

4. О.П. Горелик, Г.А. Дюжев, Д.В. Новиков, В.М. Ойченко, Г.Н. Фурсей /Кластерная структура частиц фуллерерносодержащей сажи и порошка фуллеренов  $C_{60}$  // Журнал технической физики — 2000. — том 70. — вып. 11. Стр. 118-125.

5. В.Ф. Мастеров, / Физические свойства фуллеренов // Соровский образовательный журнал, — №1 — 1997. Стр. 92-99.

6. В.И. Бородин, В.А. Трухачева / Термическая устойчивость фуллеренов // Письма в ЖТФ, — 2004, — том 30, — вып. 14, Стр. 53-55.

7. Исакаев Э. Х., Гусев В. М., Мордынский В. Б. Повышение ресурса деталей с газотермическими покрытиями нефтепромышленного оборудования // Технология машиностроения. — 2008. — № 12. — С. 18-22.

УДК 621. 74

## ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОГНЕУПОРНЫХ Порошковых покрытий

*ХОУ ЯБО, Николайчик Ю.А.*

*Белорусский национальный технический университет*

*e-mail: yuni@bntu.by; e-mail: houyabo@gmail.com.*

**Summery:** *This article shows the research results of new highly-refractory powder coatings technology which make possible to increase the efficiency to prevent of the cast defects formation and intend to use in foundry for produce high-quality castings.*

В литейном производстве невозможно переоценить важность и необходимость применения различного рода покрытий при получении качественных отливок. Хорошо известно, что использование различных видов покрытий позволяет создать на границе раздела «металл-форма» барьер с высоким термическим сопротивлением, который в свою очередь позволяет существенно снизить «тепловой удар», испытываемый литейной формой в периоды заливки ее расплавом и кристаллизации. Также известно, что такие «термические удары» вызывают образование различного рода дефектов поверхности отливок (пригар, просечки, ужимины, раковины и др.), в тоже время покрытия позволяют существенно уменьшить вероятность образования таких дефектов, а их компетентное применение полностью исключить. Традиционно в литейном производстве используются покрытия, которые в готовом представляют собой суспензии, включающие следующие основные составляющие: наполнитель, связующие, растворитель (вода или спирт) и различные вспомогательные добавки-модификаторы. После нанесения покрытия на поверхность литейной формы или стержня процесс создания защитного слоя заключается в переходе жидкообразной системы в твердое состояние в результате естественного или принудительного удаления растворителя. В этот период формируется прочность противопригарного покрытия.

В рамках настоящей работы выполнены исследования, направленные на разработку новой технологии получения и применения высокоогнеупорных порошковых покрытий, нанесение которых на литейную форму осуществляется электростатическими методами, а формирование прочности (отверждение) происходит за счет полимеризации при нагреве термореактивных смол (связующих) входящих в их состав.

Основные этапы исследований состояли в изучении способности покрытий формировать на поверхности стандартных образцов защитный слой необходимой толщины; исследовании и выявлении закономерностей формирования прочности высокоогнеупорных порошковых покрытий (на истирание); исследовании адгезионной способности высокоогнеупорных порошковых покрытий; разработке оптимальных режимов и параметров процесса нанесения (электростатической

окраски) литейных форм и стержней. Приготовление высокоогнеупорных порошковых композиций проводили в лабораторном экструдере по заранее рассчитанной рецептуре (рисунок 1). В процессе приготовления одновременно с перемешиванием высокоогнеупорный наполнитель проходил стадию плакирования терморезактивным связующим. После этого полупродукт (однородная композиция высокоогнеупорного наполнителя и связующего в виде пластин) подвергалась помолу и рассеиванию на фракции. Грубодисперсная фракция (более 70мкм) возвращалась в атритор для повторного помола. Далее высокоогнеупорные порошковые покрытия использовались для проведения испытаний.



Рисунок 1 – Лабораторный экструдер для приготовления высокоогнеупорных порошковых покрытий

Для приготовления покрытий использовали порошкообразные высокоогнеупорные наполнители (дистен-силлиманит и скрытокристаллический графит), которые традиционно используются при изготовлении литейных покрытий, но в тоже время характеризуются противоположными физико-химическими и электрическими свойствами. В результате исследований для высокоогнеупорных покрытий на основе вышеуказанных наполнителей установлены зависимости (1.1, 1.2) толщины формируемого на поверхности литейной формы высокоогнеупорного слоя покрытия  $\delta$  (мм) от силы тока ( $I$ , мА), адгезии ( $A$ , баллы) высокоогнеупорного покрытия к стандартным образцам (зависимости 1.3, 1.4), а также прочности на истирание ( $\Pi$ , кг/мм) от содержания ( $C$ , %) полиэфирной смолы (зависимости 1.5, 1.6)

