

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 гвинта КГП

Виконав:

студент Іщенко Сергій Миколойович

Залікова книжка

№19510086

Підпис _____

Захищена з оцінкою

Оцінка, дата

Керівник:

Дегула Андрій Іванович

Підпис _____

Секретар ЕК:

підпис

Марченко К.С.

Суми 2022

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Гарант Освітньої програми
«Прикладне матеріалознавство»
Харченко Н.А.
« ____ » _____ 2022 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студенту Іщенко Сергію Миколайовичу, група МТ-81
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема випускної роботи: Вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення і термічної обробки гвинта КГП.
2. Вихідні дані: Креслення гвинта та вимоги до нього вказані у додатку А, а також креслення кульково-гвинтової передачі додаток Б.
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 |

4) Дата видачі завдання _____ 2022 р.

Керівник _____
(підпис)

доцент, Дегула А.І.
(посада, прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра містить 63 сторінок, 5 розділів, 19 рисунків, 9 таблиць, 35 літературних джерел.

Мета роботи – аналіз умов експлуатації гвинта. Обрати раціональний режим термічної обробки. Розробити маршрутну технологію виготовлення виробу. Раціонально обрати матеріал для виготовлення деталі.

Завдання:

- Провести аналіз умов експлуатації деталі;
- Ґрунтовно розібрати відомі літературні джерела;
- Раціонально обрати матеріал для виготовлення виробу;
- Розробити технологію виготовлення деталі, описати термічну обробку та підібрати технологічне обладнання для її проведення;
- Розробити маршрутну технологію виготовлення деталі.

Методи досліджень: металографічні дослідження структури сталі, вимірювання твердості.

В ході роботи була обрана марка інструментальної сталі, розроблена маршрутна технологія виготовлення деталі «гвинт», запропоновано режим термічної обробки деталі. Після проведення всіх етапів термообробки було проведено дослідження структури сталі. В ході досліджень було обрано оптимальний варіант виготовлення гвинта.

Ключові слова: гвинт, твердість, зносостійкість, кулько-гвинтова передача, термообробка, печі, план.

ЗМІСТ

| | |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| РЕФЕРАТ | 3 |
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ | 6 |
| ВСТУП..... | 7 |
| РОЗДІЛ 1 | 9 |
| АНАЛІЗ УМОВ РОБОТИ ДЕТАЛІ | 9 |
| 1.1 Застосування кулько гвинтової передачі та вимоги до неї | 9 |
| 1.2 Вимоги до гвинта КГП | 11 |
| ВИСНОВКИ..... | 14 |
| РОЗДІЛ 2 | 15 |
| ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ | 15 |
| 2.1 Технології виготовлення гвинта та методи його зміцнення | 15 |
| 2.2 Методи зміцнення гвинтів КГП | 18 |
| ВИСНОВКИ..... | 21 |
| РОЗДІЛ 3 | 22 |
| ВИБІР МАТЕРІАЛУ ДЕТАЛІ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ | 22 |
| 3.1 Вибір матеріалу для виготовлення гвинта | 22 |
| 3.2 Вплив легувальних елементів на властивості сталі ХВГ | 24 |
| 3.3 Методи досліджень..... | 26 |
| 3.3.1 Металографічні дослідження [30]..... | 26 |
| 3.3.2 Випробування металу на твердість..... | 28 |
| 3.3.3 Випробування абразивної зносостійкості | 32 |
| ВИСНОВКИ..... | 33 |
| РОЗДІЛ 4 | 34 |
| РОЗРОБКА МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБУ | 34 |
| ВИСНОВОК..... | 40 |
| РОЗДІЛ 5 | 41 |
| РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА..... | 41 |
| 5.1 Термічна обробка | 41 |
| 5.2 Розрахунок виробничої програми | 44 |

| | | |
|-------|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.3 | Розрахунок і вибір основного, допоміжного і додаткового обладнання | 45 |
| 5.3.1 | Розрахунок основного обладнання | 45 |
| 5.4 | Проектування термічного відділення | 48 |
| 5.4.1 | Розрахунок площі та особливості проектуємого приміщення | 48 |
| 5.4.2 | Розробка плану розташування обладнання на термічній ділянці..... | 50 |
| | ВИСНОВКИ..... | 52 |
| | ВИСНОВКИ..... | 53 |
| | СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ | 55 |
| | ДОДАТОК А..... | 60 |
| | ДОДАТОК Б..... | 61 |
| | ДОДАТОК В..... | 62 |
| | ДОДАТОК Г..... | 63 |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

КГП – кулько гвинтова передача;

ХГ – ходовий гвинт;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

ТО – термічна обробка;

СВЧ – струми високої частоти;

ХТО – хіміко-термічна обробка;

НВ – твердість за методом Бринелля;

НV – твердість за методом Віккерса;

К – показник температури у градусах Кельвіна;

С – показник температури у градусах Цельсія;

ТШ – твердомір кулькового типу;

ХВГ – марка інструментальної сталі.

ВСТУП

Останнім часом спостерігається суттєва зміна у розвитку і застосуванні інструментальної сталі. Застосування інструментальних сталей в якості конструкційних і для інших умов експлуатації вимагає знання таких властивостей сталей, які раніше мало вивчали, в першу чергу в'язкість, опір знакозмінних навантажень і контактної витривалості в різних структурних станах [1]. У сучасному машинобудуванні для підвищення довговічності відповідальних деталей широко використовують процеси термічної обробки, з яких найбільшого поширення набули гартування і відпуск. В результаті застосування цих методів термічної обробки підвищується зносостійкість деталі, зростає втомна міцність та інші характеристики сталей. Перспективним напрямом вдосконалення технології термічної обробки є інтенсифікація процесів нагріву, установка агрегатів для термічної обробки [2].

Передача гвинт-гайка – гвинтова механічна передача, що перетворює обертальний рух на поступальний, або навпаки. У загальному випадку вона складається з гвинта та гайки [1].

Гвинтові передачі поділяються на [1]:

- 1) передачі ковзання;
- 2) передачі кочення:
 - кулько гвинтові передачі кочення (КГП);
 - ролик гвинтові передачі кочення.

Застосовують гвинтові передачі у приводах виконавчих органів (наприклад: металообробні верстати, ковально-пресове обладнання, 3Д принтери відповідають за переміщення по висоті (вісь Z)) [3].

Регульовальні гвинти і болти в машинах і механізмах (наприклад, регульовані по висоті опори меблів і обладнання (ніжки, що викручуються)).

Інструменти (слюсарні лещата, струбцини, знімники, штопори, гвинтові домкрати) [2].

Дитячі іграшки: для запуску юли та літаючого гвинтокрила [1].

Пара болт-гайка хоча і є, по суті, гвинтовою передачею, проте призначена вона не для переміщення, а для закріплення деталей, тому відноситься до з'єднань. Аналогічно шурупи та гвинтові (черв'якові) металеві хомути [1].

Гвинтові передачі ковзання з звичайними кроками різьблення гвинта відносяться до сомогальмівних, в нормі осьове навантаження на гвинту не здатне викликати обертання приводної гайки. У той же час, через вкрай низьке тертя, гвинтові передачі кочення такою властивістю не мають, що слід враховувати в плані безпеки [1, 2].

СУМД

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ УМОВ РОБОТИ ДЕТАЛІ

1.1 Застосування кулько гвинтової передачі та вимоги до неї

Кулькова гвинтова передача (КГП) складається з гвинта і гайки і служить для перетворення обертального руху в поступальний.

У кулько-гвинтових передачах на гвинті і в гайці виконані гвинтові канавки (різьблення) криволінійного профілю, службовці доріжками кочення для кульок, розміщених між витками гвинта і гайки. Найбільшого поширення набула різьблення з напівкруглим профілем (рисунок 1.1). При цьому обертання закріпленої від осьових переміщень гайки викликає поступальний переміщення гвинта, або обертання закріпленого від осьових переміщень гвинта приводить до поступального переміщення гайки.

Переваги кулько-гвинтової передачі: можливість створення великих осьових сил; малі втрати на тертя (ККД передачі 0,9 і вище); можливість отримання поступального переміщення з високою точністю; малі габарити при високій несучій здатності; значний ресурс [1, 2].



Рисунок 1.1. Перетин кулько-гвинтової передачі [3]

До недоліків можна віднести складність конструкції гайки, необхідність високої точності виготовлення і хорошою захисту передачі від забруднень. Кулько-гвинтові передачі застосовують в механізмах точних переміщень, в

системах стеження і в відповідальних силових передачах (верстатобудування, робототехніка, авіаційна і космічна техніка, атомна енергетика, ковальсько-пресове обладнання і ін.) [3].

При обертанні гвинта кульки захоплюються в рух по гвинтовим канавкам, поступально переміщують гайку і, викочуючи з різьблення, через перепускний канал (канал повернення) повертаються в початкове положення.

Таким чином переміщення кульок відбувається по замкнутому всередині гайки контуру (рисунок 1.2). Найбільш поширена конструкція КГП, в якій канал повернення з'єднує два сусідніх витка [1-3].

У верстатобудуванні застосовують трьохконтурні гайки. Пропускний канал виконують в спеціальному вкладиші, який вставляють в овальне вікно гайки. У трьохконтурній гайки передбачають три вкладиша, розташовані під кутом 120° один до іншого і зміщені по довжині гайки на один крок різьблення по відношенню один до одного. Таким чином кульки в гайці розділені на три (за кількістю робочих витків) незалежних групи [2].



Рисунок 1.2. Принцип роботи КГП [3]

При роботі передачі кульки, пройшовши по гвинтовий канавки на гвинті шлях, рівний довжині одного або декількох витків, викочуються з різьблення в перепускний канал вкладиша і повертаються назад у вихідне положення на вихідний виток гайки.

1.2 Вимоги до гвинта КГП

В залежності від основних вимог, що ставляться до гвинта, гвинтові передачі та їх гвинти поділяються на:

Вантажні (рисунок 1.3 а), що використовуються для створення великих осьових сил (в підйомних механізмах, верстатах, гвинтових пресах тощо). При знакозмінному навантаженні мають трапецієподібну нарізь, при великому односторонньому навантаженні — упорну. Гайки вантажних гвинтів виконуються цілісними. В домкратах для забезпечення великої сили та самогальмування використовують однозахідну нарізь з малим кутом підйому Ψ гвинтової лінії [4].

Ходові (рисунок 1.3 б), які використовуються для переміщень в механізмах подачі (наприклад, механізми подачі робочих інструментів у верстатах). Для зменшення тертя мають, в основному, трапецеподібну багатозахідну нарізь. Для усунення «мертвого» ходу через знос нарізі гайки ходових гвинтів виконують роз'ємними [4].

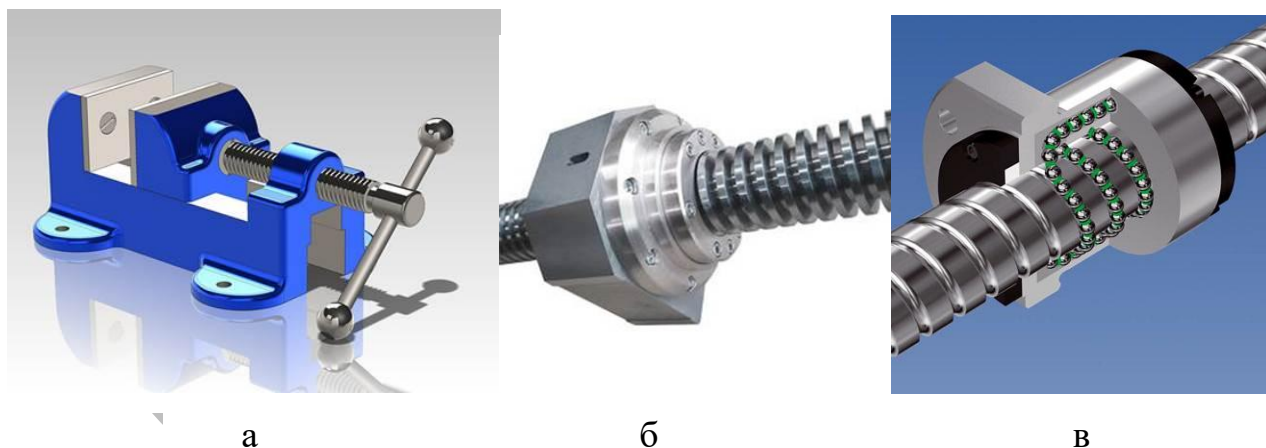


Рисунок 1.3. Види гвинтових передач: а – вантажна передача, б – ходова передача, в – встановлювана передача [5]

Встановлювальні (рисунок 1.3 в) – використовуються для точних переміщень та регулювання у вимірювальних приладах (механізми для точних переміщень, мікрометричні і диференціальні гвинти), в прокатних станах

(регулювально-встановлювальні механізми підшипників, натискні гвинти). Зазвичай, мають метричну нарізь. Для забезпечення безлюфтової передачі гайки роблять спареними. В механізмах точних переміщень, де важливе мале тертя і відсутність зазору в нарізі, використовують кулькові пари [4].

