



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

Неруйнівний контроль
**ЗВАРНІ З'ЄДНАННЯ УСТАТКУВАННЯ
Й КОНСТРУКЦІЙ**

Метод магнітної пам'яті металу
Загальні вимоги

ДСТУ 4857:2007

Видання офіційне

БЗ № 11-2007/524

Київ
ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ
2008

ПЕРЕДМОВА

1 РОЗРОБЛЕНО: Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України, Технічний комітет зі стандартизації «Технічна діагностика і неруйнівний контроль» (ТК 78)

РОЗРОБНИКИ: **В. Загребельний**, канд. техн. наук; **І. Заплотінський**; **О. Мозговой**; **В. Троїцький**, д-р техн. наук (науковий керівник)

2 ПРИЙНЯТО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Держспоживстандарту України від 5 листопада 2007 р. № 297 з 2009–01–01

3 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ

**Право власності на цей документ належить державі.
Відтворювати, тиражувати і розповсюджувати його повністю чи частково
на будь-яких носіях інформації без офіційного дозволу заборонено.
Стосовно врегулювання прав власності треба звертатися до Держспоживстандарту України**
Держспоживстандарт України, 2008

ЗМІСТ

	С.
1 Сфера застосування	1
2 Терміни, визначення понять, позначки та скорочення	1
3 Основні положення	2
4 Вимоги до об'єкта контролювання	3
5 Вимоги до засобів контролювання	3
6 Порядок контролювання.....	4
7 Оброблення результатів	5
Додаток А Форма звітного документа за результатами контролю ММП	6
Додаток Б Приклад визначання зон концентрації напружень приладом із цифровою індикацією напруженості магнітного поля.....	7
Додаток В Приклад визначання зон концентрації напружень приладом, що має реєструвальний та сканувальний пристрій.....	8

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ

ЗВАРНІ З'ЄДНАННЯ УСТАТКУВАННЯ Й КОНСТРУКЦІЙ
Метод магнітної пам'яті металу. Загальні вимоги

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ

СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ И КОНСТРУКЦИЙ
Метод магнитной памяти металла. Общие требования

NON-DESTRUCTIVE TESTING

WELDED JOINTS OF EQUIPMENT AND STRUCTURES
Method of metal magnetic memory. General requirements

Чинний від 2009–01–01

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Цей стандарт установлює загальні вимоги до застосування методу магнітної пам'яті металу (ММП) для контролювання стану зварних з'єднань устаткування й конструкцій, що працюють під тиском.

Стандарт є основою для розроблення і впровадження нормативних документів з неруйнівного контролювання методом магнітної пам'яті металу, вибирання приладів для контролювання зварних з'єднань певного об'єкта.

Стандарт призначено для використання підрозділами з технічного діагностування організацій, підприємств у всіх галузях промисловості та інших організацій усіх форм підпорядкування та власності, а також фізичними особами, які працюють у сфері технічного діагностування, зокрема виконують послуги з технічного діагностування під час виготовлення, монтування, ремонтування та експлуатування конструкцій.

2 ТЕРМІНИ, ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ, ПОЗНАКИ ТА СКОРОЧЕННЯ

Нижче подано терміни, вжиті в цьому стандарті, та визначення позначених ними понять.

2.1 магнітна пам'ять металу: МПМ

Післядія, що проявляється у вигляді залишкової намагніченості металу виробів і зварних з'єднань, які сформувалися в процесі їхнього виготовлення й охолодження в слабкому магнітному полі або у вигляді незворотної зміни намагніченості виробів у зонах концентрації напружень і ушкоджень від робочих навантажень.

Примітка. Слабке магнітне поле — геомагнітне поле й інші зовнішні поля в області Релея

2.2 метод магнітної пам'яті металу: ММП

Метод неруйнівного контролювання, заснований на аналізуванні розподілу власного магнітного поля розсіювання на поверхні виробів для визначання зон концентрації напружень, дефектів і неоднорідності структур металу й зварних з'єднань

2.3 власне магнітне поле розсіювання: ВМПР

Магнітне поле розсіювання, що виникає на поверхні виробу в зонах стійких смуг ковзання дислокацій під дією робочих або залишкових напружень або в зонах максимальної неоднорідності структури металу.

