

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)

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему Вплив термомагнітної обробки на властивості магнітотвердих матеріалів
(назва теми)

Виконав(ла): студент(ка) 2 курсу, групи ІФ232м

Спеціальності 132 Матеріалознавство

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Прикладне матеріалознавство

МАР'ЯНОВСЬКИЙ Д.В

(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 факультет

Кафедра Фізичне матеріалознавство

Ступінь вищої освіти магістр

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)

МАР'ЯНОВСЬКИЙ Дмитро Володимирович

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Вплив термомагнітної обробки на властивості магнітотвердих матеріалів

керівник проєкту (роботи) доцент, к.т.н КЛИМОВ Олександр Володимирович

(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « _____ » _____ 20 ____ року № _____

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 18.12.2023

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) марки сталей ЮНДК35Т5БА, ЮНДК35Т5, ЮН15ДК25БА, вимоги до магнітотвердих матеріалів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Літературний огляд, матеріали та методика, експериментальна частина, розрахунок економічної ефективності, охорона праці

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

Хімічний склад досліджуваних сталей, Магнітні властивості сплавів марок

ЮНДК35Т5БАА та ЮНДК35Т5, отримані в результаті проведених досліджень

Мікроструктура сплаву ЮНДК35Т5БАА

після запропонованих режимів гартування Криві розмагнічування сплавів

ЮНДК35Т5БАА та ЮНДК35Т5 Магнітні властивості сплаву ЮН15Д25КБА

після гартування та відпуску

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	КРУГЛІКОВА В.О, доцент, к.т.н		
5	НЕСТЕРОВ О.В., доцент, к.т.н		
НК			

7. Дата видачі завдання « _____ » _____ 20__ року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналіз досліджень магнітотвердих матеріалів		
2	Матеріали та методика досліджень		
3	Дослідження впливу термомагнітної обробки на властивості магнітотвердих сплавів		
4	Економіко-організаційна частина		
5	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях		

Студент(ка)

_____ Дмитро МАР'ЯНОВСЬКИЙ _____
 (підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

_____ Олександр КЛИМОВ _____
 (підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської роботи: 81 с., 19 табл., 11 рис., 6 додатків, 24 джерел.

МАГНІТОТВЕРДІ МАТЕРІАЛИ, ТЕРМОМАГНІТНА ОБРОБКА, МАГНІТНА ІНДУКЦІЯ, МАГНІТНА ПРОНИКНІСТЬ, МЕХАНІЧНА МІЦНІСТЬ, МІКРОСТРУКТУРА, ДОМЕНИ, КРИВА НАМАГНІЧУВАННЯ

Об'єкт дослідження - магнітотверді сплави ЮНДК35Т5БА, ЮНДК35Т5, ЮН15ДК25БА, які піддаються термомагнітній обробці з метою вивчення впливу процесу на їх властивості.

Мета роботи - дослідити вплив термомагнітної обробки магнітотвердих матеріалів на зміни магнітних та механічних властивостей

Представлені методи дослідження, що включають аналіз магнітних властивостей за допомогою вимірювань магнітної індукції, магнітної проникності, випробування механічних властивостей, а також структурний аналіз за мікроструктури. Дослідження також включає аналіз магнітних кривих, що відображають зміни магнітних параметрів у залежності від температури нагрівання та відпускання.

У звіті також надано оглядову інформацію про магнітотверді матеріали, їхні основні характеристики та властивості. Описано технологію термомагнітної обробки магнітних матеріалів і вплив цього процесу на їхню мікроструктуру та властивості.

ЗМІСТ

	С.
Вступ.....	6
1 Аналіз досліджень магнітотвердих матеріалів	7
1.1 Загальні відомості про магнітні властивості металів	7
1.2 Класифікація магнітних матеріалів.....	11
1.2.1 Основні характеристики магнітом`яких матеріалів	12
1.2.2 Основні характеристики магнітотвердих матеріалів	15
1.3 Сутність термомагнітної обробки магнітних матеріалів	22
2 Матеріали та методика досліджень	25
2.1 Зразки та хімічний склад досліджуваних сталей	25
2.2 Методика визначення магнітних характеристик сплавів	26
2.3 Визначення мікроструктури зразків	29
3 Дослідження впливу термомагнітної обробки на властивості магнітотвердих сплавів	32
3.1 Вплив гартування на властивості магнітотвердих сплавів.....	33
3.2 Вплив температури відпускання на магнітні властивості	40
4 Економіко-організаційна частина.....	46
4.1 Актуальність теми з позиції маркетингу	46
4.2 Послідовний аналіз	48
5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	57
5.1 Аналіз потенційних небезпек	57
5.2 Заходи по забезпеченню безпеки	59
5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	64
5.4 Заходи безпеки надзвичайних ситуацій.....	67
Висновки	72
Перелік джерел посилань	73
ДОДАТОК А.....	76

ВСТУП

Магнітотверді матеріали набули широкого застосування для виробництва постійних магнітів. Їхньою важливою характеристикою є максимальна питома магнітна потужність. Під час розмагнічування вона змінюється від нуля до максимального значення і відповідає половині добутку значення залишкової індукції B_r на коерцитивну силу H_c .

Відомо, що в умовах експлуатації має місце неминуче коливання температури, і, як наслідок, під впливом коливання температури та впливу ударних і вібраційних навантажень можуть змінюватися властивості сплавів. На цій підставі властивості магнітотвердих матеріалів в умовах експлуатації виробів оцінюють за можливими змінами структури сплаву через неминуче коливання температури, а також і від впливу ударного та вібраційного навантажень.

Вплив термомагнітної обробки на властивості магнітотвердих матеріалів відображає важливий напрямок в сучасній технології матеріалознавства та промислового виробництва. Ця тема наукового дослідження розкриває великий потенціал у покращенні характеристик матеріалів, що має вирішальне значення для широкого спектру високотехнологічних матеріалів.

Термомагнітна обробка, як один із важливих методів покращення спеціальних експлуатаційних властивостей магнітотвердих матеріалів, відкриває можливості змінити їх мікроструктуру, що в свою чергу сприяє покращенню фізичних і механічних властивостей. Це відкриває шляхи для створення матеріалів з підвищеною міцністю, стійкістю до зношування та оптимізованими магнітними характеристиками.

1 АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ МАГНІТОТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ

1.1 Загальні відомості про магнітні властивості металів

Магнітні матеріали необхідні для того, щоб з їхньою допомогою різко посилити магнітний потік, який використовується при генеруванні електричної енергії, при трансформуванні струмів низької напруги в струми високої напруги і, навпаки, при перетворенні електричної енергії в механічну тощо. Усі речовини в природі є елементарними магнетиками, тобто вони мають магнітні властивості, створюють магнітне поле. Поля створюються елементарними частинками на рівні атомів. Магнітні властивості атомів визначаються магнітними властивостями електронів. Магнетизм інших частинок відносно малий [1].

Як магнітні матеріали технічне значення мають феромагнітні речовини і феромагнітні хімічні сполуки (ферити). Явище феромагнетизму пов'язане з утворенням всередині деяких матеріалів при температурі, що нижча визначеної (точки Кюрі), таких кристалічних структур, в яких в межах макроскопічних областей електронні спіни орієнтуються паралельно один до одного і є однаково направленими. Характерним для феромагнітного стану є самовільна (спонтанна) намагніченість (без прикладання зовнішнього магнітного поля), але напрямок орієнтації магнітних моментів окремих доменів є досить різним. Магнітний потік такого тіла у зовнішньому просторі дорівнює нулю. Монокристали феромагнітних речовин характеризуються магнітною анізотропією, що виражається в різній легкості намагнічування вздовж різних осей. У тих випадках, коли анізотропія в полікристалічних магнетиках виражена досить різко, прийнято говорити, що феромагнетик має магнітну текстуру [1,2]. Одержання заданої магнітної текстури має велике значення і використовується в техніці для створення у певному напрямку підвищених магнітних характеристик матеріалу. Процес намагнічування феромагнітного матеріалу під впливом зовнішнього магнітного поля

зводиться: до росту тих доменів, магнітні моменти яких складають найменший кут з напрямком поля, і до зменшення розмірів інших доменів (процес зсуву границь доменів); до повороту магнітних моментів у напрямку зовнішнього поля (процес орієнтації). Магнітне насичення досягається тоді, коли ріст доменів припиниться і магнітні моменти всіх спонтанно намагнічених мікрокристалічних ділянок виявляться орієнтованими в напрямку поля. Схема орієнтації спінів у доменах наведена на рисунку 1.1 [2].

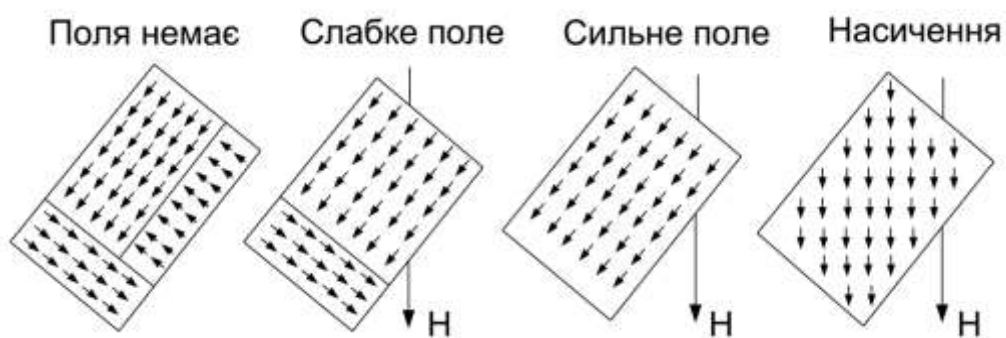


Рисунок 1.1 - Схема орієнтації спінів у доменах при намагнічуванні ферромагнетика

Існування доменів було підтверджено експериментально. Лінійні розміри доменів становлять від 0.001 до 0.1 мм. Напрямок магнітних моментів доменів у не намагніченому об'ємі ферромагнетика рівноймовірний. Тому результуючий магнітний момент макроуска дорівнюватиме нулю. Домени розділені між собою граничними стінками, у яких відбувається поступова зміна напрямку вектора намагніченості одного домену до іншого. Теорія утворення доменних структур і перебудова їхніх магнітних моментів під дією зовнішнього поля, що визначає хід кривих намагнічування, є важливим фактором Намагнічування, є найважливішим розділом теорії магнетизму і пов'язана з технічними властивостями магнітних матеріалів [2, 3].

При намагнічуванні ферромагнітних монокристалів спостерігається зміна їхніх лінійних розмірів. Це явище називається магнітострикцією. На рис. 1.2 наведені залежності відносної зміни лінійних розмірів монокристала нікелю

по різних напрямках у кристалі від напруженості зовнішнього магнітного поля.

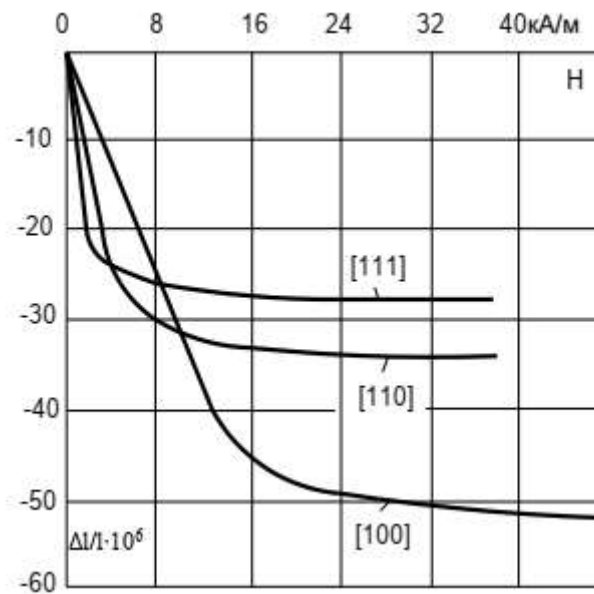
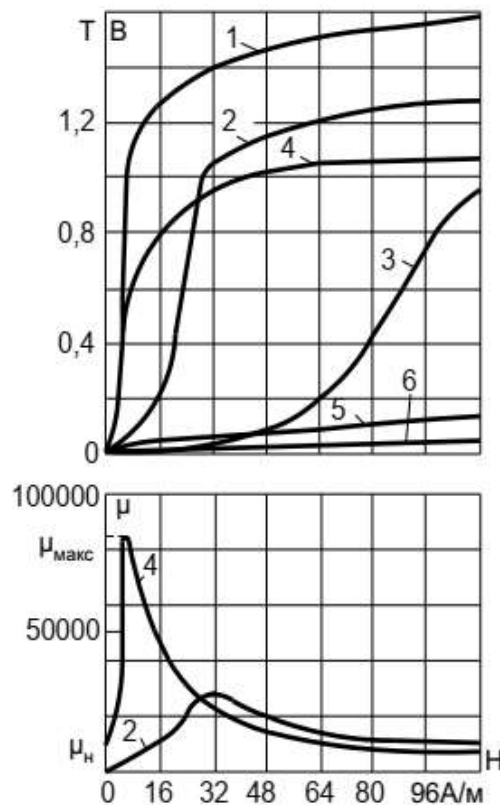


Рисунок 1.2 - Криві магнітострикційної деформації нікелю по трьох напрямках у кристалі

Магнітострикція монокристала заліза різна для різних напрямків у кристалі. Монокристал заліза, намагнічений у напрямку ребра куба, подовжується в напрямку діагоналі, тобто стискується в напрямку намагнічування. Магнітострикція спостерігається й у полікристалічних матеріалів. З трьох основних феромагнітних елементів (Fe, Ni, Co) найбільша магнітострикція у нікелю [4].

Знак магнітострикційної деформації в різних матеріалів може бути як позитивним (розтягування в напрямку поля), так і негативним, зміна знака може спостерігатися також у того самого матеріалу (наприклад, заліза) при зміні напруженості магнітного поля. На рисунку 1.3 наведені основні криві намагнічування деяких магнітних матеріалів.



1 – залізо особливо чисте, 2 – залізо чисте (99,98%Fe), 3 – залізо технічно чисте (99,92% Fe), 4 – пермалой (78% Ni), 5 – нікель, 6 – сплав залізо-нікель (26% Ni) [5]

Рисунок 1.3 - Залежності магнітної індукції (криві намагнічування) магнітної проникності від напруженості зовнішнього магнітного поля

Протікання процесів намагнічування феромагнітного матеріалу практично характеризують кривими намагнічування $B(H)$, які мають подібний характер для усіх феромагнетиків.

Магнітна проникність визначається по основній кривій намагнічування як відношення індукції B до напруженості магнітного поля H в даній точці кривої намагнічування, з урахуванням у системі СІ магнітної постійної $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Г /м.}$

Магнітну проникність μ_n при $H \approx 0$ називають початковою проникністю і визначають її при дуже слабких полях, порядку 0,1 А/м. Найбільше значення

магнітної проникності носить назву максимальної проникності і позначається $\mu_{\text{макс}}$. При сильних полях в області насичення магнітна проникність μ прагне до одиниці. Характеристикою феромагнетиків у змінних магнітних полях є динамічна магнітна проникність $\mu_{\sim}$, що являє собою відношення амплітудного значення індукції до амплітудного значення напруженості магнітного поля.

1.2 Класифікація магнітних матеріалів

В залежності від магнітної проникності μ магнітні матеріали поділяють на діамагнетики, парамагнетики та феромагнетики.

Якщо $\mu > 1$, тобто є величиною позитивною, то такі тіла називаються парамагнетиками. До них належать платина, алюміній, магній, титан, цирконій і тугоплавкі метали. Вони намагнічуються слабо, але в напрямку намагнічувального поля.

