

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Кафедра прикладного матеріалознавства і технології конструкційних
матеріалів**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА
зі спеціальності 132 «Матеріалознавство»**

Тема роботи: Вибір матеріалу, розробка технологічного процесу
виготовлення та зміцнення деталі «шестерня»

Виконав:

студент Лихошва Дмитро Миколайович

Залікова книжка

№ 19510092

Підпис _____

Захищена з оцінкою

Оцінка, дата

Керівник:

завідувач кафедри

Гапонова Оксана Петрівна

Підпис _____

Секретар ЕК

_____ Марченко К.С.

Прізвище, підпис

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

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

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студенту Лихошві Дмитру Миколайовичу, група МТ-81-9
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема випускної роботи: Вибір матеріалу, розробка технологічного виготовлення та зміцнення деталі «шестерня»

2. Вихідні дані: Креслення деталі «шестерня» та вимоги до неї вказані на кресленні (додаток А)

3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу

- 1) Креслення деталі.
- 2) Графік термічної обробки деталі
- 3) Планування термічної ділянки.

4. Етапи виконання випускної роботи:

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

5. Дата видачі завдання 26.04.2022 р.

Керівник _____
(підпис)

завідувач кафедри Гапонова О.П.
(посада, прізвище)

РЕФЕРАТ

Випускна кваліфікаційна робота: складається з 52 сторінки, 5 розділів, 7 рисунків, 5 таблиць, 31 літературних джерел.

Мета роботи – призначити матеріал та розробити сучасну маршрутну технологію виготовлення та термічної обробки деталі «шестерня».

Завдання:

- проаналізувати умови роботи деталі;
- провести аналіз літературних джерел щодо визначення перспективних способів зміцнення деталі;
- раціонально обрати матеріал для виготовлення деталі;
- розробити технологічний процес, термічну обробку деталі «шестерня»;
- підібрати основне обладнання для термічного відділення та планування термічного відділення.

В ході роботи була обрана марка конструкційної сталі, розроблена маршрутна технологія виготовлення деталі «шестерня», запропоновано декілька режимів термічної та хіміко-термічної обробки деталі, обране основне обладнання для проведення термічного оброблення, розроблений план ділянки для проведення термічного оброблення деталей.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ШЕСТЕРНЯ, СТАЛЬ, МІКРОСТРУКТУРА, ЗНОС, ТЕРМІЧНЕ ОБРОБЛЕННЯ, ЦЕМЕНТАЦІЯ, ВЛАСТИВОСТІ, ЗНОШУВАННЯ, ВТОМНЕ РУЙНУВАННЯ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	5
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДЕТАЛІ.....	6
1.1 Умови роботи деталі шестерня.....	6
1.2 Причини виходу з ладу деталі шестерня.....	7
Висновки.....	8
РОЗДІЛ 2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	10
2.1 Технології виготовлення та методи зміцнення деталі шестерня	10
2.2 Хіміко-термічне оброблення деталі шестерня.....	13
Висновки.....	19
РОЗДІЛ 3 ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРІАЛІВ ДЕТАЛІ	21
3.1. Вибір матеріалу деталі «шестерня».....	21
3.2 Вплив легувальних елементів.....	22
3.3 Методи дослідження матеріалів	25
Висновки.....	28
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	29
Висновки.....	31
РОЗДІЛ 5 ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ОПЕРАЦІЙ ТЕРМІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ.....	32
5.1 Призначення режиму термічного та хіміко-термічного оброблення деталі	32
5.2 Вибір обладнання для проведення операцій термічної обробки	35
5.3 Розрахунок обладнання.....	38
5.4 Розрахунок площі та особливості приміщення, що проектується.....	40
5.5 Розробка плану розташування обладнання на термічній ділянці.....	43
Висновки.....	44
ВИСНОВКИ	45
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	47
ДОДАТОК А	51
ДОДАТОК Б.....	52

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ЗТВ – зона термічного впливу

КДЕ – концентроване джерело енергії

ХТО – хіміко-термічна обробка

ВКДН – висококонцентроване джерело нагрівання

ЦКП – центральне композиційне планування

ККД – коефіцієнт корисної дії

ΔS – величина зношування зубів, мм

U – швидкість зношування зубів, мм/цикл

θ – температура, °C

РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДЕТАЛІ

1.1 Умови роботи деталі шестерня

Однією з основних умов, якій повинні відповідати технологічні пристрої, є їх безвідмовна робота з необхідною надійністю та довговічністю відповідно до технічних умов експлуатації протягом певного періоду часу. Основними причинами виходу деталей з ладу є знос, на який припадає 50-70% всіх поломок вузлів і деталей, а також тривале руйнування.

Тому особливу увагу слід приділяти підвищенню їх зносостійкості та стійкості до втоми, які значною мірою залежать від правильного вибору матеріалу, технології, конструкції та інших способів підвищення надійності та довговічності, терміну служби та впливу різних факторів. Вони засновані на зміні жорсткості і шорсткості поверхонь аналогів, на видах механічної, термічної або хіміко-термічної обробки (ХТО), на можливості герметизації посадок, розподілу навантаження і т. д. В першу чергу це стосується до зубчастих передач, які є одними з найбільш навантажених і критичних елементів компонента і завжди визначають надійність і довговічність всієї системи [1].

Шестерня приводу паливного насоса є основною частиною зубчастої передачі у вигляді диска з зубцями на одній циліндричній поверхні в зачепленні з зубцями на іншій. Принцип дії ґрунтується на зачепленні пари зубів коліс передач. Деталь призначена для передачі моменту, що крутить, в зубчастих передачах. При цьому на валу вона кріпиться в осьовому напрямку. Внутрішній контур шестерні для посадки на шліці також має шліцевий отвір (рис. 1.1) [1].

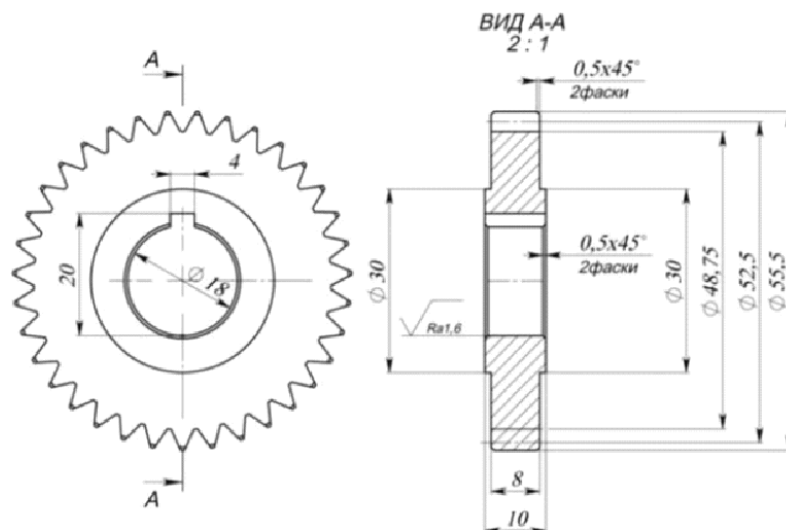


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі шестерня

1.2 Причини виходу з ладу деталі шестерня

Варіанти виходу з ладу зубчастих шестерень:

- Поступове зношування.
- Перелом зубців шестерні.
- Торцевий знос.
- Втомне фарбування і руйнування зубів при згині.
- Задирання та в'язкість.
- Деформація, вироблення та зношування робочих поверхонь зубів.
- Миттєві поломки виготовлення зубчастих шестерень через

навантаження.

В основному механізм виходу з ладу автомобільних шестерень має втомний характер при згині або контактних навантаженнях. Однак також можуть виявлятися: зношування робочої поверхні, значні механічні пошкодження та деформації, вироблення терміну експлуатації зубів, раптові поломки. При запуску на старті першої або задньої передачі механічної коробки, внаслідок нестачі або недостатнього відключення зчеплення, може спостерігатися зіткнення [2].

Причинами подібних руйнувань виступають дефекти металевої структури, неякісно вироблена хіміко-термічна обробка, неправильне складання, перевантаження у процесі експлуатації. Подібним явищам може сприяти некоректне управління КПП. Це відбувається, коли водіїв не знайомі положення або діапазон зміни швидкості обертання між різними передачами [1, **Error! Reference source not found.**, 1].

Знищення поверхонь контактуючих деталей відбувається внаслідок наявності нерівних на поверхонь тертя, що можуть виникати напруги і деформації в зоні контакту. Число напружень, необхідних для руйнування, залежить від вихідної міцності матеріалу, його втомного опору й умов навантаження. При цьому виникає найбільше інтенсивності види зношування: абразивний, що є результатом зрізання й пластичного деформування мікронерівностей твердими сторонніми частками при відносному переміщенні спряжених поверхонь, і когезійний, за рахунок явищ схоплювання, коли сили тертя досягають межі міцності матеріалу контактної пари. Зносостійкість деталей є кількісною характеристикою їх здатності чинити опір зношування в певних умовах зовнішнього впливу [3].

Висновки

Шестерні є основними компонентами більшості машин і механізмів. Вони використовуються для передачі обертальних рухів між окремими елементами пристроїв. Обертання передається за допомогою шестерні. Вихід з ладу або руйнування редуктора призводить до припинення передачі крутного моменту і виходу з ладу приводних вузлів. Найбільш навантаженою частиною шестерні є зуб. Умови роботи коробок передач визначаються швидкістю їх обертання, рівнем контакту і навантаженням на згин. Під час роботи на зуби шестерень діють такі навантаження: згин, контактне напруження на бічних робочих поверхнях зубів, знос бічних поверхонь.

Залежно від умов роботи, деякі з найпоширеніших зупинок роботи включають відколи, абразивний знос і заїдання поверхонь зубів, а також поломку зубів. Відколи, абразивне зношування та заїдання виникають через міцність поверхні, а розтріскування — через міцність зубів.