Передача гвинт-гайка використовується для перетворення обертального руху у поступальний в різних галузях техніки; в приладах, верстатах, пресах, прокатних станах, випробувальних машинах тощо. Виконується передача за двома схемами (рисунок 1.4):

- схема 1: гвинт – обертальний рух, гайка – поступальний.
- схема 2: гайка – обертальний рух, гвинт – поступальний.

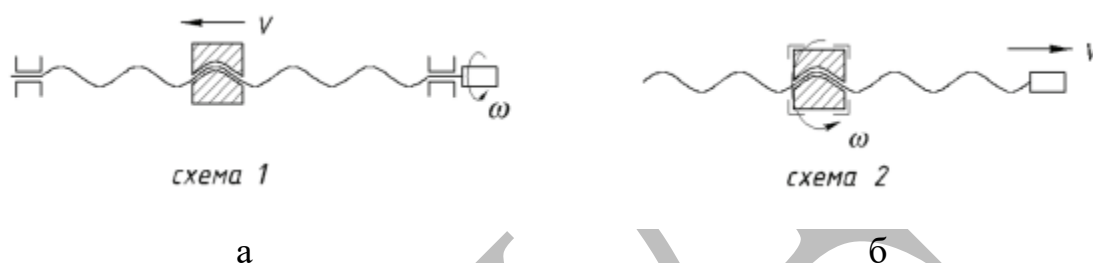


Рисунок 1.4. Схеми роботи пари гвинт-гайка: а – схема 1, б – схема 2 [7]

Переваги передачі: висока несуча здатність, великий вигравш у силі, дозволяє реалізувати повільні переміщення і досягти високу точність переміщення, простота конструкції.

Недоліки передачі: великі втрати на тертя, значне спрацювання елементів передачі, низький коефіцієнт корисної дії (ККД).

Класифікація: за призначенням: кінематичні, силові; за видом тертя: з тертям ковзання, з тертям кочення. Остання має високий ККД, але даний вид механічної передачі досить дорогий [2-5].

В гвинтів використовуються наступні типи різьб: стандартні – трикутна, трапецеїдальна, упорна; нестандартна прямокутна (рисунок 1.5).

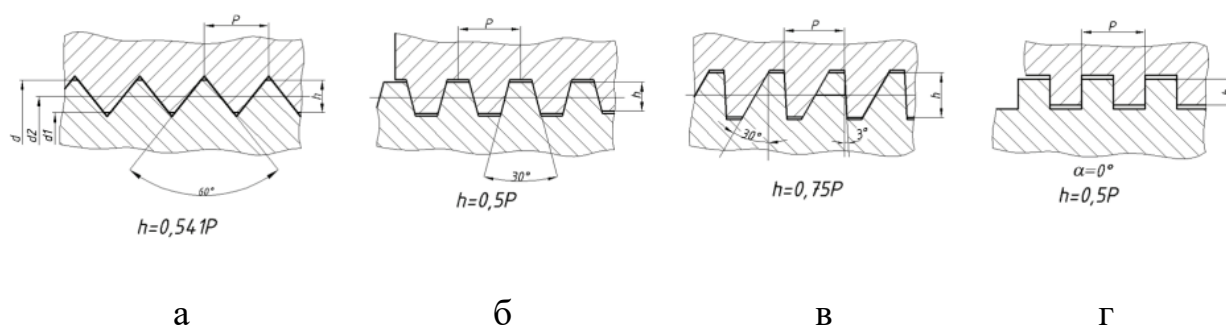


Рисунок 1.5. Типи різьби гвинта: а – трикутна, б – трапецеїдальна,

в – упорна, г – нестандартна прямокутна [7]

Трикутна різьба: низький ККД., використовується в кінематичних передачах. Трапецеїдальна: технологічна, міцніша прямокутної, має широке застосування. Упорна: сприймає велике однічне осьове навантаження. Прямокутна: нетехнологічна (не можна нарізати фрезами), підвищений ККД, досить дорога у виготовленні та майже не застосовують [8].

Гвинти КГП використовують для точних переміщень та регулювання. Мають метричну нарізь. Для забезпечення безлюфтової передачі гайки роблять спареними. У таких механізмах точних переміщень, де важливе мале тертя і відсутність зазору в нарізі, використовують кулькові пари, в яких тертя ковзання замінене тертям кочення. ККД такого передавача становить 0,95 [5-8].



ВИСНОВКИ

Гвинт КГП використовується у точних механізмах, він повинен мати високу точність та якість. Має можливість створення великих осьових сил. Він має високий ККД від 0,9 до 0,95. КГП має низький коефіцієнт тертя через те, що кертя ковзання замінено на тертя кочення. У таких передачах не має бути люфту між гайкою та гвинтом тому його виготовлення має бути точним, через це він буде досить дорого коштувати і його застосування має бути обґрунтованим.

РОЗДІЛ 2

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

2.1 Технології виготовлення гвинта та методи його зміцнення

Ходові гвинти служать для перетворення обертального руху в поступальний прямолінійне переміщення за допомогою сполученої з ним гайки різних деталей і вузлів із заданою точністю. Рівномірність переміщення різних деталей і вузлів, надає високий вплив на точність оброблюваних деталей [9].

Показниками якості ходових гвинтів є діаметр гвинта, точність кроку, точність профілю різьби, співвісність різьби та його опорних шийок, їх точність, відхилення від перпендикулярних опорних бортів і осі обертання, зносостійкість, товщина різьблення. Гвинти в залежності від ступеня точності переміщення, яку вони повинні забезпечувати, ділять на п'ять класів: 0, 1, 2, 3 та 4 [9].

Матеріали та способи отримання заготовок для гвинтів. Зазвичай для гвинтів застосовують прутки, відрізаний із сортового прокату. До матеріалу гвинтів пред'являють вимоги високої зносостійкості, хорошої оброблюваності і стану стабільної рівноваги внутрішніх напружень, після механічної обробки щоб уникнути деформації при експлуатації [10].

Профіль різьби гвинтів може бути наступних видів: трапецеїдальний (рисунок 2.1), прямокутний, трикутний, та напівсферичний. Найбільше застосування знаходять ходові гвинти з трапецеїдальною різьбленням, яка вище за міцністю прямокутної і дозволяє за допомогою розрізної гайки регулювати осі та зазори, що виникають внаслідок зносу, найменше застосування отримав напівсферичний гвинт оскільки має застосування у КГП і повинен бути виготовлений по найвищому класу точності. Нарізування і шліфування трапецеїдальної та сферичної різьби простіше, ніж нарізання і шліфування прямокутної (фрезерування різьби з прямокутним профілем неможливо). Однак точності характеристики прямокутних різьб вище вище трапецеїдальних [11].

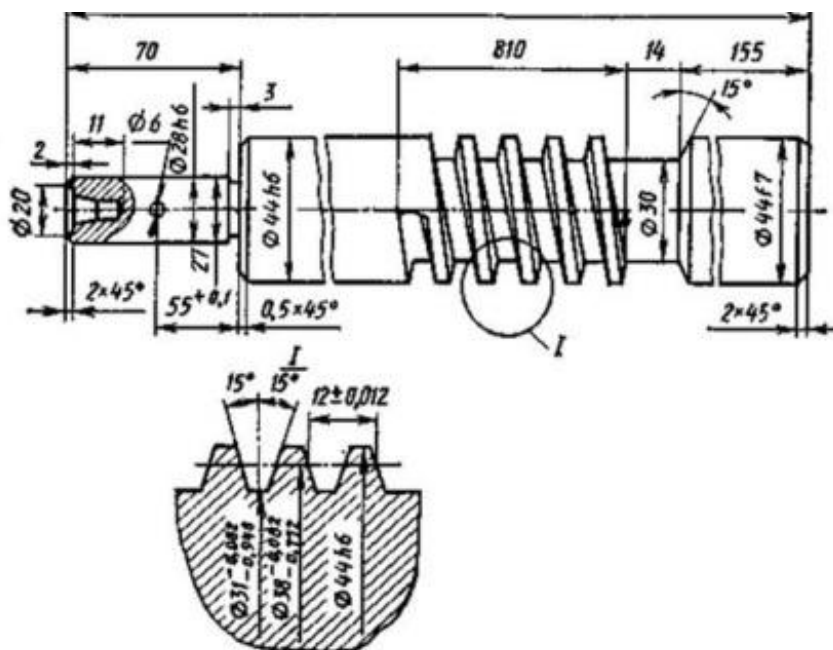


Рисунок 2.1. Схема ходового гвинта 3-го класу точності із трапецеїдальною різьбою

Обробка гвинтів застосовується основними базами гвинта, якими він базується в верстаті, є його опорні шийки і опорні бортики. Виконавчою поверхнею ходового гвинта є поверхня гвинтового різьблення. Між виконавчими поверхнями в основному базується поверхнями гвинта, їй повинна бути забезпечена найбільша точність. Так як технологічними базами при виготовленні ходових гвинтів є центрові отвори, то щоб уникнути деформації при обробці всіх поверхонь гвинта виробляють із застосуванням рухомих люнетів, що зазначають особливості процесу обробки гвинтів [9-12].

Зовнішню поверхню гвинта обробляють до 5-го квалітету (поле допуску h5) для гвинтів 0; 1 і 2-го класів; до 6-го квалітету (поле допуску h6) для ходових гвинтів 3-го класу. Гвинти 4-го класу обробляють до 6-го квалітету (h6), а також з полем допуску по зовнішньому діаметру. Для отримання заготовки гвинта прокат піддають правці і після розрізання сверлять центрові отвори спочатку з одного торця, а потім після повороту на 180° з іншого.

Центровку виробляють на токарних верстатах, де тимчасово підрізають торці. Для створення сприятливих умов використання рухливих люнетів після токарної обробки зовнішніх поверхонь заготовку шліфують на бесцентрово-шліфувальних або на круглошліфувальних верстатах в центрах. Шліфування в центрах застосовують для гвинтів класів 0; 1 і 2 [9].

Перед нарізуванням різьблення, після токарного оброблення базових шийок, заготовку піддають правці (гвинти 3-го класу і грубіше) з подальшим шліфуванням зовнішньої поверхні. Технологічними базами при цьому є поверхні центрових отворів. Різьблення на ходових гвинтах отримують на токарно-гвинторізних верстатах. На-різання відбувається за кілька робочих ходів. Більш продуктивно виконувати попереднє фрезерування дисковими фрезами і остаточно оброблюють деталі на токарних верстатах. Після обточування і попереднього нарізання різьблення гвинти до 3-го класу піддають нормалізації для зняття залишкових напружень [11].

Оздоблювальну обробку різьблення виробляють на позиційних токарно-гвинторізних верстатах швидкорізальними різцями з гостро заточеними гранями. Щоб точніше встановити площину профілю різця за профілем різьблення, державки різців в поперечному перерізі роблять круглими [3, 12].

Поряд з гвинтовими парами ковзання застосовують гвинтові пари кочення, що складаються з ходового гвинта і гайки, пару між якими створюють за допомогою кульок. Профіль гвинтових канавок гвинта і гайок може бути напівкруглий (з кульками створюється двухточечний контакт). Виготовлення гвинтових пар кочення схоже з виготовленням прецизійних гвинтів ковзання. При виготовленні гвинти зі сталі ХВГ і 30ХЗВА піддають неодноразової термічній обробці для додання гвинта необхідної твердості (не менше HRC 60), зносостійкості і тривалого збереження міцності. Для отримання напівкруглого і абочного профілю на остаточних операціях обробки різьби (рільбошліфування) шліфувальні кола правлять за допомогою спеціальних приспособі [4].

Нарізування різьби передбачає чотири операції: чорнову і чистову обробку різцем, шліфування кругом до азотування і після точіння на токарних верстатах.

Контроль ходових гвинтів. Точність зовнішнього діаметру різьблення і шийок, виконаних по 5. 7-му квалітетам точності, перевіряють важільними скобами з ціною поділки 0,002 мм або калібрами-скобами. Точність кроку вимірюють на спеціальних вимірювальних приладах точність кута профілю - кутомірами, точність середнього і внутрішнього діаметрів - мікрометром, радіальне биття циліндричних поверхонь - індикаторами годинникового типу в центрованій приспособі [3, 4, 9-12].

