

ЕЛЕКТРОМАГНІТНО-АКУСТИЧНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ З ІМПУЛЬСНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ПОЛЯРИЗУЮЧОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ФЕРОМАГНІТНИХ ВИРОБІВ

Буссі Салам, Г.М. Сучков, С.Ю. Плєснецов

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». 61002, м. Харків, вул. Кирпичова, 2.
E-mail: hpi.suchkov@gmail.com

Виконано експериментальні дослідження, що направлені на розробку електромагнітно-акустичних перетворювачів з малогабаритними імпульсними джерелами магнітного поля. Показано можливість створення перетворювачів з плоскими двовіковними котушками намагнічування, які забезпечують формування магнітного поля з індукцією до 1 Тл за час дії імпульсу намагнічування до 200 мкс струмом 600 А з малим часом включення та виключення. Електромагнітно-акустичні перетворювачі з новими котушками намагнічування забезпечують отримання донних імпульсів з амплітудою більше 20 дБ у порівнянні з амплітудою завод. Бібліограф. 13, табл. 2, рис. 10.

Ключові слова: електромагнітно-акустичний перетворювач, магнітне поле, високочастотне електромагнітне поле, імпульси ультразвукових хвиль, імпульсне намагнічування, феромагнітний виріб, котушка індуктивності, контроль, діагностика, товщинометрія

У порівнянні з традиційним використанням контактного ультразвукового методу контролю електромагнітно-акустичний (ЕМА) метод ультразвукового контролю [1, 2] має ряд, у першу чергу, економічних [3, 4] переваг при дефектоскопії феромагнітних катаних, штампованих, кованих виробів. ЕМА метод не потребує використання контактної рідини, зачищення поверхні об'єкту контролю (ОК), може контролювати суттєво холодні та гарячі вироби [2, 5] на високій швидкості відносного переміщення ОК і ЕМА перетворювача (ЕМАП).

Проте ЕМА метод має й недоліки. При контролі портативними приладами феромагнітних виробів і матеріалів ЕМАП притягуються до ОК з великим зусиллям, що приводить до складнощів при скануванні поверхні виробів оператором, зношення ЕМАП, налипання окалини, яку важко видалити [1, 5, 6].

Вирішити вищенаведені проблеми ЕМА методу контролю можливо за рахунок використання в складі ЕМАП імпульсних джерел магнітного поляризованого поля [5, 7–9]. Проте при використанні імпульсних джерел магнітного поляризованого поля виникає ряд проблем, що не дають суттєво покращити умови контролю: шуми Баркгаузена, когерентні завади з металевих елементів перетворювача тощо [5, 8, 9]. Тому дослідження, що направлені на вирішення проблем якісного контролю виробів із феромагнітних матеріалів ЕМАП є актуальними.

Метою роботи є вдосконалення ЕМАП, обладнаних імпульсними джерелами магнітного поляризованого поля.

Зміст і аналіз досліджень та розробки. В роботах [5, 10–12] було показано, що найбільш ефек-

тивним для контролю та діагностики феромагнітних ОК є використання імпульсів об'ємних зсувних (поперечних) високочастотних ультразвукових хвиль за умов збудження та чутливості контролю при однакових умовах. Тому такий підхід використано в подальших дослідженнях та розробках ЕМАП з імпульсним намагнічуванням.

Як було показано в роботі [9] імпульсне джерело поляризованого магнітного поля, що виконано з багатовитковою котушкою індуктивності та феромагнітним осердям [13], використовувати недоцільно, оскільки тривалість імпульсу підмагнічування значна, а величина завод суттєво зменшує чутливість ЕМАП.

Вирішити проблему можливо за рахунок зменшення індуктивності котушки джерела магнітного поля та визначити конструктивні та технологічні підходи щодо виконання сердечника імпульсного магніту [8].

Зменшення індуктивності котушки імпульсного джерела магнітного поля досягається за рахунок намотки її витків з дроту у вигляді стрічки шириною 10 мм і товщиною 0,5 мм, рис. 1. Такий підхід дозволяє збуджувати струм в сотні Ампер з малим часом встановлення робочого режиму та його закінчення.

Для дослідження роботи пристрою (рис. 1) було розроблено стенд, блок-схема якого наведена на рис. 2.

