

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Кафедра прикладного матеріалознавства і технології  
конструкційних матеріалів**

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**

**зі спеціальності 132 «Матеріалознавство»**

Тема роботи: Вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення деталі та технологічного процесу зміцнення деталі «фреза циліндрична»

Виконав:

студент Корнєєв Владислав Юрійович

Залікова книжка

№ 19510257

Підпис \_\_\_\_\_

Захищена з оцінкою

\_\_\_\_\_

Оцінка, дата

Керівник:

завідувач кафедри  
Гапонова Оксана Петрівна

Підпис \_\_\_\_\_

Секретар ЕК

\_\_\_\_\_ Марченко К. С.

Прізвище, підпис

Суми 2022

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій  
Кафедра прикладного матеріалознавства і технології конструкційних  
матеріалів  
Спеціальність 132 «Матеріалознавство»

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Гарант Освітньої програми  
«Прикладне матеріалознавство»  
Харченко Н. А.  
«17» червня 2022 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студенту Корнєєву Владиславу Юрійовичу, група МТ-81-9  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема випускної роботи: Вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення деталі та технологічного процесу зміцнення деталі «фреза циліндрична».

2. Вихідні дані: Креслення інструменту та вимоги до нього вказані на кресленні (додаток А)

3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу

- 1) Креслення деталі.
- 2) Графік термічної обробки деталі
- 3) План розробленого термічного відділення.

4. Етапи виконання випускної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	Тижні			
		1	2	3	4
1	Розділ 1. Аналіз умов роботи деталі	X			
2	Розділ 2. Огляд літератури	X			
3	Розділ 3. Вибір матеріалу та роль легувальних елементів у забезпеченні експлуатаційних властивостей		X		
4	Розділ 4. Маршрутна технологія виготовлення деталі. Характеристика етапів технологічного процесу			X	
5	Розділ 5. Розрахунково-експериментальна частина				X

5. Дата видачі завдання 26 квітня 2022 р.

Керівник \_\_\_\_\_

Гапонова О. П.

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота рівня «бакалавр» містить: кількість сторінок - 64, кількість таблиць - 10, кількість рисунків – 10, кількість джерел літератури – 20.

Мета роботи: на основі результатів аналізу умов експлуатації деталі «циліндрична фреза», призначити раціональний матеріал та розробити технологічний процес виготовлення виробу.

Завдання:

- провести аналіз умов роботи деталі;
- проаналізувати літературні джерела щодо способів зміцнення різального інструменту;
- раціонально обрати матеріал для виготовлення деталі;
- розробити технологічний процес виготовлення та термічної обробки виробу;
- обрати основне обладнання для термічної обробки та спроектувати термічне відділення.

Методи дослідження – металографічні методи дослідження структури поверхневого шару сталей, випробування на твердість та випробування на міцність.

Ключові слова: ЦИЛІНДРИЧНА ФРЕЗА, ТЕРМІЧНА ОБРОБКА, НІТРОЦЕМЕНТАЦІЯ, СТРУКТУРА, ТВЕРДІСТЬ, ТЕХНІЧНИЙ КОНТРОЛЬ.

Змн.	Зм.Ли	Арк.№ докум.	№	Підпи				
Розроб.		Корнєєв В. Ю.			Реферат	Літ.	ДатаАрк.	Акрушів
Перевір.		Гапонова О. П.					Аркуш3	61
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Гапонова О.П.						

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ УМОВ РОБОТИ ДЕТАЛІ .....	7
РОЗДІЛ 2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	12
РОЗДІЛ 3 ВИБІР МАТЕРІАЛУ ТА РОЛЬ ЛЕГУВАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ .....	26
РОЗДІЛ 4 МАРШРУТНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ. ХАРАКТЕРИСТИКА ЕТАПІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ .....	33
РОЗДІЛ 5 РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА .....	38
5.1. Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу термічної обробки .....	38
5.2. Вибір основного термічного обладнання.....	45
5.3. Розрахунок кількості основного обладнання для термічної обробки .....	49
5.4. Технічний контроль. Попередження та усунення браку .....	53
ВИСНОВОК .....	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	60
Додаток А .....	63
Додаток Б.....	64
Додаток В.....	65
Додаток Г .....	66
Додаток Д .....	67

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Корнєєв В.Ю.			Зміст	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Гапонова О. П.					4	61
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Гапонова О.П.						

## ВСТУП

Останнім часом спостерігається суттєва зміна у розвитку і застосуванні інструментальної сталі. Застосування інструментальних сталей в якості конструкційних і для інших умов експлуатації вимагає знання таких властивостей сталей, які раніше мало вивчали, в першу чергу в'язкість, опір знакозмінних навантажень і контактної витривалості в різних структурних станах. У сучасному машинобудуванні для підвищення довговічності відповідальних деталей широко використовують процеси термічної обробки, з яких найбільшого поширення набули гартування і відпуск. В результаті застосування цих методів термічної обробки підвищується зносостійкість деталі, зростає втомна міцність і т.д. Перспективним напрямом вдосконалення технології термічної обробки є інтенсифікація процесів нагріву, установка агрегатів для термічної обробки.

Фрезерування є одним з високопродуктивних і широко поширених методів обробки заготовок різанням. Робота проводиться багатозубовими ріжучими інструментами - фрезами. Фрезерування широко застосовують у машинобудуванні та приладобудуванні для оброблювання різних поверхонь корпусних і призматичних деталей, а також гвинтових поверхонь деталей тіл обертання. Фрезерування є високопродуктивним, простим і в багатьох випадках достатньо точним методом оброблювання. Тому в даний час є важливим правильність виконання даного виробу, адже не правильно підібрані ті чи інші методи, наприклад термічна обробка, обладнання, можуть призвести до поломки деталі.

Фрези належать до найпоширеніших видів багатолезових інструментів у металообробній промисловості. За призначенням вони діляться на інструменти для оброблювання площин, фасонних поверхонь, пазів,

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Корнєєв В.Ю.			Вступ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Гапонова О.П.					5	61
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Гапонова О.П.						

виступів, для прорізування, відрізання, нарізання різи та зубців. Жодний інструмент не має такої різноманітності типів, як фреза. Незалежно від типу вона представляє собою тіло обертання, на зовнішній циліндричній чи конічній і торцевій поверхнях якого нарізані зубці. Кожний зубець фрези за геометричними параметрами можна розглядати як різець.

					Вступ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІЗ УМОВ РОБОТИ ДЕТАЛІ

### 1.1 Характеристика умов роботи виробу

Фрезерування широко застосовують у машинобудуванні та приладобудуванні для оброблювання різних поверхонь корпусних і призматичних деталей, а також гвинтових поверхонь деталей тіл обертання. Фрезерування є високопродуктивним, простим і в багатьох випадках достатньо точним методом оброблювання. Фрези належать до найпоширеніших видів багатолезових інструментів у металообробній промисловості. За призначенням вони діляться на інструменти для оброблювання площин, фасонних поверхонь, пазів, виступів, для прорізування, відрізання, нарізання різі та зубців. Жодний інструмент не має такої різноманітності типів, як фреза. Незалежно від типу вона представляє собою тіло обертання, на зовнішній циліндричній чи конічній і торцевій поверхнях якого нарізані зубці. Кожний зубець фрези за геометричними параметрами можна розглядати як різець.



Рисунок 1.1 – Циліндрична фреза

Креслення циліндричної фрези наведено в додатку А.

Циліндричні фрези застосовують для обробки площин. Зуби циліндричної фрези розташовують по гвинтовій лінії з певним кутом нахилу гвинтової канавки. Циліндричні фрези виготовляють за ГОСТ 3752-71 з дрібними зубами і з великими зубами, зі вставними ножами по ГОСТ 9926-

					Арк.
					7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

61. Фрези, оснащені гвинтовими пластинками твердого сплаву, виготовляють за ГОСТ 8721 - 69.

Основними розмірами циліндричних фрез є довжина фрези  $L$ , діаметр фрези  $D$  діаметр отвору  $d$ , число зубів  $z$ .

Циліндричні фрези виготовляють з швидкорізальної сталі, а також оснащують пластинками твердих сплавів. Виготовлення циліндричних фрез з вставними ножами (зубами) дозволяє більш економно використовувати дорогий інструментальний матеріал. По напрямку обертання фрези поділяють на право - і ліво - ріжучі. Право-ріжучими називають такі фрези, які при роботі повинні обертатися за годинниковою стрілкою, якщо на фрезу дивитися з боку заднього кінця шпинделя (або проти годинникової стрілки, якщо дивитися з боку підвіски-сережки). Ліво - ріжучими фрезами називають такі фрези, які при роботі повинні обертатися проти годинникової стрілки, якщо дивитися з боку заднього кінця шпинделя (або за годинниковою стрілкою, якщо дивитися з боку підвіски). Якщо дивитися на фрезу з боку підвіски, то право - ріжуча фреза відкидає стружку вправо, а ліво - ріжуча - вліво.

Циліндричні фрези в залежності від того, якою стороною вони встановлені на оправці, можуть бути використані і як право - ріжучі і як ліво - ріжучі. Напрямок різання можна змінити, перевернувши фрезу на оправці.

#### *Вибір типу і розміру циліндричної фрези*

Вибір типу і розміру фрези залежить від конкретних даних умов обробки (розміри оброблюваної заготовки, марка оброблюваного матеріалу, величини припуску на обробку та ін).

Фрези з великим зубом застосовують для чорнової і напівчистої обробки площин, фрези з дрібним зубом - для напівчистої і чистої обробки.

#### *Підготовка фрезерного верстата для виконання різних робіт*

Налагодження - це підготовка технологічного устаткування та оснащення до виконання певної технологічної операції (установка оправки

						Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



на верстаті; встановлення фрези і настановних кілець на оправці; перевірка биття фрези; установка пристосування на верстаті; перевірка заготовки щодо інструмента; розміщення упорів, що обмежують хід столу та ін).

Налаштування фрезерного верстата полягає у встановленні необхідного числа обертів шпинделя верстата, заданої хвилинної подачі і глибини фрезерування.

#### *Установка і закріплення фрези*

Після того, як вибрано оптимальний для даних умов обробки типорозмір циліндричної фрези, виробляють її встановлення та закріплення. У відповідності з розміром діаметра отвори фрези вибирають необхідний діаметр оправки [14, 15].

При роботі фрези може виникати крихке й пластичне руйнування.

Крихке руйнування леза є результатом поступового розвитку й нагромадження мікротріщин, які зі збільшенням зовнішнього навантаження зливаються в макротріщину. Процес зародження й розвитку тріщин відбувається в часі, тобто залежить від тривалості прикладення навантаження. У загальному випадку напруження, що виникають у різальній частині інструменту, визначаються як сума напружень, що виникають під дією сил різання й температурного поля, а також залишкових напружень, що виникають при виготовленні інструменту, зокрема при напайці та заточенні. Якщо сума цих напружень перевищить межу міцності на розтягування в небезпечних точках, то відбувається крихке руйнування леза.

Існує область режимів різання, при яких інструмент не в змозі зрізати стружку, тому що сам може піддаватися пластичній деформації й зрізу у результаті процесу пластичної плинності контактних шарів. Розвитку процесу пластичної плинності контактних шарів і деформації леза сприяють інтенсивний розігрів і розм'якшення інструментального матеріалу при режимах різання, що характеризуються високими силовими і тепловими навантаженнями, а також всебічний стиск різальної кромки, у результаті якого пластичність матеріалу інструменту в цій зоні істотно підвищується.

						Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При обробці сталей, жароміцних і титанових сплавів, інших важкооброблюваних матеріалів швидкість різання най-частіше обмежується межею пластичної міцності інструментальних матеріалів. Тому для підвищення продуктивності оброблення таких матеріалів необхідно підвищувати межу пластичної міцності інструментального матеріалу, тобто вибирати матеріали для леза, які мають більші твердість при нагріванні й температуропровідність. Крихке й пластичне руйнування інструменту обмежує застосування високих режимів різання (граничну товщину зрізу і граничну швидкість різання  $V_{гр}$  і відповідно продуктивність оброблення.

Для заданих умов різання потрібно, щоб інструментальний матеріал мав певну межу міцності при розтягуванні  $\sigma_b$  для того, щоб уникнути крихкого руйнування інструменту поза контактною зоною, де діють максимальні розтягувальні напруження («небезпечні точки»). Поряд із цим інструментальний матеріал повинен мати певну межу міцності на стиснення  $\sigma_b$ , щоб уникнути крихкого руйнування в зоні стиску в області різальної кромки, де діють максимальні стискаючі напруження[20].

#### *Вибір технічних вимог на властивості деталі*

Деталь повинна із заданою вірогідністю бути працездатною протягом певного терміну служби при мінімально необхідній вартості її виготовлення і експлуатації. Для цього вона повинна задовольняти критеріям працездатності: міцності, жорсткості, зносостійкості, теплостійкості і ін. Працездатність черв'ячної передачі підвищується зі зменшенням шорсткості поверхні і підвищенням твердості різьблення черв'яка.

Критеріями працездатності є:

- 1) Поверхнева міцність зубів (опір контактної втоми);
- 2) Об'ємна міцність зубів (опір втоми і статична міцність);
- 3) Стійкість проти заїдання;
- 4) Зносостійкість зубів;
- 5) Дотримання призначеного режиму термообробки[14].

						Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

Проведений аналіз умов роботи деталі – фреза циліндрична. Фрезерування широко застосовують у машинобудуванні та приладобудуванні для оброблювання різних поверхонь корпусних і призматичних деталей, а також гвинтових поверхонь деталей тіл обертання. Фрезерування є високопродуктивним, простим і в багатьох випадках достатньо точним методом оброблювання. Фрези належать до найпоширеніших видів багатолезових інструментів у металообробній промисловості. За призначенням вони діляться на інструменти для оброблювання площин, фасонних поверхонь, пазів, виступів, для прорізування, відрізання, нарізання різі та зубців. Жодний інструмент не має такої різноманітності типів, як фреза. Незалежно від типу вона представляє собою тіло обертання, на зовнішній циліндричній чи конічній і торцевій поверхнях якого нарізані зубці. Кожний зубець фрези за геометричними параметрами можна розглядати як різець.

Циліндричні фрези застосовують для обробки площин. Зуби циліндричної фрези розташовують по гвинтовій лінії з певним кутом нахилу гвинтової канавки.

Критеріями працездатності фрез є поверхнева міцність зубів (опір контактної втоми); об'ємна міцність зубів (опір втоми і статична міцність); стійкість проти заїдання; зносостійкість зубів; дотримання призначеного режиму термообробки.

						Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Структура і властивості покриття є відображенням тих умов, у яких відбувалося його формування. Основне питання в кожній технології поверхневого зміцнення – це спосіб доставки матеріалу покриття до поверхні різального інструмента, його хімічний і фізичний стан. Більшість способів поверхневого зміцнення варто розглядати як альтернативні. Той самий матеріал покриття може бути нанесений різними способами. При цьому можуть істотно розрізнятися властивості покриття. Умови нанесення можуть змінювати у широких межах комплекс механічних властивостей матеріалу основи, так що експлуатаційні характеристики різального інструменту з покриттям істотно залежать від способу поверхневого зміцнення. Сучасні методи формування зносостійкого покриття дозволяють науково обґрунтовано визначати форму і структуру робочих поверхонь, їхні геометричні параметри і фізико-механічні властивості, що забезпечать ефективність роботи різального інструменту. Прогрес технології в галузі інженерії поверхні дає можливість використовувати різні метали, сплави і псевдосплави шляхом нанесення їх на робочі поверхні інструменту з різних матеріалів та сплавів для підвищення ефективності їх експлуатації. Одним із напрямків інженерії поверхні є формування поверхневих шарів – найбільш активних областей конструкційних інструментальних матеріалів, що приймають участь в обміні енергією і речовиною із зовнішнім середовищем. Це приводить до їхньої більш ранньої пошкоджуваності порівняно з глибинними шарами. В більшості випадків працездатність різального інструменту залежить не стільки від якості матеріалу основи, скільки від властивостей поверхневих шарів. Використання покриттів сприяє зміцненню поверхневого шару, збільшенню терміну експлуатації різального інструмента, заміні дорогих інструментальних матеріалів більш дешевими. Вирішення проблеми підвищення якості інструменту, виходячи з

					Огляд літератури	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

необхідності поліпшення їх експлуатаційних властивостей, може здійснюватись, як за рахунок застосування вже існуючих методів зміцнення, так і за рахунок їхнього удосконалення та створення нових. У зв'язку з цим виникає необхідність систематизації та класифікації наявних методів нанесення покриттів. Характеристика, аналіз і класифікація методів зміцнення і нанесення покриттів на різальний інструмент. Вибір конкретного методу формування поверхневого шару являє собою складну техніко-економічну задачу. В даний час відомо понад 130 методів нанесення функціональних покриттів (захисних, корозійностійких, антифрикційних, та ін.), що відрізняються фізичними, механічними, хімічними та багатоопераційними способами утворення. Проведений аналіз способів нанесення зміцнюючих покриттів показав, що їх можна класифікувати на чотири основні групи згідно з методами їх утворення. Для першої групи способів фізичного зміцнення: вакуумні та лазерні технології, електроіскрове легування (ЕІЛ), газотермічне напилювання, поверхневі загартування та оплавлення, вибухове нанесення провідника, алмазоподібні плівки, аморфні покриття) характерний високий рівень питомої енергії впливу (до  $10^6$  Дж/см<sup>2</sup>), густина енергії (до  $10^6$  Вт/см<sup>2</sup>) і середній час впливу. Друга група включає способи механічного зміцнення: поверхневе пластичне деформування (ППД), механічне нанесення покриттів, плакування, розпилення. Цю групу характеризує мінімальна густина енергетичного впливу (до  $10^4$  Вт/см<sup>2</sup>), при часі впливу (6-10 с) і рівні питомої енергії до  $10^6$  Дж/см<sup>2</sup>. До третьої групи віднесені способи хімічного зміцнення: хіміко-термічна обробка (ХТО) (азотування, цементація, карбонітрація, оксидування, борирування), хімічне та гальванічне осадження, хімічне осадження (CVD), епіламування. Для цієї групи методів характерно середнє значення густини енергії ( $10^5$  –  $10^7$  Вт/см<sup>2</sup>), збільшений час впливу при рівні питомої енергії. До четвертої групи віднесені багатоопераційні способи зміцнення, такі як лазерна і іонно-дифузійна обробки, електроіскрове легування і поверхневе пластичне деформування, електроіскрове легування і

						Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

лазерне оплавлення, порошкові покриття, електронно-променеве легування і електронно-механічна обробка, що характеризуються максимальною густиною енергії (до 10 Вт/см<sup>2</sup>) при досить високому рівні питомої енергії (10<sup>6</sup>–10<sup>8</sup> Дж/см<sup>2</sup>).

Серед методів фізичного зміцнення деталей і інструмента в даний час широко розвиваються вакуумні і лазерні технології та ЕІЛ. *Термовакуумний метод напилювання* заснований на нагріванні у вакуумі речовини до температури випаровування, утворення пари і конденсації його на виробі. Перенесення часток випаровування до поверхні конденсації виникає при перевищенні тиску пару матеріалу над тиском у робочій камері. Для нагрівання використовують електронний промінь, лазер, джоулеве тепло, високочастотне поле. При бомбардуванні поверхні матеріалу, що випаровується, електронним пучком істотна частка кінетичної енергії електронів перетворюється в тепло та поверхня нагрівається до такої температури, що стає джерелом пари. У потоці пари розміщують виріб, на який конденсується частина пару, тобто відбувається напилювання. До зміцнення іонним осадженням відносять процеси осадження, у яких поверхня різального інструменту бомбардується іонами, що мають енергією, достатньої для створення змін у структурі і складах поверхневого шару. Речовина, яка наноситься, випаровується чи розпорошується, а джерелом іонів є плазма тліючого розряду, що збуджується в просторі між випарником і основою, попередньо заповненим аргоном при низькому тиску. Позитивні іони аргону і складових покриття, що утворилися в розряді, прискорюються полем і бомбардують основу, яка знаходиться під високим негативним потенціалом. При бомбардуванні прискореними іонами відбуваються такі фізичні процеси, як розпилення матеріалу основи, утворення точкових і лінійних недосконалостей кристалічних ґраток, прискорення дифузії, локальне нагрівання. Усе це викликає зміну в структурі і властивостях покриттів у порівнянні з нанесенням без іонного бомбардування [1,2]. В процесі іонного осадження є можливість ефективного очищення поверхні

						Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

різального інструменту шляхом розпилення при бомбардуванні іонами інертного газу. Процес очищення поєднують з нагріванням різального інструменту в тліючому розряді до необхідної температури, що прискорює дифузійні процеси в приповерхніх шарах під дією іонного бомбардування. Очищена поверхня і висока дифузійна рухливість атомів сприяють масопереносу на початкових стадіях формування покриття. В результаті утворюється протяжна перехідна зона між основою і покриттям, що забезпечує високу адгезійну міцність. Прискорення дифузійних процесів дозволяє істотно знизити температуру різального інструмента при зміцненні в порівнянні з традиційними способами ХТО. Частина іонів, що бомбардують, безпосередньо вводиться в поверхню різального інструменту, інша частина вибиває електрони і атоми легуючих елементів. Розпилені атоми основи можуть реагувати з газовим середовищем, утворювати з'єднання типу нітридів і карбідів, і осаджуватись на поверхню різального інструменту. Це сприяє прискоренню дифузійних процесів, збільшуючи концентрацію насичуючих елементів у поверхневих шарах. Можливість одержувати регульовану товщину покриття на «затемнених» ділянках поверхні на відміну від інших способів (PVD – фізичне осадження з парогазової фази), дозволяє зміцнювати різальний інструмент складної форми. Існування великої кількості технологічних варіантів іонного осадження, дає можливість використовувати різні комбінації методів випаровування, розпилення та одержання іонів. Серед вакуумних технологій інтерес представляє *іонна імплантація*. Ефект зміцнення досягається як за рахунок росту щільності дефектів кристалічної структури інструментального матеріалу, закріплення цих дефектів атомами легуючих елементів, так і за рахунок формування додаткової кількості дрібнодисперсних карбідних, нітридних і інтерметалевих структур. Слід зазначити, що технологія іонної імплантації, з метою формування прогнозованих властивостей поверхневого шару інструментального матеріалу, є найбільш перспективною при створенні

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

композиційних матеріалів з оптимальним набором поверхневих властивостей.

Суть іонної імплантації [1, 2] полягає у впровадженні прискорених до енергії 1–10 меВ, іонів легуючого елементів у кристалічну ґратку основи. Імпантовані іони проходячи через речовину мішені втрачають свою енергію, яка затрачується на утворення дефектів кристалічної структури, при цьому стимулюються процеси кристалізації і перекристалізації. Імплантація хімічно активних елементів приводить до утворення хімічних сполук. Заснована на методі іонної імплантації іонна металургія дозволяє одержувати на поверхні виробу сплави, що важко одержати відомими способами. Відмінною рисою методу є відсутність міжфазової межі розподілу. Практично методом іонної імплантації можна впроваджувати в структуру основи всі елементи періодичної системи. Іонна імплантація [1] широко застосовується для зміцнення поверхонь різального інструменту. Наприклад, впровадження іонів N<sup>+</sup>, C<sup>+</sup>, Ti<sup>+</sup>, Cr<sup>+</sup> в інструментальні сталі і сплави підвищує їхні експлуатаційні характеристики, при цьому зростає втомна міцність і корозійна стійкість. Найбільш розповсюджений процес іонної імплантації – насичення поверхні різального інструмента іонами N<sup>+</sup>. Густина потоку складає (2–8) – 10<sup>17</sup> іон/см<sup>2</sup> з енергією 45–500 кеВ. Іонна імплантація може здійснюватися як з розігрівом катода, так і без нього. Глибина проникнення іонів складає усього кілька сотень ангстрем. Виявлено значне зміщення атомів у кристалічних ґратках, а також збільшення щільності дислокацій у поверхневих шарах. Іонна імплантація призводить до підвищення стійкості та антифрикційних властивостей різального інструмента. Підвищення мікротвердості в результаті імплантації іонів пов'язано із закріпленням дислокацій, що призводить до підвищення зносостійкості при імплантації С або N в поверхневий шар із кобальтовою зв'язкою. Зміцнення відбувається в наслідок блокування дислокацій у Со. Зміцнюють імплантацією іонів N<sup>+</sup> різальний інструмент з інструментальних і швидкоріжучих сталей і твердих сплавів. Іонну імплантацію використовують

						Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



при зміцненні твердосплавних непереточувальних пластин типу ВК і ТК. Для зміцнення різального інструменту застосовують іонну імплантацію в реактивному середовищі. Таким чином іонним променем наносять покриття з TiC і TiN. Електропроменеве випаровування бору с наступною його іонізацією, іонним прискоренням при введенні в камеру N<sub>2</sub> дозволяє одержати покриття з різних структурних модифікацій нітриду бора. При іонній імплантації майже відсутній термодифузійний ефект, тому що при безупинному скануванні поверхні деталі пучком іонів, зона опромінення не локалізована і деталь практично не нагрівається. Конденсація з газової фази відноситься до фізичних методів осадження (PVD), при якому паровий потік матеріалу покриття конденсується на поверхні різального інструменту, попередньо нагрітої до визначеної температури з метою одержання заданої структури покриття і адгезійної міцності. Конденсацією з газової фази зміцнюють різальний інструмент з інструментальної сталі, швидкорізальної сталі і твердих сплавів. Конденсація покриття може відбуватися при температурі теплової рівноваги різального інструмента чи додатковим нагріванням – непрямим, радіаційним. Парова фаза не має обмежень у взаємній розчинності компонентів. Одночасне випаровування декількох з'єднань, змішування їхнього парового потоків і наступна конденсація дозволяють керувати складом, структурою і властивостями покриттів, одержувати різні сполучення металевих і неметалічних матеріалів, практично недосяжні іншими методами. Осадження покриттів прямим випаром без зміни вихідного складу з'єднань можливо тільки за умови, що продукти дисоціації мають практично однакову летючість, тобто необхідно погоджене «конгруентне» випаровування з'єднань. Варіантами простого способу конденсації можуть бути поєднані розплавленням, випаровуванням, іонізацією і осадженням.

Нанесення зносостійких покриттів за допомогою низьковольтного дугового розряду є досить розповсюдженим методом зміцнення різального інструменту у вакуумі. Покриття в цьому випадку осаджується на основу, що

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

знаходиться під негативним потенціалом. Матеріал, що розпорошується, є катодом. Нагрівання основи здійснюється за допомогою бомбардування іонами металу, що випаровується. Така технологія реалізується методом «конденсації іонного бомбардування» - КІБ [3-5].

*Лазерне зміцнення.* Сутність лазерного зміцнення полягає в потужному імпульсному (або безперервному) впливі світлового пучка надзвичайно великої густини енергії, що викликає локальне (миттєве) нагрівання поверхні до високих температур, які перевищують не тільки температури структурно-фазових перетворень металу, але і температуру плавлення [4]. З урахуванням надзвичайно високих швидкостей охолодження, що у 10 – 100 разів перевищують швидкості охолодження при загартуванні деталей та інструменту, у поверхні матеріалу основи формуються дрібнозерниста або навіть псевдоаморфна структура, що має підвищену (на 20–30%) твердість. Перевага цього способу полягає насамперед у можливості місцевого зміцнення без нагрівання основної частини різального інструмента і без застосування гартувальних середовищ. Стійкість різального інструмента після лазерного загартування в 5–10 разів вища, ніж після традиційної термообробки. При лазерному зміцненні розвиваються два основних напрямки: поверхневе загартування і поверхневе легування, а також поєднання цих процесів. Ефект зміцнення залежить від енергії опромінення, часу впливу і вихідної структури. Отримані загартовані структури мають підвищену зносостійкість, що пов'язують з підвищеною твердістю мартенситу та аустеніту. Чим менше час опромінення і більше дисперсна фаза, що розчиняється, тим більше ефект зміцнення. Для досягнення максимальної твердості твердих розчинів краща низьковідпущена структура інструментальної і швидкорізальної сталі, а також опромінення з більш короткими імпульсами. Лазерна обробка дозволяє зміцнювати різальний інструмент з інструментальних і швидкорізальних сталей і твердих сплавів скануючим електронним променем. Оплавлення і швидке охолодження інструментальних і швидкоріжучих сталей забезпечує утворення

						Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мартенситної структури. У переплавленому шарі твердих сплавів змінюється склад карбідних фаз, зростає мікротвердість і ударна в'язкість.

*Електроіскрове легування.* Одним з перспективних шляхів зміцнення робочих поверхонь інструменту є технологія електроіскрового легування (ЕІЛ), суть якої полягає в наступному. Спосіб електроіскрової обробки полягає в легуванні поверхневого шару різального інструменту матеріалом електрода при іскровому розряді в повітряному чи технологічному (газовому чи рідкому) середовищі. В результаті взаємодії легуючого елемента з технологічним середовищем, а також з матеріалом різального інструмента в поверхневих шарах утворюються високодисперсні нітриди, карбіди, карбонітриди. Нанесення покриття не супроводжується розігрівом основного матеріалу через короткочасність імпульсів іскрового розряду, що дає можливість зміцнювати різальний інструмент практично з усіх інструментальних матеріалів [6-11]. ЕІЛ, як ефективний спосіб, використовується для підвищення стійкості різального інструменту з швидкорізальних сталей і формування товстошарового покриття. При ЕІЛ спостерігається типова структура покриття – поверхневий «білий» шар, зовні безструктурний, що не травиться, а нижні підшари, дифузійні, з сильно зміненою, дисперсною структурою, що поступово переходить у структуру основного металу. Для способу ЕІЛ характерно одночасне протікання таких процесів як надшвидкісне загартування, азотування, цементация, збагачення легуючими елементами за рахунок прискореної дифузії. Ефект зміцнення пов'язаний з термічним впливом електричних розрядів, що приводять до утворення загартованих структур без додаткового легування електродним матеріалом [6].

