

И. Ю. Посыпайко, О. В. Соценко

Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

Повышение износостойкости сменных деталей промышленных смесителей

Исследованы особенности работы шнеков в условиях интенсивного абразивного износа в смешивающих и размольных агрегатах. Обобщены известные методы повышения износостойкости сменного инструмента и материалов с повышенной абразивной стойкостью. Установлено, что наряду с легированными сталями высокой износостойкостью характеризуются отбеленные, а также легированные чугуны бейнитного класса.

Ключевые слова: промышленные смесители, абразивная износостойкость, хромистый чугун, никелево-молибденовый чугун, бейнитная микроструктура, накладные плиты

Постановка проблемы. Разработка и внедрение мероприятий по утилизации вторичных материальных ресурсов в сочетании с решением экологических задач относятся к числу актуальных проблем по повышению эффективности работы современных металлургических предприятий с соблюдением природоохранных мероприятий. Одним из путей реализации этой проблемы является повышение абразивной износостойкости сменного инструмента промышленных смесителей, работающих в комплексах для переработки вторичного сырья (дисперсных отходов металлургического производства) методом брикетирования с последующим использованием брикетов в доменном производстве.

Анализ последних достижений и публикаций. Решение проблемы должно предусматривать удешевление материала, использованного для изготовления инструмента, а также повышение его эксплуатационных характеристик. Существуют различные методы повышения стойкости деталей машин, работающих в условиях абразивного износа. Один из наиболее распространенных методов – наплавка рабочих поверхностей деталей электродами.

Наплавка является достаточно универсальным и экономичным способом для восстановления деталей машин и механизмов, придает им необходимую износостойкость. Целесообразность применения наплавочных электродов обусловлена относительной простотой метода наплавки – ее можно выполнять во всех пространственных положениях; таким образом, наплавка производится на детали со сложной геометрией.

Вместе с тем, использование электродов имеет и свои недостатки: значительно выше стоимость их изготовления, чем, например, сварочная проволока, большие потери при наплавке, вынужденные перерывы в работе для их замены.

Наплавочные электроды подбирают в зависимости от вида износа, для защиты от которого они предназначены. Подбирать универсальные наплавочные электроды весьма проблематично, так как при увеличении стойкости к абразивному износу уменьшается стойкость к ударам, и наоборот. Поэтому оптимальность выбора наплавочного электрода определяет-

ся часто субъективно в зависимости от квалификации специалиста и правильного определения условий работы упрочняемых деталей.

Кроме традиционных способов наплавки деталей электродами нашли применение методы плазменной наплавки и технология изготовления стальных отливок с поверхностно-легированным износостойким слоем (ПЛС).

Метод плазменной наплавки-напыления с применением порошкового композиционного материала, обладающего особо высокой абразивной износостойкостью, состоит в нанесении на изнашиваемую поверхность деталей абразивостойкого покрытия из порошкового материала с использованием ручного или механизированного плазмотрона. Покрытие предназначено для нанесения на детали из углеродистых и легированных сталей, а также чугуна.

Технология изготовления стальных отливок с поверхностно-легированным износостойким слоем, позволяющая экономить дорогостоящие и дефицитные материалы и обеспечивающая высокие эксплуатационные характеристики изделия, заключается в получении отливок с поверхностно-легированным слоем (ПЛС). Твердость ПЛС – 43-46 ед. HRC. Испытания на износостойкость, проведенные разными методами (газоабразивным износом, истиранием с использованием контртела из стали У8), показали, что износ ПЛС уменьшается на 40-50 % [1]. Наплавка такого слоя в форме или, как его называют, поверхностное легирование отливок значительно экономичней и производительней широко применяемых дугового и индукционного методов наплавки.

Вторым направлением в обеспечении абразивной и ударно-абразивной износостойкости является литые детали и накладок к ним из легированных сплавов и отбеленного чугуна. В последние годы в этом направлении проведены многочисленные исследования и опубликованы отдельные монографии [2-10].

Высокохромистые чугуны с добавкой легирующих элементов успешно применяются для изготовления деталей или их армирующих элементов, накладок на лопасти смесителей, элементов конструкции багерных насосов и других, что обеспечивает их высокую

износостойкость и долговечность. Такие сплавы могут одновременно иметь повышенную прочность, пластичность и износостойкость; характеризуются высокой степенью однородности структуры; хорошо свариваются со сталью обычными электродами.