В якості ОК було використано вирізаний з листа зразок із сталі 45 з окалиною на поверхні розмірами 100×100×40 мм³. Ступінь максимальної шорсткості поверхонь зразка становила 0,5 мм.

© Буссі Салам, Г.М. Сучков, С.Ю. Плєснецов, 2020

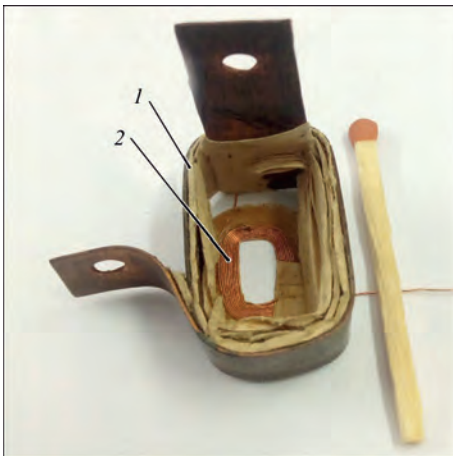


Рис. 1. Котушка імпульсного джерела магнітного поля та її розташування над високочастотною котушкою індуктивності ЕМАП: 1 – котушка індуктивності імпульсного джерела магнітного поля; 2 – високочастотна котушка індуктивності ЕМАП

Контроль проводився через лавсанову прокладку товщиною 0,2 мм. При вимірюваннях частота ультразвукових коливань складала 2,3 МГц, пакетний імпульс зондування мав тривалість в шість періодів частоти заповнення, величина пікового струму в високочастотній котушці складала 60 А.

Дослідження роботи котушки імпульсного джерела магнітного поля без сердечника показало, що при струмі близько 600 А створена максимальна індукція магнітного поля не перевищувала 1 Тл. Амплітуда прийнятого ультразвукового імпульсу відбитого від протилежної сторони зразка по відношенню до амплітуди завад після попереднього посилення не перевищувало трьох разів. Цього мінімально достатньо для проведен-

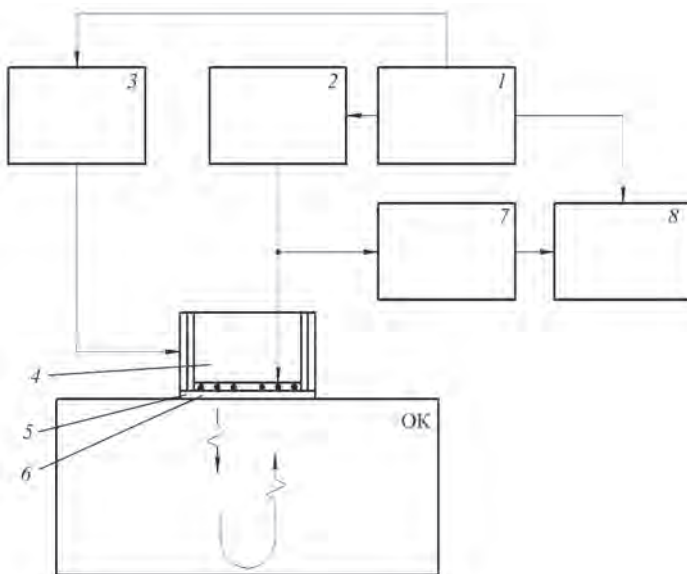


Рис. 2. Блок-схема стенда для проведення досліджень: 1 – блок управління; 2 – генератор зондуючих високочастотних імпульсів; 3 – джерело імпульсного струму для котушки намагнічування; 4 – котушка індуктивності джерела магнітного поля; 5 – плоска високочастотна котушка індуктивності; 6 – протектор; 7 – підсилювач; 8 – осцилограф (стрілками показано напрямки розповсюдження ультразвукових імпульсів в об'ємі ОК)

