отримання шорсткості

$Ra = 1,25$ мкм

Переход 4

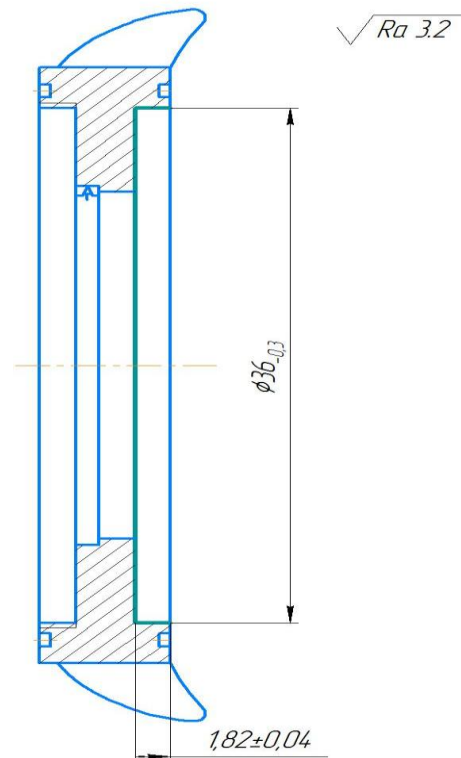


Переход 5

4) Чорнове точіння
внутрішнього отвору
 $\varnothing 36_{-0,3}^{+0}$ мм на довжину
 $l = 1,82 \pm 0,04$ мм; для

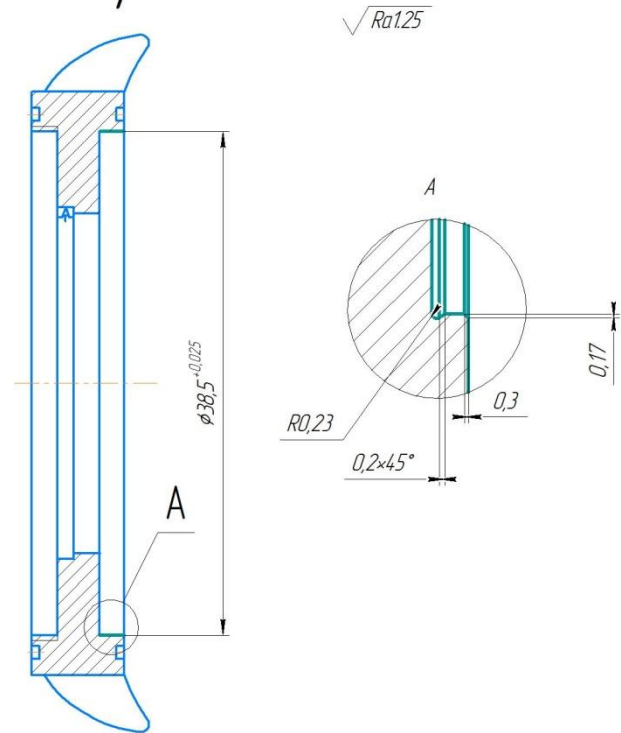
отримання шорсткості

$Ra = 3,2$ мкм



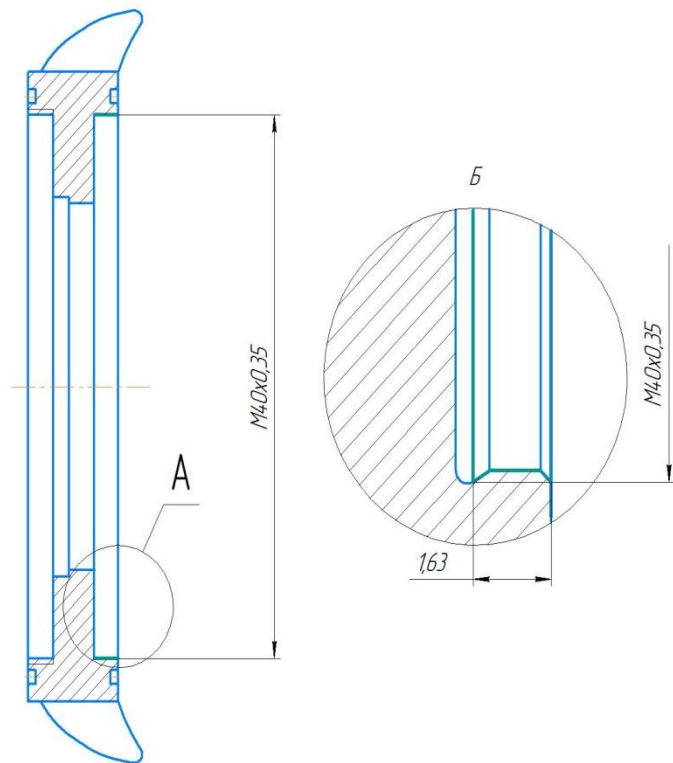
5) Чистове точіння
внутрішнього отвору
 $\varnothing 38,5^{+0,025}$ мм на
довжину
 $l=1,82\pm 0,04$ мм; для
отримання шорсткості
 $Ra = 1,25$ мкм

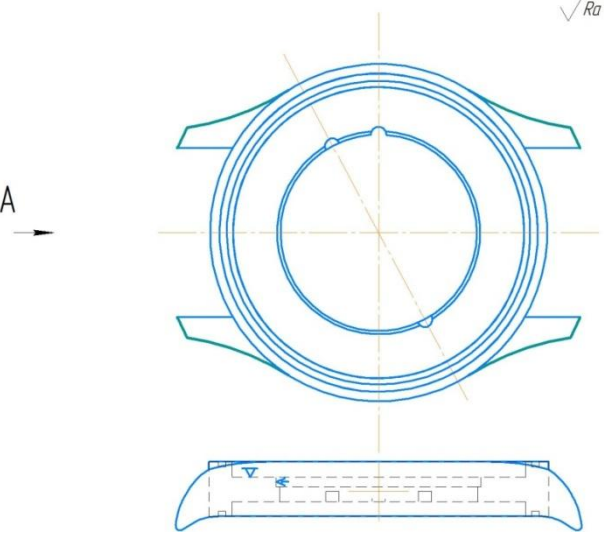
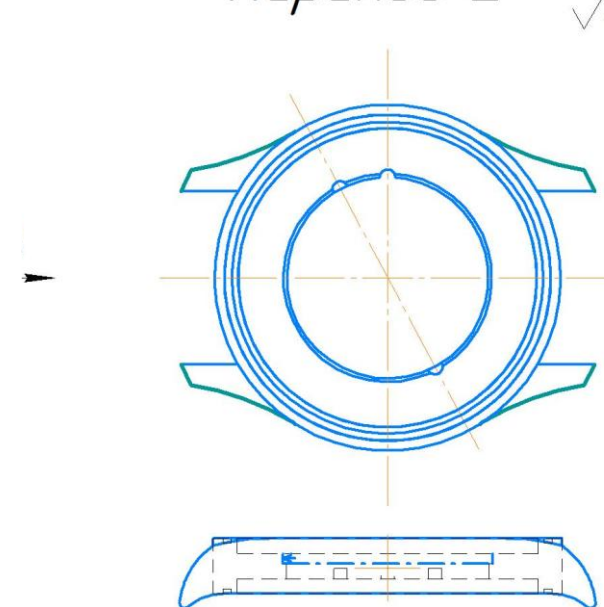
Переход 6

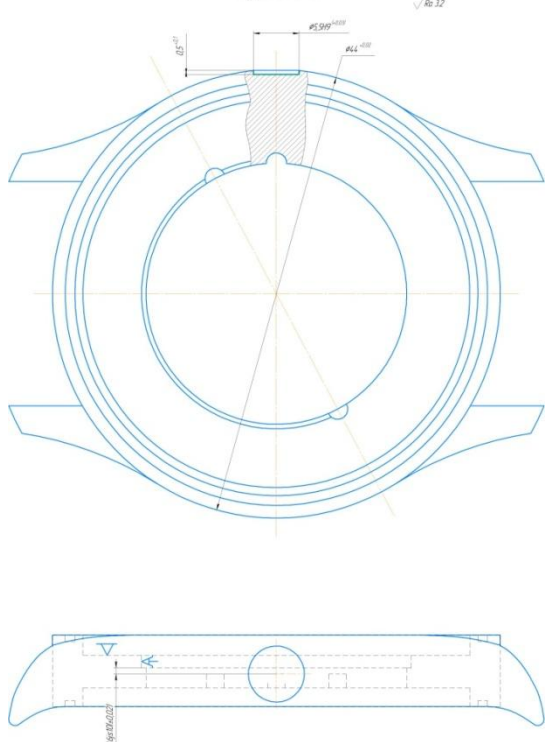
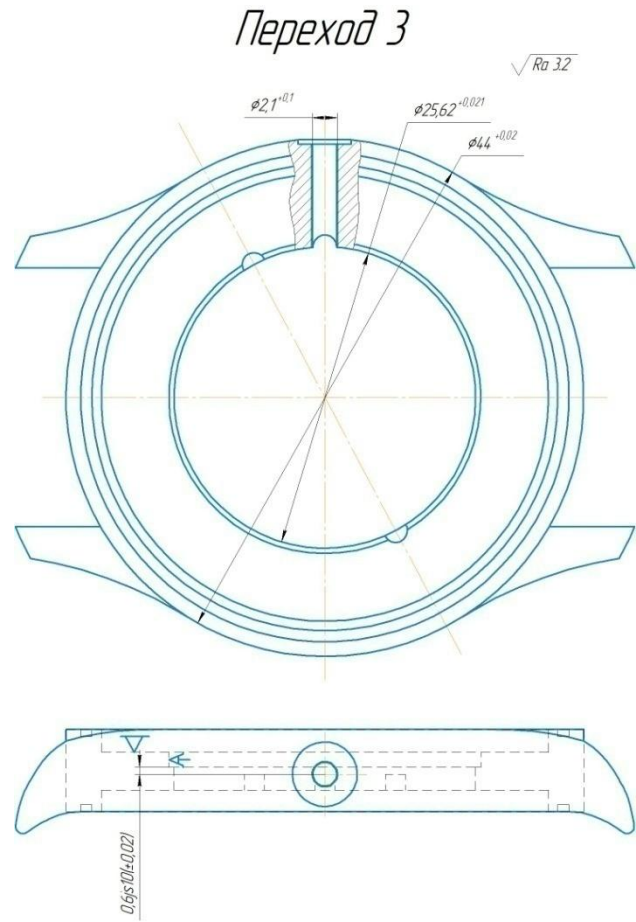


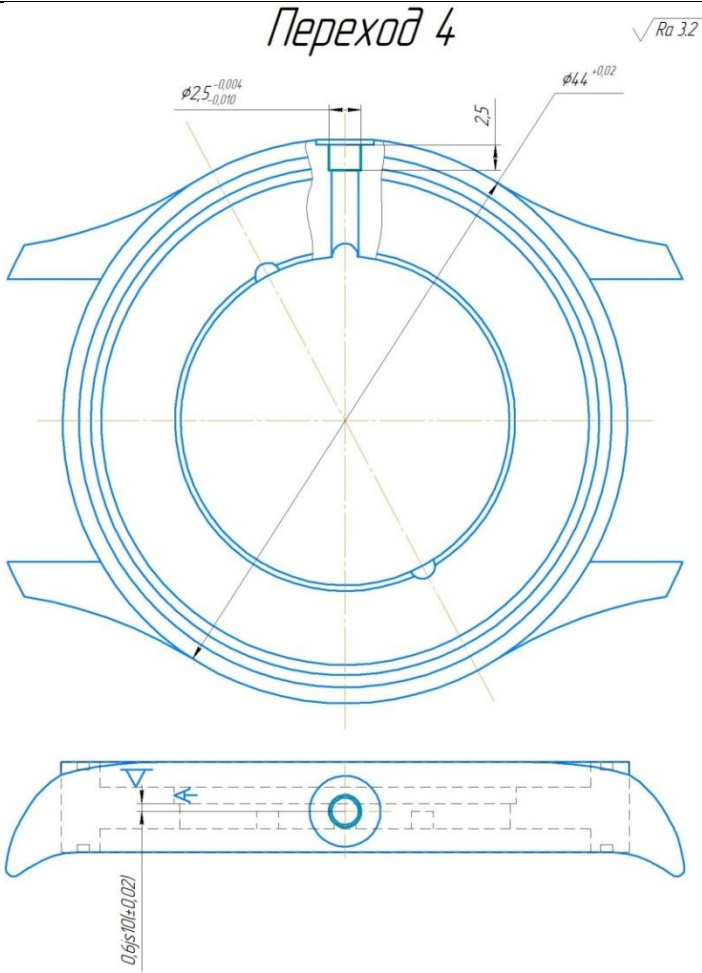
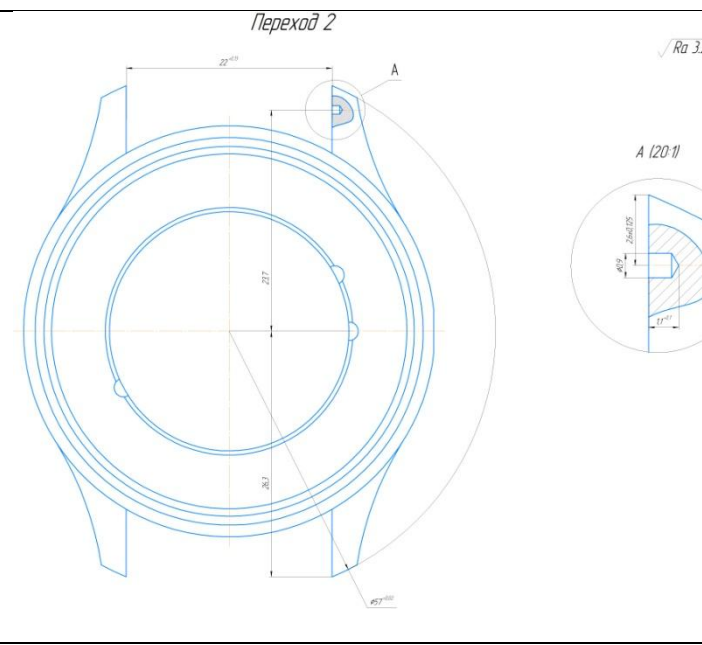
Переход 7

6) Нарізання різі
M40x0,35 на довжину
 $l=1,53$ мм;



015	Електроерозійна обробка 1) Обробка контуру за програмою для отримання шорсткості $Ra = 1,6$ мкм	<i>Переход 2</i> $\sqrt{Ra\ 16}$ 
020	Фрезерна з ЧПК 1) Чистове фрезерування контуру за програмою для отримання шорсткості $Ra = 1,6$ мкм	<i>Переход 2</i> $\sqrt{Ra\ 16}$ 

025	Фрезерна з ЧПК 1) Фрезерування отвору $\varnothing 5,5^{+0,03}_{-0,03}$ мм на довжину $l=0,5^{+0,1}_{-0,1}$ мм для отримання шорсткості $Ra = 3,2$ мкм 2) Свердління отвору за програмою $\varnothing 2,1^{+0,1}_{-0,1}$ мм наскрізь для отримання шорсткості $Ra = 3,2$ мкм	Переход 2  Переход 3 
------------	--	---

	3) Фрезерування отвору за програмою $\varnothing 2,5_{-0,01}^{-0,004}$ мм на довжину $l=2,5$ мм для отримання шорсткості $Ra = 3,2$ мкм	Переход 4 
030	Фрезерна з ЧПК 1) Свердління отвору $\varnothing 0,9$ мм на довжину $l=1,1^{+0,1}_{-0,05}$ мм 5 мм для отримання шорсткості $Ra = 3,2$ мкм	Переход 2 

4 ВИБІР ІНСТРУМЕНТУ

Серед усього різноманіття інструментальних фірм які представлені на ринку України, при виборі кола ймовірних постачальників інструменту зупинилися на двох: SECO та Iscar.

