

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра прикладного матеріалознавства та технології
конструкційних матеріалів

ЗАТВЕРДЖУЮ:
завідувач кафедру
Гапонова О.П.

дата, підпис

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ДЛЯ ЗДОБУТТЯ СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА
за напрямом підготовки 132«Матеріалознавство»

Тема роботи : «Вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення заготовки і термічної обробки деталі «черв'ячна фреза»

Виконав(ла):
студент Підпригора Владислав Вікторович

Керівник:
Доцент Гапонова Оксана Петрівна

Залікова книжка № 17510048

дата, підпис

підпис

Захищена з оцінкою

Секретар ЕК:
Сидоренко Ю.Ю.

оцінка, дата

дата, підпис

Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра «Прикладне матеріалознавство і технології конструкційних матеріалів»
Спеціальність 132 «Матеріалознавство»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

завідувач кафедрою

Гапонова О.П.

дата, підпис

**ЗАВДАННЯ
ДЛЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА
Підопригори Владислава Вікторовича**

1. Тема проекту(роботи): «Вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення заготовки і термічної обробки деталі «черв'ячна фреза» затверджена Наказом по університету від «30» березня 2021 р. № 0136-VI
2. Термін здавання студентом закінченого проекту (роботи) _____
3. Вихідні дані до проекту(роботи) Креслення черв'ячної фрези та вимоги до нього вказані на кресленні (додаток А)_____
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити) Аналіз умов роботи деталі, літературний огляд, вибір матеріалу та методів дослідження, маршрутна технологія виготовлення деталі, розрахунково-експериментальна частина.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Креслення деталі, графік термічної обробки деталі, план розробленого термічного відділення.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Характеристика та умови експлуатації виробів, вимоги до матеріалів	Квітень-травень 2021	Виконано
2	Огляд літератури	Травень 2021	Виконано
3	Характеристика матеріалів деталі	Травень 2021	Виконано
4	Розробка маршрутної технології виготовлення деталі	Травень 2021	Виконано
5	Розрахунково-експериментальна частина	Травень-червень 2021	Виконано

6. Дата видачі завдання _____

Студент _____
(підпис)

Керівник проекту _____
(підпис)

РЕФЕРАТ

Випускна кваліфікаційна робота містить 63 сторінки, 5 розділів, 18 рисунків, 11 таблиць, список із 19 використаних літературних джерел.

Мета роботи – вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення заготовки та термічної обробки деталі «черв'ячна фреза».

Завдання:

- проаналізувати умови роботи деталі;
- провести аналіз літературних джерел;
- раціонально обрати матеріал для виготовлення деталі;
- розробити технологічний процес, термічну та хіміко-термічну обробку виробу;
- підібрати основне обладнання для термічного відділення та спроектувати термічне відділення.

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

Ключові слова: черв'ячна фреза, червоностійкість, міцність, структура, термічна обробка, технологія виготовлення, методи дослідження, твердість, відпал, гартування, відпуск.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1	8
ХАРАКТЕРИСТИКА ТА УМОВИ ЕКСПЛАТАЦІЇ ДЕТАЛІ	8
1. Аналіз умов роботи деталі «черв'ячна фреза»	8
1.2 Причини виходу із ладу деталі «черв'ячна фреза»	10
1.3 Шляхи підвищення різальних властивостей швидкорізальних сталей	15
Висновок	19
РОЗДІЛ 2	21
ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	21
2.1 Вибір матеріалу для виготовлення черв'ячної фрези	21
2.2 Вплив легуючих елементів на сталь Р6М5	24
2.3 Методи дослідження	26
2.3.1 Металографічний метод дослідження	26
2.3.2 Випробування на твердість	28
2.3.3 Випробування на міцність	30
Висновок	31
РОЗДІЛ 3	32
РОЗРОБКА МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ..	32
Висновок	39
РОЗДІЛ 4	40
ВИБІР ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ СТАЛІ Р6М5	40
4.1 Термічна обробка сталі Р6М5	40
4.2 Види контролю якості термообробки	44

РОЗДІЛ 5	46
РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	46
5.1 Вибір основного і допоміжного обладнання для деталі	46
5.2 Розрахунок обладнання на термічній ділянці	49
5.3 Планування термічної ділянці	53
Висновок	57
ВИСНОВКИ	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	59
ДОДАТОК А	Ошибка! Закладка не определена.
Додаток Б	Ошибка! Закладка не определена.
Додаток В	Ошибка! Закладка не определена.

ВСТУП

Актуальність роботи. На сьогоднішній день металургія і машинобудування є дуже розвиненими галузями. В даних сферах дуже широко застосовують черв'ячну фрезу.

Черв'ячні фрези застосовуються в масштабному, багатосерійному або малосерійному виробництві зубчастого колеса. Дані фрези можуть працювати за такими методами, як метод обкатки на зубофрезерних верстатах загального або спеціального призначення.

За способом поєднання з верстатом черв'ячні фрези поділяються на насадні і хвостові. Найчастіше застосовуються насадні фрези, а хвостові застосовуються тільки тоді, коли малий розмір не дозволяє зробити її насадною. За конструкцією діляться на цільні (виконані з однієї заготовки), складові і збірні (у яких тільки зуби виготовляються з інструментального матеріалу). На сьогодні найчастішого застосування мають цільні фрези.

Тип виробництва впливає на подальший процес виготовлення черв'ячної фрези. Якщо порівняти типи, то у багатосерійному і масштабному виробництвах забезпечується велика продуктивність, застосовують точні заготовки, низький рівень кваліфікації працівників.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ТА УМОВИ ЕКСПЛАТАЦІЇ ДЕТАЛІ

1. Аналіз умов роботи деталі «черв'ячна фреза»

В сучасній промисловості із деталей найчастіше застосовують зубчасте колесо особливо в машинобудуванні. Технологія їхнього виготовлення дуже складна, має високу трудомісткий, малосерійне виробництво і має високу залежність від властивостей зуборізних інструментів, особливо, черв'ячних зуборізних фрез.

Черв'ячні фрези застосовують для чорнової, напівчистої і чистої обробки прямозубих, косозубих і шевронних циліндричних коліс в діапазоні модулів 0,1-140 мм, а також для нарізування зубів черв'ячних коліс з різними видами зачеплення. спосіб нарізування циліндричних зубчастих коліс черв'ячними фрезами має найбільшого поширення в машинобудуванні. Причиною цього є універсальність черв'ячного зубофрезерування (допускається нарізування прямозубих і косозубих коліс з різною кількістю зубів одним і тим же інструментом), висока точність і продуктивність процесу обробки [1].

Процес фрезерування заснований на поєднанні головного руху (обертання фрези) і поступального руху (переміщення заготовки). Фреза являє собою різальний інструмент, який має кілька ріжучих лез, які розташовуються або на поверхні тіла обертання (фрези типу циліндричних), або на торцевій частині (фрези типу торцевих). Фрезерування є продуктивним і універсальним способом механічної обробки заготовок різанням. Фрезеруванням обробляють площини, уступи, фасонні поверхні та інші [2].

На рис. 1.1 показана схема процесу утворення стружки при фрезеруванні.

Як видно з рисунка, внаслідок обертання фрези 3 і горизонтальної подачі заготовки ріжучі зуби фрези знімають шар металу з заготовки 4 у вигляді окремих стружок. В цьому випадку різання при фрезеруванні починається з мінімальної товщини проникнення ріжучого інструменту, а закінчується максимальною товщиною в момент виходу зуба фрези з металу. Як правило, в процесі фрезерування знаходиться декілька зубів, знімають стружку змінної товщини. При

цьому, завдяки великій довжині ріжучих крайок, забезпечується висока продуктивність фрезерування.

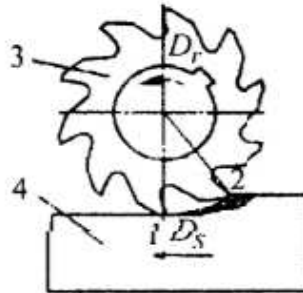


Рисунок 1.1 - Схема процесу фрезерування:
1,2 - зуби фрези; 3 - фреза; 4 – заготовка [2]

Зазвичай обертання фрези і рух подачі відбуваються в протилежних напрямках (рис.1.2). При цьому методі фрезерування починається з мінімальної і закінчується максимальною товщиною стружки. Стружка має форму коми. Такий метод фрезерування називається зустрічним (рис.1.2,а). При попутному фрезеруванні (рис.1.2,б) різання починається відразу з максимальної товщини стружки, а обертання фрези і рух подачі відбувається в однакових напрямках.

При попутному фрезеруванні в момент входу зуба фрези в метал відбувається удар, оскільки знімається стружка максимальної товщини. Тому для фрезерних верстатів, що працюють в такому режимі, пред'являються підвищені вимоги по жорсткості і вібростійкості. У верстатах необхідно також виключити можливі зазори в сполучених елементах верстата, наприклад, в гвинтових передачах приводу подач.

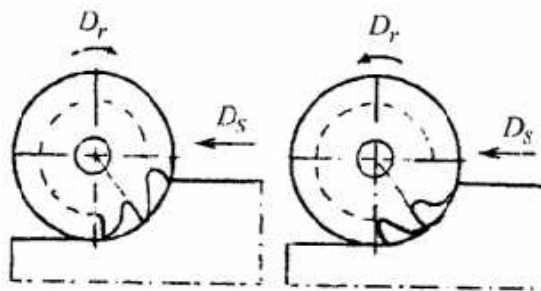


Рисунок 1.2 - Схема зустрічного (а) і попутного (б) фрезерування [2]

Позитивним фактором попутного фрезерування вважається те, що заготовка, на відміну від зустрічного фрезерування, притискається до столу верстата, а стіл - до напрямних. Як наслідок такого явища, якість обробленої поверхні виходить вище, ніж при зустрічному фрезеруванні. стійкість фрези вище, ніж при зустрічному фрезеруванні, за винятком фрезерування по поверхні заготовки.

Таким чином, кінематика фрезерування, заснована на обертальному русі фрези і поступальному русі заготовки, надзвичайно проста. Рух подачі може бути прямолінійним, обертальним або гвинтовим, а ріжучі кромки фрези - прямолінійними, похилими до осі обертання, гвинтовими або фасонними [2].

1.2 Причини виходу із ладу деталі «черв'ячна фреза»

Загальні вказівки по експлуатації фрез. Фреза може працювати продуктивно лише за умови правильної її експлуатації. Якщо фрезерування відбувається на правильно призначених режимах, то фреза може обробити передбачене кількість деталей, перш ніж її необхідно віддати в переточування.

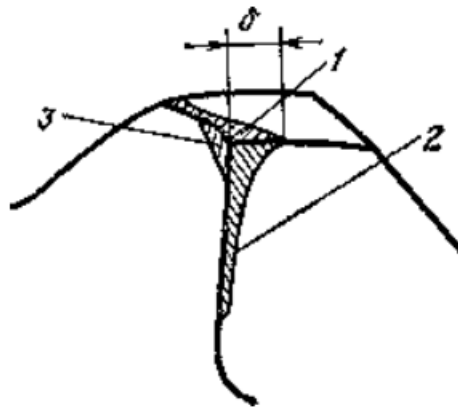


Рисунок 1.3 - Знос зуба черв'ячної фрези:

1 - по задній поверхні; 2 - по боковій поверхні; 3 - по передній поверхні; б - найбільша ширина фаски зносу [3]

Поняття про стійкість фрези. В процесі роботи фреза затупляється. На рисунку 1.3 наведено зразок зносу зуба черв'ячної фрези при затупленні.

