

ЭЛЕКТРОШЛАКОВАЯ НАПЛАВКА ЧУГУННОЙ ДРОБЬЮ ДЕТАЛЕЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ ВЫСОКОХРОМИСТОГО ЧУГУНА

Ю. М. КУСКОВ, И. Л. БОГАЙЧУК, Я. П. ЧЕРНЯК, А. И. ЕВДОКИМОВ

ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ. 03680, г. Киев-150, ул. Боженко, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

Значительная доля деталей, применяющихся в машиностроении, металлургии, горнодобывающей и других отраслях промышленности и подвергающихся при эксплуатации различного вида изнашивания, изготавливаются из высокохромистых чугунов. После отработки вследствие износа такого типа детали практически не подлежат восстановлению известными методами дуговой наплавки. В данной работе рассматривается возможность восстановления изношенных деталей, изготовленных из высокохромистого чугуна, с использованием технологии электрошлаковой наплавки, разработанной в ИЭС им. Е. О. Патона. Отличительной особенностью данной технологии является применение при наплавке специального устройства — токоподводящего кристаллизатора, позволяющего выполнять наплавку дискретным присадочным материалом (дробью). При этом, помимо присущей различным известным способам электрошлаковой наплавки способности «мягкого» и равномерного прогрева шлаком наплавляемой поверхности и наплавляемого слоя, данная технология обеспечивает возможность получения мелкозернистого наплавленного металла. Это способствует восстановлению деталей с обеспечением высоких эксплуатационных характеристик. С использованием данной технологии были выполнены опытные восстановительные электрошлаковые наплавки слоя высокохромистого чугуна на изношенные зоны плит камеры дробеметной установки фирмы «Bduhuis» и лопатки дробеметной установки фирмы «Carlo Vanfi», изготовленных из высокохромистого чугуна. В качестве наплавочного присадочного материала использовали дробь следующего химического состава, мас. %: 2,5 С; 26,2 Cr; 0,7 Si; 0,7 Mn; 1,3 Ni; 0,9 Mo. Было установлено, что технология электрошлаковой наплавки с использованием дискретных наплавочных материалов в виде дроби из высокохромистого чугуна позволяет получать качественные биметаллические изделия с оптимальным сочетанием в структуре наплавленного металла высокотвердых карбидов и пластичной матрицы. Библиогр. 5, рис. 5.

Ключевые слова: высокохромистый чугун, электрошлаковая наплавка, наплавочная дробь, наплавленный металл

Высокохромистые чугуны (15...30 % Cr), благодаря своей структуре, являются материалами с повышенной стойкостью к различным видам изнашивания [1–3]. Наибольшее применение как абразивостойкие материалы они нашли в машиностроении, металлургии, горнодобывающей отрасли, в частности, на горнообогатительных комбинатах.

Преимущество этих материалов, связанное с наличием в структуре большого количества высокотвердых карбидов хрома ($HV \approx 14,5...16,0$ ГПа), является в то же время серьезным недостатком. Последнее связано с тем, что изделия, изготовленные из высокохромистых чугунов, после их выхода из эксплуатации практически невозможно восстановить. В частности, известный способ ремонта деталей с помощью дуговой наплавки в данном случае либо неприемлем, либо для его осуществления необходимо использовать сложную технологию (нагрев до температур свыше 600...700 °С, строгое соблюдение скорости снижения температур как при наплавке, так и при дальнейшем охлаждении наплавленного изделия), которая тем не менее не гарантирует исключение появления трещин как во

время наплавки, так и после нее. В результате такие ремонтно-непригодные изделия, несмотря на их высокую стоимость, вынуждены отправлять на переплав в виде отходов производства.

