
Раздел 3

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ И ТЕРМООБРАБОТКА СПЛАВОВ И ОТЛИВОК

УДК 621.762

В.Г. Щербаков

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

ПОЛУЧЕНИЕ ДИФфуЗИОННО-ЛЕГИРОВАННЫХ СПЛАВОВ В ПОДВИЖНЫХ ПОРОШКОВЫХ СРЕДАХ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ИНДУКЦИОННОЙ НАПЛАВКИ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Введение. В настоящее время активно ведутся исследовательские работы по сокращению безвозвратной утилизации металлических отходов производства в виде стружки, колотой и литой дроби, сечки и т.д., получаемых механической, электромеханической, электроэрозивной и другими видами обработки чугуновых, низко- и высоколегированных сталей и сплавов, а также цветных металлов и сплавов [1–3]. Традиционный способ переработки данных материалов – добавление их в расплав при переплавке. Однако из-за своих геометрических размеров (1–2 мм) при переплавке идет значительное выгорание легирующих элементов и резкое снижение их количества в расплаве. Авторами ранее опубликованных работ [2–5] неоднократно обсуждалось, что данные металлические материалы из отходов являются, по сути, готовым основным компонентом для получения диффузионно-легированных сплавов. Технология диффузионного легирования (ДЛ) микрообъектов отличается от классического процесса химико-термической обработки (ХТО) макродеталей, так как цель ХТО – получить на поверхности детали слой определенной толщины с заданными технико-эксплуатационными характеристиками, а при ДЛ микрообъектов целью является частичное или полное изменение микроструктуры материала, а следовательно, и технико-эксплуатационных характеристик в целом [3]. В ранее опубликованных работах [2, 3] описаны результаты перспективных направ-

лений получения ДЛ сплавов из металлических отходов для нанесения износостойких покрытий с заданными свойствами с помощью высокотемпературных источников энергии. Однако крайне мало работ, посвященных применению ДЛ сплавов из металлических отходов для получения износостойких покрытий с помощью индукционной наплавки. **Цель данной работы** заключалась в исследовании диффузионно-легированного сплава из отходов чугуновой дроби в подвижной порошковой среде и получения износостойкого покрытия из данного сплава с помощью индукционной наплавки.

Материалы и методика исследований. В качестве исходных материалов были выбраны отходы чугуновой дроби ДЧЛ 08 (0,5–0,63 мм) ГОСТ 11964-81, остающиеся после работы в дробеструйном аппарате, и отходы высокохромистой чугуновой дроби ИЧХ28Н2 (0,5–0,63 мм) ГОСТ 7769-82, остающиеся после электроэрозионной обработки отливок. Диффузионное легирование (насыщение бором) проводили во вращающейся электрической печи [6]. Насыщающая смесь – карбид бора с активатором, время обработки – 1 ч, температура – 950°C. Сепарацию осуществляли ситовым способом. Индукционная наплавка осуществлялась на высокочастотном генераторе ВЧГ2–100/0,066 мощностью 100 кВт, число фаз – 3, частота – 66 кГц. Параметры режима наплавки: накал – 13 В, ток на сетке – 1,5 А, анод – 7,5 А, анодное напряжение – 10 кВ. Оплавление ДЛ сплавов из отходов дроби ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2 проводили на специальной установке для обработки металлического порошка [7]. Толщину боридных слоев, особенности структуры и морфологию исследовали с помощью металлографических микроскопов МИМ-7, ММУ-3У42, МИ-1, Planar 1М. МикродюрOMETрические исследования проводили на приборе ПМТ-3 согласно ГОСТ 2999-75. Химический состав борированной дроби оценивали микрорентгеноспектральным анализом на сканирующем электронном микроскопе VEGA II LMU с микроанализатором INCA energy 350 (фирма Oxford Instruments, Англия).

Обсуждение результатов. Химический состав чугуновой дроби ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2 представлен в табл. 1 и 2. Микроструктуры чугуновой дроби ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2 в исходном состоянии и после ДЛ показаны на рис. 1 и 2. После обработки на поверхности каждой порошинки присутствует ярко выраженный боридный слой.

