

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Фізико-технічний інститут, факультет будівництва, архітектури та дизайну
(повне найменування інституту, факультету)

Композиційних матеріалів, хімії та технологій
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему **ПРОГНОЗУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГРАФІТИЗОВАНИХ**

СТАЛЕЙ ДЛЯ КОНКРЕТНИХ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Виконав: студент 2 курсу, групи БАД 219м

Спеціальності 132-Матеріалознавство

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація) Композиційні та
порошкові матеріали, покриття

Маляревич І.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Акімов І.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Нестеров О.В.

(прізвище та ініціали)

Форма № 25

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет ФТІ, ФБАД
 Кафедра КМХТ
 Ступінь вищої освіти магістр
 Спеціальність 132 Матеріалознавство
(код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Композиційні та порошкові матеріали,
покриття
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮЗавідувач кафедри КМХТ
 проф. Мітяєв О.А.
« 01 » жовтня 2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Маляревич Іван Олександрович(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Прогнозування властивостей графітізованих сталей для конкретних умов експлуатації

керівник проекту (роботи) Акімов Іван Васильович, к.т.н., доцент,(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «29» жовтня 2020 року №272

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 18.12.2020

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Структура, механічні властивості та зносостійкість відомих марок вуглецевих і графітізованих сталей та антифрикційних графітізованих чавунів.

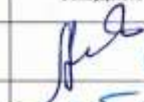
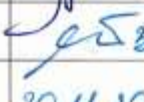
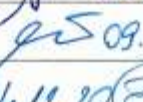
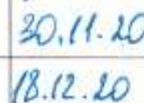
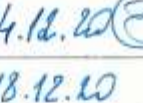
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

- 1) Вступ.
- 2) Класифікація та марки відомих графітізованих сталей, їх термічне оброблення. Області застосування графітізованих сталей.
- 3) Методика досліджень, обладнання, програмні засоби.
- 4) Дослідження впливу вуглецю на структуру, механічні властивості та зносостійкість графітізованих сталей.
- 5) Розроблення програмного додатку для прогнозування властивостей графітізованої сталі.
- 6) Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.
- 7) Розрахунок економічної ефективності.
- 8) Висновки.
- 9) Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

- 1) Мікроструктури графітізованих сталей з вмістом вуглецю 0,4 ... 2,0%.
- 2) Креслення отриманих злитків.
- 3) Графік проведеного графітізуючого відпалу.
- 4) Графік проведеного гартування.
- 5) Графік проведеного відпуску.
- 6) Графік випробування зносостійкості зразків графітізованих сталей в умовах сухого тертя метал по металу.
- 7) Графік залежності сталей в умовах сухого тертя метал по металу від вмісту вуглецю
- 8) Структурне дослідження об'єму графітових включень.
- 9) Механічні властивості графітізованих сталей після графітізуючого відпалу и гартування з низьким відпуском.
- 10) Зображення додатку для побудови графіка за допомогою математичної моделі.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Прийняв виконане завдання
1-3	Акімов І.В. к.т.н., доцент	 01.10.20	 30.11.20
4	Якімцов Ю.В. к.т.н., доцент	 30.11.20	 09.12.20
5	Левченко Н.М. д.н. з державного управління, професор	 30.11.20	 04.12.20
	Перевірка на плагіат. Петрашов О.С.	18.12.20	18.12.20

7. Дата видачі завдання «28» жовтня 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	2	3	4
1)	Літературний аналіз	05.10.20	
2)	Дослідження різного вмісту вуглецю (0,4...2,0%) на структуру металевої основи та графітної фази у графітізованих сталях після лиття та після термічного оброблення.	25.10.20	
3)	Дослідження різного вмісту вуглецю (0,4...2,0%) на механічні властивості дослідних графітізованих сталей.	05.11.20	
4)	Дослідження різного вмісту вуглецю (0,4...2,0%) на зносостійкість сталей в умовах сухого тертя метал по металу.	20.11.20	

1	2	3	4
5)	Створення додатку, здатного прогнозувати зносостійкість графітізованих сталей залежно від вмісту вуглецю у хімічному складі сталей.	30.11.20	
6)	Розрахунок економічної ефективності	04.12.20	
7)	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.	09.12.20	
8)	Висновки.	11.12.20	

Студент(ка)


 (підпис)


 (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)


 (підпис)


 (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Робота складається з 74 сторінок, 27 рисунків, 14 таблиць.

Об'єктом дослідження виступає графітізована сталь з різним вмістом вуглецю, її властивості та процес прогнозування властивостей .

Мета роботи полягає в дослідженні та прогнозуванні властивостей графітізованих сталей, шляхом отримання зразків з різним вмістом вуглецю в широкому діапазоні та побудови математичної моделі. В роботі досліджуються властивості графітізованих сталей такі як границя міцності, твердість, пластичність та зносостійкість в умовах сухого тертя металу по металу. Також в роботі показано створену математичну модель, для прогнозування властивостей графітізованих сталей, на підґрунті тих даних, що були отримані експериментальним шляхом.

Ключові слова: СТАЛЬ ГРАФІТІЗІРОВАНА, ТЕРМІЧНЕ ОБРОБЛЕННЯ, МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ, ЗНОСОСТІЙКІСТЬ, ANGULAR, NODE.JS, WEB,

ABSTRACT

The research work consists of 74 pages, 27 figures, 14 tables.

The object of the research is graphitized steel with different composition of carbon, its properties and the process of predicting properties.

The purpose of the graduate work is to research and predict the properties of graphitized steels by obtaining samples with different percentages of carbon in a wide range and building a mathematical model. The thesis paper investigates the properties of graphitized steels such as tensile strength, hardness, ductility and wear resistance under conditions of dry friction of metal on metal.

The work also shows the created mathematical model for predicting the properties of graphitized steels via the data which we gathered while makes laboratory experiments.

Keywords: STEEL GRAPHITIZED, HEAT TREATMENT, MECHANICAL PROPERTIES, WEAR RESISTANCE, ANGULAR, NODE.JS, WEB.

ЗМІСТ

Вступ.....	9
Розділ 1 Класифікація, марки графітизованих сталей та їх термічна обробка.	
Області застосування графітизованих сталей	10
1.1 Загальні відомості	10
1.2 Склади і властивості графітизованих сталей	12
1.3 Властивості та їхня методика досліджень	14
1.4 Вплив на властивості залізовуглецевих графітизованих сплавів - вуглецю і кремнію.....	20
1.5 Модифікування графітизованих сталей	22
1.6 Термічна обробка графітизованих сталей	22
1.7 Конструктивна міцність і методи її підвищення для графітизованих залізовуглецевих сплавів	25
1.8 Діджиталізація в сучасній металургії.....	27
1.9 Мета і завдання дослідження	28
Розділ 2 Методика досліджень, обладнання, програмні засоби.....	30
2.1 Плавлення дослідних сплавів.....	30
2.2 Лиття у форми.....	30
2.3 Контроль хімічного складу	30
2.4 Термічне оброблення дослідних сплавів	31
2.5 Механічні випробування дослідних сплавів	31
2.6 Визначення твердості.....	31
2.7 Дослідження зносостійкість сплавів	31
2.8 Програмні засоби.....	32
Розділ 3 Дослідження впливу вуглицю на властивості графітизованих сталей.....	34
3.1 Обґрунтування виробу матеріалу дослідження	34
3.2 Плавка графітизованих сталей заданого складу.....	35
3.3 Термічне оброблення	36

3.4 Структурний аналіз	38
3.5 Механічні властивості	43
3.6 Дослідження зносостійкості гс в умовах сухого тертя метал по метал	43
3.7 Визначення математичної моделі для прогнозування властивостей графітизованих сталей	45
Розділ 4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	50
4.1 Аналіз потенційних небезпек.....	50
4.2 Заходи по забезпеченню безпеки.....	51
4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	56
4.4 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях	60
4.4.1 Заходи з пожежної безпеки	60
4.4.2 Заходи захисту у надзвичайних. Порядок планування та організації евакуації робітників, службовців промислового об'єкта та населення	62
Розділ 5 Розрахунок економічної ефективності	64
Висновок	73
Перелік джерел посилань	74

ВСТУП

Зниження матеріаломісткості при виробництві деталей машин – це одна з головних тенденцій розвитку машинобудівної промисловості, але при одночасному підвищенні надійності та довговічності цих деталей. Ця мета досягається, в основному, в результаті коректного вибору матеріалу, який би достань враховував умови його експлуатації.

У сучасних умовах, при яких постійно підвищуються параметри робочих процесів машин і механізмів, необхідні матеріали, що поєднували б цінні властивості чавуну з більш високими показниками міцності, ударної в'язкості і тріщиностійкості. Такими матеріалами є графітізована сталь. Вона представляє собою залізовуглецеві сплави, що містять підвищений вміст кремнію. Головною відмінністю від вуглецевих сталей є наявність в даних сталях графітових включень в структурі. Це надає цим сплавам властивості, що притаманні чавунам. Проте, на відміну від чавунів вміст графіту в таких сталях у декілька разів менше, що добре позначається на механічних і службових властивостях. У літературі є відомості, що, якщо замінити чавуни, вуглецеві та леговані сталі на графітізовану сталь, то підвищується надійність і довговічність низки деталей, що працюють в умовах статичного і динамічного, а також циклічних навантажень, високих температур і агресивних середовищ, а також в умовах зношування. Проте, треба зазначити, що механічні й службові властивості цього матеріалу вивчені недостатньо, це обмежує його застосування в машинобудуванні. Виробництво графітізованих сталей в Україні практично не налагоджено, відсутні технічні вимоги й державні стандарти, що регламентували б їх склади і вимоги до якості.

РОЗДІЛ 1

КЛАСИФІКАЦІЯ, МАРКИ ГРАФІТИЗОВАНИХ СТАЛЕЙ ТА ЇХ ТЕРМІЧНА ОБРОБКА. ОБЛАСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ГРАФІТИЗОВАНИХ СТАЛЕЙ

1.1 Загальні відомості

В машинобудуванні залізо – найважливіший метал. Але в чистому вигляді залізо невикористовується через його низьку міцність, хоча в побуті “залізними” називають його сплави – сталь та чавун.

Значення заліза [1] в сучасному житті визначається його здатністю утворювати різноманітні сплави, в яких поєднуються досить цінні властивості. На частку залізних сплавів припадає приблизно 95% усієї металевої продукції.

Найважливішими залізними сплавами[2] , що застосовуються в сучасній техніці, є сплави заліза з вуглецем, вміст якого в сплаві визначає, практично, весь комплекс властивостей сплаву. Особливістю залізовуглецевих сплавів є те, що їх структуру можна змінювати різноманітною обробкою:

- термічною,
- механічною,
- термомеханічною тощо

При зміні складу структури, отримують залізовуглецеві сплави з різноманітними властивостями, що робить їх універсальними матеріалами.

Технічні залізовуглецеві сплави, які застосовують у машинобудуванні, крім вуглецю вміщують ще і різні домішки. [3] Одні з них (фосфор, сірка, марганець, кремній, кисень, азот, водень) є звичайними, що з'явилися в сплавах під час здійснення технологічних процесів при їхньому виготовленні, інші ж (хром, нікель, молібден, титан, ванадій, вольфрам, кобальт, мідь та ін.) називаються легуючими і вводяться в сплави спеціально для покращання властивостей.

Технічні залізовуглецеві сплави називаються сталями й чавунами

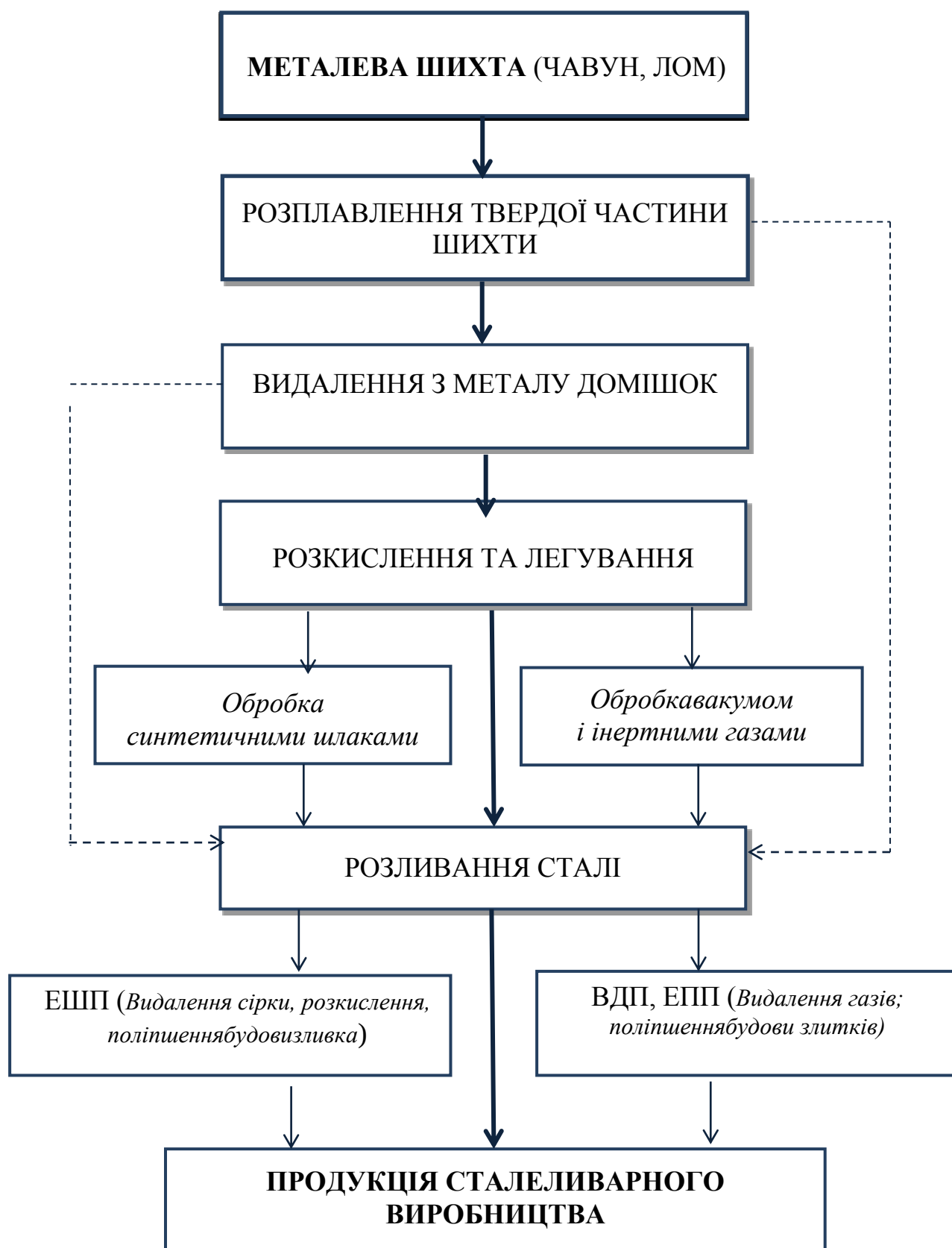


Рисунок 1.1 — Основні елементи технології виробництва сталі

Чавун - залізовуглецевий ливарний сплав в якому вміст вуглецю понад 2,5 %. У ньому можуть бути присутні марганець, кремній, сірка і фосфор. Чавун одержують у доменних печах і він є основним вихідним матеріалом для виготовлення сталі. [4]

Сталь - найважливіший матеріал В різних галузях промисловості та в машинобудування використовують сталь. В сталях вміст вуглецю та домішок сірки і фосфору менше ніж в чавуні [5]. До складу вуглецевих сталей також входять марганець і кремній. Сталі отримують з переробного чавуну і різний сталевий брухт (скрап). Для одержання сталі з чавуну потрібно видалити частину вуглецю і шкідливих домішок, перевести їх у шлак або газу. Основними способами виробництва сталі є такі: киснево-конверторний, мартенівський і електричний.

Основні елементи технології виробництва сталі і можливі варіанти сучасних технологічних виробництв наведено на рис. 2.1. Основний варіант технологічного процесу показаний товстими стрілками, тонкими стрілками показані варіанти технології виробництва високоякісних сталей і сталей спеціального призначення, що вимагають додаткової обробки, або переплаву в спеціальних умовах.[6] Пунктирними лініями показані рідко вживані варіанти отримання сталі.

Якщо з чавуну видалити частину вуглецю і шкідливих домішок та перевести їх у газу або шлак то ми отримаємо сталь

1.2 Склади і властивості графітизованих сталей

Сталь, в якій частина вуглецю знаходиться у вигляді включень графіту – це графітизована сталь (ГС) [7]. Проміжне положення між вуглецевими сталями і графітизованими чавунами, за фізико-механічними властивостями, графітизована

сталь займає через підвищений вміст вуглецю (до 1,7%) і кремнію (до 2,5%) [8], та наявності в структурі графітної фази.

Сталі умовно поділяються за складом вуглецю на:

- низьковуглецеві сталі
 - 0,14% C - 0,27% C
- середньовуглецеві сталі
 - 0,5% C – 0,8% C
 - 1,1% C – 1,4% C
- високовуглецеві сталі.
 - EI366 1,300,5% C – 1,45% C
 - EI293 1,500,5% C – 1,65% C
 - EI336 1,500,5% C – 1,65% C

Найбільший інтерес, як об'єкта досліджень, представляють високовуглецеві сталі тому, що низьковуглецеві сталі вимагають тривалого графітізуючого відпалу, а середньовуглецеві є аналогами пружинних сталей 50C3 ... 70C3. Автор [9] допустив, що завдяки високому вмісту вуглецю (1,1.....1,65%) ці сталі, подібно чавунам [10], матимуть хороші ливарні властивості та різання, задовільну теплопровідність і термостійкість[11], також ці сталі матимуть досить високі показники міцності, пластичності та витривалості.

Автори [8] запропонували основні групи графітізованих сталей, де можна бачити склад вуглецю в високовуглецевій сталі (табл. 1.1)

Таблиця 1.1 — Основні групи графітізованих сталей

Група сталей	Сталь	Зміст основних елементів, мас.%				
		C	Si	Mn	S	P
I	з підвищеними пластичними властивостями	1,30 ... 1,65	0,75 ... 1,35	0,3 ... 0,5	≤ 0,03	≤ 0,04

II	висококремниста	1,3 ... 1,55	1,6 ... 2,5	0,3 ... 0,5	$\leq 0,1$	$\leq 0,07$
III	легированная	1,3 ... 1,50	1,2 ... 1,5	0,8 ... 1,2	$\leq 0,1$	$\leq 0,05$

Для отримання необхідних складових сталі при її виплавці в індукційній печі [12] застосовували методи послідовного легування і фракційного розливання.

1.3 Властивості та їхня методика досліджень

Вироби машинобудування при експлуатації піддаються впливу різного роду механічних, фізичних і хімічних факторів. Це зумовлює певні вимоги щодо комплексу основних характеристик властивостей металів і сплавів. Вони визначають відповідність обраного матеріалу розрахунковим навантаженням у проектуванні деталей і забезпечують надійність їхньої роботи. Розрізняють механічні властивості, технологічні, фізичні й хімічні. Поширення набули методи визначення механічних властивостей металів і сплавів.

