

**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ
ДИФфуЗИОННО-ЛЕГИРОВАННЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ
ИНДУКЦИОННОЙ НАПЛАВКИ ИЗ ДИСПЕРСНЫХ
ОТХОДОВ СТАЛИ И ЧУГУНА В ПОДВИЖНЫХ
ПОРОШКОВЫХ СМЕСЯХ***

В статье рассмотрены некоторые технологии получения диффузионно-легированных сплавов для индукционной наплавки из металлических отходов производства в подвижных порошковых средах. Установлена перспективность использования диффузионно-легированных металлических отходов в виде дроби и стружки для получения индукционной наплавкой защитных покрытий, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания.

В связи с постоянным ростом цен на импортные материалы, применяемые для получения износостойких покрытий, все больше получают развитие исследования, связанные со вторичным использованием металлических отходов производства в виде литой дроби и стружки, образующихся при дробеструйной обработке изделий, подвергнутых предварительной или окончательной термической обработке, а также при механической обработке деталей в процессе их изготовления [1–5]. Эти металлические отходы в виде дроби и стружки традиционно перерабатывают с помощью предварительного прессования в брикеты и подвергают в дальнейшем переплавке. Однако, из-за малых размеров (1–2 мм) данных материалов при переплавке происходит существенное выгорание легирующих элементов и резкое снижение их количества в расплаве. Авторы работ [2–5] предлагают использовать металлические материалы для получения диффузионно-легированных сплавов. Технология диффузионного легирования (ДЛ) микрообъектов отличается от классического процесса химико-термической обработки (ХТО) макродеталей, так как целью ХТО является получение на поверхности детали слоя определенной толщины с заданными технико-эксплуатационными характеристиками, а при ДЛ микрообъектов – частичное или полное изменение микроструктуры материала, а,

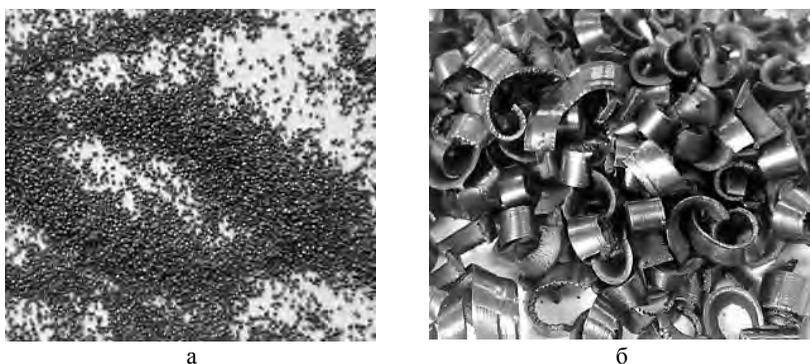
следовательно, и технико-эксплуатационных характеристик в целом [3]. В работах [2, 3] описаны результаты перспективных направлений получения ДЛ сплавов из металлических отходов для нанесения износостойких покрытий с заданными свойствами с помощью высокотемпературных источников энергии. Однако, крайне мало работ, посвященных применению ДЛ сплавов из металлических отходов для получения износостойких покрытий с помощью индукционной наплавки.

Цель исследований, приведенных в настоящей работе, заключалась в предварительном диффузионном легировании металлических отходов производства в виде чугуновой дроби и стружки из конструкционной стали и изучении защитных покрытий из данных материалов, полученных наплавкой токами высокой частоты.

В качестве исходных материалов были выбраны отходы чугуновой дроби ДЧЛ 08 размером 0,5–0,63 мм (ГОСТ 11964-81), остающиеся после работы в дробеструйном аппарате и отходы конструкционной стали SUJ2 в виде стружки (Япония, аналог ШХ15). Диффузионное легирование (насыщение бором) проводили во вращающейся электрической печи [6]. Насыщающая смесь – карбид бора с активатором AlF_3 , время обработки 1 ч, температура – 950 °С. Сепарацию осуществляли ситовым способом. Особенности конструкции данной установки позволяют существенно снизить количество насыщающей смеси при диффузионном легировании и сократить время на отделение обработанного материала. 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. Толщину боридных слоев на диффузионно-легированных металлических отходах дроби и стружки, а также особенности структуры и морфологию исследовали с помощью металлографических микроскопов МИМ-7, ММУ-3У42, МИ-1, Planar 1М. Микродюрметрические исследования проводили на приборе ПМТ-3 согласно ГОСТ 2999-75. Испытания образцов на абразивное изнашивание осуществляли на установке-мешалке, используемой как машина трения. В качестве контртела был выбран незакрепленный абразивный материал – мелкий речной песок фракцией 315–630 мкм. Для придания более высокой вязкости абразивному материалу производили его предва-

рительное увлажнение водой. Образец крепили с помощью болта и прижимающей гайки к вращающейся лопасти. В бункер засыпали песок до уровня, который закрывал упрочненную кромку образца.