Примітка. ВМПР характеризує ММП

2.4 магнітодислокаційний гістерезис

Магнітний гістерезис, обумовлений закріпленням доменних границь на скупченнях дислокацій у слабкому магнітному полі

2.5 напруженість власного магнітного поля розсіювання

Числова характеристика напруженості магнітного поля розсіювання, вимірюваної на поверхні виробу за методом магнітної пам'яті металу

2.6 градієнт власного магнітного поля розсіювання

Коефіцієнт, який визначають як відношення модуля різниці напруженості магнітного поля розсіювання, вимірюваної у двох точках контролювання, до відстані між ними

2.7 магнітний показник деформаційної спроможності металу

Відношення максимального значення градієнта ВМПР до його середнього значення на контрольованій ділянці.

2.8 граничний магнітний показник деформаційної спроможності металу

Відношення максимального значення градієнта ВМПР, що відповідає межі міцності металу, до середнього значення градієнта ВМПР, що відповідає границі плинності металу

2.9 канал вимірювання власного магнітного поля розсіювання

Напруженість ВМПР, обмірювана одним ферозондовим перетворювачем

2.10 дискретність запису напруженості власного магнітного поля

Відстань між двома сусідніми точками вимірювання напруженості магнітного поля розсіювання за методом магнітної пам'яті металу

2.11 базова відстань між двома каналами вимірювання

Відстань між двома каналами вимірювання ВМПР, установлена під час налагоджування давача

2.12 графік ВМПР

Магнітограма, що відображає зміну ВМПР уздовж контрольованої ділянки.

3 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

3.1 Контроль ММП ґрунтований на вимірюванні й аналізованні розподілу власних магнітних полів розсіювання (ВМПР) металу зварних з'єднань, що відображають їх структурну технологічну спадковість. Під час контролювання використовують природну намагніченість, що сформувалася в процесі зварювання в магнітному полі землі.

3.2 Контроль ММП потрібний для визначання зон концентрації механічних напружень (ЗКН) та видавання рекомендацій для додаткового контролю небезпечних зон у зварних з'єднаннях посудин, трубопроводів, устаткування й конструкцій.

3.3 Контроль ММП можна рекомендувати застосувати до початку контролювання іншими методами неруйнівного дефектоскопічного контролювання (ультразвуковий, радіаційний, магнітопорошковий, капілярний, кольорова дефектоскопія) для визначання місць з напруженим станом в об'єкті контролювання.

3.4 Контроль ММП виконують сертифіковані фахівці з магнітних методів контролювання, які володіють ММП.

Остаточні висновки за результатами контролювання мають право видавати фахівці другого та третього рівнів кваліфікації.

3.5 Контроль ММП дає змогу контролювати зварні з'єднання будь-яких розмірів і форм (стикові, таврові, кутові, напускні, торцеві, переривчасті тощо) без обмеження товщини зварюваного металу усіх видів феромагнітних сталей та сплавів.

3.6 Контроль ММП можна проводити як під час роботи об'єкта контролювання, так і під час його ремонтування.

3.7 Під час контролювання ММП визначають:

— зони концентрації залишкових зварювальних напружень та їхній розподіл уздовж зварного з'єднання;

— зони ймовірного розташування мікро- й макродефектів усіх видів (пори, шлакові вкраплення, несучільності, тріщини, розриви).

Класифікують дефекти за магнітними параметрами за спеціальними методиками контролювання для конкретного зварного з'єднання.

3.8 Контроль ММП можна використати для контролювання

— напруженого стану зварних з'єднань у разі атестації, оптимізації та сертифікації технології зварювання, під час контролювання в період експлуатації, монтування і ремонтування.

3.9 Температурний діапазон контролю ММП регламентують умовами безпечної роботи фахівця, що контролює, і роботоздатністю приладів контролювання.

3.10 За результатами контролю ММП рекомендовано використовувати традиційні методи й засоби дефектоскопічного контролювання в зонах максимальної концентрації напружень ймовірного розташування мікро- та макродефектів за чинними нормами для зварного з'єднання.