Згідно Адаскіну А.М., Зуєву В.М. [13], механічні властивості матеріалів визначають на спеціальних зразках. У залежності від умовних додатків навантаження використовуються різні статичні та динамічні випробування. При статичних випробуваннях навантаження додається повільно і плавно зростає. При динамічних випробуваннях її застосування іде з високою швидкістю.

Випробування може виконуватися при нормальній (кімнатній) або підвищеній температурі [14].

Матеріали випробують на твердість, розтягування, стискування, кручення, згин, ударну в'язкість, зношування, втому тощо для визначення їх механічних властивостей. Випробування проводять на спеціальних приладах і машинах для одержання потрібних характеристик з спеціально виготовленими зразками які мають стандартну форму та розмір.

Поріг міцності (σ_b) - це напруження, є одним із кількох параметрів міцності

матеріалу: максимальна механічна напруга на розрив, яку матеріал може витримати. В основному він розраховується за результатами випробування на розтяг.

Поріг міцності, відносне подовження і звуження визначають при випробуваннях на розтяг спеціальних зразків, які виконують на розривних машинах (рис. 1.2).

Зразки поміщають в затискачі розривної машини, потім розтягують вздовж його поздовжньої осі до руйнування. [15] В процесі прикладання навантаження в зразку виникає напруга σ , МПа, яке дорівнює відношенню докладеного зусилля P до площі зразка F :

$$\sigma = P/F. \quad (1)$$

Під дією прикладеного навантаження виникає деформація - зміна розмірів зразка. Деформація може бути пружною або пластичною.

Пружна деформація повністю зникає після зняття навантаження і не призводить до помітних змін в структурі і властивостях матеріалу. Розрізняють абсолютну і відносну деформацію.

Абсолютна деформація Δl - зміна розміру (довжини при випробуваннях на розтяг), відносна ε - відношення абсолютної деформації до початкової довжини l .

$$\varepsilon = \Delta l/l. \quad (2)$$

Між напругою і відносною пружною деформацією існує лінійна залежність - закон Гука:

$$\sigma = \varepsilon E, \quad (3)$$

де E - модуль пружності[16], властивість матеріалу, що характеризує його жорсткість, тобто здатність чинити опір пружним деформаціям.

Пластична деформація не зникає після зняття навантаження (зігнутий алюмінієвий дріт, після того, як навантаження зняте, дріт не повернеться в початкову форму- він пластично деформований).

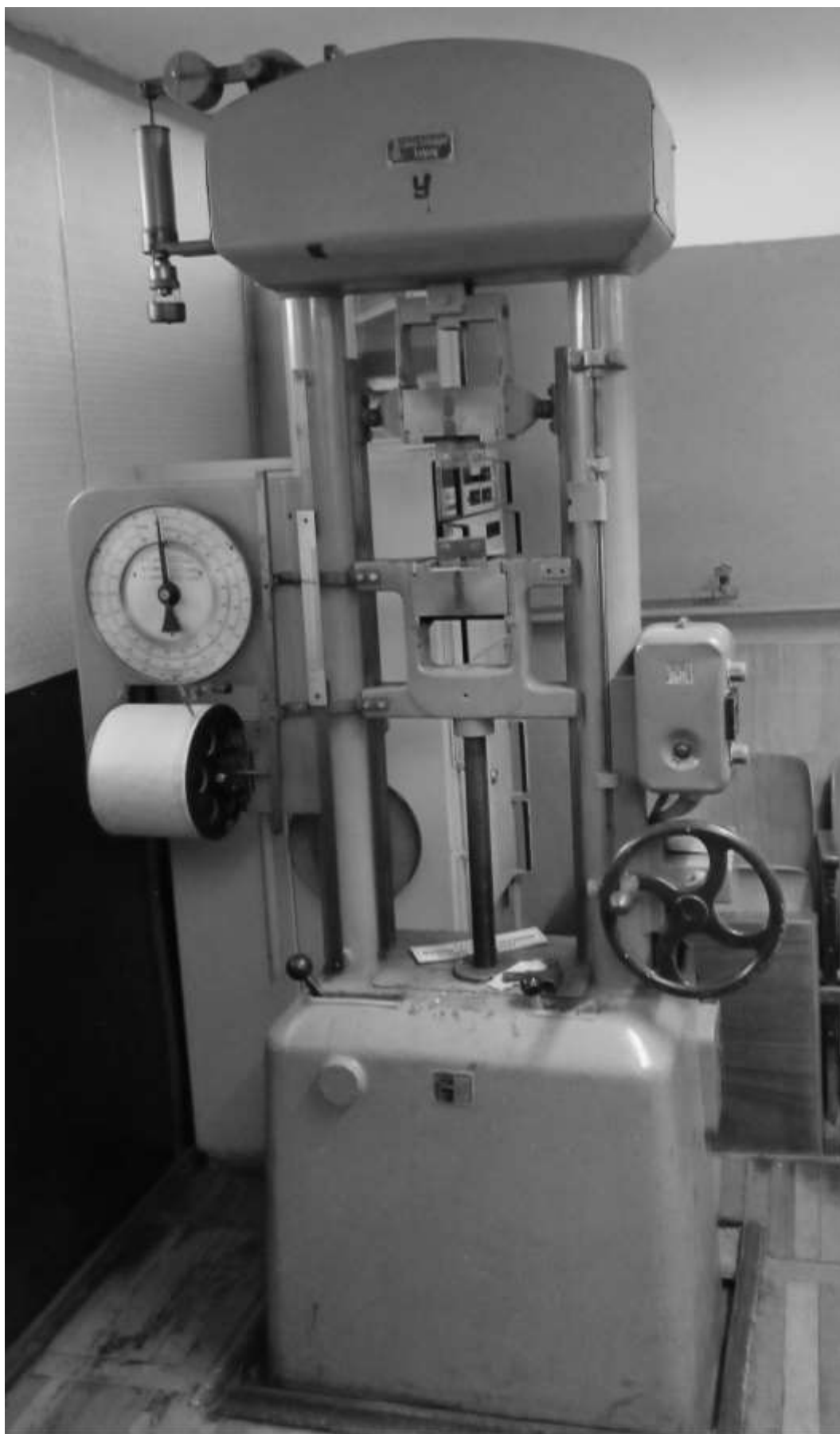


Рисунок 1.2 — Випробування зразка з волокнистого композиту на розтягування

При випробуваннях на розтягнення будується діаграма в координатах: відносна деформація ϵ напруга σ (рис. 1.4).

При цьому визначаються поріг міцності σ_B - напруга, при якому відбувається руйнування зразка (максимальна точка на кривій $\epsilon - \sigma$); межа пропорційності $\sigma_{\text{пц}}$ - максимальна напруга, при якому відсутня пластична деформація. Оскільки точне визначення межі пропорційності утруднено, на практиці визначається межа плинності σ_T - напруга, що викликає залишкову деформацію певної величини, наприклад $\sigma_{0,2}$ - напруга, при якому залишкова деформація дорівнює 0,2% від первісної довжини зразка. При $\sigma > \sigma_{\text{пц}}$ виникає залишкова деформація $\epsilon_{\text{ост}}$ (див. Рис. 1.4).

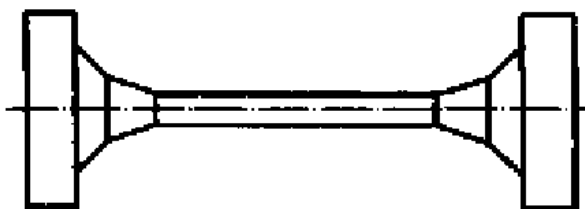


Рисунок 1.3 — Зразок для випробувань на розтягування

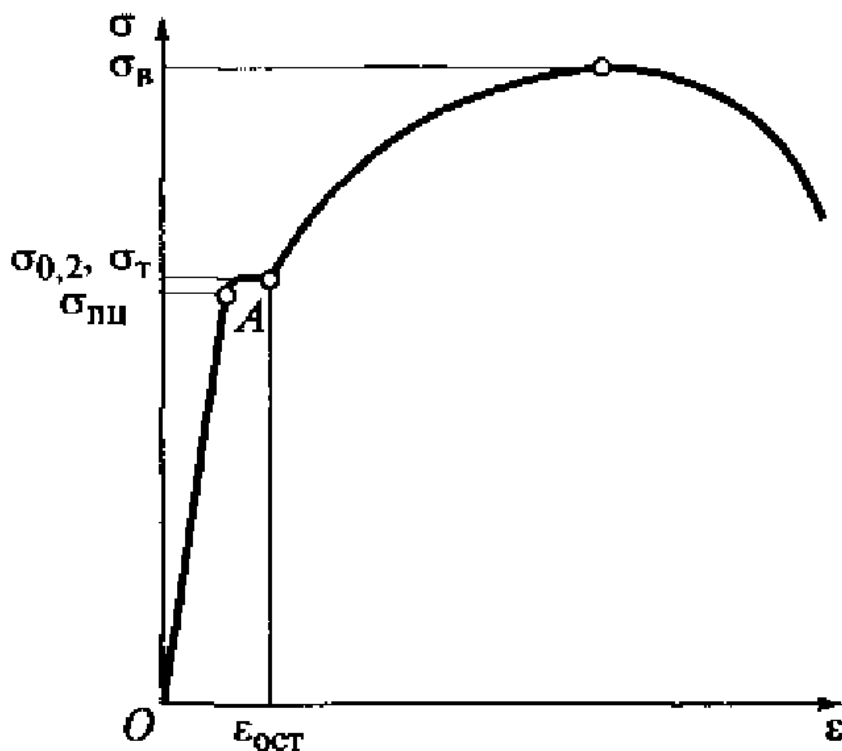


Рисунок 1.4 — Діаграма розтягнення

Адаскін А.М., Зуєв В.М. [13], до фізичних властивостей металів відносять електричні, магнітні і теплові властивості. Для цілого ряду деталей саме вони визначають можливість застосування металів.

Теплопровідність матеріалу характеризує його здатність передавати теплову енергію від однієї частини до іншої, якщо між ними виникає різниця температур.

Виділимо в твердому тілі (рис. 1.5) дві паралельні площини на відстані l і візьмемо два рівних перетину з площею S . Нехай одне з перетинів має температуру t_1 а інше - t_2 , якщо $t_1 > t_2$, то потік теплоти переміщується у напрямку стрілки. Кількість переданої теплоти Q буде прямо пропорційно різниці температур $(t_1 - t_2)$, перетину S і часу t і обернено пропорційно довжині l .

Таким чином, $Q = \lambda S (t_1 - t_2) / l$, де λ - питома теплопровідність, що залежить від природи матеріалу, вона визначає кількість теплоти, яке проходить через тіло перетином 1 см^2 , довжиною 1 см за 1 с .

Питома теплопровідність λ вимірюється в $\text{кал} / (\text{с} \cdot \text{см} \cdot ^\circ\text{C})$ або $\text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$ ($1 \text{ кал} / (\text{с} \cdot \text{см} \cdot ^\circ\text{C}) = 0,0024 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$).

Величина теплопровідності в конкретних умовах λ_1 , залежить від температури:

$$\lambda_1 = \lambda_0(1 + \alpha T), \quad (4)$$

де λ_0 , - питома теплопровідність при 0°C ; T - температура. α - коефіцієнт температуропровідності;

Для визначення теплопровідності випробуваний матеріал поміщають одним кінцем в нагрівальний пристрій, що забезпечує постійну температуру, а другим - в водяний калорифер, що виконує роль холодильника. За нагріву води судять про

кількість теплоти Q , що пройшла за час x . Вимірюючи різницю температур ($t_1 - t_2$) в двох точках, відстань між ними l і площа перетину, визначають величину λ .

Велика різниця в теплопровідності матеріалів знаходить застосування в техніці і побуті. Теплоізоляційними властивостями володіють неметалеві матеріали, в разі необхідності відведення теплоти використовують метали, бо вони мають високу теплопровідність. [17]

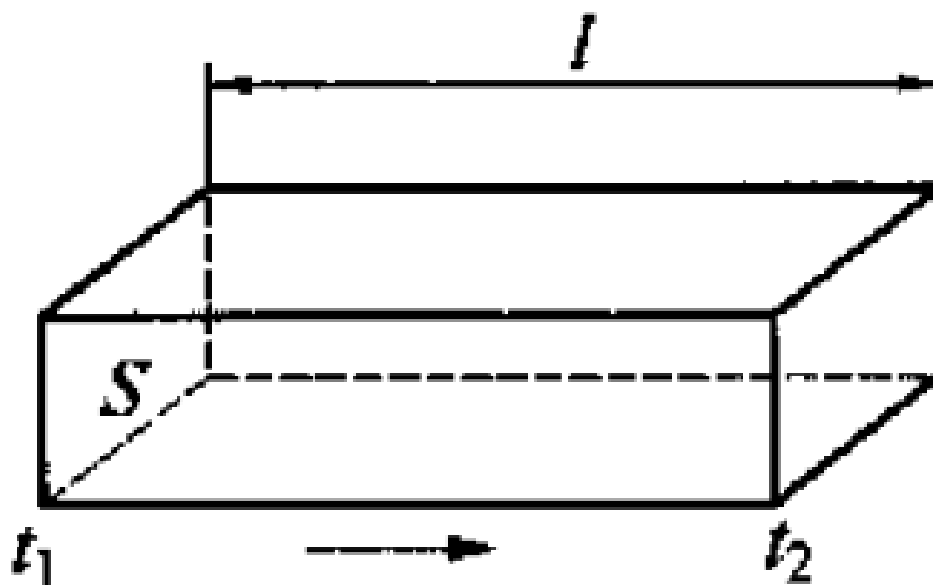


Рисунок 1.5 — Визначення теплопровідності зразка при різниці температур t_1-t_2

1.4 Вплив на властивості залізовуглецевих графітизованих сплавів - вуглецю і кремнію

Механічні властивості матеріалів - це сукупність показників, які характеризують опір матеріалу діючому на нього навантаженню, його здатність деформуватися при цьому, а також особливості його поведінки в процесі руйнування. До механічних властивостей зазвичай відносять опір матеріалу деформації (міцність) та опір руйнуванню (пластичність, в'язкість, здатність металу не руйнуватися при наявності тріщин)[18].

Механічні і службові властивості залізовуглецевих графітизованих сплавів.

Вуглець є основним регулятором механічних властивостей сталі. Найвищими значеннями межі міцності на розрив, межі текучості і відносного подовження володіє сталь з пониженим вмістом вуглецю. [19] Нижня межа вмісту вуглецю обмежується зниженням рідко текучості сталі.

Зниження пластичності і підвищення міцності та твердості залізовуглецевих сплавів за рахунок твердо-розчинного зміцнення, завдяки кремнію який утворює твердий розчин з залізом

Згідно з даними [8, 20, 21, 22, 23], в графітизованих сталях збільшення вуглецю від 0,8 до 1,3% і кремнію від 0,9 до 1,4% призводить до зниження ударної в'язкості в литому стані, при цьому значно збільшується твердість. Встановлено [24], що зародження тріщини при статичному, динамічному, ударно-циклічному і втомному руйнуванні відбувалося в між дендритних просторах, збагачених кремнієм і мають графітові включення.

Укрупнення і зниження ступеня глобуляризації включень графіту при збільшенні концентрації вуглецю і кремнію за даними Л.В. Передерніна [25], негативно впливає на характеристики міцності та, особливо, пластичні характеристики. А також автор [25] зазначає, що позитивно впливають на логарифмічний декремент зменшення коливань, збільшення концентрації кремнію і вуглецю та буде відбуватися пряmolінійна залежність зазначеного показника від вмісту в ній графіту

За твердженнями автора [7], сталь з дрібними кулястими включеннями графіту, в умовах сухого тертя, має гарний опір зносу. Досягти це можна відпалом. потрібне зниження вмісту вуглецю в ГС призводить до утворення більш дрібних і компактних виділень графіту. Саме відпал згідно з автором веде до зниження вмісту вуглецю в ГС та призводить до утворення більш дрібних і компактних виділень графіту

Межа міцності і твердість, у загартованих графітизованих сталях, після високого відпуску збільшення кремнію і вуглецю зростає

1.5 Модифікування графітизованих сталей.

Модифікування згідно це додавання в розплавлені метали (сплави) модифікаторів що, впливають на структуру литих металів поліпшуючи їхні механічні та деякі інші властивості, не змінюючи їх хімічного складу.[26]

В ливарному виробництві застосовується модифікування графітизованих залізовуглецевих сплавів. Зміна кристалізації виливків, призводить до підвищення механічних властивостей металу внаслідок зміни його мікроструктури. шляхом більш рівномірного розподілу окремих структурних складових і зміни їх форми і розмірів. У відношенні графітизованих сплавів можна виділити кілька видів модифікування [27]:

- зміну присадками, що перешкоджають графітизації;
- зміну присадками з графітувальним впливом;
- комбіноване модифікування сумішами, до складу яких входять графітуючі та відбілюючі присадки;

1.6 Термічна обробка графітизованих сталей

Термічна обробка у машино будівництві здійснюється для формування необхідних властивостей та поліпшення механічної обробки металів і сплавів, шляхом зміни стану в металах і сплавах. Кінцева термічна обробка встановлюються нормативно-технічною документацією. [28]

Руйнування багатьох кристалів, з яких складаються метали та сплави, відбувається при певній температурі яка залежить від кількості вуглецю та легуючих компонентів

При різькому охолодженні деталі замість зруйнованого кристала з'являються багато дрібних кристаликів які міцніше пов'язані між собою, що в свою чергу підвищує твердість, але збільшує внутрішні напруги. Для зменшення внутрішньої напруги і крихкості, потрібно знов нагріти деталь до невисоких температур (зробити відпуск). Кристали руйнуються при подальшому нагріванні [29, 30].

Основні параметри режиму термічної обробки:

- температура нагрівання ($t_{\max}$);
- час витримки сплаву при температурі нагрівання (τ_2 — τ_1);
- швидкість нагрівання V_n (або час нагрівання);
- швидкість охолодження V_{ox} (або охолодне середовище).

Способи термічної обробки можна поділити на групи:

- термомеханічна;
- хіміко-термічна;
- відпуск (старіння);
- гартування;
- відпал I, II роду (нормалізація)

Термомеханічна обробки використовується на металургійних підприємствах при охолодженні прокату, що підвищує міцність внаслідок процесів, які майже одночасно відбуваються при гартуванні та пластичній деформації

При хіміко-термічній обробці змінюється хімічний склад та структура поверхневого шару виробів це веде до зміни механічних і технологічних властивостей металевим сплавам.

