

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

Інженерно-фізичний факультет
(повне найменування факультету)

Фізичне матеріалознавство
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту (роботи)
бакалавр
(ступінь вищої освіти)

на тему Вивчення можливостей збільшення витривалості деталей машин зі сталей, що
поліпшуються термічним обробленням
(назва теми)

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи ІФз 210сп

Спеціальності 132 Матеріалознавство
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Прикладне матеріалознавство

ДОЛМАТОВА А.Ю
(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник КЛИМОВ О.В
(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент _____
(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Інженерно – фізичний
 Кафедра Фізичне матеріалознавство
 Ступінь вищої освіти бакалавр
 Спеціальність 132 Матеріалознавство
(код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Прикладне матеріалознавство
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

«_____» _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)
ДОЛМАТОВА Анастасія Юріївна
(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Вивчення можливостей збільшення витривалості деталей машин зі сталей, що поліпшуються термічним обробленням

керівник проєкту (роботи) к.т.н., доцент КЛИМОВ Олександр Володимирович
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «18» квітня 2023 року № 122

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) ескіз деталі напіввісі автомобіля, поліпшувальні сталі

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) характеристика та умови експлуатації виробу. вимоги до матеріалу, номенклатура виробів та маршрутна технологія їх виготовлення, характеристика матеріалів виробів, розробка режимів та технології термічної обробки, технічний контроль попередження та виявлення дефектів, технічний контроль попередження та виявлення дефектів, спеціальна частина

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів)

Конструкція напіввісі автомобілю, характеристики сталі 30ХГСА, механічні властивості сталі 30ХГСА, графік термічної обробки сталі 30ХГСА, захист від корозії напіввісей зі сталі 30ХГСА

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	КЛИМОВ О.В, доцент, к.т.н		
2	КЛИМОВ О.В, доцент, к.т.н		
3	КЛИМОВ О.В, доцент, к.т.н		
4	КЛИМОВ О.В, доцент, к.т.н		
5	КЛИМОВ О.В, доцент, к.т.н		
6	КЛИМОВ О.В, доцент, к.т.н		
7	КЛИМОВ О.В, доцент, к.т.н		
	ТКАЧ Д.В, доцент, к.т.н		

7. Дата видачі завдання «15» квітня 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Характеристика та умови експлуатації виробу. Вимоги до матеріалу	19.04.2023	
2	Номенклатура виробів та маршрутна технологія їх виготовлення	26.04.2023	
3	Характеристика матеріалів виробів	15.05.2023	
4	Розробка режимів та технології термічної обробки	25.05.2023	
5	Технічний контроль попередження та виявлення дефектів	30.05.2023	
6	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	01.06.2023	
7	Антикорозійна обробка та способи підвищення зносостійкості напіввісі автомобіля	05.06.2023	

Студент(ка)

(підпис)

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

(

підпис

)

м'я

ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до бакалаврської роботи: 50с., 10 табл., 8 рис., 4 дод., 13 джерел.

НАПІВВІСЬ, УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ, МАРШРУТНА ТЕХНОЛОГІЯ, ТЕРМІЧНЕ ОБРОБЛЕННЯ, ЗНОСОСТІЙКІСТЬ, 30ХГСА, КОНТРОЛЬ, МАРШРУТНА ТЕХНОЛОГІЯ, ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ, ЗАХИСНА АТМОСФЕРА, ЗНЕВУГЛЕЦЮВАННЯ

Об'єкт дослідження – деталь із поліпшувальної сталі 30ХГСА

На основі аналізу умов експлуатації деталі необхідно обґрунтувати вибір матеріалу для виготовлення напіввісі вантажного автомобіля. Розробити схему маршрутної технології виготовлення виробу, проаналізувати обраний матеріал, його технологічні, механічні, експлуатаційні властивості, роль компонентів, що входять до його хімічного складу. Обґрунтувати вибір технології термічної обробки (попередньої, основної, додаткової). Розробити технологічну карту термічної обробки і обрати засоби контролю якості виробу.

ЗМІСТ

	С.
Скорочення та умовні позначки	6
Вступ.....	7
1 Характеристика та умови експлуатації виробіввимоги до матеріалів	9
2 Номенклатура виробів та маршрутна технологія їх виготовлення.....	11
3 Характеристика матеріалу виробів	14
4 Розробка режимів та технології термічної обробки	20
5 Технічний контроль, попередження та виправлення дефектів	30
6 Охорона праці та безпека життєдіяльності	35
7 Антикорозійна обробка та способи підвищення зносостійкості напіввісі автомобіля	38
Висновки	44
Перелік джерел посилань	45
Додаток А Конструкція напіввісі автомобіля, характеристики сталі 30ХГМА.....	47
Додаток Б Механічні властивостісталі30ХГСА.....	48
Додаток В Графік термічної обробки сталі 30ХГСА.....	49
Додаток Г Захист від корозії напіввісей зі сталі 30ХГСА.....	50

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧКИ

HRC – твердість за Роквелом;

HB – твердість за Брінелем;

KCU – ударна в'язкість;

σ_T – границя плинності;

σ_B – границя міцності;

δ_5 – відносне видовження;

ψ – відносне звуження;

A_3, A_4 – температури поліморфного перетворення заліза;

л.е. – легувальні елементи;

ТО – термічна обробка;

$A_{\text{зал.}}$ – Аустеніт залишковий;

М – мартенсит.

ШРУС – шарнір рівних кутових швидкостей

ВСТУП

У сучасному світі, де розвиток технологій і швидкий прогрес відіграють важливу роль у різних галузях промисловості, питання ефективного функціонування машин та обладнання стає все більш актуальним. Висока витривалість та надійність деталей машин є критичними факторами для забезпечення безперебійної роботи технічних систем.

Сталь, завдяки своїй міцності, відносно низькій вартості та широкому спектру застосування, є одним із найпопулярніших матеріалів, які використовуються у виробництві деталей машин. Однак, у процесі експлуатації деталі стикаються зі значними механічними навантаженнями, що може спричинити втомне руйнування та зниження експлуатаційної стійкості.

Для покращення властивостей сталей та забезпечення більшої витривалості деталей машин, велику увагу приділяють термічній обробці. Цей процес включає нагрівання деталей до певної температури, витримку протягом необхідного часу та подальше охолодження з метою досягнення бажаних механічних властивостей та структури.

Однією зі сталей, що поліпшуються термічним обробленням, є сталь 30ХГСА. Цей матеріал має високу міцність, стійкість до зношування та хорошу зварюваність, що робить його популярним для виробництва деталей, які працюють в умовах високих навантажень. Вивчення можливостей збільшення витривалості деталей зі сталі 30ХГСА шляхом оптимізації термічного оброблення є актуальним завданням, яке може принести значні покращення в ефективності технічних систем та зниження витрат на обслуговування та ремонт.

У цьому дипломному проекті метою є розробка оптимального режиму термічної обробки сталі 30ХГСА з метою забезпечення максимальної експлуатаційної стійкості напіввісі автомобіля.

Результати цього дослідження будуть корисними для виробників машин та обладнання, які використовують сталь 30ХГСА для виробництва деталей. Оптимізація термічного оброблення може призвести до значного покращення витривалості та довговічності деталей, що в свою чергу сприятиме зниженню вартості експлуатації технічних систем та забезпечить безперебійне функціонування обладнання.

Отже, цей дипломний проект спрямований на розширення нашого розуміння можливостей збільшення витривалості деталей машин зі сталей, що поліпшуються термічним обробленням, зокрема на прикладі сталі 30ХГСА. Подальший розвиток у цій області може мати значний вплив на промисловість, покращуючи якість та надійність технічних систем, що використовуються в різних сферах людської діяльності.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИРОБІВ ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛІВ

Напіввісь – це важливий елемент ходової частини авто. Автозапчастини забезпечують якісну взаємодію ведучої колісної пари та диференціалом. При цьому, зберігається швидкість автомобіля і плавність передачі сили, що допомагає легше справлятися з нерівностями на дорогах і при поворотах. Завдяки встановленим шарнірам кожне колесо може змінювати вертикальне положення, незалежно від другого колеса. Це особливо корисно під час поїздки вибоїстими дорогами. Вони встановлюються кожному привідному колесі [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Функція приводного валу (напіввісі) – передача крутного моменту від головної передачі та диференціала на провідне колесо із збереженням швидкості та плавності його обертання при поворотах та наїздах на нерівності. Для цього на напіввісі встановлюються шарніри, що передають момент обертання під різними кутами. Сам вал і два шарніри рівних кутових швидкостей (ШРУС) на ньому – це повний комплект піввісі. Зображення напіввісі у повній комплектації наведено на рис.1.1.



Рисунок 1.1 – Конструкція напіввісі автомобіля [2]

Оскільки передача крутного моменту, відбувається при постійно змінюваному куті, напіввісі комплектуються ШРУСами з обох боків. Також на напіввісі може бути встановлений підвісний підшипник. Для захисту від попадання бруду на шарнір встановлюється пильовик **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**. Напіввісь може бути встановлена як на передній осі, так і на задній. Спереду напіввісі виходять безпосередньо з коробки, ззаду – з диференціала. Габарити та розміри напіввісі залежать від конструкції автомобіля **[Ошибка! Неизвестный аргумент ключа.]**.

