

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 і термічної обробки черв'ячної фрези

Виконав студент

Завалій Віктор Олександрович

Залікова книжка

№ 20510029

Підпис _____

Керівник:

Дегула Андрій Іванович

Підпис _____

Співкерівник:

Яковлев Віктор Анатолійович

Підпис _____

Захищена з оцінкою

Оцінка, дата

Секретар ЕК:

_____ Марченко К.С.

підпис

Суми 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра прикладного матеріалознавства і технології конструкційних
матеріалів
Спеціальність 132 «Матеріалознавство»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Гарант Освітньої програми
«Прикладне матеріалознавство»
Харченко Н. А.

«___» _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студенту Завалію Віктору Олександровичу, група МТ-01/1
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема випускної роботи: Вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення і термічної обробки черв'ячної фрези

2. Вихідні дані: креслення деталі та вимоги до неї 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 _____ 2024 р.

Керівник
Співкерівник

доцент Дегула А.І.
асистент каф. ПМ і ТКМ Яковлев В.А.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з 70 сторінок, включаючи 5 розділів, 11 малюнків, 13 таблиць і 3 додатків. Список використаної літератури включає в себе 25 джерел.

Метою роботи є вибір матеріалу та розробка маршрутного технологічного процесу виготовлення черв'ячної фрези.

Завдання:

- Проаналізувати умови експлуатації заданої деталі
- Проаналізувати відомі літературні джерела
- Правильно вибрати матеріал для виготовлення деталі
- Зробити опис термічної обробки, розробити технологію виготовлення деталі
- Підібрати обладнання для обробки та розробити маршрутну технологію виготовлення фрези

Методами дослідження даної роботи є металографічні методи та випробування деталі на твердість.

Короткий зміст розділів:

- Аналіз умов роботи деталі. Умови роботи та призначення черв'ячної фрези.
- Літературний огляд. Огляд сучасних матеріалів та технологій у виготовленні черв'ячної фрези.
- Вибір матеріалу деталі та методів дослідження. Аналіз вибраного матеріалу та методів дослідження.
- Розроблення маршрутної технології. Виклад всіх етапів виготовлення черв'ячної фрези, включаючи вибір матеріалу і термічну обробку.
- Розрахунково-експериментальна частина. Вибір та обґрунтування технологічного процесу термічної обробки; вибір необхідного обладнання і розрахунок їх кількості; проектування плану діляниць.

Список ключових слів: черв'ячна фреза, сталь Р6М5К5, технологічний процес, термічна обробка, легувальні елементи, методи дослідження, відпуск, твердість.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ УМОВ РОБОТИ ДЕТАЛІ	9
1.1 Умови роботи черв'ячної фрези	9
1.2 Вихід з ладу фрези	11
ВИСНОВКИ	12
РОЗДІЛ 2 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	13
ВИСНОВКИ	17
РОЗДІЛ 3 ВИБІР МАТЕРІАЛУ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	18
3.1 Характеристика досліджуваного матеріалу	18
3.2 Опис впливу легуючих елементів на властивості	21
3.3 Методи дослідження.....	26
ВИСНОВКИ	30
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБЛЕННЯ МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	31
ВИСНОВКИ	38
РОЗДІЛ 5 РОЗРАХУНКОВО – ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	39
5.1 Термічна обробка сталі.....	39
5.2 Вибір необхідного обладнання та розрахунок його кількості.....	42
5.3 Проектування плану діляниць	51
5.4 Технологічний контроль.....	54
ВИСНОВКИ	62
ВИСНОВКИ	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	65
Додаток А.....	68
Додаток Б	69
Додаток В.....	70

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ЧПУ – числове програмне управління

ТО – термічна обробка

HSS – high-speed steel – швидкорізальна сталь

ТП – технологічний процес

ККД – коефіцієнт корисної дії

ТШ – твердомір кулькового типу

ВСТУП

В машинобудуванні широко застосовують різноманітний металооброблювальний інструмент, в тому числі і черв'ячні фрези. На подальший процес по виготовленню фрези великий вплив має тип виробництва. Таким чином, забезпечується висока продуктивність, застосовуються точні заготовки.

Роль швидкорізальної сталі Р6М5К5 в машинобудуванні дає можливість в забезпеченні кращої продуктивності та ефективності металообробних процесів. Завдяки хімічному складу дана сталь займає перші місця серед матеріалів які підходять для виготовлення черв'ячної фрези.

Сталь Р6М5К5 вважається високотехнологічним матеріалом. Високу твердість після процесу гартування та стійкість до зношування забезпечується завдяки високому вмісту вольфраму, молібдену, ванадію і кобальту в складі.

Дані характеристики роблять сталь найкращим матеріалом для виготовлення фрези. Твердість гарантовано забезпечує тривалий термін в експлуатації деталі, її стійкість до зносу допомагає якісно обробляти різні матеріали.

Мета та завдання дослідження:

Ця кваліфікаційна робота побудована на глибокому аналізі технологічного процесу виготовлення черв'ячної фрези зі сталі Р6М5К5. Метою дослідження є розробка оптимального технологічного процесу, який забезпечує високу продуктивність і якість інструменту. Завдання включає в себе вибір матеріалу, проведення термічної обробки, зміцнення поверхні і заточування з використанням сучасних методів і обладнання.

Методи дослідження:

Для дослідження даної роботи було використано 2 основних методи, такі як металографічні методи і випробування деталі на твердість. Металографічні методи включає в себе макроскопічний і мікроскопічний

аналізи, що використовуються для вивчення структури і властивостей металевих матеріалів. Випробування деталі на твердість проводилось за методом Роквелла, який визначає твердість матеріалу, забезпечуючи швидкі і точні результати.

Практичне значення одержаних результатів:

Результати дослідження надають основу для розробку більш досконалих технологічних процесів виробництва черв'ячної фрези. Покращення характеристик інструменту сприяє підвищенню ефективності металообробних процесів у різних промислових галузях.

На момент закінчення кваліфікаційної роботи бакалавра, результати дослідження ще не були впроваджені в промисловість, проте вони надають цінну основу для подальших кроків на практиці.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ УМОВ РОБОТИ ДЕТАЛІ

1.1 Умови роботи черв'ячної фрези

Фрезерування є одним з основних процесів в обробці металів, що використовується для виготовлення різних деталей. Воно не може реалізовуватися без інструментів, якими видаляють зайвий матеріал з деталі, для того, щоб дійти до бажаної форми самої деталі.



Рисунок 1.1. Черв'ячна фреза

Креслення деталі «Черв'ячна фреза» міститься в додатку А.

Черв'ячна фреза – це інструмент, яким обробляють метал. Вона зроблена спеціально для того, щоб створювати зубчасті колеса та шліцові вали. Виготовляється фреза з найкращих сталей. Дана фреза є високотійка та продуктивна. Головне її застосування – точна обробка циліндричних деталей, в яких якість і точність є важливим.

Головною функцією фрези черв'ячної є передача обертального руху та зміна положення обертання між осями, які є перпендикулярними. Основним призначення фрези є забезпечення ефективної трансформації обертального моменту від черв'ячного валу до зубчастого колеса. Даний процес застосовують в різних механізмах (редуктори, передачі, конвеєри, тощо) та

пристроях, в яких повинен змінюватись напрямок обертання та зменшуватись момент.

Принципом роботи черв'ячної фрези є кінематична схема кочення по колу її прямої. Пряма, яка йде спочатку пов'язана з прямою, а деталь має співвідношення з колом.

В процесі формується (рис. 1.2) фреза 1, яка має два рухи. Перший рух, називається обертальним, який обертається навколо своєї осі і другий рух 2 який йде по осі деталі. Рух різання – обертальний. Рух 2 повздовжній, він прорізає зубчасте колесо на всю ширину. [1]

Рух 3 і 1 обертальний, ніби має імітацію кочення самого кола по прямій. Завдяки зубцям, які розташовані на поверхні гвинта здійснюється цей процес. Фреза є інструментом, що має поверхню різьби з канавками, що вирізані. Вони і утворюють так звані зубці. Рух кочення, ніби імітується при обертанні фрези навколо осі своєї, спричиняючи таким чином обробку матеріалу. [1]

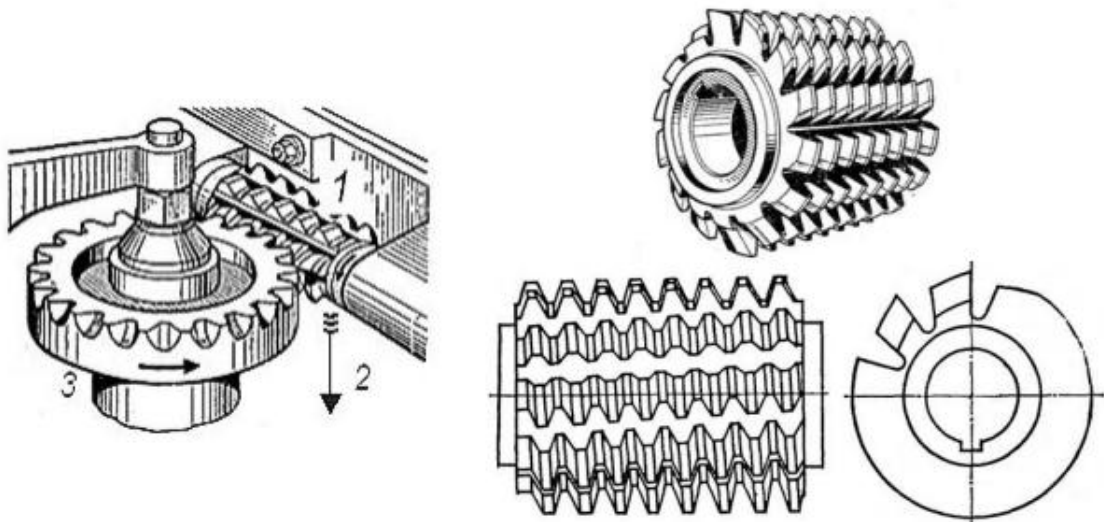


Рисунок 1.2. Принцип роботи фрези [1]

Черв'ячна фреза працює у важких умовах. Тобто піддається тяжким механічним навантаженням які проходять через передачу важливих обертальних моментів. Цикл роботи є довгим, практично завжди виникають зміни в напрямку обертання та в навантаженнях, які неповноцінно

розподіляються в зношуванні. Також важливим є коливання температури, які мають вплив на фіз. властивості матеріалу деталі.

1.2 Вихід з ладу фрези

Причинами виходу з ладу черв'ячної фрези можуть бути – зношування зубців, перегрів та недостатня кількість мастила. Дані проблеми підкреслюють те, що важливо правильно обслуговувати і використовувати матеріали високої якості.

Говорячи про кожну причину, можна зазначити конкретно ці види виходу з ладу деталі:

Знос зубів – відбувається через постійний процес навантаження, нерівномірне розподілення навантаження на зубці, а також використання матеріалів низької якості.

Перегрів – виникає через те, що фрезу тривалий час використовують, це спричиняє до перегрівання, особливо при високому моменті. В свою чергу цей процес призводить до зміни властивостей матеріалу, яка зменшує міцність, через що потім виникає деформація деталі.

Мастило є головним аспектом в роботі фрези. Якщо *кількості мастила недостатньо* – виникає тертя між зубцями, при цьому збільшується знос та температура. Також якщо змастити фрезу неякісним мастилом, згодом через це з'являється корозія, що призводить до прискореного зносу деталі.

Для того, щоб черв'ячна фреза гарно функціонувала потрібно регулярно проводити технічні огляди і змінювати зношені деталі. Також потрібно контролювати режими температури та якість мастила.

Необхідно також враховувати умови експлуатації, щоб середовище праці було чистим, та фактори, що можуть впливати на працездатність деталі.

ВИСНОВКИ

Надійність черв'ячної фрези в роботі залежить від правильного технічного обслуговування та контролювання за експлуатаційними умовами.

Фреза потребує обслуговування мастильної системи, перевірки в якому стані зубці і в цілому технічний стан цієї деталі. Чим скоріше буде виявлено зношування та проблеми, які можуть виникнути в роботі, тим довше деталь буде слугувати для її експлуатації.

Перегрівання і знос є процесами природними, що виникають в процесі тертя зубців та інтенсивним навантаженням і використанням фрези. Якісне мастило відіграє головну роль в уникненні швидкого зносу та перегріву. Якщо кількості мастила замало або воно є низької якості, то це прискорює зношування та перегрівання. В такому випадку йде погіршення умов тертя.

Застосування сучасних технологій, таких як масла з високими властивостями та нові матеріали, покращать характеристики застосування деталі, що забезпечить стабільність і надійність в умовах праці.

РОЗДІЛ 2

ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

У сучасній індустрії металообробки використовують високоточні інструменти. Це слугує головним елементом в досягненні високої продуктивності та точності в обробці деталі. Для того, щоб підвищити характеристики в експлуатації таких інструментів, потрібно використовувати сучасні матеріали.