Перевагою ЕІЛ є простота устаткування, низька електроємність, високий коефіцієнт використання матеріалів, придатність більшості видів різального інструментів до зміцнення, вибірне, локальне легування поверхні, яка найбільш піддається зношуванню, відсутність необхідності попередньої підготовки поверхні, а також можливість застосування різних легуючих

						Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електродів. Глибина зміцненого шару складає 10–500 мкм. При збільшенні енергії імпульсу глибина легованого шару збільшується, але при цьому погіршується шорсткість легової поверхні. Ефект зміцнення збільшується при збільшенні енергії імпульсу і швидкості сканування електроду. При зміцненні твердих сплавів твердість після ЕІЛ збільшується, однак ефект підвищення твердості значно менше, ніж у інструментальних і швидкорізальних сталей. Для ЕІЛ різального інструменту застосовують спеціальні електроди з композиційних матеріалів на основі карбідів, боридів і нітридів, які одержують методами порошкової металургії, що забезпечують одержання покриття з заздалегідь заданими властивостями. Створення легуючих гетерофазних матеріалів на основі тугоплавких з'єднань дозволяє в широких межах керувати властивостями покриттів. З газотермічних методів нанесення покриттів для зміцнення різального інструменту застосовують плазмовий і детонаційний метод. Плазмовими методами іонного осадження називаються методи, у яких для утворення іонного потоку на основу використовується газовий розряд при робочих тисках  $10^{-1}$ - $10^1$  Па, незалежно від способу утворення часток пару. На основу може подаватися негативна напруга розряду  $U_p$  або зміщення  $U_{см}$ . Нагрівання матеріалу, що випаровується, проводиться електронно-променевим способом із застосуванням газорозрядної гармати з порожнім катодом [7]. *Процес плазмового напилення*, поєднаний з цільовими хімічними перетвореннями, є одним з методів за допомогою якого можна синтезувати нові матеріали. Основну роль в плазмово-променевих процесах пов'язаних з обробкою дисперсних матеріалів грають швидкість, температура плазми і часток порошку його фракційний склад. При цьому буде отриманий новий клас покриттів, які можуть мати синтезовані в плазмі матеріали нітриди, карбіди, оксиди. Суть детонаційного напилювання полягає в збільшенні часток, які напилюють, продуктами детонації, їх розігріві, прискоренні і викиді через сопло на поверхню основи. Процес формування детонаційних покриттів багато в чому подібний процесу формування плазмових покриттів, що в основному

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

полягає в розтіканні і кристалізації рідких часток по поверхні основи. Детонаційне напилювання є імпульсним процесом. В результаті одиничного циклу формується покриття товщиною 5–6 мкм. Температура осадження покриття знаходиться в межах 200°C. Багатоопераційні способи нанесення покриттів поєднують декілька фізико-хімічних і механічних явищ і способів їхнього підведення в зону обробки. Застосування багатоопераційних способів нанесення покриттів дозволяють досягти нових технічних ефектів, значно збільшити зносостійкість, поверхневу міцність і інші експлуатаційні властивості. Комбіновані способи одержання покриттів являють собою сукупність двох чи більше методів, що відносяться до різних, наведених вище, груп одержання покриттів. Реалізація комбінованих способів одержання покриттів пов'язано з можливістю поліпшення якості покриття, отриманого одним методом, шляхом впливу на нього іншого методу. Перспективність застосування комбінованих способів очевидна, тому що комбінація різних методів дозволяє до деякої міри усунути їхні недоліки. Для створення на робочих поверхнях різального інструменту локальних зміцнених ділянок з високими механічними властивостями використовують поверхневу пластичну деформацію (ППД), ультразвукову обробку, термомеханічну обробку. Перспективним є поєднання ЕІЛ і ППД у виді електромеханічного зміцнення різального інструменту, особливо з інструментальних сталей. Широко використовують попереднє нанесення підшару з окремих елементів з наступною ХТО, CVD), ТО. Шар Ti наносять на інструментальні сталі з наступною цементацією і утворенням шару TiC, на тверді сплави із наступною цементацією чи нітроцементацією. Попереднє азотування твердих сплавів завершується нанесенням CVD-методом шару TiC, TiC чи TiCN, шару Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Додаткова лазерна термічна обробка інструментальної сталі P6M5 з покриттями з TiN і твердого сплаву BK8, нанесеними відповідно методом КІБ і електроіскровим легуванням, дозволяє значно знизити захоплювання інструменту з оброблюваним матеріалом, при нанесенні TiN методом КІБ, і знизити шорсткість, подрібнити структуру і

						Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підвищити мікротвердість покриття при електроіскровому легуванні. На різальну кромку з інструментальних та швидкорізальних сталей методом іонної імплантації наносять метали (W, Mo, Nb, Zr, Ti) суцільним шаром товщиною  $h=25$  мкм і наступною ХТО в середовищі C, B, N, що забезпечує у поверхневому шарі утворення карбідів, боридів і нітридів. Іонна імплантація одного з тугоплавких металів (W, Mo, Nb, Zr, Ti) у різальну кромку кільцевих пил, виготовлених з мартенситної сталі з високою стійкістю – хімічне перетворення тугоплавкого металу в карбід, нітрид чи борід і наступне імпульсне загартування, дозволяють одержати зносостійке покриття і підвищити стійкість пил у 8-10 разів. Зміцнюють твердий сплав нанесенням TiC-покриття (CVD- або PVD- методом) з наступною термічною обробкою при температурі, що перевищує температуру плавлення кобальтової зв'язки. При цьому в поверхневому шарі утвориться твердий розчин карбідів і Со, що містить переважно TiC, завдяки чому покриття здобуває високу зносостійкість і в'язкість. Багатошарові покриття наносяться способами ХТО, але особливо великі можливості відкривають перед CVD і PVD -способами. При дослідженні впливу способів нанесення покриття на властивості покриття, нанесеного на різальний інструмент з швидкорізальної сталі і пластин з твердого сплаву, встановлено, що твердість шарів нанесених методом КІБ є найбільш високою, а також цей метод забезпечує міцне зчеплення покриття з основою. Однак використання багатошарових композиційних матеріалів дозволило лише частково зняти проблеми, які виникають при створенні композиційних матеріалів з одношаровим покриттями. В цілому використання твердосплавного інструменту з різними конструкціями покриття не змогли вирішити проблему гарантованої і надійної його роботи стосовно важких умов лезової обробки конструкційних матеріалів в наслідок високого градієнта зміни властивостей покриття по відношенню до основи, що призводить до передчасного руйнування сплавів з покриттями. Відомо застосування захисних покриттів дискретного типу і створення на їхній основі композиційних структур з мінімальним зносом

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

[12,13]. *Дискретні композиційні покриття (ДКП)* з оптимальної щільністю за критерієм мінімального напруженого стану і ряду основних критеріїв працездатності деталей машин (контактна міцність в умовах тертя, міцність і витривалість) дозволяють досягти найбільшого ефекту по працездатності контактних пар. Ідея принципу нанесення диференційних ДКП полягає в тому, що суцільний шар покриття змінюють переривчастим (фрагментованим) шаром із змінною товщиною в залежності від епюри зносу. Дискретна структура поверхневого шару забезпечує можливість проникнення мастильного середовища в зону тертя, сприяє утворенню вторинних структур, та охолодженню контактної поверхні. Утворений мікрорельєф сприяє локалізації абразивних часток та продуктів зношування, що зменшує ймовірність заклинювання трибосполучень.

Проведені дослідження показали, що для покриттів, які працюють у важких умовах (покриття різального інструменту, важконавантажених пар тертя) найбільш працездатними є диференційні дискретні композиційні покриття. Тому, одним із перспективних напрямків в інженерії поверхні є розробка і використання диференційних ДКП, що враховують недоліки суцільних покриттів і значно підвищують експлуатаційні характеристики фрикційної поверхні.

У статті дана характеристика, аналіз та класифікація методів зміцнення і нанесення покриттів, на ріжучому інструменті. Показано, що сучасні методи формування зносостійких покриттів дозволяють науково обґрунтовано визначати форму і структуру робочих поверхонь, їх геометричні параметри і фізико-механічні властивості, які забезпечать ефективність роботи ріжучого інструменту. Запропоновано для покриттів на ріжучому інструменті застосовувати диференціальні дискретні композиційні покриття.

Хіміко – термічна обробка - нагрівання і витримка металевих матеріалів при високих температурах в хімічно активних середовищах (твердих, рідких, газоподібних).

						Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У переважній більшості випадків ХТО проводять з метою збагачення поверхневих шарів виробів певними елементами. Їх називають насичуючими елементами або компонентами насичення.

В результаті ХТО формується дифузійний шар, тобто змінюється хімічний склад, фазовий склад, структура і властивості поверхневих шарів. Зміна хімічного складу обумовлює зміну структури і властивості дифузійного шару.

Нітроцементация - процес одночасного насичення поверхності деталей вуглецем і азотом. В даний час широке розповсюдження отримали рідинне ціанування і газова нітроцементация.

У промисловості застосовують два види газової нітроцементации: низькотемпературну (540–860 °С) і високотемпературну (860 – 880 °С). Низькотемпературну нітроцементацию зазвичай застосовують для інструментальних сталей виготовлених зі швидкорізальної сталі. При низькотемпературної нітроцементации насичення вуглецем і азотом здійснюється при температурі нижче точки  $A_{c1}$ .

Атомарні азот і вуглець адсорбуються поверхнею деталей, а потім дифундують углиб металу, утворюючи тверді розчини азоту і вуглецю в аустеніті. При підвищенні концентрації азоту і вуглецю в аустеніті вище межі розчинності подальше насичення відбувається з утворенням структурно вільних нітридів і карбідів, розташованих усередині або на межі зерен аустеніту. При високому вмісті азоту і вуглецю в аустеніті, нітроцементований шар здатний гартуватися при повільному охолодженні утворюючи мартенсит що володіє високою твердістю і зносостійкістю. Необхідно щоб концентрація азоту і вуглецю не перевищував межі їх насичення в аустеніті. Цього можна досягти регулюванням температури процесу в активності середовища.

Переваги нітроцементации: більш висока зносостійкість шару внаслідок наявності в ньому азоту; процес можна застосовувати для більш широкої номенклатури деталей, в тому числі для середніх і великих деталей, менші

						Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



витрати на обробку; легше здійснити повну механізацію та автоматизацію процесу; при легуванні аустеніту азотом знижується температура  $\alpha$   $\gamma$  перетворення, що дозволяє виконувати процес насичення при більш низьких температурах, одночасно при вмісті азоту різко зростає дифузійна рухомість вуглецю в аустеніті. З підвищенням температури ефект прискорення зменшується [19].

### Висновок

У розділі проведений літературний огляд способів зміцнення різального інструменту із швидкорізальних сталей. Це термовакuumний метод напилювання, ХТО, іонна імплантація, лазерне зміцнення, електроіскрове легування, плазмове напилення, поверхнева пластична деформація тощо.

В даній роботі ми будемо використовувати хіміко – термічну обробку матеріалів, яка називається нітроцементация. Переваги нітроцементации: більш висока зносостійкість шару внаслідок наявності в ньому азоту; процес можна застосовувати для більш широкої номенклатури деталей, в тому числі для середніх і великих деталей, менші витрати на обробку; легше здійснити повну механізацію та автоматизацію процесу; при легуванні аустеніту азотом знижується температура  $\alpha$   $\gamma$  перетворення, що дозволяє виконувати процес насичення при більш низьких температурах, одночасно при вмісті азоту різко зростає дифузійна рухомість вуглецю в аустеніті. З підвищенням температури ефект прискорення зменшується.

						Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### РОЗДІЛ 3

## ВИБІР МАТЕРІАЛУ ТА РОЛЬ ЛЕГУВАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

З'явившись на самому початку ХХ століття, швидкорізальні сталі й сьогодні ще є одними з основних матеріалів для виготовлення різального інструменту (до 60%), незважаючи на те, що інструменти із твердого сплаву, кераміки і НТМ забезпечують більш високі продуктивність обробки і зносостійкість.

Швидкорізальні сталі відрізняються від легованих інструментальних наявністю в них значно більшої кількості (до 30% і більше) карбідоутворювальних елементів (вольфраму, ванадію, молібдену та ін.), які значно покращують різальні властивості сталі.

У позначенні швидкорізальної сталі літера Р означає, що сталь швидкорізальна, а наступна за літерою цифра – вміст середньої масової частки вольфраму W у відсотках. Інші букви позначають легуючі елементи: М – молібден Мо, Ф – ванадій V, К – кобальт Со, А – азот N. Цифри, що йдуть за цими літерами, означають середню масову частку відповідного елемента у відсотках. У позначенні марки сталі не вказують масову частку: хрому (при будь-якій масовій частці), молібдену (до 1%), ванадію (до 2%), вуглецю (1%) Якщо ж вміст елементів перевищує зазначені межі, то вони обов'язково наявні в позначенні швидкорізальної сталі.

Швидкорізальна сталь (ГОСТ 19265-73) ділиться на сплави нормальної і підвищеної теплостійкості. Перша група включає такі марки, як Р18 та Р6М5, ці сталі відносять до ледебуритного класу. Твердість їх досягає 63 НРС. Основне їх призначення – обробка чавунів, мідних, алюмінієвих сплавів. Більш високу теплостійкість мають вольфрамові сталі. Їх застосовують для виготовлення свердл, фрез, різців. Сталь Р6М5 яка містить молібден, трохи поступається в ріжучих властивостях, однак вона істотно

						Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дешевше. До того ж пластичність її трохи вище, а схильність до утворення тріщин не настільки висока. Більш теплостійкі сталі мають в складі ванадій і кадмій (10P6M5 P9Ф5). Їх твердість досягає 66 HRC. Використовуються вони для обробки більш міцних конструкційних сталей, жароміцних сплавів, при виготовленні чистового інструменту. Характерно, що ці марки мають більш високу зносостійкість (завдяки наявності в складі ванадію). Останнім часом все частіше застосовується метод порошкової металургії. Такі інструменти мають більш високі ріжучі властивості.

При виготовленні різальних інструментів на сьогодні найбільше поширення зі сталей нормальної продуктивності має молібденова швидкорізальна сталь марки P6M5, завдяки не лише зниженому (порівняно, наприклад, зі сталлю P18) складу дорогого і дефіцитного вольфраму, але й кращим показникам за деякими основними «різальними» властивостями: менша густина, що так само робить її більш економічною; більша міцність при вигині  $\sigma_i$ ; більша ударна в'язкість  $a_n$ ; більш висока пластичність. Разом з тим вона більш схильна до перегрівання і знеуглецювання, що призводить і до більш високих вимог до технології виготовлення і відновлення (заточення) інструментів із цієї сталі. На сьогодні обсяг виробництва сталі P6M5 досягає 80% від усього обсягу випуску швидкорізальних сталей. Вона використовується при обробці конструкційних сталей, чавунів, кольорових металів, дерева, пластмас та інших матеріалів. Тому, для виготовлення циліндричної фрези ми беремо марку P6M5, вона підходить за всіма показниками [17].

Хімічний склад та характеристики сталей P6M5 і P18 подано в таблицях 3.1 – 3.7 (ГОСТ 19265-73).

						Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1

## Характеристика марки P6M5 та P18

Марка:	P6M5
Класифікація :	Сталь інструментальна швидкорізальна
Доповнення:	Сталь має підвищену схильність до знеуглецювання, підвищену в'язкість, гарний опір зносу, добре піддається шліфуванню
Застосування:	Для всіх видів різального інструменту при обробці вуглецевих легованих конструкційних сталей; переважно для виготовлення різьбонарізного інструменту, а також інструменту, що працює з ударними навантаженнями.