Якщо $\mu < 1$, тобто є величиною від'ємною, то такі тіла називаються діамагнетиками. До них належать мідь, срібло, золото, берилій, цинк, напівпровідники Ge, Si, надпровідники. Вони слабо намагнічуються в напрямку, протилежному напрямку магнітного поля.

Якщо $\mu \gg 1$ (значно більше одиниці), що є окремим випадком парамагнетиків, такі тіла є парамагнетиками. Це особлива група, до якої входять залізо, нікель, кобальт, багато рідкоземельних металів, а також хімічні сполуки в сплавах [5].

Магнітні матеріали залежно від коерцитивної сили і магнітної проникності умовно поділяються на магнітотверді та магнітом'які. Описані вище магнітні величини є основними магнітними характеристиками феромагнітних матеріалів. Вони дають змогу оцінити здатність матеріалів намагнічуватися. Згідно з їхніми значеннями можна розподілити всі

феромагнітні матеріали на дві головні групи магнітом'які та магнітотверді матеріали .

1.2.1 Основні характеристики магнітом'яких матеріалів

Першу групу магнітних матеріалів складають магнітом'які матеріали, у яких велика магнітна проникність і мала коерцитивна сила, тобто такі феромагнетики, які використовуються переважно як різні магнітопроводи: сердечники дроселів, дроселів, дроселів, дроселів, трансформаторів, електромагнітів, магнітних систем електровимірювальних приладів тощо [6].

Крім високої магнітної проникності та малої коерцитивної сили ці магнітом'які матеріали повинні мати велику індукцію насичення, тобто пропускати максимальний магнітний потік через задану площу поперечного перерізу магнітопроводу. У магнітному матеріалі, що використовується в змінних полях, повинні бути якомога менші втрати на перемагнічування, які складаються переважно в основному з втрат на гістерезис і на вихрові струми. Для зменшення втрат на вихрові струми для трансформаторів вибирають магнітом'які матеріали з підвищеним питомим опором або збирають магнітопроводи з окремих ізольованих один від одного тонких листів. У цьому разі магнітні втрати залежатимуть від товщини листа (стрічки). До листових і стрічкових матеріалів висувається вимога високої пластичності. Магнітні властивості матеріалів залежать також від частоти магнітного поля. Важливою вимогою до магнітом'яких матеріалів є забезпечення стабільності їхніх властивостей у часі, і по відношенню до зовнішніх впливів, таких, як температура і механічні напруження [7].

Низькочастотні матеріали з високою індукцією насичення. До них належать залізо, електротехнічні сталі (леговані й нелеговані). Залізо технічно чисте містить, хоч і в малих кількостях, вуглець, кремній, марганець, сірку та

інші елементи, які погіршують його магнітні якості. Найбільш чисте залізо - карбонільне та електролітичне - через складну технологію використовують тільки у виробках невеликих розмірів. Електротехнічні сталі постачають із гарантованими магнітними властивостями для електротехнічної промисловості. Нелеговані сталі випускають таких марок, як: 10895, 20895, 10848, 20848 тощо.

Низькочастотні матеріали з високою магнітною проникністю. Для досягнення великих значень індукцій у дуже слабких магнітних полях застосовують сплави, що відрізняються великою магнітною проникністю. Це сплави систем: Fe - Ni (пермалої), Fe-Co, Fe-Al (альсифери). Для маркування магнітом'яких сплавів використовують буквено-цифрову систему [8].

Буквами позначають елементи так, як це прийнято для маркування сталей. Магнітом'які сплави є прецизійними: концентрації легувальних елементів підтримують у вузьких інтервалах, вміст вуглецю та інших домішок обмежений. Частинки карбідів, оксидів та інших включень зменшують μ і підвищують Hс.

За якістю сплави поділяють на три класи:

- I - з нормальними магнітними властивостями;
- II - з підвищеними магнітними властивостями;
- III - з високими магнітними властивостями.

Відповідно нормальна якість забезпечується виплавною у відкритих печах, підвищена - у вакуумі; висока - у вакуумних індукційних печах з подальшими переплавами.

За рівнем основних властивостей сплави поділяють на вісім груп. Великою перевагою пермалоїв є їхня висока пластичність, що полегшує технологію отримання напівфабрикатів: тонких листів, стрічок і дроту, використовуваних при виготовленні сердечників. Магнітні властивості пермалоїдів змінюються під впливом навіть слабких напружень. Тому остаточно виготовлені деталі треба піддавати термічній обробці і в процесі складання уникати ударів, сильного затягування або здавлювання обмоткою.

Магнітні властивості пермалоїдів залежать від швидкості охолодження. Термічну обробку пермаліїв проводять для видалення домішок, залишкових напружень і укрупнення зерна. Вона полягає в повільному нагріванні їх до 1100 - 1150°C у середовищі, що захищає матеріал від окислення (вакуумі, водні), витримці при цій температурі 3...6 год. залежно від розміру і маси, повільному охолодженні до 600°C (100°C/год) і подальшому швидкому охолодженні (400°C/год). Особливу групу складають пермалої з прямокутною петлею гістерезису, які широко використовують в обчислювальній техніці та пристроях автоматичного управління. Відмітна особливість таких матеріалів - велика залишкова індукція [8].

Високонікелеві сплави 79НМ, 80НХС, 76НХД застосовують для сердечників малогабаритних трансформаторів, реле і магнітних екранів, за товщини 0,02 мм – для сердечників імпульсних трансформаторів, магнітних підсилювачів. Недоліками пермалоїдів є їхня відносно висока вартість, сильна залежність магнітних властивостей від механічних напружень.

Альсифери при вмісті 5,4% Al і 9,6% Si вирізняються високою магнітною проникністю. Перевагою альсиферів є відсутність у їхньому складі дорогих або дефіцитних елементів.

Альсифер характеризується високими твердістю (50 HRC) і опором зношуванню. Практичному застосуванню заважає природна крихкість цих сплавів, що робить їх абсолютно не деформованими і непридатними для обробки різанням. Вироби отримують литтям або порошковою технологією. Сфера застосування альсифера - магнітні екрани, корпуси приладів машин, деталі магнітопроводів для роботи в постійних або повільно мінливих магнітних полях. Альсифер крихкий, тому його можна розмелювати в порошок і застосовувати для виготовлення пресованих сердечників і магнітодіелектриків.

Високочастотні магнітом'які матеріали. До цієї групи матеріалів належать ферити. Вони являють собою магнітну кераміку, що одержується спіканням оксиду заліза з оксидами інших металів. Характерна особливість

властивостей феритів - високий, як у діелектриків, питомий електричний опір ($10^3 - 10^{11}$ Ом·м). Внаслідок низької електропровідності втрати на вихрові струми у феритів мінімальні, що зумовило їх широке застосування в техніці високих і надвисоких частот.

Ферити - тверді та крихкі матеріали, обробляти які можна тільки алмазним інструментом. За будовою ферити являють собою іонні кристали.

Їхню кристалічну решітку утворюють негативні іони кисню і позитивні іони металів. У техніці переважно застосовують не прості (однокомпонентні), а складні ферити, що отримуються із суміші кількох оксидів двовалентних металів. Цінними властивостями володіють ферити, що представляють тверді розчини феритів цинку і кадмію. До складу складних феритів вводять також оксиди тривалентних металів (Cr, Al). Різноманіття поєднань вихідних компонентів надає можливість отримувати ферити з різноманітними властивостями. Особливість властивостей феритів полягає в тому, що під час нагрівання початкова магнітна проникність спочатку зростає, а потім різко падає при температурі точки Кюрі, яка і визначає допустиму робочу температуру фериту. Для пристроїв, що працюють на радіочастотах, застосовують марганцево-цинкові та нікель-цинкові ферити [9].

1.2.2 Основні характеристики магнітотвердих матеріалів

Другу групу магнітних матеріалів становлять магнітотверді матеріали, у яких велика коерцитивна сила і мала магнітна проникність. Вони застосовуються для виготовлення постійних магнітів. Постійні магніти, будучи один раз намагнічені, зберігають стан намагніченості протягом багатьох років. Для цих матеріалів характерним є велика коерцитивна сила H_c і велика залишкова індукція B_r . Петля гістерезису в таких матеріалів дуже широка порівняно з магнітом'якими матеріалами. Магнітотверді матеріали тому важко перемагнічуються.

За складом, станом і способом одержання магнітотверді матеріали підрозділяються на: леговані сталі, що гартуються на мартенсит, литі магнітно-тверді сплави, магніти з порошків, магнітно-тверді ферити, пластично деформовані сплави і магнітні стрічки. Характеристиками матеріалів для постійних магнітів служать коерцитивна сила, залишкова індукція та максимальна енергія, що віддається магнітом у зовнішній простір. Магнітна проникність матеріалів для постійних магнітів нижча, ніж магнітом'яких матеріалів, причому чим вища коерцитивна сила, тим менша магнітна проникність. Магніт у замкнутому стані (у виді тороїда) не віддає енергію в зовнішній простір. Для віддачі магнітної енергії необхідно мати повітряний простір між полюсами, тобто, повинен бути розімкнений магнітний ланцюг. На рисунку 1.4 наведена крива розмагнічування (частина граничної петлі гістерезису в II квадранті – ділянка $B_r - H_c$), а також крива $B_r - 0$, залежність енергії W_1 від індукції B_1 [8,9].

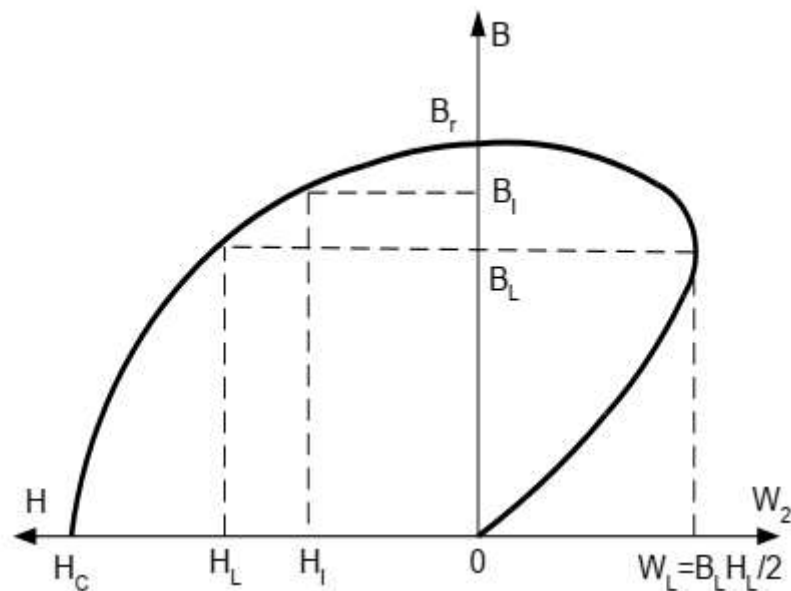


Рисунок 1.4 – Криві розмагнічування і магнітної енергії

Енергія в повітряному зазорі залежить від довжини зазору, причому індукція B_1 в проміжку буде менша залишкової B_r індукції внаслідок

розмагнічувальної дії полюсів магніту. Енергія в одиниці об'єму повітряного зазору може бути виражена такою 1.1:

$$W_1 = B_1 H_1 / 2 \quad (1.1)$$

де H_1 – напруженість поля, що відповідає індукції B_1 ;

Чим менша довжина магніту і відносно більший зазор, тим більше розмагнічувальне поле полюсів і менше B_1 . При замкнутому магніті $B_1 = B_r$, причому енергія дорівнює нулеві, тому що $H_1 = 0$. Якщо зазор між полюсами дуже великий, то енергія за цих умов також прямує до нуля, тому що $B_1 = 0$, $H_1 = H_c$. При деяких значеннях B_1 і H_1 енергія досягає максимальної величини.

Магнітотверді матеріали поділяють на: ковкі і які обробляються різанням; матеріали, що не піддаються куванню, а переробляються у виробі методом фасонного лиття і не обробляються різанням, а тільки шліфуванням; матеріали, що перероблюються у виробі з порошків шляхом пресування чи зв'язування або металокерамічним способом. Технологічність їх залежить від хімічного складу і структури матеріалу та впливає на магнітні властивості, зокрема на коерцитивну силу, яка вважається визначальним параметром.

Основними ковкими матеріалами, що піддаються гартуванню, є сталі: вуглецева, хромиста, вольфрамова і кобальтова. Вуглецева сталь має найбільш низькі магнітні параметри і не має великого значення як магнітотвердий матеріал. Хромисті, вольфрамові і кобальтові сталі для постійних магнітів випускають різних розмірів і перерізів: круглого, квадратного та прямокутного. Магнітні властивості в межах встановлених вимог гарантуються лише за умови дотримання термічної обробки й старіння в повній відповідності з затвердженими технологічними інструкціями. Магнітні властивості хромистих сталей з підвищеним вмістом хрому (до 3%) при дуже складній термообробці можна довести до властивостей більш дорогої вольфрамової сталі, завдяки чому в ряді випадків стала можливою заміна

останньої. Хімічний склад деяких магнітотвердих сталей наведено в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Склад і властивості мартенситних сталей для постійних магнітів [10]

Марка сталі	Склад, %					H _c , КА/м	Br, Тл
	C	Cr	W	Co	Mo		
EX	0,95...1,1	1,3...1,6				4,6	0,9
EX3	0,9...1,1	2,8...3,6				4,8	0,95
E7B6	0,68...0,78	0,3...0,5	5,2...6,2			5,0	1,0
EX5K5	0,9...1,05	5,5...6,5		5,5...6,5		8,0	0,85
EX9K15M	0,9...1,05	8,0...10		13,5...16,5	1,2...1,7	13,6	0,8

Вольфрамова сталь відрізняється великою стійкістю проти магнітного старіння. З усіх стандартних марок легованих сталей для постійних магнітів кобальтова сталь має найбільш високі магнітні властивості. Питома максимальна енергія в неї доходить до 4000 Дж/мз. Коерцитивна сила кобальтових сталей підвищується зі збільшенням вмісту кобальту. Застосування кобальтової сталі стримується дефіцитністю і високою вартістю кобальту. Кобальтова сталь відрізняється підвищеною твердістю (число Бринелля 270...340). Для механічної обробки деталей з кобальтової сталі застосовують відпуск чи відпал для пом'якшення. Знаходить застосування також ковкий залізо-кобальто-молібденовий сплав з вмістом молібдену 13...15%, відомий під назвою пермалой чи комоль. Цей сплав майже не містить вуглецю. Він має більшу коерцитивну силу, ніж кобальтова сталь і більш опуклу криву розмагнічування, завдяки чому максимальна питома магнітна енергія в нього доходить до 5000 Дж/м³. Пермалой має велику стійкість проти старіння до температур близько 600°C. Широке застосування його стримує висока вартість. Особливу групу магнітотвердих матеріалів складають сплави, здатні до холодного прокатування та волочіння. До їхнього

числа відносять сплави міді, нікелю і заліза (куніфе), міді, нікелю, кобальту (куніко), заліза, кобальту і ванадію (вікелой). Сплави куніфе і куніко мають велику коерцитивну силу – 24000...56000 А/м, залишкову індукцію 0,6...0,25 Т і максимальну питому енергію від 2500 до 4500 Дж/м³. Сплави типу вікелой можуть бути отримані з питомою енергією ще більш високою, ніж у сплавів куніфе і куніко, а саме: від 4000 до 14000 Дж/м³. Ці сплави придатні до холодного прокатування і волочіння. Залізомарганцевий сплав з малими присадками титана або алюмінію має коерцитивну силу 6400...16000 А/м, залишкову індукції 0,5...0,1 Т, максимальну енергією 2000...25000 Дж/м³. Для цих сплавів потрібно електролітичний марганець високого ступеня чистоти. У деяких приладах застосовують магнітні сплави заліза з платиною чи кобальту з платиною. Сплав кобальт–платина має дуже високу коерцитивну силу – до 320000 А/м з максимальною питомою енергією, що доходить до 23000 Дж/м³.

