

УДК 620.179.142.6

МАГНИТОДИНАМИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ТОЛЩИНЫ ХРОМОВЫХ ПОКРЫТИЙ НА НАМАГНИЧЕННОМ НИКЕЛЕ

В. И. ШАРАНДО, О. В. БУЛАТОВ, А. В. ЧЕРНЫШЕВ
ГНУ «ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

В ИПФ НАН Беларуси в рамках программы Союзного государства «Космос-НТ» создан и сертифицирован в Российской Федерации (свидетельство № 47796) портативный магнитодинамический толщиномер МТДП-1, предназначенный для измерения толщины: хромовых покрытий в диапазоне от 0 до 150 мкм, нанесенных на никелевые покрытия толщиной не менее 200 мкм, с основной погрешностью не более $\pm(5 \text{ мкм} + 5 \% \text{ от измеряемой толщины})$; никелевых покрытий в диапазоне от 0 до 700 мкм, расположенных под хромовыми покрытиями толщиной до 150 мкм, с погрешностью не более $\pm(1,5 \text{ мкм} + 10 \% \text{ от измеряемой толщины})$. Область применения прибора – контроль толщины двухслойных хромированных покрытий камер сгорания жидкостных ракетных двигателей. Однако при проведении производственных испытаний прибора было установлено, что наличие на покрытиях технологических пятен остаточной намагниченности вносит в результаты контроля дополнительную погрешность.

При выполнении программы Союзного государства «Мониторинг-СТ» разработан экспериментальный образец толщиномера МТДП-1 [1], решающий вышеуказанную проблему использованием встроенной в него системы размагничивания, идентичной системе экспериментального образца толщиномера МТНП-1, рассмотренной в работе «Магнитодинамический контроль толщины намагниченных никелевых покрытий на бронзе» настоящего сборника. Результаты использования размагничивающей системы при толщинометрии никелевого покрытия под слоем хрома оказались по эффективности аналогичными приведенным в указанной работе.

В настоящей работе рассмотрены результаты лабораторных испытаний экспериментального образца толщиномера МТДП-1 (табл. 1), полученные с помощью преобразователя, предназначенного для контроля толщины слоя хрома на никелевом покрытии, путем измерения толщины неферромагнитных пленок, имитирующих слой хрома и наложенных на меры (никель на бронзе).

Испытания проведены в три этапа:

- 1) после полного размагничивания никелевых покрытий всех мер;
- 2) после намагничивания покрытия каждой меры заданным полюсом магнита, изготовленного из неодим-железо-бора (NdFeB) в виде цилиндра диаметром 10 мм и высотой 5 мм;
- 3) после намагничивания покрытия противоположным полюсом указанного магнита.

Табл. 1. Результаты лабораторных испытаний толщиномера МТДП-1

Толщина покрытия, мкм		Остаточная индукция, мТл	Показания толщиномера по 5 измерениям, хром, мкм					Среднее, мкм	Основная погрешность, мкм	
			1	2	3	4	5		полученная	допускаемая
48	195,4	0	49,0	49,6	48,3	50,3	47,9	49,0	+1,0	±7,4
		+4,9	49,8	50,3	47,5	48,6	49,6	49,2	+1,2	
		-4,5	49,6	50,3	49,8	47,5	49,6	49,4	+1,4	
	382,7	0	48,3	49,0	53,5	50,3	51,7	50,6	+2,6	±7,4
		+4,8	51,2	50,3	50,7	52,7	54,9	52,0	+4,0	
		-4,5	50,0	50,3	51,2	50,7	54,9	51,4	+3,4	
	668,5	0	50,3	49,6	50,9	51,3	51,4	50,7	+2,7	±7,4
		+4,6	50,3	52,0	48,4	49,6	48,0	49,7	+1,7	
		-4,3	49,6	48,3	49,3	48,4	48,0	48,7	+0,7	
99	195,4	0	105	100	101	104	99,9	102,0	+3,0	±9,9
		+4,5	101	99,1	102	100	100	100,6	+1,6	
		-4,6	100	104	101	102	100	101,4	+2,4	
	382,7	0	100	100	101	101	101	100,6	+1,6	±9,9
		+4,4	100	101	100	98,8	101	100,4	+1,4	
		-4,5	100	101	100	100	101	100,4	+1,4	
	668,5	0	103	100	101	102	101	101,4	+2,4	±9,9
		+4,3	103	104	101	101	101	102,0	+3,0	
		-4,3	100	102	103	101	101	101,4	+2,4	
147	195,4	0	150	150	15	153	154	151,6	+4,6	±12,3
		+4,3	148	147	146	147	148	147,2	+0,2	
		-4,8	150	153	150	151	154	151,6	+4,6	
	382,7	0	147	146	148	151	152	148,8	+1,8	±12,3
		+4,3	147	152	148	153	151	150,2	+3,2	
		-4,7	146	151	147	148	151	148,2	+1,2	
	668,5	0	142	146	145	143	145	144,4	-2,6	±12,3
		+4,1	142	145	149	143	142	144,2	-2,8	
		-4,5	146	143	142	149	142	144,4	-2,6	

Из табл. 1 следует, что при условии использования размагничивающей системы погрешность измерения толщины слоя хрома на предварительно намагниченном никелевом покрытии не превышает основную допускаемую погрешность, указанную в паспорте сертифицированного толщиномера МТДП-1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Магнитодинамические и термоэлектрические приборы для измерения толщины покрытий изделий космической техники / В. И. Шарандо [и др.] // Седьмой белорусский космический конгресс: материалы конгресса: в 2 т., Минск, 24–26 октября 2017 г. – Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2017. – Т. 1. – С. 143–146.