Т. Р. Гильманишина¹, И. Е. Илларионов², Е. Н. Жирков², Т. Н. Степанова¹

**ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА ВВЕДЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ
В СОСТАВ ВОДНЫХ ПРОТИВОПРИГАРНЫХ ПОКРЫТИЙ**

¹ ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»

² ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова»

e-mail: gtr1977@mail.ru

Показано, что совместная активация графита и карбоксиметилцеллюлозы обеспечивает противопригарным покрытиям более высокий уровень свойств, чем при введении данной добавки в состав покрытия. Содержание карбоксиметилцеллюлозы не должно превышать 1 мас. % от веса графита.

Ключевые слова: графит, поверхностно-активное вещество, карбоксиметилцеллюлоза, противопригарные покрытия, механоактивация.

T. R. Gilmanshina¹, I. E. Illarionov², E. N. Zhirkov², T. N. Stepanova¹

**INVESTIGATION OF THE METHOD OF INTRODUCING SURFACTANTS INTO
THE COMPOSITION OF WATER NON-STICK COATINGS**

¹ Siberian Federal University

² Chuvash State University named after I. N. Ulyanova

It is shown that the joint activation of graphite and carboxymethyl cellulose provides non-stick coatings with a higher level of properties than when this additive is introduced into the coating composition. The content of carboxymethyl cellulose should not exceed 1 wt. % by weight of graphite.

Keywords: graphite, surfactant, carboxymethylcellulose, nonstick coatings, mechanical activation.

Вводная часть

Получение отливок, не имеющих пригара на поверхности, до сих пор остается одной из наиболее актуальных задач литейного производства, поскольку затраты на исправление данного дефекта могут достигать до 60 % от общего объема трудоемкости изготовления отливки [1–4].

Основополагающая информация о процессах формирования пригара была изложена в трудах П. П. Берга [5], И. В. Валисовского [6], Ю. П. Васина [7], С. С. Жуковского [8], И. Е. Илларионова [9, 10], Л. И. Маминой [11], В. Г. Бабкина [12], К. И. Ващенко [13], А. А. Волкомича [14], С. П. Дорошенко [15], Н. А. Кидалова [16], Д. Н. Кукуй [17], Б. А. Кулакова [18],

И. О. Леушина [19] и других отечественных ученых.

Действенным способом решения этой проблемы является применение противопригарных покрытий. Как показал анализ литературы [1–28], актуальными направлениями повышения эффективности противопригарных покрытий являются:

- поиск новых дешевых исходных компонентов покрытий: наполнителей, связующих и добавок;

- разработка технологий улучшения физико-механических свойств исходных компонентов покрытий отдельными или комплексными методами активации;

– совершенствование методов исследования структуры и свойств покрытия на всех этапах формирования его свойств.

К числу технологий, улучшающих физико-механические свойства исходных компонентов покрытий, относится механоактивация, в процессе которой изменяются не только геометрические параметры частиц (размер, форма, топография, удельная поверхность и т. д.), но и энергетическое состояние каждой частицы, определяемое степенью насыщения кристаллической структуры дефектами, изменением межплоскостного расстояния и сингонии кристаллической решетки [29].

На эффективность механоактивации можно влиять, изменяя режимы, а именно – обороты рабочей камеры, соотношения шаров и обрабатываемого материала, среда (влажная, сухая, инертная, вакуумная, активная), добавление поверхностно-активных веществ и другие условия обработки.

В Институте цветных металлов и материаловедения ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» под руководством д-ра техн. наук Л. И. Маминой был разработан ряд технологий, улучшающих качество наполнителей противопопригарных покрытий, в том числе и для скрытокристаллических графитов, являющихся одним из наиболее распространенных наполнителей для чугунного литья. Месторождения данного материала сосредоточены в Красноярском крае. Однако их использование, несмотря на уникальное сочетание физико-химических свойств, существенно ограничивается низкой активностью частиц графита.