На рисунке 1 представлен внешний вид металлических отходов производства в виде чугунной дроби ДЧЛ 08 и стружки из конструкционной стали SUJ2.



а – чугунная дробь ДЧЛ 08; б – стружка стали SUJ2

Рисунок 1 – Внешний вид металлических отходов производства

В таблицах 1 и 2 указан химический состав чугунной дроби ДЧЛ 08 и химический состав стружки SUJ 2.

Таблица 1 – Химический состав отходов чугунной дроби ДЧЛ 08

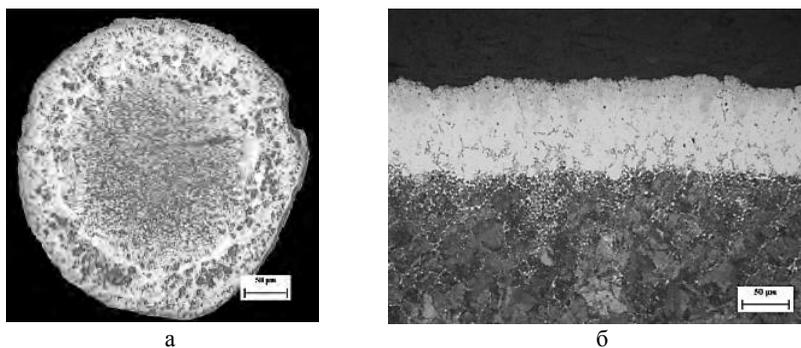
Марка	Концентрация компонентов, %							
	Fe	C	Si	P	S	Cr	Mn	Ni
ДЧЛ 08	95,38	3,25	0,44	0,036	0,067	0,189	0,361	0,122

Таблица 2 – Химический состав отходов стружки из конструкционной стали SUJ 2

Марка	Концентрация компонентов, %						
	Fe	C	Si	P	S	Cr	Mn
SUJ2	–	0,95–1,10	0,15–0,35	0,025	0,025	1,3–1,6	0,50

Ранее проведенные исследования авторами [7–9] позволили сделать выводы о перспективности процесса насыщения металличе-

ских дискретных материалов в подвижных порошковых средах. Диффузионное легирование металлических дискретных металлоотходов в подвижных порошковых средах позволяет существенно интенсифицировать рост диффузионного слоя на каждой отдельной порошокинке и, регулируя температурно-временные параметры обработки, получать заданные размеры диффузионных слоев на обрабатываемом металлическом материале. После диффузионного легирования в подвижной порошковой смеси на чугунной дроби ДЧЛ 08 и стружке SUJ2 образовался диффузионный слой (рисунок 2), состоящий из FeB и Fe₂B.



а – чугунная дробь ДЧЛ 08; б – стружка стали SUJ2

Рисунок 2 – Микроструктура ДЛ металлических отходов производства

В сердцевине дробы и стружки сохранилась исходная металлическая основа с небольшим повышением концентрации углерода и легирующих элементов (за счет роста диффузионного слоя от поверхности к центру материала). Микротвердость диффузионно-легированной дробы и стружки в подвижной порошковой смеси на поверхности составляет 14000–16000 МПа и 11000–13000 МПа и плавно снижается к сердцевине до 5000–6000 МПа и 4000–5000 МПа соответственно. Толщина диффузионного слоя составляет для дробы ДЧЛ 08 порядка 80–90 мкм, а для стружки SUJ2 – 60–70 мкм.

Индукционная наплавка (рисунок 3) полученных ДЛ сплавов осуществлялась на рабочие органы почвообрабатывающих машин, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания. На рисунке 4 представлены микроструктуры защитных покрытий,

полученных индукционной наплавкой диффузионно-легированной дроби ДЧЛ 08 и стружки SUJ2.

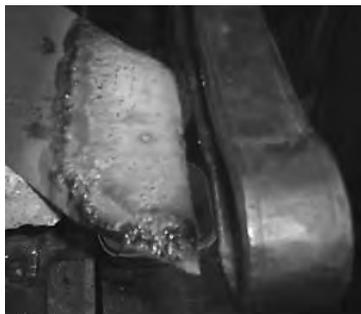
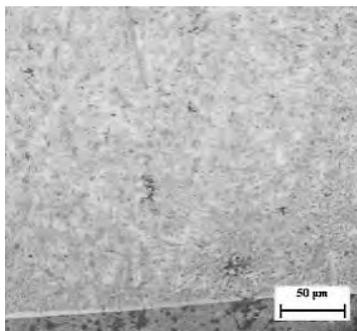
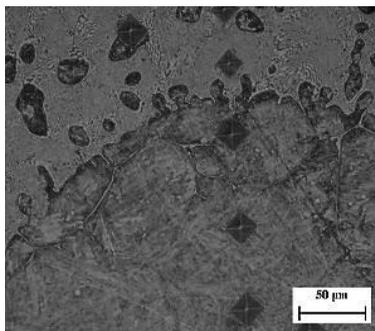


