

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 «вал-шестерня редуктора»

Виконав:
студент Сапегін Денис Сергійович

Керівник:
Харченко Надія Анатоліївна

Залікова книжка

№19510265

Підпис _____

Підпис _____

Захищена з оцінкою

Секретар ЕК

Оцінка, дата

_____ Марченко К.С.

Суми 2022

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.
«22» червня 2022 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студенту Сапегіну Денису Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема випускної роботи:
2. Вихідні дані: креслення деталі «вал-шестерня редуктора» та вимоги до неї, вказані на кресленні (додаток А)
3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу
 - 1) Креслення деталі.
 - 2) Графік термічної обробки деталі
4. Етапи виконання випускної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	Тижні			
		1	2	3	4
1	Розділ 1 Характеристики та умови експлуатації деталі «вал-шестерня редуктора»	X			
2	Розділ 2 Огляд літератури	X			
3	Розділ 3 Вибір матеріалу деталі та методів дослідження		X		
4	Розділ 4 Розробка маршрутної технології виготовлення деталі «вал-шестерня редуктора»			X	
5	Розділ 5 Розрахунково - експериментальна частина				X

5. Дата видачі завдання 26.04.2022 р.

Керівник _____
(підпис)

доцент, Харченко Н. А.
(посада, прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра складає 68 сторінок, зокрема 5 таблиць, 18 рисунків, список із 25 використаних джерел на 5 сторінках, 1 додаток на 1 сторінці.

Мета роботи – провести вибір матеріалу, розробити сучасну маршрутну технологію виготовлення та термічної обробки деталі «вал-шестерня редуктора»

Методи досліджень: металографічний аналіз, визначення твердості.

Проаналізовано робочий стан деталі «вал-шестерня редуктора» та сформульовано вимоги до матеріалів, з яких вона виготовлена. За результатами огляду літератури підібрано марку сталі, розроблено технологію виготовлення деталі «вал-шестерня редуктора» та запропоновано оптимальний спосіб термічної обробки деталі.

Досліджено структуру та властивості сталі після термічної обробки. Проведено вибір основного та допоміжного обладнання та на основі річної програми розраховано необхідну кількість та спроектовано термічну дільницю.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ, НІТРОЦЕМЕНТАЦІЯ, ТЕРМІЧНА ОБРОБКА.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	3
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДЕТАЛІ.....	8
1.1. Причини виходу з ладу валу-шестерні	10
1.2. Технічні вимоги до властивостей готової деталі	16
Висновки	18
РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	19
Висновки	22
РОЗДІЛ 3 ВИБІР МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЛУ-ШЕСТЕРНІ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ	23
3.1. Вибір матеріалу для виготовлення валу-шестерні	23
3.2. Вплив легуючих елементів.....	25
Висновки	33
РОЗДІЛ 4 «РОЗРОБЛЕННЯ МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	34
Висновки	37
РОЗДІЛ 5 РОЗРАХУНОКОВО - ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	38
5.1 Попередня термічна обробка для сталі 30ХГТ	39
5.2. Газова нітроцементация.....	40
5.3. Кінцева термічна обробка валу-шестерні	49
5.4. Дефекти при нітроцементации та їх виправленні.....	52

Висновки	60
ВИСНОВКИ.....	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	62
Додаток А.....	65

ВСТУП

Підвищення якості та довговічності промислової продукції є однією з найактуальніших проблем на цей час. Підвищення якості металу та його механічних властивостей - основний шлях збільшення довговічності деталей та одне з головних джерел економії сталей та сплавів [1].

У цій роботі розглядається детяль вал-шестерня редуктора зубчастого циліндричного двоступінчастого горизонтального Ц2-530-31,5-31У2. Редуктор призначений для збільшення моменту, що крутить, і зменшення частоти обертання між співвісними валами [1].

Мета роботи – провести вибір матеріалу, розробити сучасну маршрутну технологію виготовлення та термічної обробки деталі «вал-шестерня редуктора»

Завдання роботи

- 1) проаналізувати умови роботи і сформулювати основні вимоги до матеріалів деталі «вал-шестерня редуктора»,
- 2) провести критичний аналіз літературних джерел по темі роботи;
- 3) розробити маршрутну технологію виготовлення деталі «вал-шестерня редуктора»;
- 4) визначити термічну обробку деталі «вал-шестерня редуктора»;
- 5) вибрати основне обладнання для реалізації термічної обробки деталі.

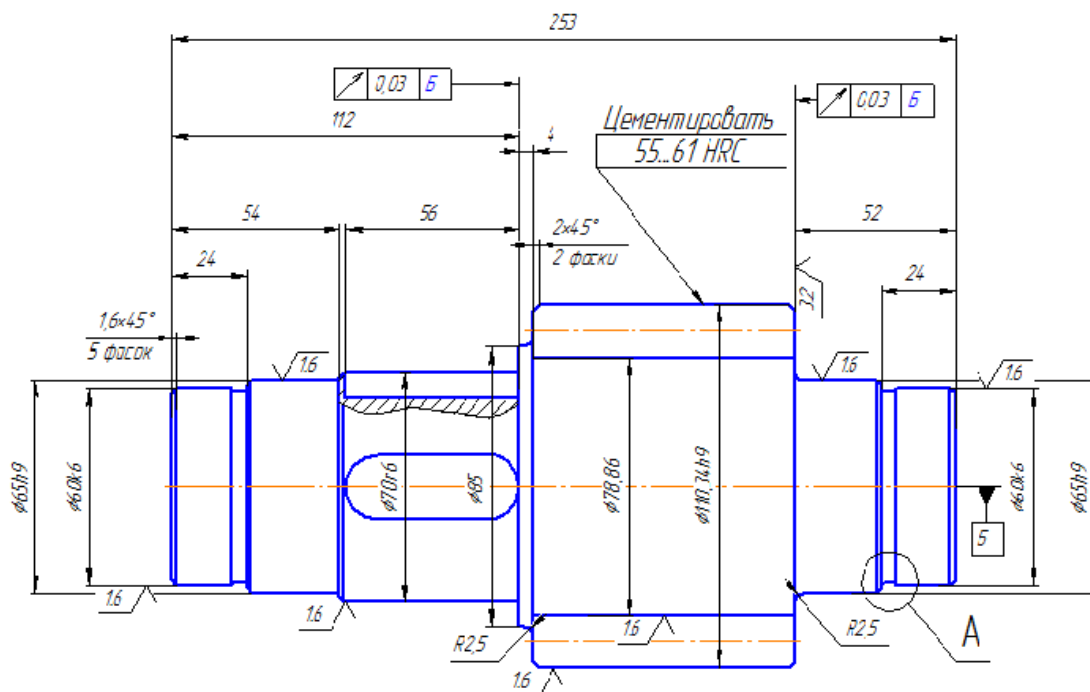
Методи досліджень: металографічний аналіз, визначення твердості.

Проаналізовано робочий стан деталі «вал-шестерня редуктора» та сформульовано вимоги до матеріалів, з яких вона виготовлена. За результатами огляду літератури підібрано марку сталі, розроблено технологію виготовлення деталі «вал-шестерня редуктора» та запропоновано оптимальний спосіб термічної обробки деталі.

Досліджено структуру та властивості сталі після термічної обробки. Проведено вибір основного та допоміжного обладнання та на основі річної програми розраховано необхідну кількість та спроектовано термічну дільницю.

РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДЕТАЛІ

Вал-шестерня (рис. 1.1.) служить для передачі крутного моменту вздовж своєї осі і для підтримки деталей машин редуктора, що обертаються, а саме зубчастих коліс, валів-шестерень і так далі. [1].



Рисинок 1.1 – Вал шестерня.

Деталь, укріплена на валу (зубчасте колесо), і сам вал-шестерня можуть бути навантажені окружними, радіальними та осьовими силами, а також вал ще й крутний момент. На деталь навантаження передаються через елементи з'єднання із цими деталями. Сума моментів тиску або елементарних сил тертя на поверхнях контакту з'єднання врівноважує зовнішній момент, що обертає. Передача крутного моменту здійснюється внаслідок тиску зубів шестерні, що входять при обертанні в зачеплення із зубами колеса [1].

Вал-шестерня відчуває також напруження кручення та вигину. У перерізах, де є місцева зміна форми та розмірів перерізів, виникає концентрація напружень, величина якої залежить від форми концентраторів та виду напруженості [2].

Таким чином, дана деталь піддається впливу знакозмінного навантаження.

Вал-шестерня має косі зуби (з лівим напрямком зуба) з модулем $m=8$.

У косозубого колеса і валу-шестерні зубці розташовані не по утворює ділильного циліндра, і складають з нею деякий кут $\beta = 12^\circ$.

Від ковзання у зачепленні утворюється ще сила тертя $F = Qf$. Тертя є причиною втрат у зачепленні та зносу зубів. Під дією цих сил зуб має складний напружений стан. Вирішальний вплив на його працездатність надають дві основні напруги: контактна напруга σ_k і напруга вигину σ_i . Для кожного зуба σ_k і σ_i не є постійно діючими [2].

Змінна напруга є причиною втомного руйнування зубів: поломка зубів від напружень вигину і фарбування їх поверхні від контактних напруг [1].

З тертям у зачепленні пов'язані знос, і заїдання поверхонь зубів. Нижче буде розглянуто всі види руйнування зубів [3].

Деформація деталей під навантаженням також впливає якість передачі. Основними помилками виготовлення валу-шестерні є помилка кроку і форми профілю зубів і помилка в напрямку зубів щодо утворює ділильного циліндра [3].

Ступінь точності виготовлення зубів - 6-7, тому що передача здійснюється при підвищених навантаженнях та помірних швидкостях [3].

Переваги косозубої передачі порівняно з прямозубою: зменшення шуму під час роботи; менші габаритні розміри; висока плавність зачеплення; косі зуби входять у зачеплення не відразу по всій довжині, а поступово; велика здатність навантаження; значно менші додаткові динамічні навантаження [3].

Недоліком косозубої передачі: осьова сила додатково навантажує вал-шестерню.

1.1 Причини виходу з ладу валу-шестерні

Якісно виготовлені вали-шестерні при кваліфікованому їх обслуговуванні безвідмовно працюють протягом багатьох років [3].

Через помилки при розрахунку, порушення технології виготовлення або умов експлуатації можуть виникнути биття вала-шестерні, коливання та вібрації. Надмірні згинальні та крутильні деформації призводять до порушення умов сполучення у з'єднаннях з деталями та відносного положення їх контактуючих елементів. На несучих ділянках можуть виникнути змінання робочих поверхонь шпонкових пазів, зубів (шліців), зношування зубів, концентрація тисків тощо, чим створюються передумови виникнення вогнища втомного руйнування [4].

Поломки валів-шестерень здебільшого носять втомний характер і відбуваються у зоні концентраторів напруг (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Поломка валу-шестерні

Великий вплив на зношування поверхонь деталей надає середовище, в якому вони працюють. Вал-шестерня, представлений у цій роботі працює у неагресивних середовищах [3].

Вали-шестерні сприймають навантаження від розташованих на них деталей та працюють на вигин та кручення. При дії на встановлені на валах деталі (зубчасті колеса) осьових навантажень вали додатково працюють також на розтяг або стиснення. Багаторазовий додаток до валу знакозмінних навантажень при недостатньому запасі міцності або за наявності концентраторів напруг може

спричинити його руйнування втомі. Втома визначає службову довговічність валу, його витривалість [1-3].

Є випадки виходу валів-шестерень з ладу, викликані зазвичай ушкодженнями зубів. Найбільш поширеними видами пошкоджень зубів є втомні контактні руйнування робочих поверхонь і втомна поломка. Значно рідше спостерігається заїдання чи знос [2].

Поломки та пластичні деформації зубів від статично прикладеного навантаження вкрай рідкісні і можуть виникнути внаслідок короточасних пікових перевантажень, наприклад, при раптовій зупинці обладнання або при попаданні в зачеплення стороннього предмета [2].

Контактні руйнування можуть бути поверхневими чи глибинними. Обидва види руйнувань являють собою втомне явище, при якому тріщини утворюються під дією знакозмінних напруг на поверхні матеріалу або в глибині. Поява того чи іншого виду руйнування залежить від співвідношення між напругою, що діє, і опором матеріалу втомі самого по перерізу зуба [1, 2].

Глибинна руйнація характерна для матеріалів із хіміко-термічним зміцненням поверхні. При термічному або хіміко-термічному зміцненні поверхні контакту матеріал має різну опірність фарбування по перерізу і за певних обставин втомні тріщини можуть виникнути не на поверхні, що має високу твердість, а в глибині під зміцненим шаром або в межах самого шару [1-2]

Втомне викрихчування від контактних напруг (рис. 1.3) є основним видом руйнування поверхні зубів при хорошому мастилі передачі. Зуби таких передач розділені тонким шаром масла, що усуває металевий контакт. При цьому зношування зубів малий.