Щоб запобігти причинам руйнування зубчастої частини, необхідно підвищити твердість матеріалу шляхом термічної обробки або підвищити ступінь точності передачі, а також правильно розподілити розміри за рахунок контактної напруженої втоми.

РОЗДІЛ 2

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

2.1 Технології виготовлення та методи зміцнення деталі шестерня

Вибір матеріалів – важке завдання, незважаючи на те, що практика машинобудування має великий досвід із цього питання.

Вибір залежить:

- від конструкції та призначення вузла;
- технології виробництва;
- умов експлуатації;
- вимог до загальної міцності деталей;
- терміну їх служби та надійності з урахуванням вартості матеріалу та його дефіцитності;
- витрати на виготовлення деталей.

Наприклад, сплави з вмістом графіту більш зносостійкі, ніж без них, а вуглецева сталь поступається ковкому чавуну [3].

Процес технологічного забезпечення якості поверхневого шару та довговічності деталей машин з армуванням показано на схемі (рис. 2.1).

Традиційний підхід полягає у встановленні взаємозв'язку між методом обробки та експлуатаційними характеристиками деталі, що підлягає зміцненню (1 – 5) (рис. 2.1). Недоліком цього підходу є те, що виявлені закономірності є недійсними за інших умов, що вимагають повторення копітких досліджень при переході на новий продукт. Найбільш загальним є забезпечення довговічності деталі, що складається з двох етапів: - шляхи 1–3 - встановлення зв'язку між технологічними факторами та параметрами стану поверхневого шару; шлях 3-5 - визначення впливу цих параметрів на експлуатаційні характеристики деталей. Обидва підходи мають основний недолік - емпіричний спосіб вирішення проблеми, пов'язаний з високою вартістю експериментів, обмеженою кількістю досліджень параметрів стану

поверхневого шару та низькою точністю (в межах точності методу вимірювання) їх визначення. Емпіричний шлях не дозволяє використовувати ЕОМ для моделювання та технологічного проектування механічної обробки деталей з оптимізацією параметрів стану їх поверхневого шару, що забезпечує певну довговічність. Більш ефективний підхід до технологічного забезпечення показників ефективності деталей базується на внутрішніх закономірностях процесу формування поверхневого шару в комірці деформації. Розкриття таких закономірностей дає змогу глибше визначити вплив параметрів стану поверхневого шару на процес руйнування деталі та експлуатаційні показники [4].

Підвищення стійкості до руйнування деталі при різних експлуатаційних навантаженнях досягається технологічними прийомами об'ємного або поверхневого зміцнення. Об'ємне зміцнення підвищує статичну міцність деталей, де робочі напруги розподіляються більш-менш рівномірно. Для виготовлення таких деталей використовуються високоміцні сталі і сплави, а також композитні матеріали. Однак більшість деталей працюють в умовах, коли експлуатаційні навантаження (тиск, тепло, вплив навколишнього середовища тощо) в основному відчуються на їх поверхневому шарі. Отже, від стійкості поверхневого шару до руйнування залежать зносостійкість, утворення і розвиток втомної тріщини, виникнення вогнищ корозії. Для деталей, руйнування яких починається з поверхні, розроблено велику кількість процесів поверхневого зміцнення, в основі яких лежить покриття або зміна стану (модифікації) поверхні [5].



Рисунок 2.1 – Процес технологічного забезпечення якості поверхневого шару обробкою поверхневого пластичного деформування.

Підвищення стійкості до руйнування деталі при різних експлуатаційних навантаженнях досягається технологічними прийомами об'ємного або поверхневого зміцнення. Об'ємне зміцнення підвищує статичну міцність деталей, де робочі напруги розподіляються більш-менш рівномірно. Для виготовлення таких деталей використовуються високоміцні сталі і сплави, а також композитні матеріали. Однак більшість деталей працюють в умовах, коли експлуатаційні навантаження (тиск, тепло, вплив навколишнього середовища тощо) в основному відчуюються на їх поверхневому шарі. Отже, від стійкості поверхневого шару до руйнування залежать зносостійкість, утворення і розвиток втомної тріщини, виникнення вогнищ корозії. Для деталей, руйнування яких починається з поверхні, розроблено велику кількість методів поверхневого зміцнення, які засновані на нанесенні покриття або зміні стану (модифікації) поверхні. Нанесення

покриття забезпечує міцність деталей за рахунок нанесення на їх поверхню матеріалів, що відрізняються за властивостями від основного металу, але найбільш придатних для умов експлуатації (експлуатація, корозія, хімічне вплив тощо). При зміні стану (модифікації) поверхневого шару в металі відбувається фізико-хімічний знос, що підвищує його міцність на руйнування.

Модифікацію поверхневого шару переважно проводять за допомогою робочого зміцнення, термічної обробки поверхні, дифузійного осадження легуючих елементів. Універсального методу зміцнення деталей не існує, оскільки один і той же метод буде мати позитивний ефект в одних умовах експлуатації і негативно в інших. Тому в деяких випадках перевага надається комбінованому зміцненню деталей, заснованому на застосуванні двох-трьох методів зміцнення, кожен з яких дозволяє підвищити ту чи іншу експлуатаційну якість. Крім того, вибір того чи іншого способу зміцнення поверхні залежить від економічних міркувань [6].

2.2 Хіміко-термічне оброблення деталі шестерня

Розрізняють такі способи зміцнення зі зміною хімічного складу поверхневого шару металу: а) дифузне насичення (ціанування, нітрування, нітроцементация та ін.); б) хімічна та фізико-хімічна дія (хімічна обробка, іонна імплантация, електроіскрова обробка тощо).

Способи армування зі зміною структури поверхневого шару включають:

а) фізична та термічна обробка (лазерне зміцнення, плазмове зміцнення);

б) електрофізична обробка (електроконтактна, електроерозійна, магнітна);

в) механічна обробка (вібраційне зміцнення, зміцнення тертям, дробове обробка, обробка вибухом, термомеханічна, електромеханічна);

г) Осадження легуючих елементів (газове полум'я, електрична дуга, плазма, лазерний промінь, іонний промінь тощо).

Хімічна термічна обробка (ХТО) — це термічна обробка, що складається з поєднання термічних і хімічних дій для зміни складу, структури та властивостей поверхневого шару сталі.

ХТО є найпоширенішим видом обробки матеріалів для надання їм експлуатаційних властивостей. Найпоширенішими методами є насичення поверхневого шару сталі вуглецем або азотом або обома цими елементами. Відповідно виділяють такі методи:

- цементація;
- азотування;
- насичення поверхні сталі азотом і вуглецем, нітроцементація та ціанування;
- одночасне введення вуглецю та азоту в поверхневі шари сталі [7].

Іноді використовується насичення поверхневих шарів сталі іншими елементами (хром - дифузне хромове покриття, бор - борвмісне покриття, кремній – силіціювання та алюміній - алітування).

Процес ХТО є багатоетапним процесом, який відбувається в три послідовні фази [9]:

1. Утворення активних атомів у насичуваному середовищі поблизу поверхні або безпосередньо на поверхні металу. Продуктивність дифузійного потоку, тобто кількість активних атомів, що утворюються за одиницю часу, залежить від складу та агрегатного стану насичувального середовища, яке може бути твердим, рідким або газоподібним, взаємодії окремих компонентів один з одним, температури, тиску і хімічний склад сталі.

2. Адсорбція утворених активних атомів насиченою поверхнею. Адсорбція є складним процесом, який тимчасове відбувається на поверхні насичення. Існує фізична (зворотна) адсорбція і хімічна адсорбція (хемосорбція). У процесі ХТО ці типи адсорбції перекриваються. Фізична

адсорбція викликає зчеплення адсорбованих атомів елемента насичення (адсорбенту) за рахунок дії сил Ван-дер-Ваальса. Характеризується простою оборотністю процесу адсорбції - десорбції. При хемосорбції відбувається взаємодія між атомами адсорбату та адсорбенту, який за своїми властивостями та міцністю наближається до хімічного.

3. Дифузія – переміщення адсорбованих атомів у решітці металу, що обробляється. Дифузія можлива лише в тому випадку, якщо дифузійний елемент розчинний у матеріалі, який підлягає обробці, і температура достатньо висока, щоб забезпечити енергію, необхідну для здійснення цього процесу. Товщина дифузійного шару i , відповідно, товщина затверділого шару на поверхні виробу є найважливішою властивістю ХТО. Товщина шару визначається рядом факторів, наприклад, температура насичення, тривалість процесу насичення (рис. 2.2), склад сталі, тобто вміст окремих легуючих елементів; градієнт концентрації елементів насичення між поверхнею і кордоном шару насичення в глибині продукту [9].