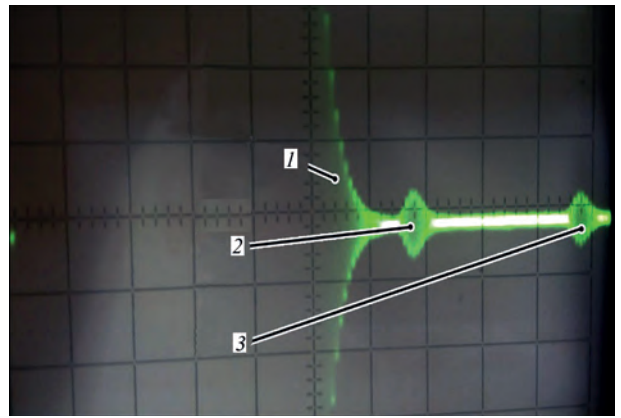


Рис. 3. Часова розгортка, яка отримана макетом з котушкою індуктивності джерела магнітного поля (рис. 1) з феромагнітним шихтованим осердям: 1 – зонduючий імпульс з завадами; 2 – другий донний імпульс; 3 – третій донний імпульс

ня товщинометрії або контролю тінювим та дзеркально-тінювим методом, але не достатньо для дефектоскопії луна-методом, який має значне поширення при діагностиці ОК.

Для збільшення амплітуди збуджувального та приймального ультразвукового імпульсу було виготовлено шихтоване осердя з пластин трансформаторного заліза товщиною 0,5 мм, яке заповнювало внутрішній об'єм котушки джерела магнітного поля. Дослідження отриманого засобу показало, що прийнятий імпульс з об'єму ОК збільшився приблизно в п'ять разів. Але і когерентні завади з осердя збільшились приблизно в стільки ж разів. В зоні розгортки після імпульсу збудження високочастотної котушки індуктивності виникли суттєві завади, які не дали можливості прийняти навіть перший донний сигнал (рис. 3).

Для збільшення величини індукції магнітного поля ЕМАП досліджено видовжену по висоті котушку індуктивності. При живленні такої котушки індуктивності струмом 600 А встановлено збільшення індукції поляризованого магнітного поля лише на 30 %. Враховуючи недоліки конструкції, наведеної на рис. 1, доцільно використання в синфазному варіанті високочастотної котушки перетворювача з двома робочими ділянками та створення магнітного поля двома протяжними по висоті котушками індуктивності джерела магнітного поля, включених зустрічно по магнітному полю.

На рис. 4 наведено спрощену конструкцію ЕМАП з видовженими котушками індуктивності джерела магнітного поля для збудження імпульсного магнітного поля.

Схему взаємного розташування плоскої високочастотної котушки індуктивності 5 та двох видовжених котушок індуктивності 9 і 10 з сердечниками 11 і 12 наведено на рис. 5.

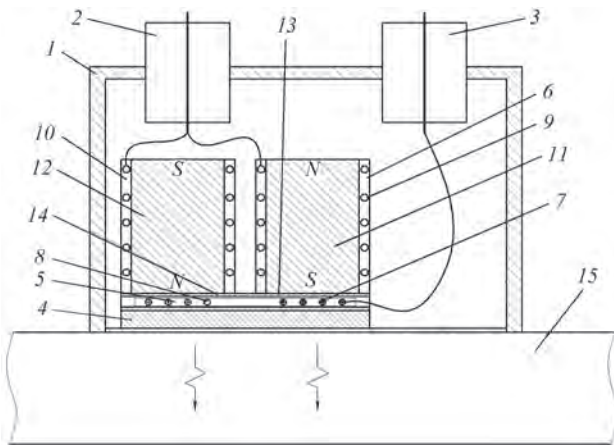


Рис. 4. Спрощена конструкція ЕМАП з видовженими котушками індуктивності на поверхні ОК: 1 – корпус; 2, 3 – електричні з'єднувачі; 4 – протектор; 5 – плоска високочастотна котушка індуктивності; 6 – джерело магнітного поляризуючого поля; 7, 8 – лінійні робочі ділянки паралельних провідників плоскої високочастотної котушки індуктивності; 9, 10 – дві видовжені котушки індуктивності; 11, 12 – сердечники з феромагнітного матеріалу; 13, 14 – торці сердечників; 15 – ОК (стрілками показано напрямок розповсюдження збуджених ультразвукових імпульсів)

ЕМАП працює наступним чином. ЕМАП, який має корпус 1, розташовують на поверхні ОК 15 (див. рис 4) так, щоб протектор 4 прилягав до поверхні ОК 15. В процесі роботи ЕМАП у дві видовжені котушки індуктивності 9 і 10 з сердечниками 11 і 12 з феромагнітного матеріалу джерела магнітного поля 6 через електричний з'єднувач 2 подається імпульс струму I прямокутної форми з заданою часою тривалістю T (рис. 6, а).

