

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
**Кафедра прикладного матеріалознавства
і технології конструктивних матеріалів**

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Завідувач кафедри
Гапонова О.П.

дата, підпис

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**
за напрямком підготовки 132 «Матеріалознавство»

Тема роботи «Вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення і термічної
обробки кулькової гайки рульового механізму»

Виконав:
студент Сичов Я.С.
Залікова книжка №

дата, підпис

Захищена з оцінкою

Керівник:
Дегула А.І.

дата, підпис

Секретар ЕК:

Суми 2021

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**

Сичова Ярослава Сергійовича

1. Тема проекту(роботи): «Вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення заготовки і термічної обробки деталі «шарикова гайка рульового механізму» 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 шарикової гайки рульового механізму 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 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

1. Термін видачі завдання _____

Студент _____

(підпис)

Керівник проекту _____

(підпис)

РЕФЕРАТ

Випускна кваліфікаційна робота містить 74 сторінки, 5 розділів, 19 рисунків, 11 таблиць, список із 19 використаних літературних джерел.

Мета роботи – вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення заготовки та термічної обробки деталі «шарикова гайка рульового механізму».

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, випробування на міцність та випробування зносостійкості.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1	9
ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДЕТАЛІ.....	9
1.1 Робота рульової гайки.....	9
1.2 Причини виходу з ладу деталей рульового механізму	15
Висновок	17
РОЗДІЛ 2	18
ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	18
2.1 Технічні вимоги до матеріалу	18
2.2 Технологічний процес виготовлення деталі	20
2.3 Методи зміцнення деталі.....	28
Висновок	38
РОЗДІЛ 3	39
ВИБІР МАТЕРІАЛУ ДЕТАЛІ, ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	39
3.1 Опис вибраної сталі	39
3.2 Характеристики і застосування сталі ХВГ і 18ХГТ	42
3.3 Вплив елементів на властивості	46
3.4. Методи дослідження.....	49
3.4.1. Металографічні дослідження.....	49
3.4.2. Випробування металу на твердість	51
3.4.3. Випробування на мікротвердість	52
Висновок	54
РОЗДІЛ 4	56
РОЗРОБЛЕННЯ МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ..	56
4.1 Характеристика процесу нітроцементациї.....	59
Висновок	63
РОЗДІЛ 5	65
РОЗРАХУНКОВО - ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	65
5.1 Вибір основного і допоміжного обладнання для ТО деталі.....	65
Висновок	71
ВИСНОВКИ.....	72

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

КГРМ – Кулькова гайка рульового механізму;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

ШВП – шарико-підшипникова гайка;

СВЧ – свехвисокочастотне;

ОКГ – оптичні квантові генератори;

ТО – термічна обробка;

ХТО – хіміко-термічна обробка.

ВСТУП

Актуальність роботи. Актуальність роботи пов'язана з підвищенням міцності та якості кулькової гайки рульового механізму.

Кулькова гайка рульового механізму застосовується у гвинтовому рульовому механізмі. Даний тип рульового механізму встановлюється на окремих легкових автомобілях представницького класу, а також важких вантажних автомобілях і автобусах.

Гвинт і гайка, що застосовуються в гвинтових рульовому механізмі, відрізняються від звичайної гвинтової пари тим, що спеціально виконаних порожнини між бічною поверхнею пари заповнені кульками. Доріжками кочення для кульок служать гвинтові канавки, виконання на тілі гвинта і в гайці. При повороті гвинта кульки циркулюють в гайці по замкнутому колу, викочуючи з гвинтового каналу через отвір з одного боку гайки і повертаючись в гайку через обвідний канал з протилежного боку [1].

Використання циркулюючих кульок дозволяє замінити тертя ковзання в парі гвинт-гайка тертям кочення, що підвищує ККД передачі, як в прямому напрямку, так і в зворотному. Це покращує умови для стабілізації керованих коліс, а й робить механізм досить чутливим до поштовхів з боку дороги. Тому для згладжування ударів повинні встановлюватися амортизатори або підсилювачі рульового управління. Глибина гвинтовий канавки виконується змінної, а товщина середнього зуба сектора збільшеною в порівнянні з іншими зубами для виключення заклинювання рульового механізму в крайніх положеннях [1].

Принципово робота гвинтового рульового механізму мало відрізняється від роботи черв'ячного механізму. Поворот рульового колеса супроводжується обертанням гвинта, який переміщує сполучається з ним гайку. При цьому відбувається циркуляція кульок, значно зменшують тертя між гвинтовими поверхнями. Гайка за допомогою зубчастої рейки переміщує зубчастий сектор і з ним рульову сошку. Зазор в зачепленні поршня-рейки з сектором валу сошки

регулюється шляхом осьового переміщення валу сошки за допомогою спеціального гвинта. Зазор в парі гвинт-гайка не регулюється, тому висока надійність і необхідний термін служби в цьому зачепленні забезпечують шляхом застосування високоякісних легованих сталей. Гвинтовий рульовий механізм в порівнянні з черв'ячним механізмом має більший ККД і здатний передавати великі зусилля. Одним з недоліків даної конструкції є складність підгонки деталей гвинтової передачі при використанні в конструкції циркулюючих кульок [1].

Мета роботи – вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення заготовки та термічної обробки деталі «кулькова гайка рульового механізму».

Завдання:

- проаналізувати умови роботи деталі;
- провести аналіз літературних джерел;
- раціонально обрати матеріал для виготовлення деталі; 8
- розробити технологічний процес, термічну та хіміко-термічну обробку виробу.

Методи дослідження – металографічні і електронно-мікроскопічні дослідження структури поверхневого шару сталей, вимірювання мікротвердості цементованого шару за допомогою приладу ПМТ-3.

Досліджено вплив процесу цементації що до структури та властивостей сталі 18ХГТ, розроблена технологія хіміко-термічної обробки – нітроцементації.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДЕТАЛІ

1.1 Робота рульової гайки

Рульове керування призначається для зміни напрямку руху автомобіля поворотом передніх керованих коліс і складається з рульового механізму та рульового привода. На вантажних автомобілях великої вантажопідйомності в рульовому керуванні застосовують підсилювач, який полегшує керування автомобілем, зменшує поштовхи на рульове колесо й підвищує безпеку руху. Рульовий механізм перетворює обертання рульового колеса на поступальне переміщення тяг привода, що повертає керовані колеса. При цьому зусилля, що передається водієм від рульового колеса до коліс, які повертаються, зростає в багато разів. Рульовий привод разом із рульовим механізмом передає керуюче зусилля від водія безпосередньо до коліс і забезпечує цим поворот керованих коліс на заданий кут. Щоб здійснився поворот без бічного ковзання коліс, усі вони повинні котитися по дугах різної довжини, описаних із центра повороту O (рис. 1). При цьому передні керовані колеса мають повертатися на різні кути: внутрішнє щодо центра повороту колесо — на кут α_3 , зовнішнє — на менший кут α_2 . Це забезпечується з'єднанням тяг і важелів рульового привода у формі трапеції. Основу трапеції становить балка 1 переднього моста автомобіля, сторони — лівий 4 та правий 2 поворотні важелі, а вершину трапеції утворює поперечна тяга 3, яка з'єднується з важелями шарнірно. До важелів 4 і 2 жорстко прикріплені поворотні цапфи 5 коліс. Один із поворотних важелів, найчастіше лівий 4, зв'язаний із рульовим механізмом через поздовжню тягу 6. Отже, коли приводиться в дію рульовий механізм, поздовжня тяга, переміщуючись уперед або назад, спричинює поворот обох коліс на різні кути відповідно до схеми повороту [2].

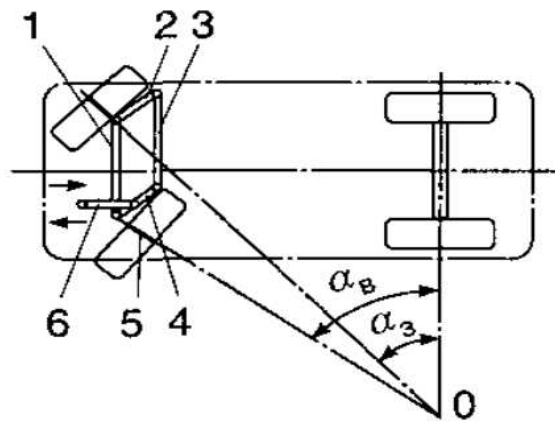


Рисунок 1.1 - Схема рульового механізму: 1 — балка; 2, 4 — відповідно правий та лівий поворотні важелі; 3, 6 — відповідно поперечна й поздовжня тяги; 5 — поворотна цапфа [2].

Розташування й взаємодію деталей рульового керування, що не має підсилювача, можна розглянути на схемі рис. 2, а. Тут рульовий механізм складається з рульового колеса 3, рульового валу 2 та рульової передачі 1, утвореної зачепленням черв'ячної шестірні (черв'яка) із зубчастим стопором, на вал якого кріпиться сошка 9 рульового привода. Сошка та решта деталей рульового керування — поздовжня тяга 8, верхній важіль 7 лівої поворотної цапфи, нижні важелі 5 лівої та правої поворотних цапф, поперечна тяга 6 — становлять рульовий привод. Керовані колеса повертаються, коли обертається рульове колесо 3, яке через вал 2 передає обертання рульовій передачі 7. При цьому черв'як передачі, що перебуває в зачепленні з сектором, починає переміщувати сектор угору або вниз по своїй нарізці. Вал сектора починає обертатися й відхиляє сошку 9, яку верхнім кінцем насаджено на ту частину валу сектора, що виступає. Відхилення сошки передається поздовжній тязі 8, що переміщується вздовж своєї осі. Поздовжня тяга 8 зв'язана через верхній важіль 7 із поворотною цапфою 4, тому її переміщення спричинює повертання лівої поворотної цапфи. Від неї зусилля повертання через нижні важелі 5 і поперечну тягу 6 передається правій цапфі. Таким чином обидва колеса повертаються. Керовані колеса повертаються рульовим керуванням на обмежений

кут, що дорівнює 28.35° . Обмеження вводиться для того, щоб під час повертання виключити зачіпання колесами деталей підвіски або кузова автомобіля. Конструкція рульового керування визначається типом підвіски керованих коліс: коли підвіска передніх коліс залежна, в принципі зберігається схема рульового керування, наведена на рис. 1.2, а; в разі незалежної підвіски (рис. 1.2, б) рульовий привод дещо ускладнюється [2].

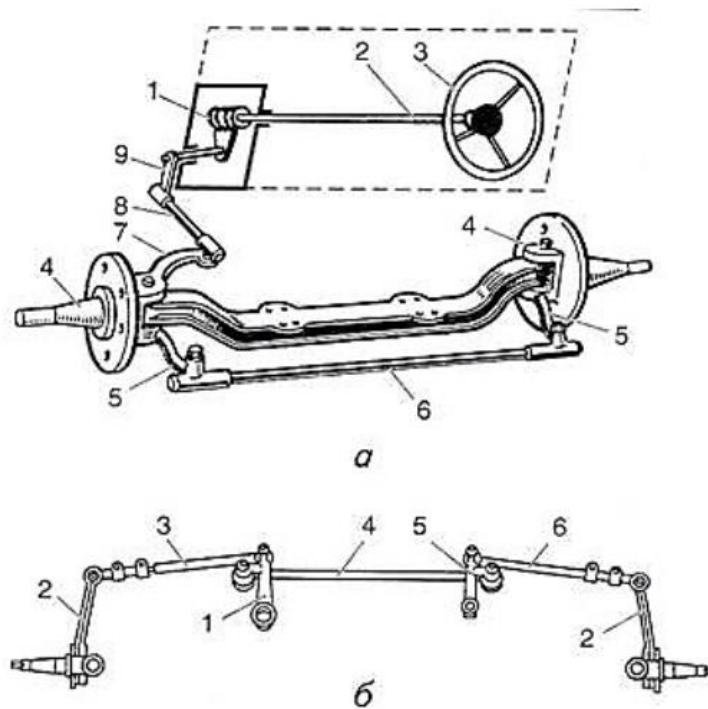


Рисунок 1.2 - Схема рульового керування: а — залежна підвіска (1 — рульова передача; 2 — рульовий вал; 3 — рульове колесо; 4 — поворотна цапфа; 5 — нижні важелі лівої та правої поворотних цапф; 6 — поперечна тяга; 7 — верхній важіль лівої поворотної цапфи; 8 — поздовжня тяга; 9 — сошка рульового привода); б — незалежна підвіска (1 — сошка; 2 — поворотні важелі; 3, 6 — відповідно ліва й права бічні тяги; 4 — основна поперечна тяга; 5 — маятниковий важіль) [2].

Рульовий механізм забезпечує повертання керованих коліс з невеликим зусиллям на рульовому колесі. Цього можна досягти збільшенням передаточного числа рульового механізму. Однак передаточне число обмежене частотою обертання рульового колеса. Якщо вибрати передаточне число з

кількістю обертів рульового колеса понад 2-3, то істотно збільшується час, потрібний на повертання автомобіля, а це недопустимо за умовами руху. Тому передаточне число в рульових механізмах беруть у межах 20-30, а для зменшення зусилля на рульовому колесі в рульовий механізм або привод вмонтовують підсилювач. Обмеження передаточного числа рульового механізму пов'язане також із властивістю оборотності, тобто здатністю передавати зворотне обертання через механізм на рульове колесо. В разі великих передаточних чисел збільшується тертя в зачепленнях механізму, властивість оборотності зникає, й самоповертання керованих коліс після повернення в прямолінійне положення виявляється неможливим. Рульові механізми залежно від типу рульової передачі і бувають: • черв'ячні; • гвинтові; • шестеренчасті. У черв'ячному рульовому механізмі (з передачею типу черв'як-ролик) за ведучу ланку править черв'як, який закріплено на рульовому валу, а ролик установлено на роликовому підшипнику на одному валу із сошкою. Щоб у разі великого кута повороту черв'яка зачеплення було повним, нарізку черв'яка виконують по дузі кола — глобоїду. Такий черв'як називають глобоїд. У гвинтовому рульовому механізмі обертання гвинта, зв'язаного з рульовим валом, передається гайці, яка закінчується рейкою, зачепленою із зубчастим сектором. Сектор установлено на одному валу із сошкою. Такий рульовий механізм утворений рульовою передачею типу гвинт-гайка-сектор. У шестеренчастих рульових механізмах рульова передача утворюється циліндричними або конічними шестернями. До них належить також передача типу шестірня-рейка, в якій циліндрична шестірня зв'язана з рульовим валом, а рейка, зачеплена із зубцями шестірні, править за поперечну тягу. Рейкові передачі й передачі типу черв'як-ролик як такі, що забезпечують порівняно невелике передаточне число, застосовують переважно на легкових автомобілях. Для вантажних автомобілів використовують рульові передачі типу черв'як-сектор і гвинт-гайка-сектор, обладнані або вмонтованими в механізм підсилювачами, або підсилювачами, винесеними в рульовий привод. Конструкції рульового привода різняться розташуванням важелів і тяг, з яких

складається рульова трапеція, відносно передньої осі. Якщо рульову трапецію розміщено спереду передньої осі, то така конструкція рульового привода називається передньою рульовою трапецією, а якщо позаду — задньою. На конструктивне виконання й схему рульової трапеції істотно впливає конструкція підвіски передніх коліс. Коли підвіска залежна (див. рис. 2, а), рульовий привод має простішу конструкцію, бо складається з мінімуму деталей. Поперечну рульову тягу в цьому разі виконано суцільною, а сошка хитається в площині, паралельній поздовжній осі автомобіля. Можна зробити привод і з сошкою, що хитається в площині, паралельній передньому мосту. В такому разі поздовжньої тяги не буде, а зусилля від сошки передаватиметься прямо на дві поперечні тяги, зв'язані з цапфами коліс. Якщо підвіска передніх коліс незалежна, схема рульового привода (див. рис. 2, б) конструктивно складніша: з'являються додаткові деталі привода, яких немає в схемі із залежною підвіскою коліс. Змінюється конструкція поперечної рульової тяги, її роблять розчленованою, з трьох частин: основної поперечної тяги 4 та двох бічних тяг — лівої 3 й правої 6. Для опори основної тяги 4 слугує маятниковий важіль 5, який за формою й розмірами відповідає сошці 1. Бічні поперечні тяги з'єднано з поворотними важелями 2 цапф і з основною поперечною тягою за допомогою шарнірів, які допускають незалежні переміщення коліс у вертикальній площині. Розглянуту схему рульового привода застосовують переважно на легкових автомобілях.

Рульовий механізм з передачею типу черв'як-ролик застосовується на легкових і вантажних автомобілях ГАЗ (рис. 1.3). Основні деталі рульового механізму: рульове колесо 4, рульовий вал 5, установлений у рульовій колонці 3 і з'єднаний з глобоїдним черв'яком 7. Черв'як установлено в картері 6 рульової передачі на двох конічних підшипниках 2 й зачеплено з тригребневим роликом 7, який обертається на шарикопідшипниках на осі. Вісь ролика закріплено у вилчастому кривошипі валу 8 сошки, який спирається на втулку й роликовий підшипник у картері 6. Зачеплення черв'яка й ролика регулюють болтом 9, у паз якого вставлено ступінчастий хвостовик валу сошки. Заданий

зазор у зачепленні черв'яка з роликом фіксується фігурною шайбою зі штифтом і гайкою. Картер б рульової передачі прикріплено болтами до лонжерона рами. Верхній кінець рульового валу має конічні шліци, на які посаджено й закріплено гайкою рульове колесо. Рульовий механізм з передачею типу гвинт-гайка-рейка-сектор із підсилювачем застосовують у рульовому керуванні автомобіля ЗИЛ-130 (рис. 1.3). Підсилювач рульового керування конструктивно об'єднаний із рульовою передачею в один агрегат і має гідропривод від насоса 2, що приводиться в дію клиновим пасом від шківів колінчастого вала. Рульову колонку 4 з'єднано з рульовим механізмом 1 через короткий карданний вал 3, оскільки осі рульового вала й рульового механізму не збігаються. Це зроблено для зменшення габаритних розмірів рульового керування [3].