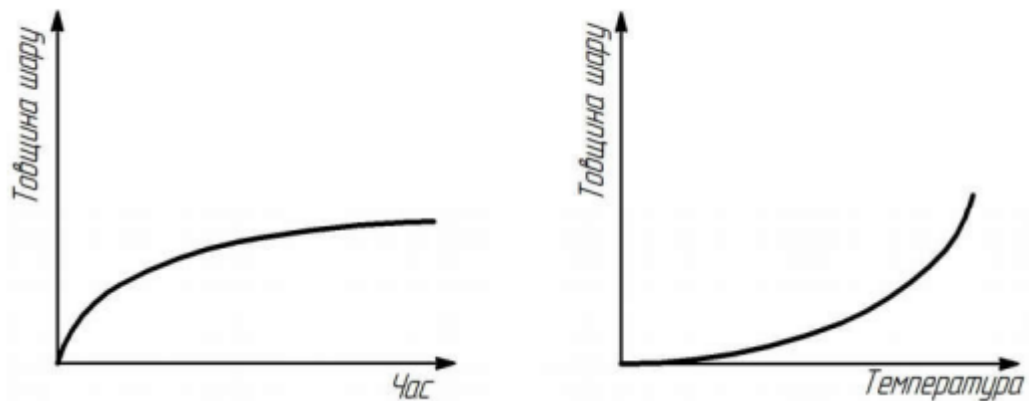


Рисунок –2.2 Глибина дифузійного шару залежно від тривалості процесу та температури [10]

Цементация — це процес високотемпературного насичення поверхневого шару сталі вуглецем. Оскільки вуглець майже не розчиняється в α -фазі, процес цементації відбувається в інтервалі температур 930 ... 950 °С, тобто вище перетворення $\alpha \rightarrow \gamma$. Структура поверхневого шару

науглеродизованого виробу являє собою структуру заевтектоїдної сталі (перліт і вторинний цементит), тому необхідно провести термічну обробку для надання сталі кінцевих експлуатаційних характеристик після процесу цементації загартування та низького відпуску; температурно-часові параметри режиму термічної обробки встановлюються залежно від складу сталі, призначення та геометричних розмірів цементованого виробу. Як правило, загартовування застосовують від температури цементування відразу після закінчення процесу хіміко-термічної обробки або після охолодження до $800 \dots 850 \text{ }^\circ\text{C}$ і повторного нагрівання центральної (нецементованої) частини виробу. Після затвердіння відбувається відпуск при температурі $160 \dots 180 \text{ }^\circ\text{C}$ [ельф]

Цементування як процес ХТО переважно використовується для низьковуглецевих сталей, таких як Ст2, Ст3, сталь 08, 10, 15, 20, 15Х, 20Х, 20ХНМ, 18ХГТ, 25ХГТ, 25ХГМ, 15ХГНТА, 12ХНА та інші. Сталі, що пропонуються для цементації, повинні мати якісне зміцнення і зміцнення цементованого шару, що забезпечує необхідний рівень міцності, зносостійкості і жорсткості. Прогартованість «серцевини» регулюється вузьким діапазоном твердості, який становить $30 \dots 40 \text{ HRC}$. У зв'язку з тривалістю процесу цементації та високою температурою рекомендується використовувати спадкові дрібнозернисті сталі, зернистість яких не перевищує 6 – 8 балів. Інакше при цементації буде спостерігатися значне зростання зерна, що призведе до погіршення його експлуатаційних характеристик. Цементация відбувається в твердому, рідкому або газоподібному вуглецевому середовищі в спеціальних контейнерах, які називаються карбюризаторами. У разі твердофазної цементації процедуру проводять наступним чином. Деталі для пресування упаковують у заливні ящики так, щоб їх об'єм займав від 15 до 30% об'єму ящика залежно від складності конструкції деталі [12].

Ящики завантажують у піч, нагріту до температури $600\dots 700 \text{ }^\circ\text{C}$ і нагріту до температури цементації $930\dots 950 \text{ }^\circ\text{C}$. Після закінчення процесу

цементування ящики виймаються з печі. Деталі охолоджують на повітрі, не виймаючи з інжекційних коробок. Недоліками цементації в твердих карбюризаторах є: неможливість контролювати ступінь насичення і неможливість затвердіння відразу після наугльцювання, додаткові непродуктивні витрати енергії на прогрів цементаторів і т. д. Простота процесу і можливість проведення процесу на стандартному пічному обладнанні без установки додаткового обладнання, однак, роблять цю процедуру поширеною в дрібносерійному виробництві ремонтних майстерень і районах великих підприємств. Цементация в рідкофазному карбюризаторі використовується для дрібних деталей.

Недоліками цього методу є нерівномірна глибина цементного шару та необхідність частої регенерації вугілля. У серійному і масовому виробництві цементованих виробів найбільше застосування набуло цементування в газоподібних карбюризаторах. Такий спосіб забезпечує найбільшу рівномірність товщини і властивостей шару, скорочує час, що витрачається на процес хіміко-термічної обробки, а в деяких випадках дає можливість загартувати вироби відразу після цементації. Останнім часом широко використовується метод вакуумної цементації. Вакуумні цементувальні печі складаються з камери нагріву з вентилятором високої циркуляції повітря, гартувального баку та транспортного обладнання. Деталі, підготовлені для вакуумного науглецьовування, поміщаються в нагрівальну піч, вакуумуються і нагріваються до 1000 ... 1100 ° С, потім в піч подають газоподібний карбюризатор - очищений природний газ, пропан або бутан. Цей спосіб дозволяє прискорити процес цементації і підвищити якість отриманого шару. Якість процесу цементування оцінюють за ефективною товщиною цементного шару, яка визначається за одним із двох показників - твердістю або структурою шару. Структура поверхневого шару загартованої сталі має кілька зон: заевтектоїдну (перліт + цементит), евтектоїдну - перлітну і доевтектоїдну - перлітно-феритну.

Ефективну товщину шару вимірюють металографічним методом, на зразках у відпаленому стані при збільшенні від 100 до 500 разів. Якщо критерієм оцінки товщини шару є твердість або мікротвердість після цементування, оцінка проводиться на термічно оброблених зразках і за параметр береться зона твердістю 50 HRC або 540 ... 600 HV [13].

Азотування — це процес дифузного насичення поверхневого шару сталі азотом. Азотування значно підвищує твердість поверхневого шару, його зносостійкість, втомну міцність і стійкість до корозії в таких середовищах, як атмосфера, вода, пара тощо. Твердість азотованого шару значно перевищує твердість цементного шару і зберігається при нагріванні до високих температур (450...500 °С), тоді як твердість цементного шару, що має мартенситну структуру, зберігається лише до 200...225°С.

Нітрування відбувається в дисоційному аміаку NH_3 (25...60%). На обробленій поверхні відбувається дисоціація NH_3 з утворенням іонів азоту, які адсорбуються поверхнею і дифундують вглиб металу. Твердість азотованого шару на залізі невисока - близько 300...350 HV. Тому азотуються середньовуглецеві сталі, леговані Cr, Mo, V, Al, які при азотуванні набувають високої жорсткості та зносостійкості. У легованій сталі на поверхні утворюються леговані фази ϵ і γ' : $(\text{Fe}, \text{M})_{23}\text{N}$ і $(\text{Fe}, \text{M})_4\text{N}$ [13].

Такі елементи, як Cr, Mo, V та інші, розчинені в фериті (підшарку), підвищують розчинність азоту у фазі і утворюють спеціальні нітриди MN і M_2N . При низьких температурах азотування в твердому розчині спочатку утворюються сегрегації, такі як зони Гіньє-Престона. При більш високих температурах виникають дисперсні нітриди легуючих елементів (Cr, Mo, V та ін.). Зони Гіньє-Престона та окремі нітридні фази перешкоджають переміщенню дислокацій і тим самим підвищують жорсткість азотованого шару. Найбільше підвищують жорсткість Al, Cr, Mo та V, легуючі елементи зменшують товщину шару.

Зносостійкість азотованої сталі вища, ніж у цементованої та загартованої сталі. У азотованому шарі виникають внутрішні стискаючі

напруження, величина яких на поверхні становить 600 ... 800 МПа. Це збільшує втомну міцність і зміщує фокус втомних пошкоджень нижче азотованого шару. Втомна міцність гладких зразків підвищується на 30...40%, а за наявності концентраторів напружень (гострих надрізів) більш ніж на 100%. Технологічний процес азотування включає кілька операцій.

1. Попередня термообробка заготовки. Цей процес полягає в загартуванні та високому відпуску сталі для отримання підвищеної міцності та ударної в'язкості серцевини. Відпуск відбувається при високій температурі 600 ... 675 ° С, що перевищує максимальну температуру подальшого азотування і забезпечує твердість, при якій сталь може бути оброблена різанням. Структура сталі після такого відпуску - сорбіт.

2. Обробка деталей і шліфування для отримання кінцевих розмірів деталі.

3. Захист неазотованих ділянок шляхом нанесення тонкого шару (0,01...0,015 мм) олова за допомогою електролітичного процесу або рідкого скла. При температурі азотування олово плавиться на поверхні сталі у вигляді тонкої непроникної для азоту плівки.

4. Азотування.

5. Контроль.

Висновки

Шестерні і надалі залишатимуться однією з найважливіших частин транспортних засобів. Тенденція до меншої ваги, більшої швидкості та більшої потужності вимагає використання нових матеріалів і технологій для зміцнення передач. Вплив експлуатаційних факторів призводить до помилок вже на етапі проектування. Необхідно забезпечити ресурс зубчастих передач щодо вигину та довговічності контакту, а також зносу.

Звичайні методи зміцнення поверхні мають ряд недоліків. Для забезпечення максимальної навантажувальної здатності трансмісії необхідно

оптимізувати конструкцію поверхневого шару за принципом мінімізації напружено-деформованого стану.

Досягти цієї мети можна шляхом зміцнення поверхні зубів і нанесення армуючих покриттів з градієнтною структурою по глибині, особливо на небезпечних ділянках, створення залишкових стискаючих напружень з оптимальним значенням у поверхневих шарах, а також зміцнення серцевини зуба.

Розглянуті такі способи поверхневого зміцнення як цементация (у твердому і газовому середовищі), азотування та нітроцементация. Показано, що методи дифузійного насичення сталі є перспективними способами зміцнення робочих поверхонь виробів, що працюють на зношування.

РОЗДІЛ 3

ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРІАЛІВ ДЕТАЛІ

3.1. Вибір матеріалу деталі «шестерня»

Деталь «шестерня» приводу паливного насоса виготовлена із сталі 12Х2Н4А-Ш (ГОСТ 4543-71). Сталь 12Х2Н4А-Ш відноситься до легованих конструкційних сталей. [15]

Таблиця 3.1

Характеристика та використання сталі 12Х2Н4А [15].

Марка:	12Х2Н4А-Ш
Класифікація:	Сталь конструкційна легована
Використання:	Зубчасті колеса, вали, ролики, поршневі пальці та інші особливо відповідальні деталі, до яких висуваються вимоги високої міцності, пластичності та в'язкості серцевини та високої поверхневої твердості, що працюють під дією ударних навантажень або при негативних температурах.