Нековкі сплави, що механічно погано обробляються. Велику групу магнітотвердих матеріалів складають сплави, що, внаслідок високої твердості та крупнокристалічної структури, погано піддаються механічній обробці. Деталі з них одержують методом лиття або методом порошкової металургії. В таблиці 1.2 наведено властивості сплавів.

Таблиця 1.2 - Магнітні властивості сплавів для постійних магнітів [10]

Марка	H _C , КА/м	B _r , Тл	W _{max} , КДж/м ³	Тип КС
ЮНД4	40	0,50	3,6	Рівновісна
ЮНДК18	55	0,90	9,7	
ЮН14ДК25А	52	1,35	28,0	Стовбчаста
ЮН15ДК25БА	62	1,25	28,0	
ЮНДК34Т5	92	0,75	14,0	Рівновісна
ЮНДК35Т5Б	96	0,75	16,0	

Деякі сплави, що містять кобальт, піддають термомагнітній обробці, тобто впливу сильного постійного магнітного поля при охолодженні магнітів після виливання. Це приводить до підвищення магнітних властивостей. Литі сплави мають достатню стійкість до старіння. Сплави залізо-нікель-алюміній і особливо залізо-нікель-алюміній кобальт відрізняються порівняно високою вартістю. Механічній обробці піддаються тільки деталі простої форми зі сплавів, що не містять кобальту. Крім того, деталі можна шліфувати. Для грубого шліфування застосовують електроіскрову обробку. Перед механічною обробкою проводять випал для зменшення твердості і крихкості. Залізо-нікель-алюмінієві сплави, як і залізо-нікель-алюмінієво-мідні і залізо-нікель-алюмінієво-кобальтові, використовуються для одержання деталей металокерамічним способом [11]. Цей спосіб особливо вигідний для виготовлення дрібних деталей масою від часток грама до 30 г. Застосування металокерамічної технології вирішило задачу виробництва дрібних деталей зі сплавів, що містять кобальт. Металокерамічна технологія забезпечує при виробництві деталей з цих сплавів менше відходів внаслідок відсутності ливарних дефектів, більшої механічної міцності, однорідності. При тиску спікання в чистому водні 400...800 МПа при 1300 °С металокерамічні магніти з залізо-нікель-алюмінієвого сплаву мають щільність на 8%...7% меншу, ніж литі, при рівних магнітних властивостях. Існують два способи одержання магнітів за металокерамічною технологією. У першому випадку деталі з суміші чистих порошків пресуються в прес-формах у два прийоми: спочатку при пониженому тиску і температурі, а потім при повному тиску з наступним остаточним спіканням; остаточною операцією є термічна чи термомагнітна обробка. Другий спосіб полягає у виготовленні металокерамічних заготовок, з яких після термообробки і прокатування на смуги та листи штамнують деталі, що піддаються остаточному спіканню. Другий спосіб більш продуктивний і надає виробу більшої щільності [12].

Магнітотверді ферити. До магнітно-твердих феритів належать барієвий, кобальтовий і деякі інші. Найбільш відомий барієвий ферит $\text{BaO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$

(фероксдюр). На відміну від магнітом'яких феритів він має не кубічні, а гексагональні кристалічні ґратки з одноосьовою анізотропією. В даний час промисловість випускає два види барієвих магнітів: марки БІ (барієві ізотропні) і марки БА (барієві анізотропні). Технологія виробництва БІ подібна до технології виробництва магнітом'яких феритів, у технологічному процесі виробництва БА операція пресування виконується в магнітному полі напруженістю 650...800 кА/м. В табл. 1.3 наведені основні електромагнітні властивості барієвих магнітів. Як видно з цієї таблиці, магніти з фериту барію мають коерцитивну силу до 240 кА/м, що перевищує коерцитивну силу магнітів системи альні (87 кА/м), однак за залишковою індукцією та накопиченою магнітною енергією вони поступаються цим сплавам.

Таблиця 1.3 - Електромагнітні властивості барієвих магнітів [10]

Марка фериту	B_r , Т	H_c , кА/м	$W_{\text{макс}}$, кДж/м ³	ρ , Ом·м
0.7БІ	0,18...0,21	114...128	2,8...3,2	106
1БІ	0,19...0,22	128...144	3,2...4,4	103
2БА	0,3...0,35	184...232	8,0...12,6	103
2БА1	0,28...0,33	192...240	7,2...10	103
3БА	0,35...0,4	128...184	12...14	103

Барієві магніти доцільно виготовляти у вигляді шайб і тонких дисків, вони відрізняються високою стабільністю щодо впливу зовнішніх магнітних полів і не бояться тряски та ударів. Густина барієвого фериту 4,4...4,9 Мг/м³, тобто приблизно в 1,5 раза менше щільності литих залізонікель-алюмінієвих сплавів (7,25 Мг/м³), магніти виходять легкими. Питомий опір барієвого фериту в мільйони разів вищий питомого опору литих металевих магнітно-твердих сплавів. Магніти з барієвого фериту можна використовувати при високих частотах. До недоліків барієвих магнітів варто віднести низьку механічну міцність, велику крихкість, сильну залежність магнітних

властивостей від температури ($\alpha_v \approx 0,2\% \text{ K}^{-1}$), тобто на порядок вищу, ніж у литих магнітів. Крім того, вони змінюють магнітні властивості після охолодження від кімнатної до низьких температур (-60°C) і нагрівання до початкової температури [12,13].

1.3 Сутність термомагнітної обробки магнітних матеріалів

Термомагнітна обробка (ТМО) - це метод обробки металевих матеріалів, який застосовується для зміни їх фізичних властивостей шляхом певного циклу нагріву в постійному або змінному зовнішньому магнітному полі. Цей процес використовується для поліпшення характеристик металевих сплавів, зокрема аморфних сплавів.

Процес ТМО починається з нагрівання стрічок сталі в печі. Під час нагрівання відбуваються структурні зміни, пов'язані з перебудовою атомів без дифузії на великі відстані. Ця структурна релаксація супроводжується згущенням матриці, спричиненим анігіляцією зайвого вільного об'єму і зняттям залишкових напружень. Оскільки процес нагрівання триває, сталі поступово втрачають свою пластичність, що означає їхнє окрихчення. Цей процес може розпочинатися при нагріванні до температури 200°C для деяких сплавів [14].

Температура охрупчення виявляє значне зростання у сплавів, які отримані при вищій швидкості охолодження розплаву. При подальшому нагріванні до вищих температур аморфний сплав починає кристалізуватися. Температура кристалізації залежить від хімічного складу сплаву (для сучасних аморфних сплавів більше 500°C). Кристалізація спричиняє глобальні зміни більшості їхніх фізичних властивостей, супроводжуючись виділенням тепла і збільшенням щільності матеріалу.

Звичайно, внаслідок кристалізації утворюються зерна розміром від 0,1 до 1 мкм, що суттєво змінює магнітні властивості матеріалу, наприклад, коерцитивна сила може збільшуватися вдесятеро або навіть в сотні разів. Загальна стратегія полягає у стримуванні початку процесу кристалізації (шляхом підбору складу сплаву та режиму термообробки), що дозволяє значно зменшити розміри кристалітів (до 10 нм). Таким чином, після контрольованої термічної обробки утворюється нанокристалічна структура.

Термомагнітна обробка продовжується з поміщенням нагрітих стрічок в печі в закритий магнітний ланцюг. Шунти з магнітного сердечника використовуються для блокування циркулюючого магнітного потоку. Залежно від напрямку поля розрізняють три типи стрічок: тип В - з термообробкою без накладення магнітного поля, тип Е - з термообробкою і накладенням поздовжнього магнітного поля, тип Т - з термообробкою і накладенням поперечного магнітного поля. Тип Т відрізняється «вузькою» петлею гістерезиса і частіше за все застосовується в магнітних сердечниках.

Термомагнітна обробка (ТМО) магнітотвердих матеріалів є одним з ключових методів для модифікації їхніх магнітних властивостей шляхом впливу на їхню мікроструктуру та магнітну орієнтацію.

Під час ТМО магнітотверді матеріали піддаються термічній обробці в певних магнітних умовах. Цей процес може включати нагрівання матеріалу до певної температури у присутності зовнішнього магнітного поля або під дією внутрішнього магнітного поля (застосування внутрішніх анізотропних полів). Обробка проводиться з метою зміни структури матеріалу, орієнтації магнітних моментів та покращення його магнітних властивостей.

Вплив термомагнітної обробки на магнітотверді матеріали може включати:

- покращення коерцитивної сили: ТМО може змінити орієнтацію доменних стінок та магнітних доменів, що призводить до збільшення коерцитивної сили, тобто до збільшення опору матеріалу до зміни магнітної поляризації;

- оптимізація намагніченості насичення: ТМО може сприяти зміні мікроструктури матеріалу, що призводить до підвищення його намагніченості насичення – максимальної магнітної індукції, яку матеріал може досягти під час намагнічення;

- управління магнітною анізотропією: Термомагнітна обробка може впливати на напрямок магнітної анізотропії, що визначає переважний напрямок магнітних властивостей матеріалу. Це може бути важливо для створення магнітних матеріалів з оптимальними властивостями для певних застосувань;

- магнітна реляксація та структурні зміни: Під час ТМО відбуваються структурні зміни в матеріалі, що може впливати на магнітні властивості, зокрема, на усунення напружень, розширення магнітних границь та інші ефекти.

Термомагнітна обробка вимагає уважного підбору параметрів (температура, тривалість, інтенсивність магнітного поля тощо) для досягнення бажаних магнітних характеристик. Оптимізація цих процесів є важливим напрямком у вдосконаленні магнітотвердих матеріалів для різноманітних технологічних та наукових застосувань, зокрема в області виробництва магнітів, сенсорів, актуаторів та іншої електроніки [14,15].

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Зразки та хімічний склад досліджуваних сталей

Для визначення оптимальної температури відпустки та її тривалості витримки проведено дослідження на стандартних зразках-кільцях, виготовлених із сплавів марок наведених в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад досліджуваних сталей, % мас [16]

Сталь	Al	Ni	Cu	Co	Ti	Nb
ЮНДК35Т5БА	6,8-7,2	14-14,5	3,3-3,7	34,5-35,5	4-5	0,9-1,1
ЮНДК35Т5	6,8-7,2	14,0-14,5	3,3-3,7	34,5-35,5	5,0-5,5	-
ЮН15Д25КБА	8,3-8,7	14,5-15,0	24,0-26	0,2-0,3	1,0-1,4	-

Відомо, що стандарти допускають границю зміни кількісного вмісту кожного хімічного елемента, що входить до складу досліджуваних вмісту кожного хімічного елемента, що входить до складу сплавів, що досліджуються.

Зразки кільцевої форми виготовляють зі штампованих кілець товщиною від 0,1 до 1,0 мм навиванням зі стрічки завтовшки не більше ніж 0,35 мм або виточують із заготовки. Відношення зовнішнього діаметра до внутрішнього не повинно бути більше 1,3. Площа поперечного перерізу зразка не повинна бути менше 0,2 см². Зразки, виготовлені штампуванням або навиванням, мають бути поміщені в касету з ізоляційного матеріалу завтовшки не більше 3 мм або неферомагнітного металу завтовшки не більше 0,3 мм.

На цій підставі було обрано такі температури нагрівання під гартування: 1060, 1080, 1100°C. І оскільки умови нагрівання визначаються його швидкістю гартування, а отже, і тривалістю перебування зразків-кілець в інтервалі фазових перетворень, то зразки-кільця завантажували в піч, нагріту

до температур 1060, 1080°C і 1100°C. За кожним із режимів обробляли по 5 зразків.

Важливе значення на формування магнітних властивостей сплаву ЮН15ДК25БА мають і умови нагрівання зразків-кілець до температури гартування мають і умови нагрівання зразків-кілець до температури гартування 1080°C. Цю залежність досліджували шляхом нагрівання зразків-кілець з піччю від температур 20 і 600 до 1080° С, а також із попередньо нагрітою піччю до температури 1080° С. З температури гартування всі зразки-кілець піддавалися ступінчастому охолодженню в магнітному полі за режимами, зазначеними вище. Отримані результати досліджень зведено в таблицю 3.2.

2.2 Методика визначення магнітних характеристик сплавів

Установка для визначення основної кривої намагнічування за напруженості магнітного поля від 0,2 до 2500,0 А/м на зразках кільцевої форми має бути виконана за принциповою схемою, наведеною на рис. 2.1

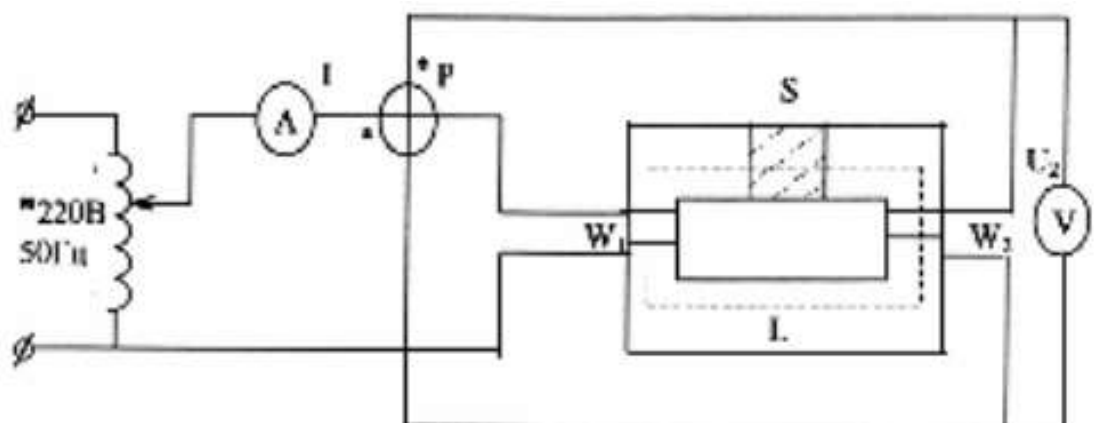


Рисунок 2.1 – Принципова схема установки

При визначенні магнітних властивостей на зразках кільцевої форми застосовуються намагнічувальна і вимірювальна обмотки по 30...300 витків кожна. Обмотка W_2 для вимірювання магнітної індукції повинна рівномірно намотуватися в центральній частині зразка, попередньо ізольованого від неї шаром ізоляційного матеріалу. Число витків обмотки W_2 має бути таким, щоб показання балістичного гальванометра або веберметра, які відповідають перемагнічуванню зразка за напруженості магнітного поля 1 кА/м, були не менше 40% від верхньої границі вимірювання.

Перед вимірюваннями зразок має бути розмагнічений змінним струмом частотою 50 Гц. Найменша амплітуда напруженості поля, за якої розривається ланцюг розмагнічувального струму, має бути не більше 0,1 А/м. Максимальна амплітуда напруженості поля повинна перевищувати коерцитивну силу матеріалу більш ніж у 50 разів. Під час визначення коерцитивної сили та кривої намагнічування в області значень напруженості поля від 100 А/м і більше зразок не розмагнічується.

Час, протягом якого амплітуда струму, що розмагнічує плавно зменшується до мінімального значення, має дорівнювати 2 хв. За напруженості вимірюваного магнітного поля менше ніж 1 А/м зразки повинні витримуватися після розмагнічування протягом 24 год. За напруженості вимірюваного магнітного поля понад 1 А/м час витримки може бути зменшено до 10 хв. Допускається зменшувати проміжок часу між закінченням розмагнічування і початком вимірювань за умови, що відносна різниця значень проникності, отримана під час вимірювань після нормальної і скороченої витримки, не перевищує 2 %.

