

ский, Э.Ф. Барановский, В.М. Ильюшенко // Литье и металлургия. – 2010. – № 3, С. 43–48.

**4. Барановский, К.Э.** Износостойкие литейные сплавы для деталей мельниц по размолу стекла / К.Э. Барановский, В.М. Ильюшенко // Центробежная техника – высокие технологии: материалы 3-й Междунар. науч.-техн. конф. – Минск, 2008. – С. 46–48.

*УДК 621.74*

**К.Э. БАРАНОВСКИЙ**, канд. техн. наук,  
**Е.В. РОЗЕНБЕРГ**,  
**Е.Л. ГУСАКОВСКИЙ**,  
**П.С. ШМАНЯЙ** (БНТУ)

### **СВЯЗУЮЩИЕ ДЛЯ КРАСОК, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПО ГАЗИФИЦИРУЕМЫМ МОДЕЛЯМ**

В настоящее время для предприятий машиностроительного профиля Республики Беларусь в связи с возросшими требованиями по точности и качеству литья одним из перспективных способов получения отливок является литье по газифицируемым моделям. В сравнении с методом литья в песчаные формы окрашивание не только повышает качество отливок, защищая от их пригара, но и позволяет получить годные отливки, так как особенностью метода является то, что в песчаной смеси отсутствуют связующие компоненты, а внутренняя полость формы образуется в процессе выгорания полистирола под воздействием высоких температур заливаемого металла.

В состав красок на водной основе, кроме наполнителя, входит связующее, которое обеспечивает прочность к истиранию и вспомогательные компоненты (диспергаторы, пеногасители, загустители, ПАВ и др.), позволяющие краске обеспечивать следующие требования: хорошая адгезия при нанесении на поверхность полистирольной модели, низкая газотворность, высокая седиментационная устойчивость, равномерная толщина слоя по модели, включая отверстия и углы, хорошая кроющая способность [1].

Основу покрытий (около 60 % от массы краски) составляет термостойкий наполнитель. Комбинация термостойких материалов: силиката циркония ( $ZrSiO_4$ ), дистен-силлиманита ( $Al_2O_3 \cdot SiO_2$ ), оксида алюминия ( $Al_2O_3$ ) в красках для литья по газифицируемым моделям позволяет получать отливки без пригара и поверхностных дефектов [2, 3].

Важным компонентом противопопригарных покрытий является связующее. При литье по газифицируемым моделям к связующим материалам предъявляют особые требования, так как они не только должны обеспечить прочность противопопригарного покрытия и надежное сцепление его с поверхностью полистирола при технологических манипуляциях во время транспортировки, но и обеспечить прочность к истиранию во время формовки «куста» отливок в опалке, а также должны при заливке противостоять эрозии покрытия жидким металлом [1].

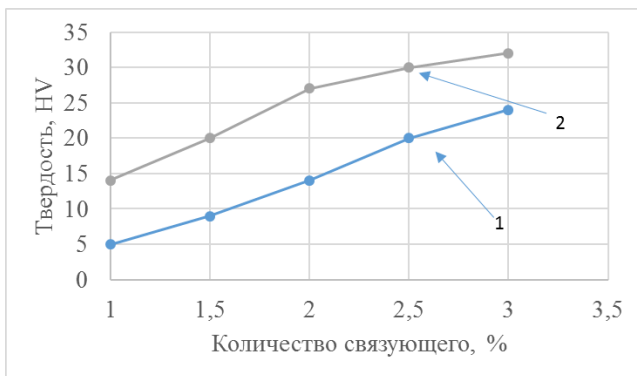
Основным критерием оценки связующего выступала прочность краски. Известно, что для многих материалов установлена непосредственная связь твердости с прочностью. За основу принят метод, разработанный авторами [4], в соответствии с которым в испытываемую поверхность вдавливается конус из твердого материала и по величине отпечатка оценивают твердость. Прочность краски находится в обратной зависимости от размера (площади) отпечатка.

В качестве связующих материалов были выбраны следующие доступные компоненты [5]:

1) лигносульфонат, являющийся побочным продуктом переработки древесины в целлюлозно-бумажной промышленности. Он представляет собой смесь различных солей (натриевых) лигносульфоновых кислот с примесью редуцирующих и минеральных веществ;

2) акриловые дисперсии, которые являются продуктами полимеризации сложных эфиров акриловой кислоты с добавлением стабилизаторов и эмульгаторов. Акриловые дисперсии являются базовым компонентами многих водных связующих.

Для исследования прочностных характеристик изготавливали краски на основе приведенного выше наполнителя. Краски наносились на поверхность керамического образца и сушились при  $60\text{ }^\circ\text{C}$  в течение часа, после по методике [4] измерялась твердость получаемого покрытия. Результаты исследований приведены на рисунке 1.