Рисунок 3 – Индукционная наплавка защитного покрытия из ДЛ сплава на деталь



а



б

а – покрытие из ДЛ дробь ДЧЛ 08; б – покрытие из ДЛ стружки SUJ2

Рисунок 4 – Микроструктура износостойких покрытий их ДЛ сплавов

Твердость износостойких покрытий из диффузионно-легированных отходов дробь ДЧЛ 08 и стружки SUJ2 составляет 830 HV и 640 HV соответственно (рисунок 5). Значение твердости обусловлено наличием в структуре наплавленного слоя высоко-твердых боридов железа и бороцементита.

Износостойкость защитных покрытий (рисунок 6), полученных с помощью индукционной наплавки диффузионно-легированных металлических отходов дробь и стружки, в 2,5–3 раза выше, чем у

стали 45, подвергнутой закалке в воде с последующим низким отпуском.

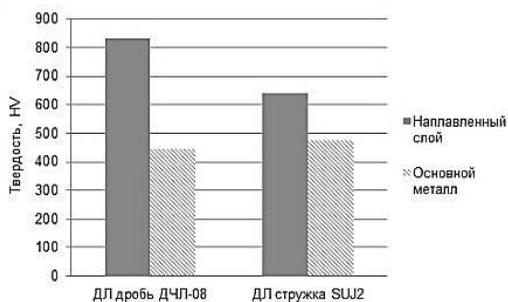


Рисунок 5 – Твердость защитных покрытий

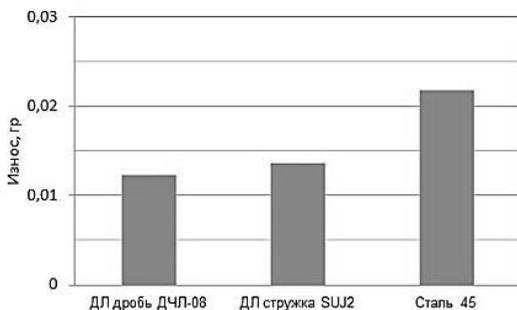


Рисунок 6 – Средняя интенсивность изнашивания защитных покрытий из ДЛ сплавов

Выводы: Проведенные исследования показали перспективность технологии диффузионного легирования металлических металлоотходов в подвижных порошковых средах. Данная технология позволяет использовать в качестве основы при получении диффузионно-легированных сплавов металлические отходы производства в виде дробы и стружки. Твердость защитных покрытий из диффузионно-легированных сплавов на основе чугуновой дробы ДЧЛ 08 и стружки SUJ2 составляет 830 HV и 640 HV соответственно. Средняя интенсивность изнашивания защитных покрытий, работающих в условиях интенсивного абразивного износа из диффузионно-легированной дробы ДЧЛ 08 и стружки SUJ2 в 2,5–3 раза ниже, чем у термообработанной стали 45.

Литература

- 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 / Ф.И. Пантелеенко. – Минск: УП «Технопринт», 2001. – 300 с.
- 3. Ворошнин, Л.Г.** Теория и практика получения защитных покрытий с помощью ХТО / Л.Г. Ворошнин, Ф.И. Пантелеенко, В.М. Константинов. – 2-е изд. перераб. и доп. – Минск: ФТИ; Новополоцк: ПГУ, 2001. – 148 с.
- 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: 05.16.06 / Ф.И. Пантелеенко. – Минск, 1992 – 32 с.
- 5. Константинов, В.М.** Диффузионно-легированные сплавы для защитных покрытий: дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.01 / В.М. Константинов. – Минск, 2008. – 474 с.
- 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. Пантелеенко, Е.Ф.** Исследование диффузионно-легированных отходов стальной и чугунной дроби для получения защитных покрытий / Е.Ф. Пантелеенко, В.Г. Щербаков // Литье и металлургия. – 2009. – № 1. – С. 176–181.
- 8. Щербаков, В.Г.** Некоторые аспекты использования отходов металлургического производства в качестве основы для получения наплавочных материалов / В.Г. Щербаков // Металлургия: Республ. межведом. сб. науч. тр.: в 2 ч. / БНТУ. – Минск, 2011. – Вып. 33, ч. 2. – С. 200–212.
- 9. Щербаков, В.Г.** Получение диффузионно-легированных сплавов в подвижных порошковых средах из металлических отходов производства для индукционной наплавки и пути повышения их