За даними проведеного аналізу, порівнюючи інструментальні матеріали, домінуючими в використанні будуть інструментальні сталі. Тому потрібно їх раціонально використовувати, бо вони вважаються достатньо дорогими матеріалами. [2]

Для вирішення цих завдань, розробляють технології виготовлення сталі, які в свою чергу забезпечують необхідними властивостями матеріалу, найбільший вихід продукту, що є придатним та ефективну експлуатацію матеріалу. Також потрібно обирати легуючі оптимальні елементи з підходом який є науково обґрунтованим, який включає в себе конкретні умови використання та технологічні процеси для виготовлення інструментів. [2]

Для виготовлення різального інструменту використовують такі інструментальні сталі: вуглецеві, леговані вуглецеві та швидкорізальні. [2]

Вуглецеві інструментальні сталі (У9, У9А, У10, У10А...У13, У13А) відіграють важливу роль при виробництві своєю високою твердістю після того, як використовується термічна обробка – приблизно 62 HRC. Дані сталі частіше всього використовують для виготовлення інструментів, які працюють при малій температурі та низькій швидкості різання. Але в таких сталях є один недолік, який полягає в тому, що сталь не теплостійка в зоні де використовують різання при високій температурі 150 градусів за Цельсієм, в якому твердість знижується з високою швидкістю через те, що має структурні зміни. [2]

Леговані вуглецеві інструментальні сталі (ХВГ, ХВ5, 9ХС, ШХ15) мають підвищену в'язкість, глибина прогартованості є більшою, менш схильні до деформації та утворенні тріщин під час процесу гартування. Це відбувається завдяки додаванню в сталь елементи хрому, марганця, вольфрама, ванадія та кремнія. Після того, як процес гартування і відпуску проходить, твердість даної сталі сягає 65 HRC, теплостійкість зростає до 270 градусів. Використовують ці сталі при низьких температурах. [2]

Швидкорізальні інструментальні сталі (сталі класу HSS) мають велику кількість легуючих елементів – вольфрам, молібден, хром, ванадій, кобальт – підвищують твердість та стійкість сталі. В залежності від складу і технології його виготовлення, сталь має твердість 65 HRC, завдяки цьому під час ТО формується карбіди вольфраму, хрому та ванадію. Твердість даної сталі зберігається при температурі 620 градусів за Цельсією – це дозволяє оброблювати матеріал з великою швидкістю різання. Також збільшується стійкість інструменту в 12 разів. Такі сталі можна поділити на дві групи: нормальна та підвищена продуктивність. Вони мають специфіку властивостей – зносостійкість, вторинна твердість, червоностійкість, що беруть до уваги при виборі конкретного завдання в обробці матеріалу. [2]

При виготовленні черв'ячної фрези є ряд основних етапів, які мають вплив на якість та характеристики інструменту. Початковим етапом є штампування, під час якого матеріал піддається деформації для того, щоб утворити заготовку фрези. Потім заготовка проходить через ТО, яка підлаштовує деталь під оптимальну твердість та структуру. Після термічної обробки, в деталі зміцнюють поверхню, для того, щоб підняти міцність та стійкість на зношуванні. Останній етап – заточування – формують ріжучі кромки та правильна геометрія фрези.

Крім того, що існує вибір матеріалу, що підходить для виготовлення фрези та технологічного процесу, який буде оптимальним, ключовою роллю для того, щоб забезпечити ефективну та довготривалу роботу інструменту, відіграє зміцнення поверхні в деталі. Для того, щоб характеристики поверхні

були кращими, зросла стійкість до зносу та твердості деталі використовують методи: хімічне зміцнення, іонна імплантація та плазмове напилення.

Для покращення та зміцнення ріжучих властивостей фрези використовують два способи: заточка фрези і нанесення покриття на фрезу.

Заточка фрези – відновлююча операція різальних властивостей фрези, яка забезпечує спеціальні геометричні параметри. Дана операція не тільки піднімає стійкість фрези, а ще зменшує витрати на різальний інструмент. Заточка, що проводиться на регулярній основі допомагає уникати перевищення в зношенні, яке може призводити до недоліків в використанні і витрат на заміну. [3]

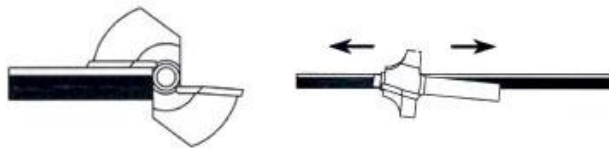


Рисунок 2.1. Схема заточки фрези [3]

Якщо використання фрези буде недбалим – кількість зносу, що перевищує норму, призведе до неефективної роботи фрези або гірше – до її поломки. Таким чином, щоб уникнути цього, потрібно на постійній основі контролювати стан ріжучих крамок та проводити вчасно заточку. [3]

Операція по заточки фрези виконується на універсальних заточувальних верстатах та на спеціальних заточувальних верстатах, які забезпечують якість поверхні на встановлених нормах, зберігаються задані геометричні параметри фрези та правильна геометрія ріжучої кромки. [3]

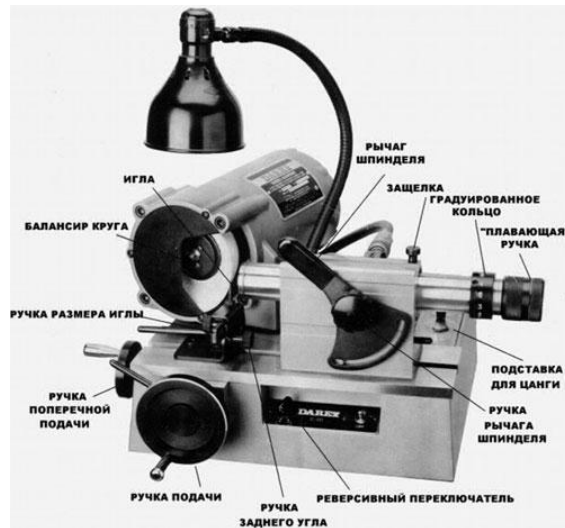


Рисунок 2.2. Спеціальний верстат для заточки фрези [3]

Метод іонного розпилення застосовують для підвищення стійкості деталі, нанесенням покриттів з карбідів, нітридів. Цей метод має велику різницю порівнюючи з вакуумним, тим що пар осадженого металу іонізується в плазмі тліючого розряду, який підтримується за допомогою сукупності між випарювальним приладом – анодом та підкладкою – катодом.

Проаналізувавши технології які допомагають при виготовленні фрези є певні недоліки, з якими можна зіткнутися. Такими проблемами можуть бути: недостатня міцність деталі, при якій вона може зламатися; низька зношуваність та стійкість; недостатня довготривалість інструмента.

Також існує ряд технологічних проблем: вплив на навколишнє середовище процесів на виробництві, ресурсний вміст або неефективність деяких окремих етапів.

Зростання новітніх сучасних вимог в виготовленні інструментів, ставлять виробникам нові завдання. Для того, щоб вдосконалити процес виготовлення черв'ячної фрези потрібно розвивати більше технологій, які будуть ефективними, при цьому враховуючи фактори, що мають вплив на екологію та створювати методи, щодо зміцнення поверхні в деталі.

ВИСНОВКИ

Огляд літератури включає в себе різнобічні аспекти досліджень у виготовлення деталі, а саме черв'ячної фрези. Починаючи з вибору матеріалу, який краще підходить для виготовлення фрези, закінчуючи технологічним процесам, які допомагають зміцнити поверхню деталі.

Підвищення характеристик в експлуатації інструменту, забезпечується завдяки сучасним технологіям зміцнення, такими як хімічне зміцнення, іонна імплантація та плазмове напилення. Крім того, необхідною операцією є регулярне заточування фрези, що підтримує різальні властивості і зменшує витрати на інструмент.

Для підвищення ефективності і довговічності деталі потрібно раціонально використовувати матеріали та запроваджувати новітні технології, враховуючи екологічні властивості виробництва.

РОЗДІЛ 3

ВИБІР МАТЕРІАЛУ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Характеристика досліджуваного матеріалу

Найбільш поширеною сталлю в виготовленні черв'ячної фрези є сталь марки Р6М5К5.

Р6М5К5 є інструментальною швидкорізальною сталлю.

Вид поставки: стільниковий прокат, зокрема фасонний: ГОСТ 1133-71; ГОСТ 2590-2006; ГОСТ 2591-2006; ГОСТ 1051-73; ГОСТ 14955-77; ГОСТ 19265-73; ГОСТ 7417-75. [4]

Калібрований пруток ГОСТ 19265-73, ГОСТ 7417-75. Шліфований пруток та сріблянка ГОСТ 19265-73, ГОСТ 14955-77. Смуга ГОСТ 19265-73, ГОСТ 4405-75. Поковки та ковані заготівля ГОСТ 19265-73, ГОСТ 1133-71. [4]

Таблиця 3.1.

Загальна характеристика сталі [4]

Марка:	Р6М5К5
Класифікація:	Сталь інструментальна швидкорізальна
Доповнення:	Сталь має підвищену схильність до безвуглеводнення, гарну в'язкість, підвищений опір зношування, гарне шліфування.
Застосування:	для чорнового та напівчистого інструменту при обробці покращених легованих та нержавіючих сталей в умовах підвищеного розігріву ріжучої кромки.

Таблиця 3.2.

Хімічний склад у % матеріалу Р6М5К5 [4, 5]

C	Si	Mn	Cr	Mo	W	V	Co
0.86 – 0.94	0.2 – 0.5	0.2 – 0.5	3.8 – 4.3	4.8 – 5.3	5.7 – 6.7	1.7 – 2.1	4.7 – 5.2

Температура критичних точок матеріалу Р6М5К5 [4]

$$A_{c1} = 840, \quad A_{c3} (A_{c_m}) = 875, \quad A_{r3} (A_{r_m}) = 805, \quad A_{r1} = 765$$

Таблиця 3.3.

Механічні властивості після підпалу [4, 5]

$t, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	КСУ, Дж/м ²	НВ
200	500	870	10	11	-	258
400	470	770	12	11	-	240
600	330	330	28	48	-	165
800	130	130	55	60	-	38
1000	110	110	57	50	140	26
1100	-	-	-	-	170	-
1200	40	40	8	15	75	5

Таблиця 3.4.

Властивості за стандартом ГОСТ 19265-73 [5]

Стан	Твердість, НВ (HRC)	Діаметр відбитка, мм
Після відпалу	< 269	> 3,7
За вимогою	< 255	> 3,8
Після гарту з відпусткою	> (64)	---

Таблиця 3.5.

Механічні властивості у термообробленому стані [5]

$t, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{\text{изг}}$, МПа	НВ	HRC _E
200	3820	833	64
400	3980	769	62
500	3040	726	61
550	2980	686	59
600	2790	626	57
650	2500	528	52

Таблиця 3.6.

Механічні властивості залежно від температури відпуску [5]

t відпуску, °C	HRC _E
Загартування при 1280 ° C, масло. Трикратна відпустка по 1 годині	
500	67
540	68
580	67
620	63
660	57

Таблиця 3.7.

Фізичні властивості матеріалу P6M5K5 [4, 5]

T	E 10 ⁻⁵	α 10 ⁶	λ	ρ	C	R 10 ⁹
Град	МПа	1/Град	Вт/(м·град)	кг/м ³	Дж/(кг·град)	Ом·м
20	2.2			8200		458
100			27			
200			28			
300			29			
400			30			
500			32			
600			36			
700			34			
800						
900			29			
T	E 10 ⁻⁵	α 10 ⁶	λ	ρ	C	R 10 ⁹

Таблиця 3.8.

Технологічні властивості матеріалу P6M5K5 [5]

Термообробка	Стан постачання
Температура кування	Початок 1160, кінець 850С. Охолодження в колодязі при 750-780 °С.
Твердість матеріалу	HВ 10 ⁻¹ = 269 МПа
Температура критичних точок	Ac ₁ = 840 , Ac ₃ (Ac _m) = 875 , Ar ₃ (Ar _{c_m}) = 805 , Ar ₁ = 765

3.2 Опис впливу легуючих елементів на властивості

При збільшенні кількості *вуглецю* (C) в структурі сталі збільшується і вміст цементиту при цьому, в цей момент зменшується частка фериту. З цього виникає зниження деформаційної дії без уникнення тріщин та збільшення твердості і міцності. Але якщо вміст вуглецю досягне певного рівня, почне зменшуватися його міцність, через те що буде утворюватися великі частини цементиту, що також знизить пластичність даного матеріалу. Більш того, велика кількість C зменшує ударну в'язкість і підвищує його холодноламкість. [6]

Додавання *кремнію* (Si) під час розкислення сталі допомагає прибрати шкідливі домішки і поліпшити властивості матеріалу. Кремній перероблюється в фериті і цементиті, що покращує міцність, зокрема у виробках, які піддалися гарячій обробці. Структурно Si невидимий, бо він повністю розщеплюється, але деякі його частинки можуть виднітися у вигляді силікатів в металі. [6]

Частина γ – фази, в яку входить хром, розширюється завдяки *марганцю* (Mn). При цьому він утворює твердий розчин під час розплавлення, який зміцнює внутрішній кристалічний зв'язок. Проте вплив Mn не діє на сталі, що є жароміцними, бо в них спостерігається замала температура рекристалізації. Однак є і самий цінний вплив марганцю – при низьких температурах, завдяки яким він збільшує межу плинності і міцності. [6]

Дивлячись з іншого боку, Mn спричиняє теплову крихкість в сталі, що робить його не легуючим на високих температурах. Але також він має ефективний розкислювач, утворення якого з сіркою спричиняє легко-видаляючі сполуки, які є десульфурізаторними. Марганець є нестійким для утворення окалини на поверхні сталі. [6]

В інструментальних сталях, кількість *хрому* (Cr) лежить в діапазоні між 0.5 відсотків до 25 відсотків. Навіть при низькій концентрації він схильний до дендритної ліквідації, що викликає нерівноважні структурні складові.