2.2 Методи зміцнення гвинтів КГП

Зазвичай гвинти у відповідальних механізмах зміцнюють за допомогою термічної обробки так як, важлива якість поверхневого шару між гвинтом та гайкою з кульками. Але у деяких випадках можливе застосування хіміко-термічної обробки, а саме азотування та нітроцементіція, термо-механічної обробки виробу, для досягнення високої твердості поверхні. Важливим аспектом є також сталість розмірів тому при використанні сталі ХВГ можлива обробка холодом гвинта. Розглянемо основні методи зміцнення поверхні ходового гвинта КГМ.

Термомеханічна обробка – це складний процес пластичної деформації, під час якого в поверхневому шарі збільшується щільність дислокацій, величина мікронапружень, змінюється структура [11-13].

Термомеханічну обробку застосовують для виготовлення зубчастих коліс, циліндрів, плоских поверхонь (станіни), гвинтових поверхонь тощо.

Гартування з нагріванням струмами високої частоти (високочастотне загартування) – це поверхнєве загартування при нагріванні металу індукованим у ньому змінним струмом високої частоти. При такому способі високу твердість і нову структуру одержує поверхневий шар, а серцевина зберігає початкову твердість і структуру. Для високочастотного загартування використовують машинні та лампові генератори [14].

Високочастотне гартування застосовується у всіх галузях машинобудування. У результаті гартування нагріванням струмами високої частоти міцність сталей на втомлюваність зростає на 40-100%, стійкість проти спрацювання деталей після обробки струмами високої частоти значно вища, ніж при нагріванні у печі. Нагрівання струмами високої частоти показало, що в умовах окислювального спрацювання з невеликою швидкістю ковзання високочастотне гартування підвищує стійкість проти спрацювання майже удвічі. Цей тип гартування отримав найбільше розповсюдження при обробці зубчастих коліс, деяких видів гвинтів, а також для зміцнення внутрішніх поверхонь глибоких отворів [13].

Перевагою високочастотного гартування є те, що за допомогою цього процесу можна гартувати шари товщиною від сотих часток міліметра до десяти міліметрів. Цей метод найпродуктивніший у порівнянні з іншими методами гартування, він може бути автоматизований та включений у поточну автоматизовану лінію. Крім того, цей метод дозволяє замінити леговані марки сталей на вуглецеві, що значно зменшує вартість деталей, а також не утворює окалини на поверхнях деталей, що дозволяє виключити з технологічного процесу операції із знімання окалини з виробу [14, 15].

Хіміко-термічна обробка (ХТО). Це один із найперспективніших процесів зміцнення поверхні виробу. Її застосовують для надання поверхні певного ряду властивостей. Серед яких твердість, зносостійкість, корозійна стійкість і т. д.

Для зміцнення гвинта зазвичай застосовують такі види ХТО [12, 15-18]:

Азотування – вид хіміко-термічної обробки, котрий полягає у насиченні азотом поверхневого шару виробів із легової сталі. Легуючі елементи (алюміній, молібден, ванадій, хром) утворюють з азотом стійкі хімічні сполуки — нітриди, які надають виробам великої твердості (1200 за Віккерсом) [17].

Азотування виробів проводять при температурі 500—600°C у камерних, шахтних, контейнерних або ковпакових печах, в які подають струмину сухого аміаку. В печі аміак розпадається на водень і азот. Азот і утворює нітриди з легуючими елементами.

Підвищує поверхневу твердість, зносостійкість, витривалість і корозійну стійкість сталевих виробів. Азотований шар має глибину до 0,3 мм твердість 700...1200 HV, (58...72 HRC), яка зберігається при робочих температурах до 600°C [19-23].

Застосовують для покращення зносостійкості та твердості робочої частини свердла при цьому не робочу частину виробу ізолюють гальванічним покриттям міді.

Нітроцементация (ціанування). Насичення поверхневого шару виробів одночасно азотом (у більшій мірі) і вуглецем (у меншій мірі). Воно буває рідинне і газове, низькотемпературне (773...973 K), високотемпературне (1073...1123 K). Ціанування в основному застосовують для обробки інструментів із швидкорізальної сталі, підвищується твердість і корозійна стійкість [23].

Застосовують для покращення ріжучих властивостей робочої кромки, зносостійкості та твердості робочої частини інструменту.

Нанесення твердих захисних покриттів. Останнім часом для обробки загартованих сталей, твердих сплавів та інших важкооброблюваних матеріалів застосовують інструменти, ріжуча частина яких виготовлена з використанням полікристалів на основі синтетичних алмазів типу балас (марка АСБ) і карбонадо (марка АСПК), а також кубічного нітриду бору типу ельбор - Р (марка ЛР), полікристалічних алмазів типу СВ і СВС, композицій на основі порошків алмазу і кубічного нітриду бору вес та ін [24].

Дані матеріали мають високу твердість, але через це і високу крихкість, а також вартість. Через це їх застосовують лише тоді коли без них обійтися майже не можливо або це буде коштувати дорожче.

В наш час дані покриття наносять на більш дешеві сталі, тим самим знижуючи ціну на виріб і підвищуючи його використання. Недолік даних покриттів в тому що при його «стиранні» з інструменту потрібно наносити на нього покриття знову, або виготовляти новий виріб [24].

ВИСНОВКИ

Гвинти служать для перетворення обертального руху в поступальний прямолінійне переміщення за допомогою сполученої з ним гайки різних деталей і вузлів із заданою точністю. Профіль різьби гвинтів може бути наступних видів: трапецеїдольний, прямокутний, трикутний, та напівсферичний.

Виготовлення гвинтових пар кочення схоже з виготовленням прецизійних гвинтів ковзання. При виготовленні гвинти зі сталі ХВГ і 30ХЗВА піддають неодноразової термічній обробці для додання гвинта необхідної твердості (не менше HRC 60), зносостійкості і тривалого збереження міцності.

Для отримання напівкруглого і арочного профілю на остаточних операціях обробки різьби (рільбошліфування) шліфувальні кола правлять за допомогою спеціальних приспособі.

При виготовленні гвинта КГМ застосовують термічну обробку як традиційну так і спеціальна методи термічної обробки, до них відносять ХТО, СВЧ, ТМ, а також покриття гвинтів захисними матеріалами.

РОЗДІЛ 3

ВИБІР МАТЕРІАЛУ ДЕТАЛІ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Вибір матеріалу для виготовлення гвинта

При виготовленні гвинтів на сьогодні найбільше поширення набули сталі марок: 8ХФ, 8ХФВД, ХВГ і 7Г2ВМ з об'ємною загартуванням, сталі марки 8ХВ з гартуванням при індукційному нагріванні, а сталі марки 20Х3МВФ з подальшим азотуванням, або нітроцементациєю [25-27].

Для виготовлення деталі ми обираємо інструментальну сталь ХВГ.

Сталь ХВГ застосовують для виготовлення гвинтів, що працюють в умовах, які не викликають розігріву між гвинтом та гайкою при швидкому опусканні та підніманні механізмів, але в цей час гвинт повинен витримувати високі центрові навантаження та механічно-поступальні, мати високу зносостійкість так, як пил та бруд може осісти на гвинт через що можливе зношування канавок [26].

Тому серед сталей котрі можливі для виготовлення гвинтів найкраще підходить сталь ХВГ вона володіє високою зносостійкістю, прогартованістю та саме головне в умовах сучасного виробництва дешовизною при купівлі та подальшій обробці та виготовлення з неї деталі. В таблиці 3.1 поданий хімічний склад сталі ХВГ [25-27].

Таблиця 3.1. Хімічний склад марки сталі ХВГ для виготовлення ходового гвинта КГП [25]:

| Назва | C | Si | Mn | Ni | S | P | Cr | Cu | W |
|----------------|------|------|------|------|------|------|-------|-----|------|
| Сталь ХВГ | 0.9- | 0.1- | 0.9- | До | До | До | 0.9 – | До | 1.2- |
| ГОСТ 5950-2000 | 1.05 | 0.4 | 1.1 | 0.35 | 0.03 | 0.03 | 1.2 | 0.3 | 1.6 |

Розглянемо термічну обробку сталі ХВГ у таблицях 3.2 – 3.5, твердість після вказаних етапів ТО, та фізичні властивості сталі наведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.2. Твердість сталі ХВГ після термічної обробки [25]

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Стан у вигляді поставки, режими термічної обробки | HRC, (HB) |
| Прутки та полоси після відпалу | до (255) |
| Гартування 830 °С, масло. Відпуск 180 °С | Вище 61 |
| Ізотермічний відпал 780-800 °С, охолодження зі швидкістю 50 град/год до 670-720 °С, витримка 2-3год, охолодження зі швидкістю 50 град/год до 550 °С, повітря | До 255 |
| Підігрів 650-700 °С . Гартування 830-850 °С, масло. Відпуск 150-200 °С , повітря (режим зміцнюючої термічної обробки) | 63-64 |
| Підігрів 650-700 °С . Гартування 830-850 °С. Відпуск 200-300 °С , повітря (режим зміцнюючої термічної обробки) | 59-63 |

Таблиця 3.3. Прогарованість сталі ХВГ (згідно до ОСТ 23.4.127-77) [26]

| Відстань від торця, мм | | | | | | | | | |
|------------------------|-----------|-------|--------------------------|---------|---------|-----------------------------|---------|---------|---------|
| 2,5 | 3 | 7,5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 45 |
| Твердість HRC | | | | | | | | | |
| 65-67 | 62,5-66,5 | 57-66 | 49,5-65,5 | 41,5-63 | 38,5-60 | 37,5-55,5 | 38-51,5 | 36-47,5 | 35-43,5 |
| Термічна обробка | | | Критична твердість, HRC, | | | Критичний діаметр для масла | | | |
| Гартування | | | 61 | | | 15-70 | | | |

Таблиця 3.4. Твердість та в'язкість в залежності від діаметру зразка [25]

| Діаметр, мм | Місце вирізання зразку | KCU (Дж / см ²) | HRC |
|------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------|-----|
| Гартування на дрібне зерно. Відпуск 150-160 °С | | | |
| 15 | 1/2 R | 40 | 64 |
| 25 | 1/2 R | 30 | 64 |
| 50 | 1/2 R | 20 | 63 |
| 100 | 1/2 R | 15 | 61 |

Таблиця 3.5. Твердість сталі ХВГ в залежності від температури відпуску [25]

| Температура відпуску, °С | HRC |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Заготовки перетином до 50-60 мм*. Гартування 840 °С, масло або розплав солей с водою при 200 °С | |
| 180-220 | 59-63 |
| 230-280 | 57-61 |
| 280-340 | 55-57 |
| Гартування 820°С, масло | |
| 100 | 66 |
| 200 | 64 |
| 300 | 61 |
| Гартування 830-850 °С, масло | |
| 170-200 | 63-64 |
| 200-300 | 59-63 |
| 300-400 | 53-59 |
| 400-500 | 48-53 |
| 500-600 | 39-48 |
| * Заготовки перетином до 50 мм гартуються з охолодженням в маслі, більше. 50 мм- в розплаві солей с водою. | |

3.2 Вплив легувальних елементів на властивості сталі ХВГ

Сталь ХВГ застосовують для вимірювального та ріжучого інструменту, для якого підвищення жолоблення при гартуванні неприпустимо, різьбові калібри, протяжки, довгі мітчики, довгі розгортки, гвинти та інший вид спеціального інструменту, холодновисадні матриці і пуансони, технологічне оснащення, та штампи для холодного деформування. В табл. 3.1 поданий хімічний склад цієї сталі.

Сталь ХВГ відноситься до інструментальних сталей підвищеної прогартуваності. Розглянемо вплив вуглецю та легувальних елементів на властивості сталі [28].

З ростом вмісту вуглецю в структурі сталі збільшується кількість цементиту, при одночасному зниженні частки фериту. Зміна співвідношення між складовими приводить до зменшення пластичності, а також до підвищення міцності і твердості. Міцність підвищується до вмісту вуглецю близько 1%, а потім вона зменшується, так як утворюється груба сітка цементиту вторинного. Вуглець впливає на в'язкісні властивості. Збільшення вмісту вуглецю підвищує поріг холодноламкості та знижує ударну в'язкість. При вмісті вуглецю близько 1% збільшується не тільки кількість, а і розмір карбідів [28, 29].

Сприятливий вплив здійснює хром на ряд показників. У міру підвищення його концентрації в твердому розчині істотно зростає стійкість переохолодженого аустеніту як в перлітній, так і проміжній областях, підвищується прогартованість сталі. Підвищуючи стійкість проти розчинення при нагріванні цементиту і карбідів M_7C_3 , $M_{23}C_6$, хром сприятливо впливає на чутливість до перегріву «монолегованих» сталей (містять незначні кількості вольфраму або молібдену). Крім того, хром чинить позитивний вплив на окалиностійкість і сприяє значному підвищенню зносостійкості. Сукупність перерахованих факторів визначила можливість широкого використання хрому для легування інструментальних сталей різного призначення [29].