Затуплення фрези відбувається внаслідок зносу, викликаного тертям задньої поверхні зуба фрези про оброблену поверхню і тертям сходять стружки об передню поверхню зуба. В процесі фрезювання на задній поверхні зуба утворюється майданчик зносу, ширина якої весь час збільшується. Одночасно на передній поверхні в результаті тертя сходять стружки утворюється ледь помітна лунка, причому вона знаходиться на деякій відстані від ріжучої кромки. У міру роботи знос задньої поверхні весь час випереджає знос передньої, поки майданчик зносу на задній поверхні не з'єднається з лункою. З цього моменту знос різко зростає, так як зруйноване лезо не може різати нормально. Настає так званий катастрофічний знос інструменту, після якого для відновлення правильної геометрії леза доводиться знімати великий шар металу з передньої і задньої поверхонь зубів.

Тому фрезерувальник не повинен допускати фрезу до катастрофічного зносу, а знімати її для переточки негайно після того, як настав нормальний знос. Ознаками початку затуплення фрези є наступаюча вібрація, поява нерівній (рваною) поверхні обробки і надмірний нагрів фрези внаслідок збільшення тертя.

Тертя викликає завжди збільшення температури ріжучого інструменту, що в свою чергу знижує твердість його леза і сприяє швидшому затупленню. Таким чином, затуплення фрези відбувається як під впливом зносу, так і від надмірного нагрівання в процесі різання.

Стійкість фрези визначається часом її безперервної роботи від заточення до заточування, причому тільки тим часом, який витрачається на зрізання стружки. При дотриманні заданого режиму обробки стійкість фрези, тобто час роботи фрези без переточування, збільшується.

Охолодження при фрезеруванні. Щоб зменшити нагрівання інструменту і продовжити термін його служби без переточування, вдаються до охолодження. Для охолодження фрези застосовують спеціальні охолоджуючі рідини. Деякі з них мають змащувальні властивості, завдяки чому зменшується тертя між ріжучим інструментом і оброблюваною поверхнею.

Охолоджуючу рідину слід підводити обов'язково безперервним струменем і з першого ж моменту різання.

Охолоджувальні та охолоджувально-мастильні рідини застосовують залежно від оброблюваного матеріалу і виду фрезерування (табл. 1).

Кількість рідини, що подається регулюється в залежності від виконуваної роботи. Для цього на трубопроводі є кран. Чим більше швидкість різання, тим рясніше має бути охолодження.

Застосовуючи охолоджуючі рідини, треба пам'ятати, що від іржі оберігають верстат, інструмент та деталі лише масляні емульсії, що мають в своєму складі соду, а також змішані масла. Тому в емульсію не можна додавати звичайну воду[3].

Рекомендації по можливих причинах виходу із ладу та рекомендації для їх уникнення наведені у таблиці 1.1

Таблиця 1.1

Рекомендація можливих проблем виходу із ладу черв'ячної фрези та все для їх уникнення [4]

Проблема	Можливі причини	Усунення
1	2	3
Інтенсивний знос по тильній частині	<ul style="list-style-type: none"> - вібрації - збільшення t - утворення луцення на заготовлі - утруднений відведення стружки - невірні режими фрезерування 	<ul style="list-style-type: none"> - підвищити подачу -використовувати попутне фрезерування - правильно організувати евакуацію стружки -призначити рекомендовані режими фрезерування
Вихід з ладу інструменту	<ul style="list-style-type: none"> -підвищена глибина фрезерування - висока подача - граничний виліт 	<ul style="list-style-type: none"> -розбити глибину на серію підходів - знизити подачу -знизити виліт інструменту -підібрати відповідний діаметр фрези

Продовження таблиці 1.1

1	2	3
Викришування ріжучої кромки	<ul style="list-style-type: none"> - збільшена подача - вібрації - невідповідна швидкість фрезерування - мала жорсткість інструмента - нежорсткими закріплення деталі - міцний матеріал заготовки 	<ul style="list-style-type: none"> - зменшити подачу - збільшити швидкість фрезерування -використовувати інструмент зі збільшеним кутом підйому гвинтових стружкових канавок - знизити виліт фрези і підібрати необхідний діаметр фрези -перевірити, чи не зрушила чи заготовка -використовувати фрезу з зміцнюючи округленням ножа
Нарощування	<ul style="list-style-type: none"> - помилковий режим фрезерування - занадто клейкий матеріал заготовки 	<ul style="list-style-type: none"> -підвищити швидкість фрезерування -використовувати більш гострий інструмент -організувати більш щільну подачу МОР в робочу зону

Продовження таблиці 1.1

1	2	3
Вібрації	<ul style="list-style-type: none"> - мала жорсткість фрези - слабке закріплення деталі - підвищений виліт - радіальне биття шпинделя - асинхронна подача - помилкові режими різання 	<ul style="list-style-type: none"> -збільшити жорсткість інструмента -знизити силу фрезерування -знизити глибину і ширину фрезерування -використовувати фрезу з малою кількістю зубів -використовувати більш гострий інструмент -знизити виліт фрези -підібрати фрезу зі збільшеним кутом підйому гвинтових стружкових канавок -знизити подачу і швидкість фрезерування -перевірити биття шпинделя і вибрати більш точний допоміжний інструмент

Продовження таблиці 1.1

1	2	3
Погана якість обробленої поверхні	<ul style="list-style-type: none"> -вібрації - помилкові режими фрезерування - утруднена евакуація стружки - знос інструменту - нарощування - радіальне биття шпинделя 	<ul style="list-style-type: none"> - дослідити знос фрези - знизити подачу -збільшити швидкість фрезерування -підібрати фрезу зі збільшеним кутом підйому гвинтових стружкових канавок -створити умови для правильної евакуації стружки -перевірити биття шпинделя і вибрати більш точний допоміжний інструмент -застосовувати попутне фрезерування

1.3 Шляхи підвищення різальних властивостей швидкорізальних сталей

Після термічної обробки швидкорізальної сталі (гартування) утворюється залишковий аустеніт. Для уменшення його кількості застосовують метод криогенного оброблення.

Кріогенне оброблення (оброблення глибоким холодом). З фізичних методів оброблення інструментів, що застосовуються для підвищення їх різальної здатності, найбільший інтерес представляє криогенне оброблення, тобто витримка РІ при негативних температурах, зокрема в рідкому азоті, температура кипіння якого $-195,8^{\circ}\text{C}$. В результаті криогенного оброблення підвищуються механічні характеристики інструментальних матеріалів. Після криогенного обробки

зменшуються коефіцієнт тертя і сили різання, а також знижується шорсткість обробленої поверхні.

Рекомендуються для промислового використання:

– Найбільш раціональним криогенним середовищем для підвищення фізико-механічних і різальних властивостей інструментальних матеріалів є рідкий азот.

– Практично на всіх різальних інструментах, виготовлених як з інструментальних сталей, так і оснащених твердими сплавами, в результаті криогенного оброблення можна отримати підвищення стійкості від 1,5 до 3 разів.

В даний час виділяють такі методи поверхневого зміцнення РІ:

– хіміко-термічні (азотування, ціанування, оксидування, оброблення парою, пасивація та ін.);

– гальванічні (обміднення, хромування та ін.);

– механічні (дробострумине, вібраційне, доведення і алмазне вигладжування та ін.);

– фізичні (оброблення РІ в магнітному полі, лазерне зміцнення, оброблення глибоким холодом, електроіскрове зміцнення та ін.);

– нанесення зносостійких покриттів;

– нанесення антифрикційних покриттів.

У зв'язку з високою ефективністю, щодо простою технологією та універсальністю найбільш поширений в даний час метод нанесення зносостійких покриттів (ЗП).

Хіміко-термічне оброблення. Як відомо [5], термічне оброблення сталі, в результаті якої змінюється хімічний склад її поверхневих шарів, називають хіміко-термічним обробленням. При цьому виріб нагрівають в спеціальному середовищі і відбувається зміна хімічного складу його поверхні завдяки переходу і впровадження атомів цього середовища в кристалічну решітку стали.

Найуживанішими видами ХТО є цементація, азотування і ціанування у зв'язку відпрацюванням технології на підприємствах та високою якістю поверхні

після оброблення. Для інструменту рекомендовано застосовувати технологію отримання азотовмісних покриттів (азотування, нітроцементация, карбонітрація, ціанування тощо).

Азотування забезпечує насичення поверхневого шару сталі азотом [5]. В результаті азотування цей шар набуває досить високу твердість, що зберігається при нагріванні до 530-550 °С. Процес азотування застосовують головним чином для деталей, виготовлених з сталей, що містять алюміній, хром, молібден, вольфрам і ванадій. Азотуванню часто піддають інструмент і технологічне оснащення з легованих сталей X12Ф1, 4X8В2, X12М, 38X2Н2МФА, 10X13, 12X18Н9Т, 40Х, 18ХГТ і ін.

Часто азотування проводять після повного виготовлення РІ, як остаточну операцію. При цьому азотування може бути характеристиками міцності і антикорозійне.

Процес азотування полягає в пропусненні аміаку через герметично закритий муфель, в якому поміщається інструмент; температура азотування 500-600 °С. Сутність процесу азотування в розкладанні аміаку на азот і водень: $2\text{NH}_3 = 2\text{N} + 3\text{H}_2$. Азот при високій температурі проникає в сталь, а водень віддаляється з печі.

Активні атоми азоту проникають в решітку α –заліза і утворюють твердий розчин азоту в фериті, який при 590 °С розчинює до 0,42% N. При атмосферній температурі в фериті розчиняється тільки 0,015% N.

У легованих сталях при азотуванні утворюються нітриди Al, Ti, V, Cr, Mo, W, Mn, що надають азотованого шару дуже високу твердість (до HV 1200). Процес азотування досить тривалий, від 12 до 100 год, в залежності від необхідної товщини азотованого шару і характеру процесу. Чим вище температура азотування, тим більше швидкість дифузії азоту, але тим нижче твердість.

Зазвичай при $T = 500$ °С ступінь дисоціації становить 20- 25% і при 600 °С – 40 – 45%.

Твердість азотованого шару можна виміряти за допомогою приладу Віккерса, Роквелла (при навантаженні 15 кг) і на приладі ПМТ-3.

При температурі азотування (480-540 °С) досягається висока твердість поверхні, не відбувається значних змін розмірів, підвищується межа витривалості (пояснюється це освітою в поверхневому шарі напруги стиснення), підвищується опір корозії на повітрі і в прісній воді.

Після азотування проводиться уповільнене охолодження разом з піччю до $T = 300 - 350$ °С при збереженні подачі аміаку. Твердість азотованого шару досягає HV 450 – 1000 при глибині шару 0,15 – 0,55 мм. Поверхні, що не піддаються азотуванню, покривають шаром олова або міді товщиною 0,01 – 0,15 мм.

Нанесення зносостійких покриттів. Підвищення стійкості досягається нанесенням на контактуючі під час різання поверхні інструменту тонких зносостійких покриттів (ЗП).