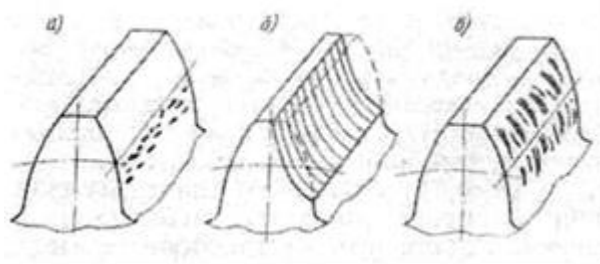


Рисунок 1.3 – Пошкодження поверхні зубів:

- а) втомне викрихчування;
- б) абразивний знос;
- в) заїдання.

Передача працює тривалий час до появи втоми у поверхневих шарах зубів. На поверхні з'являються невеликі поглиблення, що нагадують оспинки, які ростуть і перетворюються на раковини. Вифарбовування починається зазвичай поблизу полюсної лінії на ніжках зубів там, де навантаження передається однією парою зубів, а ковзання і перекочування зубів спрямовані так, що масло запресовується в тріщини і сприяє фарбування частинок металу [5].

Поверхнєве фарбування зазвичай спостерігається на ніжках зубів поблизу полюсної лінії (рис. 1.4.).

Це тим, що у околополюсній зоні збільшуються сили тертя, знижують контактну міцність [5].

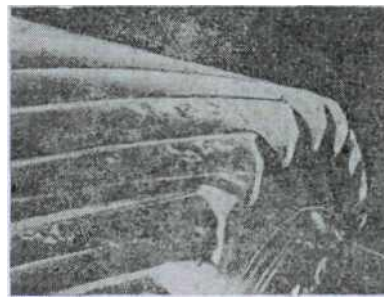


Рисунок 1.4 – Викришування на ніжках та глибинні руйнування на головках зубів.

При фарбуванні порушуються умови утворення суцільної масляної плівки, з'являється металевий контакт з подальшим швидким зносом або задиркою поверхні. Утворення перших втомних раковин не завжди служить ознакою близької повної руйнації зубів [5].

При високій твердості зубів раковини, що утворилися, швидко ростуть внаслідок крихкого руйнування їх країв [4].

Абразивний знос (рис. 1.4) є основною причиною виходу з ладу передач при поганому мастилi, тобто недостатньо захищені від забруднення абразивними частинками (пил, продукти зносу тощо). У зношеної передачі збільшуються зазори в зачепленні, виникає шум, зростають динамічні навантаження. У той самий час міцність зношеного зуба знижується внаслідок зменшення його поперечного перерізу. Все це може призвести до поломки зубів, якщо вал-шестерню вчасно не забракувати [4].

Для поверхнево зміцнених матеріалів розвиток глибинної тріщини в перпендикулярному до поверхні напрямку загальмований опором шару, що має більш високу твердість, тому тріщина поширюється в серцевині паралельно шару, який, виявляючись позбавленим опори, розтріскується. У результаті з зміцненої поверхні відокремлюються великі шматки матеріалу, що виводить передачу з ладу. У зв'язку з цим глибинні руйнування можуть виявитися небезпечнішими, ніж поломка зубів [5].

Як і при поверхневому фарбуванні, при глибинних руйнуваннях спостерігається пластичне деформування матеріалу, що захоплює перехідну зону та прилеглі до неї ділянки серцевини. Втомна поломка зубів є одним з найбільш небезпечних видів руйнування, що походить від дії змінних напруг протягом порівняно тривалого терміну служби (рис. 1.5). Особливого значення мають заходи щодо усунення концентраторів напруг (мікротріщин або термообробки тощо) [5].

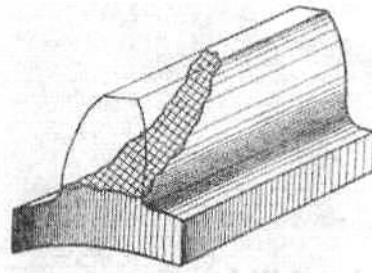


Рисунок 1.5 – Поломка зубів

Втомні тріщини на зубах виникають на перехідній кривій у місці максимальної концентрації напруг на розтягнутій стороні зуба, що пояснюється зниженням міцності втоми матеріалу під дією розтягуючих напруг [3].

Спочатку тріщина розвивається перпендикулярно дотичної до перехідної кривої зуба. Потім через зростання напруг у непошкодженій частині перерізу зуба тріщина зазвичай повертає і виходить на неробочу сторону зуба. Коли крім напруг вигину в корені зубів у масивному обід колеса виникають значні напруження іншого походження, тріщина, що йде від кореня зуба, може не вийти на протилежний профіль, а розвивається вглиб, в результаті чого виламується шматок обода у формі сегмента з декількома зубами [1].

Великі контактні тиски за високої окружної швидкості зумовлюють збільшення тепловиділення і, як наслідок, виникнення високих температур у місцях локального контакту зубів. Це може призвести до потонання та втрати несучої здатності масляної плівки, внаслідок чого відбуваються схоплювання та заїдання контактуючих поверхонь зубів [2].

Заїдання може виявлятися у легкій та важкій формі. У першому випадку на робочих поверхнях зубів виникають слабкі подряпини та ризики, орієнтовані у напрямку ковзання (рис. 1.4). Поверхні набувають полірованого вигляду, робота передачі супроводжується деяким зносом, що не викликає виходу її з ладу. При важкій формі заїдання (задира) відбуваються відділення частинок з робочих поверхонь,

перенесення металу з м'якої поверхні на більш тверду, утворення наварених хребтів, глибоких рисок, наростів і виривів металу, що призводять, як правило, до спотворення робочих поверхонь зубів, до підвищеного шуму, нагрівання коліс та швидкого виходу передачі з ладу (рис. 1.6) [1-3].

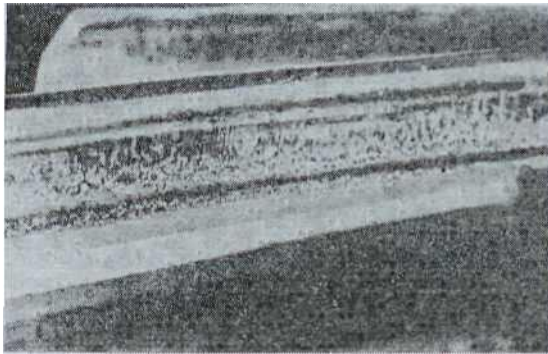


Рисунок 1.6 – Ускладнена форма заїдання робочих поверхонь зубів

Ступінь пошкодження під час заїдання залежить від швидкості обертання передачі. При малих швидкостях і великих навантаженнях кількість рисок і нарости невелика, але розміри значні. У разі збільшення швидкості кількість пошкоджених ділянок зростає, але розміри пошкоджень зменшуються. При дуже високих швидкостях метал не переноситься з однієї поверхні на іншу, а видаляється у вигляді дрібних частинок мастилом. Риск, наростів та вихватів при цьому не спостерігається. Поверхні залишаються гладкими або іноді набувають матового вигляду, хоча інтенсивність зношування велика [1-3].

Процес заїдання, що почався, не завжди тягне за собою негайний вихід передачі з ладу. Іноді заїдання має обмежений характер і з часом припиняється.

Знос робочих поверхонь зубів тим більше, чим більше їх питоме ковзання та контактні напруження в зачепленні. Так як найбільше питоме ковзання має місце в початковій та кінцевій точках контакту зубів, то найбільше зношування з'являється на ніжках і головках зубів. Недостатня товщина масляної плівки сприяє посиленню зношування. Зменшення товщини плівки і навіть її розрив можливі при

перевантаженнях та в періоди пуску та зупинки передачі. Забрудненість олії абразивними частинками значно посилює зношування. Внаслідок зносу спотворюється профіль зубів, послаблюється їх основа, зростає динамічне навантаження, збільшується напруга в зоні перехідної поверхні зуба [1-3].

Відшаровування твердого поверхневого шару зубів спостерігається при недостатньо високій якості термічної обробки, підданих поверхневому зміцненню, коли внутрішня напруга не знята відпусткою або коли тендітна кірка зубів не має під собою достатньо міцної серцевини. Відшарування сприяють перевантаження [3].

Таким чином, основними причинами, що впливають на зниження надійності та довговічності валів-шестерень є різні види зношування та пошкодження їх робочих поверхонь, а також руйнування втоми [1].

1.2 Технічні вимоги до властивостей готової деталі

Для підвищення втомної витривалості, зносостійкості слід підвищувати твердість поверхні валів-шестерень, що досягається поверхневим гартуванням, хіміко-термічною обробкою, пластичною деформацією для створення на поверхні деталей залишкових напруг стиснення [1].

Товщина дифузійного шару дуже істотно впливає на міцність (передусім на опір втоми при вигині і на контактну витривалість).

Ефективна товщина поверхневого шару, враховуючи модуль зубів шестерні, який дорівнює 8 мм, повинна становити від 0,3 до 1,2 мм.

Дуже значний вплив на міцність сталі з поверхневим зміцненням має твердість серцевини, яка залежить головним чином від концентрації вуглецю в сталі. Хоча показники міцності сталі з поверхневим зміцненням підвищуються, зі зростанням вмісту вуглецю та твердості серцевини, проте це збільшення не може бути безмежним, бо при надмірно високому вмісті вуглецю в серцевині порушується бажана

послідовність мартенситного перетворення в серцевині та шарі. При високій концентрації вуглецю ($> 0,35\%$) у серцевині мартенситна точка знижується, внаслідок чого при загартуванні можливе спочатку мартенситне перетворення в шарі, а потім у серцевині, що призводить до зменшення залишкових напружень стиснення на поверхні, а отже, і до зниження втомної міцності. Крім того, з підвищенням концентрації вуглецю в серцевині знижується в'язкість сталі. У зв'язку з цим, на основі результатів експериментальних досліджень у сталях з поверхневим зміцненням рекомендується вміст вуглецю не вище $0,30\%$, а оптимальні значення твердості серцевини після хіміко-термічної обробки повинні знаходитись у межах HRC 24-32 [6].

На показники міцності сталі, з поверхневим зміцненням, має великий (часто вирішальний) вплив концентрація вуглецю на поверхні. Оптимальний вміст вуглецю, при якому забезпечується максимальний опір крихкому руйнуванню, становить $0,6-0,8\%$, втомна міцність при вигині досягає максимальних значень при $0,8-1,05\%$ на поверхні, а максимальні значення контактної витривалості виходять при вмісті вуглецю у межах $1,0-1,25\%$ [6].

Надійність та довговічність при експлуатації виробів, виготовлених з таких сталей, залежать також від структури шару та серцевини, що утворюється внаслідок повного циклу хіміко-термічної обробки. У зв'язку з необхідністю забезпечення поверхневої твердості HRC 59-63 структура шару повинна складатися в основному з дрібноголкового мартенситу з невеликими ізольованими ділянками залишкового аустеніту. Абсолютно неприпустимі виділення карбідів у формі сітки за межами зерен, бо при цьому різко зростає крихкість. Небажані також виділення у значній кількості ізольованих карбідів, помітних при збільшенні $\times 100$, так як і в такій формі, вони знижують в'язкість цементованої сталі, особливо в кутах та на торцях деталей. Зміст залишкового аустеніту в шарі має перевищувати $15-20\%$ [6].

Таким чином, для отримання високих показників міцності виробів - валів-шестернів - необхідно забезпечити регулювання у вузьких межах ряду параметрів, що характеризують будову та властивості шару та серцевини.

Разом з тим, при високих значеннях межі міцності, межі витривалості при вигині, межі контактної витривалості стали необхідно забезпечити і задовільну в'язкість. Тому стали бути спадково дрібнозернистими (бал 6-8). Крім того, застосування дрібнокозернистих сталей має дозволяти використовувати найраціональніший режим термічної обробки [3].

Сталі також повинні мати хорошу оброблюваність різанням, тому попередня термічна обробка повинна забезпечувати оптимальну мікроструктуру. При незадовільній мікроструктурі заготовок погіршується якість робочої поверхні, а внутрішні напруги, що виникають у процесі різання, сприяють збільшенню деформації виробів при подальшій хіміко-термічній обробці [3].

Таким чином, вали-шестерні повинні мати високу твердість і зносостійкість поверхневого шару, підвищену контактну витривалість, а також в'язку, м'яку серцевину для того, щоб сприймати (гасити) знакозмінні напруги, що діють на деталі.