Верхні границі вимірюваних величин повинні відповідати амплітуді напруженості магнітного поля не більше 5 кА/м за частоти змінного струму від 50 до 60 Гц. Для більш високих значень частоти найбільша амплітуда напруженості магнітного поля не повинна перевищувати 1 кА/м.

За показаннями вольтметра, амперметра і ватметра розрахувати значення напруженості поля магнітопровідника H , амплітуди індукції B і потужності втрат в сталі $P_{ст}$. За цими величинами визначають відносну магнітну проникність. Індукція розраховується за формулою 2.1:

$$B = \frac{U_2}{4,44 \cdot f \cdot W_2 \cdot S} \quad (2.1)$$

де U_2 - напруга у вторинній обмотці, В;

f – частота, Гц;

S - переріз магнітопровідника, м²; ($S = 12,25 \times 10^{-4}$ м²)

W_2 - кількість витків вторинної обмотки, $W_2 = 240$;

Напруженість поля розраховується за законом повного струму 2.2:

$$H = \frac{I \cdot W_1}{L} \quad (2.2)$$

де I - струм намагнічування, А;

W_1 - число витків первинної обмотки, $W_1 = 300$;

L - довжина середньої магнітної лінії в метрах, $L = 0,28$ м

Відносна магнітна проникність розраховується за формулою 2.3:

$$\mu = \frac{B}{\mu_0 \cdot H} \quad (2.3)$$

де μ_0 - магнітна стала, дорівнює $4\pi \times 10^{-7}$ Гн/м;

Розрахунок втрат виконують за формулою 2.4:

$$P_{ст} = \frac{W_1}{W_2} \cdot P - \frac{U_2^2}{R_H} \quad (2.4)$$

де W_1, W_2 - число витків I і II обмоток;

P - виміряна потужність, Вт;

U_2 - напруга у вторинній обмотці, В;

R_H - опір навантаження, Ом.

Навантаженням магнітопровідника є обмотка вольтметра і обмотка напруженості ватметра, які з'єднані паралельно, тому розраховується за формулою 2.5:

$$R_H = \frac{R_B \cdot R_{BT}}{R_B + R_{BT}} \quad (2.5)$$

де R_B - опір обмотки вольтметра, $R_B = 10300$ Ом;

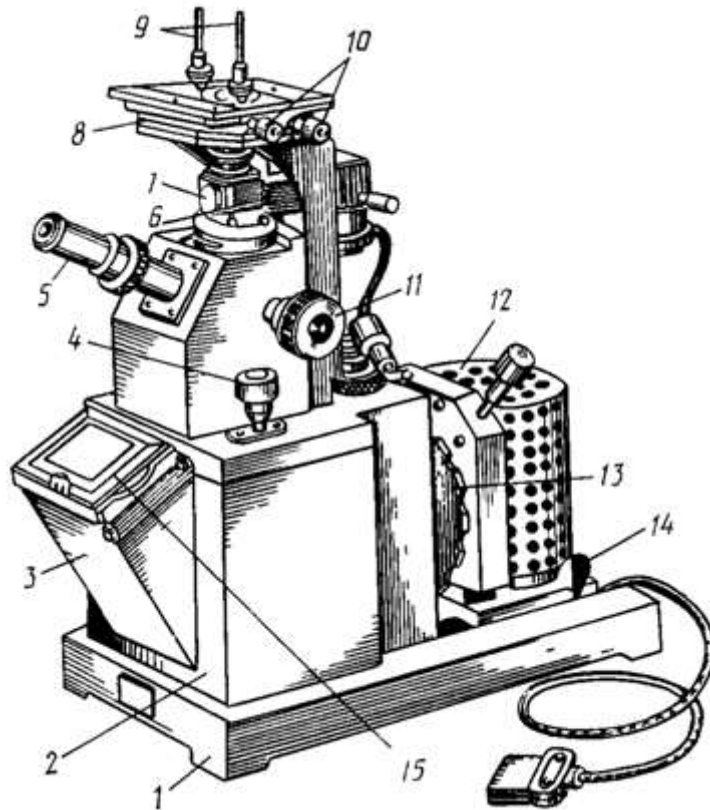
R_{BT} - опір обмотки напруження ватметра, $R_{BT} = 1667$ Ом [17]

2.3 Визначення мікроструктури зразків

Для того, щоб отримати уявлення про структуру конкретного металовироби, необхідно правильно вибрати місце вирізки зразка для мікроскопічного аналізу. Для отримання якісної поверхні мікрошліфа під час шліфування послідовно переходять від однієї шкурки до іншої з розмірами абразивних частинок, що безперервно зменшуються абразивних частини.

Шліфовані зразки протруюють 3 хв у 50 %-ному розчині соляної кислоти за 80°C . Загартований шар має більш темне забарвлення. Для поверхневого травлення сталевих шліфів використовується реактив Гейна такого складу: NH_4Cl -53 г, CuCl_2 -85г, H_2O -1000 мл, $t=20^\circ\text{C}$; $\tau=1$ хв.

Загальний вигляд металографічного мікроскопа МИМ-7 показано на рис. 2.2. Він складається з таких основних систем: оптичної, освітлювальної з фотографічною апаратурою і механічної.



- 1 - основа, 2 - корпус, 3 - фотокамера, 4 - мікрометричний гвинт,
 5 - візуальний тубус з окуляром, 6 - ручка ілюмінатора, 7 - ілюмінатор,
 8 - предметний столик, 9 - клеми, 10 - гвинти переміщення столика,
 11 - макрометричний гвинт, 12 - освітлювач, 13 - ручка світوفільтрів,
 14 - стопорний пристрій освітлювача, 15 - рамка з матовим склом.

Рисунок 2.2 - Загальний вигляд мікроскопу МИМ – 7

Оптична система мікроскопа включає об'єктив і окуляр, від яких залежить збільшення мікроскопа, і ряд допоміжних елементів (призми, дзеркала, лінзи й ін.). Об'єктив, що є складним сполученням лінз, дає дійсне збільшене обернене зображення мікроструктури мікрошліфа. Окуляр

складається з декількох лінз і призначений для збільшення зображення, отриманого об'єктивом, і перетворення його з оберненого в пряме. Збільшення мікроскопа визначається добутком збільшення окуляра на збільшення об'єктива.

В освітлювальну систему мікроскопа входять джерело світла, серія лінз, світлофільтрів і діафрагм. Джерелом світла є електрична лампа (17 В), що включається в мережу через понижувальний трансформатор [18].

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕРМОМАГНІТНОЇ ОБРОБКИ НА ВЛАСТИВОСТІ МАГНІТОТВЕРДИХ СПЛАВІВ

Магнітні властивості магнітотвердих сплавів визначаються однорідністю їхньої кристалічної структури, а стабільність цих властивостей - стійкістю кристалічної структури в умовах зміни температури, які неминучі в умовах експлуатації. Крім температурного фактору, магнітні властивості сплавів можуть змінюватися від впливу вібрації та ударного навантаження на магніти, яку прийнято називати магнітним старінням. Але якщо вплив магнітного старіння легко усуваються шляхом повторного намагнічування, то вплив структурних змін в умовах експлуатації неможливо усунути. Тому дуже важливо отримати рівноважну структуру сплаву в процесі термічної обробки. Слід підкреслити, що отримання рівноважної структури сплаву залежить як від режиму термічної обробки, так і хімічного складу. Вплив режимів гартування та умов нагрівання до температури гартування досліджували на стандартних магнітотвердих сплавах марок ЮНДК35Т5БАА та ЮНДК35Т5, хімічний склад наведено в таблиці 2.1.

Однорідність вихідної структури сплаву визначається не лише вмістом хімічних елементів у його складі, а й їх геометричним чинником. Як правило, в умовах виробництва виробів із магнітотвердих сплавів геометричний фактор не враховується. До хімічного складу досліджуваних сплавів входять елементи, що утворюють тверді розчини заміщення. Атомні діаметри заліза в α - та γ - модифікаціях рівні відповідно 2,48 та 2,52 кХ, тобто. у середньому 2,5 кХ. Інтервал геометричної подібності (геометричний фактор дорівнює 15%) становить 0,38 кХ, і, отже, атомні діаметри хімічних елементів, здатних утворювати із залізом тверді розчини має становити від 2,1 до 2,9 кХ. Так, атомний діаметр алюмінію дорівнює 2,8; нікелю – 2,49; міді – 2,5; кобальту – 2,5; титану – 2,93 та ніобію – 2,92 кХ. Наведені дані атомних діаметрів показують, що алюміній, нікель, мідь, кобальт утворюють безперервний ряд

твердих розплавах заміщення. Атомні діаметри титану та ніобію більше допустимого границі утворення жорстких розчинів заміщення, тобто. вони наближаються до границі області сприятливого геометричного фактора. Тому на діаграмі стану залізо-титан і залізо-ніобій проявляється обмежена область розчинності даних елементів при нагріванні до 1100°C. Внаслідок цього структура досліджуваних сплавів у литому стані складається з β - фази і незначних інтерметалічних включень складу Fe_2Ti та FeTi , а в сплаві з ніобієм мають місце невеликі ендегенні включення. У силу того, що такі включення немагнітні, і чим більша їх кількість, тим менші магнітні властивості литих сплавів.

У литому стані сплав ЮНДК35Т5БАА має феромагнітну основу неферомагнітними включеннями β -фази та інтерметалідними включеннями типу: Fe_2Ti ; FeTi ; FeAl_3 ; CuAl_2 тощо. У цих умовах значення коерцитивної сили H_C визначається константою кристалічної анізотропії феромагнітної основи K , обсягом неферомагнітних включень β фази та кількістю зазначених вище інтерметалідних включень. Звідси дуже важливо, щоб при температурі гартування здійснювався повний перехід неферомагнітних включень β -фази з утворенням - β_1 та β_2 -фаз, а при подальшому охолодженні була можливість отримання односторонніх кристалів феромагнітної β_1 - фази, яка мала б пластинчасту форму кристалів, що забезпечують великі значення H_C , B_r та ω_{max} .

3.1 Вплив гартування на властивості магнітотвердих сплавів

Зразки для гартування завантажували в піч, нагріту до температур 1060°C, 1080°C та 1100°C. З температури гарту зразки-кільця охолоджувалися по ступінчастому режиму, а саме від температур - 1060, 1080 та 1100 до 900°C

зі швидкістю 200°C/хв, а в інтервалі від 900 до 600° С – зі швидкістю 25° С/хв. Охолодження здійснювалося у магнітному полі напруженістю 160 кА.

Отримані результати досліджень магнітних властивостей зразків кілець зведені в таблицю 3.1

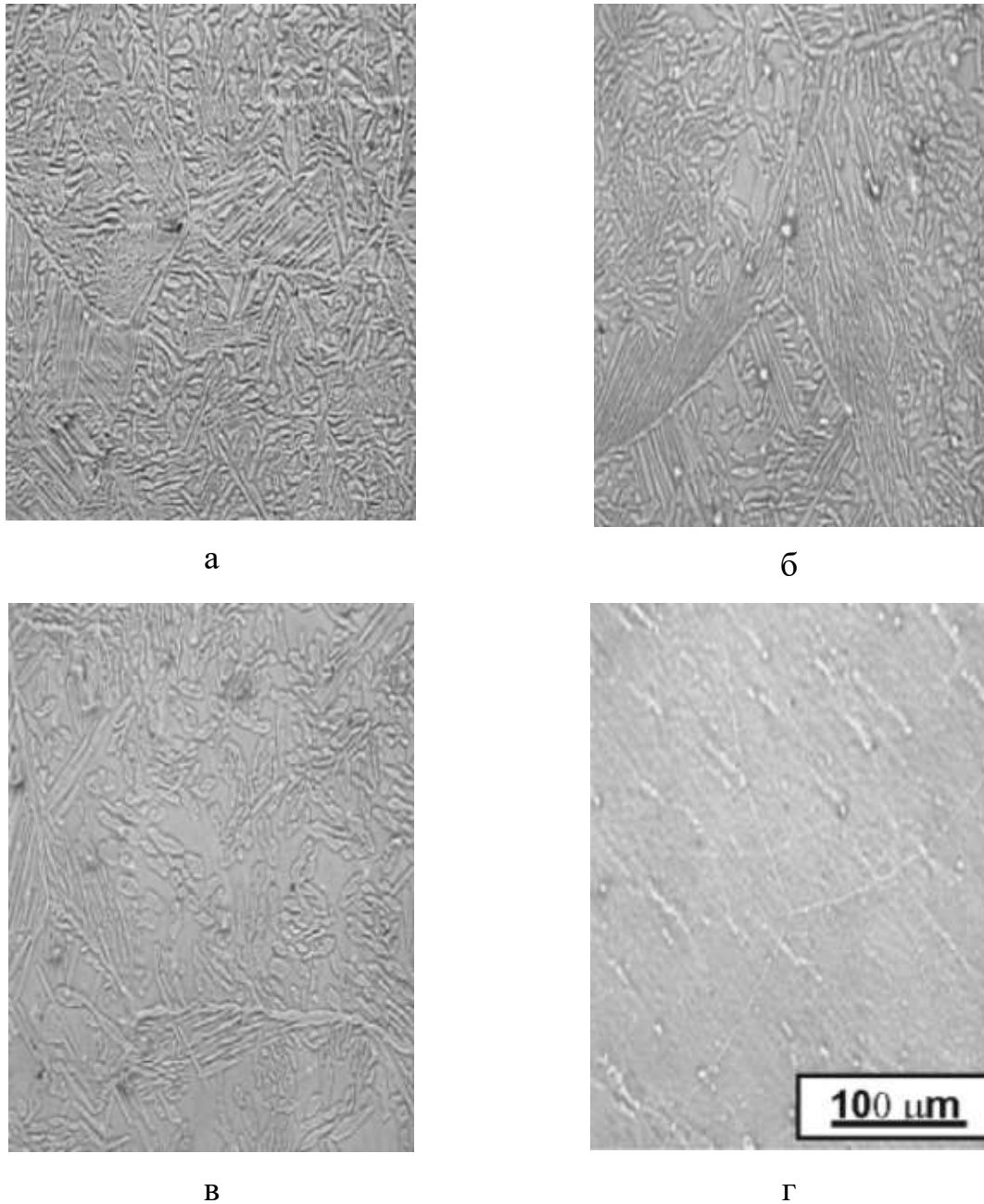
Таблиця 3.1 - Магнітні властивості сплавів марок ЮНДК35Т5БАА та ЮНДК35Т5, отримані в результаті проведених досліджень

Марка сплаву	Режим ТО	Т°С гартування	(ВН) _{max} , кДж/м ³	Нс, кА/м	Вr, Тл	Форма кристалів
ЮНДК35Т5БАА	1	1060	70	100	0,90	Монокристалічна
	2	1080	76	104	0,96	
	3	1100	78	109	1,00	
	4	1080	80	115	1,08	
ЮНДК35Т5	1	1060	28	98	0,61	Рівновісна
	2	1080	32	101	0,65	
	3	1100	35	106	0,71	
	4	1080	39	110	0,75	

При вибраних температурах гартування високотемпературна β - фаза перетворюється на низькотемпературні фази - β_1 та β_2 . При цьому β_1 -фаза феромагнітна, тоді як β_2 -фаза – слабо феромагнітна. Тому дуже важливо в процесі гартування та подальшої відпустки отримати однорідну β_1 -фазу, що має пластинчасту форму кристалів.