Таблиця 3.2

Хімічний склад сталі 12Х2Н4А (%) [15].

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni
0,09-0,15	0,17-0,37	0,3-0,6	≤ 0,025	≤ 0,025	1,25-1,65	3,25-3,65

Таблиця 3.3

Технологічні властивості матеріалу 12Х2Н4А [15].

Зварюваність	Обмежено зварювана. Способи зварювання: РД, РАД, АФ та КТ.
Оброблюваність різанням	Після відпустки за 183-187 НВ
Флокеночутливість	KV=1,25 (твердий сплав), KV=0,95 (швидкорізальна сталь)
Схильність до відпускнуї крихкості	Чутлива

Таблиця 3.4

Механічні властивості при кімнатній температурі матеріалу 12Х2Н4А [15].

Режим термообробки			Перетин, мм	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_B , Н/мм ²	δ , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²	НВ	
Операція	t, °С	Охолодж. середовище		не менше						
Відпустка	630-650	Повітря	Свыше 5	Не визна						≤269
гартування	860	Масло	До 80	930	1130	10	50	88	-	
	760-800		81-150	9 30	1130	8	45	79		
	180		Свыше 150	9 30	1130	7	40	75		

3.2 Вплив легувальних елементів

Сталь називається легованою, якщо вона, крім звичайних домішок, містить спеціально введені легуючі елементи в певних комбінаціях (Cr, Ni, Mo, W, V, Al, B, Ti тощо), а також надлишкові кількості Mn і Si. їх звичайний вміст у вигляді технологічних домішок (1% і більше) [23]. Складні сплави зазвичай забезпечують найкращі властивості.

Легування сталей і сплавів сприяє поліпшенню їх технологічних властивостей. Легування може підвищити межу плинності, ударну в'язкість, відносну шийку і зміцнення, а також значно знизити швидкість твердіння, поріг холодного окрихлення, деформацію виробів і можливість утворення тріщин. Для виробів з великим перерізом (діаметр більше 15 ... 20 мм) механічні властивості легованих сталей значно перевищують механічні властивості вуглецевих.

Постійні (технологічні) домішки є істотними компонентами сталей і сплавів, що пояснюється складністю їх видалення при плавці (P, S). а в процесі розкислення (Si, Mn) або із шихти - легований брухт (Ni, Cr та ін.).

Постійні домішки включають вуглець, марганець, кремній, сірку, фосфор, а також кисень, водень і азот.

Вуглець. Збільшення вмісту вуглецю до 1,2% збільшує міцність, жорсткість, низькотемпературний поріг крихкості (0,1% С підвищує порогову температуру низькотемпературної крихкості на 20°C), межу плинності, питомий електричний опір і коерцитивну силу. При цьому зменшуються щільність, теплопровідність, в'язкість, пластичність, величина відносного розширення і стискання, а також величина залишкової індукції.

Істотну роль відіграє той факт, що зміна фізичних властивостей призводить до погіршення ряду технологічних властивостей, таких як: Б. деформація при штампуванні, зварюваність і т. д. Низьковуглецеві сталі характеризуються хорошою зварюваністю. Суперечка про середньо- та надзвичайно високовуглецеву сталі вимагає використання сповільнюючих охолодження, нагрівання та інших технологічних процесів, що запобігають утворенню тріщин.

Сірка. Межі вмісту сірки у вигляді технологічних домішок становлять 0,035-0,06%. Збільшення вмісту сірки значно знижує механічні та фізико-хімічні властивості сталей, зокрема пластичність, ударну міцність, стійкість до стирання та корозійної стійкості. При гарячому формуванні сталей і сплавів високий вміст сірки призводить до червоного окрихчення. Крім того, підвищений вміст сірки знижує зварюваність готових виробів. [16].

Фосфор. Межі вмісту фосфору у вигляді технологічних домішок 0,025-0,045%. Фосфор, як і сірка, є однією з найбільш шкідливих домішок у сталях і сплавах. Збільшення його вмісту навіть на долі відсотка при збільшенні міцності підвищує сипучість, крихкість і пороги холодного крихкості, знижує пластичність і в'язкість. Шкідлива дія фосфору особливо виражена при підвищеному вмісті вуглецю.

Хром – елемент, який ефективно впливає на зміну механічних властивостей сталі. Він розчиняється в фериті і утворює міцні карбіди, помітно впливає на дисперсність утвореної структури і коагуляцію структурних компонентів, підвищує жорсткість сталі, міцність на розрив і плинність без впливу на пластичні властивості. Однак збільшення кількості

присутніх карбідів хрому при збільшенні жорсткості є порівняно невеликим. Хром як домішка зменшує ефект старіння, але підвищує стійкість до деформації. Вплив хрому на зменшення деформації при вмісті вуглецю менше 0,3% незначний. У результаті збільшення дисперсійної структури хромової сталі це сприяє деякому підвищенню пластичних властивостей (відносне звуження і відносне подовження). При додаванні хрому з'являється додаткова зона високого опору аустеніту при 470 - 570 ° С. При цьому стабільність аустеніту при високих температурах (600-700 ° С) відносно низька. Хром спрощує ізотермічну обробку, збільшуючи час початку розкладання аустеніту, а також скорочуючи час для повного розкладання аустеніту при тих же температурах, скорочує його час. Хром збільшує здатність аустеніту до переохолодження і збільшує зміцнення сталі, чим вище його вміст у сталі. [16].

Нікель — цінний легуючий елемент (у конструкційних сталях 1 ... 5%). надає сталі міцність, високу пластичність і в'язкість. Застосовується в значних кількостях, коли необхідно отримати немагнітну сталь і сталь з підвищеним антикорозійним захистом. Нікель розчиняється в фериті і зміцнює його. Нікель не використовується для легування інструментальних сталей.

Кисень і азот. Кисень і азот розчиняються в незначних кількостях і забруднюють сталь неметалічними включеннями (оксидами, нітридами, газовою фазою). Вони негативно впливають на властивості, викликаючи підвищення крихкості і низькотемпературного порогу крихкості, а також зниження в'язкості і довговічності. При вмісті кисню більше 0,03% сталь старіє, а більше 0,1% - червона крихкість. Азот підвищує міцність і жорсткість сталі, але зменшує пластичність. Підвищена кількість азоту викликає деформаційне старіння. При кімнатній температурі старіння розвивається повільно, а при нагріванні до 250 °С прискорюється.

Легування сталей і сплавів використовують для поліпшення їх технологічних властивостей. Легуванням можна підвищити межу плинності,

ударну в'язкість, відносне звуження і прогартованість, а також істотно знизити швидкість гарту, поріг холодноламкості, деформованість виробів і можливість утворення тріщин. У виробках великих перетинів (діаметром понад 15-20 мм) механічні властивості легованих сталей значно вище, ніж механічні властивості вуглецевих.

Всі легуючі елементи, за винятком нікелю, при утриманні їх в розчині вище певної межі знижують ударну в'язкість, тріщиностійкість і підвищують поріг холодноламкості.

3.3 Методи дослідження матеріалів

Шестерні, які є основним компонентом багатьох механізмів і вузлів (швидкісних коробок, шестерень і подачі), повинні бути виготовлені точно, оскільки поломка будь-якого з окремих елементів редуктора може спричинити нерівномірний хід, вібрацію та шум, що призведе до передчасного зносу. . а також поломка частин, а іноді і всього агрегату.

Метою огляду, окрім перевірки зубчастих коліс як кінцевого продукту, є виявлення дефектів зуборізних верстатів та інших верстатів, на яких оброблялися зубчасті колеса, а також визначення стану різального та вимірювального інструменту, який використовується для обробки [24].

Практика показала, що верстати, інструменти та термообробка є джерелами похибки окремих елементів трансмісії; Ексцентриситет ділового кола – це насамперед помилка у центруванні шестерні на зуборізній машині або биття торцевої пластини чи шпинделя верстата.

Неточність кроку на стартовому колі може бути пов'язана з якістю зуборізних інструментів, а також з механізмом верстата.

Управління елементами зубчастої передачі є дуже трудомістким процесом, тому зазвичай для перших 2-3 передач, отриманих з зуборізного верстата, ексцентриситет початкового кола, товщина зуба по хорді початкового кола, перевіряються відхилення кроку і профілю.

Повністю готові шестерні перевіряються на ексцентриситет, крок і відхилення профілю шляхом зчеплення з головною шестернею. У випадку, якщо перші передачі зроблені неточними і повинні бути відхилені, контролер негайно повідомляє про це майстра або наладчика [22].

3.3.1 Макроскопічний метод дослідження

Макроскопічний метод дослідження (макроаналіз) — це вивчення будови металів і сплавів неозброєним оком, а також за допомогою оптичних приладів (лупа, мікроскоп тощо), що дають змогу отримати збільшення вгору. до 30 разів [26].

Структура металів, що вивчається за допомогою макроаналізу, називається макроструктурою. Макроаналіз проводиться в один або два етапи. Перший етап — це дослідження поверхні металу без його руйнування, а також дослідження зруйнованого місця деталі після її руйнування, що називається злом. На цьому етапі макроаналізу визначають наявність і поширення тріщин, виливкових або зварних порожнин та інших дефектів металу. Другий етап передбачає спеціальну підготовку поверхні металевого виробу шляхом шліфування обраної для огляду ділянки металу з подальшим травленням цієї ділянки спеціальними реагентами. Відшліфований і витравлений ділянку металевої поверхні називають макрорізом.

Макроаналіз зазвичай використовується для вивчення наступних властивостей металу:

Визначення хімічної неоднорідності сплаву. Наприклад, для забезпечення необхідної пружності деталей, що працюють у напружених умовах (валів, 8-осей, зубців шестерень тощо), ці деталі повинні мати м'який сердечник і тверду поверхню певної глибини. Для цього деталі піддають цементуванню, тобто насичення поверхневого шару вуглецем, а потім загартовують термічною обробкою. Для того щоб визначити глибину посиленого шару, на поперечному перерізі деталі необхідно зробити макрозріз.