В работе [11] на основании исследования влияния технологических особенностей литья на качество деталей из высокохромистых чугунов пришли к выводу о возможности замены чугуна марки ИЧ210Х33НЗСЛ маркой ИЧ210Х30ГЗЛ. Это позволяет не только снизить затраты на производство литых деталей насосов для ГОК, но и отказаться от использования таких дорогостоящих легирующих элементов, как никель.

Проблема повышения абразивостойкости высокоуглеродо-хромистых (2,8 % С, 15 % Cr) сплавов в условиях значительных ударных нагрузок (порядка 1000 Дж) при взаимодействии с абразивными материалами является весьма сложной и актуальной. Это связано с тем, что повышение износостойкости деталей мелющего оборудования, непосредственно контактирующих с горными породами, достигается за счет получения в структуре чугуна упрочняющей фазы (карбиды, нитриды, интерметаллоиды и другие), обладающей высокой микротвердостью, но наличие которой, в свою очередь, резко снижает пластические свойства сплава в целом [12]. Добиться повышения ударостойкости можно термической обработкой, легированием и другими методами, обеспечивающими увеличение пластичности вследствие изменения структурного состояния основы материала. Однако указанные способы обычно приводят к снижению агрегатной твердости поверхностного слоя и, соответственно, износостойкости рабочих тел [13].

Результаты исследования влияния карбидообразующих элементов (Mo, W, V, Mn) на кристаллизационные параметры, физико-механические свойства и износостойкость низкоуглеродистого хромистого (6 % Cr) белого чугуна в литом состоянии показали, что твердость и износостойкость хромистого чугуна увеличиваются при дополнительном легировании Mo (до 3 %) и W (до 10 %). При легировании Mn до 5 % твердость и износостойкость также увеличиваются. Несмотря на незначительное уменьшение твердости, износостойкость ванадиевого чугуна возрастает на 25 %. Воздушная закалка существенно повышает твердость и износостойкость легированного хромистого чугуна. Максимальную твердость и износостойкость хромистого чугуна наблюдали при (%) 1-2 Mn, 2,5 W, 0,5-1 Mo, 1-2 V. Низкотемпературный отпуск снижает твердость и износостойкость легированных хромистых чугунов [14].

Выделение нерешенных ранее отдельных задач общей проблемы. Проведенный анализ состояния вопроса свидетельствует о том, что универсальных решений повышения абразивной износостойкости до настоящего времени не найдено. Это касается как рациональных способов защиты рабочих поверхностей деталей от абразивного износа – наплавка электродом или применение накладной арматуры (плит), – так и выбора состава материалов и сплавов при реализации того или иного решения для конкретных условий или агрегатов.

Формулирование целей статьи. В работе предпринята попытка дать анализ условий работы конкретного промышленного смесителя, оценить реальную износостойкость его деталей в эксплуатации, а также рассмотреть возможные пути решения проблемы.

Основные результаты исследования. В качестве промышленного объекта анализа был выбран бетоносмесительный комплекс КР-0110 производства ООО «Завод „Строммаш”» (Украина, Черкассы). Комплекс предназначен в основном для приготовления бетонных смесей. Его основные характеристики: объем по загрузке 650 л; производительность 10 м³/ч; частота вращения смесительного вала 35,5 об/мин.

Комплекс использовали для смешивания компонентов шихты и последующего брикетирования металлоотходов в брикеты 100x100x100 мм (рис. 1, в). В составе шихты использовали 70 % прокатной окалины, остальное (18-20 %) – металлосодержащие отходы крупностью не более 10 мм, колошниковая пыль, шламы металлургического производства, пыль очистительных устройств металлургических агрегатов. В качестве связующего применяли цемент, известковую пыль и ускорители твердения для бетонных растворов (10-12 %).

Комплекс обеспечивает качественное перемешивание компонентов шихты для изготовления брикетов. По техническим характеристикам он удовлетворяет требованиям производства, удобен в эксплуатации. Основная проблема – относительно короткий период эксплуатации деталей, подвергающихся интенсивному абразивному износу – лопастей смесителя, что сильно снижает общий ресурс оборудования.