Хромисті карбіди і їх межі концентраційні, прийнято визначати за класичною діаграмою станів. [6]

Хром позитивно впливає на деякі показники сталі. Якщо кількість Cr в твердих розчинах збільшується, то таким чином підвищується стійкість переохолодженого аустеніту та змінюється вид кривих зміцнень. [6]

При підвищенні стійкості до розчинення цементиту і деяких конкретних карбідів, сталі стають більш чутливими до перегрівання, тих що мають невеликий вміст вольфраму чи молібдену. [6]

Додавання *молібдену* (Mo), що має концентрацію від 0,15 відсотків до 0,45 відсотків, до хромових сталей збільшує прогартованість і зменшує холоднеламкісний поріг з -20 до 120 градусів. Мо також поліпшує міцності статичні та динамічні в сталях від утомленості. Він розчиняється у фериті при двадцяти градусах на 5 відсотків, а при 1450 градусів майже на 40 відсотків; в аустеніті на 4 відсотка. [6]

Молібден має вплив на феритні властивості сталі, збільшуючи його міцність та коерцитивну силу, зменшуючи магнітну індукцію і проникність, при цьому пластичність залишати незмінною. При утворенні впровадженої фази Mo_2C і сполуки карбіду Fe_3Mo_3C , Мо знижує схильність сталі до відпускнуї крихкості. [6]

Додатком до впливу молібдену на сталь є те, що він схильний до позбавлення вуглецю в сталі, збільшенню до червоностійкості та температури при якій підвищується ріст зерна аустеніту, зменшенню до відпускнуї крихкості II роду. [6]

Відпускную крихкістю II роду називають явище, що має проявлення після відпуску тільки при помірному охолодженні, температура якої сягає більше 500 градусів Цельсія. Ця крихкість зумовлюється тим, що при швидкісному охолодженні – в'язкість сталі зростає, при цьому підвищуючи температуру відпуску. Проте, виникнення крихкості II роду може бути після того, як новий високий відпуск сповільнює охолодження. Більшість властивостей механічних не будуть залежати від швидкості даного

оохолодження після відпуску. Слід зазначити, що до крихкості вразливі не всі види сталі, а ще таке явище не спостерігається у сталях з вмістом вуглецю. [6]

Леговані сталі з елементами, що утворені карбідами, такими як Cr та Mn, схильні до відпускної крихкості, якщо концентрація не менше ніж 0,001 відсоток. Більш чутливою сталлю до умов оохолодження при відпуску вважається те, що в ній міститься хром поєднаний з нікелем або з високою кількістю марганця. В певній мірі молібден і вольфрам роблять сталь менш чутливою, в той час як марганець і фосфор її навпаки підсилюють. [6]

При дослідженні легованої сталі, виявили те, що після того як її швидко оохолодити при температурі 600 градусів за Цельсієм і при подальшому нагріві температурою 510 градусів, в сталі розвивається явище, як крихкість, яке виникає в незалежності від швидкості оохолодження. Таким чином, утворюються процеси, що називаються дифузійними, які при температурі не більше 600 градусів утворюють так зване окрихчування.

Природою відпускної крихкості II роду є те, що під час процесу відпуску металу – відпускна термічна обробка, що знижує жорсткість механічно – розвивається крихкість, яка має проявлятися при утворенні надлишкових фаз в межах зерна. Металографічні дослідження доводять, що даний процес відбувається через виділення фаз з великою кількістю фосфору між зернами, які проявляються за допомогою травлення пікринової кислоти (рис. 3.1 а). Цей ефект також можна помітити у в'язкому стані сталі, але в ньому не виявлено конкретних меж між зерном (рис. 3.1 б) [6]

Коли метал піддається високому відпуску, в межах зерна швидко утворюється карбіди, а також відбувається насичення фази марганцем, хромом і ще багато якими іншими елементами, що призводить до цього процесу. Дане явище сприяє до збіднення примежових шарів зерна елементами карбиду. [6]

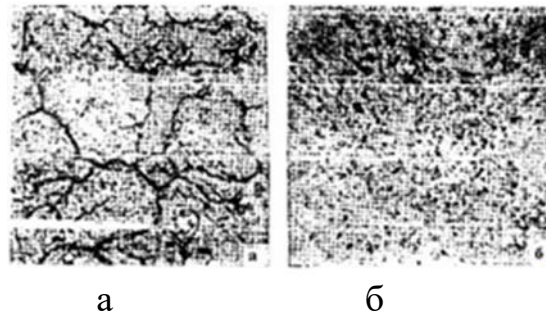


Рисунок 3.1. Мікроскопічна структура хромово-нікелевої сталі після відпуску 550 градусів. X500: а) охолодження, що діє в повільному темпі – крихкий стан; б) охолодження, що діє швидко – в'язкий стан [6]

Під час повільного охолодження чи витримки при температурі приблизно 510 градусів за Цельсієм, йде збагачення шарів фосфором. Фосфор збагачений дифузійним перерозподілом в напрямі ділянки, які збідненні карбідним утворенням в елементах, цей процес називається висхідною дифузією. Таким чином, це все послаблює міцність між зернових зчеплень, і це в підсумку призводить до крихкості метала. [6]

Під час нового відпуску з охолодженням, яке буде швидким, відбувається виправлення крихкості, оскільки нерівномірний розподіл фосфора в зерні, який сягає не менше 600 градусів не має можливості на збереження та фосфорна концентрація стає рівномірною. При швидкісному охолодженні фосфору не вистачає часу для перерозподілу, таким чином збагачуються межі зерна знову.

Молібден у невеликій кількості домішок $\approx 0,5\%$, сприяє виправленню відпускнуї крихкості II роду, бо Мо не бере активної участі при формуванні карбідів та він не має можливості збіднити ділянки, що є примежові, це покращує механічні властивості метала. [6]

Вміст молібдену в сталі знижує різницю при дифузійному русі атомів між зерном та в його об'ємі. Цей процес допомагає уникнути неодноріднень, які були спричинені іншими елементами, що утворюються. Також Мо усуває шкідливий вплив фосфора.

Якщо вміст молібдену буде вище, ніж його норма, то це призводить до виникнення карбїду, який в свою чергу має вплив на збїднення меж зерен молібденом під час відпуску та на збагачення його фосфором при охолодженні. Це призводить до відпускнуї крихкості, яка буде згодом розвиватися. [6]

Для того, щоб уникнути крихкості, потрібно уникати температурного інтервалу відпускнуї крихкості I роду, що сягає приблизно 350 градусів за Цельсієм. Сталі, що схильні до крихкості II роду потрібно як можна швидше охолодити після відпуску. У випадку, коли не має такої можливості, прикладом цього, можуть бути деталі великих розмірів, необхідно застосувати леговані сталі збагачені на молібден, що сповільнить розвиток окричування.

В першу чергу, при застосуванні чистих сталей з низьким вмістом фосфора, впровадженими домішками, такими як кисень, азот, водень та кольоровими металами, вважаються найефективнішим способом, ніж допоміжне легування молібденом чи вольфрамом, для того, щоб уникнути схильності до II роду крихкості. [6]

Вольфрам (W), вважається головним в легуючих елементах швидкорізальних сталях. Він сягає від 5.5 до 19.5 відсотків маси в сталі. Взаємодія вольфрама з вуглецем в процесі легування утворює карбїди вольфраму. Це призводить до значного зросту твердості, термічної стійкості і стійкості зношування в сталях.

Ванадій (V) має обмеження у сплаві заліза в області існування γ -фази, яке спричиняє до її зникнення при певній кількості. Даний елемент зсуває евтектоїдну концентрацію вуглецю в сторону підвищення та підвищує дисперсність карбїдів. [6]

Завдяки ванадію поліпшується стійкість переохолодженого аустеніту і зменшується чутливість сталі до перегрівання. V має вплив на кінетичні перетворення між фазами та змінює параметри температури деяких перетворень в сплаві.

Додавання жаростійкості і покращення механічних властивостей відбувається при легуванні сталі *кобальта* (Co) – це робить його ідеальним при виготовленні інструментів, такі як різці, свердла. Використовується кобальт в сплавах для постійних магнітів, в якому вміст кобальту становить не більше 50 відсотків, при цьому з додаванням ванадія або хрому. Такі магніти використовують в пристроях записуючих, в компонентах електромотора і в трансформаторах. Кобальт також є ефективним каталізатором. Вміст кобальту в сталі покращує її стійкість до зношування та теплопровідність. [6]

3.3 Методи дослідження

3.3.1 Металографічне дослідження

Метод дослідження і контроль металевих матеріалів, які вивчають закономірність утворення їх структури, називають *металографією*. До неї входить аналізи макроструктури – видно неозброєним оком або за світловим мікроскопом, та мікроструктури – дослідження проводиться за допомогою мікроскопів світлового і електронного. Основною метою металографії є встановлення зв'язків між металевою структурою і його магнітними, електричними, тепловими, механічними, також іншими фізичними властивостями, які дозволяють зрозуміти явища, що відбуваються в матеріалі при його використанні та його обробці. [7]

Мета таких досліджень базується на тому, щоб встановити зв'язки між характеристиками якісними і кількісними структурами та їх властивостями металевих матеріалів. Для цього використовують 2 методи – макроскопічний та мікроскопічний аналізи. [7]

Мікроаналіз – це метод, що досліджує внутрішню будову металу і сплаву. Вони застосовуються в наукових дослідженнях та в промисловості. Цей метод полягає в тому, щоб дослідити зерна кристалічні та їх взаємодію.

А макроаналіз, в першу чергу, спрямовано на те, щоб вивчити загальну форму і розмір цих зерен. Цей метод досліджується під впливом таких факторів: термічна та хімічна обробка, обробка під тиском, зварювання. [8]

Для того, щоб дослідити мікроскопічну структуру матеріалу використовують металографічний мікроскоп. Порівнюючи його зі звичайним біологічним мікроскопом (застосовують для об'єктів, що є прозорими через світло), використання цього мікроскопа діє з непрозорими матеріалам, які відбиваються у світлі. [8]



Рисунок 3.2 Металографічний мікроскоп SX40M [9]

3.3.2 Випробування на твердість

Суттєвий вплив на тривалість роботи деталі має твердість металу. Деталь з високою твердістю здатні зберігати свої експлуатаційні характеристики довше і менше зношуватись під час роботи.

Для цього використовують такі методи: метод Брінеля (вимірює глибину під тиском сталеві кульки на поверхню матеріалу), метод Роквелла (тиск алмазного конусу на поверхню) та метод Віккерса (тиск алмазної піраміди на матеріал).

Вважається, що метод Роквелла є найпоширенішим методом, серед усіх методів випробування на твердість.

Даний метод полягає в тому, щоб визначати скільки буде глибина проникнення алмазного конуса, кут якого сягає 120 градусів під тиском.

Зусилля на конус додають має послідовну дію. Першою дією є сила F_0 , яка дорівнює 10кгс, після неї йде F_1 . Сума всіх сил дорівнює загальній силі F . [10]

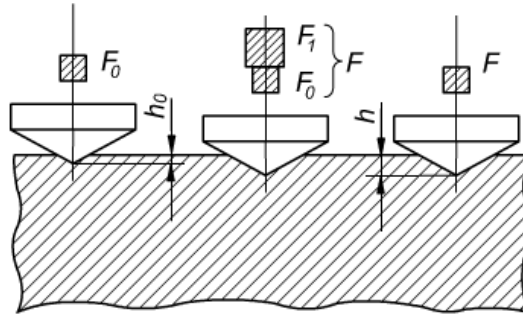


Рисунок 3.3 Вимірювання твердості за Роквеллом [10]

Для визначення твердості матеріалу з різними умовами навантаження та типу наконечника алмазного конуса або сталеві кулі, використовуються шкали твердості: [10]

Шкала А. Наконечник конуса, що має загальне зусилля в 588 Ньютон, використовують для сплавів надтвердих, металів твердо-листових, дифузійно-тонких поверхневих шарів і покриттів. Межа даної шкали вимірюється від 20-80 одиниць. [10]

Шкала В. Наконечник кулі, який сягає в 981 Ньютон, застосовують для сталей, що раніше не піддавались ТО та для кольорових сплавів. Межею є 20-100 одиниць. [10]

Шкала С. Наконечник конуса, що має зусилля в 1471 Ньютон, випробовує сталь після того, як проводилась ТО. Межа її сягає від 20 до 70 одиниць. [10]

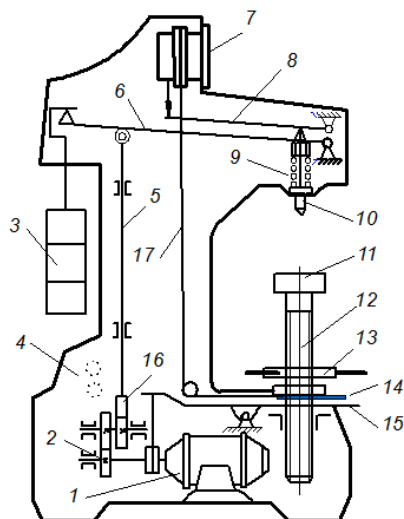


Рисунок 3.4 Прилад ТК-2М за методом Роквелла [11]

Твердомір складається з: 1 – електродвигун, 2 – черв’ячний редуктор, 3 – постійний вантаж, 4 – вмикач, встановлений на корпусі, 5 – шток, 6 – вантажний важіль, 7 – індикатор, 8 – важіль, 9 – пружина, 10 – індентор з кулькою або алмазним конусом, 11 – підйомний столик, 12 – гвинт, 13 – маховик, 14 – маховик установки індикатора на 0, 15 – клавiша, 16 – кулачковий блок, 17 – тросик [11]

ВИСНОВКИ

Перед вибором сталі для інструментів потрібно враховувати особливості конкретної технологічної обробки, тип матеріалу, вимоги щодо якості цієї обробки, зносостійкість та міцність матеріалу.

