



Nonstick covering KDD-S, which is used for production of steel and cast iron castings, is developed.

Д. М. КУКУЙ, Ю. А. НИКОЛАЙЧИК, В. А. СКВОРЦОВ, БНТУ,
С. Л. РОВИН, УП «Технолит», г. Минск,
Н. В. РОМАНОВА, ОАО «Бобруйский машиностроительный завод»

УДК 621.74

ПРОТИВОПРИГАРНОЕ ПОКРЫТИЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК ИЗ СТАЛИ И ЧУГУНА

Борьба с пригаром продолжает оставаться важнейшей задачей литейщиков. Операции по обрубке и очистке зачастую достигают до 30–35% от общей трудоемкости изготовления отливок. Кроме того, очистка отливок от пригара является операцией, вредной для здоровья работающих и плохо поддающейся автоматизации. В настоящее время большинство противопригарных покрытий импортируется на рынок РБ. Однако даже при высокой цене поставки по различным причинам они зачастую не обеспечивают необходимую чистоту поверхности отливок. Поэтому разработка и оптимизация составов противопригарных покрытий с учетом особенностей и условий производства отливок является актуальной задачей и требует конкретных решений.

По П. П. Бергу под покрытиями следует понимать слои, наносимые на поверхность формы или стержня, придающие поверхности отливок заданные свойства [1]. В состав противопригарных покрытий, как правило, входят следующие основные ингредиенты: огнеупорный наполнитель, связующее, стабилизатор, которые равномерно распределены в дисперсной среде (растворителе). Кроме того, покрытия в своем составе содержат вспомогательные добавки, обеспечивающие получение систем с заданными технологическими свойствами (например, разжижители, смачиватели, антисептики). Основными показателями пригодности противопригарных покрытий является их способность предотвращать образование пригара на отливках. Вместе с тем, покрытия, представляющие собой в исходном состоянии суспензии, должны обладать высокой седиментационной устойчивостью, хорошей кроющей способностью, после отверждения иметь достаточную прочность при

нормальной температуре, сохраняя сплошность слоя до заливки, тем самым защищая форму и стержень от механических повреждений [2]. Также нужно отметить, что при заливке формы расплавом на границе раздела металл-форма протекает комплекс сложных физико-химических процессов, приводящих к возникновению напряжений и деформаций в защитном слое. Поэтому противопригарные покрытия должны обладать способностью противостоять разрушающим температурным напряжениям термоударного характера в момент заливки, противостоять без разрушения длительному воздействию высоких температур, быть химически инертными к расплаву.

На основе изложенных положений сотрудника УП «Технолит» (г. Минск) и кафедры МиТЛП БНТУ была выполнена разработка универсального состава противопригарного покрытия для изготовления отливок из стали и чугунов.

В качестве активной составляющей противопригарного покрытия, в значительной степени определяющей эффективность его действия, использовали дистен-силлиманитовый концентрат порошкообразный КДСП. Дистен-силлиманитовый концентрат относится к природным алюмосиликатам с общей формулой $Al_2O_3 \cdot SiO_2$. Состав минералов, входящих в состав КДСП, приведен в таблице.

Состав минералов КДСП

| Минерал | Содержание, % |
|-------------------|---------------|
| Кшанит/силлиманит | 93–94 |
| Рутил/ильменит | 1–2 |
| Циркон | 1–1,5 |
| Кварц | 1–3 |

Плотность материала составляет 3200–3500 кг/м³, насыпная масса – 960 кг/м³, удельная поверхность –