З аналізу результатів магнітних властивостей, наведених у таблиці, випливає, що значення $(ВН)_{max}$ після термічної обробки за режимом №1 середньому дорівнює 70 кДж/м³, $H_c = 100$ кА/м, а $B_r = 0,90$ Тл. Відносно невисокі магнітні властивості, отримані після обробки зразків-кілець за режимом №1, мабуть, пов'язані з неповним завершенням перетворення β -фази

на β_1 та β_2 –фазу та високою дисперсністю структури гартування. Мікроструктура зразків після гартування наведена на рисунку 3.1



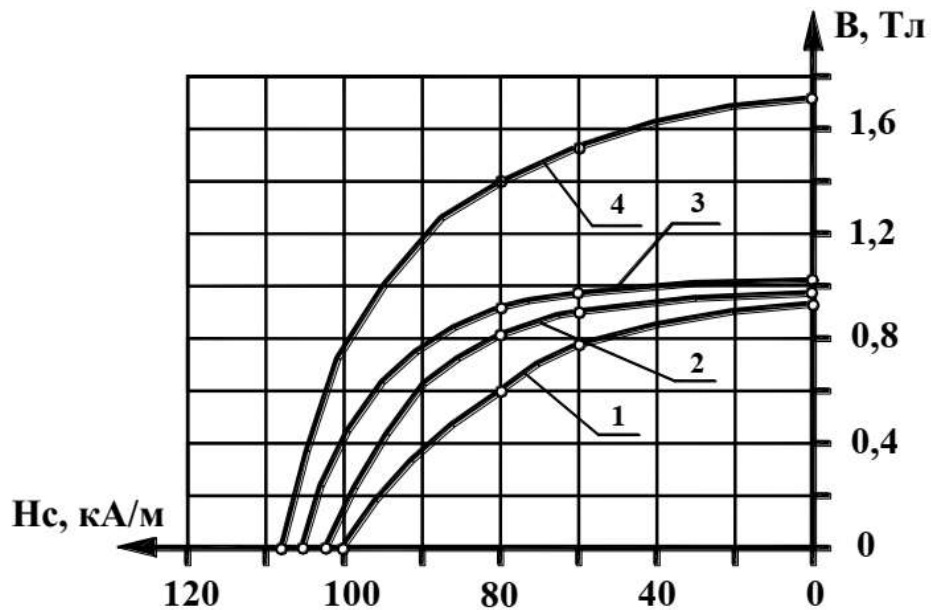
а – режим 1; б – режим 2; в – режим 3; г – режим 4;

Рисунок 3.1 – Мікроструктура сплаву ЮНДК35Т5БАА після різних режимів гартування

Наведено знімки мікроструктури зразків після гартування з різних температур з інтервалу. Видно, що розмір матричних зерен α -фази становить близько 400 мкм. γ - фаза виділяється в вигляді двох морфологічних різновидів - лінзовидних відманштетових пластин і тонких дисперсних рейок. Подібний вигляд γ - фази спостерігали у високохромистих нержавіючих сталях після аналогічної обробки, де методом пошарового травлення було показано, що лінзовидні кристали в площині шліфу є пластинами, ромбічні з плоскими гранями – рейками. Видно, що в одному зерні α -фази формується декілька пластинчастих пакетів γ -фази. З підвищенням температури частка γ -фази зменшується. Збільшення температури відпалу сплаву до 1100°C призводить до виділення γ -фази у вигляді прошарків по границях зерен α -фази і у вигляді пластин переважно у приграничних областях. У зразку, загартованому з 1080°C, γ -фаза відсутня.

Властивості зразків-кілець, оброблених за режимом №2, дещо вищі порівняно з магнітними властивостями зразків, оброблених за режимом №1. Так, значення $(BH)_{\max}$ підвищується на 6 кДж/м³, коерцитивна сила – на 4 кА/м, а залишкова індукція - на 0,06 Тл. Гартування з температурної границі 1100°C забезпечує подальше підвищення магнітних властивостей сплаву. На підставі наведених даних щодо магнітних властивостей слід зазначити, що ці властивості визначаються температурою гартування і швидкістю нагрівання зразків-кілець до заданої температури. І хоча різниця швидкості нагрівання зразків-кілець між розглянутими режимами відносно невелика, але навіть при цьому значенні різниці швидкостей нагріву мало змінюється дисперсність мікроструктури сплаву навіть за нагрівання до 1100°C. Найбільші магнітні властивості сплаву отримано після термічної обробки за режимом №4, що зумовлено повнотою завершення процесу перетворень β фази в β_1 і β_2 -фази, а також зростанням кристалів утворених фаз. На підставі отриманих даних за магнітними властивостями зразків кілець можна зробити висновок про те, що термічна обробка №4 є оптимальною для сплаву ЮНДК35Т5БАА.

Після зняття зовнішнього магнітного поля магнітні властивості сплавів характеризуються формою кривих розмагнічування, які для сплаву ЮНДК35Т5БАА показані на рисунку 3.2.



1 - гартування за режимом № 1; 2 - гартування за режимом № 2; 3 - гартування за режимом № 3; 4 - гартування за режимом №4;

Рисунок 3.2 - Криві розмагнічування сплаву ЮНДК35Т5БАА

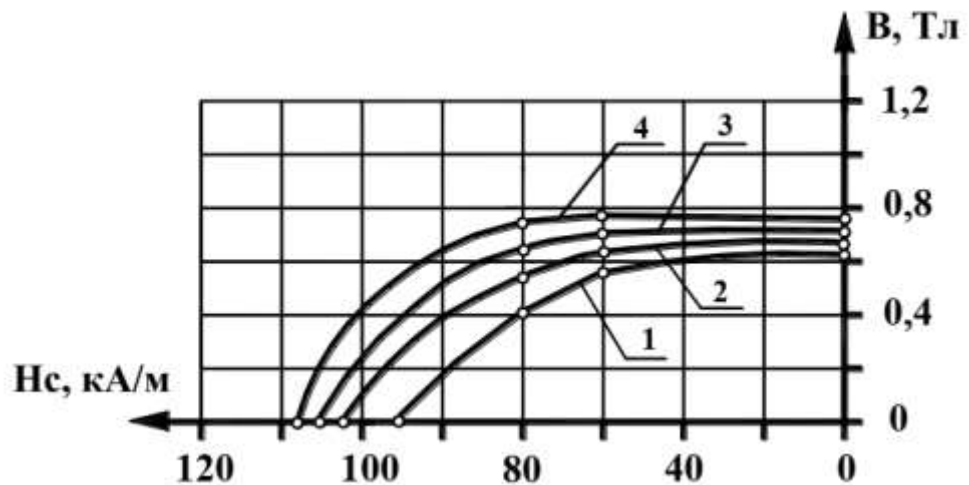
Аналіз кривих, наведених на рисунку 3.2, показує, що значення розмагнічування визначається режимом термічної обробки сплаву. Так, обробка зразків за режимом №1 дає змогу отримати мінімальне значення магнітних властивостей, а за режимом №4 - максимальне.

З таблиці випливає, що сплав ЮНДК35Т5 за незмінних режимів термічної обробки напруженості зовнішнього магнітного поля має менші значення магнітних властивостей порівняно зі сплавом ЮНДК35Т5Т5БАА. Це можна пояснити тим, що ніобій так само, як і алюміній, кобальт і титан, покращують магнітні властивості. Крім цього, на магнітні властивості впливає форма кристалів β_1 фази. Сплав ЮНДК35Т5 має рівноважну структуру

кристалів, а сплав ЮНДК35Т5БАА - монокристалічну. Тому сплав ЮНДК35Т5БАА порівняно з іншими сплавами має вищі магнітні властивості, що дає змогу знизити масу і габарити магнітних систем.

Термічна обробка зразків-кілець за режимом №1 дає можливість отримати такі значення магнітних властивостей: $(BH)_{\max} = 28 \text{ кДж/м}^3$; $H_C = 98 \text{ кА/м}$; $B_r = 061 \text{ Тл}$. Відносно низькі магнітні властивості сплаву ЮНДК35Т5 можна пояснити відсутністю повного завершення процесу перетворення β фази на β_1 та β_2 фази, а отже й відсутністю рівноважного стану структури сплаву. Режим термічної обробки №2 через підвищення температури гартування на 20°C підвищує магнітні властивості зразків кілець, так значення $(BH)_{\max}$ підвищується на 4 кДж/м^3 ; H_C - на 3 кА/м , а B_r - лише на 2 Тл . Під час завантаження зразків кілець у піч, попередньо нагріту до температури гартування, найбільші магнітні властивості мали зразки, оброблені за режимом №3. Якщо зразки нагрівати спільно з піччю до температури 1080°C , то відбувається повне перетворення β фази в β_1 і β_2 фази, завдяки більшій тривалості перебування зразків-кілець в інтервалі температур зазначеного перетворення утворюються більш рівноважна структура β_1 фази. Ці фактори забезпечують отримання максимальних магнітних властивостей після термічної обробки зразків-кілець за режимом №4. Таким чином, як і в разі нагрівання зразків-кілець зі сплаву ЮНДК35Т5БАА, що завантажуються в попередньо нагріту піч до температур 1060 , 1080 і 1100°C , різниця швидкостей нагріву впливає на формування магнітних властивостей і на зразки-кілець зі сплаву ЮНДК35Т5, оброблених за незмінними режимами гартування. Це вказує на те, що під час завантаження зразків-кілець у попередньо нагріту піч до температури гартування необхідно зразки-кілець загартувати з температури 1100°C . Хоча магнітні властивості сплаву ЮНДК35Т5 менші, ніж після обробленого за режимом №4, проте значно скорочується тривалість нагріву до температури гартування порівняно з нагріванням зразків спільно з піччю до температури гартування.

Відомо, що після зняття зовнішнього магнітного поля магнітні властивості характеризуються кривими розмагнічування, які для сплаву ЮНДК35Т5 побудовані за результатами проведених досліджень і представлені на рисунок 3.3.



1 – гартування за режимом № 1; 2 - гартування за режимом № 2;
3 - гартування за режимом № 3; 4 - гартування за режимом № 4

Рисунок 3.3 - Криві розмагнічування сплаву ЮНДК35Т5

Аналіз цих кривих показує, що нагрівання зразків спільно з піччю дає змогу отримати максимальні магнітні властивості. У разі завантаження зразків кілець у піч, попередньо нагріту до температури гартування, найбільші магнітні властивості забезпечує режим термічної обробки №4.

3.2 Вплив температури відпускання на магнітні властивості

Для визначення оптимальної температури відпуску та його тривалості витримки проведено дослідження на стандартних зразках-кільцях, виготовлених зі сплаву марки ЮН15ДК25БА (табл.2.1).

Важливе значення на формування магнітних властивостей сплаву мають і умови нагрівання зразків-кілець до температури гартування мають і умови нагрівання зразків-кілець до температури гартування 1080°C. Цю залежність досліджували шляхом нагрівання зразків-кілець з піччю від температур 20 і 600 до 1080°C, а також із попередньо нагрітою піччю до температури 1080°C. З температури гартування всі зразки-кільця піддавалися ступінчастому охолодженню в магнітному полі за режимами, зазначеними вище. Отримані результати досліджень зведено в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 - Магнітні властивості сплаву ЮН15ДК25БА після гартування та відпуску

Режим ТО	Режим відпуску		(ВН)max, кДж/м ³	H _c , кА/м	Br, Тл	КГ структура
	Т°С	τ, час				
Нагрівання зразків-кілець з піччю до 1080°С						
1	550	15	60	70	1,32	стовбчаста
2	600	10	66	77	1,37	
3	650	5	73	86	1,41	
Нагрівання зразків-кілець з піччю від 660 до 1080°С						
1	550	15	58	67	1,30	стовбчаста
2	600	10	63	74	1,32	
3	650	5	69	82	1,38	
Нагрівання зразків-кілець у печі нагрітій до 1080°С						
1	550	15	55	62	1,20	стовбчаста
2	600	10	60	67	1,26	
3	650	5	64	73	1,31	

Аналіз експериментальних даних, наведених у таблиці, показує, що зразки-кілець після термічної обробки за режимом: нагрівання від 20 до 1080°C, з подальшим ступінчастим охолодженням від 850 до 1080°C зі швидкістю 200° С/хв, а з 850 до 500° С - зі швидкістю 25°C/хв і з подальшим відпуском при температурі 550°C впродовж 15 годин, у середньому мають такі значення магнітних властивостей: $(BH)_{\max} = 60 \text{ кДж/м}^3$; $H_C = 70 \text{ кА/м}$; $B_r = 1,32 \text{ Тл}$. З підвищенням температури відпуску на 50°C в умовах незмінних температури гартування і способу охолодження, навіть зі зменшенням тривалості витримки при відпустці на 5 годин, має місце підвищення магнітних властивостей зразків-кілець. Так, $(BH)_{\max} = 66 \text{ кДж/м}^3$; $H_C = 77 \text{ кА/м}$; $B_r = 1,37 \text{ Тл}$. Підвищення магнітних властивостей свідчить про те, що зі зростанням температури відпуску від 550 до 600°C забезпечується більш повний розпад високотемпературних фаз з утворенням магнітної β_1 -фази. Кристали β_1 -фази мають пластинчасту форму. Розміри пластинок, хоча й незначно, але збільшуються порівняно з відпуском за температури 550°C.

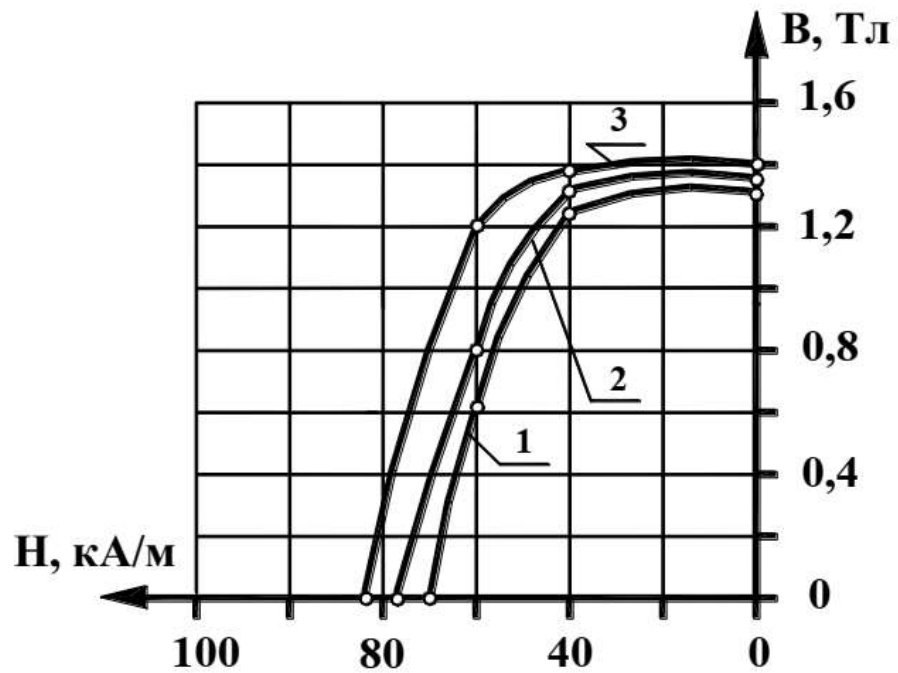
Відпуск при температурі 650°C протягом 5 годин дає можливість отримати найбільші магнітні властивості. Так, із зіставлення величин магнітних властивостей випливає, що після відпуску за режимом №3 магнітна густина збільшується на - 13 кДж/м³ порівняно з магнітними властивостями, отриманими після відпуску за режимом №1, а коерцитивна сила - на 16 кА/м. Дещо менше збільшується величина залишкової індукції. Звідси випливає, що під час нагрівання зразків-кілець із піччю до температури гартування оптимальним режимом відпуску є режим №3. Цей режим забезпечує сприятливі умови для більш повного дорозпаду високотемпературних фаз з утворенням β_1 -фази, що має високі магнітні властивості.