При відпуску матеріал, який підлягає гартуванню, нагрівається до температур нижче критичних з подальшим охолодженням за винятком окремих випадків швидкість охолодження не має значення. Після даних операцій міцність, твердість і крихкість гартованого металу зменшується, а пластичність і в'язкість підвищуються. [19]

При гартуванні металеві вироби нагріваються вище критичних температур і далі швидко охолоджуються це приводить метал до нерівноважного стану. В наслідок чого виникає фіксації метастабільних структур (метал набуває найбільшої міцності та твердості) або ж структур високотемпературного стану (метал набуває найвищої пластичності та в'язкості).

Відпал першого та другого роду відносять до пом'якшувальних видів термообробки.

При відпалі першого роду метал нагрівається нижче критичної температури та повільно охолоджується. Дана обробка використовується якщо після попередньої технологічної операції метал необхідно перевести до стану рівноваги так як деякі складно леговані сталі, мають підвищену твердість, навіть при повільному охолодженні після гарячої обробки тиском.

При відпалі другого роду метал нагрівається вище критичних температур з наступним повільним охолодженням. Дана обробка використовується якщо після попередньої технологічної операції (термічної або термомеханічної обробки) необхідно виправити, в металевих виробах, небажаних структур або перевести їх до стану рівноваги.

Через те, що литі нелеговані ГС в метастабільному (литому) стані мають структуру заевтектоїдних сталей: пластинчастий перліт і вторинний цементит у вигляді дрібних скупчень і розірваної сітки. Структура не має необхідні показники міцності, пластичності, ударної та циклічної в'язкості руйнування. Тому в залежності від умов експлуатації, ГС піддаються різним видам термічної обробки. Найбільш часто застосовуються термічні обробки: графітуючий відпал, гомогенізований відпал, нормалізація, а також гарт в поєднанні з наступним відпуском.

Дослідження впливу температури гартування і часу витримки ГС проводила Г.В. Коровіна [7]. Вони встановили, що оптимальною температурою для сталі ЕІ336 є 825 ... 840°C і витримка 30 хвилин (при загартуванні в воду). Твердість при цьому досягається HRC 60...65, а збільшення температури відпуску до 300°C

незначно знижує твердість сталі (від 65 до 60HRC), збільшення температури до 700°C прямолінійно знижує твердість від 65 до 25 HRC.

За даними М.М. Брикова [31], збільшення зносостійкості сталей заевтектоїдного класу, що працюють в умовах абразивного зношування, можливо в результаті гартування з утворенням структури мартенсит + залишковий аустеніт. Збільшити зносостійкості можна шляхом інтенсивного зміцнення робочої поверхні сталі в процесі експлуатації. Таким чином, можна очікувати, що підвищення зносостійкості графітізованих сталей можливо шляхом застосування гартування з утворенням структури мартенситу і залишкового аустеніту при збереженні графітових включень.

В роботі [3] показано, що найвищим комплексом механічних властивостей ГС складу: 1,35% C; 1,8% Si; 0,6% Mn має після гартування від 830...850°C з наступним відпуском при 680...700 °C протягом однієї години. За рахунок збільшеної прогартуваності в даній сталі утворилася структура дрібнозернистого перліту. Сталь мала механічні властивості в таких межах: $\sigma_b = 700 \dots 770$ МПа; $\delta = 18 \dots 24\%$; $HV = 181 \dots 197$; $KSC = 1,8 \dots 2,4$ МДж/м².

Високі показники пластичності і ударної в'язкості сталі зумовлені зменшенням кількості перлітної фази в результаті підкритичній графітизації в процесі відпуску.

1.7 Конструктивна міцність і методи її підвищення для графітізованих залізовуглецевих сплавів

Завдяки графіту, в деяких випадках, чавун має переваги перед сталлю:

- 1) вміст графіту полегшує оброблюваність різанням, робить стружку ламкою;
- 2) чавун малочутливими до дефектів поверхні, надрізів, виточок тощо;

3) завдяки змащувальній дії графіту чавун має добрі антифрикційні властивості;

4) чавун має добрі ливарні властивості, особливо рідкотекучість, а саме заповнюваність ливарної форми;

5) вміст графітних включень добре гасить вібрації та резонансні коливання.

Чим більше графіту в чавунах, тим нижче його механічні властивості, оскільки графіт сам по собі дуже м'який і неміцний і його включення можна розглядати як порожнини в металевій структурі, яка є не що інше як сталь.

Вміст графіту у структурі сталі підвищує зносостійкість і коефіцієнт тертя, покращує її антифрикційні властивості. При частковому розпаду цементиту в структурі сталей отримують графіт. Ці сталі мають підвищений відсоток вуглецю і кремнію. Вміст вуглецю та кремнію сталях відповідно в межах 1,30..1,75% та 0,70...1,6%.

Конструктивна міцність матеріалу згідно Л.І. Тушинському [32], являє собою комплекс характеристик, що містить поєднання критеріїв міцності, надійності та довговічності.

Можна стверджувати, що ГС є мало вивченим класом конструкційних матеріалів. Одночас є підстави очікувати, що володіючи високими показниками конструктивної міцності, низькою собівартістю і технологічністю дані сталі можуть використовуватися в якості заміни графітізованих чавунів, вуглецевих сталей, бронз та інших більш дорогих конструкційних матеріалів.

Для графітізованих сталей, як для гетерогенних матеріалів що послаблює графітну фазу[33], основними факторами, що впливають на конструктивну міцність є:

- стан металевої матриці,
- рівномірність розподілу,
- форма і кількість графітових включень.

Тому перспективними шляхами підвищення їх конструктивної міцності є зміцнення металевої матриці за допомогою легування[34], термічної обробки та глобуляризації графітових включень.

1.8 Діджиталізація в сучасній металургії

Сьогодні визначальним чинником у підтримці конкурентоспроможності металургії на світовому ринку є технологічні інновації, Цифрові технології в металовиробництві

В сучасній металургії з'явився ще один напрямок – діджиталізація. Даний напрямок значно підвищить безпеку на робочому місці завдяки повній автоматизації та використанню у небезпечних робочих зонах роботів. Технічне обслуговування полегшать системи моніторингу стану (CMS) та доповнена реальність (AR). Завдяки допомогі штучного інтелекту більшість процесів будуть оптимізовані, а дефекти кінцевих продуктів стануть.

При розвитку новітніх технологій, традиційні не можна списувати з рахунків, так як вони вдосконалюються та модернізуються з метою підвищення якості продукції та забезпеченні конкурентоспроможності на перенасиченому ринку.

Як відзначають автори [35], Web-сервіси все активніше проникають в область, вже зайняту об'єктно і компонентними технологіями, представляючи собою альтернативу традиційним підходам до створення корпоративних додатків. В останні роки інвестицій в технології, пов'язані з Web-сервісами, збільшились. Так як все більше технологій проникають в наше життя, розробка додатків на багатьох платформах (комп'ютери, смартфони, смартТВ і інше) за допомогою однієї технології куди перспективнішою, з боку розробки та економічної, ніж вибір технології під кожен платформу.

Браузер, веб-оглядач (web-browser) - клієнтська програма для доступу до веб-сервера по протоколу HTTP і перегляду веб-сторінок. Найвідоміші браузери:

- Internet Explorer (IE)/Microsoft Edge
- Safari

- Opera
- Chrome
- Firefox

Веб-сервер - це мережевий додаток, яке обслуговує запити від клієнтів, зазвичай веб-браузерів. Веб-сервер приймає запити і повертає відповіді, зазвичай з HTML-сторінкою, зображенням, файлом, медіа-потоків або іншими даними. Веб-сервери - основа Всесвітньої павутини. З розширенням спектра мережевих сервісів веб-сервери все частіше використовуються в якості шлюзів для серверів додатків або самі представляють такі функції.

1.9 Мета і завдання дослідження

Як можна зробити висновок з зробленого літературного аналізу – графітізована сталь є маловивченим та недостатньо використовуваним у промисловості конструкційним матеріалом. Наприклад: в Україні відсутні технічні вимоги та державні стандарти, які б регламентували склади та вимоги до якості цих сплавів [36]. Проте літературний аналіз показав, що данні матеріали володіють низькою добрих властивостей таких як дешевизна, гарні технічні та механічні властивості у порівнянні з графітізованими чавунами.

Аналіз літератури показав, що наявність графітної фази в чавунах робить їх добрими антифрикційними матеріалами, але їх низькі механічні властивості стримують застосування чавунів для широкого їх впровадження для деталей, що працюють в таких умовах. Тому звертають на себе увагу графітізовані сталі як антифрикційний матеріал, але в літературі мало відомостей, які б вказували на зносостійкість графітізованих сталей при різному вмісті вуглецю, а отже графітної фази.

У зв'язку з цим наше дослідження буде спрямоване на вивчення вуглецю у широкому діапазоні на зносостійкість графітізованої сталі в умовах сухого тертя

метал по металу та виявлення оптимального вмісту вуглецю для найкращої зносостійкості.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ, ОБЛАДНАННЯ, ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ

2.1 Плавлення дослідних сплавів

Плавлення сплавів для дослідження їх мікроструктур, виготовлення зразків для механічних та експлуатаційних властивостей проводили в індукційний метало-плавильній печі марки ИСТ-60 із ємністю тигля 60 кг. При плавленні перед заливанням у ливарні форми доводили температуру сплаву до 1800-2000°C.

2.2 Лиття у форми

Для отримання злитків, лиття рідкого сплаву із плавильній печі проводили у сухі піщані форми, які забезпечували отримання виливків призматичної форми з наступними розмірами: висота 250 ... 270 мм, ширина 120 ... 150 мм та довжина 120 ... 150мм. Вибивку та очищення виливки проводили звичайним методом.

2.3 Контроль хімічного складу

З заготовок зразків для механічних випробувань вирізали Проби для аналізу хімічного складу. Контроль вмісту вуглецю і основних легуючих елементів виконувався на іскровом спектрометрі з точністю $\pm 0,0001$ мас. %.

2.4 Термічне оброблення дослідних сплавів

У даній роботі в якості термічного оброблення були обрані одноступеневий графітизуючий відпад та гартування із наступним низьким відпусканням.

Для повноцінної реалізації такого оброблення були задіяні тунельні та шахні печі, що працюють на базі електричного опору.

Гартування проводили шляхом занурення у проточну воду.

2.5 Механічні випробування дослідних сплавів

Показники міцності визначали за ДСТУ 2825-94 “Розрахунки та випробування на міцність. Терміни та визначення основних понять” [37].

2.6 Визначення твердості

Твердість визначали за методом Бринеля, із використанням твердоміра Бринеля при цьому застосовували індектор – сталева загартована куля $\varnothing 10\text{мм}$, сила втискання $30 \times 10^4 \text{ Н}$, час витримки 10 секунд.

2.7 Дослідження зносостійкість сплавів

Дослідження процесів тертя та зношування в умовах «метал по металу» провели на установці типу МІ-1 при сухому терті. Навантаження складало 200 Н,

час випробування – 90 хвилин. Зразки та контртіла мали циліндричну форму і однакові розміри робочої поверхні: діаметр 40 мм, ширина 10 мм. Контртіла були виготовлені зі сталі 45 після гартування та високого відпуску. Швидкість обертання зразка V_2 складала 360 об/хв., контртіла V_1 – 450 об/хв (рис. 2.1).

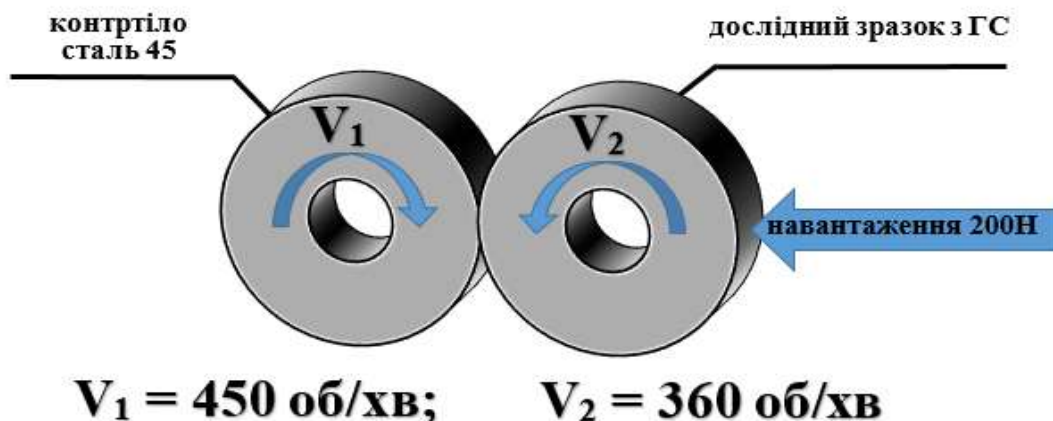


Рисунок 2.1 — Схема випробування зносостійкості графітізованих сталей на машині МІ-1

Так як зношування матеріалу в процесі експлуатації є однією з важливих властивостей конструкційних матеріалів, в тому числі і досліджуваної ГС, для прогнозу за допомогою програмного додатку обрали саме цю властивість.

2.8 Програмні засоби

Обрали веб технології для розробки додатку щоб побудувати математичну модель та обробляти запити від клієнтів(веб-браузерів). А Веб-сервер приймає запити і повертає відповіді, зазвичай з HTML-сторінкою, зображенням, файлом, медіа-потоків або іншими даними. Веб-сервери - основа всесвітньої павутини що

дало можливість зберігати математичну модель не на комп'ютері а в мережі інтернет (рис. 2.2).

Як інструмент розробки додатку обрали Angular  [38] для клієнської сторони. та Node.js  [39] для серверної.

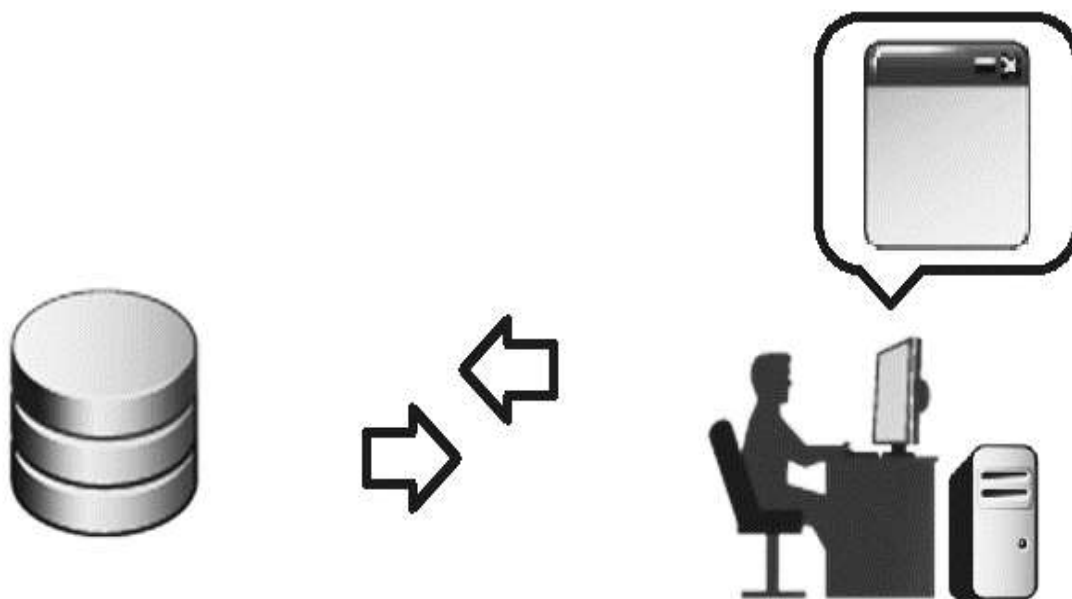


Рисунок 2.2 — Схема роботи Сервера та Клиента-браузера

Для розробки клієнтської сторони веб-додатків обрали фреймворк Angular з відкритим вихідним кодом, заснованого на TypeScript та технічною підтримкою корпорації Google і співтовариством приватних осіб і компаній.

Для розробки серверної сторони веб-додатків обрали кроссплатформенне середовище виконання JavaScript з відкритим вихідним кодом, яка може виконувати код JavaScript поза веб-браузера та дозволяє розробникам використовувати JavaScript для написання інструментів командного рядка і виконання сценаріїв на стороні сервера, тобто запуску сценаріїв на стороні сервера для створення динамічного веб-контенту перед відправкою сторінки в веб-браузер користувача.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВУГЛЮ НА ВЛАСТИВОСТІ ГРАФІТИЗОВАНИХ СТАЛЕЙ

3.1 Обґрунтування виробу матеріалу дослідження

Актуальність ГС визвана тим, що цей матеріал є мало вивченим та недостатньо застосовуваним в промисловості, хоча має ряд переважних властивостей:

- низька ціна;
- високі технологічні властивості (можливо отримувати відливки та легко обробляти різанням);
- на відміну від чавунів більш високі механічні властивості за рахунок меншої кількості графіту в структурі;
- графітна фаза в структурі в цілому підвищує теплопровідність в сталі, що дає можливість використовувати її для виробів, що працюють в умовах теплових змін (висока термостійкість ГС та властивість опір термовтомним тріщинам).

Для перевірки і калібрування результатів прогнозованих властивостей, що були отриманні за допомогою розробленого додатку, потрібно дослідити зразки з відповідними сполуками, тобто перевірити прогноз експериментальним шляхом.

Метою даної роботи було дослідження впливу зміни кількості вуглецю, а відповідно графітної фази на механічні властивості і зносостійкість графітизованих сталей, а також прогнозування зносостійкості з використанням комп'ютерного аналітичного програмного забезпечення. Для зміни об'ємного вмісту графіту в структурі сталей отримували злитки з різним вмістом вуглецю в діапазоні від 0,4% до 2,0% С.

3.2 Плавка графітізованих сталей заданого составу

В якості шихтових матеріалів були використані чушкові ливарні чавуни (ГОСТ 4832-80), кремній КР-1 (ГОСТ 19658-81), сталевий брукхт (ГОСТ 2787-86), алюміній АД1 (ГОСТ 4784-97).

Плавку проводили в індукційний печі ІСТ-60 з основною футеровкою тигля використовувалися для досліджуваних сплавів. Лиття металу проводили в піщано-глинисті форми (ПГФ) для отримання злитків у формі циліндру (рис 3.1) висотою $h = 250$ мм, та діаметром $D = \varnothing 150$ мм.

При розливанні металу був застосований метод фракційної розливання, що дозволило виключити дію сторонніх чинників, пов'язаних зі зміною хімічного складу, температури розливання, умов кристалізації і т.п., тим самим дозволило, отримати більш достовірні результати випробувань.

