

УДК 669.15.26.74 - 196

Посьпайко И. Ю., Соценко О. В.

АНАЛИЗ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ СМЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ СМЕСИТЕЛЕЙ

Разработка и внедрение мероприятий по утилизации вторичных материальных ресурсов в сочетании с решением экологических задач относятся к числу актуальных проблем повышения 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.

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. Одним из наиболее распространенных методов является наплавка рабочих поверхностей деталей электродами.

Наплавка является достаточно универсальным и экономичным способом для восстановления деталей машин и механизмов, придания им необходимой износостойкости. Целесообразность применения наплавочных электродов обусловлена относительной простотой метода наплавки – ее можно выполнять во всех пространственных положениях, наплавлять на детали со сложной геометрией.

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

Наплавочные электроды подбирают в зависимости от вида износа, для защиты от которого они предназначены. Подбирать универсальные наплавочные электроды весьма проблематично, т. к. при увеличении стойкости к абразивному износу уменьшается стойкость к ударам и наоборот. Поэтому оптимальность выбора наплавочного электрода определяется часто субъективно в зависимости от квалификации специалиста, правильного определения условий работы упрочняемых деталей.

Кроме традиционных методов 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 абразивостойкого покрытия из порошкового материала на изнашиваемую поверхность деталей 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 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 литье деталей 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 др., что обеспечивает их высокую износостойкость и долговечность. Такие сплавы могут одновременно иметь повышенную прочность, пластичность и износостойкость; характеризуются высокой степенью однородности структуры; хорошо сваривается 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 чугуном марки 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 эксплуатационной приемлемости износостойких 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 контактируемых с горными породами, достигается за счет получения в структуре чугуна упрочняющей фазы (карбидов, нитридов, интерметаллидов и др.), обладающей высокой микротвердостью, но наличие которых, в свою очередь, резко снижает пластические свойства сплава в целом [12]. Добиться повышения ударостойкости возможно 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 увеличивается 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].

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.

Целью данной работы является проведение анализа условий работы промышленного смесителя, оценка износостойкости его деталей в эксплуатации, а также рассмотрение возможных путей решения проблемы.

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

Комплекс использовали для смешивания компонентов шихты и последующего брикетирования металлоотходов в брикеты 100 × 100 × 100 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 %).