У процесі експлуатації транспортного засобу напіввісь постійно працює під досить серйозними навантаженнями, серед яких:

- згинальний момент, який з'являється через вплив на автомобіль сили тяжіння;
- дотична реакція, що виникає на початку руху та гальмуванні автомобіля;
- бічна сила через заноси машини;
- бічні навантаження[2]

Спосіб кріплення до маточини та диференціала залежить від конструкції: це або шліцьове з'єднання, або фланцеве. Оскільки напіввісь – елемент збірний, говорити про матеріал виготовлення досить складно: для шрусів використовується один метал, для валу – інший. Як правило, вали робляться із середньовуглецевої сталі з додаванням хрому, нікелю та молібдену.

Враховуючи вищенаведені умови експлуатації напіввісі, до матеріалу для її виготовлення висувають ряд вимог: $\sigma_B \geq 1000 \text{ МПа}$, $\sigma_{0,2} \geq 850 \text{ МПа}$, $\delta \geq 12\%$, $KCU \geq 65 \text{ Дж/см}^2$, твердість 32...34 HRC. Отже, для виготовлення напіввісі вантажного автомобіля доцільно використовувати поліпшувальні середньолеговані сталі [2].

2 НОМЕНКЛАТУРА ВИРОБІВ ТА МАРШРУТНА ТЕХНОЛОГІЯ ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ

Технологія виготовлення виробів на машинобудівних, інструментальних, спеціальних заготівельних підприємствах являє собою логічну послідовність технологічних операцій, виконання яких дозволяє отримати якісні вироби із відповідними характеристиками та властивостями матеріалу.

Номенклатура – це перелік виробів, які обробляються у виробничому підрозділі. У відділенні термічної обробки проходять термічну обробку вальниць кочення. У табл. 2.1 наведено номенклатуру оброблюваних деталей у відділенні.

Таблиця 2.1 – Номенклатура виробів, які зазнають термічного поліпшення

№ п/п	Назва виробу	Матеріал виробу	Маса виробу, кг	Разміри виробу, мм				Вимоги до матеріалу
				B	d	l	D	
1	2	3	4	5	6	7	8	8
1	Напіввісь автомобіля	30ХГСА	10,54	-	16	970	42	$\sigma_B \geq 1000 \text{ МПа}$, $\sigma_{0,2} \geq 850 \text{ МПа}$, $\delta \geq 12\%$, $KCU \geq 65$ Дж/см^2 , твердість 32...34 HRC

Маршрутна технологія являє собою рух заготовок по цехам та відділенням підприємства, в ній зазначаються виконувані операції, які можуть повторюватися але мати різне призначення, режими та забезпечувати зміну форми, розмірів, шорсткості поверхні, мікроструктури та властивостей. В розробці маршрутної технології приймають участь фахівці тих цехів, в яких відбувається обробка даного виробу. Вона може включати десятки операцій. Маршрутну технологію виготовлення привідного валу (напіввісі) наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Маршрутна технологія виготовлення напіввісі (привідного валу) вантажного автомобіля

№	Назва операції	Цех(дільниця)	Призначення
1	2	3	4
1.	Вхідний контроль	Заготівельний цех	Контроль хімічного складу, розмірів, відсутності дефектів прокату (прутків)
2.	Заготівельна	Заготівельний цех	Отримання заготовок із прокату (порізка)
3.	Механічне оброблення	Механічний цех	Надання заготовці необхідної форми та розмірів, обточення, фрезерування.
4.	Термічна обробка	Термічний цех	Отримання необхідної структури та властивостей (гартування + відпуск)
5.	Остаточне механічне оброблення	Механічний цех	Надання виробу остаточних розмірів, геометрії, шорсткості,

			відповідно до робочого креслення
--	--	--	----------------------------------

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
6.	Балансування	Механічний цех	Перевірка деталей на биття на центрах, балансування.
7.	Антикорозійна обробка	Спеціальна ділянка механічного цеху	Обробка деталей у антикорозійному розчині.
8.	Контроль	Механічний цех	Повний контроль виробу згідно робочого креслення

Виходячи з таблиці 2.1 проведемо пояснення операцій:

Вхідний контроль проводиться для контролю хімічного складу, розмірів, макроструктури та відсутності дефектів гарячекатаного прокату.

Заготівельна операція проводиться для того, щоб отримати заготовки необхідного розміру для напіввісей.

Механічне оброблення проводять на установках ЧПУ для надання деталі необхідних розмірів, виконують обточення, фрезерування шліцевих канав, проточок.

Термічна обробка полягає у проведенні гартування за температур вище A_{C1} з охолодженням у маслі, далі відпускання при температурах $550 \pm 20^\circ\text{C}$ з охолодженням у воді для надання необхідної структури.

Остаточне механічне оброблення полягає у наданні остаточних розмірів деталі, шліфуванні поверхні, поліруванні.

Антикорозійна обробка проводиться для захисту деталі від впливу агресивного середовища, а саме води, розчинів солей, яке може виникнути в процесі експлуатації автомобіля.

Контрольна операція забезпечує повний контроль виробу у відповідності з робочим кресленням.

Отже, аналіз схеми маршрутної технології дозволяє виділити ті операції процесу, які приводять до зміни структури та властивостей. До таких відноситься термічна обробка.

3 ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРІАЛУ ВИРОБІВ

Для виготовлення напіввісі вантажного автомобіля запропоновано сталь 30ХГСА. Хімічний склад, критичні точки, механічні властивості після оптимального режиму термічної обробки та механічні характеристики наведено у таблицях 3.1 – 3.3 відповідно.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад сталі 30ХГСА (% мас.)
ДСТУ 7806/ГОСТ 4543

Марка сталі	C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Cu
30ХГСА	0,28- 0,34	0,90- 1,20	0,80- 1,10	0,80- 1,10	≤0,30	≤0,025	≤0,025	≤0,30

Таблиця 3.2 – Критичні точки сталі 30ХГСА, °C [Ошибка! Источник ссылки не найден.]

Марка сталі	Ac ₁	Ac ₃	Ar ₃	Ar ₁	M _п
30ХГСА	760	830	705	670	352

Таблиця 3.3 – Механічні властивості сталі 30ХГСА після оптимального режиму термічної обробки [Ошибка! Источник ссылки не найден.]

Марка сталі	Режим термічної обробки	σ _В , МПа	σ _{0,2} , МПа	δ, %	KCU, Дж/см ²	HRC
30ХГСА	Гартування 870±10°C, масло, відпускання 550±10°C, вода.	1220	1140	15	78	34

Розглянемо особливості легування сталі 30ХГСА. Основними легувальними елементами сталі, яка розглядається є хром, марганець та кремній.

Хром – дуже розповсюджений легувальний елемент. Він підвищує точку A_3 і знижує точку A_4 (зменшує область існування аустеніту). Температура евтектоїдного перетворення сталі (точку A_1) за присутності хрому підвищується, а вміст вуглецю в евтектоїді (перліті) знижується. З вуглецем хром утворює карбіди (Cr_7C_3 , $Cr_{23}C_6$) більш міцні та стійкі ніж цементит. Розчиняючись в фериті хром підвищує його твердість і міцність, зниження в'язкості при цьому не значне.

Хром значно підвищує стійкість переохолодженого аустеніту, що приводить до зниження критичної швидкості гартування, тобто підвищується прогартовуваність. Температура мартенситного перетворення за наявності хрому знижується. Хром підвищує стійкість проти відпуску; тому відпуск хромистих сталей проводиться при більш високих температурах, ніж відпуск вуглецевих сталей. Хромисті сталі схильні до відпускній крихкості II-го роду і тому після відпуску деталі необхідно швидко охолоджувати в маслі або у воді.

Карбідоутворювальними елементами є хром і марганець. При розчиненні карбідоутворюючих елементів в цементиті він стає легованим цементитом. При підвищенні вмісту карбідоутворюючого елементу утворюються самостійні карбіди цього елемента з вуглецем, тобто прості карбіди, наприклад, Cr_7C_3 , $Cr_{23}C_6$, Mo_2C . Усі карбіди дуже тверді (HRC 70 - 75) і розплавляються при високих температурах (Cr_7C_3 приблизно при $1700^{\circ}C$) [5].

Марганець є карбідоутворюючим елементом, він зменшує шкідливий вплив сірки та кисню та підвищує твердість та міцність сталі. Марганець підвищує стійкість аустеніту та збільшує ступінь його переохолодження. Зменшує критичну швидкість гартування, тому сталь, що містить марганець,

прогартується значно глибше, ніж проста вуглецева. Розчиняючись у фериті, марганець підвищує міцність, але дещо знижує пластичність сталі. Марганець збільшує механічний опір ударним, динамічним навантаженням. Підвищує загальну міцність сплаву. Завдяки марганцю 30ХГСА більш зносостійка, ніж аналоги.

Легування сталі кремнієм супроводжується підвищенням показників міцності при одночасному незначному зниженні відносного звуження та збереженні відносного видовження приблизно на тому самому рівні. Ударна в'язкість при вмісті сталі кремнію від 1,5% і більше різко знижується, тому сталь, яка розглядається, має на вищому рівні 1,2% кремнію [6].

Загальний характер впливу кремнію на механічні властивості поліпшувальної сталі має деякі риси подібності із впливом його на властивості фериту. Справді, у тому й іншому випадку під впливом кремнію зростає міцність і знижується в'язкість металу. Таке явище цілком закономірно, оскільки кремній, як елемент, що не утворює карбідів, переважно впливає на феритну основу сорбіту поліпшеної сталі. До цього слід додати, що кремній сильно уповільнює процес укрупнення карбідів при відпуску і тому збільшує стійкість сталі проти відпуску, сприяючи досягненню при однаковій температурі відпуску вищих показників міцності. Сукупність дії кремнію в зазначених напрямках призводить до того, що у відпущеної при однаковій температурі нагрівання сталі з підвищенням вмісту кремнію збільшується міцність, але знижується в'язкість. Також кремній модифікує кристалічну структуру металу, підвищуючи величину ударної в'язкості.

