

European Commission
TEMPUS

The main results of changing of high-strength anti-penetration coatings in the result of development of the potentialities of their main component – refractory filler are given.

Д. М. КУКУЙ, Ф. И. РУДНИЦКИЙ, Ю. А. НИКОЛАЙЧИК, БНТУ, Л. В. СУДНИК, ИПМ НАН Беларуси, Н. В. РОМАНОВА, ОАО «Бобруйский машиностроительный завод»

УДК 621.74

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОТЛИВОК НАСОСНОЙ ГРУППЫ

Насосы типа НК, НПС, НСД широко применяются для перекачки нефти, нефтепродуктов, сжиженных углеводородов, а также других аналогичных жидкостей. Около 80% всех составных частей таких насосов – это отливки из износо- и коррозионностойких материалов, например, чугунов марок ИЧХ28Н2, ЧХ22Г (ГОСТ 7769-82), нержавеющей сталей марок 12Х18Н9ТЛ, 12Х18Н12МЗТЛ (ГОСТ 5632-72). Эти материалы позволяют эксплуатировать насосы в самых жестких условиях: под воздействием переменных динамических нагрузок, при перекачке абразивных и коррозионных сред, а также при температурах от -80 до $+400$ °С. При этом срок эксплуатации насосов напрямую зависит от качества отливок из указанных сплавов. Различные виды поверхностных дефектов отливок, такие, как пригар, ужимины, просечки, засоры и др., являются основными причинами выхода из строя насосов. Поэтому эффективная профилактика и предупреждение указанных выше дефектов – одна из важнейших задач современного литейного производства.

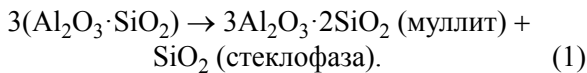
Известно, что использование специальных защитных противопригарных покрытий одно из самых эффективных средств предупреждения пригара – самого распространенного поверхностного дефекта литых изделий [1, 2]. В настоящее время при производстве отливок насосной группы используется большое разнообразие противопригарных покрытий на основе высокоогнеупорных наполнителей и связующих материалов, как правило, из класса высокомолекулярных органических соединений. Применение таких связующих обусловлено тем, что они позволяют создавать многокомпонентные системы (суспензии) с легко регулируемыми технологическими параметрами (плотность, вязкость), а также высокими физико-механическими свойствами (кроющая способность, толщина

слоя, седиментационная устойчивость). Существенным недостатком органических связующих является то, что эти материалы имеют низкие температуры деструкции, что приводит к разупрочнению и разрушению (эрозии) слоя противопригарного покрытия под воздействием высоких температур заливаемого расплава. Известно, что образование поверхностных дефектов отливок происходит в периоды заливки и кристаллизации расплава, когда активно протекают процессы контактного взаимодействия между оксидами расплава и литейной формы, вызывающие ряд явлений (капиллярная фильтрация расплава в поры формы, химические реакции на границе раздела фаз, деформация и разрушение литейной формы), которые служат причинами образования поверхностных дефектов отливок.

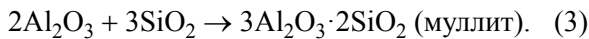
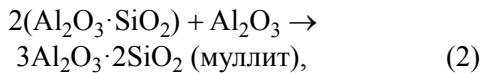
В связи с этим задача повышения высокотемпературной прочности противопригарных покрытий весьма актуальна и требует конкретных решений. В работе приведены основные результаты исследований изменения высокотемпературной прочности противопригарных покрытий вследствие раскрытия возможностей их основного компонента – огнеупорного наполнителя. В этом случае высокие температуры взаимодействия в контактной зоне расплав – литейная форма являются не разрушающим фактором, а выступают в роли необходимых физических факторов, определяющих процессы формирования прочности противопригарных покрытий при высоких температурах.

