



УДК 621.74
DOI: 10.21122/1683-6065-2019-2-32-35

Поступила 30.04.2019
Received 30.04.2019

МЕТОД ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЛОПАТОК ЛОПАСТНЫХ СМЕСИТЕЛЕЙ

*Г. В. ПЕТРИШИН, В. М. БЫСТРЕНКОВ, Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, г. Гомель, Беларусь, пр. Октября, 48. E-mail: dk_msf@gstu.by,
В. И. ОДАРЧЕНКО, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65. E-mail: v.oda1297@gmail.com*

Работа посвящена решению актуальной проблемы повышения срока службы лопастных смесителей, используемых в литейном производстве. Приведены существующие методы обеспечения износостойкости лопаток смесителей, указаны их достоинства и недостатки. На основании анализа научных публикаций предложено техническое решение нанесения на лопатки смесителя защитных покрытий методом газотермического напыления. Представлены результаты лабораторных исследований скорости изнашивания газотермических покрытий из различных порошковых смесей системы Ni-Cr-B-Si в условиях абразивного изнашивания. Приведены результаты эксплуатационных испытаний опытных изделий в условиях коррозионно-абразивного изнашивания при работе лопастного смесителя. Разработан состав порошковой смеси, обеспечивающей максимальную износостойкость лопаток смесителя.

Ключевые слова. Повышение износостойкости, упрочнение поверхности, порошковые смеси, газопламенное напыление.
Для цитирования. Петришин, Г. В. Метод обеспечения износостойкости лопаток лопастных смесителей / Г. В. Петришин, В. М. Быстренков, В. И. Одарченко // *Литье и металлургия*. 2019. № 2. С. 32–35. DOI: 10.21122/1683-6065-2019-2-32-35.

METHOD OF PROVIDING WEAR-RESISTANCE OF THE BLADES OF PADDLE MIXERS

*G. V. PETRISHIN, V. M. BYSTRENKOV, Gomel State Technical University named after P. O. Sukhoi, Gomel, Belarus, 48, Oktybrya ave. E-mail: dk_msf@gstu.by,
V. I. ODARCHENKO, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosti ave.
E-mail: v.oda1297@gmail.com*

The work is devoted to solution of the actual problem to increase the service life of blade mixers used in the foundry industry. The existing methods for ensuring wear resistance of mixing blades are described, their advantages and disadvantages are indicated. Based on the analysis of scientific publications a technical solution for applying protective coatings to the blades of the mixer using gas-thermal spraying has been proposed. The results of laboratory studies of the wear rate of gas-thermal coatings from various powder mixtures of the Ni-Cr-B-Si system under conditions of abrasive wear are presented. The results of operational tests of experimental products under conditions of corrosion and abrasive wear during the operation of a paddle mixer are given. The composition of the powder mixtur ensuring maximum wear resistance of the mixer blades was developed.

Keywords. Increase of wear resistance, surface hardening, powder mixtures, gas-flame spraying.
For citation. Petrishin G. V., Bystrenkov V. M., Odarchenko V. I. Method of providing wear-resistance of the blades of paddle mixers. *Foundry production and metallurgy*, 2019, no. 2, pp. 32–35. DOI: 10.21122/1683-6065-2019-2-32-35.

Современные No-Vake-технологии и оборудование предполагают применение значительных объемов формовочных и стержневых смесей. Доля таких процессов в общем объеме производства отливок значительна и непрерывно возрастает. Основным видом технологического оборудования для приготовления формовочных и стержневых смесей химического отверждения являются высокоскоростные лопастные смесители непрерывного действия. Гамма данного оборудования разнообразна как по конструктивному исполнению, так и по характеристике рабочих параметров. При этом конструкция абсолютного большинства современных лопастных смесителей характеризуется высокой надежностью корпусной части и элементов привода зоны смешивания, работающих в условиях интенсивного абразивного износа

и агрессивных сред. Наиболее уязвимым элементом конструкции являются лопатки, воспринимающие основные механические нагрузки при смешивании компонентов и технологическом транспортировании смеси. Их частая замена предполагает съемную конструкцию. Для обеспечения приемлемой стойкости наиболее нагруженные участки лопаток покрывают твердосплавным материалом в виде напаянных сегментных пластин. Стойкость таких лопаток составляет порядка 450 ч, при этом данные изделия имеют достаточно высокую стоимость. С целью повышения эксплуатационных характеристик сменных лопаток лопастных смесителей и сокращения издержек на их производство был исследован альтернативный метод повышения износостойкости наиболее нагруженных участков лопатки.

