

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ ЭМА СПОСОБОМ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ ВНУТРЕННИХ ДЕФЕКТОВ МЕТАЛЛОИЗДЕЛИЙ. ВОЗМОЖНОСТИ ТОЛЩИНОМЕТРИИ (Обзор ч. 3)

Г.М. Сучков, О.Н. Петрищев, С.Ю. Плеснецов

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт». 61002, Харьков, ул. Кирпичева, 2.
E-mail: hpi.suchkov@gmail.com

Выполнен анализ информационных источников, в которых приведены данные о чувствительности ультразвукового неразрушающего контроля при обнаружении естественных внутренних дефектов металлоизделий приборами и установками с электромагнитно-акустическими преобразователями. Установлено, что электромагнитно-акустические устройства выгодно отличаются от традиционных тем, что они обеспечивают эффективное выявление дефектов не дающие отраженных сигналов, имеющих малые размеры и неблагоприятную ориентацию относительно направления распространения ультразвуковых импульсов. Новые электромагнитно-акустические преобразователи обеспечивают толщинометрию с воздушными зазорами или диэлектрическими покрытиями величиной до 10 мм. Библиогр. 13, рис. 14.

Ключевые слова: металлоизделие, качество, дефект, электромагнитно-акустический, преобразователь, дефектоскопия, чувствительность контроля, толщинометрия

В статьях [1–2] обобщены данные о чувствительности электромагнитно-акустических (ЭМА) преобразователей (ЭМАП), в основном по выявлению моделей дефектов разной формы и размеров. Данные о чувствительности ЭМА устройств по выявлению внутренних естественных дефектов металлоизделий в литературе практически не приводятся.

Целью работы является анализ возможностей ЭМА устройств по выявлению внутренних естественных дефектов, а также чувствительности при толщинометрии металлоизделий.

Ультразвуковая ЭМА дефектоскопия при массовом производстве металлоизделий. Большинство металлоизделий, выпускаемых в больших объемах, производят путем прокатки со значительными степенями обжатия заготовок: рельсы, трубы, заготовки, балки и др. Это одновременно приводит к обжатию внутренних дефектов, таких как расслоения, ликвации, скопления неметаллических включений (НВ) и т. п., до тонких и сверхтонких размеров.

Традиционный контактный ультразвуковой контроль (УЗК) проводят, чаще всего, иммерсионным или струйным методами [3] с использованием продольных волн. Продольные волны не всегда обеспечивают обнаружение тонких дефектов, особенно при падении ультразвуковых лучей нормально или вдоль плоскости несплошности. Практически не обнаруживаются ликвации или ско-

пления мелких НВ, которые не дают отражений эхо-импульсов. В результате, например, в железнодорожные пути попадают рельсы с дефектами, которые приводят к авариям поездов (рис. 1) [4].

В 1983–1985 гг. на трех рельсопрокатных комбинатах Советского Союза были внедрены автоматические установки УЗК в потоке производства с применением ЭМА способа возбуждения и приема импульсов ультразвуковых линейно-поляризованных колебаний [5–7]. Контроль выполнялся совмещенным ЭМА преобразователем зеркально-теневым методом в зоне, ограниченной толщиной шейки объемно и поверхностно закаленных рельсов типа Р65 и Р75 на частоте $1,8 \pm 0,2$ МГц. В процессе поточного контроля дефектные участки отмечались краской. Из дефектных участков вырезались темплеты, которые были исследованы металлографическим методом. Кроме того, для сравнения результатов дефектные участки



Рис. 1. Авария на Западно-Сибирской дороге (РФ). Излом рельса

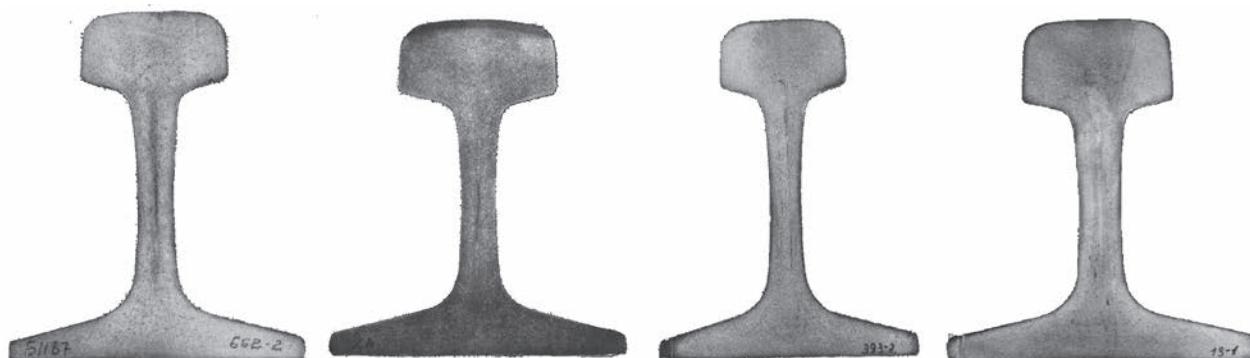


Рис. 2. Результаты металлографической проверки дефектных участков рельсов типа Р65 и Р75, обнаруженных рельсовыми ЭМА дефектоскопами при поточном контроле зеркально-теневым методом [7]