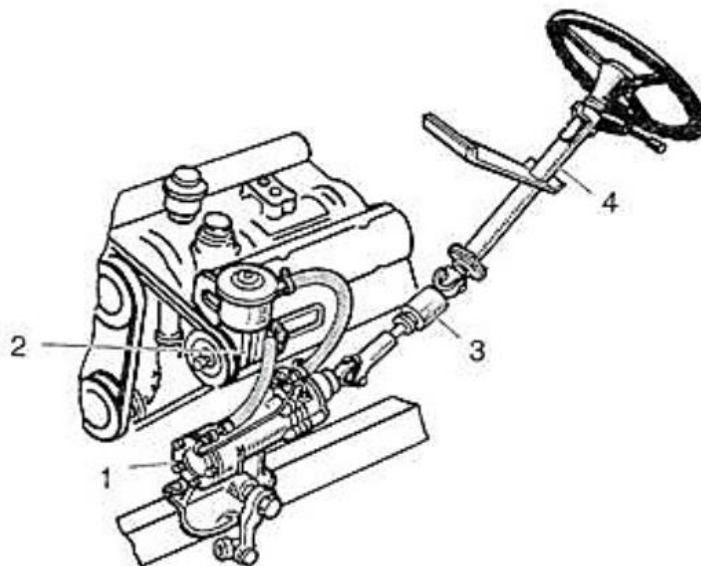


Рисунок 1.3 - Рульовий механізм автомобіля ЗИЛ-130: 1 — рульовий механізм; 2 — гідронасос; 3 — карданний вал; 4 — рульова колонка [3]

Основну частину рульового механізму (рис. 1.4) становить картер 1 що має форму циліндра. Всередині циліндра розміщено поршень-рейку 10 із жорстко закріпленою в ньому гайкою 3. Гайка має внутрішню різьбу у вигляді півкруглої канавки, куди закладено кульки 4. За допомогою кульок гайка входить у зачеплення з гвинтом 2, який, своєю чергою, з'єднується з рульовим валом 5. У верхній частині картера до нього кріпиться корпус 6 клапана

керування гідропідсилювачем. За керуючий елемент у клапані править золотник 7. Виконавчим механізмом гідропідсилювача слугує поршень-рейка 10, ущільнений у циліндрі картера за допомогою поршневих кілець. Рейку поршня з'єднано різьбою із зубчастим сектором 9 валу 8 сошки. Обертання рульового валу перетворюється передачею рульового механізму на переміщення гайки-поршня по гвинту. При цьому зуб'я рейки повертають сектор і вал із закріпленою на ньому сошкою, завдяки чому повертаються керовані колеса [3].

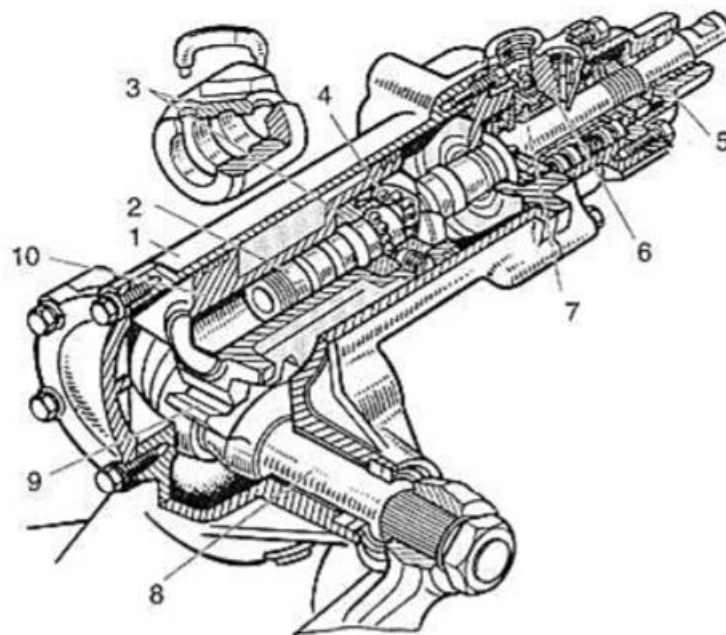


Рисунок 1.4 – Будова рульового механізму з вбудованим гідропідсилювачем: 1 - картер; 2 – гвинт; 3 – гайка; 4 – кульки; 5 – рульовий вал; 6 – корпус клапана; 7 – золотник; 8 – вал сошки; 9 – зубчатий сектор; 10 – поршень-рейка [3]

1.2 Причини виходу з ладу деталей рульового механізму

Рульова колонка, її вал працюють в тісному зв'язку з певним гальмівним механізмом. Використовується безліч конструкційних рішень. На всіх зупинятися докладно не будемо, зазначимо лише основні. А саме розглянемо несправності схем «шестерня-рейка», «черв'як-ролик» і «гвинт-рейка-шестерня» [3].

У кожному рульовому механізмі є вузол, де обертання рульового валу навколо своєї осі перетворюється в певний поступальний (точніше зворотно-поступальний) рух певного компонента рульового механізму. Розмова про редукторі. Ось з його полумок і почнемо, з тієї, яка характерна для всіх конструкційних рішень. У будь-якому редукторі є корпус, можливо його механічне пошкодження через цілу низку причин. Ця поломка призводить до порушення конструкційної цілісності вузла, роботи пари вал-рейка або вал керма - вал сошки, потрапляння на компоненти вологи і різних дрібнодисперсійних домішок. В результаті порушується функціонування рульового управління в загальному [3].

Тепер про особливості кожної з представлених схем. В «схемі шестерня-рейка» є шестерня, яка перебуває на рульовому валу, вона взаємодіє з зубчастою рейкою. Це найпростіша схема. Принцип функціонування базується на тому, що зуби шестірни і рейки зчіплюються між собою, що дозволяє перетворювати обертання валу навколо своєї осі в прямолінійний поступально-зворотний пересування рейки. Вона потім взаємодіє з деталями рульового приводу. Зуби рейки і шестерні з часом зношуються, в результаті виникає люфт рульового управління. Йдеться про знос передавальної пари, точніше в цій схемі шестерні і рейки. Іноді зношуються, лопаються або просідає пружинки, які підтискають рейку до шестерні, виникають проблеми з підшипниками і втулками. Серед інших пошкоджень, більш рідкісні, потрапляння вологи [3].

Схема хробак-ролик використовується рідше, характерна поломка це теж зношеність передавальної пари. Тільки схема складніша і передавальних пар дві. Перша це черв'як-ролик, друга ролик-вал сошки. Причини полумок ті ж, що і в першому випадку, тобто знос, пошкодження поверхні, іноді серйозна механічна деформація, утворення іржі. Наслідки також ідентичні першому випадку - порушення або відсутність можливості функціонування рульового управління [3].

Схема гвинт-рейка-шестерня застосовується не так часто. Говорячи про несправності в редукторі, знову мова піде про знос передавальної пари, її

механічних пошкодженнях і деформації. Схема досить складна так передавальних пар кілька. Перша - гвинт-кулькова гайка, головна поломка - знос або деформація кулькових підшипників. Саме через їх пошкодженень не може часом працювати редуктор. Цей же вид поломок впливає безпосереднім чином і на другу пару, її складають кулькова гайка і поршень-рейка. Інакше кажучи, несправні підшипники не дають працювати рейці. І третя пара в цій схемі - поршень-рейка і сектор (шестерня, як невід'ємна частина валу сошки). Цій парі характерні ті ж проблеми що і схемою «шестерня-рейка». Інакше кажучи зуби рейки і шестерні зношують, можуть пошкоджуватися, часом формуються вогнища корозії, порушується зв'язок, виникає люфт. Знижується ефективність рульового управління [3].

Пошкоджений корпус редуктора вимагає заміни. Несправності всередині редуктора усуваються шляхом регулювання механізму, ремонту або заміни несправних елементів, в повній залежності від характеру, а також ступеня пошкодженень [3].

Висновок

В цьому розділі нами було розглянуто вузол в якому функціонує наша деталь, а саме рульове керування автомобіля, розташування і взаємодію деталей рульового керування. Розглянуто умови роботи кулькової гайки, виготовленої із конструктивної сталі, можливі причини виходу з ладу і методи її зміцнення.

Основними причинами виходу з ладу є інтенсивний знос по внутрішній частині, викришування канавок, вібрації, незадовільна якість обробленої поверхні тощо. Наслідками чого є порушення або відсутність можливості функціонування рульового управління.

Основними критеріями працездатності кулькової гайки рульового механізму є: контактна витривалість, витривалість при коченні, стійкість до зношування і викришування.

Таким чином, сплав для виготовлення кулькової гайки повинен мати високу контактну міцність і твердість при достатній в'язкості серцевини, чинити опір утворенню задирів та подряпин та бути економічним.

РОЗДІЛ 2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

2.1 Технічні вимоги до матеріалу

Технічні вимоги на основні деталі кулько-гвинтових передач, що застосовуються в верстатобудуванні, встановлені ГОСТ 2 РЗ1-5-89 (табл. 3.1). Норми точності гвинта - по ГОСТ 2 РЗ1-4-88 [4].

Таблиця 2.1

Технічні вимоги на основні деталі КГП [4]

Найменування деталі	матеріал	Твердість робочих поверхонь НРС _ε	Параметр R _a , мкм, шорсткості робочої поверхні, не більше
ГВИНТ	Сталь 8ХФ ГОСТ 5950-2000 Сталь 8ХФВД ТУ 3-213-84	59 - 63	0,63
гайка	Сталь 9ХС ГОСТ 5950-2000 Сталь ШХ15 ГОСТ 801-78	59 - 63	0,63
вкладиші	Сталь 9ХС ГОСТ 5950-2000 Сталь 40Х ГОСТ 4543-71 Порошок залізний ПЖВ 3.160.24 ГОСТ 9849-86	40 - 50	2,5
кульки	Сталь ШХ 15 ГОСТ	63 - 67	0,040

801-78

Примітки:

1. Для кульок ступінь точності 20 по ГОСТ 3722-81.
2. Різномірність кульок в одній передачі не більше 0,001 мм.
3. Відхилення середнього діаметра кульок при $D u < 5$ мм - $\pm 0,0025$ мм; $D h \geq 5$ мм - $\pm 0,0050$ мм. [4].

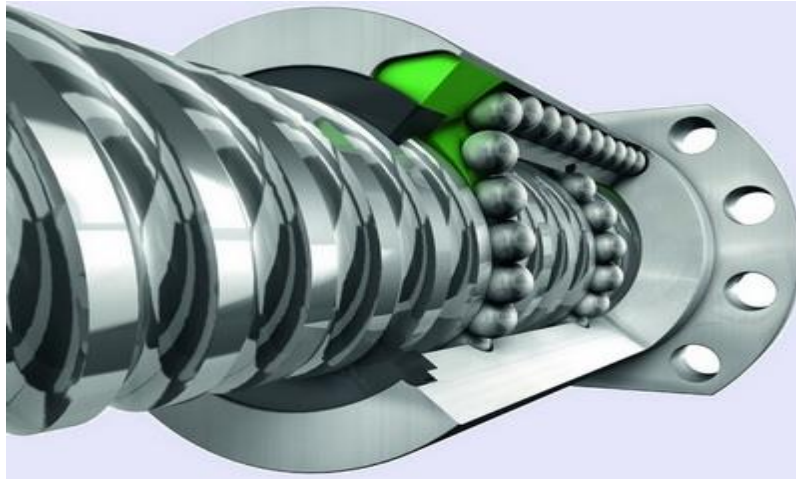


Рисунок 2.1 – Кульково гвинтова передача [6]

Гвинти виготовляють також з сталей марок ХВГ і 7Г2ВМ з об'ємною загартуванням, сталі марки 8ХВ з загартуванням при індукційному нагріванні, сталі марки 20Х3МВФ з азотуванням [6].

Для гайок застосовують сталь марки ХВГ з об'ємним загартовуванням і цементуючі сталі марок 18ХГТ, 12ХН3А, 12Х2Н4А .

Кульки виготовляють з хромової сталі марки ШХ20СГ .

Матеріали гвинта, гайки і тіл кочення повинні забезпечити твердість робочих поверхонь не нижче 61 HRC [6].

Порожнина гайки при складанні заповнюють пластичним мастильним матеріалом марки ЦИАТИМ-201 або ЦИАТИМ-203.

Передачі вимагають гарного захисту від забруднень. Найбільш часто застосовують гармонеподібні хутра, телескопічні кожухи і знімачі забруднень - пластмасові ущільнюючі гайки з двома-трьома опуклими витками за профілем канавок. Знімачі забруднень кріплять до кожного торця основної гайки.

Номенклатура показників якості, які використовуються при оцінці рівня якості КГП, що застосовуються в метало- і деревообробних верстатах, ділянках, лініях, комплексах, промислових роботів і ковальсько-пресовому обладнанні, встановлена ОСТ 2 Р31-6-87 [6].

2.2 Технологічний процес виготовлення деталі

Конструктивно кулькова гвинтова передача складається з гвинта та гайки з гвинтовими канавками криволінійного профілю. Канавки служать доріжками кочення для розміщених між витками гвинта і гайки кульок. Переміщення кульок відбувається по замкнутій траєкторії - при обертанні гвинта кульки залучаються до руху по гвинтових канавках, поступально переміщують гайку і через перепускний канал (канал повернення) повертаються в початкове положення. Канали повернення виконуються в спеціальних вкладишах, які вставляються у відповідне вікно гайки по числу робочих витків [7].

Створення попереднього натягу в передачі додатково компенсує періодичні похибки кроку гвинта та забезпечує співвісність вісі гвинта та гайки. В залежності від конструктивних особливостей попередній натяг можна видаляти підбиранням кульок збільшеного розміру, наприклад для профілю типу «готична арка», або установкою двох гайок в одному корпусі з наступним їх осьовим зустрічним взаємним зміщенням. Перевага такої конструкції полягає в можливості регулювання осьового натягу [7].

В конструкціях ходових гвинтів кулькових гвинтових пар застосовують переважно два типи профілю гвинтової поверхні: напівкруглий та арочний рис.

2.2 Більше поширення в конструкціях ШВП має напівкруглий профіль (рис.2.2,б).

Радіуси дуг вибираються таким чином, щоб забезпечити кут контакту між кулькою і поверхнею дуги профілю $\alpha=45^\circ$ [7].

Необхідно відзначити, що складові кулькових гвинтових пар мають певну стандартизацію конструктивного виконання її робочої частини та поверхонь

кінців гвинтів, які обов'язково мають точні поверхні основних конструкторських баз, а саме поверхонь для розміщення підшипників, а також поверхні допоміжних конструкторських баз для розміщення, при необхідності, зубчастих коліс, шківів та інших конструктивних приєднаних елементів. Найбільш типові види виконання та загальні конструктивні елементи кінців ходових гвинтів наведено на рис.2.3 [7].

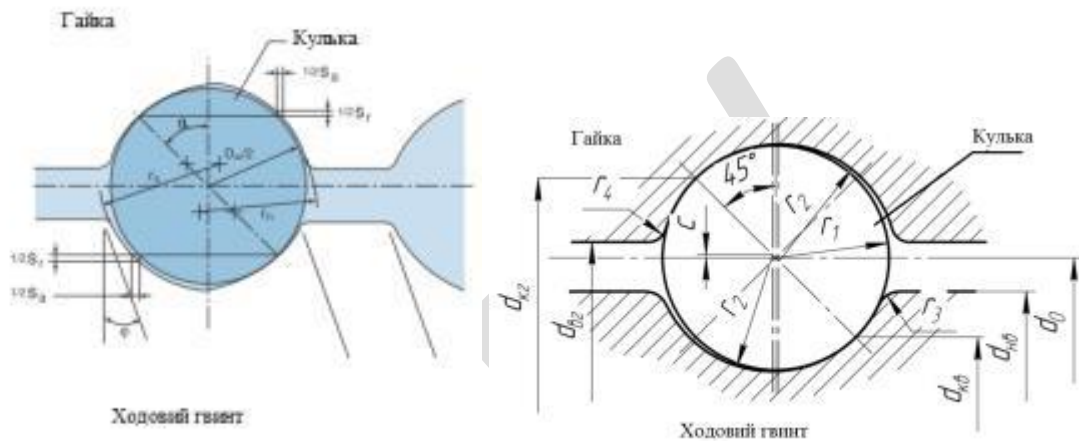


Рисунок 2.2 – Основні профілі гвинтової поверхні кулькової гвинтової пари: а) аروحний профіль; б) навіпкруглий профіль [7]

Найбільш поширені номінальні діаметральні розміри гвинтів, які найчастіше використовують в конструкціях механізмів, складають (25-200)мм а відповідно крок різьбової поверхні може складати $P=(5-20)$ мм при загальній довжині в межах $l=(500-5000)$ мм. Необхідно відзначити, що виготовляють гвинти і більших розмірів, але їх технологія виготовлення передбачає подальше застосування технологічних операцій складання з окремих частин. Виготовлення комплектів кулькових гвинтових пар є високоінтелектуальним машинобудівним виробництвом, яке потребує залучення спеціалістів високої кваліфікації для технологічного підготовки такого виробництва, застосування сучасного верстатного обладнання, кваліфікованих робітників та високої технологічної дисципліни виробництва [7].

