

**Исследование влияния наноуглеродных модификаторов
на триботехнические характеристики композиционных
газотермических покрытий**

Э.А. Ванюк¹, И.О. Соколов², М.А. Леванцевич³

¹ Белорусский Национальный Технический Университет

² УО «Республиканский институт профессионального образования»

³ ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»

e-mail: eduard.vanyuk@gmail.com

One of the main tasks in mechanical engineering is to increase the resource of machine parts and mechanisms. To create competitive products, it is necessary to develop coatings with high performance properties, but at the same time economically feasible. In this work, a study was made of the effect of nanocarbon components on the tribotechnical properties of thermal gas composite coatings.

Способы повышения ресурса деталей машин и механизмов является важнейшей задачей научного сотрудника, конструктора или технолога в сфере машиностроения. Эти способы во многом изучены, а на 2020 год требования к узлам трения машин и механизмов все больше ужесточились. Для обеспечения высокого уровня долговечности и безотказности узлов трения, необходимо решать комплекс конструктивных, технологических, эксплуатационных и материаловедческих задач. Решение в комплексе этих задач при минимальных затратах в конечном итоге создает конкуренцию на рынке.

Одним из способов повышения ресурса деталей машин является газотермическое напыление. Такая технология появилась еще в 80–90 гг. прошлого столетия. Но в 90-х годах при экономическом изменении в стране, от этой технологии ушли за счет дороговизны используемого оборудования. В зарубежных же странах эта технология интенсивно развивалась, и на 2020 год далеко ушла вперед только за счет использования усовершенствования оборудования для газотермического напыления с программным обеспечением, позволяющим получать детали любой сложности.

Создать конкуренцию на рынке нашим зарубежным партнерам можно за счет усовершенствования самих порошковых материалов, применяемых для газотермического напыления путем внедрения (модификации) наноуглеродных компонентов.

В качестве наноуглеродных модификаторов использовались компоненты фуллереновой сажи. Добавка производилась в объеме 10 % от объема порошковых материалов. Для исследований использовалось 6 композиций самофлюсующихся сплавов на основе железа, меди, хрома, никеля и других материалов (таблица 1).

Таблица 1 – Сводная таблица исследуемых порошковых композиций

Марка порошка	Химический состав**	Способ напыления
ПР-Х4ГСР	осн. Fe; 3,8% Cr; 1,2% C; 2,5% Si; 2,2% B; 0,5% Cu	(ГН+ОП)*
ПГ-19М-01	осн. Cu; 4% Fe; 8,5-10,5% Al	ГН+ОП
ЮНХ16СР3	осн. Ni; 0,7% C; 16% Cr; 3,2% Si; 2,6% B; 1,2% Al	ГН+ОП

* ГН+ОП – газопламенное напыление с оплавлением;

** + 10% наноуглеродных компонентов

Было выдвинуто предположение, что наноуглеродные компоненты в составе композиционного покрытия будут выполнять роль твердого смазочного материала, а также способствовать образованию карбидных связей.

Исследования на коэффициент трения проводились в режиме «сухого» трения на триботехнической установке в ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси». На рисунке 1 представлены графики изменения коэффициентов трения в течении времени образцов без добавки наноуглеродного компонента и с добавкой наноконпонета – 10 %.



Рисунок 1 – График изменения коэффициентов трения в течении времени образцов ПР-Х4ГСР и ПР-Х4ГСР+10 % НАНО

Результаты исследований на коэффициент трения показали, что внедрение наноуглерода снижает коэффициент трения у образцов следующих композиционных покрытий: ПР-Х4ГСР – в 2 раза, ПГ-19М-01 – в 2,8 раз и ПТ-ЮНХ16СР3 – в 1,7 раза. Результаты исследований показали, что снижение коэффициента трения способствует увеличению долговечности и безотказности узлов трения и как следствие механизмов и машин.

Список использованных источников:

1. Е.А. Грузинская, В.А. Кескинов, М.В. Кескинова, К.Н. Семенов, Н.А. Чарыков. Фуллереновая сажа электродугового синтеза //НАНОСИСТЕМЫ: ФИЗИКА, ХИМИЯ МАТЕМАТИКА, 2012, 3 (6), С. 83–90.
2. Ефремов С.Ю. Повышение ресурса поршневых компрессионных колец при изготовлении сменно-запасных частей в судоремонте: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Новгород, 2005.