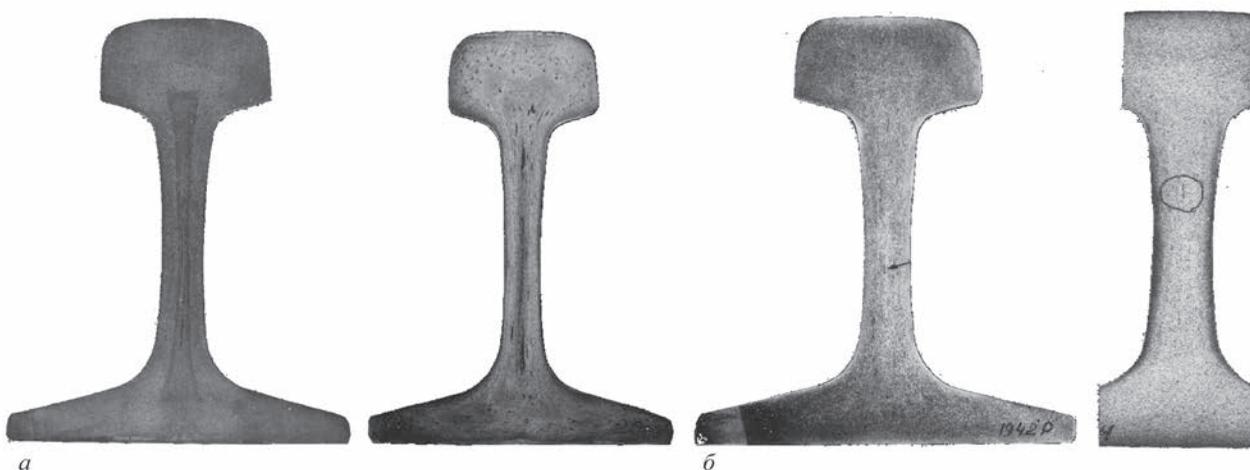


Рис. 3. Изображения темплетов с дефектами типа ликвация (а) и с вертикальными микротрещинами (б) в шейке рельсов типа Р65 и Р75, обнаруженные автоматическими ЭМА дефектоскопами в потоке производства рельсопрокатных заводов [7]

были проконтролированы контактным дефектоскопом. Результаты металлографических исследований, выявленных ЭМА установкой, дефектных участков приведены на рис. 2, 3 [7].

Анализ результатов металлографического контроля темплетов показал следующее. В основном обнаруженные только ЭМА дефектоскопами дефекты можно разделить на три группы. Первая группа – сосредоточенные и пятнистые ликвации (рис. 3, а). Вторая группа – не заполненные материалом вертикальные микрорасслоения (рис. 3, б; 4). Третья группа – вертикальные расслоения, заполненные НВ (рис. 5).

При металлографических исследованиях темплетов из дефектных участков рельсов по результатам ЭМА дефектоскопии были обнаружены участки визуально являющиеся годными. Дополнительные исследования образцов из таких участков путем их излома позволили обнаружить сверхтонкие плоскости хрупких НВ (рис. 6), т. е. чувствительность ультразвукового ЭМА контроля является высокой.

В 1985 г. в потоке производства ОАО «Кузнецкий металлургический комбинат» была введена в эксплуатацию автоматическая установка ультразвукового ЭМА зеркально-теневого контроля го-

ловки рельсов со стороны одной боковой грани [8]. Параметры контроля: частота заполнения зондирующего импульса – 1,9 МГц; индукция постоянного магнитного поля в зазоре между ЭМАП и головкой рельса – 0,9 Тл; зазор между ЭМАП и рельсом – 0,5 мм; соотношение амплитуды донного сигнала и помех на контрольном образце не менее 21 дБ. Примеры изображений дефектных

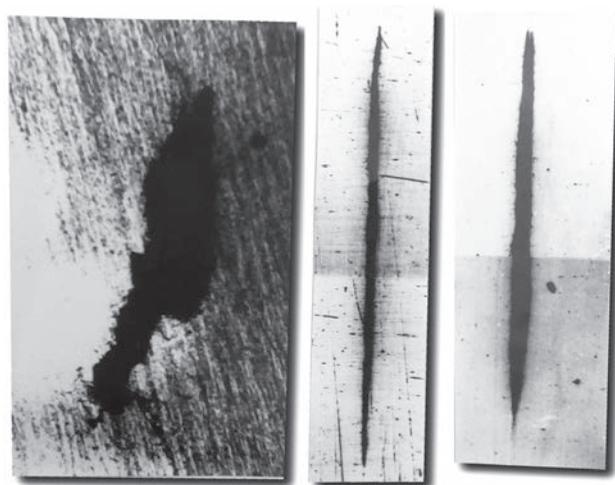


Рис. 4. Вертикальные микрорасслоения ($\times 100$) в дефектных участках шейки рельсов, не заполненные твердым материалом, обнаруженные ЭМА дефектоскопами [7]