Таблица 1

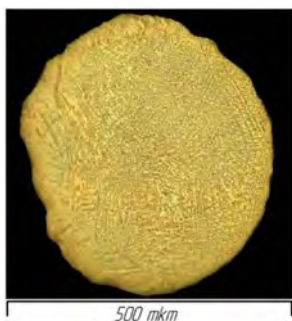
Химический состав дроби ДЧЛ 08

Марка	Концентрация компонентов, %							
	Fe	C	Si	P	S	Cr	Mn	Ni
ДЧЛ 08	95,38	3,25	0,44	0,036	0,067	0,189	0,361	0,122

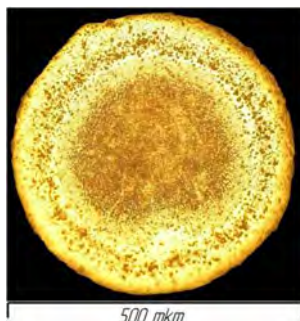
Таблица 2

Химический состав дроби ИЧХ28Н2

Марка	Массовая доля элементов, %						
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
ИЧХ28Н2	1.8–3.0	0.5–1.5	1.0	0.1	0.08	25.0–30.0	1.0–3.0

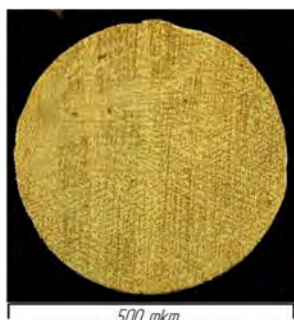


а

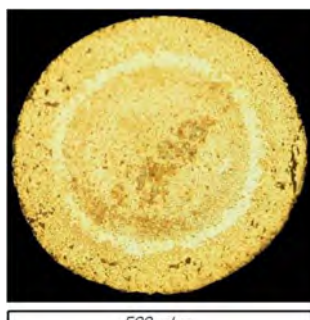


б

Рис. 1. Микроструктура чугуновой дроби ДЧЛ 08:
а – дробь в исходном состоянии; б – дробь после ДЛ



а



б

Рис. 2. Микроструктура чугуновой дроби ИЧХ28Н2:
а – дробь в исходном состоянии; б – дробь после ДЛ

Микротвердость борированного слоя на чугунной дробе ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2 после обработки составляет 12000–14000 и 10000–12000 МПа соответственно и снижается к сердцевине до 5000–6000 и 4000–5000 МПа. Микроструктура покрытия, полученного индукционной наплавкой из ДЛ сплава на основе дробы ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2, представлена на рис. 3. Твердость полученных покрытий из ДЛ дробы ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2 составляет 50–55 и 55–60 HRC соответственно. Более высокая твердость покрытия из ДЛ сплава на основе чугунной дробы ИЧХ28Н2 объясняется наличием в ДЛ сплаве легирующих элементов [8, 9].

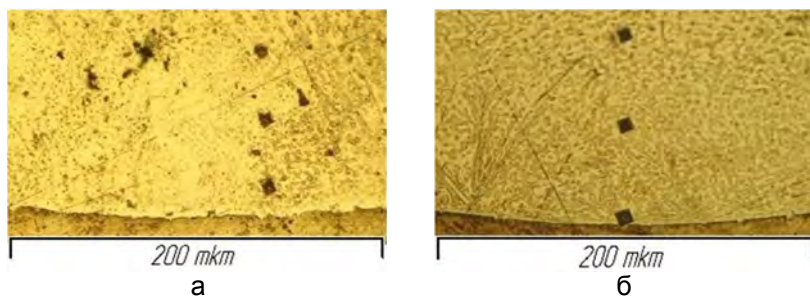


Рис. 3. Микроструктура покрытия полученного индукционной наплавкой:
а – ДЛ дробь ДЧЛ 08; б – ДЛ дробь ИЧХ28Н2