В данной работе рассматривается способ восстановления такого типа деталей с помощью технологии электрошлаковой наплавки (ЭШН). Главным отличием этой технологии от технологии дуговой наплавки является отсутствие локального нагрева наплавляемой поверхности. Поэтому при наплавке не возникает значительных градиентов температур в различных зонах наплавленного металла и соответственно связанных с ними высоких термических напряжений, приводящих к появлению трещин как в основном, так и в наплавленном металлах. Другой особенностью рассматриваемой технологии является применение при наплавке дискретного наплавочного материала — дроби. Как показал опыт использования дроби из высокохромистого чугуна, при ЭШН прокатных валков, изготовленных из низколегированных отбеленных чугунов либо высокопрочных чугунов, данная технология позволяет получать качественные изделия с высокой работоспособностью [4].

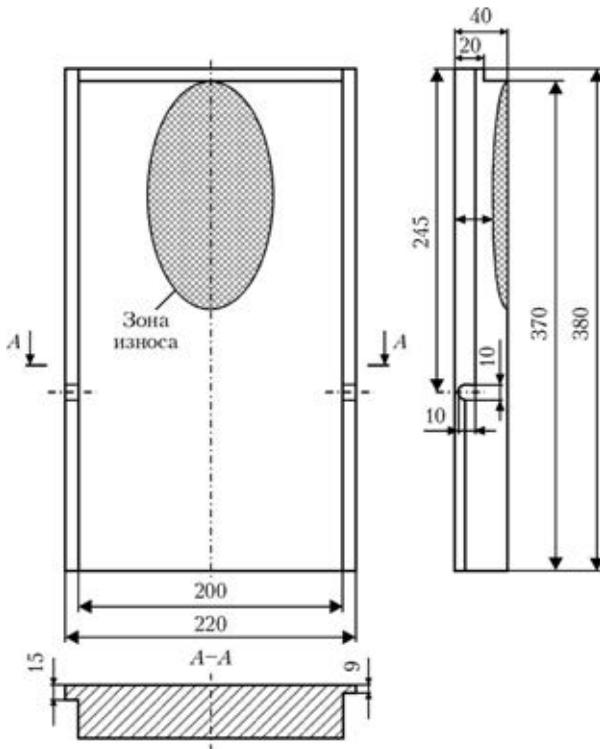


Рис. 1. Схема верхней плиты камеры дробеметной установки фирмы «Bduhuis» с зоной абразивного износа

Причиной получения наплавленного металла с высокими эксплуатационными характеристиками (прочность, износостойкость, ударостойкость, сопротивляемость возникновению трещин как при нормальных, так и при повышенных температурах, а также при термоциклировании) является формирование при кристаллизации мелкозернистого металла [5], имеющего наряду с твердыми составляющими (карбидами) матрицу повышенной пластичности. Иными словами, данная технология наплавки позволяет получать рабочий слой в виде естественного композитного металла.

Выполняли ЭШН на изношенные зоны плит камеры дробеметной установки фирмы «Bduhuis» (рис. 1) и лопатки дробеметной установки фирмы «Carlo Vanfi», изготовленные из высокохромистого чугуна. В качестве наплавочного присадочного материала использовали дробь производства ОАО «Торезтвердосплав» следующего химического состава, мас. %: 2,5 С; 26,2 Cr; 0,7 Si; 0,7 Mn; 1,3 Ni; 0,9 Mo.

Из наплавленных деталей вырезали образцы для оценки качества наплавленного металла и выполнения металлографических исследований. В результате исследований макрошлифов установлено, что в наплавленном металле (толщина слоя 15...20 мм) отсутствуют поры, трещины и другие дефекты.

Металлографические исследования выполняли с помощью микроскопа «Neophot-32». Цифровое изображение микроструктур получали с помощью фотокамеры «Olympus C 5050». Твердость по Вик-