Таблиця 3.2

## Хімічний склад сталі P6M5 в % по ГОСТ 19265 – 73

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	W	V	Co
0,82- 0,9	0,5	до 0,5	до 0,04	до 0,025	до 0,03	3,8- 4,4	4,8- 5,3	5,5- 6,5	1,7- 2,1	до 0,5

Таблиця 3.3

## Температура критичних точок матеріалу P6M5

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub> (Ac <sub>m</sub> )	Ar <sub>3</sub> (Ar <sub>m</sub> )	Ar <sub>1</sub>
815.0	880.0	790.0	730.0

Таблиця 3.4

Твердість P6M5 після відпалу, ГОСТ 19265-73	HB 10 <sup>-1</sup> = 255 МПа
--	-------------------------------

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Таблиця 3.5

Марка:	Сталь P18
Замінник:	Сталь P12
Класифікація:	Сталь інструментальна швидкоріжуча (Швидкорізальні сталі нормальної продуктивності)
Зарубіжні аналоги:	AISI T1, DIN HS18-0-1
Застосування:	Різці, свердла, фрези, різьбові фрези, долбьки, розгортки, зенкери, мітчики, протягання для обробки конструкційних сталей з міцністю до 1000 МПа, від яких потрібно збереження ріжучих властивостей при нагріванні під час роботи до 600 °С.

Таблиця 3.6

## Хімічний склад в % матеріалу P18

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	W	V	Co
0.73 - 0.83	до 0.5	до 0.5	до 0.4	до 0.03	до 0.03	3.8 - 4.4	до 1	17 - 18.5	1 - 1.4	до 0.5

Таблиця 3.7

## Температура критичних точок сталі P18

$A_{r1}=725\text{ °C}$	$A_{r3}(A_{rcm})=770\text{ °C}$	$A_{c1}=820\text{ °C}$	$A_{c3}=860\text{ °C}$
------------------------	---------------------------------	------------------------	------------------------

*Аналіз впливу легуючих елементів.*

Легування сталей і сплавів використовують для поліпшення їх технологічних властивостей. Легуванням можна підвищити межу плинності, ударну в'язкість, відносне звуження і прогартованість, а також істотно знизити швидкість гартування, поріг холодноламкості, деформованість виробів і можливість утворення тріщин.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Основними легуючими елементами сталі Р6М5 є вольфрам, хром, молібден, ванадій, нікель.

Проаналізуємо вплив легувальних елементів на властивості сталі Р6М5.

*Вуглець.* При збільшенні вмісту вуглецю до 1,2% зростає міцність, твердість, поріг холодноламкості (0,1% С підвищує температуру порога холодноламкості на 200 °С), межа плинності, величина електричного опору і коерцитивної сили. При цьому знижується щільність, теплопровідність, в'язкість, пластичність, величини відносних подовження і звуження, а також величина залишкової індукції.

Важливу роль відіграє те, що зміна фізичних властивостей приводить до погіршення цілого ряду технологічних характеристик - таких, як деформованість при штампуванні, зварюваність і ін. Так, хорошою зварюваністю відрізняються низьковуглецеві сталі. Зварювання середньо і особлиовисоковуглецевих сталей вимагає застосування підігріву, охолодження, що уповільнюється та інших технологічних операцій, попереджаючих утворення тріщин.

*Марганець* вводять в сталі як технологічну добавку для підвищення ступеня їх розкислення та усунення шкідливого впливу сірки. Марганець вважається технологічною домішкою, якщо його зміст, не перевищує 0,8%. Марганець як технологічна домішка істотного впливу на властивості сталі не надає.

*Кремній* також вводять в сталь для розкислення. Вміст кремнію як технологічної домішки зазвичай не перевищує 0,37%. Кремній як технологічна домішка впливу на властивості сталі не надає. У сталях, призначених для зварних конструкцій, вміст кремнію не повинно перевищувати 0,12-0,25%. Кремній стримує перетворення при відпуску загартованої сталі, покращує теплостійкість сталі.

*Сірка.* Межі вмісту сірки як технологічної домішки складають 0,035-0,06%. Підвищення вмісту сірки істотно знижує механічні і фізико-хімічні властивості сталей, зокрема, пластичність, ударну в'язкість, опір стиранню і

						Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

корозійну стійкість. При гарячому деформуванні сталей і сплавів великий вміст сірки веде до червоноломкості. Крім того, підвищений вміст сірки знижує зварюваність готових виробів.

*Фосфор.* Межі вмісту фосфору як технологічної домішки складає 0,025-0,045%. Фосфор, як і сірка, відноситься до найбільш шкідливих домішок в сталях і сплавах. Збільшення його вмісту, навіть на частки відсотка, підвищуючи міцність, одночасно підвищує плинність, хрупкість і поріг холодноломкості і знижує пластичність і в'язкість. Вплив фосфору особливо сильно позначається при підвищеному вмісті вуглецю.

*Хром* застосовується як легуючий елемент. Введення його в сталь збільшує її міцність і твердість, підвищує стійкість на стирання. Сталь, що містить значну кількість хрому, стає нержавіюча і жаростійка.

*Нікель* застосовується при виплавці низьколегованої і легованої сталі, в якій вміст його досягає 5%. Кожен відсоток нікеля до 5%, доданий в вуглецеву сталь, збільшує межу текучості і тимчасовий опір розриву при розтягуванні на 3-4 кг / мм<sup>2</sup>. Сталь, що містить нікель, зберігає високі значення ударної в'язкості при негативній температурі.

*Вольфрам і молібден* є основними легуючими елементами, що забезпечують червоність. Вони утворюють в сталі карбід  $M_6C$ , який при аустенізації часто переходить в твердий розчин, забезпечуючи отримання після гарту легованого вольфрамом (молібденом) мартенситу. Вольфрам і молібден ускладнюють розпад мартенситу при нагріванні, забезпечуючи необхідну червоність. Нерозчинена частина карбиду  $Me_6C$  призводить до підвищення зносостійкості сталі. Молібден за впливом на теплостійкість заміщає вольфрам за співвідношенням  $Mo: W = 1: 1,5$

*Ванадій і титан* – сильні карбідоутворюючі елементи, які вводять у невеликій кількості (до 0,3% V і 0,1% Ti) в сталі, що містять хром, марганець, нікель, для подрібнення зерна. Підвищений вміст ванадію, титану, молібдену і вольфраму в конструкційних сталях неприпустиме через утворення спеціальних важкорозчинних при нагріванні карбідів. Надлишкові карбіди,

						Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розташовуючись по границях зерен, сприяють крихкому руйнуванню і знижують прогартованість сталі [14,15].

### Висновок

Проведений аналіз марок сталей, що використовуються для виготовлення інструменту – фрез. Це як правило швидкорізальні сталі типу Р18. Запропонована сталь Р6М5. Порівняно зі сталлю Р18, сталь Р6М5, має кращі показники за деякими основними «різальними» властивостями: менша густина, що так само робить її більш економічною; більша міцність при вигині  $\sigma_i$ ; більша ударна в'язкість  $a_n$ ; більш висока пластичність. Разом з тим вона більш схильна до перегрівання і знеуглецювання, що призводить і до більш високих вимог до технології виготовлення і відновлення (заточення) інструментів із цієї сталі. На сьогодні обсяг виробництва сталі Р6М5 досягає 80% від усього обсягу випуску швидкорізальних сталей. Вона використовується при обробці конструкційних сталей, чавунів, кольорових металів, дерева, пластмас та інших матеріалів. Тому, для виготовлення циліндричної фрези ми беремо марку Р6М5, вона підходить за всіма показниками.

						Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## РОЗДІЛ 4

### МАРШРУТНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ. ХАРАКТЕРИСТИКА ЕТАПІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Одним з основних принципів побудови технологічних процесів є принцип поєднання технічних, економічних і організаційних завдань, що вирішуються в даних виробничих умовах.

Технологічний процес повинен забезпечити виконання всіх вимог до точності і якості деталі в цілому, передбачених кресленнями і технічними умовами, при найменших затратах праці і мінімальної собівартості.

При проектуванні технологічних процесів механічної обробки вихідними є наступні дані: програмне завдання; креслення і технічні умови на виготовлення виробу; вид заготовки, що залежить від розміру партії, матеріалу, геометричної форми і розміру деталі та ін.

Маршрутна технологія - це послідовність технологічних операцій від початкової до установки деталі в вузол або механізм.

1. Вхідний контроль являє собою контроль, що надходить в цех матеріалу за наступними параметрами: хімічний склад, твердість, ступінь чистоти металу.

Хімічний склад контролюється відповідно до ГОСТ 19265-73. Дилатометричним методом визначається температура повної аустенізації Ас3.

2. Після вхідного контролю метал надходить у ковальський цех, де він піддається гарячій пластичній деформації - штампуванню.

3. Після штампування заготівля надходить в механічний відділення, де проводиться зачистка задирок і шліфування бічних поверхонь. Так само в механічному відділенні проводиться контроль геометрії форм і розмірів, виявлення поверхневих дефектів.

						Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Сушка деталей проводиться при температурі 150-200 °С для запобігання попадання вологи в соляну піч разом з деталлю. Час сушіння однієї партії деталей становить 20-30 хвилин.

5. Гартування проводиться з урахуванням температури аустенітного перетворення. Час витримки впливає на повноту перетворення сталі. Швидкість охолодження повинна бути такою, щоб після гарту отримати необхідну структуру і по можливості виключити викривлення.

6. Багаторазовий відпуск необхідний для повного перетворення аустеніту в мартенсит (зниження кількості залишкового аустеніту), зниження напружень, які утворилися внаслідок мартенситного перетворення - тобто для отримання структури, що забезпечує задані технологічні властивості.

7. Контроль ТО робиться по твердості, відсутності тріщин і волосовин. Твердість оброблюваної деталі контролюється неруйнівним методом контролю - 100% від партії, 30% партії контролюється на Роквелла. Твердість повинна становити 61-62 одиниці HRC. Контроль на відсутність тріщин і волосовин проводиться за допомогою дефектоскопа - 3% від партії. Після контролю на кожну деталь складається супровідний документ і ставиться штамп.

8. Остаточна механічна обробка являє собою заточку і чистове шліфування різальних крайок[16].

Таблиця 4.1

Маршрутна технологія механічної і термічної обробки деталі «циліндрична фреза»

№ операції	Назва операції	Призначення операції	Обладнання та інструменти
1	2	3	4
1.	Заготівка	Сортовий прокат	

						Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4
2.	Вхідний контроль (хімічний аналіз, твердість в складі поставки)		
3.	Заготівельна	Відрізка заготовки з прокату (сталь Р6М5)	Механічна пила
4.	Кування	Ковка заготовки з метою зменшення неоднорідності структури	Кувальний молот
5.	Контроль	Контроль дефектів	Ультразвуковий метод
6.	Ізотермічний відпал	Попередня термічна обробка: зняття напружень, зниження твердості, підготовка деталі до механічної обробки	Шахтна електропіч СШЗ 6.6/10
7.	Контрольна	Контроль твердості	Твердомір ТШ-2
8.	Фрезерно-центрова	Підрізування торців, свердління центральних отворів для токарної обробки в центрах	Горизонтально-фрезерний верстат Інструмент - комбінована фреза з центрувальним свердлом
9.	Токарно-гвинторізна чорнова	Чорнова обробка зовнішніх поверхонь. Чорнове нарізування робочих крайок	Токарно-гвинторізний верстат Інструмент: прохідні, торцеві і канавочні і фасонні різці
10.	Токарно-гвинторізна чистова	Чистова обробка зовнішніх поверхонь. Чистове нарізування робочих крайок	Токарно-гвинторізний верстат Інструмент:

						Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1	2	3	4
			прохідні, торцеві і канавочні і фасонні різці
11.	Вертикально-фрезерна	Нарізання шпонкових пазів	Вертикально-фрезерний верстат Інструмент - шпонкова фреза
12.	Контрольна	Контроль розмірів деталі і якості обробки поверхонь	Контрольний стіл, контрольно-вимірювальний інструмент і пристосування
13.	Гартування	Набуття властивостей, заданої твердості	Печі – ванни СВС 3,5.8.3,5/6 СВС 2,3.5.3,2/13 СВС 2,3.5.3,2/13
14.	Мийка	Промивання деталей від масла після гарту	Мийна машина
15.	Контроль твердості	Перевірка відповідності властивостей деталі технічним вимогам	ТК-2
16.	Відпуск	Зміцнення сталі за рахунок перетворення залишкового аустеніту на мартенсит та карбідоутворення	Відпускні шахтні печі СШО 6.6/7
17.	Низькотемпературна нітроцементация	Підвищення межі витривалості, підвищення зносостійкості і твердості	СШЦМ 6.6/9
18.	Чистова механічна обробка	Полірування зовнішніх циліндричних поверхонь, заточка і чистове шліфування різальних	Кругло-шліфувальний верстат

					Арк.
					35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

1	2	3	4
		крайок	
19.	Контроль ОТК	Остаточний контроль якості поверхні деталі	

### Висновок

Запропонований технологічний процес виготовлення деталі «фреза циліндрична». Основні етапи: заготівельна операція, кування, ізотермічний відпал, механічна обробка, гартування, відпуск, низькотемпературна нітроцементация, чистова механічна обробка. На всіх етапах техпроцесу здійснюється контроль. Контроль ТО робиться по твердості, відсутності тріщин і волосовин. Твердість оброблюваної деталі контролюється неруйнівним методом контролю - 100% від партії, 30% партії контролюється на Роквелла. Твердість повинна становити 61-62 одиниці HRC. Контроль на відсутність тріщин і волосовин проводиться за допомогою дефектоскопа - 3% від партії. Після контролю на кожну деталь складається супровідний документ і ставиться штамп.

						Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 5

### РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

#### 5.1. Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу термічної обробки

Призначений режим термічної і хіміко-термічної обробки представляємо у вигляді графіка в координатах температура - час. Режим термічної обробки представлений у додатку.

При побудові графіка умовно враховуються різні швидкості охолодження (залежно від охолоджуючої середовища) після всіх видів термічної обробки.

Для сталі Р6М5 попередньо проводять ізотермічний відпал. Відмінною особливістю ізотермічного відпалу є те, що при його проведенні розпад аустеніту на ферито-цементитну суміш відбувається при постійній температурі. При інших видах відпалу такий розпад відбувається в період охолодження в умовах безперервного зниження температури. Після того як вже відбувся розпад аустеніту, швидкість охолодження не має істотного значення, і тому охолодження після ізотермічної витримки можна проводити на повітрі. Це дає певні переваги. По-перше, скорочується тривалість процесу, особливо для легованих сталей, для яких при звичайному відпалі потрібно дуже повільне охолодження. По-друге, структура виходить більш однорідною, оскільки перетворення аустеніту в перліт відбувається при одній і тій же температурі, а не в інтервалі температур, як при звичайному відпалі.

