

Злобин Д. В., Муравьева О. В.  
ФГБОУ ВПО ИжГТУ им. М. Т. Калашникова, г. Ижевск

## ПРИМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОДМАГНИЧИВАНИЯ ПРИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНО-АКУСТИЧЕСКОМ ПРИЕМЕ СТЕРЖНЕВЫХ ВОЛН В ПРУТКАХ

*Разработана экспериментальная установка и исследован эффект повышения амплитуды ЭМА-преобразования за счет применения динамического подмагничивания.*

**Ключевые слова:** электромагнитно-акустическое преобразование, стержневые волны, прутковый прокат, динамическое подмагничивание.

Волноводные акустические методы контроля, основанные на использовании нормальных волн в стержнях, имеют неоспоримое преимущество в сравнении с традиционными методами (ультразвуковым, вихретоковым, магнитным) – отсутствие необходимости сканирования тела объекта, что позволяет реализовать метод в ручном варианте при сохранении достаточно высокой производительности контроля. Волноводная технология контроля прутков, разработанная в ФГБОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова», реализована в виде акустических дефектоскопов АДНШ, АДП, АДНКТ, внедренных на ряде предприятий нефтедобывающей и машиностроительной областей. Использование в данной технологии в качестве приемника контактного пьезоэлектрического преобразователя приводит к некоторым ограничениям в реализации указанной технологии: зависимость амплитуды сигнала от качества акустического контакта пьезоприемника с торцом объекта контроля, необходимость его подготовки и нанесения контактной смазки; достаточно высокая добротность пьезоприемника, увеличивающая мертвую зону и

ухудшающая разрешающую способность; необходимость двухстороннего доступа к торцам прутка.

В работах [1; 2] показана возможность реализации волноводного контроля в варианте полностью бесконтактной методики ЭМА-контроля за счет применения новой схемы формирования зондирующего импульса (двухполярное возбуждение) и специализированных ЭМА-преобразователей проходного типа. При этом реализуется метод многократных отражений (рис. 1), обеспечивающий существенное повышение чувствительности к дефектам при анализе сигнала на дальних отражениях; высокую точность определения скорости и затухания при анализе дальних отражений; возможность реализации контроля при одностороннем доступе к торцу прутка при отсутствии мертвой зоны со стороны ввода.

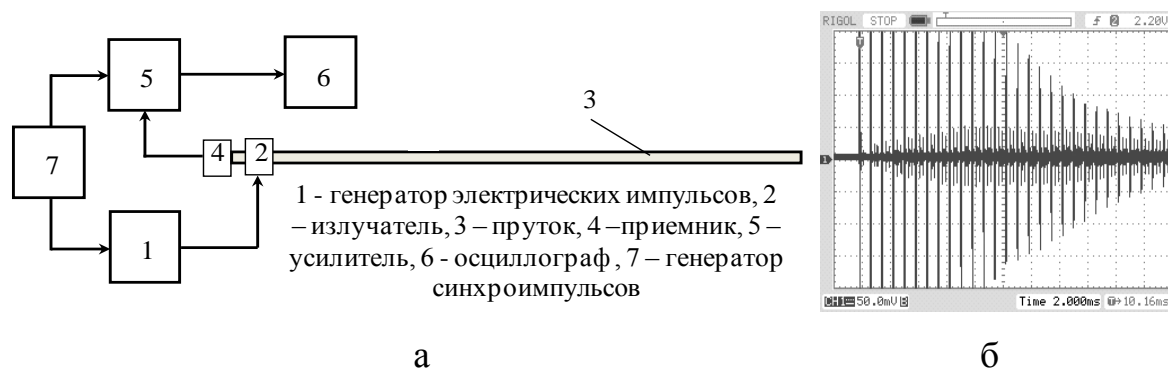


Рис. 1. Функциональная схема экспериментальной установки – а; осциллограмма серии многократных отражений в прутке – б

