

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРОТИВОПРИГАРНЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ИХ МОДИФИЦИРОВАНИИ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

**Д. М. Кукуй¹, Л. В. Судник², Ф. И. Рудницкий¹,
Ю. А. Николайчик¹, А. Г. Мизгир¹**

*¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь,
тел.: (+375 17) 2904687, e-mail: yuni@bntu.by*

*² Институт порошковой металлургии НАН Беларуси, Минск, Беларусь,
тел.: (+375 17) 293-98-35, e-mail: lsudnik@tut.by*

Борьба с пригаром продолжает оставаться важнейшей задачей литейщиков. Операции по обрубке и очистке могут достигать до 30–35% общей трудоемкости изготовления отливок. Очистка отливок от пригара является операцией, вредной для здоровья работающих и плохо поддающейся автоматизации. Наиболее эффективным решением проблем борьбы с пригаром является применение противопригарных покрытий. В настоящее время большинство таких покрытий импортируется на рынок Беларуси. Однако даже при высокой цене поставки по различным причинам они зачастую не обеспечивают необходимой чистоты поверхности отливок. Поэтому разработка и оптимизация составов противопригарных покрытий с учетом особенностей и условий производства отливок – актуальная задача, которая требует конкретных решений.

Противопригарные покрытия – это суспензии, включающие основу (огнеупорный наполнитель), связующее и вспомогательные добавки-модификаторы, которые равномерно распределены в дисперсионной среде (растворителе). Формирование структурно-механических свойств противопригарных покрытий происходит уже в процессе их приготовления, когда во всем объеме суспензии протекают когезионно-адгезионные процессы, определяющие будущие эксплуатационные свойства и эффективность покрытий в целом. Известно, что структурно-механиче-

ские свойства суспензий определяются структурой, природой и количеством входящих в их состав компонентов.

В настоящей работе были изучены и установлены закономерности формирования свойств противопригарного покрытия на основе высокоогнеупорного алюмосиликатного наполнителя ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$) при модифицировании покрытия наноструктурированным материалом (AlOOH). В качестве связующего противопригарных покрытий использована поливинилацетатная дисперсия (ПВАД), дисперсионная среда – водный раствор алифатического изопропилового спирта (АИПС).

В начале исследований была выполнена оптимизация количества компонентов в составе противопригарного покрытия. При этом параметрами оптимизации были такие свойства покрытия, как вязкость, плотность, проникающая способность, толщина слоя покрытия, прочность к истиранию, седиментационная устойчивость и газотворная способность.

На первом этапе экспериментов был определен диапазон оптимальной концентрации компонентов противопригарного покрытия. В результате экспериментов установлено, что оптимальная концентрация наполнителя определена локальной областью 40,9–49,2 %; связующего – 3,5–4,3 %; концентрация изопропилового спирта в водном растворе составляет 50%.

На следующем этапе исследований в установленных диапазонах концентрации основных компонентов изучено влияние наноструктурированного модификатора на физико-механические свойства противопригарного покрытия. Определены зависимости, описывающие изменение свойств покрытия при увеличении концентрации наноструктурированного бемита:

$$\delta = 0,0203x_1^3 - 0,1268x_1^2 + 0,2563x_1 + 0,5762, \quad (1)$$

$$h = -0,0031x_1^3 + 0,0212x_1^2 - 0,0723x_1 + 0,5312, \quad (2)$$

$$\eta = 0,2444x_1^3 - 1,5369x_1^2 + 3,1853x_1 + 21,252, \quad (3)$$

$$\sigma = -0,162x_1^2 + 0,894x_1 + 1,9373, \quad (4)$$

$$C = -0,0833x_1^2 + 1,15x_1 + 96,008, \quad (5)$$

где δ – толщина красочного слоя, мм; h – проникающая способность, мм; η – вязкость, с; ρ – плотность, кг/м³; σ – прочность слоя покрытия к истиранию, кг/мм; C – седиментационная устойчивость покрытия, %; x_1 – концентрация наноструктурированного модификатора, %.

Достоверность аппроксимации результатов экспериментов приведена в таблице, результаты экспериментов в графической форме представлены на рис. 1.