Експериментальні дані, наведені в таблиці, показують, що у разі нагрівання зразків спільно з піччю від 600 до 1080°C має місце зменшення всіх магнітних властивостей зразків-кілець порівняно з нагріванням зразків-кілець спільно з піччю від 20 до 1080°C. Така залежність, мабуть, зумовлена дещо швидшим нагріванням, що пов'язано зі зменшенням часу перебування зразків

в інтервалі температур фазових перетворень. Як наслідок, процес фазових перетворень у цих умовах не відбувається до кінця і не здійснює вирівнювання складу β_1 і β_2 -фаз за допомогою дифузії атомів елементів, що входять до хімічного складу сплаву. Ці фактори можуть впливати на формування магнітних властивостей. Але при цьому потрібно зазначити, що з підвищенням температури відпуску, навіть за значного скорочення його тривалості витримки, магнітні властивості зразків-кілець збільшуються. Отже, зі зростанням температури відпуску відбувається повніший дорозпад високотемпературних фаз і вирівнювання хімічного складу β_1 -фази, що й забезпечує підвищення магнітних властивостей зразків-кілець. Як видно з таблиці мінімальні магнітні властивості були отримані після нагрівання зразків-кілець у попередньо нагрітій печі до температури 1080°C. Так, після відпуску за режимом №1 були отримані такі магнітні властивості: $(BH)_{\max}=55 \text{ кДж/м}^3$; $H_C=627 \text{ кА/м}$; $B_r=1,20 \text{ Тл}$. Таке зниження властивостей пов'язане з відсутністю повного завершення фазового перетворення феромагнітної основи й особливо високотемпературної β -фази з утворенням β_1 і β_2 -фаз, причому вони менш однорідні за хімічним складом. У результаті з відсутністю повного завершення фазового перетворення феромагнітної основи не вдається отримати однодоменні кристали феромагнітної фази β_1 пластинчастої форми.

Відомо, що після зняття зовнішнього магнітного поля магнітні властивості сплаву характеризуються кривими розмагнічування. На цій підставі побудовано криві розмагнічування досліджених зразків-кілець. Так, на рисунку 3.4 представлені криві розмагнічування зразків-кілець, що нагріваються до температури гартування з піччю і подальшими режимами охолодження та відпуску, передбаченими методикою проведення досліджень.

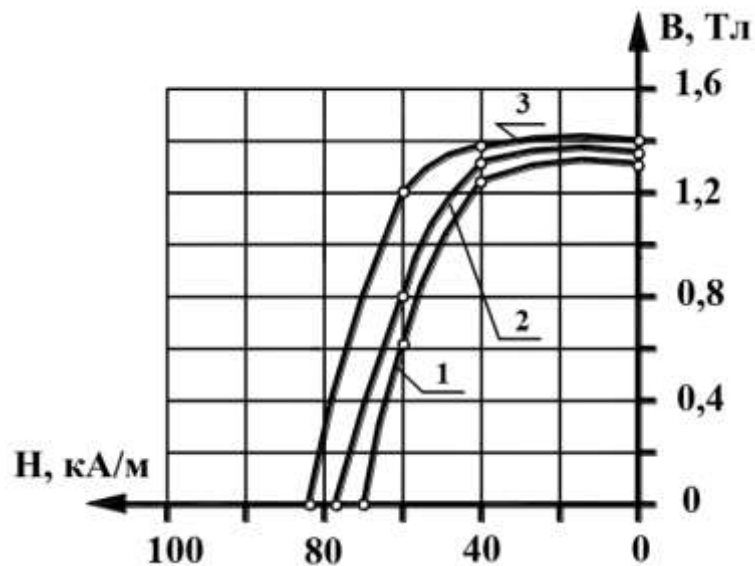
Аналіз проведених кривих на рисунку показує, що максимальне значення розмагнічування має місце при зменшенні H від 86 до 55 кА/м зі зростанням B від нуля до 1,00 кА/М. При подальшому зниженні H і збільшенні B від 1,00 до 1,41 Тл величина розмагнічування зростає незначно.



1 - відпуск за режимом № 1; 2 - відпуск за режимом № 2;
3 - відпуск за режимом № 3

Рисунок 3.4 - Криві розмагнічування зразків-кілець,
що нагріваються з піччю від 20 до 1080° С

Криві розмагнічування, представлені на рис. 3.5 показують, що значення розмагнічування залежить як від режимів відпуску, так і від способу нагрівання зразків-кілець до температури гартування. Так, після відпуску зразків-кілець за режимом №1 значення розмагнічування мінімальні. З підвищенням температури відпуску спостерігається зростання значень властивостей розмагнічування. В цих умовах максимальне значення властивості розмагнічування отримано після відпуску зразків-кілець за режимом №3, однак навіть за відносно високої температури відпуску 600°С набуті магнітні властивості навіть менші, ніж властивості, отримані під час відпуску за режимом №2 зразків-кілець, що нагріваються спільно з піччю до температури гартування.

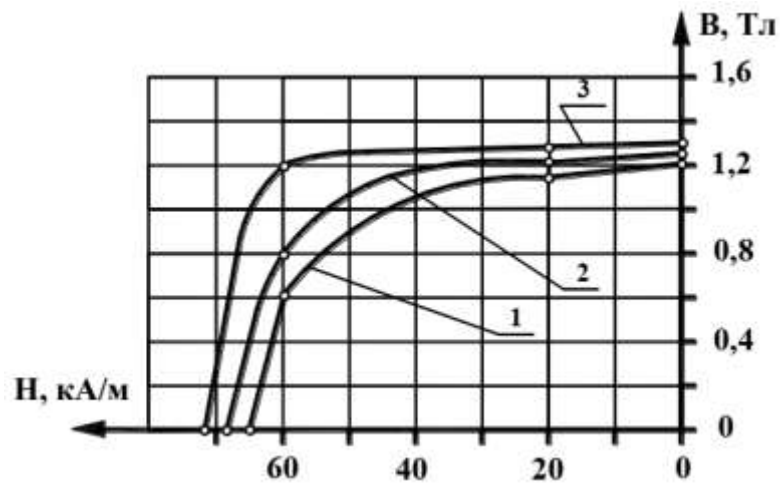


1 - відпуск за режимом № 1; 2 - відпуск за режимом № 2;
3 - відпуск за режимом № 3

Рисунок 3.5 - Криві розмагнічування зразків-кілець,
що нагріваються з піччю від 600 до 1080°C

При цьому слід зазначити, що форма кривих розмагнічування зразків-кілець, наведених на рис. 3.6, несуттєво змінюється порівняно з формою кривих, показаних рисунку 3.4. Це свідчить про те, що сплав ЮН15ДК25БА зі спрямованою кристалізацією, отриманою в результаті термічної обробки в магнітному полі, має високі магнітні властивості.

Криві розмагнічування, наведені на рисунку 3.6, показують, що нагрівання зразків-кілець у попередньо нагрітій печі до 1080°C пов'язане з подальшим зниженням усіх магнітних властивостей порівняно з режимами нагрівання, розглянутими вище. За незмінних умов нагрівання зразків-кілець до температури гартування і подальшого режиму охолодження магнітні властивості підвищуються зі зростанням температури відпуску. Найбільші значення властивостей розмагнічування дає змогу отримати режим відпуску №3.



1 - відпуск за режимом № 1; 2 - відпуск за режимом № 2;
3 - відпуск за режимом № 3

Рисунок 3.6 - Криві розмагнічування зразків-кілець,
що нагріваються в попередньо нагрітій печі до 1080°C

Отже, на підставі розглянутих експериментальних даних, наведених у таблиці, і кривих розмагнічування, показаних на рисунках 3.4 – 3.6, можна зазначити, що за різних способів нагрівання зразків-кілець до температури гартування отримання максимальних магнітних властивостей забезпечує режим відпуску №3. І в тих випадках, коли необхідно за умовою експлуатації виробу отримати невеликі магнітні властивості заготовки для постійних магнітів зі сплаву ЮН15ДК25БА, їх необхідно нагрівати спільно з піччю до температури гартування і піддавати відпуску за режимом №3.

Якщо ж умови експлуатації виробів не вимагають для своєї роботи високих магнітних властивостей, то нагрівання заготовок під гартування доцільно здійснювати в попередньо нагрітій печі до температури гартування, а після - відпустити за режимом №3. Цей режим термічної обробки дає можливість значно скоротити тривалість процесу нагрівання до температури гартування, а отже, і термічної обробки загалом, що зумовлює більш високу продуктивність.

4 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

4.1 Актуальність теми з позиції маркетингу

Термомагнітна обробка представляє собою важливий процес у покращенні властивостей магнітотвердих матеріалів, що має значний потенціал у різноманітних сферах, включаючи маркетинг.

Актуальність теми з позиції маркетингу полягає в наступних аспектах:

- Покращення якості продукції: Термомагнітна обробка дозволяє підвищити механічну міцність, стійкість до зношування та інші корисні властивості магнітотвердих матеріалів. Це відкриває шлях до виробництва високоякісних, довговічних продуктів, що мають великий потенціал на ринку та можуть викликати підвищений інтерес споживачів.

- Розвиток нових застосувань: Покращення властивостей магнітотвердих матеріалів через термомагнітну обробку відкриває можливості для їхнього використання у нових галузях та технологіях. Це може створити попит на ці матеріали у ринкових сегментах, де раніше вони не використовувалися.

- Конкурентні переваги: Якщо компанія володіє технологіями та знаннями з термомагнітної обробки, це може стати основою для створення конкурентних переваг на ринку. Високоякісні, покращені властивості матеріалів можуть зробити продукцію більш привабливою для споживачів порівняно з аналогічними продуктами від інших виробників.

- Можливості маркетингових стратегій: Використання факту покращення властивостей за допомогою термомагнітної обробки може бути ключовим елементом у маркетингових кампаніях. Розповідь про унікальність технології та позитивний вплив на якість продукції може викликати більший інтерес споживачів та забезпечити більшу конкурентоспроможність.

- Створення нових ринків: Покращені властивості магнітотвердих матеріалів через термомагнітну обробку можуть сприяти відкриттю нових

ринків та галузей застосування, що розширює можливості для бізнесу та створює нові шанси для росту.

- Розширення цільової аудиторії: Вдосконалення властивостей магнітотвердих матеріалів через термомагнітну обробку може сприяти розширенню цільової аудиторії. Це може зацікавити нових клієнтів та ринки, які шукають продукцію з покращеними характеристиками для своїх потреб, таких як висока міцність, стійкість до корозії або покращена провідність.

- Підвищення конкурентоспроможності на міжнародному ринку: У випадку, коли технологія термомагнітної обробки дозволяє досягти унікальних покращень, це може підвищити конкурентоспроможність на міжнародному рівні. Укладання угод із зовнішніми партнерами або залучення міжнародних клієнтів може бути спрощене завдяки унікальним перевагам, які надає ця технологія.

- Створення можливостей для диференціації продукції: Покращення властивостей магнітотвердих матеріалів може дати змогу розробляти нові продукти або удосконалювати існуючі, що відрізняються від конкурентів. Це дозволяє компанії створювати унікальні пропозиції продуктів, що відповідають певним потребам або вимогам ринку.

- Підвищення сприйняття екологічної безпеки продукції: Якщо термомагнітна обробка дозволяє покращити властивості матеріалів без шкідливого впливу на навколишнє середовище, це може бути ключовим аргументом для споживачів, які звертають увагу на екологічні аспекти виробництва.

Таким чином, термомагнітна обробка матеріалів не лише забезпечує покращення їхніх властивостей, але й відкриває перспективи для розвитку нових продуктів та ринків, що робить цю тему дуже актуальною з погляду маркетингових можливостей.

4.2 Послідовний аналіз

Виконаний аналіз напрямків застосування та вигоди для споживачів (табл. 4.1). Надано цілісне уявлення про зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів

Таблиця 4.1 – Опис ідеї

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для споживачів (користувачів)
1	2	3
Використання спеціальної технології, яка застосовується для зміни властивостей магнітотвердих матеріалів.	Виробництво магнітів та магнітних систем	Створення ефективних та потужних магнітів для різних пристроїв, включаючи генератори, магнітні датчики, мотори тощо
	Електроніка та комп'ютерна техніка	Виробництво компонентів для електронних пристроїв, наприклад, в жорстких дисків, сенсорів тощо
	Медицина	Виробництво медичного обладнання, такого як магнітні резонансні томографи та інші магнітні апарати для діагностики та лікування.
	Виробництво магнітних матеріалів для військової та оборонної техніки	Системи навігації, металошукачі тощо

Виконаний аналіз характеристики потенційного ринку (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Попередня характеристика потенційного ринку

Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
Головні конкуренти	1 Підприємства для виготовлення сталей спеціального призначення України 2 Підприємства для виготовлення сталей спеціального призначення України
Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Потрібні великі інвестиції
Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	1 Сертифікація обладнання 2 ДСТУ

Вивчені та визначені потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та сформований орієнтований перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Попередня характеристика потенційних клієнтів

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів (користувачів)
Магнітотверді сталі	Металургійні України та Європи	Експлуатація при наявності постійних магнітних полів	Надійність, ресурс

Виконаний аналіз SWOT- аналіз середовища реалізації інноваційного проект. Результати аналізу приведені в табл. 5.4.

Таблиця 4.4 – SWOT- аналіз

Сильні сторони:	Слабкі сторони:
– відомий бренд – кваліфікований персонал – помірна цінова політика – клієнтська база	– текучість кадрів – спосібність до інновацій – повільний ріст прибутку – консерватизм системи управління
Можливості:	Загрози:
– розвиток дилерської мережі – вихід на інші ринки – випуск нових марок сталей – відхід конкурентів з ринку	– поява нових конкурентів – зростання цін на сировину – цінова конкуренція – непомірна ціна нових технологій

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	2	3	4	4
Придбання нових зразків	Зацікавлені у підвищеному ресурсі	10.000	Конкуренція зростає	Пов'язана з великими інвестиціями

Кінець таблиці 4.5

1	2	3	4	5
Ремонт раніше придбаного	Зацікавлені у вдосконаленні матеріалів	100.000	Монополісти	Пов'язана з великими інвестиціями

Була проведена ідентифікація основних учасників проекту, їхні ролі та зацікавленість у реалізації інноваційного проекту. Після цього вони були ранжировані за ступенем впливу та важливості для успішної реалізації проекту. На основі цього була побудована Карта стейкхолдерів, яка відображає зв'язки та взаємодії між усіма учасниками. Ця карта визначає три основні області, де розташовані всі стейкхолдери відповідно до їхнього впливу та важливості для ініціатора проекту. Внутрішні стейкхолдери знаходяться у прямій залежності від ініціатора, що дозволяє ефективно використовувати методи управління проектом та спрощує процес взаємодії з цими учасниками. (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Карта стейкхолдерів

Визначили витрати на оплату праці з урахуванням балансу робочого часу одного працівника. Витрати за цією статтею складаються із планового фонду зарплати усіх категорій працівників, які задіяні у проведенні досліджень (табл. 4.6).

Таблиця 4.6 – Склад, чисельність та фонд заробітної плати

Посада	Кількість осіб	Посадовий оклад, грн	Преміальний відсоток до окладу, %	Сума премій, грн	Місячна заробітна плата	Річний фонд оплати праці, грн	ССВ, грн
Науковий керівник	1	15000	20	3000	18000	216000	47520
Старший науковий співробітник	2	11500	20	2300	13800	165600	36432
Лаборант	3	10000	20	2000	12000	144000	31680
Разом	6	36500	-	7300	43800	525600	115632

Розрахунок вартості матеріалів. До цієї статті належать витрати на придбання основних матеріалів для проведення дослідження, а також для виготовлення макетів та дослідних зразків.

