

УДК 620.179.142.6

КОНТРОЛЬ ТОЛЩИНЫ НАМАГНИЧЕННЫХ НИКЕЛЕВЫХ ПОКРЫТИЙ ДОРАБОТАННЫМИ МАГНИТОДИНАМИЧЕСКИМИ ПРИБОРАМИ МТНП-1

Шарандо В.И.¹, Кременькова Н.В.¹, Чернышев А.В.¹, Булатов О.В.¹,
Калошин В.А.², Кинжагулов И.Ю.³

¹Институт прикладной физики НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь
²АО «НПО Энергомаш им. акад. В.П. Глушко», Химки, Российская Федерация

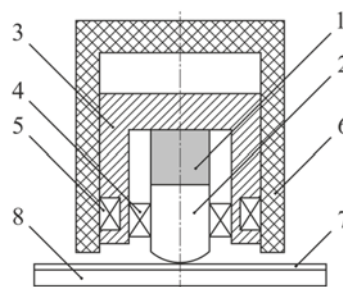
³Университет ИТМО, С.-Петербург, Российская Федерация

В рамках программы Союзного государства «Космос-НТ» (сроки выполнения 2008-2011 гг.) создан в Республике Беларусь и сертифицирован в Российской Федерации (зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений РФ под № 44898-10) новый тип магнитодинамических толщиномеров – приборы МТНП-1 [1], предназначенные для неразрушающего контроля никелевых покрытий камер сгорания жидкостных ракетных двигателей (КС ЖРД). Четыре толщиномера МТНП-1 внедрены на Воронежском механическом заводе, два аналогичных прибора – на предприятии «Металлист-Самара». В настоящее время с помощью указанных приборов контролируют толщину никелевого покрытия в технологическом цикле изготовления КС ЖРД.

Результаты исследовательских испытаний приборов МТНП-1, полученные в производственных условиях, позволили установить, что в отдельных случаях имеет место снижение точности измерений вышеуказанной толщины, обусловленное остаточной намагниченностью покрытия. Установлено, что основной причиной этой намагниченности являются технологические особенности изготовления КС ЖРД. Самым надежным решением данной проблемы является устранение всех выявленных пятен остаточной намагниченности на поверхности покрытия с помощью полой многovitковой катушки, питаемой от сети переменного тока. Однако для этого необходимо добавить в методику контроля толщины покрытия две операции: выявление пятен остаточной намагниченности с помощью измерителя магнитных полей (намагниченности) ИМП-1 [1] или аналогичного прибора и размагничивание пятен катушкой. Так как указанное решение оказалось неприемлемым для практики, было предложено доработать конструкцию толщиномера МТНП-1, оснастив его встроенной системой размагничивания покрытий. В состав этой системы входят конденсаторы достаточно большой емкости, и дополнительная многovitковая катушка, расположенная в магнитодинамическом преобразователе (рисунок 1). Питание размагничивающей системы осуществляется от батареек или аккумуляторов, установленных в электронном блоке.

Работа размагничивающей системы состоит в том, что в процессе каждого измерения после установки преобразователя на поверхность никелевого покрытия КС ЖРД происходит разряд

конденсаторов, приводящий к поочередному возникновению в витках размагничивающей катушки двух импульсов тока разной полярности, которые генерируют поле, устраняющее пятно остаточной намагниченности, расположенное на поверхности покрытия. Параметры импульсного размагничивающего поля выбраны таким образом, чтобы устранять пятна даже в том случае, когда индукция остаточного поля над поверхностью покрытия достигает 5 мТл [2]. Применение противоположно направленных импульсов гарантирует устранение любого пятна независимо от направления нормальной составляющей вектора индукции указанного поля.



1 – постоянный магнит; 2 – стальной наконечник;
3 – стальной корпус; 4 – измерительная катушка;
5 – размагничивающая катушка; 6 – эбонитовый корпус; 7 – покрытие; 8 – основание

Рисунок 1 – Схема преобразователя доработанного магнитодинамического толщиномера МТНП-1

Разработка размагничивающей системы, оптимизация ее параметров, изготовление и лабораторные испытания оснащенного ею доработанного магнитодинамического толщиномера МТНП-1 выполнены по заданию программы Союзного государства «Мониторинг-СГ» (2013–2017 гг.). Внешний вид указанного прибора приведен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Доработанный магнитодинамический толщиномер МТНП-1, оснащенный размагничивающей системой

Таблица – Результаты измерений толщины никелевого покрытия в различном магнитном состоянии