Міжнародна корпорація Iscar [11] є одним зі світових лідерів-виробників металорізального інструменту.

Створена у 1952 році, компанія має велику історію успішного росту та розвитку. Асортимент високоякісної продукції Iscar становить більш ніж 80 000 найменувань, і представництва в 60 країнах світу.

Компанія Seco [10] є одним з найбільших постачальників комплексних рішень для металообробки: компанія поставляє інструмент для фрезерування, токарної обробки, обробки отворів і допоміжний інструмент. Протягом більш ніж 80-річної історії компанія розробляє і поставляє комплексні технологічні рішення для максимізації продуктивності і прибутковості їх виробництв.

Вибір цих постачальників обумовлено добрими відгуками при попередніх обробках інших матеріалів та деталей.

Виходячи з геометричних особливостей поверхонь, та беручи до уваги особливості оброблюваного матеріалу було відібрано номенклатуру різального інструменту згідно обраної технології обробки. Результати відбору приведені у таблицях (табл. 4.1 та табл. 4.2)

Таблиця 4.1 – Номенклатура інструменту від компанії Iscar.

Операція	Найменування	Кіл-ть, шт.	Примітка
Прохід, підрізка торця	PWLN R 2525M-06	2.00	чорновий + чистовий різець
	WNMG 06T308-TF IC807	10.00	пластини
	WNMG 06T304-PP IC807	10.00	пластини
Розточка	A16M PWLN R-06	1.00	

	WNMG 06T301-NF IC908	10.00	пластини
Різь	SER 2525 M16	1.00	
	16ER 0.35 ISO IC908	5.00	пластини
Канавка різьбова	S12M SDUCR-07	1.00	
	DCET 0702005L-WF IC907	10.00	пластини
Торцева канавка 1 мм	PICCO R 010.1006- 10IC228	1.00	пластини
	PICCO 20-6-7	1.00	
	EC020B07-3C03 IC900	1.00	
Відрізка	DCTR 25B-3D42	1.00	
	DCE N3002J IC1008	10.00	пластини
Фреза d5	145-050-14-05-50-4- G	1.00	
Свердло d2,1	SCD 021-012-030 AP6 908	1.00	
Розгортка d2,5	59705IC0250KMX	1.00	

Таблиця 4.2 – Номенклатура інструменту від компанії SECO.

№ п/п	Найменування виробу	Операція №. Перехід №	Позначення SECO	Сплав (для пластини)	Номер продукту	Група продукту
1	Державка зовнішня	1.2	DWLN2020K 06		00038364	B40
2	Пластина токарна		WNMG080408- M5	TM4000	02566174	A41

3	Державка зовнішня	1.3	SVJBR2020K11		75066241	B40
4	Пластина токарна		VBMT110204-F1	CP500	00096708	A42
5	Державка розточувальна	1.4	A12N-SCLCR09		02413812	B40
6	Пластина токарна		CCMT09T304-F1	TM2000	02566183	A42
7	Державка розточувальна	1.5	A12N-SDUCR07		02516530	B40
8	Пластина токарна		DCGT070201-F1	CP500	02430339	A42
9	Державка різьбова внутр.	1.6	SNR0013L11		75025249	B50
10	Пластина різьбова		11NRA60-A	CP500	02444861	A51
11	Державка модульна	1.7	GR2020K-V21		00089073	B72
12	Картридж		V21-COL1303R039024		02718883	B72
13	Пластина канавкова		LCGA130300-0115-FG	CP500	00034019	A72
14	Фреза т.с. діам. 2мм	1.8	JS513020F3C.0 Z3-NXT		02927321	B29
15	Державка канавкова (с допрацюванням)	1.9	CFSR2525M03		02703367	B72
16	Пластина канавкова		LCMF160304-0300-MC	CP500	00029832	A72
17	Державка розточувальна	2.2	A12N-SCLCR09		02413812	B40
18	Пластина токарна		CCMT09T304-F1	TM2000	02566183	A42
19	Державка розточувальна	2.3	A12N-SDUCR07		02516530	B40

20	Пластина токарна		DCGT070201-F1	CP500	02430339	A42
21	Державка модульна	2.4	GR2020K-V21		00089073	B72
22	Картридж		V21-COL1303R039024		02718883	B72
23	Пластина канавкова		LCGA130300-0115-FG	CP500	00034019	A72
24	Державка розточувальна	2.5	A12N-SCLCR09		02413812	B40
25	Пластина токарна		CCMT09T304-F1	TM2000	02566183	A42
26	Державка розточувальна	2.6	A12N-SDUCR07		02516530	B40
27	Пластина токарна		DCGT070201-F1	CP500	02430339	A42
28	Державка різьбова внутр.	2.7	SNR0013L11		75025249	B50
29	Пластина різьбова		11NRA60-A	CP500	02444861	A51
30	Фреза т.с. діам. 5мм	4.2	JS554050G2C.0 Z4-SIRA		03029958	B29
31	Фреза т.с. діам. 5мм	5.2	JS554050G2C.0 Z4-SIRA		03029958	B29
32	Свердло т.с діам. 2,1мм	5.3	SD205A-0210-012-04R1-P		03046132	B82
33	Фреза т.с. діам. 2,5мм	5.4	JS513025F2C.0 Z3-NXT		02927305	B29

При загальному порівнянні було встановлено що технічні характеристики багатьох вибраних інструментів цих двох виробників співпадають та для даного оброблювального матеріалу співпадають.

Після підбору були зроблені запити на фірми представники даних виробників в Україні, для отримання консультацій по призначенню режимів різання, а також отримання комерційних пропозицій по вартості.

Отримані комерційні пропозиції дали змогу порівняти кошторис на інструмент (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Порівняння кошторису інструменту ISCAR та SECO

ISCAR		SECO	
Назва інструменту	Ціна	Назва інструменту	Ціна
Державка зовнішня PWLNR 2525M-06	3178.32	Державка зовнішня DWLNR2020K06	2003.64
Токарна пластина чорнове точіння WNMG 06T308-TF	324.06	Токарна пластина чорнове точіння WNMG080408-M5	295.00
Токарна пластина чистове точіння DCET 0702005L-WF	482.98	Токарна пластина чистове точіння VBMT110204-F1 CP500	318.60
Державка розточувальна A16M PWLNR-06	7011.00	Державка розточувальна A12N-SCLCR09	2525.20
Токарна пластина чорнове точіння WNMG 06T304-PP	324.06	Токарна пластина чорнове точіння CCMT09T304-F1	213.34
Токарна пластина чистове точіння WNMG 06T301-NF	324.06	Токарна пластина чистове точіння DCGT070201-F1 CP500	297.36
Державка внутрішня різьбова	4736.32	Державка внутрішня різьбова	3209.60

SER 2525 M16		SNR0013L11	
Пластина різьбова 16ER 0.35 ISO	666.82	Пластина різьбова 11NRA60-A	403.56
Державка розточувальна S12M SDUCR-07	3801.52	Державка розточувальна A12N-SCLCR09	3209.60
Пластина канавкова DCE N3002J	535.95	Пластина канавкова LCGA130300-0115-FG CP500	670.24
Твердосплавна фреза EC020B07-3C03	1617.20	Твердосплавна фреза JS513020F3C.0Z3-NXT	660.80
Твердосплавна фреза 59705IC0250KMX	2214.00	Твердосплавна фреза JS554050G2C.0Z4-SIRA	1043.12
Свердло твердосплавне Ø2,1 SCD 021-012-030 AP6	2143.81	Свердло твердосплавне Ø2,1 SD205A-0210-012-04R1-P	2062.64
Державка канавкова DCTR 25B-3D42	4424.72	Державка канавкова CFSR2525M03	3610.80
Сума	31784,82	Сума	15994,66

Результатом порівняння економічної складової дало можливість встановити, що купівля одного асортименту продукції буде складати майже двократну різницю у ціні. Загальна вартість у фірми ISCAR склала – 31784 грн 82 коп., загальна вартість у фірми SECO склала – 15994 грн 66 коп.

Таким чином для подальшої роботи та у якості постачальника ріжучого інструменту було обрано фірму SECO, ріжучий інструмент якої майже не поступається технічними характеристиками та майже у двічі дешевший.

Технічні характеристики обраного інструменту

Різальний інструмент характеризується матеріалом різальної частини у залежності від оброблюваного матеріалу та виду обробки, та геометричними параметрами. Згідно рекомендацій фірми виробника [10,11] були обрані наступні матеріали у якості ріжучих:

- CP500
- TM200
- NXT

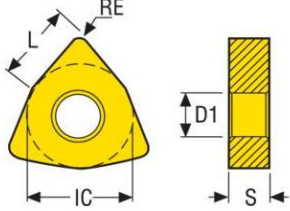
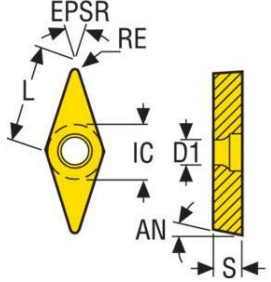
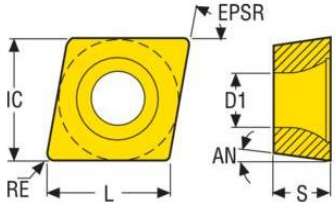
Характеристики матеріалів надано у таблиці 4.4.

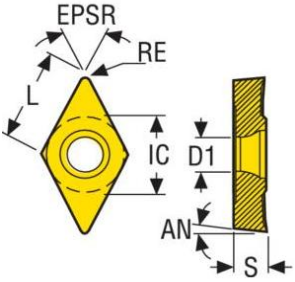
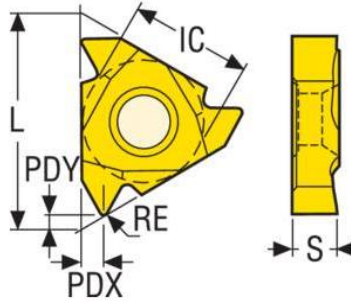
Таблиця 4.4 – Характеристики ріжучих матеріалів

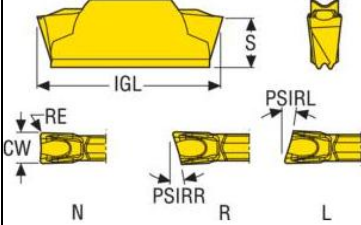
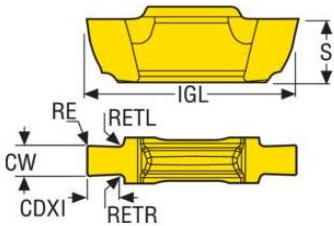
Матеріал	Хімічний склад	Опис
CP500	(Ti, Al) N + TiN	Міцний мікрозернистий сплав, призначений для чистової та напівчистової обробки нержавіючих сталей, також застосовується для обробки сталей і алюмінієвих сплавів. Демонструє особливо хороші показники при переривчастому різанні.
TM200	Ti (C,N) + Al ₂ O ₃	Зносостійкий оптимізований сплав для обробки нержавіючої сталі та м'яких сталей.
NXT	TiAlN	Для обробки широкого діапазону матеріалів. Воно забезпечує підвищену зносостійкість інструменту, а отже, збільшує термін служби. Крім того, покриття знижує тертя, що зменшує швидкість зносу і оптимізує видалення стружки.

У таблиці 4.5 надано повні характеристики ріжучих пластин обраного інструменту та рекомендовані режими різання.

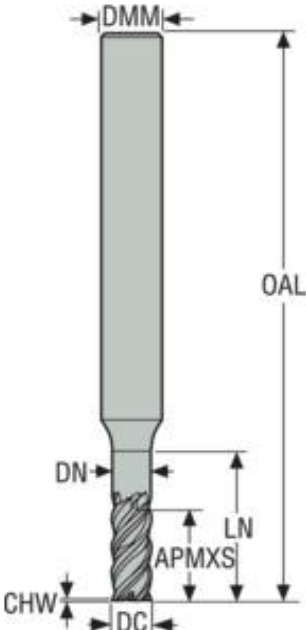
Таблиця 4.5 – Характеристики ріжучих пластин

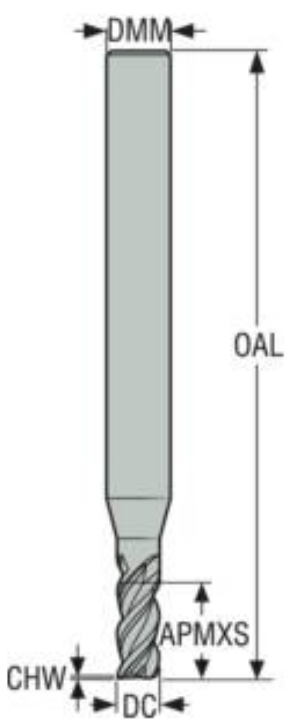
Інструмент	Параметри інструмента			Режими різання
WNMG080408-M5 TM4000 	AN	Задній кут	0°	$a_p = 0,5-2\text{мм}$ $F = 0,2\text{мм/об}$ $V = 80-100\text{м/хв}$
	D1	Діаметр установчого отвору	5,2мм	
	EPSR	Кут	80°	
	IC	Діаметр вписаного кола	12,7мм	
	L	Номінальна довжина ріжучої кромки	8,7мм	
	RE	Радіус кута	0,8мм	
	S	Товщина пластини	4,76мм	
	WEIGHT	Вага	0,009кг	
VBMT110204-F1 CP500 	AN	Задній кут	5°	$a_p = 0,2-0,5\text{мм}$ $F = 0,06\text{мм/об}$ $V = 80-100\text{м/хв}$
	D1	Діаметр установчого отвору	2,9мм	
	EPSR	Кут	35°	
	IC	Діаметр вписаного кола	6,35мм	
	L	Номінальна довжина ріжучої кромки	11,1мм	
	RE	Радіус кута	0,4мм	
	S	Товщина пластини	2,38мм	
	WEIGHT	Вага	0,002кг	
CCMT09T304-F1 TM2000 	AN	Задній кут	7°	$a_p = 0,5-1\text{мм};$ $F = 0,08\text{мм/об};$ $V = 80-100\text{м/хв}$
	D1	Діаметр установчого отвору	4,5мм	
	EPSR	Кут	80°	
	IC	Діаметр вписаного кола	9,53мм	
	L	Номінальна довжина ріжучої кромки	9,7мм	
	RE	Радіус кута	0,4мм	

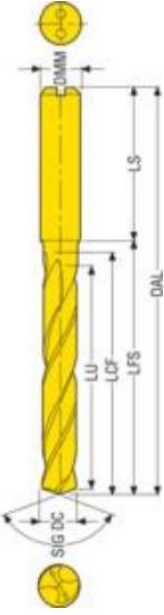
	S	Товщина пластини	3,97мм	
	WEIGHT	Вага	0,004кг	
DCGT070201-F1 CP500 	AN	Задній кут	7°	$a_p = 0,1-0,4\text{мм};$ $F = 0,017\text{мм/об};$ $V = 50-60\text{м/хв}$
	D1	Діаметр установчого отвору	2,9мм	
	EPSR	Кут	55°	
	IC	Діаметр вписаного кола	6,35мм	
	L	Номінальна довжина ріжучої кромки	7,8мм	
	RE	Радіус кута	0,1мм	
	S	Товщина пластини	2,38мм	
	WEIGHT	Вага	0,001кг	
11NRA60-A CP500 	CEDC	Кількість кромок	3	$V = 40-50\text{м/хв}$
	D1	Діаметр установчого отвору	2,9мм	
	EPSR	Кут	55°	
	IC	Діаметр вписаного кола	6,35мм	
	L	Номінальна довжина ріжучої кромки	11мм	
	RE	Радіус кута	0,08мм	
	S	Товщина пластини	3мм	
	WEIGHT	Вага	0,001кг	
	PDX	Розмір профілю ex	0,8	
	PDY	Розмір профілю ey	0,7	
	PNA	Кут, що включає профіль	60°	