Висновки

Дана деталь піддається впливу знакозмінного навантаження. Вал-шестерня має косі зуби (з лівим напрямком зуба) з модулем $m=8$. У косозубого колеса і валу-шестерні зубці розташовані не по утворює ділильного циліндра, і складають з нею деякий кут $\beta = 12^\circ$.

Для підвищення втомної витривалості, зносостійкості слід підвищувати твердість поверхні валів-шестерень, що досягається поверхневим гартуванням, хіміко-термічною обробкою, пластичною деформацією для створення на поверхні деталей залишкових напруг стиснення.

РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Вал-шестерня є складовою зубчастого циліндричного двоступінчастого горизонтального редуктора Ц2-530-31,5-31У2 (рис. 2.1) [8]. Креслення деталі представлено у додатку А.



Рисунок 2.1 – Редуктор Ц2-530-31,5-31У2

Вал-шестерня – це прямий вал, який має форму тіла обертання з нарізними шестернями. Опорні ділянки валу-шестерні служать для його встановлення у підшипниках ковзання. На одному з несучих ділянок закріплюють деталі, що обертаються - зубчасте колесо, на іншій ділянці розташована шестерня, виконана заодно з валом. Перехідні ділянки з'єднують опорні та несучі ділянки. Опорна ділянка використовується для закріплення деталі у корпусі. Місце з'єднання двох ділянок різних діаметрів називають жолобником. Опорні ділянки називають цапфами. Цапфи, що сприймають опорні реакції, спрямовані вздовж осі, називають п'ятами [8].

Однією з основних задач при проектуванні редукторів є правильний вибір матеріалів деталей та способу їх зміцнення. І тому проводять патентний пошук.

Винахід [9] відноситься до металургії, зокрема до хіміко-термічної обробки сталевих виробів, що працюють в умовах абразивного зносу при терті-ковзанні або терті-кочення, і може бути використане в машинобудуванні для зміцнення різного виду зубчастих зачеплень, футерувальних пластин прес-форм і т.п. п. Мета винаходу - підвищення твердості поверхневої виробів. Спосіб включає нагрівання до температури 850-870°C і витримку при цій температурі протягом 1/4-1/5 часу загальної витримки в атмосфері вуглецевмісного газу, потім витримку протягом 1/2-2/3 часу загальної витримки в атмосфері вуглецевмісного газу при збільшенні його витрати на 15-20% від початкового та азотовмісного газу в кількості 2-10% від загальної витрати газу, наступні витримки протягом 1/6-1/8 часу загальної витримки при збільшеній подачі азотовмісного газу на 3-10% припинення подачі вуглецевмісного газу за 1/6-1/8 часу загальної витримки до закінчення процесу нітроцементатії. Спосіб дозволяє підвищити поверхневу жорсткість виробів в 1,8 рази [9].

Винахід [10] відноситься до галузі металургії, зокрема хіміко-термічної обробки металів, переважно до іонної цементатії сталевих виробів у плазмі тліючого розряду. Метою винаходу є інтенсифікація процесу насичення та зменшення сажеутворення.

Середовище, що включає вуглеводневий газ і кисневмісну добавку, додатково містить газ-розріджувач, а в якості кисневмісної добавки - озон або озоноване повітря при загальному співвідношенні компонентів, мас. %: вуглеводневий газ 4,8-49,6; газ-розріджувач 49,6-94,6; озон чи озоноване повітря 0,5-1,0. Як вуглеводневий газ середовище містить метан, етан та інші граничні вуглеводні, етилен або ацетилен та їх похідні, бензол та інші ароматичні вуглеводні та їх природні (природний газ, пропан-бутанова суміш, петролейний ефір, гас) або штучні (синтин) суміші. Газом-розріджувачем (або адекватно, газом-наповнювачем) у цій суміші може бути азот або

інертний газ (аргон, неон, гелій). Озонування повітря проводиться у будь-якому озонаторі [10].

Винахід [11] відноситься до теплотехніки, зокрема до способів хіміко-термічної обробки виробів, наприклад їх цементації та нітроцементації, і може знайти застосування в машинобудівній, авіаційній, автомобільній, тракторній промисловості та ряді інших областей народного господарства. Мета винаходу - інтенсифікація процесу хіміко-термічної обробки виробів та зниження витрати ендогазу. Спосіб хіміко-термічної обробки виробів у печах безперервної дії включає нагрівання, насичення поверхневого шару, дифузійну витримку та підстуджування перед загартуванням з використанням рециркуляції технологічної атмосфери на всіх стадіях процесу хіміко-термічної обробки. На стадіях нагріву від 1000°K до температури процесу цементації та підстуджування перед загартуванням циркуляцію технологічної атмосфери здійснюють зі швидкістю 2,0-5,0 м/с, при цьому подачу газу-носія на стадіях нагріву, насичення та дифузійної витримки роблять у момент завантаження-вивантаження виробів, що дозволяє різко скоротити подачу свіжої технологічної атмосфери, особливо ендогазу [11].

Винахід [12] відноситься до металургії, зокрема хіміко-термічної обробки, а саме до процесу цементації в газових середовищах, і може бути використане в машинобудуванні для поверхневого зміцнення деталей машин. Метою винаходу є інтенсифікація процесу насичення. Спосіб газової цементації сталевих виробів включає нагрівання до температури насичення та витримку при цій температурі з одночасною подачею в зону насичення природного газу та 5-11%-ного водного розчину суміші плавикової та азотної кислот, взятих у співвідношенні 1 : (20-25), при цьому зазначений водний розчин подають у кількості 28-300 мл на 1 м²/год газу. Використання суміші водних розчинів плавикової та азотної кислот дозволяє інтенсифікувати процес насичення, тобто збільшує вміст у суміші активної газової складової. Добавка до природного газу зазначеної суміші водних розчинів плавикової

та азотної кислот збільшує в загальній газовій суміші вміст активних газів, що помітно впливають на прискорення процесу насичення поверхні сталевих виробів вуглецем. Межі концентрацій і кількість складових газової суміші, що вуглерожує, обумовлені технологічними вимогами до цементованого шару і серцевини сталевих виробів [12].

Висновки

Вал-шестерня – це прямий вал, який має форму тіла обертання з нарізними шестернями. Опорні ділянки валу-шестерні служать для його встановлення у підшипниках ковзання.

Отже, однією з основних задач у проектуванні редукторів полягає у правильному виборі матеріалів деталей та способу їх зміцнення. І тому проводять патентний пошук.

РОЗДІЛ 3 ВИБІР МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЛУ-ШЕСТЕРНІ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Вибір матеріалу для виготовлення валу-шестерні

Вибір матеріалу для виготовлення валів-шестерень необхідно проводити, виходячи з умов експлуатації та технічних вимог.

Виходячи з умов експлуатації та технічних вимог, ми вибираємо наступні марки сталі: 20ХНЗА та 30ХГТ (табл. 3.1 – 3.3).

20ХНЗА - сталь конструкційна низьколегована, високої якості.

30ХГТ - сталь конструкційна низьколегована, якісна.

Спочатку розглянемо хімічний склад вибраних марок сталей.

Таблиця 3.1.

Хімічний склад сталей 20ХНЗА та 30ХГТ, %

Марка сталі	C	Mn	Si	Cr	Ni	Ti	Cu	P	S
20ХНЗА	0,17-0,24	0,30-0,60	0,17-0,37	0,60-0,90	2,75-3,15	-	Не більше 0,30	Не більше 0,025	Не більше 0,025
30ХГТ	0,24-0,32	0,80-1,10	0,17-0,37	1,00-1,30	Не більше 0,30	0,03-0,09	Не більше 0,30	Не більше 0,035	Не більше 0,035

Тепер розглянемо критичні точки вибраних марок сталей.

Таблиця 3.2.

Температури критичних точок сталей 20ХНЗА та 30ХГТ, °С

Марка сталі	A _{c1}	A _{c3} (A _{сТ})	A _{r3} (A _{гс_м})	A _{r1}
20ХНЗА	730	810	700	615
30ХГТ	770	825	740	665

Тепер розглянемо механічні властивості вибраних марок сталей.

Таблиця 3.3.

Механічні властивості сталей 20ХН3А та 30ХГТ

Марка сталі	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	Ψ , %	КСУ, Дж/см ²	НВ (HRC)
20ХН3А	690	830	11	50	69	Серцевини 240-260, поверхні (59-63)
30ХГТ	690	830	12	30	49	Серцевини 240-300, поверхні (57-63)

Сталі 20ХН3А є флокеночутливою, а сталь 30ХГТ – ні.

Флокеночутливість - це здатність сталі утворювати флокени. Флокени є у зламі плями (пластівці), а поперечному мікрошліфі - тріщини. Природно, що наявність тріщин спричиняє зниження механічних властивостей. Тріщини - флокени тим паче небезпечні, що більш високу міцність має сталь. У високоякісних сталях флокени – дуже серйозний дефект [3].

Якщо сталь 20ХН3А після кування (прокатки) швидко охолоджувалась у районі 200°С і нижче, то в даній сталі виникнуть флокени. Швидкість охолодження при температурах вище 200°С не призводить до флокенів. Причина утворення флокенів - розчинений у сталі водень, який не встигає виділитися за температури нижче 200°С. [3].

Проте сталі 20ХН3А та 30ХГТ схильні до відпускнуї крихкості II-го роду.

Крихчення сталі, за деяких умов відпустку, називається відпускнуою крихкістю. Зниження в'язкості у своїй викликано підвищенням температури переходу в холодноломкий стан [13].

Відпускна крихкість другого роду виявляється після відпуски вище 500°С. Характерна особливість крихкості цього виду полягає в тому, що вона проявляється в

результаті повільного охолодження після відпустки: при швидкому охолодженні в'язкість не зменшується, а монотонно збільшується з підвищенням температури відпустки. Однак відпускна крихкість II-го роду знову може бути викликана новою високою відпускою з наступним уповільненим охолодженням. Тому відпускну крихкість II-го роду називають іноді оборотною відпускнуою крихкістю [13].

Таким чином, можна зробити наступний висновок із розглянутих таблиць (хімічний склад, температура критичних точок та механічні властивості) для марок сталей: 20ХН3А та 30ХГТ. Найкращим матеріалом, який відповідає умовам роботи та технічним вимогам на виготовлення валу-шестерні є сталь 20ХН3А [13].

Однак, вибираючи матеріал для валу-шестерні, особливо при масовому виробництві, слід вибирати не тільки сталь, яка забезпечила б високі вимоги, що пред'являються до механічних властивостей на поверхні і в серцевині, але необхідно оцінювати вартість і самого матеріалу, виготовлення деталі, термічну обробку, а також дефіцитність цього матеріалу. Як відомо, найбільш дефіцитними є сталі, що містять Ni, наприклад, 20ХН3А. Крім того, високий вміст легуючих елементів (зокрема і дорогих) у сталях для цементації не рекомендується. Значить дешевим матеріалом та економно легованим є сталь 30ХГТ [14].

3.2 Вплив легуючих елементів

Сталь 30ХГТ - це економно-легована конструкційна низьколегована якісна сталь. Містить 0,30% вуглецю, 1,0% хрому, 1,0% марганцю, до 1,0% титану, а також кремній, мідь, нікель, фосфор та сірку, що впливають на властивості сталі.

Легують елементи при введенні в сталь можуть утворювати із залізом тверді розчини; легований цементит чи самостійні спеціальні карбіди; інтерметалеві сполуки [14].

Основними легуючими елементами є хром, марганець і титан. Титан вводиться в сталь у поєднанні з хромом і марганцем для додаткового поліпшення властивостей.

Для досягнення високої прожарюваності сталь легують як дешевими елементами марганцем і хромом, так і більш дорогим нікелем [14].

Хром – порівняно дешевий елемент та широко використовується для легування сталі. Він розчиняється у ферит і цементит, надає сприятливий вплив на механічні властивості. Хром підвищує прожарювання, твердість, межу міцності, корозійну стійкість; незначно зменшує характеристики пластичності сталі [14]

Вміст кремнію в сталі як домішка не перевищує 0,37%.

Кремній та марганець переходять у сталь у процесі її розкислення при виплавці. Вони розкислюють сталь, тобто, з'єднуючись з киснем закису заліза FeO , як оксидів переходять у шлак. Ці процеси розкислення покращують властивості сталі. Кремній, дегазуючи метал, підвищує щільність зливка.

Кремній, що залишається після розкислення у твердому розчині (у ферит), сильно підвищує межу плинності σ_T . Це знижує здатність сталі до витяжки і особливо холодної висадки.

