

УДК 620.192.4

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ЗАДАЧ ТОЛЩИНОМЕТРИИ

Д. А. ФАДЕЕВ¹, С. А. ВОЙНАШ²Научный руководитель А. В. ИШКОВ¹, канд. техн. наук, проф.¹Алтайский государственный университет

Барнаул, Россия

²Рубцовский индустриальный институт (филиал) Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова

Рубцовск, Россия

Введение. Метод вихревых токов используется для высокоточного неразрушающего измерения толщины проводящих материалов (листов, труб, оболочек), а также покрытий на проводящей подложке. Толщина покрытия d определяется через анализ амплитуды сигнала вихретокового преобразователя (ВТП), что является ключевым параметром при исследовании таких структур [1]. Таким образом, вихретоковый метод представляет собой перспективный подход для достоверного контроля геометрических параметров и многослойных систем.

Конструктивное исполнение датчика. Разработан сверхминиатюрный вихретоковый преобразователь (ВТП), конструкция которого основана на ферромагнитном сердечнике с тремя функциональными обмотками: возбуждающей, измерительной и компенсационной, выполненными методом прецизионной намотки. Конструктивное исполнение преобразователя представляет собой многослойную систему, в которой сердечник с обмотками подвергается пропитке полимерным компаундом с последующей герметичной инкапсуляцией в корпус из высокопрочного корунда.

Для проведения экспериментальных исследований электропроводящих материалов различной природы был создан специализированный измерительный комплекс. В архитектуре комплекса реализовано подключение преобразователя к персональному компьютеру через звуковую карту, что обеспечивает регистрацию и обработку измерительных сигналов.

Результаты экспериментов и их анализ. Экспериментальные исследования новой измерительной системы проводились методом сканирования алюминиевого покрытия, нанесенного на медную подложку. Измерения выполнялись на фиксированной частоте 700 Гц при варьируемой толщине покрытия и постоянной толщине медного основания, составляющей 3 мм.

Анализ полученных данных, представленных на рис. 1, демонстрирует зависимость амплитуды сигнала от толщины алюминиевого слоя на неферромагнитной подложке.

Установлена выраженная обратно пропорциональная зависимость между толщиной покрытия и амплитудой регистрируемого сигнала. В интервале толщин от 0 до 1200 мкм наблюдается монотонное снижение амплитуды сигнала с 28 до 22 усл. ед.

Наибольший практический интерес представляет зона толщин 750...1500 мкм, в которой значения сигнала оказываются ниже уровня сигнала от

монокристаллического образца. Это служит однозначным индикатором недостаточной толщины покрытия в указанном диапазоне.

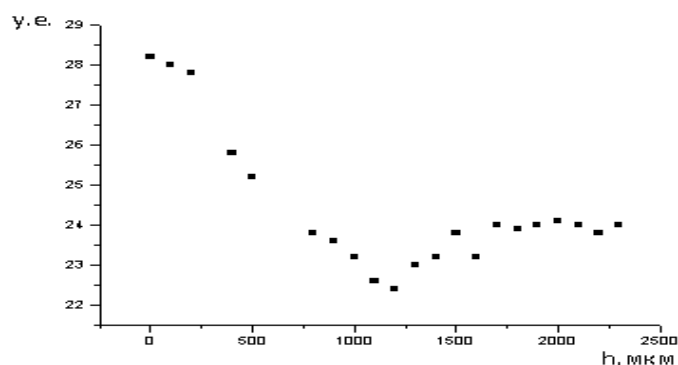


Рис. 1. Зависимость величины сигнала от толщины алюминиевого покрытия на медной основе

При превышении порогового значения толщины в 1500 мкм амплитуда сигнала стабилизируется, достигая постоянной величины, которая сохраняется вплоть до 2500 мкм и полностью соответствует показаниям для монокристаллического материала. Данный факт свидетельствует о достижении критической толщины покрытия, при которой влияние материала подложки на результаты измерений становится пренебрежимо малым.

Выводы. Результаты проведенных исследований подтверждают возможность обнаружения глубинных дефектов в металлических конструкциях с использованием модернизированного метода вихретокового контроля. В отличие от традиционной технологии, ориентированной преимущественно на выявление поверхностных несплошностей (таких как трещины и нарушения сплошности), применение сверхминиатюрных преобразователей с локализованным магнитным полем в сочетании со специализированным программным обеспечением позволило достичь значительного увеличения глубины контроля (до 4 мм) при сохранении высокой пространственной разрешающей способности.

Ключевым фактором, обусловившим расширение диагностических возможностей метода, явилась оптимизация частоты возбуждающего поля, обеспечившая повышение чувствительности к дефектам, расположенным на значительном расстоянии от поверхности.

Исследование выполнено в рамках реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030», проект «Разработка цифровых измерительных систем для исследования металлов и интерметаллических структур».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Измерение толщины тонких металлических пленок с использованием вихретокового программно-аппаратного комплекса / А. О. Катасонов, С. А. Войнаш, И. В. Ворначева [и др.] // Third International Scientific and Practical Symposium on Materials Science and Technology (MST-III 2023). – 2024. – Р. 1–8.