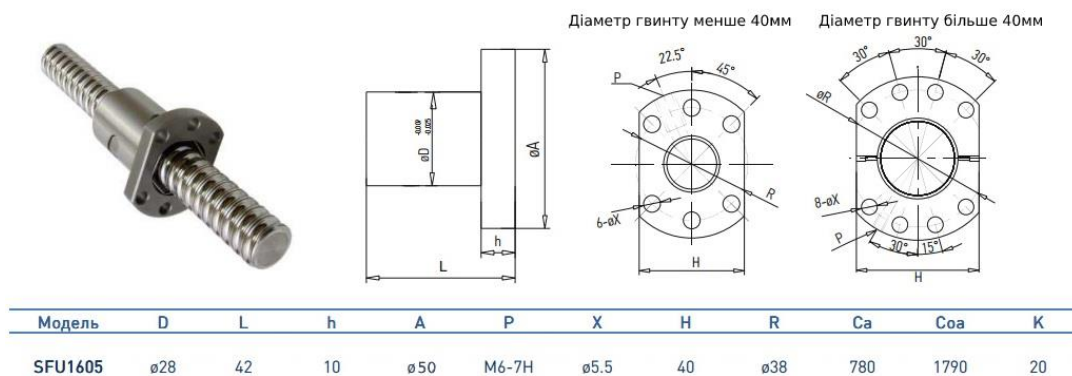


Рисунок 2.3 - Креслення шарикової гайки рульового механізму

Вибір матеріалів для виготовлення ходових гвинтів залежить від типу гвинтової передачі (ковзання або кочення), габаритних розмірів, конструктивних особливостей, вимог до характеристик якості робочих поверхонь та загальної точності механізму. Аналіз відомих технологічних процесів виготовлення гвинтів свідчить, що заготовки ходових гвинтів кочення, робочі поверхні яких зміцнюються поверхневим гартуванням, можна успішно виготовляти з легованих конструкційних сталей ХВГ, 8ХФ, 20ХЗМВ, 30ХЗВА, 9ХС, ШХ15 [7].

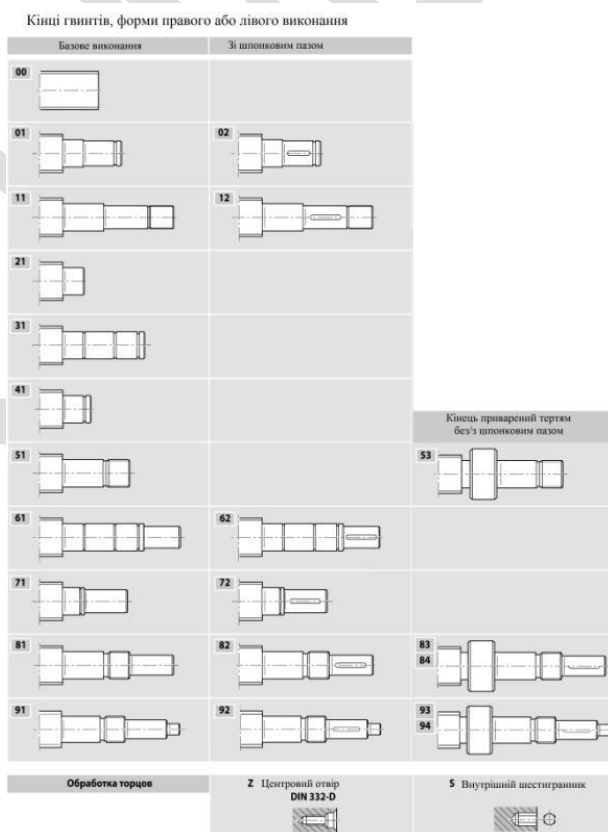


Рисунок 2.4 - Основні форми виконання кінців ходових гвинтів [7]

Важливим етапом проектування технологічних процесів оброблення ходових гвинтів є виготовлення заготовки. Враховуючи конструктивні особливості ходових гвинтів, їх заготовки виготовляються з сортового прокату традиційними процесами відрізання, але з обов'язковим попереднім контролем хімічного складу та фізико-механічних характеристик матеріалу у відповідності до сертифікату заводу-виробника. Випробувальні зразки для контролю характеристик якості матеріалу доцільно відділяти від прокату холодним способом. Для однієї партії прокату випадковим чином відбирають два випробувальні зразки довжиною $l=(150-200)$ мм від двох будь-яких прутків [7].

Контроль хімічного складу матеріалу на відповідність сертифікату виконують безпосередньо на заготовках прокату стилоскопічним методом. При задовільних результатах контролю, випробувальні зразки передають до лабораторії заводу з супровідним паспортом, в якому вказують номер партії і номер зразка, дані сертифікату з партії, що перевіряється та результати контролю партії на складі. Використання не сертифікованого матеріалу не допускається. Додатково здійснюється візуальний контроль вихідного матеріалу на наявність механічних пошкоджень та браку поверхневих шарів[7].

Лабораторний контроль передбачає визначення хімічного складу і, в першу чергу, відповідності сертифікату вмісту легуючих елементів, після чого передбачається контроль вмісту карбону (С), а також здійснюється контроль макро- та мікроструктури заданого матеріалу за методиками, які визначаються діючими державними стандартами. Макроструктура заготовок не повинна мати тріщин, включень, раковин, флокенів та інших механічних пошкоджень. В лабораторних умовах виконується контроль поверхневої твердості заготовок переважно за методикою Брінелля [7].

Після виконання попереднього вхідного аналізу якості матеріалу виготовляються заготовки заданих розмірів. Необхідно приймати до уваги, що розрахунковий розмір заготовки необхідно збільшити на дві глибини центрових отворів, які є загальною допоміжною технологічною базою і обробляються на етапі попереднього оброблення та видаляються перед етапом завершального

оброблення. Конструктивні розміри центрових отворів є стандартизованими і залежать від діаметрального розміру торцевої поверхні, в якій вони обробляються. Відрізання заготовок заданих розмірів виконують переважно на відрізних круглопильних напівавтоматах або стрічкових вертикальних верстатах. Перед відрізанням заготовок рекомендується здійснювати загальний контроль прямолінійності прокату. Для виготовлення ходових гвинтів рекомендується відбирати прутки з кривизною не більше 10% від гранично допустимої для даного прутка за відповідним стандартом [7].

Механічна правка прутків для заготовок ходових гвинтів, що не зміцнюються термічним обробленням, не допускається. Механічна правка прутків допускається тільки для заготовок гвинтів, технологічний процес оброблення яких передбачає застосування об'ємного гартуванням робочих поверхонь. Правку прутків виконують на гідравлічних пресах. Після правки прутків необхідно обов'язково передбачати операцію термічного оброблення-стабілізуючий відпал. Стабілізуюче термічне оброблення необхідно передбачати для заготовок ходових гвинтів в тих випадках, коли виявлено невідповідність вимогам стандарту поверхневої твердості або мікроструктури матеріалу. Після виготовлення заготовки вона поступає на подальше механічне оброблення [7].

Технологічні процеси виготовлення ходових гвинтів, в першу чергу, визначаються видом та етапом оброблення гвинтової поверхні і поділяються на три варіанти:

- формування гвинтової поверхні пластичним деформуванням до її термічного оброблення;
- формування гвинтової поверхні лезовими різальними інструментами до її термічного оброблення;
- формування гвинтової поверхні після термічного оброблення.

Необхідно приймати до уваги, що кожен варіант побудови технологічного процесу виготовлення ходового гвинта має свої переваги та недоліки.

Будь-який технологічний процес механічного оброблення різанням повинен передбачати послідовну реалізацію етапів попереднього чорнового оброблення, напівчистового, чистового та завершального опоряджувального оброблення [7].

Формування гвинтової поверхні пластичним деформуванням застосовують для виготовлення ходових гвинтів з номінальними розмірами поверхонь в діапазоні діаметрів (50-80)мм, кроком (6-12)мм та довжиною до 1500мм. Такий технологічний процес виготовлення гвинтів передбачає послідовне чергування операцій механічного та термічного оброблення [7].

На етапі попереднього чорнового оброблення різанням формуються загальні технологічні бази в якості яких традиційно використовуються центрові отвори в торцевих поверхнях валу, а також з їх використанням попередньо обробляються поверхні гвинта з видаленням максимально допустимих припусків, включаючи поверхню для подальшого пластичного деформування гвинтової поверхні. Після пластичного деформування гвинтової поверхні накатуванням для наступних етапів оброблення залишають припуск в межах $Z_o=(0,4-0,5)$ мм. Для зменшення внутрішніх напружень в заготовці після попереднього етапу оброблення необхідно передбачати термічну операцію-стабілізуючий відпал [7].

Оскільки термічна операція супроводжується просторовими деформаціями заготовки наступний етап оброблення різанням повинен передбачати відновлення початкових базових поверхонь, а саме центрових отворів. Для цього необхідно застосувати центрошліфувальну операцію. В залежності від конструктивних особливостей центрошліфувальних верстатів, базові конічні поверхні центрових отворів шліфуються послідовно з перестановкою заготовки, або одночасно з двох сторін при горизонтальній компоновці верстату та наявності двох шліфувальних шпинделів. Після відновлення поверхонь загальних технологічних баз з їх застосуванням оброблюються всі обробні поверхні з видаленням допустимих припусків та забезпеченням уточнення просторового положення поверхонь відносно вісі

гвинта, підвищенням точності розмірів та форми поверхонь, а також зменшенням параметрів шорсткості поверхонь. Для зменшення внутрішніх напружень в заготовці після попереднього чорнового етапу оброблення необхідно передбачати термічну операцію-стабілізуючий відпал [7].

Аналогічно попередньому етапу перед подальшим обробленням поверхонь ходового гвинта необхідно відновити поверхні загальних технологічних баз. Для цього повністю видаляються центрові отвори, які використовувались на попередніх етапах оброблення шляхом відрізання частини заготовки і формуються нові центрові отвори. Для оброблення нових центрових отворів використовується базування валу по гвинтовій поверхні, що забезпечить в подальшому знімання рівномірного припуску на гвинтових поверхнях і відповідно формування поверхні з близькими фізико-механічними характеристиками по довжині робочої поверхні. З використанням загальної технологічної бази –центрових отворів здійснюється етап напівчистового оброблення всіх обробних поверхонь з припуском для наступних етапів оброблення. Для подальшого оброблення поверхонь основних конструкторських баз, поверхонь для встановлення підшипників, залишають припуск в межах (0,4-0,6)мм, для інших поверхонь (0,2-0,4)мм. Окремі поверхні гвинта, вимоги до точності яких забезпечуються на цьому етапі оброблення в подальшому не оброблюються. Після виконання напівчистового оброблення передбачається гартування робочої гвинтової поверхні, яке найчастіше виконують з застосуванням струму високої частоти [7].

Перед етапом чистового оброблення необхідно передбачати операцію шліфування базових поверхонь центрових отворів з базуванням по робочій гвинтовій поверхні. З використанням загальної технологічної бази обробляють поверхні для розміщення підшипників з припуском в межах (0,15-0,2)мм для завершального опоряджувального оброблення, остаточно обробляють кріпильні різьбові поверхні та розвантажувальну канавку в гвинтовій поверхні. Обробляють шліфуванням або лезовими різальними інструментами оснащеними надтвердими інструментальними матеріалами робочу гвинтову

поверхню з припуском в межах (0,15-0,2)мм для завершального оброблення. Перед завершальним обробленням необхідно передбачати контрольну операцію та термічну операцію-стабілізуючий відпуск [7].

Перед завершальним опоряджувальним обробленням повторюють операцію шліфування базових поверхонь центрових отворів з базуванням по гвинтовій поверхні, що забезпечує мінімальну похибку базування для подальшого оброблення найбільш важливих робочих поверхонь ходового гвинта. На цьому етапі оброблення остаточно обробляють поверхні для встановлення підшипників та робочу гвинтову поверхню. Етап завершального оброблення необхідно здійснювати в умовах термоконстантного приміщення на обладнанні з заданими технологічними характеристиками точності. Завершальне оброблені ходові гвинти необхідно зберігати в вертикальному положенні в спеціальній тарі з дерев'яними призмами [7].

При проектуванні технологічних процесів виготовлення ходових гвинтів необхідно приймати до уваги, що в процесі роботи під дією змінних контактних навантажень в кулькових гвинтових парах відбувається старіння і втомне руйнування робочих поверхонь, що призводить з часом до появи раковин, відшарування і вилущування частини поверхні. В наслідок локальних пластичних деформацій, що можуть виникати під дією ударних або надмірних статичних навантажень, може відбуватися зминання поверхневих доріжок. Через підвищене ковзання в контакті кульок з поверхнями гвинта і гайки або під дією сторонніх часток, наприклад пилу або інших абразивних частинок може посилитися зношування робочих поверхонь [7].

Для попередження передчасного втомного руйнування, пластичного деформування та зношування робочих поверхонь, що в підсумку впливає на точність, швидкість переміщення і інші характеристики кулькового гвинтового механізму, необхідно передбачати додатковий комплекс захисних заходів, у тому числі забезпечення регулярного змащування механізму, захист гвинта і рухливих елементів від пилу, вологи і механічних часток. Для підвищення роботоздатності робочих поверхонь доцільно застосовувати операції фізико-

хімічного оброблення, наприклад азотування для підвищення твердості поверхневих шарів та зменшення коефіцієнтів тертя в механізмі [7].

2.3 Методи зміцнення деталі

Сутність поверхневого гартування полягає в тому, що верхні шари деталі швидко нагріваються вище температури критичних точок і створюється різкий перепад температури по перетину від поверхні до серцевини. Якщо нагрів перервати і деталь швидко охолодити, то загартування отримає тільки її поверхню, а серцевина залишиться незагартованою [8].

Гартування з індукційним нагріванням струмом високої частоти - операція, при якій деталь для нагріву розміщують в індуктор (соленоїд), що представляє собою один або кілька витків мідної трубки, охолоджуваної проточною водою. Змінний струм високої частоти, протікаючи по індуктору, створює змінне магнітне поле (рис. 2.4). В результаті в поверхневому шарі деталі виникають вихрові струми і виділяється джоулеве тепло. Відбувається швидке нагрівання поверхні до температури гарту. Час нагріву - 20-50 с. [8].

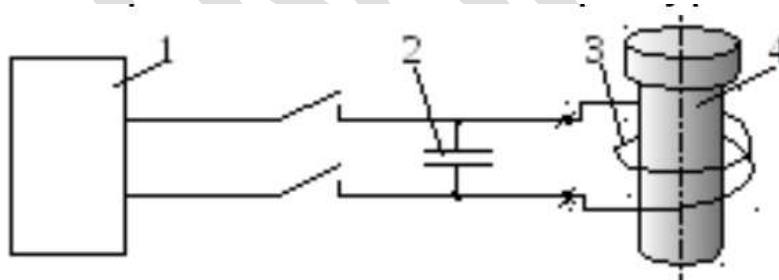


Рисунок 2.5 - Схема нагріву деталі СВЧ: 1 - генератор струму високої частоти; 2 - конденсатор; 3 - індуктор; 4 – деталь [8]

Пристрій для гартування з нагріванням за допомогою СВЧ складається з генератора струму високої частоти, конденсаторної батареї, індуктора, пристосування для охолодження (спрейера). Контроль за температурою нагріву здійснюється автоматично. Основні параметри процесу: температура, швидкість, глибина нагріву. Для виготовлення провідної шестерні колісно-

моторного блоку локомотиву застосовують сталь ШХ4 замість застосовуваної раніше цементованої сталі 20ХН3А, для виготовлення пружин з прутка діаметром до 30 мм - сталь 55С замість сталі 55С2, а для внутрішніх кільць роликів підшипників - сталь ШХ4 замість сталі ШХ15ГС. Загартування СВЧ створює умови для повної механізації і автоматизації, забезпечує термообробку в потокової лінії без розриву технологічного процесу. Особливо ефективний цей метод для серійного і масового виробництва. Він економічно нерентабельний для загартування одиничних деталей, так як для кожної деталі потрібно виготовляти індуктор і підбирати режими струму. Переваги високочастотного гартування: висока продуктивність; підвищення зносостійкості і циклічної міцності; відсутність знеуглецювання поверхні; незначне окислення поверхні; мале викривлення деталі (деформація); точне регулювання глибини загартованого шару; можливість автоматизації та організації поточкових ліній; можливість заміни легованих сталей вуглецевими; при високочастотному нагріванні теплота генерується в самому металі деталі і не залежить від зовнішнього джерела тепла, що забезпечує дуже швидкий нагрів. Гарт з індукційним нагріванням широко застосовується у всіх галузях промисловості для зміцнення колінчастих і шліцьових валів, розподільних валів, зубів великих шестерень, гальмівних шківів, шпинделів, борштанг та інших деталей [8].

Поверхнєве загартування деталей з індукційного нагріву полягає в нагріві її поверхневого шару до температури вище критичної A_{c3} і подальшого охолодження зі швидкістю, яка дорівнює або вище критичної для отримання мартенситу. Цей спосіб поверхневого зміцнення застосовується, головним чином, для деталей з вуглецевих і легованих сталей з середнім вмістом 0,4-0,5 % вуглецю (сталь 40,45,50,40 Х,40ХН,35Х та ін.) і рідше високовуглецевих (інструмент). Нагрівання поверхневого шару деталі здійснюється шляхом індукціювання в ньому вихрових струмів високої щільності. Деталь розміщується в електромагнітному полі, яке створюється індуктором, підключеним до джерела струму високої частоти (СВЧ) (рис. 2.5). Якщо

зміцнювана частина деталі має невелику довжину (висоту), то вся її поверхня може бути одночасно нагріта до температури гарту. Якщо виріб має велику довжину, то нагрів відбувається послідовно шляхом переміщення виробу щодо індуктора з певною швидкістю [9].

