

УДК 620.179.14

МАГНИТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТОЛЩИНОМЕТРИЯ
НИКЕЛЕВЫХ СЛОЕВ И ПОКРЫТИЙ

В. И. ШАРАНДО, А. В. ЧЕРНЫШЕВ, А. А. ПОЛОНЕВИЧ

Институт прикладной физики НАН Беларуси

Минск, Беларусь

В настоящее время во многих отраслях промышленности и, в частности, при производстве ракетной техники применяются гальванические никелевые покрытия на немагнитных основаниях. В [1] проведены исследования деформированного и отожжённого электролитического никеля с помощью магнитодинамического метода неразрушающего контроля. При этом показано, что связанную с толщиной и структурным состоянием его слоёв информацию можно получать по измерению величины магнитного потока, создаваемого при контакте изделия с магнитным толщиномером, и последующему определению величины намагниченности, оставляемой этим толщиномером на его поверхности. Однако при промышленной толщинометрии никелевых покрытий на немагнитных основаниях могут возникать вопросы, связанные с влиянием на результат измерений их структуры и конкретного химического состава.

Целью работы являлось получение сравнительной информации со слоёв электролитического никеля высокой степени чистоты и промышленного гальванического никеля для оценки структурного состояния никелевых покрытий и создания магнитодинамических методик их контроля.

При выполнении работы измерялся сигнал магнитодинамического толщиномера МТЦ-3-2 [2]. Прибор регистрирует изменения магнитного потока в индукционной катушке, охватывающей сопряжённый со стержневым магнитом железный наконечник, при его соприкосновении и последующем удалении от ферромагнитного изделия. В первичном преобразователе использован магнит из NdFeB с энергией 45 мДж. Измеряемый сигнал зависит от количества ферромагнитного материала в рабочей зоне преобразователя и характеризует изменение толщины никелевого слоя. Измерителем остаточной намагниченности ИОН-4 [2], использующим устанавливаемую на изделие катушку без магнита, определялся поток индукции от магнитного пятна, оставленного преобразователем толщиномера МТЦ-3-2 после его удаления с поверхности никеля.

Отожжённые в течение 3 ч на воздухе при 700 °С пластинки различной толщины из электролитического никеля чистотой 99,77 % прокатали на 33 %, затем отрезанные от них части снова отожгли при 700 °С в течение 1 ч. В итоге были созданы две серии образцов с заданным набором толщин и наличием либо отсутствием деформации. Был также нанесён на проводящее основание с минимальной адгезией слой никеля толщиной 110 мкм по технологиям, применяемым на ракетных предприятиях. Полученная и отделенная от основания пластина разрезана на куски, из которых создавались стопки задаваемой толщины. Размер каждого образца составлял 32 × 22 мм.

Зависимость показаний приборов МТЦ-3-2 и ИОН-4 (в условных единицах), от толщины отожжённого и деформированного электролитического никеля, а также стопок гальванического никеля, представлена на рис. 1.

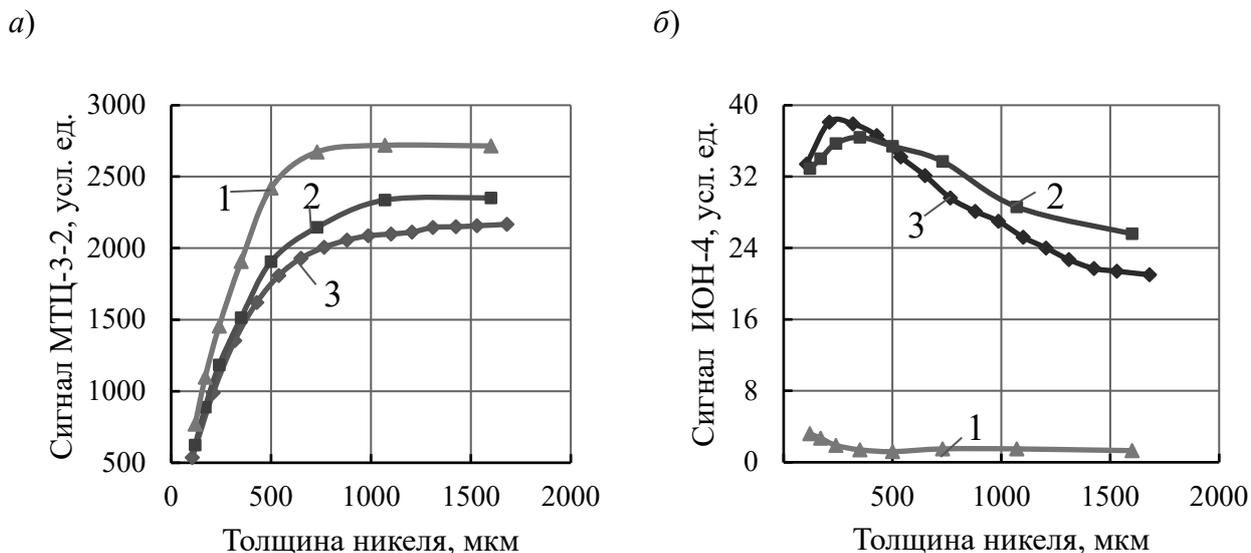


Рис. 1. Зависимость показаний приборов МТЦ-3-2 (а) и ИОН-4 (б) от толщины отожжённого (1) и деформированного (2) электролитического никеля, стопок (3) гальванического никеля

Прибор МТЦ-3-2 показывает различающиеся, но однозначные зависимости от толщины как для отожжённых, так и деформированных образцов электролитического никеля. Измеряемая прибором ИОН-4 остаточная намагниченность близка к нулевой для всех толщин отожжённого никеля. Для деформированного никеля показания неоднозначны, однако изменения сигнала в используемом на производстве диапазоне 200...700 мкм невелики. Это позволяет при толщинометрии использовать данные МТЦ-3-2 в качестве основных, а ИОН-4 – корректирующих по учёту структуры.

Кривые для гальванического никеля в случае обоих приборов близки к кривым для деформированного электролитического никеля. Некоторое несовпадение связано с примесями и отличающимися структурными дефектами в гальваническом никеле. В целом же гальванический и деформированный на 33 % электролитический никель имеют сравнимые внутренние напряжения. Это необходимо учитывать при создании градуировок для средств контроля.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шарандо, В. И. Магнитодинамическая и электромагнитная толщинометрия деформированных и отожжённых никелевых покрытий / В. И. Шарандо, А. В. Чернышев, Н. В. Кременькова // *Неразрушающий контроль и диагностика*. – 2021. – № 4. – С. 26–31.

2. Разработки лаборатории металлофизики ИПФ АН Беларуси в области неразрушающего контроля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://iaph.bas-net.by/lab1/products/>. – Дата доступа: 05.01.2024.