4. Современные методы компьютерного моделирования процессов обработки металлов давлением / под ред. проф. А. А. Попова. – Минск : БНТУ, 2020. – 240 с.
5. Дудко, А. А. Моделирование процессов штамповки в среде конечно-элементных программ / А. А. Дудко, А. В. Федоров. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019. – 186 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПОСЛЕ МАГНИТНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАПЛАВКИ

В. М. Борисевич, С. В. Рогов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Представлены результаты разработки самофлюсующихся диффузионно-легированных порошков на основе отходов чугунной дроби для магнитно-электрической наплавки (МЭН) поверхностей деталей машин. Исследовано влияние состава (содержание бора, добавка карбида вольфрама) на микротвердость и износостойкость покрытий. Установлено, что покрытие из порошка с 20 мас. % WC и содержанием бора 9,1 % повышает износостойкость в 5–10 раз относительно закаленной стали 45 и в 2–3 раза относительно стали 95Т. Приведены результаты экспериментов в лаборатории ГГТУ им. П. О. Сухого.

Ключевые слова: магнитно-электрическая наплавка, диффузионное легирование, самофлюсующийся порошок, чугунная дробь, карбид вольфрама, износостойкость, лопасть смесителя.

Большинство деталей машин выходят из строя вследствие износа тонкого рабочего слоя. Для поверхностей, контактирующих с песком, отсевом гранита, полимерными присадками и влагой, характерно интенсивное абразивное и ударно-абразивное изнашивание. Стали 95Т контактируя с абразивом (песок и т. п.) имеют низкий ресурс, а наплавка пластин твердого сплава удорожает изделие и не исключает износа основы между пластинами. Цель работы – разработка рекомендаций по выбору наплавочных материалов для магнитно-электрического наплавки (МЭН) рабочей части поверхности, обеспечивающих высокую износостойкость при минимальной себестоимости.

Методика исследований

Сущность метода МЭН заключается в совокупном воздействии на ферромагнитный порошок (ФМП) и обрабатываемую поверхность электрического тока, внешнего магнитного поля и механического давления. Частицы порошка, ориентируясь вдоль магнитных силовых линий, образуют токопроводящие цепочки, расплавляются под действием разрядов и переносятся на деталь-катод.

Исходный материал – порошок чугуна СЧ20 фракции 200 мкм. Проведено диффузионное борирование по трем режимам:

– порошок № 1: 1 ч при 950 °С;

– порошок № 2: 3 ч при 950 °С;

– порошок № 3: 3 ч при 950 °С + 15 мас. % измельченных отходов карбида вольфрама WC.

Для сравнительных испытаний использовались: ферробор ФБ-17, легированный чугун СЧЛ, самофлюсующийся никелевый сплав RW 12496 (Castolin Eutectic). Поверхности упрочнялись на лабораторной установке МЭН. Микротвердость измерялась на ПМТ-3 при нагрузке 0,981 Н. Износостойкость оценивалась на машине трения в условиях ударно-абразивного изнашивания; эталон – закаленная сталь 45 (HRC 45–50).

Результаты и обсуждение

Микроструктура и микротвердость. Покрытие из порошка № 3 представляет собой гетерогенный материал: пластичная металлическая матрица с распределенными в ней твердыми боридами FeB и карбоборидами. Наличие бора (9,1 ± 0,5 мас. %) обеспечивает самофлюсовани – раскисление оксидных пленок и формирование беспористого слоя. Микротвердость покрытия из порошка № 3 достигает значений, сопоставимых с никелевым сплавом и значительно превосходит ФБ-17 и СЧЛ. Распределение микротвердости по глубине показывает наличие закаленной переходной зоны, критически важной для сопротивления ударным нагрузкам.

Износостойкость. Кинетика изнашивания образцов, упрочненных различными порошками, представлена кривыми с характерными периодами приработки, установившегося износа и катастрофического разрушения (рис. 1).