Хромокремнієві і хромокремнемарганцеві сталі (33ХС, 38ХС, 25ХГСА, 30ХГСА, 35ХГСА тощо.) мають високу міцність і помірну в'язкість. Широке поширення (особливо в авіабудуванні) набули сталі типу 30ХГСА, що мають гарну зварюваність. Подібну сталь застосовують після гартування та низького відпуску або після термічного поліпшення (відпуску 520...540°C).

Зміна властивостей сталі 30ХГСА в залежності від температури відпуску наведено на рисунку 3.1.

Недоліком сталей 30ХГСА є відносно невелика прогартованість (до 25...40 мм) сильна схильність до відпускнуї крихкості I і II роду, схильність до знеуглецювання (останньому сприяє кремній).

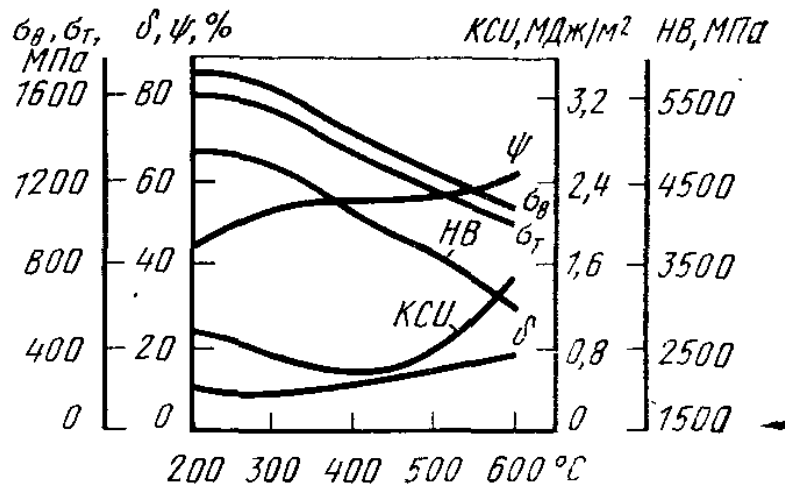


Рисунок 3.1 – Зміна механічних властивостей сталі 30ХГСА в залежності від температури відпуску

Крім легувальних елементів у складі цієї сталі є домішки. Домішки – це хімічні елементи, які потрапляють до складу сталі під час її виготовлення, як технологічні добавки або як складові шихтових матеріалів.

Випадковими домішками в сталі можуть бути практично будь-які елементи, що випадково потрапили в сталь зі скрапу, природно-легованої руди або розкислювача.

Прихованими шкідливими домішками в сталі є гази (водень, азот, кисень). Шкідливі домішки сірка, фосфор і гази присутні практично у всіх сталях і залежно від типу сталі вони можуть впливати на властивості по-різному [4].

Сірка утворює із залізом хімічну сполуку сульфід заліза FeS. Сульфіди значно знижують ударну в'язкість та пластичність. Крім того, наявність сірки

в сталі може призвести до руйнування зливка при пластичній деформації (ковка, прокат).

Фосфор суттєво знижує пластичність та ударну в'язкість сталі, особливо при низьких температурах. Фосфор підвищує поріг холодноламкості, це погано, тому що сталь крихко руйнується за більш високих температур. Так, якщо поріг холодноламкості підвищився до 20°C і вище, сталь стає крихкою вже при кімнатній температурі.

Гази навіть у незначній кількості помітно погіршують властивості сталі. Кисень, азот утворюють крихкі сполуки (оксиди та нітриди), що призводить до підвищення порога холодноламкості та зниження ударної в'язкості. Присутність водню викликає утворення флокенів (тонкі тріщини овальної або округлої форми) у катаних заготовках і великих поковках, це сильно окрихчує сталь.

Прогартованість – важлива технологічна характеристика. За глибину прогартованого шару приймають відстань від поверхні до серцевини шару, де в структурі однаковий об'єм мартенситу та троститу. Залежність прогартованості від середовища гартування наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Показники прогартованості для сталі 30ХГСА

Марка сталі	Кількість мартенситу, %	Критична твердість, HRC	Критичний діаметр, мм	
			у воді	у маслі
30ХГСА	50	38-43	60-91	34-60
	90	43-48	40-68	18-40

Прогартованість можна досліджувати вимірюванням твердості на різних відстанях від торця. Такі дані для сталі 30ХГСА наведено у таблиці 3.5. Смуга прогартовуваності сталі 30ХГСА наведена на рисунку 3.2.

Таблиця 3.5 – Прогартованість сталі 30ХГСА (твердість, HRC)

[Ошибка! Источник ссылки не найден.]

Відстань від торця, мм									
1,5	3,0	4,5	6,0	9,0	12	15	18	21	24
50,5- 55	49-54	47,5- 53	46- 52,5	41,5- 52	38-51	36- 48,5	35,5- 46,5	33- 44,5	30-43

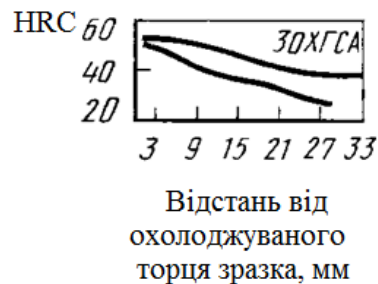


Рисунок 3.2 – Смуга прогартуваності сталі 30ХГСА

Введення легувальних елементів значно змінює вигляд діаграми ізотермічного розпаду переохолодженого аустеніту. І хром, і кремній, і марганець збільшують стійкість переохолодженого аустеніту. Карбідоутворювальні елементи (такі як Cr) розділяють С-криву на 2 мінімуми стійкості аустеніту. На діаграмі присутні декілька областей перетворення. Це перетворення $A \rightarrow \Phi + P$, $A \rightarrow B$, $A \rightarrow M$. Області мінімальної стійкості аустеніту зсунуті праворуч через розчинені в аустеніті вуглець, хром та марганець. На діаграмі присутня область гомогенного аустеніту.

4 РОЗРОБКА РЕЖИМІВ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ

Технологія термічної обробки – складова частина технологічного процесу виготовлення металевого виробу, яка забезпечує отримання необхідної структури, механічних та експлуатаційних властивостей, якості цього виробу тощо.

Термічна обробка, певний часовий цикл нагрівання й охолодження, якому піддають метали для зміни їхніх фізичних властивостей. Термообробка у звичайному змісті цього терміну проводиться при температурах, не сягаючи точки плавлення. Процеси плавлення, що роблять істотний вплив на властивості металу, у це поняття не включаються. Зміни фізичних властивостей, спричинені термічною обробкою, обумовлені змінами внутрішньої структури й хімічних співвідношень, що відбуваються у твердому матеріалі. Цикли термічної обробки – це різні комбінації нагрівання, витримки при певній температурі й швидкого або повільного охолодження, що відповідають тим структурним і хімічним змінам, які потрібно виконати.

Вибір основних операцій термічної обробки необхідно здійснювати таким чином, щоб технологія була високопродуктивною, забезпечувала б найбільш раціональне використання матеріальних та енергетичних ресурсів і головне – високу якість продукції.

У таблиці 3.3 було наведено рекомендований режим термічної обробки для сталі 30ХГСА. Він полягає у проведенні гартування від температур $870 \pm 10^\circ\text{C}$ з охолодженням у маслі, та подальше відпускання при температурі $550 \pm 10^\circ\text{C}$ з охолодженням у воді, що запобігає виникненню явища відпускнуї крихкості. Такий комплекс операцій називають поліпшення. На рисунку 4.1 зазначено графік термічної обробки напіввісі вантажного автомобіля.