Одночасно з переміщенням деталі в індукторі і її послідовним нагріванням до температури гарту може в тій же послідовності відбуватися процесі охолодження і гарту. Охолодження здійснюється автоматично за допомогою спреєрної голівки (контурний душ). В цьому випадку процес переміщення деталі в індукторі і спреєрі має відбуватися за схемою (рис. 2.5.,б) [9].

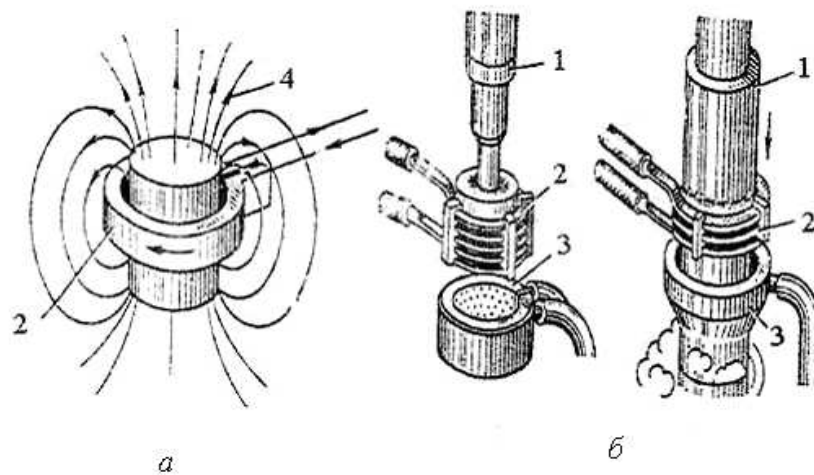


Рисунок 2.6 - Індукційний нагрів деталі: 1 - деталь; 2 - індуктор; 3 - спреєр; 4 - силові лінії магнітного поля [9]

Щільність індукованого струму в поверхневому шарі деталі у багато разів більше, ніж в її серцевині (поверхневий ефект або скін-ефект). В результаті майже вся теплова енергія виділяється в поверхневому шарі і викликає його розігрів. Чим вище частота струму, тим менше товщина нагрівається шару. Для отримання шару в 1,0 мм оптимальна частота струму складають 50-60 кГц; 2,0 мм-1500 Гц; 4,0 мм-4000 Гц. Джерелом електроживлення служать машинні і лампові генератори. Машинні генератори мають частоту від 1 до 10 кГц, лампові - до 100 кГц. Умови нагріву деталі залежать також від потужності

струму, складу сталі, величини зазору між індуктором і поверхнею деталі. Перехід через точку Кюрі ($768\text{ }^{\circ}\text{C}$) при нагріванні сталеві деталі супроводжується зменшенням швидкості нагріву і зростанням глибини проникнення струму і, отже, товщини нагрівається шару, що необхідно враховувати при виборі режимів індукційного нагріву. Швидкість індукційного нагріву складає десятки-сотні градусів в секунду, загальний час нагріву не перевищує 2...50 с. Завдяки високій швидкості нагріву перетворення перліту в аустеніт зсувається в область більш високих температур ($\text{Ac3} + 150\text{ }^{\circ}\text{C}$), ніж при нагріванні в печах. Зерно аустеніту при індукційному нагріванні зростає в меншій мірі, ніж при нагріванні в печі, внаслідок великої швидкості і короткочасності нагріву. Після гарту з індукційного нагріву розмір зерна відповідає 10-12 балу, пічного - 7-8 балу. Попередня нормалізація або поліпшення, застосовувані для деяких деталей з метою підвищення механічних властивостей її серцевини, дозволяють отримати після гарту особливо дрібне зерно поверхневого шару (14-15 бал). Сталь з таким зерном володіє високою твердістю 60 HRC, міцністю і пластичністю [9].

Охолодження при загартуванні з індукційного нагріву проводиться у воді струменевим способом або зануренням. Як правило, загартування поєднують з самовідпуском. При цьому охолодження деталі при загартуванні проводиться не до кінця, воно переривається з метою збереження в шарі металу, суміжних до поверхневого шару, що зміцнюється, деякої кількості теплоти, яке нагріває загартований шар до температури відпустки ($160\text{...}200\text{ }^{\circ}\text{C}$). Режим поєднання поверхневої гарту СВЧ з низькою відпусткою за рахунок збереженого тепла називають загартуванням СВЧ з самовідпуском. Зміцнити поверхню - значить підвищити властивості поверхні: твердість, зносостійкість, корозійну стійкість. Якщо треба змінити властивості, то це означає, що повинна змінитися структура поверхневого шару. Для зміни структури можна використовувати деформацію, термічну обробку з нагріванням різними способами, зміна хімічного складу поверхні, нанесення захисних шарів. В основному методи зміцнення поверхонь можна розбити на дві основні групи: 1) зміцнення виробу

без зміни хімічного складу поверхні, але зі зміною структури. Зміцнення досягається поверхневої загартуванням, поверхневим пластичним деформуванням і іншими методами. 2) зміцнення виробу зі зміною хімічного складу поверхневого шару і його структури. Зміцнення здійснюється різними методами хіміко-термічної обробки і нанесенням захисних шарів [9].

Поверхнєве загартування сталі ХТО. Призначення поверхневого загартовування сталі – підвищення твердості, зносостійкості і межі витривалості оброблюваних виробів. При цьому серцевина залишається в'язкою, а поверхня сприймає ударні навантаження. Найбільшого поширення набув метод поверхневого гартування під час нагрівання струмами високої частоти (СВЧ). При нагріванні СВЧ використовується явище індукції і поверхневого розподілу індукованого струму в деталі. Деталь встановлюється в індуктор (соленоїд), що представляє один або кілька витків порожньої водоохолоджуваної мідної трубки [10].

При пропусканні через індуктор змінного струму високої частоти створюється магнітне поле, що викликає появу в оброблюваному виробі індукованого струму тієї ж частоти, але зворотного напрямку. Індукований струм викликає розігрів виробу. Особливістю індукованого струму є його неоднакова щільність по перетину виробу. Значна кількість струму концентрується в поверхневому шарі виробу. Товщина (м) загартованого шару може бути підрахована за формулою:

$$Y = 4/46 \times 10^5 \sqrt{(\rho / \mu f)^{1/2}} \quad [10] \quad (2.1)$$

де ρ – електроопір, Ом*м,

μ – магнітна проникність, Гн / м,

f – частота, Гц.

Чим меншою є f (частота струму), тим більшою є глибина шару, що нагрівається. Якщо застосовувати струм малої частоти (промисловий), то індукований струм буде текти по всьому перетину деталі і викликати наскрізний нагрів. Індукований нагрів забезпечує високу швидкість нагріву. Швидкість нагріву НВЧ в залежності від f , ρ , μ становить 50 – 500°C/с, а при

звичайному пічному нагріванні він не перевищує $1 - 3^{\circ}\text{C}/\text{с}$. Нагрівання до температури загартування здійснюється за $2 - 10$ сек. Глибина шару $2 - 5$ мм. Великі швидкості нагріву призводять до того, що перетворення перліту в аустеніт зсувається в область більш високих температур, тому температура загартування при індукційному нагріві є вищою, ніж при нагріві в печах, де швидкість нагріву не перевищує $1,5 - 3^{\circ}\text{C}/\text{с}$. Так, наприклад, при пічному нагріві сталі 40 температура загартування $840 - 860^{\circ}\text{C}$, при індукційному нагріві зі швидкістю $250^{\circ}\text{C}/\text{с} - 880 - 920^{\circ}\text{C}$, а зі швидкістю $500^{\circ}\text{C}/\text{с} - 980 - 1020^{\circ}\text{C}$ [10].

Охолоджуючу рідину (вода, водні розчини полімерів) для загартування зазвичай подають через спреєр (душовий пристрій). Розрізняють такі способи загартування з індукційного нагріву: 1) одночасний нагрів і охолодження всієї поверхні; цей метод застосовується для виробів, які мають невеликі поверхні, що зміцнюються (інструменти, валки, пальці); 2) безперервний спосіб послідовного нагріву та охолодження; цей метод застосовують для загартування довгих валів, осей і т. ін.; 3) послідовний нагрів та охолодження окремих ділянок; даний метод використовують при загартуванні шийок колінчастих валів (послідовний нагрів і загартування однієї шийки за одною), кулачків розподільних валів і т. ін. Після загартування з індукційного нагріву вироби піддають низькому відпуску при $160 - 200^{\circ}\text{C}$, нерідко і самовідпуску. В цьому випадку при 59 загартуванні охолодження проводять не до кінця, і в деталі зберігається деяка кількість теплоти, що нагріває загартований шар до температур відпуску. Для поверхневого індукційного загартування застосовують сталі, з вмістом вуглецю $0,4 - 0,5\%$ (40, 45, 40X, 45X, 40XH та ін.), які після загартування мають високу твердість (HRC 50 – 60), опір зносу і не схильні до крихкого руйнування. Структура на поверхні – мартенсит відпуску, а в серцевині, якщо сталь попередньо термічно не оброблена, зберігається ферито-перлітна структура. Для підвищення механічних характеристик сталі перед загартуванням НВЧ проводять поліпшення на зернистий сорбіт або нормалізацію. Після загартування з індукційного нагріву

дійсне зерно аустеніту значно менше (10 – 12 балів), ніж при звичайному загартуванні з пічного нагріву (7 – 8 балів). Дрібне зерно виходить внаслідок великої швидкості нагріву і відсутності витримки при нагріві. При цьому утворюється дрібногочастий мартенсит з твердістю на 3 – 6 од. HRC вище, ніж при пічному нагріві. При поверхневому загартуванні значно підвищується межа витривалості сталі. Так, для сталі 40 після нормалізації він становить 150 МПа, а після загартування з індукційного нагріву – 420 МПа. Підвищення межі витривалості пояснюється утворенням в загартованому шарі залишкових напружень стискання. Це особливо важливо для різних осей і валів, що працюють на вигин і крутіння, у яких максимальні напруги розтягування виникають в поверхневих шарах [10].

Загартовування з газополум'яним нагріванням застосовується в основному для великих деталей, товщина загартованого шару - не менше 20 - 40 мм при мінімальній твердості HRC55 - 58 [8].

Поверхня деталі нагрівають газовим полум'ям, що має температуру 2400 - 3150 °С. Для нагріву використовують одно- і многопламенні пальники. Внаслідок підведення великої кількості тепла поверхню деталі швидко нагрівається до температури вище фазових перетворень. Подальше спреєрної охолодження забезпечує загартування поверхневого шару [8].

Найбільшого поширення набув нагрів ацетилено-кисневим полум'ям (3150 °С) і більш дешевим і безпечним керосино-кисневим полум'ям (2400 °С). Горючий газ і кисень можуть надходити з балонів, генераторів, газгольдерів; в пальниках гази змішуються, і при їх горінні відбувається швидке нагрівання поверхні [8].

Цей спосіб (як і гарт ТВЧ) забезпечує менше викривлення деталей в порівнянні з об'ємною загартуванням, більш чисту поверхню (без окалини). Процес легко механізувати й автоматизувати, включати в технологічний потік; не потрібно складне, дороге устаткування. Найбільш доцільно використовувати цей спосіб при індивідуальному виробництві і

ремонті, коли гарт ТВЧ нерентабельна, при нагріванні поверхонь великої площі; для деталей складної форми, для яких неможливо виготовити індуктор.

Недоліки гарту з газополуменевим нагріванням:

- небезпека перегріву, металу аж до оплавлення поверхневого шару;
- відсутність можливості точно регулювати температуру і товщину загартованого шару;
- використання газу вимагає додаткових заходів з охорони праці та техніки безпеки [8].

Незважаючи на ці недоліки газополум'яна гарт з успіхом застосовується в деяких областях техніки. Наприклад, газополум'яна гарт сталевих і чавунних прокатних валків збільшує термін їх служби в 2 - 3,5 рази і підвищує продуктивність прокатних станів на 20 - 25% [8].

Крім індукційного і газопламенного нагріву для поверхневого гарту сталевих деталей використовують установки електроконтактного нагріву і лазерного випромінювання [8].

Лазерне термічна обробка - перспективний метод зміцнення складних сталевих і чавунних деталей, довговічність яких лімітується зносостійкістю і втомної міцністю, коли їх зміцнення іншими методами утруднено. Зносостійкість чавунних деталей підвищується в кілька разів, а межа витривалості сталевих - на 70 - 80% [10].

Лазерна технологія забезпечує підвищення продуктивності праці, точності і якості обробки, представляє практично безвідходну технологію, що задовольняє вимогам щодо захисту навколишнього середовища. Лазери – оптичні квантові генератори (ОКГ), які дозволяють отримувати електромагнітні випромінювання надзвичайно високої концентрації енергії. Довжина хвиль, що генеруються ОКГ, знаходиться в світловому діапазоні від ультрафіолетової області спектра до інфрачервоної ($\alpha = 0,1 - 70$ мкм). Застосування лазерів для термічної обробки засноване на трансформації світлової енергії в теплову. Висока концентрація енергії в потоці світла ОКГ дозволяє нагріти поверхню до температурного діапазону термообробки за дуже короткий час [10].

Процеси лазерної термічної обробки визначають взаємодією лазерного опромінення з матеріалом, який залежить від оптичних і теплофізичних властивостей оброблюваних матеріалів: коефіцієнта відбиття поверхні, теплопровідності, температур плавлення і випаровування і т. ін. [10].

Для лазерної обробки використовують технологічні лазери імпульсної і безперервної дії. Особливістю лазерного зміцнення є його локальність. При імпульсному випромінюванні вплив здійснюється в точці, при безперервному – в смужі шириною до 3 мм. У зв'язку з цим для обробки поверхні необхідно і достатньо сканувати промінь з взаємним перекриттям або без перекриття зон зміцнення [10].

Геометричні характеристики зони термічного впливу залежать від енергетичних параметрів лазерного випромінювання. При обробці імпульсними лазерами з підвищенням щільності потужності збільшуються діаметр і глибина зони зміцнення. Лазери безперервного випромінювання забезпечують більш високу продуктивність обробки, високу рівномірність зміцнення і дозволяють обробляти будь-який профіль поверхні зі швидкістю від 100 до 10000 мм/хв. Глибина та ширина зони термічного впливу при постійній швидкості обробки безперервними лазерами залежать від щільності потужності випромінювання, з ростом якої збільшується глибина зони термічного впливу, а ширина зменшується. При постійній щільності потужності зі збільшенням швидкості переміщення деталей зменшуються як ширина, так і глибина зони б1 термічного впливу, через те, що зменшується питома енергія випромінювання в зоні лазерного впливу [10].

Зміцнена зона може складатися з трьох або двох шарів. Між оплавленим шаром і наступною зоною термічного впливу існує чітка межа. Зона термічного впливу складається з білого і перехідного шарів. Білий шар являє собою світлу нетравлену смугу, так як має високу концентрацію азоту за рахунок високотемпературного насичення азотом повітря. Внаслідок високої швидкості охолодження ця зона має загартовану структуру, будова якої залежить від концентрації вуглецю. У загартованому шарі технічно чистого заліза

відбувається подрібнення зерна фериту, а в окремих зернах утворюється пакетний мартенсит з розвиненою блоковою структурою, що має невисоку твердість. Другий шар зони термічного впливу є перехідним до вихідної структури [10].

Лазерна термічна обробка дозволяє підвищити твердість і зносостійкість зміцнюючих матеріалів. Твердість залежить від концентрації вуглецю і легуючих елементів в сталі. Методом лазерної термічної обробки добре зміцнюються середньо- і високолеговані вуглецеві і інструментальні сталі. Сталі з низьким вмістом вуглецю і високоміцні низьколеговані сталі при лазерній термічній обробці зміцнюються погано. Лазерна термічна обробка практично не впливає на межу міцності і межу плинності сталей [10].

Лазерна хіміко-термічна обробка. Насичення легуючими елементами відбувається шляхом дифузії і масопереносу в твердій фазі, плазмі і рідкій фазі. При лазерній хіміко-термічній обробці на поверхню виробу попередньо наносять різними способами легуючі елементи:

- накатка фольги з легуючого матеріалу,
- електролітичне або хімічне осадження,
- напилення,
- електроіскрове легування,
- нанесення порошків або обмазок.

Лазерна хіміко-термічна обробка здійснюється в режимі розплавлення. Дифузійна металізація заліза можлива при легуванні різними металами. Підвищення твердості досягається тільки при розчиненні ванадію, ніобію, титану та вольфраму. Високу зносостійкість і кавітаційну стійкість отримують при лазерному азотуванні з обмазок на сталі 38X2MЮА і 15ХМФ. При лазерному боруванні зона термічного впливу має твердість залежно від режиму обробки HV 1100-2100. При зміцненні досягається високий опір зношуванню при різних схемах прикладання навантаження і різних умовах тертя. Легування бором знижує коефіцієнт тертя матеріалу, підвищує його зносостійкість [10].

Висновок

Здійснено аналіз матеріалів, які застосовують для виготовлення деталей кулькова гайка рульового механізму, було описано увесь технологійний процес виготовлення деталі.

