

УДК 620.179.14

МАГНИТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТОЛЩИНОМЕТРИЯ ПЛАСТИЧЕСКИ ДЕФОРМИРОВАННЫХ И ОТОЖЖЕННЫХ НИКЕЛЕВЫХ СЛОЕВ

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

Институт прикладной физики НАН Беларуси

Минск, Беларусь

Определение толщины и структурных характеристик гальванических никелевых покрытий на немагнитных основаниях может осуществляться с помощью разработанного в ИПФ НАН Беларуси магнитодинамического метода неразрушающего контроля [1]. При этом используются предназначенный для определения толщины немагнитных покрытий на конструкционных сталях магнитный толщиномер МТЦ-3-2 [2] и измеритель напряженности остаточных магнитных полей ИОН-4 [2]. Намагничивающе-измерительный узел первого прибора приводится в контакт с изделием и затем снимается с него; по показаниям в безразмерных единицах строится зависимость измеряемых сигналов от толщины поверхностного никелевого слоя, которая далее закладывается в создаваемую градуировку. Измерительный узел второго прибора приводится в контакт с изделием в области сохранившегося на его поверхности магнитного следа и позволяет определить интенсивность остаточного поля. Одновременное применение указанных приборов позволяет осуществить, при промышленном контроле, выбор градуировки, соответствующей состоянию никелевого покрытия после нанесения (которое по магнитным характеристикам приближенно соответствует деформированному на 33 % высокочистому электролитическому никелю) либо после технологически задаваемого на производстве отжига.

Однако в ряде случаев проведение промышленной толщинометрии никелевых покрытий может потребовать расширенной информации о влиянии на измеряемые сигналы структурных напряжений. Целью исследований явилось изучение вопросов применения магнитодинамического метода неразрушающего контроля при различном состоянии слоев электролитического никеля в широком диапазоне деформаций.

Учитывая, что при контроле никелевых покрытий на немагнитных основаниях с использованием магнитных методов результаты измерений зависят только от характеристик ферромагнетика, гальванически нанесенные на поверхность слои могут быть заменены отдельно выполненными из данного металла плоскими образцами. Для проводимых исследований из электролитического никеля марки Н-1у чистотой 99,77 % были изготовлены пластинки различной толщины. Часть из них отожжены в течение 3 ч на воздухе при 700 °С и прокатаны при комнатной температуре до разных степеней пластической деформации. Таким путем были созданы серии образцов с заданным набором толщин и отсутствием либо наличием разных степеней структурных напряжений.

Зависимости, в условных единицах, сигналов приборов МТЦ-3-2 и ИОН-4 от толщины отожженного и деформированного на 8 %, 25 % и 45 % никеля представлены на рис. 1.

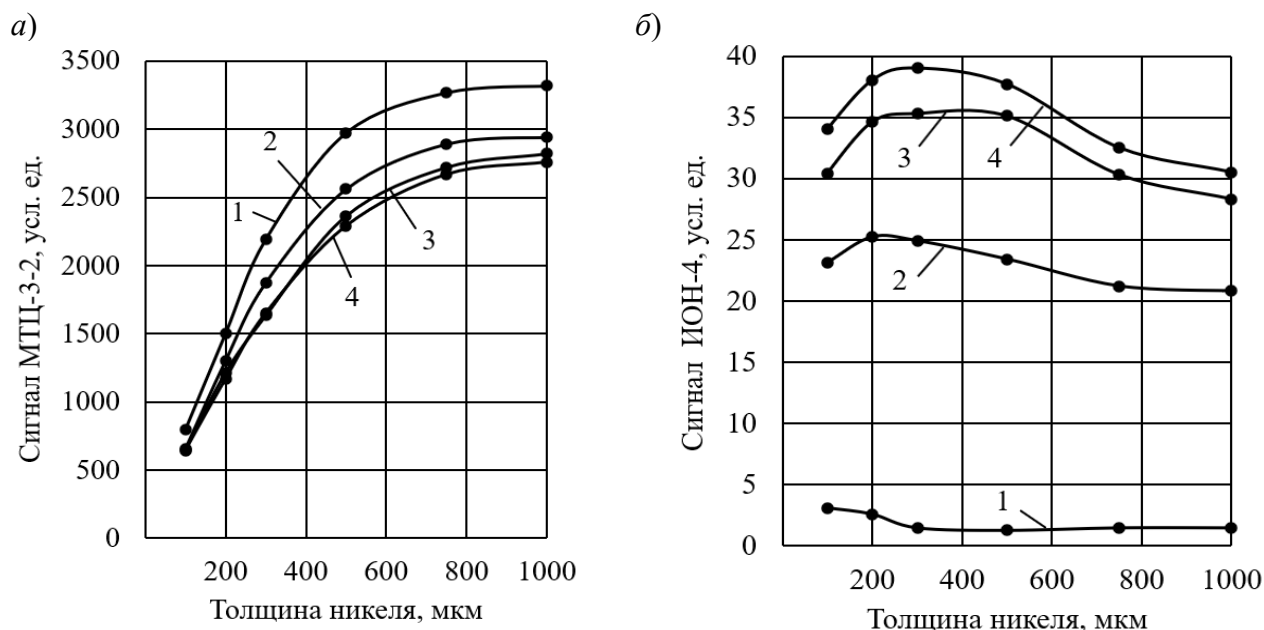


Рис. 1. Зависимости сигналов приборов МТЦ-3-2 (а) и ИОН-4 (б) от толщины отожженного (1) и деформированного на 8 % (2), 25 % (3) и 45 % (4) никеля

Из рис. 1, а следует, что с увеличением толщины никеля происходит возрастание величин сигналов прибора МТЦ-3-2 при всех рассмотренных степенях деформации образцов. Наибольшая разрешающая способность наблюдается в случае отожженного никеля. При деформациях 25 % и 45 % кривые практически сливаются. Приведенные на рис. 1, б показания прибора ИОН-4 близки к нулевым при всех толщинах отожженного никеля. Деформация приводит к резкому росту измеряемых сигналов, при высоких степенях структурных напряжений кривые сближаются. Наблюдаемая в границах исследованных здесь толщин от 100 до 1000 мкм неоднозначность показаний может не играть существенной роли при реальном практическом использовании диапазона от 200 до 700 мкм и менее. Совместное применение этих двух методик магнитодинамических измерений позволяет оценивать вызванный условиями нанесения или последующей термообработки уровень напряжений в структуре никелевого слоя и выбирать градуировку для контроля толщины покрытия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шарандо, В. И. Магнитодинамическая и электромагнитная толщинометрия деформированных и отожженных 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. – URL: <http://iaph.bas-net.by/lab1/products/> (дата обращения: 13.01.2025).