	TPN	Мін. крок різі	0,5мм	
	TPX	Макс. крок різі	1,5мм	
LCMF160304-0300-MCCP500 	CEDC	Кількість кромок	2	F= 0,1мм/об; V= 80-100м/хв
	AN	Задній кут	7°	
	CDXI	Макс. глибина різання	14мм	
	CW	Ширина різання	3мм	
	IGL	Калібрована довжина	15,9мм	
	RE	Радіус кута	0,4мм	
	S	Товщина пластини	4,5мм	
	WEIGHT	Вага	0,003кг	
	PSIRL	Головний кут різання, лівий	0°	
	PSIRR	Головний кут різання, правий	0°	
LCGA130300-0115-FG CP500 	CEDC	Кількість кромок	2	F= 0,044мм/об; V= 80-100м/хв
	AN	Задній кут	7°	
	CDXI	Макс. глибина різання	1,4мм	
	CW	Ширина різання	1,15мм	
	IGL	Калібрована довжина	12,4 мм	
	RE	Радіус кута	0,0мм	
	S	Товщина пластини	4,0мм	
	WEIGHT	Вага	0,001кг	
	APMX S	Максимальна глибина різання	7,0 мм	
	CHW	Ширина фаски	0,020 мм	

JS513020F3C.0Z3-NXT	C_{max}	Гвинтова інтерполяція- макс. діаметр отвору	4,0 мм	$F_z=0,007\text{мм/зуб}$ $V= 30\text{-}40\text{м/хв}$
	C_{min}	Гвинтова інтерполяція- мін. діаметр отвору	2,6 мм	
	Покриття	Покриття	NXT	
	DC	Діаметр DC	2,000 мм	
	DMM	Діаметр хвостовика	6,0 мм	
	DN	Діаметр шейки	2,0 мм	
	FHA	Кут нахилу спіралі	46°	
	KCH	Кут фаски	45°	
	LN	Довжина шейки	9.2 мм	
	OAL	Загальна довжина	57.0 мм	
	PCEDC	Число ріжучих кромок	3	
	PSIR	Кут в плані	0°	
	Weight	Вага	0,030 кг	
	APMXS	Максимальна глибина різання	12мм	
	CHW	Ширина фаски	0,055мм	
	C_{max}	Гвинтова інтерполяція- макс. діаметр	9,9мм	

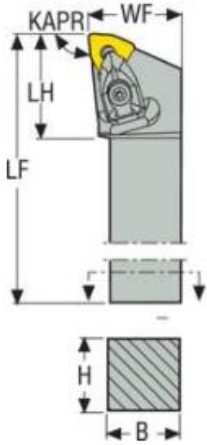
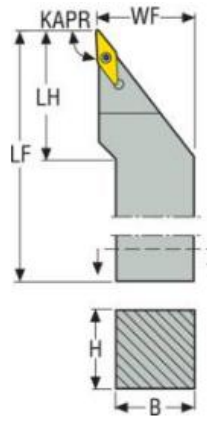
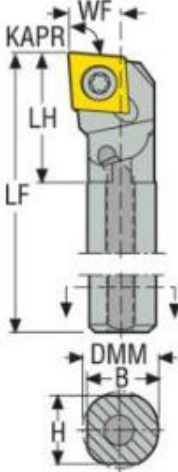
JS554050G2C.0Z4-SIRA 		отвору		$F_z=0,016\text{мм/зуб}$ $V= 30\text{-}40\text{м/хв}$
	$C_{\min}$	Гвинтова інтерполяція-мін. діаметр отвору	6,5мм	
	Покриття	Покриття	SIRON-A	
	DC	Діаметр DC	5,0 мм	
	DMM	Діаметр хвостовика	6,0 мм	
	DN	Діаметр шейки	4,8мм	
	FHA	Кут нахилу спіралі	48°	
	KCH	Кут фаски	45°	
	LN	Довжина шейки	16,0мм	
	OAL	Загальна довжина	57,0 мм	
	PCEDC	Число ріжучих кромок	4	
	PSIR	Кут в плані	0°	
	Weight	Вага	0,025кг	
	APMXS	Максимальна глибина різання	5,0мм	
	CHW	Ширина фаски	0,025мм	
	$C_{\max}$	Гвинтова інтерполяція-макс. діаметр отвору	4,9мм	

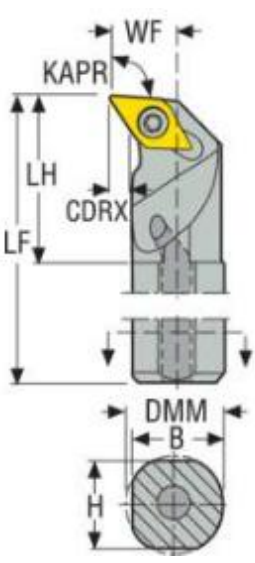
JS513025F2C.0Z3-NXT 	C _{min}	Гвинтова інтерполяція-мін. діаметр отвору	3,3мм	V= 30-40м/хв
	Покриття	Покриття	NXT	
	DC	Діаметр DC	2,5мм	
	DMM	Діаметр хвостовика	6,0 мм	
	DN	Діаметр шейки	2,5мм	
	FHA	Кут нахилу спіралі	46°	
	KCH	Кут фаски	45°	
	LN	Довжина шейки	7,3мм	
	OAL	Загальна довжина	57,0 мм	
	PCEDC	Число ріжучих кромок	3	
	PSIR	Кут в плані	0°	
	Weight	Вага	0,023кг	
SD205A-0210-012-04R1-P	CHW	Ширина фаски	0,15мм	
	Сплав	Сплав	Carbide PVD	
	DC	Діаметр DC	2,1мм	
	DMM	Діаметр хвостовика	4,0 мм	
	KCH	Кут фаски	35°	
	LCF	Довжина каналу	15.0 мм	

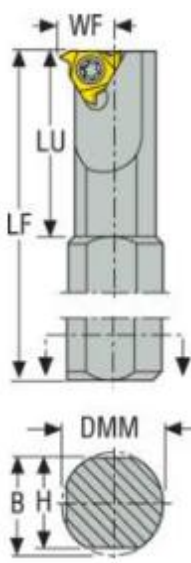
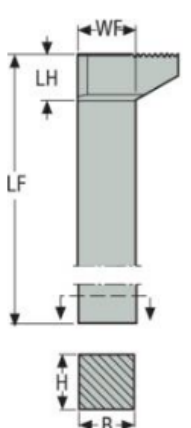
		стружки		$F = 0,045 \text{ мм/об}$ $V = 30-40 \text{ м/хв}$
	LFS	функціональна довжина	19.0 мм	
	LS	Довжина хвостовика	27.0 мм	
	LU	Ефективна довжина	12.0 мм	
	OAL	Загальна довжина	46.0 мм	
	PL	Довжина вершини	0.4 мм	
	SIG	Кут вершини	140°	
	Вага	Вага	0.005 кг	
	ZEFP	Число ріжучих кромок	2	

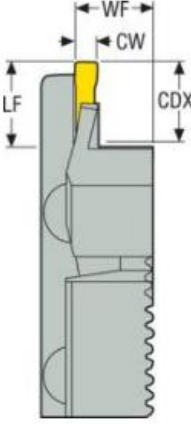
Для коректного написання керуючої програми для верстата з ЧПК окрім параметрів і форми ріжучої пластини треба враховувати також параметри державки у якій використовується та чи інша пластина. Специфіка сучасного інструментального виробництва полягає у тому що, одна й таж сама пластина може використовуватись як для різців так і для фрез або для різних типів різців. Деталь для якої розробляється проект обробки та виробництва має досить не великі розміри, тому параметри державок мають суттєве значення при розробці керуючої програми.

Таблиця 4.6 – Параметри державок інструментів

DWLN2020K06 	B	Ширина хвостовика	20.0 мм	Державка зовнішня
	GAMO	Передній кут	-6.0°	
	h	Довжина хвостовика	20.0 мм	
	HAND	Напрямок різання	Правий	
	KAPR	Кут ріжучої кромки	95.0°	
	LAMS	Кут нахилу	-6.0°	
	LF	Функціональ на довжина	125.00 мм	
	Weight	Вага	0.394 кг	
	WF	Функціональ на ширина	25.0 мм	
SVJBR2020K11 	B	Ширина хвостовика	20.0 мм	Державка зовнішня
	GAMO	Передній кут	0.0°	
	h	Довжина хвостовика	20.0 мм	
	HAND	Напрямок різання	Правий	
	KAPR	Кут ріжучої кромки	93.0°	
	LAMS	Кут нахилу	0.0°	
	LF	Функціональ на довжина	125.00 мм	
	Weight	Вага	0.351 кг	
	WF	Функціональ на ширина	25.0 мм	
A12N-SCLCR09 	B	Ширина хвостовика	11.5 мм	Державка розточ.
	DCINN	Внутрішній мін. діаметр різання	17.00 мм	
	DMM	Діаметр хвостовика	12.0 мм	
	GAMO	Передній кут	0.0°	
	h	Довжина хвостовика	11.0 мм	
	HAND	Напрямок різання	Правий	
	KAPR	Кут ріжучої кромки	95.0°	

	LAMS	Кут нахилу	-11.0°	
	LF	Функціональн а довжина	160.00 мм	
	LH	Довжина головки	20.0 мм	
	Weight	Вага	0.113 кг	
	WF	Функціональн а ширина	9.0 мм	
A12N-SCLCR09 	B	Ширина хвостовика	11.5 мм	Державка розточ.
	CDRX	Максимальна радіальна глибина різання	3.5 мм	
	CDX	Максимальна глибина різання	3.5 мм	
	DCINN	Внутрішній мін. діаметр різання	17.00 мм	
	DMM	Діаметр хвостовика	12.0 мм	
	GAMO	Передній кут	0.0°	
	h	Довжина хвостовика	11.0 мм	
	HAND	Напрямок різання	Правий	
	KAPR	Кут ріжучої кромки	93.0°	
	LAMS	Кут нахилу	-11.0°	
	LF	Функціональн а довжина	160.00 мм	
	LH	Довжина головки	20.0 мм	
	Weight	Вага	0.113 кг	
	WF	Функціональн а ширина	9.0 мм	

SNR0013L11 	B	Ширина хвостовика	15.5 мм	Державка різьбова внутр.
	DCINN	Внутрішній мін. діаметр різання	15.00 мм	
	DCINN2	Внутрішній діаметр різання	13.0 мм	
	DMM	Діаметр хвостовика	16.0 мм	
	h	Довжина хвостовика	14.0 мм	
	HAND	Напрямок різання	Правий	
	LF	Функціональна довжина	140.00 мм	
	LU	Ефективна довжина	32.0 мм	
	Weight	Вага	0.186 кг	
	WF	Функціональна ширина	8.0 мм	
GR2020K-V21 	B	Ширина хвостовика	20.0 мм	Державка модульна
	BAWS	Кут на заготовці	0.0°	
	h	Довжина хвостовика	20.0 мм	
	HAND	Напрямок різання	Правий	
	LF	Функціональна довжина	125.00 мм	
	LH	Довжина головки	16.0 мм	
	Weight	Вага	0.445 кг	
	WF	Функціональна ширина	19.9 мм	

V21-COL1303R039024 	CDX	Максимальна глибина різання	18.0 мм	Картридж
	CW	Ширина різання	3.00 мм	
	HAND	Напрямок різання	Лівий	
	KAPR	Кут ріжучої кромки	90.0°	
	LF	Функціональна довжина	19.20 мм	
	Weight	Вага	0.050 кг	
	WF	Функціональна довжина	9.2 мм	

5 АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ НА ШОРСТКІСТЬ ОБРОБЛЮВАНОЇ ПОВЕРХНІ

5.1 Попередній аналіз та математичне моделювання впливу режимів та умов різання на шорсткість обробленої поверхні

Надійність, довговічність і точність роботи машин багато в чому визначаються якістю обробки поверхонь їх основних деталей. Особливо високі вимоги до якості поверхні пред'являються до відповідальних деталей, що працюють при високих швидкостях, температурах, а так само в агресивних середовищах. Для деяких виробів саме якість поверхні її естетичний вигляд є визначальними.

Якість поверхні деталей машин визначається сукупністю геометричних і фізико-механічних характеристик поверхні та при поверхневого шару. Основні з даних характеристик наступні:

- макрогеометрія поверхні (макронерівності) – це відхилення поверхні від правильної геометричної форми (опуклість, увігнутість, конусність, бочко подібність ін.);
- хвилястість і напрямки слідів обробки – наявність періодично повторюваних, приблизно однакових хвилеподібних відхилень з великим кроком; геометрія (мікронерівності) – шорсткість поверхні;
- фізико-механічний стан, мікротвердість і мікроструктура поверхневого шару; залишкові напруження в поверхневому шарі.

Реальна поверхня деталей незалежно від методу її обробки є поєднанням виступів і западин порівняно малих розмірів. Сукупність даних нерівностей, що утворюють рельєф поверхні, є одним з головних критеріїв оцінки якості обробки і характеризується шорсткістю поверхні. Шорсткість поверхні робить істотний вплив на експлуатаційні властивості деталей: контактну жорсткість, зносостійкість (особливою рухливих сполучень), довговічність, утомну і циклічну міцність деталей що працюють під навантаженням, антикорозійну

стійкість, герметичність з'єднань, стабільність і міцність нерухомих (пресових) з'єднань та на інші процеси, що виникають при експлуатації машин. Тому контроль шорсткості є одним з найважливіших умов досягнення функціональної взаємозамінності деталей машин.

Шорсткість обробленої поверхні визначається сукупністю микронерівностей з відносно малими кроками, що утворюють рельєф реальних поверхонь та які утворюються в процесі механічної обробки як результат впливу ріжучого інструменту на оброблюваний матеріал. Профіль і розміри сліду на обробленій поверхні деталі при копіюванні форми вершини і ріжучих кромок інструменту, обумовлюється певним поєднанням головного руху і руху подачі. Крім того, шорсткість може виникати внаслідок вібрацій що з'являються при різанні, а також в результаті дії інших факторів.

По відношенню до напрямку руху ріжучого інструменту прийнято розрізняти два види шорсткості: подовжню і поперечну. Профіль поверхні, вимірюваний в напрямку робочої подачі, називається поперечною шорсткістю, а в напрямку головного руху різання – подовжній. У зв'язку з тим, що такі фактори, як геометрична форма ріжучого інструменту і величина подачі, відображаються тільки на поперечній шорсткості, розміри поперечної шорсткості зазвичай в два-три рази перевищують подовжню шорсткість. Тому оцінку ступеня шорсткості поверхні зазвичай проводять на підставі вимірювання поперечної шорсткості (микронерівностей в напрямку робочої подачі). При деяких методах обробки (торцеве фрезерування, шліфування, доведення і ін.) подовжня і поперечна шорсткості мають однакові значення і можуть вимірюватися в обох напрямках. При певних умовах обробки, зокрема при виникненні значних вібрацій чи високого ступеня пластичної деформації поверхневого шару металу, подовжня шорсткість може різко зрости і перевищити поперечну шорсткість. Тому в подібних випадках оцінку шорсткості поверхні слід проводити на підставі вимірів не поперечної, а подовжньої шорсткості.