Лопасть смесителя изготавливается из листового проката и состоит из двух наложенных одна на другую пластин из стали марки 30ХГСА толщиной 10 мм каждая. На лопасть наваривается износостойкая проволока – термонит (рис. 1, а, б). Опыт эксплуатации показал, что при наплавлении на лопасти износостойкого сплава происходит их коробление, и возникают отклонения от геометрических размеров. Монтаж лопастей на смеситель усложняется, а так как установку лопастей осуществляют, как правило, в аварийных ситуациях и при отсутствии запасных частей, это составляет

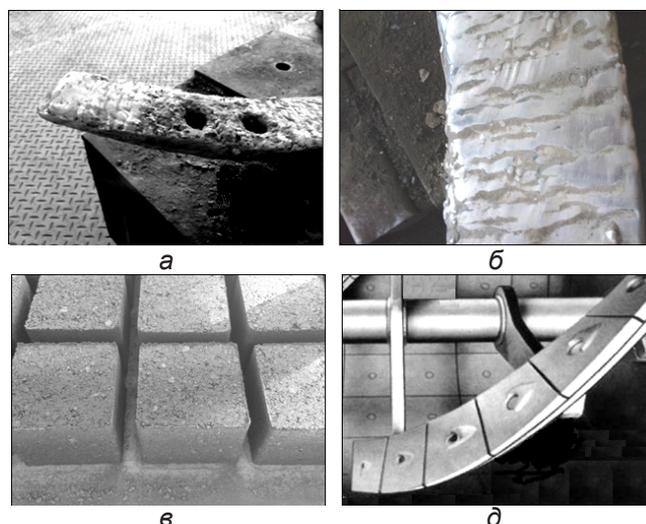


Рис. 1. Элементы конструкции смесителя (а, б, в) и готовые брикеты металлических отходов (в)

значительную проблему. Наблюдения показали, что эксплуатационная стойкость наваренных лопастей в период интенсивной работы оборудования не превышает 2-3 недель. Износ лопастей в разных участках составляет 3-8 мм.

Анализ условий работы комплекса показал, что в качестве альтернативы наплавке лопастей смесителя электродами может быть реализован вариант их защиты от абразивного износа в виде фрагментированных накладных плит (рис. 1, а). Подобные решения реализует ряд западноевропейских специализированных фирм.

Выбор рационального сплава для литья подобных накладных плит на основании приведенного выше обзора литературных источников по проблеме может быть сделан в пользу высокохромистых чугунов. Тем не менее в специальной литературе, касающейся данного вопроса, недостаточно внимания уделяется белым или отбеленным чугунам бейнитного класса на основе никеля и марганца или их сочетаний.

В порядке поиска рационального сплава для накладных плит были исследованы образцы магниевого высокопрочного чугуна, отлитые в массивный кокиль. Химический состав чугуна опытных образцов находился в пределах (%): 3,2-3,30 С; 0,6-1,0 Si; 0,35-0,40 Mn; 0,5-0,6 P; 0,01-0,02 S; 0,15-0,16 Cr; 3,70-4,80 Ni; 0,40-0,65 Mo; 0,17-0,18 Nb; 0,06-0,07 Mg; 0,01-0,02 Ce. Образцы с содержанием 3,70 % Ni имели цементито-бейнитную структуру в рабочей зоне плиты (рис. 2, а), а с удалением от этой зоны преобладал верхний бейнит (рис. 2, б). В образцах с содержанием 4,80 % Ni и повышенным содержанием молибдена в соответствующих зонах структура была преимущественно цементито-бейнитная с преобладанием нижнего бейнита и мартенсита (рис. 2, в, г).

Твердость чугуна на расстоянии 5 мм от рабочей поверхности плиты-холодильника составляла 58-59 HRC. Характер микроструктуры опытных образцов и твердость их рабочего слоя вполне соответствуют таким же характеристикам высокохромистых сплавов, обзор которых приведен выше.

Особенность формирования структуры деталей, отлитых из белых комплекснолегированных чугунов в кокиль, состоит в том, что вследствие быстрого охлаждения поверхностного пристеночного слоя в нем создается большое переохлаждение. В переохлажденном расплаве и стенке кокиля на активных центрах кристаллизации зарождаются и быстро растут преимущественно в направлении теплоотвода дендриты первичного аустенита [16]. Дендриты, растущие под малыми углами к поверхности формы, выклиниваются, а растущие нормально и под большими углами – прорастают вглубь параллельно направлению максимального теплоотвода (рис. 3, а).