3.11 Потребу застосування контролю ММП можуть встановлювати відповідні норми контролювання якості зварних з'єднань на даному підприємстві або в даній галузі.

4 ВИМОГИ ДО ОБ'ЄКТА КОНТРОЛЮВАННЯ

4.1 Устаткування і конструкції можна контролювати, використовуючи ММП як у робочому стані (під навантагою), так і під час їх зупинення (після зняття робочої навантаги).

4.2 Зачищати і готувати поверхні не потрібно. Якщо ізоляція не є магнітною, дозволено контролювати без зняття ізоляції товщиною не більшою ніж 3—4 мм.

4.3 Допустимий діапазон товщини металу в зонах контролювання вказують в методиках на даний об'єкт контролювання.

4.4 Обмежувальними чинниками застосування ММП є

— наявність штучної намагніченості металу;

— наявність на об'єкті контролювання стороннього феромагнітного виробу;

— наявність поблизу (ближче 1 м) об'єкта контролювання джерела зовнішнього магнітного поля й поля від електрозварювання.

4.5 Шуми, вібрації поблизу об'єктів контролювання й на самих об'єктах не впливають на результати контролювання.

5 ВИМОГИ ДО ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮВАННЯ

5.1 Для контролювання устаткування з використанням ММП застосовують спеціалізовані магнітометричні прилади, які вимірюють напруженість власного магнітного поля розсіювання (ВМПР) надповерхневого простору об'єкта контролювання.

Як давачі для вимірювання напруженості ВМПР можна використовувати ферозондові або інші чутливі перетворювачі: полевимірювачі або градієнтометри.

Оптимальна чутливість давача становить ± 1 А/м.

5.2 Крім вихідного вимірювального пристрою для виводу інформації у разі значення напруженості ВМПР (дисплея), прилади можуть мати екран для графічного подання параметрів контролю, реєструвальний пристрій на базі мікропроцесора, блок пам'яті і сканувальні пристрої у вигляді спеціалізованих давачів. Може бути передбачено можливість передавання інформації з приладу на комп'ютер і друкування на принтері. У комплекті з приладом можна постачати програмний продукт для оброблення результатів контролювання на комп'ютері.

5.3 У комплекті з приладом треба постачати спеціалізовані давачі. Тип давача визначають методика та об'єкт контролювання. На давачі має бути не менше двох каналів вимірювань, один із яких вимірювальний, а інший використовують, щоб усунути вплив зовнішнього магнітного поля Землі.

5.4 Допустиму похибку вимірювань напруженості магнітного поля вказують в методиках залежно від об'єкта контролювання.

5.5 Прилади повинні мати такі метрологічні характеристики:

- основна відносна похибка вимірюваного магнітного поля для кожного каналу вимірювань не може перевищувати $\pm 5\%$;
- відносна помилка вимірюваної довжини не може перевищувати $\pm 5\%$;
- діапазон вимірювань приладів має бути не менш ніж ± 1000 А/м;
- мінімальний крок сканування (відстань між двома сусідніми точками контролю) має становити 1 мм;
- рівень «шумів», обумовлений роботою процесора і мікросхем, не може перевищувати ± 5 А/м.

5.6 Прилад повинен мати паспорт з інструкцією для користувача.

6 ПОРЯДОК КОНТРОЛЮВАННЯ

6.1 Перетворювач розташовують перпендикулярно до контрольованої поверхні і його переміщує оператор послідовно уздовж зварного шва по всій його протяжності (окремо по металу шва та зонах термічного впливу по обидва боки шва) і потім поперек зварного шва з відхиленням від його краю на 30÷50 мм у бік основного металу труби.

Схему сканування давачем приладу під час діагностування зварних з'єднань як приклад наведено на рисунку 1.