Провівши аналіз умов роботи деталі – черв'ячна фреза, була запропонована сталь Р6М5К5. Вона відповідає всім вимогам для виготовлення фрези.

Сталь Р6М5К5 є швидкорізальною, має високу твердість, за допомогою чого витримуються великі навантаження. Також сталь має високу зносостійкість, завдяки чому ефективна для тривалої роботи без втрати якості різання. Р6М5К5 піддається термічній обробці для того, щоб досягнути оптимальних механічних властивостей і стійкості до зношування. Використовується сталь для різання металевих матеріалів, такі як сталь, алюміній.

Було розглянуто методи дослідження деталі – металографічні дослідження (макроскопічні та мікроскопічні аналізи) та метод випробування на твердість (метод Бринеля, Роквелла та Віккерса)

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБЛЕННЯ МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Процес виготовлення черв'ячної фрези є процесом сучасним та технологічно складним, вимогами якого повинно бути застосування високоточного обладнання. Процес базується на ЧПК – технологіях, що дозволяють в точності керувати рухом оброблювального інструменту. ТО відіграє важливу роль при формуванні механічних властивостей – твердість і стійкість до зношування.

Технологічний процес.

В технологічний процес при виготовленні черв'ячної фрези входять декілька основних етапів. Для початку – це заготівельна операція, в якому формується сировинний матеріал для фрези. Потім йде кування, що включає в себе нагрів і подальше формування заготовки для отримання потрібної структури.

Ізотермічний відпал слугує наступним важливим етапом. Він спрямований на зміну властивостей матеріалу, для того, щоб підготувати структуру для механічної обробки. Після цього процесу відбувається механічна обробка, яка включає в себе фрезерування та виготовлення гвинтової різьби, яка є основною операцією при створенні фрези.

Процес гартування додає до матеріала твердості та стійкості до зношування. Потім йде відпуск, щоб зменшити внутрішні напруження і забезпечити оптимальну міцність і твердість. Останній важливий етап – це контроль якості, забезпечуючи відповідність параметрів фрези з його вимогами. Він включає в себе перевірку на твердість, відсутність тріщин та волосовин.

Таблиця 4.1.

Маршрутна технологія виготовлення фрези

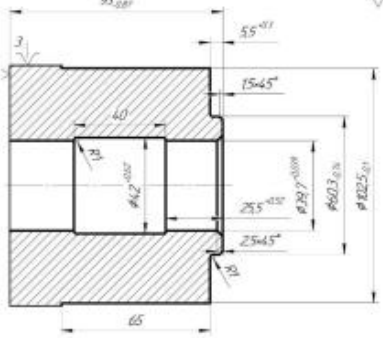
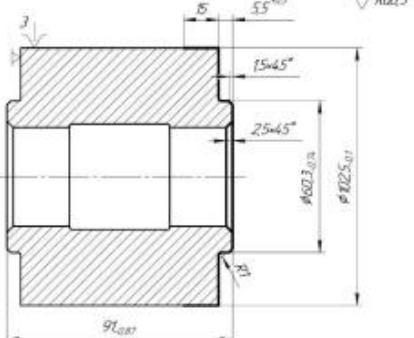
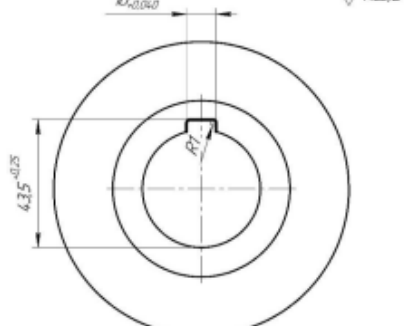
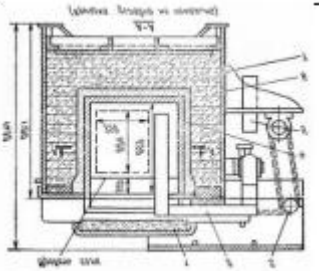
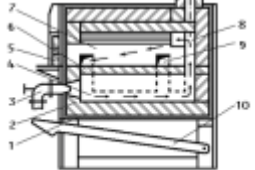
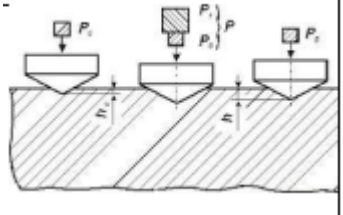
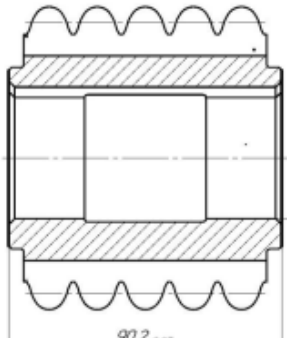
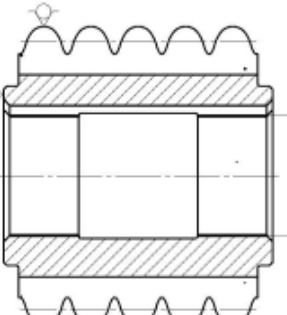
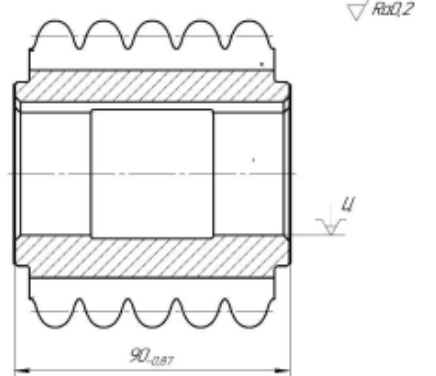
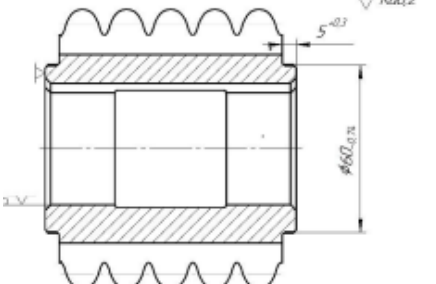
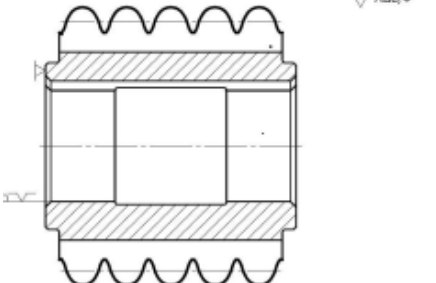
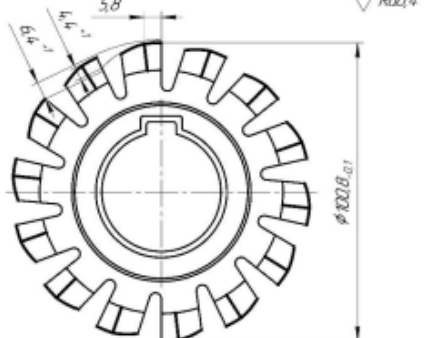
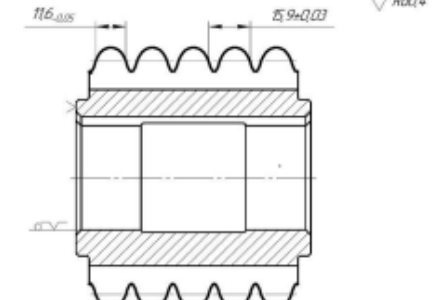
№ операції, назва операції	Зміст операції	Верстат та пристосування	Технологічний ескіз
1. Контрольна	Контроль заготовки, марки матеріалу та розміри		
2. Кування	Штампування прокату до потрібної форми	Пароповітряний молот	
3. Попередня термічна обробка	Ізотермічний відпал	Шахтна піч СШЗ, температура якого становить 860° , охолодження на повітрі 730°	
4. Токарна з ЧПК	Установка та закріплення заготовки. Підрізання торця на довжини 93 і 93,5 міліметрів. Точення буртика діаметром 60,6 на довжину 5,5 міліметрів. Точення поверхні діаметром 102,8 до діаметра 102,5 на довжину 65 мм та буртик діаметром 60,6 до 60,3 з радіусом 1 на	Токарний верстат FBL – 300L. Трьохкулачковий патрон за ГОСТ 2675-63	

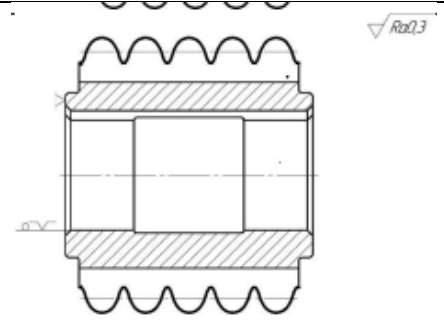
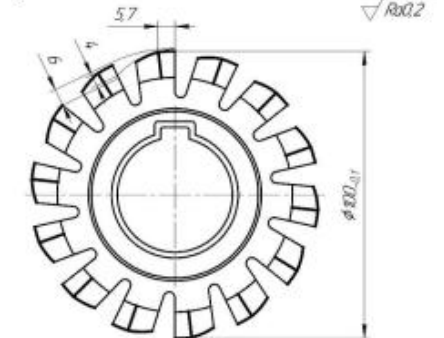
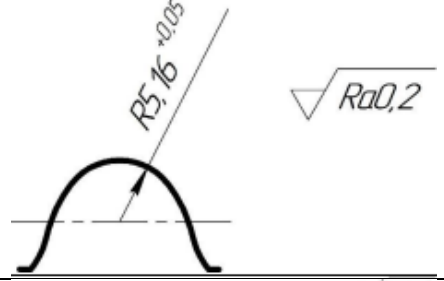
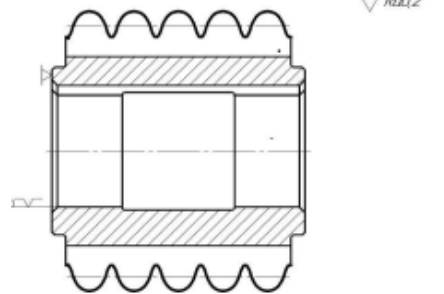
Рис. 3.1 Шахтна піч СШЗ

	<p>довжину 5,5 міліметрів з фаскою 1.5x45 градусів. Просвердлити отвір діаметра 30 мм наскрізь. Розсвердлити отвір діаметром 30 до 38 мм наскрізь. Розточити отвір 38 мм до 39,7 мм наскрізь. При цьому додати фаску 2,5x45 градусів. Розточити виїмку діаметром 42 з радіусом 1</p>		
<p>5. Токарна з ЧПК</p>	<p>Установка та закріплення заготовки. Підрізання торця до довжин 91 та 91,5 міліметрів. Точення поверхні діаметром 105 до 102,5 мм на довжину 15 міліметрів. Начисто проточити буртик діаметром 60,6 до 60,3 мм з радіусом 1 на довжину 5,5 мм. Точення фаски розміром 2,5 на 45 градусів.</p>	<p>Токарний з ЧПК FBL – 300L. Трьохкулачковий патрон за ГОСТ 2675-63</p>	
<p>6. Протягування</p>	<p>Установка та закріплення заготовки. Протягування шпонкової пази витримавши розмір</p>	<p>Протяжно-горизонтальний верстат 7523. Пристосування для протягування пазів. Адаптер</p>	

7. Шліцьове фрезерування	Установка та закріплення оправки з заготовкою. Фрезерування профіля витримавши розміри	Шліце-фрезерний ZFWVG – 25	
8. Фрезерування	Установка та закріплення оправки з заготовкою, піджати центром. Фрезерування стружкової канавки витримавши глибину, радіуса і кута нахилу.	Фрезерний 6Т82. Ділильна головка УДГ – Д250	
9. Токарне затилювання	Установка та закріплення оправки з заготовкою. Затилювання по зовнішньому діаметрі витримавши розміри.	Токарно-затилювальний УНДА – 10	
10. Токарне затилювання	Установка та закріплення оправки з заготовкою. Затилювання профілю зубців з пропуском під шліфування.	Токарно-затилювальний УНДА – 10	
11. Фрезерування	Установка і закріплення оправки з заготовкою. Фрезерування неповних витків в розмірах.	Вертикально-фрезерний 6М13ПА	