Наличие в ДЛ сплавах на основе дробы ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2 тугоплавкой боридной оболочки отрицательно сказывается как на качестве получаемого износостойкого покрытия, так и на качестве основного материала. При предварительной высокотемпературной обработке ДЛ сплавов происходит полное или частичное расплавление тугоплавкой боридной оболочки на поверхности каждой порошинки и в дальнейшем при охлаждении ее кристаллизация с образованием микроструктуры эвтектического состава, что в свою очередь существенно снижает температуру плавления сплава. Анализируя поверхность ликвидус части системы Fe-B-C, построенной различными исследователями [3], можно предположить, что оплавление ДЛ сплава приводит к образованию эвтектики, температура плавления которой 1000–1100°С. Образование эвтектики в оплавленном ДЛ сплаве из чугунной дробы ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2 повышает качество получаемого индукционной наплавкой защитного покрытия и его эксплуатационные свойства. Микроструктуры ДЛ

чугунной дроби ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2 после кратковременного высокотемпературного воздействия на специальной установке, описанной выше, представлены на рис. 4 и 5. Распределение микротвердости по сечению ДЛ дроби ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2 до и после оплавления представлены на рис. 6 и 7 соответственно.

Химический анализ ДЛ дроби ИЧХ28Н2 до оплавления выявил следующее. Минимальное содержание Cr составляет 3,44%, максимальное 24,14%, среднее 15,46%. Содержание Ni минимальное 0,02%, максимальное 1,35%, среднее 0,37%.