При токарній обробці на поверхні деталі утворюються нерівності у вигляді гвинтових виступів і канавок (подібні різьбі). Загальний вигляд процесу формування поздовжньої і поперечної шорсткості поверхні при токарній обробці показаний на рис. 5.1.

Безпосередній вплив на підсумкову оцінку мікрогеометрії поверхні має висота гребінців залишкового перетину зрізаного шару. Так при токарній обробці висоту мікронерівностей в напрямку подачі інструменту можна розрахувати аналітичним шляхом з зіставлення двох суміжних положень різця, зміщених на величину робочої подачі. На малюнках 2 і 3 показані теоретичні профілі оброблених поверхонь, що представляють собою сліди різальних кромок різців.

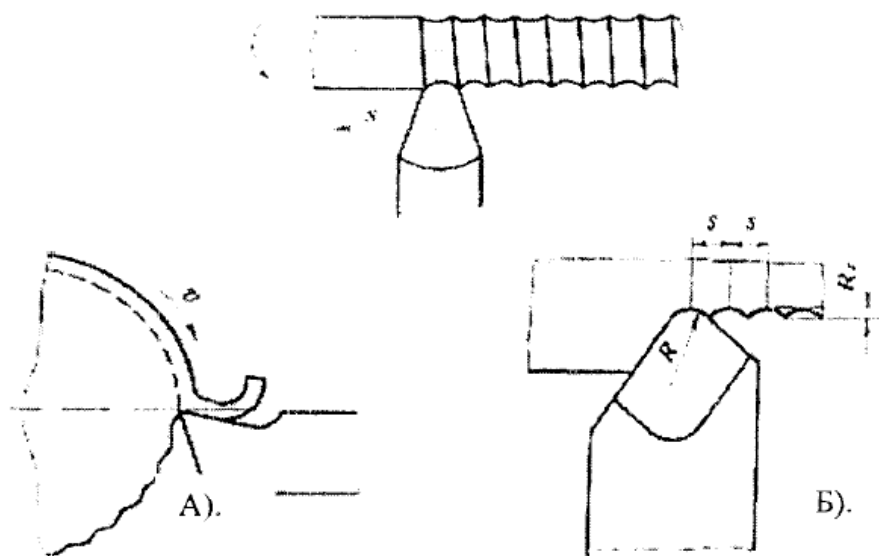


Рисунок 5.1 – Формування шорсткості

За один оберт заготовки різець переміщається на величину робочої подачі S (мм / об) і переходить з положення 1 в положення 2 (див. рис. 5.2). При цьому на обробленій поверхні залишається деяка частина металу, що не знята різцем і утворює залишковий гребінець m . Отже, величина і форма мікронерівностей поверхні, що складаються з залишкових гребінців, визначаються подачею « S » і формою ріжучого інструменту.

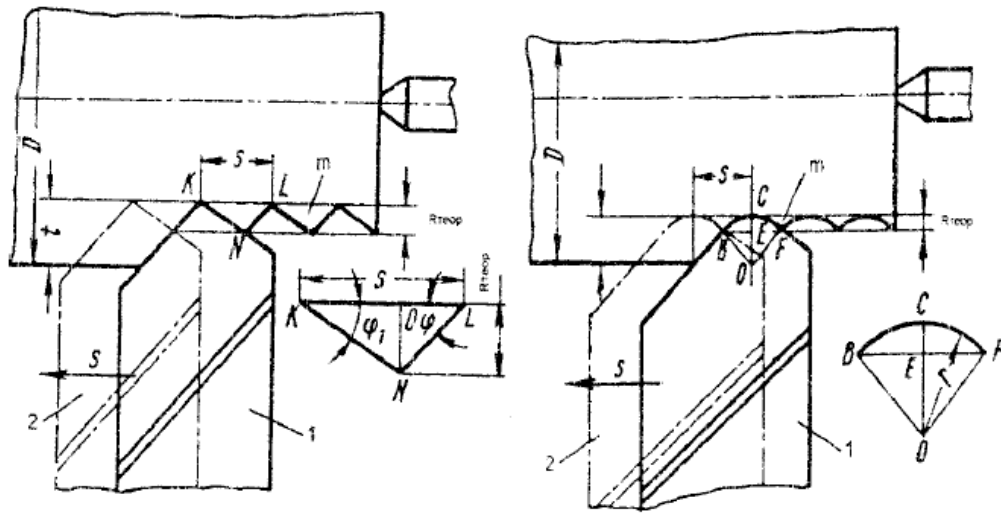


Рисунок 5.2 – Утворення гребінців

У процесі утворення мікронервностей при точінні різцями з невеликими радіусами заокруглення і великими подачами бере участь не тільки криволінійна частина ріжучої кромки різця, утворена радіусом r заокруглення, а й прямолінійна ділянка ріжучого леза, тому формула для визначення теоретичної висоти гребінця з урахуванням кутів в плані φ та φ_1 запишеться [14]:

$$R_{теор} = \frac{\sin\varphi \cdot \sin\varphi_1}{\sin(\varphi + \varphi_1)} \left[S - r \cdot \left(\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} + \operatorname{tg} \frac{\varphi_1}{2} \right) \right] \quad (5.1)$$

При обробці на малих подачах та глибинах при відносно великому радіусі заокруглення вершини різця теоретична шорсткість приблизно визначається за рівнянням:

$$R_{теор} = \frac{S^2}{8r} \quad (5.2)$$

При великих подачах $S > 2,5$ мм/об і $t > S$, в утворенні мікронервностей фактори геометричного походження превалюють над іншими. Однак, як показують досліди, дійсна висота мікронервностей профілю обробленої поверхні R_d більша теоретичного $R_{теор}$ за рахунок наступних чинників[14]:

– деформації під впливом тертя задньої поверхні різального інструменту про оброблену поверхню деталі ΔR_3 та пов'язаний з цим знос інструменту;

– пластичної течії металу із зони стружко утворення в сторону вершин мікронерівностей ΔR_{nl} ;

– пружного відновлення поверхневого шару оброблюваної деталі ΔR_{np} ;

– мікропереміщень, що накладаються вібрацією в процесі різання $\Delta R_{вib}$.

Виходячи з викладеного, в загальному випадку величина R_d може бути виражена рівнянням[14]:

$$R_d = R_{теор} + \Delta R_z + \Delta R_{nl} + \Delta R_{np} + \Delta R_{вib} \quad (5.3)$$

Розглянемо ці складові більш детально.

За наявними практичним даними [16] при затупленні ріжучого інструменту і появі на ньому зазубрин шорсткість обробленої поверхні зростає в залежності від виду обробки на 20 – 115%. Середні значення зростання представлені на рис.5.3, де шорсткість при обробці новим інструментом прийнята за 100%.

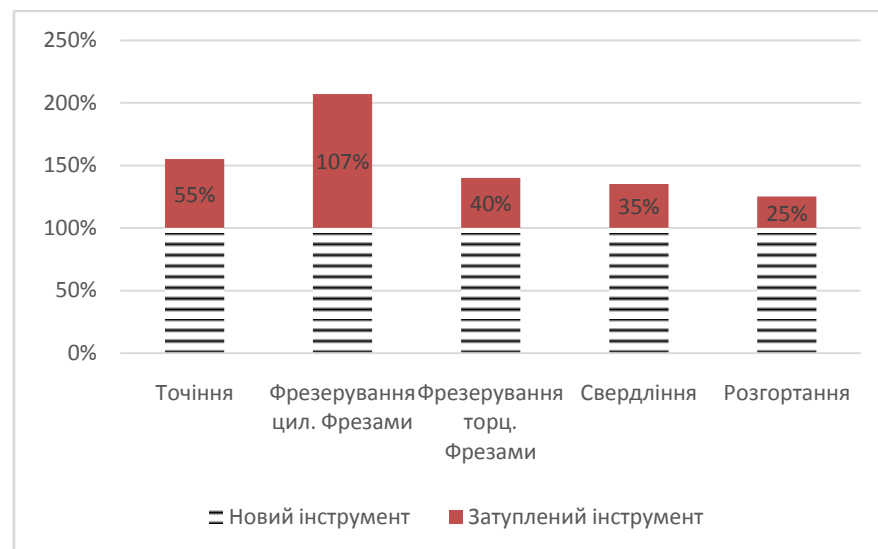


Рисунок 5.3 – Зростання шорсткості при затупленні інструменту

Цей факт пов'язано не тільки з геометричним впливом зазубрин, що виникають, а й зі зростанням радіусу округлення леза, що підвищує ступінь пластичної деформації металу поверхневого шару. Для усунення впливу зазубрин і притуплення різального леза рекомендуються ретельне (бажано

алмазне) доведення інструментів і своєчасне їх переточування або своєчасна заміна ріжучих елементів.

Розмірний знос інструменту, як виявилося, впливає на шорсткість оброблюваної поверхні наступним чином [15]: до досягнення певної величини зносу шорсткість змінюється мало, а після досягнення цієї величини різко зростає. Для перевірки цієї гіпотези в роботі [15] були проведені експерименти по визначенню зміни величини параметра шорсткості R_a від розмірного зносу різця. Точіння велося при глибині різання 0,1 мм, подачі 0,02 мм/об і швидкості різання 405 м/хв. Розмірний знос вимірювався за допомогою спеціального пристосування розташованого в задній бабці верстата. Залежність параметра R_a від розмірного зносу u приведена на рис. 5.4.

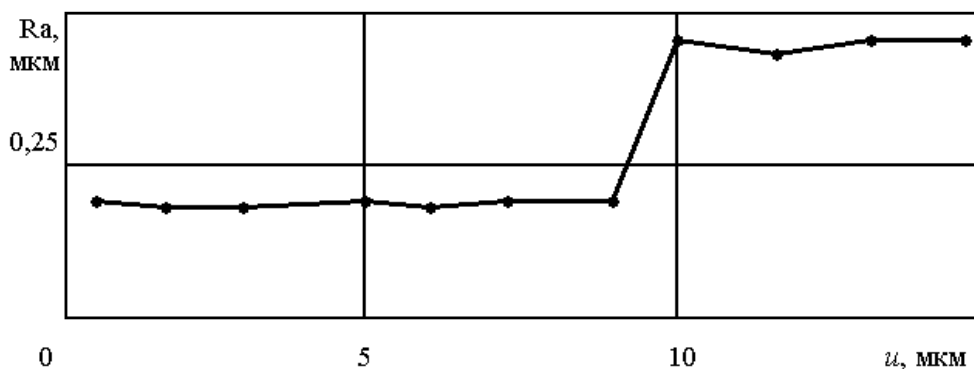


Рисунок 5.4 – Вплив розмірного зносу різця на шорсткість обробленої поверхні

З графіка видно, що шорсткість поверхні практично не змінюється до досягнення зносу інструменту певної величини. Різке погіршення шорсткості відбувається при досягненні розмірного зносу різця з кубічного нітриду бору величини 9 мкм. Параметр R_a змінився з 0,18 мкм до 0,43 мкм [15]. Характер розмірного зносу після цього не змінився, але на задній грані з'явилася чітко помітна в мікроскопі фаска. Апроксимація наведених даних з допомогою додатку MagicPlot 2.9 (див. рис. 5.5) дає рівняння залежності параметру шорсткості R_z від розміру площадки зносу h у вигляді поліному другого ступеню з коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0.76$.

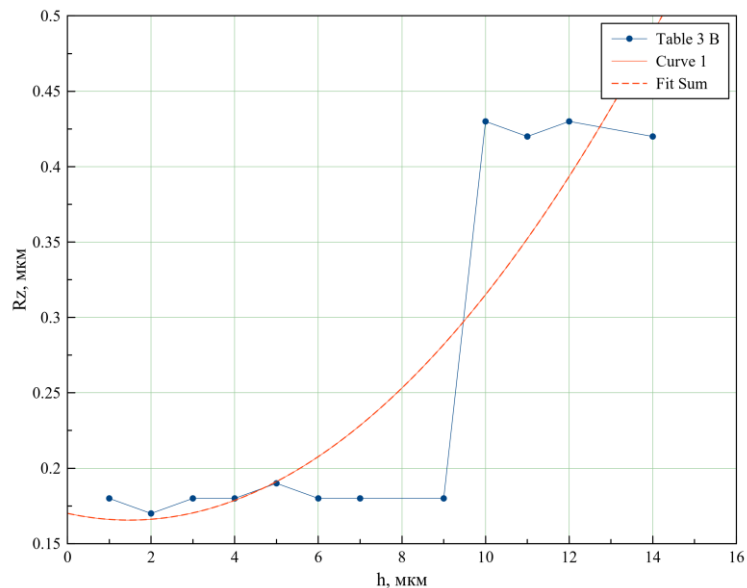


Рисунок 5.5 – Апроксимація залежності в додатку MagicPlot

$$R_z = 0,17 - 0.006h + 0.0021 \cdot h^2 \quad (5.4)$$

Наведені вище відомості про геометричні причини виникнення нерівностей при точінні дають підставу зробити наступні висновки:

1. Збільшення головного ϕ і допоміжного ϕ_1 кутів різця в плані призводить до зростання висоти нерівностей. При чистовому обточуванні доцільно користуватися прохідними різцями з малими значеннями кутів ϕ і ϕ_1 , не слід без особливої необхідності застосовувати підрізні різці.
2. Зростання радіуса заокруглення вершини різця знижує висоту шорсткості поверхні.
3. Зниження шорсткості ріжучих поверхонь інструмента зменшує шорсткості оброблюваної поверхні та помітно підвищує стійкість різального інструмента, а отже, і економічність його використання [16].

При обробці різанням пластичних матеріалів метал поверхневого шару зазнає пластичну деформацію, в результаті якої значно змінюються розміри і форма нерівностей обробленої поверхні (зазвичай шорсткість при цьому збільшується). При обробці крихких металів спостерігається викидання окремих частинок металу, що також веде до збільшення висоти і зміни форми нерівностей. Аналізуючи вплив режимів різання на зазначенні можна зробити

висновок [16], що швидкість різання є одним з найбільш істотних факторів, що впливають на розвиток пластичних деформацій при точінні. Шорсткість обробленої поверхні в значній мірі пов'язана з процесами утворення стружки і в першу чергу з явищами наросту. Коли наріст не утворюється, розміри нерівностей обробленої поверхні незначні. При швидкостях де утворюється наріст стабільно зростають розміри нерівностей поверхні, досягаючи свого найвищого значення, багаторазово перевершує розрахункову величину. Крім того, в зоні активного нарістоутворення шорсткість має нерегулярний характер. Подальше підвищення швидкості різання зменшує наріст і знижує висоту шорсткості обробленої поверхні. У зоні швидкостей, при яких наріст не утворюється, шорсткість поверхні виявляється мінімальною. В цьому випадку подальше збільшення швидкості різання лише незначною мірою зменшує висоту шорсткості поверхні. При високій швидкості різання глибина пластично деформованого поверхневого шару незначна і розміри шорсткості наближаються до розрахункових. Але швидкість різання впливає на шорсткість і через коливання, що виникають під час різання та які суттєво залежать від швидкості. Тому зі зростанням швидкості шорсткість може також зростати. Так при обробці титанового сплаву BT1-00 різцем з пластиною твердого сплаву VCGX160404-ALH10, при подачі $S = 0,1$ мм/об і глибині різання $t = 0,3$ мм були отримані результати наведені на рис. 5.6.