При промисловій реалізації науково-технічних розробок, особливо якщо мова йде про власника відповідних прав на інтелектуальну власність, важливо мати чітко визначену мету. Ця мета залежить від подальших намірів щодо напрямку використання або інвестування отриманого комерційного успіху. Це може включати отримання коштів для продовження наукових досліджень та розробок - такі як фінансування, придбання обладнання чи унікальних

матеріалів, або одноразове отримання фінансових ресурсів для будь-яких цілей або для поповнення фінансових резервів. Мета також може полягати в стабілізації постійного потоку фінансових коштів або їх комбінуванні з метою оптимізації ефективності використання.

Таблиця 4.7 – Розрахунок матеріальних витрат

Матеріальні витрати	Виробнича програма	Обсяг сировини	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Папір	—	10 блоків	120	1200
Ручка	—	100 одиниць	15	1500
Олівець	—	100 одиниць	10	1000
Зразки	30	30 одиниць	450	13500
Реактиви	—	5 одиниць	900	4500
Змінні лінзи	—	10 одиниць	3200	32000
Тара зразків	—	30 одиниць	50	1500
Разом				55200

Розрахунок вартості матеріалів. До цієї статті належать витрати на електропостачання, водопостачання тощо (табл 4.8).

Таблиця 4.8 – Розрахунок вартості спожитих послуг

Вид послуг	Виробнича програма	Обсяг послуг	Тарифи	Сума, грн
Електропостачання	—	500 кВт	2,64 грн/ кВт	1320
Водопостачання	—	5 м ³	25 грн/м ³	125
Теплопостачання	—	3,42 Гкал	1380 грн/Гкал	4720
Разом				6165

Визначили річну суму амортизації з урахуванням первісної вартості основних засобів та норми амортизації при терміні експлуатації у 5 років (табл. 4.9).

Таблиця 4.9 – Розрахунок амортизації

Група основних засобів	Кількість	Первісна вартість ОЗ	Вартість обладнання	Річні амортизаційні відрахування	Витрати на поточний ремонт у розмірі 2%
Металографічний мікроскоп	2	500000	1000000	200000	20000
Прилад для вимірювання магнітних характеристик	1	1500000	1500000	300000	30000
Комп'ютер	4	25000	100000	20000	400
Принтер	2	15000	30000	6000	120
Разом		1590000	1713000	346000	50520

Відображаємо кошторис витрат на основі даних, вказаних в табл. 5.6-5.9. В табл. 4.10 наведено кошторис витрат на проведення науково-дослідницьких робіт.

Таблиця 4.10 – Кошторис витрат

Калькуляційні статті	Витрати, грн
1	2
Фонд заробітної плати, рік	525600
ЄСВ, рік	199584
Матеріальні витрати, рік	55200
Вартість спожитих послуг, рік	6165

Кінець таблиці 4.10

1	2
Амортизація обладнання, рік	346000
Поточний ремонт, рік	50520
Виробнича собівартість	232320
Адміністративні витрати 50%	453600
Повна собівартість	1558489

Розрахуємо вартість виробництва сировини таблиця 4.11

Таблиця 4.11 - Сировинні витрати

Матеріальні витрати	Норматив у розрахунку на один. Продукт, %	Обсяг сировини, кг	Ціна, грн/кг	Сума грн
1	2	3	4	5
Fe	83,71	10000	48	48000
C	4,16	500	7.2	3600
Mo	3,3	360	300	108000
V	0,015	100	600	60000
Ni	5,5	600	201,2	120720
Разом	100	11560	-	232320

Таким чином, загальні сировинні витрати на 100000 магнітів , що становлять річну програму випуску, складають 2200000 грн, тобто 22 гривень копійки на кожен зразок.

Амортизація, яку можна віднести на виробництво магнітвєрдої сталі відповідно становить 346000 грн, або 34,6 грн на одну деталь.

Визначаємо повну собівартість одиниці продукції.

Витрати на утримання та експлуатацію основних засобів (поточний ремонт) приймаємо за 0,2% від фактичної вартості

Таким чином повна собівартість деталей 294,68 грн.

Очікувана ціна деталей складає 325 грн/шт.

Умовно спростимо інфляційні очікування та реальну зміну вартості сировини та послуг.

Визначаємо очікуваний дохід та фінансовий результат.

Таким чином, очікуваний дохід від реалізації магнітотвердих матеріалів становить 5850000 гривень. Очікуваний фінансовий результат становить 545760 гривень.

Таким чином при виконанні плану з виробництва чистий прибуток складатиме в розмірі 545760 гривень.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Дослідження термомагнітної обробки магнітотвердих сталей є важливим етапом для вдосконалення їхніх фізичних та механічних властивостей. Основні заходи з охорони праці мають величезне значення для забезпечення безпеки працівників та відсівання потенційних ризиків, що можуть виникнути під час досліджень.

5.1 Аналіз потенційних небезпек

Будь-яка небезпека реалізується завдаючи шкоди завдяки якоїсь причини або кількох причин. Без причин немає реальних небезпек. Отже, запобігання небезпек або захист від них базується на знанні причин їх виникнення. Між реалізованими небезпеками і причинами їх виникнення існує причинно-наслідковий зв'язок, небезпека – це наслідок якоїсь причини, яка, в свою чергу є наслідком іншої причини.

- небезпеки які пов'язані з порушеннями роботодавцями вимог НПАОП 0.00 – 7.11 – 12 «Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників» [19]. Вимог щодо облаштування виробничих приміщень, що може бути пов'язано з втратою конструктивної міцності будівель та споруд, незабезпеченням придатних метеорологічних умов, перевищенням гранично-допустимих концентрацій шкідливих речовин, недостатнього рівня освітлення;

- небезпеки які пов'язані, з порушенням вимог ергономіки стосовно, організації робочих місць дослідників в приміщенні дослідницької лабораторії, зокрема невідповідності розмірів робочих зон., а також

максимально можливої кількості осіб, що можуть там перебувати відповідно до СНиП 2.09.04 – 87 «Административные и бытовые здания» та СНиП 2.09.02 – 85 «Производственные здания», нераціонального розташування дослідницького приладдя та офісного обладнання [20];

- можливість ураження електричним струмом внаслідок невиконання правил з електробезпеки, несправності обладнання, відсутність заземлення, що може призвести до електричних травм або летального наслідку;

- можливість отримання механічних травм при підготовці зразків або дослідницьких виробів до термічної обробки що може бути пов'язано з порушеннями правил охорони праці під час роботи з абразивним інструментом (НПАОП 28.0-1.30-12 [21]) зокрема: використання абразивного інструменту який не пройшов випробування, порушення правил експлуатації, що може призвести до тяжких травм;

- 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;

- можливість отримання механічних травм внаслідок порушень правил з охорони праці при підготовці зразків для випробування твердості, механічних та технологічних властивостей та при безпосередніх випробуваннях. Основними небезпеками можуть бути: використання застарілого та небезпечного обладнання, порушення умов проведення випробувань;

- небезпеки які пов'язані із обробкою результатів досліджень із використанням ПК, зокрема ушкодження кістково-м'язового апарату внаслідок довготривалої роботи в однотипній позі, що може призвести до зниження працездатності та розвитку професійних захворювань;

- незадовільні параметри мікроклімату які повинні відповідати фізіологічним потребам організму працюючих, із врахуванням енергетичних витрат на виконувану роботу згідно з ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [22] внаслідок неефективної роботи

систем опалення та повітрообміну, що може призвести до загальних захворювань. Невідповідність вимогам ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» [23] освітлення робочих зон дослідницької лабораторії внаслідок виходу з ладу освітлювальних приладів або хибного розрахунку їх кількості та потужності, що може призвести до погіршення зору;

- можливість загоряння внаслідок порушень 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.

5.2 Заходи по забезпеченню безпеки

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

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.

Роботодавець повинен забезпечити повну і вичерпну інформацію працівників з питань охорони праці як відносно підприємства в цілому так і відносно специфіки виконуваних робіт на робочих місцях, де зазначені можливі небезпечні ситуації та заходи для їх запобігання. Найбільш ефективним є проведення відповідних інструктажів (вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий).

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, захаращеність робочих зон, шляхів пересування, аварійних виходів категорично забороняється.

Виробниче приміщення повинні 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».

- Конструкція робочого місця дослідника має відповідати сучасним вимогам ергономіки і забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні пристроїв і документів, які необхідні для виконання досліджень.

Висота робочої поверхні робочого столу ВДТ має регулюватися в межах 680...800мм, а ширина і глибина – забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності.

Для виключення можливості ураження електричним струмом згідно з ПУЭ-2017 «Правила устройства электроустановок» передбачається:

- 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 ГОСТ 12.1.019-79 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»;

- 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 передбаченно використовувати подвійну ізоляцію провідників.

Організація робочого місця передбачає: Конструкція робочого місця, його розміри та взаємне розташування його елементів повинні відповідати антропометричним, фізіологічним і психофізіологічним характеристикам людини, а також робоче місце забезпечує зручне положення людини. Це досягається регулюванням положення крісла, висоти кута нахилу підставки для ніг за умови її використання, або висоти розмірів робочої поверхні.

Повинне забезпечуватись виконання трудових операцій в зонах моторного поля (оптимальної досяжності, легкої досяжності) в залежності від необхідної точності і частоти дій.

Організація робочих місць повинна забезпечувати стійке положення та вільність рухів працівника, безпеку виконання трудових операції виключати або допускати лише в деяких випадках роботу в незручну позиціях, які зумовлюють підвищену втомлюваність. Розташовуючи столи у робочому приміщенні дослідника, слід виходити із цілей підвищення продуктивності праці при мінімумі витрат енергії. Одночасно беруть до уваги фізіологогігієнічні фактори і об'єм, площу, напрям денного світла і штучного освітлення, що падає на стіл. На робочому місці не повинно бути нічого зайвого. Оскільки погляд працюючого здебільшого спрямований на лівий бік стола, то на ньому розміщують ще не виконанні документи, праворуч-

виконані. Всі необхідні для роботи предмети повинні знаходитись поряд з працівником, але не заважати йому.

Ті предмети, якими користуються частіше, розташовуються ближче, ніж ті предмети, котрими користуються рідше. Предмети, котрі беруть лівою рукою, повинні знаходитись зліва, а ті предмети, котрі беруть правою рукою, повинні знаходитись справа. Якщо використовують обидві руки, то місце розташування пристосувань вибирається з врахуванням зручності захоплювання його двома руками; Небезпечніше, з точки зору можливості травмування працівника обладнанням повинне розташовуватись вище, ніж менш небезпечні. Проте слід враховувати, що важкі предмети під час роботи зручніше і легше опускати, ніж піднімати

Для уникнення механічних травм при виготовленні зразків 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;

При визначенні типу структури використовується горизонтальний металографічний мікроскоп МИМ-8 призначений для дослідження мікроструктури металів та інших не прозорих об'єктів в світловому полі при прямому і відбитому освітленні, а також в темному полі і в поляризованому світлі . Для візуального спостереження об'єктів мікроскоп забезпечений монокулярною і біноклярною насадками. Власне збільшення біноклярної насадки – 2,5 х. Освітлення здійснюється від електролампи розжарювання потужністю 170 Вт, 17 В, живиться від освітлювальної мережі 220 В через

понижуючий трансформатор ,забезпечений секційним перемикачем для регулювання яскравості напруження лампи.

Для електронного мікроскопа можливі 3 варіанти аварійної ситуації:

- відключення електроживлення;
- відключення води;
- прорив повітря в вакуумну систему.

У таких ситуаціях першочерговим завданням вважається охолодження печі дифузійного насоса і, по можливості, збереження вакууму в системі. У всіх випадках слід спочатку відключити високу напругу, піч диф.насоса і вимкнути головний автомат на стінці. При відмові водопостачання постаратися обмотати мокрими ганчірками піч диф. насоса і включити вентилятор для обдування. Гарячі мокрі ганчірки слід міняти, поки вакуум в системі не почне падати. після охолодження приступити до усунення несправності. При прориві повітря в колону мікроскопа, як правило, спрацьовує автоматика, відсікаючи дифузійний насос від решти обсягу, і вимикається напруження катода і висока напруга. Треба тільки простежити, щоб форвакуумний насос не працював «на повітря», а переключити його на закритий обсяг, наприклад на відкачку боксу з фотопластинками.

Для попередження шкідливої дії іонізуючих випромінювань необхідно усувати всяку можливість опромінювання організму дозами, які перевищують гранично допустимі. Ступінь ураження радіоактивними речовинами організму людини залежить від ряду чинників: виду випромінювання (альфа-, бета-, гамма-промені і т. тощо); кількості ізотопу (активності); його властивостей (енергії частинок в період піврозпаду та ін.); шляхів попадання в організм людини та його індивідуальної чутливості. Для захисту від зовнішнього опромінювання, яке має місце при роботі із закритими джерелами випромінювання, основні зусилля необхідно направити на попередження переопромінення персоналу шляхом:

- збільшення відстані між джерелом випромінювання і людиною (захист відстанню);

- скорочення тривалості роботи в зоні випромінювання (захист часом);
- екранування джерела випромінювання (захист екранами).

5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Для забезпечення нормально метеорологічних умов праці передбачена вентиляція що являє собою систему технічних засобів, що забезпечує регулярний повітрообмін в приміщенні. Вона призначена для видалення з приміщення надлишкового тепла, вологи, шкідливих газів і парів та створення найбільш сприятливого (що відповідає санітарно-гігієнічним вимогам) мікроклімату та іонного складу(згідно ГОСТ 12.1.005-88.).

Поєднання природної і штучної вентиляції утворює змішану систему вентиляції саме таку слід використовувати у лабораторних приміщеннях.

Природна вентиляція може бути неорганізованою, коли повітря подається в приміщення і віддається з нього за рахунок інфільтрацій через несутільності і пори зовнішніх огорожень. Природна вентиляція вважається організованою, якщо вона має пристрої, що дозволяють регулювати напрямок задушливих потоків і величину повітрообміну (витяжні канали, шахти, квартирки і фрамуги будівель, аераційні ліхтарі та тощо).

У приміщенні лабораторії встановлюється кондиціонер для необхідного кондиціювання повітря, а також у приміщенні повинні бути вікна у яких повинні бути частини що відчиняють для природної аерації. (ГОСТ 30646-99 Кондиціонери центральні загального призначення.).

Режим праці й відпочинку передбачає дотримання певної тривалості безперервної роботи на ПК і перерв, регламентованих з урахуванням тривалості робочої зміни, видів і категорії трудової діяльності.

За характером трудової діяльності виділено три професійні групи, згідно з діючим класифікатором професій (ДК-003-95 і зміна N I до ДК-003- 95):

група А – робота зі зчитування інформації з екрана з попереднім запитом; група Б – робота з введення інформації; група В – творча робота в режимі діалогу із ПК.

Категорії тяжкості й напруженості роботи на ПК визначаються рівнем навантаження за робочу зміну: для групи А – по сумарному числу знаків, що зчитуються; для групи Б по сумарному числу знаків, що зчитуються, або знаків, що вводяться; для групи В – за сумарним часом безпосередньої роботи на ПК. У таблиці наведені категорії тяжкості й напруженості робіт залежно від рівня навантаження за робочу зміну. При 8-годинній робочій зміні й роботі на ПК регламентовані перерви варто встановлювати:

- для першої категорії робіт – через 2 години від початку зміни й через 2 години після обідньої перерви тривалістю 15 хвилин кожна;
- для другої категорії робіт – через 2 години від початку робочої зміни й через 1,5-2,0 години після обідньої перерви тривалістю 15 хвилин кожна або тривалістю 10 хвилин через кожну годину роботи;
- для третьої категорії робіт – через 1,5-2,0 години від початку робочої зміни й через 1,5-2,0 години після обідньої перерви тривалістю 20 хвилин кожна або тривалістю 15 хвилин через кожну годину роботи.