Анализ известных методов нанесения защитных и восстанавливающих покрытий показал, что для деталей данного типа наиболее целесообразно применять магнитно-электрическое упрочнение [1] или газопламенное напыление [2], обеспечивающие получение покрытий со стабильными характеристиками при невысокой себестоимости. Однако магнитно-электрическое упрочнение не обеспечивает коррозионной стойкости покрытий, а технология газопламенного напыления не имеет четко сформулированных режимов работы для различных напыляемых материалов и геометрии восстанавливаемых деталей, и требует дополнительных научных исследований по выбору материалов, режимов нанесения и технологии подготовки поверхности при разработке технологии упрочнения и восстановления каждой типовой детали. Для деталей типа лопатка смесителя, работающих в условиях ускоренного абразивного изнашивания при наличии химически агрессивных веществ, вызывающих коррозию, не выработано четких рекомендаций по их упрочнению газопламенным способом. Ввиду этого задача разработки технологии упрочнения или восстановления лопаток смесителей, широко используемых в литейных производствах, является актуальной и экономически востребованной.

Цель данных исследований – разработка технологии упрочнения лопаток смесителей, обеспечивающей стабильные геометрические параметры изделий и срок службы изделий в условиях коррозионного и абразивного изнашивания на уровне лопаток, оснащенных твердым сплавом ВК3, до 400–450 ч.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- на основании лабораторных испытаний деталей разработать состав порошкового материала для газопламенного напыления, обеспечивающий необходимую износостойкость;
- на основании эксплуатационных испытаний выбрать состав порошкового материала для газопламенного напыления, обеспечивающий максимальную износостойкость;
- выработать рекомендации по выбору поверхностей, подвергаемых упрочнению, исходя из необходимости обеспечения максимальной износостойкости при снижении стоимости изделий.

Материалы и методы

Предметом исследований являлись лопатки смесителя, представляющие собой плоские сегменты. Для напыления покрытий использовали установку газопламенного напыления ТРУБИ (БНТУ, Республика Беларусь), для оплавления напыленных покрытий и нанесения покрытий с оплавлением на лабораторные образцы – установку CastoDyn (CastolinEutectic, Швейцария).

Лабораторные испытания абразивной износостойкости образцов проводили на машине трения типа Х4-Б, работающей по принципу диск-контртело (рис. 1).

Испытания проводили при трении о закрепленный абразив в соответствии с ГОСТ 17367-71. В качестве абразива использовали шлифовальную шкурку П2Г 43А 2СНМ (ГОСТ 6456-82). Усилие прижима составляло 10 Н, площадь контакта – 19,6 мм², скорость в зоне испытания – 21 м/мин, цикл испытаний – 10 мин.

Исследования износостойкости проводили весовым методом по потере массы образцов. Для взвешивания использовали электронные весы ВЛТЭ-150С с точностью измерения 0,001 г.

Ввиду того что для нанесения покрытий использовали порошковые смеси на основе никеля, лабораторные исследования по коррозионной стойкости не проводили.

Для нанесения покрытий использовали самофлюсующиеся порошковые смеси системы Ni-Cr-B-Si: № 1 – НПТ 40; № 2 – НПТ 55; № 3 – НПТ 635 (содержит 35 мас.% карбида вольфрама); № 4 – НПТ 655 (содержит 55 мас.% карбида вольфрама).

Все лабораторные и производственные испытания проводили в сравнении с образцом-эталоном, изготовленным из твердого сплава ВК3.