Марганець не утворює власних карбідів в сплавах на основі заліза, і тому його вплив на структуру сталей у відпаленому стані проявляється головним чином в зміні концентрації вуглецю в евтектоїді. Утворюючи з γ -залізом необмежений ряд твердих розчинів, марганець значно підвищує стійкість переохолодженого аустеніту і зміщує вниз температури $\alpha \leftrightarrow \gamma$ -перетворення [28].

Як відомо, легування сталей марганцем підвищує прогартованість. Цим визначається доцільність легування цим елементом штампових сталей, призначених для виготовлення габаритних молотових і пресових інструментів. Мало змінюючи чутливість до перегріву і, як наслідок, оптимальні температури гартування, марганець істотно знижують критичну швидкість охолодження.

Легування сталі вольфрамом позитивно впливає на ряд властивостей сталі: підвищується міцність, твердість, зносостійкість за рахунок утворення легованих

та спеціальних карбідів. Спеціальний карбід M_6C може містити хром, що знижує температуру його розчинення при нагріванні і полегшує проведення термічної обробки інструментальних сталей. Утворюючи тугоплавкі карбіди, вольфрам сприяє подрібненню зерна аустеніту [28, 29].

3.3 Методи досліджень

3.3.1 Металографічні дослідження [30]

Металографія - метод дослідження і контролю металевих матеріалів. Металографія вивчає закономірності утворення структури, досліджуючи макроструктуру і мікроструктуру металу (шляхом спостереження неозброєним оком або за допомогою світлового та електронного мікроскопів), а також зміни механічних, електричних, магнітних, теплових і інших фізичних властивостей металу залежно від зміни його структури.

Завданням металографічного дослідження є встановлення взаємозв'язку між якісними і кількісними характеристиками структури, і фізичними, механічними, хімічними, технологічними та експлуатаційними властивостями металевих матеріалів. За допомогою:

- Макроскопічного аналізу;
- Мікроскопічного аналізу (дослідження проводили на мікроскопі МТ8520 рисунок 3.1).



Рисунок 3.1. Мікроскоп металургійний МТ8520 [31]

Мікроаналіз - один з найчастіше використовуваних методів дослідження внутрішньої будови металів і сплавів. Завдання мікроаналізу різноманітні.

За допомогою макроаналізу можна вивчити форму і розмір кристалічних зерен, з яких складається метал, встановити які виміри внутрішньої будови відбуваються в досліджуваному матеріалі під впливом різного роду дій при термічній і хіміко-термічній обробці, обробці тиском, зварюванні і іншій.

Найбільш важливою перевагою мікроаналізу є можливість розрізнити (побачити) в структурі сплаву, зерна (частки), що мають різний хімічний склад, називаються фазами сплаву.

Для дослідження мікроструктури застосовуються металографічні мікроскопи. У відмінності від біологічних мікроскопів, що дозволяють розглядати прозорі тіла у світлі, що проходить, металографічний мікроскоп використовують для вивчення непрозорих тіл у відбитому світлі [31].

Готувати зразки для мікроаналізу потрібно на круглошліфувальних машинах для отримання полірованого шару щоб у подальшому зробити дослідження на металографічному мікроскопі рисунок 3.2.



Рисунок 3.2. Круглошліфувальна машина МТН

3.3.2 Випробування металу на твердість

Твердість металу або сплаву дуже впливає на тривалість роботи деталей. Від твердості значною мірою залежить міцність деталі і стійкість поверхні її до спрацювання.

На практиці найпоширенішими є такі методи визначення твердості металів: вдавлювання сталеві кульки (методом Бринеля), вдавлювання алмазного конуса (методом Роквелла), вдавлювання алмазної піраміди (методом Віккерса).



Рисунок 3.3. Твердомір ТШ-2 (з лівої сторони старого зразку, а з правої сторони оновлений) [32]

Для визначення твердості досліджуваної сталі застосовують метод Бринеля. Метод вимірювання твердості за Бринелем регламентований ГОСТ 9012-59.

Для випробування твердості металів за цим методом застосовують прилад типу ТШ (твердомір кульковий) [32]

Для зручності є таблиці чисел твердості за Бринелем і залежно від діаметра кульки D , діаметра відбитка d і навантаження P .

У якості індентора використовують поліровані ($R_a < 0,04$ мкм) кульки зі сталі ШХ15 з номінальними діаметрами $D = 1; 2; 2,5; 5$ і 10 мм, останні

вважаються кращими, що забезпечують більшу точність вимірювання твердості (особливо при вимірюванні твердості чавуну або крупнозернистих сплавів). [32]

Мінімально допустима товщина зразка для коректного вимірювання твердості НВ повинна бути не менше десятиразової глибини відбитка h . Випробування проводять при кімнатній температурі за відсутності вібрацій і ударів. Час витримки під навантаженням t для чорних металів становить 10 ... 15 с, а для кольорових металів і сплавів від 10 до 180 с. Навантаження на індентор вибирають з урахуванням співвідношення $K = P/D^2$ (дивися таблицю 3.6).

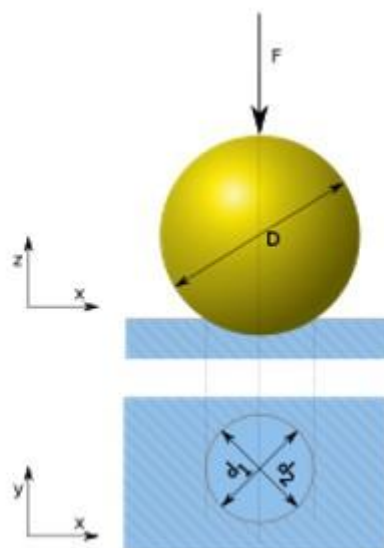


Рисунок 3.4. Вимірювання твердості методом Бринеля [32]

На поверхні зразка утворюється відбиток (лунка) у формі кульового сегмента діаметром d (рис. 3.3, а). Цей діаметр вимірюють за допомогою спеціального мікроскопа, на окуляр якого нанесена вимірювальна шкала з поділками, що дорівнюють одній десятій долі міліметра. Діаметр відбитка визначають середнім значенням двох його вимірювань у взаємно перпендикулярних напрямках з точністю до 0,05 мм (рис. 3.3, б). Число твердості за Бринелем, яке позначається літерами НВ [32].

Таблиця 3.6. Навантаження на індентор відповідно до матеріалів [32]

| Метали і сплави | К, кгс/мм ² |
|-----------------------------------------|---------------------------|
| Сталь, чавун та інші високоміцні сплави | 30 |
| Мідь, нікель і їх сплави | 10 |
| Алюміній, магній та їх сплави | 5 |

Вимірювання твердості методом Роквелла проводиться за допомогою твердоміра Роквелла – приладу для визначення відносної глибини проникнення індентора.

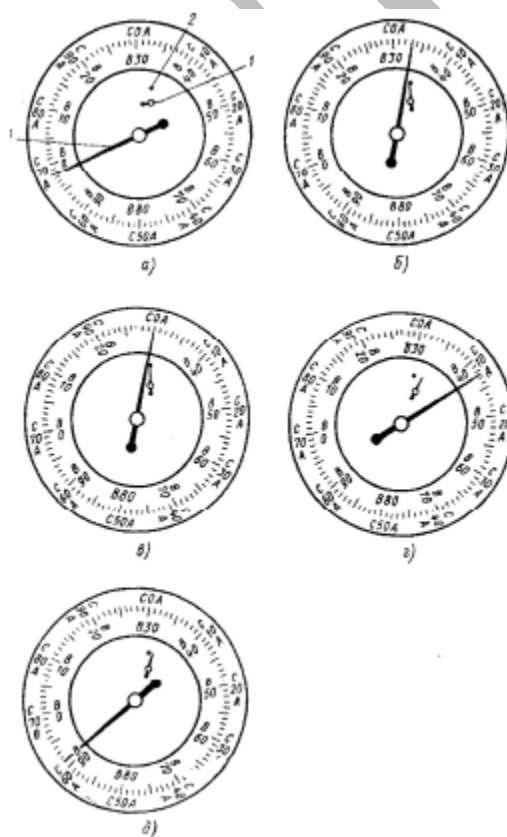


Рисунок 3.5. Послідовність переміщення стрілки на твердомірі ТК-2 [33]

Вимірювання твердості приладом Роквелла проводиться шляхом вдавлювання в досліджуваний зразок алмазного конуса з кутом 120° або сталених загартованих кульок діаметрами 1,588 мм (1/16") або 3.175 мм (1/8").

Таблиця 3.7. Застосування шкали вимірювання до матеріалу [33]

| Назва | Шкали | Сила | Індентор | Використання |
|-------|-------|---------|------------------------|------------------------------------------------------|
| A | HRA | 60 кгс | 120° алмазний конус | Карбід вольфраму |
| B | HRB | 100 кгс | 1,58 мм сталева кулька | Алюмінієві сплави, латуні, м'які конструкційні сталі |
| C | HRC | 150 кгс | 120° алмазний конус | Гартовані сталі |
| D | HRD | 100 кгс | 120° алмазний конус | Матеріали після поверхневого зміцнення |
| E | HRE | 100 кгс | 3,16 мм сталева кулька | Чавун, алюмінієві та магнієві сплави |
| F | HRF | 60 кгс | 1,58 мм сталева кулька | Тонкі листи та відпалені мідні сплави |
| G | HRG | 150 кгс | 1,58 мм сталева кулька | Бронзи та мідь |
| H | HRH | 60 кгс | 1,58 мм сталева кулька | Алюміній, цинк та свинець |
| K | HRK | 150 кгс | 1,58 мм сталева кулька | Олово, бабіти, тверді пластики |

Під дією основного навантаження кулька або алмазний конус глибше проникають у досліджуваний зразок. При цьому велика стрілка індикатора повертається проти годинникової стрілки [33].

Після закінчення вдавлювання (стрілки на шкалі перестають рухатись) руків'я повертають у вихідне положення, основне навантаження автоматично знімається і залишається лише попереднє. При цьому велика стрілка індикатора переміщується за годинниковою стрілкою і вказує на шкалі число твердості за Роквеллом. При дослідженні алмазним конусом при навантаженні 150 або 60 кгс відлік проводять за чорною шкалою, а при дослідженні кулькою (при навантаженні 100 кгс) – за червоною (таблиця 3.7).

При обертанні маховика проти годинникової стрілки стіл опускається і зразок звільняється від дії попереднього навантаження (рисунок 3.5). Найчастіше використовують шкали А, В і С та два-три індентори: сферичний у вигляді кульки

із карбиду вольфраму або інструментальної загартованої сталі діаметром 1/16 дюйма (1,5875 мм) або діаметром 1/8 дюйма (3,175 мм) і алмазний конус з кутом при заокругленій вершині 120° . Стандарти передбачають в залежності від шкали та індентора три фіксованих навантаження – 60, 100 і 150 кгс [33].

3.3.3 Випробування абразивної зносостійкості

Дослідження на зносостійкість проводили на машині випробувань на тертя СМТ–1 (рисунок 3.4). Випробування проводили на абразивне зношування покриття згідно ГОСТу 23208-79.

В якості абразивного матеріалу використовували кварцовий пісок. Випробування проводили на стандартних зразках, при частоті обертання $n = 60 \pm 2$ об/хв (всього 600 обертів на кожний зразок), та навантаження $44,1 \pm 0,25$ Н.

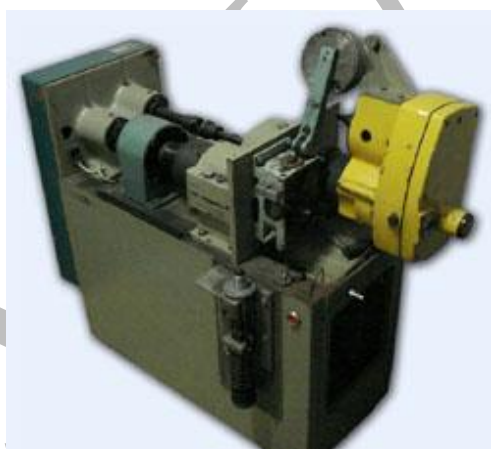


Рисунок 3.5. Фотографія машини випробування на тертя (СМТ–1) [34]

ВИСНОВКИ

Для виготовлення гвинта було обрано інструментальну низьколеговану сталь ХВГ. Сталь володіє високою зносостійкістю, прогартованістю та саме головне в умовах сучасного виробництва дешевизною при купівлі та подальшій обробці та виготовлення з неї деталі

Для дослідження деталі було запропоновано наступні методи: макро- та мікроструктурного аналізів, випробування абразивної зносостійкості, та випробування твердості на кожному етапі термічної обробки.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБУ

Для отримання деталей на виробництві будують технологічний процес, який є поєднанням технічних, економічних і деяких організаційних завдань, що вирішуються при виготовленні тої чи іншої деталі.