12. Термічна обробка	Гартування	Соляні ванни СВС, баки з мастилом 1230°	 <p>Рис. 3.2 Соляна ванна СВС</p>
	Трикратний відпуск	Шахтна піч СШО, на повітрі 560°	 <p>Рис. 3.3 шахтна піч СШО</p>
13. Контрольна	Контроль якості	Твердомір, метод Роквелла	 <p>Рис. 3.4 Схема використання методу Роквелла [12]</p>
14. Кругле шліфування	Установка і закріплення оправки з заготовкою. Шліфування торців витримавши розмір L.	Шліфувальний 3U12AF11	
15. Внутрішнє шліфування	Установка і закріплення оправки з заготовкою. Шліфування отвору в розмір.	Внутрішньо-шліфувальний 3212А. Пристосування для шліфування – планшайба	

16. Кругле шліфування	Установка і закріплення оправки з заготовкою. Шліфування торців витримавши розмір.	Шліфувальний 3U12AF11	
17. Кругле шліфування	Установка і закріплення оправки з заготовкою. Шліфування буртиків витримавши розміри.	Шліфувальний 3U12AF11	
18. Заточування	Установка і закріплення оправки з заготовкою. Заточення передньої поверхні попередньо.	Заточний для черв'ячних фрез В3-531 Ф-4-04	
19. Шліфування затилювання	Установка і закріплення оправки з заготовкою. Затилювання по зовнішньому діаметру витримавши розміри.	Шліфувально-затилювальний UNDA – 20. Пристосування для правки круга	
20. Шліфування затилювання	Установка і закріплення оправки з заготовкою. Шліфування профіля зубців попередньо витримавши розміри.	Шліфувально-затилювальний UNDA – 20. Пристосування для правки круга	

21. Шліфування затилювання	Установка і закріплення оправки з заготовкою. Шліфування профіля зубів остаточно витримавши розмір.	Шліфувально-затилювальний UHDA – 20. Пристосування для правки круга	
22. Шліфування затилювання	Установка і закріплення оправки з заготовкою. Затилювання по зовнішньому діаметру витримавши розмір.	Шліфувально-затилювальний UHDA – 20. Пристосування для правки круга	
23. Шліфування затилювання	Установка і закріплення оправки з заготовкою. Шліфування радіуса.	Шліфувально-затилювальний UHDA – 20. Пристосування для правки круга	
24. Заточування	Установка і закріплення оправки з заготовкою. Заточення остаточно по передній поверхні.	Заточний для черв'ячних фрез ВЗ-531 Ф-4-04	
25. Маркування	Промаркувати та проконтролювати	Лазерний маркувальний комплекс D Mark 0.6RL	
26. Слюсарна	Установка і закріплення оправки з заготовкою. Установка пристосування на супорт верстату. Зачищення заусенцій.	Шліфувальний-затилювальний UHDA – 20. Пристосування для зачистки заусенцій	
27. Контрольна	Установка і закріплення оправки з заготовкою. Контролювання параметрів черв'ячної фрези.	Шліфувальний-затилювальний UHDA – 20	

ВИСНОВКИ

При розробці технологічного процесу в виготовлення деталі черв'ячної фрези важливо враховувати усі вимоги до цієї деталі. Розробку креслення необхідно робити з урахуванням технічних умов, при цьому досягти мінімальних затрат і невисокої собівартості.

Маршрутна технологія виготовлення включає в себе послідовність технологічних операцій, починаючи від початкових етапів до кінцевих. Всі операції повинні бути чітко визначені та включати в себе обладнання, що буде використано і методи обробки.

Систематична та логічна в послідовності дії маршрутна технологія дозволяє економічно та ефективно виготовити деталь з урахуванням всіх технічних вимог і стандартів якості.

РОЗДІЛ 5

РОЗРАХУНКОВО – ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Термічна обробка сталі

Для того, щоб обрати оптимальний технологічний процес ТО фрези черв'ячної, яка виготовлена зі сталі Р6М5К5 потрібно проаналізувати запропоновані методи. Даний аналіз допоможе визначити кращі параметри термічної обробки для бажаного результату.

Ізотермічний відпал – метод нагрівання деталей до високих температур, а потім повільно охолоджує повітрям. Цей метод забезпечує зніманню внутрішньої напруги та структура матеріалу буде рівномірною. Але даний метод має як переваги, так і недоліки – можливі зміни в механічних властивостях матеріала.

Повне гартування – метод, який спрямовано на нагрів деталі до високої температури, після якого йде різке охолодження в спеціальних середовищах, таких як сольові ванни. Цей метод збільшує твердість та стійкість матеріалу. Недолік – зростає можливість окрихчення матеріала.

Низькотемпературний відпуск – метод нагрівання деталей до відносно низьких температур і охолоджує на повітрі. Метод забезпечує зниження напруги та покращує в'язкість матеріалу. Недоліками можуть бути неефективне збільшення твердості.

Аналіз цих методів показав всі переваги та недоліки, тому слід визначити, які характеристики сталі Р6М5К5 треба покращити для того, щоб досягти результатів.

Завдяки місць в ТП термічна обробка поділяється на попередню та остаточну обробку

5.1.1 Попередня ТО

Після кування деталі перед тим, як провести механічну обробку, потрібно провести ізотермічний відпал, який забезпечить необхідний

комплекс фізико-механічних властивостей. Ізотермічний відпал полягає в тому, щоб сталі нагріти вище заданої критичної точки, температура якої сягає 860-880 градусів. При такій температурі витримка буде дві години та повільне охолодження разом з піччю температура якої сягає до 600 градусів, після цього проходить охолодження повітрям до кімнатної температури.

Процес ізотермічного відпалу забезпечує формування дрібного зернистого перліту, що в свою чергу покращує обробку за допомогою різання сталі.



Рисунок 5.1. Структура сталі Р6М5К5 після кування та відпалу

5.1.2 Остаточна ТО сталі

Гартування. Важливим етапом в процесі ТО є попередній підігрів. Завдяки тому, що тепловіддача має високий коефіцієнт, це призводить до дуже швидкого нагрівання в розплавлених солях. Нагрів інструменту проводиться поступово, для того щоб забезпечити рівномірний прогрів всього перетину, зменшити напругу внутрішню та уникнути деформації та знизити ризик в утворенні тріщин. Для цього використовують різні складові в середовищі. Визначення кількості ступенів підігріву та їх температур залежить від хімічного складу в сталі та розмірів самої деталі.

Здійснення першого етапу підігріву відбувається за температурою 600-620 градусів в соляній ванні, хімічний склад якої 100% NaNO_3 .

Другий етап підігріву відбувається при температурі 800-820 градусів в соляній ванні, хімічний склад якої 20-25% NaCN + 20-50% NaCl + 25-50% Na_2NO_3 .

Остаточний етап нагрівання відбувається при температурі 1220-1230 градусів за Цельсієм в соляній ванні, хімічний склад якої 100% BaCl_2 .

Різниця в часі витримок підігріву сягає:

- перший підігрів відбувається за 10 хвилин часу;
- другий підігрів відбувається за 20 хвилин часу;
- остаточний нагрів відбувається за 30 хвилин.

Охолодження при гартуванні відбувається для того, щоб зберегти високу концентрацію вмісту вуглецю та легуючих елементів в розчині. Дане охолодження проходить в баку з маслом, а після цього охолодження повітрям.

При застосуванні в гартуванні розплавленої солі виділяють багато переваг нагрівання в рідкому середовищі, ніж в печах. В рідкому середовищі забезпечується з усіх боків однакова інтенсивність нагрівання, отримується однорідна структура та властивості сталі, знижується величина гартувальної деформації, захищає інструмент, який нагрівається від впливу кисню, можливе здійснення місцевого нагріву при потрібній довжині, при цьому отримується задана висока твердість, яка зберігає низьку твердість на інших ділянках.



Рисунок 5.2. Сталь Р6М5К5 після гартування

Відпуск. Використання відпуску допомагає отримати вторинну високу твердість та зняти гартівну напругу для того, щоб в підсумку підвищити міцність і перетворити аустеніт, який залишився.

Відпуск для сталі Р6М5К5 краще повторити два – три рази, для того, щоб аустеніт краще перетворився без залишку. В перший етап відпуску аустеніт перетворюється більше, але не повністю. Тому для кращого результату відпуск проводять багаторазово, таким чином він покращує опір пластичних деформацій, зникає напруга, яка створюється при загартуванні та перетворенні аустеніта в мартенсит.

Сталь Р6М5К5 потребує трьох кратного відпуску, температура якого буде 550 градусів за Цельсієм. Кожний відпуск потрібно провести за одну годину.

Аустеніт, який залишається частково зменшує твердість і викликає внутрішню напругу. Це явище відбувається завдяки тому, що аустеніт і мартенсит займають різну площу в просторі. Р6М5К5 має підвищену в'язкість.

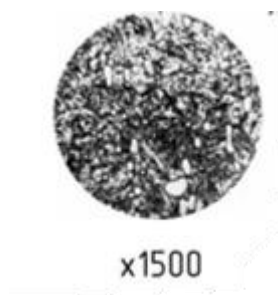


Рисунок 5.3. Структура сталі Р6М5К5 після 3-разового відпуску

Графік термічної обробки сталі Р6М5К5 знаходиться в додатку Б.

5.2 Вибір необхідного обладнання та розрахунок його кількості

Розрахунок річної виробничої програми термічної ділянки.

Фреза: вага одиниці – 3 кг

Розрахунок кількості одиниць на рік:

$$\Pi_i = N \cdot n_i \cdot \left(1 + \frac{3_i}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{\delta_i^m + \delta_i^n + K_i^p}{100}\right) \quad (5.1)$$

де:

N – кількість деталей тих, що випускаються за рік, 100 000 шт;

n_i – кількість деталей i -го найменування на одну машину, 1;

3_i – кількість запасних частин деталей i -го найменування, 5%;

δ_i^m – відсоток запасних деталей i -го найменування при термічній обробці, 2%;

δ_i^n – відсоток бракованих деталей i -го найменування при термічній обробці, 1%;

K_i^p – відсоток деталей i -го найменування, які схильні до руйнівних методів контролю, 0%.

$$\Pi_i = 108\,150 \text{ одиниць/рік.}$$

Розрахунок кількості кг на рік:

$$\Pi_i = N \cdot n_i \cdot g_i \cdot \left(1 + \frac{3_i}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{\delta_i^m + \delta_i^n + K_i^p}{100}\right)$$

де g_i – вага однієї деталі i -го найменування.

$$\Pi_i = 324\,450 \text{ кг/рік.}$$

Приймаємо 325 т/рік.

Визначення ефективності річного фонду часу праці устаткування.

Номінальний фонд часу роботи обладнання становить:

$$\Phi_n = (365 - B - C)_{3\tau}, \quad (5.2)$$

де B – річна кількість вихідних днів;

C – кількість святкових днів, що не збігаються з вихідними;

z – кількість змін за добу;

τ – тривалість однієї зміни.

Для виконання заданої річної програми (325 тон деталей) обладнанню потрібно працювати в дві зміни.

Підставляючи данні у формулу, маємо, що номінальний фонд часу роботи обладнання складає:

$$\Phi = (365 - 98 - 8) * 2 * 8 = 4\ 144 \text{ годин}$$

Ефективний річний фонд часу роботи обладнання за умови роботи з перервами визначають так:

$$\Phi_D^0 = \Phi_n \left(1 - \frac{П + P}{100} \right), \quad (5.3)$$

де: $П$ – витрати часу на переналагодження обладнання, 2%;

P – витрати часу на ремонт обладнання, 4%

$$\Phi_e = 4\ 144 * (1 - 0,06) = 3\ 895 \text{ годин}$$

Вибір і розрахунок необхідної кількості основного устаткування.

При виборі устаткування необхідно орієнтуватися на найсучасніше, високопродуктивне, механізоване устаткування, застосовувати потокові лінії з розстановкою устаткування в послідовності операцій технологічного процесу. Звертати увагу на спосіб переміщення виробів в процесі їх нагріву і охолодження, а також на можливість механізованої передачі деталей на наступну технологічну операцію після закінчення попередньої. [13]

Характер устаткування і його конструкція визначаються в першу чергу типом виробництва номенклатурою і матеріалом виробів, технічними вимогами, що пред'являються до готової продукції, масою, розмірами і конфігурацією виробів, режимами термічної обробки і тому подібне. [13]

Важливе місце займає економічно обґрунтований вибір найефективнішого джерела теплової енергії. По джерелу отримання теплоти

печі підрозділяються на паливних (газові або мазутні) і електричних. Для паливних печей кращий вид палива - природний газ, коксівний і генераторний.

Вживання рідкого палива, наприклад, мазут, може бути виправдано лише за відсутності газового палива в районі експлуатації термічних печей. Робота печей на рідкому паливі характеризується нестабільністю температурного режиму, нерівномірністю нагріву, порівняно поганими санітарними умовами праці, несприятливими умовами для використання контрольованих атмосфер. З вирішенням проблеми повсюдного газопостачання споживання рідкого палива для потреб термічної обробки повинно звестися до мінімуму. Якнайкращим, хоч і найдорожчим видом палива є електроенергія. Основні переваги електричних печей: компактність, надійність і простота в експлуатації, високий ККД, висока точність регуляції температури, рівномірність нагріву, можливість розробки будь-якого теплового режиму як по всьому робочому простору печі, так і в окремих зонах, хороша стабільність і відтворюваність температурних режимів, можливість комплексної автоматизації і механізації процесів, хороші умови для вживання контрольованих атмосфер, можливість установки печей практично в будь-яких приміщеннях при дотриманні хороших санітарних умов праці. [14]

Устаткування вибирають при порівняльному аналізі двох-трьох варіантів устаткування, що вживається при обробці аналогічних виробів. При цьому вибране устаткування повинне бути компактным, легким і зручним при установці; займати мінімальні площі; при однаковій вартості переважне устаткування, яке має вищу продуктивність, простоту обслуговування, надійність в експлуатації; характеризується мінімальною витратою палива, допоміжних матеріалів, застосовувати контрольовані атмосфери, механізації і автоматизації [15].