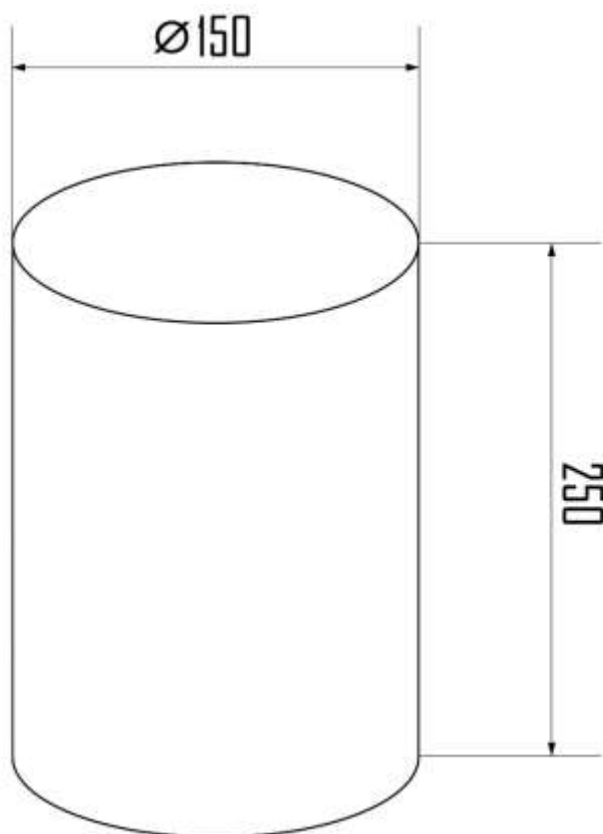


Рисунок 3.1 – Креслення отриманих Злитків у формі циліндру

3.3 Термічне оброблення

Після плавлення зливків був проведений графітізуючий відпал за таким алгоритмом:

1. нагрів до 350°C ,
2. витримка 4 ч,
3. нагрів до 850°C витримка 3 ч,
4. подальше охолодження на повітрі.

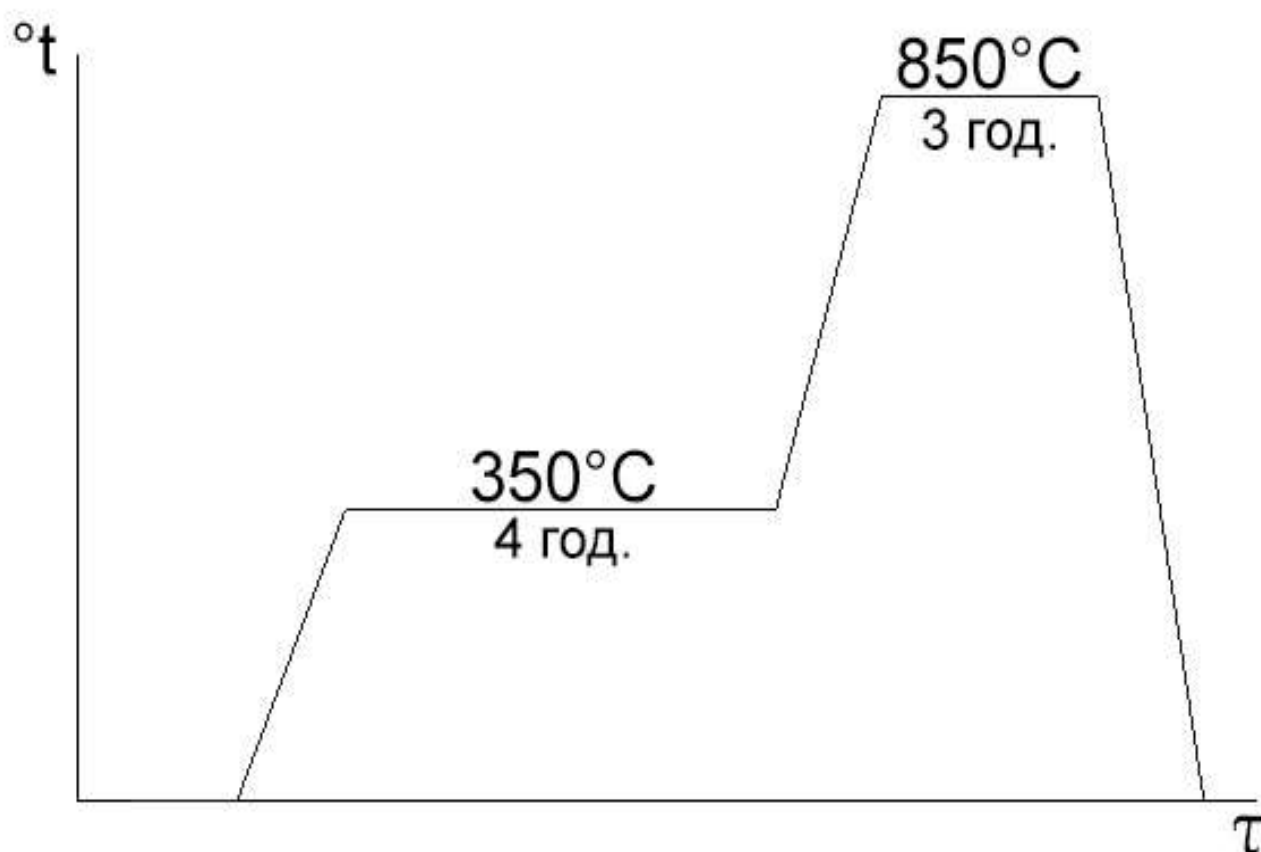


Рисунок 3.2 — Графік проведеного графітізуючого відпалу

Далі були проведені гартування та низькотемпературний відпуск.

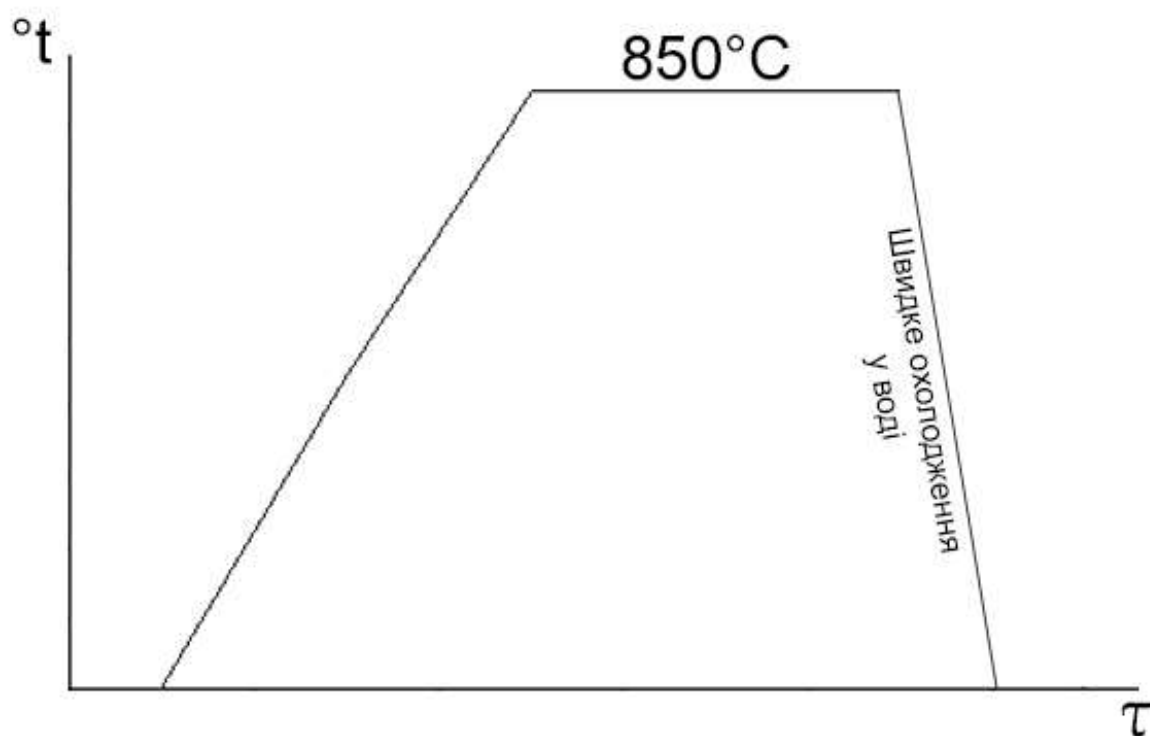


Рисунок 3.3 — Графік проведеного гартування

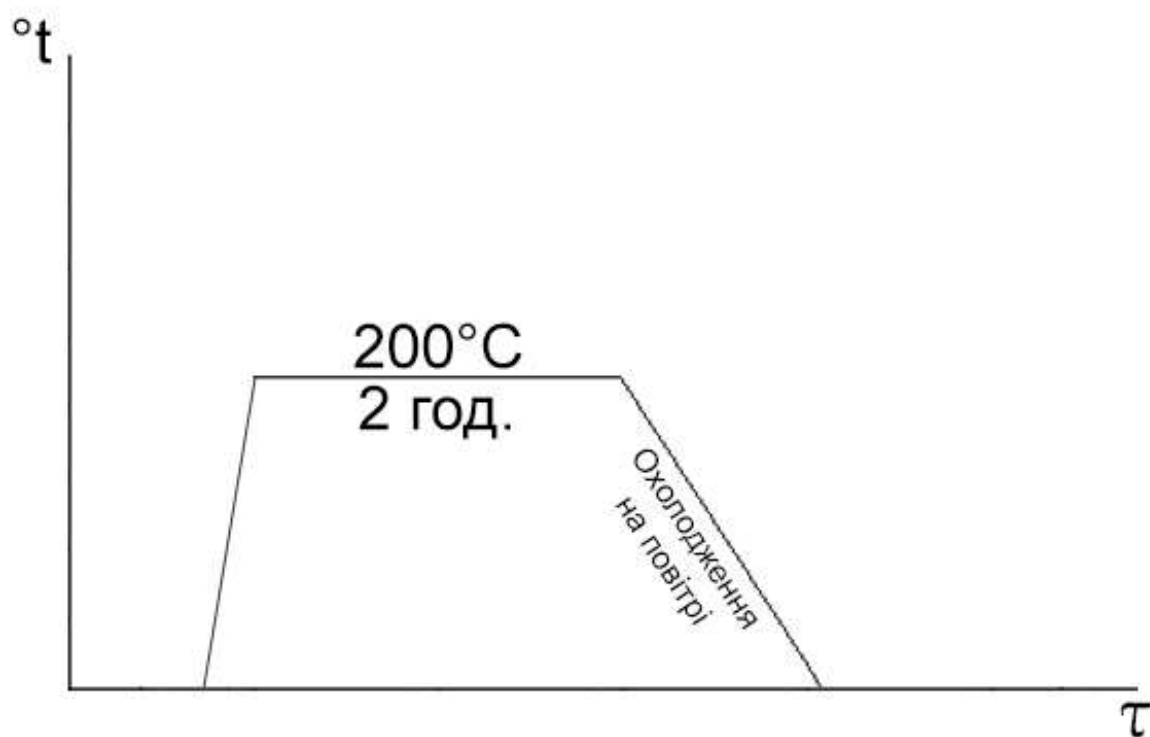


Рисунок 3.4 — Графік проведеного відпуску

Спираючись на [40] попереднє штучне старіння на першому кроці(нагрів до 350°C) сприяє прискоренню розпаду вторинного цементиту при подальшому відпалі. Після відпалу були проведені гартування та відпуск.

Гартування проводилось при температура: 800 ... 850°C.

Застосування ГС для деталей, що працюють в умовах сухого тертя, вимагає підвищення таких властивостей як твердість і міцність чого можливо досягти якщо провести гартування з низьким відпуском (до 200°C).

3.4 Структурний аналіз

Хімічний аналіз експериментальних сплавів показав, що були отримані п'ять злитків наступного складу по вуглецю(Таблиця 3.1): 0,48%; 0,72; 1,25; 1,70; 1,95%С. Зміст інших хімічних елементів становило: 1,6 ... 1,8% Si; 0,60 ... 0,70% Mn; 0,15 ... 0,18% Cr; 0,22 ... 0,25% Al і до 0,015% S і 0,024% P.

Таблиця 3.1 — Кількісний склад зразків ГС

№ зразку	Вміст вуглецю, %C	Інших хімічні елементи
1	0,48	1,6...1,8%Si; 0,60...0,70%Mn; 0,15...0,18%Cr; 0,22...0,25%Al; до 0,015%S; до 0,024%P;
2	0,72	
3	1,25	
4	1,70	
5	1,95	

Саме така термічна обробка дозволила отримати в металі потрібну нам структуру, а саме перліт з включеннями графіту в усіх складах сталей.

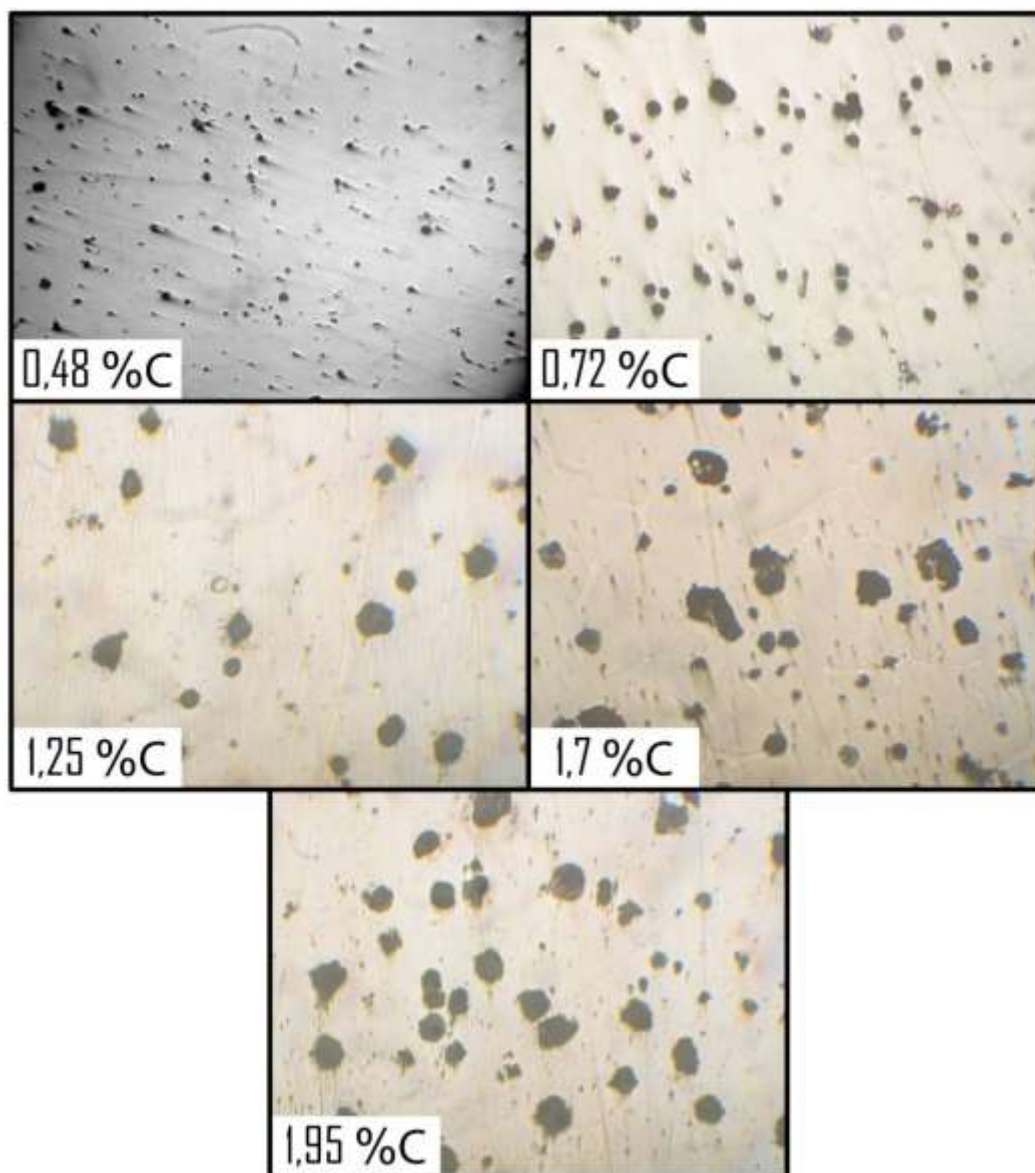


Рисунок 3.5 — Знімки мікроструктури відлитих сталей

Щоб обчислити об'єм включень застосуємо метод «Точок». Даний метод був запропонований А.А. Глаголевим. На отримані фото зразків була накладена сітка з точок (рис. 3.6). Підраховано кількість точок, які лежать в перерізі мікрочастинок досліджуваного зразка

Об'ємна частка β -фази визначається як

$$V_{\beta} = (M_i / z) 100\%, \quad (5)$$

де M_i - число точок, що потрапили на частки β -фази;

z - загальне число точок в сітці.

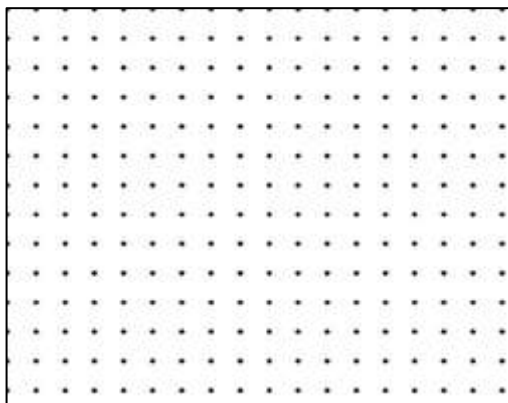


Рисунок 3.6— Сітка для обчислення об'єму включень за методом «точок».

Точність буде залежати від загального числа z підрахованих точок і площі, займаної частинками дисперсної фази на знімку поверхні зразка. Відстань між точками в сітці було вибрана таким чином, щоб не більше однієї точки потрапило в перетин досліджуваної мікрочастинки

Збільшення було обрано таким, щоб досліджувані структурні частки були досить великими для точного визначення: чи потрапила точка в перетин фази чи ні..