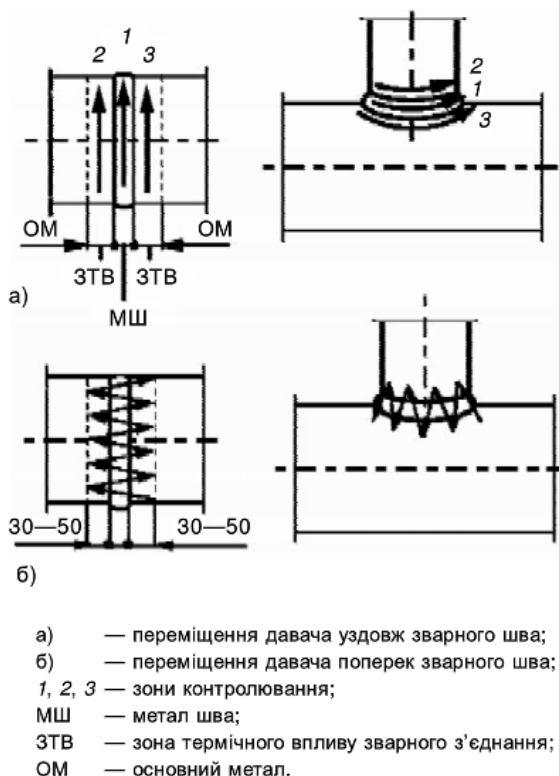


Рисунок 1 — Схема сканування давачем під час діагностування зварних з'єднань по залишковій намагніченості металу

6.2 Фахівець реєструє дані контролю: напруженість магнітного поля (H_p , А/м) зі знаком «плюс» або «мінус». Стрибокподібна зміна знака і величини поля H_p вказує на концентрацію залишкових напружень по лінії $H_p = 0$ для конкретної ділянки зварного з'єднання. Ці ділянки позначають маркерами.

7 ОБРОБЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

7.1 За результатами контролю ММП визначають такі параметри:

— градієнт магнітного поля по кожному каналу вимірювань

$$K_{ін} = \frac{|\Delta H_p|}{\Delta l_k}, \quad (1)$$

де Δl_k — відстань між двома точками контролювання;

— градієнт магнітного поля між каналами вимірювань

$$K_{ін}^б = \frac{|\Delta H_p|}{\Delta l_б}, \quad (2)$$

де $\Delta l_б$ — базова відстань між каналами вимірювань;

ΔH_p — різниця між значеннями напруженості ВМПР у точках вимірювання;

— середні та максимальні значення $K_{ін}^{ср}$ та $K_{ін}^{макс.}$ по кожному каналу вимірювання і на базовій відстані між каналами вимірювань;

— магнітний параметр m , що характеризує ступінь неоднорідності напружено-здеформованого стану (НДС) і деформаційну здатність металу в ЗКН:

$$m = \frac{K_{ін}^{макс.}}{K_{ін}^{ср}} \quad (3)$$

(змінюється в діапазоні 1,05÷3,0 і більше, залежно від якості зварного з'єднання).

Всі зазначені магнітні параметри можна визначати, використовуючи програмний продукт, за його наявності, який розраховує параметри за результатами вимірювання.

7.2 Найбільш схильними до розвитку ушкоджень є ділянки зварного шва, на яких зафіксовано максимальне різнополярне значення поля H_p між каналами вимірювання (максимальне значення $K_{ін}^б$) або максимальне значення градієнта поля $K_{ін}^{макс.}$ по будь-якому з каналів вимірювання. Ці ділянки відповідають ЗКН зварного з'єднання. Щоб виявити конкретні дефекти у ЗКН, рекомендовано проводити додатковий контроль традиційними методами (візуальне контролювання, ультразвукова дефектоскопія, рентген тощо).

7.3 Результати виконаних вимірювань оформлюють у вигляді висновку з доданим протоколом. Форму протоколу наведено в додатку А.

7.4 Приклад оброблення результатів контролю для приладу із цифровою індикацією магнітного поля H_p наведено у додатку Б.

7.5 Приклад оброблення результатів контролю для приладу, що має реєструвальний та сканувальний пристрої, наведено у додатку В.

Показники $K_{ін}^{ср}$, $K_{ін}^{макс.}$, $K_{ін}^б$ та m розраховують, використовуючи програмний продукт, яким комплектують прилад.

