

УДК 620.179.142.6

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ МАГНИТОДИНАМИЧЕСКОЙ
ТОЛЩИНОМЕТРИИ НИКЕЛЕВОГО СЛОЯ В ХРОМОНИКЕЛЕВОМ
ПОКРЫТИИ, НАНЕСЕННОМ НА ДВУХСЛОЙНОЕ ОСНОВАНИЕ

О. В. БУЛАТОВ

Институт прикладной физики НАН Беларуси
Минск, Беларусь

Наиболее существенным из факторов, снижающих точность магнитодинимической толщинометрии слоя никеля хромоникелевого покрытия, является намагниченность M ферромагнитного слоя двухслойного основания, зависящая от толщин слоев основания и покрытия. Для устранения ее влияния на указанную точность выполняют настройку нуля прибора [1]. Так как эта операция не позволяет учесть слой хрома, возникает обусловленная им дополнительная погрешность δ_{Cr+M} , зависящая не только от его толщины d , но и от толщин b слоя никеля и s неферромагнитного слоя основания. Расчетные значения погрешности δ_{Cr+M} для различных сочетаний значений трех толщин содержатся в табл. 1 (столбцы 4, 8, 12).

Табл. 1. Влияние толщин d , b и s хромового, никелевого и неферромагнитного слоев соответственно на дополнительную погрешность δ_{Cr+M} , вычисленную без учета слоя хрома

d , мкм	b , мкм	s , мм	δ_{Cr+M} , %	d , мкм	b , мкм	s , мм	δ_{Cr+M} , %	d , мкм	b , мкм	s , мм	δ_{Cr+M} , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
50	200	3	-3,97	100	200	3	-7,84	150	200	3	-11,56
		6	-2,39			6	-4,76			6	-7,04
		9	-2,07			9	-4,13			9	-6,13
	400	3	-3,28		400	3	-6,47		400	3	-9,54
		6	-2,46			6	-4,87			6	-7,22
		9	-2,29			9	-4,54			9	-6,73
	700	3	-3,43		700	3	-6,73		700	3	-9,89
		6	-2,95			6	-5,82			6	-8,60
		9	-2,85			9	-5,63			9	-8,32

Из табличных данных следует, что погрешность δ_{Cr+M} по модулю возрастает почти втрое при трехкратном увеличении толщины d и примерно в 1,2–1,9 раза (в зависимости от b) при таком же уменьшении s . Последнее обстоятельство объясняется возрастанием влияния намагниченности M на δ_{Cr+M} , что обусловлено снижением эффективности настройки нуля прибора по мере увеличения d .

Ниже в аналогичных столбцах табл. 2 приведены значения δ_{Cr+M} , вычисленные по теоретической функции, эквивалентной скорректированной градуировочной зависимости, построенной при наложении неферромагнитной пленки толщиной 100 мкм на меры толщины никелевого покрытия.

Табл. 2. Дополнительная погрешность δ_{Cr+M} , вычисленная с учетом слоя хрома

d , мкм	b , мкм	s , мм	δ_{Cr+M} , %	d , мкм	b , мкм	s , мм	δ_{Cr+M} , %	d , мкм	b , мкм	s , мм	δ_{Cr+M} , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
50	200	3	-0,17	100	200	3	-4,22	150	200	3	-8,09
		6	+1,48			6	-0,99			6	-3,38
		9	+1,82			9	-0,34			9	-2,43
	400	3	+1,14		400	3	-2,23		400	3	-5,48
		6	+2,01			6	-0,55			6	-3,02
		9	+2,20			9	-0,19			9	-2,51
	700	3	+2,30		700	3	-1,32		700	3	-4,79
		6	+2,83			6	-0,33			6	-3,37
		9	+2,94			9	-0,12			9	-3,07

Отсутствие в столбце 8 табл. 2 нулевых значений погрешности δ_{Cr+M} подтверждает ее зависимость от намагниченности M , возрастающей при уменьшении толщины d , b или s . Видно, что градуировка прибора, выполненная с использованием 100-микрометровой пленки, почти всегда приводит к значительному уменьшению модуля погрешности δ_{Cr+M} . Существуют некоторые сочетания значений трех толщин, при которых данная погрешность практически отсутствует (например, при минимальных или очень близких к ним значениях). Чтобы обеспечить ее отсутствие в каждой контрольной точке изделия, необходимо проградуировать прибор с помощью множества пленок, толщина каждой из которых соответствует сочетанию, имеющему место в конкретной точке. Так как это условие практически невыполнимо, для градуировки прибора целесообразно использовать одну пленку оптимальной толщины.

Использование пленки толщиной 100 мкм позволяет:

- в среднем в несколько раз повысить точность магнитодинамической толщинометрии слоя никеля под слоем хрома толщиной от 50 до 150 мкм;
- указать для основной допускаемой погрешности прибора МТДП-1 [2] существенно меньшие паспортные пределы $\pm(1,5 \text{ мкм} + 5 \%)$, что в целом значительно улучшает его метрологические характеристики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лухвич, А. А. Контроль толстослойных никелевых покрытий на двухслойных (неферромагнетик-ферромагнетик) основаниях магнитодинамическим методом толщинометрии / А. А. Лухвич, О. В. Булатов, А. Л. Лукьянов // Дефектоскопия. – 2014. – № 4. – С. 3–12.

2. Прибор для измерения толщины покрытий МТДП-1 [Электронный ресурс] / Государственное научное учреждение «Институт прикладной физики Национальной академии наук Беларуси». – Режим доступа: <http://iaph.bas-net.by/mtdp-1>. – Дата доступа: 01.02.2021.