

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ ИНДУКЦИОННОЙ НАПЛАВКОЙ ИЗ ДИФфуЗИОННО-ЛЕГИРОВАННЫХ ОТХОДОВ ЧУГУННОЙ ДРОБИ

ст.пр. В.Г. Щербаков

Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: vg.stcherbakov@bntu.by, slava1212@tut.by

В работе рассмотрена технология получения диффузионно-легированных сплавов из металлических отходов производства при формировании износостойких покрытий индукционной наплавкой токами высокой частоты. Подтверждена целесообразность замены дорогостоящих сплавов на никелевой основе при формировании износостойких покрытий токами высокой частоты работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания. Предложена комплексная ресурсо- и энергосберегающая технология получения износостойких покрытий из диффузионно-легированных металлических отходов производства индукционной наплавкой токами высокой частоты.

За более чем 25 лет научно-исследовательских работ авторами [1–8] исследована и реализована на практике технология получения сплавов для наплавки и напыления из диффузионно-легированных металлических порошков и металлоотходов. Изготовлены лабораторные и промышленные образцы диффузионно-легированных наплавочных сплавов и внедрены технологии и оборудование для формирования защитных покрытий на различных деталях. Разработанная гамма диффузионно-легированных сплавов из металлических отходов производства, в основном, используется при формировании защитных покрытий с использованием высокоэнергетических процессов: напыление, электродуговая, газопламенная, лазерная наплавка, и напыление. Диффузионно-легированные сплавы для индукционной наплавки токами высокой частоты (ТВЧ) являются перспективными материалами для замены таких сплавов как сормайт (У30Х28Н4С4) или ФБХ-6-2 (У45Х35ГЗР2С). Несмотря на то, что индукционная наплавка является одной из самых низкзатратных по удельной мощности процесса технологией упрочнения и восстановления деталей машин, диффузионно-легированные сплавы из металлических отходов производства, широкого распространения не получили. Как и ранее, при упрочнении и восстановлении деталей машин, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания, применяют наплавочные сплавы разработанные более 50 лет назад. Эксплуатационные свойства получаемых покрытий из данных сплавов часто являются завышенными и влекут за собой существенный рост, как стоимости самой обработки, так и окончательной стоимости готового изделия. Использование взамен дорогостоящих наплавочных сплавов на железной и никелевой основах для индукционной наплавки диффузионно-легированных сплавов из металлических отходов производства является экономически целесообразным.

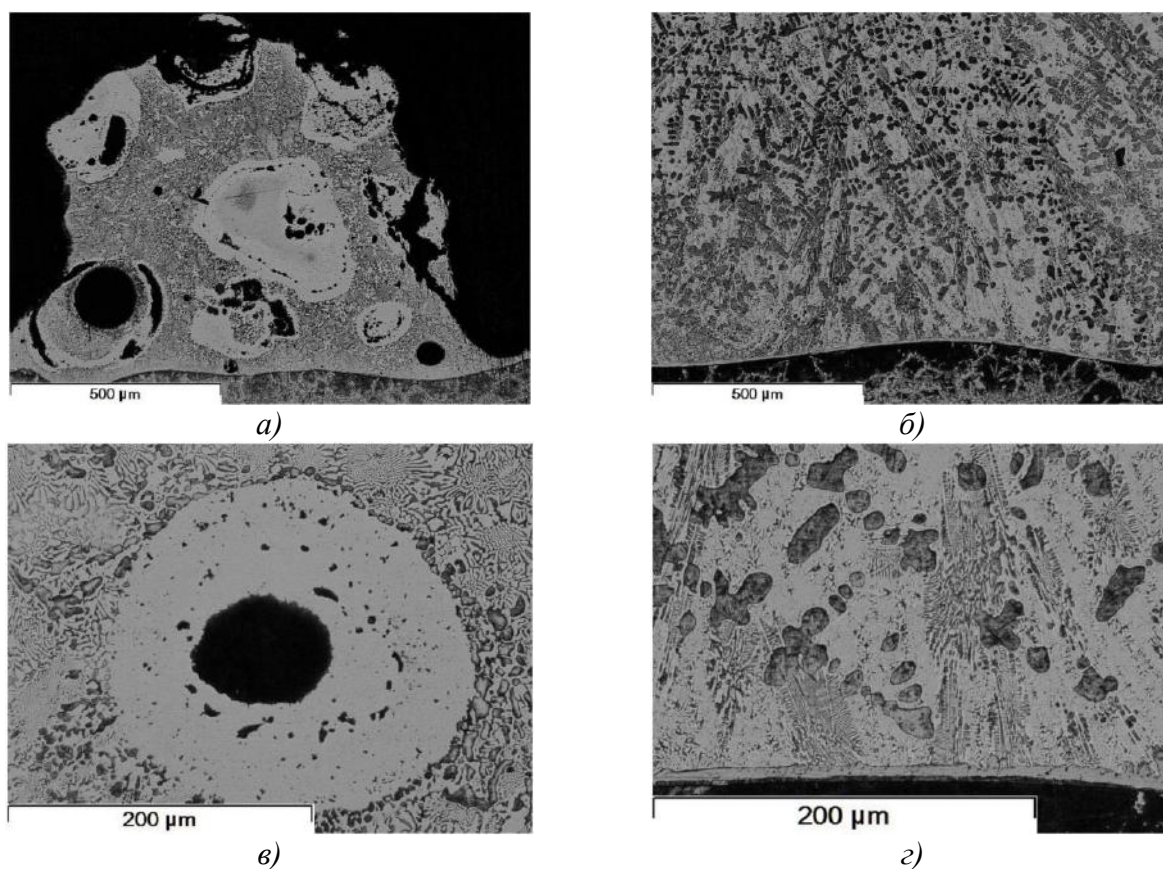
Цель данной работы заключалась в разработке диффузионно-легированных сплавов из металлических отходов производства с пониженной температурой плавления для формирования износостойких покрытий индукционной наплавкой токами высокой частоты.