1 – лигносульфонат; 2 – акриловое связующее

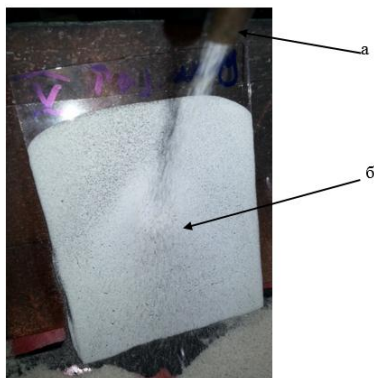
Рисунок 1 – Зависимость твердости от количества связующего

Исходя из проделанных исследований, можно сделать выводы, что лучше всего себя показало акриловое связующее в количестве 2–3 % от массы краски. Лигносульфонат значительно уступает в показателе твердости, а, следовательно, и прочности покрытия при одинаковом количестве в краске.

Для оценки различных акриловых связующих в красках для литья по газифицируемым моделям была проведена серия опытов по оценке сопротивления покрытия к истиранию струей кварцевого песка.

Краску наносили на пластинку из стекла следующим образом: 50 см<sup>3</sup> испытуемой краски выливали на пластинку, наклоненную к горизонту под углом 45°, и оставляли в таком положении, пока избыток краски не стечет. Затем окрашенную пластинку сушили в сушильном шкафу при 60 °С, расположив ее под углом 45° к горизонту, в течение часа. После охлаждения пластинку подвергали испытаниям (рисунок 2)

При появлении на испытуемом слое светящегося участка чистого стекла диаметром 2 мм испытания останавливали. Количество израсходованного песка замерялось и служило оценкой износостойкости покрытия.



*a* – струя песка; *б* – стеклянная пластинка, покрытая краской

Рисунок 2 – Процесс испытания краски на истирание

Так как вязкость, а, следовательно, толщина покрытий для различных красок может быть неодинаковой, то для их сравнения показатель прочности на истирание приводится на 1 мм толщины покрытия. После высыхания краски с помощью микрометра измеряли толщину пластинки без покрытия и с покрытием в точке износа. По разнице измерений определялась толщина покрытия.

В ходе исследования было испытано несколько акриловых связующих: два акриловых связующих производства немецкой компании «Alberdingk Boley GmbH» в виде водной дисперсии и водорастворимого порошка, а также акриловое связующее производства российской компании «ХОМА». Различные связующие вводились в количестве 1, 1,5, 2 %. Результаты испытания красок на прочность приведены в виде гистограмм на рисунке 3.

Из рисунка 3 видно, что наибольшую прочность дает сухой акриловый концентрат производства компании «Alberdingk». Такой высокий показатель прочности можно объяснить тем, что в водных акриловых дисперсиях присутствует определенное количество воды, следовательно, при введении их в состав краски вносится меньшее количество связующего по сравнению с такой же массой сухого акрилового связующего.

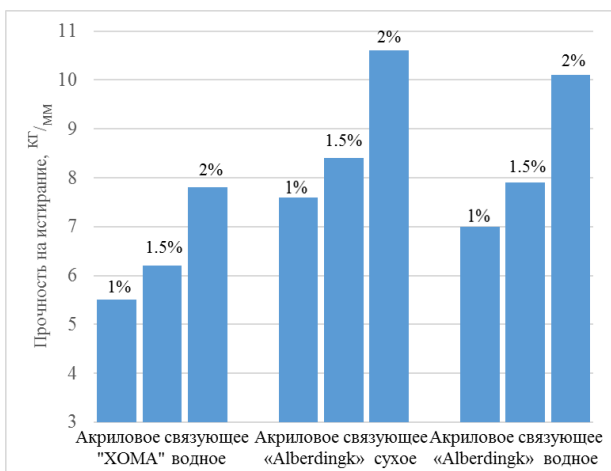
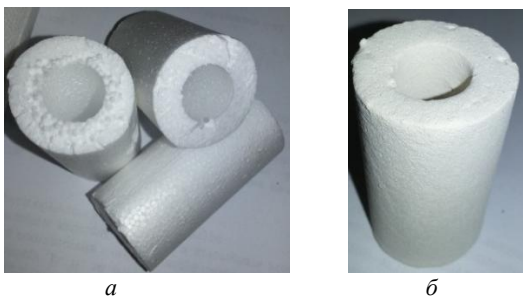


Рисунок 3 – Прочность краски к истиранию

Так как в предыдущем опыте в первую очередь оценивалась прочность краски к истиранию, что в основном обуславливается сцеплением частиц термостойкого наполнителя между собой и со стеклом, представляло интерес провести опыты по оценке механической прочности краски, нанесенной на полистироловую модель.

Исследование проводилось по следующей методике: цилиндрическую полистироловую модель (рисунок 4, *а*) окрашивали исследуемой краской (методом окунания), предварительно взвесив. Сушка производилась при температуре 60°C.



*а* – образцы до окрашивания; *б* – образец после окрашивания

Рисунок 4 – Образцы для оценки прочности противопригарного покрытия

Полученные образцы (рисунок 4, б) опять взвешивали для определения исходной массы краски. Затем образцы подвергались механическому воздействию на аппарате для определения осыпаемости стержней (рисунок 5).



