

Г. М. СУЧКОВ, д-р техн.наук, проф. НТУ «ХП»

К. Л. НОЗДРАЧОВА, аспірант каф. ПМНК НТУ «ХП»

С. В. ХАЩИНА, студент каф. ПМНК НТУ «ХП»

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ, ЯКІ ВИЗНАЧАЮТЬ РОБОТУ ЕМА ДЕФЕКТОСКОПУ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ДОВГОМІРНИХ ВИРОБІВ

Разработан стенд для контроля длинномерных стальных изделий цилиндрической формы с переходным размером диаметра от 10 до 50 мм с ЭМА преобразователем, в котором применен «зигзагообразный» высокочастотный индуктор, позволяющий вводит акустические импульсы под углом к поверхности металла. Проанализировано влияние основных факторов, которые определяют работу ЭМА дефектоскопа: угол перекося, зазор между преобразователем и объектом контроля, а также тока в индукторе датчика, длительности пакета, частоты заполнения импульса, которые питают преобразователь.

The stand for the control of lengthy steel products of the cylindrical form with the transitive size of diameter from 10 to 50 mm is made. It is developed EMA transducer with use "zigzag" high-frequency inductor which allows to enter acoustic impulses under a corner to the surface. Influence of major factors which define work EMA flaw detector, such as a declivity angle, a backlash between the transducer and the object of the control is defined. Schedules of characteristics of EMA transducer for the control of ferromagnetic rods from pressure, current, quantities of impulses in a package and frequencies which enter from the probe pulse generator to the transducer are resulted.

Для правильної оцінки якості довгомірного виробу ЕМА методом необхідно експериментально оцінити вплив на результати контролю факторів різного характеру. Встановлено, що серед тих які слід врахувати: зазор між ЕМА перетворювачем (ЕМАП) і поверхнею металу; перекося; величина амплітуди сигналу живлення перетворювача; величина імпульсного високочастотного струму в котушці ЕМАП; структура основної матриці металу виробу; чутливість до дефектів різних розмірів, орієнтації, розміщення в перетині, форми, заповнення; відстані до дефекту, торця виробу; взаємного просторового розташування ЕМА датчика і виявляемого дефекту та інших [1].

Для виконання експериментальних досліджень був розроблений стенд, блок-схема якого приведено на рис. 1. Стенд включає формувач 1 імпульсів, генератор зондуєчи імпульсів (ГЗІ) 2, ЕМАП 3, попередній підсилювач (ПУ) 4, осцилограф 5 і об'єкт контролю (ОК) 6. Функціонує схема наступним чином. Формувач 1 виробляє напруги, які необхідні для живлення ЕМАП і синхронізації блоків пристрою. ГЗІ 2 посилює зондуєчи імпульси до величини, достатньої для роботи ЕМАП 3. Так як перетворювач має подвійну діаграму спрямованості, в ОК 6 збуджуються пакети 7 імпульсів, які розповсюджуються вздовж сталевого стрижня 6, довжиною 210 см та

діаметром 18 мм з дефектом 9 у вигляді поперечного свердління глибиною 3 мм у двох напрямках до торців виробу, збільшуючи з кожним відбиттям кількість різнонаправлених променів в ультразвуковому пакеті. Відбиваючись від торців, пакети імпульсів від одного 8 та другого 12 торця розповсюджуються у напрямку ЕМАП 3. При наявності в виробі 6 поверхневого або внутрішнього дефекту 9 імпульси пакету дифрагують на ньому. Дифраговані імпульси 10 в вигляді пакету 11 повертаються до ЕМАП 3 і приймаються та реєструються на екрані осцилографу 5. Пакети імпульсів від торців ОК визначають максимальну зону контролю.

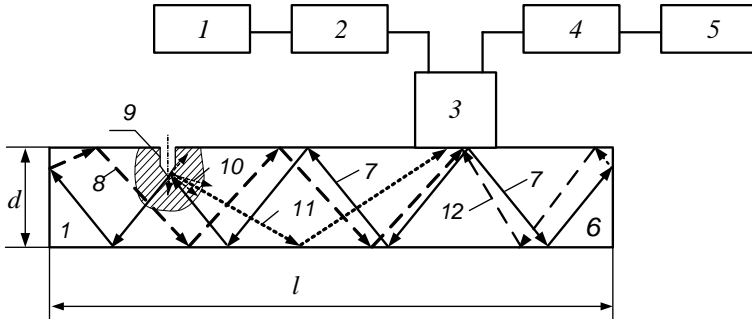


Рис. 1. Блок-схема стану для експериментальних досліджень луна-дифракційного методу при контролі довгомірних виробів з використанням ЕМАП

На рис.2 наведено реалізацію, отриману з допомогою розробленого стану. Очевидно, що є можливість проведення ефективного контролю довгомірних ОК з використанням ЕМА перетворювачів.