При розробленні технологічного процесу потрібно враховувати всі вимоги до деталі, розробити креслення і технічні умови виготовлення, при мінімальних затратах і невисокій собівартості.

При розробці технологічного процесу розроблюють маршрутну технологію виготовлення деталі. Вона повинна містити в собі:

- Послідовність технологічних операцій (від початку до кінця);
- Обладнання для проведення вказаних операцій.

Маршрутна технологія виготовлення деталі «гвинт» (додаток А) зазначена у таблиці 4.1.

Маршрутна технологія виготовлення деталі – це сукупність послідовних операцій від початку до кінця виготовлення виробу.

Маршрутна технологія складається з таких етапів:

- Етап 1. Отримання сталі;
- Етап 2. Отримання заготовки;
- Етап 3. Вхідний контроль;
- Етап 4. Попередня термічна обробка;
- Етап 5. Механічна обробка;
- Етап 6. Остаточна термічна обробка;
- Етап 7. Фінішна механічна обробка;
- Етап 8. Вихідний контроль.

Таблиця 4.1

Маршрутна технологія механічної і термічної обробки деталі «гвинт»

| № операції | Назва операції | № переходу | Найменування переходів | Дільниця, основне обладнання | Допоміжне обладнання |
|--------------------------------------|--------------------------------------------|------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Етап 1. Металургійне отримання сталі | | | | | |
| 1.1. | Видобуток та підготовка вхідних матеріалів | 1 | Видбуток залізної руди та її збагачення | Гірничо видобувний комплекс | - |
| | | 2 | Видобуток вугілля, отримання з нього коксу | Гірничо видобувний комплекс, коксохімічний комбінат | - |
| | | 3 | Видобуток вапняку та доломіту | Гірничо видобувний комплекс | - |
| | | 4 | Видобуток пального газу, та його підготовка | Газовидобувний комплекс | - |

Продовження таблиці 4.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------|------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| 1.2. | Отримання чавуну | 1 | Підготовка шихти | Шихтовий двір | Магнітогейферні крани |
| | | 2 | Підготовка палива | Енергетичний цех | Регенера-тивні тепло-обмінники |
| | | 3 | Горіння палива, відновлення заліза і домішок, вуглецьовування заліза і утворення чавуну та шлаку | Доменний цех, доменна піч | - |
| | | 4 | Зливання рідкого чавуну та шлаку | Доменний цех, доменна піч | Шлаковози, ковші |
| | | 5 | Вирівнювання хімічного складу чавуну | Міксерне відділення | Міксери |
| 1.3. | Отримання сталі | 1 | Завантаження шихти, скрапу до конвертеру та заливання рідкого чавуну | Конверторна піч, мікшер | Мульди, ковші |
| | | 2 | Продування розплаву стисненим киснем, завантаження флюсу | Конверторна піч | Фурма |
| | | 3 | Зливання сталі та шлаку | Конверторна піч | Ковші, шлаковози |

Продовження таблиці 4.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----------------------------|-------------------------|---|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|
| | | 4 | Завантаження шихтових матеріалів, скрапу до | Індукційна піч | Мульди, ковші |
| | | 5 | Нагрівання індуктору, завантаження флюсу, рафінування сталі | Індукційна піч | Завальні машини |
| | | 6 | Безперервне лиття | Установка для безперервного лиття | |
| Етап 2. Отримання заготовки | | | | | |
| 2.1. | Отримання заготовки | 1 | Отримання сортового прокату "круг" | Прокатний стан | - |
| | | 2 | Нарізання круга на мірні заготовки | Фрезерний станок | Дискова фреза |
| Етап 3. Вхідний контроль | | | | | |
| 3.1. | Вхідний контроль якості | 1 | Ультразвукова дефектоскопія | Ультразвуковий дефектоскоп | - |
| | | 2 | Рентгеноспектральний аналіз | Дифрактометр | - |

Продовження таблиці 4.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------------------------------|--------------------------|---|--------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Етап 4. Попередня термічна обробка | | | | | |
| 4.1. | Попередня термообробка | 1 | Ізотермічний відпал | Термічна дільниця, шахтна піч | - |
| Етап 5. Механічна обробка | | | | | |
| 5.1. | Контроль твердості | 1 | Перевірка твердості, за методом Бринеля | ТШ-2 | Індентор |
| 5.2. | Свердління | 1 | Центрувальне свердління отворів | Токарний верстат | Центрувальне свердло |
| 5.3. | Токарна обробка | 1 | Обробка поверхні. Нарізання робочих канавок гвинта КГМ | | Заокруглений різьбонарізний різець |
| 5.4. | Контрольна | 1 | Контроль розмірів деталі і якості обробки поверхонь | Механічний цех | Контрольний стіл, вимр. інструмент |
| Етап 6. Зміцнювальна термічна обробка | | | | | |
| 6.1. | Об'ємна термічна обробка | 1 | Гартування | Термічна дільниця, шахтна піч | - |
| | | 2 | Відпуск | Термічна дільниця, шахтна піч | - |
| 6.2. | Контроль твердості | 1 | Вимірювання твердості за методом Роквелла (шкала HRC) | Твердомір ТК-2 | Алмазний конус |

Продовження таблиці 4.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----------------------------------|--------------------|---|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Етап 7. Фінішна механічна обробка | | | | | |
| 7.1. | Різьбо-шліфувальна | 1 | Шліфування робочої поверхні виробу, проходження по гвинтовим впадинам | Круглошліфувальний верстат | Круг шліфувальний |
| Етап 8. Вихідний контроль | | | | | |
| 8.1. | Вихідний контроль | 1 | Контроль геометричних розмірів | ЦЗЛ | Комплект вимірювальних інструментів, калібр скоби, контрольна гайка |
| | | 2 | Контроль механічних властивостей | ЦЗЛ | Твердомір, зносостійкість |
| | | 3 | Контроль якості поверхні | ЦЗЛ | Мікроскоп МІМ-7 |

ВИСНОВОК

При розробленні технологічного процесу потрібно врахувати всі вимоги до деталі, розробити креслення і технічні умови виготовлення, при мінімальних затратах і невисокій собівартості

Технологічний процес розроблюється з маршрутною технологією виготовлення деталі. Вона повинна містити в собі:

- Послідовність технологічних операцій (від початку до кінця);
- Обладнання для проведення вказаних операцій.

РОЗДІЛ 5

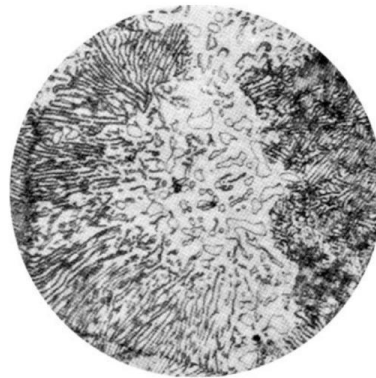
РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Термічна обробка

Розглянемо спосіб термічної обробки з найбільш поширеної сталі для виготовлення гвинтів КГП, а саме сталі ХВГ.

Для поліпшення оброблюваності сталі і виправлення структури після прокатування в якості попередньої термічної обробки використовують ізотермічний відпал, який представляє витримку сталі, нагрітої до стану аустеніту, протягом деякого часу при постійній, заздалегідь певній температурі.

Ізотермічний відпал проводять для вирівнювання хімічного складу сталі, зняття внутрішніх напружень і зниження твердості після обробки тиском (прокатка, ковка та ін), зварювання заготовок, поліпшення оброблюваності різанням, приведення структури в рівноважний стан. Ізотермічний відпал повинен забезпечити отримання структури рівномірного зернистого або сорбіто подібного перліту з твердістю не більше НВ 255. При його проведенні швидкість охолодження до температури ізотермічної витримки не регламентується, охолодження проводять звичайно в вимкненій печі з закритими дверцятами. Структура після ізотермічного відпалу зображено на рисунку 5.1.



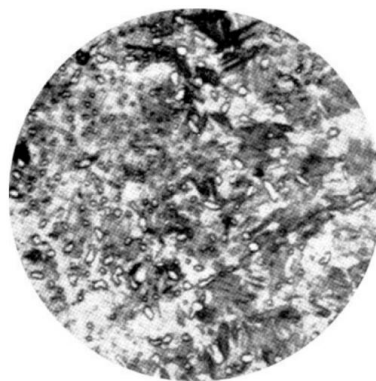
x500

Рисунок 5.1. Структура сталі ХВГ після відпалу (Ф+П+К)

Після ізотермічного відпалу необхідно зробити чорнову механічну обробку. Вона полягає в токарній обробці, а саме після підрізання торця обробляється зовнішній діаметр з припуском на шліфування, знімається фаска. Після відрізання деталь обробляється з протилежного боку: підрізають торець в розмір, знімається фаска, нарізаються канавки. Потім необхідно провести термічну обробку (гартування, відпуск).

Гартування – вид термічної обробки виробів з металів і сплавів, що полягає в їх нагріванні вище критичної температури, з наступним швидким охолодженням, як правило, у рідині (воді або маслі). Матеріал, що піддався загартуванню, набуває велику твердість, але стає крихким, менш пластичним і в'язким. Для зниження крихкості і збільшення пластичності і в'язкості, після гарту застосовують відпустку. При відпустці має місце деяке зниження твердості і міцності матеріалу.

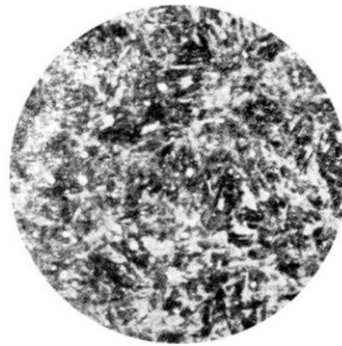
При неповному гартуванні виконують нагрівання вище лінії PSK діаграми, що призводить до утворення надлишкових фаз по закінченні загартування. Неповне гартування, як правило, застосовується для інструментальних сталей. У нашому випадку для сталі ХВГ застосовуємо неповне загартування. Для цього заготовку нагрівають до температури 830-850°C з попереднім підігрівом при температурі 650-700°C. Для цього застосовують піч типу СНЗ. Охолодження проводиться в маслі. Структура після гартування зображено на рисунку 5.2.



x1500

Рисунок 5.2. Структура сталі ХВГ після гартування (Мгарт+К)

Далі проводимо відпуск. Відпуск – технологічний процес, що полягає в термічній обробці загартованого на мартенсит сплаву чи металу, при якій основними процесами є розпад мартенситу, а також полігонізація і рекристалізація.



x1500

Рисунок 5.3. Структура сталі ХВГ після відпуску (Мвідп+К)

Відпуск проводять з метою отримання більш високої пластичності і зниження крихкості матеріалу при збереженні прийняттого рівня його міцності. Низькотемпературний відпуск проводять при температурах 190-210°C. Загартована сталь зберігає високу зносостійкість. Для проведення відпуску застосовують піч типу СНО. Витримку виконують протягом 1,5 год. Охолодження після відпуску проводять на повітрі. В результаті отримуємо твердість нашої деталі 61-63 HRC. Структура після відпуску зображено на рисунку 5.3.

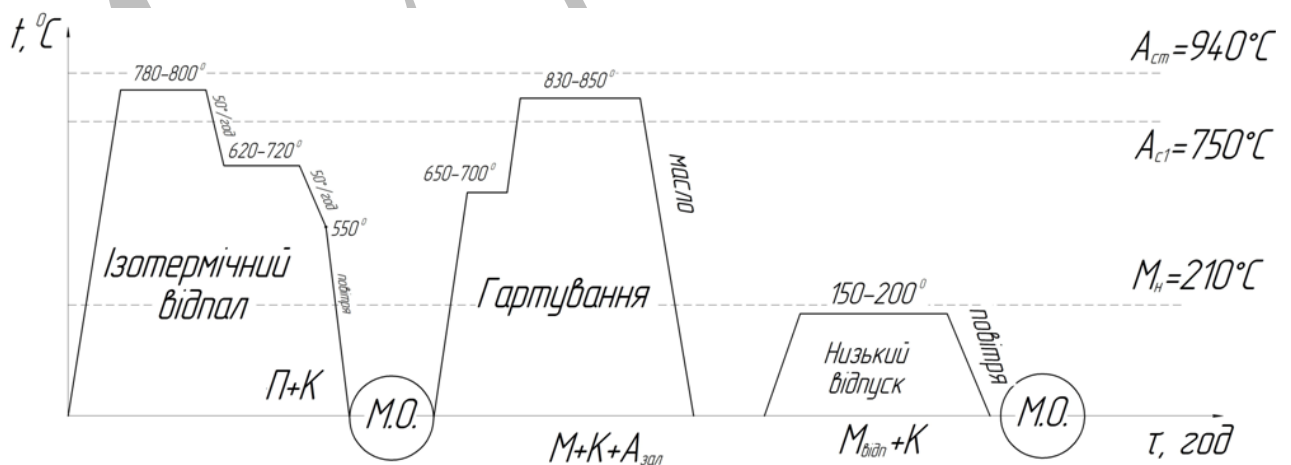


Рисунок 5.4. Графік термічної обробки сталі ХВГ

5.2 Розрахунок виробничої програми

Устаткування термічного цеху повинно бути розташоване так, щоб був вільний доступ до всіх печей, мийних машин, гартувальних баків і щоб між ними був вільний простір ні чим не закладене і не заставлене. Особливо важливо, щоб були досить широкі і вільні проходи біля дверей печей і на шляху до гартівних баків.

