



Відгук

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Драгомерецької Олени Анатоліївни
**« Вплив орієнтації кристалів і залишкових напружень
на коерцитивну силу деяких сплавів заліза»**

подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико – математичних наук
за спеціальністю 01.04.07 - фізика твердого тіла

1. Актуальність роботи.

В основу надійної і безаварійної роботи будь – якої металевої конструкції або споруди закладено відомий запас міцності та належний режим експлуатації. Діагностика та експертна оцінка можливості подальшої безаварійної експлуатації пов'язана з проведенням різного роду механічних випробувань і структурних досліджень стану металу, що вимагає застосування руйнівних методів відбору проб із металоконструкції. Тому пошук надійних методів неруйнівного контролю структури і механічних властивостей металу, після певного терміну експлуатації, є важливою проблемою фізики міцності і пластичності різного типу твердих тіл.

Одним з напрямків неруйнівного контролю є магнітна структуроскопія, що базується на використанні залежностей між фізико-хімічними і механічними характеристиками виробів та магнітними характеристиками контрольованого матеріалу. Для експлуатаційного контролю з метою отримання кількісної та якісної оцінки втомних змін, включаючи оцінку залишкового ресурсу обладнання, з усіх магнітних характеристик найбільш придатним параметром є коерцитивна сила. Коерцитивна сила є однією із найбільш структурно-чутливих характеристик феромагнітних матеріалів. Тому методи неруйнівного контролю, що базуються на вимірюванні коерцитивної сили, знайшли широке застосування. Їх відрізняє висока точність і достатня простота, можливість проведення вимірювань на локальних ділянках контрольованих виробів, висока чутливість до фазових перетворень, слабка залежність від геометричних розмірів об'єкта контролю. На основі коерцитиметрії можна оцінити ступінь вичерпання вихідного ресурсу, а також оцінити залишковий ресурс, звичайно, при відомому режимі експлуатації. У той же час дані про роль і внесок кристалографічної текстури в анізотропію коерцитивної сили феромагнітних полікристалічних конструкційних матеріалів практично відсутні.

Вищезазначене, зумовлює **актуальність проблеми**, яка вирішується в дисертації, а саме дослідження текстури та кореляційних залежностей між механічними характеристиками і коерцитивною силою, оскільки такі залежності дозволяють більш ефективно використовувати вимірювання коерцитивної сили як способу неруйнівного контролю структури матеріалів. На сьогодні загальна теорія магнітного структурного аналізу відсутня, тому основним методом отримання інформації про структуру за даними вимірювання магнітних характеристик є встановлення кореляційних залежностей між магнітними параметрами, структурою і механічними властивостями для кожного типу сталі. Це підхід і був прийнятий за основу досліджень автором дисертації.

Актуальність теми підтверджується високою зацікавленістю цією тематикою дослідницьких груп в провідних країнах світу та включенням її в тематику науково-дослідних робіт НАН України, наприклад в Інституті фізики твердого тіла, матеріалознавства і технологій (ІФТТМТ) НАНУ виконується програма «РЕСУРС»: «Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин»

2. Мета і структура дисертаційної роботи.

Мету дисертаційної роботи, а саме - розробка фізико-математичних модельних уявлень про зв'язок коерцитивної сили з характеристиками міцності та пластичності, кристалографічною текстурою, залишковими напруженнями решітки та розміром її структурних елементів у деяких сплавах заліза та конструкційних сталях для використання у прогнозуванні їх безпечної експлуатації, вважаю досягнутою в межах поставлених автором дисертації задач.

Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів із короткими висновками, загальних висновків по дисертаційній роботі та списку використаних джерел.

У вступі визначені мета та задачі роботи, необхідність якої добре обґрунтована. Обґрунтовано доцільність і актуальність теми та вибір об'єктів досліджень, відображено наукову новизну отриманих результатів та їх практичну цінність. Сформульовано положення, які виносяться автором на захист. Відображений особистий внесок здобувача.