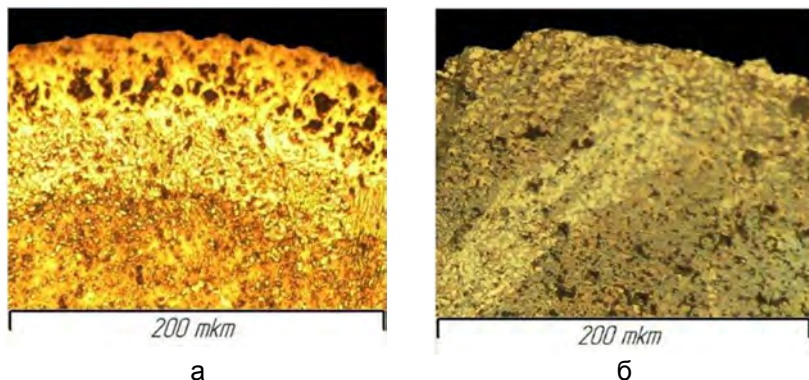


Рис. 4. Микроструктура ДЛ дроби ДЧЛ 08:
а – до оплавления; б – после оплавления

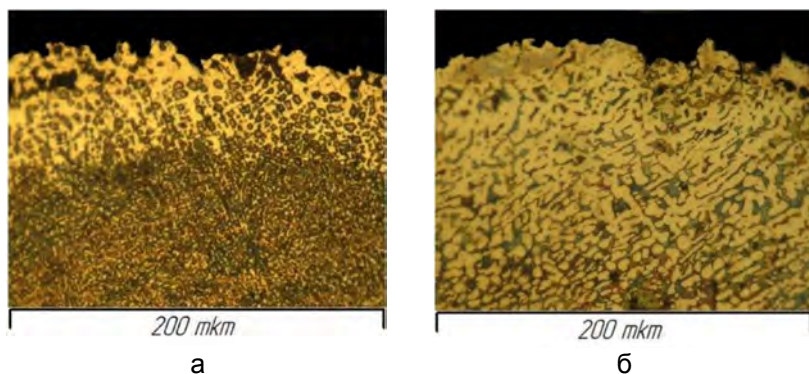


Рис. 5. Микроструктура ДЛ дроби ИЧХ28Н2:
а – до оплавления; б – после оплавления

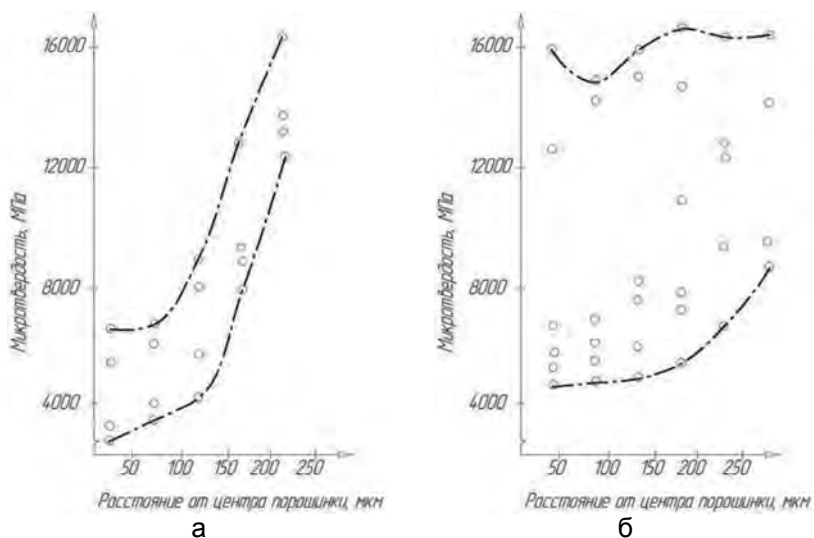


Рис. 6. Распределение микротвердости в ДЛ дроби ДЧЛ 08:
 а – до оплавления; б – после оплавления

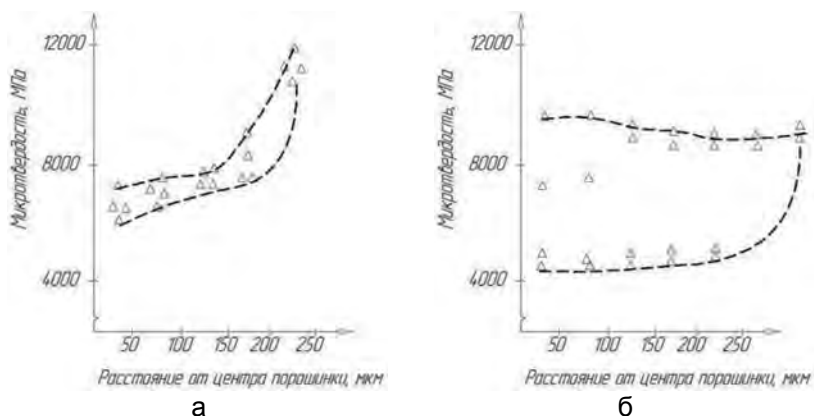


Рис. 7. Распределение микротвердости в ДЛ дроби ИЧХ28Н2:
 а – до оплавления; б – после оплавления

Минимальное значение σ_T в ДЛ дроби после обработки составляет 5,69%, максимальное 20,68%, среднее 10,65%. Мини-

мальное значение Ni в ДЛ дроби после обработки составляет 0,03%, максимальное 0,40%, среднее 0,26%. Повышенное содержание Cr и Ni на границе диффузионный слой-металлическая основа и в ядре обусловлено диффузией элементов к центру порошки в процессе насыщения бором при ДЛ. Равномерное распределение Cr и Ni по сечению дроби после высокотемпературной обработки подтверждает полное расплавление дроби с последующей кристаллизацией. Снижение среднего значения Cr и Ni в обработанной ДЛ дроби после оплавления объясняется частичным испарением химических элементов при кристаллизации расплавленной дроби.

Распределение Ni и Cr по сечению ДЛ дроби ИЧХ28Н2 до и после высокотемпературной обработки показано на рис. 8.

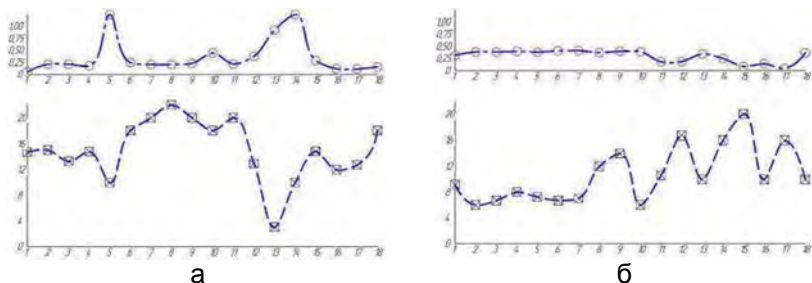


Рис. 8. Распределение никеля и хрома в ДЛ дроби ИЧХ28Н2:
а – до оплавления; б – после оплавления

Выводы. Выполненные исследования показали возможность использования отходов металлургического производства в виде чугуновой дроби ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2 в качестве основы для производства диффузионно-легированных наплавочных материалов для индукционной наплавки.