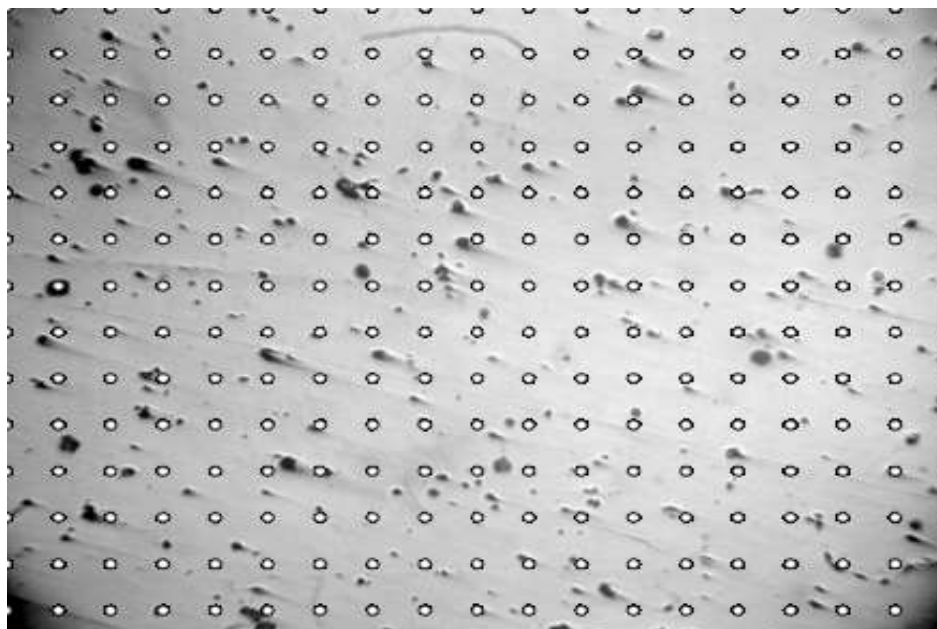


Рисунок 3.7 — ГС з вмістом вуглецю 0,48%;

$$V_{\beta(0.48)} = 11/221 \cdot 100\% = 4,97\% \quad (6)$$

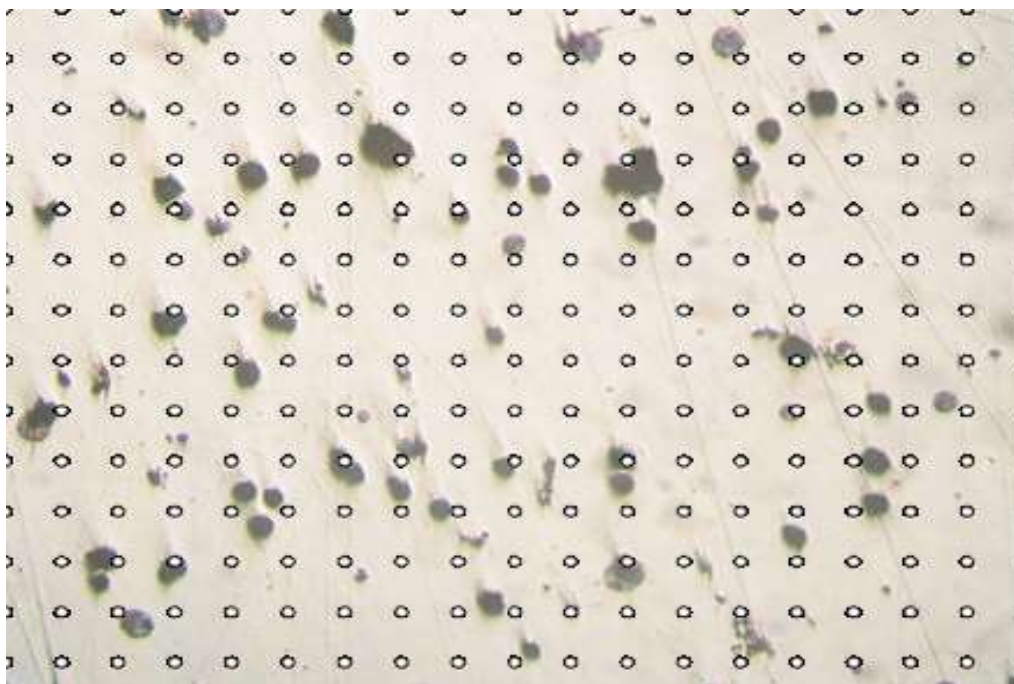


Рисунок 3.8 — ГС з вмістом вуглецю 0,72%;

$$V_{\beta(0.72)} = 16/221 * 100\% = 7,23\% \quad (7)$$

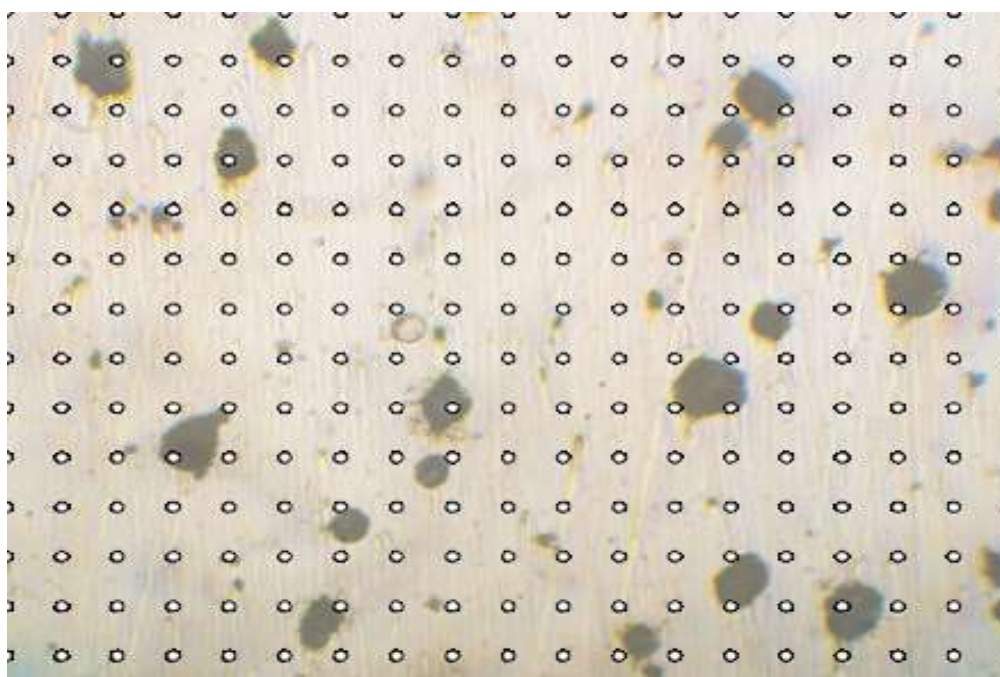


Рисунок 3.9 — ГС з вмістом вуглецю 1,25%;

$$V_{\beta(1.25)} = 19/221 * 100\% = 8,59\% \quad (8)$$

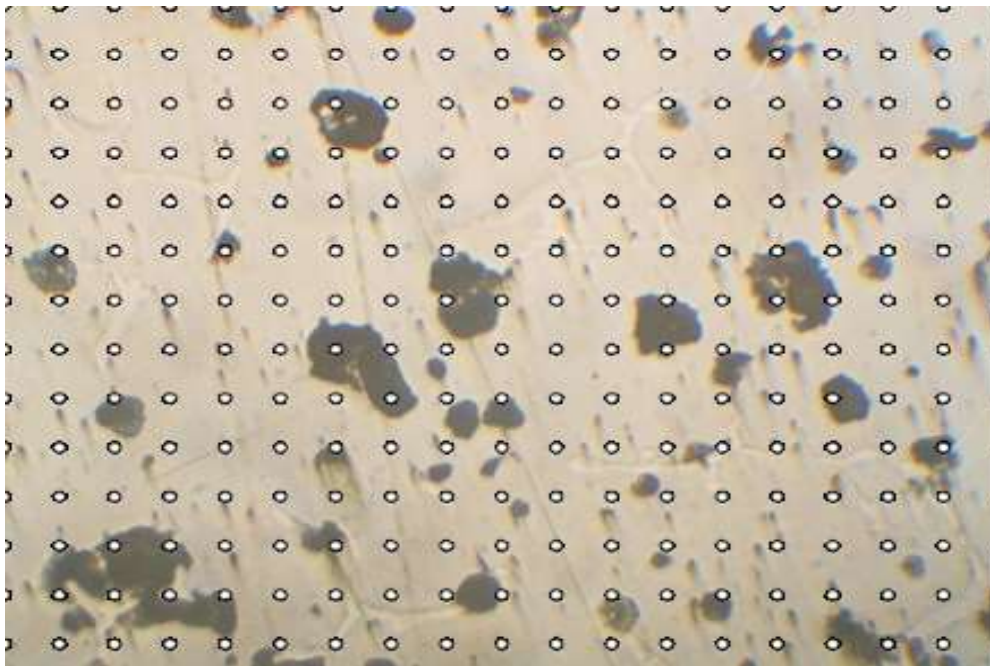


Рисунок 3.9 — ГС з вмістом вуглецю 1,7%;

$$V_{\beta(1.7)} = 21/221 \cdot 100\% = 14,02\% \quad (9)$$

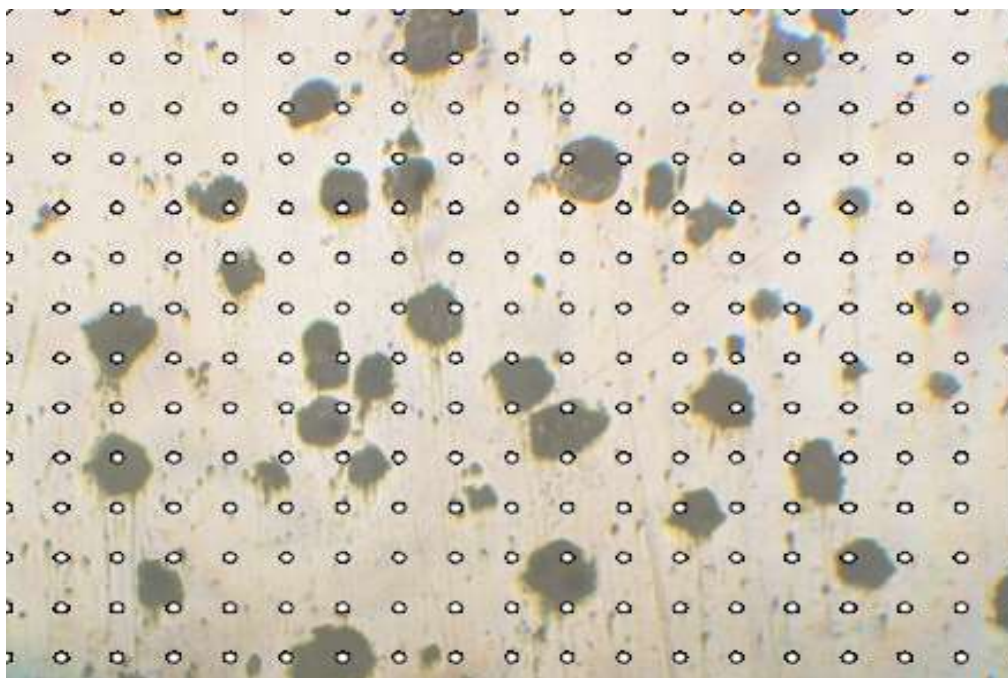


Рисунок 3.10 — ГС з вмістом вуглецю 1,95%;

$$V_{\beta(1.9)} = 36/221 \cdot 100\% = 16,29\% \quad (10)$$

3.5 Механічні властивості

Таблиця 3.2 — Механічні властивості ГС після графітизуючого відпалу и гартування з низьким відпуском

Номер випробування	Вміст %C	Кількість графіту в структурі V_{β} , об.%	σ_B , МПа	δ , %	Твердість. НВ
1	0,48	4,97	1350	8%	450
2	0,72	7,23	1900	6%	480
3	1,25	8,59	1730	4%	430
4	1,7	14,02	1240	2%	410
5	1,95	16,29	1100	1%	390

3.6 Дослідження зносостійкості ГС в умовах сухого тертя метал по метал

В результаті експериментів було отримано V_m – коефіцієнт втрати матеріалу (табл. 3.3), згідно формули

$$V_m = m / t \quad (11)$$

де V_m – швидкість втрати маси за одиницю часу;

m – маса втраченої частки зразка;

t – тривалість випробувань.

Таблиця 3.3 — Результати випробування на зносостійкість зразків ГС в умовах сухого тертя метал по металу

Номер випробувань	Вміст %C	V_m	t тривалість випробувань
1	0,48	1,61	90 хвилин
2	0,72	1,32	
3	1,25	0,91	
4	1,7	0,56	
5	1,95	0,34	

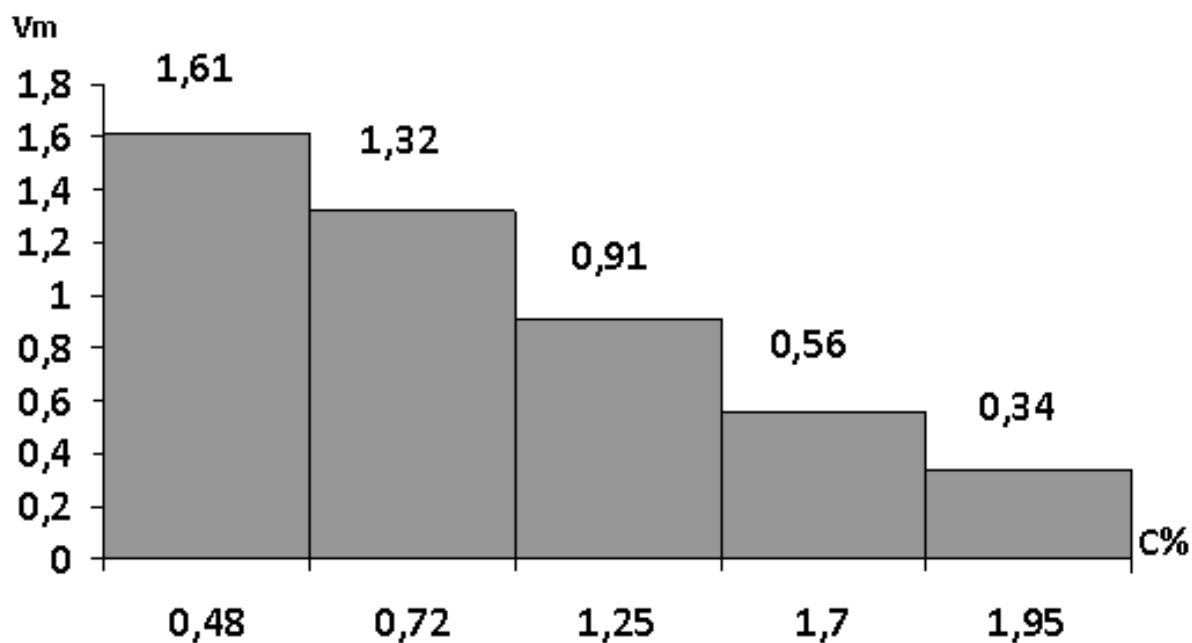


Рисунок 3.11 — Графік впливу кількості вуглецю у складі дослідних сплавів (C%) на втрату маси випробувальних зразків (V_m) в умовах сухого тертя метал по металу.

3.7 Визначення математичної моделі для прогнозування властивостей графітізованих сталей

Побудову рівняння виду $V_m = f(\%C)$ проводили на базі чотирьох експериментальних точок для дослідів №1, №2, №3, №4(див табл. 3.3).

Використовуючи обрані інструменти розробки Web-сервісів перейшли до розробки додатку.

Після постановки мети і завдання додатку були пройдені етапи розробки:

- 1) Створення, опрацювання технічного завдання (ТЗ) на розробку сайту та прототипування(Рис. 3.12)

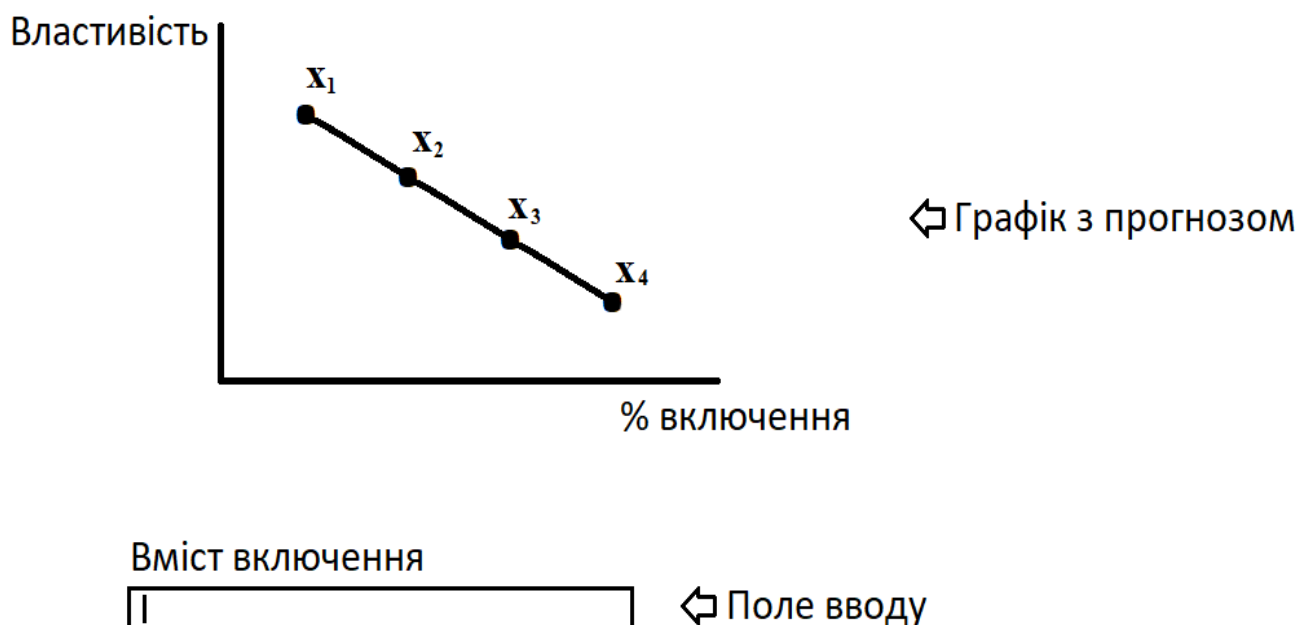


Рисунок 3.12 — Схематичне зображення додатка

Створення макета дизайну додатку(Рис. 3.13);

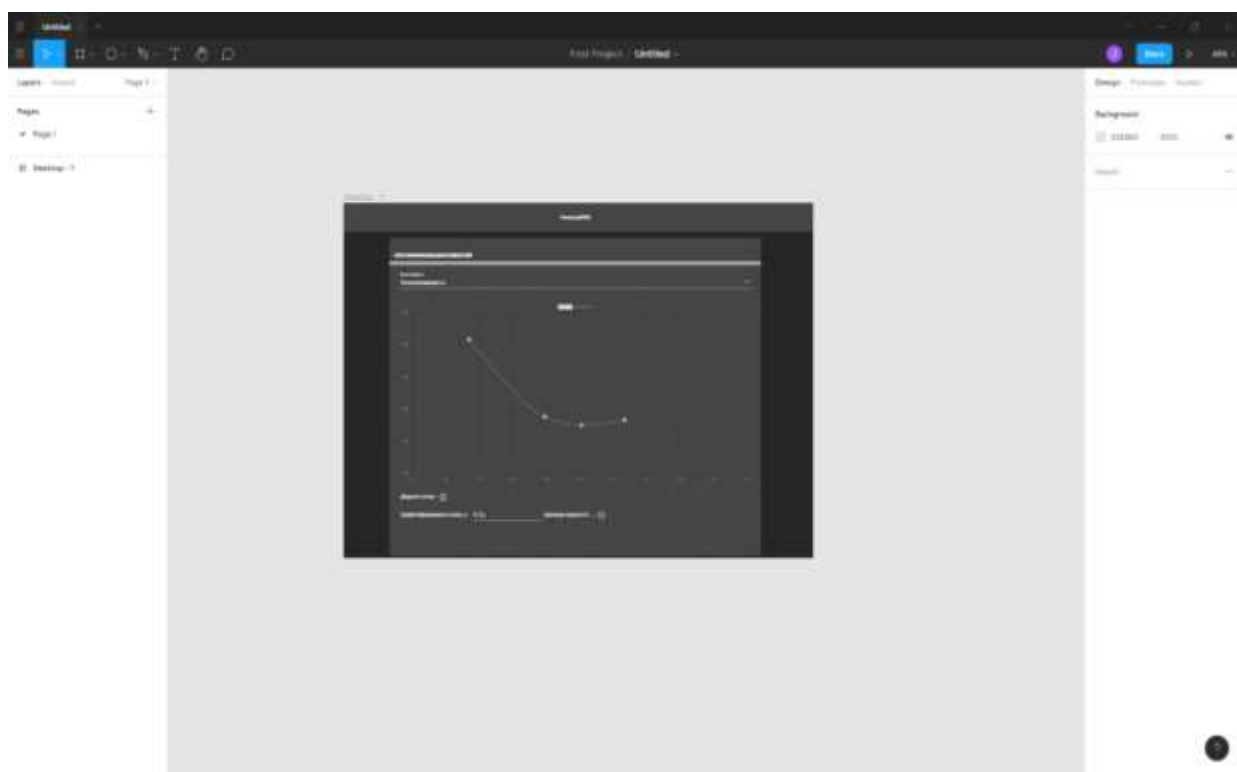


Рисунок 3.13 — Макет дизайн додатку

2) Верстка, програмування(Рис. 3.14 та Рис. 3.15);