Марганець – дешевий елемент, застосовується як замітник у сталі нікелю. Як і хром, марганець розчиняється у фериті та цементиті. Підвищуючи стійкість аустеніту, марганець знижує критичну швидкість загартування, проте мало впливає на прожарювання цементованого шару, визначає схильність до внутрішнього окиснення. Марганець при утриманні його більше одного відсотка підвищує твердість, зносостійкість; підвищує стійкість проти ударних навантажень, що не зменшує характеристики пластичності сталі. Марганець різко зменшує червоноламкість сталі, тобто крихкість за високих температур, викликану впливом сірки [14].

Додаткове легування сталі 30ХГТ нікелем (його міститься лише 0,30%) підвищує опір крихкому руйнуванню сталі, збільшуючи пластичність і в'язкість,

зменшуючи чутливість до концентраторів напруг і знижує температуру порога холодноламкості [16].

Нікель - дорогий метал, його вводять разом із хромом та іншими елементами, причому у максимально мінімальному кількості. Нікель забезпечує високу межу міцності, підвищує опір удару та впливає на зміну коефіцієнта теплового розширення.

Легування стали невеликою кількістю до 0,03-0,09 % γ , що утворюють важкорозчинні в аустеніті карбіди, подрібнює зерно, що знижує поріг холодноламкості, підвищує роботу розповсюдження тріщини та зменшує чутливість до концентраторів напруг. Титан підвищує межу міцності; покращує оброблюваність та опір корозії [16].

Карбідоутворюючими елементами є: залізо, марганець, хром і титан (як було зазначено вище). Їх розташування за зростаючим ступенем спорідненості до вуглецю та стійкості карбідних фаз наступне: Fe - Mn - Cr -... - Ti [16].

Вертикальні розрізи потрійних діаграм рівноваги Fe-Mn-C та Fe-Cr-C наведені на (рис. 3.1.).

Перитектичне, евтектичне та евтектоїдне перетворення протікають не при постійній температурі, як у подвійних системах, а в деякому інтервалі температур [14].

У системі Fe-Mn-C γ -фаза із збільшенням вмісту марганцю існує і в області низьких температур.

У системі Fe-Cr-C зі зростанням концентрації хрому область існування γ -фази звужується. Склад карбідної фази (К) у марганцовистих сталях відповідає з'єднанню $(Fe, Mn)_3C$, в якому частина атома заліза заміщена атомами марганцю [17].

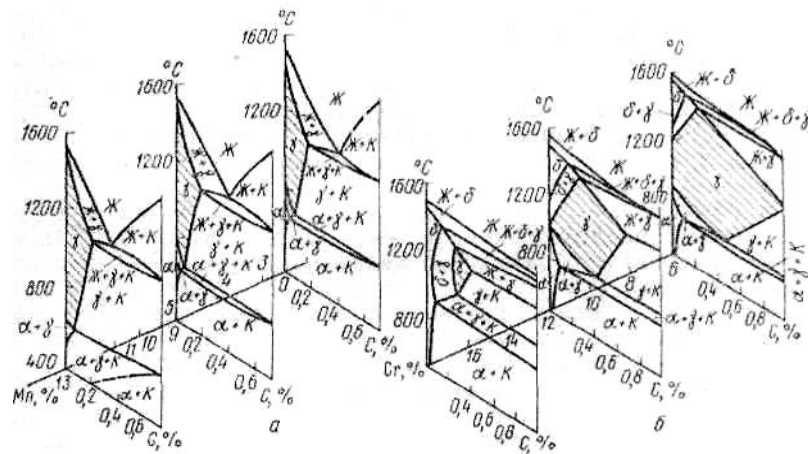


Рисунок 3.1 – Вертикальні розрізи потрійної діаграми стану:

а - Fe-Mn-C; б - Fe-Cr-C

У хромистих сталях утворюються спеціальні хромисті карбіди, склад і структура яких залежить від вмісту вуглецю і хрому (рис. 3.1).

При малому вмісті сталі таких карбидообразуючих елементів, як Mn і Cr, останні розчиняються в цементиті, заміщаючи в ньому атоми заліза. Так, при розчиненні марганцю в цементиті утворюються карбід $(Fe, Mn)_3C$, при розчиненні хрому - карбід $(Fe, Cr)_3C$. Марганець може замістити в решітці цементиту всі атоми заліза, а хром - до 25 ат. %. Більш сильний карбидоутворюючий елемент - Ti практично не розчиняється в цементиті та утворює самостійні сильні карбіди [17-19].

На рис. (3.2). наведено ізотермічне (при 20 °C) переріз потрійної діаграми стану Fe-Cr-C, а також показані фазові області, в яких існують різні карбідні фази [19].

Якщо вміст хрому не перевищує 2 %, то утворюється легований цементит $(Fe, Cr)_3C$, грати ромбічні, а при підвищеному вмісті хрому спеціальний карбід $(Cr, Fe)_7C_3$ (решітка ромбічна). При вмісті хрому >10-12% - кубічний карбід $(Cr, Fe)_{23}C_6$ (рис. 3.2.).C, % (за масою) [19-20].

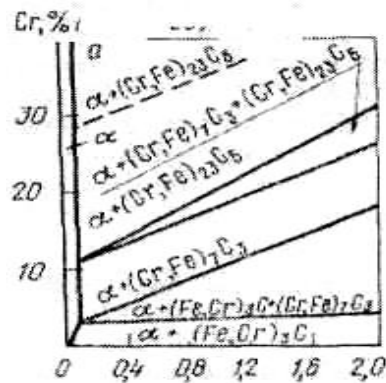


Рисунок 3.2 – Ізотермічний переріз потрійної діаграми стану Fe-Cr-C

Спеціальні карбіди здатні розчинити залізо та інші металеві елементи. Так, карбід Cr_7C_3 при 20°C розчиняє до 55% Fe, утворюючи складний карбід $(\text{Cr}, \text{Fe})_7\text{C}_3$, а карбід Cr_{23}C_6 - до 35% Fe, утворюючи карбід $(\text{Cr}, \text{Fe})_{23}\text{C}_6$.

Розглянемо вплив легуючих елементів на поліморфні перетворення заліза.

Усі елементи, крім вуглецю, азоту, водню, утворюють із залізом тверді розчини заміщення. Вони розчиняються в залізі і впливають на положення точок A_3 (лінія GS діаграми стану залізо-легуючий елемент) і A_4 (лінія NJ), що визначають температурну область існування γ - та α -областей заліза [23]

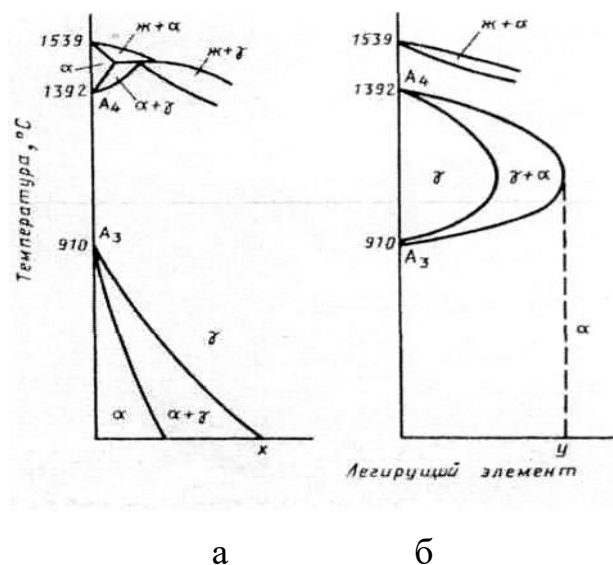


Рисунок 3.3 – Схеми впливу легуючих елементів на поліморфізм заліза

Наприклад, марганець та нікель знижують точку A_3 і підвищують точку A_4 . Внаслідок цього на діаграмі стану залізо - легуючий елемент спостерігається розширення області γ -фази та звуження області існування α -фази (рис. 3.3. а).

Що ж до Cr, Ti і Si, то вони знижують точку A_4 і підвищують точку A_3 . Це призводить до того, що спостерігається розширення області α -фази та звуження сфери існування γ -фази (рис. 3.3. б).

Також легуючі елементи мають величезний вплив на точку A_1 , що відповідає температурі переходу перліту в аустеніт (рис. 3.4). Нікель та марганець знижують температуру A_1 , а титан та кремній підвищують температуру A_1 .

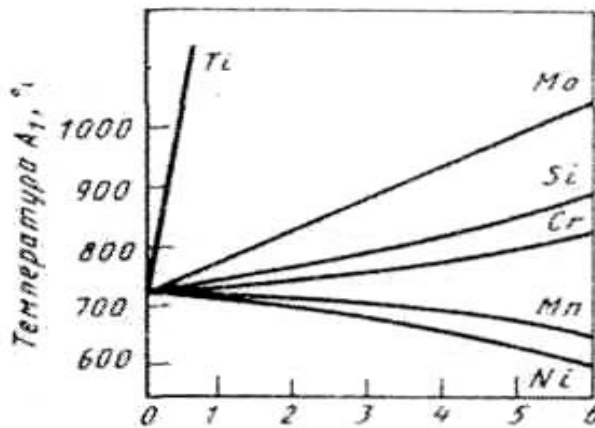


Рисунок 3.4 – Схема впливу легуючих елементів на точку A_1

Тепер розглянемо вплив сірки та фосфору на властивості сталі.

Сірка є шкідливою домішкою у сталі. Із залізом вона утворює хімічну сполуку FeS, яка практично нерозчинна в ній у твердому стані, але розчинна у рідкому металі. З'єднання FeS утворює із залізом легкоплавку евтектику з температурою плавлення 988°C . Ця евтектика утворюється навіть за дуже малому вмісті сірки. Кристалізуючись з рідини після закінчення затвердіння, евтектика переважно розташовується на межі зерна. При нагріванні сталі до температури прокатки або кування ($1000\text{-}1200^\circ\text{C}$) евтектика розплавляється, порушується зв'язок між зернами

металу, внаслідок чого при деформації сталі в місцях розташування евтектики виникають надриви та тріщини. Це явище носить назву, червоноламкість (гарячолламкість) [22].

Присутність у сталі марганцю, що має більшу спорідненість до сірки, ніж залізо, і утворює з сірою тугоплавке з'єднання MnS , практично виключає явище червоноламкості. У затверділій сталі частинки MnS розташовуються як окремих включень. У деформованій сталі ці включення деформуються та виявляються витягнутими у напрямку прокатки [23].

Сірчисті включення знижують ударну в'язкість (КСУ) та пластичність (δ , ψ) у поперечному напрямку витяжки при прокатуванні та кованні, а також межу витривалості. Робота зародження тріщини не залежить від вмісту сірки, а робота розвитку в'язкої тріщини КСТ та в'язкість руйнування КС зі збільшенням вмісту сірки знижуються. Сірка погіршує зварюваність та корозійну стійкість. Зміст сірки у сталі суворо обмежується; воно має перевищувати 0,035-0,06 % [23].

Фосфор є шкідливою домішкою, і його залежність від якості сталі допускається трохи більше 0,025-0,045%. Розчиняючись у ферриті, фосфор сильно спотворює кристалічну решітку та збільшує межі міцності та плинності, але зменшує пластичність та в'язкість. Зниження в'язкості тим значніше, що більше сталі вуглецю. Фосфор підвищує поріг холодноламкості сталі та зменшує роботу розвитку тріщини. Здатність фосфору до сегрегації за межами зерен також сприяє крихкості сталі [23].

Тепер розглянемо вплив легуючих елементів на механічні властивості сталі (рис. 3.5, 3.6).

