

В.И. ШАРАНДО

Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»

Минск, Беларусь

В последнее время широкое распространение в промышленном и строительном комплексе получили сертифицированные в Республике Беларусь и Российской Федерации магнитодинамические толщинометры МТЦ-3. Они обеспечивают измерение толщины немагнитных покрытий на ферромагнитных основаниях в диапазоне $0 \div 10$ мм с допускаемой нормированной погрешностью $\pm (1,5 + 2 \% \text{ измеряемой величины})$ мкм. При этом используются преобразователи с магнитами диаметром $3 \div 5$ мм, помещёнными в ферромагнитные экраны диаметром до 10 мм.

В данной работе показана возможность расширения области использования указанных магнитных толщинометров на покрытия сантиметрового диапазона путём модификации магнитодинамического преобразователя. Исследования выполнены экспериментально, в качестве измерителя использован стандартный электронный блок толщинометра МТЦ-3.

Преобразователь содержит постоянный магнит диаметром 10 мм из материала NdFeB-37, стыкованный с его полюсом железный наконечник диаметром 10 и высотой 3,5 мм, размещённую на наконечнике индуктивную катушку для измерения изменения магнитного потока путём интегрирования электрического сигнала, возникающего при удалении преобразователя от изделия. Данная система помещена в экран, состоящий из диска на втором полюсе магнита и цилиндрической боковой части. В середину наконечника впрессован износостойкий шарик из стали ШХ15, выступающий над его торцевой поверхностью и торцом экрана на 1 мм. Выполнен сравнительный анализ чувствительности преобразователя к толщине покрытий при вариации его параметров. Измерения велись на основании из стали Ст 3 размерами 142x142x23 мм. Рассматривался характер кривых, приведённых, путём регулирования усиления, к одинаковому значению на основании без покрытия. Предложены следующие варианты конструкции:

- высота магнита – 5 мм, диаметр экрана – 16 мм, материал – сталь Ст 3;
- высота магнита – 10 мм, диаметр экрана – 40 мм, материал – сталь Ст 3;
- высота магнита – 10 мм, диаметр экрана 40 мм, цилиндрическая часть немагнитна, материал дисковой части – сталь Ст 3;
- высота магнита – 10 мм, обе части экрана немагнитны;
- высота магнита – 10 мм, диаметр экрана – 40 мм, материал – сталь Ст 3; наконечник с шариком отсутствуют, катушка размещена на магните вблизи его полюса, магнит непосредственно контактирует с изделием, выступая над торцом экрана на 1 мм.

В табл. 1 приведены экспериментальные данные по сигналам магнитодинамических преобразователей предложенных вариантов конструкций.

Табл. 1. Зависимость величины сигнала от конструктивного исполнения преобразователя

Толщина покрытия, мм	Вариант 1 сигнал, отн. ед.	Вариант 2 сигнал, отн. ед.	Вариант 3 сигнал, отн. ед.	Вариант 4 сигнал, отн. ед.	Вариант 5 сигнал, отн. ед.
0	5300	5300	5300	5300	5300
0,33	4284	4637	4852	4571	4846
0,60	3549	4095	4485	3975	4474
1,00	2614	3533	4077	3407	3923
1,70	1484	2650	3363	2770	2975
3,20	734	1638	2140	1609	1588
4,60	397	1116	1508	1091	994
8,60	101	450	662,5	454	424
10,0	69	337	499,4	331,3	261
14,6	25	161	252,8	159	91,2
18,6	13	88	150,8	90,9	49,7
22,7	7,7	53	91,7	60,6	28
27,3	4,4	32,1	57,1	35	16,3
30,8	3,4	24,1	41,8	23,9	10,6
34,4	2,4	16,1	28,5	18	7,1
40,0	2,0	9,6	17,5	11,5	4,0

Из таблицы следует, что для толщинометрии толстых покрытий целесообразно использовать преобразователи с постоянным магнитом диаметром 10 мм и магнитомягким наконечником. При этом чувствительность превосходит основную погрешность $\pm(1,5+2\%$ измеряемой величины) мкм при диаметре экрана 16 мм до толщин покрытия ~15 мм и при диаметре экрана 40 мм – до толщин покрытия ~30 ÷ 35 мм. Увеличение диаметра экрана обеспечивает контроль в более широком диапазоне немагнитных покрытий и более пологую зависимость измеряемого сигнала от толщины. Наилучшая чувствительность к высоким толщинам покрытий достигается с применением магнитомягкого наконечника и ферромагнитного экрана в виде торцевого диска, без цилиндрической части. То есть, имеет значение усиление поля в результате присоединения к торцам магнита магнитомягких элементов, однако его локализация путём приближения к изделию краёв экрана уменьшает разрешение при большой толщине. Сильно ослабляет намагничивающее поле отсутствие нижнего, ближайшего к изделию магнитомягкого торцевого элемента – наконечника.

Полученные результаты расширяют область освоения магнитодинамических толщиномеров, а также могут оказаться полезными при проектировании аналогичных приборов с другими принципами регистрации информативного сигнала, но сходными системами намагничивания.