ДОДАТОК А
(обов'язковий)

**ФОРМА ЗВІТНОГО ДОКУМЕНТА
ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ КОНТРОЛЮ ММП**

Назва підприємства _____

Назва устаткування, тип, об'єктовий № _____

Номер формуляра, рисунка, схеми _____

**ОСТАТОЧНІ ВИСНОВКИ № _____
з результатів контролю ММП**

« _____ » _____

Назва вузла та обсяг контролювання _____

Назва керівного документа (інструкція, методика тощо) _____

Назва приладу _____

1. Результати контролю

№	Місце розташування ЗКН на формулярі (рисунку, схемі) зварного з'єднання	Екстремальні (мін./макс.) значення поля H_p (А/м) у ЗКМН	Значення параметрів контролю				Примітка
			K_{in} всіх ЗКН	$K_{in}^{макс.}$	$K_{in}^{ср.}$	m	

2. Висновки

2.1 Висновки про стан проконтрольованого об'єкта _____

2.2 Рекомендовані для додаткового контролювання та ремонту ділянки ЗКН _____

Контроль виконав _____
(посада, ПІБ, підпис)

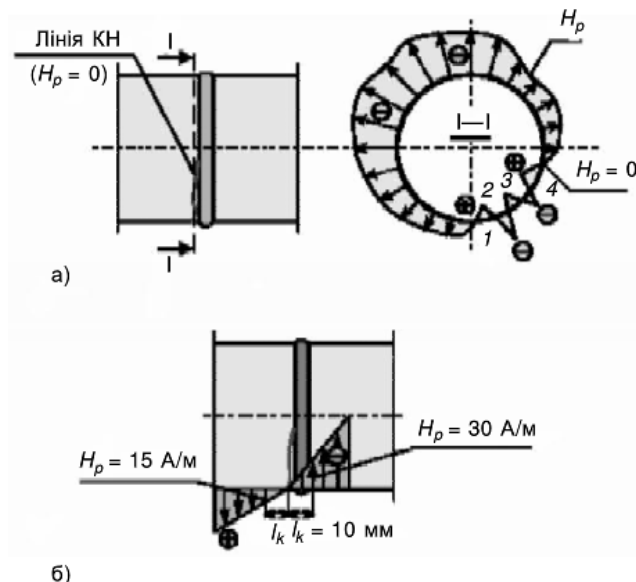
Посвідчення № і кваліфікація фахівця _____

Дата контролю _____

Керівник підрозділу технічного діагностування _____
(посада, ПІБ, підпис)

ДОДАТОК Б
(обов'язковий)ПРИКЛАД ВИЗНАЧАННЯ ЗОН КОНЦЕНТРАЦІЇ НАПРУЖЕНЬ ПРИЛАДОМ
ІЗ ЦИФРОВОЮ ІНДИКАЦІЄЮ НАПРУЖЕНОСТІ МАГНІТНОГО ПОЛЯ

На рисунку Б.1а) показано приклад розподілу магнітного поля H_p по периметру стикового з'єднання у зоні концентрації залишкових напружень (лінія КН).



- а) — діаграма H_p по периметру стику з концентрацією залишкових напружень КН (у зонах 1—4, по лінії $H_p = 0$)
 б) — діаграма H_p уздовж нижньої утворювальної труби в зонах 1 і 2 максимальної концентрації напружень

Рисунок Б.1 — Схема розподілу магнітного поля H_p по периметру стикового зварного з'єднання в зоні концентрації залишкових напружень

Щоб визначити інтенсивність напружень, поблизу лінії КН (лінії $H_p = 0$) на рівній відстані Δl_k від неї по обидва боки (рисунок Б.1б)) вимірюють величину H_p та визначають градієнт величини H_p по довжині. Цей градієнт, визначений за формулою $|\Delta H_p|/2l_k$, характеризує магнітний коефіцієнт інтенсивності залишкових напружень ($K_{ін}$). За результатами визначення значення $K_{ін}$ для різних ділянок із зонами концентрації напружень встановлюють його максимальні значення.