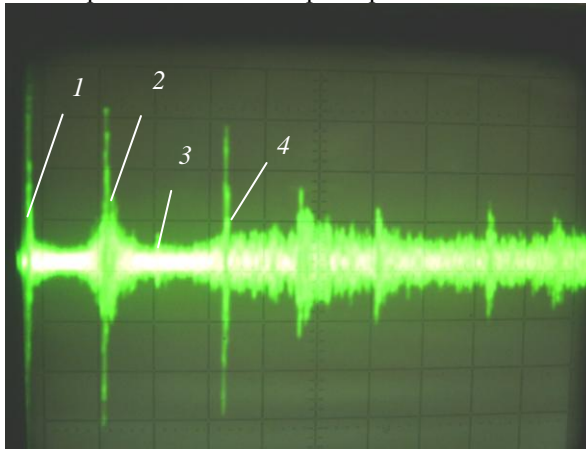


Рис. 2. Реалізація на екрані осцилографу з сигналами від торців стрижня та від дефекту

1 – зондуєчий імпульс; 2 – імпульс від ближнього торця ОК 6;
3 – імпульс від дефекту; 4 – імпульс від дальнього торця 1 ОК

Оцінка впливу зазору між ЕМАП і поверхнею контролюваного виробу є важкою задачею. В роботі [2] вона була визначена для випадку, коли поверхня виробу плоска, в вигляді

$$K = 1 - 2g/G,$$

де g – зазор між поверхнею металу і площиною, на якій розміщена поверхня полюса джерела магнітного поля, поверненого до металу; G – ефективний розмір робочого полюса магніту.

Частіше за все цей коефіцієнт розраховується числовими методами. Проте для практики більш важливим є експериментальне визначення його впливу. Для цього було виготовлено джерело магнітного поля на основі постійного магніту Ne-Fe-B з формою полюса, яка повторювала форму поверхні стрижня. Результати вимірювання впливу зазору h та кута α перекосу датчика з різних сторін на величину амплітуди сигналу приведено на рис. 3 і рис.4.

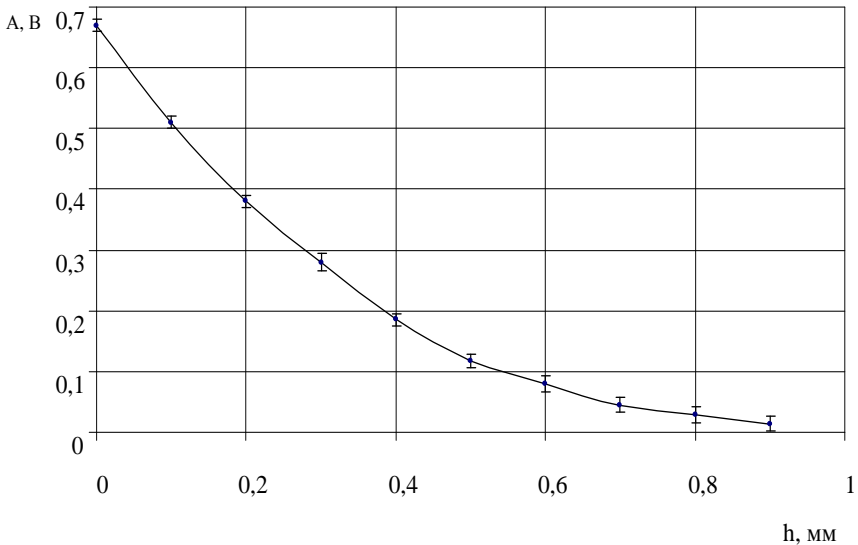


Рис. 3. Вплив величини зазору між полюсом магніту і поверхнею металу на амплітуду корисного сигналу ЕМАП

