

УДК 620.179.14

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТОДИНАМИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ
ТОЛЩИНЫ И СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ НИКЕЛЕВЫХ СЛОЕВ

В. И. ШАРАНДО, И. Е. ЗАГОРСКИЙ, А. А. ПОЛОНЕВИЧ

Институт прикладной физики НАН Беларуси

Минск, Беларусь

Толщинометрия покрытий из гальванического никеля на немагнитных основаниях может осуществляться с помощью магнитодинамического метода контроля. Информацию о толщине и структурном состоянии покрытия можно получить по измерению величины магнитного потока, создаваемого при контакте изделия с магнитным толщиномером МТЦ-3-2 [1], и последующему определению с помощью измерителя остаточной намагниченности ИОН-4 [1] величины намагниченности, оставляемой на покрытии этим толщиномером. В [2] показано, что результаты толщинометрии зависят от структурного состояния никеля. При этом зависимость показаний прибора ИОН-4 от толщины образующего покрытия гальванического никеля близка к зависимости от толщины электролитического никеля, полученной на пластинках после их прокатки до степени деформации 33 %. Ход кривых резко изменяется при отжиге покрытий и пластинок. Раздельную информацию о толщине и структуре, соответствующей состоянию никеля после нанесения, деформации либо отжига, можно получить при совместном использовании двух рассмотренных методик магнитодинамического контроля и реализующих их приборов.

При этом оказалось, что показания прибора МТЦ-3-2 образуют однозначные зависимости от толщины, а сигналы прибора ИОН-4 имеют неоднозначный характер. Для получения более подробных данных было решено расширить характеристики прикладываемых к никелю магнитных полей.

В исследованиях использованы две серии образцов с заданным набором толщин и наличием либо отсутствием деформации. Для этого отождённые в течение 3 ч на воздухе при 700 °С пластинки различной толщины из электролитического никеля чистотой 99,77 % были прокатаны на 33 %, затем отрезанные от них части снова отождены в течение 1 ч при 700 °С.

С помощью прибора ИОН-4 на образцах проводились измерения остаточной намагниченности, пятно которой создавалось тремя способами: прикладыванием к никелевым пластинкам преобразователя прибора МТЦ-3-2, снабжённого магнитом диаметром 5 мм и стальным наконечником со сферическим завершением такого же диаметра; прикладыванием цилиндрических магнитов с плоскими торцами диаметрами 3 (D3) и 5 мм (D5). Во всех случаях магниты были выполнены из сплава NdFeB. Намагничивание и измерения производились в неподвижно устанавливаемом на образцы кондукторе.

На рис. 1 приведены зависимости показаний прибора ИОН-4 от толщины отождённого и деформированного на 33 % никеля, намагниченного с помощью преобразователя МТЦ-3-2, магнитов D3 и D5.

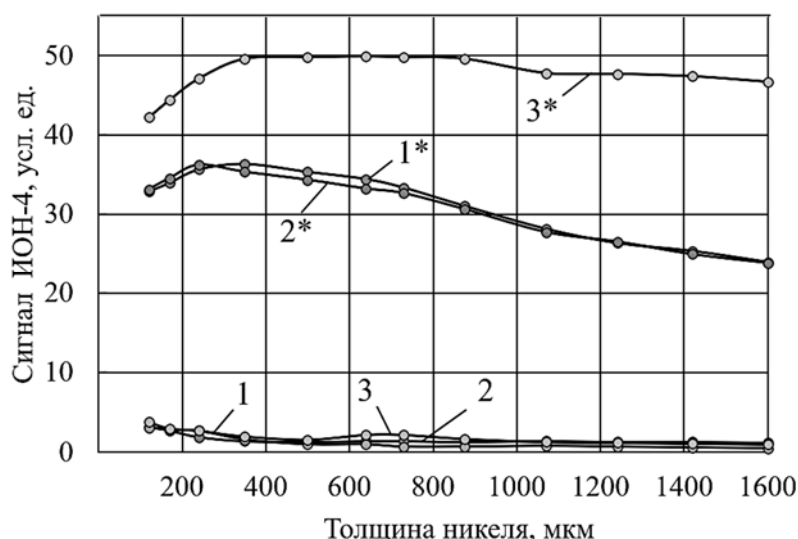


Рис. 1. Зависимости показаний прибора ИОН-4 от толщины отожжённого (1, 2, 3) и деформированного на 33 % (1*, 2*, 3*) никеля, намагниченного с помощью: 1, 1* – преобразователя МТЦ-3-2; 2, 2* – магнита D3; 3, 3* – магнита D5

Из рисунка следует, что кривые для пятен от преобразователя МТЦ-3-2 и от магнита D3 имеют большой наклон и совпадают. Кривая для магнита D5 лежит значительно выше и имеет другую кривизну: существенный рост при толщинах до 200 мкм, далее практически неизменные значения до 800 мкм и слабое падение к концу диапазона. Для отожжённых пластинок никеля после небольшого падения в области до 200 мкм величины всех сигналов устанавливаются близкими к нулевым на протяжении всего диапазона толщин.

Таким образом, установлено, что структурное состояние никеля можно определить при создании пятна намагниченности любым из рассмотренных способов. Это может быть осуществлено до измерения толщины контролируемого слоя прибором МТЦ-3-2 с включением по полученному результату необходимой градуировки. Применение магнита диаметром 5 мм способно дать в определённых диапазонах вообще практически неизменные показания. Предложенная методика может быть использована независимо от решения задач измерения толщины, когда необходима только оценка наличия или отсутствия отжига никеля. Возможна также грубая одновременная оценка толщины и структурного состояния никеля по измерениям остаточной намагниченности прибором ИОН-4 после намагничивания покрытия двумя магнитами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разработки лаборатории металлофизики ИПФ АН Беларуси в области неразрушающего контроля. – URL: <http://iaph.bas-net.by/lab1/products/> (дата обращения: 05.01.2024).
2. Шарандо, В. И. Магнитодинамическая толщинометрия никелевых слоев и покрытий / В. И. Шарандо, А. В. Чернышев, А. А. Полоневич // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 25–26 апр. 2024 г. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2024. – С. 325–326.