В работах [29–33] приведены результаты исследований, в которых установлено, что наи-

большей активностью обладают частицы графита, активированного с карбоксиметилцеллюлозой и лигносульфонатом техническим. Однако в данных работах не обоснован способ введения этих добавок в состав противопопригарных покрытий.

Поэтому целью данной работы является обоснование способа введения поверхностно-активных веществ в состав противопопригарного покрытия.

Основная часть

Для исследований выбран скрытокристаллический графит ГЛС-3, основная масса которого представлена частицами размером более 10–50 мкм, максимальный размер частиц может достигать 70 мкм.

Активацию графита осуществляли в мельнице АГО-2.

В качестве поверхностно-активной добавки использовали карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ), которую вводили в состав покрытия следующими способами:

- совместная активация графита и КМЦ в мельнице АГО-2 (далее по тексту – КМЦ в графит);
- графит активировался отдельно, а КМЦ вводили непосредственно в состав покрытия процессе его изготовления, как отдельный компонент (далее по тексту – КМЦ в покрытие).

Содержание КМЦ в обоих случаях изменялось от 1 до 4 мас. % от веса графита.

Для исследований было выбрано водное графито-бентонитовое покрытие, состав которого описан в работе [32]. Свойства покрытий оценивали по ГОСТ 10772-78.

Результаты исследований представлены на рис. 1–4.

Рис. 1. Вязкость покрытий:
1 (◆) – КМЦ в графит; 2 (■) – КМЦ в покрытие

Рис. 2. Седиментационная устойчивость покрытий через 24 ч. Покрытие на основе:
 ■ – природного графита; □ – графита совместно механоактивированного с КМЦ;
 ■ – активированного графита, КМЦ вводили в покрытие в качестве добавки

Рис. 3. Толщина покровного слоя покрытия:
 1 (♦) – КМЦ в графит; 2 (■) – КМЦ в покрытие

Рис. 4. Глубина проникающего слоя покрытия:
 1 (♦) – КМЦ в графит; 2 (■) – КМЦ в покрытие

Плотность всех покрытий составляла 1420 кг/м³.

Из полученных данных видно, что с увеличением содержания КМЦ, при введении его графит в количестве 1 мас. %, свойства покрытия увеличиваются. Дальнейшее повышение содержания добавки (до 4 мас. %) приводит к увеличению вязкости и седиментационной устойчивости, в то же время толщина покровного и глубина проникающего слоев уменьшаются. Это связано с тем, что избыток поверхностно-активного вещества (более 1 мас. %) приводит к снижению удельной поверхности за счет образования конгломератов частиц графита и КМЦ в процессе активации. Средний размер частиц увеличивается, что способствует формированию на поверхности формы покровного слоя большей толщины и проникающего слоя меньшей глубины.

Введение КМЦ в состав покрытия на исследуемые свойства значительного влияния не оказало.