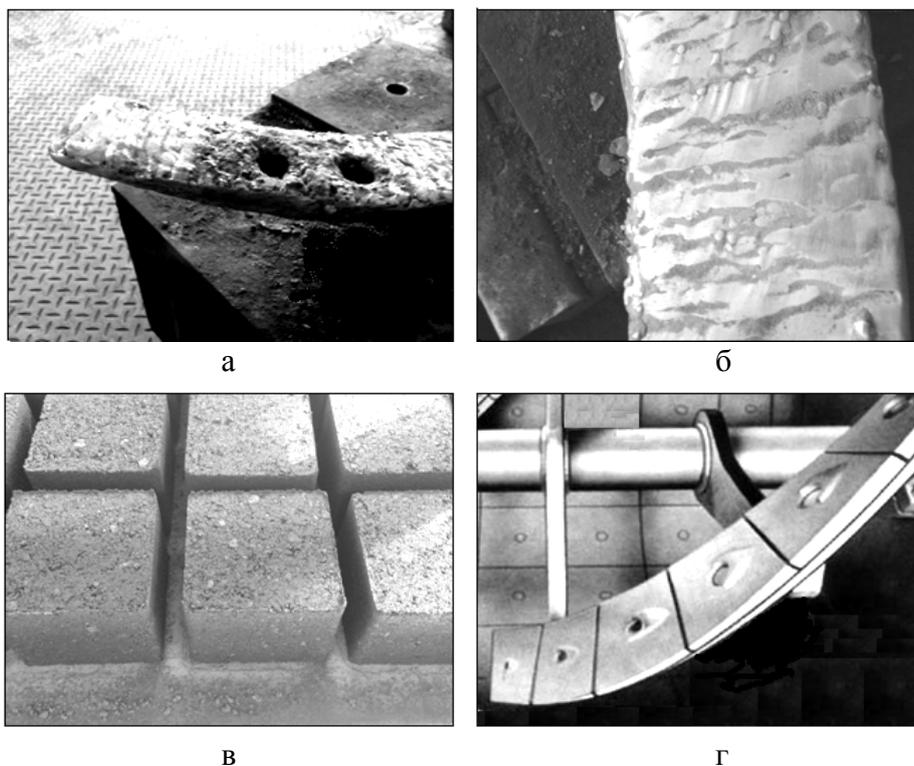


Рис. 1. Элементы конструкции смесителя (а, б, г) и готовые брикеты металлических отходов (в)

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.

Лопастей смесителя изготавливается из листового проката и состоит из двух наложенных одна на другую пластин из стали 30ХГСА толщиной 10 мм каждая. На лопасть наварируется 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. Это приводит к усложнению процесса монтажа лопастей на смеситель, а так как установка лопастей осуществляется, как правило, в аварийных

ситуациях и при отсутствии запасных частей, это составляет 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, г). 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 по проблеме 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; 0,06–0,7 % Mg; 0,01–0,02 % Se. Образцы с содержанием 3,70 % Ni имели цементитобейнитную 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 Mo в соответствующих зонах структура была преимущественно цементитобейнитная с преобладанием нижнего бейнита и мартенсита (рис. 2, в, г).

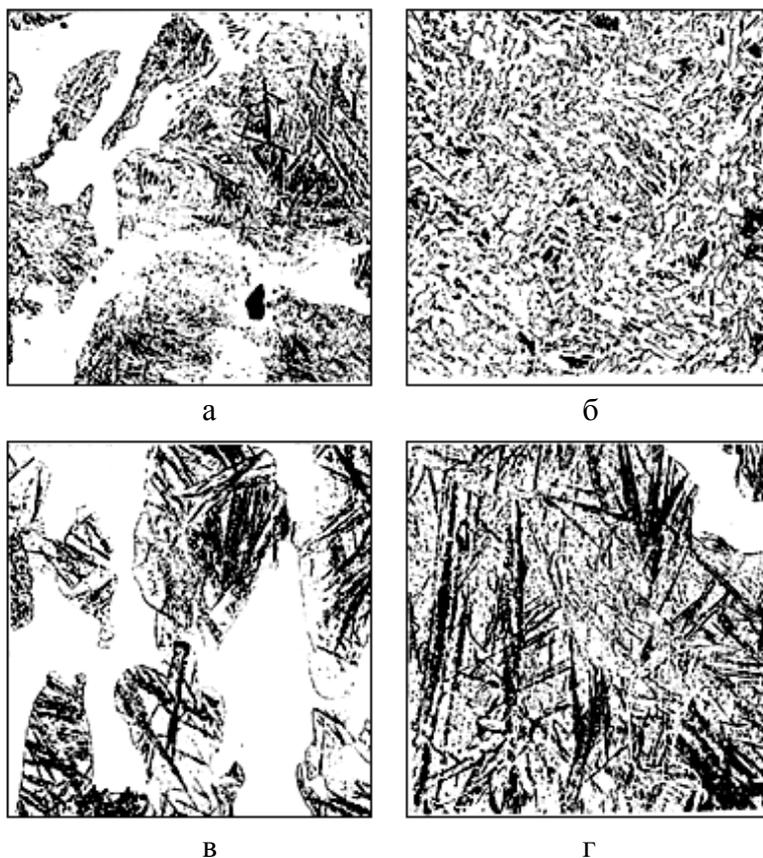


Рис. 2. Микроструктура опытных образцов Ni–Mo чугуна накладных плит ($\times 500$):

а – цементит и верхний бейнит; б – верхний бейнит; в – цементит, нижний бейнит и мартенсит; г – верхний бейнит и мартенсит

Твердость чугуна на расстоянии 5 мм от рабочей поверхности плиты составляла 78–80 HSh. Характер микроструктуры опытных образцов и твердость их рабочего слоя вполне соответствуют таким же характеристикам высокохромистых сплавов, обзор которых приведен выше.