Номер сечения	Номер точки в сечении	Исходная намагниченность		Намагничено со знаком +		Намагничено со знаком –	
		Остаточная индукц., мТл	Ср. показан., мкм	Остаточная индукц., мТл	Ср. показан., мкм	Остаточная индукц., мТл	Ср. показан., мкм
I	1	-0,18	243	3,27	243	-2,67	242
	2	-0,15	222	2,14	221	-2,56	221
	3	0,23	215	2,59	216	-3,48	215
	4	0,24	234	3,21	232	-3,01	232
II	1	-0,19	238	2,78	238	-3,28	237
	2	0,27	229	2,71	230	-2,94	229
	3	-0,16	222	2,29	222	-1,99	220
	4	0,14	236	2,16	237	-2,31	234
III	1	0,27	235	3,17	236	-3,03	233
	2	0,21	245	3,35	245	-2,79	244
	3	0,11	233	3,24	235	-2,48	232
	4	0,18	221	2,64	221	-3,25	220

Исследовательские испытания доработанного прибора МТНП-1 проведены в Университете ИТМО (г. С.-Петербург) на натурной части КС ЖРД. Цель испытаний – оценка эффективности размагничивающей системы. Остаточная намагниченность никелевого покрытия характеризовалась исходным состоянием КС ЖРД либо создавалась с помощью приставного цилиндрического магнита из неодим-железо-бора, при этом знак намагниченности (+ или –) определялся полюсом, которым магнит был приставлен к покрытию. Измерения выполнены в трех контрольных сечениях, расположение и номера которых показаны на рисунке 3.

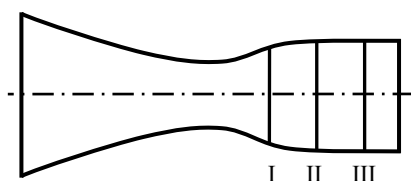


Рисунок 3 – Расположение сечений КС ЖРД при измерении толщины никелевого покрытия

В каждом сечении камеры сгорания измерения выполнены в четырех точках, расположенных по окружности сечения. Полученные данные приве-

дены в таблице, из которой следует, что при условии применения размагничивающей системы остаточная намагниченность никелевого покрытия КС ЖРД практически не влияет на результаты измерений его толщины. Это подтверждает возможность использования доработанных толщиномеров МТНП-1 для контроля изделий, выпускаемых авиа-космическими предприятиями.

Литература

1. Приборы неразрушающего контроля, разработанные в ИПФ НАН Беларуси [Электронный ресурс]: официальный сайт ГНУ «Институт прикладной физики НАН Беларуси». – Режим доступа: <http://iph.bas-net.by/VDev/index.html>.
2. Лухвич, А.А. Влияние остаточной намагниченности на результаты контроля магнитодинамическими толщиномерами специальных покрытий камер сгорания жидкостных ракетных двигателей / А.А. Лухвич, О.В. Булатов, А.Л. Лукьянов // Шестой белорусский космический конгресс, Минск, 28-30 октября 2014 г. : материалы: в 2-х т. / Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси. – Минск, 2014. – Т. 1. – С. 58–61.

УДК 620.179.142.6

КОНТРОЛЬ ТОЛЩИНЫ НАМАГНИЧЕННЫХ ДВУХСЛОЙНЫХ ХРОМОНИКЕЛЕВЫХ ПОКРЫТИЙ ДОРАБОТАННЫМИ МАГНИТОДИНАМИЧЕСКИМИ ПРИБОРАМИ МТДП-1

Шарандо В.И.¹, Кремьenkova Н.В.¹, Лукьянов А.Л.¹, Чернышев А.В.¹, Булатов О.В.¹, Калошин В.А.², Кинжагулов И.Ю.³

¹Институт прикладной физики НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

²АО «НПО Энергомаш им. акад. В.П. Глушко», Химки, Московская область, Российская Федерация

³Университет ИТМО, С.-Петербург, Российская Федерация

Слой хрома, нанесенный на никелевое покрытие камеры сгорания жидкостного ракетного двигателя (КС ЖРД), обеспечивает ей дополнительную защиту от прогорания. По заданию программы Союзного государства «Космос-НТ» (2008-2011 гг.) в Республике Беларусь созданы

магнитодинамические приборы МТДП-1 для неразрушающего контроля толщины таких двухслойных покрытий [1]. В 2012 году этот тип приборов был сертифицирован в Российской Федерации (внесен в Госреестр РФ под № 50930-12). Однако при проведении исследо-