Були описані основні методи зміцнення сталі, серед яких були більш детально описані такі методи як: гартування з індукційним нагріванням струмом високої частоти, поверхневе загартування сталі ХТО, загартування з газополум'яним нагріванням, лазерне термічна обробка, лазерна хіміко-термічна обробка.

Для попередження передчасного втомного руйнування, пластичного деформування та зношування робочих поверхонь, що в підсумку впливає на точність, швидкість переміщення і інші характеристики кулькового гвинтового механізму, необхідно передбачати додатковий комплекс захисних заходів, у тому числі забезпечення регулярного змащування механізму, захист гвинта і рухливих елементів від пилу, вологи і механічних часток. Для підвищення роботоздатності робочих поверхонь доцільно застосовувати операції фізико-хімічного оброблення

РОЗДІЛ 3

ВИБІР МАТЕРІАЛУ ДЕТАЛІ, ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Опис вибраної сталі

Для виготовлення шарикової гайки рульового механізму використовується сталь ХВГ, замість якої ми пропонуємо використати більш технологічну сталь 18ХГТ з наступною нітроцементациєю.

ХВГ високоякісна інструментальна легована сталь. Друга назва ХВГ - хромовольфрамомарганцева сталь. Друга назва говорить про легуючих елементах входять до складу цієї сталі: хром, вольфрам і марганець. У загальних рисах сталь ХВГ характеризується як малодеформувальна сталь при загартуванні [11].

Таблиця 3.1

Сталь ХВГ - хімічний склад (Масова частка елементів не більше,%) [12]

W	Si	Mn	Cu	Ni	S	C	P	Cr
1,2-1,6	0,1-0,4	0,8-1,1	0,3	0,4	0,03	0,9-1,05	0,03	0,9-1,2

Таблиця 3.2

Матеріал ХВГ - механічні властивості [12]

сортамент	ГОСТ	розміри - товщина, діаметр	режим термообробки	t	KCU	y	d ₅	s _T	s _B
		мм		°C	кДж / м ²	%	%	МПа	МПа
Стрічка відп.	2283-79	0,1-4							880

Таблиця 3.3

Твердість, Мпа [12]

Сортамент	ГОСТ	НВ 10 ⁻¹
Прокат після відпалу	5950–2000	241

Таблиця 3.4

Температура критичних точок, °С [12]

критичні точки	Ac1	Ac3	Ar1	Ar3	Mn
температура	815	845	625	775	150

Сталь 18ХГТ – це сталь конструкційна легована, котра використовується для деталей, що поліпшуються або цементуються відповідального призначення, від яких потрібні підвищені міцність і в'язкість серцевини, а також висока поверхнева твердість, що працюють під дією ударних навантажень [13].

Таблиця 3.5

Марка 18ХГТ - хімічний склад (Масова частка елементів не більше,%): [14]

Si	Mn	Cu	Ni	S	Ti	C	P	Cr
0,17-0,37	0,8-1,1	0,3	0,3	0,035	0,03-0,09	0,17-0,23	0,035	1-1,3

Таблиця 3.6

Матеріал 18ХГТ - твердість, Мпа [14]

сортамент	ГОСТ	НВ 10 ⁻¹
Прокат після відпалу	4543-71	217
нагартована.		229

Таблиця 3.7

Сталь 18ХГТ - механічні властивості [14]

сортамент	ГОСТ	Розміри - товщина, діаметр	Термообробка	КСУ	σ_y	σ_{d5}	σ_T	σ_B
		мм		кДж / м ²	%	%	МПа	МПа
пруток	4543-71		Загартування. відпустка	780	50	9	885	980
Прокат		5	Загартування 850 °С (масло). Відпустка 200 °С (повітря)	720	50	12	1 320	1520
		20	Загартування 850 °С (масло). Відпустка 200 °С (повітря)	1130	55	15	730	980

Таблиця 3.8

Матеріал 18ХГТ - фізичні властивості [14]

T	$R \cdot 10^9$	$E \cdot 10^{-5}$	α	$\alpha \cdot 10^6$	ρ	C
град	Ом · м	МПа	Вт / (м · град)	1 / Град	кг / м ³	Дж / (кг · град)
20		2.11	37		7800	
100		2.05	38	10		495
200		1.97	38	11.5		508
300		1.91	37	12.3		525
400		1.76	35	12.8		537
500		1.68	34	13.3		567
600		1.55	31	13.6		588
700		1.36	30			626
800		1.29	29			705

Таблиця 3.9

Марка 18ХГТ - температура критичних точок, °С [14]

критичні точки	Ac1	Ac3	Ar1	Ar3	Mn

температура	740	825	650	730	360
-------------	-----	-----	-----	-----	-----

Таблиця 3.10

Сталь 18ХГТ - ударна в'язкість, Дж / см² [14]

сортамент	КСУ при температурах			
	-60 °С	-40 °С	-20 °С	+20 °С
Прокат - стан поставки	85	93	101	114

3.2 Характеристики і застосування сталі ХВГ і 18ХГТ

Поширена завдяки характеристикам і хорошій оброблюваності куванням і різанням (після відпалу), невисокій вартості, сталь ХВГ застосовується в багатьох агрегатах, конструкціях і промисловості. За структурою ставитися вона до заевтектоїдних сталей перлітного класу, за призначенням до інструментальним легованим [15].

Сама назва «інструментальна» визначає використання цієї марки. Але які властивості забезпечують їй таке призначення? В першу чергу її стійкість до викривлення при загартуванні, якої вона обов'язково піддається, і корозійна стійкість [15].

- Так як сталь ХВГ не деформується, з неї виготовляють вимірювальний інструмент високої точності і будь-якої довжини [15].

- Стійкість до утворення окалини дозволяє піддавати вироби з цієї сталі термічним операціями в уже шліфованій вигляді, що також дозволяє виготовити інструмент без припусків на остаточну механічну обробку (т. Е. Шліфування).

- Зносостійкість поверхні і в'язка середина визначають, як сталь для виготовлення деталей, що піддаються динамічним навантаженням, наприклад, кілець пружинних амортизаторів [15].

- Корозійна стійкість ХВГ забезпечена вмістом хрому, актуальна при виготовленні практично будь-якого інструменту і запчастини.

- Висока міцність використовується для виготовлення деталей для прокатних станів, холодного волочіння. Це пуансони, валки, різьбових калібрів і т. ін. [15].

- Зносостійкість і міцність - основні використовувані характеристики для всіх деталей, в тому числі і замкових шайб.

Чим не володіє марка стали ХВГ, так це теплостійкість, здатність зберігати свої властивості, зокрема твердість, при високих температурах. Це умова необхідна для ріжучого і швидкоріжучого інструменту, де температура крайок може досягати 650 °С. Розміщення ХВГ відбувається при температурі 200 °С, тому її використовують лише для деталей, що працюють в діапазоні низьких температур [15].

Марка ХВГ є базовою для аналогових сталей перлітного класу. Її хімічний склад забезпечується мінімальною кількістю легуючих елементів (всього 4):

1. вуглець - $\pm 1,0\%$;
2. хром - 0,9-1,2%;
3. кремній - 0,1-0,4%;
4. вольфрам - 0,2-1,6%.

Інші елементи - другорядні за значимістю і витримуються в такій концентрації:

- марганець - 0,8-1,1%;
- молібден до 0,3%;
- нікель - до 0,35%;
- мідь - до 0,3%.

Так як сталь марки ХВГ відноситься до високоякісної класу, то вміст шкідливих домішок фосфору і сірки регламентується до 0,03% (це мінімально можлива межа). Остаточний кисень окислює при введенні легуючих елементів Si і Mn [15].

Сталь 18ХГТ - це конструкційний легований сплав. Додавання букв в назву її означає присутність зазначених елементів в сплаві. Наприклад, букви

ХГТ в розшифровці стали 18ХГТ дають зрозуміти, що в ній міститься хром, марганець і титан. Додаткові компоненти вводяться спеціально для того, щоб сплав зміг досягти необхідних від нього механічних або фізичних властивостей. Такі добавки підвищують міцність, антикорозійність і інші властивості металу [16].

За хімічним складом сталь 18ХГТ містить наступні елементи в процентному співвідношенні:

- Хром - 1,3%.
- Вуглець - 0,23%.
- Марганець - 1,1%.
- Титан - 0,09%.
- Кремній - 0,37%.

Сірка, фосфор, нікель, мідь і азот містяться в дуже малих кількостях. Відсоток зазначених елементів зазначений в максимальному значенні. Він може бути трохи менше, але обов'язково в допустимих ГОСТом значеннях [16].

На основні характеристики стали 18ХГТ впливає присутність таких елементів, як хром. Він є дешевим легуючим елементом. У поєднанні з вуглецем хімічний елемент надає марці даного сплаву міцність і стійкість матеріалу. При цьому спостерігається незначне зниження в'язкості. А також хром позитивно впливає на критичну швидкість термообробки стали 18ХГТ[16].

Присутність марганцю позитивно впливає на гнучкість і дає хорошу зварюваність металу. Цей компонент не утворює карбїду. Він розчиняється і перетворюється в легований цементит. Присутність великої кількості марганцю робить її крихкою при загартуванні.

Присутність кремнію в цьому типі сплаву надає їй міцність. Завдяки цьому елементу також не губиться пластичність. Інший елемент - титан. При з'єднанні з вуглецем компонент утворює високотверді вироби. Деталі, в яких

присутній титан, здатні чинити опір зім'яттю. Зварюваність 18ХГТ не має обмежень. Метал добре з'єднується з будь-якими сплавами [16].

Способи зварювання:

- Контактна точкове зварювання.
- Ручна дугова зварка.

Зварюються деталі без підігріву і термообробки в подальшому. Тільки з деталями, обробленими хіміко-термічно, можливі проблеми під час зварювання.

Конструкційна легована сталь не схильна до різних внутрішніх дефектів. Під час перевірки на злам або розрив сплав даної марки показує відмінні результати. Вироби з неї також не схильні до крихкості під час відпустки деталі і перевірки на злам [16].

До фізичних властивостей відноситься відмінна зносостійкість, в'язкість. З цієї марки виготовляються деталі, які можуть працювати під тривалими і високими вібраційними і динамічними навантаженнями. Температура середовища, в якій допустима робота деталей з конструкційного сплаву, може коливатися від мінус сімдесяти градусів за Цельсієм до чотирьохсот п'ятдесяти зі знаком плюс [16].

Механічні властивості 18ХГТ такі, що п'ятиміліметровий виріб витримує тиск до 1520 Мпа, якщо матеріал пройшов термообробку при 850 градусах за Цельсієм з відпусткою в двісті градусів. Двадцятиміліметрові деталі з неї витримують тиск до 950 Мпа при тій же загартуванні і відпустці. Для охолодження використовується масло замість води. Воно уповільнює процес, так як від швидкості охолодження залежить результативність гарту [16].

Твердість вироби з цього металу після відпалу дорівнює 217 НВ. При підвищенні температури до 500 градусів твердість сталі 18ХГТ підвищується. ГОСТ даного матеріалу 4543-71.

3.3 Вплив елементів на властивості

На властивості сталі впливає дві складові:

- концентрація хімічних елементів, т. е. хімічний склад сталі;
- їх взаємодію один з одним, а також по відношенню основного елемента (в даному випадку Fe), що визначається термічною обробкою.

Вводяться модифіковані матеріали в розплав, щоб певним чином заповнити кристалічну решітку і тим самим визначити її властивості. До таких понять належать:

- Міцність - будь-яке спотворення кристалічної решітки підвищує цю характеристику;
- Збільшення шару гарту - рівномірний розподіл температури;
- Зменшення деформацій - укомплектована кристалічна решітка;
- Схильність до утворення тріщин - тут мається на увазі міцні міжкристалічного зв'язку, тобто виникнення карбідів по межах зерен, також це може бути виникнення сегрегації [17].

Основний елемент підвищує міцність і визначає сплав як сталь - вуглець. Будучи не набагато меншим, ніж молекула Fe за розміром, він розміщується в металевій решітці, утворюючи карбіди. Їх форма, розташування і розміри мають основне значення для характеристик металу при подальшій відпрацюванні [17].

Головний легуючий елемент 18ХГТ - хром. Його атоми невеликі за розміром, ущільнюють собою ґрати, надаючи їй ще більшу щільність і стабільність. Особливість атомів хрому утворювати оксиди практично такого ж розміру, як і сам атом, використовуються при виплавці сплаву з властивостями нержавійки, але це при його вмісті вище 10,5%, а до цієї межі він добре підвищує проколюваність [17].

Таблиця 3.11

Вплив хрому на ударну в'язкість та відносну зносостійкість сталі [18]

Хімічний склад, %		Властивості після відпуску	
C	Cr	ударна в'язкість, МДж/м ²	відносна зносостійкість
0,5	0	0,48	1,00
	1,0	0,45	1,32
	2,0	0,34	1,50
	3,0	0,30	1,61
	6,0	0,16	1,62

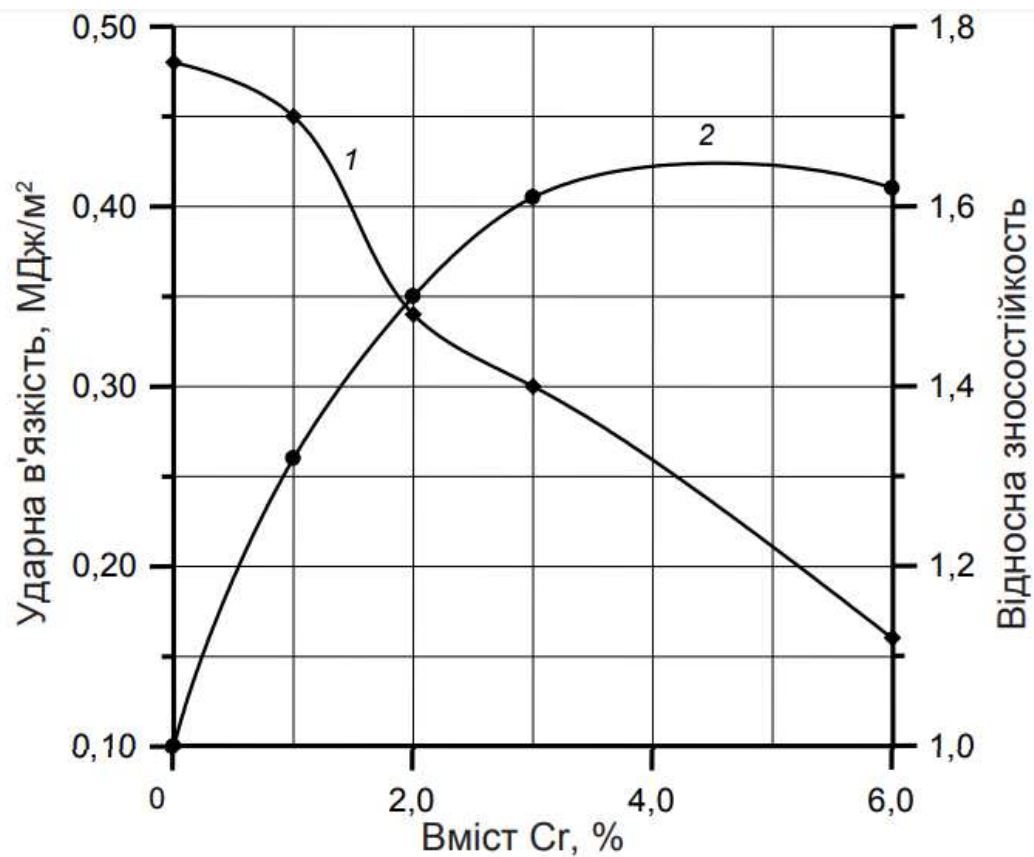


Рисунок 3.1 - Вплив хрому на: 1 – ударну в'язкість сталі; 2 – відносну зносостійкість [18]

Для збільшення шару гарту і зменшення зерна 18ХГТ (що збільшує якість сталі) використовуються і такі два елементи: молібден і вольфрам. Крім того,

що вони утворюють ще більш міцні карбіди, ніж вуглець, ці метали дуже тугоплавкі і є центрами кристалізації, подрібнюючи зерна, що підвищує пластичність металу, не змінюючи його твердості, а також збільшує прожарюємо шар [17].

Легування кремнієм і марганцем (цей елемент не вказується в маркуванні зважаючи на його другорядного впливу за значимістю). Кремній НЕ карбидостворюючий елемент, він виштовхує карбіди до кордонів зерен, таким чином, зміцнюючи метал. Марганець в даному випадку використовують для балансу, тому що він в цій концентрації збільшує в'язкість і пластичність, знижує небажані наслідки такого підвищення міцності [17].

Таблиця 3.12

Вплив марганцю на ударну в'язкість та відносну зносостійкість сталі [18]

Хімічний склад, %		Властивості після відпуску 760 °С	
С	Mn	ударна в'язкість, МДж/м ²	відносна зносостійкість
0,6	0,32	0,53	1,00
	0,68	0,49	1,18
	1,11	0,48	1,11
	1,35	0,46	1,20
	1,80	0,43	1,26

Марганець в сталі із зростанням його вмісту до 1,8 % сприяє підвищенню степені дисперсності перліту, при цьому знижується кількість доевтектичного фериту або, відповідно, заевтектичних карбідів. Подальше підвищення вмісту марганцю небажане у зв'язку із зниженням пластичності сталі, проте міцність зростає [18].