Материалы и методика исследований.

Для исследований были выбраны отходы чугуна ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2, фракцией 200 и 500...630 мкм. Диффузионное легирование (борирование) осуществлялось в специально разработанных электрических печах с вращающимся одним либо несколькими контейнерами из нержавеющей стали [9]. Температура процесса составляла 950 °С, время выдержки – 1 час. Последующий рассев насыщающей смеси и насыщаемого материала осуществлялся с помощью сит либо с использованием магнитного сепаратора. В качестве насыщающего компонента использовали карбид бора с добавкой 1% активатора. Смеси для

наплавки состояли из диффузионно-легированного сплава и наплавочного сплава ФБХ-6-2 с добавкой плавкой буры. Индукционную наплавку осуществляли с помощью установок ВЧГ2-100/0,066 и оригинальной установки конструкции ФТИ НАН Беларуси [10]. Контроль температуры осуществлялся визуальным наблюдением и с помощью пирометра «Comprast» CTLaser-2МН-CF4. Подготовка образцов из диффузионно-легированных сплавов и покрытий на их основе осуществлялась согласно стандартным методам и методикам. Анализ микроструктуры проводили на микроскопах МИ-1 и Leica P2500P и VEGA II при различных увеличениях. Испытания на износ проводили на лабораторной установке в среде незакрепленных абразивных частиц. Кратковременную высокотемпературную обработку проводили с использованием установки УПУ-3Д, установку для ручной дуговой сварки в среде аргона с вольфрамовым электродом и на лабораторной экспериментальной установке с двумя графитовыми электродами [11].

Исследование сплавления сплавов из диффузионно-легированной дроби ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2. Шихта для наплавки изготавливалась механическим перемешиванием диффузионно-легированного сплава из отходов дроби ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2 с наплавочным сплавом ФБХ-6-2 и плавкой бурой в различных пропорциях. Установлено, что при увеличении в шихте для наплавки концентрации диффузионно-легированного сплава растет и продолжительность процесса формирования покрытия. Повышение температуры наплавки выше 1250 °С не целесообразно, так как это приведет к перегреву и даже пережогу основного металла в процессе наплавки, что недопустимо. Увеличение продолжительности наплавки происходит за счет использования циклического нагрева и выдержки при высоких температурах для визуального фиксирования расплавления шихты с образованием жидкой ванны расплава. При циклическом нагреве с выдержкой происходит полное расплавление шихты и завершаются диффузионные процессы, обеспечивающие прочное соединение наплавленного слоя с поверхностью детали (Рис. 1).