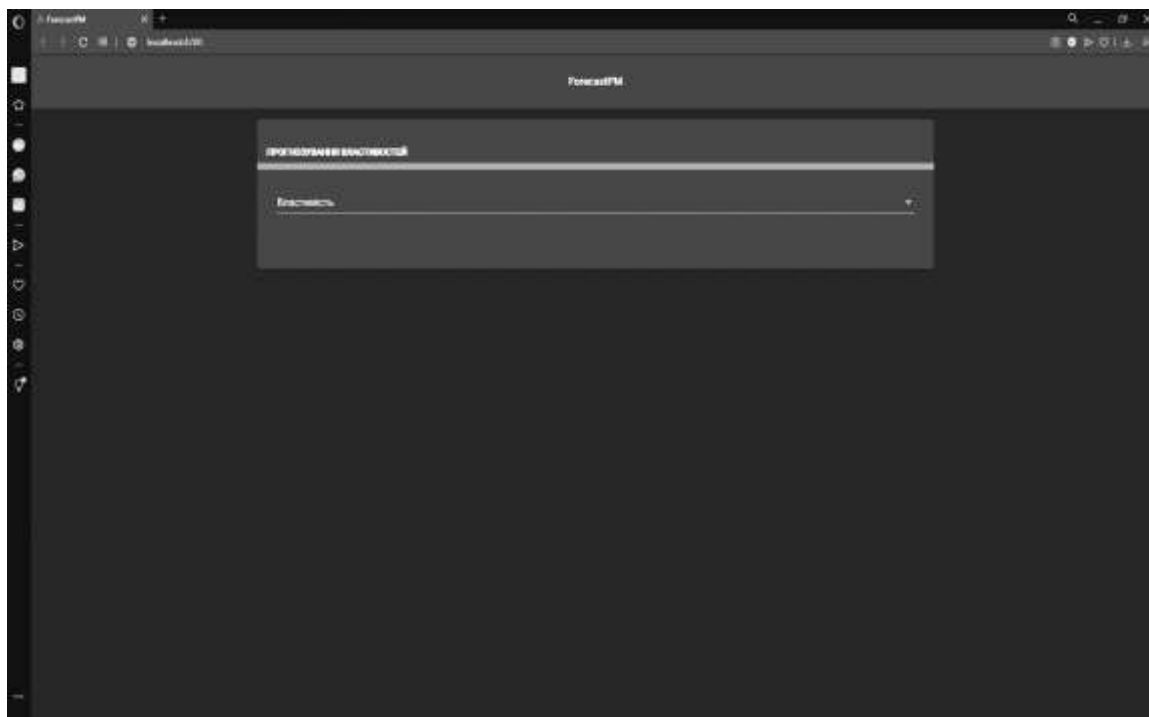


Рисунок 3.14 — Браузер на етапі верстки та програмування



Рисунок 3.15 — Робоча на етапі верстки

3) Наповнення контентом та підключення бізнес логіки (Рис. 3.16.);

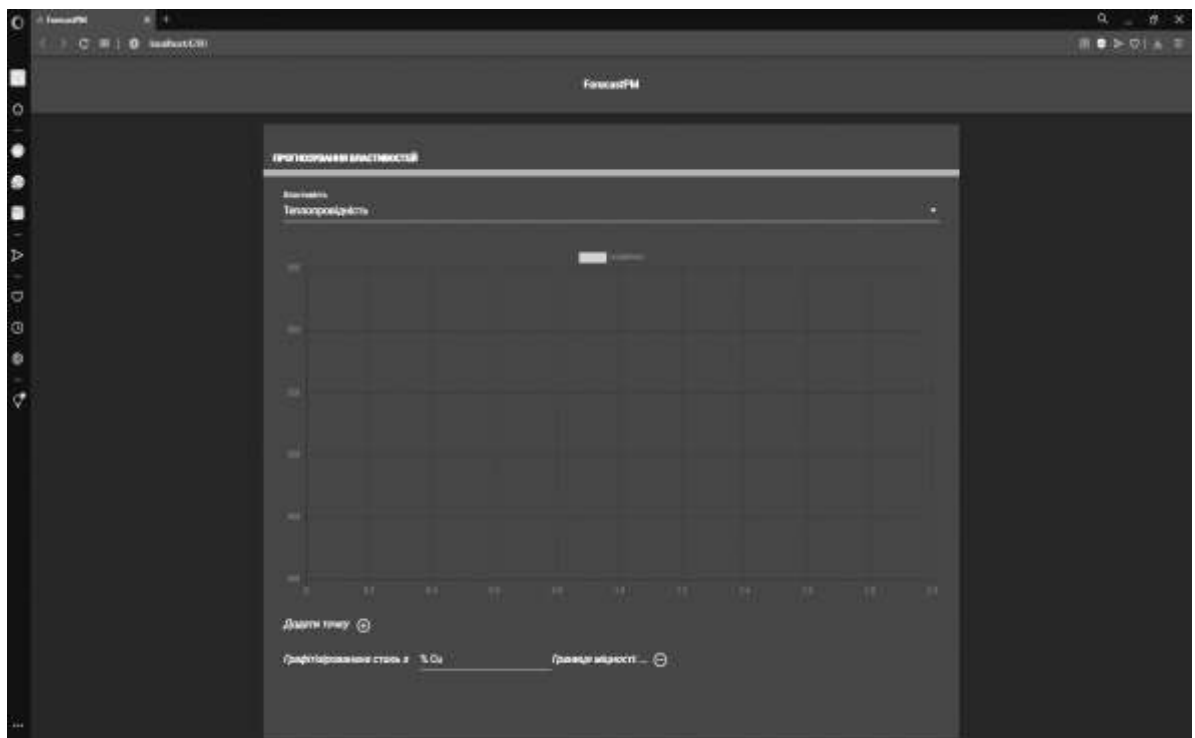


Рисунок 3.16 — Додаток на етапі наповнення контентом та підключення бізнес логіки

4) Прогнозування за допомогою розробленого додатку (Рис. 3.17);

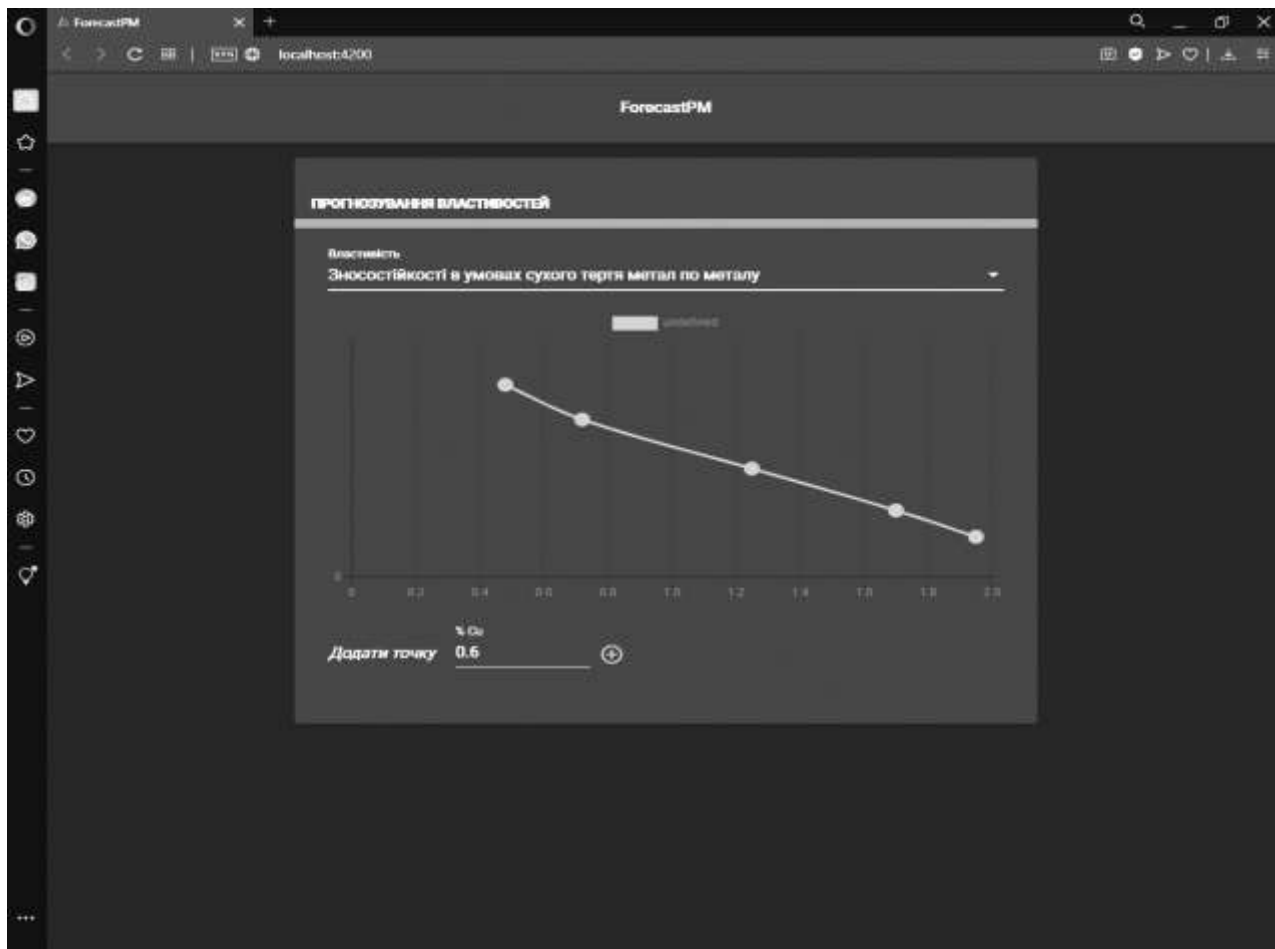


Рисунок 3.17 — Прогноз точок в додатку

Графічне відображення рівняння наведено на рис 3.17. На цьому рисунку також наведено експериментальні точки опитів №1-5. З нього можна бачити, що перетин кривої розрахований рівнянням з вертикальним значенням 1,95%С майже не відрізняється за координатами (V_m ; %C) від точки отриманої експериментальним шляхом, а похибка знаходиться в межах 5%. Це дає можливість зробити висновок, що отримана математична модель та її крива є здатною до прогнозування швидкості втрати маси V_m для ГС з вмістом С від 0.5 до 2.0% після гартування та низького відпуску в умовах сухого тертя метал по металу.

Висновок: з вимірювань зносостійкості зразків ГС в умовах сухого тертя метал по металу, отриманих експериментальним шляхом, погрішність прогнозу додатку в допустимих нормах.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз потенційних небезпек

В розділі надані основні заходи з охорони праці при створенні зразків для визначення зносостійкості ГС і при прогнозуванні властивостей з допомогою додатка:

1) Небезпеки, які пов'язані з порушенням роботодавцями вимог НПАОП 0.00-7.11-12 «Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників», а саме належного облаштування робочих місць і виробничих, санітарно-побутових та інших приміщень на підприємстві, в установі, організації безпечного використання працівниками засобів праці, забезпечення навчання працівників і залучення їх до вирішення питань охорони праці, належного облаштування шляхів евакуації і аварійних виходів.

2) Небезпеки, які пов'язані з використанням приладів, техніки, допоміжних засобів, що працюють від електричного струму, а саме можливість ураження електричним струмом внаслідок несправності електроспоживачів, відсутність засобів захисту або порушення цілісності ізоляції кабелів.

3) Незадовільні метеорологічні параметри повітряного середовища в приміщенні дослідницької лабораторії, внаслідок неефективної роботи систем опалення та повітрообміну

4) Незадовільне освітлення робочих місць в дослідницьких лабораторіях, внаслідок виходу з ладу джерел освітлення, що може призвести.

5) Не задовільні параметри при організації робочого місця дослідника внаслідок не виконання вимог ергономіки, що може призвести до зниження працездатності.

6) Можливість загоряння в наслідок порушення правил пожежної безпеки, порушень правил зберігання легкозаймистих речовин, або коротких замикань, що може привести до пожежі.

7) Недостатня професійна підготовка фахівця, яка може бути обумовлена недостатністю знань за фахом відсутністю знань технологічної та експлуатаційної документації, що може призвести до аварійних ситуацій.

8) Можливість отримати механічні травми при встановленні та закріпленні зразків

9) Можливість отримати механічні травми при підготовці зразків для проведення випробувань механічних властивостей з використанням металообробного обладнання

10) Можливість отримання механічних травм при випробуванні механічних, експлуатаційних властивостей дослідницьких зразків

11) Можливість отримування механічних травм при виконанні зачищувальних робіт

12) Небезпеки які пов'язані з дослідженням структури металу методом оптичної металографії з використанням оптичних мікроскопів зокрема: ушкодження органів зору при хибній комбінації світлофільтрів, об'єктивів та окулярів.

13) Небезпеки, які пов'язані з використанням комп'ютерної техніки та обладнання.

4.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Роботодавець повинен виконувати вимоги НПАОП 0.00-7.11-12 «Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників», а саме належно облаштувати робоче місце, санітарно-побутові та інші приміщення на підприємстві, в установі, організації безпечного використання працівниками

засобів праці, забезпечення навчання працівників і залучення їх до вирішення питань охорони праці, належного облаштування шляхів евакуації і аварійних виходів.

Для усунення загрози отримання механічної травми через не ергономічність робочого місця необхідно правильно організувати робоче місце, враховуючи ергономічні вимоги дослідника згідно з ДСТУ 8604:2015 «Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги» Конструкція та взаємне розташуванні елементів робочого місця повинні відповідати антропологічним, фізіологічним і психологічним вимогам а також характеру людини. При проектуванні обладнання та організації робочого місця слід врахувати антропометричні показники дослідника, зручність розташування клавіатури, дисплею, та інших необхідних для роботи пристроїв, а також зони досяжності рук дослідника, що необхідно для роботи пристроїв. Враховуючи зріст та вагу дослідника визначається висота стола, за яким він працює. Робочий стілець також має бути зручним для роботи. При організації робочого місця повинні бути створення умови для попередження неправильних дій оператора. З цією метою всі основні аварійні органи управління повинні легко пізнаватися (зорово або на дотик), між органами управління має бути вільний простір, що дозволяє легко маніпулювати ними без зачеплення сусідніх органів управління.

Основними заходами захисту від можливості ураження електричним струмом є:

Організаційні:

До виконання робіт допускаються особи не молодше 18 років- пройшли навчання та перевірку знань з електробезпеки, та отримали допуск відповідно групи (2 чи 3).

Згідно ДНАОП 1.1.10-1.01-200 «Правила безпеки експлуатації електроустановок споживачів» експлуатацію та ремонт електрообладнання повинен здійснювати тільки спеціально підготовлений персонал. / кожного виду обладнання повинні бути складені схеми нормування робіт роботи в аварійних ситуаціях.

Технічні:

У відповідності ПУЕ-2017 Всі не ізолювані струмопровідні елементи електрообладнання повинні бути надійно огорожено суцільними огороженнями, зняття або відкриття, яких можливе тільки за допомогою спеціальних пристроїв;

Розташування струмоведучих частин на недоступній висоті (до 1000В - не менше 3,5м, при напрузі більше 1000В - не менше 6м);

Обов'язкова наявність захисного заземлення.

Врахування енергетичних витрат на виконувану роботу згідно з ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» внаслідок неефективної роботи систем опалення та повітрообміну, що може призвести до загальних захворювань.

Дотримання вимог ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» освітлення робочих зон дослідницької лабораторії внаслідок виходу з ладу освітлювальних приладів або хибного розрахунку їх кількості та потужності, що може призвести до погіршення зору.

Небезпеки які пов'язані з порушенням вимог ергономіки стосовно, організації робочих місць дослідників в приміщенні дослідницької лабораторії (дослідницького центру, офісу, тощо), зокрема невідповідності розмірів робочих зон, а також максимально можливої кількості осіб, що можуть там перебувати відповідно до ДСТУ 8604:2015 «Дизайн і ергономіка». Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги» та ДСТУ 7950:2015 «Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги» нераціонального розташування дослідницьких приладів та обладнання. Конструкція робочого місця дослідника має відповідати сучасним вимогам ергономіки і забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні пристроїв і документів, які необхідні для виконання досліджень.

Дотримуватись правил пожежної безпеки, які зазначені в НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні», а саме хибне визначення видів та

кількості первинних засобів пожежогасіння відносно категорій приміщень с пожежної безпеки, що може привести до пожежі.

Усі працівники повинні пройти навчання та перевірку знань з питань охорони праці відповідно до «Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці», затвердженого наказом Держнаглядохоронпраці (Держпраці) від 26.01.2005 №15.

Основні вимоги для запобігання від механічних травм при використанні допоміжних пристосування для виготовлення металевих зразків Безпечність роботи забезпечується:

- використанням індивідуальних засобів захисту: халат ДСТУ 14605:2017, бавовняні рукавиці ДСТУ 420:2017.
- утримувати в чистоті й порядку робоче місце.
- використовувати інструмент тільки за призначенням

Забезпечення безпеки при виготовленні дослідних виробів та випробувань їх механічних, технологічних та експлуатаційних властивостей. Для запобігання механічних травм в процесі випробування на механічні властивості ДСТУ 2241-93 передбачено виконання інструкцій з техніки безпеки, які стосуються конкретно дослідницького обладнання. Для запобігання механічних травм в процесі механічних випробувань на розтяг на інсталяції РС-1 передбачено триступеневу систему захисту;

- для запобігання зриву зразка внаслідок перекосив або зношування захватів передбачені центруючи та вирівнюючі втулки;
- для виключення похибок при випробуванні, інсталяція має електронну систему управління та гідравлічний привод, що дає змогу програмувати режим випробування та не допускати максимальне навантаження на конструкцію інсталяції, що може призвести до руйнування та аварійної ситуації;
- усі електричні кабелі екрановані спеціальними кожухами, що дає можливість уникнути ураження електричним струмом (ПТБЕ).