В процессе эвтектической кристаллизации происходит одновременное выделение аустенита и цементита [16]. При этом достигается формирование в металле микроструктур (рис. 3, б), отвечающих принципу Шарпи: твердые элементы карбидной составляющей с низким коэффициентом трения и малой склонностью к задиру располагаются в пластичной матрице [8].

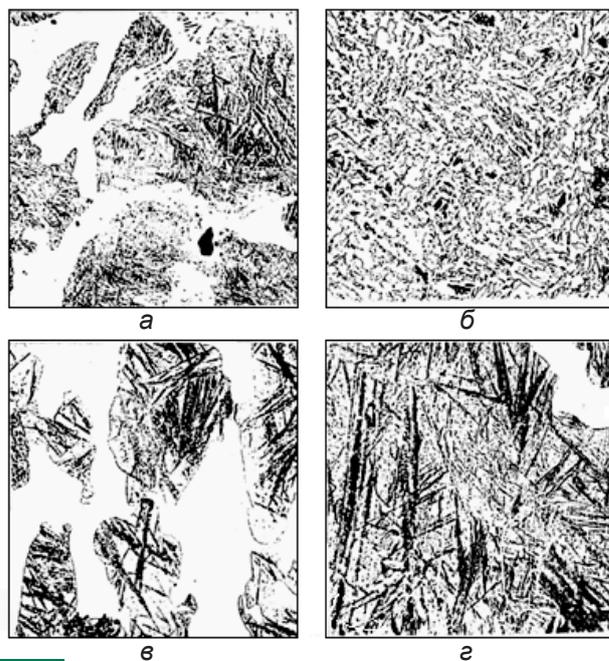


Рис. 2. Микроструктура опытных образцов Ni-Mo чугуна накладных плит (x500): цементит и верхний бейнит (а); верхний бейнит (б); цементит, нижний бейнит и мартенсит (в); верхний бейнит и мартенсит (г)

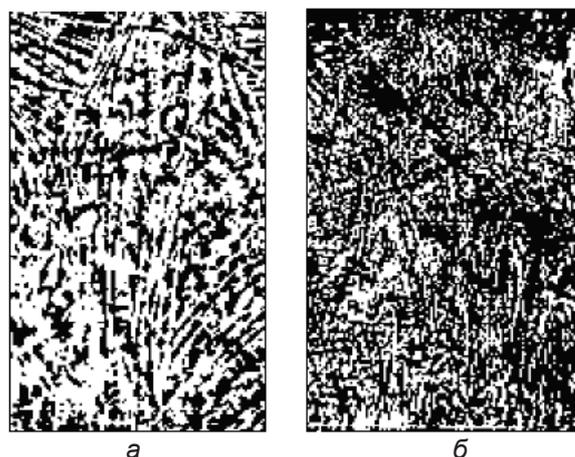


Рис. 3. Микроструктура аустенито-карбидных колоний комплекснолегированного отбеленного чугуна в сечении параллельном направлению теплоотвода (а) и в поперечном сечении этих колоний (б)

Бейнитная матрица не только обеспечивает надежное фиксирование карбидных блоков, но и сама имеет высокую износостойкость. Чугуны с бейнитной структурой практически не уступают по износостойкости чугунам мартенситного класса [17]. Так, если износ чугуна с перлитной структурой составляет 3,18 %, то при мартенситной и бейнитной структуре величина его не превышает 0,02 и 0,03 % соответственно.

Выводы

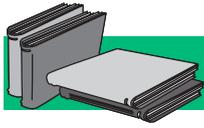
Проведен анализ условий работы бетоносмесительного комплекса КР-0110, используемого для брикетирования металлоотходов. Установлено, что лопасти смесительного агрегата с наплавленным износостойким слоем не обеспечивают стабильной работы комплекса.

Проведено исследование опытных образцов накладных абразивозащитных плит из никелево-молибденового чугуна. Чугун образцов может конкурировать

с высокохромистыми чугунами по типу микроструктуры, уровню твердости и абразивостойкости.

Дальнейшие исследования предполагается выполнять на чугунах бейнитного класса с частичной

или полной заменой дефицитного никеля марганцем с последующими испытаниями этих чугунов на абразивную стойкость в условиях, сопоставимых с промышленными.