а, в – до оплавления; б, г – после оплавления

Рис. 1. Микроструктура защитного покрытия из диффузионно-легированной дроби ИЧХ28Н2

Автором выдвинута гипотеза о том, что при предварительной кратковременной высокотемпературной обработке диффузионно-легированных сплавов концентрированными источниками энергии на границе тугоплавкой боридной оболочки и металлического ядра за счет эффекта контактного эвтектического плавления происходит частичное оплавление боридного слоя в системе $\text{FeB}-\text{Fe}_2\text{B}$ и образование локальных областей сплава со структурой эвтектического типа. Образование локальных областей с эвтектической структурой в предварительно оплавленном диффузионно-легированном сплаве приведет к повышению наплавляемости данного сплава, за счет снижения температуры плавления, при индукционной наплавке токами высокой частоты. Наличие локальных областей с эвтектической структурой приведет к снижению продолжительности сплавления при формировании износостойких покрытий индукционной наплавкой.

Выявлен существенный рост (60...70%) длительности индукционной наплавки с повышением концентрации в шихте диффузионно-легированного сплава из чугунной дроби ДЧЛ 08 [12]. Рост продолжительности времени формирования износостойкого покрытия с увеличением концентрации диффузионно-легированной чугунной дроби ДЧЛ 08 обуславливается повышением в наплавочной смеси низкобористой и высокобористой фаз, имеющих высокую ($1389^\circ\text{C} - \text{Fe}_2\text{B}$ и $1540^\circ\text{C} - \text{FeB}$) температуру плавления, образующихся на поверхности чугунной дроби вследствие предварительного диффузионного легирования. Увеличение продолжительности наплавки происходит за счет использования циклического нагрева и последующей выдержки при высоких температурах [12–15]. Автором предложено объяснение процессов происходящих за счет контактного эвтектического плавления в диффузионно-легированных сплавах на основе чугунной дроби при кратковременной обработке концентрированными источниками энергии.

Проведена оценка энергозатрат при получении износостойких покрытий из диффузионно-легированных сплавов на основе отходов чугунной дроби подвергнутых комплексной обработке. Суммарные энергозатраты на получение 1 кг диффузионно-легированного сплава для индукционной наплавки токами высокой частоты складываются из затрат на изготовление сплава, затраты на предварительное оплавление при комплексной обработке и затраты на формирование износостойкого покрытия. Приближенные расчеты энергозатрат при получении износостойких покрытий из 1 кг диффузионно-легированного сплава на основе чугунной дроби составляют 16,67 кВт, а при комплексной обработке, включающей диффузионное легирование и последующую кратковременную обработку концентрированными источниками энергии – 15,46 кВт, что на более чем 7 % ниже. Таким образом, энергозатраты расходуемые при комплексной обработке на создание в диффузионно-легированном сплаве локальных участков с эвтектической структурой компенсируют общие энергозатраты при формировании износостойких покрытий.

Твердость покрытий из диффузионно-легированных отходов чугунной дроби ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2 составляет 850 НВ и 950 НВ. Толщины полученных слоев составляют 1,5...2,0 мм. Пористость незначительная и не превышает 1...1,5%, что также подтверждает полное расплавление шихты в процессе наплавки. Износостойкость защитных покрытий полученных с помощью индукционной наплавки предварительно диффузионно-легированных металлических отходов чугунной дроби ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2 в 2,5...3 раза выше, чем у стали 45, подвергнутой закалке в воде с последующим низким отпуском [12–15].

Выводы. Уточнена и усовершенствована технология получения диффузионно-легированных сплавов для индукционной наплавки из металлических отходов производства. Разработано и запатентовано оборудование для диффузионного легирования металлических отходов производства в подвижной порошковой насыщающей среде и для кратковременной обработки концентрированными источниками энергии. Данная технология позволяет формировать износостойкие покрытия толщиной 1,5...2,0 мм с минимальной (1...1,5%) пористостью и твердостью 850...950 НВ из диффузионно-легированных металлических отходов производства индукционной наплавкой токами высокой частоты. Установлено, что суммарное снижение энергозатрат при формировании износостойких покрытий, работающих