Наприклад, для ділянки зварного з'єднання (рисунок Б.1б)) значення $K_{ін}$ для зон 1 і 2 становлять:

$$\text{для зони 1: } K_{ін} = \frac{|-15 - 10|}{2l_k} = \frac{25 \text{ A/m}}{20 \text{ мм}} = 1,25 \frac{\text{A/m}}{\text{мм}} = 1250 \text{ A/m}^2; \quad (\text{Б.1})$$

$$\text{для зони 2: } K_{ін} = \frac{|-30 - 15|}{2l_k} = \frac{45 \text{ A/m}}{20 \text{ мм}} = 2,25 \frac{\text{A/m}}{\text{мм}} = 2250 \text{ A/m}^2. \quad (\text{Б.2})$$

Звідси виходить, що максимальне значення $K_{ін}$ перебуває в зоні 2.

**ПРИКЛАД ВИЗНАЧАННЯ ЗОН КОНЦЕНТРАЦІЇ НАПРУЖЕНЬ ПРИЛАДОМ,
ЩО МАЄ РЕЄСТРУВАЛЬНИЙ ТА СКАНУВАЛЬНИЙ ПРИСТРОЇ**

Контролювання зварного шва товстостінного барабана котла блока 110 Мвт.

На рисунку В.1 показано результати контролювання кільцевого зварного шва № 1 барабана ($\varnothing 1800 \times 87$, сталь, аналогічна марці 16 ГНМ) котла блока 110 МВт ТЕС.

На рисунку показано розподіл поля H_p по периметру шва (рисунок В.1а) і в розгорнутому вигляді (рисунок В.1б)), а також відзначено зони максимальних КН, у яких поле H_p має знакозмінний і стрибкоподібний характер з максимальним значенням dH/dx . Розрахунок $K_{cp}^1, K_{cp}^2, \dots, K_{cp}^i, K_{\delta cp}^i$ ввели тільки для ділянки зварного шва із зонами КН.

$$K_{cp}^1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|\Delta H_p^i|}{\Delta l_k^i} = 2,35 \text{ (А/м) / мм} \quad (\text{В.1})$$

$$K_{cp}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|\Delta H_p^i|}{\Delta l_k^i} = 3,4 \text{ (А/м) / мм} \quad (\text{В.2})$$