Оскільки дві видовжені котушки індуктивності 9 і 10 електрично з'єднані між собою зустрічно по магнітному полю, то на торцях 13 і 14 сердечників 11 і 12, відповідно, формується поляризуюче магнітне поле з протилежно напрямленими векторами магнітної індукції, які діють на поверхневі

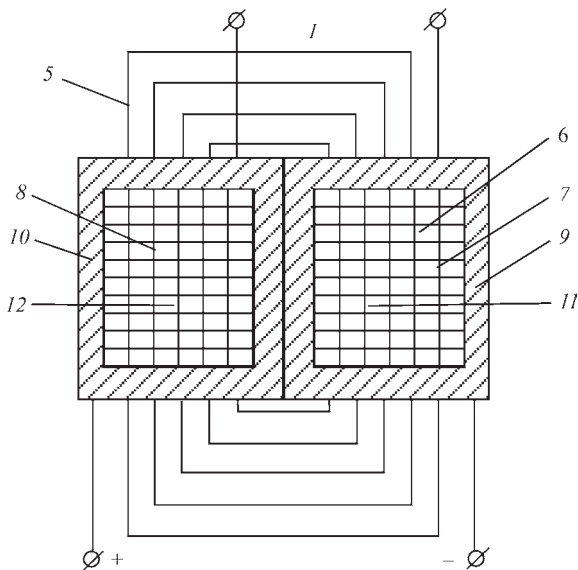


Рис. 5. Схема розміщення котушок імпульсного ЕМАП (позначення 5–11 див. на рис. 4)

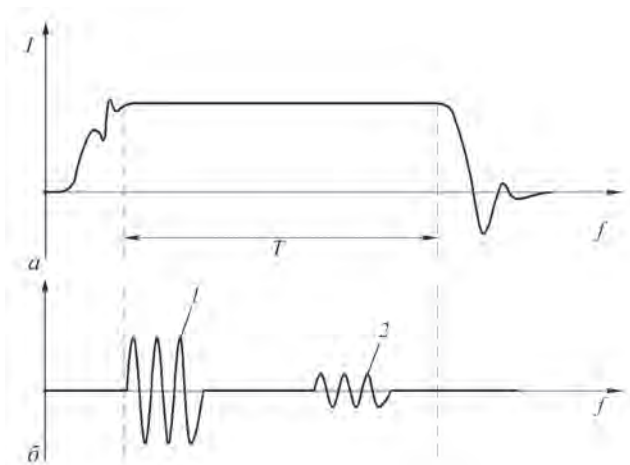


Рис. 6. Часові розгортки для струмів живлення котушок ЕМАП (опис див. у тексті)

шари ОК 15 під лінійними робочими ділянками 7 і 8 паралельних провідників плоскої високочастотної котушки індуктивності 5. Оскільки поляризуюче магнітне поле діє короткий проміжок часу T (рис. 6, а), як правило, кілька сотень мікросекунд, то ЕМАП практично не притягується до ОК 15. Час робочої експлуатації суттєво збільшується за рахунок зменшення зносу протектора перетворювача.

Одночасно зі створеним імпульсним поляризуючим магнітним полем в плоскій високочастотній котушці індуктивності 5 через з'єднувач 3 збуджується імпульс високочастотного струму живлення (рис. 6, б, поз. 1). У результаті в поверхневому шарі ОК 15 під лінійними робочими ділянками 7 і 8 паралельних провідників плоскої високочастотної котушки індуктивності 5 створюється імпульс високочастотного електромагнітного поля.

Взаємодія магнітного поля та високочастотного електромагнітного поля в поверхневому шарі ОК 15 призводить до збудження ультразвукових імпульсів з однаковою фазою, які розповсюджуються в об'ємі ОК 15. Відбиті з ОК 15 ультразвукові імпульси приймаються, імпульс (рис. 6, б, поз. 2), за рахунок зворотного ЕМА перетворення плоскою високочастотною котушкою індуктивності 5.

Експериментальні дослідження роботи розробленого ЕМАП показали, що ультразвукові сигнали відбиті від протилежної поверхні зразка ОК по відношенню до амплітуди завад збільшилися приблизно на 15...20 %. Цього недостатньо для виконання контролю луна-методом.