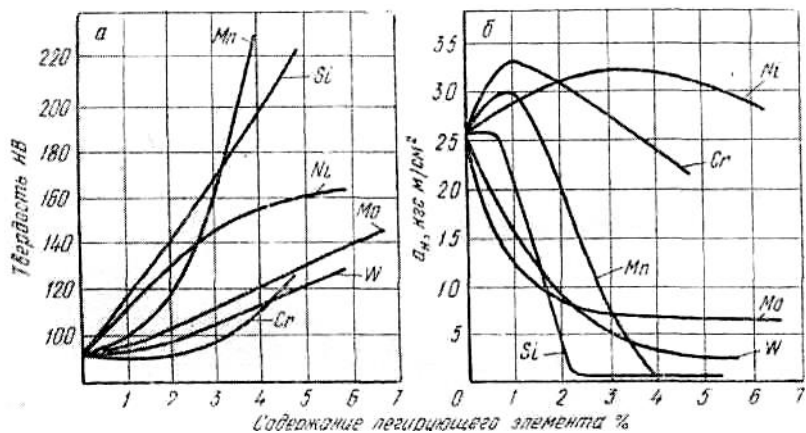


Рисунок 3.5 – Вплив легуючих елементів на властивості:

а – твердість; б – ударна в'язкість

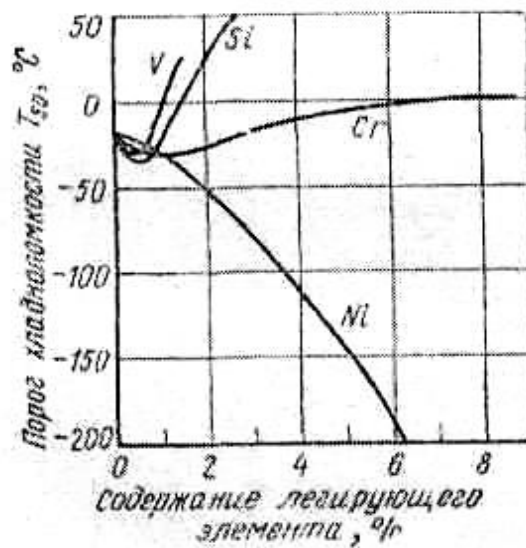


Рисунок 3.6 – Вплив легуючих елементів на поріг холодноломкості

Висновки

Вибір матеріалу для виготовлення валів-шестерень необхідно проводити, виходячи з умов експлуатації та технічних вимог. Якщо сталь 20ХН3А після кування (прокатки) швидко охолоджувалась у районі 200°С і нижче, то в даній сталі виникнуть флокени. Крихчення сталі, за деяких умов відпустку, називається відпускнуою крихкістю.

Сталь 30ХГТ - це економно-легована конструкційна низьколегована якісна сталь. Містить 0,30% вуглецю, 1,0% хрому, 1,0% марганцю, до 1,0% титану, а також кремній, мідь, нікель, фосфор та сірку, що впливають на властивості сталі. Основними легуючими елементами є хром, марганець і титан. Для досягнення високої прожарюваності сталь легують як дешевими елементами марганцем і хромом, так і більш дорогим нікелем.

Марганець – дешевий елемент, застосовується як замітник у сталі нікелю. Як і хром, марганець розчиняється у фериті та цементиті. Додаткове легування сталі 30ХГТ нікелем (його міститься лише 0,30%) підвищує опір крихкому руйнуванню сталі, збільшуючи пластичність і в'язкість, зменшуючи чутливість до концентраторів напруг і знижує температуру порога холодноламкості.

РОЗДІЛ 4 «РОЗРОБЛЕННЯ МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Схема маршрутної технології механічної та термічної обробки валу-шестерні представлена в таблиці 4.1.

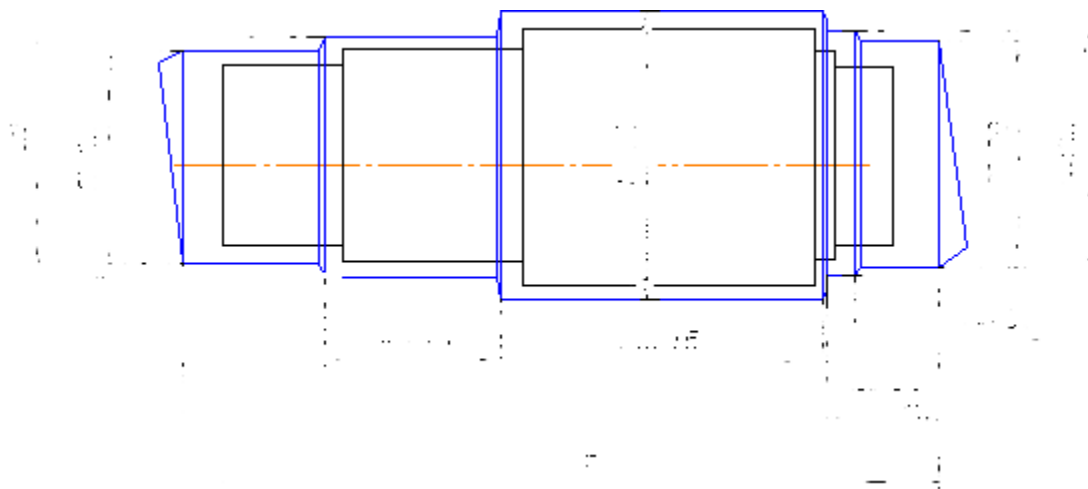
Таблиця 4.1

Схема маршрутної технології виготовлення валу-шестерні.

Назва операції	Цех (дільниця), у якому виробляють операцію	Призначення
Отримання зливка зі сталі 30ХГТ	Ливарний цех	Одержання заготовлі для виконання операції прокатки
Прокат	Ковальський цех	Отримання простого круглого профілю
Нарізування на мірні заготовки	Ковальський цех	Одержання заготовлі для виконання операції кування
Попередня термічна обробка	Термічне відділення ковальського цеху	Зняття внутрішніх напруг, зниження твердості для покращення обробки різанням

Механічна обробка	Механічний цех	Надання деталі попередніх розмірів та форм
Основне термічне оброблення	Термічний цех	Надання матеріалу необхідних властивостей
Остаточне механічне оброблення	Механічний цех	Приведення форми, розмірів та шорсткості до необхідних на кресленнях

Заготовкою для виготовлення вала-шестерні служить поковка (рис. 4.1). Це заготівля, яку одержують куванням для подальшої механічної обробки.



Рисинок 4.1 – Схема поковки вала-шестерні

Кування – вид гарячої обробки металів тиском, при якому метал деформується за допомогою універсального інструменту. Нагріту заготовку укладають на нижній бойок та універсальним інструментом - верхнім бойком послідовно деформують на

окремих ділянках заготовлі. Метал вільно тече в сторони, не обмежені робочими поверхнями інструменту, якого застосовують вирізні бойки, а також різний підкладний інструмент [23].

Для отримання заготовки нашої деталі необхідно використовувати одну з основних операцій кування - протяжку. Протяжка - операція подовження заготовлі чи її частини рахунок зменшення площі поперечного перерізу. Протяжку проводять послідовними ударами або натисканнями на окремі ділянки заготовки, що примикають один до одного, з подачею заготовки вздовж осі протяжки і поворотами на 90° навколо цієї осі. При кожному натисканні зменшується висота перерізу, збільшуються ширина та довжина заготовки. Загальне збільшення довжини дорівнює сумі приростів довжин за кожне натискання, а розширення по всій довжині однаково. Якщо заготовку повернути на 90° навколо горизонтальної осі і повторити протяжку, розширення, отримане в попередньому проході, усувається, а довжина заготовки знову збільшується. Чим менше подача при кожному натисканні, тим інтенсивніше подовження. Однак при замалій подачі можуть вийти затискачі [24].

Простягають вирізними бойками. При протяжці на плоских бойках в центрі виробу можуть виникнути (особливо при протяжці круглого перерізу) значні напруги, що розтягують, які призводять до утворення осьових тріщин. При протяжці з кола на коло у вирізних бойках сили, спрямовані з чотирьох сторін до осьової лінії заготовки, сприяють більш рівномірному перебігу металу та усунення можливості утворення осьових тріщин [24].

Висновки

Заготовкою для виготовлення вала-шестерні служить поковка. Це заготівля, яку одержують куванням для подальшої механічної обробки. Кування – вид гарячої обробки металів тиском, при якому метал деформується за допомогою універсального інструменту. Для отримання заготовки нашої деталі необхідно використовувати одну з основних операцій кування - протяжку. Протяжку проводять послідовними ударами або натисканнями на окремі ділянки заготовки. При протяжці на плоских бойках в центрі виробу можуть виникнути значні напруги.

РОЗДІЛ 5 РОЗРАХУНОКОВО - ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Таким чином, для виготовлення валу-шестерні нами було обрано марку сталі 30ХГТ. Тому що ця сталь має високу міцність і твердість поверхневого шару. Разом з цим, при високих значеннях межі міцності, межі витривалості при згині, межі контактної витривалості сталі, забезпечується хороша в'язкість.

Сталь 30ХГТ є спадково-дрібнозернистою. Як відомо, застосування дрібнозернистої сталі дозволяє використовувати найбільш раціональний режим термічної обробки, а саме нітроцементацию. Така термічна обробка не дає великогольчастого мартенситу на поверхні та грубо крупнозернисту структуру в серцевині, а також не дає підвищений вміст залишкового аустеніту (і, отже, знижену твердість) у нітроцементованому шарі. Інший режим термічної обробки, який був розглянутий вище для сталі 20ХНЗА, передбачає вторинні нагрівання цементованих деталей до високих температур. Ці нагрівання викликають додаткове жолоблення деталі і здорожчають процес термічної обробки. Крім подвійного загартування ще проводиться обробка холодом (як додаткова операція), що також подорожчає процес термічної обробки. Нітроцементация дає меншу деформацію деталі та обходиться дешевше – це її перевага.

Призначення режиму термічного та хіміко-термічного оброблення деталі. Мета будь-якого процесу термічної обробки полягає в тому, щоб нагріванням до певної температури і подальшим охолодженням викликати бажану зміну будови металу, в результаті якого зміняться і властивості. Проведення термічної обробки (ТО) можна звести до трьох етапів: нагрів, витримки та охолодження; визначальними є температура нагріву і швидкість охолодження.

Послідовність операцій обробки вала-шестерні, виготовленого зі сталі 30ХГТ:

- 1) заготовка;
- 2) нормалізація;
- 3) механічна обробка;
- 4) цементация та гартування з цементацийного нагрівання;
- 5) низький відпуск;
- 6) механічна обробка.

5.1 Попередня термічна обробка для сталі 30ХГТ

Попередня термічною обробкою для сталі 30ХГТ буде ізотермічний відпал при температурі 860-880°З подальшим охолодженням з піччю до 600-650°С, а потім - до 400-450°С. Далі з 400-450 ° С здійснюється охолодження на повітрі. Час витримки при ізотермічному відпалі становить 2-2,5 години.

Мета ізотермічного відпалу – прискорення процесу, зниження характеристик міцності після гарячої пластичної деформації (кування), а також для підготовки структури до подальшої термічної обробки.

Структура після відпалу - сорбітоподібний перліт та ферит.

Після відпалу сталь 30ХГТ придбала ферито-перлітну структуру, а саме сорбітоподібний перліт та ферит (рисунок 5.1).



Рисунок 5.1 – Сорбітоподібний перліт та ферит після ізотермічного відпалу сталі 30ХГТ

5.2. Газова нітроцементация

Для того щоб вали-шестерні мали високу твердість і зносостійкість поверхневого шару, підвищену контактну витривалість, а також в'язку, м'яку серцевину для того, щоб сприймати (гасити) знакозмінні напруги, які діють на деталі, необхідно проводити наступну термічну обробку: нітроцементация низька відпустка.

5.2.1. Сутність процесу нітроцементации та її особливості

Газова нітроцементация - процес насичення поверхні деталей у газовому середовищі азотом та вуглецем одночасно.

Нами була обрана газова нітроцементация при температурі 860-880°.З використанням рідкого ціанізатора - триетаноламіну. Час витримки – 6-8 годин. Далі слідує охолодження на повітрі.

Як відомо, нітроцементация все ширше застосовується у машинобудуванні натомість газової цементации. Газова нітроцементация у промисловості застосовується порівняно недавно, проте вона має дуже багато переваг у порівнянні з газовою цементацией.

Основні переваги газової нітроцементации перед газовою цементацией:

- Вища зносостійкість шару внаслідок наявності в ньому азоту;
- велика швидкість процесу насичення шару (при однаковій температурі) через активізуючу дію азоту;
- менша деформація деталей при безпосередньому загартуванні внаслідок нижчої температури процесу;
- значно менший ріст зерна через меншу тривалість та нижчу температуру процесу;
- більший термін служби устаткування, зумовлений роботою за нижчої температури;
- менше сажетворення;
- підвищення під дією азоту прожарювання нітроцементованого шару в порівнянні з цементованим;
- менші витрати на обробку.

Як видно, процес газової нітроцементации має дуже багато переваг у порівнянні з газовою цементацией. Це означає, що він є більш ефективним, раціональним та економічно вигідним процесом.

5.2.2. Карбюризатор для газової нітроцементации

Практичне застосування при нітроцементации знайшов лише один рідкий комплексний карбюризатор триетаноламін $(C_2H_4OH)_3N$, що відповідає за своєю

будовою вимогам, що висуваються до карбюратора при насиченні вуглецем та азотом одночасно. Це в'язка прозора рідина жовто-коричневого кольору.

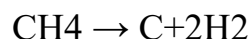
Технічний триетаноламін $(C_2H_4OH)_3N$ є третинним аміноспиртом з домішкою вторинних та первинних аміноспиртів.

Його склад (вага %): N – 9,4, O₂ – 32,4, C – 48,5, H – 10,0.