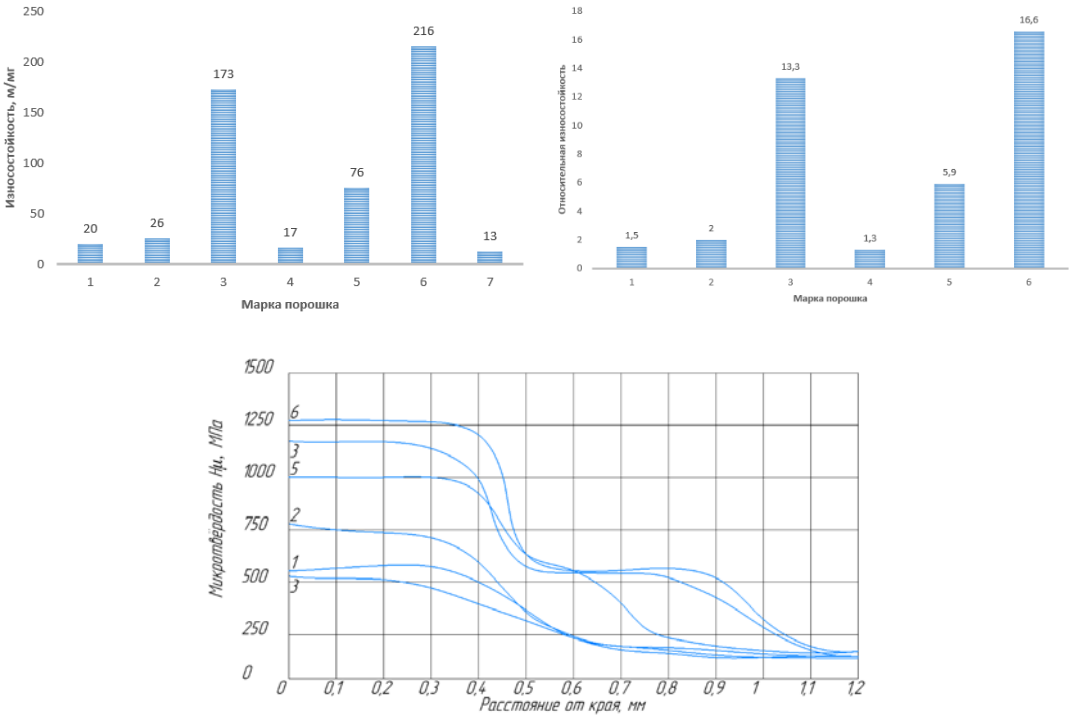


Рис. 1. Кинетика изнашивания образцов

Относительная износостойкость на участке установившегося трения составила:
– ФБ-17 – 1,5;
– СЧЛ – 2,0;
– порошок № 1 – 5,9;
– порошок № 2 – 13,3;
– порошок № 3 – 16,6;
– RW 12496 – 16,6 (эталон – 1,0).

Таким образом, порошок № 3 по износостойкости не уступает дорогостоящему импортному аналогу RW 12496 и превосходит традиционные материалы при МЭН в 8–10 раз. Прирост свойств обусловлен сочетанием высокого содержания бора (образование боридной фазы) и присутствием дисперсных частиц WC, принимающих на себя основную абразивную нагрузку.

Результат

В лаборатории ГГТУ им. П. О. Сухого проведено упрочнение поверхностей деталей машин. Перед нанесением покрытия поверхность подвергалась пескоструйной очистке. Эксплуатационные испытания показали:

– срок службы поверхности с покрытием из порошка № 3 на 10–15 % выше, чем у поверхностей с напаянными пластинами из твердого сплава;

– срок службы в 2–3 раза выше, чем у поверхности из стали 95Т.

Дополнительный эффект – снижение стоимости восстановления за счет использования отходов чугунной дроби и отсутствия необходимости в дорогостоящей оснастке.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Состав наплавочного материала критически влияет на микротвердость и износостойкость покрытий при МЭН. Введение бора обеспечивает самофлюсование и формирование твердых боридов; добавка WC кратно повышает сопротивление абразивному износу.

2. Порошковая смесь на основе борированной чугунной дроби (3 ч, 950 °С) с 15–20 мас. % карбида вольфрама обеспечивает относительную износостойкость.

3. В результате проведенных экспериментов в 2–3 раза по сравнению со сталью 95Т и на 10–15 % по сравнению с напайкой твердого сплава повышается износостойкость поверхности.

Литература

1. Пантелеенко, Ф. И. Самофлюсующиеся диффузионно-легированные порошки на железной основе и защитные покрытия из них / Ф. И. Пантелеенко. – Минск : Технопринт, 2001. – 300 с.
2. Петришин, Г. В. Износостойкие покрытия, получаемые методом магнитно-электрического упрочнения из диффузионно-легированных самофлюсующихся порошков на основе отходов производства стальной дроби : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Петришин Григорий Валентинович ; Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель, 2006. – 24 с.
3. Мрочек, Ж. А. Прогрессивные технологии восстановления и упрочнения деталей машин / Ж. А. Мрочек, Л. М. Кожуро, И. П. Филонов. – Минск : Технопринт, 2000. – 268 с.
4. Люцко, В. А. Технология и установки магнитно-электрического упрочнения плоских поверхностей деталей машин : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Люцко Василий Александрович. – Новополоцк, 2004. – 24 с.

ПОЛУЧЕНИЕ ГРАДИЕНТНЫХ ФИЛЬТРОВ МЕТОДАМИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В. В. Горовцова

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель С. Н. Бобрышева

Рассмотрены способы получения градиентных фильтров с использованием аддитивных технологий. Градиентные фильтры, представляющие собой многослойные пористые материалы с постепенно уменьшающимся размером пор по направлению фильтрации, обеспечивают высокую эффективность разделения частиц различного размера. Показаны ограничения традиционных методов изготовления фильтров (спекание, формование волокон, вспенивание полимеров) и обоснованы преимущества аддитивного подхода: точный контроль геометрии пор, воспроизводимость структуры, возможность создания сложных градиентных конфигураций и снижение отходов производства. Описаны способы формиро-