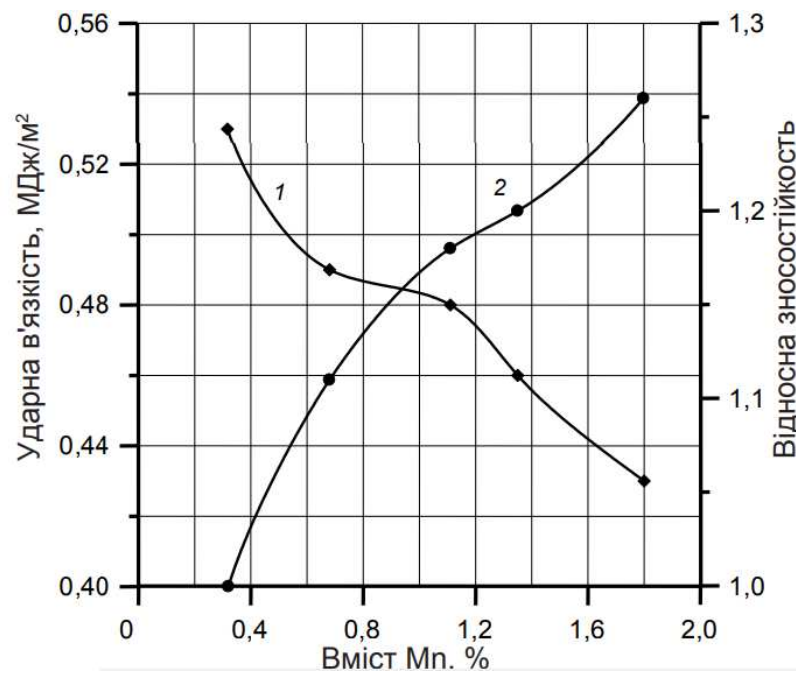


Рисунок 3.2 - Вплив марганцю на: 1 – ударну в'язкість сталі; 2 – відносну зносостійкість [18]

3.4. Методи дослідження

3.4.1. Металографічні дослідження

Металографія – наука про будову (структуру) та фізичні властивості металів і сплавів. 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 [19].

Завданням металографічного дослідження є встановлення взаємозв'язку між якісними і кількісними характеристиками структури, фізичними, механічними, хімічними, технологічними та експлуатаційними властивостями металевих матеріалів [19].

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 T_0 і ХТО, обробці тиском, зварюванні тощо. Найбільш важливою перевагою мікроаналізу є можливість розрізнити (побачити) в структурі сплаву, зерна (частки), що мають різний хімічний склад [19].

Передумовою для всіх металографічних досліджень є виготовлення шліфів, які можуть бути використані для мікроскопічного дослідження за допомогою світлового і електронного мікроскопів [19].

Виготовлення та підготовка металографічних шліфів зазвичай складається з послідовних операцій. Шліфування повинно починатися з найбільш дрібнозернистого матеріалу, здатного за 2-5 хв. створити вихідну рівну поверхню зразка і усунути ефект вирізки. Кожна наступна операція шліфування супроводжується зменшенням зернистості застосовуваного абразиву [19].

Полірування металографічних шліфів проводять для усунення наявних після нерівностей поверхні без деформування металу. Полірування шліфа може здійснюватися механічним, електролітичним або хімічним способами. Полірування триває 5-10 хв. Полірування закінчують після того, як мікрошліф набуває дзеркальну поверхню [19].

Відполірований зразок, перш за все, потрібно вивчити під мікроскопом в нетравленому стані. Вивчення нетравленого шліфа дозволяє визначити наявність дефектів (пор, тріщин, і т.п.) і неметалічних включень. Поверхню відполірованого зразка потрібно промити, знежирити і висушити. Для знежирення зазвичай застосовують етиловий спирт.

Під дією хімічних реагентів в чистих металах і однофазних сплавах, перш за все, відбувається виявлення меж зерен. Після травлення зразки промивають струменем проточної води і потім сушать (фільтрувальним папером або струменем повітря). До числа універсальних травників відносяться спиртові та водні розчини азотної кислоти [20].

Для дослідження мікроструктури застосовуються металографічні мікроскопи. Дослідження проводили на мікроскопі ММ-7 (рис. 3.2).



Рисунок. 3.3 - Мікроскоп металургійний МІМ-7

Металографічний мікроскоп використовують для вивчення непрозорих тіл у відбитому світлі.

3.4.2. Випробування металу на твердість

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

Для визначення твердості досліджуваної сталі застосовують метод Бринеля.

Метод вимірювання твердості за Бринелем регламентований ГОСТ 9012-59 [19].

Для випробування твердості металів за цим методом застосовують прилад типу ТШ (твердомір кульковий).

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

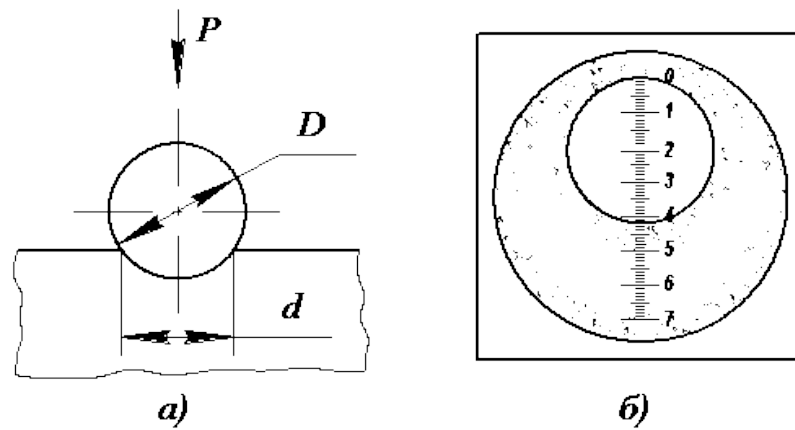


Рисунок 3.4 - Вимірювання твердості методом Бринеля: а – схема утворення відбитка; б – вимірювання діаметра відбитка [12]

Як індентор використовується сталева загартована кулька діаметром 10; 5 або 2,5 мм, яка вдавлюється у поверхню матеріалу під навантаженням від 153 до 29400 Н (від 15,6 до 3000 кг). На поверхні зразка утворюється відбиток (лунка) у формі кульового сегмента діаметром d (рис. 3.2, 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. 3.2, б). Число твердості за Бринелем, яке позначається літерами НВ.

Твердість по Роквелу вимірюють на приладах типу ТК шляхом втискування алмазного конуса з кутом при вершині 120° або сталевій кульки діаметром 1,58 мм в досліджуваній об'єкт [12].

3.4.3. Випробування на мікротвердість

Вимірювання товщини і мікротвердості шару, отриманого після операцій хіміко-термічної обробки проводили за допомогою приладу ПМТ-3 (рис. 3.4), точність 0,3 мкм. Прилад ПМТ-3 працює за принципом вдавлювання. Мікротвердість визначають втискуванням алмазної піраміди.

Прилад типу ПМТ- 3, розроблений М. М. Хрущовим і Е. С. Берковичем (рисунок 3.4), має штатив 8 вертикального мікроскопа з тубусом, що переміщається вгору і вниз за допомогою макрометричного гвинта 6 і

мікрометричного гвинта 5. На верхній кінець тубуса насаджений окулярний мікрометр 7, а в нижньому кінці закріплені шток 2 з алмазною пірамідою, опакілюмінатор 9 і об'єктиви 10 [12].

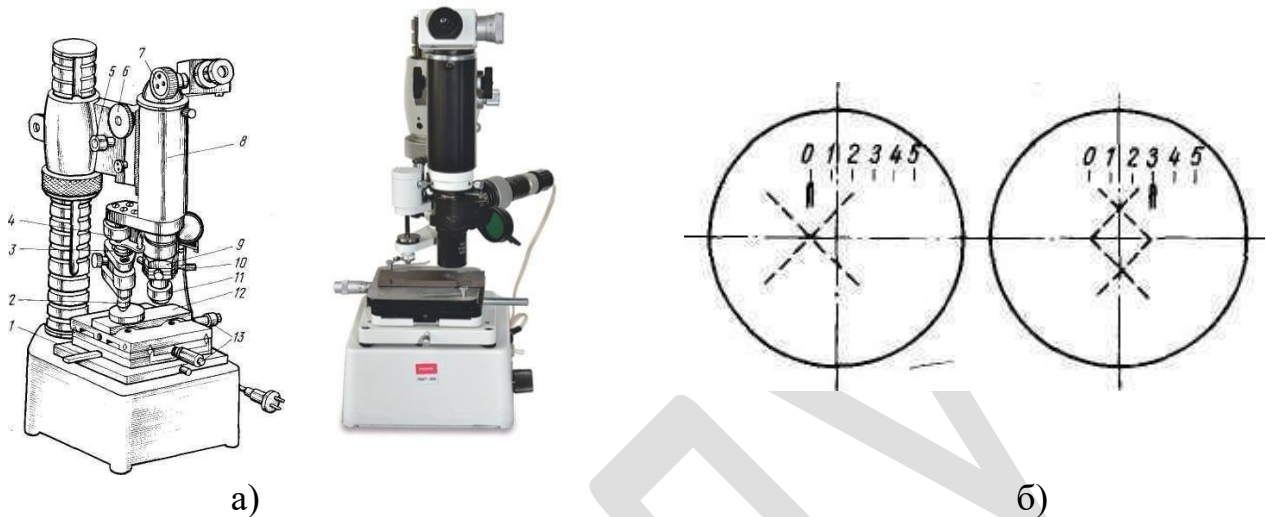


Рисунок 3.5 - Вигляд приладу ПМТ-3: а) схема приладу ПМТ-3 для виміру мікротвердості; б) схема виміру відбитків на приладі мікротвердості [12]

У опакілюмінаторі є лампочка напругою 6 В, живлена від електромережі через трансформатор. За допомогою мікрометричних гвинтів 13 переміщують столик в необхідному напрямі. Ручка 1 служить для повороту столика на 90° [12].

3.4.4. Визначення зношування

Однією з найчастіше оцінюваних трибологічних властивостей є зносостійкість – здатність чинити опір зношуванню в певних умовах тертя, оцінюване величиною, зворотній швидкості зношування або інтенсивності зношування. Практично за будь-яких умов експлуатації деталей, вузлів машин і устаткування різного призначення присутнє абразивне зношування [21].

Трибометр СМЦ-2, будучи модифікацією машини тертя Амслера, призначений для випробування матеріалів на знос і визначення їх фрикційних властивостей в умовах тертя ковзання і тертя кочення занормальних температур для модельних трибосистем, схема яких представлена на рис. 1, диск-диск (а), диск-колодка (б), втулка-вал (в) [22].

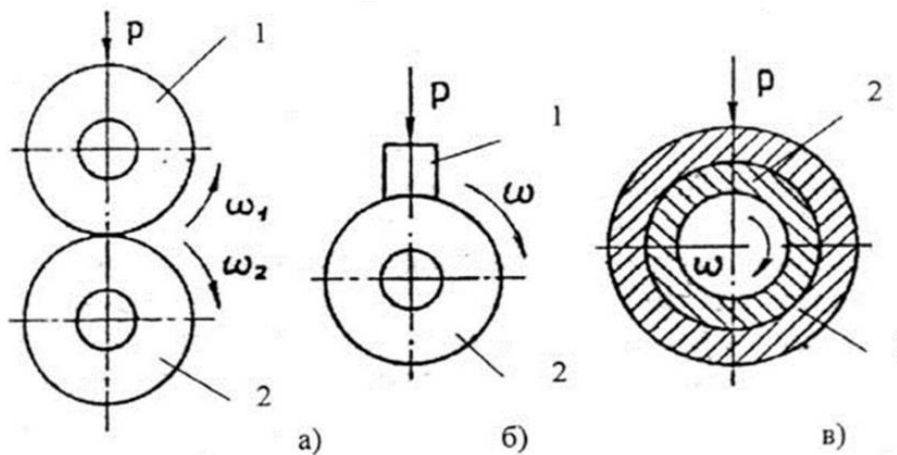


Рисунок 3.6 – Модельні трибосистеми, що реалізуються на машині тертя СМЦ-2: 1- зразок, 2 – контртіло (а – диск-диск; б – диск-колодка; в – (валвтулка)[22]

Пару тертя диск-диск використовують для моделювання роботи трибосполучень з лінійним контактом елементів, таких як колесо рейок (наприклад кранові ходові колеса, що переміщуються по рейці) або зубчасте зачеплення. За взаємного обкатування взаємодіючих дисків з деяким прослизанням в зоні їх контакту виникають умови навантаження матеріалу, відповідні навантаження матеріалу зубчастого колеса в будь-якій точці лінії контакту (зачеплення). Пара тертя диск-колодка використовується для моделювання роботи трибосполучень сухого і граничного тертя (гальмівні колодки і ін.). За використання модельної трибосистеми втулка-вал можливо дослідження гідродинамічної опори тертя.

Трибометр укомплектований пристроями для тарировки його силових систем, а також для проведення випробувань елементів модельних трибосистем диск-диск і диск-колодка в рідких середовищах передбачено використання спеціальних камер [22].

Висновок

Для виготовлення шарикової гайки рульового механізму використовується сталь ХВГ, замість якої ми пропонуємо використати більш технологічну сталь 18ХГТ з наступною нітроцементациєю. Описані всі

характеристики сталі. Обґрунтований вибір сталі, вказавши на всі переваги і недоліки обраної сталі.

Реалізували аналіз впливу легуючих елементів на властивості обраної сталі, а саме таких елементів як хром, молібден, вольфрам, марганець, кремній і магній.

Основний елемент підвищує міцність і визначає сплав як сталь - вуглець. Будучи не набагато меншим, ніж молекула Fe за розміром, він розміщується в металевій решітці, утворюючи карбіди.

Головний легуючий елемент 18ХГТ - хром. Його атоми невеликі за розміром, ущільнюють собою ґрати, надаючи їй ще більшу щільність і стабільність.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБЛЕННЯ МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

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

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

При розробці технологічного процесу розроблюють маршрутну технологію виготовлення деталі. Вона повинна включати:

- послідовність технологічних операцій (від початку до кінця);
- обладнання для проведення вказаних операцій.

Маршрутна технологія виготовлення деталі «кулькова гайка рульового механізму» приведена у табл. 4.1.

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

Маршрутна технологія складається з таких етапів:

- Етап 1. Металургійне отримання сталі;
- Етап 2. Формоутворення виробу;
- Етап 3. Механічна та термічна обробка;
- Етап 4. Вихідний контроль.

Нормалізація проходить при температурах 880-890⁰С з подальшим охолодженням на повітрі.

Нітроцементация і гартування з нітроцементацийного нагріву відбувається при температурі 930-950⁰С.

Низький відпуск забезпечує отримання високої вторинної твердості і зняття гартівних напружень. Проходить при температурі – 150-170⁰С з подальшим охолодженням на повітрі.

Таблиця 4.1

Маршрутна технологія виготовлення виробу

№ операц	Найменування операції	№ переходу	Найменування переходів	Дільниця, основне обладнання	Допоміжне обладнання
	2	3	4	5	6
Етап 1. Металургійне отримання сталі					
1	Видобуток вхідних матеріалів	1	Видобуток залізної руди та її збагачення	Гірничо видобувний комплекс	-
		2	Видобуток вугілля, отримання коксу	Гірничо видобувний комплекс, коксохімічний комбінат	-
		3	Видобуток пального газу та його підготовка	Газовидобувний комплекс	-
2	Отримання чавуну в металургії	1	Підготовка шихти	Шихтовий двір	Магнітогрейферні крани
		2	Підготовка (нагрів) палива	Енергетичні цехи	Регенеративні теплообмінники
		3	Горіння палива, відновлення заліза та домішок, навуглецювання заліза та утворення чавуну і шлаку	Доменний цех	Доменна піч
		4	Вирівнювання хім. складу чавуну	Міксерне відділення	Міксери
3	Отримання сталі дуплекс процесом	1	Завантаження твердих шихтових матеріалів та скрапу до конвертеру, заливка рідкого чавуну	Конверторна піч	Ковші, мульди

Продовження таблиці 4.1

		2	Продування розплаву киснем, завантаження флюсу	Конверторна піч	Фурма
		3	Зливання шлаку та сталі	Конверт. піч	Ковші шлаковози
		4	Завантаження шихти та скрапу до електродугової печі	Електродугов а піч	Ковші, мульди
		5	Горіння електричної дуги, завантаження флюсу, рафінування сталі	Електродугов а піч	Завальні машини
		6	Розливання	Установка безперервне лиття	-
Етап 2. Формоутворення виробу					
1	Отримання штамповки	1	Нагрівання заготовки для гарячої обробки тиском	Термічна дільниця	Камерна піч
		2	Штапування у відкритому штампі	Пневмо - молот	Штамп, бойки, маніпулятор
		3	Контроль шорсткості поверхні та розмірів	Дільниця контролю	Шорсткості ГОСТ 9378-75 штангенциркуль ШЦ-1-250-01-2, зразки
Етап 3. Механічна та термічна обробка					
1	Попередня ТО	1	Нормалізація	Термічна дільниця	Піч СНЗ-3.6.2/10
2	Контроль	1	Вимірювання твердості	Дільниця контролю	Індентор, твердомір ТШ-2
3	Вхідний контроль якості	1	Ультразвукова дефектоскопія	Ультразвуков ий дефектоскоп	-
4	Чорнова токарна обробка	1	Чорнове точіння контурів деталі	Токарно-гвинторізний верстат	Набір різців

Продовження таблиці 4.1

5	Фрезерування	1	Фрезерування пазів	Вертикально-фрезерний верстат	Набір фрез
6	Точіння	1	Виточування фаски	Токарний верстат	Набір різців
7	Чистова обробка	1	Чистове точіння контурів деталі	Токарно-гвинторізний верстат	Набір різців
8	ХТО	1	Нітроцементация з наступним гартуванням	Термічна дільниця	Шахтна цементацияна піч СШЦМ-6.12/9
		2	Контроль якості верхнього шару після нітроцементации	Металографічна лабораторія	Прилад ПМТ-3, металографічний мікроскоп
		3	Низький відпуск	Термічна дільниця	Шахтна електронна піч для відпуску СШО-10.20/7
9	Контроль	1	Аналіз мікроструктури після термічної обробки, вимірювання твердості	Дільниця контролю	Індентор, твердомір ТК-2, метал. мікроскоп
10	Чистова механічна обробка шліфування	1	Шліфування поверхні деталі, надання необхідної шорсткості	Кругло-шліфувальний верстат	Круг шліфувальний
Етап 4. Вихідний контроль					
1	Вихідний контроль	1	Контроль розмірів	Дільниця контролю	Штангенциркуль ШЦ-1-250-01-2
		2	Контроль плавності ходу по гвинту	Дільниця контролю	гвинт

4.1 Характеристика процесу нітроцементации

Для хіміко-термічної обробки обраної сталі 18ХГТ ми будемо застосовувати нітроцементацию.