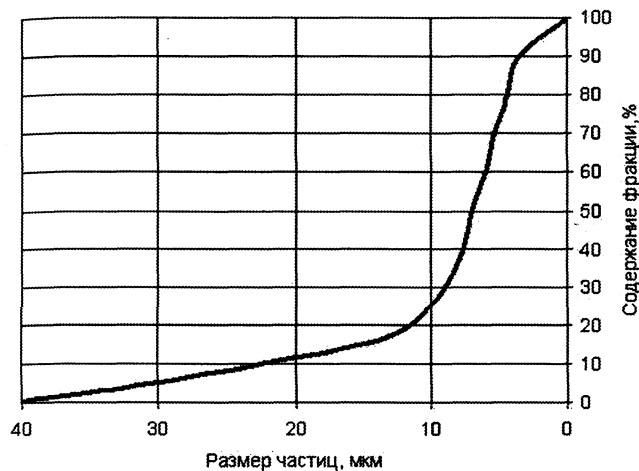


Рис. 1. Распределение частиц по крупности КДСП

4500–5500 см²/г. КДСП имеет нейтральную кислотность pH 6,5–7,0. По физико-химическим свойствам дистен-силлиманитовый концентрат соответствует нормам: не менее 58% Al₂O₃ и не более 0,7% Fe₂O₃; 1,5% TiO₂; 0,4% MgO; 0,2% CaO. При температуре 1300 °С с дистен-силлиманитом протекают полиморфные превращения с переходом его в муллит, структура которого близка к структуре дистен-силлиманита, однако отличается значительной разупорядоченностью атомов Si и Al. Муллит обладает высокой механической прочностью, при этом наблюдается его рост при высоких температурах. Огнеупорность муллита составляет 1830 °С.

Дистен-силлиманитовый концентрат порошкообразный получают путем измельчения исходного зернистого материала в пароструйных мельницах. Распределение частиц КДСП по крупности приведено на рис. 1.

Применение в качестве наполнителя тонкодисперсного, высокоогнеупорного и химически инертного материала позволяет добиться высоких результатов с точки зрения как качества самого покрытия (высокая седиментационная устойчивость, высокая механическая прочность), так и получаемых отливок.

Не менее важным компонентом противопожарного покрытия является связующее, от правильного выбора которого во многом зависит способность создаваемого защитного слоя сохранять сплошность и прочность сцепления с подложкой.

При разработке противопожарного покрытия были опробованы различные составы лаков, основу которых составляли водно-спиртовые композиции полиакриламидов (ПАА), поливинилбутиралей (ПВБ) и поливинилацетатов (ПВА). Лучшие результаты были получены при использовании поливинилацетатной дисперсии, которая представляет собой продукт свободнорадикальной полимеризации мономера (винилацетата) в растворе уксусной кислоты с общей формулой



ПВАД – аморфный, прозрачный, бесцветный полимер с молекулярной массой от 10 000 до 1500 000, плотностью 1190 кг/м³, температура стеклования $T_{\text{стекл.}} = 28 \text{ }^\circ\text{C}$, размер частиц 0,05–2,0 мкм. При этом энергия когезии составляет 3200 кал на 5 Å цепи. Существенным преимуществом ПВАД является то, что полимер обладает высокой адгезией к различным наполнителям, в том числе и КДСП.

В качестве дисперсионной среды противопожарного покрытия использовали водно-спиртовую композицию головной фракции этилового спирта (ЭАФ).

Нужно отметить, что благодаря введению в состав противопожарного покрытия органического растворителя снижается поверхностное натяжение, тем самым увеличивается смачивающая и проникающая способность краски, интенсифицируется процесс отверждения, который реализуется посредством испарения органического растворителя и воды, в результате чего происходит пленкообразование ПВАД (коагуляция, вызванная удалением дисперсионной среды). Коагуляция происходит уже при комнатной температуре. Так как полимер ПВАД находится в вязкотекучем состоянии, то пленкообразование возможно при температуре стеклования полимера. Противопожарная краска, в составе связующей композиции которой лежит ПВАД, обладает высокой прочностью как при нормальной температуре, так и после термического удара. В качестве стабилизатора в разработанном составе противопожарного покрытия использовали органический высокомолекулярный полимер «Акронал».