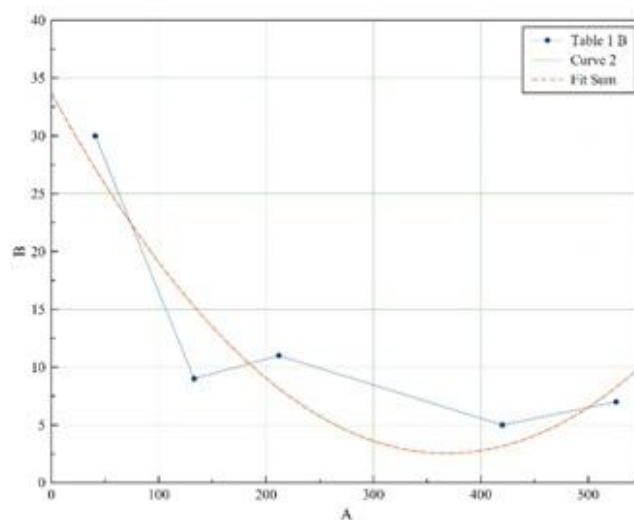


Рисунок 5.6 – Вплив швидкості різання на параметри шорсткості поверхні при обробці титанового сплаву

Отримана залежність апроксимується рівнянням у вигляді полінома другого ступеню з коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0.85$:

$$R_z = 33.7 + 2.3 \cdot 10^{-4} \cdot V^2 - 0.17V \quad (5.5)$$

Конкретні рекомендації щодо вибору оптимальної швидкості різання, виходячи з отримання мінімальних значень параметрів шорсткості поверхні, в літературі як правило відсутні [15]. В роботі [15] наведені данні по дослідженню впливу швидкості різання на шорсткість при обробці деяких матеріалів. Дослідження велися на токарному верстаті 16Б16КА.

Дослідження, проведені по точіння алюмінієвого сплаву САС-400 різцями з кубічного нітриду бору дали аналогічний результат. Точіння велося при наступних режимах: глибина різання 0,1 мм, подачі 0,02 мм/об, швидкість різання відповідно змінювалася і приймала значення 100 м/хв, 200 м/хв, 300 м хв, 400 м/хв і 600 м хв. Отримані результати наведені на рис.5.7.

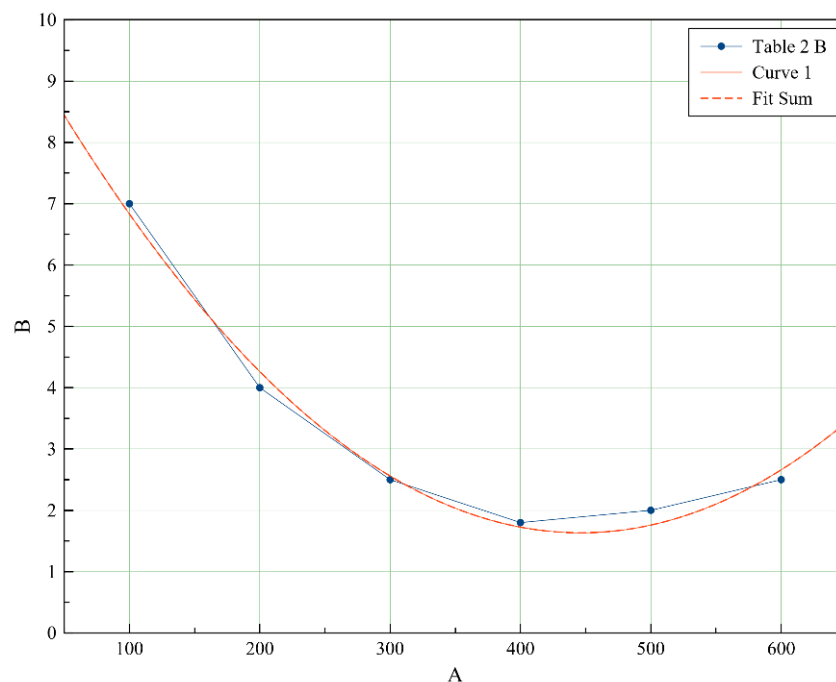


Рисунок 5.7 – Вплив швидкості різання на параметри шорсткості поверхні при обробці алюмінієвого сплаву

Ця залежність апроксимується рівнянням виду з коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0.98$:

$$R_z = 10,27 + 4,3 \cdot 10^{-5} \cdot V^2 - 0,04V \quad (5.6)$$

Що підтверджує аналогічний характер впливу. З двох наведених графіків видно, що в обох випадках, не дивлячись на відмінність у властивостях оброблюваних матеріалів, оптимальна за критерієм шорсткості швидкість близька до 400 м/хв.

У разі обробки крихких матеріалів (наприклад, чавуну) поряд зі зрізом окремих частинок металу відбуваються їх зрушення і безладне крихке відколювання від основної маси металу, що збільшує шорсткість поверхні. Підвищення швидкості різання зменшує відколювання частинок, і оброблювана поверхня стає більш гладкою.

При чистовій обробці металів, коли стан і точність обробленої поверхні мають вирішальне значення, цілком природно прагнення вести обробку в зоні швидкостей, при яких наросту на інструменті не утворюється, а шорсткість поверхні виходить найменшою.

Подача - другий елемент режиму різання, який надає великий вплив на шорсткість, що пов'язано не тільки з зазначеними вище геометричними причинами, а й в значній мірі обумовлено пластичними і пружними деформаціями в поверхневому шарі.

З вищенаведеного випливає, що радіус округлення леза інструмента є дуже суттєвим чинником, що впливає на шорсткість. Різання металів здійснюється інструментом, лезо якого завжди має деякий радіус округлення ρ . При проникненні різця в оброблюваний матеріал відбувається відділення стружки по площині сколювання А-А (рис. 5.8). При цьому частина металу, що лежить нижче точки В, не зрізується, а підминається округленою частиною різця, піддаючись пружної і пластичної деформації.

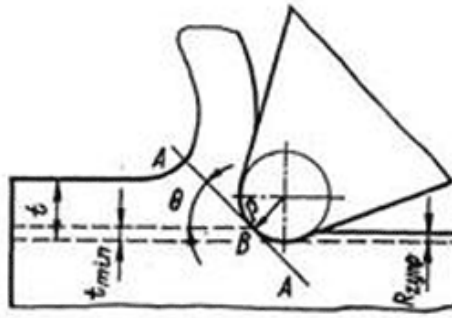


Рисунок 5.8 – Пружне деформування металу при різанні

Після проходження різця не зрізаний шар металу частково пружно відновлюється, викликаючи тертя по задній поверхні. Різниця ступеня пружного відновлення металу виступів і западин нерівностей зазвичай збільшує висоту шорсткості.

Найменша товщина $t_{\min}$ зрізаного шару (при перевищенні $t_{\min}$ відбувається різання, а при зниженні – тільки пластичне і пружне зминання металу округленої поверхнею леза інструменту) залежить від радіуса округлення ріжучого леза, властивостей оброблюваного матеріалу і швидкості різання (при скороченні радіуса округлення ρ і збільшенні швидкості різання $t_{\min}$ зменшується).

Орієнтовно, глибину $t_{\min}$ може бути визначено з наступних міркувань (див. рис.5.9) [17]

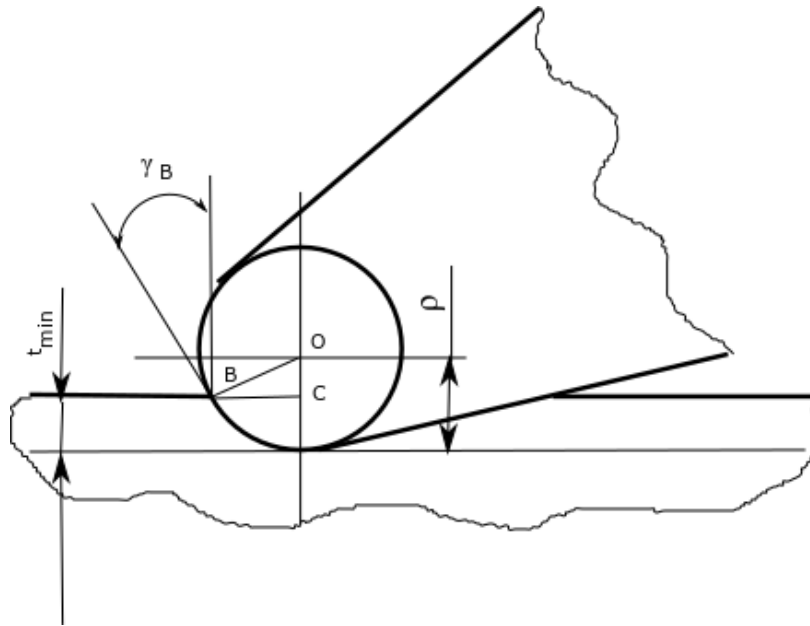


Рисунок 5.9 – Пружне відтиснення матеріалу при різанні

У довільній точці В радіусної ділянки вершини інструменту змінюється передній кут і приймає значення γ_B . З трикутника ОВС (рис. 5.9) може бути визначене співвідношення між радіусом закруглення переднім кутом та глибиною відтиснення:

$$t_{min} = \rho(1 - \sin\gamma_B) \quad (5.7)$$

З наявних даних можна вважати, що різання припиняється в середньому при $\gamma_B = 65^\circ$. Звідси розмір пружного відтиснення матеріалу буде визначатися:

$$t_{min} \approx 0.1\rho \quad (5.8)$$

У зв'язку з цим для забезпечення найменшої шорсткості обробленої поверхні і високої продуктивності чистове точіння вуглецевих конструкційних сталей слід проводити при $s = 0,05 \dots 0,12$ мм/об. При точінні кольорових сплавів добре доведеними або алмазними різцями t_{min} зменшується, тому для зниження висоти шорсткості може виявитися корисним зменшення подачі до $0,01 \dots 0,02$ мм/об. Спостереженнями численних дослідників встановлено, що при звичайному точінні вплив глибини різання на шорсткість мізерно і практично може не братися до уваги. При зменшенні глибини різання до $0,02$ мм (внаслідок наявності на ріжучої кромці різця округлення) нормальне різання

припиняється і різець, віджимаючись від виробу, починає ковзати по оброблюваній поверхні, періодично врізаючись в неї і вириваючи окремі ділянки. Тому глибину різання при роботі звичайними різцями не слід брати занадто малою.

При глибині різання менше подачі глибина має геометричний вплив на висоту шорсткості. У цьому випадку зменшення глибини різання знижує висоту шорсткості.

Оброблюваний матеріал і його структура істотно впливає на характер і висоту нерівностей обробленої поверхні. Більш в'язкі і пластичні матеріали, схильні до пластичних деформацій дають при їх обробці різанням грубі і шорсткі поверхні.

Застосування мастильно-охолоджуючих рідин, що запобігають схоплювання та зменшують тертя і полегшують процес стружко утворення, сприяє зниженню висоти нерівностей поверхні.

Виходячи з вище викладеного, представляється важливим проведення досліджень впливу швидкості різання і інших параметрів технологічного процесу на величину параметрів шорсткості поверхні з метою визначення зони стійкого різання, в якій значення параметрів шорсткості поверхні є мінімальними.

5.2 Методика вимірювання шорсткості

Великого поширення для визначення параметрів шорсткості поверхні контактним методом отримали щупові прилади, що працюють за методом обмацування поверхні алмазної голкою. Вісь голки розташовують по нормалі до поверхні. Опускаючись у западини, а потім піднімаючись на виступи під час руху головки по поверхні що досліджується, голка коливається щодо головки відповідно профілю поверхні. Механічні коливання голки перетворюються в електричні за допомогою електромеханічного перетворювача того чи іншого типу. Знятий з перетворювача сигнал підсилюють, а потім вимірюють його параметри, що характеризують нерівності досліджуваної поверхні

(профілометрування), або записують параметри профілю поверхні в заздалегідь вибраних вертикальному і горизонтальному масштабах (профілографування).

Щупові електромеханічні прилади, призначені для вимірювань параметрів шорсткості поверхні, називають профілометри, а такі ж прилади для запису нерівностей поверхні - профілографами. Профілографи-профілометри дозволяють не тільки записувати профіль поверхні, але і вимірювати параметри шорсткості.

У щупових приладах для вимірювання параметрів шорсткості поверхні застосовуються індукційні, індуктивні, електронні та п'єзоелектричні перетворювачі механічних коливань голки в електричні сигнали.

Вимірювання параметрів шорсткості за експериментом згідно п.5.2 виконується на профілографі-профілометрі моделі 170311, що зображено на рис. 5.10 та складається з наступних частин: датчик 3, мотор-привід 4, електронний блок 6, записувальний прилад 1, стійка 5, предметний столик 2, блок-приставка 7.

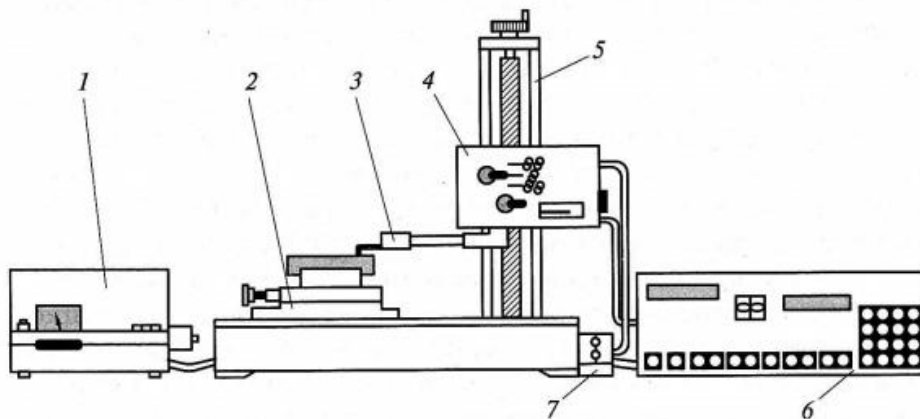


Рисунок 5.10 – Конструкція профілометра-профілографу 170311

Прилад призначено для вимірювання параметрів шорсткості та хвилястості плоских і циліндричних поверхонь виробів, поверхонь кульок і роликів діаметром 1 ... 25 мм, поверхонь отворів малих діаметрів (до 3 мм). Прилад має аналоговий вихід на ЕОМ. Вимірювання шорсткості проводиться шляхом обмацування поверхні алмазної голкою з радіусом при вершині 10 мкм і фіксацією цифрових показників на табло за параметрами R_a , R_z , R_{max} , R_p , S_m , t_p або відтворення профілю на електротермічному папері в прямокутних

координатах. Вертикальне збільшення мікропрофілю варіюється по 11 ступеням від 100 до 200 000 разів, а горизонтальне - від 0,5 до 2 000 разів. Швидкість трасування датчика вибирається залежно від величини шорсткості в межах 0,6 ... 60 мм / хв. Статичне вимірювальне зусилля алмазної голки на вимірювану поверхню не перевищує 0,003 Н. Похибка показань приладу по записуючому блоку складає $\pm 4,5\%$, а по блоку що показує складає $\pm 10\%$.

5.3 Дослідження впливу режимів різання на шорсткість при обробці аустенітної криогенної (медичної) сталі тип1.4435 методом повного факторного експерименту

Дослідження впливу режимів різання на шорсткість поверхні при обробці сталі 03X17H14M3 було вирішено провести шляхом постановки багатофакторного експерименту у вигляді повного факторного експерименту (ПФЕ) - 2^3 . Це дозволить на першому етапі виявити напрямок до оптимального рішення (режимів що забезпечують мінімальну шорсткість), а також виявити та оцінити взаємодію факторів при її наявності [18]. У якості факторів прийнято: глибина різання t , подача – S та швидкість різання – V .