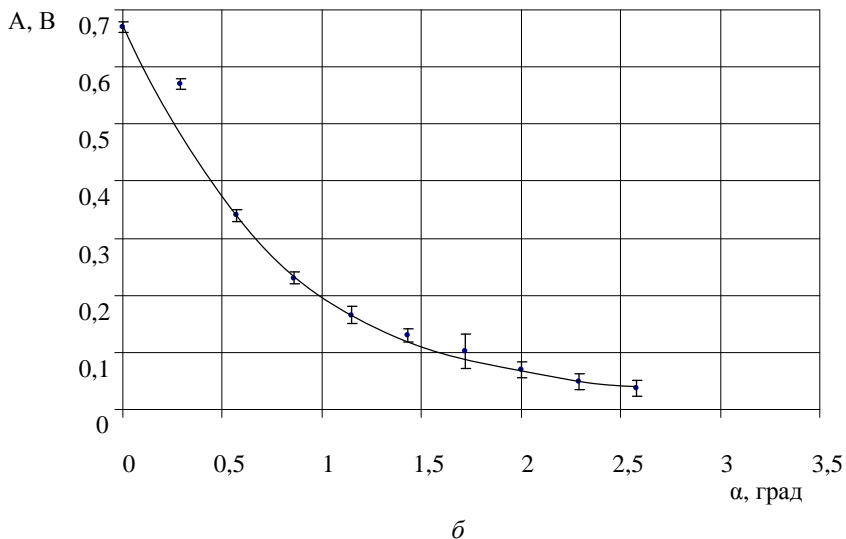
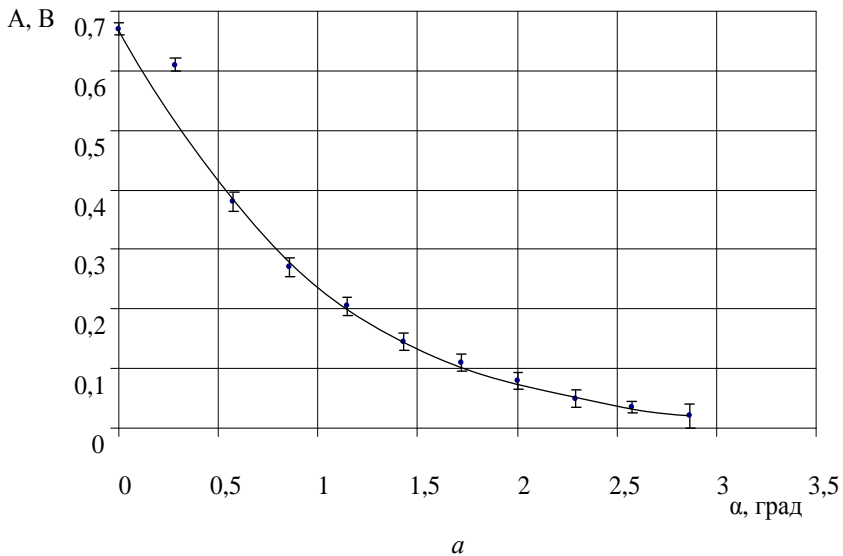


Рис. 4. Вплив величини кутів перекосу на амплітуду вихідного сигналу ЕМАП: а) – кути перекосу вздовж випромінювання-прийому з різних сторін ЕМАП; б) – кут перекосу поперек випромінювання-прийому ЕМАП

Аналіз результатів наведених на рис. 3 показує, що на 0,8 мм зазору

зміна амплітуди вихідного сигналу складає 0,6 В. В роботі [2] показано що вплив зазору на корисний сигнал в котушці ЕМА перетворювача, визначений тільки для плоского виробу, визначається виразом

$$Q = F(R)\exp(-4\pi h/r),$$

де $F(R)$ – коефіцієнт, який враховує форму індуктора перетворювача; h – зазор між індуктором і металом; r – ефективний розмір індуктора.

Тобто наведені експериментальні дані якісно співпадають з теоретичними результатами інших авторів [1-2].

З даних рис.4 можна зробити висновок, що при куті перекосу на 0,3 град, амплітуда сигналу змінюється на 0,1 В.

Амплітуда інформаційного сигналу повинна перевищувати завади в 2 рази і більше Отже допустимі зміни для зазору не повинні перевищувати 0,8 мм, а для кутів перекосу ЕМАП приблизно 2 град. Тому слід обов'язково стабілізувати зазор та перекоси датчика і підтримувати ці величини постійними за допомогою механічних систем.

Суттєве значення для забезпечення чутливості контролю мають апаратні характеристики дефектоскопу. На рис. 5-рис. 8 наведені дані при контролі феромагнітних стрижнів від напруги, струму, тривалості імпульсів в пакеті та частоти заповнення, які надходять на перетворювач з ГЗІ.