$$\delta_d = 1,4143 \cdot I^2 + 73,329 \cdot I + 19, \quad (1.1)$$

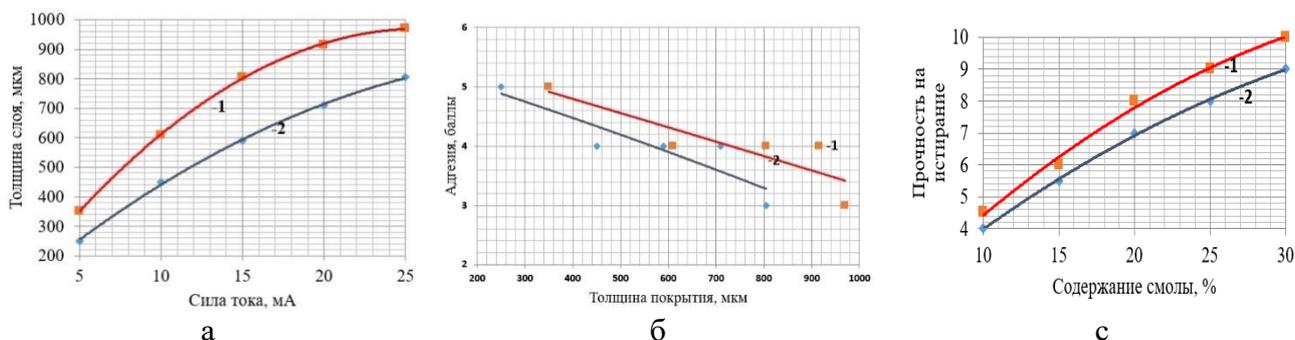
$$\delta_r = 0,6571 \cdot I^2 + 47,114 \cdot I + 35, \quad (1.2)$$

$$A_d = 0,7 \delta^2 - 0,0025 \delta + 5,5267, \quad (1.3)$$

$$A_r = 0,8 \delta^2 - 0,0024 \delta + 5,7479, \quad (1.4)$$

$$\Pi_d = 0,0057C^2 + 0,5086C - 0,1, \quad (1.5)$$

$$\Pi_r = 0,0043C^2 + 0,4214C + 0,2, \quad (1.6)$$



1 – покрытие на основе скрытокристаллического графита;  
2 – покрытие на основе дистен-силлиманита

Рисунок 2 – Графические зависимости формирующейся толщины слоя, адгезии и прочности прорытия

Результаты исследований показывают (рисунок 2), что определяющим параметром при формировании слоя покрытия заданной толщины является сила тока, которая в свою очередь определяет напряженность электростатического поля, где частицам покрытия сообщается электростатический заряд. Установлено, что при увеличении силы тока от 5 до 25 мА толщина слоя увеличивается от 250 мкм до 805 мкм для покрытия на основе дистен-силлиманита и от 350 мкм до 970 мкм для скрытокристаллического графита. Также установлено, что при увеличении толщины слоя от 250 мкм до 805 мкм адгезионные свойства ухудшаются с 5 до 3 баллов для обоих типов покрытий. Определяющим параметром при формировании прочности высокоогнеупорного покрытия является содержание полиэфирной смолы в его составе. Полиэфирная смола обеспечивает неразрывную связь между собой частичек высокоогнеупорного наполнителя и тем самым оказывает влияние и на другие прочностные характеристики. Установлено, что при увеличении процентного содержания полиэфирной смолы от 10 до 30% прочность на истирание пропорционально увеличивается от 4 кг/мм до 9 кг/мм для покрытия на основе дистен-силлиманита и от 4,5 кг/мм до 10 кг/мм для скрытокристаллического графита.

УДК 621.9.047.7:621.923

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛИРОВАНИЯ СТАЛЕЙ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ УГЛЕРОДА

*Нисс В.С., Королёв А.Ю., Янович В.А.*  
*Белорусский национальный технический университет*

**Summary.** *The results of modeling the current density distribution during electrochemical polishing of steels with a high carbon content using electrolytes based on organic solvents are presented.*

Для решения проблемы качественного электрохимического полирования сталей с повышенным содержанием углерода нами разработан способ, который заключается в применении импульсного технологического тока и использовании в качестве электролитов безводных или маловодных растворов на основе органических растворителей. Электропроводность таких электролитов обычно на 1–2 порядка ниже электропроводности водных растворов [1]. По результатам исследований разработанного способа установлены электролиты и режимы электрохимического полирования сталей машиностроительного назначения с повышенным