Застосовують такі типи покриттів: карбід вольфраму (WC), карбід титану (TiC), нітрид титану (TiN), карбонітриду титану (TiCN), окис алюмінію (Al_2O_3), нітрид молібдену (Mo_2N), нітрид цирконію (ZrN), карбід ніобію (Nb_4C_3), карбід гафнію (HfC), нітрид гафнію (HfN), окис хрому (Cr_2O_3), нітрид бору (BN) – наноситься товстим шаром – 0,5 мм (недолік – підвищена чутливість до вібрацій), алмаз.

Елементи для покриття вибирають залежно від матеріалу інструменту та умов його роботи (оброблюваного матеріалу і режимів різання). Застосовують одношарові (3 – 10 мкм) і багатшарові покриття з різними властивостями кожного шару. Використання покриттів дозволяє підвищити стійкість інструменту в 1,5-5 разів.

Головна мета нанесення ЗП – отримати високу твердість і зносостійкість контактних поверхонь РІ при збереженні високої міцності на вигин і ударної в'язкості його основи. Крім того, ЗП забезпечують такі додаткові переваги: зниження коефіцієнта тертя при різанні, зменшення сил різання, зниження наростоутворення, захист інструментального матеріалу від адгезії і дифузії, підвищення стійкості РІ; розширення області застосування інструментального матеріалу.

Методи нанесення

Метод нанесення антифрикційних покриттів. Наносять антифрикційні покриття (АП) на контактні поверхні інструментів. Такі покриття мають твердість меншу, ніж матеріал основи, і виконують функції твердих мастил, що веде до зменшення тертя і зносу інструменту.

Наносять їх при звичайній кімнатній температурі на спеціальним чином підготовлені контактні поверхні для поліпшення зчеплення з основою. Піддають нагріванню до температури не більше 200 °С, що дозволяє застосовувати їх для будь-яких інструментальних матеріалів.

Матеріалом таких покриттів служать головним чином сульфіди і фосфати різних металів. Найбільше застосування отримали два типи антифрикційних покриттів – дисульфід молібдена MoS_2 і нікель-фосфорне NiP , які дають підвищення стійкості інструментів з швидкорізальної сталі в 2 – 4 рази, для твёрдосплавних 1,4 – 1,8 рази (MoS_2).

Підвищеною теплостійкістю володіє кобальт-фосфорне покриття (Co_2P) – до 600 °С, що має $\text{HV } 850$ і наноситься методом електролізу при $T = 90\text{-}100$ °С. Таке покриття підвищує стійкість швидкорізальних інструментів в 2,5 – 3 рази.

Перспективним є спосіб нанесення антифрикційних покриттів з попередніми глибоким травленням контактних поверхонь інструменту [5]. Поява досить глибоких пор забезпечує постійний вихід мастила до поверхні тертя. Глибина пор (0,5 – 0,8 мм) дає можливість виконувати переточування по вкритій поверхні зі збереженням мастильного ефекту [5].

Висновок

Розглянуто умови роботи черв'ячної фрези, виготовленої зі швидкорізальної сталі, можливі причини виходу із ладу та методи її зміцнення. Черв'ячні фрези застосовуються в масовому, багатосерійному або малосерійному виробництві. Показано, що кінематика фрезерування заснована на обертальному русі фрези і

поступальному русі заготовки. Рух подачі може бути прямолінійним, обертальним або гвинтовим, а ріжучі кромки фрези - прямолінійними, похилими до осі обертання, гвинтовими або фасонними. Основними причинами виходу з ладу є інтенсивний знос по тильній частині, викришування ріжучої кромки, нарощування, вібрації, погана якість обробленої поверхні тощо.

Розглянуті основні методи підвищення різальних властивостей різального інструменту. До них відносять хіміко-термічні, гальванічні, механічні, фізичні, нанесення зносостійких покриттів, нанесення антифрикційних покриттів. Перспективними є метод нанесення зносостійких покриттів: хіміко-термічні, гальванічні, механічні, фізичні. При використанні даної методики в кінцевому результаті отримуємо інструмент з високою твердістю та зносостійкістю. Також він має більше переваг ніж інші методи.

РОЗДІЛ 2

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

2.1 Вибір матеріалу для виготовлення черв'ячної фрези

Довговічність і надійність інструменту залежить від матеріалу і його конструкційної міцності. Підвищення експлуатаційних якостей інструменту досягається правильним вибором марки сталі.

Матеріал для інструменту вибирається з обов'язковим урахуванням [6]:

1. Умов експлуатації, а саме: характеру прикладання навантаження (статична, динамічна, знакозмінна, контактна і т. д.) і її максимальної величини:
 - характеру напружень;
 - температурних умов роботи;
 - наявності агресивного середовища;
 - типу тертя.
2. Механічних властивостей і в першу чергу поєднання високих меж втоми і циклічної в'язкості, що забезпечують надійну і тривалу роботу даного виробу.
3. Технологічних і структурних особливостей:
 - Гартування і прогартуваність в робочих перетинах;
 - стійкість аустеніту в процесах теплового впливу і характеру перетворень;
 - схильність до знеуглецювання, окислення і зростання зерна при тривалому нагріванні;
 - оброблюваності на різних стадіях формоутворення.
4. Особливостей конструкції забезпечують викривлення і протидію до утворення тріщин.
5. Економічні міркування:
 - вартості;
 - мінімального вмісту легуючих елементів.

Для виготовлення черв'ячних фрез використовуються інструментальні, леговані, теплостійкі швидкорізальні сталі: Р6М5, Р12, Р18, Р8М3, Р12Ф3 і ін.). Для порівняння візьмемо три марки сталі: Р12, Р18 і Р6М5. Хімічний склад сталей зазначений в таблиці 2.1[6]:

Таблиця 2.1

Хімічний склад сталей,% [6]

Марка сталі	C	Cr	W	V	Mo	Mn	Si	Ni	S	P	Co
	не більше										
Р6М5	0,8- 0,88	3,8- 4,4	5,5- 6,5	1,7- 2,1	5- 5,5	0,4	0,5	0,4	0,03	0,03	-
Р18	0,7- 0,8	3,8- 4,4	17- 18,5	1- 1,4	1	0,5	0,5	0,4	0,03	0,03	0,5
Р12	0,8- 0,9	2,8- 3,6	12-13	1,5- 1,9	1	0,5	0,5	0,5	0,03	0,03	0,5

У таблиці 2.2 наведені механічні властивості сталей, в таблиці 2.3 - значення теплостійкості:

Таблиця 2.2

Механічні властивості сталей [6]

Марка сталі	Режим термічної обробки		Межа міцності σ_{zg} , МПа	HRC
	$T_{гарт}$, °C	$T_{від}$, °C		
Р6М5	1220	550	3300-3400	63-65
Р12	1250	550	3000-3200	64
Р18	1280	550	2900-3100	64

Примітка. Гартування на зерно бали 10; триразовий відпуск при 550 С.

Таблиця 2.3

Теплостійкість сталі [6]

Марка сталі	Температура, °С	у _{зг} , МПа	Час, ч	HRC
P6M5	620	3300-3400	4	63
P12	580	3000-3200	4	63-64
P18	620	2900-3100	4	63-64

Швидкорізальної сталі, на відміну від інших легованих і вуглецевих сталей, мають високу теплостійкість, зберігаючи мартенситну структуру і твердість більше 60 HRC при нагріванні до 600-650 °С, більш високу міцність і підвищений опір пластичної деформації [7].

Раніше найбільш широко застосовувалася сталь P18. Вона містить більше вольфраму, ніж інші сталі, і тому має підвищену кількість карбідів (22-25% після відпуску). Основний карбід M_6C ; частка карбиду MC не більше 2-3% від загальної кількості карбідної фази. Переваги сталі P18: 1) мала чутливість до перегріву (через вплив підвищеної кількості карбідів), і, в зв'язку з цим, хороша стабільність властивостей сталей різних плавів; 2) хороша шліфувана; вміст ванадію в сталях з 18% W менше, ніж в інших сталях.

Сталь має трохи кращі ріжучі властивості при обробці сталей з надлишковими карбідами (зокрема, шарикопідшипникових) і в інструментах щодо простої форми; це пов'язано з більш високим опором пластичної деформації через більшої кількості карбідів

Різде скорочення виробництва сталі P18 пояснюється як недостатністю вольфраму і створенням тепер сталей з більш високими властивостями, так і тим, що сталь P18 має такі недоліки: а) більші розміри надлишкових карбідів: до 30 мкм, що знижує стійкість інструментів з тонкої робочої кромкою і невеликого перерізу;

б) недостатньо високі міцність і в'язкість, сильно залежать від профілю прокату; вони задовільні лише в невеликому перетині; міцність становить 3000-3300 і 2000-2300 МПа [7].

Отже в зв'язку з скороченням виробництва сталі Р18 та її недоліками, а також проаналізувавши інші сталі Р12 і Р6М5, можна зробити висновок, що для черв'ячної фрези найбільш доцільно вибрати сталь Р6М5, враховуючи вище перераховані характеристики, і тим паче дана сталь буде економнішим варіантом, в зв'язку з її меншою вартістю.

2.2 Вплив легуючих елементів на сталь Р6М5

Основними легуючими елементами швидкорізальних сталей, що забезпечують високу червоностійкість, є вольфрам, молібден, ванадій і кобальт. Крім них всі сталі легують хромом. Важливим компонентом є вуглець.

Зміст вуглецю в сталі повинно бути достатнім, щоб забезпечити утворення карбідів легуючих елементів. Так при вмісті вуглецю менше 0,7% не виходить високої твердості в загартованому і в відпущеному стані. Вплив підвищеного вмісту вуглецю в сталях з молібденом більш сприятливо, ніж у вольфрамових.

Карбідоутворюючі елементи утворюють в стали спеціальні карбіди: Me_6C на основі вольфраму і молібдену, MeC на основі ванадію і $Me_{23}C_6$ на основі хрому. Частина атомів Me становить залізо та інші елементи.

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

Ванадій утворює в стали найбільш твердий карбід VC (MeC). Максимальний ефект від введення в сталь ванадію досягається за умови, що вміст вуглецю в сталі

буде достатнім для утворення великої кількості карбідів і для насичення твердого розчину. Карбід MeC , частково розчиняючись в аустеніт, збільшує червоностійкість і підвищує твердість після відпуску завдяки ефекту дисперсійного твердіння. Нерозчиненою частиною карбиду MeC збільшує зносостійкість сталі.

Хром в усіх швидкорізальних сталях міститься в кількості близько 4%. Він є основою карбиду $Me_{23}C_6$. При нагріванні під загартування цей карбід повністю розчиняється в аустеніт при температурах, значно нижчих, ніж температури розчинення карбідів Me_6C і MeC . Внаслідок цього основна роль хрому в швидкорізальних сталях полягає в доданні сталі високої прогартованості. Він впливає і на процеси карбідоутворення при відпуску.

Кобальт застосовують для додаткового легування швидкорізальної сталі з метою підвищення її червоностійкості. Кобальт в основному знаходиться в твердому розчині і частково входить до складу карбиду Me_6C . До недоліків впливу кобальту слід віднести погіршення міцності і в'язкості сталі.

Марганець в невеликих кількостях може переводити сірку в більш сприятливе поєднання.