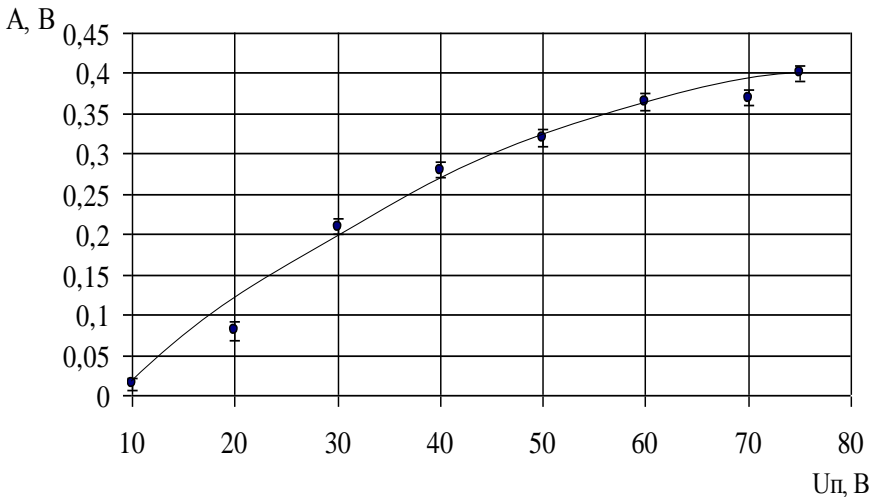


Рис. 5. Залежність амплітуди прийнятого сигналу від величини напруги живлення вихідного каскаду ГЗІ

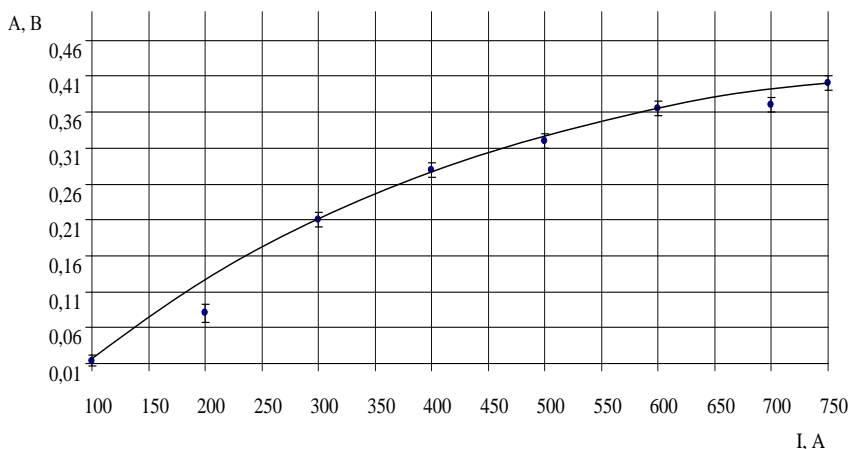


Рис. 6. Залежність амплітуди прийнятого сигналу від величини струму в індукторі ЕМАП

З даних рис. 5, рис.6 можливо зробити висновок, що при зміні напруги джерела живлення від 10 до 75 В та струму в котушці ЕМАП від 100 до 750 А (напруга на індукторі ЕМАП досягала 1,5 кВ), амплітуда прийнятого сигналу змінюється від 0,01 до 0,4 В. Максимум амплітуди прийнятого сигналу $A = 0,4$ В досягається при напрузі джерела живлення $U = 75$ В та величини струму в ЕМАП $I = 750$ А, тобто при їх максимальних значеннях. Проте задавати більшу напругу та струм для збільшення амплітуди імпульсу не слід із-за можливості пробоя ізоляції між витками високочастотного індуктора ЕМАП.

Окрім того, з даних рис.6 впливає нелінійна залежність амплітуди прийнятого сигналу від струму в індукторі перетворювача. В той же час з в теоретичних роботах [3] показано, що така залежність повинна бути лінійна. В наступних роботах необхідно дослідити встановлену невідповідність.

З наведених на рис.7 даних можна зробити висновок про встановлення тривалості імпульсів живлення ЕМАП не менше 3 періодів заповнення пакету. Така вимога обумовлена необхідністю розкачати коливальний контур ЕМАП. Більша тривалість не приводить до збільшення амплітуди корисного сигналу. А подальше зменшення амплітуди прийнятого імпульсу при збільшенні тривалості імпульсу обумовлене падінням напруги джерела живлення вихідного каскаду ГЗІ. Таким чином, доцільно встановлювати тривалість зондуючого імпульсу рівним 3 періодам заповнення пакету для даного ЕМАП.