Ізотермічний відпал здійснюється шляхом нагрівання до аустенітного стану. До температури 840-860 °С, після нагрівання робиться витримка близько 2 - х годин. Після цього температура знижується приблизно на 110 - 150 °С до температури 730 - 750 °С і дається ізотермічна витримка протягом 3-х годин, необхідних для повного розпаду аустеніту. Після витримки відбувається повільне охолодження з піччю до 500 °С, після чого деталі

						Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оходжуються на спокійному повітрі. Для ізотермічного відпалу застосовуємо шахтну піч типу СШЗ 6.6 / 10.

Структура після ізотермічного відпалу: ферит + первинні і вторинні карбіди. Твердість НВ 255.

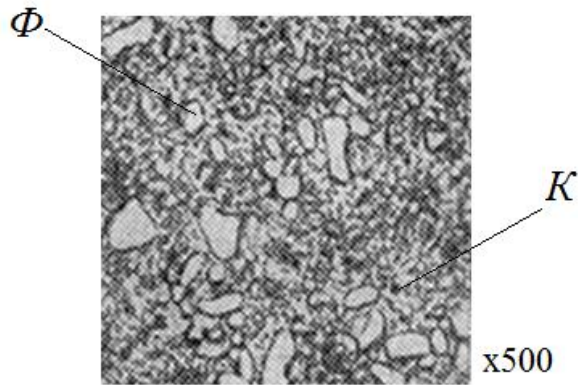


Рисунок 5.1 – Мікроструктура швидкорізальної сталі марки Р6М5 після ізотермічного відпалу

У даному технологічному процесі термічної обробки, що розробляється для отримання необхідних властивостей матеріалу необхідно застосування термічної обробки з наступним планом операції:

1) гартування:

- Ій підігрів;
- Пй підігрів;
- остаточний нагрів;
- охолодження.

Попередній підігрів. Завдяки високому коефіцієнту тепловіддачі нагрів інструменту в розплавлених солях відбувається з великою швидкістю. Щоб забезпечити рівномірний прогрів по перетину, зменшити внутрішні напруження і деформацію і знизити небезпеку утворення тріщин, нагрів ріжучого інструменту виробляють східчасто, використовуючи для цієї мети різні за складом середовища. Число ступенів попереднього підігріву і температуру кожного ступеня вибирають залежно від хімічного складу сталі і

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

габаритних розмірів інструменту. Перший підігрів для інструменту проводять при 500-600 °С в соляній ванні типу СВС 3,5.8.3,5 / 6, що має склад солі 60% NaOH + 40% NaCl. Другий підігрів проводять при 840 - 860 °С в соляній ванні типу СВС 2,3.5.3,2 / 13, що має склад солі 78% BaCl<sub>2</sub> + 22% NaCl. Остаточний нагрів виробляють до високих температур (для сталі Р6М5 1200-1230 °С), який дозволяє отримати зерно 10-11-го бала (ГОСТ 5639-65). Склад солі 100% BaCl<sub>2</sub>. У соляній ванні типу СВС 2,3.5.3,2 / 13.

Охолодження при загартуванні швидкорізальних сталей має забезпечити збереження високої концентрації вуглецю і легуючих елементів в твердому розчині, а також зведення до мінімуму загартованої деформації, відсутність тріщин. Охолодження деталей проводимо в гартівному баку з маслом до температури 300 °С, а потім на повітрі. Структура після гартування: мартенсит гартування + карбіди (21% М<sub>6</sub>С + МС) + аустеніт (25%). Твердість 54 - 56 HRC.

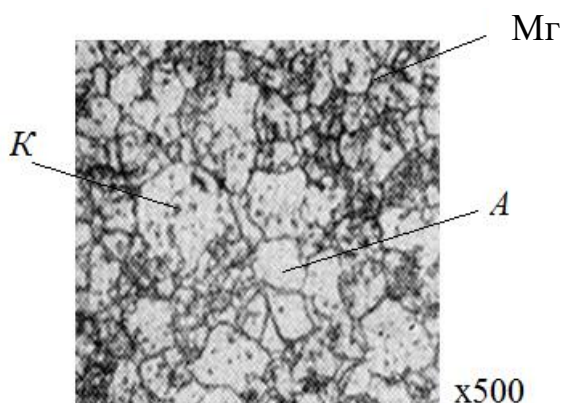


Рисунок 5.2 – Мікроструктура швидкорізальної сталі марки Р6М5 після гартування

Відпуск повинен забезпечити отримання високої вторинної твердості і зняття гартівних напружень для підвищення міцності і перетворення залишкового аустеніту. У сталях цього класу в залежності від температури відпуску проходять різні процеси:

- Збіднення мартенситу вуглецем і в деякій мірі легуючими елементами, виділення і коагуляція цементитного карбіду (150-300 °С), до

						Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



складу якого можуть входити хром, вольфрам, молібден. У результаті цього відпуску знижується твердість, але підвищуються міцність, пластичність і в'язкість, що є наслідком зниження схильності до крихкого руйнування в результаті зменшення концентрації вуглецю в мартенситі і зняття виникли при загартуванні напружень.

- Розпад мартенситу і утворення спеціальних карбідів хрому (400-600 °С). Присутність таких дисперсних карбідів, що відрізняються симетрією решітки від основної фази (мартенситу), підвищує твердість.

- Пластичність і в'язкість сталі при цьому знижуються.

Більш високий відпуск (600-650 °С) посилює виділення карбідів і їх коагуляцію, викликає ще більший розпад мартенситу знижує твердість. Міцність і ударна в'язкість при цьому також знижуються.

Розпад залишкового аустеніту. Залишковий аустеніт швидкорізальних теплостійких сталей через високий ступінь легування дуже стійкий і перетворюється лише в результаті відпуску вище 500 °С. У процесі витримки при 500-600 °С з аустеніту виділяється частина вуглецю і легуючих елементів у вигляді карбідів. Збіднений аустеніт перетворюється в мартенсит при охолодженні. Температура початку мартенситного перетворення залишкового аустеніту підвищується тим сильніше, чим більше була витримка або температура відпуску, тобто чим більше був збіднений залишковий аустеніт. Для більш повного перетворення залишкового аустеніту, відпуск швидкорізальних сталей необхідно повторювати 2-4 рази залежно від складу сталі. Найбільша кількість залишкового аустеніту перетворюється при першому відпуску. Позитивна роль багаторазового відпуску, застосовуваного для швидкорізальних сталей, полягає в тому, що він підвищує опір пластичної деформації через більш повного перетворення залишкового аустеніту. Крім того, багаторазовий відпуск знімає напруження, створені загартуванням і перетворенням залишкового аустеніту в мартенсит.

Для сталі Р6М5 приймаємо відпуск при 540-560 °С, час витримки 1,5 години з охолодженням на спокійному повітрі.

						Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Структура після відпуску: мартенсит відпуску + карбіди (20-25%) + залишковий аустеніт (2-3%). Твердість 64 - 65 HRC.

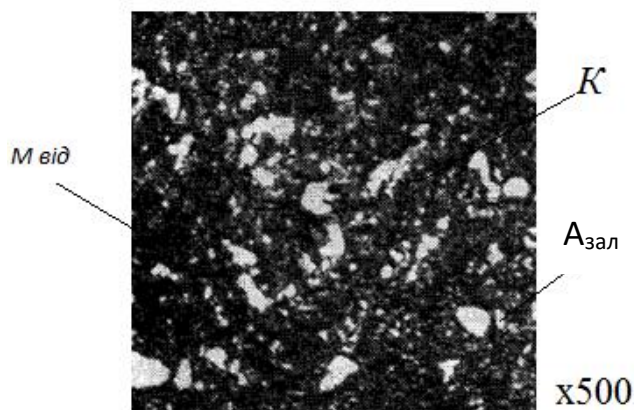


Рисунок 5.3 – Структура швидкорізальної сталі марки Р6М5 після відпуску

Далі ми застосовуємо таку хіміко-термічну обробку як низькотемпературна нітроцементация.

Низькотемпературну нітроцементацию проводять при 560 – 570°C протягом 1,5 годин в атмосфері, що містить 50% ендогазу (екзо-газу) і 50% аміаку або 50% пропану (метану) і 50% аміаку. Цей процес проходить в печі типу СШЦМ 6.6 / 9. У результаті такої обробки на поверхні сталі утворюється тонкий карбонітридний шар  $Fe_6(N, C)$ , що володіє високою зносостійкістю. Низькотемпературна нітроцементация підвищує межу витривалості виробів. Процес рекомендований для заміни рідкого азотування в розплавлених ціаністих солях. Низькотемпературній нітроцементации піддають ріжучі інструменти з швидкорізальної сталі. Вироби заздалегідь піддають гартуванню та відпуску, а потім нагрівають до температури 550 – 570 °С. Після низькотемпературної нітроцементации загартування не виробляють. Стійкість ріжучих інструментів, підданих нітроцементации, збільшується в 1,5 – 2 рази. Нітроцементация – насичення поверхневих шарів вуглецем і азотом в газовому середовищі з наступним загартуванням – забезпечує їм високу міцність, зносостійкість і опір заїдання.

						Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нітроцементация володіє достатньо високою швидкістю протікання процесу – порядку 0,1 мм / год і вище; вона отримує все більш широке поширення. У зв'язку з малими деформаціями вона дозволяє в багатьох випадках обійтися без подальшого шліфування. При необхідності мінімальних деформацій застосовується низькотемпературна нітроцементация.

Структура після низькотемпературної нітроцементации: поверхневий шар –карбонітриди ( $M_6CN$ ,  $M_7CN$ ), серцевина – мартенсит відпуску + карбіди + аустеніт відпуску (2-3%), твердість 65 - 67 HRC.

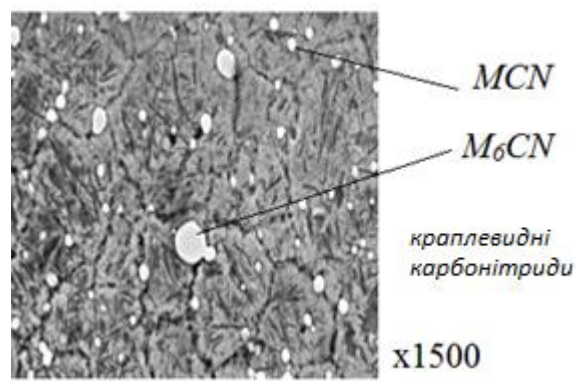


Рисунок 5.4 – Структура швидкорізальної сталі марки Р6М5 після низькотемпературної нітроцементации

Впровадження низькотемпературної нітроцементации в вітчизняній промисловості може, при відносно невеликих витратах, підвищити довговічність багатьох деталей, підвищити конкурентноздатність машинобудівної продукції і ліквідувати відставання від зарубіжної практики, які широко застосовують низькотемпературну обробку. Цей процес може бути з успіхом використаний і в ремонтному виробництві при відновленні і зміцненні деталей машин.

Термічна обробка для сталі Р18 – це гартування та трикратний відпуск. Температура гартування становить 1270-1290 °С (охолодження в розплавах солей), а відпуск при температурі 550-570 °С. Швидкорізальна сталь володіє малою теплопровідністю і схильна до утворення тріщин, тому виріб із неї

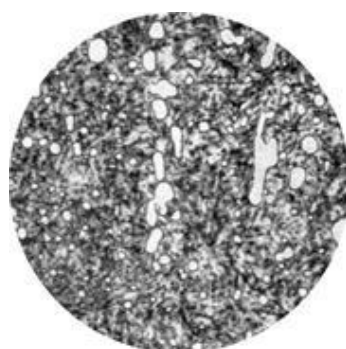
						Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нагрівають повільно до 820 – 850 °С, так щоб не викликали теплові напруження, а потім швидко нагрівають до температури гартування. У структурі загартованої швидкорізальної сталі міститься від 30 до 40% залишкового аустеніту; твердість такої сталі значно нижче, ніж при однорідній мартенситній структурі. Тому для найбільш повного перетворення залишкового аустеніту в мартенсит застосовують багаторазовий відпуск з витримкою по 1 годині. Під час витримки при відпуску з аустеніту виділяються карбіди, а при охолодженні аустеніт перетворюється в мартенсит. В результаті твердість і зносостійкість сталі підвищуються. Структура швидкорізальної сталі після відпуску – мартенсит відпуску, високодисперсні карбіди і невелика кількість залишкового аустеніту[14,15].



x450

Рисунок 5.5 – Мікроструктура швидкорізальної сталі Р18 після гартування



x1500

Рисунок 5.6 – Мікроструктура швидкорізальної сталі Р18 після гартування та трикратного відпуску

						Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З точки зору термічної обробки сталі Р6М5 та Р18, можна зробити висновки, що розміри карбідних частинок сталі Р6М5 менші, ніж в сталі Р18. Тому міцність сталі Р6М5 після однакової деформації на 10-15% більше, а в'язкість на 50-60% вище, ніж у сталі Р18. Це переважно спостерігається і в великих перетинах.

З підвищенням температури до 500-600 °С міцність сталі Р6М5 знижується сильніше, а в'язкість зростає більше, ніж у сталі Р18. Пластичність сталі Р6М5 при температурах деформування вище, ніж у сталі Р18. Твердість після відпалу нижче, що забезпечує трохи кращу оброблюваність різанням. Її шліфуємість хороша і не нижче, ніж у сталі Р18.

У сталі Р6М5 з 5% вмістом молібдену зберігаються недоліки (але в меншій мірі). Вона чутлива до знеуглецювання і до різнозернистості. Для підвищення стабільності властивостей необхідно встановлювати вміст вуглецю в більш вузьких межах.

При збільшенні вмісту кремнію до 0,8-0,9% трохи поліпшуються в'язкість і твердість сталі.

Таким чином, проаналізувавши сталі Р18 і Р6М5, можна ще раз переконатися в тому, що вибрана сталь Р6М5 найдоцільніше підходить для виготовлення деталі «циліндрична фреза» враховуючи вище перераховані характеристики, і її меншу вартість.

Графік термічної обробки для сталі Р18 та сталі Р6М5 подані в додатках Б та В.

## 5.2. Вибір основного термічного обладнання

При складанні відомості програми за операцією, обираємо обладнання для кожної операції термічної обробки для деталі «циліндрична фреза» із швидкорізальної сталі Р6М5, вагою 1,45 кг, з габаритними розмірами 120 мм(висота) і 70 мм(ширина).

						Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Для проведення ізотермічного відпалу обираємо шахтну електропіч СШЗ 6.6/10. Садка 24 деталі, за допомогою корзини (5,5\*5,5 м). Загальна вага садки до 70 кг. Розмір робочої камери печі: діаметр 0,6 м, висота 0,6 м, об'єм робочого простору 0,17 м<sup>3</sup>, температура 1000 °С.

Малі печі використовуються для відпалу, цементації (газової), азотування (при введенні реторти), нагрівання під відпустку і загартування. Великі печі застосовуються для нагріву під гартування, відпуск довгомірних деталей, валів, осей, спеціальних труб і т.д. Для повного використання робочого простору печі нагрівають велику кількість деталей, розміщуючи їх на підвісках або в кошиках. Паливо - газ, мазут, є і електричні шахтні печі.

