

УДК 621.793

Д.В. Куис, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск);  
И.О. Соков, доц., канд. техн. наук; Ванюк Э.А., асп.;  
Лобко Д.Н., асп. (БНТУ, г. Минск)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ С НАНОУГЛЕРОДНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ**

Для повышения физико-механических свойств газотермических покрытий перспективным является модифицирование их нанокластерными компонентами, в частности, модификация углерода – фуллерены.

Однако, несмотря на обнадеживающие результаты многих поисковых исследований, сейчас нет промышленных производств и технологий, в которых бы широко применялись фуллерены, т.к. они по-прежнему очень дороги и под словом «фуллерен» обычно имеют в виду чистый  $C_{60}$  и  $C_{70}$ , в крайнем случае, смесь фуллеренов, забывая о высших фуллеренах и других углеродных нанокластерных образованиях.

Поэтому, не менее интересным материалом, чем чистые фуллерены, является дуговая углеродная сажа. В такой саже кроме фуллеренов имеются другие нанокластерные углеродные структуры, так что такую сажу называют новым нанокластерным материалом.

Особым случаем применения покрытий являются износостойкие покрытия системы Ni – Cr – B – Si, в том числе композиции из них. Такие покрытия позволяют не только увеличить ресурс работы машины и восстановить изношенные детали, но и заменить дефицитные и дорогостоящие материалы более дешевыми. Покрытия на основе Ni – Cr – B – Si обладают высокой твердостью, износостойкостью, устойчивы к химически-активным средам, имеют достаточно высокую рабочую температуру.

В данной работе предлагается применение метода формирования покрытий: газопламенное и плазменное напыление композиционных покрытий, модифицированных нанокластерными компонентами. Достоинством этих методов является возможность нанесения широкого спектра материалов с различными температурами плавления на поверхности различной сложности, формы и размеров.

Для определения влияния количества вводимых нанокластерных компонентов в рамках выполнения проекта поэтапно проводились работы по исследованию влияния добавок нанокластерных компонентов в количестве до 10 % на структурное состояние и свойства образцов газотермических композиционных покрытий.

Исследованиями установлено, что структура покрытий после напыления характеризуется значительной неоднородностью как внутри отдельных частиц, так и по покрытию в целом. Такая картина наблюдается при различных режимах напыления и вне зависимости от состава композиции. Неравномерность структуры покрытий обусловлена двумя факторами. Во-первых, – неоднородностью исходных частиц, гомогенизация которых в процессе напыления находится в начальной стадии; во-вторых, – разными условиями их кристаллизации. Интенсивность теплоотвода зависит от пористости: частицы, окруженные порами, остывают медленнее, а пористость покрытия неравномерна.

Покрытия после напыления характеризуются гетерогенностью структуры как внутри отдельных частиц, так и по покрытию в целом, что обусловлено технологическими особенностями газотермического напыления (послойное формирование покрытия) и способом ввода модифицирующих наноконпонентов (механическая смесь). Такая картина наблюдается при различных режимах напыления и вне зависимости от состава композиционных материалов. Пористость оплавленных покрытий  $\approx 1-3\%$ , пористость неоплавленных покрытий  $\approx 5\%$ . При этом исследования показали, что введение наноструктурированного углерода и самофлюсующихся порошков, позволило уменьшить пористость покрытий. Эти частицы в покрытиях выполняют роль уплотнителя при формировании покрытия и заполняют поры, что определено микрорентгеноспектральным анализом, которые возникают при использовании «чистого» порошка. Оплавление обеспечивает диффузию углерода в основу и тем самым формирование упрочненного переходного слоя.

УДК 621.74:669.13

А.С. Раковец, ассист.; Д.В. Куис, доц., канд. техн. наук;  
Н.А. Свидуневич, проф., д-р техн. наук; Л.З. Писаренко, научн. сотр.  
(БГТУ, г. Минск)

### **ОСОБЕННОСТИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ СЕРОГО ЧУГУНА, РАБОТАЮЩЕГО В УСЛОВИЯХ ЧАСТЫХ ТЕРМОСМЕН**

В настоящее время существует два типа тормозных систем – барабанные и дисковые. Впервые тормозные механизмы дискового типа применили в конце 40-х годов XX в., а с 70-х барабанные тормоза на передних колесах заменили на дисковые на всех автомобилях.

Материал для изготовления тормозных дисков и барабанов должен характеризоваться хорошими фрикционными свойствами,