Кращий результат відносно попереднього джерела магнітного поля показав варіант конструкції у вигляді плоскої котушки індуктивності, зображення якої наведено на рис. 7.

Перевірка роботи такої котушки показала збільшення індукції поляризуючого магнітного поля приблизно на 50 %. Імпульс струму в



Рис. 7. Плоска котушка індуктивності джерела магнітного поля ЕМАП з одним вікном

котушці має практично прямокутну форму, що зменшує загальний час дії імпульсу струму намагнічування. Проте недоліком такої котушки є неможливість використання двох лінійних ділянок високочастотної котушки індуктивності. Для виключення вказаного недоліку було виготовлено плоскі котушки індуктивності джерела магнітного поляризованого поля з двома вікнами та різною кількістю витків.

Спрощена нова конструкція ЕМАП з імпульсним джерелом магнітного поляризованого поля наведена на рис. 8.

ЕМАП працює наступним чином. ЕМАП, який має корпус 9, розташовують на поверхні ОК 14 так, щоб протектор 10 прилягав до поверхні ОК 14. Низькочастотні котушки індуктивності 3 і 4 джерела магнітного поля 2, ізоляційна прокладка 15 і плоска високочастотна котушка індуктивності 1 закріплені в основі 13, яка, в свою чергу, закріплена в корпусі 9. Встановлення перетину провідників низькочастотних котушок індуктивності

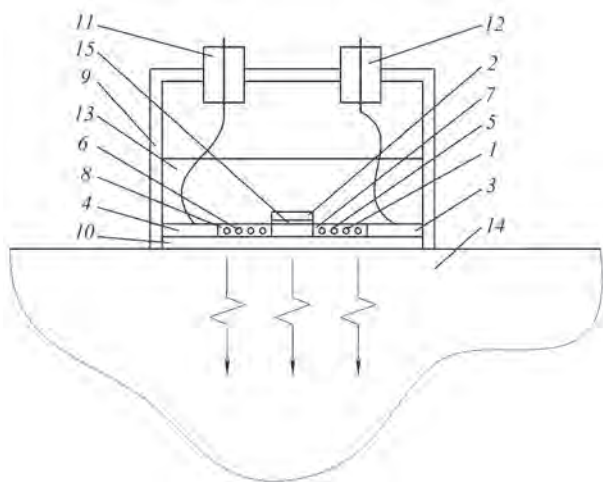


Рис. 8. Спрощене зображення конструкції ЕМАП для безконтактного ультразвукового контролю ОК з двохвіконними котушками індуктивності: 1 – плоска високочастотна котушка індуктивності; 2 – джерело магнітного поляризованого поля; 3, 4 – низькочастотні котушки індуктивності; 5, 6 – лінійні робочі ділянки паралельних провідників плоскої високочастотної котушки індуктивності; 7, 8 – отвори низькочастотних котушок індуктивності; 9 – корпус; 10 – протектор; 11, 12 – електричні з'єднувачі; 13 – основа; 14 – ОК; 15 – ізоляційна прокладка (стрілками показано напрямок розповсюдження ультразвукових імпульсів)

3 і 4 прямокутної форми з співвідношенням ширини до товщини 5...10 разів дозволяє ефективно концентрувати магнітне поле у вікнах 7 і 8.

Процес роботи ЕМАП аналогічний технології роботи перетворювача, наведеного на рис. 4.

Реальні зображення двохвіконних котушок індуктивності, які можуть бути використані в конструкції ЕМАП (рис. 8), показано на рис. 9. Дослідження котушок такого типу показали наступне.

- Паяні ділянки плоскої котушки індуктивності джерела магнітного поляризованого поля погіршують її теплові характеристики, тому котушки потрібно виготовляти з цільної високоелектропровідної пластини, наприклад, міді.

- Ізоляційні прокладки між пластинами котушки повинні мати високу міцність, оскільки при живленні прямокутними імпульсами струму між ними виникають вібрації, які можуть пошкодити ізоляцію.

- При значній частоті зондування ОК ультразвуковими імпульсами, тобто, при значній кількості імпульсів живлення джерела магнітного поля або значної величини струму плоскі котушки індуктивності можуть нагріватися до значної температури. Тому необхідно передбачати охолодження котушок. Матеріал дроту котушок повинен мати високу теплопровідність.