При 12-годинній робочій зміні регламентовані перерви повинні встановлюватися в перші 8 годин роботи аналогічно перервам при 8 годинній робочій зміні, а протягом останніх 4-х годин роботи, незалежно від категорії й виду робіт, щогодини тривалістю 15 хвилин.

Тривалість безперервної роботи на ПК без регламентованої перерви не повині перевищувати 2-х годин.

Ефективними є нерегламентовані перерви (мікропаузи) тривалістю 1-3 хвилини. Регламентовані перерви й мікропаузи доцільно використовувати для виконання комплексу вправ і гімнастики для очей, пальців рук, а також масажу, які наведені у Державних санітарних правилах і нормах роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПІН3.3.2.007-98.

Користувачам ПК, що виконують роботу з високим рівнем напруженості, показане психологічне розвантаження під час регламентованих перерв і наприкінці робочого дня в спеціально обладнаних приміщеннях (кімнатах психологічного розвантаження).

Всі професійні користувачі ПК повинні проходити обов'язкові попередні медичні огляди при надходженні на роботу, періодичні огляди з обов'язковою участю терапевта, невропатолога й окуліста, а також проведенням загального аналізу крові й ЕКГ.

Для забезпечення задовільних параметрів повітряного середовища необхідно використовувати природну вентиляцію, загальну штучну та систему водяного опалення згідно ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические нормы к воздуху рабочей зоны», ГОСТ 2.2.137-96 «Оборудование для кондиционирования воздуха и вентиляции. Общие требования безопасности», ГОСТ 12.4.021-75 «ССБТ. Системы вентиляционные. Общие требования». СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

Виробниче освітлення організується і нормується згідно вимог ДБН В.2.5-28-2018, залежно від:

- розряду зорової роботи, тобто її характеристики (найменшого розміру об'єкта який різниться, світлості фону, контрасту об'єкта з фоном);
- виду і системи освітлення. Також необхідно врахувати, що передбачається оптимальне (необхідне) освітлення виробничих приміщень і робочих місць: природне (бокове або верхнє), штучне, робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне, чергове.

5.4 Заходи безпеки надзвичайних ситуацій

Підрозділ «Заходи з пожежної безпеки» розробляється відповідно до вимог НАПБ.А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». Розгляд підрозділу слід почати з аналізу речовин і матеріалів, що використовуються при роботі об'єкта, і метою визначення категорії його пожежної небезпеки, відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» та СНиП 2.09.02-85 «Производственные здания» Тобто вказати до якої категорії виробництва з пожежної небезпеки (А, Б, В, Г, Д) належить об'єкт (цех, дільниця, підстанція) що розглядається (проектується, модернізується). Відповідно до категорії виробництва з пожежної небезпеки і вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва». Загальні вимоги, указати ступінь вогнестійкості приміщення об'єкта (цеху, дільниці, підстанції). Показати наявність засобів виявлення загорянь і пожеж згідно вимог ДБН В 2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту». З огляду на пожежну небезпеку, передбачити первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники різних видів), відповідно до вимог ДСТУ 4297:2004 «Пожежна техніка. Технічне обслуговування вогнегасників. Загальні технічні вимоги», розділ «Типові норми належності вогнегасників». Виробничі приміщення можуть бути обладнані стаціонарними установками автоматичного пожежогасіння.

Комплекс протипожежних заходів для приміщення (лабораторії, офісу) обладнаного ПК з ВДТ розроблений згідно вимог НАПБ А. 01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». Виходячи з аналізу речовин та матеріалів які використовуються при роботі у приміщенні відповідно до вимог ДСТУ Б В. 1.1-36.2016 «Визначення категорій приміщень будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» приміщення (офіс) обладнане ВДТ належить до виробництв категорії «Д» з

пожежної небезпеки – простір у приміщенні у якому перебувають тверді горючі речовини та матеріали.

Оскільки приміщення (лабораторія, офіс) обладнане ПК і ВДТ належить до виробництва категорії «Д» з пожежної небезпеки, тому згідно вимог ДБН В 1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» вона має ступінь вогнестійкості.

З технічних та організаційних заходів запобігання пожеж в приміщенні (лабораторії, офісу) обладнаному ПК з ВДТ передбачені наступні протипожежні заходи. На силовому обладнанні, силових та освітлювальних колах, згідно вимог пункту 3.1 «ПУЕ» встановлені захисні пристрої, що вимикають джерело живлення від ділянки електричного кола, у якій виникло коротке замикання.

Згідно вимог ДБН В 2.5-56.2014 «Системи протипожежного захисту» в приміщенні (лабораторії, офісі) обладнаному ПК з ВДТ встановлена система пожежної й охоронної сигналізації «Сигнал-ВК6». Яка забезпечує виявлення теплових і димових ознак пожежі і місця виникнення пожежі з точністю до місця розміщення датчика.

Оскільки приміщення що обладнане ПК з ВДТ має площу 39м², тому відповідно до вимог п 3.8 розділу «Типові норми належності вогнегасників» ДСТУ 4297:2004 «Пожежна техніка. Технічне обслуговування вогнегасників.

Загальні технічні вимоги» для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою, передбачені вуглекислотні вогнегасники типу ВВК-3,5 у кількості 2 штук (з розрахунку один вогнегасник з величиною заряду вогнегасної речовини 3кг і більше на 20м² площі приміщення). Відстань між вогнегасниками та місцями можливих загорянь не перевищує 10м.

Керівники об'єктів повинні передбачити управління надзвичайними ситуаціями. Для задачі забезпечення безпеки людини в НС стратегія управління повинна включати здійснення трьох цілей:

- Запобігання причин виникнення;
- Запобігання найекстремальніших ситуацій;

- Пом'якшення, максимальне послаблення наслідків надзвичайних ситуацій.

Перший варіант запобігання причин виникнення надзвичайних ситуацій розроблена, щоб не допускати таких дій або процесів, які несуть загрозу населенню. Дана стратегія виконується або відмовою від будівництва небезпечних об'єктів, або знищенням чи перепрофілюванням виробництв - джерел підвищеної небезпеки.

Другий варіант, запобігання самої НС – спрямований, щоб не допустити, виходу небезпечного процесу з-під контролю шляхом використання надійних аварійних систем, сигналізації, автоматики та інших заходів з підвищення надійності і стійкості роботи підприємств, а також шляхом заходів евакуації.

Третя стратегія - пом'якшення наслідків - орієнтується на ослаблення локалізацію наслідків НС. Цей варіант має першочергове значення в управлінні стихійними лихами і ситуаціями «комбінованого» типу.

Найбільший ефект дає керування разом усього трьох варіантами, особливо при аваріях техногенного характеру для реалізації кожної із стратегій управління необхідно розробляти і приймати комплекс превентивних та оперативних заходів.

Превентивні:

- аналізування і виявлення причин, що ведуть до катастрофи;
- прогнозування вогнищ ураження, втрат і збитків на підприємстві;
- заходи з підвищення стійкості;
- обґрунтування сил і засобів для проведення дій з локалізації вогнищ ураження та пошуково-рятувальних робіт;
- навчання робітників способам захисту;
- підготовка надійного КП управління.

Оперативні:

- оповіщення про НС;
- проведення всіх видів дослідження та оцінки обстановки;
- проведення першочергових захисних заходів (укриття в ЗС. евакуація).

- використання сил постійної готовності для локалізації катастрофи;
- надання першої медичної та першої лікарняної допомоги;
- нарощування сил і засобів в ОП за рахунок залучення формувань підвищеної готовності;
- якнайшвидше постачання постраждалих продовольством та іншими життєво необхідними засобами;
- введення аварійно-відновлювальних заходів.

При виникненні НС організовується надзвичайне управління, яке складається з чотирьох стадій ліквідації наслідків:

- стадія прийняття екстрених заходів. Ціль - включити механізм управління і вчасно зреагувати на НС. Основна мета початкової стадії - встановлення факту НС, попередня оцінка обстановки в зоні лиха і масштабів наслідків, мобілізація і встановлення оперативних завдань органам надзвичайного управління, віддача розпоряджень на залучення служб для допомоги постраждалим, сприяння місцевим органам управління в організації рятувальних робіт і локалізації зони лиха власними силами; інформування населення та вищих органів управління про НС та вжиті заходи. Тривалість початкової стадії - 1-10 годин;

- стадія оволодіння ситуацією та організації управління в зоні лиха, складається у плануванні та організації рятувальної операції. Задача: якнайкраще у всіх деталях дослідити обстановку, першочергово прийняти обґрунтоване рішення і скласти план ліквідації наслідків НС; підрахувати сили і засоби, ресурси для всього комплексу заходів в зоні лиха, організувати чітку взаємодію всіх залучених сил і аварійних служб. Тривалість другої стадії - від декількох годин до кількох діб;

- основна і визначальна стадія. Ціль - змінити надзвичайний характер ситуації: відновити безпеку населення в зоні лиха, прибрати загрозу життю і здоров'ю всім постраждалим, створити мінімальні умови для життєдіяльності населення, що залишилося. Завдання: організувати в найкоротші строки рятувальних робіт на всіх постраждалих об'єктах зони лиха, надання допомоги

потерпілим для захисту їх життя, здоров'я і підтримання життєздатності в екстремальних умовах; евакуація постраждалих із зони лиха та їх життєзабезпечення; терміновому проведенні аварійно-відновлювальних робіт на системах тепло-, водо-, газо-, електросистемах і зв'язку в зоні лиха.

Тривалість - кілька діб - кілька тижнів;

- стадія відновлення, тобто економічне, соціальне, культурне та екологічне відновлення зони лиха. Органи надзвичайного управління передають функції постійної дії місцевим органам управління. Розробляється програма з черговістю комплексу дій з реабілітації постраждалої зони;

ВИСНОВКИ

Розглянуто основні властивості та області застосування магнітотвердих матеріалів. Зазначено, що магнітотверді сталі широко використовуються для різних сфер електротехнічної промисловості.

Термічна обробка в магнітному полі зразків-кілець зі сплаву ЮН15ДК25БА сприяє утворенню кристалів пластинчастої форми, що спирає підвищенню магнітних властивостей.

Оптимальним режимом термічної обробки, що забезпечує одержання максимальних властивостей, є режим нагріву зразків-кілець разом з піччю до 1080°C з подальшим охолодженням у магнітному полі напруженістю 200 кА/м з 1080 до 850 C зі швидкістю 200° C/хв , з 850 до 550°C зі швидкістю 25°C/хв і подальшим відпуском при 650°C з тривалістю витримки 5 годин.

Магнітні властивості зразків-кілець досліджуваних сплавів насамперед залежать від хімічного складу сплаву по друге - від способу їх нагрівання. Під час нагрівання зразків-кілець спільно з піччю до температури гартування забезпечується отримання максимальних магнітних властивостей.

Розраховано економічний ефект від впровадження результатів дослідження, розглянуті питання з охорони праці.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Конспект лекцій з дисципліни Електротехнічні матеріали , для спеціальності «Метрологія та інформаційно-вимірювальні технології» / Укладач Дон Н.Л// Херсонський національний технічний університет. – 2009 – 120с.
2. Богородицкий, Н. П. Электротехнические материалы/ Н. П. Богородицкий, В. В. Пасынков, Б. М. Тареев. // Л.: Изд-во «Лань», 2001. – 368 с.
3. Електротехнічні та конструкційні матеріали: курс лекцій / уклад. С. В. Шенгур // К.: НАУ, 2015. – 176 с.
4. Бабак, В. П. Конструкційні та функціональні матеріали. Навчальний посібник: ч. 1 / В. П. Бабак, Д. Ф. Байса, В. М. Різак, С. Ф. Філоненко // К.: «Техніка», 2003. – 344 с.
5. Бабак, В. П. Конструкційні та функціональні матеріали. Навчальний посібник: ч. 2 / В. П. Бабак, Д. Ф. Байса, В. М. Різак, С. Ф. Філоненко.// К.: «Техніка», 2004. – 344 с.
6. Сологуб М.А. Конструкційні метали і сплави: Корот. довід. // К.: НУХТ, 2010.- 51 с.
7. Однодворець Л. В. Матеріали і компоненти функціональної електроніки: навчальний посібник / Л. В. Однодворець, І. М. Пазуха // Суми : Сумський державний університет, 2020. – 196 с
8. High-entropy film alloys: electrophysical and magnetoresistivite properties / Yu. Bereznyak, L. Odnodvoretz, D. Poduremne, I. Protsenko, Yu Shabel'nyk // Chapter 2 in Springer Book “Nanooptics, Nanophotonics, Nanostructures, and Their Applications”. – Springer Proceedings in Physics 210. – P. 17–34
9. Болюх В. Ф. Основи електроніки і мікропроцесорної техніки : навч. посіб. / В. Ф. Болюх, В. Г. Данько. – Харків : НТУ «ХПІ», 2011. – 257 с.
10. Бовсуновський, А. П. Електротехнічні матеріали: Корот. довідник / А. П. Бовсуновський. – К.: НУХТ, 2012. – 36 с.

11. Швець Є. Я. Матеріали і компоненти електроніки : навч. посіб. / Є. Я. Швець, І. Ф. Червоний, Ю. В. Головка // Запоріжжя : ЗДІА, 2011. – 278 с.
12. Електротехнічні матеріали: Курс лекцій. Частина 1. Діелектричні матеріали [Електронний ресурс]: навч. посіб. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. М. Кириленко, К. В. Кириленко. В. М. Головка. – Електронні текстові дані . – Київ : КПІ ім Ігоря Сікорського, 2021. – 224 с.
13. Поплавко Ю.М., Переверзева Л.П., Воронов С.О., Якименко Ю.І. Фізичне матеріалознавство. К.: НТУУ «КПІ», 2007. –392 с
14. Колесов С. Н. Электротехнические и конструкционные материалы. : підручник/С. Н. Колесов, И. С. Колесов. – Київ : Транспорт Украины, 2002. – 384 с.
15. Драгошанский, Ю. Н., Пудов, В. И., Губернаторов, В. В. Комплексные термомагнитная и лазерная обработки электротехнических материалов. *Физика металлов и металловедение*, 2011, 111(5), 486-492.
16. ДСТУ 2725-94. Матеріали магнітні. Терміни та визначення. Чинний від 1995-07-01. Вид. офіц. 64 с.
17. ГОСТ 12119.5-98. Сталь электротехническая. Методы определения магнитных и электрических свойств. Метод измерения амплитуд магнитной индукции и напряженности магнитного поля. Чинний від 2001-07-01. Вид. офіц. 2000. 40 с.
18. ДСТУ 8974:2019. Сталь. Металографічний метод оцінювання мікроструктури листів та стрічки. На заміну ГОСТ 5640-68; чинний від 2021-01-01. Вид. офіц. 2019. 42 с.
19. НПАОП 0.00-7.11-12. Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників. [На заміну наказу МНС України від 26.12.2011 № 1350 ; чинний від 2012-03-16]. К. : МНС України, 2012. 37 с.
Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0226-12#n16>

20. СНиП 2.09.02-85*. Производственные здания. Зі змінами. [На заміну СНиП II-90-81; СНиП II-М.2-62; СН 317-65; СН 353-66 ; чинний від 1987-01-01]. К: Госстрой СССР, 1988.

21. НПАОП 28.0-1.30-12. Правила охорони праці під час роботи з абразивним інструментом. [На заміну НПАОП 28.52-1.22-64; чинний від 2012-11-26]. К: МНС України, 2012.

22. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. [Чинний від 1999-12-01]. К. : МОЗ України, 1999. 106 с. URL : <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99>.

23. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення. [На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний з 2019-03-01]. К. : Мінрегіон України, 2018. 133 с. URL : https://ledeffect.com.ua/images/_branding/dbn2018.pdf.

24. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні. [На заміну НАПБ А.01.001-04 ; чинний від 2014-12-30]. К: МВС України, 2014. 91 с. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#n14>.