Шахтна електропіч типу СШО, СШЗ з температурою нагріву до 700 °С. Піч працює з окислювальним або захисною атмосферою і являє собою каркас, футерований вогнетривкими і теплоізоляційними матеріалами. Зверху піч перекривається поворотною кришкою з механізмом підйому і повороту. Вентилятор розташований внизу печі. Нагрівачі розміщені на бічних стінках печі. Між нагрівачами і деталями або виробами є екран з направляючими для запобігання його від пошкоджень при завантаженні виробів (наприклад, у вигляді бунтів). Для забезпечення рівномірності нагріву піч розбита по висоті на три температурні зони I-III. Температуру вимірюють термопарами. Роз'єм між піччю і кришкою ущільнюють за допомогою пісочного затвора.

2. Для проведення гартування я обираю печі – ванни СВС 3,5.8.3,5/6, також ванну для другого підігріву СВС 2,3.5.3,2/13, для остаточного підігріву СВС 2,3. 5.3,2/13. Одночасна садка на спеціальній підвісці становить 3 деталі. Розмір робочої камери печі: ширина 0,35 м, довжина 0,8 м, висота 0,35 м, температура нагрівання 1000 °С. Піч СВС 2,3,5.3,2/13, розміри робочого простору: 0,2\*0,35\*0,32, температура нагрівання 1300 °С.

Печі – ванни використовуються для нагріву в рідких середовищах деталей під загартування і відпустку, ціанування дрібних деталей і інструменту, патентування дроту і для нагріву деталей з легких сплавів.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Рідинні середовища забезпечують швидкий і рівномірний нагрів, точність температури термічної обробки, дозволяє уникнути окислення нагрівання поверхні. За способом нагріву ванну обираю електродну. В електродних ваннах нагрівачами є сама сіль. Електричний струм низької напруги (6 – 24В) по залізним електродам пропускається через розплав солей. Розплав чинить опір проходженню струму і розігрівається, використовується в інтервалі 400 – 1300 °С.

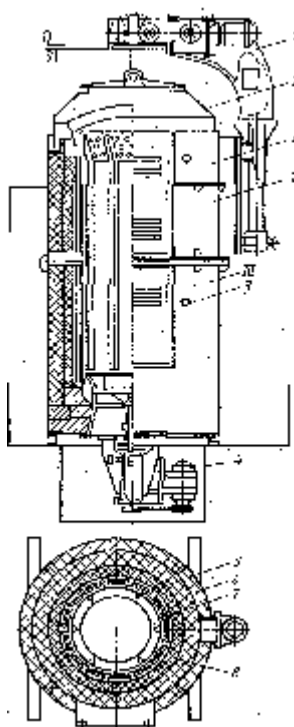


Рисунок 5.7 – Шахтна електропіч

						Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

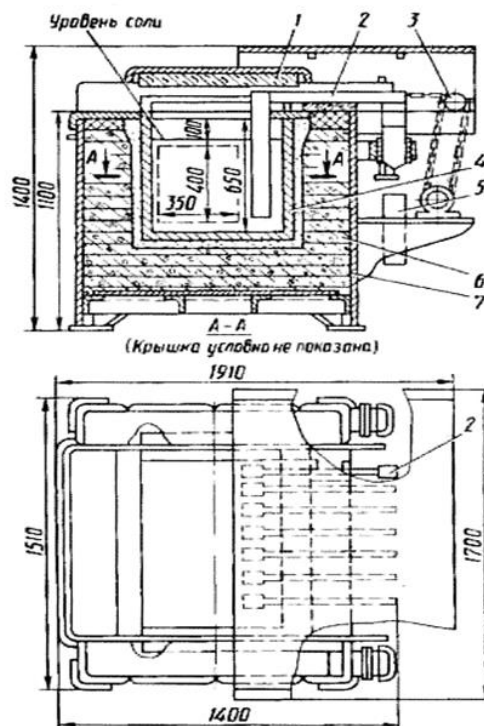


Рисунок 5.8 – Електродна соляна піч – ванна типу СВС – 3,5.8.3,5/6:

1 – футерована кришка; 2 – електроди; 3 – механізм відкривання; 4 – металевий тигель; 5 – струмо – проводи; 6 – вогнетривкий теплоізоляційний матеріал; 7 – каркас

3. Для проведення відпуску обираємо піч СШО 6.6/7, ця піч є аналогом печі для відпалу. Тому всі дані аналогічні, окрім температури, яка становить 700 °С, та габаритів.

4. Низькотемпературну нітроцементацию проводять в печі СШЦМ 6.6/9. Садка як і для відпалу. Розміри робочої камери печі: діаметр 0,6 м, висота 0,6 м, об'єм робочого простору 0,17 м<sup>3</sup>, температура 950 °С.

Шахтна електрична піч опору типу СШЦМ-6.6/9 призначена для проведення процесів газової цементациї і нітроцементациї сталевих деталей на одиничних, дрібносерійних, інструментальних і досвідчених виробництвах. Процес цементациї або нітроцементациї здійснюється в цементацийних і нітроцементацийних атмосферах, одержуваних з різних вуглецевмісних газів і газових сумішей. Також в печі можна проводити низькотемпературні

						Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



процеси хіміко-термічної обробки (карбонітрації, азотування тощо.) І інші види термічної обробки, пов'язані з нагріванням до температури 900 °С (відпал, нормалізація, відпуск, гартування) [18].

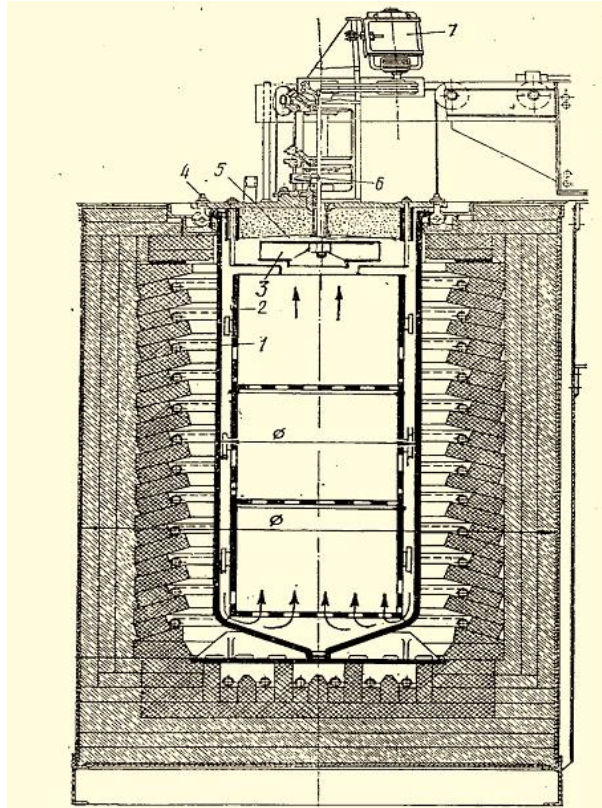


Рисунок 5.9 – Електрична вертикальна (шахтна) муфельна піч для газової цементації

На рис. 5.9 показана електрична вертикальна піч муфельна для газової цементації. Деталі поміщаються в муфель (1) і розміщуються в кошику (2), яка має отвір для переміщення (циркуляції) цементації газу. Циркуляція створюється вентилятором (3, 6). Кришка печі (5) відкривається і закривається електродвигуном (7).

### 5.3. Розрахунок кількості основного обладнання для термічної обробки

Діаметр циліндричної фрези: 120\*70 мм;

$\rho$  – щільність матеріалу (для сталі Р6М5  $\rho = 8 \text{ г / см}^3$ )

Маса заданої деталі  $m_0 = 1,45 \text{ кг}$ .

					Арк.
					48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Так як ми знаємо масу всіх деталей виготовлених за рік – це 250000 кг, ми можемо розрахувати кількість деталей виготовлених за рік.

$$250000/1,45= 172413 \text{ шт/рік.}$$

Так як процес термічної обробки відносно не тривалий і скорочений тим що ізотермічний відпал відбувається на інструментальному ділянці, вибираємо режим роботи термічного ділянки в 2 зміни.

Таблиця 5.1

Відомість розподілу програми за операцією

Назва деталі	Операції для деталі їх кількість			
	Ізотермічний відпал	Гартування	Відпуск	Низькотемпературна нітроцементация
Циліндрична фреза	250000 кг	250000 кг	250000 кг	250000 кг

Річний фонд часу роботи обладнання залежить від прийнятого режиму роботи (тривалості змін і їх кількість, втрат часу на переналагодження і ремонт обладнання).

$$\Phi_{д} = (365 - В - П) \times С \times \tau_{с} \times \left(1 - \frac{P + \Pi}{100}\right)$$

де  $\Phi_{д}$  – ефективний (дійсний) річний фонд часу обладнання, год; В – кількість вихідних днів на рік; П – кількість святкових днів у році, не збігаються з вихідними; С – кількість змін на добу;  $\tau_{с}$  – тривалість однієї зміни, год; П, Р – втрати часу на ремонт і переналагодження, %.

$$\Phi_{д} = 3910 \text{ год}$$

						Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для даного технологічного процесу отримання деталі доцільно застосовувати такі види обладнання.

Таблиця 5.2

Основні характеристики печей

№	Назва печі	Розміри робочого простору		Габарити печі, м	Садка, т	Продуктивність кг/год	Кількість печей
		діаметр, м	висота, м				
1	СШЗ-6.6/10	0,6	0,6	2,8×2,7×3,0	0,6	80	1
2	СВС-3,5.8.3,5/6	0,35*0,8*0,35		1,7×1,7×1,3		60	1
3	СВС-2,3.5.3,2/13	0,2*0,35*0,32		1,7×3,0×2,1		100	1
4	СВС-2,3.5.3,2/13	0,2*0,35*0,32		1,7×3,0×2,1		100	1
5	СШО-6.6/7	0,6	0,6	2,4×2,7×3,0	0,5	80	1
6	СШЦМ-6.6/9	0,60	0,6	2,7×2,6×3,0	0,6	45	2

Для проведення операцій термічної обробки садки деталей обрано основне обладнання:

1) Для проведення ізотермічного відпалу піч СШЗ – 6.6/10, продуктивність 80 кг/год.

$$250000/80 = 3125 \text{ год} - \text{заборгованість печі за рік};$$

$$3125/3910 = 0,79 - \text{використовуємо одну піч};$$

$$\text{КПД: } 0,79 * 100/1 = 79\%.$$

2) Для проведення гартування піч СВС - 3,5.8.3,5/6. Продуктивність 60 кг/год.

$$25000/60 = 4166 \text{ год} - \text{заборгованість за рік};$$

						Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$4166/4010 = 1$  – використовуємо 1 піч;

КПД:  $1 \cdot 100/1 = 100\%$

Піч – ванна СВС – 2.3,5.3,2/13 для другого підігріву. Продуктивність 100 кг/год.

$250000/100 = 2500$  год – заборгованість за рік;

$2500/4010 = 0,63$  – використовуємо 1 піч;

КПД:  $0,63 \cdot 100/1 = 63\%$ .

3) Піч для відпуску СШО – 6.6/7. Продуктивність 80 кг/год.

$250000/80 = 3125$  год – заборгованість за рік;

$3125/3910 = 0,79$  – використовуємо одну піч;

КПД:  $0,79 \cdot 100/1 = 79\%$ .

4) Піч для низькотемпературної нітроцементації СШЦМ – 6.6/9.

Продуктивність 45 кг/год.

$250000/45 = 5555$  год – заборгованість за рік;

$5555/3910 = 1,42$  – використовуємо 2 печі;

КПД:  $1,42 \cdot 100/2 = 71\%$ .

Тепер розрахуємо загальну площу цеху (приміщення). Площа розраховується за формулою:

$$\Sigma S = S_{\text{кор}} + S_{\text{прох}} + S_{\text{доп}},$$

де,  $S_{\text{корисна}}$  – площа занята обладнанням;

$S_{\text{проходів}}$  – площа проходів і проїздів;

$S_{\text{допоміжні}}$  – площа усіх ділянок накоплення деталей і т. д.

Приймаємо  $S_{\text{під}} = 50 \text{ м}^2$  на одиницю обладнання, тоді:

$$S_{\text{кор}} = \Sigma S_i = 6 \times 50 = 300$$

$$S_{\text{допом}} = 25 \dots 35(\%) \times S_{\text{під}} = 0,3 \times 300 = 90 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{прох}} = 25 \dots 35(\%) \times S_{\text{під}} = 0,3 \times 300 = 90 \text{ м}^2$$

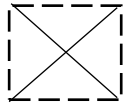
$$S_{\text{заг}} = 300 + 90 + 90 = 480 \text{ м}^2$$

						Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

*Умовні позначення до схеми термічної дільниці цеха*



- шахтна електропіч



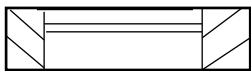
- місце для складання



- робоче місце



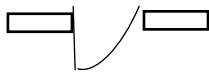
- піч – ванна



- вікно



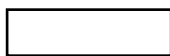
- ворота



- двері



- щит управління



- робочий стіл

Розроблений план дільниці та креслення обладнання знаходяться в додатку Г.

#### **5.4. Технічний контроль. Попередження та усунення браку**

У циклі виробничого процесу виготовлення інструменту термічна обробка є операцією, від якої багато в чому залежить якість продукції, що випускається. Тому контроль здійснюється в двох напрямках: контроль

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

технологічного процесу (по операцію і обладнання) і контроль готової продукції (після термічної обробки).

Контроль технологічного процесу здійснюється за такими параметрами: температурний режим, середовище обробки, тривалість операції і т.д. При вхідному контролі перевіряють стан поверхні деталей, мікроструктуру, вимірюють твердість. В процесі термічної обробки контролюють виконання температурного режиму, склад середовища печі, тривалість перебування фрез в печі, стан і температуру загартованого середовища і миючих засобів, швидкість застосування або подачі загартованого середовища. Температурний режим контролюється термістом.

Для забезпечення стабільного складу солі в печах при нагріванні під загартування, один раз в зміну контролюється хімічний склад солі, яка надходить на ділянку. Контроль зневуглецювання активності соляних ванн виробляють методом фольги за допомогою зразків тонкої (0,08-0,12 мм) стрічки з високовуглецевої сталі 13X, що має початковий вміст вуглецю  $C_i = 1,3-1,4\%$ . Зразки нагрівають при звичайних для оброблюваних сталей температурах гарту, витримуючи їх у високо- і середньотемпературних ваннах протягом 1 і 10 хв відповідно; після чого швидко охолоджують у воді. Контроль якості готової продукції включає в себе:

- виявлення зовнішніх тріщин, сколів та інших дефектів;
- визначення відповідності розмірів виробу і допусків, заданих в технічних умовах;
- контроль твердості; перевірка механічних властивостей;
- перевірка технологічних властивостей.

Кількість залишкового аустеніту (при його вмісті понад 5-8%) після відпуску, визначають мікроаналізом і вимірами твердості. Контроль твердості вимірюється твердоміром ТШ – 2. Робочий здійснює попередній контроль на робочому місці. Остаточний контроль здійснюється в цеху на ділянці, на спеціально відведеному місці контролером ВТК [15].

						Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Порушення форми інструменту при загартуванні - дефект виникає у сталей, температура гарту яких близька до температур початку плавлення. В результаті надмірного перегріву або розташування інструменту в ванні близько до електродів, виникає оплавлення інструменту. Тому при переміщенні інструменту в ванну слід вимкнути струм. Цей недолік можна усунути так само, установкою захисної стінки з цегли, що відокремлюють електроди від інструменту.