Під час перетравлення макросекції плями з високим вмістом вуглецю чорніють порівняно з ядром деталі.

3.3.2 Мікроскопічний метод дослідження

Мікроскопічний метод дослідження (мікроаналіз) — це дослідження структури металів і сплавів за допомогою мікроскопа на спеціально підготовлених зразках [26].

Структура (структура) металів, що вивчається мікроаналізом, називається мікроструктурою. Мікроаналіз дозволяє вивчати структуру металів і сплавів після різних видів обробки (деформації, термічної обробки тощо), а також визначати форму, розміри та розташування різних елементів цієї структури, які називаються структурними компонентами (зернами, вкрапленнями різні види та інші).

Зразок металу, підготовлений для мікроаналізу, називається мікрозрізом. Виготовлення мікрозрізу складається з різання, шліфування та полірування зразка до тих пір, поки обрана для дослідження поверхня не стане сильно відполірованою.

Для визначення мікроструктури дзеркальну структуру зрізу розбивають спеціальними реагентами. Наприклад, більш часто використовуваним реагентом для сталі є 4% розчин азотної кислоти (HNO_3) у спирті або воді.

Для мікроаналізу використовуються металографічні мікроскопи ММУ-3, МІМ-6, МІМ-8. Ці мікроскопи працюють за принципом відбиття світла від поверхні мікрозрізу, дозволяючи вивчати структуру лише непрозорих об'єктів (металів, пластмас, металокераміки тощо).

Якщо розріз має дзеркальну поверхню, все світло, що падає на поверхню зрізу, відбивається і досягає дослідника, який бачить лише плоску поверхню зразка, а металеву конструкцію на ній немає.

Щоб визначити структуру металу, поверхню дзеркала аналізують, як описано вище. Це змушує лінійку по-різному розв'язувати різні частини поверхні. Деякі області розсмоктовуються інтенсивно, інші менш інтенсивно, а

треті не розв'язуються зовсім. Це створює рельєф на поверхні зразка, що відповідає структурі металу.

Висновки

Зубчасті колеса повинні мати досить високу міцність, поверхневу твердість і зносостійкість, які забезпечують надійну роботу редуктора при найменших габаритах і малій вазі. Тому шестерні в основному виготовляють з вуглецевих і легованих сталей з термічною або хіміко-термічною обробкою.

Матеріал заготовки диктує багато вихідних параметрів якості зубчастого колеса, які зберігаються протягом усіх операцій і переносяться на готову деталь.

Легування сталей і сплавів сприяє поліпшенню їх технологічних властивостей. Легування може підвищити межу плинності, ударну в'язкість, відносну шийку і зміцнення, а також значно знизити швидкість твердіння, поріг холодного окрихчення, деформацію виробів і можливість утворення тріщин.

Тому ми пропонуємо замість базової сталі сталь 12Х2Н4А. Ця марка має більш широкі характеристики, а її хімічний склад робить її більш перспективним варіантом для виготовлення шестерень.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Вибір заготовки здійснюється виходячи з мінімальної вартості готової деталі для заданого річного випуску. Чим ближче форма і розміри заготовки до форми і розмірів готової деталі, тим дорожче її виготовлення, але тим легше і дешевше її подальша обробка і тим менше використовується матеріалу [2].

При виготовленні деталі приводу бензонасоса найбільш доцільно використовувати заготовки, отримані куванням металу на ГKM (горизонтально-кувальній машині). Цей метод використовується в серійному та масовому виробництві [2].

Штамування на кривошипних пресах продуктивніше пробивання на молотках у 2...3 рази, припуски та допуски зменшуються на 20...35%, металоємність зменшується на 10...15% [3].

При розробці технології шляху вся обробка розподіляється на робочі етапи і таким чином розкривається послідовність робочих кроків та їх кількість. В умовах конкретного виробництва кожної операції підбирається обладнання та визначається конструктивна схема пристрою.

У лінійній техніці контроль також використовується для технологічного забезпечення заданих параметрів якості заготовки. При цьому об'єкт управління та його розташування призначаються за операціями, точність яких забезпечити найважче [4].

Таблиця 4.1.

Технологічний маршрут виготовлення деталі «шестерня»

№ операції	Найменування операції і її зміст	Верстат (обладнання)	Технологічні бази, пристосування
001	Отримання заготовки	Стрічкова пила	
002	Проведення спектрального аналізу	Спектрометр	
005	Термообробка	СДО-14.28.10/10.	Відпал
010	Токарська на ОЦ з ЧПУ	Токарний обробний центр OKUMA LB-300 МУ з віссю С	Необроблені торець і зовнішня циліндрична поверхня. пристосування: патрон трикулачний само центрована револьверна інструментальна головка
020	Зубофрезерний	Зубофрезерний верстат 5К310	Оброблені торець і зовнішня циліндрична поверхня. Пристосування: Прихоплювачі ручної фіксації. Патрон і оправлення для інструменту.
025	Протяжна	Горизонтально протяжний верстат 7Б56	Оброблені торець і зовнішня циліндрична поверхня.
030	Термообробка	СШЦМ 8.18/9,5	Цементация
035	Токарська з ЧПУ	Токарний обробний центр OKUMA LB-300 МУ з віссю З	Необроблені торець і зовнішня циліндрична поверхня. пристосування: патрон трикулачні самоцентрований револьверна інструментальна головка
040	Термообробка	ТЕСЛАЙН 100Z-EM2013	Гартування
045	Термообробка	СШЗ - 8.12 / 12	Низький відпуск
050	Зубошліфувальні	Зубошліфувальних універсальний напівавтомат 5М841	Оброблені торець і зовнішня циліндрична поверхня. Пристосування: Прихоплювачі ручної фіксації.
055	Контроль якості	Контрольний стіл	Зразки свідки

Висновки

Однією з найактуальніших проблем зубчастих передач є створення основ контролю якості зубчастих передач для забезпечення їх надійності та довговічності. Рішення цієї проблеми ґрунтується на ретельному дослідженні та використанні взаємозв'язку конструкторських і технологічних причин з продуктивністю зубчастих передач і гвинтів.

Спосіб отримання зубчастих заготовок впливає на експлуатаційні характеристики останніх, технологію їх виготовлення та витрату металу.

Важливою умовою отримання якісних заготовок певної конфігурації з правильним розташуванням волокон і однаковою щільністю металу є правильне визначення розмірів вихідної заготовки.

Оброблений матеріал і його структура впливають не тільки на продуктивність зубчастого різання, витрату дорогих ріжучих інструментів і шорсткість обробленої поверхні, але і на інтенсивність розмазування при обробці, що спричиняє значну деформацію зубчастого обода під час остаточного нагрівання. лікування.

Важливо відзначити, що питання формування технологічного процесу є комплексно важливим етапом, оскільки від їх точності та даних залежить якість одержуваних деталей з урахуванням прояву технологічної надійності на всіх етапах виробництва та експлуатації шестерень.

РОЗДІЛ 5

ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ОПЕРАЦІЙ ТЕРМІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ

5.1 Призначення режиму термічного та хіміко-термічного оброблення деталі

Для отримання необхідної структури та властивостей у поверхневому шарі (0,8–1,0 % С) та в серцевині (0,12–0,3 % С) необхідна подвійна термообробка (рис. 1, а) [28]:

1. Гартування (або нормалізація) від 850-900 °С;
2. Гартування від 750-800°С;
3. Відпуск при 150-170°С.

Подвійна термічна обробка є складним технологічним процесом, тому застосовується лише в разі особливих вимог до загартованих виробів.

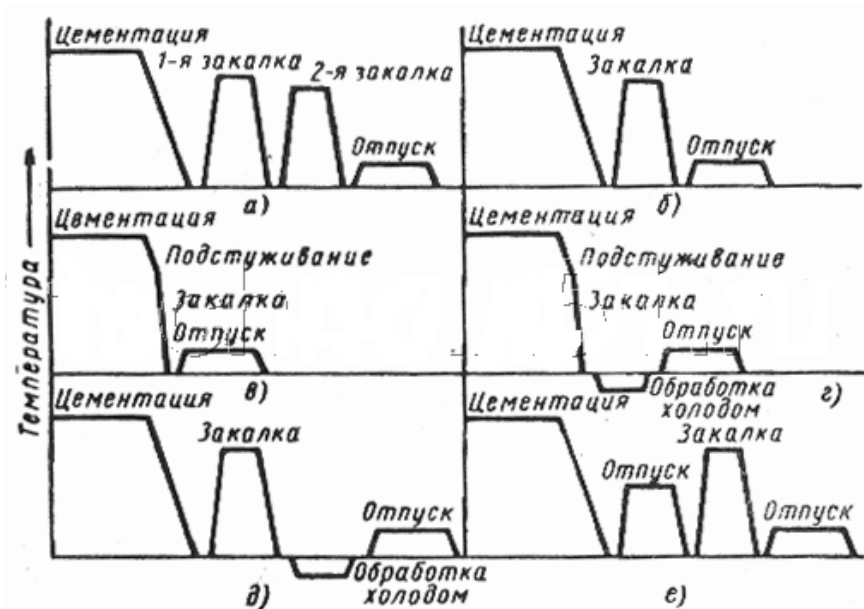


Рисунок.5.1 – Схеми режимів термообробки цементованих виробів [29]

При цементациї спадково дрібнозернистих сталей, у яких ріст аустенітних зерен при нагріванні незначний (і тому немає потреби в покращенні структури серцевини), проводиться одноразове гартування від температури 820-850°C з подальшим низькотемпературним відпуском при 150-170°C (рис.5.1). Цей режим також поширюється на невідповідальні вироби зі спадково крупнозернистої вуглецевої сталі [30].