Заключительная часть

Таким образом, в данной работе показано, что совместная активация графита и КМЦ обеспечивает противопригарным покрытиям более высокий уровень свойств; при этом содержание КМЦ не должно превышать 1 мас. % от веса графита.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Зенкин, Р. Н.* Об использовании противопригарных покрытий для форм из ХТС при получении чугуновых отливок / Р. Н. Зенкин // *Литейное производство*. – 2017. – № 1. – С. 11–13.
2. *Овчаренко, П. Г.* Взаимодействие противопригарного корундового покрытия с железоуглеродистыми расплавами в условиях литья по газифицируемым моделям / П. Г. Овчаренко, Е. В. Кузьминых, В. И. Ладьянов // *Расплавы*. – 2019. – № 5. – С. 469–479.
3. Оптимизация состава противопригарного теплоизолирующего покрытия на внутренней поверхности изложницы при центробежном литье крупнотоннажных отливок / Г. С. Мирзоян [и др.] // *Тяжелое машиностроение*. – 2018. – № 6. – С. 33–35.
4. *Чеберяк, О. И.* Технологические решения по устранению пригара на крупных стальных отливках / О. И. Чеберяк, Н. Ф. Чувагин // *Литейное производство*. – 2017. – № 1. – С. 8–10.
5. *Берг, П. П.* Качество литейной формы / П. П. Берг. – М. : Машиностроение, 1971. – 291 с.
6. *Валисовский, И. В.* Пригар на отливках / И. В. Валисовский. – М. : Машиностроение, 1983. – 192 с.
7. *Васин, Ю. П.* Окислители – новые противопригарные материалы / Ю. П. Васин, А. Я. Расулов. – Челябинск : Юж.-Урал. кн. изд-во, 1969. – 91 с.
8. *Формовочные материалы и технология литейной формы* // С. С. Жуковский [и др.] ; под ред. С. С. Жуковского. – М. : Машиностроение, 1993. – 432 с.
9. *Илларионов, И. Е.* Формовочные материалы и смеси / И. Е. Илларионов, Ю. П. Васин. – Чебоксары : Изд-во Чувашского государственного университета, 1992. – Ч. 1. – 223 с.
10. *Илларионов, И. Е.* Формовочные материалы и смеси / И. Е. Илларионов, Ю. П. Васин. – Чебоксары : Изд-во Чувашского государственного университета, 1995. – Ч. 2. – 288 с.
11. *Мамина, Л. И.* Теоретические основы механоактивации формовочных материалов и разработка ресурсосберегающих технологических материалов процессов в литейном производстве : дис. ... д-ра техн. наук / Мамина Людмила Ивановна. – Красноярск, 1989. – 426 с.
12. Kinetic features of fayalite wetting and impregnation of magnesia in isothermal conditions / I. D. Kashcheev, V. G. Babkin, P. S. Mamykin, B. V. Tsarevskii // *Refractories and Industrial Ceramics*. – 1973. – Vol. 13, № 3–4. – С. 256–259.
13. *Ващенко, К. И.* Улучшение технологических свойств противопригарных красок для стального литья / К. И. Ващенко, С. П. Дорошенко, Т. А. Здоровецкая // *Формирование качества поверхности отливок*. – М. : Металлургия, 1969. – С. 67–73.
14. *Формирование точности отливок* / А. А. Волкомич [и др.]. – М. : МГААТМ ; Литаформ, 1996. – 82 с.
15. *Дорошенко, С. П.* Предотвращение пригара на отливках. Теория и практика / С. П. Дорошенко, В. Н. Дробязко, А. И. Шейко // *Литейное производство*. – 1996. – № 4. – С. 20–21.
16. Высококонцентрированные водно-глинистые суспензии / В. П. Бычков, Н. А. Осипова, Н. А. Кидалов, Н. Б. Зубкова // *Литейное производство*. – 2000. – № 4. – С. 20–21.
17. *Кукуй, Д. М.* Теория и технология литейного производства : в 2 ч. / Д. М. Кукуй, В. А. Скворцов, Н. В. Андрианов. – Ч. 1. Формовочные материалы и смеси. – Минск : Нов. знание ; М. : Инфра-М, 2011. – 384 с.
18. *Знаменский, Л. Г.* Электроимпульсные нанотехнологии в литейных процессах / Л. Г. Знаменский, О. В. Ивочкина, Б. А. Кулаков // *Литейщик России*. – 2006. – № 9. – С. 8–14.
19. *Леушин, И. О.* Разработка эффективных противопригарных покрытий литейных форм на основе алюмошлаковых наполнителей / И. О. Леушин, А. Н. Грачев // *Литейное производство*. – 2002. – № 4. – С. 13–14.
20. *Rudolph, S.* Boron nitride release coatings / S. Rudolph // *Aluminum cast house technology*. – 2001. – Sep. 23–26. – С. 163–170.
21. *Крушенко, Г. Г.* Литейные нанопокрyтия / Г. Г. Крушенко // *Нанотехника*. – 2012. – № 2 (30). – С. 93–97.
22. *Николайчик, Ю. А.* Исследование закономерностей формирования высокотемпературной прочности противопригарных покрытий, модифицированных наноструктурированными материалами / Ю. А. Николайчик // *Литье и металлургия*. – 2012. – № 3 (66). – С. 228–231.
23. *Di Muoio, G. L.* Achieving Control of Coating Process in your Foundry / G. L. Di Muoio, N. S. Tiedje // *Archives of foundry engineering*. – 2015. – Т. 15, Вып. 4. – С. 110–114 (DOI: 10.1515/afe-2015-0089)
24. Ceramic Coating for Cast House Application [Электронный ресурс] / Zagorka Acimović-Pavlović, Aurel Prstić, Ljubiša Andrić [et al.]. – Режим доступа : http://www.issp.ac.ru/ebooks/books/open/Ceramic_Coatings_-_Applications_in_Engineering.pdf.