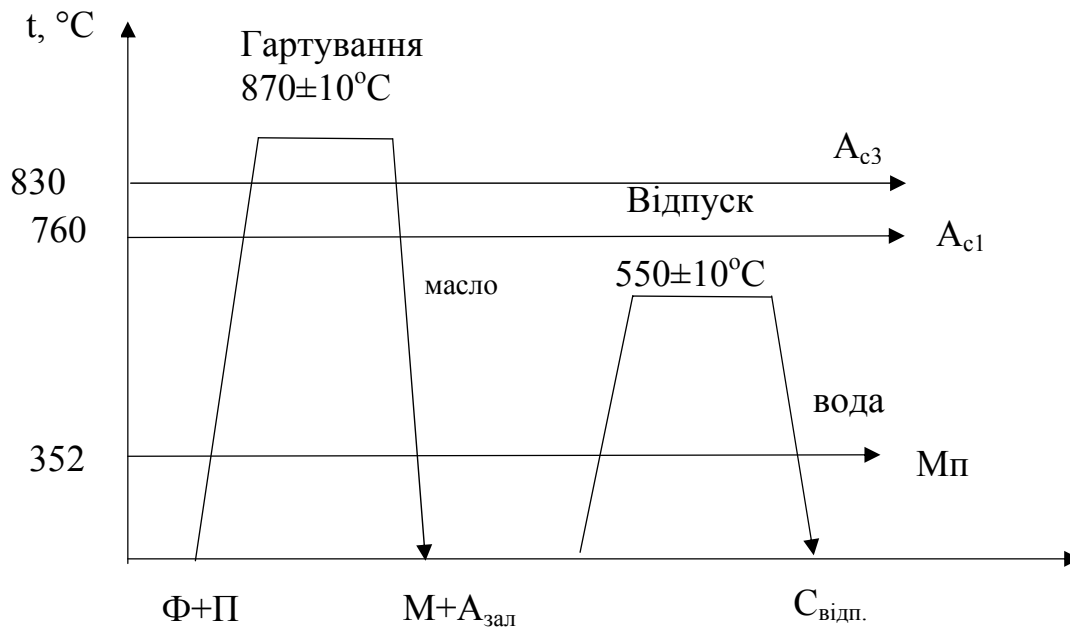
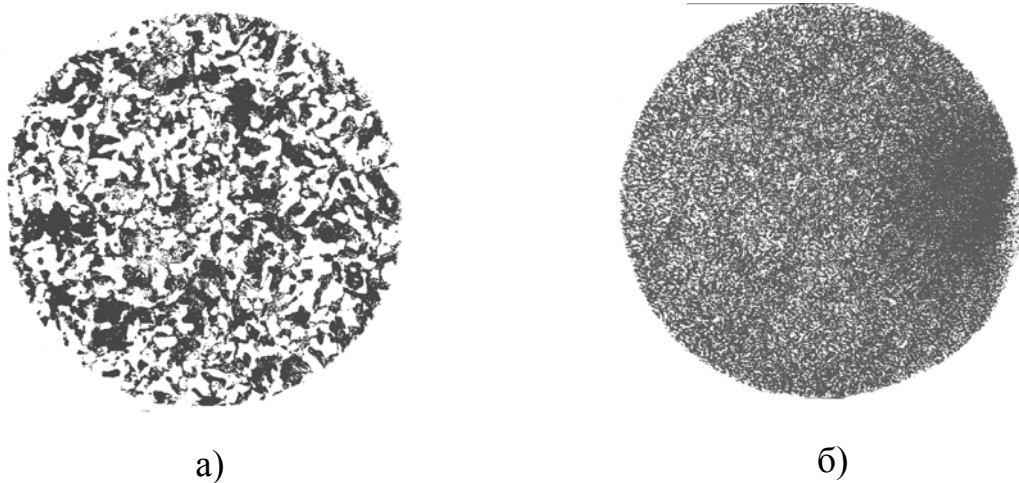


Рисунок 4.1 – Графік режиму термічної обробки напіввісі зі сталі 30ХГСА

Гартування проводять при температурі $870 \pm 10^\circ\text{C}$ для перевищення температури A_{c1} , яка становить 740°C , де відбувається фазова перекристалізація перліту в аустеніт та подрібнення зерна. Така температура необхідна для розчинення карбідів хрому в аустеніті, а також недопущення надмірного росту зерна аустеніту. Крім того, підвищення температури гартування приводить до суттєвого зниження мартенситної точки M_p , і, як наслідок, до утворення залишкового аустеніту. В інтервалі температур A_{c1} - A_{c3} проходить поліморфне перетворення фериту в аустеніт. Витримка при 860 - 880°C приводить до завершення фазових перетворень та вирівнювання температури за перерізом виробу. Охолодження проводять у маслі, для того щоб швидкість охолодження перевищила критичну для отримання структури мартенситу.

Після гартування проводять високотемпературне відпускання при температурі $550 \pm 10^\circ\text{C}$, метою якого є отримання структури сорбіт відпуску. Такий відпуск проводять для отримання оптимального співвідношення між міцністю та в'язкістю. При температурах вище 450°C на перетворення

карбідів сильно впливають легувальні елементи, оскільки стає можливим їх дифузійний перерозподіл. В результаті цього впливу утворюються спеціальні карбіди. В сорбіті відпуску цементит має форму коротких пластинок з заокругленими кінцями або сфероїдальну форму, що забезпечує більш високу в'язкість сталі. На рисунку 4.2 наведено мікроструктуру сталі 30ХГМА.



а – після відпалу; б – після поліпшення;

Рисунок 4.1 - Мікроструктура сталі 30ХГСА до та після термічної обробки [8]

Після відпалу структура сталі ферит + перліт, світлі вкляплення – ферит, темні – перліт (рис. 4.1, а), після поліпшення, як зазначалось – структура сорбіт відпуску (рис. 4.1, б).

На рисунку 4.2 зображено ескіз напіввісі зі сталі 30ХГСА.

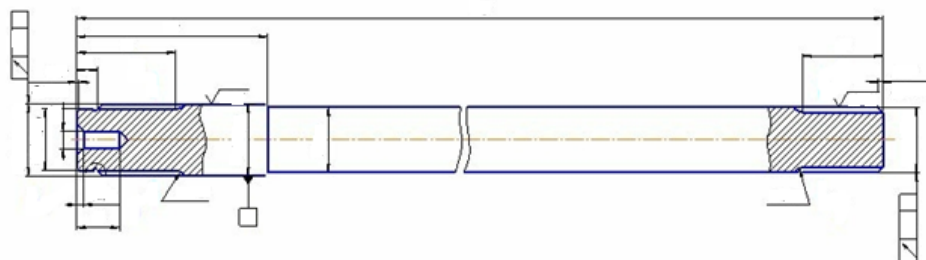


Рисунок 4.2 – Ескіз напіввісі зі сталі 30ХГСА

Оскільки деталь має довжину 970мм та габаритний діаметр 42мм для уникнення короблення виробу під час проведення термічного оброблення, його слід проводити у шахтних печах з використанням спеціальних підвісів.

Для гартування напіввісі було обрано піч СШЗ 1.2/10 – піч шахтна з захисним середовищем, діаметр печі $d=1\text{м}$, $h=2\text{м}$, максимальна температура обробки $t=1000^{\circ}\text{C}$. Схема розташування виробів у печі наведена на рисунку 4.3.

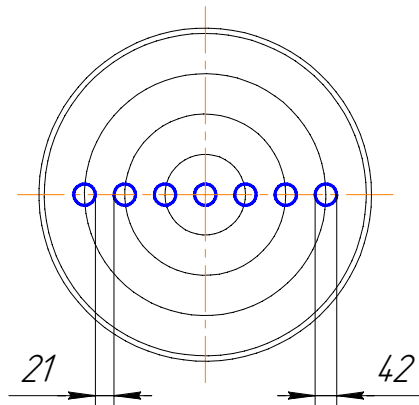


Рисунок 4.3 – Схема розташування виробів в печі (мм)

Як видно з рисунку 4.3 вироби розташовують по колу. Виходячи з розмірів виробу розраховуємо кількість виробів на кожному колі:

В центрі розташовується один виріб $n_{\text{ц}}=1$. Діаметр i -го кола і кількість виробів в ньому визначимо за допомогою рівнянь:

$$D_i = D_{i-1} + 2(d + Z_B) n_i = \pi \times D_i / x \quad (4.1)$$

де x – відстань між осями виробів;

Z_B – відстань між валами по довжині кола становить $= 21$ мм.

Розрахуємо діаметри кіл і кількість деталей, розташованих на цих колах:

$$D_1 = 0 + 2(0,042 + 0,021) = 0,126 \text{ м}; n_1 = 6$$

$$D_2 = 0,126 + 0,126 = 0,252 \text{ м; } n_2 = 12$$

$$D_3 = 0,252 + 0,126 = 0,378 \text{ м; } n_3 = 18$$

$$D_4 = 0,378 + 0,126 = 0,504 \text{ м; } n_4 = 24$$

$$D_5 = 0,504 + 0,128 = 0,63 \text{ м; } n_5 = 30$$

$$D_6 = 0,63 + 0,126 = 0,756 \text{ м; } n_6 = 36$$

$$D_7 = 0,756 + 0,126 = 0,882 \text{ м; } n_7 = 42$$

$$D_7 = 0,882 + 0,126 = 1,008 \text{ м; } D_8 > d$$

Виходячи з вищенаведених розрахунків, в одній корзині можна розташувати лопатки у кількості $N_1=168$ шт.

Щоб розрахувати масу садки необхідно визначити масу однієї напіввісі:

$$m = \rho \cdot V = \frac{\pi d^2}{4} \cdot l \cdot \rho, \quad (4.2)$$

де V – об'єм заготовки;

ρ – густина сталі з якої виготовляється заготовка (сталь 30ХГСА), $\rho=7850 \text{ кг/м}^3$.

$$m = 3,14 \cdot (0,042)^2 / 4 \cdot 0,97 \cdot 7850 = 10,54 \text{ кг}$$

Розрахуємо масу садки :

$$M_c = N \times m = 168 \cdot 10,54 = 1770,7 \text{ кг}$$

Для виконання високотемпературного відпуску можна використати таку ж піч СШЗ 1.2/10, тому маса садки буде однаковою.

Щоб розрахувати час за який відбувається термічна обробка, скористаємось такими формулами. Загальна тривалість нагрівання $\tau_{\text{заг.}}$, хв., визначається за формулою[9]:

$$\tau_{\text{заг}} = \tau_{\text{н}} + \tau_{\text{в}} + \tau_{\text{ох.}} \quad (4.3)$$

$\tau_{\text{н}}$ – час нагрівання до заданої температури, хв.;

$\tau_{\text{в}}$ – час витримки при технологічній температурі, хв.;

$\tau_{\text{ох.}}$ – час охолодження до кімнатної температури, хв.