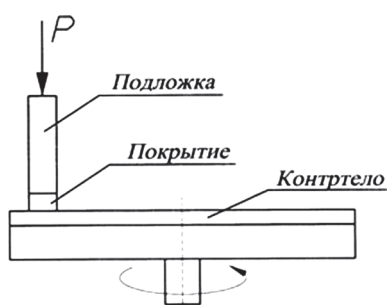


Рис. 1. Схема испытаний в условиях абразивного изнашивания

Результаты исследований

Результаты лабораторных исследований износостойкости образцов с покрытиями из различных порошковых материалов показали вполне предсказуемые результаты (рис. 2), хорошо согласующиеся с известными исследованиями износостойких покрытий [1]. Износостойкость образцов с защитными покрытиями из всех исследуемых порошковых смесей оказалась несколько выше износостойкости эталона, несмотря на то что их твердость была соизмеримой, а для образцов с покрытиями из порошковых смесей № 1–2 даже ниже. Объясняется это более низким коэффициентом трения между защитными покрытиями и абразивным диском. Значительный рост износостойкости покрытий из смесей № 3 и 4 обусловлен наличием в их составе карбидов вольфрама фракции 25–31 мкм, равномерно распределенных в металлической матрице покрытия. При трении образец контактирует с абразивным диском преимущественно по карбидам вольфрама, обладающих микротвердостью 13–14,5 ГПа, что обеспечивает низкую скорость изнашивания исследуемых покрытий.

На основании лабораторных испытаний была выдвинута гипотеза о том, что максимальную износостойкость лопатке смесителя обеспечат покрытия из порошковых смесей № 3 и 4. Для ее проверки были подвергнуты производственным испытаниям лопатки с покрытиями из указанных порошковых смесей. Ввиду того что лопатки работают в условиях сильного загрязнения песчаными смесями, оценка скорости изнашивания весовым методом оказалась неточной, поэтому в производственных испытаниях оценивался срок службы лопатки до полного отказа, в часах. Испытания проводили в производственных условиях ОАО «Гомельский литейный завод «Центролит» (г. Гомель, Беларусь). Внешний вид лопаток смесителя с нанесенными защитными покрытиями показан на рис. 3.

Результаты производственных испытаний показали не полное соответствие с результатами лабораторных исследований износостойкости (рис. 4).

Так, образец из порошковой смеси № 1 в лабораторных условиях показал увеличение износостойкости более чем на 8% по сравнению с эталоном. При этом промышленные испытания показали увеличение срока службы детали с покрытием из порошковой смеси № 1 на 23% по сравнению с эталоном. Столь существенное отличие лабораторной и промышленной износостойкости в сравнении с эталоном объясняется более низким коэффициентом трения покрытий на основе никеля, что оказывает значитель-

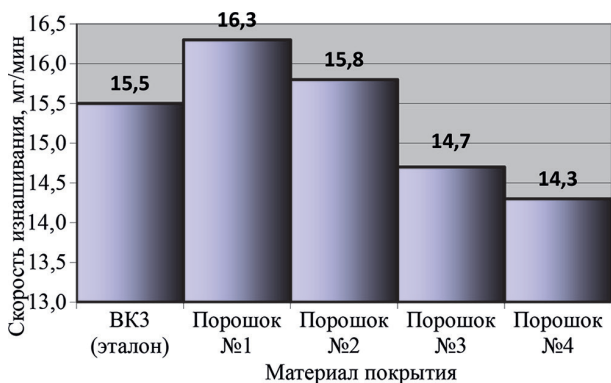


Рис. 2. Скорость изнашивания образцов с защитными покрытиями

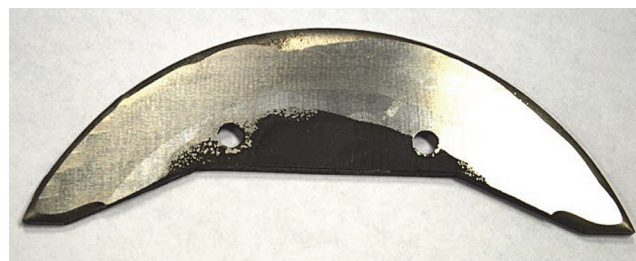


Рис. 3. Лопатка смесителя с защитным покрытием

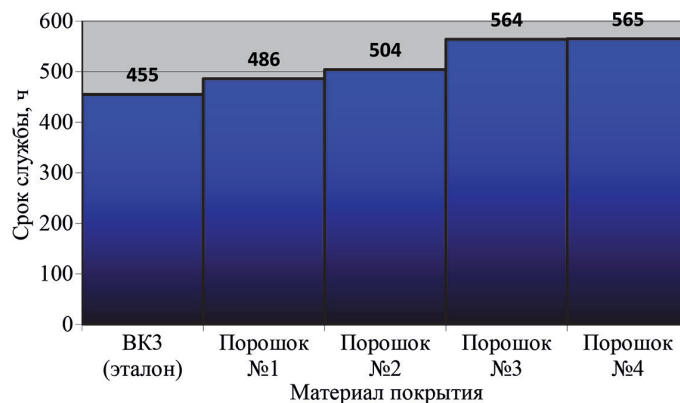


Рис. 4. Срок службы лопаток с защитными покрытиями по результатам производственных испытаний