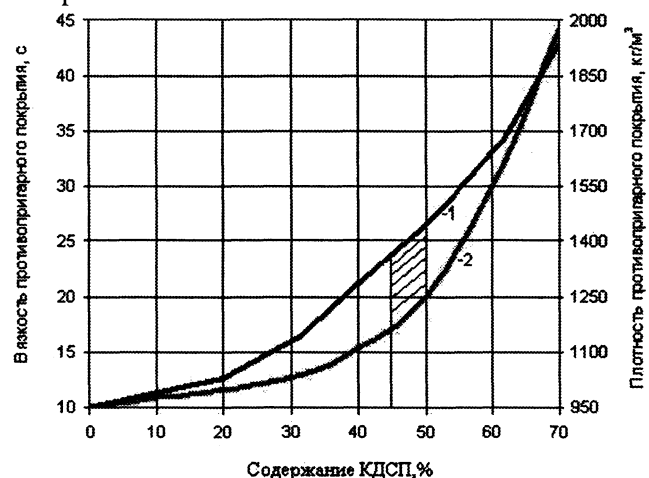


Рис. 2. Номограмма определения плотности и вязкости противопожарного покрытия на основе КДСП: 1 – плотность покрытия; 2 – вязкость покрытия

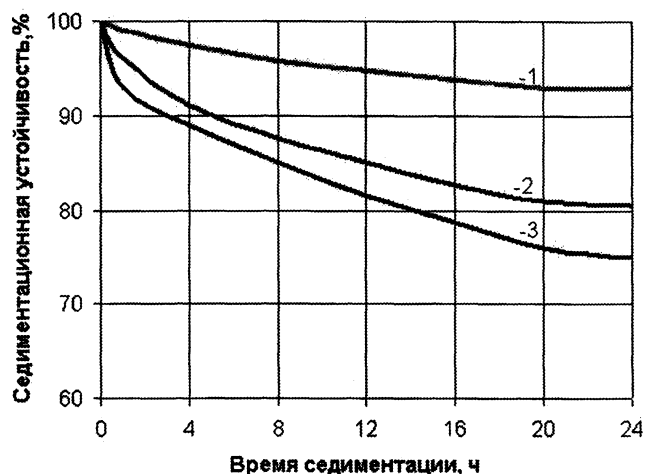


Рис. 3. Седиментационная устойчивость красок: 1 – противопопригарное покрытие ПКД-С; 2 – противопопригарное покрытие ДП-2; 3 – противопопригарное покрытие ППС-2

Для сравнительной оценки полученного покрытия ПКД-С были проведены параллельные испытания известных противопопригарных покрытий ДП-2 и ППС-2. Результаты испытаний представлены на рис. 2–4.

Относительную плотность готовых покрытий определяли весовым методом:

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{V}, \quad (1)$$

где m_1, m_2 – соответственно масса пустого и заполненного мерного цилиндра, кг; V – объем суспензии в цилиндре, m^3 .

Контроль условной вязкости осуществляли путем измерения продолжительности истечения определенного объема суспензии через калиброванное отверстие. Для этого использовали вискозиметр ВЗ-4 (ГОСТ 9070-75).

На основе полученных данных по измерению плотности и вязкости построена номограмма определения плотности и вязкости противопопригарного покрытия на основе КДСП (рис. 2). Заштрихованная область – рабочий диапазон противопопригарного покрытия, при котором наблюдаются оптимальные данные по проникающей способности, толщине красочного слоя и кроющей способности.

Определение седиментационной устойчивости производили в мерном цилиндре (ГОСТ 10772-78). Цилиндр заполняли контролируемой суспензией и через определенное время замеряли высоту верхнего осветленного слоя, после чего рассчитывали седиментационную устойчивость в %:

$$C = \frac{(V_1 - V_2) \cdot 100}{V_1}, \quad (2)$$

где V_1, V_2 – соответственно общий объем столба покрытия в цилиндре и объем верхнего осветленного слоя, cm^3 .

Как видно из рис. 3, противопопригарная краска ПКД-С обладает наилучшей седиментационной устойчивостью. Исследования показали, что даже через 10 сут седиментация составляет 7–8%. Это объясняется наличием в составе высокомолекулярных веществ, создающих на поверхности частиц наполнителя адсорбционный слой, способствующий образованию пространственной коллоидной структуры.