ЛИТЕРАТУРА

1. Крушенко Г. Г., Талдыкин Ю. А., Усков И. В. Стальные отливки с поверхностно-легированным износостойким слоем // Литейн. пр-во. – 2000. – № 3. – С. 21-22.
2. Капустин М. А., Шестаков И. А. Оптимизация химического состава износостойкого чугуна для литых мелющих шаров // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 1999. – № 2. – С. 32-33.
3. Сильман Г. И., Камынин В. В., Полухин М. С. Управление структурой и свойствами антифрикционных чугунов // Заготовительные производства в машиностроении. – 2006. – № 10. – С. 39-46.
4. Бобырь С. В., Большаков В. И. Марганцовистые чугуны как износостойкие конструкционные материалы // Техника машиностроения. – 2006. – № 2. – С. 28-31.
5. Цыпин И. И. Белые износостойкие чугуны: структура и свойства. – М.: Metallurgiya, 1983. – 176 с.
6. Поддубный А. Н., Романов Л. М. Износостойкие отливки из белых чугунов для металлургии и машиностроения. – Брянск: Придесенье, 1999. – 120 с.
7. Марукевич Е. И. Износостойкие сплавы. – М.: Машиностроение, 2005. – 428 с.
8. Жуков А. А., Сильман Г. И., Фрольцов М. С. Износостойкие отливки из комплексно-легированных белых чугунов. – М.: Машиностроение, 1984. – 104 с., 2007. – 88 с.
9. Лагута В. И., Колесников В. А., Хинчагов Г. В. Повышение износостойкости высокомарганцевых чугунов за счет дополнительного легирования // Зб. наук. праць СНУ. – Луганськ. – 2001. – 107 с.
10. Афанасьев В. К., Кузнецова Е. В., Громов Г. Е. Применение водорода для повышения износостойкости чугуна // Изв. вузов. Чер. металлургия. – 2004. – № 4. – С. 66-67.
11. Влияние особенностей отливки на качество деталей из высокохромистых чугунов / Ю. А. Ем, О. П. Юшкевич, В. Т. Калинин и др. // Металл и литье Украины. – 2005. – № 5. – С. 36-39.
12. Попов В. С., Брыков Н. Н. Износостойкость сталей и сплавов. – Запорожье: ВПК «Запоріжжя», 1996. – 180 с.
13. Брыков Н. Н., Попов С. Н. Влияние структуры сплавов лопаток асфальтосмесительных установок на сопротивляемость изнашиванию // Строительные и дорожные машины. – 1991. – № 2. – С. 18-19
14. Синтез комплексно-легированных белых чугунов в литом и термообработанном состояниях / Х. Ри, Э. Х. Ри, А. С. Рабзина и др. // Литейн. пр-во. – 2006. – № 7. – С. 2-4.
15. Сильман Г. И., Камынин В. В., Харитonenko С. А. Влияние кремния на структуру и свойства высокопрочного чугуна с шаровидным графитом // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2006. – № 6. – С. 38-41.
16. Котешов Н. П. Особенности формирования структуры при затвердевании чугуновых прокатных валков // Теория и практика металлургии. – 1999. – № 4. – С. 7-10.
17. Холл А. М. Никель в чугуне и стали. – М.: Металлургиздат, 1959. – 571 с.

Анотація

Посипайко І. Ю., Соценко О. В.

Підвищення зносостійкості змінних деталей промислових змішувачів

Досліджено особливості роботи шнеків в умовах інтенсивного абразивного зносу в змішувачих і розмельних агрегатах. Узагальнено відомі методи підвищення зносостійкості змінного інструменту і матеріалів з підвищеною абразивною стійкістю. Встановлено, що разом із легованими сталями високою зносостійкістю характеризуються вибілені, а також леговані чавуни бейнітного класу.

Ключові слова

промислові змішувачі, абразивна зносостійкість, хромистий чавун, нікелево-молібдеєвий чавун, бейнітна мікроструктура, накладні плити

Summary

Posypaiko I., Sotsenko O.

Increasing of industry mixers changeable parts durability

The peculiarities of the screws work in conditions of intense abrasive wear in the mixing and grinding units are investigated. The known methods of improving the durability of changeable tools and materials with an abrasion resistant are summarized. It is found that in addition to alloy steels the bleached and alloy cast iron bainitic class are characterized by high wear resistance.

Keywords

industrial mixers, abrasive wear resistance, chromic iron, nickel-molibdeum iron, bainitic microstructure, overhead plate

Поступила 26.05.10