ПЕРЕВАГИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНО-АКУСТИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ З ІМПУЛЬСНИМ НАМАГНІЧУВАННЯМ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ВИРОБІВ З ФЕРОМАГНІТНИХ МАТЕРІАЛІВ

Сучков Григорій Михайлович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп’ютерних та радіоелектронних систем контролю та діагностики, НТУ «ХПІ», Харків, Україна. <https://orcid.org/0000-0002-1805-0466>.

Кальницький Максим Едуардович, аспірант кафедри комп’ютерних та радіоелектронних систем контролю та діагностики, НТУ «ХПІ», Харків, Україна

Курандо Олексій Ігорович, аспірант кафедри комп’ютерних та радіоелектронних систем контролю та діагностики, НТУ «ХПІ», Харків, Україна

В останні роки доволі інтенсивно розвиваються ультразвукові методи вимірювань і контролю на базі електромагнітно – акустичного (ЕМА) ефекту збудження і прийому ультразвукових імпульсів. Більшість з відомих розробок [1-2] використовують в якості джерела магнітного поляризуючого поля постійні магніти. ЕМА перетворювачі (ЕМАП) з постійними магнітами прості за конструкцією, малогабаритні, непримхливі в експлуатації. Такі ЕМАП дають можливість збуджувати і приймати усі відомі різновиди ультразвукових хвиль та їх комбінації: об’ємні зсувні та поздовжні, поверхневі горизонтально поляризовані SH хвилі, хвилі Релея та Лемба, під кутом 0о, 900, або в діапазоні 0…90о. Прилади з ЕМАП реалізують всі відомі методи ультразвукового контролю: луна-метод; тіньовий; дзеркально-тіньовий тощо. Суттєвою перевагою ЕМАП являється можливість збуджувати та приймати ультразвукові імпульси зсувних коливань нормально поверхні металу, практично незалежно від її кривизни, які мають високу чутливість щодо виявлення тонких розшарувань в листах, трубах тощо. Прилади з ЕМАП контролюють гарячий і холодний метал. Контроль може виконуватися через діелектричні покриття товщиною до 10 мм і більше без їх видалення. Іржа, невідлущена нетовста окалина, шар рідини та бруду, шорсткість поверхні об’єкту контролю (ОК) суттєво не впливають на результати вимірювань об’ємними зсувними хвилями, збуджених ЕМАП; економічні витрати, за рахунок виключення зачистки поверхні ОК при використанні ЕМАП, зменшуються майже в 2 рази [2]; ЕМА метод забезпечує можливість виявлення відшарування діелектричного покриття за рахунок збудження і прийому ультразвукових імпульсів ЕМАП виключно в поверхневому шарі металевого ОК; за рахунок форми високочастотної котушки індуктивності ЕМАП забезпечується можливість фокусувати ультразвукове поле в заданому місці поверхневого шару або в об’ємі ОК; ЕМА метод дозволяє виконувати ультразвуковий контроль зсувними ультразвуковими імпульсами всього шару металу ОК [2].

З іншої точки зору прилади з ЕМАП (з постійним магнітним полем), як вважається деякими фахівцями, мають свої недоліки, особливо при контролі феромагнітних матеріалів: порівняно низька чутливість щодо корисного сигналу; значний вплив зміни величини зазору між ЕМАП і металічною поверхнею ОК; при контролі феромагнітних ОК зазор між ЕМАП і металовиробом заповнюється іржею, окалиною, частинками металу тощо, що приводить до зниження чутливості (екранування), а також до появи когерентних імпульсів завад зі значною амплітудою; при ручному контролі ЕМАП з постійними магнітами складно видаляти металічні частинки з феромагнітного матеріалу, що налипають на перетворювач; необхідність надійно захищати перетворювач від електромагнітних завад; ЕМАП сильно притискається до феромагнітного ОК [2]; для ЕМАП з потужними постійними магнітами необхідно використовувати механічні системи для сканування, що ускладнює його конструкцію; можливе збудження ультразвукових когерентних завад в металічних елементах ЕМАП та в магніті.

Проблема живленням високочастотних котушок індуктивності ЕМАП короткими пакетними імпульсами в вигляді цуга з часовою тривалістю кілька мікросекунд струмами силою в сотні ампер вирішується шляхом використання сучасних високочастотних напівпровідникових польових елементів.

Проблеми пов’язані з магнітним полем ЕМАП набагато складніші. Відомі роботи, в яких повідомляється про створення джерел потужних імпульсних магнітних полів на час порядку декількох мілісекунд, результати яких можливо використати при побудові вузлів для використання в складі ЕМА перетворювачів. Приклад реалізації такого підходу наведено на рисунку.



Рис. Спрощене зображення ЕМАП з імпульсним намагнічуванням (а) та технологічна схема його роботи [3]

Зважаючи на складність реалізації таких ЕМАП, вони мають при контролі феромагнітних виробів суттєві переваги. Багато дослідників стверджують, що величини магнітної індукції, які створюються імпульсними електромагнітами, можуть перевищувати в кілька разів значення, які формуються магнітними системами портативних приладів з використанням постійних магнітів. Таким чином можливо суттєво збільшити чутливість ЕМАП. Проте використання імпульсних магнітів в складі ЕМА перетворювачів напевне мають особливості, оскільки має місце одночасна взаємодія котушки імпульсного намагнічування і високочастотної котушки індуктивності при впливі матеріалу ОК та відносного положення ЕМАП і металу [3]. Тому необхідно дослідити дію вказаних факторів на результати ультразвукового контролю.

**Література**

1. Сучков Г.М. Розвиток теорії і практики створення приладів для електромагнітно-акустичного контролю металовиробів: автореф. дис. … докт. техн. наук: 05.11.13. НТУ ХПІ. Харків. 2005. 37 с.
2. Десятніченко О.В. Електромагнітно-акустичний товщиномір для контролю металовиробів з діелектричними покриттями: дис. …. канд. техн. наук: 05.11.13. Харків. 2015. 172 с.
3. Guofu Zhai, Bao Liang, Xi Li, Yuhang Ge, Shujuan Wang. High-temperature EMAT with double-coil configuration generates shear and longitudinal wave modes in paramagnetic steel. NDT & E International. 2022. Vol. 125. Pp. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ndteint.2021.102572>.