ное влияние при изнашивании о несвязанный абразив. Этим же можно объяснить рост срока службы лопаток с покрытиями из порошковых смесей № 1 и 2, которые в лабораторных условиях показали более высокую скорость изнашивания по сравнению с эталоном. Кроме того, срок службы лопаток, работавших в одинаковых условиях, с покрытиями из порошковых смесей № 3 и 4 оказался на одном уровне, в то время как лабораторные исследования показали снижение скорости изнашивания образцов с защитным покрытием из порошковой смеси № 4, содержащей 55% карбидов вольфрама.

Следует отметить, что при нанесении защитных покрытий упрочнению подвергалась не только фронтальная часть лопатки, как это сделано при упрочнении пластинами из твердого сплава, но и торцовая часть лопатки. Несмотря на это, стоимость лопаток с защитными покрытиями из порошковых смесей № 3 или 4 оказалась ниже стоимости лопаток, оснащенных пластинками из твердого сплава ВКЗ. Ввиду того что срок службы лопаток с защитными покрытиями из порошковых смесей № 3 или 4 оказался примерно равным, а стоимость порошковой смеси № 4 выше, с целью снижения себестоимости изделия рекомендовано при нанесении защитных покрытий использовать порошковую смесь № 3.

Выводы

На основании проведенных лабораторных исследований установлено, что защитные покрытия из порошковых смесей на основе никеля системы Ni-Cr-B-Si обеспечивают износостойкость в условиях абразивного изнашивания на уровне твердого сплава ВКЗ, а при использовании порошковых смесей с мелкодисперсными карбидами вольфрама позволяют добиться более высокой износостойкости.

Более высокая износостойкость покрытий из порошков системы Ni-Cr-B-Si в условиях абразивного изнашивания по сравнению с твердым сплавом ВКЗ, имеющим более высокую твердость, обусловлена существенно меньшим коэффициентом трения указанных выше защитных покрытий при взаимодействии с изнашивающей средой.

Максимальную износостойкость лопаток смесителя обеспечили покрытия из порошковых смесей системы Ni-Cr-B-Si, содержащими 40–60% карбидов вольфрама, при этом для промышленного изготовления рекомендуется использовать порошок, содержащий 40% карбидов вольфрама, обеспечивающий максимальную износостойкость при меньшей себестоимости.

При нанесении защитных покрытий на лопатки смесителя обязательно необходимо защищать торцевую поверхность, так как именно в данном месте наблюдается максимальный износ отработавших деталей.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Петришин Г. В.** Особенности изнашивания магнитно-электрических покрытий из самофлюсующихся порошков в различных условиях эксплуатации // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В: Промышленность. Прикладные науки. 2006. № 12. С. 107–112.
2. **Пантелеенко Ф. И.** Самофлюсующиеся диффузионно-легированные порошки на железной основе и защитные покрытия из них. Минск: УП «Технопринт», 2001. 300 с.

REFERENCES

1. **Petrishin G. V.** Osobennosti iznashivaniya magnitno-jelektricheskikh pokrytij iz samofljusujushchihshja poroshkov v razlichnyh uslovijah jekspluatacii [Features of wear of magnetic-electric coatings from self-fluxing powders in various operating conditions]. *Vestnik Polockogo gosudarstvennogo universiteta. Serija V: Promyshlennost'. Prikladnye nauki = Bulletin of Polotsk State University. Series B: Industry. Applied Science*, 2006, no. 12, pp. 107–112.
2. **Panteleenko F. I.** *Samoflyusuyushchiesya diffuzionno-legirovannyye poroshki na zheleznoy osnove i zashchitnyye pokrytiya iz nikh* [Self-fluxing diffusion-alloyed iron-based powders and protective coatings from them]. Minsk, UP «Tehnoprint» Publ., 2001, 300 p.