

НАУКОВЕ ВІДКРИТТЯ

ЯВИЩЕ СТРИБКОПОДІБНИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ ДОМЕННИХ СТІНОК НАВОДНЕНИХ ФЕРИТНО-ПЕРЛІТНИХ СТАЛЕЙ ПІД ЧАС ЇХ КВАЗІСТАТИЧНОГО ПЕРЕМАГНЕЧЕННЯ

(Диплом №5/442; пріоритет від 23 квітня 2008 р.)

Автори: В. Р. СКАЛЬСЬКИЙ, З. Т. НАЗАРЧУК,
О. Є. АНДРЕЙКІВ, Б. П. КЛИМ

Останнім часом із розвитком теоретико-експериментальних досліджень на достатньо високому науковому рівні описано фізичні аспекти перемагнення феромагнетиків, вивчено природу зміни їх доменної структури під впливом прикладеного зовнішнього магнетного поля. Однак ще недостатньо розкритий вплив водню на їхні магнетні властивості. У зв'язку з цим виникла необхідність на основі сучасних уявлень про доменну структуру, характер взаємодій усередині феромагнетиків встановити вплив водневого чинника і показати закономірності, які виникають при цьому, та їх прояв на макрорівні. Адже переважна більшість обладнання теплоелектростанцій, трубопровідного транспорту, виробів машинобудування тощо виготовлена зі сталей феритно-перлітного класу, які є феромагнетними матеріалами. Контактуючи під час довготривалої експлуатації з воденьмісними середовищами і знаходячись під впливом інших фізико-хімічних чинників, феромагнетні матеріали деградують – втрачають свої міцнісні властивості та характеристики опору поширенню тріщин. Зумовлено це як зміною структурної будови феромагнетика, так і виникненням місць підвищеної пошкодженості. Саме там починається латентне зародження макроруйнування елементів конструкцій, що і спричинює аварії з їх непередбачуваними наслідками.

Особливу зацікавленість у розв'язанні окресленої проблеми викликають методи неруйнівного контролю (НК), побудовані на ефекті Баркгаузена. Потрібно зазначити, що основні фізичні механізми, які лежать в основі цього ефекту, відомі достатньо давно. Однак після того як експериментально знайдено зв'язок параметрів електричних сигналів та пружних хвиль акустичної емісії, які супроводжують стрибки Баркгаузена, з напруженнями у феромагнетних сталях, а також з їхніми механічними властивостями – розпочалось бурхливе застосування цього ефекту. В результаті багато авторів наголошують на принциповій можливості застосування ефекту Баркгаузена і особливо магнетопружної акустичної емісії для вирішення однієї з найважливіших задач неруйнівного контролю – визначення внутрішніх і циклічних напружень, які виникають у сталевих виробах як під час їх виготовлення, так і експлуатації. Це дасть змогу встановити й місця локальної водневої пошкодженості.

Широке і ефективне застосування магнетопружної акустичної емісії у НК дещо стримується недостатнім знанням окремих істотних деталей її фізичної природи. Характер стрибків Баркгаузена визначає як розподіл потенційних бар'єрів і структура доменних стінок, так і їх енергія у залежному від часу зовнішньому магнетному полі, вплив вихрових струмів, неоднорідність внутрішнього поля через ефект форми, а також геометрія взаємного розташування магнетних моментів доменів, які межують між собою.

Сутність відкриття полягає у тому, що водень, дифундуючи у метал і абсорбуючись у ньому, створює локальні місця механічних тривісних напружень розтягу, чим

викликає перерозподіл дислокацій. За високої концентрації водню з'являються пори, відбувається мікро- та макротріщиноутворення. Ці процеси зумовлюють погіршення експлуатаційних властивостей феромагнетика на макрорівні – відбувається його водневе деградування. Одночасно відбуваються ними ж спричинені зміни магнетної анізотропії, доменної структури феромагнетика, у результаті чого змінюються контури та розміри доменів і доменних стінок. В останніх може зменшуватися кількість точок закріплення на дислокаціях або знижуватися енергія, необхідна для їх відриву від цих точок. З іншого боку, водень може розблоковувати переміщення як кожної дислокації окремо, так і дислокаційних скупчень.

У зовнішньому магнетному полі за певних рівнів напруженості відбувається стрибкоподібне переміщення доменних стінок у феромагнетику. Воно зумовлює магнетострикцію і супроводжується випромінюванням магнетопружної акустичної емісії. Інтегрально це проявляється по-різному, а тому, кількісно оцінюючи магнетопружну акустичну емісію, можна встановити закономірність поведінки доменних стінок під впливом водню залежно від його концентрації.

Підсумовуючи вищевикладене, автори відкриття стверджують, що наявність у феромагнетному матеріалі водню початкових низьких концентрацій (до 3 ppm) сприяє розблокуванню дислокацій (на відміну від пластичних деформацій, зміни структури матеріалу, внутрішніх напружень тощо), оскільки за таких концентрацій проявляються лише первинні ефекти взаємодії водню з металами, які першочергово відбуваються саме через взаємодію з дислокаціями (насамперед з ядрами їх скупчень) і накопичення на межах зерен. Тобто водень у сталях немов би відтісняє вуглець і азот від дислокацій, оскільки енергія взаємодії останніх із воднем менша, ніж з азотом та вуглецем. Цим він полегшує розблокування дислокацій, а отже, і їх рухомість, що сприяє збільшенню кількості та амплітуд стрибків доменних стінок під час перемагнетнення феромагнетика (зокрема феритно-перлітних сталей) у зовнішньому магнетному полі. Це повинно відбуватися до певної (характерної для даного матеріалу) концентрації водню.

За подальшого збільшення концентрації водень кластеризується і блокує дислокації (особливо їх скупчення), що призводить до зменшення інтенсивності і амплітуд стрибків доменних стінок. Це зумовлено тим, що відрив доменних стінок від точок закріплення ускладнюватиметься через збільшення кількості дислокацій, поро- і мікротріщиноутворення та спричинить зниження вже згаданих показників генерування сигналів магнетопружної акустичної емісії.

ФОРМУЛА ВІДКРИТТЯ

Встановлено невідоме раніше явище стрибкоподібних переміщень доменних стінок наводнених феритно-перлітних сталей під час їх квазістатичного перемагнетнення залежно від концентрації в них водню, яке полягає в тому, що зі збільшенням концентрації водню амплітуда і кількість стрибкоподібних переміщень доменних стінок спочатку зростає, а за досягнення характерного для даного матеріалу значення концентрації водню – спадає.

Редколегія журналу вітає авторів відкриття з особливо вагомим науковим результатом і бажає нових творчих здобутків.