Реализация таких процессов возможна при использовании в противопригарных покрытиях наполнителей из класса естественных муллитобразователей (алюмосиликатов). Известно, что муллит обладает повышенной высокотемпературной прочностью, обусловленной тем, что основу его образует армирующий каркас в виде нитевидных

кристаллов, формирующий повышенную высокотемпературную прочность [3, 4]. Учитывая, что природных месторождений муллита не существует, получают его синтетическим путем (кристаллизация из расплава и газовой фазы, методы плазменного распыления, совместного осаждения гелей и др.) [3, 5–7]. В составах противопопригарных покрытий образование муллита возможно из естественного алюмосиликатного муллитообразователя [7]:



При этом интенсификация процесса синтеза муллита может происходить за счет использования различных добавок-модификаторов, таких, как соли щелочных и щелочноземельных металлов, фториды металлов и др. Наиболее эффективным для интенсификации этого процесса является оксид алюминия, который может увеличивать суммарный выход муллита за счет повышения глиноземистого модуля и позволяет связать высвобождаемую в результате первичного синтеза муллита стеклофазу во вторичный муллит [3]:

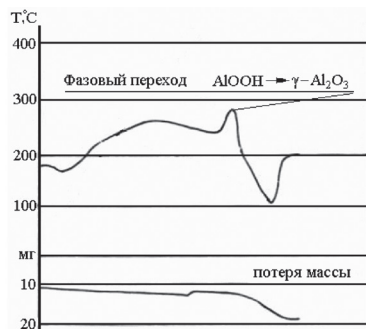


Как показывают результаты работ [8–11], основным фактором интенсификации реакций (2), (3) является химическая активность оксида алюминия,

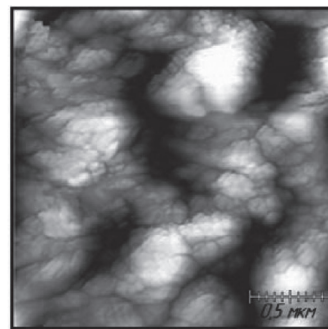
определяемая показателем свободной энергии, напрямую связанная с его гранулометрическим составом.

В связи с этим в процессе исследования и разработки составов противопопригарных покрытий было изучено влияние ультрадисперсных (наноструктурированных) материалов на их прочностные свойства при высоких температурах. В качестве базового наполнителя использовали безводный алюмосиликат – дистен-силлиманит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$), наиболее часто применяемый в составах противопопригарных покрытий при изготовлении стальных отливок. В качестве модификатора-катализатора процесса муллитообразования противопопригарных покрытий применяли наноструктурированный порошок – бемит (AlOOH), который при нагревании до 285 °С (рис. 1, а) диспергируется за счет удаления химически связанной воды с образованием шпинели дефектного типа $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, размеры частиц которой сопоставимы с длиной единичного волокна бемита (50–100 нм) (рис. 1, б, в). В результате этого, образующиеся частицы обладают существенно большим запасом свободной энергии и более высокой по сравнению с грубодисперсным оксидом алюминия реакционной способностью.

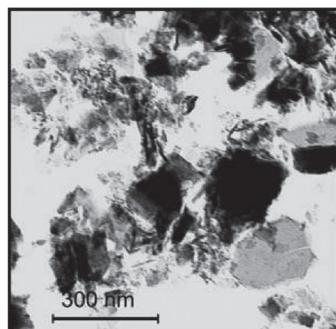
В результате применения такого наноструктурированного модификатора в составах дистен-силлиманитовых противопопригарных покрытий было установлено, что появилась возможность в диапазоне температур 1000–1500 °С не только увеличить скорость образования муллитовой фазы, но и по-



а



б



в

Рис. 1. Результаты микроструктурных исследований наноструктурированного бемита: а – дериватограмма наноструктурированного бемита; б – топография поверхности наноструктурированного бемита; в – наноструктура бемита