Все обладнання ділиться на три групи:

- Основне обладнання;
- Додаткове обладнання;
- Допоміжне обладнання.

До основного обладнання відноситься устаткування, що застосовується для виконання технологічних операцій термообробки, пов'язаних з нагріванням і охолодженням деталі:

- Печі;
- Нагрівальні установки;
- Охолоджуючі пристрої.

До додаткового обладнання належить обладнання для виконання додаткових технологічних операцій в ТЦ - правка та очищення деталей:

- Правильні преси;
- Очисні установки (травильні ванни, дробоструйні апарати, мийні машини і т.д.).

До допоміжного устаткування відносяться установки для приготування карбюратора і контрольованих атмосфер, підйомно-транспортне обладнання, теплоенергетичне обладнання (апарати для охолодження гартувальної рідини, санітарно-технічне обладнання (витяжки), повітродувки, вентилятори).

Вибір основного обладнання починається з аналізу використовуваного на заводі обладнання, обговорення його достоїнств і недоліків. Також необхідно

розглянути які види обладнання мають більшу продуктивність, забезпечують кращу якість термообробки, краще механізовані й автоматизовані.

Розрахункова кількість одиниць обладнання K_p , необхідне для виконання програми:

Маса деталі: $m = 1,9$ кг.

Річний випуск продукції становить 300 000 кг.

Кількість деталей, що випускаються за рік - $300\,000 / 2,0 = 157\,895$ шт / рік.

5.3 Розрахунок і вибір основного, допоміжного і додаткового обладнання

Річний фонд ефективного часу роботи обладнання залежить від встановленого режиму роботи, тривалості зміни, втрат часу на ремонт і переналагодження обладнання та розраховується за формулою:

$$\Phi_d = (365 - B - П) * 3 * t * K_p,$$

Де Φ_d - дійсний річний фонд часу обладнання, год;

B - кількість вихідних днів на рік (за вирахуванням вихідних, співпадають зі святковими днями);

$П$ - кількість святкових днів у році;

C - кількість змін у добі;

t - середня тривалість однієї зміни.

Таким чином, Φ_d для 1-но змінного режиму роботи дорівнює 1808 годин.

5.3.1 Розрахунок основного обладнання

$$K_p = E_i / \Phi_d = \Pi_i / (P_i * \Phi_d).$$

Так як я вибираю двозмінний робочий день:

- $\Phi_d = 3616$ годин;

- Де E_i – необхідна кількість годин для виробничої програми для відповідного виду термічної обробки виробу i -го найменування.

$$E_i = \Pi_i / P_i.$$

Де:

- P_i - річна виробнича програма по відповідній операції оброблюваної деталі і-го найменування;
- P_i - годинна продуктивність одиниці обладнання при відповідній операції обробки деталей і-го найменування.

$$P_i = M_i / \tau_i.$$

Де:

- M_i - маса садки деталі і-го найменування
- τ_i - нормування часу обробки однієї садки деталей і-го найменування

Маса деталі до механічної обробки буде 2,1 кг.

1) Для ізотермічного відпалу обираємо шахтну піч типу:

СШЗ-6.6 / 10 (рисунок 5.4), продуктивність печі 80 кг/год.

$375\ 000/80 = 4687,5$ год – завантаження печі за рік;

$4687,5/3\ 616 = 1,35$ – використовуємо дві печі;

ККД: $0,959*100/1 = 135\%$.



Рисунок 5.4. Піч шахтна типу: СШЗ-6.6 / 10 [35]

2) Для проведення гартування піч СШЗ-6.6 / 10 (рисунок 5.4).

Продуктивність 80 кг/год.

$300\ 000/80 = 3\ 750$ год – завантаження печі за рік;

$3\ 750/3\ 616 = 1,03$ – використовуємо 1 піч;

КПД: $1,035*100/1 = 103,5\%$.

3) Піч для відпуску СШО – 6.6/7. Продуктивність 80 кг/год (рисунок 5.5).

$300\ 000/80 = 3\ 750$ год – завантаження печі за рік;

$3\ 750/3\ 616 = 1,035$ – використовуємо одну піч;

КПД: $1,035 * 100/1 = 103,5\%$.



Рисунок 5.5. Піч шахтна відпускна типу: СШО 6.6/7 [35]

Основне обладнання термічного відділення зазначені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1. Основне обладнання термічного відділення [34]

| № печі | Найменування печей | Розмір внутр., пространства | | | Габарити печі, м | Садка, кг | Продуктивність, кг/год | Кількість печей |
|--------|--------------------|-----------------------------|-----------|-----------|------------------|-----------|------------------------|-----------------|
| | | Довжина, м | Ширина, м | Висота, м | | | | |
| 1 | СШЗ – 6.6 / 10 | Діаметр 0,6 | | 0,6 | 2,8x2,7x3 | 60 | 80 | 3 |
| 2 | СШО-6.6 / 7 | Діаметр 0,6 | | 0,6 | 1,7x1,7x1,3 | 50 | 80 | 1 |

5.4 Проектування термічного відділення

5.4.1 Розрахунок площі та особливості проектуємого приміщення

Головними елементами виробничої структури підприємства є робочі місця, ділянки і цеху.

Ділянка виробничий підрозділ, що об'єднує ряд робочих місць, згрупованих за певними ознаками, що здійснює частину загального виробничого процесу по виготовленню продукції або обслуговування виробничого персоналу.

Для розміщення проектованої ділянки цеху, з шкідливими газовиділеннями і значними надлишками тепла (більше 20 ккал / м³ на годину), як правило, має використовуватися одноповерхова будівля прямокутної форми, що забезпечує найбільш ефективно видалення шкідливих речовин звичайним шляхом.

При компонуванні термічного цеху в загальному корпусі з іншими цехами виробниками (ковальський, механічний), цех слід розташовувати у найбільш протяжній стороні, уздовж зовнішньої стіни корпусу з метою рокування операцій.

Всі елементи будинку термічного цеху відносяться до категорії Т за ознакою пожежонебезпеки і повинні виконуватися з негорючих матеріалів, що відповідають I і II ступенях вогнебезпечності.

Ширина прольотів дорівнює 12, 18, 21, 30 і 36 м, встановлюється в залежності від схеми розміщення обладнання і необхідної ширини проїздів.

У проектованому цеху приймаються наступні сітки колон 12 x 18, 12 x 24, для кранових будівель 12 x 24, 12 x 30 для будинків обладнаних кранами. Прольоти 6, 9 і 12 метрів. Висота прольоту приймається в залежності від умов роботи.

Для термічної ділянки, яка характеризується значним теплом і не вимагає утеплення покриття, проектуємо його з азбоцементних листів.

На ділянці застосовуємо світло аерозольні ліхтарі "П" -образного профілю.

Покриття підлог на ділянці використовуємо не слизьке, яке легко очищається від забруднень.

Для монтажу і ремонту устаткування використовується підвісне обладнання (кран), і транспортні пристрої (кари, навантажувачі).

Термічні цехи характеризуються великою кількістю інженерних комунікацій, установка і монтаж яких ускладнює нормальне проведення технологічного процесу і не задовольняє вимогам промислової естетики. Питання раціонального розміщення комунікацій, допоміжного обладнання та складських приміщень може бути вирішене шляхом спорудження, тунелів підвалу або технологічного поверху.

Для визначення геометричних параметрів ділянки необхідно розрахувати її площу.

Загальна площа ділянки за призначенням ділиться на:

- Виробничу;
- Допоміжну;
- Контрольно-побутову.

До виробничо-побутової площі відносяться площі виробництва, на яких проводиться обробка виробів, а також площі для зберігання виробів до і після термічної обробки.

До складу допоміжних площ входять:

- Ділянки контролю термічної обробки;
- Проїзди для внутрішнього транспортування вантажів;
- Площі, займані установками для приготування карбюратору;
- Майстерні механіка і енергетика з ремонту устаткування;
- Експрес - лабораторії з аналізу матеріалів і технологічних параметрів

карбюраторів.

До конторських-побутовим площами належать приміщення контор ділянки.

Необхідні площі проектованої ділянки розраховуємо за укрупненими показниками, використовуючи довідкові дані.

Розрахунок площі цеху:

$$S_{\text{ЗАГ}} = S_{\text{ПОЛ}} + S_{\text{ПРОХ}} + S_{\text{ВСП}}$$

Де $S_{\text{ПОЛ}}$ - корисна виробнича площа необхідна для раз-ня обладнання;

$S_{\text{ПРОХ}}$ - площі проходів і проїздів;

$S_{\text{ВСП}}$ - допоміжна площа.

$$S_{\text{ПОЛ}} = \sum S_i,$$

S_I - площа для даного обладнання.

$$S_{\text{ПОЛ}} = 7 \cdot 50 = 350 \text{ м}^2$$

Допоміжна площа і площа проходів та проїздів встановлюється в розмірі 25-35% від виробничої площі

$$S_{\text{ВСП}} = 25 \dots 35\% \cdot S_{\text{ПОЛ}} = 30\% \cdot 350 = 105 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{ПРОХ}} = 25 \dots 35\% \cdot S_{\text{ПОЛ}} = 30\% \cdot 350 = 105 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{ЗАГ}} = 350 + 105 + 105 = 560 \text{ м}^2$$

Отриману $S_{\text{ЗАГ}}$ розбивають на сітку колон.

Таким чином, ми отримуємо термічний ділянку розмірами: $36 \times 18 = 648 \text{ м}^2$.

План розробленого термічного відділення зазначено на рисунку 5.6.

5.4.2 Розробка плану розташування обладнання на термічній ділянці

Термічні цехи в своєму складі мають:

- Виробничі ділянки;
- Допоміжні окремі (склади);
- Склади готової продукції, допоміжних матеріалів, пристосовування;
- Трансформаторні підстанції;
- Службові і побутові приміщення.

Склад площ змінюється в залежності від розміру і структури цеху, характеру технологічних процесів та інших особливостей.

В основу розстановки обладнання на плані і розрізах цеху повинні бути покладені:

- 1) Намічена компоновочна схема технологічного вантажопотоку, що не допускає перетину шляхів руху оброблюваних виробів. Виняток може бути тільки для цехів індивідуального і дрібносерійного виробництва, але при цьому загальний вантажопотік повинен йти в одному напрямку.

- 2) Можливість обслуговування і ремонту устаткування.
- 3) Організація між операційного транспорту оброблених виробів.

При встановленні схеми розташування устаткування необхідно врахувати, що печі повинні розташовуватися уздовж зовнішніх стін.

Ділянки з токсичними, які здійснюють шум обладнанням повинні бути розміщені в окремих приміщеннях, ізольованих від пічного залу.

До такого обладнання відносяться ділянки для приготування захисних атмосфер, повітродувки високого тиску, установки для очистки дробом.

Проїзди і проходи бажано розміщувати по периметру з обов'язковим розташуванням воріт і дверей у зовнішніх стін.