Прочность красочных слоев на истирание оценивали методом истирания. Для этого использовали приспособление, состоящее из воронки вискозиметра ВЗ-4 с калиброванным отверстием диаметром 4 мм и подставки, на которой установлено под углом 45° матовое стекло. Стеклянную пластину с нанесенным покрытием укладывали на матовое стекло покрытием вверх так, чтобы расстояние от выходно-

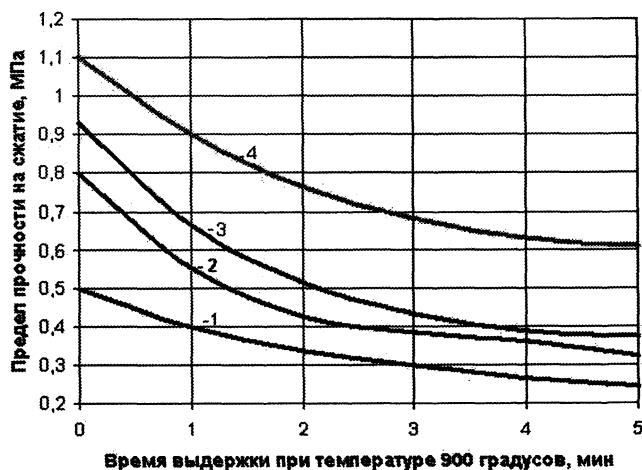


Рис. 4. Пределы прочности на сжатие окрашенных образцов после термического удара: 1 – неокрашенные образцы; 2 – противопопригарное покрытие ППС-2; 3 – противопопригарное покрытие ДП-2; 4 – противопопригарное покрытие ПКД-С

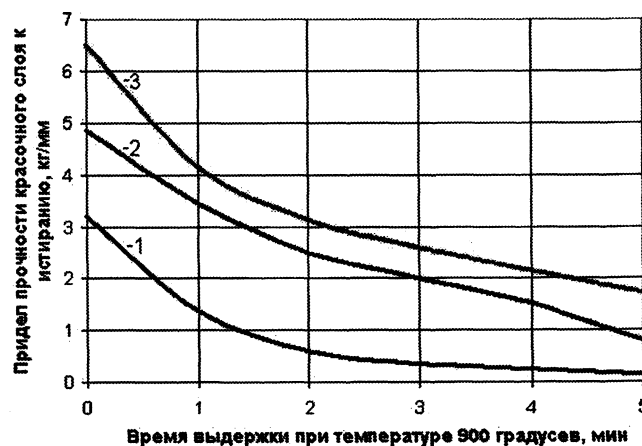


Рис. 5. Пределы прочности красочных слоев к истиранию образцов после термического удара: 1 – противопопригарное покрытие ППС-2; 2 – противопопригарное покрытие ДП-2; 3 – противопопригарное покрытие ПКД-С