Для деталей після газової цементациї, виготовлених із спадково дрібнозернистої сталі з номером зернистості 6-8, встановлено пряме гартування з печі після цементациї з попереднім підстужуванням. Цей спосіб найбільш простий і економічний. Залежно від типу загартованої сталі температура охолодження становить від 780 до 840 °C. Після затвердіння проводять низькотемпературний відпуск (рис. 5.1, в).

Пряме гартування з газової цементуючої печі з попереднім охолодженням має ряд переваг перед традиційним методом: не відбувається окислення і вміст вуглецю в поверхневих шарах, знижується вартість термічної обробки, простіше поєднувати всі операції в одній, можлива механізація і автоматизація всіх процесів тощо.

Для зменшення вмісту залишкового аустеніту в шарі рекомендується холодна обробка після безпосереднього загартування з газової печі для цементациї з охолодженням (рис. 5.1, г) або після загартування в нормальному режимі (рис. 5.1, д). З метою зменшення кількості залишкового аустеніту в загартованому шарі високолегованої сталі (тип 12Х2Н4А, 18Х2Н4ВА) перед загартуванням рекомендується проводити високотемпературний відпуск при 600-640 °C (рис. 5.1, е). для того, щоб перетворити залишковий аустеніт в цементованому шарі [30].

Під час м'якого відпалу сталь 12ХН3А нагрівають до 610-630°C протягом 4 годин з наступним повільним охолодженням у печі. Нормалізацію проводять при температурі 830-870°C з поступовим охолодженням повітрям.

Сталь цементують:

- у твердому карбюризаторі при 900-950°C,
- у солі та газах при 900-920°C.

При дотриманні технологічного процесу цементації в сталі 12ХН2А після цементації не утворюється цементит. Крім того, при відповідній товщині шару в ньому не утворюється велика кількість залишкового аустеніту. Гартувати сталь безпосередньо від температури цементації не рекомендується: після поступового охолодження достатньо одноразового загартування при температурі 790-810 °С в маслі. Подвійне зміцнення не приносить цій сталі користі, а, навпаки, призводить до великої деформації. У воді загартовуються тільки великогабаритні деталі без надрізів і виступів. Сталь 12ХН3А набуває надійну твердість 60-62 HRC після цементації на поверхні.

Завдяки високому вмісту легуючих домішок сталь 12ХН3А відповідає вимогам до високих механічних властивостей. У цьому випадку зміцнення відбувається при 810-850°C, а відпуск при 500-650°C, що дає міцність 75-85 кг/мм².

Оскільки аналогічним заміником сталі 12ХН3А є сталь 12ХН2, процес цементації для сталі 12ХН2 описано нижче.

Цементацію сталі 12ХН2 проводять при 900–920 °С з наступним гартуванням в маслі при температурі 790–810 °С та відпуском при 170–180 °С (рис. 5.2) [31].

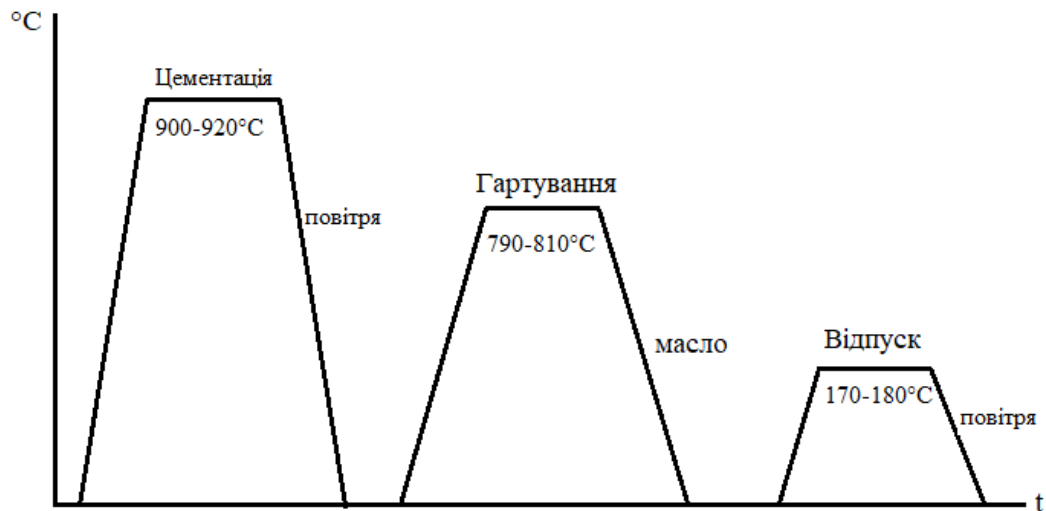


Рисунок.5.2 – Графік термічної обробки 12Х2Н4А [29]

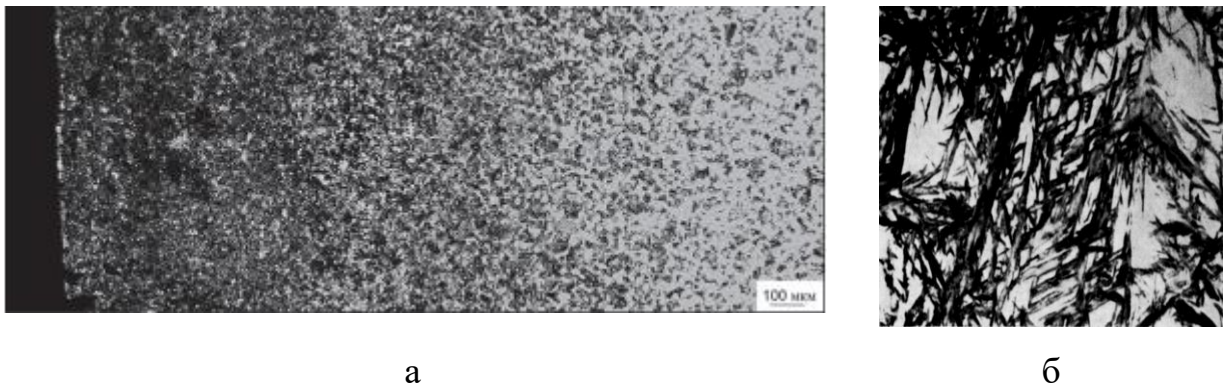


Рисунок.5.3 – Структурна сталі 12Х2Н4А після цементації (а) [30] та термічної обробки, х500 (б)

Світлою матрицею є аустеніт, який не розкладався при нагріванні. Темні голки – мартенсит, який розпався на ферит і карбіди. Загартований мартенсит має голчасту структуру.

5.2 Вибір обладнання для проведення операцій термічної обробки

Оскільки термічна обробка є невід'ємною частиною виготовлення кожного інструменту та деталі машини, вона потребує спеціального обладнання. Ці пристрої є металургійними печами. Сучасні печі – це складні теплові агрегати різної конструкції. Вони складаються з самої печі та

бордюрного обладнання. Саме до печі входить виробниче обладнання та відповідні пристрої для виробництва тепла: пальники, форсунки, фурми в паливних печах і електроди, опори в електропечах. До допоміжних пристроїв належать пристрої для рекуперації тепла та очищення диму, що виходить з топки, вентилятори, витяжні шафи, трубопроводи з вентилями та заслінками, димоходи, пристрої керування для керування топкою. [29].

На основі розробленого процесу і режиму термообробки для забезпечення виконання технологічного процесу необхідно використовувати:

- СШЦМ 8.18/9,5 – цементация;
- СДО – 14.28.10/10 – гартування;
- СШО - 8.12 / 7 – низькотемпературний відпуск;

При одному і тому ж типі обладнання можна виконувати різні за тривалістю операції термічної обробки, що змінює значення продуктивності обладнання, то продуктивність будемо визначати розрахунковим шляхом.

Для проведення цементация та гартування шестерні обираємо піч з видвижним подом марки СШЦМ 8.18/9,5.

Технічні характеристики печі СШЦМ 8.18/9,5:

Напруга живильної мережі, В - 380

Частота струму, Гц - 50

Встановлена потужність, кВт - 258

Номінальна температура в робочому просторі, °С 100

Напруга на нагрівачах по зонам, кВт:

I - 170,2

II, III - 197,7

число фаз - 3

Число теплових зон - 3

Потужність по зонам, кВт:

I - 59,7

II - 130,2

III - 67,9

Маса садки, т - 10

Середовище в робочому просторі окислювальне

Питома витрата електроенергії, Вт • год / кг - 0,41

Розміри робочого простору, мм - 1400*2800*1000

Маса електропечі, т - 28,0

Обладнання для проведення зміцнювальної термічної обробки.

Для проведення високотемпературного та низькотемпературного відпуску обираємо шахтну муфельну піч марки СШО - 8.12 / 7, загальний вигляд якої представлений на рисунку 5.4.

