

УДК 620.179.14+537.3222.11

## ОТСТРОЙКА ОТ ВЛИЯНИЯ НАМАГНИЧЕННОСТИ НИКЕЛЕВЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ИХ ТОЛЩИНОМЕТРИИ МАГНИТОДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Лухвич А.А., Лукьянов А.Л., Шарандо В.И.

Институт прикладной физики НАН Беларуси

Минск, Республика Беларусь

В области толщинометрии никелевых покрытий на немагнитных основаниях широкое распространение получили магнитные методы. В Институте прикладной физики НАН Беларуси для решения этих задач разрабатываются и успешно используются магнитодинамические приборы [1,2]. Однако при их применении в условиях производства была выявлена зависимость показаний от состояния технологической намагниченности покрытия: наличия на нём как обширных магнитных пятен от посторонних источников поля, так и попадающих в информативную зону прибора точечных зон намагниченности от предыдущих прикосновений магнитного наконечника самого преобразователя. Указанные факторы могут приводить к существенным погрешностям измерения толщины. Для устранения влияния намагниченности никелевого покрытия на измеряемый сигнал предложена конструкция первичного преобразователя с использованием кольцевого постоянного магнита, охватывающего осевой магнит, железный наконечник и индукционную катушку. Такая система должна обеспечить перемагничивание покрытия в информативной зоне преобразователя, приводя его в одно и то же состояние при каждом новом измерении.

Целью данной работы является исследование эффективности предложенной конструкции первичного преобразователя в плане устранения указанных погрешностей. Для этого выполнены измерения сигнала преобразователя вдоль линейных участков длиной 60 мм на никелевых покрытиях толщиной 110 и 250 мкм на немагнитных основаниях при различных условиях их намагничивания.

На рисунке 1 приведена схема разработанного первичного преобразователя.

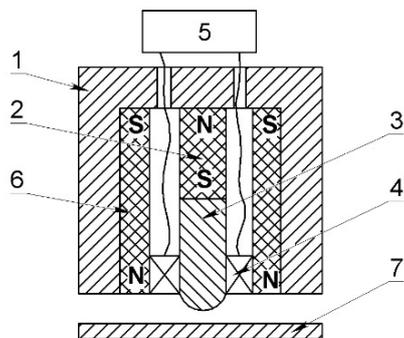


Рисунок 1 – Схема первичного преобразователя

Рабочая часть преобразователя состоит из корпуса 1, осевого магнита 2, соединённого с ним железного наконечника 3, индукционной катушки 4 и подключенного к катушке измерителя электрического сигнала 5. Данные элементы являются общими для всех магнитодинамических толщиномеров. Предложенная нами конструкция снабжена дополнительно кольцевым магнитом 6. Под преобразователем изображено контролируемое покрытие 7.

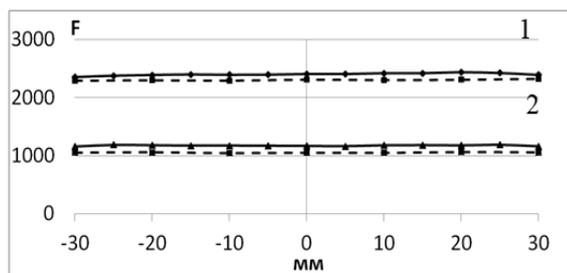
В процессе работы толщиномера наконечник 3 приводит в соприкосновение с покрытием 7 и после включения измерителя сигнала 5 удаляют от него. Изменение магнитного потока в сердечнике 2 создаёт импульс электрического тока в катушке 4, который интегрируется и фиксируется измерителем сигнала 5. Величина импульса пропорциональна толщине (т. е. попадающей в информативную зону преобразователя массе) никелевого покрытия.

В качестве осевого магнита преобразователя использован постоянный магнит диаметром 3 мм из материала NdFeB с наконечником из железа. Кольцевой магнит выполнялся из этого же материала и имел внутренний и внешний диаметры соответственно 6 и 14 мм. Направление поля выбрано противоположным магниту 2.

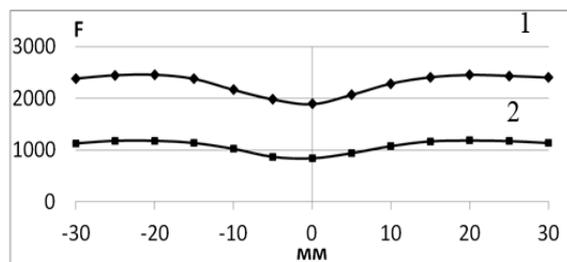
Измерения осуществлялись путём последовательных установок преобразователя на покрытие по одной линии с шагом 5 мм. При этом в результате многократных проходов в информативную зону попадали магнитные следы предыдущего и последующего контактов наконечника. В отдельных сериях измерений производилось предварительное намагничивание покрытия посередине линии измерений магнитом из NdFeB диаметром 10 мм.