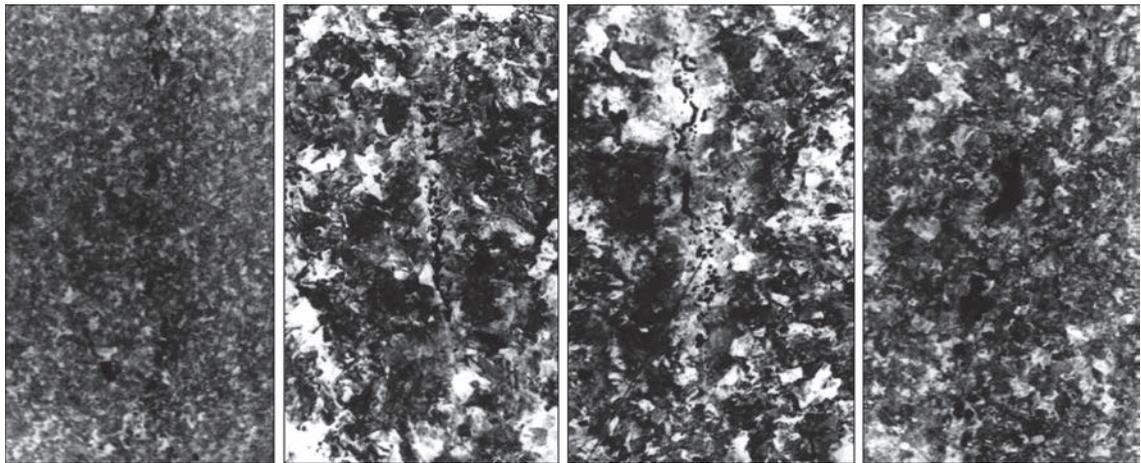


Рис. 5. Вертикальные микрорасслоения ($\times 200$) в дефектных участках шейки рельсов, заполненные НВ, обнаруженных ЭМА дефектоскопами [7]

участков рельсов, обнаруженных ЭМА установкой, приведены на рис. 7.

Из анализа изложенных данных можно сделать вывод о том, что ультразвуковой ЭМА контроль рельсов зеркально-теньевым методом импульсами линейно-поляризованных колебаний обладает повышенной чувствительностью к дефектам, которые не выявляются традиционными контактными зеркально-теньевым и эхо-методами, однако, являющимися недопустимыми по действующим стандартам и классификатору дефектов рельсов [4].

Анализ результатов работы участка ультразвукового ЭМА контроля рельсов импульсами сдвиговых волн на трех рельсопрокатных заводах

[9] показал, что выявляемость дефектов структуры рельсового металла выше примерно в 40 раз, чем при дефектоскопии традиционным контактным методом импульсами продольных волн. При этом после внедрения ЭМА контроля, число изъятий рельсов из железнодорожного пути вследствие развития дефектов по причине нарушений структуры при пропуске в 150 млн т, брутто уменьшилось с 4...7 шт. на 100 км пути почти до нуля.

Следует также отметить, что применение эхо-метода контроля ЭМА способом для обнаружения вертикальных трещин в рельсе также является эффективным [10]. Примером является трещина в подошве рельса (рис. 8), глубиной около 30 мм. Оз-

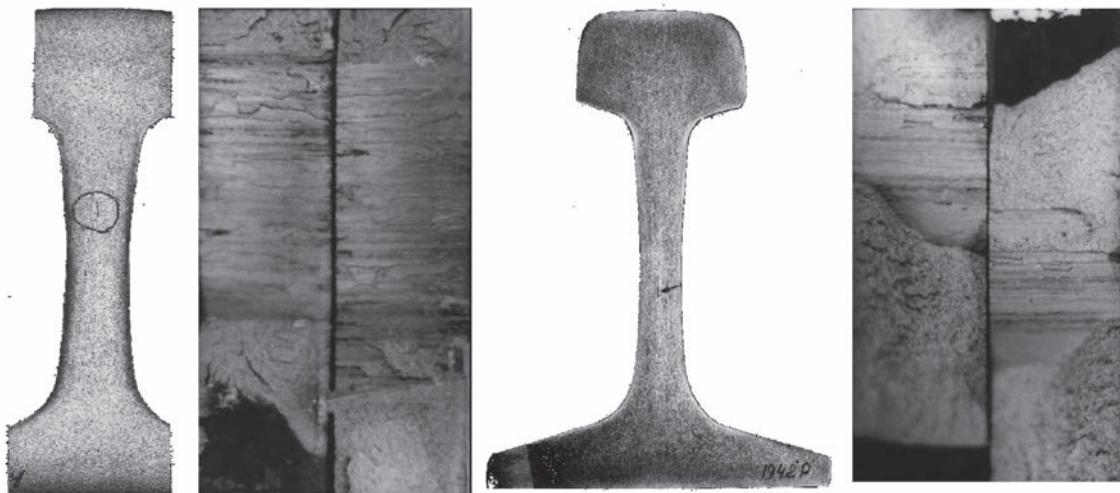


Рис. 6. Изображения дефектных участков железнодорожных рельсов с плоскими хрупкими НВ ($\times 100$), которые существенно снижают прочность металла и изображения их изломов [7]