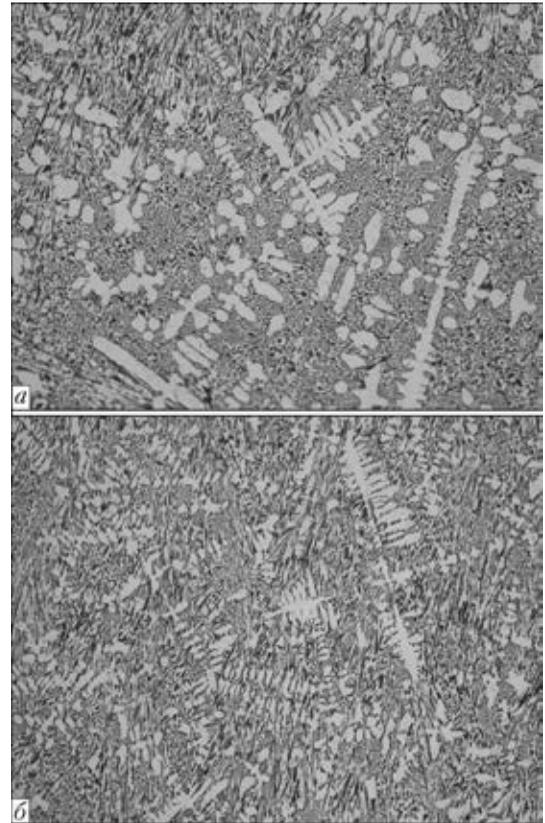


Рис. 2. Микроструктура ($\times 125$) наплавленного высокохромистого чугуна в поверхностном слое образца (а) и в средней части наплавленного слоя (б)

керсу измеряли на микротвердомере М-400 фирмы «Лесо» при нагрузке 100 г.

Микроструктура наплавленного металла в поверхностном слое образца состоит из карбидов хрома, расположенных веерообразно в виде пластин ланцетовидной формы и карбидов, имеющих гексагональную огранку с четкой границей сопряжения с матрицей, а также карбидной эвтектики и аустенита в виде дендритов (рис. 2, а). Микротвердость аустенита в этой зоне $HV1$ — 2850...3090 МПа.

Металл средней части по высоте наплавленного слоя характеризуется наличием мелкодисперсных карбидов. В этой зоне размер дендритов аустенита уменьшается, а степень их разветвленности увеличивается (рис. 2, б). Повышается также и микротвердость аустенита — $HV1$ — 3830 МПа. Наплавленный металл имеет характерную мелкозернистую структуру (рис. 2, б) — использование при наплавке частиц присадки способствует образованию в жидком металле локальных зон кристаллизации.

Структура основного металла у зоны сплавления отличается от структуры наплавленного металла. Прежде всего она ячеистая. Состоит из аустенитной матрицы с твердостью $HV1$ — 3510...3830 МПа и выделений карбидной эвтектики по границам ячеек. Средний диаметр ячеек составляет 25...44 мкм. В аустенитной матрице наблюдаются мелкодисперсные выделения карбидов (рис. 3).

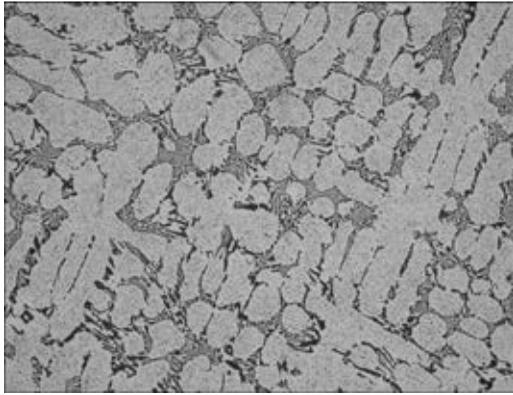


Рис. 3. Микроструктура ($\times 125$) высокохромистого чугуна (основной металл) вдали от зоны сплавления

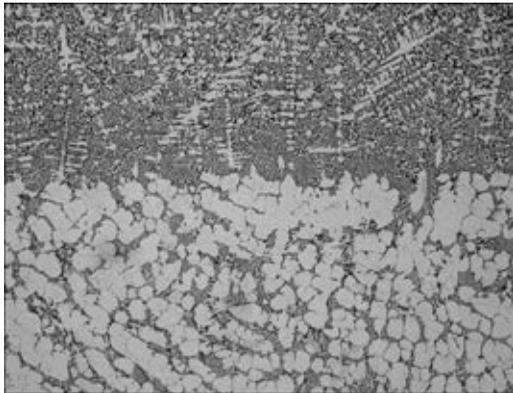


Рис. 4. Микроструктура ($\times 100$) зоны сплавления высокохромистых чугунов

Микротвердость аустенита с мелкодисперсными выделениями карбидов составляет $HV1$ — 6060...6420 МПа. Соотношение размеров структурных составляющих в наплавленном и основном металле хорошо видны на рис. 4, где представлена зона их сплавления. Ширина этой зоны достаточно большая — 1400...1800 мкм.