В отличие от контактных пьезоэлектрических преобразователей, позволяющих получить достаточно высокую амплитуду принятого сигнала (до единиц вольт), существенным недостатком ЭМА-приема является низкая амплитуда сигнала, что ограничивает контролепригодность прутков из некоторых конструкционных сталей. Проведенные исследования показали, что диапазон амплитуд сигнала может составлять от 0,7 мВ для сталей с низкой эффективностью ЭМА преобразования (А35Г2, 15Х2ГМФ, АС14, 38ХМА, сталь 20), до 50÷150 мВ – с высокой эффективностью (12Х18Н10Т, 20Х13, Н29К18,

03X17H5ДЗБ). Значительный разброс амплитуд сигналов на ЭМА-приемнике в различных марках стали при идентичных условиях возбуждения и геометрии объекта свидетельствует о магнестрикционном механизме ЭМА-преобразования.

При реализации ЭМА-приема возможны два варианта продольного подмагничивания: с помощью постоянного магнита и электромагнита (соленоида). Первый вариант обеспечивает высокие значения магнитной индукции (при использовании магнитов Ne–Fe–B с поверхностной индукцией свыше 1 Тл), но не позволяет регулировать величину поля подмагничивания с целью его оптимизации, приводит к необходимости приложения больших усилий при установке и снятии датчика, а также к наличию остаточной намагниченности торца объекта контроля. Использование электромагнита (соленоида подмагничивания) дает возможность регулировки величины поля, однако приводит к значительному увеличению габаритов преобразователя и сокращению времени непрерывной работы.

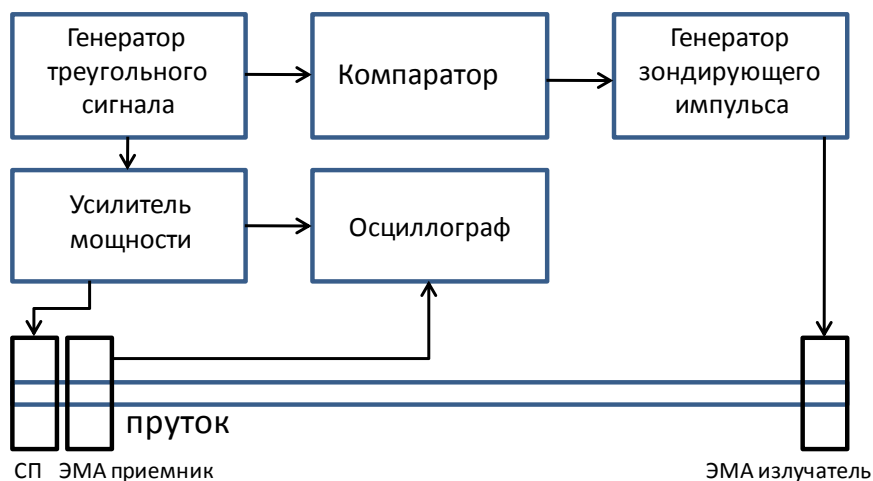


Рис. 2. Блок-схема экспериментальной установки: СП – соленоид подмагничивания

При проведении измерений зависимости амплитуды сигнала ЭМА-преобразователя от величины поля подмагничивания зафиксировано следующее явление: в случае, если в момент приема поле подмагничивания изменяло свое значение, регистрировалось значительное увеличение сигнала на ЭМА-

приемнике. Для детального изучения эффекта увеличения эффективности ЭМА-преобразования в условиях динамического подмагничивания использована специально разработанная установка, блок-схема которой приведена на рис. 2.

Выходное напряжение генератора треугольных импульсов поступает на вход усилителя мощности и одновременно на вход компаратора, при срабатывании которого происходит запуск генератора зондирующих импульсов. Таким образом, регулировка опорного напряжения компаратора позволяет изменять абсолютную величину поля подмагничивания, при котором происходит прием сигнала, а изменение коэффициента усиления - скорость изменения поля. При измерениях для каждой из исследуемых марок сталей варьировались значения мгновенной амплитуды поля и скорости его изменения для достижения максимума ЭМА-преобразования. Для сравнения со статическим режимом подмагничивания с помощью источника постоянного напряжения в образце создавалось статическое магнитное поле той же величины. В таблице приведены результаты сравнения амплитуды ЭМА-приема для режимов статического и динамического подмагничивания.