Значення основного (нульового) рівня, інтервали варіювання були прийняті з практичного досвіду, враховуючи умови та технологію виробництва, а також на основі рекомендацій виробника відповідного інструменту [19]. Ці значення, а також кодовані та натуральні значення рівнів факторів наведені в табл. 5.1. Дослідження проводяться на циліндричних зразках. Умови проведення досліджень наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Значення рівнів та інтервалів варіювання

Фактор	t , мм	S , мм/об	V , м/хв / п, об/хв
Кодоване позначення фактору	X_1	X_2	X_3
Інтервал варіювання	0.2	0.02	20

Основний рівень	0	0.3	0.04	80
Нижній рівень	-	0.1	0.02	60
Верхній рівень	+	0.5	0.06	100

Таблиця 5.2 – Умови проведення експерименту

Найменування		Характеристика
Матеріал зразка		Сталь криогенна аустенітна (медична) 1.4435 (аналог: 03X17H14M3). Виробництво: Німеччина
Діаметр зразка, мм		45
Довжина зразка, мм		150
Різець, виробник		ISKAR, MWLNL2020K-06W, 20x20x125
Тип ріжучої пластини		SECODURATOMIC, WNMG080408-MF4
Матеріал ріжучої пластини		Твердий сплав, TM2000
Геометричні параметри	γ	14
	α	6
	φ	95
	φ'	5
	$r, \text{мм}$	0,8
Верстат		Weiler DZ - 32

У якості відгуку Y прийнято параметр шорсткості R_z , що може бути вираховано з результатів заміру у вигляді профілограми:

$$R_z = \frac{1}{5} \left[\sum_{i=1}^5 H_{\max i} + \sum_{i=1}^5 H_{\min i} \right] \quad (5.9)$$

Де $H_{\max i}$ та $H_{\min i}$ відповідно п'ять найбільших та п'ять найменших гребінців профілограми.

Відгук Y отримуємо як середній результат по вимірах на ділянках трьох циліндричних зразків ($n = 3$) – див. табл. 5.3. Загальна кількість опитів $N = 24$.

За результатами досліджень вихідною моделлю обрано поліном першого ступеню розширений усіма можливими ефектами взаємодії в тому числі ефектом взаємодії другого порядку – нелінійними елементами:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3 + b_{123}X_1X_2X_3 \quad (5.10)$$

Виходячи з зазначеного, план експерименту та його результати будуть виглядати як показано в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – План експерименту та результати

N			X_0	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	$X_1X_2X_3$	Y
1	9	17	+	+	+	+	+	+	+	+	
2	10	18	+	-	+	+	-	-	+	-	
3	11	19	+	+	-	+	-	+	-	-	
4	12	20	+	-	-	+	+	-	-	+	
5	13	21	+	+	+	-	+	-	-	-	
6	14	22	+	-	+	-	-	+	-	+	
7	15	23	+	+	-	-	-	-	+	+	
8	16	24	+	-	-	-	+	+	+	-	

Для виключення системної помилки з результатів експерименту [18], зазначені в табл. 5.3 досліди проводимо виходячи с принципу рандомізації, визначаючи їх порядок за таблицею випадкових чисел (див. табл. 5.4)

Таблиця 5.4 – Рандомізований порядок проведення дослідів

19	3	16	17	7	11	9	6
18	8	22	14	12	21	23	2
5	15	10	13	1	4	24	20

Пристосування для вимірювання шорсткості зі встановленим зразком показано на рис. 5.11.



Рисунок 5.11 – Вимірювання шорсткості на профілометрі-профілографі

5.4 Обробка результатів експерименту та висновки

Приклад профілограми за якою визначалася шорсткість поверхні наведено на рис. 5.12.

Візуально, поверхні зразків виглядають так, що при деяких умовах поверхні є досить неоднорідні та на них мають місце дефекти у вигляді затирів.

Для кожного опиту крім визначення середнього значення шорсткості $\bar{Y}$ визначалося значення дисперсії S^2 та коефіцієнта варіації V . Коефіцієнт варіації та дисперсія визначалися наступним чином:

$$V = \frac{S}{\bar{Y}} \quad (5.11)$$

Де $\bar{Y}$ – середнє арифметичне значення шорсткості;

S – середньоквадратичне або стандартне відхилення;

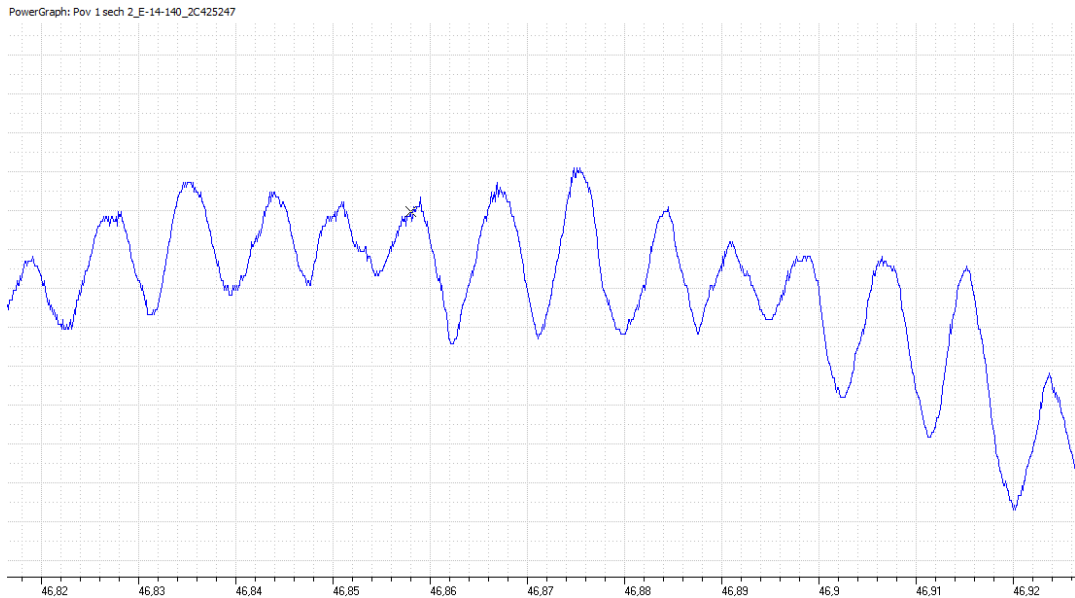


Рисунок 5.12 – Приклад профілограми для визначення шорсткості

Стандартне відхилення визначається:

$$S = \sqrt{\frac{1}{f} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (5.12)$$

Де Y_i – поточне значення шорсткості; f – кількість ступенів свободи, що визначається як $f = n - 1$ де n – кількість вимірів.

Результати розрахунків наведені в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Результати опитів та розрахунків

Дослід	Y (Rz)	Дисперсія S^2	Коефіцієнт варіації V	Наявність дефектів
1	5,88	1,03	0,17	Ні
2	8.07	0,04	0,03	Ні
3	7,23	0,77	0,12	Так
4	9.09	0,91	0,10	Так
5	6.80	0,19	0,06	Ні

6	6.51	0,02	0,02	Ні
7	5.73	0,42	0,11	Так
8	5,14	0,45	0,13	Так
Сумма дисп.		3,83		

Значення коефіцієнту варіації свідчить про високу стабільність отриманих результатів.

Однорідність визначених дисперсій перевіримо за критерієм Кокрена, критичне значення якого для довірчої імовірності 0,95 та кількості серій опитів $m = 8$ складає $G_{0,95, 8} = 0,30$:

$$G = \frac{\max\{S_i^2\}}{\sum_{i=1}^m (S_i^2)} = \frac{1,03}{3,83} = 0,270 \leq G_{q,m} \quad (5.13)$$

Оскільки, як видно з рівняння (5.13), дисперсії однорідні, можна знайти загальну дисперсію як середню:

$$S_e^2 = \frac{\sum_{i=1}^N S_i^2}{m} = \frac{3,83}{8} = 0,49 \quad (5.14)$$

Визначимо дисперсію та довірчий інтервал коефіцієнтів рівняння регресії. Дисперсія коефіцієнтів регресії:

$$S^2\{b_j\} = S_e^2 \cdot \frac{1}{m} = 0,49 \cdot \frac{1}{8} = 0,06 \quad (5.15)$$

Довірчий інтервал:

$$\Delta b_j = \pm t_{0,95} \cdot S\{b_j\} = \pm 1,75 \cdot \sqrt{0,06} = \pm 0,43 \quad (5.16)$$

Значення коефіцієнтів регресії визначається за рівнянням (5.17) та наведені в табл. 5.6.

Таблиця 5.6 – Значення коефіцієнтів рівняння регресії

b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{123}
6,81	-0,39	0,007	0,76	-0,008	-0,61	-0,60	-0,004

Виходячи з визначеного за рівнянням (5.16) довірчого інтервалу статистично не значущими є подача та ефект взаємодії другого порядку. Таким чином, можемо казати про досить складну взаємодію факторів, та остаточно рівняння регресії буде мати вигляд:

$$Y = 6,81 + 0.76X_3 - 0.61X_1X_3 - 0.60X_2X_3 \quad (5.17)$$

З отриманих даних можна зробити наступні попередні висновки:

1. Найбільший вплив в розглянутих умовах буде мати швидкість різання
2. Подача та глибина мають вплив через взаємодію зі швидкістю різання і не мають статистично значущого самостійного впливу. Це може бути пов'язано з наявністю радіусу заокруглення вершини різця і в цьому випадку саме глибина різання більше впливає на товщину слою, що зрізується
3. Зі збільшенням швидкості, шорсткість може як зменшуватися так і збільшуватися в залежності від взаємодій з глибиною та подачею. Що не протиречить даним наведеним в попередньому аналізі.
4. Як видно з таблиці 5.6 наявність дефектів може бути пов'язано з малою подачею, що при відносно великому радіусі заокруглення вершини супроводжується значним зменшенням товщини зрізу (яка також залежить від глибини різання), і в наслідок цього створенням умов для «затирання» поверхні інструменту по оброблюваній поверхні або з пошкодженням поверхні стружкою внаслідок малого фактичного кута в плані. Цей факт потребує додаткового аналізу.

Залежність шорсткості від швидкості різання при різних умовах показано на рис. 5.13.

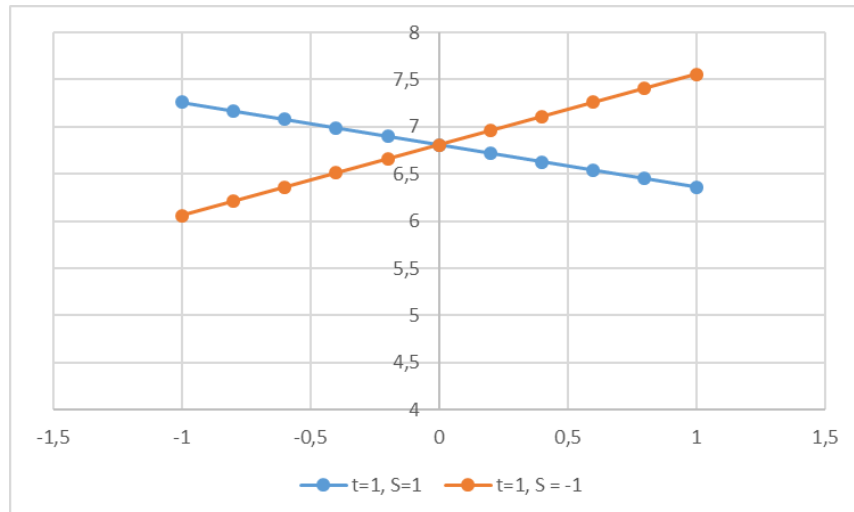


Рисунок 5.13 – Залежність шорсткості від швидкості різання при максимальній глибині та змінній подачі.

Перевіримо модель на адекватність, для чого знайдемо перш за все дисперсію адекватності. Порівняння експериментальних даних Та отриманих за рівнянням (5.17) наведено в табл. 5.7:

Таблиця 5.7 – Порівняння експериментальних даних та результатів розрахунку

Дослід	Y (Rz)	Результати за рівнянням регресії $\hat{y}_k$
1	5,88	6,28
2	8.07	7,66
3	7,23	7,63
4	9.09	8,71
5	6.80	7,18
6	6.51	6,11
7	5.73	6,13
8	5,14	4,76

Визначимо адекватність рівняння (5.17), у якому кількість коефіцієнтів регресії (без вільного члена): $l = 3$. Дисперсія адекватності з кількістю ступенів свободи:

$$f_a = m - l - 1 = 8 - 3 - 1 = 4 \quad (5.18)$$

визначається за рівняннями:

$$S_a^2 = \frac{RSS_a}{f_a} \quad (5.19)$$

$$RSS_a = \sum_{k=1}^m n_k \cdot (\hat{y}_k - \bar{y}_k)^2 \quad (5.20)$$

Де $n_k = 3$, та становить $S_a^2 = 0,94$. Дисперсія відтворення при цьому визначена раніше і становить: $S_e^2 = 0.49$

Критичне значення критерію Фішера для $q = 0,95$, ступенів свободи чисельника (S_a^2) – $f_a = 4$, та знаменника (S_e^2)

$$f_e = N - m = 24 - 8 = 16 \quad (5.21)$$

становить: $F_{0.95} = 3$. Розрахункове значення критерію Фішера:

$$F = \frac{S_a^2}{S_e^2} = \frac{0.94}{0.46} = 1.92 < 3 \quad (5.22)$$

Таким чином, модель адекватна.

5.5 Аналіз впливу радіусу при вершині інструменту на визначення товщини слою, що зрізується

При різанні круглими пластинами, або заокругленою ділянкою вершини пластини товщина слою, що зрізується є величина змінна, а головний кут в плані невизначеним, що ускладнює проведення аналізу характеристик процесу різання. Для урахування цього факту використовується «еквівалентна товщина слою, що зрізується» [20] і яка визначається наступним чином:

$$a_m = \frac{A_m}{b_m} \quad (5.23)$$

Де A_m та b_m – відповідно площа та ширина слою, що зрізується.

На додаток до еквівалентної товщини і для отримання більш адекватної картини, є сенс ввести еквівалентний кут в плані який буде визначатися в тому перетині заокругленої ділянки вершини де товщина зрізу буде дорівнювати еквівалентній [20]. Тоді:

$$\sin \varphi_m = \frac{t}{r \cdot \arccos\left(1 - \frac{t}{r}\right)} \quad (5.24)$$

$$a_m = S \cdot \sin(\varphi_m) \quad (5.25)$$

Як видно з рівнянь (5.24) та (5.25) товщина слою, що зрізується залежить не тільки від подачі S але й від глибини різання t , що може бути підтвердженням отриманих вище результатів.

Щодо пошкодження поверхні можна висунути наступні припущення: при малих глибинах, еквівалентна товщина зрізу є дуже малою, внаслідок чого процес різання може припинятися, що і призводить до пошкодження обробленої поверхні або пошкодження стружкою внаслідок малого еквівалентного кута в плані.

Для випадку, що розглядається, при радіусі заокруглення 0,8 мм еквівалентні товщини для різних глибин і подач наведені на графіку рис. 5.14. При подачі 0,02 мм/об та глибині різання 0,2 та 0,5 мм товщина зрізу становить відповідно 0,005 та 0,011 мм. На зазначеному рисунку ромбічними маркерами позначені точки, що відповідають умовам при яких утворюються пошкодження, а при інших умовах пошкодження відсутні. Якщо припустити, що при товщині зрізу більшій ніж 0,011 мм пошкодження не будуть відбуватися, то наведені розрахунки дозволять вибирати глибину різання та подачу для будь якого радіусу заокруглення, що не будуть призводити до пошкоджень обробленої поверхні.