Нітроцементация - це процес одночасного насичення сталі вуглецем і азотом в газовому середовищі, зазвичай складається з вуглецевмісного газу і аміаку, або продуктів розкладання рідкого карбюризатора – триеталонаміну $(C_2H_5O)_3N$, який у вигляді крапель вводиться в робочий простір (герметичну реторту) печі [23].

Сутність і призначення нітроцементаций сталі полягає в особливій методиці процесу обробки тонкого зовнішнього шару металу, який виробляється в такий спосіб. Заготівлю для нітроцементации металу поміщають в середу з суміші газів, в яку входить аміак і вуглецевмісний газ. Далі метал нагрівають і витримують в газовій суміші деякий час. При цьому відбувається дифузія атомів вуглецю і азоту в метал. Змінюються його фізико-механічні властивості. Попутно утворюються тверді розчини з'єднань вуглецю, азоту та заліза [24].

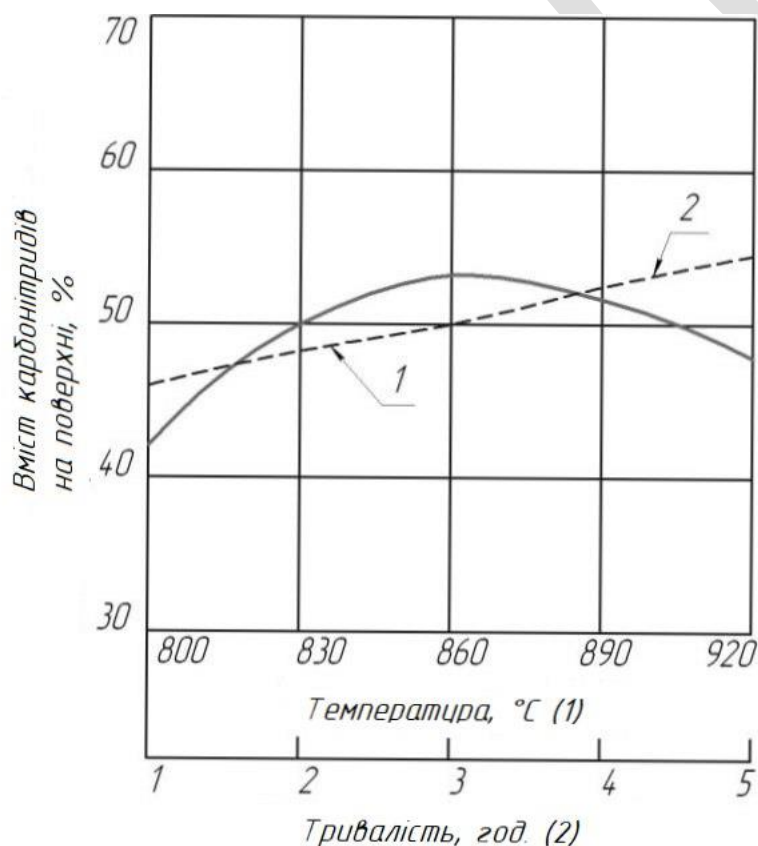


Рисунок 4.1 - Вплив температури і тривалості на глибину нітроцементации[24]

Присутність азоту в атмосфері призводить до наступних особливостей нітроцементації, на відміну від цементації:

1. Додаткове насичення поверхні азотом;
2. Зниження температури нагріву для можливості здійснення процесу;
3. Прискорення процесу дифузії вуглецю [24].

Варіюючи параметри процесу, тобто склад газової суміші, температуру, час обробки, можна змінювати глибину впливу. Дослідження показали, що з підвищенням температури збільшується швидкість дифузії вуглецю і азоту в глибину металу. Глибина проникнення атомів газу в метал регулюється часом витримки нагрітого виробу в робочому середовищі [24].

Для здійснення процесу дифузії азоту і вуглецю з середовища газу необхідний нагрів металу до температури 700 - 950 ° С. Найбільш часто робота ведеться при температурі нітроцементації 850 - 870 ° С. Дані значення температури лише трохи перевищують температуру гарту і тому дозволяють спростити процес гарту деталей, знижують ймовірність деформації і скорочують загальний час виробничого циклу. Зменшити розвиток деформації може також ступінчаста гарт в гарячому маслі. Все сказане говорить про те, що даний вид обробки найбільш застосуємо до деталей складної геометричної форми, у яких підвищені вимоги до форми поверхні і абсолютно неприпустимо освіту гартівних тріщин [24].

При впровадженні атомів азоту і вуглецю в поверхневому шарі металу відбуваються деякі зміни. При нітроціануванні змінюється співвідношення залишкової кількості аустеніту і дрібнокристалічних мартенситу в поверхневому шарі, додається невелика кількість твердого розчину карбонітридів, що впливає на механічні властивості - твердість і зносостійкість [24].

У той же час дещо підвищується крихкість і знижується контактна міцність. Особливо це якість проявляється в легованій сталі з вмістом нікелю понад 1.2%. Таким чином, не всі марки стали допустимо обробляти за даною методикою. Зменшення розмірів зерен структури досягається шляхом

додаткової загартування і відпустки безпосередньо після процесу нітроцементації. Оброблена таким чином сталь має менший розмір зерен, ніж цементована, що підвищує її міцність на вигин при одночасному зменшенні товщини обробленого шару. Після закінчення процесу обробки вміст азоту в шарі доходить до 0.4%, а вуглецю до 0.9% [24].

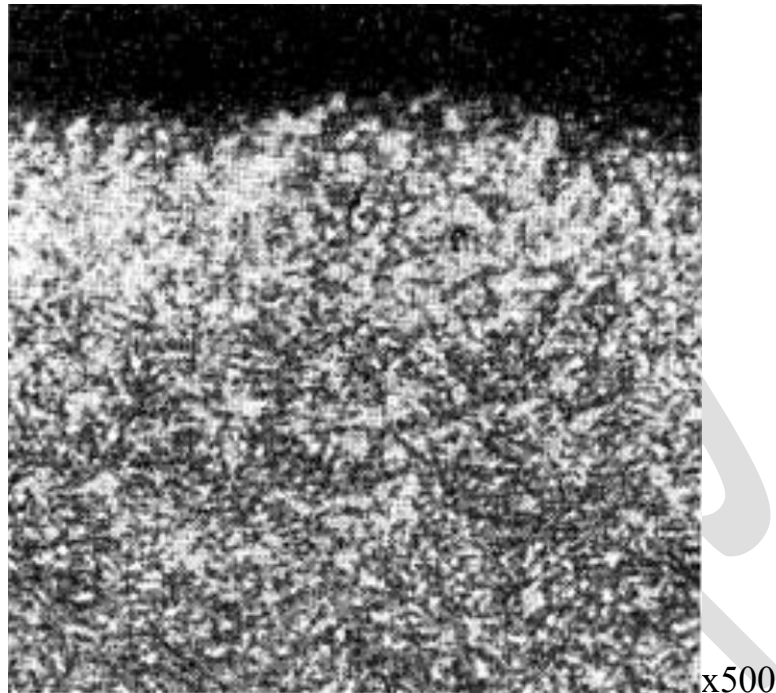


Рисунок 4.2 - Мікроструктура нітроцементованого шару сталі 18ХГТ після закалки і низького відпуску [24]

Серед переваг нітроцементації можна відзначити високу технологічність процесу, простоту і зручність регулювання параметрів. Підбираючи температурний режим, склад газової суміші і, особливо, час обробки, можна легко регулювати товщину насичення шару в залежності від пропонованих вимог. Низька температура обробки знижує ризик деформації виробу і спрощує подальшу загартування, оскільки необхідно лише мінімальний час для зниження температури заготовки. Таким чином, зменшується час технологічного циклу виробництва продукції. Оброблені вироби мають високу якість поверхні і відмінні фізико-механічні властивості. У низьколегованих сталях після обробки спостерігається підвищення корозійної стійкості [24].

Самий істотний недолік такого різновиду нітроцементації, як ціанування - висока токсичність компонентів виробництва. Для насичення азотом і вуглецем

використовуються ціаністі солі натрію і кальцію, які є вкрай токсичними речовинами [24].

Менш суттєвий недолік, який у багатьох областях застосування є несуттєвим - дещо підвищена крихкість металу після обробки. Але оскільки зміни зачіпають тільки порівняно тонкий шар, дана характеристика є несуттєвою і нівелюється підвищеною опірністю матеріалу до зносу [24].

Всі види нітроцементації за рахунок прискорення насичення стали вуглецем в порівнянні з цементацією дають перевагу в часі обробки до 50-60%. Таким чином, основні переваги нітроцементації полягають в скороченні часу виробництва з мінімальним ризиком негативного впливу на геометрію деталей. Одночасно підвищуються експлуатаційні якості завдяки присутності азоту [24].

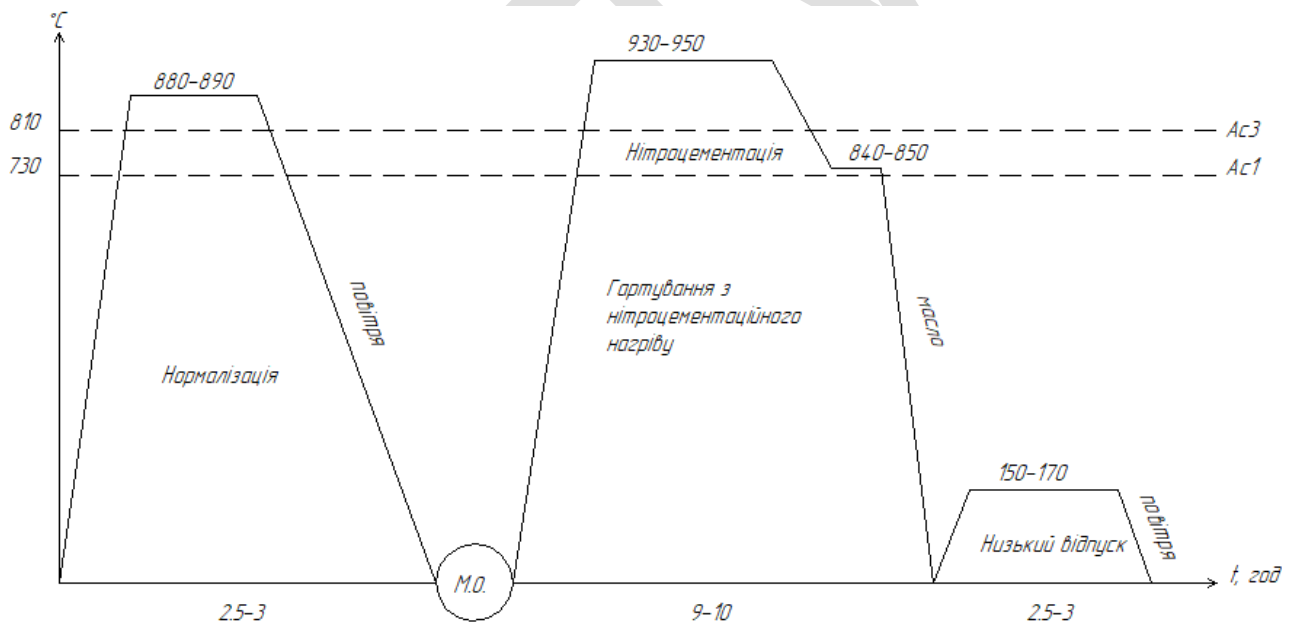


Рисунок 4.3 - Графік термічної і хіміко-термічної обробки деталі «шарикова гайка рульового механізму» зі сталі 18ХГТ

Висновок

Було призначено режим термічної і хіміко-термічної обробки котрий забезпечує виконання вимог до механічних та технологічних властивостей матеріалу. Обрано технологію зміцнення нашої деталі зі сталі 18ХГТ, основними етапами якої є: попередня ТО – нормалізація; остаточна ТО –

нітроцементация з подальшим гартуванням з нітроцементацийного нагріву та низький відпуск.

Нормалізація проходить при температурах 880-890⁰С з подальшим охолодженням на повітрі.

Нітроцементация полягає в розміщенні сталі в середі з суміші газів, в яку входить аміак і вуглецевмісний газ. Далі метал нагрівають і витримують в газовій суміші деякий час. При цьому відбувається дифузія атомів вуглецю і азоту в метал. Змінюються його фізико-механічні властивості. Попутно утворюються тверді розчини з'єднань вуглецю, азоту та заліза.

Низький відпуск забезпечує отримання високої вторинної твердості і зняття гартівних напружень. Проходить при температурі – 150-170⁰С з подальшим охолодженням на повітрі.

РОЗДІЛ 5

РОЗРАХУНКОВО - ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Вибір основного і допоміжного обладнання для ТО деталі

Для правильного вибору обладнання термічного цеху необхідно враховувати всі вимоги до виготовлення даної деталі.

Особливу увагу приділяємо процесу термічної обробки, так як обладнання обирається саме для даного цеху.

Термічна обробка для деталі кулькова гайка рульового механізму зі сталі 18ХГТ складається з двох етапів: попередня термічна обробка і остаточна термічна обробка. До попередньої термічної обробки відноситься нормалізація, до остаточної – нітроцементація з наступним гартуванням з нітроцементацийного нагріву та низький відпуск.

Для проведення нормалізації обираємо піч типу СНЗ-3.6.2/10.

Для нітроцементації і гартування з нітроцементацийного нагріву обираємо піч типу СШЦМ-6.12/9.

Для проведення відпуску обираємо шахтну електронну піч типу СШО-10.20/7.

Технічні характеристики кожної наведені в таблицях 5.1, 5.2 і 5.3.

Таблиця 5.1

Технічні характеристики печі СНЗ-3.6.2/10

Потужність, кВт	14
Напруга, V	380
Максимальна температура, °C	1000
Продуктивність, кг/год	27
Розміри, мм	1400x1600x1600

Таблиця 5.2

Технічні характеристики печі СШЦМ-6.12/9.

Потужність, кВт	105
Напруга, V	320
Максимальна температура, °С	1000
Продуктивність, кг/год	70
Розміри, мм	2700x2600x3600

Таблиця 5.3

Технічні характеристики печі СШО-10.20/7

Потужність, кВт	125
Напруга, V	320
Максимальна температура, °С	600
Продуктивність, кг/год	50
Розміри, мм	3700x3500x5000

Для охолодження ми будемо використовувати механізований бак для гартування з мастилом, в яку проходить загрузка за допомогою кран-балки. На 1 кг деталі приходитьсь об'єм 15-20 літрів масла.

Для очищення деталі після охолодження ми встановимо мийну машину конверторного типу з садовим гарячим розчином.

Для контролю якості використовуємо твердоміри ТШ-2 і ТК-2.

5.2 Розрахунок обладнання на ділянці термічної обробки

Нехай річний план виготовлення деталі становить 150000 одиниць.

Розрахуємо масу однієї деталі:

$$m = V * \rho, \quad (5.1)$$

де m – це маса деталі; V – об'єм деталі; ρ – густина [26].

$$V = \frac{\pi D^2}{4} * h - \frac{\pi d^2}{4} * h, \quad (5.2)$$

де V – об'єм деталі; π – стале число 3,14; D – зовнішній діаметр; h – висота; d – внутрішній діаметр [26].

Отже,

$$V = \frac{3,14 * 4,8^2}{4} * 5 - \frac{3,14 * 1,7^2}{4} * 5 = 79 \text{ см}^3, \quad (5.3)$$

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

$$m = 79 * 7,85 = 620 \text{ г} = 0,62 \text{ кг.} \quad (5.4)$$

Коли річний план виготовлення деталі кулькова гайка рульового механізму становить 150 000 деталей, то річна маса буде складати

$$m_{\text{річ}} = 150\,000 * 0,62 = 93\,000 \text{ кг.} \quad (5.5)$$

Щоб розрахувати кількість обладнання на термічній ділянці оберемо метод за укрупненими показниками, тому що даний метод задовольняє мету завдання нашої роботи.