*Таблица*

Амплитуда сигнала ЭМА-приемника при статическом и динамическом подмагничивании

Марка стали	Напряженность поля подмагничивания $\times 10^4$ , А/м	Амплитуда ЭМА преобразования, мВ	
		Динамический режим	Статический режим
35	0,78	41,0	4,2
A12	0,82	18,7	3,1
20895	0,72	19,7	3,7
20	0,64	5,8	0,9
12	0,85	4,8	6,2

Согласно результатам исследования, для большинства марок сталей применение динамического подмагничивания позволило значительно (от 5 до 10 раз) увеличить амплитуду ЭМА-преобразования при сравнительно небольших значениях подмагничивающего поля. Сравнительная амплитуда и форма серии импульсов многократных отражений при статическом и динамическом подмагничивании приведены на рис. 3 (а, б) соответственно. На рис. 3, в показан полный цикл перемагничивания прутка. Предполагаем, что эффект увеличения эффективности ЭМА-приема связан с существенным повышением подвижности доменов в изменяющемся магнитном поле, что приводит к большей степени их переориентации.

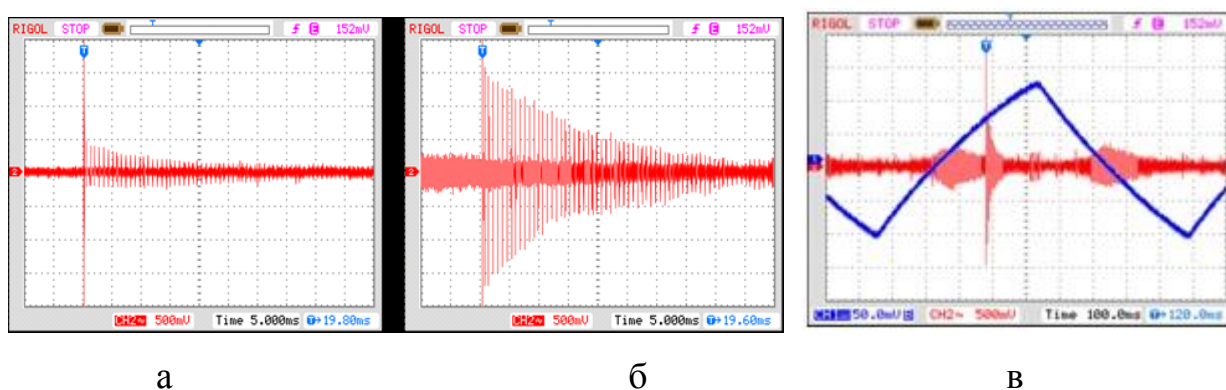


Рис. 3. Осциллограммы серии импульсов многократных отражений при статическом – а; динамическом – б; подмагничивании, полный цикл перемагничивания – в

Таким образом, достоверно установлено и количественно оценено увеличение амплитуды сигнала ЭМА-приемника при подмагничивании динамически изменяющимся магнитным полем. Применение разработанного метода делает возможным создание конструкций ЭМА-приемников, обладающих высокой эффективностью приема при сравнительно небольших значениях поля подмагничивания.

Работа выполнена в соответствии с разделом 2 мероприятий Программы стратегического развития ФГБОУ ВПО «ИжГТУ им. М. Т. Калашникова» на 2012-2016 гг. (проект ПСР/М2/Н2.5/МВВ).

## Литература

1. Муравьева О. В., Злобин Д. В. Акустический тракт метода многократных отражений при дефектоскопии линейно-протяженных объектов // Дефектоскопия. 2013. № 1. С. 43–51.
2. Злобин Д. В., Муравьева О. В. Особенности построения аппаратуры электромагнитно-акустической дефектоскопии пруткового проката с использованием стержневых волн // Вестник Ижевского государственного технического университета. 2012. № 4. С. 99–104.