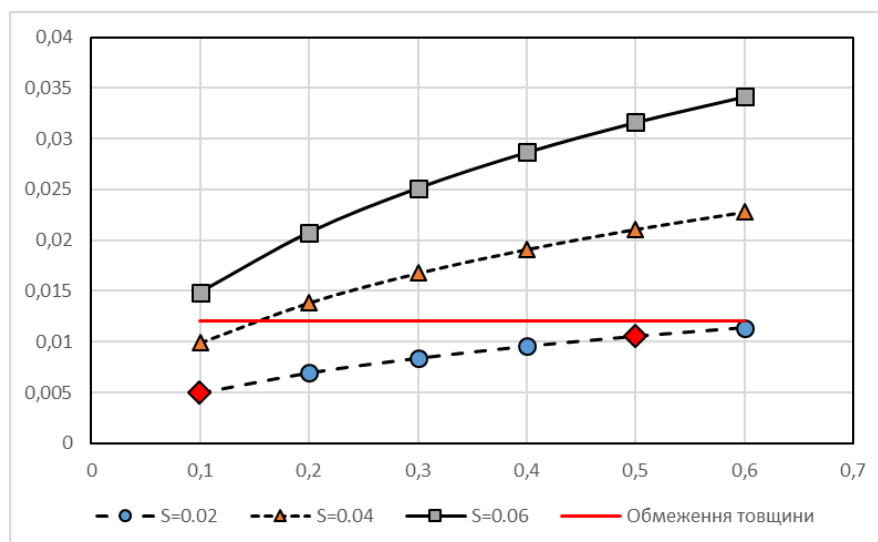


Рисунок 5.14 – Залежність товщини зрізу від глибини різання при різних подачах для $r = 0.8$

Визначення мінімальної товщини зрізу, що не призводить до пошкодження обробленої поверхні потребує додаткового вивчення. В якості прикладу можна сформулювати наступне: якщо вважати, що пошкодження настають при товщині зрізу менше за 0,011 мм, то з рівнянь (5.24), (5.25) можна отримати співвідношення між глибиною різання і подачею при якому пошкодження відсутні:

$$S > \frac{0.011 \cdot r \cdot \arccos(1 - t/r)}{t} \quad (5.26)$$

Співвідношення (5.26) у вигляді графіку для вибору подачі та глибини різання представлене на рис.5.15.

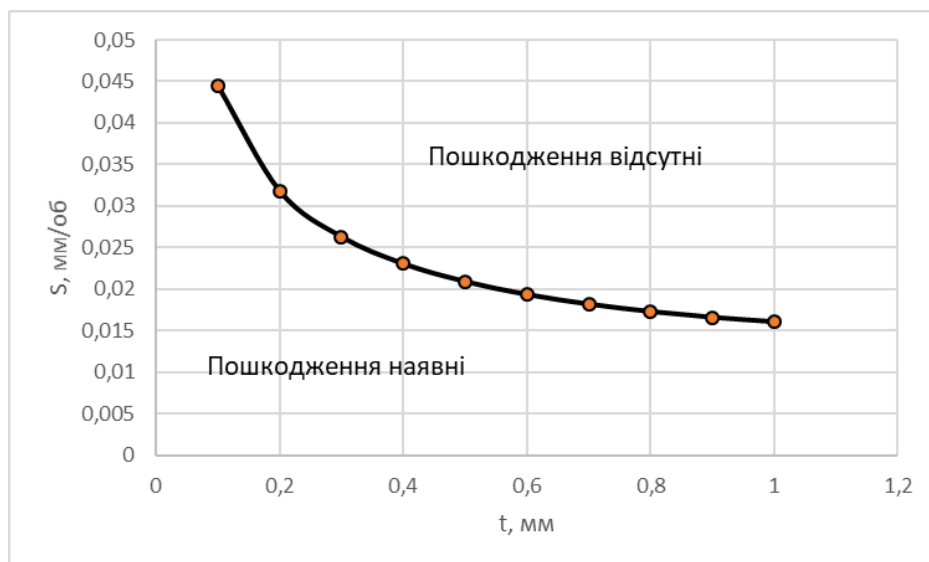


Рисунок 5.15 – Залежність для вибору співвідношення між глибиною різання та подачею

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Аналіз потенційних небезпек

Оскільки тема дипломного проекту – «Розробка технології виготовлення малогабаритних корпусних деталей з урахуванням технологічних можливостей та оптимізація режимів різання», передбачає проведення досліджень впливу та обробку отриманих результатів за допомогою персонального комп'ютера (далі ПК), тому нижче розглянемо заходи по забезпеченню безпеки, виробничої санітарії, гігієни праці і пожежної безпеки для лабораторії, що обладнана верстатами та ПК, у відповідності з методичними вказівками.

На основі аналізу роботи існуючого обладнання і технологічних процесів у лабораторії, згідно ГОСТ 12.0.003-74 (1999) «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», виявлені наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, здатні привести до травм або ушкодження здоров'я дослідників та викладачів:

- ураження електричним струмом, у наслідок несправності електродобладнання, невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, що може призвести до електротравм або летального наслідку;
- механічне травмування в наслідок руйнування ріжучого інструменту при хибному виборі режимів різання під час експерименту;
- механічне травмування фахівців під час їх ходьби по коридорах та території університету внаслідок недостатньої уваги;
- існує небезпека отримання травм різного ступеню при застосуванні в приміщенні меблів, що не відповідають ергономічним вимогам, при неправильній організації робочого простору;
- недостатній рівень освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з виходом з ладу освітлювальних приладів може стати причиною нервово-емоційному прояву;

- збільшення нервово-психічного навантаження в наслідок специфіки виконуваних робіт, що призводить до захворювань загального характеру;
- можливе нервово-емоційне напруження наслідок виконання інтелектуальних робіт в умовах дефіциту інформації та часу, що призводить до захворювань загального характеру.
- довготривалий дискомфорт в умовах недостатньої фізичної активності сприяє передчасному розвитку загального втомлення, зниженню працездатності.
- вірогідність загоряння, у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що призводить до пожежі;
- неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, які призводять до паніки та загибелі людей.

6.2 Заходи по забезпеченню безпеки

У приміщенні лабораторії застосовується широке різноманіття електроприладів: персональні комп'ютери, принтери, ксерокси, факси, освітлювальні прилади, кондиціонери, побутові електроприлади тощо. Відповідні вимоги (ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні стандартні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин», НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями») поширюються на всі підприємства, установи, організації, юридичні особи незалежно від форми власності, відомчої належності, видів діяльності, які здійснюють розробку, виробництво і застосування ЕОМ і ПК у тому числі, які мають робочі місця обладнані ЕОМ або виконують ремонт обслуговування та налагодження ЕОМ.

При облаштуванні робочих місць обладнаних 6 ПК в даному проекті передбачається забезпечити:

- належні умови освітлення приміщення і робочого місця, відсутність „відблисків”;
- оптимальні параметри мікроклімату (температура, відносна вологість, швидкість руху, рівень іонізації повітря);
- належні ергономічні характеристики основних елементів робочого місця,
- м'якого рентгенівського випромінювання;
- електромагнітного випромінювання;
- ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання;
- електростатичного поля між екраном і оператором;
- наявності пилу, озону, окисів азоту і аероіонізації.

Ймовірність механічного травмування може виникнути внаслідок нераціонального розташування робочих місць, захаращення робочих місць або у зв'язку з недбалістю та неуважністю обслуговуючого персоналу. Зроблено більш зручне та раціональне розташування робочих місць, таким чином збільшена відстань між ними.

Для запобігання ураження електричним струмом встановлено електроустаткування, яке відповідає вимогам: ПУЕ («Правила устрою електроустановок») і ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», величина опору захисного заземлення електрообладнання приміщення – 4 Ом; НПАОП40.1-1.32-01 «Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок». ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения» обладнання в лабораторії має подвійну ізоляцію, яка складається з робочої та додаткової ізоляції; ГОСТ 12.2.007.0-75* (2001) «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» ЕОМ, периферійні пристрої ЕОМ та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ по способу захисту людини від ураження електричним струмом, належать до I класу, оскільки мають подвійну ізоляцію, елемент для заземлення та провід для приєднання до джерела живлення, що має

заземлюючу жилу і вилку з заземлюючим контактом. Експлуатація електроустановок і електроустаткування проводиться відповідно до НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» та НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів»

Ергономічні вимоги до моніторів, їх технічні характеристики (розмір екрана, роздільна здатність, зернистість зображення, значення частот вертикальної та горизонтальної розгортки, смуга пропускання відеосигналу, можливості регулювання, мікропроцесорне управління, динамічне фокусування, наявність інварової маски та розмагнічування, антивідблискове покриття, захист від електростатичних та електромагнітних полів, система управління енергоспоживанням) враховано згідно вимог розділу «Мінімальні вимоги по охороні праці» директиви ЕС90/270 ЕЕС. Символи на екрані чіткі і добре розрізняються, зображення без блимання, яскравість та контрастність легко регулюються, екран вільний від відблисків і відбиття, випромінювання знижені до надзвичайно малих рівнів. Застосування плоских екранів зменшує спотворення зображення, на екрані утворюється менше відблисків від відбитого світла. Для підвищення якості зображення, для зменшення відблисків, а також запобігання накопичення статичного заряду передбачається застосування моніторів, на поверхні екрана якого, на переднє скло ЕПТ нанесено спеціальні покриття.

Розрахунок приміщення оснащеного відео дисплейними терміналами.

Приміщення, що обладнане ПК з ВДТ і розміщені робочі місця з ПК, спроектовано і організовано згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин».

Приміщення категорій «А» і «Б» (НАПБ Б.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», а також виробництва з мокрими

технологічними процесами поряд з приміщенням, де розташовуються ЕОМ, виконується їх обслуговування, налагодження і ремонт не передбачається.

Виробничі приміщення, в яких розташовані ЕОМ, не межують з приміщеннями, де рівні шуму та вібрації перевищують норму (механічні цехи, майстерні тощо).

Робоча кімната, де розташовані комп'ютери знаходиться на другому поверсі, т.б. відповідно до НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин» враховано, що неприпустимим є розташування приміщень, призначених для роботи з ВДТ у підвалах та цокольних поверхах.

Площу приміщення, в якому розташовують відео термінали, визначено згідно з чинними нормативними документами з розрахунку, що для забезпечення виробничого процесу необхідним є застосування 6 комп'ютерів.

Планування розміщення комп'ютеризованих робочих місць у приміщенні проводимо із врахуванням наступних вимог:

- робочі місця з ВДТ розміщуються на відстані не менше 1 м від стіни зі світловими прорізами;
- відстань між бічними поверхнями ВДТ має бути не менше за 1,2 м;
- відстань між тильною поверхнею одного ВДТ та екраном іншого не повинна бути меншою за 2,5 м;
- прохід між рядами робочих місць має бути не меншим 1 м.
- площа на одне робоче місце, обладнане відео терміналом - не менше 6,0м².
- об'єм - не менше 20,0 м³, з урахуванням максимальної кількості осіб, які одночасно працюють у зміні.

Врахуємо також розміри меблів на комп'ютеризованих робочих місцях, зокрема робочого столу. Відповідно до НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин» рекомендовані розміри столу для робочого місця з ВДТ становлять: висота – 725 мм, ширина – 600-1400 мм, глибина – 800-1000 мм.

Приймаємо, що робочий стіл має такі розміри: ширина – 1200 мм, глибина – 800 мм.

Найкращим є розмістити комп'ютеризовані робочі місця рядами вздовж стіни з вікнами. Це дасть змогу унеможливити дзеркальне відбиття на екрані ВДТ джерел природного світла (вікон) та потрапляння останніх у поле зору операторів, що погіршує умови їх зорової роботи. Враховуючи, що в приміщенні 6 комп'ютерів (рис.7.1), то найкраще комп'ютеризовані робочі місця розмістити в два ряди по три штуки, відстань між робочими місцями становить 2.2метри, що більше ніж відстань зазначена нормативом.

Оскільки площа, на якій розташовується одне робоче місце з ВДТ, згідно з ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» повинна становити не менше 6,0 м², а шість ПК повинні займати площу 36 м² для безпечної та комфортної роботи приймаємо, що площа робочого приміщення складає 40 м² (рис 7.1).

Конструкція робочого стільця (крісла) забезпечує підтримку раціональної робочої пози при роботі на ПЕОМ, дозволяє змінювати позу з метою зниження статичної напруженості м'язів шийно-плечової області та спини з метою попередження розвитку втоми, у відповідності з вимогами ГОСТ 12.2.032-78. «ССБТ Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».

Стіни, стеля, підлога приміщень, де розміщені ЕОМ, виготовлені з матеріалів, дозволених для оздоблення приміщень органами державного санітарно-епідеміологічного нагляду.

Обслуговування, ремонт та налагодження ЕОМ, вузлів та блоків ЕОМ виконується в окремому приміщенні (майстерні).

У приміщеннях з ЕОМ щоденно проводиться вологе прибирання.

У приміщеннях з ЕОМ знаходяться медичні аптечки першої допомоги.

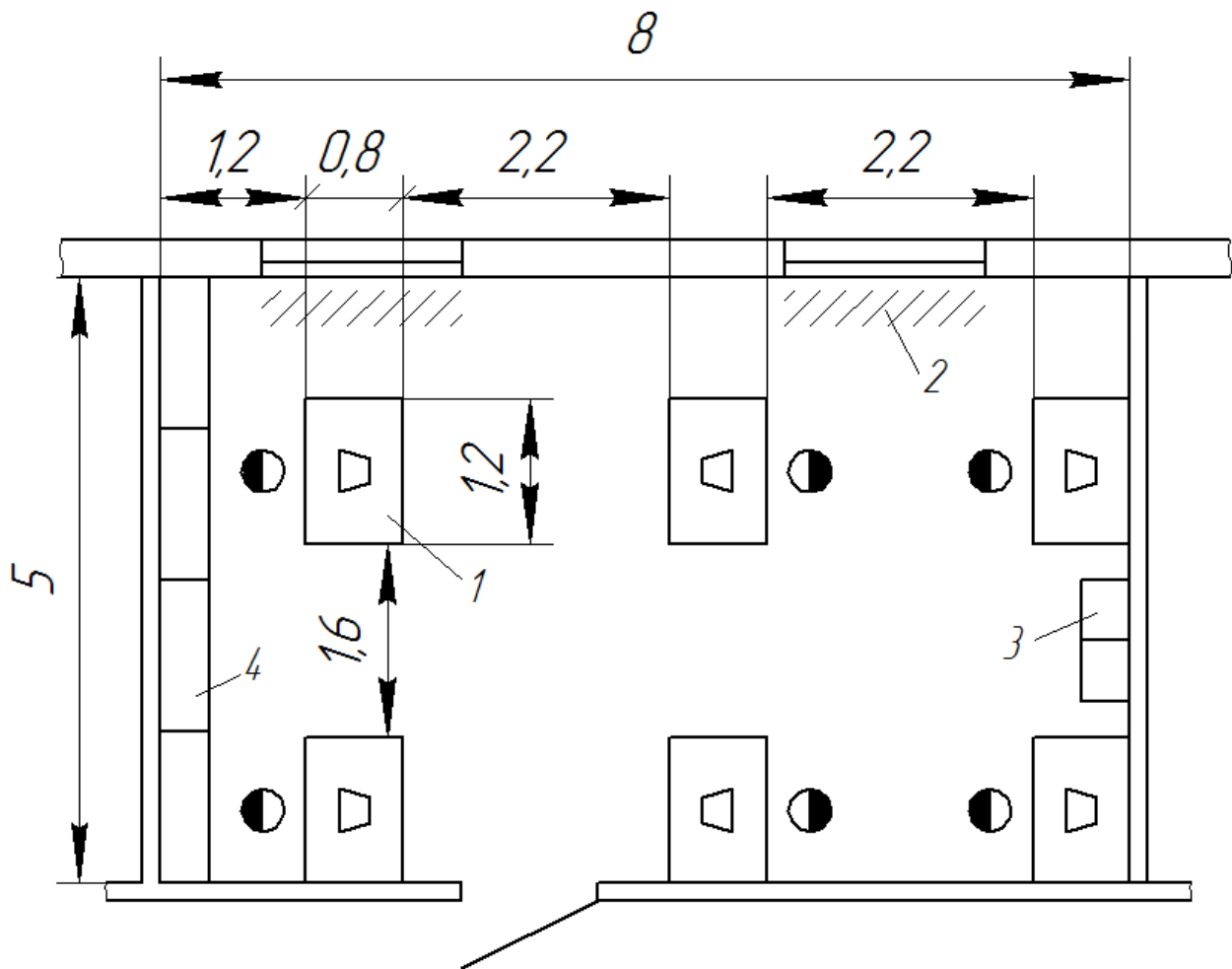


Рисунок 6.1. План приміщення з комп'ютеризованими робочими місцями:

1 - комп'ютеризоване робоче місце з ВДТ; 2- сонцезахисні жалюзі; 3- шафи для зберігання дискет та програмного забезпечення; 4- шафи для зберігання документації та фахової літератури.