При нормалізації в печі СНЗ-3.6.2/10 з продуктивністю 27 кг/год і річною програмою 93 000 кг заборгованість складе :

$$\frac{93000}{27} = 3444 \text{ год} \quad (5.6)$$

З цього випливає, що заборгованість даної печі становить 3444 години. Далі ми розраховуємо необхідну кількість печей СНЗ-8.6.2/10 для нормалізації при роботі в обидві зміни на протязі року приблизно 3200 години:

$$\frac{3444}{3200} = 1,07 \text{ печі} \quad (5.7)$$

Отже, кількість потрібних СНЗ-8.6.2/10 печей для нормалізації складатиме дві одиниці при коефіцієнті завантаження:

$$\frac{1,07 * 100}{2} = 53,5\% \quad (5.8)$$

Далі розраховуємо потрібну кількість обладнання при операції нітроцементатії і гартування з нітроцементатійного нагріву в печі типу СШЦМ-6.12/9 при продуктивності 70 кг/год і річною програмою 93 000 кг заборгованість складе:

$$\frac{93000}{70} = 1328 \text{ год} \quad (5.9)$$

З розрахунків заборгованості для нітроцементатії і гартування з нітроцементатійного нагріву з робочим днем в дві зміни виходить:

$$\frac{1328}{3200} = 0,4 \quad (5.10)$$

Виходить, що при нітроцементзації і гартування з нітроцементацийного нагріву в печі СШЦМ-6.12/9 їх необхідна кількість становитиме одну піч, а коефіцієнт завантаження дорівнює:

$$\frac{0,4 \cdot 100}{1} = 40\% \quad (5.11)$$

При низькотемпературному відпуску шарикової гайки рульового механізму в печі СШО-10.20/7 з продуктивністю 50 кг/год і програмою 93000 кг в рік:

$$\frac{93000}{50} = 1860 \text{ годин} \quad (5.12)$$

Визначаємо необхідну кількість печей СШО-10.20/7 для відпуску при роботі з двох змін протягом року ~ 3200 годин. Отримаємо:

$$\frac{1860}{3200} = 0,58 \text{ печі} \quad (5.13)$$

Отже, кількість печей при відпуску буде дорівнювати одній одиниці, звідси коефіцієнт завантаження дорівнює:

$$\frac{0,58 \cdot 100}{1} = 58\% \quad (5.14)$$

Отже, проектування ділянки цеху по термічній обробці кулькової гайки рульового механізму потрібно мати:

- для нормалізації – 2 печі СНЗ-8.16.5/10;
- для нітроцементзації і гартування з нітроцементацийного нагріву – 1 піч СШЦМ-6.12/9
- для відпуску – 1 піч СШО-10.20/7;
- 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 5 тон.

5.3 Планування термічної дільниці

Щоб розрахувати загальну площу скористаємося формулою:

$$S_{\text{заг}} = S_{\text{кор}} + S_{\text{дод}} + S_{\text{прох}} \quad (5.15)$$

де $S_{\text{кор}}$ – корисна виробнича площа, потрібна для розміщення 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 кожен одиницю обладнання, тоді

$$S_{\text{кор}} = 10 * 9 = 90\text{ м}^2 \quad (5.16)$$

$$S_{\text{дод}} = 0,5 * S_{\text{кор}} = 0,5 * 90 = 45\text{м}^2 \quad (5.17)$$

$$S_{\text{прох}} = 0,5 * S_{\text{кор}} = 0,5 * 900 = 45\text{м}^2 \quad (5.18)$$

Отже,

$$S_{\text{заг}} = 90 + 45 + 45 + 170 = 350\text{м}^2 \quad (5.19)$$

Щоб визначити довжину цеху скористаємося формулою:

$$L = \frac{S_{\text{заг}}}{B} \quad (5.20)$$

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

Приймаємо, що загальна ширина становить 18 метрів, тоді:

$$L = \frac{350}{18} = 20\text{ метрів} \quad (5.21)$$

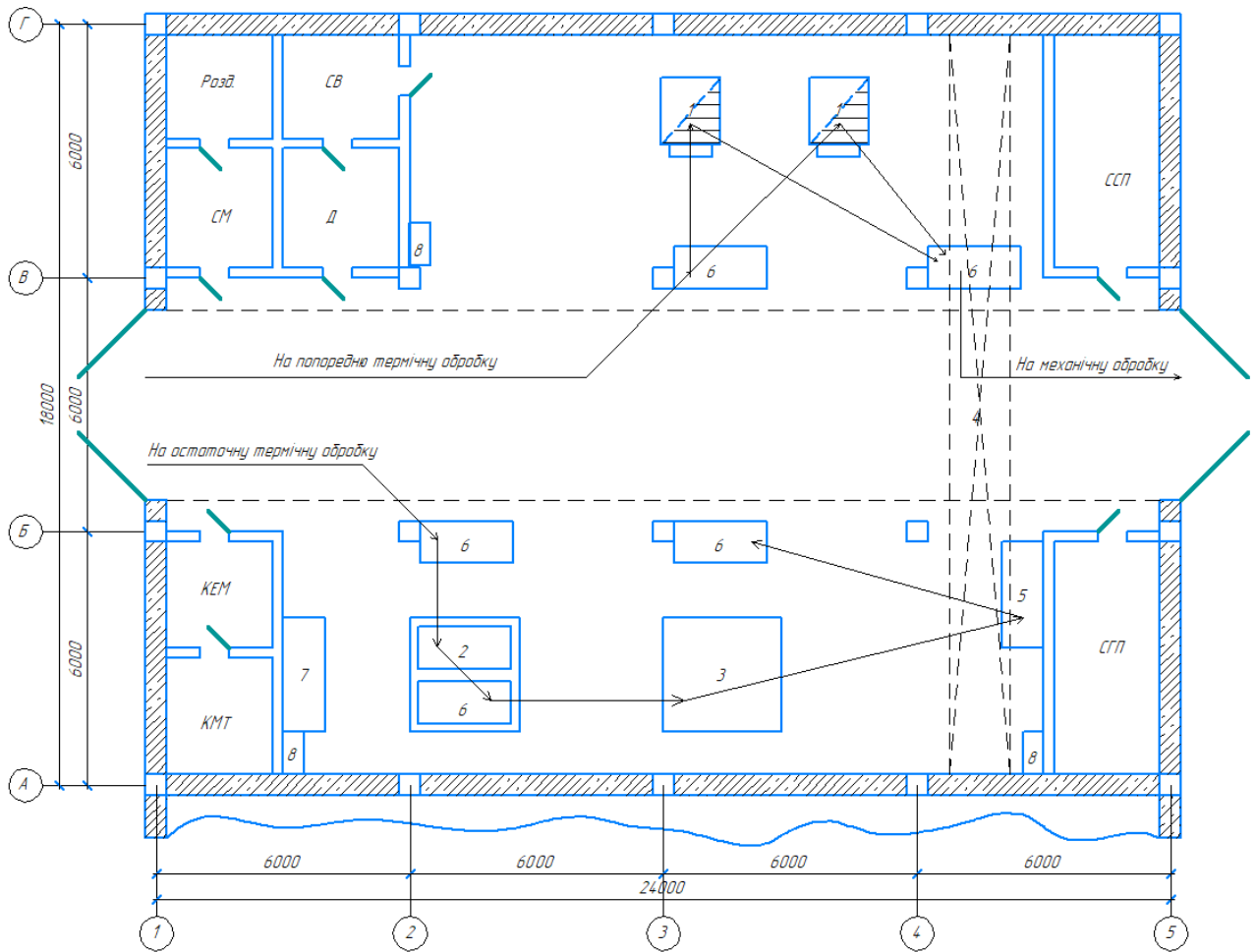


Рисунок 5.1 – Планування дільниці цеха для термічної обробки шарикової гайки рульового механізму: 1- піч для нормалізації СНЗ-3.6.2/10; 2 – піч для нітроцементації і гартування з нітроцементатійного нагріву СШЦМ-6.12/9; 3 – піч для низькотемпературного відпуску СШО-10.20/7; 4 – кран-балка; 5 – стіл для контролю; 6 – місце для складання; 7 – бак з маслом для гартування; 8 - електрощитова

Специфікація обладнання, що застосовується:

Основне обладнання.

1. Склад;
2. Службове приміщення;
3. Побутове приміщення;
4. Піч – СНЗ-3.6.2/10 – 1 шт;
5. Піч – СШЦМ-6.12/9 – 1 шт;
6. Піч – СШО-10.20/7 – 1 шт;

7. Бак з маслом для гартування.

Допоміжне обладнання.

1. Гартівний бак – 1 шт;
2. Мийний бак – 1 шт;
3. Місце для складання – 5 шт.

Обладнання контролю.

1. Твердомір ТШ-2;
2. Твердомір ТК-2;
3. Кран-балка – 5 т.

Висновок

Запропоновано необхідне основне, допоміжне та контролююче обладнання щоб забезпечити якісне протікання технологічного процесу термічної і хіміко-термічної обробки деталі «кулькова гайка рульового механізму». Було обрано оптимальні печі для максимально продуктивної роботи. Було підраховано продуктивність, необхідну кількість дня налаштування оптимального виробництва.

Для проведення нормалізації було обрано піч типу СНЗ-3.6.2/10.

Для нітроцементації і гартування з нітроцементаційного нагріву обрано піч типу СШЦМ-6.12/9.

Для проведення відпуску було обрано шахтну електронну піч типу СШО-10.20/7.

Побудовано план ділянки для проведення термічної і хіміко-термічної обробки з усіма необхідними для цього обладнанням та приміщеннями.

ВИСНОВКИ

В процесі роботи над випускною кваліфікаційною роботою отримані наступні результати.

1. Проведений аналіз умов роботи деталі і визначені вимоги до матеріалу виробу. Встановлено, що під час роботи деталі сприймають складну деформацію: вигин, крутіння, розтяг-стиск. У процесі їх роботи можливі поломки внаслідок дії статичних і втомних навантажень, а також деформації неприпустимих значень. Деталь кулькова гайка піддається сильному зношуванню, а також контактним напруженням.

2. Здійснено аналіз матеріалів, які застосовують для виготовлення деталей кулькова гайка рульового механізму, в результаті чого було обрано більш технологічну сталь 18ХГТ замість сталі ХВГ. Обґрунтований вибір сталі, вказавши на всі переваги і недоліки обраної сталі.

3. Реалізували аналіз впливу легуючих елементів на властивості обраної сталі, а саме таких елементів як хром, молібден, вольфрам, марганець, кремній і магній. Головний легуючий елемент ХВГ - хром. Його атоми невеликі за розміром, ущільнюють собою ґрати, надаючи їй ще більшу щільність і стабільність. Марганець в концентрації з кремнієм збільшує в'язкість і пластичність, знижує небажані наслідки такого підвищення міцності

4. Було призначено режим термічної і хіміко-термічної обробки котрий забезпечує виконання вимог до механічних та технологічних властивостей матеріалу. Обрано технологію зміцнення нашої деталі зі сталі 18ХГТ, основними етапами якої є: попередня ТО – нормалізація; остаточна ТО – нітроцементация з подальшим гартуванням з нітроцементацийного нагріву та низький відпуск.

5. Запропоновано необхідне основне, допоміжне та контролююче обладнання щоб забезпечити якісне протікання технологічного процесу термічної і хіміко-термічної обробки деталі «кулькова гайка рульового механізму». Було обрано оптимальні печі для максимально продуктивної роботи. Було підраховано продуктивність, необхідну кількість днів налаштування оптимального виробництва.

6. Побудовано план ділянки для проведення термічної і хіміко-термічної обробки з усіма необхідними для цього обладнанням та приміщеннями.

CLAIMS

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Персональний сайт викладача Гончарова О.Г. КГБПОУ: веб-сайт. URL: http://k-a-t.ru/avto_shassi_2/6_rul_vint/index.shtml дата звернення (27.03)
2. Електронний реферат: Механізми керування автомобілем: веб-сайт. URL: <http://ua.textreferat.com/referat-1486-1.html> (1-2ст) дата звернення (27.03)
3. Несправності рульового механізму: веб-сайт. URL: https://avto.tatar/news_items/neispravnosti-rulevogo-upravleniya дата звернення (18.04)
4. © 2021 Справочник металлиста: веб-сайт. URL: <https://ssk2121.com/stal-hvg-harakteristiki-primeneniye/> дата звернення (18.04)
5. Москалюк, Р.Ю. Особенности контроля качества при накатывании винтов для шариковых винтовых передач / Р.Ю. Москалюк, В.А. Вайсман // Тр. Одес. политехн. ун-та: Спецвып. – Одесса : ОНПУ, 2006. – С. 116 – 120.
6. Кульково гвинтова пара (ШВП): веб-сайт. URL: <https://ice-mc.ru/uk/kak-sobrat-shvp-s-dvumya-gaikami-shariko-vintovaya-peredacha-sfu1605-iz/> дата звернення (18.04)
7. Вайсман, В.А. Управление продуктом с браком при доводке винтов шарико-винтовых передач / В.А Вайсман // Тр. Одес. политехн. ун-та. – № 2(28). – Одесса: ОНПУ, 2007. – С. 289 – 292.
8. Конспект лекций Бычков Г.В.: веб-сайт. URL: <https://studfile.net/preview/2897952/page:8/> дата звернення (18.04)
9. Повернісна закалка делатей індукційного нагріву: веб-сайт. URL: <https://poznayka.org/s89175t1.html> дата звернення (03.05)
10. Погребна Н.Е., Куцова В.З., Котова Т.В. Способи зміцнення металів: Навчальний посібник. – Дніпро: НМетАУ, 2021.
11. Опис сталі ХВГ: веб-сайт. URL: <https://stali.com.ua/instrumentalniestali/hvg.html> дата звернення (03.05)
12. Розшифровка сталі ХВГ: веб-сайт. URL: <https://www.lsst.ru/spravochnik-metalloprokata/instrumentalnaya-stal/stal-khvg/> дата звернення (03.05)

13. Леговані сталі та сплави : навч. посіб. / Л. Ф. Руденко, Т. П. Говорун. – Суми : Сумський державний університет, 2012. – 171 с.
14. Розшифровка сталі 18ХГТ: веб-сайт. URL: <https://www.lsst.ru/spravochnik-metalloprokata/legirovannaya-stal/stal-18khgt/> дата звернення (11.05)
15. Характеристики використання сталі ХВГ: веб-сайт. URL: <https://varimtutru.com/stal-hvg-harakteristiki-primenenie/> дата звернення (11.05)
16. Характеристики сталі 18ХГТ: веб-сайт. URL: <https://stankiexpert.ru/spravochnik/materialovedenie/stal-18khgt-konstrukcionnaya-legirovannaya.html> дата звернення (11.05)
17. Сталь ХВГ, характеристики і використання: веб-сайт. URL: <https://prompriem.ru/stati/stal-hvg.html> дата звернення (21.05)
18. І. А. Власюк, В. Г. Могилатенко, М. М. Ямшинський, А. М. Товкач Національний технічний університет України «КПІ», Київ Вплив легувальних елементів на структуру і властивості зносостійких сталей: веб-сайт. URL: <http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/104383/08-Vlasyuk.pdf?sequence=1> дата звернення (21.05)
19. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов:учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. Москва : Металлургия, 1986. 480 с.
20. Технологія конструкційних матеріалів: веб-сайт. URL: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fmbt/shilina_tehnologiya_konstruc_materialiv/index.htm дата звернення (21.05)
21. Куксенова Л.И. и др. Методы испытаний на трение и износ /Л. И. Куксенова, В. Г. Лаптева, А. Г. Колмаков, Л. М. Рыбакова// - М.: ИНТЕРМЕТ ИНЖИНИРИНГ , 2001. – 152 с
22. Крагельский И.В., Добычин Н.Н., Комбалов В.С. Основы расчётов на трение и износ. М.: Машиностроение, 1977, 526 с.
23. Нітроцементация: веб-сайт. URL: <https://karbaz.com.ua/uk/nashi-poslugi/nitrocementacija-2/> дата звернення (26.05)

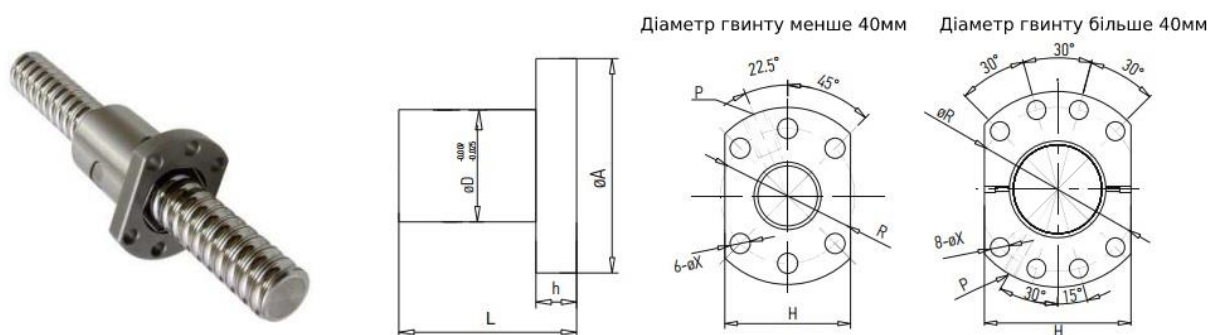
24. Технологія нітроцементації сталей: веб-сайт. URL: <https://stankiexpert.ru/spravochnik/materialovedenie/nitrocementaciya.html> дата звернення (01.06)

25. Клименко В. М. Технологія конструкційних матеріалів. / Частина 3 Основи механічної обробки матеріалів : навчальний посібник. / Клименко В. М., Шиліна О. П., Осадчук А. Ю - Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. - 94 с.

26. Формула маси через густину і об'єм: веб-сайт. URL: <https://naukozavr.info/fizuka/formula-masy-cherez-gustynu-i-obyem/> дата звернення (05.06)

ДОДАТКИ

Додаток А



Модель	D	L	h	A	P	X	H	R	Ca	Coa	K
SFU1605	ø28	42	10	ø50	M6-7H	ø5.5	40	ø38	780	1790	20

Креслення шарикової гайки рульового механізму