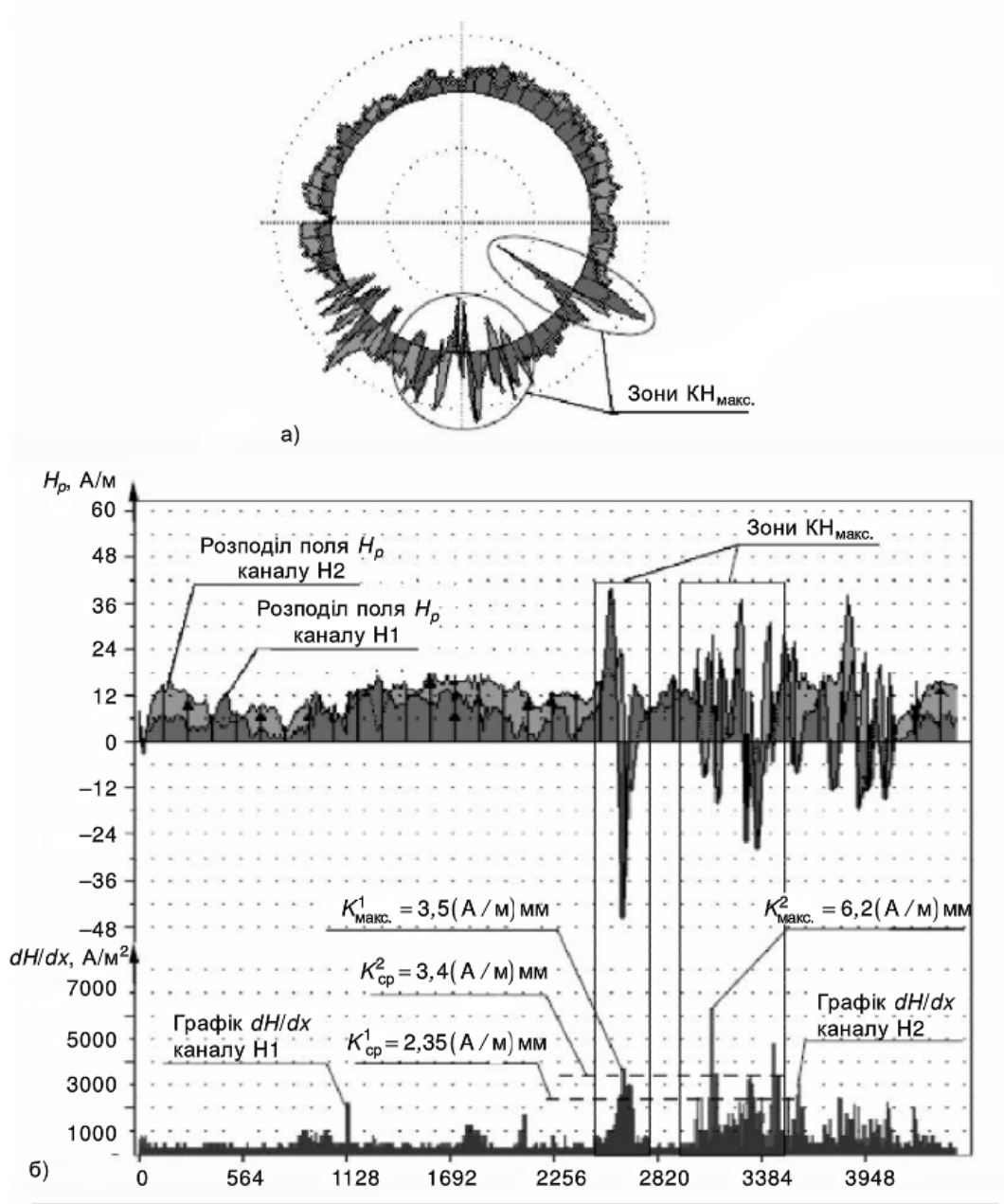
$$K_{cp}^{\delta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|\Delta H_p^i|}{\Delta l_{\delta}^i} = 1,7 \text{ (А/м) / мм} \quad (\text{В.3})$$

$$K_{\text{макс.}}^1 = 3,5 \text{ (А/м) / мм}$$

$$K_{\text{макс.}}^2 = 6,2 \text{ (А/м) / мм}$$

$$K_{\text{макс.}}^{\delta} = 3,5 \text{ (А/м) / мм}$$

$$\frac{K_{\text{макс.}}^1}{K_{cp}^1} = m_1 = \frac{3,5}{2,35} \cong 1,5; \frac{K_{\text{макс.}}^2}{K_{cp}^2} = m_2 = \frac{6,2}{3,4} \cong 1,82; \frac{K_{\text{макс.}}^{\delta}}{K_{cp}^{\delta}} = m_{\delta} = \frac{3,5}{1,7} \cong 2,05. \quad (\text{В.4})$$



а) — магнітограма поля H_p в зоні параметра шва;
 б) — магнітограма поля H_p в розгорненому вигляді.

Рисунок В.1 — Розподіл поля H_p уздовж зварного шва № 1 барабана котла блока 110 МВт ТЕС

Код УКНД 25.160.40

Ключові слова: зварні з'єднання, контроль якості, магнітна пам'ять металу, напруженість магнітного поля, залишкова намагніченість, зона концентрації залишкових напружень, дефект, прилад, давач, об'єкт контролювання.

Редактори **Д. Новік, С. Ковалець**

Технічний редактор **О. Марченко**

Коректор **Т. Нагорна**

Верстальник **І. Барков**

Підписано до друку 07.11.2008. Формат 60 × 84 1/8.

Ум. друк. арк. 1,39. Зам.

Ціна договірна.

Виконавець

Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ») вул. Святошинська, 2, м. Київ, 03115

Свідоцтво про внесення видавця видавничої продукції до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції від 14.01.2006 р., серія ДК, № 1647