Результати дослідження впливу кількості витків котушки на відношення амплітуд донного сигналу та завад наведено в табл. 1. Аналіз даних показує, що кількість витків плоскої котушки індуктивності джерела магнітного поля ЕМАП раціонально вибирати не менше трьох. Проте більша кількість витків котушки індуктивності утруднює її охолодження. Збільшується час встановлення робочого режиму, а також габарити ЕМАП.

Таблиця 1. Вплив кількості витків плоскої котушки індуктивності джерела магнітного поля ЕМАП на амплітуду корисного сигналу

Кількість витків, шт.	Відношення амплітуди донного імпульсу до амплітуди завад, дБ
1	12
2	18
3	24
4	27
5	29



Рис. 9. Плоскі котушки індуктивності джерела магнітного поля ЕМАП з двома вікнами та різною кількістю витків

Досліджено також в плив частоти зондування ОК на температурні характеристики котушок індуктивності джерела магнітного поля. Результати досліджень наведено в табл. 2.

Результати (табл. 2) отримані при температурі навколишнього середовища 22 °С. Струм в котушці індуктивності джерела магнітного поля склав 600 А. Час дії імпульсу намагнічування склав 200 мкс, що достатньо для діагностики об'єму більшості феромагнітних виробів. Діелектричний зазор між ЕМАП і ОК склав 0,2 мм.

Аналіз табл. 2 показує, що до частот зондування ОК близько 50...60 Гц охолодження ЕМАП не потрібне. При частотах зондування вище 50...60 Гц необхідне охолодження, наприклад, струменем повітря.

Слід відмітити, що використання моделі ЕМАП з плоскою котушкою індуктивності джерела магнітного поля (рис. 9) дозволило суттєво зменшити тривалість зондувального імпульсу з завадами, (рис. 10, поз. 1) та покращити відношення амплітуди донних імпульсів до амплітуди завад, (рис. 10, поз. 2–4).

Дані, наведені на рис. 10, отримані при частоті зондування 40 Гц, частоті ультразвукових коливань 2,3 МГц, тривалості імпульсу намагнічування 200 мкс, струму намагнічування 600 А. Вимірювання виконували через лавсанову прокладку товщиною 0,2 мм між макетом ЕМАП і ОК.

Аналіз даних, наведених на рис. 10 в порівнянні з даними на рис. 3, вказує на можливість використання котушок такого типу в складі ЕМАП

Таблиця 2. Вплив частоти зондування ОК на температуру плоскої двохвіконної котушки індуктивності джерела магнітного поля

Частота зондування, Гц	Температура, °С
10	22
30	25
50	44
60	68
70	86
80	97
90	113

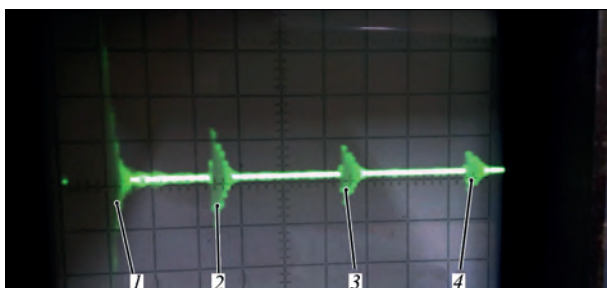


Рис. 10. Часова розгортка з донними сигналами при використанні плоскої трьохвиткової котушки індуктивності імпульсного джерела магнітного поля ЕМАП з двома вікнами: 1 – зондувальний імпульс з завадами; 2 – перший донний імпульс; 3 – другий донний імпульс; 4 – третій донний імпульс

для товщинометрії, дефектоскопії тіньовим та дзеркально-тіньовим методом, а при використанні засобів обробки прийнятої інформації, то і для ультразвукової дефектоскопії луна-методом [5].

Висновки

1. Встановлено, що для формування потужного імпульсного намагнічувального поляризовуючого магнітного поля електромагнітно-акустичного перетворювача з заданим часом дії з мінімальною тривалістю процесу включення та виключення, джерело магнітного поля необхідно виготовляти з плоских котушок індуктивності з двома вікнами, де формується магнітне поле протилежної полярності. Під вказаними вікнами необхідно розташувати робочі ділянки високочастотної котушки індуктивності, в яких високочастотний струм направлений в протилежних напрямках, що забезпечує синфазне збудження в об'єкті контролю ультразвукового поля збільшеної потужності.