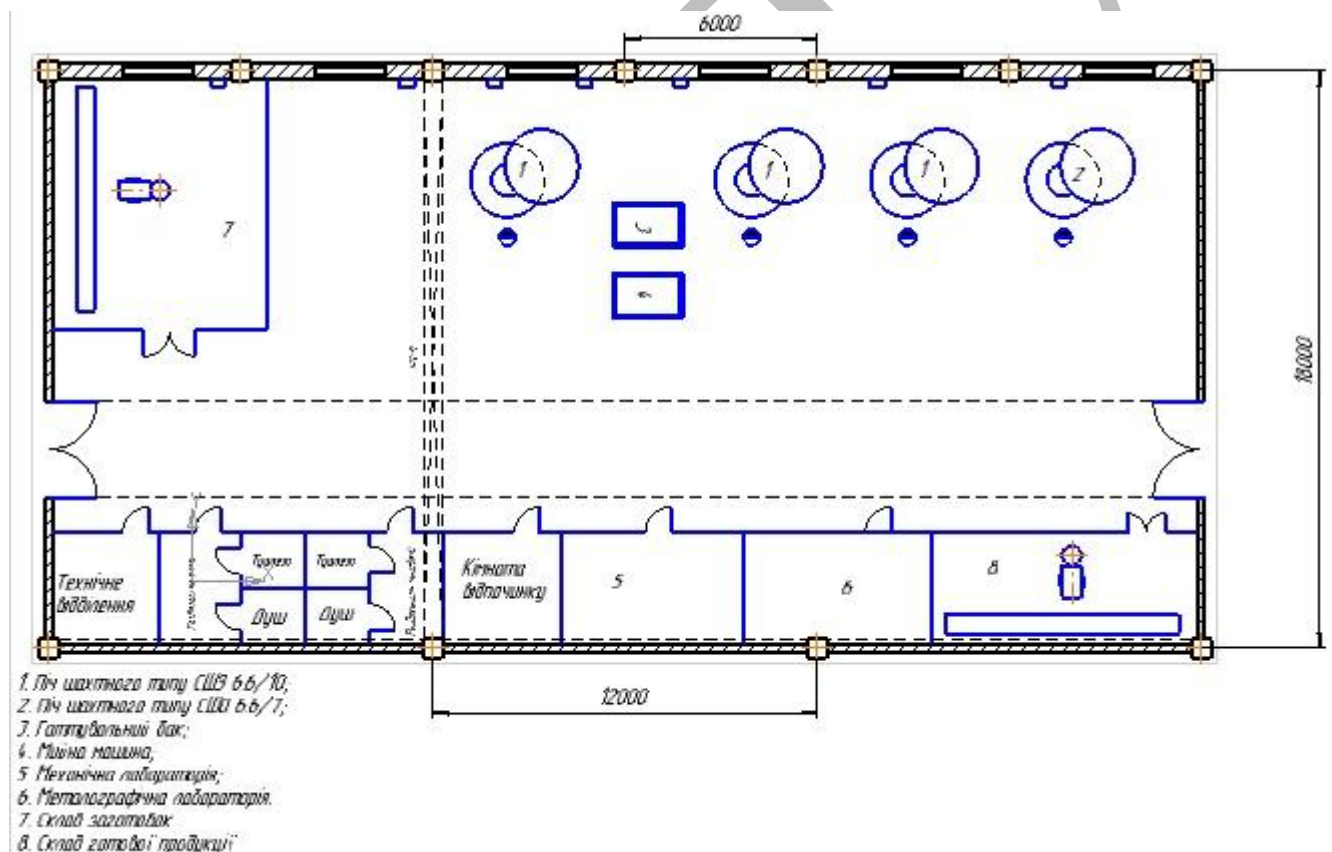


Рисунок 5.6. План термічного відділення

ВИСНОВКИ

При виконанні даного розділу було запропоновано:

1. Технологію термічної обробки гвинта виготовленого зі сталі ХВГ;
2. Проаналізовано та обрано необхідне основне та допоміжне обладнання для термічного відділення;
3. Розраховано кількість необхідного обладнання для виготовлення гвинта КГП;
4. Спроектовано план термічного відділення (рисунок 5.6).

ВИСНОВКИ

При виконанні випускної роботи було розроблено технологію виготовлення гвинта із сталі ХВГ. Також мною були вивчені та визначені наступні тези.

При описанні умов роботи та пошуку актуальної літератури по виготовленню гвинтів КГП з'ясувалось що, вони використовуються у точних механізмах, він повинен мати високу точність та якість. Має можливість створення великих осьових сил. Він має високий ККД від 0,9 до 0,95. КГП має низький коефіцієнт тертя через те, що кертя ковзання замінено на тертя кочення. У такий передачах не має бути люфту між гайкою та гвинтом тому його виготовлення має бути точним, через це він буде досить дорого коштувати і його застосування має бути обґрунтованим.

Гвинти служать для перетворення обертального руху в поступальний прямолінійне переміщення за допомогою сполученої з ним гайки різних деталей і вузлів із заданою точністю. Профіль різьби гвинтів може бути наступних видів: трапецеїдольний, прямокутний, трикутний, та напівсферичний.

Виготовлення гвинтових пар кочення схоже з виготовленням прецизійних гвинтів ковзання. При виготовленні гвинти зі сталі ХВГ і 30ХЗВА піддають неодноразової термічній обробці для додання гвинта необхідної твердості (не менше НРС 60), зносостійкості і тривалого збереження міцності.

Для отримання напівкруглого і арочного профілю на остаточних операціях обробки різьби (рільбошліфування) шліфувальні кола правлять за допомогою спеціальних приспособі.

При виготовленні гвинта КГМ застосовують термічну обробку як традиційну так і спеціальна методи термічної обробки, до них відносять ХТО, СВЧ, ТМ, а також покриття гвинтів захисними матеріалами.

Опираючись на аналіз умов експлуатації та літературний огляд було обрано інструментальну низьколеговану сталь ХВГ для виготовлення гвинта. Сталь володіє високою зносостійкістю, прогартованістю та саме головне в умовах

сучасного виробництва дешевизною при купівлі та подальшій обробці та виготовлення з неї деталі

Для дослідження деталі було запропоновано наступні методи: макро- та мікроструктурного аналізів, випробування абразивної зносостійкості, та випробування твердості на кожному етапі термічної обробки.

При розробленні технологічного процесу потрібно врахувати всі вимоги до деталі, розробити креслення і технічні умови виготовлення, при мінімальних затратах і невисокій собівартості

Технологічний процес розроблюється з маршрутною технологією виготовлення деталі. Вона повинна містити в собі:

- Послідовність технологічних операцій (від початку до кінця);
- Обладнання для проведення вказаних операцій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Маханько А.М. Велика російська енциклопедія : [35т.] / гол. ред. Осипов Ю.С. — М. : ВРЕ, 2004—2017.
2. Скороходова Е.А. Загальнотехнічний довідник / Скороходова Е.А. — М.: Машиностроение, 1982. — 416 с.
3. Основні принципи проектування технологічних процесів виготовлення ходових гвинтів кулькових гвинтових пар: веб сайт. URL: http://www.rusnauka.com/14_NPRT_2011/Tecnic/8_87174.doc.htm. Дата звернення: 25.04.2022 р.
4. Попов С.В.. Теорія механізмів технологічних машин: підручник для студентів механічних спеціальностей закладів вищої освіти / Попов С.В., Бучинський М.Я., Гнітько С.М., Чернявський А.М. — Харків: НТМТ, 2019. — 268 с.
5. Передача гвинт-гайка. Призначення та будова: веб-сайт. URL: https://www.shevchenkove.org.ua/person_syte/Page/Metodrobota/%D0%95%D0%9F%20%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0%20%D0%9D%D0%9C%D0%A6/Dokument/Lekzia/3%20%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D1%96%D0%BB/3.5.htm. Дата звернення: 25.04.2022 р.
6. Волков А.Н. Проектирование робототехнических систем: учеб. пособие / Волков А.Н. Тимофеев А.Н. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012.- 370 с.
7. Галкін О.О. Гібридний верстат для обробки крайок композитних матеріалів/ Галкін О.О. — Магістерська дисертація. К.: НТУУ «КПІ». 2020р. 114с.
8. Анухин В.И. Допуски и посадки – 3-е изд., испр. – СПб.: Питер, 2005. – 207с.
9. Міхеєнко Л.А. Основи конструювання приладів. / Міхеєнко Л.А., Мамута М.С., К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 202с.
10. Веркович Г.А. Справочник конструктора точного приборостроения / Веркович Г.А. Явленского К.Н., Тимофеева Б.П., Чаадаевой Е.Е. – Л.: Машиностроение, 1989. – 792 с.

11. Толстоба Н.Д. Проектирование узлов оптических приборов: уч. Пособие/ Толстоба Н.Д., Цуканов А.А.
12. Вайсман В.А. Управление продуктом с браком при доводке винтов шарико-винтовых передач / Вайсман В.А. // Тр. ОПУ. - №2(28). – Одесса: ОНПУ, 2007. – с. 289-292.
13. Равська Н. С. Основи формоутворення поверхонь при механічній обробці: Навчальний посібник/ Н. С. Равська, П. Р. Родин, Т. П. Ніколаєнко, П. П. Мельничук.— Ж.: ЖІТІ, 2000.— 332с.
14. Погребна Н.Е. Способи зміцнення металів / Погребна Н.Е., Куцова В.З., Котова Т.В. // НІП. – Дніпро: НМетАУ, 2021.
15. Пестунов, В. М. Удосконалення гвинтових передач / Пестунов В.М., Свяцький В.В., Свяцька Л.П. // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. пр. - Кіровоград: КНТУ, 2009. - Вип. 22. - С. 341-345.
16. Родин П. Р. Металорізальні інструменти / П. Р. Родин - Київ: Вища школа, 1986. - 486 с.
17. Геллер Ю. А. Инструментальные стали. / Ю. А. Геллер – Москва: Металлургия, 1975. – 584 с.
18. Лахтин Ю. М. Химико-термическая обработка металлов. Учебное пособие для вузов. / Ю. М. Лахтин, Б. Н. Арзамасов – Москва: Металлургия, 1985. – 256 с.
19. Патент №31768 Україна, МПК C23C8/26. Спосіб азотування сталевих виробів / В. Д. Орлов, А. М. Каратєєв, В. М. Волосюк; власник: В. Д. Орлов, А. М. Каратєєв, В. М. Волосюк. - № u200763517; заявл. 12.09.2000; опубл. 15.12.2000, Бюл. № 20.
20. Головачук С. Надійність машин. Конспект лекцій. – Л: Луцький Національний технічний університет, 2011.-86 с.
21. Вайнов К.Н. Прогнозирование надежности механических систем.- Л.: Машиностроение, 1978.-205 с.