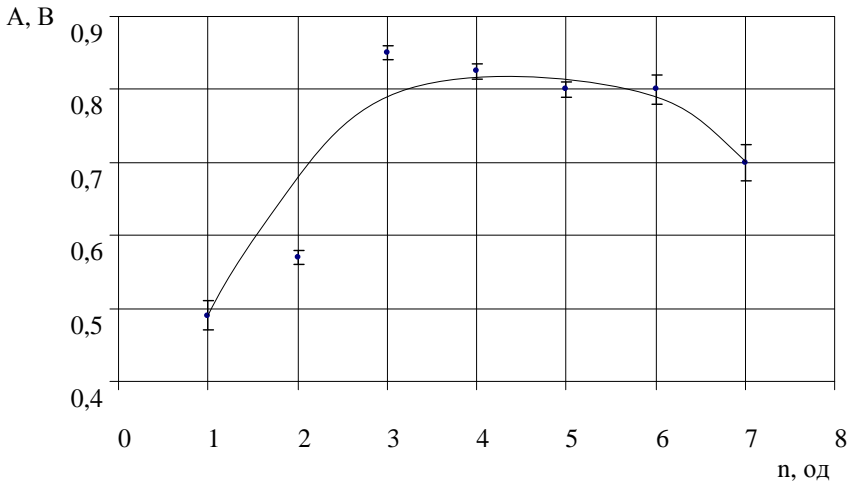


Рис. 7. Залежність амплітуди прийнятого сигналу від тривалості імпульсів (кількості n періодів коливань в пакеті), яким живиться ЕМАП

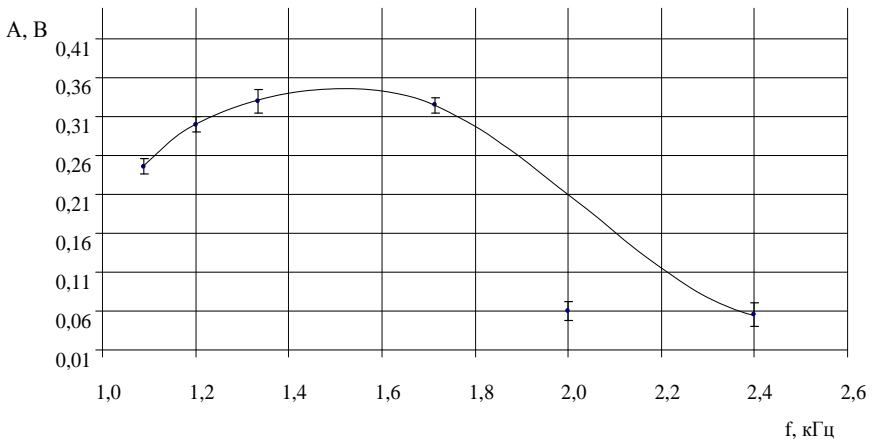


Рис. 8. Залежність амплітуди прийнятого сигналу від частоти заповнення зондуючого пакету

Результати досліджень наведені на рис. 8 показують, що для електричного тракту розробленого макету з врахуванням смуги пропускання

системи блоків ГЗИ-ЕМАП-ПУ максимальний прийнятий сигнал складає 1,5 МГц. Допустимий діапазон встановлення частоти заповнення може знаходитися в діапазоні 1,2...1,9 МГц.

Висновки.

1. Експериментально доказано ефективність високопродуктивного виявлення дефектів довгомірних виробів з використанням електромагнітно-акустичних перетворювачів

2. Розроблено стенд для контролю довгомірних сталених виробів циліндричної форми з перехідним розміром діаметру від 10 до 50 мм, в складі якого використано ЕМАП з «зигзагоподібним» високочастотним індуктором, який дозволяє вводити акустичні імпульси під кутом до поверхні.

3. Визначено вплив основних факторів, які визначають роботу ЕМА дефектоскопу. Показано, що зазор між ЕМАП і поверхнею контрольованого ОК повинен бути мінімальним, а його зміни не повинні перевищувати 0,1 мм. Величини перекосів ЕМАП відносно поверхні ОК не повинні бути більше 0,3 градусів.

Напруга на ЕМАП і струм живлення повинні бути максимальними, але мінімальними з точки зору відсутності електричного пробою. Так для розробленого макету перетворювача напруга на індукторі ЕМАП може досягати 1,5 кВ, а струм – до 750 А.

При встановленій оптимальній частоті заповнення пакетів $1,5 \pm 0,3$ МГц тривалість імпульсів живлення повинна складати 3+3 періоди частоти заповнення.

Список літератури: 1. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. Под общ. ред. В.В. Клюева. Т.3: Ультразвуковой контроль / И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге. – М.: Машиностроение, 2004. – 864 с. 2. Сучков Г.М. Развитие теории и практики створення приладів для електромагнітно-акустичного контролю металовиробів. Дис. на зд. наукового ступеня д.т.н. 2005. Харків. НТУ «ХП». 521 с. 3. Ермолов И. Н. Теория и практика ультразвукового контроля. - М: Машиностроение, 1981. – 240 с.