Встановлено, що 1 см³ триетаноламіну утворює 1,1 л газу без виділення сажі. При нагріванні вище 500°C відбувається дисоціація триетаноламіну з утворенням метану, ціаністого водню, окису вуглецю та водню:



Метан і ціаністий водень (синільна кислота) розкладаються, утворюючи активний азот та вуглець:



Технологія застосування триетаноламіну досить проста, проте, порівняно з іншими рідкими карбюраторами, має деякі особливості, які виражаються в тому, що ця рідина досить густа і термічно нестійка. При температурі 200-300 ° C триетаноламін не випаровується, але розкладаючись, дає смолоподібні відкладення. Тому при подачі його в піч через звичайну крапельницю патрубок введення закоксується, порушуючи нормальний перебіг процесу. Щоб уникнути цього подача здійснюється через крапельницю або насос через трубку, що охолоджується водою.

Надлишкова частина вуглецю, що виникає при розкладанні, зв'язується з киснем в окис вуглецю. Ця обставина вимагає ретельної герметизації робочого простору печі,

тому що навіть незначні нещільності у вигляді пористості стін залишаються закритими.

Переваги триетаноламіну:

- є безсажистим карбюризатором;
- не токсичний;
- не горючий;
- не містить сірки;
- щодо дешевих;
- не дефіцитний;
- не вибухонебезпечний;
- не виділяє при зберіганні шкідливої пари.

Недоліки триетаноламіну:

- не можливість контролю вуглецевого та азотного потенціалу газового середовища, що утворюється;
- триетаноламін слід підігрівати до певної температури, оскільки його в'язкість змінюється залежно від температури навколишнього середовища.

Нітроцементация з використанням триетаноламіну в порівнянні з цементациєю в газовому середовищі та твердому карбюризаторі та нітроцементациєю в ціаністих ваннах, дозволяє:

- отримати підвищену твердість;
- збільшити зносостійкість сталевих деталей у 2,5-3,0 рази;
- високе насичення шару азотом, ніж при використанні карбюризатора та аміаку;
- спрощує технологічний процес та обладнання, оскільки при використанні триетаноламіну відпадає необхідність у подачі аміаку.

5.2.3. Устаткування для нітроцементзації триетаноламіном

Для проведення процесу газової нітроцементзації деталей із застосуванням триетаноламіну використовуємо шахтні муфельні електричні печі. Печі мають задовільні технологічні характеристики і забезпечують досить рівномірну нітроцементацію виробів по всьому обсягу реторти.

При експлуатації печей рекомендується максимальна робоча температура 950°C.

Широке застосування для газової цементзації, азотування та газового ціанування знайшли електричні шахтні печі серії Ц. Конструкція печі СШЦ-6.12/10 представлена на рис. 18. Піч складається з металічного каркаса 5 циліндричної форми, всередині якого знаходиться нагрівальна камера 6. По циліндричній внутрішньої стінки печі вложені нагрівальні елементи 4 у вигляді дроту або стрічки зі сплавів марки Х15Н60 і Х25Ю5. Максимальна температура печі 950° С. Усередині нагрівальної камери встановлено жароупорна реторта 3, в яку поміщаються кошики 2 або пристосування з деталями; великі деталі розміщуються в реторті без кошиків. Зверху реторта закривається кришкою 8, підйом якої проводиться за допомогою гідравлічного механізму 1. Через кришку печі проходить вал електродвигуна, на якому встановлений вентилятор 7, що служить для створення вихрових потоків газу та вирівнювання складу газової суміші в реторті. При завантаженні та розвантаженні печі вентилятор вимикають. Вуглероджувальна атмосфера створюється випаром і розкладанням гасу, веретенного масла, бензолу або піробензолу, синтину або триетаноламіну, що подаються в робочий об'єм (реторту). Рідина з бачка самопливом 11 через крапельницю в кришці печі подається в реторту. Швидкість подачі вуглероживаючої рідини можна регулювати краном 10. Випаровування та розкладання рідкого карбюризатора виробляють також у спеціальному випарнику. Газовий карбюризатор, що утворюється у випарнику, прямує в піч. У кришці печі є

другий отвір 9 з трубою вивідної для відпрацьованого газу. У виходу із трубки газ підпалюють.

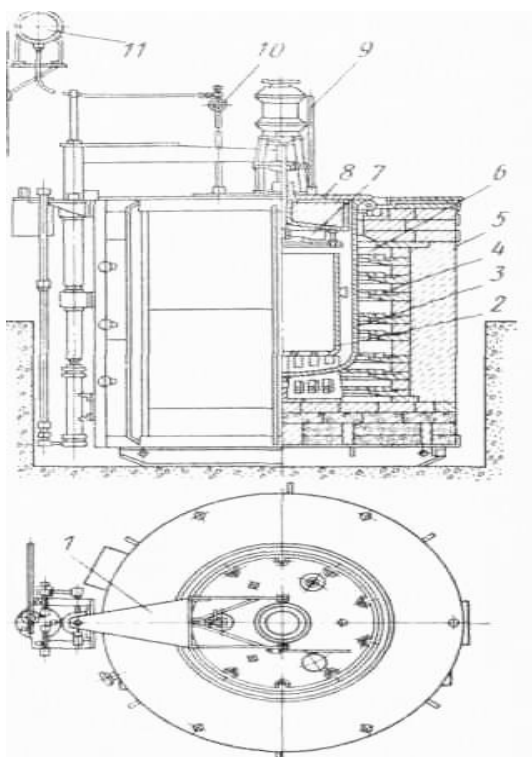


Рисунок 5.2 – Шахтна електропіч типу печі СШЦ-6.12/10

При використанні звичайних шахтних печей для нітроцементатації триетаноламін слід провести деяке переобладнання їх. Водоохолоджувальна трубка з крапельницею встановлюється на кришці печі замість трубки для подачі газу. Це дозволяє закривати та відкривати кришку печі, не знімаючи трубки. Для усунення закоксування подачу триетаноламіну необхідно вести через трубку, що охолоджується водою. Завдяки охолодженню трубки триетаноламін надходить безпосередньо в зону печі, що горить, не розкладаючись у зоні низьких температур.

Перевірка та регулювання подачі триетаноламіну може здійснюватися під час процесу. Витрата триетаноламіну (см) перевіряється за допомогою мензурки.

Схема шахтної муфельної електричної печі разом з комплектом пристроїв для подачі триетаноламіну в піч представлені в додатку 2. Цю піч можна використовувати

для наших валів-шестерень. Для термічної обробки зразків ми використовуємо таку саму шахтну піч, але менших габаритів.

Для створення надлишкового тиску в печі та регулювання його на трубці газів, що відходять, встановлений вентиль. Тиск у печі вимірюється U-подібним манометром. Кількість триетаноламіну в баку визначається за допомогою щупа.

5.2.4. Здійснення процесу нітроцементатації деталей триетаноламіном

Безпосередньо перед нітроцементатацією зразки обробляємо так, щоб їхня поверхня була підготовлена для дифузії вуглецю та азоту або навпаки захищаємо в місцях, що не підлягають насиченню. Зразки повинні мати чисту знежирену поверхню, ретельно очищену від бруду, жиру, окалини і так далі, оскільки забруднення різними оліями, у тому числі пригорілими, впливають на якість поверхні майбутньої деталі.

Перша необхідна умова для нормального перебігу процесу газової нітроцементатації – герметичність робочого простору печі. Вона залежить від стану муфеля, кришки та ущільнення між ними, а також ущільнення у сальнику валу вентилятора.

В умовах виробництва неможливо безперервно вести спостереження за станом муфеля, так як при цьому його необхідно вилучати з печі, тому муфель зазвичай перевіряємо лише після того, як неполадки в ньому призводять до погіршення якості нітроцементованого шару або до шлюбу.

Стан ущільнень між кришкою та муфелем, а також у сальнику валу вентилятора перевіряємо щоразу перед початком нітроцементатації. Особливо ретельно потрібно перевіряти стан затвора у кришці шахтної печі, оскільки від цього залежить безпека роботи. За наявності гарної витяжної вентиляції можна використовувати пісочний затвор. Пісок має бути дрібним і ретельно просіяним.

Перевіряємо герметичність робочого простору печі за допомогою факела. У місцях, де порушена герметичність, газ, що виходить назовні, спалахує від піднесеного полум'я. При такій перевірці виявляються ті місця, через які газ виходить назовні, але не виявляються нещільності, через які може відбуватися підсмоктування повітря всередину муфеля. Незважаючи на позитивний тиск у муфелі, таке підсмоктування можливе внаслідок вихрових потоків, що утворюються під час роботи вентилятора. Особливо часто підсмоктування повітря відбувається через сальники валу вентилятора, тому робимо регулярний огляд всіх ущільнень перед початком роботи.

Перед початком кожного процесу перевіряємо придатність трубок, що подають триетаноамін. Протягом усього часу подачі триетаноаміну трубка повинна охолоджуватися (без охолодження триетаноамін швидко коксується). Стік води повинен здійснюватись так, щоб можна було стежити за наявністю води та заміряти її температуру, яка повинна бути в межах 20-30 °С.

Для нормальної та безперебійної подачі карбюратора вчасно очищаємо від коксу трубку підведення триетаноаміну.

Тривалість розігріву шахтної печі з моменту включення до досягнення робочої температури в залежності від її розмірів становить 5-7 годин.

Автоматичне регулювання, контроль та реєстрацію температури печі проводимо за допомогою електронного самописного потенціометра. Крім того, температуру печі перевіряємо контрольним гальванометром та термопарою один раз на добу.

Завантаження зразків у піч виконуємо після досягнення робочої температури у всіх зонах шахтної печі. Після того, як у піч завантажимо холодні зразки, температура в ній знизиться в залежності від розмірів печі та садки на 100-200 °С. Але вже при такій температурі і тим більше при її підвищенні може відбуватися окислення та обезуглерожування поверхні зразків. Тому для якнайшвидшого витіснення повітря з

робочого простору печі відразу ж після того, як буде закрита кришка, включаємо нагрівачі, вентилятор і починаємо подавати карбюризатор. Через деякий час підпалюємо газу, що відходять над газовідвідною трубою і ще раз перевіряємо за допомогою факела герметичність затвора, сальника вентилятора та інших місць, де можливі витоку газів.

Режим подачі триетаноламіну в період розігріву саду до робочої температури здійснюємо ступінчасто: у початковий період проводиться повна подача карбюризатора, як і в період витримки, що прискорює витіснення повітря з печі. Через 10-20 хвилин витрати карбюризатора знижуємо до 40-60% від початкового і залишають так до досягнення робочої температури. Після того, як буде досягнуто робочої температури процесу, починаємо повну подачу триетаноламіну, передбачену технологічним процесом для періоду витримки. У період витримки дається підвищена подача, тоді як у другий вона знижується приблизно 50 %. Таке регулювання подачі запобігає перенасичення шару азотом та вуглецем. Іноді під час нітроцементатії доводиться на якийсь час припиняти подачу карбюризатора. Якщо перерва у подачі карбюризатора триває трохи більше 10-15 хвилин, це майже впливає результати нітроцементатії. Якщо піч досить герметична, то допустимі і триваліші перерви. Вентилятор повинен бути увімкнений. Стежимо за безперервністю роботи вентилятора.

Витрата триетаноламіну перевіряємо за допомогою візуального відліку крапель у крапельниці при подачі триетаноламіну до водоохолоджуваної трубки або за кількістю триетаноламіну, що витікає, з крапельниці визначається хвилинна витрата (см /хв).

У ході процесу нітроцементатії судимий за кольором та висотою факела згоряючих газів. У такій оцінці є певна умовність, оскільки колір факела залежить від швидкості подачі карбюризатора, наявності у ньому домішок, освітленості цеху і, нарешті, від суб'єктивного сприйняття кольору. При нормальному ході

нітроцементациї полум'я має бути жовтого або світло-жовтого кольору довжиною 10-20 см. Коптяще полум'я смолоскипа свідчить про порушення нормального ходу процесу, що може бути пов'язане з надмірною подачею карбюратора або поганою циркуляцією газу в печі. По висоті факела можна судити про правильність подачі карбюратора і тиск газів у робочому просторі печі. Якщо факел невеликий за висотою і горить нестійко, це ознака зниження тиску або недостатньої подачі триетаноламіну. Високий, стійкий факел відповідає нормальному ходу процесу за умови герметичності пічного простору та регулярного ретельного очищення газовідвідної трубки. Якщо порушена герметичність печі, то навіть за дуже великої подачі карбюратора факел буде невеликим і нестійким.