Сірка є шкідливою домішкою, що сприяє червоноламкості. У ледебуритного сталях негативна роль утворюються сульфідів менше через присутність в структурі значно більшого числа надлишкових карбідів, які можуть також погіршувати ці властивості. Крім того, сульфіді при низьких температурах початку затвердіння цих сталей часто служать центрами кристалізації і присутні всередині великих евтектичних карбідів. Їх кількість зменшується на кордоні зерен. Для зменшення кількості сірки (до 0,015%) використовують електрошлаковий переплав.

Фосфор також є шкідливою домішкою. При вмісті фосфору більш ніж 0,02-0,03% помітно знижується в'язкість і міцність, посилюються спотворення в решітці мартенситу [8].

2.3 Методи дослідження

2.3.1 Металографічний метод дослідження

Макроскопічний аналіз (macroscopic examination) – це аналіз матеріалів, який полягає в дослідженні їх будови неозброєним оком або за допомогою невеликих збільшень (до 30 разів) [10].

При макроаналізу одночасно вивчається порівняно велика поверхня і виходить інформація про загальну будову метала, про наявність в ньому різних дефектів.

Шліф виготовляють в перерізі, де найбільш чітко виявляються особливості макроструктури. При дослідженні злитка необхідно вивчити поздовжній і поперечний розрізи. Макроструктуру прокатаних виробів досліджують в поперечному напрямку, а структуру поковок - в поперечному і поздовжньому.

За допомогою макроаналізу можна виявити:

- порушення суцільності металу, тобто усадкову рихлість, газові бульбашки, порожнечі, тріщини;
- хімічну неоднорідність у розподілі деяких елементів, наприклад ліквіацію сірки і фосфору;
- неоднорідність будови сплаву після гарячої обробки тиском, наприклад, фігури течії металу, плоскість і ін .;
- макроструктура зварного шва: число шарів шва, зону термічного впливу, наявність пір, тріщин, не провару і наявність інших дефектів;
- вид зламу, за яким можна встановити характер руйнування зразка або деталі.

Макродослідження найчастіше проводять на зразку з попередньо підготовленої поверхнею – макрошліфу [11].

Як відомо [11], металографічний метод дослідження – це комплекс випробувань і аналітичних заходів, спрямований на вивчення макроструктури і мікроструктури металів, дослідження закономірності утворення структури і залежностей впливу структури на механічні, фізико - механічні, електричні та інші властивості металу.

Мікроаналіз (мікроскопічний аналіз) являє собою дослідження структури металу при великих збільшеннях за допомогою спеціального металографічного мікроскопа, призначеного для вивчення металу.

Метали і сплави піддаються мікроаналізу з метою дослідження загальної структури (типу структурних складових, їх величини, форми і розташування), наявності неметалічних включень і різних дефектів (велике зерно, перегрів), контролю якості теплової обробки металу [12].

Використовуваний для дослідження металів металомікроскоп дозволяє розглядати предмет у відбитому світлі (на відміну від біологічного мікроскопа, де предмет проглядається в світлі).

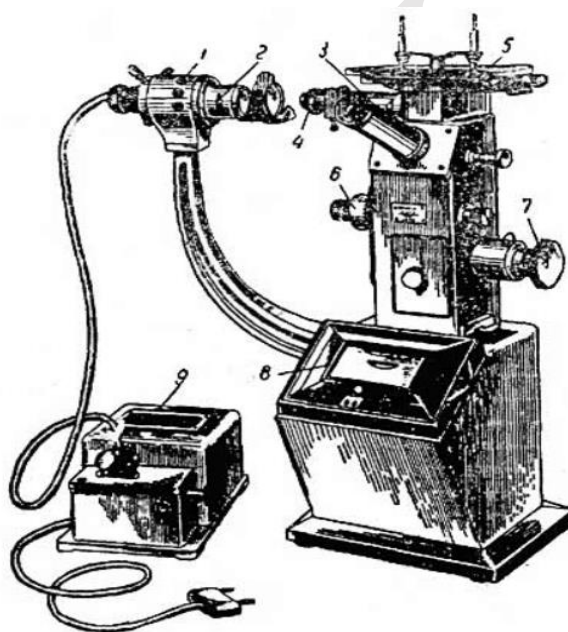


Рисунок 2.1 Загальний вигляд металографічного мікроскопа МІМ – 6 [9]

Основними частинами металомікроскопа є: лампа 1, яка харчується струмом від міської мережі через трансформатор 9. Світло від лампи проходить через лінзу 2, від якої через світлофільтри і діафрагму (обмежувач) 4 потрапляє на напівпрозору скляну пластинку, розташовану у верхній частині мікроскопа під предметним столиком 5. Промінь світла відбивається від пластинки і, пройшовши об'єктив (лінзу, розташовану біля отвору під предметним столиком, на якому встановлюється досліджуваній об'єкт - шліф), падає на площину шліфа. Від шліфа світловий промінь відбивається, проходить лінзу - окуляр 3 і прямує в око

спостерігача. При фотографуванні промінь світла від шліфа направляється на фотопластинку 8. Регулювання фокусу досягається підйомом або опусканням предметного столика 5 за допомогою гвинтів 6 (більш точне регулювання) і 7 (більш грубе) [9].

2.3.2 Випробування на твердість

Як відомо [12], твердістю називається властивість матеріалу чинити опір пластичній деформації при місцевих контактних діях у поверхневому шарі. Знання твердості дає змогу робити висновок про такі властивості матеріалу, як опір зносу, різальні властивості, здатність оброблятися різанням. Крім того, величина твердості відображає рівень міцності матеріалу. Вимірювання твердості, внаслідок швидкості та простоти випробування, а також змоги без руйнування виробу судити про його властивості, одержало дуже широке застосування для контролю якості металів і сплавів. Розглянемо один із найбільш поширених методів визначення твердості, а саме вимірювання твердості за методом Роквелла.

Цей метод полягає у вдавлюванні в метал сталюї кульки діаметром 1,59 мм або алмазного конуса з кутом біля вершини 120° під дією двох послідовно прикладених навантажень: попереднього (10кГс) і повного разом з попереднім навантаженням, що становить 60, 100 і 150кГс.

Число твердості за Роквеллом визначається шкалою індикаторного приладу під час випробувань. Це число абстрактне і виражається в умовних одиницях.

Прилад має три шкали: В, С і А (у латинських літерах) [13]:

- - шкала В (червона) призначена для випробувань м'яких матеріалів (незагартованих сталей, кольорових металів та сплавів), які мають твердість за Брінеллем не більш $230\text{кГс}/\text{мм}^2$. При випробуванні цих матеріалів застосовують сталюну кульку; повне навантаження 100 кГс, твердість позначається HRB;
- - шкала С (чорна шкала) призначена для випробувань твердих матеріалів (загартованих сталей), які мають твердість за Брінеллем від $230\text{кГс}/\text{мм}^2$

до 700 кгс/мм^2 . Для цих матеріалів застосовується алмазний конус, повне навантаження 150 кгс , твердість позначається HRC;

- - шкала А (чорна) призначена для випробувань деталей з дуже твердим поверхневим шаром, який одержано шляхом хіміко–термічної обробки (цементация, азотування та інш.), а також твердих сплавів зі твердістю за Брінеллем більш 700 кгс/мм^2 . Для вдавлення застосовують той же алмазний конус; повне навантаження 60 кгс , твердість позначається HRA.

Числа твердості за Роквеллом можна за допомогою таблиць переводити в числа твердості за Брінеллем або за Віккерсом [12].

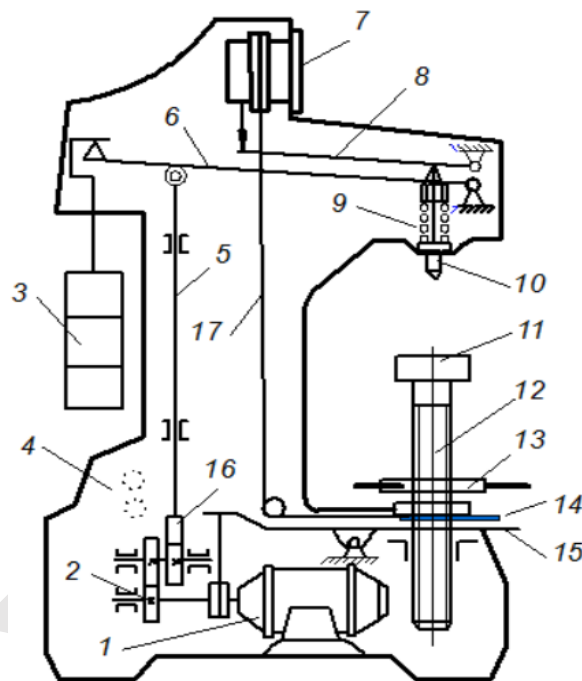


Рисунок 2.2 - твердомір за методом Роквелла ТК – 2М

- 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 нуль; 15 клавіша; 16- кулачковий блок; 17- тросик [13]

2.3.3 Випробування на міцність

Відповідно до [14], границею міцності матеріалу при розтяганні називається відношення максимального навантаження, яке передує руйнуванню зразка, до його початкової площі поперечного перерізу.

Для випробування металів на міцність (пластичність) розтяганням застосовують універсальну машину Р-5 або УМ-5, на яких ,крім розтягання можна випробувати метали на стиск і згин. Машина Р-5, як і всі сучасні машини для розтягання, має станину і три механізми – навантаження, вимірювання сили і автоматичного записування діаграми розтягу

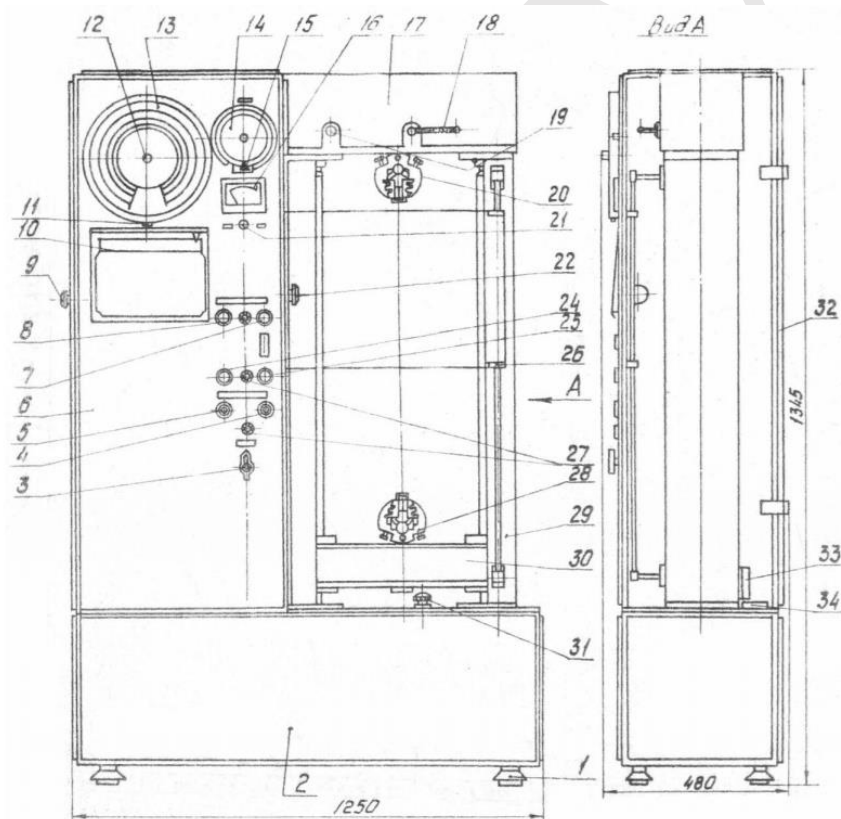


Рисунок 2.3 – Розривна машина Р5

- 1 - опора; 2 - привід; 3 - перемикач «МЕРЕЖА»; 4 - регулятор швидкості
 5 - регулятор швидкості «ГРУБО»; 6 - пульт управління; 7 – кнопка «ВГОРУ»;
 8 - кнопка «СТОП»; 9 - ручка перемотування діаграми; 10 - самопишущий прилад;
 11 - ручка установки нуля; 12 - ручка повернення контрольної стрілки; 13 - шкала навантажень; 14 - шкала деформації; 15 - показчик-коректор шкали деформації;
 16 - показчик швидкості; 17 – кожух сило вимірювача; 18 - аретир;
 19 - транспортувальне отвір; 20 – захоплення пасивний; 21 - перемикач показчика

швидкості; 22 - перемикач масштабів записи деформації; 24 – кнопка «Прискорення»; 25 - кнопка «ВНИЗ»; 26 - захисний екран; 27 - сигналізація; 28 - захоплення активний; 29 – механізм переміщення траверси; 30 – траверса рухома; 31 – датчик мастила ; 32 - двері; 33 - мікроперемикач; 34 – рівні [14]

Висновок

Проведений аналіз матеріалів для виготовлення черв'ячної фрези, що працює при підвищених температурах. Рекомендовано марки сталі P18, P6M5, P12.