Розміри робочого простору мм 800x1200

Максимальна температура °С 1200

Номінальна потужність кВт 38,4

Одноразова завантаження кг 1000

Число теплових зон - 1

Параметри мережі живлення Вольт 3x380

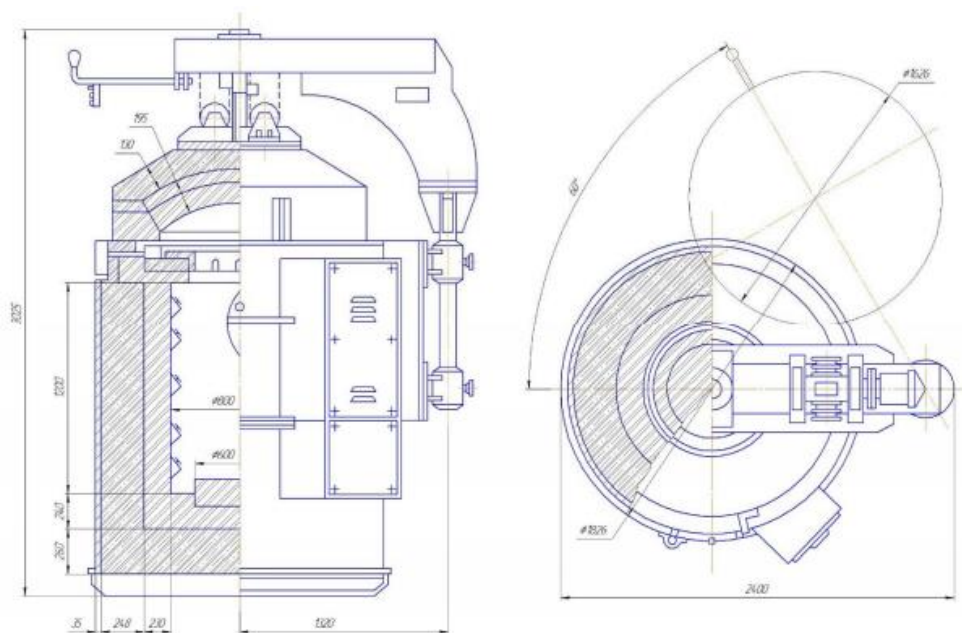


Рисунок 5.4 – Загальний вигляд печі СШО - 8.12 / 7

На термічній ділянці, в якості ємності для охолодження при гартуванні і відпуску, використовується масляний гартівний бак моделі БЗМ - 12.9.8.

Зовнішні габарити (ДхШхВ) мм 1400x1080x900

Габарити робочої зони (ДхШхВ) мм 1200x900x800

обсяг м³ 0,86

Максимальна маса садки Кг 200

Потужність кВт 12

Напруга Вольт 220

Допоміжне обладнання — це обладнання, яке використовується для різних допоміжних операцій виробничого циклу. Прикладами такого обладнання є підйомні механізми, установки для створення захисної атмосфери, пристрої для охолодження загартованих рідин і термоконтролю, механізація теплових агрегатів, конвеєрні стрічки, пристрої контролю якості продукції та ін Використовується мостовий кран типу ItescoKran - 105. Секція термічної обробки також має твердомір, розташований в контрольній секції. Твердомір стаціонарний TR 5008А призначений для вимірювання твердості металів і сплавів за методом Роквелла за ГОСТ 9013-59. Оснащений електромеханічним приводом з двигуном, що забезпечує зачеплення необхідних навантажень.

5.3 Розрахунок обладнання

Для виробництва певної кількості кінцевого продукту необхідна певна кількість обладнання. Для проведення термічної обробки певної кількості виробів на рік необхідно розрахувати обсяги необхідного обладнання. Це обладнання включає в себе головну металургійну піч, до допоміжних приміщень якої входять: контрольні зони, входи, приміщення для підготовки газифікаторів, майстерні слюсарів та енергетиків для ремонту обладнання, експрес-лабораторії аналізу матеріалів. [31].

Розрахунок основного обладнання

Встановлюємо річну програму з виготовлення шестерні 100000 штук.

Розрахунок обладнання проводимо користуючись інформацією, щодо річної програми та вихідних даних, щодо деталі:

- діаметр деталі $d = 0,055$ м;
- довжина поверхні деталі $l = 0,01$ м;
- маса деталі $m = 0,12$ кг = 1 кг.

Так як ми знаємо кількість всіх деталей виготовлених за рік – це 100000 штук, ми можемо розрахувати масу всіх деталей виготовлених за рік.

$$100000 * 0,12 = 12000 \text{ кг.}$$

Розрахуємо кількість та КПД печей:

- СДО – 14.28.10/10, продуктивність печі для відпалу = 100 кг/год.

ПО = 12 000 кг; Фд = 1808 год; $\tau_O = 5$ год; кількість садки - 400 штук.

$$M_O = 400 * 0,12 = 48 \text{ кг}$$

$$P_O = M_O / \tau_O = 48/5 = 9,6 \text{ кг / год}$$

$$K_P = 12\,000 / (9,6 * 1808) = 0,699$$

$$\eta = (0,699 / 1) * 100\% = 69,9\% - \text{Обираємо 1 піч.}$$

- СДО – 14.28.10/10,

продуктивність печі для гартування = 100 кг/год.

ПО = 12 000 кг; Фд = 1808 год; $\tau_O = 2$ год; кількість садки - 200 штук.

$$M_O = 200 * 0,12 = 24 \text{ кг}$$

$$P_O = M_O / \tau_O = 24/2 = 12 \text{ кг / год}$$

$$K_P = 12\,000 / (12 * 1808) = 0,553$$

$$\eta = (0,553 / 1) * 100\% = 55,3\% - \text{Обираємо 1 піч.}$$

Розраховуємо час нагріву і витримки усього процесу виготовлення деталі:

$$\tau = \tau_H + \tau_B,$$

де τ_H – час нагріву;

τ_B – час витримки.

$$t_n = 0,1D_1 * k_1 * k_2 * k_3,$$

де D_1 – розмірна характеристика виробу, \min і \max розмір перетину деталі;

k_1 - коефіцієнт нагріву середовища: газове середовище – 2, розплав солей – 1, нагрів розплаву металу – 0,5;

k_2 - коефіцієнт форми для кулі = 1; циліндр = 2; паралелепіпед = 2,5; пластина = 4;

k_3 - коефіцієнт рівномірності розміра, якщо нагрів буде з 1 сторони = 4; з 3 сторін = 1,5; і 4 сторін = 1.

t_n відпалу = 80 хвилин; t_v відпалу = 3 години.

t_n гартування = 80 хвилин; t_v гартування = 30-40 хвилин.

t_n відпуску = 80 хвилин; t_v відпуску = 3 години.

Тепер знаходимо загальний час, кожної термічної обробки за формулою:

$$\tau = t_n + t_v,$$

τ відпалу = 5 годин;

τ гартування = 2 години;

τ відпуску = 5 годин;

Загальний час виготовлення деталі:

$$\tau = \tau \text{ нормалізації} + \tau \text{ гартування} + \tau \text{ відпуску} = 18 \text{ годин.}$$

5.4 Розрахунок площі та особливості приміщення, що проектується

Основними елементами виробничої структури підприємства є робочі місця, майданчики та майстерні.

Дільниця являє собою виробничу одиницю, яка об'єднує ряд робочих місць, згрупованих за конкретними ознаками, і здійснює частину всього виробничого процесу з виготовлення продукції або обслуговування виробничого персоналу.

Як правило, для розміщення запланованої частини цеху з викидами шкідливих газів і значним надлишком тепла (більше 20 ккал/м³ на годину) слід використовувати одноповерхову прямокутну будівлю, що забезпечить найбільш ефективне видалення шкідливих речовин речовин звичайним способом.

При облаштуванні теплового цеху в спільному приміщенні з іншими виробничими приміщеннями (кузня, механіка) для покращення роботи цех слід розташовувати з найдовшої сторони вздовж зовнішньої стіни будівлі.

Усі елементи будівлі теплового цеху за пожежною безпекою належать до категорії Т і повинні бути виготовлені з негорючих матеріалів І та ІІ ступенів пожежної безпеки.

Ширина прольотів 12, 18, 21, 30 і 36 м, визначається залежно від компонування обладнання та необхідної ширини проходів.

У проектуваному цеху приймаються опорні сітки: 12x18, 12x24, для кранових будівель 12x24, 12x30 для будинків, обладнаних кранами. Прольоти 6, 9 і 12 метрів. Висоту прольоту приймають залежно від умов роботи. Для теплового перетину, який характеризується значним теплом і не потребує теплоізоляції покриття, ми конструємо його з азбестоцементних панелей. На будівництві використовуємо легкі аерозольні лампи з «П»-подібним профілем. На будівництві використовуємо протиковзкі підлоги, які легко очищаються від бруду. Для монтажу та ремонту обладнання використовується підвісне обладнання (кран) та транспортне обладнання (автомобілі, навантажувачі).

Теплоставні відрізняються великою кількістю технічних комунікацій, монтаж і монтаж яких ускладнює звичайне виконання технологічного процесу і не відповідає вимогам промислової естетики. Проблему раціонального розміщення комунікацій, допоміжних і складських приміщень можна вирішити шляхом будівництва підвальних тунелів або технологічного поверху. Для визначення геометричних параметрів ділянки необхідно розрахувати її площу.

Загальна площа ділянки за призначенням ділиться на:

- виробничу;
- допоміжну;
- контрольно-побутову.

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

До складу допоміжних площ входять:

- ділянки контролю термічної обробки;
- проїзди для внутрішнього транспортування вантажів;
- площі, займані установками для приготування карбюратору;
- Майстерні механіка і енергетика з ремонту устаткування;
- Експрес - лабораторії з аналізу матеріалів і технологічних параметрів карбюраторів.

До конторських-побутовим площами належать приміщення контор ділянки. Необхідні площі проектованої ділянки розраховуємо за укрупненими показниками, використовуючи довідкові дані.

Розрахунок площі цеху:

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

де $S_{ПОЛ}$ - корисна виробнича площа необхідна для розташування обладнання;

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

$S_{ВСП}$ - допоміжна площа.

$$S_{ПОЛ} = \sum S_i,$$

S_i - площа для даного обладнання.

$$S_{ПОЛ} = 405 \text{ м}^2$$

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

$$S_{ВСП} = 25 \dots 35\% * S_{ПОЛ} = 30\% * 238 = 142 \text{ м}^2$$

$$S_{ПРОХ} = 25 \dots 35\% * S_{ПОЛ} = 30\% * 238 = 142 \text{ м}^2$$

$$S_{ЗАГ} = 405 + 142 + 142 = 689 \text{ м}^2$$

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

Таким чином, ми отримуємо термічний ділянку розмірами: $42 \times 18 = 756 \text{ (м}^2\text{)}$.

5.5 Розробка плану розташування обладнання на термічній ділянці

Термічні цехи в своєму складі мають:

- виробничі ділянки;
- допоміжні окремі (склади);
- склади готової продукції, допоміжних матеріалів, пристосовування;
- трансформаторні підстанції;
- службові і побутові приміщення.