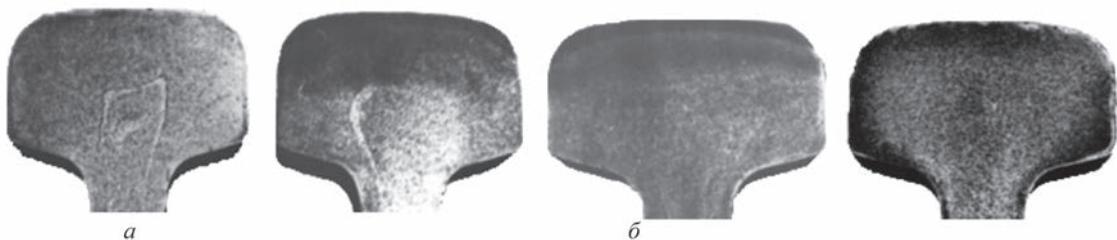


Рис. 7. Дефекты макроструктуры в головке рельсов в виде белых пятен (а) и скоплений НВ (б) [8]

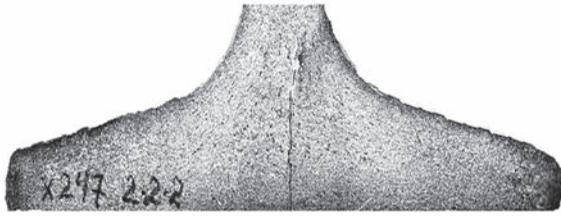


Рис. 8. Вертикальная трещина в подошве рельса, обнаруженная ЭМА дефектоскопом с применением эхо-метода контроля. Выведение дефекта выполняли со стороны поверхности катания головки рельса (расстояние от индуктора ЭМАП к вершине трещины около 150 мм). Установлено, что отношение амплитуд эхо-сигнал/шум по длине рельсовой пробы менялось от 0 до 4,5 раз. Эхо-сигнал был растянут во времени – от вершины дефекта до момента появления донного импульса. Это свидетельствует о том, что принимаются эхо-импульсы от боковой поверхности дефекта по всей его высоте. Данные свидетельствуют о высокой чувствительности ЭМА дефектоскопа по выявлению трещин также и эхо-методом.

В этом же образце, при прозвучивании шейки рельса с боковой поверхности (выше трещины), получены эхо-сигналы с отношением амплитуд эхо-сигнала и шума, достигающего 7, что эквивалентно плоскодонному отражателю диаметром 2 мм. Металлографическими исследованиями в отмеченных местах установлено наличие дефектов в виде пленок НВ толщиной менее 0,01 мм.

Аналогичная ситуация происходит при ЭМА контроле листового проката, плоские дефекты в котором расположены вдоль поверхности изде-

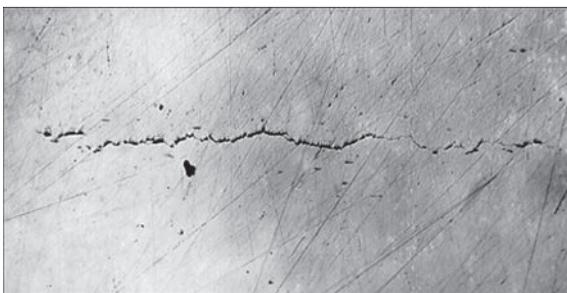


Рис. 10. Микротрещины в зоне темной полосы, обнаруженные контактным и ЭМА дефектоскопами ($\times 100$)

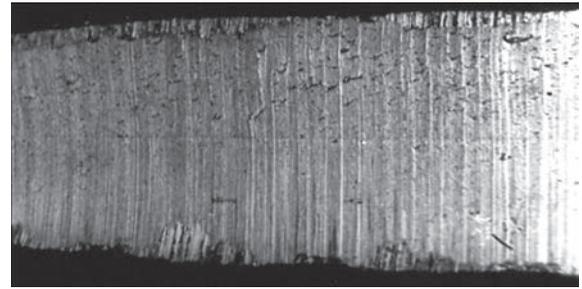


Рис. 9. Дефект в виде темной полосы в центральной части сечения листа (пропущенный при дефектоскопии у производителя [11]). Обнаружен при входном ЭМА контроле на Харьковском котельно-механическом заводе

лия. При УЗК листовых изделий ультразвуковые импульсы продольных и сдвиговых волн возбуждали нормально плоскости дефектов. Типичный вид обнаруженного дефекта такого типа в сечении листа показан на рис. 9 [11]. Наличие таких дефектов при сварке приводит к расслоению металла и разрушению элементов изделия.

Ниже приведены типичные результаты ультразвуковых и металлографических исследований на примере образцов, вырезанных из тела листов толщиной 40 мм с горячекатаной стали марки 09Г2С первого сорта вне зоны термического влияния и с участков, расположенных в зоне термического влияния при сварке. Металл, пораженный внутренними дефектами, которые были обнаружены ультразвуковым ЭМА методом, подвергнут исследованиям с помощью микроскопа «Neophot-2» на полированных и травленых шлифах, плоскость которых была ориентирована по толщине листа.