Достоверность аппроксимации результатов экспериментов физико-механических свойств покрытия математическими зависимостями (1)–(5)

Свойство покрытия	Зависимость	Коэффициент детерминации R^2
Толщина красочного слоя, мм	(1)	0,9733
Проникающая способность, мм	(2)	0,9855
Вязкость, с	(3)	0,9846
Прочность к истиранию, кг/мм	(4)	0,9332
Седиментационная устойчивость, %	(5)	0,9891

Установлено, что использование наноструктурированного бемита приводит к качественным изменениям исследуемых свойств противопригарного покрытия. Увеличение концентрации наномодификатора ведет к более интенсивному росту вязкости, характер изменения которой описывается кубической параболой в отличие от ранее установленной квадратичной зависимости. Такие изменения связаны с тем, что наномодификатор частично адсорбирует воду, входящую в состав растворителя, а также требует повышенного расхода жидких составляющих покрытия, идущих на смачивание его высокой удельной поверхности.

Из рис. 1 видно, что при увеличении концентрации наноструктурированного модификатора более 5 % вязкость покрытия принимает значения, не соответствующие ранее установленному оптимальному диапазону (более 23,85 с), что в свою очередь приводит к увеличению толщины красочного слоя и снижению проникающей способности. Однако при концентрации наноструктурированного бемита до 5 % толщина красочного

слоя и проникающая способность принимают необходимые и достаточные значения ($\delta = 1,21$ мм и $h = 0,31$ мм).

Увеличение вязкости противопригарного покрытия приводит к повышению его седиментационной устойчивости (рис. 1, кривая 5), что хорошо согласуется с известными данными [1, 2], когда противопригарные покрытия большей вязкости имеют более высокую однородность и меньшую склонность к расслоению. При концентрации наноструктурированного бемита 5 % седиментационная устойчивость возрастает до 99 %.

Исследование прочности противопригарных покрытий показывает (рис. 1, кривая 4), что добавка наноструктурированного модификатора до 3 % увеличивает прочность до 3,2 кг/мм. Дальнейшее увеличение концентрации наноструктурированного бемита снижает прочность покрытий и при концентрации более 5 % приводит ее к падению до недопустимо минимальных значений (0,4 кг/мм). При содержании наномодификатора 3–5 % прочность покрытия составляет 2,9–2,3 кг/мм, что превышает



Рис. 1. Физико-механические свойства противопригарного покрытия, модифицированного наноструктурированным бемитом: 1 – толщина красочного слоя; 2 – проникающая способность; 3 – вязкость; 4 – прочность к истиранию; 5 – седиментационная устойчивость

предельно минимальное граничное значение в 1,5 кг/мм [3]. Исследование морфологии противопопригарных покрытий (рис. 2) позволило установить, что изменение прочности связано с качественным преобразованием их микроструктуры.

Из рис. 2 видно, что модифицированное наноструктурированным бемитом покрытие, обладающее в жидком состоянии

