

# СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ АКУСТИЧЕСКОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ К ВНУТРЕННИМ ДЕФЕКТАМ ПРОКАТА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНО-АКУСТИЧЕСКОГО И ПЬЕЗОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

© 2025 г. Алексей Леонидович Владыкин<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> – ФГБОУ ВО ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, 426064 Ижевск, ул. Студенческая, д. 7

\* - [pmkk@istu.ru](mailto:pmkk@istu.ru)

Акустический зеркально-теневого метода многократных отражений эффективно используется при контроле пруткового металлопроката малых диаметров [1, 2]. Преимущественно для контроля применяется проходной электромагнитно-акустический (ЭМА) преобразователь поперечных волн для ферромагнитного пруткового проката. Для контроля изделий из неферромагнитных материалов целесообразно использование пьезопреобразователей продольных волн на основе гибкой пленки типа поливинилиденфторид (ПВДФ) [3].

Цель работы – исследование сравнительной чувствительности акустического зеркально-теневого метода многократных отражений к внутренним дефектам проката при использовании ЭМА-преобразователя и пьезопреобразователя на основе ПВДФ.

В работе исследовался образец пруткового проката в виде цилиндра диаметром 25 мм и высотой 160 мм из стали 05X16 с реальным внутренним дефектом типа скворечник раскрытием  $0,7 \times 4$  мм, расположенным по центру сечения (рис. 1а).

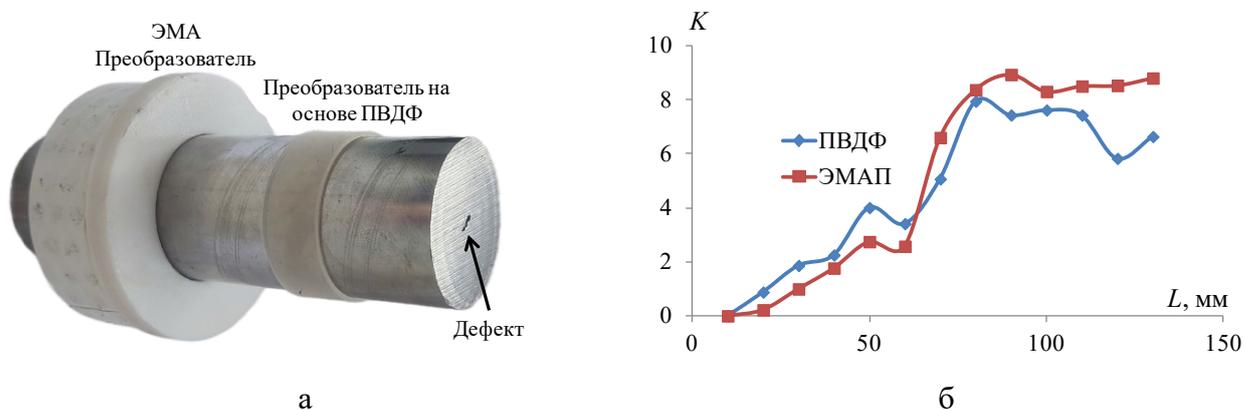


Рис. 1. Фото образца (а) и график зависимости многократного коэффициента выявляемости по длине ОК (б)

При исследованиях использовалась экспериментальная установка со специализированным проходным ЭМА-преобразователем поперечных волн осевой поляризации с рабочей частотой 2,5 МГц, а также ультразвуковой дефектоскоп ДЮ-1000 РА с пьезопреобразователем продольных волн на основе гибкой пьезопленки ПВДФ, устанавливаемый через контактную жидкость по периметру образца, с рабочей частотой

10 МГц. Сканирование образца двумя типами преобразователей производилось вдоль образующей цилиндра с шагом 10 мм. По полученной осциллограмме серии импульсов многократных отражений рассчитывался многократный коэффициент выявляемости:

$$K = \sum_{n=1}^{N=10} \frac{U_{0n} - U_n}{U_{0n}} \quad (1)$$

где  $U_{0n}$  — значение амплитуды импульса при каждом  $n$ -м отражении для бездефектной области образца (опорный сигнал);  $U_n$  — значение амплитуды импульса при каждом  $n$ -ом отражении для области с дефектом;  $N$  — количество анализируемых отражений.

Поведение коэффициента выявляемости по длине образца при контроле с использованием ЭМА-преобразователя и преобразователя на основе ПВДФ носит идентичный характер (рис. 1б). В начале образца дефект отсутствует (коэффициент выявляемости соответствует бездефектной области), далее (до 50 мм) наблюдается его небольшое увеличение с резким ростом до 80 мм и стабилизацией в области максимальных значений от 80 до 140 мм.

Несмотря на наличие различий в физических принципах применения ЭМА-преобразователя и пьезопреобразователя на основе ПВДФ, идентичность поведения их информативных параметров говорит о возможности их замены в случаях, если чувствительность ЭМА-преобразователей является недостаточной.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (FZZN-2025-0003) с использованием УНУ «Информационно-измерительный комплекс для исследований акустических свойств материалов и изделий» (рег. номер: 586308).*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Стрижак В.А., Хасанов Р.Р., Хомутов А.С., Торхов К.А., Пушин П.Н. Оценка чувствительности к дефектам и исследование скоростей волн в трубах-заготовках цилиндров глубинного штангового насоса волноводным акустическим методом // Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. 2024. Т. 27. № 3. С. 86–100. DOI: 10.22213/2413-1172-2024-3-86-100.
2. Муравьева О.В., Брестер А.Ф., Владыкин А.Л. Закономерности фокусировки поля проходного электромагнитно-акустического преобразователя поперечных волн // Контроль. Диагностика. 2023. Т. 26, № 9 (303). С. 27-41. DOI: 10.14489/td.2023.09.pp.027-041.
3. Муравьев В.В., Муравьева О.В., Владыкин А.Л. Акустические и электромагнитные свойства мартенситно-старееющего железохромоникелевого сплава с добавлением меди при механическом растяжении // Дефектоскопия. 2023. № 5. С. 12–20. DOI: 10.31857/S0130308223050020. EDN YZXLMH.