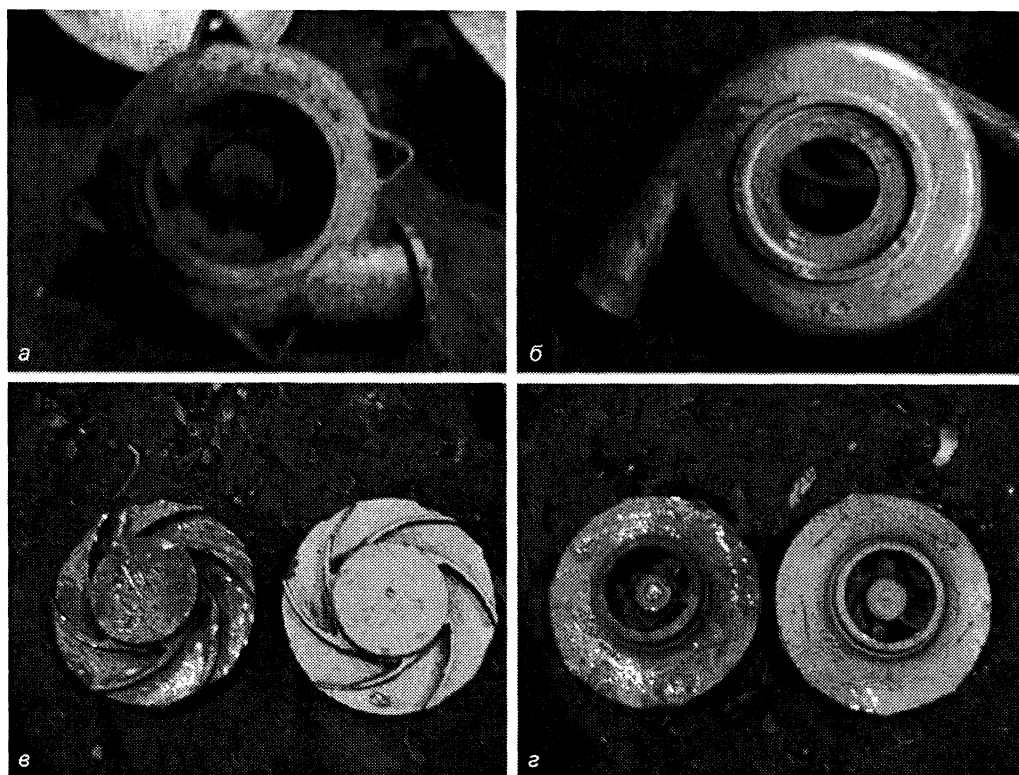


Рис. 6. Отливки, изготовленные по старой технологии (а, в) и с применением разработанного противопригарного покрытия ПКД-С (б, г)

го отверстия вискозиметра до стеклянной пластинки составляло 70 мм. На пластинку с покрытием насыпали песок до тех пор, пока на месте удара песка краска не сотрется до стекла (диаметр прорыва 2,0–2,5 мм). Весь прошедший через вискозиметр песок высыпали из ящика, находящегося под подставкой, и взвешивали. Количество песка, ушедшего на истирание покрытия, является мерой прочности противопригарного покрытия.

Кроме того, прочностные характеристики противопригарных покрытий оценивали на приборе для определения предела прочности формовочных смесей на сжатие. Покрытия наносили на стандартные цилиндрические образцы высотой и диаметром 50 мм. Краски были нанесены на заранее подготовленные стандартные образцы из формовочной смеси, которая используется при производстве отливок из стали и чугуна.

Описанные выше методы дают хорошую воспроизводимость результатов. Однако получаемые сведения характеризуют лишь прочность покрытий при нормальных условиях и не отражают свойства защитного слоя в момент заливки формы расплавом. Поэтому были определены прочностные характеристики противопригарных покрытий по описанным

выше методам на образцах, подвергнутых термическому удару: окрашенные пластины и стандартные образцы из формовочной смеси помещали в предварительно нагретую до 900 °С печь на определенное время. Время выдержки варьировали от 1 до 5 мин. Как видно из рис. 4, 5, прочность красочных слоев снижается. В первую очередь это связано с выгоранием (деструкцией) связующего. Однако во всех случаях стойкость и прочность разработанного покрытия были выше аналогов.

Разработанное противопригарное покрытие ПКД-С прошло успешные испытания на ОАО «Бобруйский машиностроительный завод» и в настоящее время используется для производства стальных и чугунных отливок. На рис. 6 приведены отливки, полученные по старой технологии и с применением разработанного противопригарного покрытия.

Противопригарное покрытие ПКД-С прошло токсикологическую экспертизу и проверку на пожаро- и взрывобезопасность. Технические условия на материал согласованы в Республиканском центре гигиены и эпидемиологии, органах государственного пожарного надзора и зарегистрированы в Госкомитете по стандартизации, метрологии и сертификации при Совмине РБ.

Литература

1. Берг П. П. Качество литейной формы. М.: Машиностроение, 1971.
2. Жуковский С. С., Анисович Г. А., Давыдов Д. Н. и др. Формовочные материалы и технология литейной формы: Справ. / Под ред. С. С. Жуковского. М.: Машиностроение, 1993.