

ВЛИЯНИЕ ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ В НИКЕЛЕВЫХ ПОКРЫТИЯХ НА ИХ МАГНИТНУЮ ПРОНИЦАЕМОСТЬ

Кутепов А.Ю., Крень А.П.

Институт прикладной физики НАН Беларуси
Минск, Республика Беларусь

В настоящее время нанесение различных функциональных покрытий на поверхность деталей и сборочных единиц космической техники с целью придания им заданных свойств является необходимым условием их надежной работы. Одним из основных показателей качества покрытий является отсутствие внутренних напряжений, которые могут привести к разрушению покрытия. Поэтому разработка современной аппаратуры и технологии оценки распределения напряжений в таких специальных, обладающих улучшенными коррозионными, теплозащитными и износостойкими свойствами видов покрытий, как толстослойные никелевые покрытия, представляется весьма актуальной.

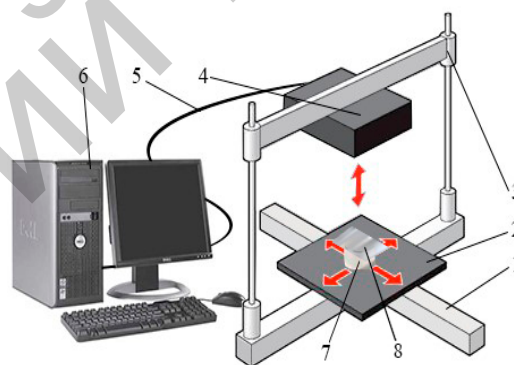
Отличительными особенностями процесса нанесения и контроля таких покрытий является тот факт, что толстослойные никелевые гальванические покрытия не являются однородными, а их свойства, в частности, магнитные, во многом зависят от технологических факторов при их нанесении, основными из которых являются загрязнение и температура электролита, скорость его прокачки и др. Эти факторы можно условно свести к одному, поскольку все они изменяют внутренние напряжения в покрытии, а последние, в свою очередь, оказывают влияние на магнитные свойства никелевого покрытия и качество покрытия в целом. Из теории ферромагнетизма известно, что наиболее сильное влияние внутренних напряжений на магнитные свойства металлов наблюдается в слабых и средних магнитных полях, уменьшаясь при воздействии сильных магнитных полей.

Для измерения внутренних напряжений в настоящее время используются такие методы, как акустический, метод лазерной интерферометрии, основанный на регистрации малых перемещений, возникающих в окрестности несквозного отверстия, просверленного в исследуемой зоне материала объекта, метод спирального контрактометра и метод изогнутой пластины. Для проведения контроля готовых изделий также используются метод измерения напряжений с помощью рентгеновского дифрактометра, коэрцитиметра а также магнитоанізотропный метод. Однако все перечисленные выше методы обладают следующими недостатками: приборами, реализующими данные методы либо невозможно проводить измерения на изделиях сложной формы, либо малой толщины, либо возникают сложности при проведении измерений в труднодоступном и ограниченном

пространстве, либо они в принципе не применимы для готовых изделий.

В рамках создания нового прибора, позволяющего контролировать внутренние напряжения в покрытиях, нанесенных на готовые изделия, магнитным методом без разрушения материала покрытия, было изучено влияние напряжений в никелевых пластинках на величину и топографию поля, создаваемого постоянными магнитами с различными геометрическими параметрами.

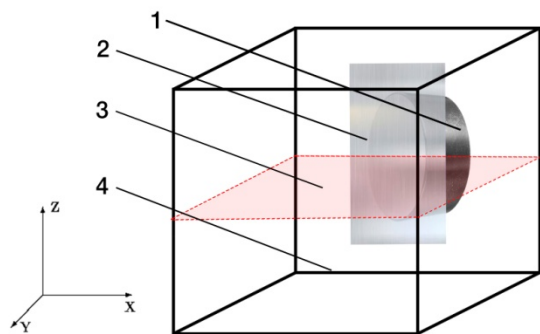
Исследование проводилось с помощью системы трехкоординатного позиционирования, включающей крепление для магнита и никелевой пластинки, а также датчик для измерения величины магнитного поля (рисунок 1).



- 1 – направляющие движения платформы,
2 – платформа с креплением для магнита и
никелевой пластинки, 3 – направляющие
движения датчика, 4 – датчик, 5 – кабель связи,
6 – ПК, 7 – магнит, 8 – никелевая пластинка

Рисунок 1 – Схема устройства установки
для исследования магнитных полей

Измерение магнитного поля проводилось точно в пространстве 10x 10 x 10 мм над магнитом с дискретностью измерений 0.5 мм. Данные записывались, а затем обрабатывались с помощью пакета программ Matlab. Для того, чтобы представить графически топографию магнитного поля, из трехмерного пространства значений выбирался срез таким образом, чтобы одно из значений матрицы-среза было также и максимальным значением величины магнитного поля во всем пространстве измерений над магнитом. Схема расположения среза в пространстве измерений представлена на рисунке 2.