При закінченні встановленого технологічним процесом часу спочатку припиняємо подачу триетаноламіну, повністю відкриваємо клапан на газовідвідній трубці і робимо невелику витримку (5-10 хвилин), поки не згасне факел газів, що відходять. Вимикаємо вентилятор, плавно піднімаємо та відводимо убік кришку шахтної печі та вивантажуємо деталі. Кришку печі відкриваємо лише після того, як згасне факел газів, що відходять. Передчасне піднесення кришки може призвести до вихлопу та викиду полум'я внаслідок загоряння газів, що залишилися.

Охолодження зразків після нітроцементациї робимо на повітрі.

5.3. Кінцева термічна обробка валу-шестерні

Графічно режими подальшої термічної обробки зразків, а отже, і валів-шестерень були представлені на рис. 5.3

Після нітроцементациї проводим гартування з повторного нагрівання при температурі 860-880°C. Час витримки – 1,5-2,0 години. Далі слідує охолодження в маслі.

Гартування з повторного нагрівання має деякі переваги в порівнянні з безпосереднім гартуванням:

- викликає меншу коробку;
- подрібнюється зерно;
- зменшується кількість залишкового аустеніту тощо.

Цей режим сприяє створенню високоякісного шару з великою твердістю. Даний спосіб загартування спричиняє мінімальну деформацію.

Як заключна операція (після закінчення всієї термічної обробки) проводимо низьку відпустку нітроцементованих зразків при температурі 160-180°C Час витримки - 2-2,5 годин. Далі слідує охолодження на повітрі.

Після термічної обробки йде остаточна термічна обробка: зубошліфування та зубопритирання.

Зубошліфування нітроцементованих деталей вимагає уваги, тому що легко можуть виникнути небажані поверхневі тріщини у вигляді сітки або паралельних, нерівномірно віддалених одна від одної волосинних тріщин.

Причини утворення тріщин різні.

Тріщини виникають внаслідок неправильного процесу нітроцементациї та термічної обробки, а також неправильного та необережного шліфування. Схильністю до шліфувальних тріщин мають шари, що містять велику кількість карбонітридів.

Друга причина утворення шліфувальних тріщин – неправильний вибір швидкості шліфування та недостатнє охолодження.

Таким чином, дотримуючись необхідних вимог, можна усунути утворення шліфувальних тріщин.

Структура остаточного обробленого нітроцементованого зразка з поверхні є дрібногочастим мартенситом відпустки з включеннями карбонітридів і невеликою кількістю залишкового аустеніту. Евтектоїдний підшар має структуру відпущеного мартенситу, а структура серцевини - ферит та перліт (рис. 5.3).



Рисунок 5.3 – Структура остаточно обробленого нітроцементованого зразка із сталі 30ХГТ

Фотографія нітроцементованого шару після газової нітроцементациї та низької відпустки (рис. 5.4).

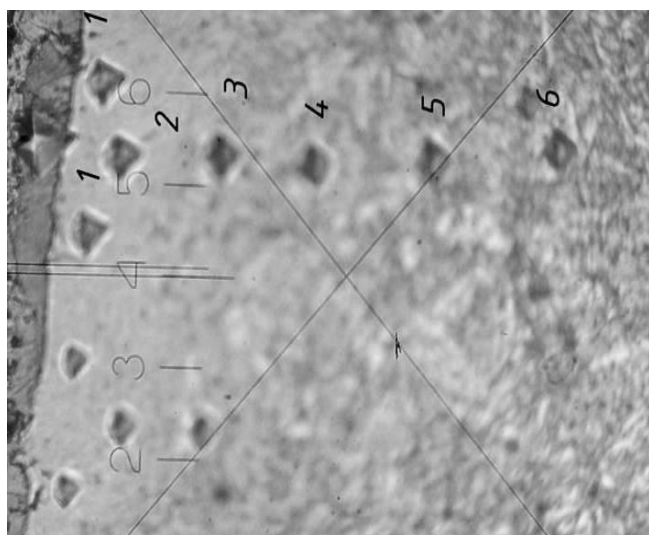


Рисунок 5.4 – Нітроцементований шар із відбитками вимірної мікротвердості.

За отриманими даними вимірювання мікротвердості (табл. 5.1) за глибиною нітроцементацийного шару побудували графік (рис. 5.5).

Таблиця 5.1.

**Значення мікротвердості для зразка підданого газовій нітроцементациї та
ГО**

h, мкм	95	220	480	580	800	1500	1800	2000
H _μ , МПа	747	711	658	611	397	267	236	231

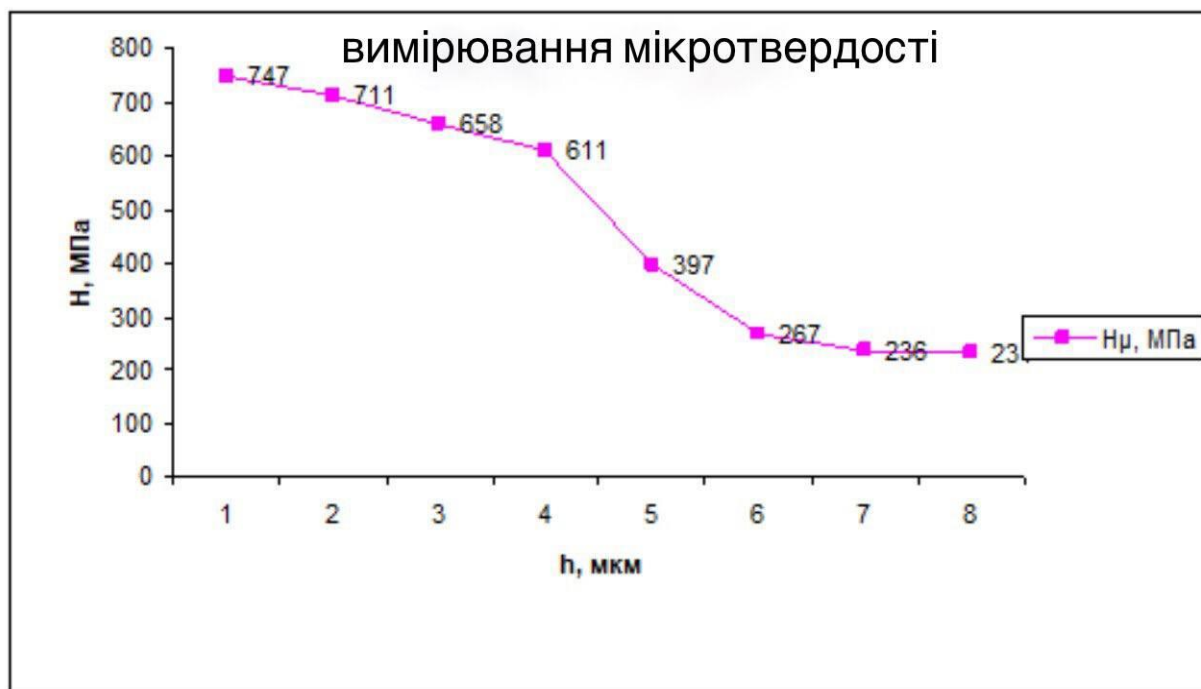


Рисунок 5.5 – Графік зміни мікротвердості за глибиною зміцнення

5.4. Дефекти при нітроцементациї та їх виправленні.

При нітроцементациї деталей триетаноламін можуть виникати різні дефекти (поверхневі, розмірні і структурні).

Для усунення їх необхідно знати причини виникнення дефектів та методи попередження та виправлення. Нижче наводяться деякі види дефектів при нітроцементациї.

Поверхневі дефекти мають різний характер: роз'їдання, шорсткі та круглі плями, нагари, окалина тощо.

Найчастіше ці дефекти пояснюються недостатньою чистотою поверхні деталі перед нітроцементациєю чи недостатньою чистотою нітроцементациї. Залишки окалини, наприклад, сприяють виникненню дефектів, а жир і масляні плями є причиною появи шорстких плям.

Окалина на деталях виникає внаслідок підсмоктування повітря у разі порушення герметичності робочого простору печі. Необхідно перевірити герметичність всіх ущільнень та з'єднань:

сальника вентилятора, затвора кришки, місць введення трубок та усунути знайдені несправності. Виправити поверхневі дефекти можна лише шліфуванням. Для деталей складнішої конфігурації, які не піддаються після нітроцементациї шліфування, деякі поверхневі дефекти неприпустимі.

Зміна форми та розмірів деталі (деформація) залежить від усіх видів термічної обробки: перед нітроцементациєю, під час та після нітроцементациї, а також від конфігурації деталі.

При надто високій температурі, повторне нагрівання під загартування є причинами несподівано великих деформацій.

Іноді більша чи менша схильність до деформації залежить від марки сталі та індивідуальних властивостей сталі.

Такі дефекти, як тріщини, розшарування або фарбування шару, як правило, ознаки великих недоліків самого процесу нітроцементациї (значного перегріву та коливання температури, а також різкого загартування у воді замість олії).

Іноді причиною всіх дефектів буває тривала витримка чи велика подача триетаноламіну при нітроцементациї, і навіть неконтрольована висока температура загартування.

Для запобігання дефектам необхідна акуратність у роботі, проведення виробничого процесу одночасно з точним контролем температур при термічній обробці та перевіркою температури зразковими (контрольними) термопарами.

У багатьох випадках спростити режим термічної обробки нітроцементованого виробу не вдається, наприклад, уникнути повторного нагріву під загартування високолегованих сталей, вдаються тоді до виправлення короблення та деформації. Для цього застосовують операції виправлення виробу та його шліфування. У багатьох випадках для зменшення короблення використовують ізотермічний і ступінчасте загартування виробів.

В результаті структурних дефектів стали виникають різні недоліки: знижена твердість, нерівномірна глибина шару, крихкість шару, різкий перехід від нітроцементованого шару до серцевини, знижена глибина їв, схильність до поновлення шліфувальних тріщин і т.д.

Структурні дефекти встановлюються металографічними дослідженнями.

Знижена твердість - найбільш помітний дефект нітроцементациї, так як він виявляється при контролі відразу після загартування. Причин недостатньої жорсткості кілька. Знижена твердість нітроцементованого шару після гарту при нормальній його глибині може вийти через недостатню насиченість шару вуглецем і азотом, підвищеної кількості залишкового аустеніту, а також утворення несприятливої троостомартенситної структури біля поверхні. Підвищена кількість залишкового аустеніту спостерігається при нітроцементациї деталей з легованих сталей.

З'являється він і у низьколегованих сталей при загартуванні з перегрівом. Підстуджування перед загартуванням та обробкою холодом знижує кількість залишкового аустеніту.

Утворення троостомартенситної структури є наслідком пересичення шару карбонітридами при нітроцементациї деталей із легованих сталей.

Недостатня твердість, що виникає внаслідок обезуглерожування легко виявляється напилком. Дефект буває, як правило, викликаний при нагріванні в печі для гарту або при перенесенні деталей з печі в загартоване середовище. Виправлення не потрібно, якщо робочі поверхні деталі шліфуються, інакше обезуглероживание необхідно було б усунути короточасною нітроцементациєю та повторним загартуванням.

Знижену твердість, викликану неправильним загартуванням, легко ліквідувати повторним загартуванням. Дефект може виникнути при низькій температурі загартування або від неправильного охолодження при загартуванні,

Нерівномірна глибина нітроцементованого шару зазвичай викликається двома причинами:

- 1) неоднаковою температурою в різних точках робочого простору печі та
- 2) поганою циркуляцією газів. Відкладення на деталях коксу та сажі також сприяє нерівномірності нітроцементациї.

Правильне розподілення потужності нагрівачів по зонах печі, справність приладів теплового контролю - основні умови рівномірного нагрівання. Хороша циркуляція газів залежить від правильного, раціонального укладання деталей, а в шахтній печі та від роботи вентилятора.

Ступінь нерівномірності глибини нітроцементованого шару встановлюється мікроструктурою. Якщо в окремих місцях глибина здаю менше нижньої межі за технічними вимогами, то це є підставою для бракування деталей.

Крихкість шару виникає внаслідок пересичення його углеродом і азотом з утворенням карбонітридів у вигляді великих включень або суцільного шару біля самої поверхні. Для запобігання цьому необхідно знизити активність газового середовища зменшенням подачі триетиноламіну або скоротити тривалість витримки.

Для збереження необхідної глибини шару можна трохи підвищити температуру процесу.

Різкий перехід від нітроцементованого шару до серцевини, призводить до вифарбовування та відшаровування зміцненої поверхні та знижує межу витривалості деталей внаслідок різкої концентрації напруг на межі шару – серцевині.

У нітроцементованому шарі після нормально проведеного процесу перепад вмісту вуглецю та азоту у напрямку від поверхні до серцевини буває плавним.

Відповідно до цього перехід від перлітної структури до перлітно-феритної і далі до структури серцевини поступовий.