Головними легуючими елементами що забезпечують високу червоностійкість, є вольфрам, молібден, ванадій і кобальт. Обов'язково всі швидкорізальні сталі легують хромом.

Сталь P6M5 за властивостями найбільше підходить для виготовлення черв'ячної фрези. Цей варіант марки сталі також є більш економічним на відміну іншим.

Розглянуті методи дослідження: макро-, мікроаналізи, дослідження твердості та міцності. Показано, що за допомогою мікроаналізу досліджується мікроструктура деталі і для його проведення застосовують металографічний мікроскоп МИМ – 6. Макроаналіз – це дослідження будови деталей без спеціалізованого обладнання.

Випробування на твердість можна провести за різними методами, наприклад: метод Брінелля, метод Вікерса та метод Роквелла. Найбільш поширений метод це Роквелла, який було розглянуто в даному розділі.

Метод випробування на міцність проводять за допомогою розривної машини P5, яка зображена на рисунку 2.3

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Планування маршрутної технології виготовлення деталі це є основною частиною для виготовлення на виробництві. Адже саме за даними розрахунками буде запущено виготовлення. Даний технологічний процес включає всі послідовні операції, тобто від початку до кінця.

При розрахунку маршрутної технології обов'язково необхідно дотримуватися всіх вимог, яких потребує дана деталь.

Отже, для виготовлення деталі черв'ячна фреза маршрутна технологія включила в себе такі етапи:

- Механічна обробка;
- Термічна обробка;
- Остаточна механічна обробка;
- Контроль якості.

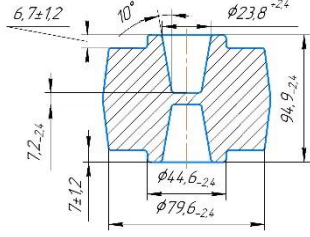
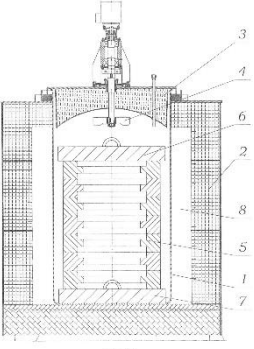
З маршрутною технологією виготовлення деталі черв'ячна фреза більш детально можна ознайомитися в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

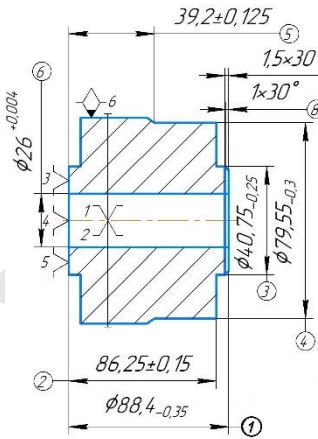
Маршрутна технологія виготовлення деталі черв'ячна фреза

Етап технології	№ операції, назва операції	Номер переходу	Тип обладнання, матеріали, інструменти	Ескіз (схема) операції (переходу), обладнання
1	2	3	4	5
Чорнова механічна обробка	1 Відрізна	1.1 Різати в штампі з диференційованим затискачем, витримуючи розмір 1.	Прес К2534, Штамп з диференційованим затиском	

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
	2. Кування	2.1 Штампувати прокат до необхідної форми.	Пароповітряний молот,	
Попередня термічна обробка	3. Попередня термічна обробка	3.1 Відпал	Шахтна піч СШЗ, температура 880-900°C, охолодження з піччю та на повітрі з 600°C	 <p>Рис.3.1 Шахтна піч СШЗ:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 - реторта 2 - корпус, футерований огнеупорным материалом 3 - крышка 4 - вентилятор 5 - кольцо (изделие) 6 - плита верхняя 7 - плита нижняя 8 - нагревательная камера[15]

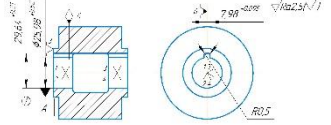
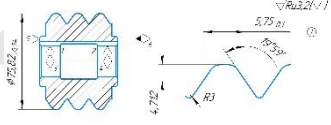
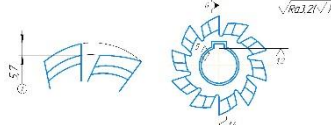
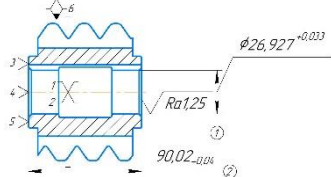
Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	
Механічна обробка	4. Токарна обробка	4.1 Підрізати торець в розмір 1	Станок 1П426ДФЗ, трьохкулачковий патрон, різець підрізний, різець прохідний, розточувальний різець, свердло, зенкер		
		4.2 Підрізати торець в розмір 2			
		4.3 Точити поверхню в розміри 2,3			
		4.4 Точити поверхню, витримуючи розміри 4,5			
		4.5 Розсвердлити отвір в розмір 6			
		4.6 Обточити фаску в розмір 7			
		4.7 Розточити фаску в розмір 8			

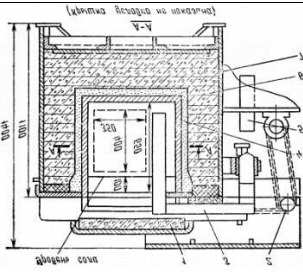
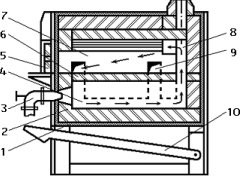
Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
		4.8 Точити поверхню, витримуючи розміри 4,5		
		4.9 Підрізати торець в розмір 1		
		4.10 Точити поверхність в розмір 2,3		
		4.11 Зінкерувати отвір в розмір 6		
		4.12 Зняти фаску в розмір 7		
		4.13 Розточити фаску в розмір 8		
		4.14 Розточити виточку в розмір 9, 10.		
		4.15 Підрізати торець в розмір 2		

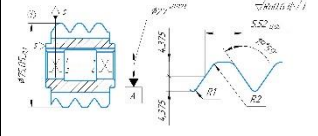
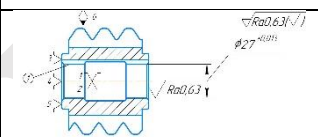
Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
	5. Протягування	5.1 Протяжна Протянуть паз 1.	Станок протяжний 7Б520, протяжка	
	6. Фрезерування	6.1 Фрезування різьби 1	Станок резьбофре- зерний ГФ-812, фасонна фреза, оправка	
	7. Токарно- тилова	6.2 Фрезерування стружкових каналів, дотримуючись розмірів 1,2,3,4	Станок фрезерний ГФ-507, фасонна фреза, оправка	
	8. Фрезерування	7.1 Проточити профіль дотримуючись розміру 1	Станок 1Б811, різець фасонний	
		8.1 Фрезерувати неповні витки	Станок вертикально- фрезерувальн ий 6М11, фреза циліндрична	

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
Остаточна термічна обробка	9. Термічна обробка	9.1 Гартування	Соляні ванни типу СВС, гартувальні баки з мастилом, температура 1210°C	 <p>Рис 3.2. Соляна ванна СВС: 1 - кришка, 2 - механізм підйому кришки, 3 - електрод, 4 - металевий тигель, 5 – струмопровід, 6 - футеровка, 7 - кожух, 8 - термопара, 9 - вентиляційний кожух[15]</p>
		9.2 Трикратний відпуск	Шахтна піч СШО, температура 550°C на повітрі,	 <p>Рис.3.3 Шахтна піч СШО: 1-корпус, 2-прямокутна камера, 3-форсунка, 4-топкова камера, 5-заслонка, 6-піддон, 7-робочий простір, 8-канал[15]</p>

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
	13.Шліфування	13.1 Шліфувати профіль 1	Станок КТ-70, шліфувальний круг	
		13.2 Доведення отвору до заданих розмірів	Вертикальний хонінгувальний станок 3Е822Д, трьохкулачковий патрон, притир.	
Контроль якості	14. Контроль якості	14.1 Контроль якості	Стіл контролера ОС-20	

Висновок

В третьому розділі розроблено маршрутну технологію виготовлення деталі черв'ячна фреза. Для детального планування технології потрібно враховувати абсолютно всі вимоги до деталі. Маршрутна технологія складається з чотирьох етапів, кожен з яких має подальші операції. механічна обробка включає в себе такі операції: відрізна; кування; токарна обробка; протягування; фрезерування; токарно-тилова; фрезерування. Термічна обробка включає такі операції: попередній відпал; гартування; трикратний відпуск; контроль якості. Остаточна механічна обробка включає такі операції: шліфування; заточування; шліфування.

Після даних трьох етапів проходить завершаючий етап – це контроль якості, який проводять на столі контролера ОС-20.

РОЗДІЛ 4

ВИБІР ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ СТАЛІ Р6М5

4.1 Термічна обробка сталі Р6М5

Термічна обробка (у подальшому ТО) є одним із широко розповсюджених способів управління властивостями металевих матеріалів; в машинобудуванні її підвергається до 40% сталі. ТО є суттєвим з трьох етапів: нагрівання до заданої температури; витримки для прогріву матеріалу за всім об'єктом та завершення фазових перетворень; охолодження до кімнатної температури з визначеною швидкістю (зменшенням якої є температура). У залежності від місць у технологічному процесі ТО підрозділяється на попередню та остаточну.

4.1.1 Попередня термічна обробка

З метою забезпечення необхідного комплексу фізико-механічних властивостей сталі перед механічною обробкою рекомендуємо після кування проводити ізотермічний відпал, що полягає в нагріванні сталі вище критичної точки A_{c1} до температури 880-900°C, витримка при цій температурі впродовж 2,5 години і повільне охолодження садки разом з піччю до 600°C з подальшим охолодженням до кімнатної температури на повітрі.