Недостатня твердість після відпуску може бути викликана наступними причинами:

- а) зниженою температурою загартування (виявляється мікροаналізом)
- б) низьким нагріванням при відпуску (виявляється магнітним аналізом).

Дефекти виникають в результаті цих причин, усуваються відповідно відпалом і подальшими правильними загартуванням і відпуском. Зниження теплостійкості виникає в результаті дуже тривалого або багаторазового нагрівання вище області  $A_{c1}$  (при 825-900 °C), в тому числі при відпалі, який призводить до утворення карбїду  $W_2C$  і зниження розчинності карбїду  $W_6C$  в аустеніті внаслідок зміни параметрів його решітки. Виявляється по зниженню вторинної твердості або теплостійкості. Даний дефект запобігається дотриманням температурного режиму і тривалості термічної обробки.

Деформація і викривлення визначається перевіркою розмірів готового інструменту. Виникають через внутрішні напруги, що утворилися під час гартування; нерівномірного нагрівання під загартування і неправильного занурення в охолоджуючу середу в мартенситном інтервалі. Дефекти усуваються правильним зануренням в гартівну середу, рівномірним нагріванням і перевіркою на кривизну перед загартуванням.

Підвищена крихкість утворюється через значне підвищення температури нагріву при гартуванні або надмірно тривалій витримці. Цей брак виправляється також як і недостатня твердість.

						Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нафталіновий злам – це злам, що проходить по тілі великих зерен (по кристалографічних площинах) і відрізняється характерним блиском. При однакових умовах обробки він виникає частіше при діаметрі інструменту більше 15 мм. Сталь з таким зломом не відрізняється по твердості і теплостійкості від сталі з нормальним зломом, але її в'язкість в 2-4 рази нижче і стійкість інструменту при цьому погіршується. Нафталіновий злам можна попередити правильним режимом термічної обробки. Крім того, злам не утворюється, якщо твердість сталі нижче 260-280 НВ, яка отримана після відпалу за умови якщо правильно підібраний режим нагріву.

Карбідна неоднорідність - призводить до нерівномірного розподілу легуючих елементів і до неоднорідності структури сталі після гарту і відпуску. Наявність малолегованих ділянок може служити причиною зниження твердості і червоностійкості сталі. Зменшення карбідної неоднорідності швидкорізальних сталей може бути досягнуто шляхом кування заготовок з осадкою і витяжкою. Однак цей спосіб пов'язаний зі збільшенням трудомісткості металургійних процесів [16].

### Висновок

Для інструменту зі сталі Р6М5 як попередня пропонуємо ізотермічний відпал. Ізотермічний відпал здійснюється шляхом нагрівання до аустенітного стану. Для ізотермічного відпалу застосовуємо шахтну піч типу СШЗ 6.6 / 10. Структура після ізотермічного відпалу: ферит + первинні і вторинні карбіди. Твердість НВ 255. Остаточна термічна обробка – гартування, відпуск, низькотемпературна нітроцементация. Структура після гартування: мартенсит гартування + карбіди (21%  $M_6C$  +  $MC$ ) + аустеніт (25%). Твердість 54 - 56 HRC. Відпуск повинен забезпечити отримання високої вторинної твердості і зняття гартівних напружень для підвищення міцності і перетворення залишкового аустеніту. Для сталі Р6М5 приймаємо відпуск при 540-560 °С, час витримки 1,5 години з охолодженням на спокійному повітрі. Структура

						Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



після відпуску: мартенсит відпуску + карбіди (20-25%) + залишковий аустеніт (2-3%). Твердість 64 - 65 HRC. Низькотемпературну нітроцементацию проводять при 560 – 570°C протягом 1,5 годин в атмосфері, що містить 50% ендогазу (екзо-газу) і 50% аміаку або 50% пропану (метану) і 50% аміаку. Цей процес проходить в печі типу СШЦМ 6.6 / 9. У результаті такої обробки на поверхні сталі утворюється тонкий карбонітридний шар  $Fe_6(N, C)$ , що володіє високою зносостійкістю.

Запропоноване основне обладнання для проведення термічної обробки. Для ізотермічного відпалу обираємо шахтну електропіч СШЗ 6.6/10. Для проведення гартування печі – ванни СВС 3,5.8.3,5/6, також ванну для другого підігріву СВС 2,3.5.3,2/13, для остаточного підігріву СВС 2,3. 5.3,2/13. Для проведення відпуску обираємо піч СШО 6.6/7, ця піч є аналогом печі для відпалу. Низькотемпературну нітроцементацию проводять в печі СШЦМ 6.6/9 (2 шт).

						Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВОК

В результаті виконання завдання випускної кваліфікаційної роботи був зроблений аналіз призначення умов роботи деталі «циліндрична фреза», розроблена маршрутна технологія виготовлення деталі, проведено аналіз можливих причин виходу з ладу деталі і вибір легованої швидкорізальної сталі марки Р6М5, яка за всіма технологічними показниками була застосована для виготовлення деталі.

1. Проведений аналіз умов роботи деталі – фреза циліндрична. Циліндричні фрези застосовують для обробки площин. Зуби циліндричної фрези розташовують по гвинтовій лінії з певним кутом нахилу гвинтової канавки. Критеріями працездатності фрез є поверхнева міцність зубів (опір контактної втоми); об'ємна міцність зубів (опір втоми і статична міцність); стійкість проти заїдання; зносостійкість зубів; дотримання призначеного режиму термообробки.

2. Проведений літературний огляд способів зміцнення різального інструменту із швидкорізальних сталей. Це термовакuumний метод напилювання, ХТО, іонна імплантація, лазерне зміцнення, електроіскрове легування, плазмове напилення, поверхнева пластична деформація тощо. Запропоновано використовувати хіміко – термічну обробку матеріалів, яка називається нітроцементация.

3. Проведений аналіз марок сталей, що використовуються для виготовлення інструменту – фрез. Це як правило швидкорізальні сталі типу Р18. Запропонована сталь Р6М5. Порівняно зі сталлю Р18, сталь Р6М5, має кращі показники за деякими основними «різальними» властивостями. Разом з тим вона більш схильна до перегрівання і знеуглецювання, що призводить і

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Корнеев В. Ю.			Висновок	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Гапонова О. П.					57	61
Реценз.						СумДУ, гр. МТ-81-9		
Н. Контр.								
Затверд.		Гапонова О.П.						

до більш високих вимог до технології виготовлення і відновлення (заточення) інструментів із цієї сталі.

4. Для інструменту зі сталі Р6М5 як попередня пропонуємо ізотермічний відпал. Ізотермічний відпал здійснюється шляхом нагрівання до аустенітного стану. Для ізотермічного відпалу застосовуємо шахтну піч типу СШЗ 6.6 / 10. Структура після ізотермічного відпалу: ферит + первинні і вторинні карбіди. Твердість НВ 255. Остаточна термічна обробка – гартування, відпуск, низькотемпературна нітроцементация. Структура після гартування: мартенсит гартування + карбіди (21%  $M_6C$  +  $MC$ ) + аустеніт (25%). Твердість 54 - 56 HRC. Відпуск повинен забезпечити отримання високої вторинної твердості і зняття гартівних напружень для підвищення міцності і перетворення залишкового аустеніту. Для сталі Р6М5 приймаємо відпуск при 540-560 °С, час витримки 1,5 години з охолодженням на спокійному повітрі. Структура після відпуску: мартенсит відпуску + карбіди (20-25%) + залишковий аустеніт (2-3%). Твердість 64 - 65 HRC. Низькотемпературну нітроцементацию проводять при 560 – 570°С протягом 1,5 годин в атмосфері, що містить 50% ендогазу (екзо-газу) і 50% аміаку або 50% пропану (метану) і 50% аміаку. Цей процес проходить в печі типу СШЦМ 6.6 / 9. У результаті такої обробки на поверхні сталі утворюється тонкий карбонітридний шар  $Fe_6(N, C)$ , що володіє високою зносостійкістю.

5. Запропоноване основне обладнання для проведення термічної обробки. Для ізотермічного відпалу обираємо шахтну електропіч СШЗ 6.6/10. Для проведення гартування печі – ванни СВС 3,5.8.3,5/6, також ванну для другого підігріву СВС 2,3.5.3,2/13, для остаточного підігріву СВС 2,3. 5.3,2/13. Для проведення відпуску обираємо піч СШО 6.6/7, ця піч є аналогом печі для відпалу. Низькотемпературну нітроцементацию проводять в печі СШЦМ 6.6/9 (2 шт).

									Арку
									58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Повышение износостойкости режущего инструмента методом ионной имплантации / В.П. Суриков, А.Л. Лисин, С.Г. Яковлева // Прогрессивные технологические процессы в тяжелом машиностроении. – Свердловск, 1990. – С.86–97.

2. Костюк Г.И. Стойкость режущего инструмента с плазменно-ионным покрытием, после лазерной обработки, имплантации и комбинированного воздействия / Г.И. Костюк, П.Н. Васильков // Авиационно-космическая техника и технологии: сб. науч. труд. / М-во образования и науки, Нац. аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ». – Х., 2000 – Вып. 18. – С. 26-37.

3. Костюк Г.И. Пути повышения стойкости режущего инструмента износостойкости – его материала и коррозионной стойкости / Г.И. Костюк, А.А. Белоусов, Е.Г. Скорик, М.Л. Заугольников // Авиационно - космическая техника и технологии: сб. науч. труд. / М-во образования и науки, Нац. аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ». – Х., 1997. – С.159-163.

4. Лазерное упрочнение режущего инструмента / А.В. Грищенко, А.Ю. Локтев, В.И. Чещевой // Технология и организация производства. – 1991. – №4. – С.47–48.

5. Финкельштейн Г.М. Повышение стойкости режущего инструмента вольфрамиранием / Г.М. Финкельштейн // Электрохимические и электрические методы обработки материалов. – М., 1963. – С.28-33.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Корнеев В.Ю.			Список використаних джерел	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Гапонова О. П.					58	61
Реценз.						СумДУ, гр. МТ-81-1		
Н. Контр.								
Затверд.		Гапонова О.П.						

6. Розробка нового евтектичного електродного сплаву для нанесення зносостійких покриттів на ріжучий інструмент комплексним електроіскровим легуванням і лазерною обробкою // В. Голубець, О. Бшоус // Проблеми трибології. – 2001. – №2. – С.56–61.;

7. Способ обработки позволяющий получить инструмент, поверхностный слой которого имеет высокую твердость и достаточно высокую пластичность. Яп. заявка 58-161771, С23С11/10, опубл. 26.09.83.

8. Заявка 57-5860, Яп. С23С11/08, С23С11/14. Способ получения твердосплавных пластин для рабочей части металлорежущего инструмента. Опубл. 12.01.82.

9. Пат. 4374685, США В22F3/24, В22F7/02. Способ получения покрытий на режущей части инструмента. Опубл. 22.02.83.

10. Орлов А. С. Лазерная обработка режущего инструмента с электроискровым покрытием / Орлов А.С, Орлова А.И., Селезнев В.В. и др.//«Применение лазеров в народном хозяйстве». 17-20 мая 1985: всес. конф.: тезисы докл. / Звенигород, М., Наука, 1985, с.91.

11. Электроискровое легирование и последующая обработка инструмента из быстрорежущих сталей / М.С. Ковальченко, А.В. Паустовский, В.П. Ботвинко, Тамаров А.П. // Порошковая металлургия. – 1996. – № 5/6. – С. 11–15.

12. А.с. 1311107 СССР, В 23 Н9/00 Способ нанесения покрытий / Ю.Г. Булах, В.И. Побировский, Ю.А. Кузёма, М.С. Дигам, Б.А. Ляшенко.

13. Восстановление деталей машин дифференциальными покрытиями дискретной структуры / Ляшенко Б.А., Розенберг О.А., Ермолаев В.В., Мирненко В.И. // Тяжелое машиностроение. – 2001. – № 2. – С.21–23.

дискретної структури / Ляшенко Б.А., Розенберг О.А., Ермолаєв В.В., Мірненко В.І. // Важке машинобудування. - 2001. - № 2. - С.21-23.

14. Гуляев А. П. Металлознание. - М. : Металлургия, 1977. - 647 с.

15. Лахтин Ю. М. Материалознавание. - М.: Машинобудування, 1972. - 510 с.

						Арку
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

16. Мозберг Р. К. Матеріалознавство: навч. посібник. -2-ге вид., Перераб. - М. : Вища. . Шк, 1991. - 448 с.

17. Сорокін В. Г. Марочник сталей і сплавів / В. Г. Сорокін, С. А. Волоснікова. - М. : Машинобудування, 1989. - 640 с.

18. Рустем С. Л. Устаткування термічних цехів. М.: Машинобудування, 1971 р.

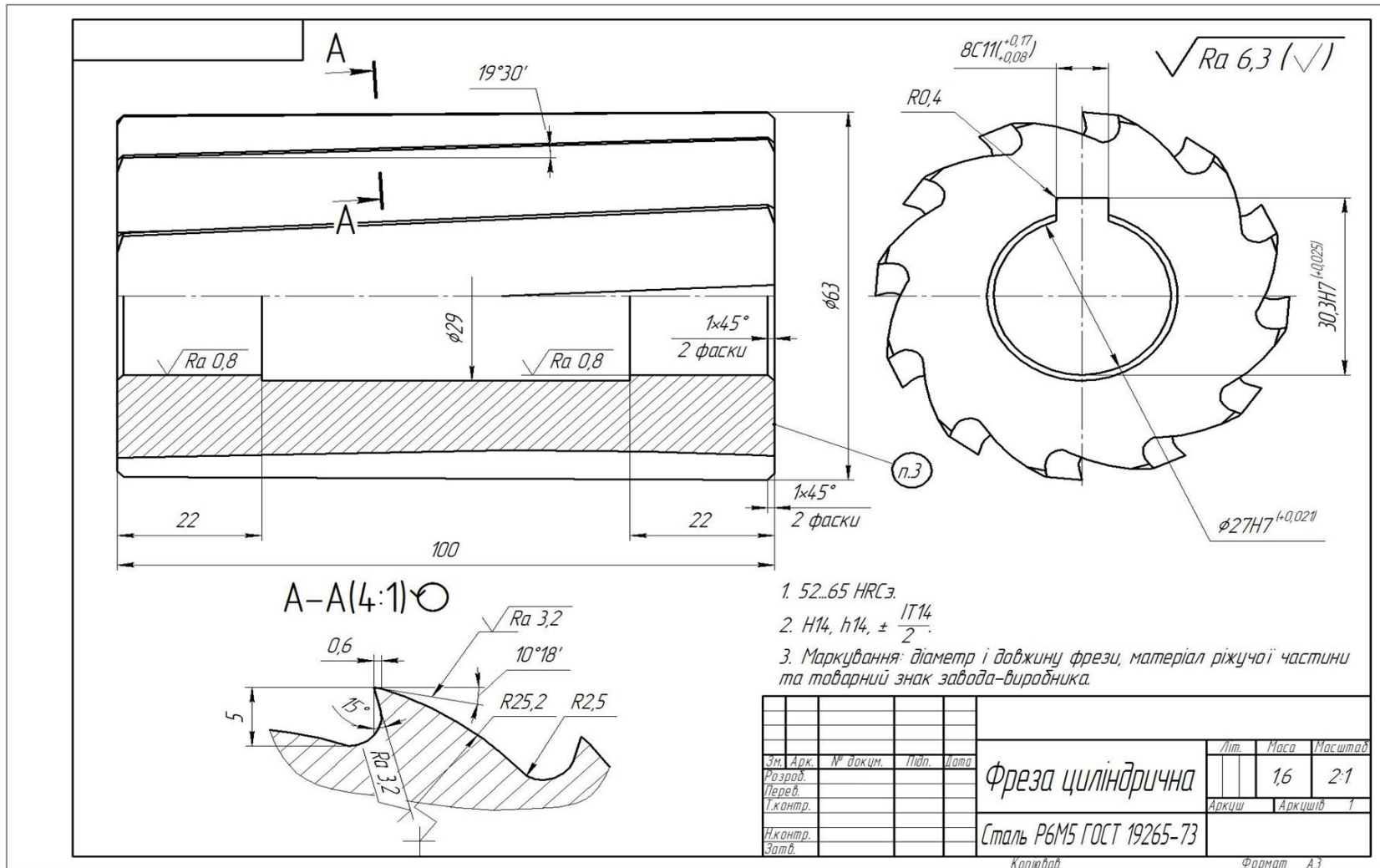
19. Залога, В.О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні [Текст]: навч. посіб. / В.О. Залога, В.Д. Гончаров, О.О. Залога. - Суми: СумДУ, 2013. - 371 с.