ВЫВОДЫ

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

2. Проведено исследование опытных образцов накладных абразивозащитных плит из никелево-молибденового чугуна. По типу микроструктуры и уровню твердости чугуна образцов они могут конкурировать по абразивостойкости с высокохромистыми чугунами.

3. Дальнейшие исследования предполагается выполнять на чугунах с частичной или полной заменой дефицитного никеля марганцем с параллельными испытаниями этих чугунов на абразивную стойкость в условиях сопоставимых с промышленными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стальные отливки с поверхностно-легированным износостойким слоем / Г. Г. Крушенко, Ю. А. Талдыкин, И. В. Усков // *Литейное производство*. – 2000. – № 3. – С. 21–22.
2. Капустин М. А. Оптимизация химического состава износостойкого чугуна для литых мелющих шаров / М. А. Капустин, И. А. Шестаков // *Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні*. – 1999. – № 2. – С. 32–33.
3. Сильман Г. И. Управление структурой и свойствами антифрикционных чугунов / Г. И. Сильман, В. В. Камынин, М. С. Полухин // *Заготовительные производства в машиностроении*. – 2006. – № 10. – С. 39–46.
4. Бобырь С. В. Марганцовистые чугуны как износостойкие конструкционные материалы / С. В. Бобырь, В. И. Большаков // *Техника машиностроения*. – 2006. – № 2. – С. 28–31.
5. Цыпин И. И. Белые износостойкие чугуны : структура и свойства / И. И. Цыпин. – М. : *Металлургия*, 1983. – 176 с.
6. Поддубный А. Н. Износостойкие отливки из белых чугунов для металлургии и машиностроения / А. Н. Поддубный, Л. М. Романов. – Брянск : *Придесенье*, 1999. – 120 с.
7. Марукевич Е. И. Износостойкие сплавы / Е. И. Марукевич. – Москва : *Машиностроение*, 2005. – 428 с.
8. Жуков А. А. Износостойкие отливки из комплексно-легированных белых чугунов / А. А. Жуков, Г. И. Сильман, М. С. Фрольцов. – М. : *Машиностроение*, 1984. – 104 с.; 2007. – 88 с.
9. Лагута В. И. Повышение износостойкости высокомарганцевых чугунов за счет дополнительного легирования / В. И. Лагута, В. А. Колесников, Г. В. Хинчагов // *Зб. наук. праць СНУ*. – Луганськ. – 2001. – С. 107.
10. Афанасьев В. К. Применение водорода для повышения износостойкости чугуна / В. К. Афанасьев, Е. В. Кузнецова, Г. Е. Громов // *Изв. ВУЗов. Черная 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. Износостойкость сталей и сплавов / В. С. Попов, Н. Н. Брыков. – Запорожье: *ВПК «Запоріжжя»*, 1996. – 180 с.
13. Брыков Н. Н. Влияние структуры сплавов лопаток асфальтосмесительных установок на сопротивляемость изнашиванию / Н. Н. Брыков, С. Н. Попов // *Строительные и дорожные машины*. – 1991. – № . – С. 18–19.
14. Синтез комплексно-легированных белых чугунов в литом и термообработанном состояниях / Х. Ри, Рабзина Е. Б. и др. // *Литейное производство*. – 2006. – № 7. – С. 2–4.
15. Сильман Г. И. Влияние кремния на структуру и свойства высокопрочного чугуна с шаровидным графитом / Г. И. Сильман, В. В. Камынин, С. А. Харитоненко // *Металловедение и термическая обработка металлов*. – 2006. – № 6. – С. 38–41.