Такий режим відпалу приводе до формування дрібнозернистого глобулярного перліту, що забезпечує покращення обробки різанням швидкорізальної сталі.

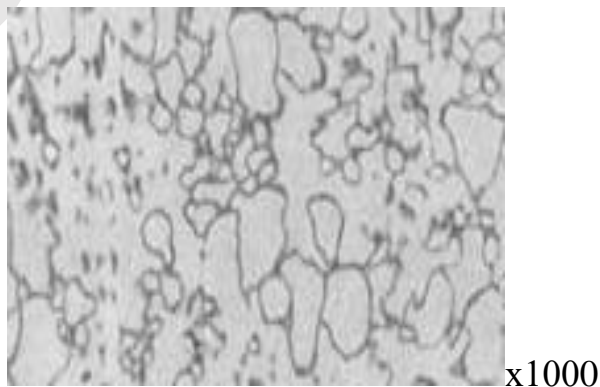


Рисунок 4.1 – мікроструктура сталі Р6М5 після кування і відпуску [18]

4.1.2 Остаточна термічна обробка сталі Р6М5

Гартування:

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

Перший підігрів для інструменту проводять при 650°C в соляній ванні, що має склад солі $60\% \text{NaOH} + 40\% \text{NaCl}$.

Другий підігрів проводять при 850°C в соляній ванні, що має склад солі $78\% \text{BaCl}_2 + 22\% \text{NaCl}$.

Остаточний нагрів також проводимо в соляній ванні, склад якої $100\% \text{BaCl}_2$ при 1210°C .

Співвідношення часу витримки при першому, другому і третьому підігріві до часу витримки при остаточному нагріванні приймаємо рівним

- $t_{1\text{нагрів}} = 10 \text{ хв}$;
- $t_{2\text{нагрів}} = 20 \text{ хв}$;
- $t_{3\text{нагрів}} = 30 \text{ хв}$.

Охолодження при загартуванні швидкорізальних сталей має забезпечити збереження високої концентрації вуглецю і легуючих елементів в твердому розчині, а також зведення до мінімуму гартувальної деформації, відсутність тріщин. Охолодження деталей проводимо в гартівному баку з маслом до температури 300°C , а потім на повітрі.

Гартування інструментальної сталі Р6М5 є більш складною у порівнянні зі сталями іншого класу. Ця сталь за своїми властивостями вимагає прискореного охолодження при загартуванні. Високі швидкості охолодження досягаються охолодженням у воді, що призводить до виникнення великих внутрішніх напружень, в результаті чого з'являються тріщини і викривлення, тому для інструментів з швидкорізальних сталей застосовується гарт в масло.

Широке застосування розплавлених солей при гартуванні інструменту, обумовлено наступними перевагами нагріву в рідких середовищах в порівнянні з нагріванням в печах:

а) рідке середовище забезпечує однакову інтенсивність нагріву з усіх боків, отримання однорідної структури і властивостей і зменшує величину гартувальної деформації інструменту;

б) в рідкому середовищі легко здійсимо місцевий нагрів робочої частини кінцевого інструмента на необхідній довжині і отримання на цій ділянці заданої високої твердості при збереженні більш низької твердості на сусідніх ділянках, наприклад на направляючої або хвостовій частині інструменту;

в) рідке середовище, захищаючи нагрівається інструмент від безпосереднього впливу кисню повітря, запобігає окисленню його поверхні в процесі нагрівання;

г) в момент перенесення загартованого інструменту в охолоджуючу середу на його поверхні зберігається тонка плівка застиглої солі, яка захищає інструмент від інтенсивного окислення в процесі охолодження.

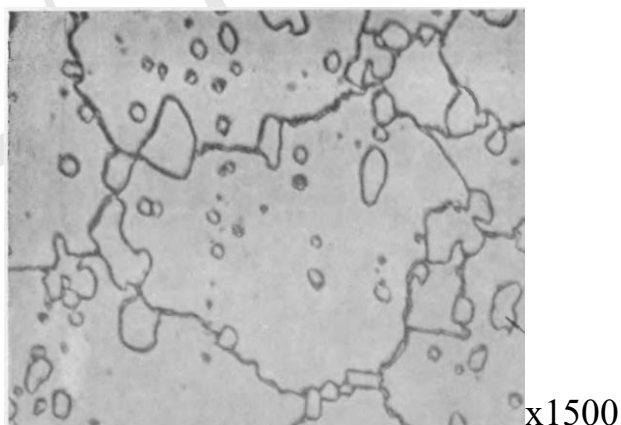


Рисунок 4.2 – мікроструктура сталі Р6М5 після гартування [18]

Відпуск:

Відпуск повинна забезпечити отримання високої вторинної твердості і зняття гартівних напруг для підвищення міцності і перетворення залишкового аустеніту.

Для більш повного перетворення залишкового аустеніту, відпуск швидкорізальних сталей необхідно повторювати 2-4 рази в залежності 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 триразовий відпуск при $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ по 1 годині з охолодженням на повітрі після кожного відпуску до температури цеху. Для видалення з поверхні інструменту залишків солей, застосовують 3 ч 5% розчин Na_2CO_3 або каустичну соду, а також мийний складу типу лабомід при температурі $70\text{-}800\text{ }^{\circ}\text{C}$, 10 хвилин [17].

Твердість швидкорізальної сталі марки Р6М5 після відпалу 25 HRC, після гартування 64 HRC, після первинного відпуску - 64 HRC, вторинного – 65 HRC, третинного - 64 HRC Після триразового відпуску вміст аустеніту зменшується з 30 до ~ 3 [3].

Залишковий аустеніт трохи знижує твердість сталі та викликає внутрішні напруги за рахунок того, що аустеніт і мартенсит в просторі займають різні обсяги. Сталь марки Р6М5 володіє підвищеною в'язкістю.

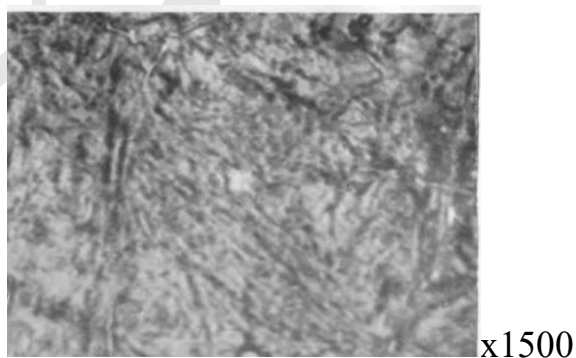


Рисунок 4.3 – мікроструктура сталі Р6М5 після відпуску [18]

Графік термічної обробки сталі Р6М5 наведено в додатку В.

4.2 Види контролю якості термообробки

Якість інструменту має бути забезпечено строгим дотриманням і контролем всіх технологічних параметрів при загартуванні і відпуску [3].

Контроль ТО проводиться по твердості, відсутності тріщин і волосовин. Твердість оброблюваної деталі контролюється неруйнівним методом контролю - 100% від партії, 30% партії контролюється на Роквелл. Твердість повинна складати 61-62 одиниці HRC. Контроль на відсутність тріщин і волосовин проводиться за допомогою дефектоскопа - 3% від партії. На інструментах перевіряють теплостійкість шляхом вимірювання твердості після відпуску при 620-6400С (4ч) або при 6750С (20хв).

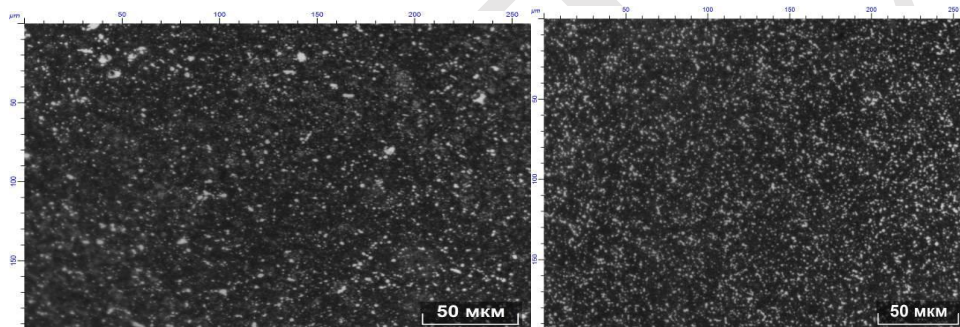


Рисунок 4.4 – Мікроструктура швидкорізальної сталі Р6М5 після повного циклу термічної обробки [18]

Висновок

Термічна обробка сталі Р6М5 проходить в два етапи: попередня і остаточна термічна обробка. До попередньої відноситься відпал, до остаточної – гартування та трьох кратний відпуск.

Відпал проходить при температурах 880-900⁰С з подальшим охолодженням з піччю.

Гартування полягає в трьох нагріваннях у соляних ваннах з різними солями. Температура першого нагрівання – 650⁰С, другого – 850⁰С, третього – 1210⁰С.

Відпуск забезпечує отримання високої вторинної твердості і зняття гартівних напружень. Проходить при температурі – 550⁰С з подальшим охолодженням на повітрі.

Розраховано загальну тривалість всього процесу термічної обробки. Вона становить 20 годин

Контроль якості полягає у визначенні твердості, який проводять за допомогою метода Роквелла. Твердомір – ТК – 2М.

РОЗДІЛ 5

РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Вибір основного і допоміжного обладнання для деталі

Обладнання повинно обиратися так, щоб було максимальне завантаження. Це робиться для того, щоб уникнути роботи в мало навантаженому стані.

Якщо зробити вірні розрахунки і правильно обрати обладнання під серійність виробництва, то цим самим ми зменшуємо затрати на термічну обробку та загальні витрати на виробництво, що в результаті сприяє найменшій кількості витрат.

Для проведення відпалу деталі черв'ячна фреза вибираємо піч типу СШЗ шахтна електрона піч.

Технічні характеристики печі СШЗ-6.12/10 наведені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Технічні характеристики печі СШЗ-6.12/10

Номінальна потужність, кВт	85
Напруга, V	350/220
Максимальна робоча температура, °C	1000
Продуктивність, кг/год	150
Габаритні розміри, мм	2800x2700x3800

Гартування для Р6М5 проводиться в 5 етапів, а саме в трьох послідовних нагріваннях в соляних ваннах, витримці при заданій температурі, та охолодженні в баках з мастилом.

Перший підігрів проводять до 650 °C в соляній ванні СВС-3,5.8.3,5/6, що має склад солі 60% NaOH + 40% NaCl. Технічна характеристика ванни наведена в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Технічна характеристика ванни СВС-3,5.8.3,5/6

Номінальна потужність, кВт	60
Напруга, V	350/220
Максимальна робоча температура, °C	650
Продуктивність, кг/год	100
Габаритні розміри, мм	1700X1700X1300

Другий підігрів проводять до 850⁰C в соляній ванні СВС-3,6.5.5/8,5, що має склад солі 78% BaCl₂ + 22% NaCl. Технічна характеристика ванни наведена в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3

Технічна характеристика ванни СВС-3,6.5.5/8,5

Номінальна потужність, кВт	100
Напруга, V	350/220
Максимальна робоча температура, °C	850
Продуктивність, кг/год	160
Габаритні розміри, мм	1800X1200X2100

Остаточний нагрів також проводимо в соляній ванні СВС-2.3,5.3,2/13, склад якої 100% BaCl₂ при 1210 °C. Технічна характеристика ванни наведена в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4

Технічна характеристика ванни СВС-2.3,5.3,2/13

Номінальна потужність, кВт	100
Напруга, V	350/220
Максимальна робоча температура, °C	1300
Продуктивність, кг/год	160
Габаритні розміри, мм	1700X3000X2100

Для відпуску використовуємо піч типу СШО-6.30/7 технічні характеристики якої наведені у таблиці 5.5.