В центральной части полированных шлифов в зоне темной полосы (рис. 9), наблюдаются скопления НВ. Вне центральной зоны по толщине листа подобные скопления НВ не наблюдаются. В зонах скоплений НВ обнаружены протяженные микротрещины (рис. 10). Большинство несплошностей типа трещин и микротрещин, не заполненных посторонними включениями, обнаруживаются как контактными, так и ЭМА дефектоскопом. При выявлении микротрещин значительно меньше 0,01 мм чувствительность контактного дефектоскопа

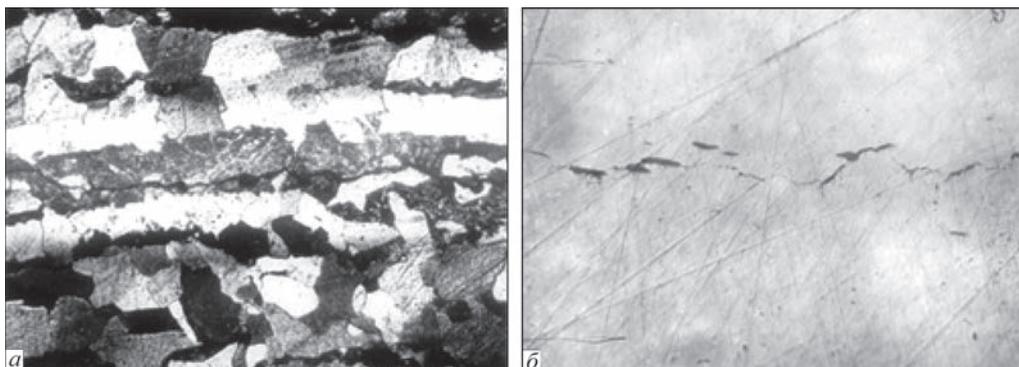


Рис. 11. Микротрещины в зоне темной полосы, заполненные неметаллическим веществом, обнаруженные только ЭМА дефектоскопом: а – $\times 300$; б – $\times 100$

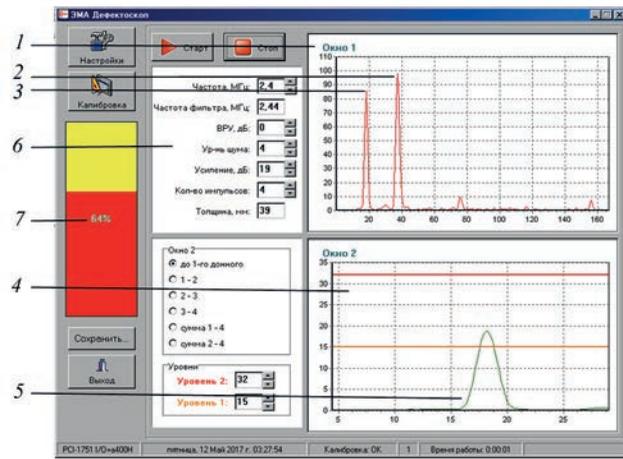


Рис. 12. Экран ЭМА дефектоскопа при обнаружении дефекта, эквивалентного плоскодонному отражателю диаметром 3 мм, в образце из ферромагнитной стали 09Г2С толщиной 39 мм (описание 1–7 см. в тексте)

падает, тогда как чувствительность ЭМА дефектоскопа сохраняется. При заполнении микротрещин в листе НВ, их выявляемость контактным дефектоскопом недостаточна. На рис. 11 показаны дефекты, которые были обнаружены только ЭМА дефектоскопом. С большой степенью вероятности можно считать, что такое положение обусловлено различием физических процессов прохождения продольных и сдвиговых волн через тонкие плоские дефекты.

Из приведенных данных можно сделать вывод, что при контроле эхо-методом ЭМА дефектоскопом поперечными ультразвуковыми волнами выявляемость плоских дефектов выше, чем продольными волнами при контроле традиционным контактным дефектоскопом.

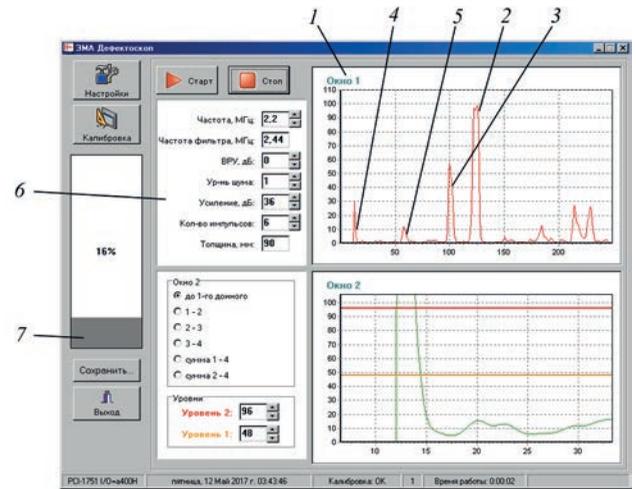


Рис. 13. Экран ЭМА дефектоскопа при обнаружении дефекта в образце из алюминия толщиной 120 мм: 1 – окно с временной разверткой; 2 – первый донный импульс; 3 – импульс от дефекта, эквивалентного плоскодонному отражателю диаметром 3 мм; 4 – «хвост» зондирующего импульса; 5 – импульс продольной волны; 6 – окно с основными параметрами контроля эхо-методом; 7 – номограмма отображающая величину ослабления донного сигнала при контроле зеркально-тепловым методом