На основі розробленого процесу і режиму термообробки для забезпечення виконання технологічного процесу вибираємо наступне обладнання:

- СНО-6.12.4/10
- СВС-3.5/7
- СВС-3.5/9
- СВС-3.5/13
- СШО-6.6/7

Характеристики даних печей наведено у таблиці 5.1

Таблиця 5.1.

Характеристики основного обладнання.

Тип обладнання	Розміри робочого простору, мм		Температура нагріву, °С	Продуктивність, кг/годину	Потужність, кВт
	ширина	висота			
СНО-6.12.4/10	600x1200x400		1000	100	60
СВС-3.5/7	300	500	750	100	20
СВС-3.5/9	300	500	900	100	50
СВС-3.5/13	300	500	1300	100	125
СШО-6.6/7	600	600	700	90	40

Необхідні кількість годин E_i для виконання даної програми для відповідно відповідної операції термообробки деталей i -го найменування складає:

$$E_i = \frac{P_i}{P_i}, \quad (5.4)$$

де P_i – річна програма термічної обробки виробів i -го найменування, кг, кількісно розрахована для даної операції;

P_i – продуктивність обраного обладнання для обробки деталей i -го найменування, кг/год.

Для СНО-6.12.4/10

$$(325000*5)/100 = 16\ 250 \text{ годин}$$

Для СВС-3.5/7

$$(325000*0.5)/100 = 1\ 625 \text{ годин}$$

Для СВС-3.5/9

$$(325000*0.5)/100 = 1\ 625 \text{ годин}$$

Для СВС-3.5/13

$$(325000*0.5)/100 = 1\ 625 \text{ годин}$$

Для СШО-6.6/7

$$(325000*3)/90 = 10\ 850 \text{ годин}$$

Розрахункова кількість одиниць обладнання K_p , потрібного для виконання заданої програми розраховуємо за формулою:

$$K_p = \frac{E_i}{\Phi_D^0}, \quad (5.5)$$

де Φ_D^0 – річний ефективний фонд часу роботи обладнання, год.

Для СНО-6.12.4/10

$$16\ 250 / 3895 = 4.2 \text{ приймаємо } 5 \text{ печей}$$

Для СВС-3.5/7

$$1\ 625 / 3895 = 0,42 \text{ приймаємо } 1 \text{ піч}$$

Для СВС-3.5/9

$$1\ 625 / 3895 = 0,42 \text{ приймаємо } 1 \text{ піч}$$

Для СВС-3.5/13

$$1\ 625 / 3895 = 0,42 \text{ приймаємо } 1 \text{ піч}$$

Для СШО-6.6/7

$$10\ 850 / 3895 = 2,8 \text{ приймаємо } 3 \text{ печі}$$

Для визначення кількості одиниць обладнання K_{np} розрахункову кількість K_p округлюють до найближчого цілого числа. Відношення $K_p/K_{п}$ називають коефіцієнтом завантаження обладнання η , яких характеризує ефективність його використання.

Для СНО-6.12.4/10 – η становить 0,84

Для СВС-3.5/7 – η становить 0,42

Для СВС-3.5/9 – η становить 0,42

Для СВС-3.5/13 – η становить 0,42

Для СШО-6.6/7 – η становить 0,93

Для забезпечення оптимальної роботи ділянки приймаємо наступну кількість обладнання:

Для СНО-6.12.4/10 приймаємо 3 печі (3 змінний режим)

Для СВС-3.5/7 приймаємо 1 піч (2 змінний режим)

Для СВС-3.5/9 приймаємо 1 піч (2 змінний режим)

Для СВС-3.5/13 приймаємо 1 піч (2 змінний режим)

Для СШО-6.6/7 приймаємо 2 печі (3 змінний режим)

Вибір і розрахунок необхідної кількості допоміжного обладнання.

Робота печей неможлива без цілого комплексу додаткових комплектуючих установок. До основних комплектуючих установок, що безпосередньо забезпечують проведення технологічного процесу термічного зміцнення, відносяться:

- Мийно-сушильні машини;
- Гартівні баки;
- Транспортні механізми;
- Прилади для вимірювання твердості.

Мийно-сушильні машини.

Мийно-сушильні машина є комплексом, що складається з трьох секцій: промивки, споліскування і сушки.

Секція - конструктивно завершений елемент, обладнаний насосною установкою, мийною системою і розводкою трубопроводів з теплообмінником.

Промивку деталей здійснюється методом душування (струменева промивка). Цим методом здійснюється подача миючого розчину в зону обробки.

Конструкція такої машини складається з герметичного каркаса, ємкості для миючого розчину, системи сопел і насосів. У верхній частині каркаса розташований вентилятор і система відсмоктування. Для скорочення втрат миючого розчину на системі відсмоктування змонтований конденсатор.

Камера промивки розташована над ємкістю для миючого розчину. По бічних стінках, над і під тими, що направляють для розміщення садіння деталей, що промиваються, розташовані трубопроводи і системи сопел. Подачу миючого розчину проводимо насосом продуктивністю від 250 до 1000 л/мін під тиском від 2 до 12 атм. Тривалість часу роботи насоса регулюється встановленим годинниковим механізмом.

Нагрів розчину в баку проводиться гострою парою або трубчастими нагрівачами, що обігріваються газом або електроопором. Для контролю за ходом процесу на машинах є термометри і манометри, реєструючі робочий тиск насоса, і реле часу.

Секція сушки деталей є камерою, що нагрівається, з організованими направленими потоками повітря. Температура нагріву (~120°C) забезпечується газовими або електричними нагрівачами. Достатньо висока герметичність забезпечує низьку витрату теплової енергії.

Особливе регульоване пристосування дає можливість додавати у вхідний отвір вентилятора деяку кількість свіжого повітря, яке таким чином домішується до гарячого і насиченого вологою повітря, безперервно

циркулюючого навколо осушуваних деталей. Дно камери утворене похилим листом, що дозволяє видаляти продукти конденсації у напрямі фільтру прополіскуючої машини.

Кількість мийно-сушильних машина, які використовуємо у виробництві складає 1 штука.

Гартівні баки.

Звичайні охолоджувачі при термічній обробці - вода і масло знаходяться в гартівних баках. Для охолодження використовуємо немеханізовані баки з охолодженням гартівної рідини. У баках з охолодженням гартівної рідини застосовуємо наступний спосіб охолодження: шляхом установки в баку змійовика з циркулюючою холодною водою. До немеханізованих баків відносяться баки, що не мають спеціальних пристроїв для видачі охолоджених деталей на повітря. Ці баки виготовляють за допомогою зварки прямокутної, квадратної або циліндрової форми з листової маловуглецевої сталі завтовшки 4-6 мм. При шахтних гартівних печах встановлюємо циліндрові баки заввишки, що трохи перевищує висоту робочого простору печі. Висота такого бака над рівнем підлоги знаходиться відповідно до висоти шахтної печі над рівнем підлоги. Кількість гартівних баків, які використовуємо у виробництві складає 2 штуки.

Транспортні пристрої.

Для переміщення і укладання деталей в печі, а також можливості проведення ремонтних робіт на термічній ділянці встановлюємо мостовий однобалочний кран $Q = 3 \text{ т}$.

Кількість таких пристроїв у виробництві складає 1 штуку.

Прилади для вимірювання твердості.

Для вимірювання твердості деталей після різних видів термічної обробки застосовуємо твердоміри типу Роквелу ТК – 1шт і типу Бринеля ТШ – 1шт.

Зведена відомість основного і допоміжного обладнання наведена в таблиці 5.2

Таблиця 5.2.

Зведена відомість обладнання

Найменування обладнання	Індекс	Призначення	Характеристика	К-ть	Потужність, кВт
Основне обладнання					
Піч камерна	СНО-6.12.4/10	Відпал	1000°C	3	60
Соляна ванна	СВС-3.5/7	Підігрів	750°C	1	100
Соляна ванна	СВС-3.5/9	Підігрів	900°C	1	100
Соляна ванна	СВС-3.5/13	Гартування	1300°C	1	100
Піч шахтна	СШО-6.6/7	Відпуск	700°C	2	90
Допоміжне обладнання					
Гартувальний бак	-	Охолодження	1000x1000 мм	1	-
Мийно-сушильна машина	-	Промивка від масла	1500x2000 мм	1	15
Заточний верстат	-	Зачистка лисок	1000x1500 мм	1	5
Рейковий електровізок	-	Переміщення вантажів	2000x2500 мм	1	20
Твердомір	ТК	Вимірювання твердості	HRC 30-65	1	0,3
Твердомір	ТШ	Вимірювання твердості	HВ 100-280	1	0,3
Мостовий кран	-	Переміщення виробів	Q = 3 т	1	-

5.3 Проектування плану діляниць

В даний час близько 80% установок для термообробки розташовуються в окремих, ізольованих від інших видів виробництва приміщеннях. Завдяки цьому забезпечується:

- просте і надійне дотримання всіх конструктивних вимог і правил охорони праці;

- можливість легко здійснити єдине управління і обслуговування технологічних процесів, відмінних від механічної обробки;
- гнучка організація виробництва, при якій без зусиль можуть бути проведені зміни в процесі виробництва як стосовно заготовок, так і до видів обробки;
- високопродуктивне використання устаткування шляхом сумісного завантаження деталей з великим періодом обробки, а також шляхом кооперації робіт для інших виробництв.

Початкову інформацію для складання планування виробничої ділянки і розробки операцій переміщення виробів підрозділяють на базову, керівну і довідкову. [16]

У базову інформацію включають дані що містяться в конструкторській документації на виріб (специфікації конструкторських документів, креслення деталі, технічні умови) і планові завдання.

Робочі креслення і технічні умови є основними документами. По кресленню визначається вид термічної обробки, зона обробки, твердість, остаточні розміри, параметри окремих елементів деталі, її маса і так далі. У технічних умовах сформульовані вимоги до деталі, не позначені на кресленні.

Планові завдання (виробнича програма) дозволяють визначити при проектуванні процесу тип виробництва (масове, серійне, одиничне), глибину опрацювання технологічного процесу, вид устаткування (універсальне, спеціалізоване). [16]

Керівна інформація містить дані, наявні в стандартах всіх рівнів на технологічні процеси і методи управління ними, устаткування і оснащення; у перспективних технологічних процесах; виробничих інструкціях. Вона включає класифікатори заготовок, деталей, технологічних процесів термічної обробки, технологічного устаткування і оснащення, розрядів робіт і

професій, а також стандарти на марки матеріалів на технологічне устаткування, оснащення. [16]

Довідкова інформація включає дані типових технологічних процесів термічної обробки деталей і заготовок, прогресивних методів обробки, що містяться в каталогах, довідниках технологічного устаткування і оснащення, матеріалах по вибору технологічних параметрів (температури і швидкості нагріву, часу витримки, складу газової атмосфери, розплаву солей, технологічних властивостей середовищ, що охолоджують, і тому подібне). До довідкової літератури відносяться методики техніко-економічної оцінки вибору процесів термічної обробки, розрахунку економічної ефективності і типові компоновки устаткування ділянок, цехів і поточкових ліній термічної обробки. [16]

Розстановка печей один з одним проводиться так, щоб, з одного боку, забезпечити мінімальний шлях для транспортування заготовок, а, з іншого боку, зберегти необхідні з погляду функціонування установок і дотримання правил охорони праці мінімальні проміжки між устаткуванням. Таким чином, забезпечується послідовне з'єднання основного і допоміжного устаткування – по етапах виконання термічних операцій.

Для вихідного і вхідного контролю в термічному цеху передбачаються окремі приміщення, в яких розташовані необхідні прилади. Є також кімната майстра даної термічної ділянки. Для забезпечення охорони праці і культури виробництва передбачаються також побутові приміщення. До них відносяться роздягальні для зберігання спецодягу і чистого плаття, які розділяються душовими, а також кімната відпочинку персоналу. [15]

Орієнтовно загальна площа цеху встановлюється за нормативами площі на одиницю обладнання, допоміжна площа становить 25...30% від виробничої.

Окрім площі, яка необхідна для встановлення розрахункової кількості обраного обладнання, загальна площа цеху повинна включати також площі, відведені під проходи та проїзди, під кабінет начальника цеху (~15м²),

приміщення для майстра та технолога ($\sim 15\text{m}^2$), майстерню механіка та електрика ($\sim 20\text{m}^2$), службу ВТК ($\sim 20\text{m}^2$), кімнату відпочинку ($\sim 25\text{m}^2$), приміщення для гардеробу, душових та санвузлів ($\sim 50\text{m}^2$), комору запчастин та технологічних матеріалів ($\sim 25\text{m}^2$). Розмір вказаних приміщень орієнтовно визначений в залежності від річної програми термічної обробки та чисельності працюючих.