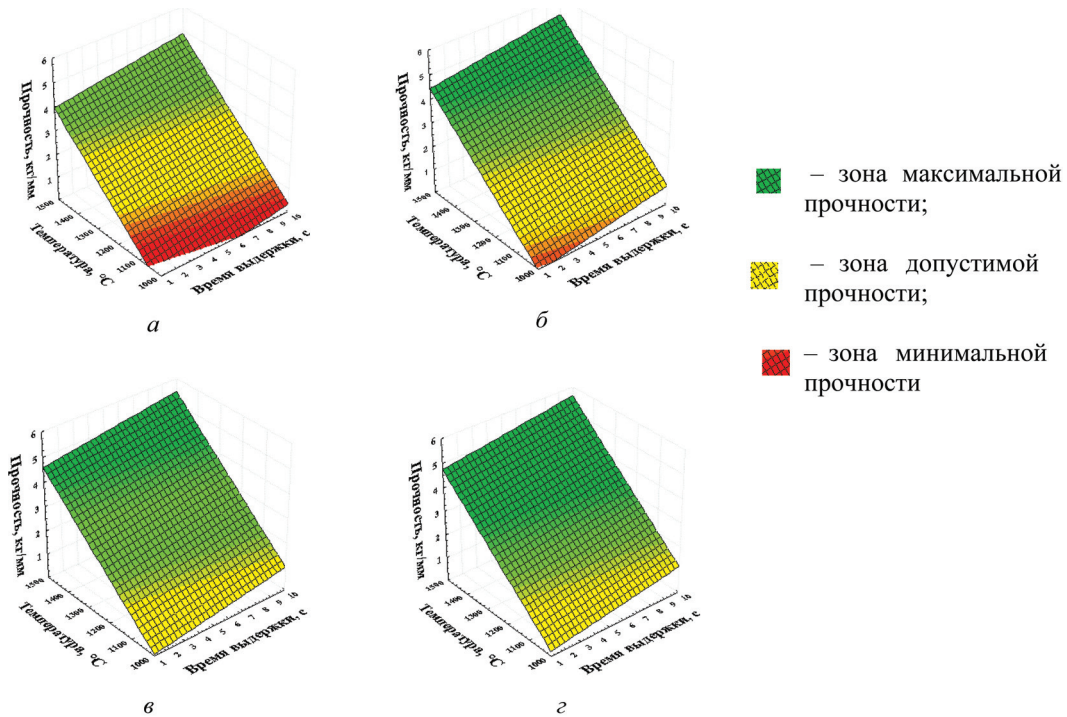


Рис. 2. Поверхности отклика, характеризующие изменение высокотемпературной прочности противопожарных покрытий, в зависимости от температуры и времени контактного взаимодействия при различных концентрациях наноструктурированного модификатора: *а* – 1,0% AlOON; *б* – 3,9; *в* – 4,0; *г* – 5,0% AlOON

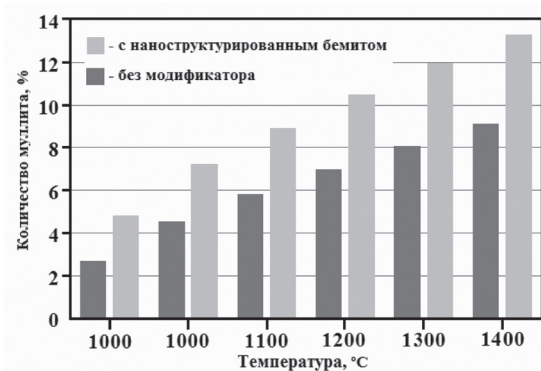


Рис. 3. Гистограмма образования муллита в противопожарных покрытиях

высить ее количество в противопожарном покрытии более чем в 2 раза. Именно это является причиной роста высокотемпературной прочности про-

тивожарных покрытий более чем на 60% (рис. 2), что существенно повышает эффективность их использования.

Результаты рентгенофазового анализа показывают, что в диапазоне температур 1000–1500°C наноструктурированный бемит интенсивно расходуется на образование в противопожарном покрытии дополнительного количества муллита игольчатого строения (рис. 3).

Как видно из микроструктуры противопожарных покрытий, зерна алюмосиликатного наполнителя пронизаны габитусами муллита игольчатого строения (рис. 4, б), которые отсутствуют в микроструктуре противопожарного покрытия до высокотемпературного взаимодействия с расплавом (рис. 4, а). Именно подобная муллитовая структура