В качестве примера высокой чувствительности на рис. 12 показан экран рабочего образца ЭМА дефектоскопа при обнаружении дефекта в образце из ферромагнитной стали 09Г2С толщиной 39 мм. На рис. 12 обозначено: 1 – окно с временной разверткой; 2 – первый донный импульс; 3 – импульс от дефекта, эквивалентного плоскодонному отражателю диаметром 3 мм; 4 – окно с временной разверткой после корреляционной обработки с использованием дополнительного метода, предложенного в работе [12]; 5 – импульс от дефек-

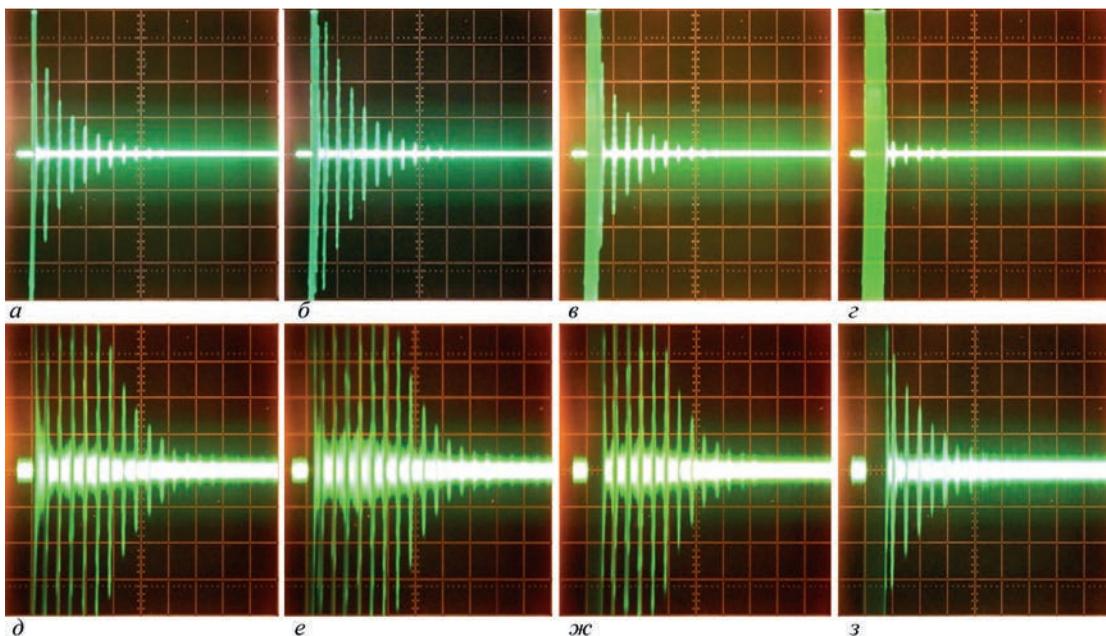


Рис. 14. Донные импульсы, отраженные из листового образца из стали 45 толщиной 32 мм, на поверхности которого имеется значительный слой окалины: а–г – развертка в масштабе 1В/деление; д–з – 0,1 В/деление экрана осциллографа; а, д – расстояние от протектора ЭМАП до поверхности металла 0 мм; б, е – 2; в, ж – 5; з, з – 10

та; 6 – окно с основными параметрами контроля эхо-методом; 7 – номограмма отображающая величину ослабления донного сигнала при контроле зеркально-теневым методом.

На рис. 13 показан экран рабочего образца ЭМА дефектоскопа при обнаружении дефекта в образце алюминия толщиной 120 мм.

Анализ данных, приведенных на рис. 12, 13, подтверждает высокую чувствительность ЭМА способа УЗК эхо-методом и зеркально-теневым методом.

Толщинометрия. При толщимоетрии изделий важное значение имеет величина донных сигналов, особенно для объектов с диэлектрическими покрытиями. Автором работы [13] разработана модель ЭМА толщиномера, предназначенная для контроля толщины металлоизделий с диэлектрическими покрытиями толщиной до 10 мм. При проведении исследований его чувствительности с поверхности образца окалина не зачищалась. Диэлектрическое покрытие имитировалось пластинами стеклотекстолита различных толщин. Результаты исследований, при расстояниях от проектора ЭМАП до поверхности металла от 0 до 10 мм, в виде сигналов с амплитудой, достаточной для измерения толщины, приведены на рис. 14 (обработка принятых сигналов не проводилась).

Из приведенных данных можно сделать вывод, что измерения толщины металлоизделий с достаточной чувствительностью можно выполнять через слой диэлектрического покрытия толщиной до 10 мм, т. е. без удаления покрытия.