Результаты магнитодинамических измерений представлены на рисунке 2. Величины электрических сигналов даются в относительных единицах при одинаковом усилении.

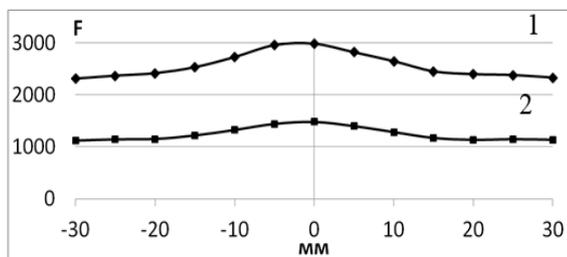
Рассмотрены четыре варианта реализации измерений: *a* – без кольцевого магнита, образец размагничен; *b* – без кольцевого магнита, центр образца намагничен противоположно центральному магниту; *в* – без кольцевого магнита, центр образца намагничен параллельно центральному магниту; *г* – с кольцевым магнитом при трёх аналогичных предыдущим случаях состояниях материала покрытия: образец размагничен, затем центр намагничен параллельно и противоположно центральному магниту.



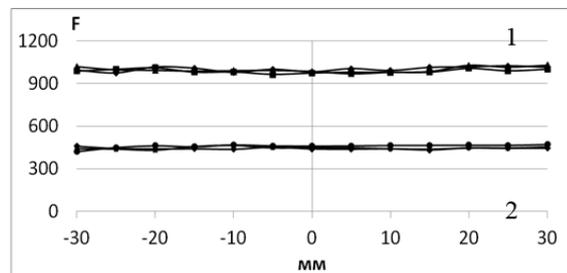
а



б



в



z

а, б, в – преобразователь без кольцевого магнита при различных условиях намагничивания образца; z – преобразователь с кольцевым магнитом при тех же условиях намагничивания образца; толщина никелевых покрытий: 1 – 250 мкм; 2 – 110 мкм;

Рисунок 2 – Зависимость сигнала  $F$  от точки контакта на линейном участке измерений:

Рисунок 2(а) показывает значения сигнала преобразователя при его перемещении по прямой линии с шагом 5 мм (сплошная зависимость) и 10 мм (пунктирная зависимость). Во втором случае точки соседних контактов не попадали в информативную зону преобразователя. Результаты измерений в этих случаях различаются. Оценивая погрешность с учётом изменения сигнала с толщиной (линии 1 и 2), можно опреде-

лить её в районе 10 - 15%. При дальнейшем уменьшении шага преобразователя, а также увеличении числа проходов можно получить линии, ещё далее отстоящие от пунктира.

Рисунок 2(б) представляет величины сигналов при намагниченном посередине линии измерений, противоположно полю осевого магнита 2 образце. В области магнитного пятна наблюдается отчётливый провал на обеих кривых. Погрешность измерения толщины может составить порядка 30%. Следует учесть, что кривые получены путём многократных проходов с подмагничиванием центра после каждого из них. Без подмагничивания с новыми проходами наблюдается постепенное уменьшение провала и слабый рост окружающих значений. Зависимость ещё больше сглаживается при уменьшении шага измерений, однако полного перемагничивания информативной зоны осевым магнитом не происходит.

Рисунок 2(в) получен для образца, намагниченного в середине линии измерений параллельно полю магнита 2. В области магнитного пятна имеет место горб обратного рисунку 2(б) направления. В результате многократных проходов без подмагничивания центра горб несколько уменьшается при росте окружающих значений, но полная линейность кривой не достигается.

Рисунок 2(з) представляет величины сигналов после снабжения преобразователя охватывающим кольцевым магнитом. При всех рассмотренных выше условиях намагничивания образца (предыдущие контакты, наложение магнитных пятен) значения измерений колеблются близко к прямым линиям 1 и 2, что говорит о полном перемагничивании информативной зоны. При этом происходит более чем двукратное уменьшение чувствительности к толщине покрытия, однако этот параметр не является критическим и может регулироваться коэффициентом усиления прибора. Погрешность определяется лишь разбросом показаний, при этом полностью исключено влияние предварительной намагниченности

Таким образом, полученные результаты подтверждают эффективность предложенной конструкции преобразователя для устранения погрешностей, связанных с намагниченностью изделия, при магнитодинамической толщинометрии никелевых покрытий.

1. Лухвич А.А. Возможности магнитодинамического метода контроля толщины покрытий с неоднородными свойствами (эксперимент) / А.А. Лухвич, О.В. Булатов, А.Л. Лукьянов // Дефектоскопия. – 2009. – № 11. – С. 46-53.
2. Магнитные толщинометры покрытий // ИПФ НАН Беларуси [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <http://iaph.bas-net.by/~lab1/ru/design.html> – Дата доступа: 09.09.2015.