У першому розділі представлений аналіз літературних даних щодо сучасного стану досліджень магнітних властивостей та їх зв'язку із структурою та механічними властивостями феромагнітних конструкційних матеріалів. Охарактеризовані причини, що приводять до анізотропії коерцитивної сили. Відмічено, що причини та механізми виникнення анізотропії різні для конкретних феромагнітних конструкційних матеріалів і не повністю з'ясовані. Зокрема, залишаються недостатньо дослідженими текстурні ефекти. Коерцитивна сила, завдяки високій структурній чутливості та можливості її виміру неруйнівним методом за допомогою портативних коерцитиметрів, є перспективною для вивчення структурного стану феромагнітних матеріалів.

У другому розділі описано матеріали, що досліджуються, а саме монокристали та полікристали кременистого заліза, зразки аустенітно-нестабільних сталей різного хімічного складу. Коерцитивна сила вимірювалась неруйнівним методом за допомогою магнітного аналізатора та магнітного коерцитиметру. Текстура всіх зразків досліджувалась рентгенівським методом з побудовою зворотних полюсних фігур в різних напрямках, які використані при розрахунку функції розподілу орієнтацій.

У третьому розділі представлено результати дослідження анізотропії коерцитивної сили монокристалів і текстурованих полікристалів кременистого заліза. Встановлено, що причиною спостережуваної анізотропії коерцитивної сили у досліджених монокристалах є кристалографічна складова. Зокрема, знайдена істотна лінійна кореляція з коефіцієнтом достовірності апроксимації $R^2=0,95$ між значеннями функції магнітної анізотропії та коерцитивної сили, що відповідає вимогам чинного міждержавного стандарту [ГОСТ 30415-96].

У четвертому розділі представлено результати дослідження анізотропії коерцитивної сили та текстури у деяких конструкційних сталях.

Представлені встановлені автором закономірності анізотропії коерцитивної сили і знайдені її зв'язки з текстурними характеристиками та механічними властивостями низьколегованої сталі після тривалого використання.

Висновки до дисертаційної роботи, сформульовані із восьми пунктів які підбивають підсумки виконаної роботи у відповідності з метою дисертації і поставленими завданнями.

3. Основні результати дисертації, які складають предмет її наукової новизни та практичної цінності.

Серед результатів отриманих в дисертації, на мій погляд, можна виділити наступні:

- Запропоновано фізичну модель, що пояснює виникнення анізотропії коерцитивної сили,

яка викликана магнітною кристалографічною складовою. Модельні уявлення базуються на аналізі закономірностей впливу текстури на коерцитивну силу конструкційних феромагнітних і аустенітно-нестабільних сталей.

- Розвинуті модельні уявлення підкріплені експериментальними дослідженнями анізотропії коерцитивної сили в монокристалах, а також у полікристалах сплаву Fe-3%Si до прокатки з деякими видами текстури, у сталі 09Г2С, та зразках циліндричної форми теплостійкої сталі 15Х5М з ОЦК граткою.
- Після деформації прямою холодною прокаткою у полікристалічному сплаві Fe-3%Si формується текстура типу $\{001\} \langle 110 \rangle + \{111\} \langle 110 \rangle$ з об'ємним вмістом 77 і 23%, відповідно. Після подальшої холодної прокатки в поперечному напрямку формується текстура Госса $\{001\} \langle 110 \rangle$. Анізотропія коерцитивної сили обумовлена, в основному, впливом форми та розміру зерен.
- Досліджено анізотропію коерцитивної сили в циліндричних зразках із нержавіючої сталі 08Х18Н10Т. При цьому автором роботи приведені докази про більшу структурну чутливість коерцитивної сили порівняно з рентгенівським фазовим аналізом.
- Встановлена автором залежність величини коерцитивної сили та її анізотропії в аустенітно-нестабільних сталях від хімічного складу, кількості мартенситу та характеру його текстури може бути використана для розробки нових сталей із заданими властивостями.
- Запропоновані модельні уявлення про виникнення анізотропії коерцитивної сили внаслідок різної величини роботи переміщення кристалів при переході від напрямку легкого намагнічування до інших напрямків намагнічування може бути використана для розвитку теорії намагнічування з урахуванням кристалографічної текстури.
- Вищезазначені результати дисертації обґрунтовують можливість контролю механічних властивостей і структурного стану металевих конструкцій на основі встановлення кореляційних залежностей між характеристиками міцності і магнітними характеристиками, що передбачено чинним міждержавним стандартом [ГОСТ 30415-96].