Выводы

В результате анализа известных информационных источников установлено, что во многих случаях использование ЭМА дефектоскопов (при использовании зеркально-теневого и эхо-методов) и толщиномеров, по сравнению с традиционным контактным методом, позволяет выполнять высокочувствительный ультразвуковой бесконтактный контроль металлоизделий без зачистки поверхности и при значительных толщинах диэлектрических покрытий: краски, пластика, а также при наличии окисления.

Из изложенного выше можно сделать вывод, что использование ЭМА дефектоскопов и толщиномеров обеспечивает возможность экономить энергию, металл, инструмент и время на проведение неразрушающего УЗК за счет исключения операций зачистки и восстановления покрытий.

Кроме того, по сравнению с традиционными методами контроля, исключается использование контактных жидкостей, также дает возможность экономить материалы и время на проведение не-

разрушающего УЗК. Улучшается экологическое состояние окружающей среды.

Список литературы

1. Сучков Г.М., Плеснецов С.Ю. (2018) Чувствительность контроля электромагнитно-акустическими преобразователями (Обзор, ч. 1). *Техническая диагностика и неразрушающий контроль*, 4, 45–50, DOI:10.15407/tdnk2018.04.06
2. Сучков Г.М., Плеснецов С.Ю. О чувствительности ультразвукового контроля поверхностными волнами, возбуждаемыми и принимаемыми электромагнитно-акустическими преобразователями (Обзор, ч. 2). *Там же*, 1, 47–52, DOI:10.15407/tdnk2019.01.06
3. *Высокоэффективный ультразвуковой для машиностроения. Контроль листового проката и судностроения. Режим доступа: <http://aprioris.ru/about/blog/vysokojeffektivnyj-ultrazvukovoj-dlja-mashinostroenija.html>*
4. (2000) *Класифікація і каталог дефектів і пошкоджень елементів стрілочних переводів та рейок залізниць України*. Дніпропетровськ, Арт-Прес.
5. (1983) ТУ 14-2-584-84. *Рельсы железнодорожные не термообработанные и поверхностно-закаленные, проконтролированные ультразвуковым методом в зоне, ограниченной толщиной шейки*. Харьков, УкрНИИМет.
6. (1983) ТУ 14-2-542-83. *Рельсы объемно-закаленные Р65, проконтролированные ультразвуковым электромагнитно-акустическим методом в зоне, ограниченной толщиной шейки*. Харьков, УкрНИИМет.
7. Сучков Г.М. (1988) *Разработка и внедрение технологии сплошного автоматического обнаружения дефектов макроструктуры объемнозакаленных рельсов бесконтактным ультразвуковым методом*: дис. ... канд. техн. наук. Харьков, УкрНИИМет.
8. Себко В.П., Сучков Г.М., Малахов А.В. (2004) Ультразвуковой контроль головки рельсов ЭМА способом. *Дефектоскопия*, 7, 17–25.
9. Сучков Г.М., Алексеев Е.А., Захаренко В.В. (2006) Энерго- и ресурсосберегающие приборы и технологии неразрушающего контроля. *Техническая диагностика и неразрушающий контроль*, 4, 29–34.
10. Сучков Г.М., Кагасонов Ю.А., Гарькавый В.В. (2000) Экспериментальные исследования чувствительности ЭМА преобразователей при дефектоскопии эхометодом сдвиговыми объемными волнами. *Дефектоскопия*, 2, 12–16.
11. Сучков Г.М., Михайлова И.В., Савон А.И., Ганжала А.Г. (2001) Исследование несплошностей в листах. *Там же*, 3, 83–87.
12. Serkov A., Breslavets V., Tolkachov M., Churyumov Issam Saad G. (2017) Noise-Like Signals in Wireless Information Transmission Systems. *Advanced Information Systems*, 2, 1, 33–38.
13. Десятніченко О.В. (2015) *Електромагнітно-акустичний товщиномір для контролю металовиробів з діелектричними покриттями*: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Харків, Моделіст.

References

1. Suchkov, G.M., Plesnetsov, S.Yu. (2018) Sensitivity of testing via electromagnetic-acoustic transducers (Review, p. 1). *Tekh. Diagnost. i Nerazrush. Kontrol*, 4, 45-50 DOI:10.15407/tdnk2018.04.06 [in Russian].
2. Suchkov, G.M., Petrishchev, O.N., Plesnetsov, S.Yu. (2019) About the sensitivity of ultrasonic testing by surface waves excited and received by electromagnetic-acoustic transducers (Review, p. 2). *Ibid.*, 1, 47–52, DOI:10.15407/tdnk2019.01.06 [in Russian].
3. *High-efficient ultrasonic testing for machine-building. Control of roll sheets in shipbuilding*. <http://aprioris.ru/about/blog/vysokojeffektivnyj-ultrazvukovoj-dlja-mashinostroenija.html>
4. (2000) *Classification and catalogue of defects and damage of elements of switches and rails in railways of Ukraine*. Dnipropetrovsk, Art-Pres [in Ukrainian].
5. (1983) TU 14-2-584-84: *Railway rails non heat-treated and surface hardened, tested by ultrasonic method in the zone limited by web thickness*. Kharkov, UkrNIIMet [in Russian].