Кратковременное высокотемпературное воздействие на предварительно диффузионно-легированную дробь ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2 позволяет получить из биметаллического сплава, содержащего тугоплавкую боридную оболочку, эвтектический сплав с меньшей температурой плавления, что существенно влияет на технологические и эксплуатационные свойства получаемых индукционной наплавкой защитных покрытий. Снижение температуры плавления диффузионно-легированного сплава из чугуновой дроби

ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2 позволит повысить качество получаемого индукционной наплавкой защитного покрытия, а следовательно, и его эксплуатационные свойства.

Предложен один из технологических подходов, позволяющий кратковременным высокотемпературным воздействием влиять на структурообразование и технологические свойства диффузионно-легированного сплава из отходов чугунной дроби ДЧЛ 08 и ИЧХ28Н2 для индукционной наплавки.

Список литературы:

1. Современные перспективные материалы / под ред. В.В. Клубовича. – Витебск: Изд-во УО «ВГТУ», 2011. – 562 с.
2. Пантелеенко Ф.И. Самофлюсующиеся диффузионно-легированные порошки на железной основе и покрытия из них. – Минск: УП «Технопринт», 2001.
3. Ворошнин Л.Г., Пантелеенко Ф.И., Константинов В.М. Теория и практика получения защитных покрытий с помощью ХТО. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: ФТИ; Новополоцк: ПГУ, 2001.
4. Пантелеенко Ф.И. Теоретические и технологические основы получения самофлюсующихся порошков на железной основе диффузионным легированием и разработка износостойких композиционных покрытий из них: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Минск, 1992. – 32 с.
5. Константинов В.М. Диффузионно-легированные сплавы для защитных покрытий: дис. ... д-ра техн. наук. – Минск, 2008.
6. 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.
7. 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. – № и 20130804 ; заявл. 08.10.2013 ; опубл. 30.04.2014 // Афіцыйны бюл. / Нац. центр інтэлектуал. уласнасці . – 2014. – № 2. – С. 136.

8. Пантелеенко Е.Ф., Щербаков В.Г. Исследование диффузионно-легированных отходов стальной и чугунной дроби для получения защитных покрытий // *Литье и металлургия*. – 2009. – №1. – С. 176–181.
9. Щербаков В.Г. Некоторые аспекты использования отходов металлургического производства в качестве основы для получения наплавочных материалов // *Металлургия: Республиканский межведомственный сборник научных трудов: в 2 ч. / БНТУ*. – Минск, 2011. – Ч. 2. – С. 200–212.
10. Щербаков В.Г. Снижение температуры плавления диффузионно-легированных сплавов для индукционной наплавки // *Литье и металлургия*. – 2014. – №1. – С. 97–100.

УДК 621.771.25:669.017:669.15

А.Б. Сычков, Г.С. Зайцев, С.О. Малашкин, М.А. Шекшеев
Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова

ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО И СТРУКТУРНОГО КАЧЕСТВА КАТАНКИ ШИРОКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Введение

В настоящее время на мировом рынке востребована катанка для производства проволоки из низко-, средне- и высокоуглеродистых нелегированных и легированных сталей под пружины, канаты, металлокорд, для железобетонных шпал нового поколения, сварочные электроды и омедненную проволоку для сварки строительных конструкций, корпусов судов, труб большого диаметра и магистральных газонефтепроводов, для изготовления которой не требуется проведение умягчающего отжига (или патентирования) перед волочением катанки или на промежуточном размере проволоки.

Ниже приводятся краткие результаты исследований, позволившие разработать научно обоснованные технологические решения по повышению качественных характеристик катанки широкого марочного сортамента, которая характеризуется высокой технологичностью переработки на метизном переделе [1, 2].