20. Внуков Ю.М. Зношування і стійкість різальних лезових інструментів: навчальний посібник/ Ю.М. Внуков, В.О. Залога. - Суми: Вид-во СумДУ, 2010. - 243с.

						Арку
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

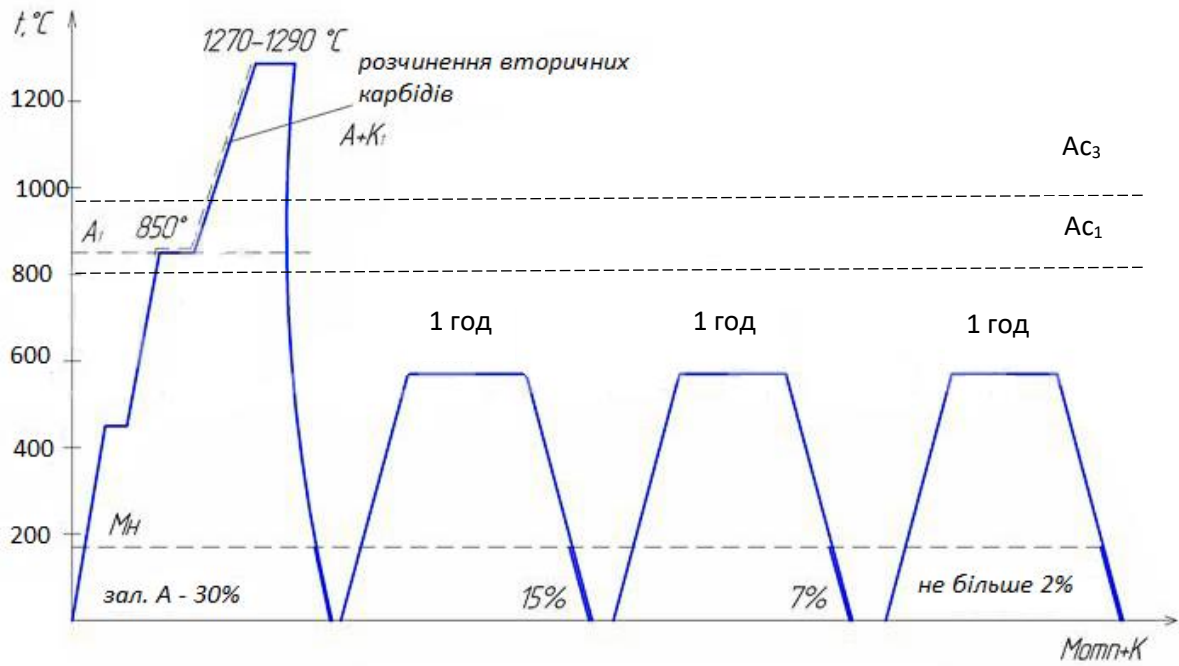
## Додаток А

### Креслення деталі «циліндрична фреза»



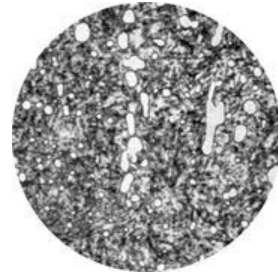
## Додаток Б

### Графік термічної обробки для сталі Р18



x450

Мікροструктура швидкорізальної сталі Р18 після гартування



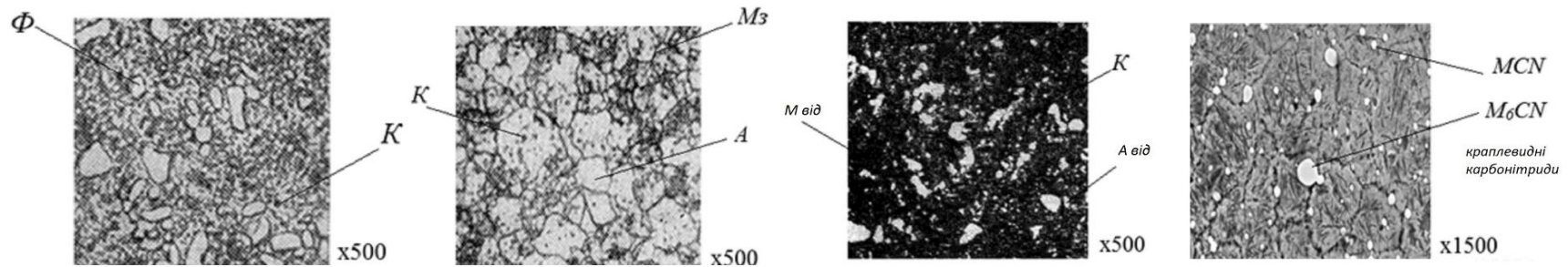
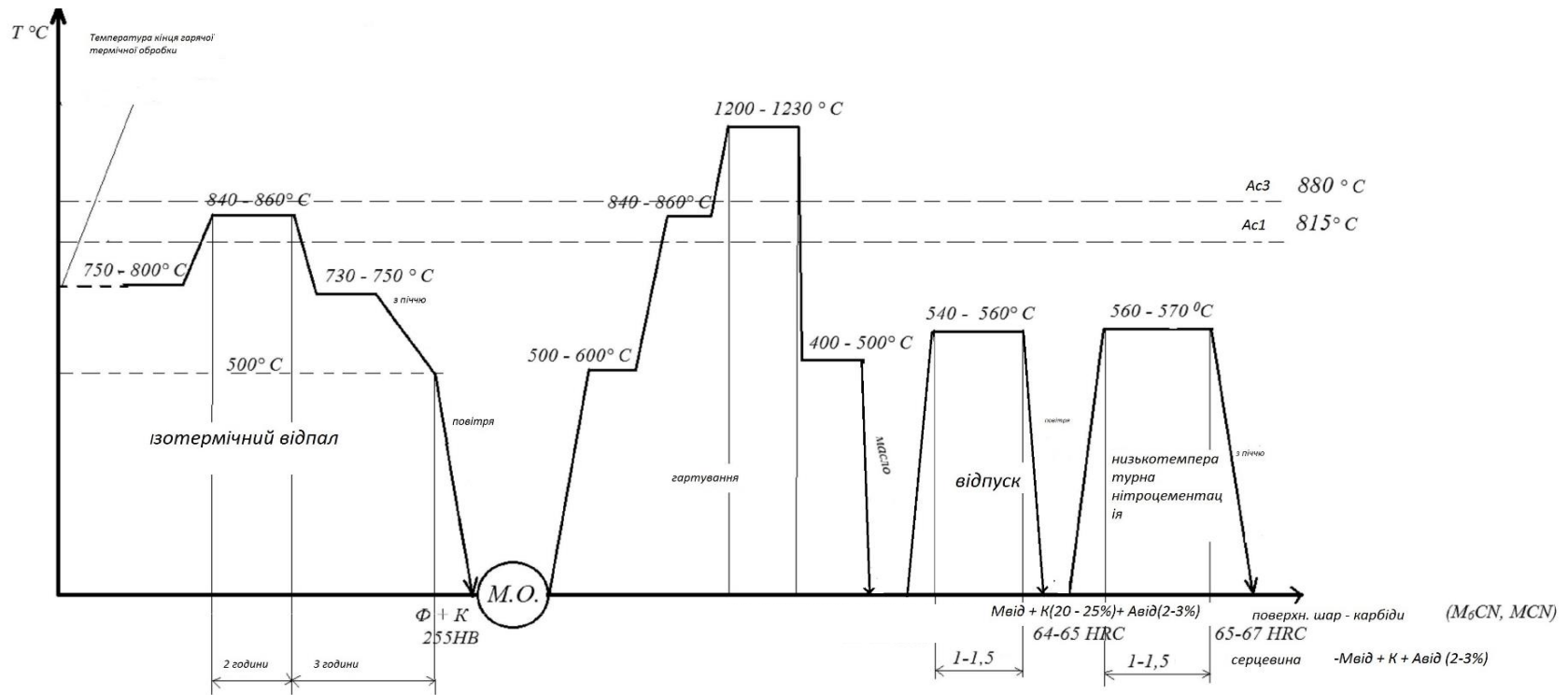
x450

Мікροструктура швидкорізальної сталі Р18 після гартування та трикратного відпуску

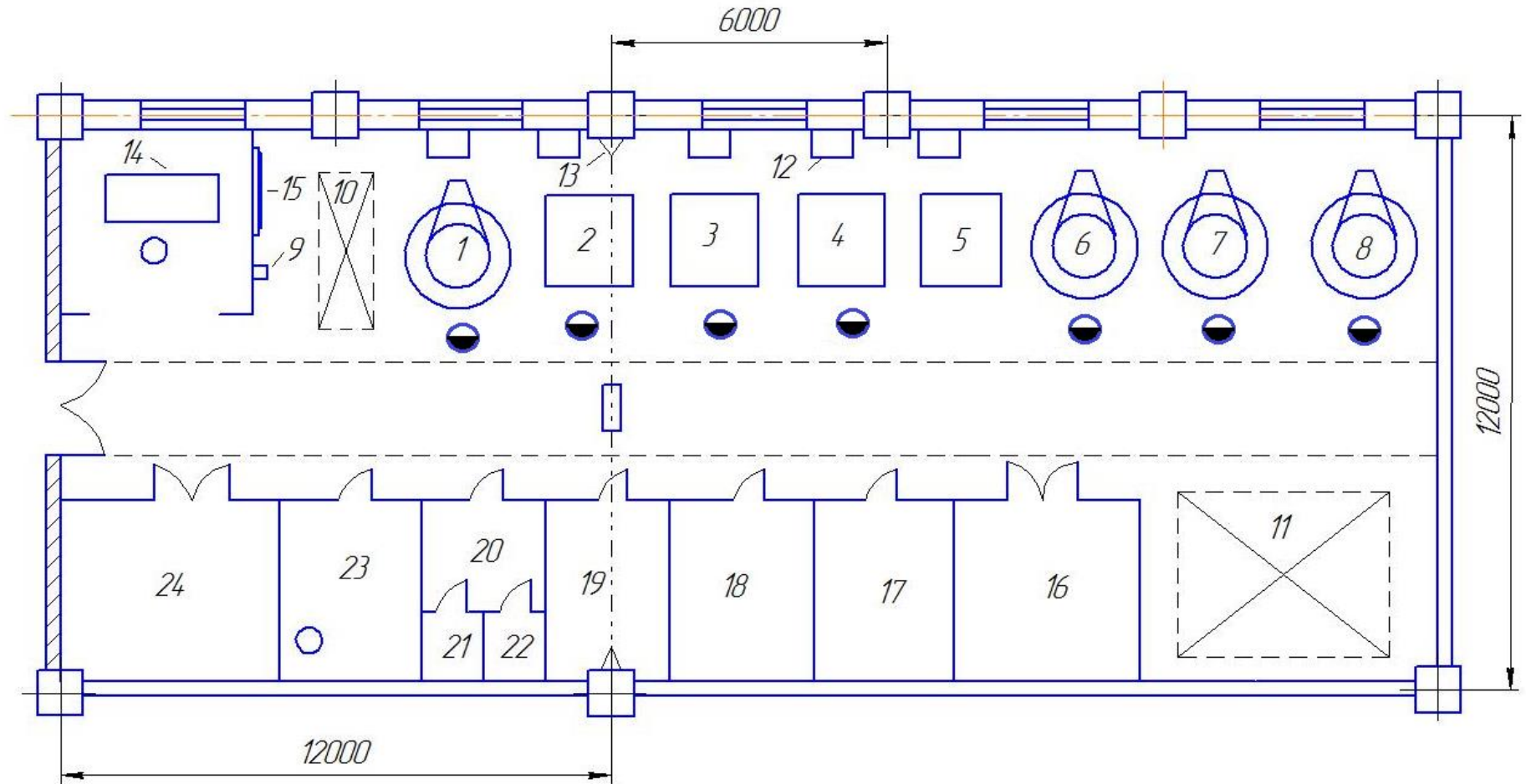


## Додаток В

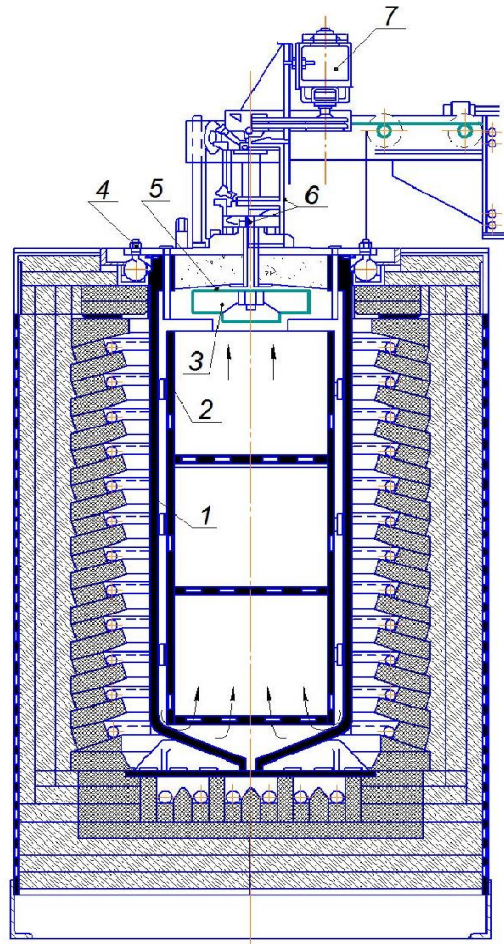
### Графік термічної обробки фрези зі сталі Р6М5



Додаток Г  
Схема ділянки термічного цеха



**Додаток Д**  
Електрична вертикальна (шахтна) муфельна піч для нітроцементації



- 1 – муфель
- 2 – корзина
- 3, 6 – вентилятор
- 4 – відкидні болти
- 5 – кришка печі
- 7 – електродвигун