Для визначення часу нагрівання $\tau_{\text{н}}$ можна використовувати методику приблизного розрахунку. Ця методика базується на тому, що садка металу складається з простих за формою виробів (куля, циліндр, призма і тощо) при нескладному їх розташуванні в один або декілька шарів з забезпеченням певних відстаней між виробами і без урахування негативної дії нерухомих прошарків нагрівального середовища. Тоді тривалість нагрівання визначається за формулою[9]:

$$\tau_{\text{н}} = S \cdot k \cdot f \cdot L_{\text{л}} \quad (4.4)$$

де S - характеристичний розмір виробу, мм;

k - коефіцієнт форми;

f - коефіцієнт розташування виробів в нагрівальному пристрої, що впливає на час нагрівання, хв.;

$L_{\text{л}}$ - коефіцієнт легування сталі, хв/мм.

Час витримки $\tau_{\text{в}}$, хв., при заданій температурі розраховується з таблиць.

Гартування. Розрахуємо час нагріву до температури 870 °C. $S=21$ мм (половина діаметру), коефіцієнт форми $k=1$, коефіцієнт розташування виробів в нагрівальному пристрої, що впливає на час нагрівання $f=2,2$, коефіцієнт легування сталі $L_{\text{л}}=0,96$ [9].

$$\tau_H = 21 \cdot 1 \cdot 2,2 \cdot 0,96 = 44,35 \text{ хв}$$

Час витримки при температурі 870 °C визначається як $\tau_{B1} = 1 \text{ хв}$ на 1 мм товщини та дорівнює 21 хв.

Час охолодження від температури витримки до кімнатної температури:

$$\tau_{ox} = (t_H - t_K) / V_{ox} \quad (4.5)$$

де t_H – температура початку охолодження, °C. $t_H = 870$ °C,

t_K – температура кінця охолодження, °C. $t_K = 20$ °C,

V_{ox} – швидкість охолодження в маслі, °C/год. $V_{ox} = 50$ °C/с.

$$\tau_{ox} = (t_H - t_K) / V_{ox} = (870 - 20) / 50 = 17 \text{ с} = 0,28 \text{ хв}$$

Загальний час гартування становить:

$$\tau_{заг} = \tau_H + \tau_B + \tau_{ox} = 44,35 + 21 + 0,28 = 65,63 \text{ хв}$$

Високотемпературне відпускання, характеристичний розмір виробу, $S = 21 \text{ мм}$ (половина діаметру), коефіцієнт форми $k = 1$, коефіцієнт розташування виробів в нагрівальному пристрої, що впливає на час нагрівання, $хvf = 2,2$, коефіцієнт легування сталі $L_{л} = 2,15$ [9].

$$\tau_H = 21 \cdot 1 \cdot 2,2 \cdot 2,15 = 99,33 \text{ хв}$$

Час витримки $\tau_B = 1 \text{ хв}$ на 1 мм товщини + 10 хв = 31 хв, температура початку охолодження $t_H = 550$ °C, температура кінця охолодження $t_K = 20$ °C, швидкість охолодження, 100 °C/с.

$$\tau_{ox} = (550 - 20) / 100 = 5,3 \text{ с} = 0,09 \text{ хв}$$

Загальний час відпуску становить:

$$\tau_{\text{заг.}} = \tau_{\text{н}} + \tau_{\text{в}} + \tau_{\text{ох}} = 99,33 + 31 + 0,09 = 130,42 \text{ хв}$$

Раціональне використання контрольних операцій дозволяє попередити появу браку і надає можливість оцінити якість продукції, що обробляється.

При виконанні гартування контролюють всі основні технологічні параметри процесу: тривалість та температуру нагрівання, температура масла для гартування, температуру охолоджуючих середовищ.

Передбачається три види контролю:

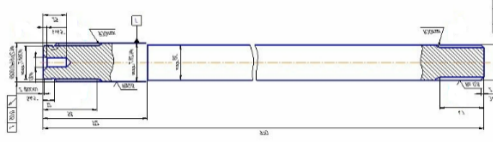
- вхідний, при цьому визначається марка сплаву, хімічний склад (за допомогою стилоскопів), стан поверхні, форма і розміри. На поверхні не повинно бути грубих подряпин, тріщин, вдавлювань, контролюється це за допомогою магнітного, люмінесцентного та інших методів дефектоскопії.

- поточний (поопераційний), здійснюється після виконання основних та додаткових операцій. Після гартування контролюється структуру та розмір зерна. Металографічний метод використовують для визначення структури сплаву.

- вихідний (завершальний), на цьому етапі перевіряються параметри виробів, які передбачені робочим кресленням. Проводяться випробування на розтяг, та ударний згин, балансування. Контролюється час та температура гартування, відпуску.

Таким чином, під час виконання термічної обробки необхідно дотримуватись маршрутної технології, яка оформлюється у вигляді технологічної карти. Карта технологічного процесу термічної обробки представлена у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Карта технологічного процесу термічної обробки напіввісі вантажного автомобіля

Ескіз виробу			Технічні вимоги до матеріалу			
			Матеріал	Властивості		Структура
			Сталь 30ХГСА	$\sigma_{0,2} \geq 850 \text{ МПа}$, $\sigma_B \geq 1000 \text{ МПа}$, $\delta \geq 12\%$ 32...34 HRC, $KCU \geq 65 \text{ Дж/см}^2$,		Структура Сорбіт відпуску
Нп/п	Операція	Обладнання (прилади)	Умови нагрівання	Умови охолодження	Назва пристосування, кількість виробів	Умови оброблення та контролю
1	2	3	4	5	6	7
1	Контроль вхідний	Стилоскоп, вим. інструменти				3% від партії. 100% - стан поверхні та розмірів
2	Гартування	СШЗ-1.2/10	$t_n = 20^\circ\text{C}$ $t_k = 870 \pm 10^\circ\text{C}$ $\tau_n = 44,35 \text{ хв}$ ендогаз		Підвіси, садка, n=168шт	Контролюється температуратат ривалість нагрівання
2.2	Витримка	СШЗ-1.2/10	$t_b = 870 \pm 10^\circ$ $\tau_b = 21 \text{ хв}$ ендогаз		Підвіси, садка, n=168шт	Контролюється температура та тривалість витримки.
2.3	Охолодження			$t_n = 870^\circ\text{C}$ $t_k = 20^\circ\text{C}$, масло $\tau_{ox} = 17 \text{ с.}$	Підвіси, садка, n=168шт	Контролюється температура та тривалість охолодження
3.	Промивання	Мийний бак				Використання лужного розчину
4.	Контроль поточний (мікроструктура: $M_{\text{гарт}} + A_{\text{зал}} + K$)	ТШ, металографічний мікроскоп МІМ-7				Контроль твердості та номера зерна
5.	Високий відпуск:					
5.1	Нагрівання	СШЗ-1.2/10	$t_n = 20^\circ\text{C}$		Підвіси,	Контролюється

			$t_k=550\pm 10^{\circ}\text{C}$ $\tau_H=99,33\text{хв}$		садка, $n=168\text{шт}$	температура та тривалість нагрівання
--	--	--	--	--	----------------------------	--

Кінець таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7
5.2	Витримка	СШЗ-1.2/10	$t_B=550 \pm 10^{\circ}$ $\tau_B=31\text{хв}$		Підвіси, садка, $n=168\text{шт}$	Контролюється температура та тривалість витримки
5.3	Охолодження			$t_H=550^{\circ}\text{C}$ $t_K=20^{\circ}\text{C}$, вода $\tau_{ox}=5,3\text{с.}$	Підвіси, садка, $n=168\text{шт}$	Контролюється температура та тривалість охолодження
6.	Контроль вихідний	Металогра- фічний мікроскоп МІМ-7, УВМ-10 .				Контролюється $\sigma_{0,2}\geq 850\text{МПа}$, $\sigma_B\geq 1000\text{МПа}$, $\delta\geq 12\%$ $32\ldots 34\text{ HRC}$, $KCU \geq 65$ Дж/см^2

При суворому дотриманні всіх цих параметрів та відповідних процедур термічної обробки можна досягти якісних результатів, що відповідають заданим вимогам щодо мікроструктури, механічних властивостей, твердості, міцності тощо. Відповідно, це дозволяє отримати вироби, які задовольняють потреби і висунуті вимоги до механічних, експлуатаційних, фізичних характеристик виробу.

5 ТЕХНІЧНИЙ КОНТРОЛЬ, ПОПЕРЕДЖЕННЯ ТА ВИПРАВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ

Висока якість продукції забезпечується правильно проведеним вхідним, міжопераційним та завершальним контролем.

Вхідним контролем визначається хімічний склад матеріалу виробів і його відповідність робочому кресленню, а також відсутність внутрішніх та зовнішніх дефектів форми та розмірів.

Міжопераційний контроль технологічних процесів термічної обробки полягає в: перевірці готовності термічного обладнання і оснащення до виконання технології термічної обробки; вимірювання, регулювання і запис робочих температур автоматичними терморегуляторами у печах з заданою точністю; точне виконання витримок при виконанні операції нагріву й охолодження виробу; періодичне контролювання хімічного складу контрольованих атмосфер; попередній контроль окремих параметрів виробу.

Поточний: контролюються усі параметри операцій температура, час, схема садки та витрати, тиск, середовище при охолодженні його температура, структура та властивості виробів після виконання операцій.

Вихідний: є обов'язковою операцією, тому що після термічної обробки здійснюється механічне оброблення. Це означає, що вироби повинні передаватись із необхідними структурами та властивостями.

Основними видами контролю якості виробу після термічної обробки є:

- візуальний контроль для виявлення тріщин, оплавлення, короблення та інших поверхневих дефектів;
- визначення твердості виробу;
- контроль мікроструктури на якість відпуску в кількості 2...3% від садки;
- перевірка деформації виробу.