5.4 Технологічний контроль

Технічний контроль якості продукції визначається сукупністю заходів, що здійснюються на всіх стадіях виробництва з метою запобігання або ліквідації браку і забезпечення випуску продукції згідно зі встановленими вимогами. Він включає контроль якості початкових матеріалів, контроль технологічних процесів і контроль продукції термічної ділянки. [18]

У термічних цехах застосовуються такі види контролю: попередній, проміжний, періодичний, остаточний.

Попередній (профілактичний) контроль використовують для попередження браку. Сюди належать контроль початкових матеріалів, контроль пуску першої партії з тим, щоб вже на початку обробки визначити, правильно чи складений технологічний процес і чи витримуються умови виконання кожної операції. [18]

Проміжний (міжопераційний) контроль здійснюється між операціями термообробки, щоб не допустити появи браку при наступній обробці деталей (наприклад, контроль твердості загартованих деталей перед відпусткою).

Періодичний (летючий) контроль проводиться в основному в тих місцях, де небезпека появи браку відносно більше (наприклад, контроль температури гартівних середовищ).

Остаточний контроль здійснюється після завершення всіх операцій термообробки.

Його завданням є випробування, а також остаточне технічне приймання готової продукції. По ступеню охоплення деталей перевіркою він може бути

суцільним або вибіркоvim. При суцільному контролі перевіряються всі подані для задачі деталі, при вибірковому – визначений заздалегідь встановлений відсоток загальної кількості деталей. [15]

У місцях виконання контрольних операцій розрізняють змінний (на робочих місцях) і стаціонарний (у лабораторіях, на контрольньо-перевіряючих постах і тому подібне) контроль.

Вигляд і спосіб контролю встановлюють залежно від призначення, складності і трудомісткості виготовлення деталі, послідовності виконання операцій. Технологія контролю указується у відповідних технологічних картах.

Загальнозаводським органом технічного контролю є відділ технічного контролю (ОТК). Вирішення при оцінюванні якості продукції ОТК приймає незалежно від інших служб заводу.

Технічний контроль на робочих місцях здійснюють контролери-браківники (ними керує контрольний майстер), закріплені за певними ділянками, контрольними стендами або об'єктами. Працівники технічного контролю цехів функціонально підпорядковані ОТК, а адміністративно – начальникові цеху. Контрольний майстер наділений правом припинення випуску продукції у разі виявлення браку або відхилення від встановленого технологічного процесу.

Під час ухвалення готових виробів складається акт про випробування і ухвалення. На браковані вироби виписується дефектна карта, якщо брак виправний, або акт про непоправний (остаточний) брак. Прийнятні контролером деталі клеймлять, а браковану продукцію відправляють в ізолятор бракованих виробів. [18]

Щоб підвищити відповідальність робочих за якість виготовленої ними продукції, на багатьох підприємствах кращим робочим дається право здавати свою продукцію з особистим клеймом без ОТК.

Останнім часом на багатьох машинобудівних підприємствах широко застосовують систему бездефектного виготовлення продукції і її здачу з

першого уявлення. Основою цієї системи є самоконтроль. Робочі і майстри до представлення виробів ОТК зобов'язані переконатися у відповідності їх вимогам креслень і технічних умов. В цьому випадку працівники ОТК не займаються контролем всіх виробів, а здійснюють вибірковий контроль їх.

Таблиця 5.3.

Параметри та засоби контролю виробництва [19]

Параметри контролю	Засоби контролю
1. Технологічний процес термічної обробки	
Температурний режим.	Прилади для регулювання виміру та запису температури. Виконання механізму автоматичного регулювання подачі енергії та повітря.
Середовище обробки та інтенсивність його циркуляції в робочому просторі.	Газоаналізатори прямого та посереднього контролю. Прилади для вимірювання вакууму, тиску.
Тривалість операцій для обладнання періодичної дії.	Часи, апаратура для світлового та звукового аналізу.
2. Якість виробів після термічної обробки	
Твердість поковок та відливок після гартування та відпуску (100%).	Твердомір типу Бринеля.
Твердість напівфабрикатів та чистових деталей після гартування та відпуску (25-40%).	Твердомір типу Роквела та Вікерса.
Тріщини та інші поверхневі дефекти.	Магнітні дефектоскопи.

Різноманітні співвідношення геометричних розмірів.	Плити, спеціальні вимірювальні прилади.
--	---

Ефективність використання бездефектного виготовлення продукції визначається тим, що на багатократне представлення виробів ОТК потрібні додаткові витрати виробництва, які відбиваються на заробітній платі робочих.

Контроль технологічних процесів:

Висока якість термообробки забезпечується старанним виконанням технологічних процесів. У зв'язку з цим в термічних цехах здійснюється постійний контроль за дотриманням встановлених значень технологічних параметрів: температури, тривалість нагрівання і витримки деталей, тиску і витрати газів і рідини, витрати електричної енергії, співвідношення палива і повітря, складу контрольованих атмосфер, глибини загартованого і зацементованого шару і ін. Крім того, організований постійний контроль справності устаткування, пристроїв і приладів. Значення перевірених параметрів реєструються самописними приладами або заносяться в журнали. [13]

Температуру робочого простору печей і нагрівальних установок, рідин, що охолоджують, контролюють за допомогою термометрів опору, термопар, радіаційних і фотоелектричних пірометрів. Одночасно контролюють також тривалість нагрівання і витримки деталей в печах. Склад атмосфери перевіряють не тільки в певних зонах, але і в деяких випадках на виході печі.

Контроль глибини укріпленого шару здійснюють за допомогою зразків (свідків), їх виготовляють з оброблюваної сталі і піддають обробці разом з деталями. Приблизне оцінювання глибини шару здійснюють візуально після ламання свідка, а пізніше за неї визначають в лабораторії за макро- або мікрошліфом. Обробляючи разом з деталями декількох свідків, можна

контролювати глибину шаруючи в ході процесу, щоб при необхідності відкоригувати режим. [13]

Контроль і регуляцію складу атмосфери печей здійснюють за допомогою газоаналізаторів, приладів для визначення вологості газу (точки роси) і вимірювання кисневого потенціалу.

Тиск і витрату рідин і газів контролюють манометрами, диференціальними манометрами, вакуумметрами, тягомірами і тому подібне

Воду для гартування і охолодження устаткування контролюють за температурою і змістом механічних і мінеральних домішок.

Багатократне використання пристроїв для термообробки приводить до поступової втрати їх працездатності що в результаті окисає, викривлення, втрати міцності, зношування і тому подібне. Ці дефекти виявляють зовнішнім оглядом, перевіркою контрольних розмірів, вузлів кріплення і твердості.

З метою дотримання високої якості термообробки в сучасних термічних цехах здійснюються автоматичний контроль і регуляція більшості найважливіших технологічних параметрів, їх виконують за допомогою систем і засобів автоматичного контролю. [13]

Методи контролю якості продукції:

Результативність термообробки значною мірою зумовлюється якістю початкових матеріалів, тому вони піддаються контролю безпосередньо після надходження на збереження. При цьому перевіряють хімічний склад, макро- і мікроструктуру, механічні властивості металу. [20]

Хімічний склад перевіряють хімічним і спектральним методами аналізу, які дають кількісну і якісну оцінку складу.

Хімічний аналіз проводять в центральній заводській лабораторії. Для цього від досліджуваного матеріалу беруть стружку, розмелюють її, а також піддають обробці відповідними реактивами або спалюють. Природу і кількість елементів визначають за масою опадів, об'ємами речовин, що

прореагували, і ін. Проте кількісний хімічний аналіз не завжди зручний, тому що його тривалість складає в середньому 4...8 годин. [20]

Спектральний аналіз проводять за допомогою стилоскопів або спектрографів. У цих приладах між зразком сплаву і електродом збуджується електрична дуга, внаслідок чого утворюються розжарені пари металу. Ясно від дуги, проходячи крізь оптичну систему, розкладається на лінійний спектр.

Кожному елементу відповідає своя лінія спектру. За кольором і інтенсивністю ліній спектру визначають наявність і кількість елементу в сплаві.

У стилоскопах процентний склад сплаву визначають порівнянням спектру досліджуваного сплаву з еталонами спектрів, якими комплектується прилад. Спектрографом склад сплаву визначається точніше, при цьому спектр від досліджуваного сплаву фотографується на фотопластину. [21]

Спектральні методи наголошуються високою швидкістю (тривалість випробування складає декілька хвилин) і високою чутливістю. Це дає можливість визначати малі концентрації елементів в металі. Спектральному аналізу можна піддавати безпосередньо саму деталь, яка потім використовується за призначенням.

Для швидкого і наближеного визначення марки сталі застосовують пробу на іскру. Кожна марка сталі дає свій колір і характер іскри, що утворюється при легкому дотику зразка до шліфувального круга. Визначення марки сталі зводиться до порівняння іскор від досліджуваного і еталонних зразків. [21]

Визначення твердості – найпоширеніший метод контролю якості деталей після термообробки. Деталі, що мають високу твердість (після гартування, відпустки і ін.), контролюють на приладах Роквеллу або Віккерса, Екотип. Твердість деталей після відпалу, нормалізації або поліпшення перевіряють на приладі Брінелля. [22]

Для виявлення внутрішніх і зовнішніх дефектів термічно оброблених деталей широко використовують неруйнівні методи контролю: зовнішній

огляд, контроль розмірів і форми, ряд фізичних методів (магнітний, люмінесцентний, рентгенівський, ультразвуковий і ін.).

Зовнішньому огляду підлягають всі деталі з метою виявлення поверхневих гартівних тріщин, раковин, вибоїн, викривлення і інших дефектів. Зовнішній огляд застосовується для попереднього відбору явно бракованої продукції. [21]

Непаралельну плоских деталей перевіряють на контрольній чавунній плиті за допомогою щупів, лінійок і тому подібне.

Фізичні методи контролю використовують для визначення структури і виявлення дефектів, що не виявляються неозброєним оком.

Магнітна дефектоскопія дає можливість виявити дуже тонкі, а також дрібні тріщини, волосовини групи шлакових включень, надриви і інші дефекти, які залягають на незначній глибині деталі або частково виходять на поверхню. Метод ґрунтується на властивості потоку магнітних силових ліній, що проходять крізь намагнічену сталеву або чавунну деталь, змінювати свій напрям або розсіюватися біля несучільних і немагнітних неметалічних включення. [20]

Деталь, яку контролюють, намагнічують в дефектоскопі, а потім наносять феромагнітний порошок або магнітну суспензію, що складається з гасу або трансформаторного масла і порошку магнітного оксиду заліза. У місці розміщення дефекту (тріщини) магнітний потік розсіюється, виходить на поверхню деталі і на краях тріщини утворює додаткові полюси N і S. Магнітний порошок накопичується у вигляді валиків біля цих полюсів і таким чином виявляє межі дефекту. [21]

Для магнітної дефектоскопії деталей застосовують прилади УМД-2500, УМД-9000, УМД-10000, М-217, АЕС-3, МДА-3 і ін.

Магнітний метод широко використовують для визначення структури, а також твердості деталей після термообробки. Він ґрунтується на зв'язку їх механічних і фізичних властивостей з магнітними характеристиками: залишковою індукцією B , коерцитивною силою H_c і магнітною проникністю.

На цьому принципі розроблена широка гамма приладів, якими оснащують сучасні автоматичні лінії термообробки. [22]

Для визначення кількості залишкового аустеніту в деталях після гартування і відпустки застосовують магнітні аустенометри Ма1-5, Ма5-15, Ма15-52 і ін. Принцип дії цих приладів полягає в тому, що залишковий аустеніт (немагнітна структурна складова) зменшує напруженість магнітного поля, а отже, значення електрорушійної сили, що наводиться деталлю в обмотці вимірювальної котушки. Чутливість магнітних аустенометрів складає 1...2%.

Кількість α -фази в неіржавіючих сталях після термообробки визначають альфа-фазометрами.

Коерцитивна сила, однозначно залежить від твердості сталі. Ця закономірність використовується для контролю твердості, глибини загартованого і дифузійного шарів, виявлення недогрівання, перегріву, а також м'яких плям за допомогою коерцитометрів КИФМ-1, ТАМ-6 і магнітних приладів ПМПК-2, ЗМІД-3. Такі прилади часто вмонтовують в потокові і автоматизовані лінії.

ВИСНОВКИ

Під час виконання цього розділу, були запропоновані наступні кроки:

1. Розроблено технологію термічної обробки фрези зі сталі Р6М5К5.

Розглянуто режими термічної обробки для досягнення оптимальних механічних властивостей. Обрано режими гартування та відпуску, які забезпечують необхідну твердість і зносостійкість.

2. Проаналізовано та вибрано основне і допоміжне обладнання для термічного цеху.

Вибрано печі з оптимальними характеристиками, що відповідають вимогам технологічного процесу. Враховано допоміжне обладнання.

3. Проведено розрахунок необхідної кількості обладнання для виготовлення черв'ячної фрези.

Оцінено продуктивність обраного обладнання. Визначено кількість печей та іншого обладнання, яке необхідне для забезпечення безперервного виробничого процесу.

4. Спроектовано план термічного цеху.

Розроблено оптимальне розташування обладнання з урахуванням технологічного процесу.

ВИСНОВКИ

Результати даної кваліфікаційної роботи бакалавра дають повну інформацію для того, щоб розробити оптимальний технологічний процес по виготовленню черв'ячної фрези, яка вироблена з сталі Р6М5К5.