4. Зауваження до роботи та недоліки в оформленні дисертації.

- Дисертант оперує поняттями сильного та слабого магнітного поля, але не вказує відповідні критерії.
- Енергія магнітної кристалічної анізотропії для матеріалу кубічної системи представлена формулою Акулова (вираз 3.1), в якій фігурують три константи K_0 , K_1 та K_2 . Далі стверджується, що K_2 мале і його можна не враховувати. При цьому, очевидно, потрібне обґрунтування такого припущення. До цього ж, слід зауважити, що в цій формулі допущена неточність, а саме в останньому члені напрямні косинуси намагніченості повинні бути у другій степені (згідно посиланню в дисертації [15]).
- В таблиці 4.10 доцільно було б привести експериментальні значення коерцитивної сили.
- В дисертації місцями зустрічаються русизми (наприклад «зміст» у розумінні вміст), особливо це стосується розділу 3.

В той же час, зазначені зауваження не мають принципового характеру і не впливають на загальну позитивну оцінку роботи. Науковий рівень дисертації є високим, новизна, вірогідність, наукове та практичне значення отриманих результатів не викликають сумнівів.

5. Достовірність і новизна результатів роботи.

Достовірність отриманих результатів зумовлена обґрунтованістю залучених теоретичних підходів, точністю експериментальних методик досліджень та відтворваністю отриманих результатів; наукові висновки зроблені на основі експериментальних результатів із використанням теоретичних розрахунків та розроблених моделей. Результати досліджень добре узгоджуються між собою, критично зіставлялись з відомими літературними даними, не суперечать загально прийнятим фізичним поняттям і принципам, пройшли апробацію на міжнародних і вітчизняних конференціях, що дозволяє стверджувати про обґрунтованість наукових положень та висновків дисертації та їх достовірність.

Основні результати дисертаційної роботи викладено у 5 статтях, опублікованих в іноземних та вітчизняних фахових виданнях. Отримані результати обговорювались на чисельних міжнародних конференціях та семінарах і мали позитивний відгук.

Наведені в дисертації результати досліджень є новими і суттєво поглиблюють знання про взаємозв'язок текстури та анізотропії коерцитивної сили.

Зокрема:

- Досліджено кристалографічну текстуру та анізотропію коерцитивної сили окремих зразків широко використовуваних сталей після різних термінів їх експлуатації.
- Встановлено, що метод вимірювання коерцитивної сили є більш чутливим до зміни фазового складу нержавіючої сталі, порівняно з рентгенівським фазовим аналізом.

6. Висновок.

Дисертаційна робота Драгомерацької О.А. є **завершеним дослідженням**, в якому отримано **нові** науково обґрунтовані результати, які є **важливими** в області фізики твердого тіла, зокрема, матеріалознавства. Основні результати роботи опубліковані своєчасно і позитивно сприйняті фахівцями. Дисертація, загалом, добре написана і оформлена.

Опубліковані роботи і автореферат повністю відображають зміст і висновки дисертаційної роботи, чітко зазначений особистий внесок **дисертанта**.

Відповідно до вищезазначеного, вважаю, що представлена до захисту дисертаційна робота **«Вплив орієнтації кристалів і залишкових напружень на коерцитивну силу деяких сплавів заліза»** відповідає вимогам МОН України до кандидатських дисертацій, зокрема, п. 11, 9 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 №567, а її автор, Драгомерацька Олена Анатоліївна, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла.

Доктор фіз.-мат. наук,
провідний науковий співробітник
відділу електроніки твердого тіла
Інституту фізики НАН України

І.І. Ясковець