Рисунок 5 – Установка для оценки осыпаемости стержней

После механических воздействий в течение 15 мин образец взвешивался по разнице веса (до и после механического воздействия), определялся процент потерянного (разрушенного) термостойкого покрытия. В качестве исследуемых образцов были выбраны составы с наибольшими показателями прочности краски с каждым из связующих. Результаты исследований приведены на рисунке 6.

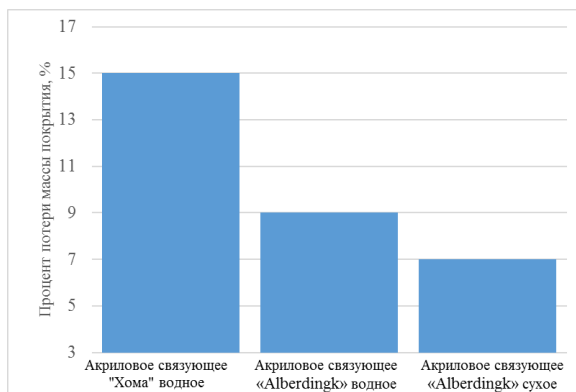


Рисунок 6 – Потеря массы краски после механического износа

Из полученных данных можно сделать вывод, что показатели прочности на истирание по классической методике и при использовании механического воздействия при испытаниях на полистироловой модели показали сопоставимые результаты и оба метода подходят для оценки такого важного показателя, как прочность краски для литья по газифицируемым моделям.

По результатам сравнения связующего можно сделать следующие выводы:

1. Применение стандартных водных (применяемых в течение многих лет) связующих (лигносульфонат и др.) не позволяет получать высокие значения прочности красок для литья по газифицируемым моделям.

2. Акриловые связующие обеспечивают высокие прочностные характеристики красок для литья по газифицируемым моделям.

3. В качестве связующего рационально использовать 2 % акриловую водную дисперсию производства фирмы «Alberdingk». Применение в красках сухого связующего при незначительном увеличении прочности повышает ее стоимость. Сухое связующее будет использовано при разработке сухого концентрата краски для газифицируемых моделей, для упрощения поставок конечному потребителю.

### Список литературы

1. **Шуляк, В.С.** Литье по газифицируемым моделям / В.С. Шуляк. – С-Пб.: Професионал, 2007. – 408 с.

2. **Барановский, К.Э.** Краски для литья по газифицируемым моделям с комплексным наполнителем / К.Э. Барановский, Е.В. Розенберг, И.Б. Саленко // Литво. Металургія. 2019: матеріали XV Міжнар. наук.-практ. конф. (21–23 травня 2019 р., м. Запоріжжя) / Під заг. ред. д.т.н., проф. Пономаренко О.І. – Запоріжжя. АА Тагдем. – 380 с. – С – 24–26.

3. **Барановский, К.Э.** Разработка состава термостойкого покрытия для литья по газифицируемым моделям на базе комплексного наполнителя / К.Э. Барановский, В.В. Чертобой // XIX РСНТК «Новые материалы и технологии их обработки». – Минск, 2018. – С. 21–23.

**4. Методика** определения прочности противопригарных красок / О.С. Комаров [и др.] // Литье и металлургия. – 2014. – № 4. – С. 31–33.

**5. Давыдов, Н.И.** Литейные противопригарные покрытия: справочник / Н.И. Давыдов. – М.: Машиностроение, 2009. – 240 с.

*УДК 669*

**И.А. ИВАНОВ**, д-р техн. наук,  
**А.Г. СЛУЦКИЙ**, канд. техн. наук,  
**В.А. ШЕЙНЕРТ**,  
**А.Н. БЕЛЫЙ**,  
**Ю.А. КОСТЮЧЕНКО**,  
**Д.В. ПРИМШИЦ** (БНТУ)

## **ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ КАТОДОВ-МИШЕНЕЙ ИЗ КОМПЛЕКСНЫХ СИЛИЦИДОВ ДЛЯ ВАКУУМНЫХ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЛИТЕЙНО-ДЕФОРМАЦИОННЫМ МЕТОДОМ**

Вакуумная ионно-плазменная обработка изделий с формированием на их поверхности защитных слоев широко используется для придания поверхности из этих материалов специальных свойств. В производстве широко применяются покрытия на основе силицидов титана, меди, никеля и других элементов. Использование таких соединений обусловлено их специальными свойствами (высокие температуры плавления, твердость, жаропрочность, износ- и коррозионная стойкость).

Процесс вакуумного ионно-плазменного формирования покрытий на основе силицидов и других тугоплавких металлов из однокомпонентных металлических катодов достаточно прост в реализации и хорошо изучен. Эффективность таких покрытий зависит от многих факторов, одним из которых является плотность и однородность материала катода мишени.

Ранее выполненные исследования [1–3] показали возможность изготовления катодов мишеней методом литья в разовые формы. Отработаны различные варианты, в том числе высокотемпературная