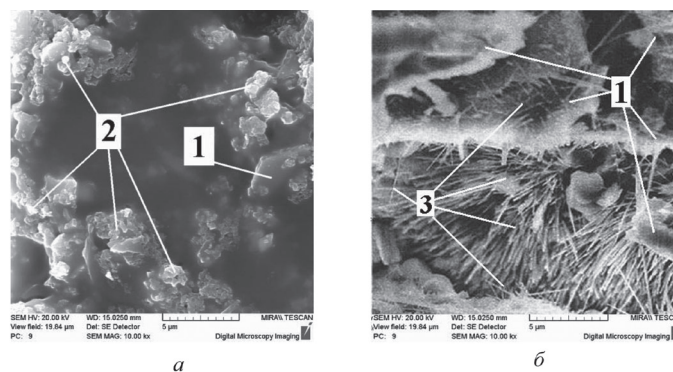


Рис. 4. Микроструктура противопожарных покрытий: 1 – зерно алюмосиликатного наполнителя; 2 – наноструктурированный модификатор; 3 – габитусы муллита игольчатого строения; *а* – до взаимодействия с расплавом; *б* – после взаимодействия. $\times 10000$



Рис. 5. Номенклатура разработанных противопригарных покрытий

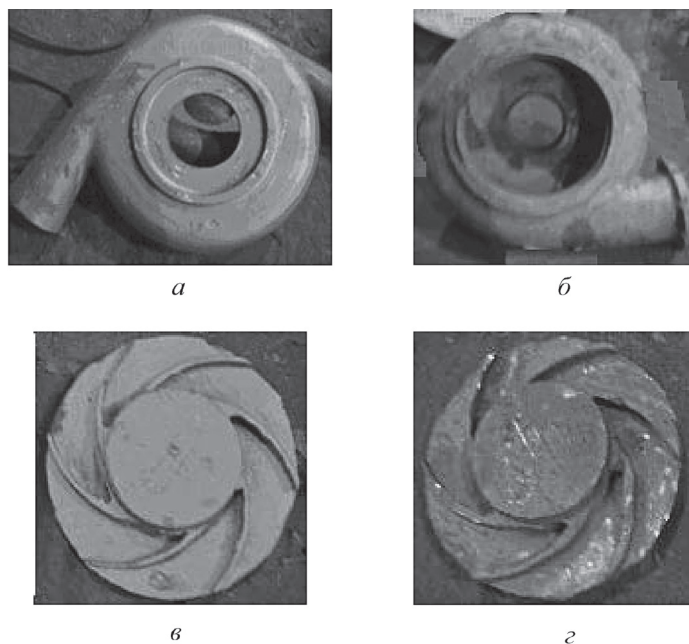


Рис. 6. Отливки «Корпус насоса» и «Водило»: а, в – при использовании разработанных противопригарных покрытий; б, г – применением ранее используемых противопригарных покрытий

и является гарантом высокотемпературной прочности разработанных противопригарных покрытий с наноструктурированным модификатором, которые обеспечивают получение отливок насосной группы с высоким качеством поверхности.

Результаты исследований позволили разработать широкую номенклатуру противопригарных покрытий (рис. 5), которые внедрены и активно ис-

пользуются при изготовлении отливок насосной группы на ОАО «Бобруйский машиностроительный завод» (рис. 6).

Высокая эффективность противопригарных покрытий позволила получать бездефектные отливки и осуществить импортозамещение зарубежных аналогов на отечественные, при этом реальный брак про пригару снизился более чем на 30%.

Литература

1. В а л и с о в с к и й И. В. Пригар на отливках. М.: Машиностроение, 1983.
2. С в а р и к а А. А. Покрытия литейных форм. М.: Машиностроение, 1977.
3. Г р о ш е в а В. М., К а р п и н о с Д. М., П а н а с е в и ч В. М. Синтетический муллит и материалы на его основе. Харьков: Техника, 1971.
4. С т р е л о в К. К., М а м ы к и н П. С. Технология огнеупоров. М.: Машиностроение, 1978.
5. Активация процесса синтеза муллита и спекания алюмосиликатной керамики на основе огнеупорного глинистого сырья / Т. В. Ваканова, А. А. Решетова, В. М. Погребенков, В. И. Верещагин // Огнеупоры и техническая керамика. 2009. № 7–8. С. 74–80.
6. Муллитовые изделия для лещади доменных печей / В. П. Мигаль, А. П. Маргишвили, В. В. Скурихин, Н. Н. Клопова, А. А. Коваленко // Огнеупоры и техническая керамика. 2010. № 3. С. 39–42.
7. Белогурова О. А., Гришин Н. Н. Фазообразование в муллитографитовых огнеупорах. // Огнеупоры и техническая керамика. 2010. № 7–8. С. 48–55.