2. Показано, що раціонально вибирати кількість витків плоских котушок індуктивності джерела імпульсного магнітного поля з двома вікнами в кількості трьох, що забезпечує індукцію магнітного поля до 1 Тл, температуру котушки до 80...90 °С при частоті зондування до 70 Гц та максимальному струмові намагнічування 600 А.

3. Розроблено конструкції електромагнітно-акустичних перетворювачів з імпульсним джерелом поляризовуючого магнітного поля, які забезпечують отримання відношення амплітуд донних імпульсів і завад більше 20 дБ, що забезпечує використання електромагнітно-акустичних перетворювачів для контролю луна-методом.

4. Встановлено, що для забезпечення теплового режиму роботи електромагнітно-акустичного перетворювача плоску котушку індуктивності джерела імпульсного магнітного поля необхідно виготовляти з цілого шматка тонкого листа з високоелектропровідного матеріалу, наприклад, з міді.

Список літератури

1. Патон Б.Е., Троицкий В.А. (2013) Основные направления работ ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины по совершенствованию неразрушающего контроля сварных соединений. *Техническая диагностика и неразрушающий контроль*, 4, 13–29.
2. Ермолов И.Н., Ланге Ю.В. (2004) *Неразрушающий контроль: Справочник в 7 т. Т. 3: Ультразвуковой контроль*. Ключев В.В. (ред), Москва, Машиностроение.
3. Судакова К.В., Казюкевич И.Л. (2004) Пути повышения эффективности контроля качества металлургической продукции. *В мире неразрушающего контроля*, 3, 8–10.
4. Семеренко А.В. (2014) Применение ЭМАП для контроля коррозии и эрозии паронагревателей котельных установок. *Территория NDT*. 1, 42–43.
5. Сучков Г.М. (2005) *Развиток теории и практики створення приладів для електромагнітно-акустичного контролю металовиробів*: автореф. дис. ... докт. техн. наук. Харків, НТУ «ХПІ», 37.
6. Мигущенко Р.П., Сучков Г.М., Радев Х.К. и др. (2016) Электромагнитно-акустический преобразователь для