Таблиця 5.5

Технічна характеристика печі СШО-6.30/7

Номінальна потужність, кВт	100
Напруга, V	350/220
Максимальна робоча температура, °C	700
Продуктивність, кг/год	200
Габаритні розміри, мм	2800x2800x6000

Для охолодження застосовують механізований бак для гартування з мастилом, загрузка деталей проходить за допомогою кран балки. Об'єм бака становить 15-25 літрів масла 1 кілограм гартованої деталі

Після охолодження деталей потребує очистки, для цього встановлюємо мийну машину конверторного типу з гарячим содовим розчином.

Для транспортування деталей по цеху встановлюється кран-балка. Для серійності нашого виробництва достатня вантажопідйомність становить 10 тон.

Для контролю якості застосовуємо обладнання контролю твердості за методом Брінелля – ТШ-2 та за методом Роквелла – ТК-2, кожного твердоміру по одній одиниці. Перевірка твердості становить по 5-7% від кожної партії.

5.2 Розрахунок обладнання на термічній дільниці

Щоб розрахувати потрібність основного обладнання складемо таблицю середньої продуктивності печей.

Таблиця 5.6

Середня продуктивність печей на окремих операціях в кг/год

Тип печі	Операція термічної обробки	Середня продуктивність, кг/год
СШЗ-6.12/10	Відпал	150
СВС-3,5.8.3,5/6	Гартування	100
СВС-3,6.5.5/8,5		160
СВС-2.3,5.3,2/13		160
СШО-6.30/7	Відпуск	200

Допустимо, що річний план випуску деталі черв'ячна фреза складає 200 000 штук. Розрахуємо масу однієї деталі:

$$m = V * \rho,$$

де m – це маса деталі; V – об'єм деталі; ρ – густина.

(5.1)

$$V = \frac{\pi D^2}{4} * h - \frac{\pi d^2}{4} * h,$$

де V – об'єм деталі; π – стале число 3,14; D – зовнішній діаметр; h – висота; d – внутрішній діаметр.

(5.2)

Отже,

$$V = \frac{3,14 * 7,5^2}{4} * 9 - \frac{3,14 * 2,7^2}{4} * 9 = 346,1 \text{ см}^3,$$

(5.3)

так як ρ – густина є сталим числом і дорівнює $7,85 \text{ г/см}^3$, то

$$m = 346,1 * 7,85 = 2716 \text{ г} = 2,68 \text{ кг.}$$

(5.4)

Так як, річний план складає 200 000 деталей, то річна маса буде становити

$$m_{\text{річ}} = 200\,000 * 2,68 = 536\,000 \text{ кг.} \quad (5.5)$$

Для розрахунку обладнання застосуємо метод за укрупненими показниками, адже він задовільнить мету нашого завдання. Даний метод полягає в тому, що кількість обраного обладнання розраховується за допомогою продуктивності цього ж обладнання – годинної і питомої.

Спершу розглянемо розподіл за операціями деталей, так як від операції, яка виконується залежить продуктивність печі.

Потім розраховуємо заборгованість печі, а саме який час потрібний для роботи печі для оброблення однієї партії деталей. Для цього користуємося даними з таблиць характеристики печей.

При відпалі в печі СШЗ-6.12/10 з продуктивністю 150 кг/год і річною програмою 536 000 кг заборгованість складе :

$$\frac{536000}{150} = 3573 \text{ год} \quad (5.6)$$

Отже, заборгованість даної печі становить 3573 години. Далі визначаємо потрібну кількість печей СШЗ-6.12/10 для відпалу при роботі в дві зміни протягом року приблизно 3200 години:

$$\frac{3573}{3200} = 1,1 \text{ печі} \quad (5.7)$$

Отже, кількість потрібних СШЗ-6.12/10 печей для відпалу складатиме дві одиниці при коефіцієнті завантаження:

$$\frac{1,1 * 100}{2} = 55\% \quad (5.8)$$

що задовольняє потреби інтенсивності завантаження печі.

Далі розраховуємо обладнання при операції гартування черв'ячної фрези в соляній ванні СВС-3,5.8.3,5/6 для **першого** нагрівання при продуктивності 100 кг/год і річною програмою 536 000 кг заборгованість складе:

$$\frac{536000}{100} = 5360 \text{ год} \quad (5.9)$$

З розрахунків заборгованості для першого нагрівання в соляній ванні СВС-3,5.8.3,5/6 з робочим днем в дві зміни виходить, що необхідна кількість печей складатиме:

$$\frac{5360}{3200} = 1,7 \text{ печі} \quad (5.10)$$

Виходить, що при першому нагріванні в соляній ванні СВС-3,5.8.3,5/6 їх кількість становитиме дві одиниці, а коефіцієнт завантаження дорівнює:

$$\frac{1,7 * 100}{2} = 85\% \quad (5.11)$$

Для гартування в соляній ванні СВС-3,6.5.5/8,5 при **другому** нагріванні з продуктивністю 160 ^{кг}/год і річною програмою 536 000 кг заборгованість складе:

$$\frac{536000}{160} = 3350 \text{ год} \quad (5.12)$$

З розрахунків заборгованості для другого нагрівання в соляній ванні СВС-3,6.5.5/8,5 з робочим днем в дві зміни виходить, що необхідна кількість печей складатиме:

$$\frac{3350}{3200} = 1,04 \text{ печі} \quad (5.13)$$

Приймаємо, що кількість ван при другому нагріванні становить дві одиниці, тоді коефіцієнт завантаженості буде дорівнювати:

$$\frac{1,04 * 100}{2} = 52\% \quad (5.14)$$

Для гартування в соляній ванні СВС-2.3,5.3,2/13 при **третьому** нагріванні з продуктивністю 160 кг/год і річною програмою $536\,000 \text{ кг}$ заборгованість складе:

$$\frac{536000}{160} = 3350 \text{ год} \quad (5.15)$$

З розрахунків заборгованості для третього нагрівання в соляній ванні СВС-2.3,5.3,2/13 з робочим днем в дві зміни виходить, що необхідна кількість печей складатиме:

$$\frac{3350}{3200} = 1,04 \text{ печі} \quad (5.16)$$

Приймаємо, що кількість ван при третьому нагріванні становить дві одиниці, тоді коефіцієнт завантаженості буде дорівнювати:

$$\frac{1,04 * 100}{2} = 52\% \quad (5.17)$$

При відпуску черв'ячної фрези в печі СШО-6.30/7 з продуктивністю 200 кг/год і програмою $536\,000 \text{ кг}$ в рік:

$$\frac{536000}{200} = 2680 \text{ годин} \quad (5.18)$$

Визначаємо необхідну кількість печей СШО-6.30/7 для відпуску при роботі з двох змін протягом року ~ 3200 годин. Отримаємо:

$$\frac{2680}{3200} = 0,8 \text{ печі} \quad (5.19)$$

Отже, кількість печей при відпуску буде становить одну одиницю, а значить коефіцієнт завантаження дорівнює:

$$\frac{0,8 * 100}{1} = 80\% \quad (5.20)$$

Отже, для того щоб спроектувати ділянку цеху по термічній обробці черв'ячної фрези потрібно мати:

- для відпалу – 2 печі СШЗ-6.12/10;
- для гартування – 2 соляні ванни СВС-3,5.8.3,5/6, 2 соляні ванни СВС - 3,6.5.5/8,5 та 2 соляні ванни СВС-2.3,5.3,2/13;
- для відпуску – 1 піч СШО-6.30/7;
- для охолодження – 1 механізований бак з мастилом;
- очисне обладнання – 1 мийна машина;
- для контролю якості – 1 твердомір ТШ-2 і 1 твердомір ТК-2;
- для транспортування і завантаження деталей в піч – кран-балка вантажопідйомністю 10 тон.

5.3 Планування термічної дільниці

Для планування термічної обробки необхідно:

- ділянка площі, для розташування обладнання;
- додаткова ділянка, тобто ділянка для складування виробів;
- службове приміщення;
- побутові приміщення.

Для даного цеху найбільше підходить одноповерхова будівля в прямокутній формі, яка складається з трьох прольотів. Таке розташування застосовується для забезпечення кращого освітлення, природної вентиляції. Якщо даний цех є частиною корпусу, то дану дільницю потрібно робити з найбільшою протяжністю вздовж зовнішнього боку корпусу.

Як відомо [15], стандарт по вибору ширини відповідає розмірам мостового крану, тобто кратному 6,12,18 м і т.д. Рекомендована відстань між колон складає 6 або 12 метрів. Колони, які використовуються виготовляють із залізобетону. При виборі висоти необхідно врахувати висоту обладнання, тип підйомного крану.

Стандартною висотою термічної ділянки є 7,2;8,4;9,6 або ж 10,8 метрів.

Дах цеху будується з використанням вогнестійких матеріалів та матеріалів теплоізоляції.

Підлога повинна бути достатньо твердою, легко очищатися від бруду та не ковзати, виготовлення якої повинно бути з водонепроникних матеріалів.

Для розрахування загальної площі скористаємося формулою:

$$S_{\text{заг}} = S_{\text{кор}} + S_{\text{дод}} + S_{\text{прох}} \quad (5.21)$$

де $S_{\text{кор}}$ – корисна виробнича площа, необхідна для розташування обладнання;

$S_{\text{дод}}$ – додаткова площа необхідна для розміщення технологічного оснащення, деталей до і після термічної обробки, технологічних і допоміжних матеріалів, для організації між операційних складів, місць для формування садок і ін.;

$S_{\text{прох}}$ – площа проходів та проїздів.

Також необхідно врахувати площу під кабінет начальника цеху ($\sim 15 \text{ м}^2$), приміщення для майстра та технолога ($\sim 15 \text{ м}^2$), майстерню механіка та електрика ($\sim 20 \text{ м}^2$), службу ВТК ($\sim 20 \text{ м}^2$), кімнату відпочинку ($\sim 25 \text{ м}^2$), приміщення для гардеробу, душових та санвузлів ($\sim 50 \text{ м}^2$), місце складування запчастин ($\sim 25 \text{ м}^2$)

Допустимо, що $S_{\text{кор}}$ складає 10 м^2 на кожну одиницю обладнання, тоді

$$S_{\text{кор}} = 10 * 13 = 130 \text{ м}^2 \quad (5.22)$$

$$S_{\text{дод}} = 0,5 * S_{\text{кор}} = 0,5 * 130 = 65 \text{ м}^2 \quad (5.23)$$

$$S_{\text{прох}} = 0,5 * S_{\text{кор}} = 0,5 * 130 = 65 \text{ м}^2 \quad (5.24)$$

Отже,

$$S_{\text{заг}} = 130 + 65 + 65 + 170 = 430 \text{ м}^2 \quad (5.25)$$

Щоб визначити довжину цеха скористаємося формулою:

$$L = \frac{S_{\text{заг}}}{B}$$

де $S_{\text{заг}}$ – загальна площа цеху, B – загальна ширина цеху.