25. The drying kinetics of protective coatings used on sand molds / L. Jamrozowicz, J. Zych, J. Kolczyk [et al.] / *Metalurgija*. – 2015. – Т. 54, Вып. 1. – С. 23–26.

26. The Influence of Selected Water and Alcohol Based Coatings on Bending Strength of Foundry Moulds and Cores Manufactured in Furan Technology / R. Romelczyk, N. Przyszlak, B. Siodmok [et al.] // *Archives of foundry engineering*. – 2018. – Т. 18, Вып. 2. – С. 169–172 (DOI: 10.24425/122522)

27. *Jamrozowicz, L.* Investigations of the Thickness of Protective Coatings Deposited on Moulds and Cores / L. Jamrozowicz, J. Kolczyk-Tylka, A. Siatko // *Archives of foundry engineering*. – 2018. – Т. 18, Вып. 4. – С. 131–136 (DOI: 10.24425/afe.2018.125182_

28. *Jamrozowicz, L.* The Assessment of the Permeability of Selected Protective Coatings Used for Sand Moulds and Cores / Jamrozowicz, L., A. Siatko // *Archives of foundry engineering*. – 2020. – Т. 20, Вып. 1. – С. 17–22 (DOI: 10.24425/afe.2020.131276).

29. Разработка составов противопригарных покрытий на основе графитов, активированных с поверхностно-активными веществами / Т. Р. Гильманшина, В. Н. Баранов, С. И. Лыткина, С. А. Худоногов // *Труды Нижегородского государственного технического университета им. П.Е. Алексеева*. – 2016. – № 1. – С. 222–227.

30. Влияние типа поверхностно-активного вещества на параметры скрытокристаллического графита / Т. Р. Гиль-

маншина [и др.] // *Современные технологии в машиностроении и литейном производстве : Мат-лы I Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. И. Е. Илларионова*. – Чебоксары : Чуваш. гос. ун-т, 2015. – С. 73–79.

31. Водные противопригарные покрытия на основе скрытокристаллического графита, активированного с поверхностно-активными веществами / Т. Р. Гильманшина, В. Н. Баранов, С. И. Лыткина, С. А. Худоногов // *Современные технологии в машиностроении и литейном производстве : Мат-лы II Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. И. Е. Илларионова (11–14 октября 2016 г.)*. – Чебоксары : Чуваш. гос. ун-т, 2016. – С. 114–119.

32. Исследование влияние типа и содержания поверхностно-активных веществ на термическую стойкость скрытокристаллического графита / В. Н. Амелъченко [и др.] // *Нанотехнологии: наука и производство*. – 2017. – № 2. – С. 41–50.

33. Использование активированных с поверхностно-активными веществами графитов в качестве наполнителя противопригарных покрытий / Т. Р. Гильманшина, В. Н. Амелъченко, В. А. Борисюк, Е. Ю. Подшибякина // *Современные технологии в машиностроении и литейном производстве : Мат-лы III Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. И. Е. Илларионова*. – Чебоксары : Чуваш. гос. ун-т, 2017. – С. 33–36.

34. *Сварика, А. А.* Покрытия литейных форм / А. А. Сварика. – М. : Машиностроение, 1977. – 216 с.