Весь комплекс завдань було вирішено успішно. Мета роботи досягнуто, завдяки системному аналізу кожного етапу дослідження.

При аналізі умов роботи деталі показано, що основним процесом в обробці металу, які використовуються для виготовлення деталі є фрезерування. Черв'ячна фреза виготовляється з високоякісної сталі, що забезпечує її високу стійкість і продуктивність.

В розділі «Літературний огляд» розглянуто сучасні матеріали, технологічні процеси та методи по виготовленню інструменту. Провівши аналіз літератури, ми можемо краще зрозуміти який матеріал вибрати для деталі – черв'ячна фреза та технології з її виготовленню.

Розділ «Вибір матеріалу та методи дослідження» показав, що сталь Р6М5К5, яку обрали, відповідає всім вимогам для виготовлення фрези. Сталь є швидкорізальною, піддається термічній обробці для досягнення оптимальних механічних властивостей і стійкості до зношування. Також для дослідження деталі використано металографічні методи і метод випробування на твердість, які доказали, що сталь має однорідну структуру, високу твердість і зносостійкість.

Виготовлення маршрутної технології демонструє чітку послідовність технологічних операцій, включаючи обладнання та методи обробки, які дозволяють економічно та ефективно виготовити деталь з урахуванням всіх технічних вимог і стандартів якості.

Виконання розділу «Розрахунково-експериментальна частина» передбачає розробку технології термічної обробки черв'ячної фрези зі сталі Р6М5К5 з обраними режимами гартування і відпуску, яка забезпечила необхідну твердість і зносостійкість, оптимізуючи механічні властивості

фрези для її тривалої роботи. Проаналізовано та вибрано основне і допоміжне обладнання для термічного цеху. Проведено розрахунок необхідної кількості обладнання для виготовлення фрези та спроектовано план термічного цеху з оптимальним розташуванням цього обладнання.

Отримані данні є дуже важливими в розробці ефективного технологічного процесу в виробленні черв'ячної фрези зі сталі Р6М5К5. Покращення характеристики самого інструменту сприяє в підвищенні ефективності металообробних процесів.

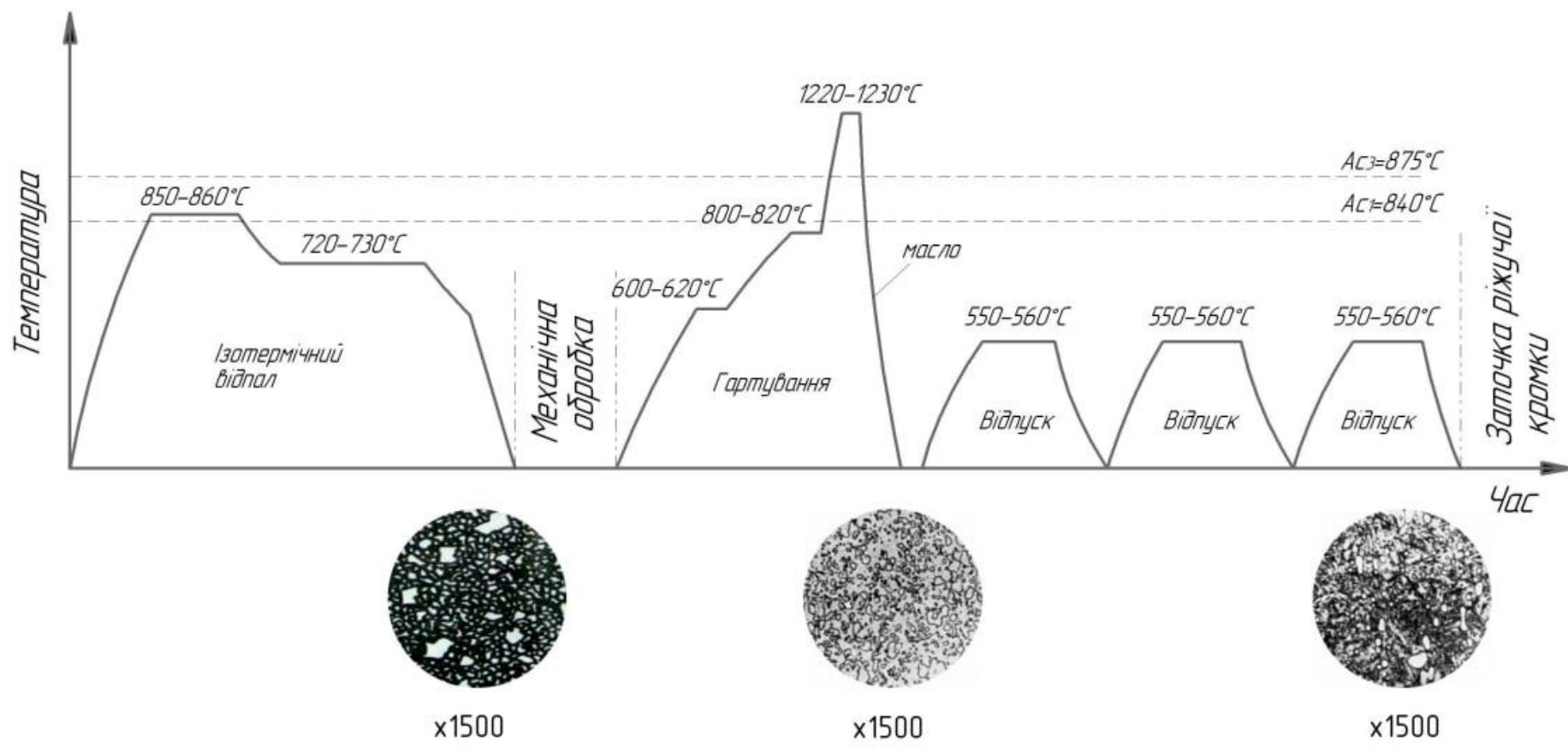
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Принципи роботи черв'ячної фрези [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/47235275.pdf> (дата звернення: 27.04.2024)
2. Навчальний посібник «Інструментальні матеріали для виготовлення різального інструменту» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/b1b026a6-f5e6-4db8-b388-3eec0ae46088/content> (дата звернення: 15.05.2024)
3. Заточка фрез [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.rinscom.com/articles/zatochka-kontsevoy-frezy/> (дата звернення: 15.05.2024)
4. Марочник сталі і сплавів [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=298 (дата звернення: 30.04.2024)
5. Сталь Р6М5К5: характеристика, розшифровка, хімічний склад [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://metal.place/ru/wiki/r6m5k5/334351/> (дата звернення: 30.04.2024)
6. Опис впливу легуючих елементів [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://vuzlit.com/84688/opis_vplivu_leguyuchih_elementiv_vlastivosti_diagrama_stanu_vibir_termoobrobki_danoyi_detali (дата звернення: 08.05.2024)
7. Металографічні дослідження металу [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://ua.tuev-dieks.com/services/technical-diagnosis/methods-of-survey/metallograficheskie-issledovaniya-metalla/> (дата звернення: 08.05.2024)
8. Фізико-металографічні дослідження металів і сплавів [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://ukrintech.com.ua/metalohrafichni-doslidzhennia> (дата звернення: 10.05.2024)

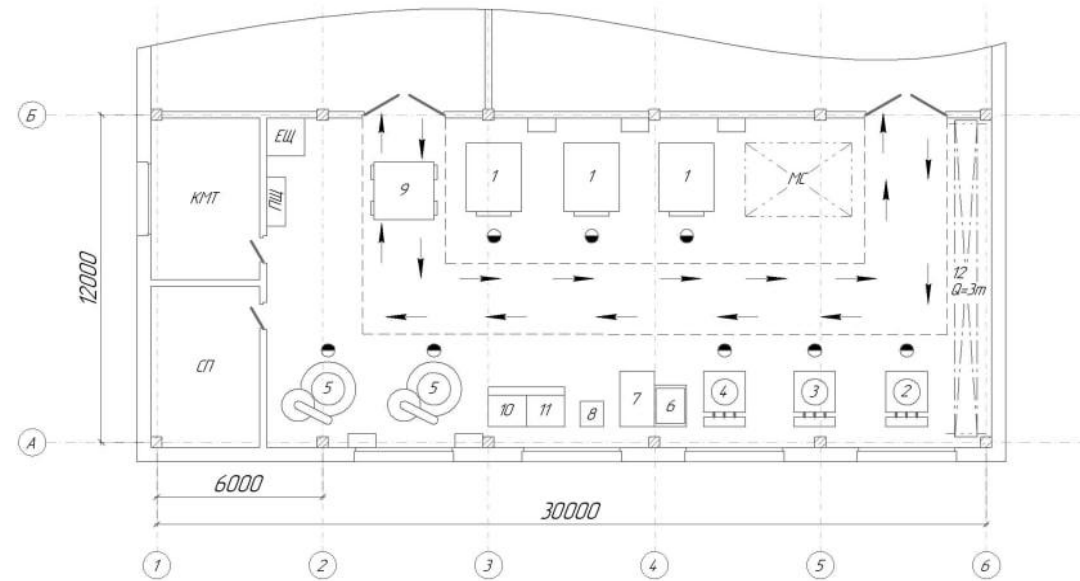
9. Металографічний мікроскоп CX40M [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://spectrolab.com.ua/ua/p890446584-metallograficheskij-mikroskop-cx40m.html> (дата звернення: 10.05.2024)
10. Вимірювання твердості по Роквеллу [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://www.msun.ru/dir/kaf_tm/educate/labrab_1/theory/teoriya24.html (дата звернення: 10.05.2024)
11. Тренажер метода Роквелла [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://www.msun.ru/dir/kaf_tm/educate/labrab_1/training/treining2.html (дата звернення: 10.05.2024)
12. Лугай А.М., Методичні вказівки до практичних занять «Методи визначення механічних властивостей металів і сплавів»: Методичні вказівки до проведення занять (вип. і доп.). ХНТУСГ, 2012. – 16 с.
13. Будник А.Ф. Типове обладнання термічних цехів та дільниць: Навчальний посібник. – Суми: Вид-во СумДУ, 2008. – 212 с.
14. Будник А. Ф. Обладнання термічних цехів та дільниць. Атлас конструкцій : навчальний посібник / А. Ф. Будник, А. О. Томас. – Суми : Сумський державний університет, 2014. – 112 с.
15. Сігова В.І. Технологія і проектне рішення термічних цехів і дільниць: навч. посіб. / В.І. Сігова, В.Б.Юскаєв, А.Ф. Будник. – Суми: Вид-во СумДУ, 2010. – 318 с.
16. Руденко, С.Г. Вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення заготовки і термічної обробки деталі "бандаж зубчатого колеса" [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра; спец.: 132 - матеріалознавство / С.Г. Руденко; наук. керівник Х.В. Берладір. - Суми: СумДУ, 2020. - 65 с.
17. Доля В.М. Технологія обробки деталей машин : конспект лекцій для студентів спеціальності 7.05050201 «Технології машинобудування» усіх форм навчання. / В.М. Доля, О.В. Доля – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – 112 с.
18. Мамчур С.І., Носова Т.В. Технічний контроль якості продукції: Конспект лекцій. – Дніпро, 2023. -29 с.

19. Електронний посібник з дисципліни: Управління якістю продукції: [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/Самчук%20Л.М/ (дата звернення: 21.05.2024)
20. Сусліков Л.М., Студеняк І.П. Неруйнівні методи контролю: Навчальний посібник. – Ужгород: Видавництво УжНУ, 2016. - 192 с.
21. Білокур І. П. Основи дефектоскопії: Підручник. — К.: «АзимутУкраїна», 2004. — 496 с.
22. Дегула, А. І. Методичні вказівки щодо виконання лабораторної роботи з теми "Визначення твердості матеріалів" із дисципліни "Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів": для студ. спец. 132 "Матеріалознавство" усіх форм навчання / А. І. Дегула, Т. П. Говорун, Н. А. Харченко. — Суми : СумДУ, 2022. — 23 с.
23. Пожидаєва С.П. Технологія конструкційних матеріалів: Навч. Посібник для студентів 1 і 2 курсу факультета технології і підприємства. Бирськ. Держ. Пед. Ин-т, 2002.
24. Самохоцький А.І. Технологія термічної обробки металів, М.Машгиз, 1962.
25. Солнцев Ю.П., Веселов В.А., Демянцевич В.П. и др. Металоведення і технологія металів. - М.: Металлургия, 1988. - 512 с.

Додаток Б



Додаток В



№	Найменування
1	Піч СНО-6,124/10
2	Соляна ванна СВС-35/7
3	Соляна ванна СВС-35/9
4	Соляна ванна СВС-35/13
5	Піч СНО-6,6/7
6	Гартувальний бак
7	Мийно-сушильна машина
8	Заточний верстат
9	Рейковий електровоз
10	Твердомір ТК
11	Твердомір ТШ
12	Мастовий кран

Позначення	Найменування
КМТ	Кімната майстра і технолога
СП	Склад продукції
ЕЩ	Електрощитава
ПЩ	Пожезний щит
МС	Місце складування

Шкала: 1:100
 Лист № 12/13
 Дата: 08.08.13

№	Конт.	Лист	Міжк.	Підп.	Вста.
План термічної об'єкції					
Сторінка Лист Листів					

Формат А2