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

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

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

2) Можливість обслуговування і ремонту устаткування.

3) Організація між операційного транспорту оброблюваних виробів.

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

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

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

План термічної ділянки наведено у ДОДАТОК Б.

Висновки

Після дослідження технічних умов вибираються основні операції термічної обробки, тип устаткування, оснастки тощо.

Основні операції включають нагрівання продуктів для цементації, гартування, відпуску тощо, витримку та охолодження. Вибір виду термічної обробки залежить від технічних вимог до поверхонь компонентів щодо фізико-механічних властивостей.

Для виробництва певної кількості кінцевого продукту необхідна певна кількість обладнання. Для проведення термічної обробки певної кількості виробів на рік необхідно розрахувати обсяги необхідного обладнання. До складу цього обладнання входить головна металургійна піч, до допоміжних приміщень якої входять: контрольні зони, входи, приміщення для підготовки газифікаторів, майстерні слюсарів та енергетиків з ремонту обладнання, експрес-лабораторії аналізу матеріалів.

Основними елементами виробничої структури підприємства є робочі місця, майданчики та майстерні.

При монтажі компоновки пристрою необхідно враховувати, що топки повинні розташовуватися вздовж зовнішніх стін.

Місця з токсичним, шумним обладнанням слід розміщувати в окремих приміщеннях, окремо від котельні.

Проїзди та проїзди бажано розташовувати по периметру з обов'язковим розташуванням воріт і дверей біля зовнішніх стін.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі проаналізовано характеристики та умови роботи «шестерні» частини паливного насоса, головної зубчастої частини у вигляді диска з зубцями на одній циліндричній поверхні в зачепленні з зубцями іншої. Функціональний принцип заснований на зачепленні пари шестерень. Деталь використовується для передачі крутного моменту в передачах.

1. Однією з основних умов, якій повинні відповідати технічні засоби, є безвідмовна робота з необхідною надійністю та терміном служби відповідно до технічних умов експлуатації протягом певного періоду часу. Основними причинами виходу деталей з ладу є знос, на який припадає 60-80% всіх поломок вузлів і деталей, а також втома.

2. Звичайні методи зміцнення поверхні мають ряд недоліків. Для забезпечення максимальної навантажувальної здатності трансмісії необхідно оптимізувати конструкцію поверхневого шару за принципом мінімізації напружено-деформованого стану. Досягти цієї мети можна шляхом зміцнення поверхні зубів і нанесення армуючих покриттів з градієнтною структурою по глибині стискаючих залишкових напружень з оптимальним значенням, особливо в небезпечних зонах, і зміцнення серцевини зуба.

3. При виготовленні «шестеренчатої» частини приводу паливного насоса найкраще використовувати такий вид термічної обробки, як цементация. Тому ми пропонуємо сталь 12Х2Н4А. Ця марка має більш широкі характеристики, а її хімічний склад робить її більш перспективним варіантом для виготовлення шестерень.

4. Розроблено маршрутну технологію виготовлення деталі. Основні етапи заготівельна, чорнова механічна обробка, попередня термічна обробка – відпал, чорнова механічна обробка, остаточна термічна обробка – цементация, гартування, низький відпуск.

5. У роботі запропоновано сучасну термічну обробку, що складається з наступних послідовних операцій: цементация при температурі 900-920°C протягом 8 годин, гартування в маслі (790-810°C) та низького відпуску (170-180°C). Визначено, що кінцева структура сталі 12Х2Н4А – дрібногочатий мартенсит відпуску, невелика кількість залишкового аустеніту. Твердість поверхні шестерні після термічної обробки становить 60-62 HRC, що відповідає основним вимогам до деталі.

6. У роботі було запропоноване основне обладнання для термічної обробки. Розроблено план теплової ділянки. Піч СШЦМ 8.18/9,5 – для цементации, СДО – 14.28.10/10 – для гартування; СШО - 8.12 / 7 – низькотемпературного відпуску.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Марочник сталей и сплавов. М.М. Колосков, Е.Т. Долбенко, Ю.В. Каширский и др.; Под общей ред. А.С. Зубченко. М.: Машиностроение, 2001. 672 с.: илл.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1. Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Сулова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. 5-е изд., перераб. и доп.. М.: Машиностроение. 1, 2001 г. 912 с., ил.
3. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: [Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов]. 4-е изд., перераб. и доп.. Мн. Выш. школа, 1983.-256 с., ил.
1. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В трёх томах: Машиностроение, 2001. 135 с.
2. Попович В. В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Львів: Світ, 2009. 551 с.
3. Минкевич А. Н. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: Машиностроение, 1986. 235 с.
4. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов: СПб.: Издательство «Лань», 2011. 352 с.
5. Лахтин Ю. М., Арзамасов Б. Н. Химико-термическая обработка металлов: М.: Металлургия: 1985. 424 с.
6. Пастух И. М. Теория и практика безводородного азотирования в тлеющем разряде: Харьков: ННЦ ХФТИ. 2006. 304 с.
7. Андреев А. А. Азотирование сталей в газовомдуговом разряде низького давления : ФИП. 2006. 191. 197с.
8. Панайоти Т. А. Создание максимальной насыщающей способности газовой среды при ионном азотировании сплавов: Физика и химия обработки материалов. 2003. 70. 78с.

9. Коротяев А.Д., Овчинников С.В., Тюменцев А.Н., Пинжин Ю.П., Гончаренко И.М., Коваль Н.Н., Щанин П.И. Ионное азотирование ферритно-перлитной и аустенитной сталей в газовых разрядах низкого давления: ФХОМ: 2004, 22-27 с.

10. Пегашкин В. Ф., Обработка зубчатых колес: учебн. пособие: сост.: М-во образования и науки РФ: ФГАОУ ВО «УрФУим. первого Президента России Б.Н. Ельцина», Нижнетагил. технол. ин-т (фил.).. НижнийТагил: НТИ (филиал) УрФУ, 2016. 132 с.

11. Евдокимов В.Д., Клименко Л.П., Евдокимова А.Н. Технология упрочнения машиностроительных материалов: Киев, Профессионал, 2006, 352 с.

12. Зубков Н.Н., Васильев С.Г. Повышение износостойкости деталей пар трения на основе метода деформирующего резания. Упрочняющие технологии и покрытия, 2013, № 8, с. 3-9.

13. Васильев С.Г., Попцов В.В. Повышение твердости поверхности детали термическим воздействием с использованием деформирующего резания. Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 2011, № 12, с. 37-43.

14. Кузьмин А.В.ЧернинИ.М., КозинцовБ.С. Расчеты деталей машин: справочное пособие... Минск : Вышэйшая школа, 1986.. 400 с.

15. Васильев А.Г. Дегтярева Н.Н. Зубков В.В. Попцов В.Н. СимоновС.Г., Оценка триботехнических характеристик стали 40Х после закалки деформирующим резанием МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия 2 ООО «СекоТулс», Москва, 123242, Россия

16. ГурченкоП.С. Идр. Закалка шестерен при индукционном нагреве: Зб. Матеріали, технології, інструмент , 1996.. - No 2. - С. 128-129

17. Пегашкин В. Ф., Обработка зубчатых колес: учебн. пособие/ сост.; М-во образования и науки РФ: ФГАОУ ВО «УрФУим. первого Президента России Б.Н. Ельцина», Нижнетагил. технол. ин-т (фил.).. НижнийТагил: НТИ (филиал) УрФУ, 2016.. 132 с.

18. Трофименко В.В., Овчаренко В.І., Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Укл.: ДВНЗ УДХТУ, 2016.. 40 с.
19. ГОСТ 4543-2016 Видання. Оформлення публікацій у журналах і збірниках. [Чинний від 2016-03-12]. Вид.офіц. Москва, 2016. 16 с. (Інформація та документація).
20. Чмельова В.С., Леговані сталі і спеціальні сплави та їх термічна обробка – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2013.. 54 с.
21. Методи дослідження структури металів і сплавів: Методичні вказівки до проведення занять (вип. і доп.). Х.: ХНТУСГ, 2011.. 22 с.
22. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т.. Под ред. И. Н. Жестковой. — 8-е изд., перераб. и доп.. — М.: Машиностроение, 2001. — Т. 2. — 912 с.
23. Методичні вказівки з дисципліни “Матеріалознавство” до виконання лабораторного практикуму з розділу “Макроскопічний та мікроскопічний методи дослідження матеріалів” для студентів усіх форм навчання. Укл.: В.В. Трофименко, О.П. Клименко, В.І. Овчаренко.. Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2012.. 43 с.
24. Тялина Л.Н., Федорова Н.В., Корольов А.П. Матеріалознавство й технологія конструкційних матеріалів: навчальний посібник - 4-е изд., испр. - Тамбов: ИзддУ Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. - 100 с.
25. Мутьлина І.Н. Технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник. - Владивосток: ИзддУ ДВГТУ, 2007.- 167 с.
26. Борисенок Г. В., Васильев Л. А., Ворошнин Л. Г. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. Справочник. — М.: Металлургия, 1981. — 255 с.
27. Кузін О. А., Металознавство та термічна обробка металів. О. А. Кузін, Р. А. Яцюк. - Львів : Афіша, 2002.. 304 с.
28. Матеріалознавство : підручник/ С. С. Дяченко, І. В. Дощечкіна, А. О. Мовлян, Е. І. Плешаков; за ред. проф. С. С. Дяченко.. Харків : ХНАДУ, 2007. - 440 с.

29. Колачев Б. А. Металознавство і термічна обробка кольорових металів і сплавів : підручник для вузів. Б. А. Колачев, В. І. Елагін, В. А. Ліванов. - М. : "МИСИС", 1999. - 416 с.

30. <https://www.scame.com/en/web/scame-global>

31. Кузін О. А., Металознавство та термічна обробка металів. О. А. Кузін, Р. А. Яцюк. - Львів : Афіша, 2002.. 304 с.