Для забезпечення умов безпеки необхідно працювати на справному станку, своєчасно проводити заміну деталей, термін експлуатації яких вже закінчився та використовувати захисні окуляри та рукавиці; для виключення травмування органів зору передбачено застосування захисних окулярів, які служать для захисту очей від ушкоджень частками твердих тіл, що летять попереду, знизу і збоку. Ці окуляри оснащені фігурними боковинами, що відкидаються. Застосовувати прозорий екран для захисту очей робітника від поранень частками, що відлітають.

Заходи безпеки при роботі на шліфувальних і заточувальних верстатах:

- установка абразивних кіл на верстатах повинна проводитися тільки спеціально проінструктованими наладчиками;
- використання абразивних кіл з дефектами заборонено;
- абразивні кола повинні мати штамп або наклейку про випробування - порядковий номер кола і підпис особи, відповідальної за випробування;
- біля кожного верстата необхідно вивісити табличку із зазначенням допустимої роботи колової швидкості використовуваних кіл і частоти обертання шпинделя верстата в хвилину;
- при обертанні абразивного кола, виступаючі кінці шпинделя і кріпильні деталі захистити захисними кожухами;
- підручники повинні мати достатній за величиною майданчик для стійкого положення оброблюваного виробу. Зазор між краєм підручника і робочою поверхнею шліфувального круга повинен бути не більше 3 мм;

заборонено працювати без підручника, захисного екрана або окулярів, якщо верстат не заземлений і не обладнаний установкою для відсмоктування абразивного пилу. ГОСТ 12.3.028-82 «Процесс обработки абразивными и эльборовым инструментом».

Попередження негативного впливу шкідливих випромінювань при визначенні хімічного і фазового складу матеріалу та вивченні мікроструктури на інсталяціях для визначення хімічного і фазового складу на оптичних мікроскопах;

Персонал, що працює на комп'ютері зобов'язаний дотримуватися вимог інструкції, розробленої на підставі Санітарних норм і правил СанПин 2.2.2.542-96 «Гігієнічні вимоги для відео дисплейних терміналах, персональними електророзрахунковими машинами і організації робіт», а також нести особисту відповідальність за дотримання вимог безпеки своєї праці і за створення небезпечного чи шкідливого виробничого фактора для інших працюючих і поломку комп'ютера.

При роботі з комп'ютером шкідливими і небезпечними чинниками є :

- електростатичні поля;
- електромагнітне випромінювання;
- локальне стомлення, загальна втома;

Режими праці та відпочинку при роботі з комп'ютером повинні організовуватися в залежності від виду та категорії трудової діяльності. Види трудової діяльності поділяються на 3 групи:

Група А - робота із зчитуванням інформації з екрану комп'ютера з попереднім запитом;

Група Б - робота з введенням інформації;

Група В - творча робота в режимі діалогу;

За основну роботу з комп'ютером слід приймати таку, яка займає не менше 50 % роботи протягом часу роботи комп'ютера.

4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Для забезпечення задовільних параметрів повітряного середовища робочого простору (температура, вологість, швидкість переміщення повітряних мас) обов'язковим є природна вентиляція, загальнообмінна вентиляція та кондиціонування приміщення згідно ДСТУ 3191-95 «Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції. Загальні вимоги безпеки», ДСТУ 2673-94

«Кондиціонери центральні загального призначення. Типи та основні параметри», ДСТУ 8399:2015 П «санітарно-гігієнічної умови». Заходи щодо забезпечення санітарних норм мікроклімату розробляються відповідно до вимог ДСТУ 8399:2015 П «санітарно-гігієнічної умови»

Вибір системи освітлення залежить від зорових робіт і визначається за Державними будівельними нормами України ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення», ДСТУ EN 50285:2007 «Лампи електричні», та дотримання ДСТУ EN 12464-1:2016 «Світло та освітлення. Освітлення робочих місць».

Освітлення робочого місця нормується згідно з Державними будівельними нормами України: ДБН В.2.5-28-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. Мінімальна освітленість встановлюється в залежності від розряду виконуваних зорових робіт. Для IV розряду зорових робіт вона складає 300...500 лк. Перевіряється освітленість робочого місця користувача ПК на відповідність розряду зорової роботи. За даними вимірювань рівень природної освітленості поверхні, де розташований ПК, складає 200 лк за освітленості тієї же поверхні під відкритим небосхилом в 20000 лк, тобто КПО = 1%, що не відповідає нормативному КПО.

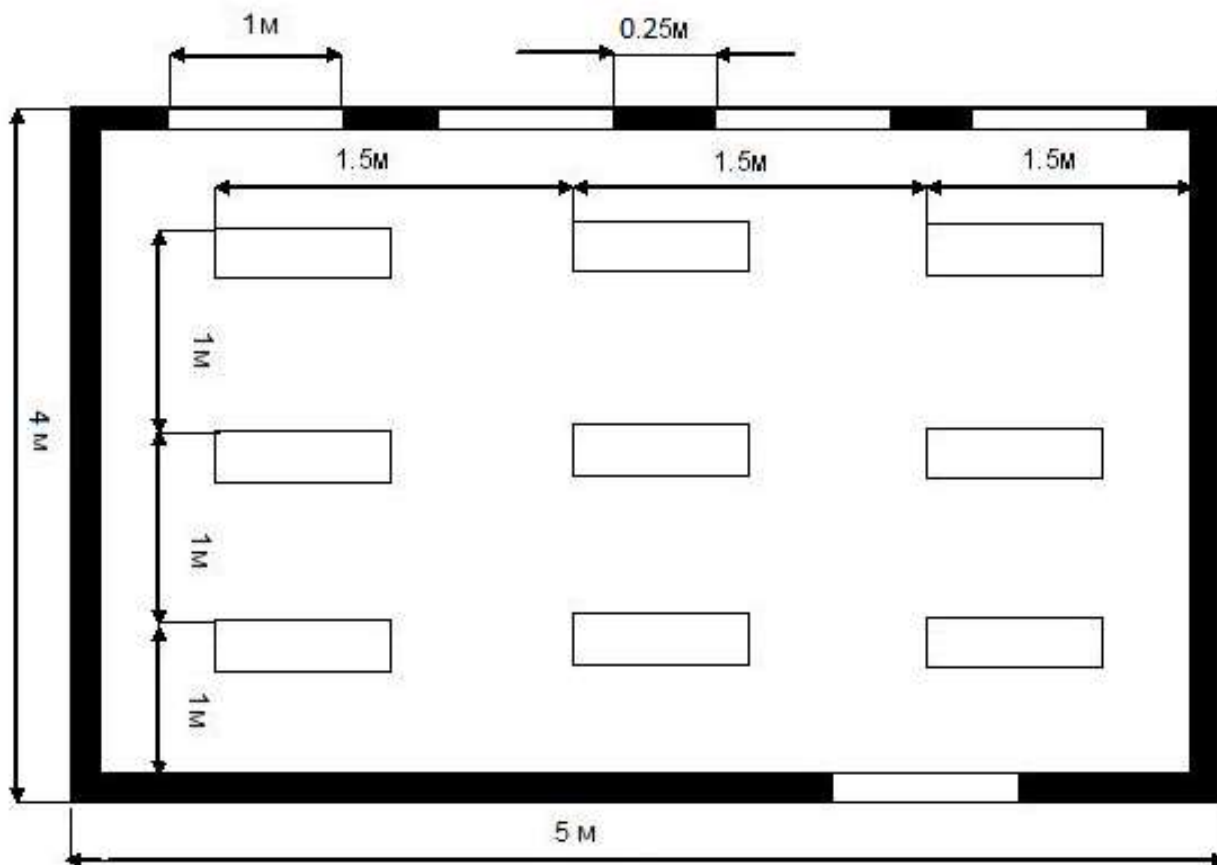


Рисунок 4.1 — Схема розташування світильників

Для штучного освітлення у приміщенні використовуються люмінесцентні лампи. Розрахунок штучного освітлення проведемо для кімнати площею 20 м^2 , ширина якої складає 5 м , довжина – 4 м , висота – 3 м . Скористаємося методом використання світлового потоку. Для визначення потрібної кількості світильників, які повинні забезпечити нормований рівень освітленості, визначимо світловий потік, що падає на робочу поверхню за формулою:

$$F = \frac{E * K * S * Z}{\eta} \quad (12)$$

де F – світловий потік, що розраховується, Лм;

E – нормована мінімальна освітленість, Лк; $E = 300 \text{ Лк}$;

S – площа освітлюваного приміщення (у нашому випадку $S=24 \text{ м}^2$);

Z – відношення середньої освітленості до мінімальної (зазвичай приймається рівним 1,1... 1,2, в нашому випадку $Z=1,1$);

K – коефіцієнт запасу, що враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників в процесі експлуатації (його значення залежить від типу приміщення і характеру робіт, що проводяться в ньому, в нашому випадку $K = 1,5$);

η – коефіцієнт використання світлового потоку (значення коефіцієнтів дорівнюють $\rho_{\text{стін}} = 40\%$ і $\rho_{\text{стелі}} = 60\%$).

Обчислимо індекс приміщення за формулою:

$$I = \frac{S}{h(A + B)} \quad (13)$$

де S – площа приміщення, $S = 24 \text{ м}^2$;

h – розрахункова висота підвісу, $h = 3 \text{ м}$;

A – ширина приміщення, $A = 4 \text{ м}$;

B – довжина приміщення, $B = 6 \text{ м}$.

Підставивши значення отримаємо:

$$I = \frac{24}{3(4 + 6)} = 0,8 \quad (14)$$

Знаючи індекс приміщення I , за таблицею 4 [ДБН В.2.5-28-2006] знаходимо $\eta = 0,22$

Підставимо всі значення у формулу для визначення світлового потоку F :

$$F = \frac{300 * 1,5 * 24 * 1,1}{0,22} = 54000 \text{ Лм} \quad (15)$$

Для освітлення використані люмінесцентні лампи потужністю 300 Вт, світловий потік яких $F = 4500$ Лм. Розрахуємо необхідну кількість ламп у світильниках за формулою:

$$N = \frac{F}{F_{\text{л}}} \quad (16)$$

де N – кількість ламп, що визначається;

F - світловий потік, $F = 54000$ Лм;

$F_{\text{л}}$ - світловий потік лампи, $F_{\text{л}} = 4500$ Лм

$$N = \frac{54000}{4500} = 12 \quad (17)$$

Після проведених розрахунків було отриманно кількість ламп у світильниках яка складає 12 шт

4.4 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

4.4.1 Заходи з пожежної безпеки

Пожежна безпека входить в комплекс заходів з охорони праці, і організаційна робота в цій сфері на об'єктах господарювання включає широкий спектр заходів, а саме: створення умов для безпечної праці, мінімізації ризику виникнення пожеж, своєчасне і повноцінне забезпечення технічними засобами для запобігання займання та усунення самих пожеж та їх наслідків, контроль дотримання протипожежних вимог і норм законодавства, розробка і впровадження регламентів по гасінню пожеж, евакуації та порятунку з місць пожежі й задимлення людей і майна (матеріальних цінностей), внутрішнє і зовнішнє навчання співробітників.

Заходи пожежної безпеки в приміщеннях хімічної лабораторії Національного університету мають наступний вигляд. Будь-які перепланування, зміни функціонального призначення приміщень здійснювати тільки за наявності проектної документації, яка пройшла попередню експертизу на відповідальність нормативним актам з питань пожежної безпеки з позитивним результатом в органах державного пожежного нагляду. В усіх, незалежно від призначення, приміщеннях, які після закінчення роботи замикаються і не контролюються черговим персоналом, з усіх електроустановок та електроприладів, а також з мереж їх живлення повинна бути відключена напруга (за винятком чергового освітлення, протипожежних та охоронних установок, а також електроустановок, що за вимогами технології працюють цілодобово). Шляхи евакуації, що не мають природного освітлення, у разі наявності людей повинні постійно освітлюватись електричним світлом.

Приміщення хімічної лабораторії за пожежною небезпекою відповідно до НАПБ Б.03.002- 2007 належать до категорії "В", за НПАОП 40.1-1.32-1 (ПБЕ) – до зони класу П-І.

Припливно-витяжна вентиляція в усіх приміщеннях лабораторії вмикається за 5 хвилин до початку робочого дня й вимикається після закінчення роботи. Відповідальний за експлуатацію вентиляційних систем зобов'язаний систематично (за графіком) перевіряти за допомогою спеціальних приладів ефективність їхнього функціонування.

Роботи з високотоксичними та радіоактивними речовинами можуть проводитися лише за умови вентиляції, що працює. Користуватись витяжними шафами з розбитим склом або несправною вентиляцією, а також шафами, в яких є речовини, матеріали та устаткування, що не мають стосунку до виконуваних операцій, забороняється. Витяжні шафи, в яких проводяться такі роботи, повинні мати верхні та нижні відсмоктувачі, а також бортики, які запобігають стіканню рідини на підлогу.

Легкозайmistі й горючі рідини (ЛЗР і ГР) належить зберігати в лабораторіях чітко за асортиментом у металевих ящиках та шафах. Кожну речовину слід

приймати в кількості, не більшій за змінну потребу. Не допускається спільне зберігання речовин, хімічна взаємодія яких може призвести до пожежі або вибуху. Порядок спільного зберігання речовин та матеріалів визначають згідно з вимогами додатка 3 до НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні.

У разі появи в приміщенні запаху газу слід: негайно припинити користування газовими пальниками та приладами; не запалювати вогню; не вмикати електроприладів; не користуватися електродзвінками; перевіряти, чи закриті всі крани в газових пальниках і газових приладах; негайно повідомити відповідального за газове господарство, провітрити приміщення.

Забороняється застосовувати вогонь для виявлення витікання газу з газопроводів і приладів, а також користуватися несправними газовими пальниками та приладами, газопроводами та арматурою.

Евакуаційні шляхи та виходи завжди утримувати вільними, нічим не зашарашеними. Завідувач лабораторії наприкінці робочого дня зобов'язаний особисто пересвідчитись у пожежобезпечності приміщень хімічної лабораторії, вимкнути всі струмоприймачі та зачинити входні двері на замок.

4.4.2 Заходи захисту у надзвичайних. Порядок планування та організації евакуації робітників, службовців промислового об'єкта та населення

У разі в надзвичайних ситуацій та пожежі кожен працівник зобов'язаний: негайно повідомити про це службу порятунку за номером телефону – 101 (112). При цьому необхідно назвати адресу об'єкта, вказати кількість поверхів будівлі, місце виникнення пожежі, обстановку на пожежі, наявність людей, а також повідомити своє прізвище; вжити (по можливості) заходів до евакуації людей та збереження матеріальних цінностей; вжити (по можливості) заходів до гасіння (локалізації) пожежі; у разі необхідності викликати інші аварійно-рятувальні, допоміжні служби (102- міліція, 103- медична, 104 - газорятувальна тощо); повідомити про неї керівника підрозділу. Керівник підрозділу, або посадова особа об'єкта, що прибули на місце надзвичайної події зобов'язані: перевірити, чи

викликані пожежно-рятувальні підрозділи (продублювати повідомлення), у разі загрози життю людей негайно організувати їх рятування (евакуацію), використовуючи для цього наявні сили та засоби. Видалити за межі небезпечної зони всіх працюючих, не пов'язаних з ліквідацією пожежі та припинити роботи в будівлі (якщо це допускається технологічним процесом виробництва), крім робіт пов'язаних із заходами по ліквідації пожежі. Здійснити в разі необхідності відключення електроенергії (за винятком систем протипожежного захисту), зупинення транспортуючих пристроїв, агрегатів, апаратів, перекриття газових, парових та водяних комунікацій, зупинення систем вентиляції в аварійному та суміжних з ним приміщеннях (за винятком пристроїв протидимового захисту) та виконувати інші заходи, що сприяють запобіганню розвитку пожежі та задимленості будівлі. Перевірити включення оповіщення людей про пожежу, установок протидимного захисту, організувати зустріч пожежно-рятувальних підрозділів, надати їм допомогу у виборі найкоротшого шляху для під'їзду до осередку пожежі та в установці на водні джерела. Одночасно з гасінням пожежі організувати евакуацію і захист матеріальних цінностей, забезпечити дотримання техніки безпеки працівниками, які беруть участь в гасінні пожежі. По прибутті на пожежу пожежно-рятувальних підрозділів повинен бути забезпечений безперешкодний доступ їх на територію, в споруду та будівлю. Після прибуття пожежно-рятувальних підрозділів адміністрація та технічний персонал підрозділу, будівлі чи споруди зобов'язані брати участь у консультуванні керівника гасіння про конструктивні і технологічні особливості об'єкта, де виникла пожежа, прилеглих будівель та пристроїв, організувати залучення до вжиття необхідних заходів пов'язаних із ліквідацією пожежі та попередженням її розвитку, сил та засобів об'єкта.

РОЗДІЛ 5

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Одна з головних переваг програмного прогнозування це те що не потрібно робити експериментальні зразки для подальшого руйнування. Собівартість [41] такого способу встановлення властивостей матеріалу, так само і економічна ефективність значно нижче.

Таблиця 5.1 — Опис ідеї

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для споживачів (користувачів)
Розробка моделей неоднородностей НВЧ мікросмугових ліній у надширокій смузі частот	Колінчасті вали	Підвищена міцність сталі, що працює в умовах знакозмінних циклічних навантажень
	Валки прокатних станів	Підвищена зносостійкість
	Виливниці	Підвищенні надійності і довговічності металевих форм
	Стеклоформульний інструмент	

Зацікавитись проектом можуть виробники що виготовляють матеріалів з певними властивостями та хімічним складом.

Ідея втілення проекту полягає в застосуванні розробленої математичної моделі (на основі отриманих експериментальних даних) для прогнозування властивостей матеріалів, застосованих для використання у 6 галузях виробництва. В данній роботі було побудовано математичну модель ґрунтуючись показників властивістей ГС

Таблиця 5.2 — Попередня характеристика потенційного ринку

№	Показники стану ринку	Характеристика
1	Головні конкуренти	ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» . м. Кривий Ріг має великий досвід в галузі проектування та виготовлення готової металопродукції, має потужні лабораторії
2	Динаміка ринку (якісна оцінка)	зростає
3	Явних обмежень для входу до ринку не має. Обмеженням для входу можна вважати закритість підприємств і фірм	Постійно є потреба поліпшення експлуатаційних властивостей вироблених матеріалів незалежно від галузі
4	Специфічними вимогами можна вважати точність прогнозованих властивостей по відношенню до експериментальним	Треба розробити математичну модель з мінімальною похибкою, показників властивостей, в діапазоні до 5%(що вважається допустимої похибкою при експерименті)

Завдяки зростанню, в Україні, споживчого ринку конструкційних матеріалів та користувачів які бажають використовувати сучасні матеріали, ситуація на українському ринку конструкційних матеріалів є дуже перспективною та має велечезний потенціал. Зростаюча кількість споживачів спонукає на те, щоб вивчати цю сферу в повному обсязі.