6. (1983) TU 14-2-542-83: *Bulk-hardened rails tested by ultrasonic electromagneto-acoustic method in the zone limited by web thickness*. Kharkov, UkrNIIMet [in Russian].
7. Suchkov, G.M. (1988) *Development and implementation of the technology of continuous automatic detection of macrostructure defects in bulk-hardened rails by contact-less ultrasonic method*. In: Syn. of Thesis for Cand. of Techn. Sci. Degree. Kharkov, UkrNIIMet [in Russian].
8. Sebko, V.P., Suchkov, G.M., Malakhov, A.V. (2004) *Ultrasonic testing of rail heads by EMA method*. *Defektoskopiya*, 7, 17-25 [in Russian].
9. Suchkov, G.M., Alekseev, E.A., Zakharenko, V.V. (2006) *Energy- and resources-saving instruments and non-destructive testing technologies*. *Tekh. Diagnost. i Nerazrush. Kontrol*, 4, 29-34 [in Russian].
10. Suchkov, G.M., Katasonov, Yu.A., Garkavyi, V.V. (2000) *Experimental investigations of sensitivity of EMA transducers in flaw detection by shear body wave echo method*. *Defektoskopiya*, 2, 12-16 [in Russian].
11. Suchkov, G.M., Mikhajlova, I.V., Savon, A.I., Ganzhala, A.G. (2001) *Examination of discontinuities in sheets*. *Ibid.*, 3, 83-87 [in Russian].
12. Serkov, A., Breslavets, V., Tolkachov, M., Churyumov, Issam Saad G. (2017) *Noise-like signals in wireless information transmission systems*. *Advanced Information Systems*, 2(1), 33-38.
13. Desyatnichenko, O.V. (2015) *Electromagnetic-acoustic thickness gauge for control of metal products with dielectric coatings*. In: Syn. of Thesis for Cand. of Techn. Sci. Degree. Kharkiv, Modelist [in Ukrainian].

ЧУТЛИВІСТЬ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЮ ЕМА ПРИ ВИЯВЛЕННІ ПРИРОДНИХ ВНУТРІШНІХ ДЕФЕКТІВ МЕТАЛОВИРОБІВ. МОЖЛИВОСТІ ТОВЩИНОМЕТРІЇ.

(Огляд ч. 3)

Г.М. Сучков, О.Н. Петрищев, С.Ю. Плєснецов

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

Виконано аналіз інформаційних джерел, в яких наведено дані щодо чутливості ультразвукового неруйнівного контролю при виявленні природних внутрішніх дефектів металовиробів приладами та установками з електромагнітно-акустичними перетворювачами. Встановлено, що електромагнітно-акустичні пристрої вигідно відрізняються від традиційних тим, що вони забезпечують ефективне виявлення дефектів, які не дають відбитих сигналів, що мають малі розміри та несприятливу орієнтацію щодо напрямку поширення ультразвукових імпульсів. Нові електромагнітно-акустичні перетворювачі забезпечують вимірювання товщини з повітряними зазорами або діелектричними покриттями величиною до 10 мм. Бібліогр. 13, рис. 14.

Ключові слова: металовиріб, якість, дефект, електромагнітно-акустичний, перетворювач, дефектоскопія, чутливість контролю, товщинометрія

SENSITIVITY OF ULTRASONIC TESTING BY ELECTROMAGNETO-ACOUSTIC TECHNIQUE AT DETECTION OF NATURAL INTERNAL DEFECTS OF METAL PRODUCTS. POSSIBILITIES OF THICKNESS MEASUREMENT.

(Review p. 3)

G.M. Suchkov, O.N. Petrishchev, S.Yu. Plesnetsov

National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute». 2 Kirpichev Str., Kharkiv, Ukraine.
E-mail: hpi.suchkov@gmail.com

The paper provides analysis of information sources, giving data on sensitivity of ultrasonic non-destructive testing at detection of natural internal defects of metal products by instruments and devices with electromagneto-acoustic transducers. It is found that electromagneto-acoustic devices differ advantageously from the traditional ones in that they ensure effective detection of defects not generating reflected signals, having small dimensions and unfavourable orientation relative to the direction of ultrasonic pulse propagation. New electromagnetoacoustic transducers enable performance of thickness measurement with air gaps or dielectric coatings of up to 10 mm size. 13 Ref., 14 Fig.

Keywords: metal product, quality, electromagneto-acoustic, transducer, flaw detection, testing sensitivity, thickness measurement

Поступила в редакцію
18.03.2019



**Межотраслевой учебно-аттестационный центр
Института электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины**



Программы профессиональной подготовки на 2019 г.

Шифр курса	Наименование программы	Сроки проведения	
421	Специальная подготовка дефектоскопистов к сертификации согласно ДСТУ EN 9712	индивидуальная подготовка по согласованию с заказчиком	
423			ультразвуковой контроль
427			радиографический контроль
430			визуально-оптический контроль
433			
436			
Украина, 03150, г. Киев, ул. Антоновича, 56. Тел.: (044) 456-63-30, 456-10-74, 200-82-80, 200-81-09, факс: (044) 456-48-94 E-mail: paton_muac@ukr.net, http://muac.kpi.ua			