в условиях интенсивного абразивного изнашивания, индукционной наплавкой токами высокой частоты из диффузионно-легированных металлических отходов производства после комплексной обработки составит более 7 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пантелеенко Ф.И. Самофлюсующиеся диффузионно-легированные порошки на железной основе и защитные покрытия на них / Ф.И. Пантелеенко. – Мн.: УП «Технопринт», 2001. – 300 с.
2. Ворошнин Л.Г. Теория и практика получения защитных покрытий с помощью ХТО / Ворошнин Л.Г., Пантелеенко Ф. И., Константинов В.М. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: ФТИ; Новополоцк: ПГУ, 2001. – 148 с.
3. Константинов В.М. Диффузионно-легированные сплавы для защитных покрытий : дис. ... д-ра техн. наук : 05.02.01 / В.М. Константинов. – Минск, 2008. – 474 л.
4. Девойно О.Г. Лазерная обработка износостойких газотермических композиционных покрытий / О.Г. Девойно, А.С. Калинин, М.А. Кардопалова. – Минск: БНТУ, 2011. – 161 с.
5. Пантелеенко Е.Ф. Самофлюсующиеся композиционные порошки из борированных отходов стальной и чугунной дробы для магнитно-электрического упрочнения и восстановления деталей машин : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.16.06 / Е.Ф. Пантелеенко ; Беларус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2009. – 22 с.
6. Дашкевич В.Г. Поверхностно-легированная стальная проволока для наплавки деталей машин, работающих в условиях абразивного изнашивания : автореф. канд. техн. наук : 05.02.01 / В.Г. Дашкевич ; Беларус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2009. – 23 с.
7. Пантелеенко Ф.И. Восстановление деталей машин: Справочник / Ф.И. Пантелеенко [и др.] ; под общ. ред. В.П. Иванова. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.
8. Ткачев В.Н. Индукционная наплавка твердых сплавов / В.Н. Ткачев [и др.] ; под общ. ред. В.Н. Ткачева. – М.: Машиностроение, 1970. – 183 с.
9. Вращающаяся электрическая печь для химико-термической обработки сыпучего материала : пат. 15412 Респ. Беларусь, МПК7 F27B 7/14 / В.М. Константинов, О.П. Штемпель, В.Г. Щербаков ; заявитель Белорусский национальный технический университет. - № а 20091415 ; заявл. 05.10.09 ; опубл. 28.02.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. центр інтэлектуал. уласнасці . – 2012. № 1. – С. 143.
10. Константинов В. М. Многофункциональная научно-исследовательская установка индукционного нагрева сталей и сплавов / В. М. Константинов и [др.] // Металлургия : республиканский межведомственный сборник научных трудов. – Минск : БНТУ, 2015. – Вып. 36 - С. 255-262.
11. Установка для обработки металлического порошка : пат. № 10051 Респ. Беларусь, МПК В 22F 1/00 / В.М. Константинов, В.Г. Дашкевич, В.Г. Щербаков; заявитель Белорусский национальный технический университет. - № u 20130804 ; заявл. 08.10.2013 ; опубл. 30.04.2014 // Афіцыйны бюл. / Нац. центр інтэлектуал. уласнасці . – 2014. № 2. – С. 136.
12. Щербаков В.Г. Некоторые особенности формирования износостойких покрытий индукционной наплавкой диффузионно-легированными сплавами из металлических отходов производства / В.Г. Щербаков // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: Сб. научных трудов. В 3 кн. Кн. 1. Материаловедение / редколлегия: С.А. Астапчик (гл. ред.) [и др.]. – Минск : ФТИ НАН Беларуси, 2016. – С. 278–286.
13. Щербаков В. Г. Снижение температуры плавления диффузионно-легированных сплавов для индукционной наплавки / В. Г. Щербаков // Литье и металлургия. – 2014. – № 1 (74). – С. 97 - 100.
14. Щербаков В.Г. Оплавление диффузионно-легированных сплавов из металлических дискретных металлоотходов для получения защитных покрытий ТВЧ / В.Г. Щербаков // Литейные процессы – 2015. – №14. – С. 15–23.
15. Щербаков, В.Г. Индукционная наплавка диффузионно-легированных сплавов из металлоотходов производства / В.Г. Щербаков // Новые технологии и материалы, автоматизация производства: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Брест, 2-3 ноября 2016 г. – Брест: БрГТУ, 2016. – С. 181–184.