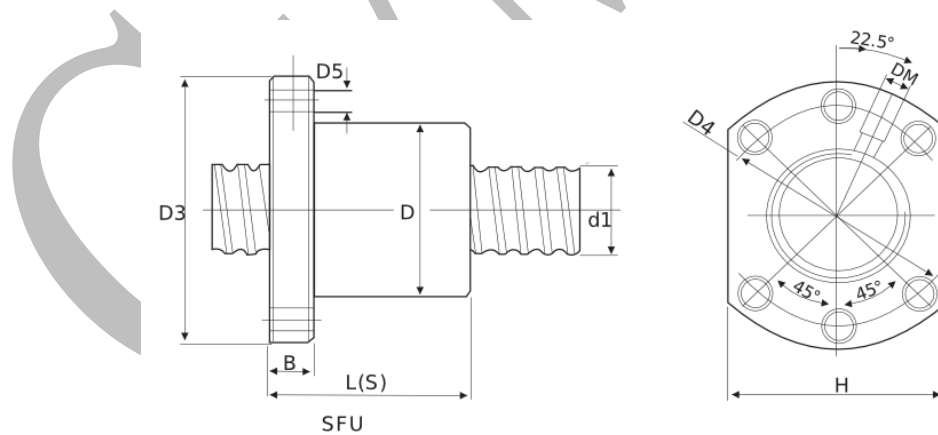
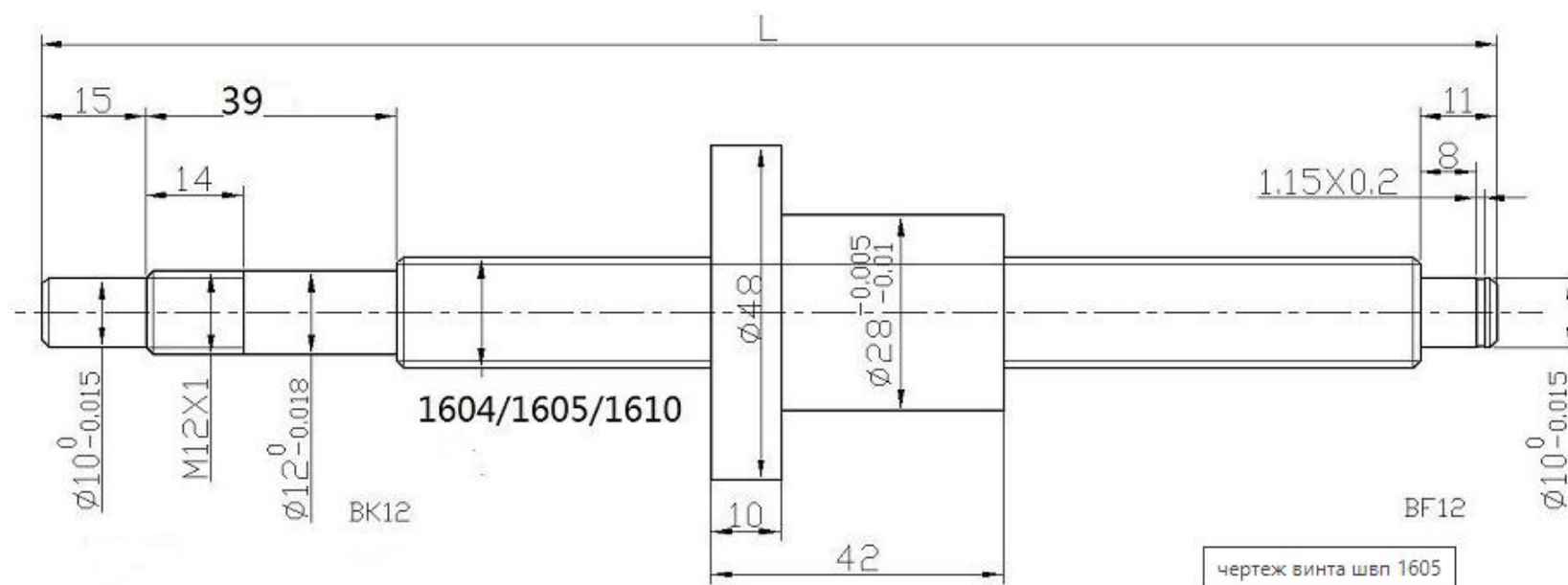
22. Канарчук В.Є., Полянський С.К., Дмитрієв М.М. Надійність машин: Підручник.-К.: Либідь, 2003.-424 с.
23. Орлов П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие. В 2-х кн. / Под ред. П.Н. Учаева. – Изд.3-е, испр. – М.: Машиностроение, 1988.
24. Либенсон Г. А. Производство порошковых изделий: учебн. пос. / Г.А. Либенсон. – Москва: Металлургия, 1990. – 240 с.
25. Опис сталі ХВГ: веб-сайт. URL: https://metallischekiy-portal.ru/marki_metallov/sti/XVG. Дата звернення 01.05.2022 р.
26. Опис сталі ХВГ: веб-сайт URL: http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=142. Дата звернення 01.05.2022 р.
27. Опис сталі ХВГ: веб-сайт URL: <https://stali.com.ua/instrumentalniestali/hvg.html>. Дата звернення 01.05.2022р.
28. Руденко Л.Ф. Леговані сталі та сплави : навч. посіб. / Л. Ф. Руденко, Т. П. Говорун. – Суми : Сумський державний університет, 2012. – 171 с.
29. Позняк Л.А., Штамповые стали. / Позняк Л.А., Скрынченко Ю.М., Тишаев С.И. / – М.: Металлургия, 1980. – 244 с.
30. Металографічні дослідження металу: веб-сайт. URL: <http://ua.tuevdieks.com/services/technical-diagnosis/methods-of-survey/metallograficheskie-issledovaniya-metalla/>. Дата звернення 21.05.2022 р.
31. Металографічні дослідження металу: веб-сайт. URL: <https://ukrintech.com.ua/ua/metalohrafichni-doslidzhennia/>. Дата звернення 21.05.2022 р.
32. Вимірювання твердості за методом Бринелля: веб-сайт. URL: <https://ukrintech.com.ua/ua/yak-vymiriaty-tverdist-materialu-za-dopomohoiu-tverdomira-za-brinelem>. Дата звернення 22.05.2022 р.
33. Шмиг Р.А. Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури / Шмиг Р.А., Боярчук В.М., Добрянський І.М., Барабаш В.М. ; за заг. ред. Р. А. Шмига. — Львів, 2010. — С. 174

34. Обладнання: веб-сайт. URL: <https://pmitkm.teset.sumdu.edu.ua/uk/napriamky-diialnosti/naukovo-doslidna-laboratoriia-prykladnoho-materialoznavstva/pidrozdily/184-laborator-ya-mekhan-chnikh-viprobuvan>. Дата звернення 22.05.2022 р.

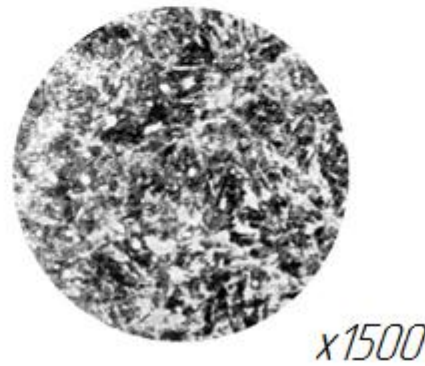
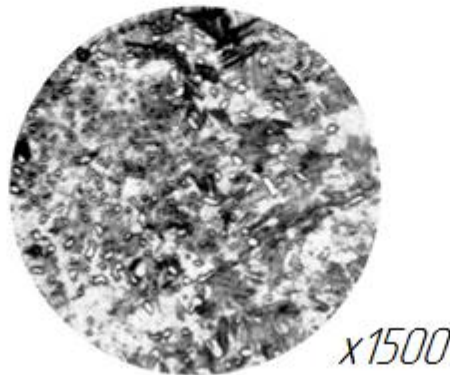
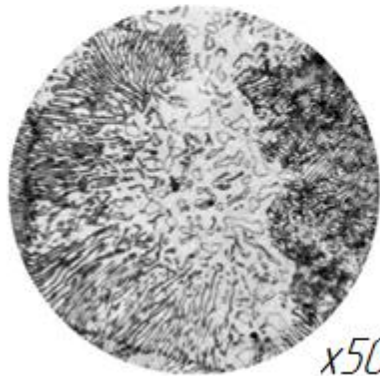
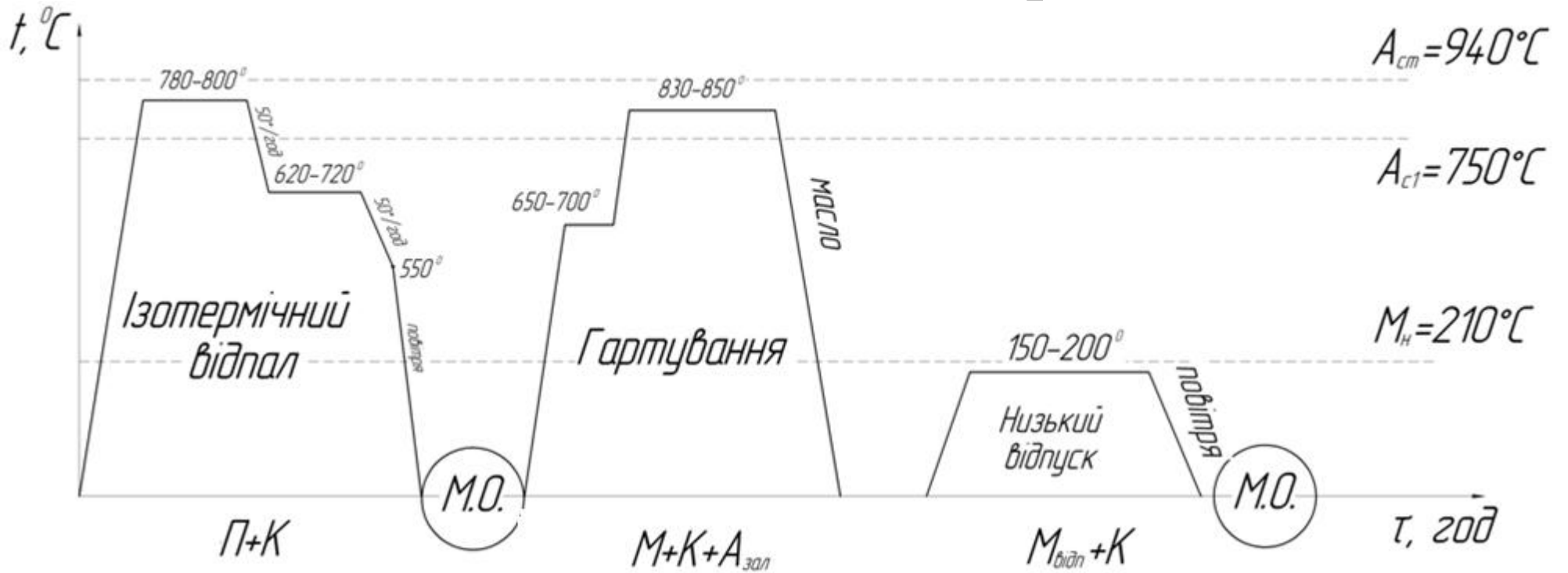
35. Накал оборудование для термической обработки. Каталог продукции 2016р., 59 с.

СУМДУ

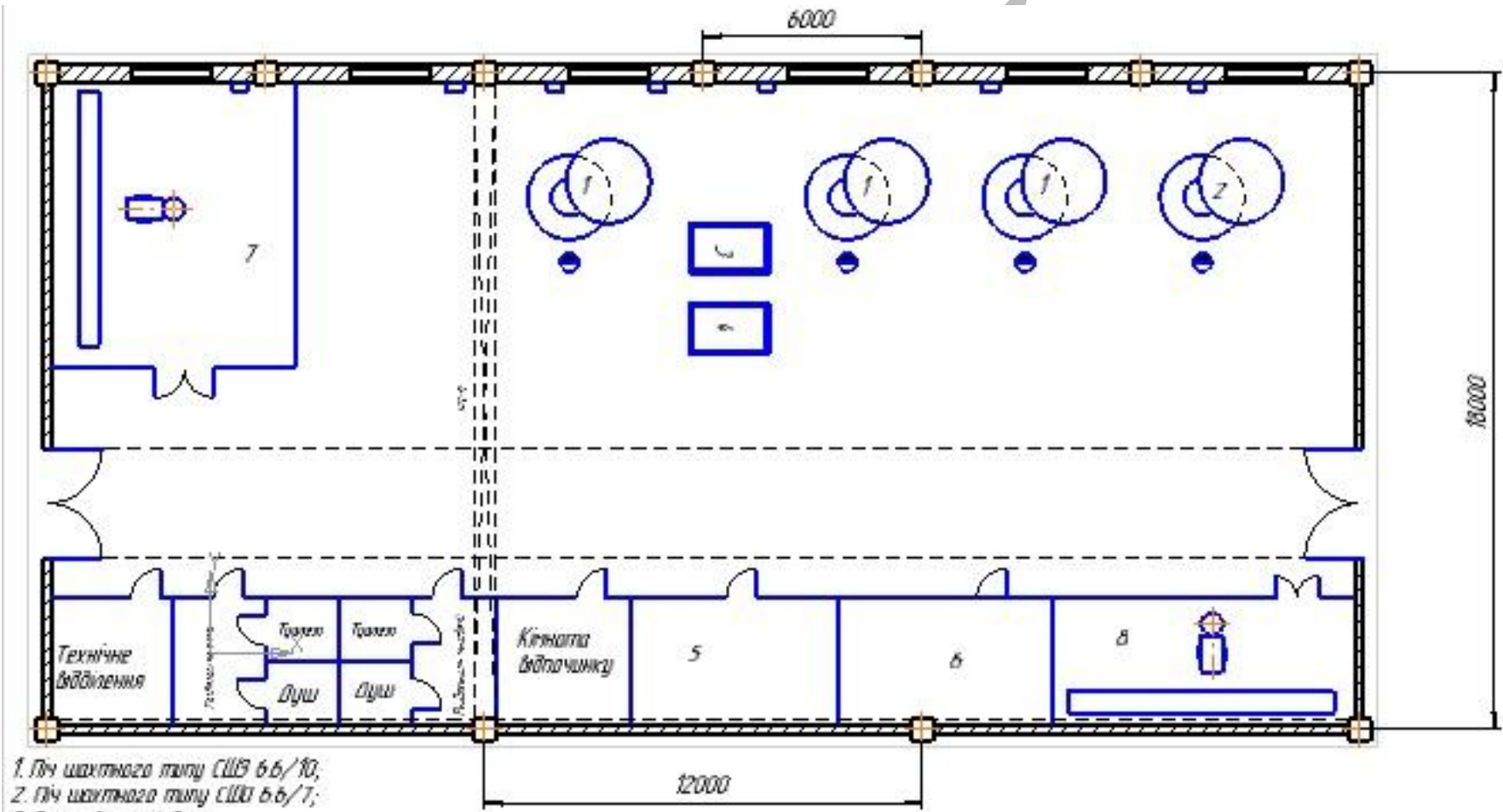
Схема гвинта та гайки КГП



Графік термічної обробки гвинта із сталі ХВГ



План термічного відділення



- 1. Піч шактного типу СШВ 6.6/10;
- 2. Піч шактного типу СШВ 6.6/7;
- 3. Галтувальний бак;
- 4. Млина машина;
- 5. Механічна лабораторія;
- 6. Металографічна лабораторія;
- 7. Склад заготовок;
- 8. Склад готової продукції