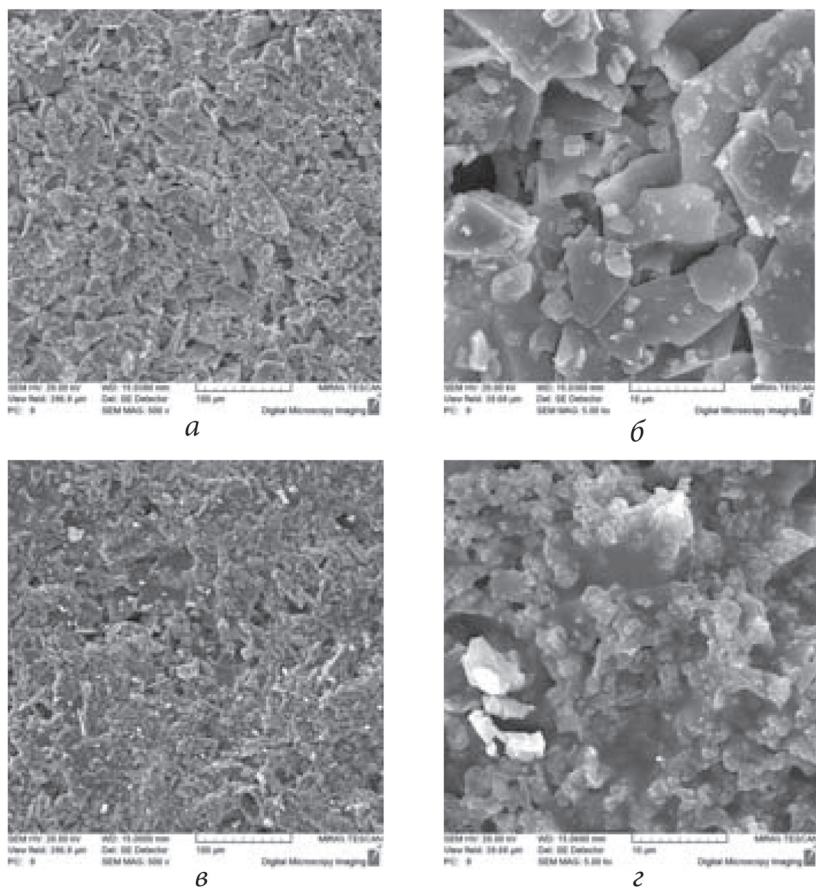


Рис. 2. Микроструктура противопопригарных покрытий: *а* – без модификатора ($\times 500$); *б* – без модификатора ($\times 5000$); *в* – модифицированное ($\times 500$); *г* – модифицированное ($\times 5000$)

высокой однородностью, формирует при отверждении пленки с большим числом адгезионных контактов между наполнителем и связующим. При концентрации наноструктурированного бемита до 5 % происходит его усвоение в полимерной матрице ПВАД, тем самым повышается когезионная прочность манжет связующего. В итоге модифицированное покрытие обладает более высокими прочностными и трибологическими характеристиками.

Таким образом, на основании выполненного комплекса исследований установлены закономерности формирования физико-механических свойств противопопригарного покрытия, модифицированного наноструктурированным материалом, на основании которых определен оптимальный диапазон концентраций компонентов. Установлено, что предельно минимальная концентрация огнеупорного алюмосиликатного наполнителя составляет 40,9 %, а максимальная 49,2 %; диапазон оптимальной концентрации поливинилацетатного связующего определен локальной областью от 3,5 до 4,3 %; для обеспечения стабильности системы необходимая концентрация алифатического изопропилового спирта в водном растворе составляет 50 %.

Изучение физико-механических свойств противопопригарного покрытия показало, что модифицирование наноструктурированным бемитом позволяет качественно изменить исследуемые свойства. Установлено, что увеличение концентрации наномодификатора приводит к более интенсивному росту вязкости, характер изменения которой преобразуется с квадратичного в кубический. На основании результатов исследований определена предельно максимальная концентрация наноструктурированного бемита, которая составляет 5 %. Показано, что модифицированное покрытие обладает более высокой седиментационной устойчивостью (99 %). Применение модификатора приводит также к качественному изменению микроструктуры противопопригарного покрытия, что определяет увеличение прочности покрытия на 25 % (от 2,4 до 3,2 кг/мм) за счет повышения когезионной прочности манжет связующего и увеличения числа адгезионных контактов.

Литература

1. Рыжков, И. В. О природе пригара и мерах его предупреждения / И. В. Рыжков, Б. А. Носков // Тр. ХПИ. – Харьков, 1961. – № 21. – С. 12–18.
2. Давыдов, Н. И. Литейные противопопригарные покрытия / Н. И. Давыдов. – М.: Машиностроение, 2009. – 240 с.
3. Формовочные материалы и технология литейной формы / С. С. Жуковский [и др.]. – М.: Машиностроение, 1993. – 431 с.

МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ГРАНУЛ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ УЛЬТРАЗВУКА

А. И. Логачева, А. Г. Береснев, И. А. Логачев

*ОАО «КОМПОЗИТ», Королев, Россия,
тел.: (495) 513-21-26, (495) 516-05-78, e-mail: info@kompozit-mv.ru*

В работе представлены результаты модификации поверхности гранул никелевых сплавов ЭП741НП, АЖК, НГК6 под воздействием ультразвука по различным режимам. Гранулы для ультразвукового воздействия брались следующих фракционных составов: (+40–100), (+100–160), (+160–200) мкм. Изучение влияния ультразвукового воздействия на состав и структуру гранул никелевых сплавов проводилось методом рентгенфотоэлектронной спектроскопии. Поверхность гранул сравнивалась до и после модификации, включая изменение химического состава и проведение микроструктурных исследований.

Цель работы – изучение модифицирующего влияния ультразвукового воздействия на поверхность гранул никелевых сплавов ЭП741НП, АЖК, НГК6, химический состав которых приведен в табл. 1.

Никелевые сплавы обрабатывались ультразвуком интенсивностью 70, 100 и 130 Вт/см² в течение 1 мин. Изучение влияния ультразвукового воздействия на состав и структуру гранул проведены методом рентгенфотоэлектронной спектроскопии на