В таблиці 5.1. представлені основні види дефектів напіввісі вантажного автомобіля, що можуть виникнути в результаті термічної обробки.

Таблиця 5.1 – Дефекти, їх види, причини появи, заходи по запобіганню та усуненню

№	Вид дефекту	Причина появи	Заходи по запобіганню	Заходи по усуненню
1	2	3	4	5
Гартування				
1	Тріщина	Неметалеві включення та інші концентратори напружень. Завищена швидкість охолодження при гартуванні. Завищена швидкість нагрівання. Завищені температура гартування.	Проведення термічної обробки матеріалів виробів із грубими неметалевими включеннями. Використання оптимального гартівного середовища. Схординкове нагрівання із регламентованою швидкістю. Дотримання оптимальної температури гарту, схординкове охолодження.	Дефект невивправний.

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5
2	Знижена твердість	Знижена температура гарту. Знижений час витримки при раціональних температурах. Велика кількість аустеніту залишкового. Знеуглецювання. Охолодження зі швидкістю менше критичної.	Термічна обробка із дотриманням раціональної температури та часу. Дотримання раціональної температури гартування. Проведення гартування в розплаві солей; захисному середовищі; вакуумі; Проведення охолодження у відповідному середовищі зі швидкістю вище критичної.	Відпал та гарт за раціональним режимом. Обробка холодом. Дефект не виправний. Відпал та повторний гарт в раціональному середовищі.
3	Крупне зерно	Перегрів(завищена температура гарту та час гарту).	Дотримання заданих температур і часу.	Відпал або високотемпературний відпуск і повторне гартування

Кінець таблиці 5.1

1	2	3	4	5
4	Короблення	Нераціональне розташування виробів в садці. Охолодження із підвищеною швидкістю.	Дотримання схеми садки при її формуванні. Гарт у відповідному середовищі;	Рихтування
Відпускання				
1	Низька твердість	Невідповідні температури та тривалість відпуску. Велика кількість $A_{\text{зал.}}$	Дотримання технології.	Повторне ТО Обробка холодом, додатковий відпуск.
2	Твердість завищена	Недотримання відповідної температури та тривалості.	Виконання у відповідності із технологічним процесом	Повторне відпускання при більш високій температурі.
3	Висока кількість $A_{\text{зал}}$	Низька температура відпуску. Зменшення витримки при відпуску або кількості відпусків; Не повне охолодження між відпусками.	Підвищення температури відпуску; Зменшення часу витримки. Охолодження до кімнатної температури.	Точне зберігання кількості відпусків, технології відпусків, охолодження.

Кінцевий контроль термічного оброблення виробу

Якість виробів повинна бути забезпечена суворим дотриманням і контролем (переважно автоматизованим) всіх технологічних параметрів при гартуванні та відпусканні (операційний контроль).

Остаточний контроль якості напіввісей повинен передбачати вибірку або суцільну перевірку всіх параметрів, передбачених кресленнями виробу й технічних умов на термічну обробку, включаючи візуальну перевірку зовнішніх дефектів і якості очищення поверхні інструментів, визначення деформації (биття або кривизни). Крім того, перевіряють твердість, а також відсутність тріщин. Вибірково (2...3% деталей від партії) перевіряють мікроструктуру після відпуску.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

При виконанні операцій термічної обробки напіввісі вантажівки, виконаної зі сталі 30ХГСА, а саме гартування при 870°C та високотемпературного відпускання при 550°C, необхідно дотримуватися чітких інструкцій, оскільки можливе виникнення небезпечних ситуацій, які можуть загрожувати здоров'ю працівників.

Небезпеки, які пов'язані з порушенням роботодавцем вимог щодо створення безпечних і нешкідливих умов праці шляхом належного облаштування робочих місць і виробничих, санітарно-побутових та інших приміщень на підприємстві, безпечного використання працівниками засобів праці, забезпечення навчання працівників і залучення їх до вирішення питань охорони праці.

Згідно вимог НПАОП 0.00-7.11-12 «Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників»:

- усі працівники повинні пройти навчання та перевірку знань з питань охорони праці відповідно до «Положення про порядок проведення навчання» затверджено наказом держнагляду охорони праці»;

- вимоги щодо облаштування робочих зон передбачають справний робочий стан устаткування і захисних пристроїв, сприяння безпечних умов для усунення виявлених несправностей, які можуть негативно вплинути на безпеку і здоров'я працівників, можливість регулярного контролю і перевірок здатності функціонування захисних засобів і пристроїв, призначених для запобігання небезпеці або їх усунення.

Шляхи пересування в робочій зоні включаючи сходи, стаціонарні переходи, аварійні виходи повинні бути позначенні відповідними знаками, мати дороговкази, бути розташовані і мати такі розміри, щоб прохід або проїзд був легким і безпечним. Наприклад: підлоги приміщень не повинні

мати нерівностей, отворів або небезпечних ухилів, двері аварійних виходів повинні відкриватись назовні і замикатись, так щоб у випадку необхідності будь-яка особа могла легко і швидко їх відкрити без застосування додаткових засобів, захищеність робочих зон, шляхів пересування, аварійних виходів категорично забороняється.

Роботодавець забезпечує повну і вичерпну інформацію працівників та їх уповноважених представників з питань охорони праці про можливі небезпечні ситуації, про вжиті заходи для їх запобігання або їх ліквідації та про дії працівників у аварійних ситуаціях.

Для забезпечення належного виконання цих заходів роботодавець призначає відповідальних осіб, забезпечує їх підготовку і спорядження відповідно до небезпечності виробництва, масштабів і специфіки підприємства.

Виробниче приміщення повинно мати достатню площу і висоту для раціонального планування відповідно до СНиП 2.09.04-87 «Административные и бытовые здания» та СНиП 2.09.02-85 «Производственные здания».

Недостатня підготовка робітників може бути обумовлена недостатніми знаннями за фахом, відсутність знань технології і експлуатаційної документації, що може призвести до аварійних ситуацій.

Особи, молодші за 18 років, не допускаються до роботи з джерелами іонізуючого випромінювання. Контроль за опроміненням персоналу регламентується відповідним розділом Основних санітарних правил України.

Можливість ураження електричним струмом у наслідок несправності електрообладнання, яке використовується під час виконання дослідницьких робіт або виробництва, невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, відсутності групових або індивідуальних засобів захисту, що може призвести до електротравм різного ступеню або навіть до летального наслідку.

Для уникнення ураження електричним струмом згідно ПУЕ -2017«Правила улаштування електроустановок»:

– всі співробітники лабораторії повинні пройти навчання та перевірку знань з електробезпеки та у відповідності з НПАОП.0.00-7.11-12 «Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників» отримати 2-3 групу з електробезпеки. Періодично один раз на рік необхідно перевіряти опір заземлення, який не повинен перевищувати 4 Ом. Якість заземлення перевіряється щорічно з оформленням акту відповідно нормативних вимог;

– періодично, не рідше ніж два рази на рік, передбачається перевіряти справність контактів електроз'єднань, штепсельних вилок з'єднувальних провідників. В тому випадку, якщо при дотику до не струмопровідних частин електроприводу відчувається електричний струм, передбачається вимикання приладу від електромережі. Ремонт електричного обладнання проводять особи, котрі мають кваліфікаційну групу (не менше III групи) з електробезпеки.

– усі ремонтні роботи на мікроскопі проводять тільки після повного відключення від електричної мережі. При зміні катоду після розкриття електронної гармати перед тим, як доторкнутися рукою до фокусуючого електроду, треба зняти заряд з катодного вутла шляхом його заземлення;

– усі ремонтно-монтажні роботи або огляд високовольтних частин мікроскопу проводити не менш, ніж двома особами.

Для захисту людей від ураження електричним струмом передбачено використовувати подвійну ізоляцію провідників[10].

7 АНТИКОРОЗІЙНА ОБРОБКА ТА СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ НАПІВВІСІ АВТОМОБІЛЯ

Працездатність і ресурс транспортних машин залежать не тільки від технічного рівня (конструкція, технологія виготовлення), а й від експлуатаційних умов. Середній термін служби автомобіля в цілому становить близько 15...20 років). Термін істотно знижується при впливі на машину агресивних експлуатаційних умов.

Умови експлуатації залежать тільки від власника автомобіля. До них належать умови зберігання, якість і періодичність технічного обслуговування, використання машини. Технічний рівень автомобіля забезпечує підприємство-виробник. Це матеріали, з яких виготовляється засіб пересування, конструкція машини, технологія її виготовлення [11].

Корозія з'являється на поверхнях деталей внаслідок хімічної або електрохімічної взаємодії матеріалу деталі або електрохімічної взаємодії матеріалу деталі та агресивного навколишнього середовища, що призводить до окислення - іржавіння металу. Корозії сприяють збереження вологи на металевих поверхнях, сіль, яку використовують у зимовий час на дорогах і відпрацьовані гази.

У процесі експлуатації робочі поверхні деталей машин і апаратів зазнають постійного або циклічного впливу агресивного середовища при одночасному зовнішньому механічному навантаженні, що призводить до руйнування поверхні металу з постійною зміною розмірів і форми деталі.

Найпоширенішим видом руйнування деталей машин є корозійно-механічне зношування, що відбувається внаслідок механічних впливів, які супроводжуються хімічним або електрохімічною взаємодією металу із середовищем.