- ультразвукової товщинометрії ферромагнітних металлоізделій без удалення діелектричного покриття. *Технічна електродинаміка*, **2**, 78–82.
7. Михайлов А.В., Гобов Ю.Л., Смородинский Я.Г., Щербинин С.В. (2015) Электромагнитно-акустический преобразователь с импульсным подмагничиванием. *Дефектоскопия*, **8**, 14–23.
 8. Сучков Г.М., Салам Буссі (2019) Моделирование поляризуемого магнитного поля электромагнитно-акустического перетворювача електромагнітної енергії в ультразвуковій «Проблеми інформатики та моделювання» 11–16 вересня, Кароліно-Бугаз.
 9. Салам Буссі (2019) Ультразвуковий перетворювач для безконтактного контролю виробів з ферромагнітних матеріалів. WayScience. *Матеріали I Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Інтеграція освіти, науки та бізнесу в сучасному середовищі: літні диспути», 1–2 серпня, Дніпро*, сс. 620–624.
 10. Сучков Г.М. (2001) Исследование особенностей распространения упругих волн, возбуждаемых ЭМА способом. *Контроль. Диагностика*, **12**, 36–39.
 11. Бобров В.Т., Шевалдыкин В.Г. (2016) Многократные ультразвуковые эхо-сигналы в пластине: анализ и применение. *В мире неразрушающего контроля*, **19**, 1, 36–41.
 12. Бобров В.Т., Шевалдыкин В.Г. (2017) Многократные ультразвуковые эхо-сигналы в пластине: анализ и применение. *Технология машиностроения*, **5**, 50–54.
 13. Альохін С.Г. (2013) *Толщинометрия металлоконструкций на основе электромагнитно-акустического преобразования в импульсном магнитном поле*: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, МНПО «Спектр».
 3. Sudakova, K.V., Kazyukevich, I.L. (2004) On improvement of effectiveness of quality control of metallurgical products. *V Mire Nerazrushayushchego Kontrolya*, **3**, 8-10 [in Russian].
 4. (2014) Application of EMAT for corrosion and erosion control in steam heaters ob boiler units. *Territoriya NDT*, **1**, 42-43 [in Russian].
 5. Suchkov, G.M. (2005) *Development of theory and practice of designing instruments for electromagnetoacoustic testing of metal products*. In: Syn. of Thesis for Dr. of Techn. Sci. Degree. Kharkiv, NTU KhPI [in Ukrainian].
 6. Migushchenko, R.P., Suchkov, G.M., Radev, Kh.K. et al. (2016) Electromagnetoacoustic transducers for ultrasonic thickness measurement of ferromagnetic metal products without removing the dielectric coating. *Tekhnichna Elektrodynamika*, **2**, 78-82 [in Russian].
 7. Mikajlov, A.V., Gobov, Yu.L., Smorodinsky, Ya.G., Shcherbinin, S.V. (2015) Electromagnetoacoustic transducer with pulsed magnetization. *Defektoskopiya*, **8**, 14-23 [in Russian].
 8. Suchkov, G.M., Salam Bussi (2019) Modeling of polarizing magnetic field of electromagnetoacoustic transducer of electromagnetic energy into ultrasonic energy. *In: Abstr. of Papers of 19th Int. Sci.-Techn. Conf. on Problems of Informatics and Modeling (11-16 September, 2019, Carolino Bugaz, Ukraine)*.
 9. Salam Bussi (2019) Ultrasonic transducer for contactless control of products from ferromagnetic materials. Way Science. *In: Proc. of 1st Int.-Pract. Internet-Conf. on Integration of Education, Science and Business in Modern Environment: Summer Discussions (1-2 August, 2019, Dnipro)*, pp. 620-624.
 10. Suchkov, G.M. (2001) Investigation of the features of propagation of elastic waves excited by EMA method. *Kontrol. Diagnostika*, **12**, 36-39 [in Russian].
 11. (2016) Multiple ultrasonic echo-signals in a plate: Analysis and application. *V Mire Nerazrushayushchego Kontrolya*, **19**(1), 36-41 [in Russian].
 12. Bobrov, V.T., Shevaldykin, V.G. (2017) Multiple ultrasonic echo-signals in a plate: Analysis and application. *Tekhnologiya Mashinostroeniya*, **5**, 50-54 [in Russian].
 13. Alyokhin, S.G. (2013) *Thickness measurement in metal structures based on electromagnetoacoustic transformation in a pulsed magnetic field*. In: Syn. of Thesis for Cand. of Tekhn. Sci. Degree. Moscow, Spekr [in Russian].

References

ELECTROMAGNETOACOUSTIC TRANSDUCER WITH PULSED SOURCES OF POLARIZING MAGNETIC FIELD FOR QUALITY CONTROL OF FERROMAGNETIC PRODUCTS

Bussi Salam, G.M.Suchkov, S.Yu. Plesnetsov

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute». 2 Kirpichov Str., 61002, Kharkiv, Ukraine.

E-mail: hpi.suchkov@gmail.com

Experimental studies were performed, which are aimed at development of electromagnetoacoustic transducers with small-sized pulsed sources of the magnetic field. Possibility of development of transducers with flat two-window magnetization coils is shown. They provide formation of the magnetic field with up to 1 T induction during the time of impact of magnetization pulse of up to 200 μs with 600 A current with short switching on and off time. Electromagnetoacoustic transducers with new magnetization coils ensure obtaining backwall echo pulses with more than 20 dB amplitude, compared to interference amplitude. 13 Ref., 2 Tabl., 10 Fig.

Keywords: electromagnetoacoustic transducer; magnetic field, high-frequency electromagnetic field, ultrasonic wave pulses, magnetization pulse, ferromagnetic product; inductance coil, control, diagnostics, thickness measurement

Надійшла до редакції
07.10.2019

**Правила для авторів, ліцензійні угоди, архівні випуски журналів на сайті видавництва www.patonpublishinghouse.com.
У 2020 р. у відкритому доступі випуски журналів з 2009 по 2018 рр. в форматі *.pdf.**

Контакти:

Тел./факс: (38044) 200-82-77, 205-23-90
E-mail: journal@paton.kiev.ua
www.patonpublishinghouse.com

Підписано до друку 27.02.2020. Формат 60×84/8.
Офсетний друк. Ум. друк. арк. 7.67.
Друк ТОВ «ДІА».
03022, м. Київ-22, вул. Васильківська, 45.