Одним из показателей, характеризующих стойкость металла против абразивного изнашивания, является его твердость. Поэтому измерили твердость (HRC) наплавленного образца по его высоте — от основного металла до поверхности наплавленного слоя (рис. 5).

Максимальная твердость наплавленного металла практически соответствует твердости основного металла. В обоих чугунах наблюдается снижение твердости при приближении к зоне их сплавления: в наплавленном металле — на 6...8, а в основном — на 13...15 ед. Следует отметить, что в основном металле более низкая твердость наблюдается на рабочей поверхности изделия. Это связано с особенностями отливки изделия — ее нерабочая сторона, по-видимому, охлаждалась с более высокими скоростями. Из сказанного выше можно сделать вывод, что в реальных условиях эксплуатации отремонтированное изделие должно

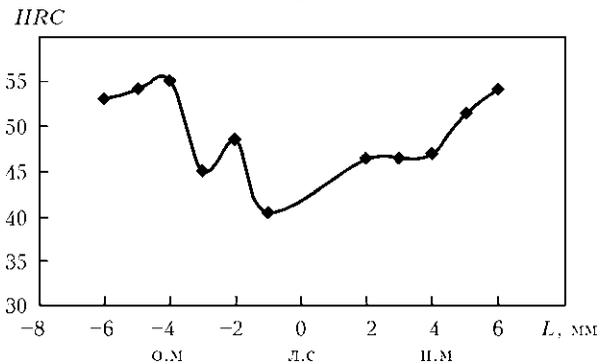


Рис. 5. Твердость образца, наплавленного ЭШН дробью из высокохромистого чугуна (о.м — основной металл, л.с — линия сплавления, н.м — наплавленный металл)

показать износостойкость не менее, чем на 20 % превышающую износостойкость нового изделия (исходя только из показателей твердости).

Выводы

1. Восстановление изношенных изделий, изготовленных из высокохромистых чугунов, ЭШН дробью из чугуна, также содержащего повышенное количество хрома, позволяет получать качественные наплавленные изделия.

2. Предложенным способом наплавки с использованием водоохлаждаемого кристаллизатора и дискретной присадки можно обеспечить оптимальные условия кристаллизации жидкого металла (металлической ванны) с получением мелкодисперсной структуры и повышенных эксплуатационных характеристик.

3. Для ряда изделий применение ЭШН в качестве технологии их ремонта может повысить долговечность этих изделий не только за счет продления срока их службы, но и за счет придания рабочей поверхности более высоких эксплуатационных свойств.

4. Проведение натурных испытаний восстановленных предложенным способом ЭШН изделий различного назначения позволит определить оптимальные области применения предложенной технологии и уточнить ее преимущества.

1. *Материалы* в машиностроении: Справочник в 5 т. Т. 4. Чугун / Под ред. И. В. Кудрявцева, А. А. Жукова, А. Д. Шермана. — М.: Машиностроение, 1969. — 248 с.
2. *Гарбер М. Е.* Отливки из белых износостойких чугунов. — М.: Машиностроение, 1972. — 112 с.
3. *Цыпин И. И.* Белые износостойкие чугуны. Структура и свойства. — М.: Металлургия, 1983. — 176 с.
4. *Кусков Ю. М., Сарычев И. С.* Восстановительная электрошлаковая наплавка чугунных валков стана 2000 // Свароч. пр-во. — 2004. — № 1. — С. 39–43.
5. *Кусков Ю. М.* Электрошлаковый переплав отходов различных производств с использованием нерасходуемого водоохлаждаемого электрода // Электротехнология. — 2001. — № 2. — С. 24–28.

Поступила в редакцию 15.05.2013