Напіввісь автомобіля виготовляється зі сталі 30ХГМ, сталь містить в своєму складі хром (табл. 3.1), проте його кількості недостатньо для надання матеріалу корозійної стійкості [12].

Приклад корозії напіввісі наведено на рисунку 7.1



а)



б)

а – початкова стадія; б – стадія руйнування

Рисунок 7.1 –Корозія напіввісі легкового автомобіля [12]

Корозія на початковому етапі призводить до появи тріщин, які в свою чергу

Умови експлуатації напіввісі автомобіля включають дію агресивного середовища:

- засолений дорожній розчин: у регіонах, де взимку використовують солеві розчини для очищення доріг від снігу і льоду, автомобілі піддаються дії солі. Контакт зі солевим розчином може сприяти розвитку корозії на металевих поверхнях, включаючи напіввісь;

- хімічно активні речовини: якщо автомобіль експлуатується в промислових або хімічно навантажених ділянках, може бути присутній контакт з різними хімічно активними речовинами, такими як кислоти, луги або розчинники. Ці речовини можуть сприяти корозії металевих поверхонь, включаючи сталь 30ХГСА;

- висока вологість: автомобілі, що експлуатуються в зоні з високою вологістю, наприклад в районах з високим рівнем опадів або поблизу водойм, можуть бути більш схильними до розвитку корозії. Вологе середовище може створювати умови для розчинення солей або інших агресивних речовин на металевих поверхнях [13].

Великого поширення набули також методи нанесення зносостійких матеріалів на поверхні тертя шляхом наплавлення, напилення плакування. Як заходи, що підвищують корозійну стійкість деталей, широко використовують методи нанесення гальванічних, лакофарбових, пластмасових і емалевих покриттів.

Для захисту від корозії та підвищення довговічності напіввісі вантажного автомобіля застосовують найчастіше застосовують фосфатування.

Фосфатні покриття сталі - це тонкі плівки, які утворюються на поверхні металу під дією фосфатної кислоти або її кислих солей. Ці покриття містять фосфорнокислі сполуки, які важко розчиняються у воді. Вони мають вищу захисну здатність порівняно з оксидними покриттями, що формуються хімічним шляхом. Фосфати марганцю полегшують ковзання поверхонь і зменшують зношення деталей тертя.

Перед фосфатуванням сталі 30ХГСА необхідно приділяти особливу увагу операції хімічної підготовки поверхні виробів, мета якої не лише очищення від забруднень, але й створення найбільш сприятливої структури для формування покриття. Значна пористість фосфатних покриттів викликає необхідність їх обробки з метою поліпшення та стабілізації захисних властивостей. Необхідне інтенсивне промивання фосфатних виробів для вилучення залишків робочого розчину, особливо із рН. Мікроструктура сталі до нанесення покриттів наведена на рисунку 7.2.

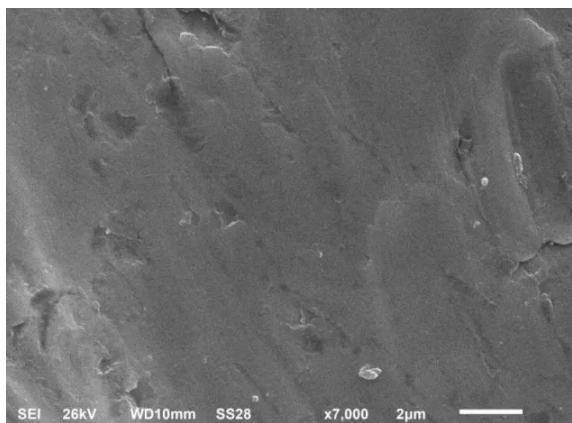


Рисунок 7.2 –Мікроструктуразнежиреної поверхні сталі перед фосфатуванням[13]

Режим фосфатування для напіввісі зі сталі 30ХГСА – 960°C протягом 60 хвилин.

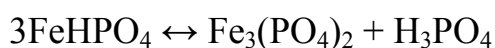
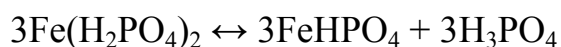
Фосфатування неможливе без фосфорної кислоти. Сама по собі фосфорна кислота триосновна, в її розчині присутні йони $\text{H}_2\text{PO}_4^{4-}$, HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} і недисоційована кислота H_3PO_4 .

У фосфорній кислоті всі три атоми водню можуть заміщуватися, утворюючи три ряди солей - первинних, вторинних і третинних. Розчинними у воді є тільки первинні фосфати, інші (для важких металів) - практично ні.

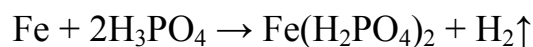
Первинні фосфати схильні до гідролізу, особливо при підвищенні рН і температури. Процес гідролізу супроводжується утворенням вторинних і третинних фосфатів, а також вільної фосфорної кислоти. Що вища температура і нижча концентрація первинних солей, то активніше йде їх гідроліз.

Основа розчину фосфатування - первинні фосфати. Первинні фосфати піддаються гідролізу.

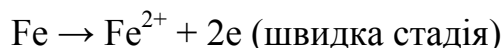
Для первинних фосфатів заліза гідроліз описується такими реакціями:



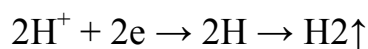
Під час занурення в розчин фосфатування сталевій деталі починається гетерогенна реакція:



Формування фосфатної плівки відбувається за наступною реакцією:



Сполученої з катодним виділенням водню:



Передусім формування покриття відбувається на мікроанодних ділянках. Однак існує можливість осадження фосфатів як на мікроанодах, так і на мікрокатодах. Після початку процесу мікроанодні ділянки покриваються тонкою аморфною плівкою фосфатів, у результаті перетворюючись на мікрокатодні.

Під час деполяризації мікрокатодних ділянок гідролізні рівноваги зміщуються в бік осадження нерозчинних вторинних і третинних фосфатів. При цьому зі збільшенням швидкості деполяризації зростає швидкість гідролізу первинних фосфатів, настає локальне пересичення розчину вторинними і третинними фосфатами в мікрокатодних зонах, і утворюються колоїдні частинки в приповерхневому шарі.

Далі колоїдні частинки в результаті взаємодії з катіонами розчину набувають позитивного заряду, і потім кристалізуються на мікрокатодних ділянках поверхні підкладки. Найтонший шар колоїдних частинок (оксидів і гідроксидів), що утворюється на поверхні, переходить, завдяки великій кількості внутрішніх центрів кристалізації, у пов'язаний кристалохімічними зв'язками з металовою основою шар вторинних і третинних фосфатів металу.

З часом швидкість фосфатування спочатку зменшується за рахунок дедалі більшого ізолювання поверхні, а потім процес зупиняється. Наприкінці процесу частка вільної поверхні сталі (пори) становить лише 0,1-1% від загальної. Закінчення процесу стає помітним за припиненням виділення бульбашок водню. Різниця в потенціалах сталі до і після фосфатування може досягати 0,15-0,25 В.

Після нанесення покриття структура фосфатної плівки на поверхні деталі має хімічний склад гопейт, модифікований марганцем (псевдофосфоліт)

$\text{Zn}_2\text{Mn}(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Мікроструктура наведена на рисунку 7.3

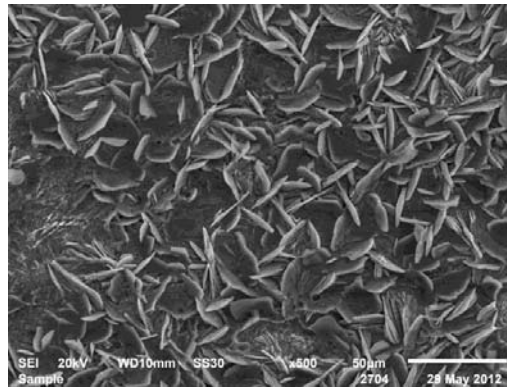


Рисунок 7.2 – Мікроструктура голкоподібна фосфатного покриття на деталі зі сталі 30ХГС[13]

Наявність легувальних елементів та їх хімічна природа призводять до певних відмінностей якості фосфатної плівки. Сталі з невеликою кількістю легуючих добавок (хрому, нікелю, молібдену і ванадію) фосфатуються просто і без проблем. Однак, якщо концентрація цих елементів перевищує певну межу, відбувається зменшення інтенсивності процесу і погіршення якості плівки. Схильність до фосфатування холоднокатаних сталей з різним вмістом легуючих елементів наведена в таблиці нижче.