1 – магнит, 2 – никелевая пластинка,
3 – срез по которому строилась топография,
4 – пространство измерений магнитного поля

Рисунок 2 – Срез значений в пространстве измерений величины поля для построения топографии

Всего было исследовано 4 магнита и 4 никелевые пластинки, имитирующие покрытие. Напряжения в пластинках создавались путем прокатки. Максимальные величины магнитных полей, измеренные в точке непосредственно над каждым из магнитов, представлены в таблице.

Максимальные величины магнитных полей

Магнит	Толщина пленки и величина прокатки			
	205 мкм 10 %	300 мкм 20 %	400 мкм 0 %	400 мкм 40 %
Величина магнитного поля, мТл				
№1	440	320	210	280
№2	155	150	90	135
№3	5,2	5,3	1,8	5,2
№4	2,6	2,7	0,85	2,5

Как видно из таблицы, влияние внутренних напряжений на величину поля, создаваемого постоянным магнитом, максимально при внесении в него пластинки с толщиной 400 мкм с уровнем прокатки 40 %. Для сравнения на рис. 3 и 4 представлены топографии магнитных полей над пластинками с толщиной 400 мкм и уровнем прокатки 0 % и 40 %.

По осям X и Y отложено расстояние от магнита центра, по оси Z – величина магнитного поля в точке. Топография представлена в виде трехмерного графика, поскольку использование отдельной оси координат для представления величины магнитного поля является более наглядным способом, нежели двухмерный график с изолиниями.

Полученные в ходе исследования топографии позволяют установить, что на образцах, имеющих внутренние напряжения, ослабление поля гораздо меньше, чем на отожженных образцах. Так, например, для образцов с толщиной 400 мкм

видно, что ослабление поля на отожженном образце в три раза больше, чем на образце с прокаткой 40 % в случае магнита № 4. С другими магнитами этот эффект также наблюдается, однако в меньшей степени. В случае с никелевыми пластинками толщиной 205 мкм и 300 мкм также можно наблюдать, что влияние внутренних напряжений тем больше, чем слабее поле магнита, в котором находится пластинка. Как видно из таблицы, в случае с сильными магнитами, толщина оказывала наибольшее влияние на величину поля, а в случае с слабыми – напряжения. Это говорит о низкой магнитной проницаемости образцов, имеющих внутренние напряжения и большей концентрации поля в отожженных образцах.

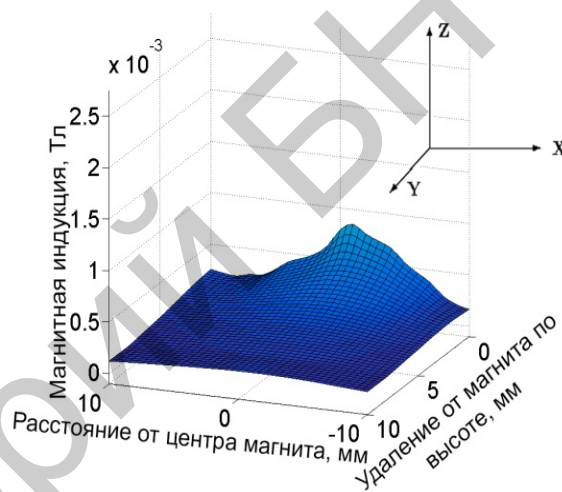


Рисунок 3 – Топография поля магнита №3 под никелевой пластинкой 400 мкм 0 %

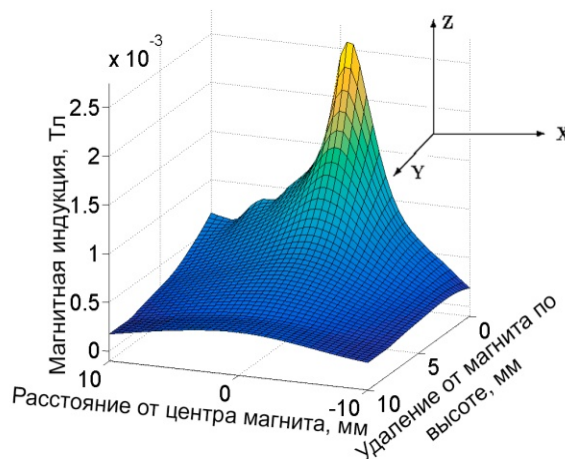


Рисунок 4 – Топография поля магнита №4 под никелевой пластинкой 400 мкм 40 %