Споживачі все більше потребують, надійних та дешевих матеріалів, що мають ряд технічних вимог:

- Високі експлуатаційні властивості;
- Високі механічні властивості;
- Високі термостійкості властивості.

Всі ці технічні вимоги формують високу якість матеріалу перспективність його використання.

Конкуренти ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» мають великі виробничі потужності, науковий потенціал і висококваліфікованих фахівців, сучасну і професійну лабораторію вимірювальної техніки для експериментальної перевірки зразків матеріалу, але більш слабку технологічну базу для виготовлення металевих виробів.

При об'єднанні зусиль колективів, в сфері проектування та виробництва виробів з металу різного призначення, можливо охопити до 60 % усього об'єма споживчого ринку товарів данного класу, що в свою чергу буде вигідно як споживачам так і виробникам.

Таблиця 5.3 — Попередня характеристика потенційних клієнтів

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів (користувачів)
Матеріали які надійні але в цей же час недорогі в у виробництві	Виробники матеріалів. Виробники деталей і виробів	Не має відмінностей	Одержати якісних матеріал з потрібними властивостями та зменшити витрати.

Потенційні клієнти – населення нашої країни, зацікавлені в насиченні ринка недорогими та надійними матеріалами, які відповідають їхнім потребам.

Задача SWOT – аналізу, надати структурований опис ситуації, відносно якої необхідно прийняти будь-яке рішення. побачити та оцінити всі чинники, що впливають на прийняття рішення, а також визначити можливості розвитку. Для цього необхідно чітко розуміти наші позиції на ринку, можливі перспективи та наявні проблеми.

Існує безліч ситуацій, що передбачають застосування SWOT-аналізу:

- запуск стартапів, нових напрямків бізнесу;
- перегляд внутрішньої політики компанії;
- розгляд варіантів та можливостей перебудови бізнесу;
- перевірка правильності заданого курсу розвитку;
- покращення бізнес-процесів;
- для загального розуміння ситуації, що склалася на ринку.

До групи внутрішніх чинників належать сильні (S) та слабкі сторони бізнесу (W), і саме з їхнього вивчення починають аналіз. Внутрішні чинники визначаються ресурсами, які є у розпорядженні нашої компанії, а також процесами, на які організація має безпосередній вплив.

Позиції компанії оцінюємо за такими критеріями:

- фінансові ресурси: джерела фінансування, можливості отримання доходу, інвестиції;
- фізичні ресурси:
- обладнання, місцеположення, нерухомість;
- людські ресурси співробітники, цільова аудиторія, волонтери;
- доступ до природних ресурсів, патенти, авторські права;

Тільки після того, як було досконально розглянуто та оцінено внутрішні чинники, переходимо до аналізу зовнішніх чинників, можливостей (O) і загроз (T), що прямо чи опосередковано впливають на бізнес. Інколи ми не здатні

контролювати ці процеси, однак повинні їх знати та враховувати під час розробки загальної стратегії фірми.

До зовнішніх чинників належать:

- ринкові тенденції:
- поява нових продуктів чи технологій, зміни споживчих вподобань цільової аудиторії;
- відносини з клієнтами та постачальниками;
- економічні тенденції: глобалізація чи захист національних виробників, конкуренція, зміна світового попиту;
- зовнішнє фінансування;
- демографічні показники, чисельність та вік населення, купівельна спроможність, цінності;
- політичні, екологічні, економічні обмеження та регуляції
- ліцензії, квоти, митні податки та ін.

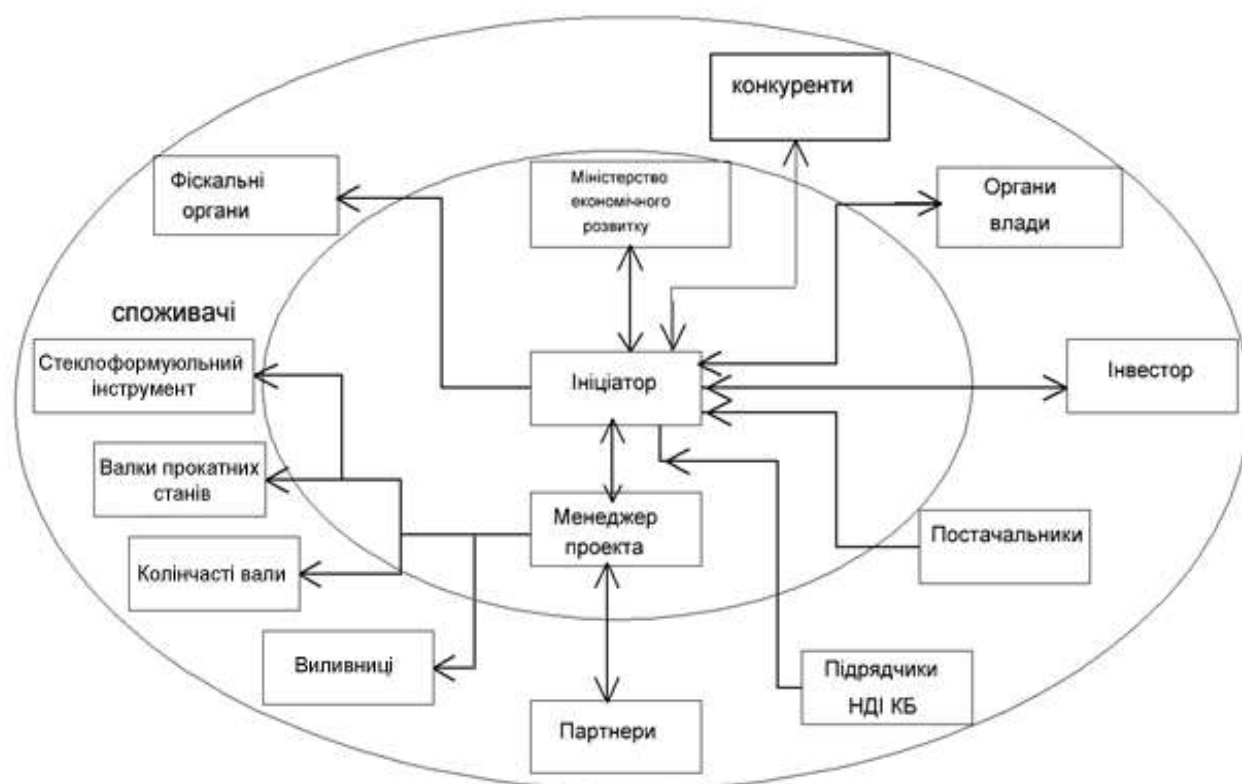


Рисунок 5.1 — Карта стейкхолдерів

Таблиця 5.4 — SWOT аналіз підприємства

Сильні сторони:	Слабкі сторони:
– достатній професійний досвід – провідне дослідно-конструкторське бюро в промисловій галузі, є патенти на корисну модель; – згуртований колектив, об'єднаний однією ціллю; – висока якість і надійність виробів; – відпрацьовані технологічні процеси; – достатня технічна база підприємства;	– загальна закритість підприємства; – текучість кадрів середньої ланки; – залежність від постачальників;
Можливості:	Загрози:
– розширення нових видів виробів; – застосування новітніх технологічних процесів при виробництві продукції;	– поява нових фірм виробників; – конкуренти нарощують виробничі потужності; – економічний спад в країні;

Таблиця 5.5 — Розрахунок матеріальних витрат

Матеріальні витрати	Кількість	Ціна, грн.	Сума грн
Матеріали	1	60	60
Разом			60

Таблиця 5.6 — Розрахунок вартості спожитих послуг

Вид послуг	Обсяг послуг	Тарифи, грн.	Сума, грн.
Електропостачання	600	1,6	960
Водопостачання	6	12,5	75
Теплопостачання	50	45	2250

Разом			3285
-------	--	--	------

Таблиця 5.7 — Склад, чисельність та фонд заробітної плати виробничих працівників

Категорії працівників	Наявна чисельність, осіб		Тарифна ставка за розрядом виконуваних робіт, грн / годину	Ефективний фонд робочого часу, годин	Тарифний заробіток, грн.	Преміальний відсоток до тарифного заробітку	Розмір премії, грн.	Фонд заробітної плати, за період, грн.	ЄСВ, грн.
	за зміну	за добу							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Виробничі працівники, в тому числі:									
1. Основні працівники:									
– вед. інженер;	1		85,2	176	15000	7	1100	49200	17859
– інженер 1 кат.	1		68,2	176	12000	10	1300	35200	12883
– інженер 2 кат.	1		51,1	176	9000	10	1000	24800	9076
– технік	1		36,9	176	6500	10	500	23350	8546
Разом виробничих працівників РЗ	4		X	X	X	X	3900	129450	28314

Таблиця 5.8 — Розрахунок амортизації

Група основних засобів	Кількість	Норма амортизації	Первісна вартість ОЗ на 01.01	Сума грн
Комп'ютери Apple MacBook	2	50	34000	34000
Сервер Apple Mac mini 2020	1	50	29500	14750

МФУ Canon MF746Cx	1	50	28 500	14250
Разом				63000

Таблиця 5.9 — Кошторис витрат

Калькуляційні статті	Витрати	
	у розрахунку на одиницю продукції, грн.	у розрахунку на весь обсяг продукції, грн.
Сировина та матеріали	0.006	60
Електропостачання	0.096	960
Водопостачання	0.0075	75
Теплопостачання	0.225	2250
інші	0.005	50
Разом	0.3295	3295
Заробітна плата основних виробничих працівників	12.945	129450
ЄСВ	2.8314	28314
амортизація	12.6	126000
Витрати на утримання та експлуатацію основних засобів поточний ремонт	12945	12945
Загальновиробничі витрати	12.945	129450
Виробнича собівартість	42.6159	426159
Адміністративні витрати	1.5	15000
Інші витрати	1.5	15000
Повна собівартість	88.9008	889008

Таблиця 5.10 — Розрахунок фінансового результату

Період	Обсяги виробництва	Обсяги реалізації	Залишок нереалізованої продукції	Ціна	Дохід	Витрати	Фінансовий результат
За квартал	10000	10000	0	106	1060000	889008	170992

Стратегія охоплення ринку полягає в розширенні застосування розробленої математичної моделі у різних сегментах.

Для нашої групи основним ризиком є своєчасне постачання шихти при виготовленні зразків та надійність комп'ютерної техніки та постачання із-за підвищення тарифів ЖКХ, загальні нестабільні економічні обставини, поява нових додатків, прогнозуючих властивості матеріалу.

В процесі роботи були визначені основні групи стейкхолдерів ,ризиків, виконан SWOT-аналізі і визначені витрати та фінансовий результат. Розрахунки показують, що витрати підприємства складають 889008грн., прибуток 170992грн. отримано у результаті реалізації ідеї, економії на розробці експериментального зразка для випробувань, щоб перевірити його властивості, за рахунок прогнозування властивості програмними способами. запропонованої у магістерській роботі.

ВИСНОВОК

Графітізовані сталі є недооціненими конструкційними матеріалами, включення графіту в них позитивно впливають на низку їх властивостей, як, наприклад, зносостійкість. Виходячи з результатів роботи можна зробити наступні висновки:

За механічними властивостями графітізована сталь не суттєво поступається в пластичності звичайним сталям (що не можна сказати про чавун), але має більшу міцність ніж чавуни і через включення графітової фази має відмінні показники зносостійкості. Було виявлено що з підвищенням вмісту вуглецю, у діапазонах 0,4...2,0, в графітізованій сталі, її зносостійкість підвищується.

Базуючись на результатах експериментів було складено математичну модель і спираючись на неї розроблено додаток, похибка якого не виходить за межі допустимої експериментальної похибки.

Собівартість при використанні додатка для прогнозування властивостей, у виробництві деталей, значно менше, ніж при використанні традиційного підходу. Оскільки при зміні складу нема необхідності проводити експеримент, а досить лише ввести хімічний склад в додаток і отримати результат.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Попович В.В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавства: Навч. посіб./В.Попович, В.Голубець; Український держ.лісотехн.ун-т.-Львів: Папуга, 2002.
2. Попович В.В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: підручник для студ.технічних спеціальностей вищ. навч.з акл./В.Попович.-Львів: Світ, 2006.– 622.
3. Технология конструкционных материалов: учебник для механ. специальностей вузов/Г.А.Прейс, Н.А.Сологуб, И.А.Рожнецкий и др.; под. ред.Г.А. Прейса.-Киев: Выща школа,1991.-390с.:ил.
4. Аверченко П.А. Технология конструкционных материалов: терминологический справочник /П.А.Аверченко.- Киев: Вищашкола, 1984.-112с.
5. Куслицкий А.Б. Неметаллические включения и усталость стали. - К.: Техніка, 1976.- 125 с.
6. Технологія конструкційних матеріалів: Підручник/М.А. Солгуб, І.О.Рожнецький, О.І. Некозтаїн.; За ред. М.А.Сологуба.–2-ге вид., перероб. і допов.–К.:Вища шк...,2002.–374с.
7. Коровина Г.В. Литая графитизированная сталь. – Свердловск: Машгиз, 1959. - 39 с.
8. Тодоров Р.П., Николов М.В. Структура и свойства отливок из графитизированной стали. - М.: Металлургия, 1976.-168с.
9. Акимов И.В. Повышение физико-механических свойств графитизированных сталей
10. Жураковский В. М. Организация трансформируемой структуры и обеспечение заданных свойств графитсодержащей стали: Автореф. дисс. докт. техн. наук / Ростовский-на-Дону институт сельскохозяйственного машиностроения, Минск, 1985. - 40 с.

11. Литовка В.И., Бех Н.И., Шинский О.И. Усталостная прочность и разрушение чугуна // Литейное производство. - 1994. - №6. - С.3-8.
12. Металознавство: Підручник /О.М.Бялік, В.С.Черненко та ін. – К.: Політехніка, 2002. – 384 с.
13. Адаскин А.М., Зуев В.М. Материаловедение (металлообработка) - М.: Академия, 2014. — 288 с.
14. Ардовский Ф.И. Исследование и оценка свойств графитизированной стали при повышенных температурах: Автореф. дисс. канд. техн. наук / Сибирский металлургический институт им. С. Орджоникидзе, Новокузнецк, 1975. - 31 с.
15. Атаманюк, В. В. Технологія конструкційних матеріалів: навч. пос.для студ. вищ. навч. закл. /В.В.Атаманюк. К.:Кондор, 2006. 528с.
16. Челышев Н.А., Щекурская Л.В., Ардовский Ф.И. Изменение модуля упругости и внутреннего трения графитизированной стали в зависимости от температуры //Металловедение и термическая обработка металлов. - 1978. - №11. - С.60-62.
17. Технология конструкционных материалов: Учебник /Г.А.Прейс,Н.А.Сологуб И.А.Рожнецкий и др.–2-е изд., перераб. и доп.–К. Вища шк.,1991.–391с.
18. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. - М.: Машиностроение, 1980. - 487 с.
19. Технология конструкционных материалов. Лабораторные работы /И.П.Волчок, В.Н.Плещач, П.А.Аверченко и др.– К.Вища школа,1990г.,152с.
20. Горушкина Л.П. Структура и свойства магниевого чугуна. - Харьков: Вища школа, 1980. - 160 с.
21. Енциклопедія сучасної України. Електронний ресурс [режим доступу http://esu.com.ua/search_articles.php?id=18769]
22. «Экономика предприятия». учебник. под редакцией доктора экономических наук,. профессора Н. А. Сафронова.
23. Передернин Л.В. Исследование свойств и процессов получения литой графитизированной стали: Автореф. дисс. канд. техн. наук / Сибирский

- металлургический институт им. С. Орджоникидзе, Новокузнецк, 1971. - 27 с.
24. Жураковский В.М., Самелик Б.В., Садчиков В.Я., Такидзе Т.Р., Примеров С.Н. Формирование оптимальной структуры графитизированной стали // Технология и организация производства. - 1986. - №4. - С.35-36.
 25. Литовка В.И. Повышение качества высокопрочного чугуна в отливках. - К.: Наукова думка, 1987. - 208 с.
 26. Радомысельский И.Д. и др. Конструкционные порошковые материалы. – К.: Техніка, 1983.
 27. Справочник по чугунному литью / Под ред. Н.Г. Гиршовича. - Л.: Машиностроение, 1978. -758 с.
 28. Технологія конструкційних матеріалів: Підручник / М.А.Сологуб, І.О.Рожнецький, О.І.Некоз та ін. – К.: Вища школа, 2002. – 374 с.
 29. Луника М.Н. Влияние легирования на закаливаемость и превращения при отпуске графитизированной стали // МиТОМ. - 1982. - №3. - С. 18-19.
 30. Жураковский В.М., Жданов В.М. Закалка графитизированной стали при индукционном нагреве // МиТОМ. - 1979. - №9. - С.15.
 31. Брыков Н.Н. Разработка и применение научно-технических основ проблемы износостойкости стабильных и метастабильных сталей и сплавов при абразивном изнашивании: Автореф. дисс. докт. техн. наук / Московский ордена Октябрьской революции и ордена Трудового Красного Знамени институт нефти и газа им. И.М. Губкина. - Москва, 1987. - 40 с.
 32. Карпенко Г.В., Кацов К.Б., Кокотайло И.В., Руденко В.П. Малоцикловая усталость стали в рабочих средах.- К.: Наукова думка, 1977.- 106 с.
 33. Бельченко Г.И., Губенко С.И. Неметаллические включения и качество стали.- К.: Техніка, 1980.- 163 с.
 34. Челышев А.Н., Ардовский Н.И., Щекурская Л.В. Влияние легирования на процессы разупрочнения и ползучести графитизированной стали // МиТОМ. - 1985. - №1. - С.57-58.
 35. Кафедра програмних засобів, ЗНТУ, Архітектури та технології WEB-служб. Конспект лекцій для студентів.

36. Тушинский Л. И. Теория и технология упрочнения металлических сплавов. - Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1990. - 243 с.
37. Державний стандарт України ДСТУ 2825-94. Розрахунки та випробування на міцність. Терміни та визначення основних понять. – К.: Держстандарт України, 1995. – 11с.
38. Angular Електронний ресурс [режим доступу <https://github.com/angular/angular>]
39. Node.js Електронний ресурс [режим доступу <https://github.com/nodejs/node>]
40. Тодоров Р.П., Николов М.В. Структура и свойства отливок из графитизированной стали. – М.: Металлургия, 1976.-168с.
41. I-Factor Електронний ресурс [режим доступу <https://i.factor.ua/ukr/journals/nibu/2016/april/issue-32/article-17156.html>].