ВИСНОВКИ

До деталей напіввісі вантажного автомобіля висувають жорсткі вимоги щодо якості поверхні, твердості, границі міцності, та параметрів пластичності. Розглядається сталь 30ХГСА, яка відноситься до класу поліпшувальних. Проаналізовано вплив легувальних елементів (хрому, марганцю, кремнію) на структуру і властивості сталі. Підібрано раціональний режим термічної обробки: поліпшення, яке полягає у гартуванні з нагріванням до температур $870 \pm 10^\circ\text{C}$ з охолодженням у маслі для отримання структури мартенситу. Далі проводять високотемпературне відпускання при $550 \pm 10^\circ\text{C}$ для утворення більш сприятливої структури для напіввісі – сорбіту відпуску. Розроблені карта маршрутної технології і технологічна карта термічної обробки, згідно яких послідовно виконуються операції гартування, промивання, відпуску і контролю. Також, передбачено використання поопераційного контролю властивостей і мікроструктури та аналіз можливих дефектів на кожному етапі термічного оброблення.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Xu Z. Machine learning for reliability engineering and safety applications: Review of current status and future opportunities /Z.Xu, J. H. Saleh //Reliability Engineering & System Safety. – 2021. – Т. 211. – С. 107530.
2. Zahavi E.Fatigue design: life expectancy of machine parts /E.Zahavi // CRC press, 1996. - С. 980.
3. Випробування і сертифікація техніки АПК: Навчальний посібник / К.І.Шмат, Є.І. Бондарев, О.В.Мігальов – Херсон: ОПДІ-плюс – 2004 – 268 с.
4. Davis J. R. ASM Speciality Handbook Stainless Steels (Asm Specialty Handbook) /J. R. Davis // ASM International – 1995 – 600 p.
5. Budinski K. G. Properties and Selection. Engineering Materials. Englewood Cliffs/ K. G.Budinski, M. K. Budinski // New Jersey: Prentice-Hall – 1992 – 817 p.
6. George E. Totten. Steel Heat Treatment - Metallurgy And Technologies / George E. Totten // CRC Press - 2006.- 1077 p.
7. Rajan T.V. Heat treatment: principles and techniques / T.V Rajan C. P. Sharma // PHI Learning Pvt. Ltd – 2011 – 611 p.
8. Основи фізико-технічних та хіміко-термічних процесів для підвищення ресурсу виробів машинобудування. Навчальний посібник / Уклад. С.П. Гожій // Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 104 с
9. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної бакалаврської дипломної роботи для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» освітня програма (спеціалізація) «Прикладне матеріалознавство» усіх форм навчання/ Укл.: І.М. Лазечний, О.В. Климов, О.А. Глотка, Ю.І. Кононенко, О.В. Лисиця. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2022. – 57 с.

10. Катренко Л. А. Охорона праці. Курс лекцій. Практикум: навчальний посібник / Л. А. Катренко, Ю. В. Кіт, І. П. Піскун – 2-ге вид., стер. – Суми: ВТД «Університетська книга» - 2007. – 496 с.

11. Стадник О. І. Методи та засоби підвищення корозійної стійкості деталей автомобілів / О. І. Стадник, Колесніков В. О. // Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту: Матеріали VI-ї Міжнар. наук.-техніч. інтернет-конф. (12-13 квітня 2018 р., м. Вінниця). - Вінниця, 2018. - С. 190-197.

12. Павлюченко Д. О., Дослідження впливу агресивного середовища дорожнього покриття на корозійні процеси елементів автобусів / Д. О Павлюченко, О. О Сасов // Дніпровський державний технічний університет. Тези доповідей. Кам'янське - 2019 – С.154-154.

13. Киричок П. О. Зміцнення поверхонь металевих деталей / П. О Киричок., В. Г Олійник., Т. Ю. Киричок // К.: Преса України – 2004 – 240 с.

ДОДАТОК А

КОНСТРУКЦІЯ НАПІВВІСІ АВТОМОБІЛЯ, ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАЛІ 30ХГМА



Таблиця А.1 – Критичні точки сталі 30ХГСА

Марка сталі	Ac ₁	Ac ₃	Ar ₃	Ar ₁	M _П
30ХГСА	760	830	705	670	352

Рисунок А.1 – Конструкція напіввісі автомобілю

Таблиця А.2 – Хімічний склад сталі 30ХГСА (% мас.)

ДСТУ 7806/ГОСТ 4543

Марка сталі	C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Cu
30ХГСА	0,28- 0,34	0,90- 1,20	0,80- 1,10	0,80- 1,10	≤0,30	≤0,025	≤0,025	≤0,30

ДОДАТОК Б

МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СТАЛІ 30ХГСА

Таблиця Б.1 – Механічні властивості сталі 30ХГСА після оптимального режиму термічної обробки

Марка сталі	Режим термічної обробки	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	KCU, Дж/см ²	HRC
30ХГСА	Гартування 870±10°C, масло, відпускання 550±10°C, вода.	1220	1140	15	78	34

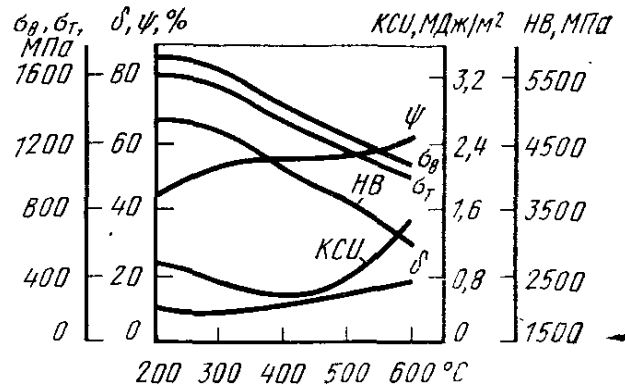


Рисунок Б.1 – Зміна механічних властивостей сталі 30ХГСА в залежності від температури відпуску

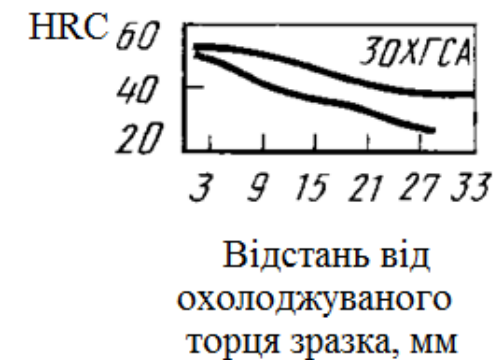


Рисунок Б.2 – Смуга прогартуваності сталі 30ХГСА

ДОДАТОК В

ГРАФІК ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ СТАЛІ 30ХГСА

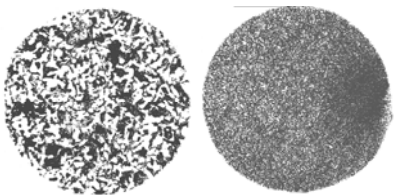
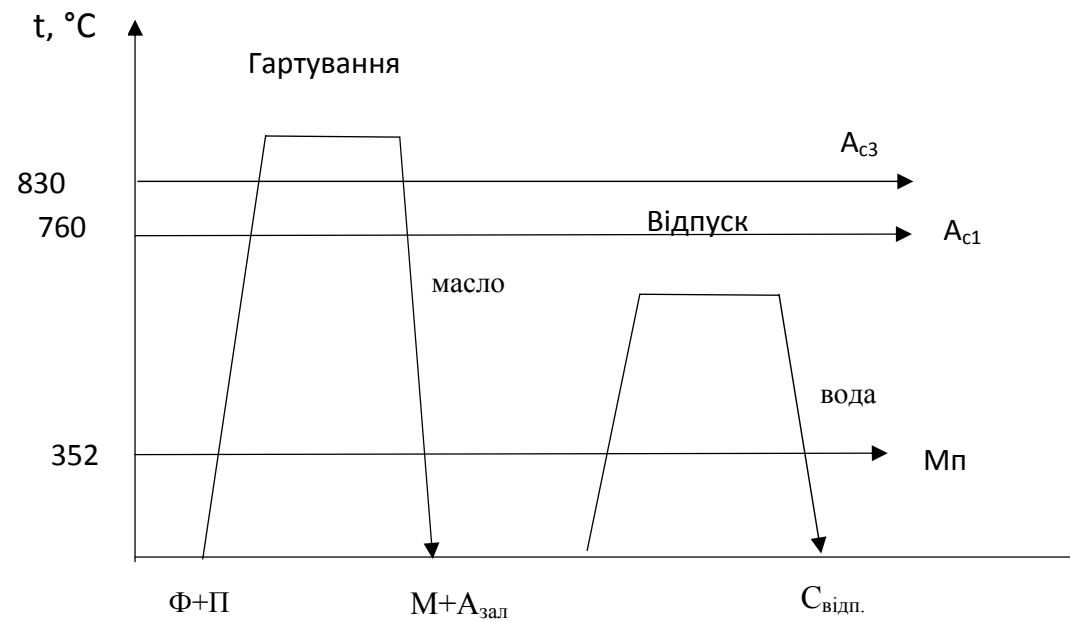


Рисунок В.1 – Графік режиму термічної обробки напіввісі зі сталі 30ХГСА

ДОДАТОК Г

ЗАХИСТ ВІД КОРОЗІЇ НАВІВВІСЕЙ ЗІ СТАЛІ 30ХГСА



а)



б)

а – початкова стадія; б – стадія руйнування

Рисунок Г.1 – Корозія напіввісі легкового автомобіля

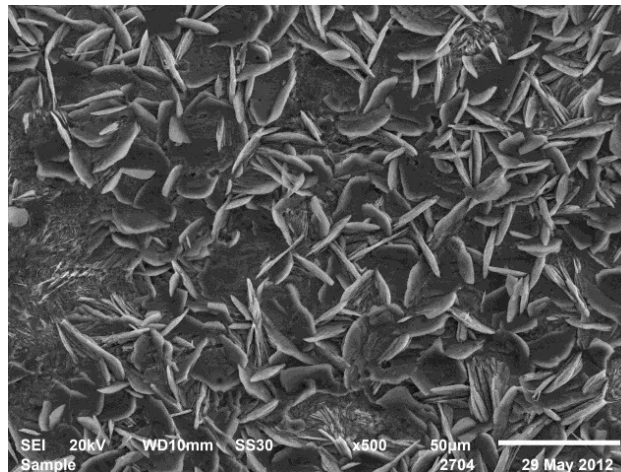


Рисунок Г.2 – Мікроструктура голкоподібна фосфатного покриття на деталі зі сталі 30ХГС