Перлітна частина шару займає $1/2-2/3$ всієї товщини шару, визначеної під мікроскопом від краю до структури серцевини; решта, крім перліту, є сумішшю перлітних і феритних ділянок теж при достатньому плавному переході.

Занадто різкий перехід, що супроводжується виділенням карбонітридів на поверхні, є ознакою неправильного процесу нітроцементатації. Він свідчить про високе насичення шару азотом і вуглецем і виникає при високій активності газового середовища і найчастіше при низькій температурі нітроцементуючого середовища. Виправити його можна тільки за допомогою дифузійного відпалу. Зменшенню різниці переходу сприяють підвищення температури процесу, зниження активності середовища проживання і збільшення тривалості витримки.

Знижена глибина шару нітроцементатації може бути наслідком кількох причин:

- зниженої температури процесу;
- Порушенням режиму подачі триетаноламіну;
- недостатня витримка;

- погана герметичність робочого простору;
- перевантаження печі деталями, забруднення коксом та сажею.

Знижена температура процесу може бути пов'язана із неправильною роботою пірометричних приладів. Тому необхідно регулярно перевіряти прилади контрольною термопарою. Розбіжність у показаннях приладів у різних зонах печі, де має бути однакова температура, має бути більше 10-15°.

Порушення режиму подачі триетаноламіну (як збільшення, і зменшення його витрати) може бути причиною зниженої глибини нітроцементованого шару. При недостатній подачі триетаноламіну активність газового середовища в печі знизиться і нітроцементация буде з меншою швидкістю. При надто великій подачі триетаноламіну виділяється багато сажі та коксу, поверхня деталей покривається щільною закоксованою плівкою, яка перешкоджає науглерожуванню. Подача триетаноламіну порушується при несправності або поганому регулюванні крапельниці а також при закоксовуванні вступних труб.

Недостатня витримка буває при відпрацюванні нового режиму нітроцементации і порівняно рідко внаслідок порушення встановленого технологічного процесу. До таких порушень належить відкриття шахтної печі для її довантаження або для вилучення зразків «свідків».

Негерметичність робочого простору призводить до підсмоктування повітря, що знижує активність газового середовища. У умовах, щоб одержати заданого шару, витримка, передбачена технологією, виявляється недостатньою. Порушення герметичності печі викликається поганим станом ущільнень у кришці печі та в сальнику валу вентилятора, прогоранням муфеля та іншими причинами [21].

Якщо конструкція сальника дозволяє робити затяжку ущільнення, це потрібно робити регулярно. Незалежно від результатів нітроцементации ущільнення в сальнику потрібно періодично замінювати, не чекаючи появи шлюбу. Різні порушення герметичності викликають заклепи прогорання муфеля. Склад газового середовища

при цьому може настільки змінитися, що замість науглерожування розпочнеться процес знеуглерожування.

Перевантаження печі деталями так само впливає, як і недостатня подача карбюратора при нормальному завантаженні. До цього додається ще утруднена циркуляція газів. У результаті швидкість нітроцементації зменшується і глибина шару виходить зниженою.

Якщо після нітроцементації виробляється безпосереднє загартування, то знижена глибина шару може супроводжуватися зниженою його твердістю. Таке поєднання зазвичай є наслідком недостатньою насиченістю шару вуглецем та азотом.

Щоб переконатися в цьому, потрібно перевірити мікроструктуру зразка або деталі, піддавши їх попередньому відпалу. Причина зниженої насиченості шару та сама, як і заниженої глибини, крім впливу температури, Для усунення такого шлюбу проводиться повторна нітроцементація.

Підвищена концентрація вуглецю та азоту з утворенням грубих включень карбонітридів або сітки здебільшого неприпустима з погляду експлуатаційних властивостей деталі. На жаль, далеко не на всіх заводах це є ознакою бракування.

Зменшити концентрацію вуглецю та азоту у шарі можна зменшенням подачі триетаноламіну або збільшенням температури нітроцементації.

Вільні карбонітриди у нітроцементованому шарі не завжди є дефектною фазою, особливо якщо вони присутні у невеликій кількості у вигляді глобулів.

Така присутність карбонітридів у багатьох деталях навіть покращує зносостійкість шару. У разі присутності їх у виді сітки покращує в'язкість шару і може спричинити фарбування.

Надійний засіб для виправлення цього дефекту - дифузійний відпал; іноді застосовують загартування шару з температури вище A_c ; після загартування цементит утримується у твердому розчині.

Окалина на деталях виникає в результаті підсмоктування повітря при порушенні герметичності робочого простору печі, а також при високому вмісті води триетаноламін.

Необхідно перевірити герметичність всіх ущільнень та з'єднань та усунути знайдені недоліки.

Плямиста нітроцементация може бути викликана: аномальною структурою сталі та забрудненням поверхні деталі, що перешкоджає рівномірності охолодження. Плямиста твердість після гарту є прямим наслідком плямистої нітроцементации.

Дефектна (темна) складова у структурі нітроцементованого шару утворюється при пересиченні сталі азотом. Виявляється цей дефект на нетривлених шліфах біля самої поверхні у вигляді тріщин, плям і розірваної сітки.

Темна складова в нітроцементованому шарі за своєю природою є пори, що утворилися внаслідок виділення вільного азоту, заповнені вільним вуглеродом і результаті протікає за цим графітизації.

На утворення темної складової істотно впливає температура процесу та швидкість подачі триетаноламіну.

Найбільш небезпечним є інтервал температур 800-850 °. Підвищення та зниження температури за інших рівних умов призводить до зменшення темної складової у шарі.

Дефектна (темна) складова у нітроцементованому шарі неприпустима, оскільки вона знижує механічні властивості деталі, особливо опір контактної втоми.

Деталі з такою поверхнею не витримують необхідних контактних навантажень і при роботі відбувається їхнє зминання. Тому контроль на наявність у шарі темної складової є обов'язковим.

Для уникнення утворення дефектного нітроцементованого шару процес повинен здійснюватися з невеликими швидкостями подачі триетаноламіну та з мінімальним періодом відновлення атмосфери печі .

Висновки

Сталь 30ХГТ є спадково-дрібнозернистою. Нами була обрана газова нітроцементация при температурі 860-880°З використанням рідкого ціанізатора - триетаноламіну. Час витримки – 6-8 годин. Далі слідує охолодження на повітрі. Практичне застосування при нітроцементациї знайшов лише один рідкий комплексний карбюризатор триетаноламін. Це в'язка прозора рідина жовто-коричневого кольору.

Технічний триетаноламін (C₂H₄OH)₃N є третинним аміноспиртом з домішкою вторинних та первинних аміноспиртів.

Для проведення процесу газової нітроцементациї деталей із застосуванням триетаноламіну використовуємо шахтні муфельні електричні печі. При експлуатації печей рекомендується максимальна робоча температура 950°С. Широке застосування для газової цементациї, азотування та газового ціанування знайшли електричні шахтні печі серії Ц. Конструкція печі СШЦ-6.12/10.

Після нітроцементациї проводим гартування з повторного нагрівання при температурі 860-880°С. Після термічної обробки йде остаточна термічна обробка: зубошліфування та зубопритирання.

ВИСНОВКИ

Отже, однією з найактуальніших проблем на цей час є підвищення якості та довговічності промислової продукції. Підвищення якості металу та його механічних властивостей - основний шлях збільшення довговічності деталей та одне з головних джерел економії матеріалу.

В роботі розглянуто деталь вал-шестерня редуктора зубчастого циліндричного двоступінчастого горизонтального Ц2-530-31,5-31У2.

Після огляду літератури можна зробити висновки, що однією з основних задач полягає у правильному виборі матеріалів деталей та способу їх зміцнення. І тому проводять патентний пошук.

В роботі запропоновано деталь вал-шестерня виготовляти із сталі 30ХГТ. Сталь 30ХГТ - це економно-легована конструкційна низьколегована якісна сталь. Містить 0,30% вуглецю, 1,0% хрому, 1,0% марганцю, до 1,0% титану, а також кремній, мідь, нікель, фосфор та сірку, що впливають на властивості сталі. Меіалографічний аналіз та визначення твердості проводилось за стандарними технологіями.

Розроблена сучасна машинна технолія отримання вал-шестерня, яка включає в себе послідовні етапи: отримання чавуну, отримання сталі, отримання заготовки, термічна обробка деталі.

Запропановано сучасний режим термічної та хіміко-термічної обробки деталі. Нами була обрана газова нітроцементация при температурі 860-880°.З використанням рідкого ціанізатора - триетаноламіну.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Решетов Д. Н. Детали машин: Учебник для студентов машиностроительных и механических специальностей вузов. – 4 –е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989, - 496 с.
2. Богуславский Б. Л. Справочник металлиста – т. 8. – М.: Машиностроение, 1976. – 675 с.
3. Дальский А. М. Технология конструкционных материалов. Учебник для вузов. М., Машиностроение, 1977, 664 с.
4. Казаков Н. Ф., Осокин А. М., Шишкова А. П. Технология металлов и других конструкционных материалов: Учебное пособие для студентов механических специальностей немашиностроительных вузов. М., «Металлургия», 1976. – 687 с.
5. Башнин Ю. А., Ушаков Б. К., Секей А. Г. Технология термической обработки стали. Учебник для вузов. М.: Metallurgy, 1986. 424 с.
6. Вязников Н. Ф. Термист. – М., Metallurgizdat, 1957. – 264 с ил.
7. Охрана труда в машиностроении. Под ред. Юдина Е. Я., Белова С. В. – М.: Машиностроение, 1983. – 431 с.
8. Иванов М. Н. Детали машин: Учебник для вузов. М., «Высш. школа», 1991. – 330 с.: ил.
9. Спосіб нітроцементації сталевих виробів/Панасенко Л.І., Костенко О.О., Ольшанська Т.М. та Спіцький В.І. / SU 1617045. Авторське свідоцтво СРСР №618451 кл. 323 3 8/32, 1976.
10. Середовище для іонної цементації / Шевцов А.Л., Колесніков А.М., Дозморів СВ., Платонов В.І., Крігер О.С., Померанцев В.Ю. та Корнілович П.А. / SU 1694689. Авторське свідоцтво СРСР кл. 3 23 3 8/36, 1989.

- 11.Спосіб газової цементації сталевих виробів/Чорнов І.А., Арутюнов В.А. та Ковригін В.А. / SU 1520140. Авторське свідоцтво СРСР кл. 3 23 3 8/06, 1987.
- 12.Спосіб газової цементації сталевих виробів/Афанасьєв В.К., Плотніков В.Г. та Гудкова Т.Ю. / SU 1463801. Авторське свідоцтво СРСР кл. 3 23 3 8/22, 1987.
- 13.Гуляев А. П. Материаловедение. Учебник для вузов. М., «Металлургия», 1976. – 647 с. с ил.
- 14.Ерохин А. В., Самохин С. К. Механизация и автоматизация в термических цехах. Учебник для вузов. – М.: Машгиз,1953. – 478 с.: ил.
- 15.Корсаков В. С. Основы технологии машиностроения. Учебник для вузов. М., «Высш. школа», 1974, 336 с. с ил.
- 16.Маталин А. А. Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты », - Л.: Машиностроение, Ленингр. отд – ние, 1985. – 496 с., ил.
- 17.Гуляев А. П. Термическая обработка стали. – Машгиз,1953. – 384 с.: ил.
- 18.Никитин Л. И. «Охрана труда в лесном хозяйстве, лесной и деревообрабатывающей промышленности » М.: «Лесная промышленность» 1977. 368 с.
- 19.Зуев В. М. Термическая обработка металлов: Учеб. для сред. ПТУ. -3-е изд., перераб и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 288 с., ил.
- 20.Лахтин Ю. М. Материаловедение и термическая обработка. М., Metallurgizdan, 1964. – с. 389
- 21.Долотов Г. П., Кондаков Е. А. Оборудование термических цехов и лабораторий испытания металлов: Учебное пособие для учащихся машиностроительных и металлургических техникумов. – М., Машиностроение, 1988. – 336 с.: ил.

22.Рустем С. Л. Оборудование и проектирование термических цехов. М., Машгиз, 1962.

23.Соколов В. М. Механизация и автоматизация в термических цехах. М. – Свердловск, машгиз, 1962.

24.Методические указания к лабораторной работе «Выбор материала и термическая обработка деталей типа шестерён» по курсу «Технология упрочнения сталей и сплавов», Сигова В. И. , Сумы: Сум ГУ, 1988

25.Мельник Л . Г .,Каринцева А .М . «Экономика предприятия». Конспект лекций : Учебное пособие : -Сумы: ИТД «Университетская книга», 2002,. - 400 с.