(5.26)

Приймаємо, що загальна ширина становить 18 метрів, тоді:

$$L = \frac{430}{18} = 24 \text{ метрів}$$

(5.27)

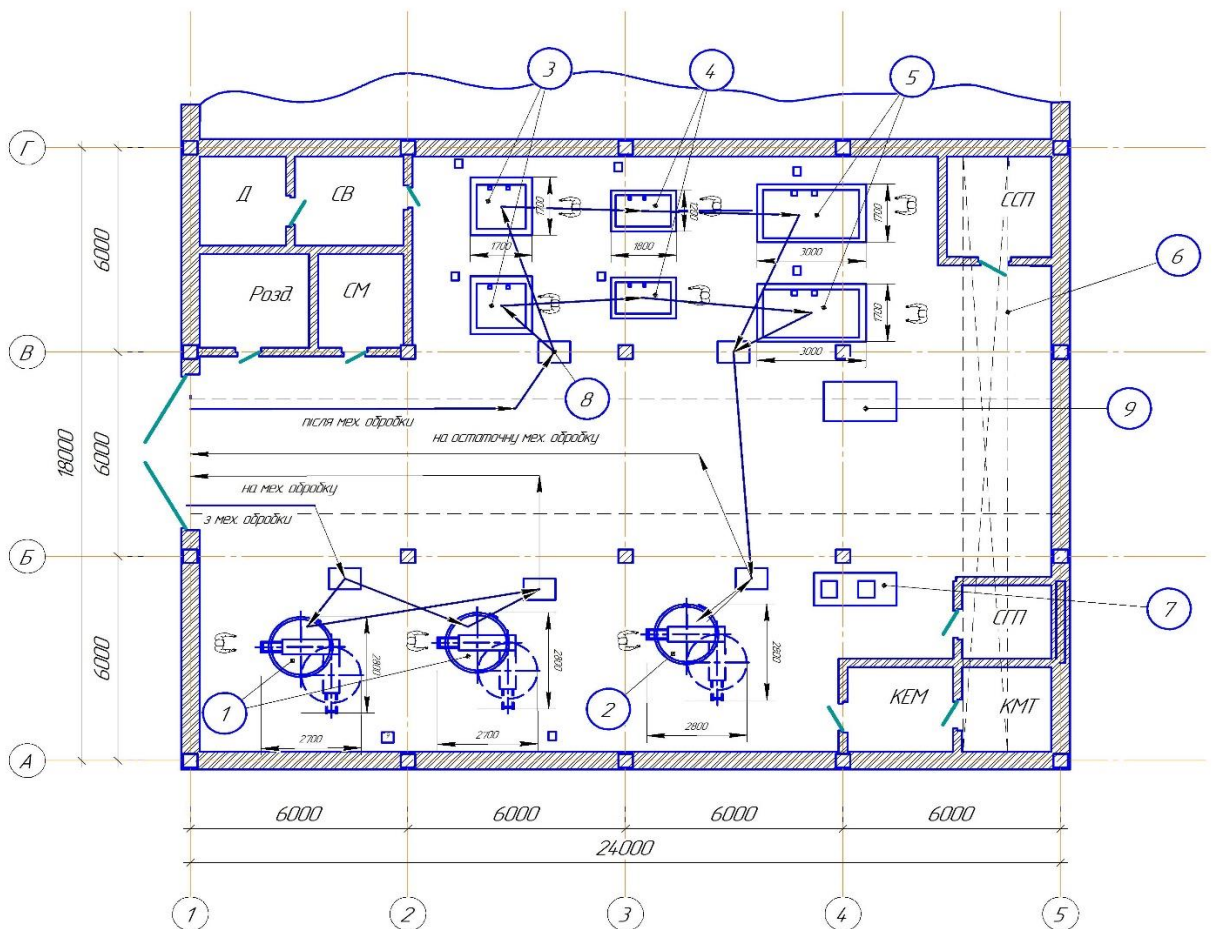


Рисунок 5.1 – Планування ділянки цеху для термічної обробки черв'ячної фрези:

- 1- піч для відпалу СШЗ-6.12/10; 2 – піч для відпуску СШО-6.30/7; 3 – соляна ванна для гартування СВС-3,5.8.3,5/6; 4 - соляна ванна для гартування СВС - 3,6.5.5/8,5; 5 - соляна ванна для гартування СВС - 2.3,5.3,2/13; 6 – кран-балка; 7 – стіл контролера; 8 – місце складування; 9 – бак з маслом для гартування; 10 - електрощитова

Специфікація обладнання, що застосовується:

Основне обладнання.

1. Склад;
2. Службове приміщення;
3. Побутове приміщення;
4. Піч – СШЗ-6.12/10- 2 шт;
5. Соляні ванни СВС-3,5.8.3,5/6;СВС-3,6.5.5/8,5;СВС-2.3,5.3,2/13 – по 2 шт;
6. Піч – СШО-6.30/7– 1 шт;
7. Установка ТВЧ;
8. Генератор установки ТВЧ.

Допоміжне обладнання.

1. Гартівний бак – 1 шт;
2. Мийний бак – 1 шт;
3. Місце для зберігання заготовок – 10 шт.

Обладнання контролю.

1. Твердомір ТШ-2;
2. Твердомір ТК-2;
3. Кран-балка – 10 т.

Висновок

В даному розділі розробили план проектування цеху для термічної обробки черв'ячної фрези. Для термічної обробки деталей ...фрези річною програмою 53600 кг рекомендовано основне термічне обладнання:

- для відпалу – піч СШЗ-6.12/10 у кількості 2 одиниці;
- для гартування – соляні ванни СВС-3,5.8.3,5/6, СВС -3,6.5.5/8,5 СВС-2.3,5.3,2/13; в кількості по 2 одиниці
- для відпуску СШО-6.30/7 в кількості 1

З допоміжного обладнання та обладнання контролю необхідно:

- гартівні баки;
- мийні машини;
- місця для зберігання заготовок;
- кран-балка;
- твердоміри ТК-2;
- твердоміри ТШ-2.

Також з розрахунків з'ясували, що загальна площа термічного цеху становить 280 м², а його довжина – 15,5 метрів.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі над здобуття ступеня «бакалавр» за напрямом підготовки 132 «Матеріалознавство» за результатами досліджень дійшли до наступних висновків:

1. Розглянуто аналіз умов роботи деталі черв'ячна фреза і визначено вимоги до матеріалу. Наведено основні причини виходу із ладу деталі. Основними причинами є інтенсивний знос по тильній частині, викришування ріжучої кромки, нарощування, вібрації, погана якість обробленої поверхні. Розглянуті основні методи підвищення різальних властивостей різального інструменту. До них відносять хіміко-термічні, гальванічні, механічні, фізичні, нанесення зносостійких покриттів, нанесення антифрикційних покриттів.

2. Проведено аналіз матеріалів для виготовлення черв'ячної фрези. Рекомендованими є сталі ледебуритного класу типу P18, P12. Сталь P6M5 є комплексно та економнолегована. Головними легуючими елементами сталі P6M5 є вольфрам, молібден, ванадій, кобальт і хромом. Додавання хрому забезпечує високу прогартованість, додавання кобальту – збільшення червоностійкості, ванадію – утворення карбідів типу MeC, вольфрам і молібден – забезпечення червоностійкості.

3. Розроблено карту маршрутної технології виготовлення деталі «черв'ячна фреза». Вона складається з п'яти етапів: чорнова механічна обробка; попередня термічна обробка; чистова механічна обробка; остаточна термічна обробка; остаточна механічна обробка; контроль якості.

4. Обґрунтовано вибір термічної обробки для виготовлення деталі. Вона складається з двох етапів – попередня термічна обробка та остаточна термічна обробка. До першого етапу відноситься ізотермічний відпал, до другого етапу – гартування та трикратний відпуск. Така обробка забезпечує ..

5. Запропоновано обладнання для термічної ділянки. Для проведення відпалу рекомендована піч типу СШЗ, для проведення гартування – соляні ванни типу СВС, для відпуску – печі типу СШО. Розраховано потрібну кількість кожного з обладнання, також розраховано потрібну площу для даної ділянки.

6. Сплановано умовний план ділянки цеху для термічної обробки сталі «черв'ячна фреза».

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Токарев, В.В. Червячные зуборезные фрезы: учеб. пособие – Москва.: Машиностроение, 1998.– 136 с.
2. Аверьянов О.И., Клепиков В.В. Резание материалов: Учебное пособие. - М.: МГИУ, 2008. - 116 с
3. Справочник фрезеровщика / Л.Н. Бердников та ін; под. ред. В.Ф. Безъязычного. М.: Машиностроение, 2010. – 272 с.
4. Умови роботи черв'ячних фрез: веб-сайт. URL: <https://freza.ru/blog/prichiny-rolomki-frez/> (дата звернення: 27.05.2021).
5. Булига Ю. В., Слабкий А. В. Основи інструментального виробництва : навчальний посібник – Вінниця: ВНТУ, 2018.149 с.
6. Шлеймович М. А. Технология изготовления зуборезного инструмента – Москва, Свердловск, 1948. 256 с.
7. Геллер Ю.А.М.Инструментальные стали. 5-е изд.: Металургия, 1983. 527 с.
8. Меськин В.С. Основы легирования стали. – СПб ГИТМО (ТУ), 2002. – 236с.
9. Можливі методи зміцнення деталі черв'ячна фреза: веб-сайт. URL: http://www.conatem.ru/tehnologiya_metallov/texnika-mikroanaliza-metallov.html (дата звернення: 30.05.2021).
- 10.Архіпова Т. Ф., Осадчук А. Ю.Прикладне матеріалознавство : навчальний посібник. / – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 60 с.
- 11.Металографічні методи зміцнення сталі: веб-сайт. URL: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/instit_fakul_kaf_shkol_y/ips/novye_vozmozhnosti_dlya_kazhdogo/materialoved_term_obr_i_met_issl_met_i_spl/tema6/metody_macro_i_microanaliza_harakternye_defekty_stali_na_0sn_et_proizvodstva..pdf (дата звернення 30.05.2021).
- 12.Лутай 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.ГОСТ 9012 – 59 Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю(переиздание.Декабрь.,январь 1993г.)
- 14.ГОСТ 27609-88. Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Основные положения и требования к проведению и нормативно-техническому обеспечению чинний від [21 ноября 1997 г.]
- 15.Методи випробування на твердість: веб-сайт – URL: https://www.msun.ru/dir/kaf_tm/educate/labrab_1/training/treining2.html (дата звернення (30.05.2021).
- 16.Методи випробування на міцність: веб-сайт – URL: <https://asma.com.ua/files/92/1511096900to-r-0,5.pdf> дата звернення (30.05.2021)

- 17.Соколов К. Н. Оборудование термических цехов.. — 2-е изд., перераб. и доп. — Киев; Донецк: Вща школа. Головное изд-во, 1984.— 328 с.
- 18.Марочник сталей та сплавів. Харків: веб-сайт – URL: http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=301 дата звернення (1.06.2021)
- 19.Большаков В. И., Сухомлин Г. Д., Лаухин Д. В.. Атлас структур металлов и сплавов. - Днепропетровск: ГВУЗ «ПГАСА», 2010. 174 с.: с ил.

С У М Д