6.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

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

Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії і гігієни праці для приміщення обладнаного ПК з ВДТ розроблені відповідно до вимог

ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні стандартні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями».

Метеорологічні умови в приміщенні – температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість його переміщення відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Роботи в приміщенні, належать до категорії Іб - легка робота, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у холодний період року: температура 21-23°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,1 м/с;

- у теплий період року: температура 22-24°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с.

Оптимальні параметри мікроклімату і чистоти повітря у приміщенні (лабораторії) обладнаному ПК з ВДТ для категорії Іб фізичних робіт, згідно вимог ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень» становлять 21-23°C в холодний період року, 22-24°C - в теплий. Забезпечення таких параметрів мікроклімату та трьохкратний повітря обмін за годину досягається оснащенням приміщень пристроями кондиціонування, вентиляції та дезодорації повітря, системами опалювання згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

У приміщенні, згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» передбачено природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які

забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски на поверхні екранів і клавіатури, передбачено сонцезахисні пристрої, на вікнах встановлені жалюзі або штори. Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Як джерела штучного освітлення в приміщенні застосовані люмінесцентні лампи типу ЛБ. При застосуванні яких дотримались наступних умов:

- температура навколишнього повітря не повинна бути нижче, ніж 5°C;
- напруга на освітлювальних приладах повинна бути не менше, ніж 90% номінальної.

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приміщення відповідають вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою: використання більш сучасного обладнання; розташування принтерів та різноманітного устаткування колективного користування на значній відстані від більшості робочих місць працівників; переведення жорсткого диска в режим сну (Standby), якщо комп'ютер не працює протягом визначеного часу; використання блоків живлення ПК з вентиляторами на гумових підвісках.

Рівні вібрації під час виконання робіт з ЕОМ у виробничих приміщеннях не перевищують допустимих значень, визначених в ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» і ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «ССБП. Вібраційна безпека. Загальні вимоги».

У відповідності ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», з метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії, запобігання втоми, передбачені перерви у

роботі – 15 хвилин кожні дві години, а також спеціально обладнане приміщення – кімната відпочинку.

Для запобігання кістково-м'язових порушень у зв'язку з тривалим статичним напруженням м'язів спини, шиї, рук і ніг необхідно передбачити перерви в роботі та виконувати фізичні вправи 2-3 рази протягом робочого часу. Застосування меблів та організація робочого місця згідно рекомендацій ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ « Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования», ДСТУ ISO 9241-5-2004 «Ергономічні вимоги до роботи з відео терміналами в офісі. Частина 5. Вимоги до компонування робочого місця та до робочої пози» дає можливість не тільки уникнути прояву захворювань але і забезпечує гарний настрій та високий рівень працездатності.

6.4 Заходи з пожежної безпеки

Заходи з пожежної безпеки в дослідній лабораторії розроблено відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

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

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

Відповідно до категорії виробництва з пожежної небезпеки і вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», ступінь вогнестійкості дослідницької лабораторії - II.

Приміщення (лабораторія), в якому розташовуються електрообчислювальні матеріали, різноманітне устаткування, відноситься до класу пожежонебезпечної зони II-IIa, тому передбачений мінімальний ступінь захисту ізоляції обладнання IP44.

В приміщення (лабораторія) пожежний інвентар з пожежним інструментом і вогнегасниками розташовано на двох спеціальних пожежних щитах(стендах), відповідно до "Правил пожежної безпеки в Україні". Серед первинних засобів пожежогасіння особливе місце займають вогнегасники, які відзначаються високою ефективністю дії. В приміщення (лабораторія) встановлено 2 вуглекислотних вогнегасника місткістю 5 л. Доцільність використання даного вогнегасника пояснюються його властивостями. Вогнегасник ВВК-3 призначений для гасіння загорання різних речовин, горіння яких не може відбуватися без доступу повітря, загорання електроустановок, що знаходяться під напругою, загорання в приміщеннях при наявності оргтехніки. Головною особливістю вуглекислотних вогнегасників є відсутність слідів гасіння так як вуглекислота після використання не залишає слідів і бруду.

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

температури, дим, полум'я. Для адміністративних приміщень використовується димові пожежні сповіщувачі.

6.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

1. 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.

2. Організація навчання діям у надзвичайних ситуаціях покладається:

- 1) працюючого та непрацюючого населення - на центральний орган виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, Раду міністрів Автономної Республіки Крим, місцеві державні адміністрації, органи місцевого самоврядування, які розробляють і затверджують відповідні організаційно-методичні вказівки та програми з підготовки населення до таких дій;
- 2) 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 до медичної допомоги за погодженням з центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту.

3. Стандартами професійно-технічної та вищої освіти передбачається набуття знань у сфері цивільного захисту.

4. Порядок здійснення навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях встановлюється Кабінетом Міністрів України.

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

Стаття 40. Навчання працюючого населення

1. Навчання працюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях є обов'язковим і здійснюється в робочий час за рахунок коштів роботодавця за програмами підготовки населення діям у надзвичайних ситуаціях, а також під час проведення спеціальних об'єктових навчань і тренувань з питань цивільного захисту.

2. Порядок організації та проведення спеціальних об'єктових навчань і тренувань з питань цивільного захисту визначається центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту.

3. Для отримання працівниками відомостей про конкретні дії у надзвичайних ситуаціях з урахуванням особливостей виробничої діяльності суб'єкта господарювання у кожному суб'єкті господарювання обладнується інформаційно-довідковий куточок з питань цивільного захисту.

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

5. Особи, яких приймають на роботу, пов'язану з підвищеною пожежною небезпекою, мають попередньо пройти спеціальне навчання (пожежно-технічний мінімум). Працівники, зайняті на роботах з підвищеною пожежною небезпекою, один раз на рік проходять перевірку знань відповідних нормативних актів з пожежної безпеки, а посадові особи до початку виконання своїх обов'язків і періодично (один раз на три роки) проходять навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки.

6. Допуск до роботи осіб, які не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з питань цивільного захисту, зокрема з пожежної безпеки, забороняється.

7. Програми навчання з питань пожежної безпеки погоджуються з центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту.

Стаття 41. Формування культури безпеки життєдіяльності населення. Навчання учнів, студентів та дітей дошкільного віку

1. Культура безпеки життєдіяльності населення - це сукупність цінностей, стандартів, моральних норм і норм поведінки, спрямованих на підтримання самодисципліни як способу підвищення рівня безпеки.

2. Популяризація культури безпеки життєдіяльності серед дітей та молоді організовується і здійснюється центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, спільно з центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері освіти і науки, громадськими організаціями шляхом:

1) проведення шкільних, районних (міських), обласних та всеукраїнських змагань з безпеки життєдіяльності;

2) проведення навчально-тренувальних зборів і польових таборів;

3) участі команд - переможниць у заходах міжнародного рівня з цих питань.

3. Навчання учнів, студентів та дітей дошкільного віку діям у надзвичайних ситуаціях та правилам пожежної безпеки є обов'язковим і здійснюється під час навчально-виховного процесу за рахунок коштів, передбачених на фінансування навчальних закладів.

4. Навчання дітей дошкільного віку діям у надзвичайних ситуаціях та запобігання пожежам від дитячих пустощів з вогнем проводиться шляхом формування у них поведінки, відповідної віку дитини, щодо власного захисту та рятування.

Стаття 42. Навчання непрацюючого населення

1. Непрацююче населення самостійно вивчає пам'ятки та інший інформаційно-довідковий матеріал з питань цивільного захисту, правила пожежної безпеки у побуті та громадських місцях та має право отримувати від органів державної влади, органів місцевого самоврядування, через засоби масової інформації іншу наочну продукцію, відомості про надзвичайні ситуації,

у зоні яких або у зоні можливого ураження від яких може опинитися місце проживання непрацюючих громадян, а також про способи захисту від впливу небезпечних факторів, викликаних такими надзвичайними ситуаціями.

Таким чином, передбачений комплекс заходів з пожежної безпеки та цивільного захисту забезпечує безпеку персоналу в умовах пожежі та організацію навчання працюючого та непрацюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях.

6.6 Розрахунок освітлення механічного цеху у програмі DIALux

DIALux - програма для планування та дизайну освітлення, що планується з 1994 року DIAL GmbH (Deutsche Institut für Angewandte Lichttechnik) - Німецьким Інститутом Прикладної Світлотехніки. Вона розповсюджується безкоштовно і може використовувати дані світильників будь яких виробників. DIALux - одна з найбільш ефективних програм для розрахунку освітлення на ринку програмного забезпечення. Вона враховує усі сучасні вимоги до дизайну та розрахунку освітлення. DIALux підтримує міжнародні та національні стандарти європейських країн та забезпечує повну підтримку проектування освітлення у відповідності з с EN 12464 частина 2 / CIE/ISO/CEN 8995-2 «Освітлення зовнішніх робочих місць» в тому числі: розрахунок потужності засліплення; розрахункові точки світлового потоку; робоче місце та оточуючі зони; ULR розрахунок (коефіцієнт світла, що направлено уверх); світлове забруднення.

У даному розділі розраховується освітлення для виробничого приміщення – ділянки шліфування та остаточної доводки виробів загальною площею 35 кв. м, розмірами 7 x 5 м. Висота стелі – 3,02 м. Колір стін – зелений. У приміщенні встановлено пристосування та верстаки для шліфовки, остаточної доводки та поліровки виробів.

У відповідності з ДБН В.2.5 – 28: 2015 «Природне та штучне освітлення» освітлення робочих поверхонь виробничих приміщень де здійснюється

металообробка – груба зорова робота зі спостереження за об'єктом розміром більше ніж 5 мм, повинно складати 200 люкс. Але оскільки використовуються LED світильники, відсутнє природне освітлення, а також здійснюється спостереження за деталями, що обертаються зі швидкістю більш ніж 500 об/хв, а також приймаючи до уваги необхідність контролю якості виробів, згідно підпунктів «д», «є» п.8.2.2 ДБН, норму освітлення підвищимо на два ступені. Тобто приймаємо розрахункову норму освітлення 400 люкс. При цьому коефіцієнт дискомфорту UGR повинен складати - $M < 20$.

Для освітлення приміщення використані світлодіодні промислові світильники типу «Висота» виробництва LedEffect потужністю 33 Вт і ступенем захисту IP54, світлова температура 4000K, рівень пульсації менш ніж 1% - див. рис. 6.2.



Рисунок 6.2 – Стельовий світлодіодний промисловий світильник 33Вт, IP54

Розташування світильників та робочих місць вибрані з урахуванням відсутності засліплення. Планування приміщення та результати розрахунків наведено в Додатку А. Відсутність значень UGR свідчить про те, що значення $M < 10$. Загальна кількість світильників за розрахунком 6 шт.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Виконано аналіз технологічності виробу. Встановлено тип та характер виробництва.
2. Виконано матеріалу виробу. Проаналізовано оброблюваність кріогенної сталі.
3. Проаналізовано характеристики існуючого на виробництві обладнання та його можливостей.
4. Розроблено технологічний процес деталі "Корпус годинника".
5. Обрано постачальника інструменту та технологічного оснащення.
6. Виконано попередній аналіз та математичне моделювання впливу режимів та умов різання на шорсткість обробленої поверхні.
7. Виконано дослідження впливу режимів різання на шорсткість при обробці аустенітної кріогенної (медичної) сталі тип1.4435 методом повного факторного експерименту.
8. Проведено аналіз впливу радіусу при вершині інструменту на визначення товщини слою, що зрізується.
9. Створено та налагоджено випуск виробів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Електронний ресурс: <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/knowledge/materials/pages/workpiece-materials.aspx>
2. Kathy Riggs Larsen (2016). *"Selecting Stainless Steels for Seawater Pumps"*. *Materials Performance*. http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=744.
3. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсове проектування за технологією машинобудування. Мінськ, 1983 р.
4. А. П. Шлямнев. и др: «Коррозионностойкие, жаростойкие и высокопрочные стали и сплавы; Справ, изд». - М.: "Интермет Инжиниринг". 2000.
5. Подураев В.Н. Резание Труднообрабатываемых материалов.-М.: Высшая школа, 1974.-587с.
13. Гельфгат Ю.М. Збірник задач і вправ за технологією машинобудування. М., 1986 р.
10. Гжиров Р.И. Короткий довідник конструктора. Ленінград, 1984 р.
11. Суворов С.Г., Суворова Н. С. Машинобудівне креслення в питаннях і відповідях. Довідник. М., 1984 р.
14. Класифікатор ТКД. Методичний посібник. БМК, 1993 р.
- инструмент:
10. Електронний ресурс: <https://www.iscar.com/eCatalog/Index.aspx>.
11. Електронний ресурс: <https://www.secotools.com/article/84565?language=ru>.
12. Курс лекцій з дисципліни «Технологічна оснастка» для напрямів підготовки 6.050502 Інженерна механіка та 6.050503 Машинобудування за спеціальностями Технологія машинобудування й Металорізальні верстати та системи / П. А. Каморкін. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2015. – 228 с.
13. Балабанов А. М. Короткий довідник технолога-машинобудівника /А. М. Балабанов. – М. : Видавництво стандартів, 1992. – 464 с.
14. Попов А.Ю. Влияние режимов резания и геометрии режущего инструмента на шероховатость поверхности при токарной обработке / А.Ю.Попов. - М.: МИИТ, 2007. - 43 с.

15. Жуков Э. Л. Влияние режимов резания на шероховатость поверхности при чистовом точении / Э.Л.Жуков, С.А.Любомудров, Т.А.Макарова http://www.rusnauka.com/32_PRNT_2013/Tecnic/3_148970.doc.htm.

16. Электронный ресурс: Шероховатость поверхности после механической обработки http://texinfo.inf.ua/razdeli/txn_obr/stati/sherohovatost.html

17. Фролов М.В. Расчет параметров процесса резания с глубиной, соизмеримой с радиусом при вершине резца / М.В.Фролов, Е.В.Львова // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. - 1989. - № 9. - С. 127 - 130.

18. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 278 с.

19. Каталог инструмента

20. Фролов М.В. Оценка силовых зависимостей при точении резцами с круглыми пластинами посредством «эквивалентных» параметров / М.В.Фролов // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2015. - №1. – С.53-56.