

личного химического состава и изучение состава, структуры и свойств создаваемых покрытий.

1. Григорьянц А.Г., Сафонов А.Н. Методы поверхностной лазерной обработки – М.: Высшая школа, 1987.
2. Григорьянц А.Г. Основы лазерной обработки материалов – М.: Машиностроение, 1989.

И.А. Астапов, А.С. Борилко, А.В. Козырь

ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫХ ПОКРЫТИЙ НА ВК8 СПЛАВАМИ НА ОСНОВЕ КАРБИДА ТИТАНА И МЕТАЛЛАМИ IV ГРУППЫ

Mass transfer kinetic of metals of IV group and titan carbide-based alloys on tungsten-contained hard alloy by process of EDD (electro discharge doping) has been investigated. Properties of formed surfaces have been researched.

Введение

В области машиностроения большое значение имеет задача упрочнения инструментов. [1]. В качестве инструментов широко применяют вольфрамсодержащие твердые сплавы (ВТС). Одним из способов повышения прочностных характеристик материала является создание на его поверхности износостойких покрытий. Перспективный метод нанесения таких покрытий – метод электроискрового легирования (ЭИЛ) [2], основанный на явлении электрической эрозии материалов при искровом разряде и полярном переносе продуктов эрозии с анода (легирующего электрода) на катод (основу) с образованием измененного поверхностного слоя и позволяющий использовать в качестве легирующего любой токопроводящий материал [3].

В настоящее время в литературе практически отсутствуют данные по выбору материала легирующего электрода для нанесения износостойких покрытий на ВТС. Поэтому представляют интерес исследования, посвященные выявлению закономерностей формирования легированного слоя при ЭИЛ ВТС чистыми металлами 4-6 групп, а также их карбидами, обладающими более высокими показателями твердости по сравнению с карбидом вольфрама (основой ВТС) [4].

Материалы и методика эксперимента

В качестве материала основы при ЭИЛ использовался стандартный промышленный твердый сплав ВК8 (92% WC – 8% Co) как чаще других применяемый в машиностроении и материаловедении; легирующими электродами выбраны чистые металлы Ti, Zr, Hf, а также карбид титана и сложные карбиды TiCrC и TiCrC+30%(FeCr).

Покрытия были получены с использованием установки ЭЛИТРОН-22А. Рабочий режим: сила тока $I_{cp} = 0,8$ А, напряжение $U = 65$ В, частота следования импульсов $\gamma_{cp} = 100$ имп/сек.

Кинетика массопереноса при ЭИЛ измерялась с помощью электронных весов с точностью до 0,0001 г.

Образцы фотографировались на металлографическом микроскопе МИМ-10 цифровым фотоаппаратом при увеличении $800\times$.

Рентгенофазовый анализ проводился с помощью рентгеновского дифрактометра ДРОН-7 методом Дебая-Шеррера с фокусировкой по Брэггу-Брентано в режиме: 30 кВ, 25 мА, $3 \cdot 10^4$ имп/с.

Шероховатость поверхностей определялась на установке «Калибр-296» по значению R_a .

3. Виноградов Б.А., Гавриленко В.Н., Либенсон М.Н. Теоретические основы воздействия лазерного излучения на материалы: Учеб. пособие для вузов – Благовещенск: Благовещенский политехнический институт, 1993.

4. Верхотуров А.Д., Лулева В.П., Глабец Т.В., Козырь А.В. и др. Свойства и особенности формирования электроискровых покрытий на стали «45» тугоплавкими d-металлами // Электронная обработка материалов. – 2005. – № 1. – С. 23-31.

Микротвердость образцов определялась с помощью микротвердомера ПМТ-3.

Результаты и обсуждение

Основным показателем качества получаемого слоя является количество перенесенного с анода на катод материала. Кинетика массопереноса представлена на рис. 1, 2, 6, 7.

Исследования кинетики при ЭИЛ ВК8 чистыми металлами (рис. 1) позволяют сделать вывод о выгоде использования титана и его соединений для создания упрочняющих покрытий на твердых сплавах [5]. По сравнению с электродами из Hf, Zr использование в этом качестве титана дает наилучшие значения привеса по массе катода и времени хрупкого разрушения (пересечение линии $m(k)$ с осью абсцисс).

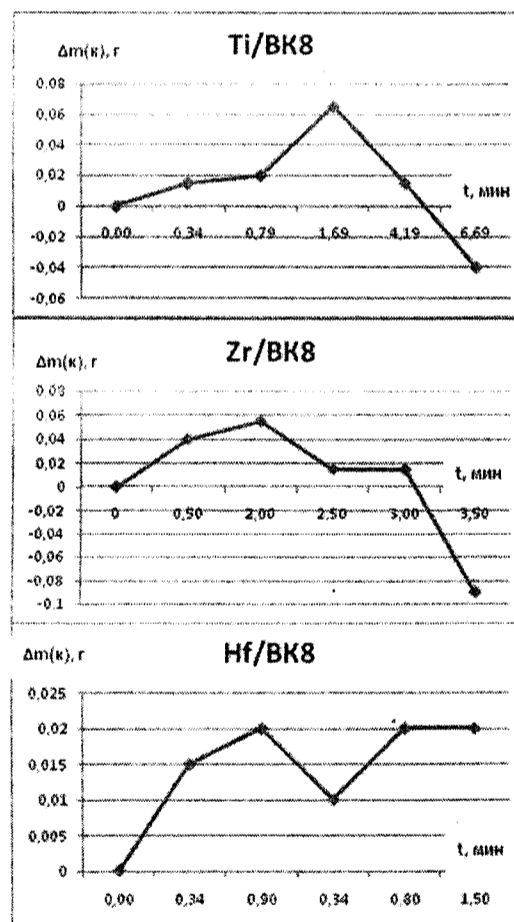


Рис. 1. Кинетика массопереноса при ЭИЛ ВК8 чистыми металлами.

На рис. 2 представлена кинетика массопереноса при ЭИЛ сплава ВК8 электродом из карбида титана. В данном случае хрупкое разрушение поверхностного слоя на катоде происходит на 14 минуте легирования. В структуре TiC обнаружены поры (рис. 3). Материал хрупкий с микродефектами.

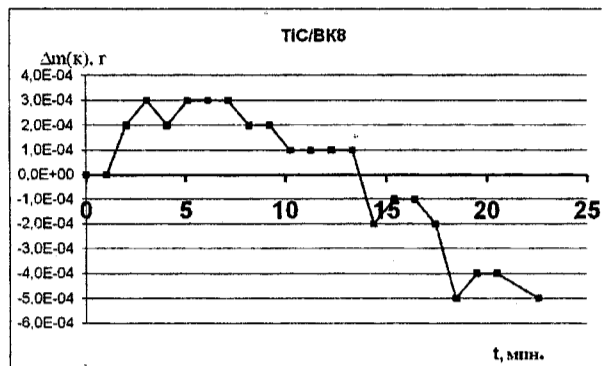


Рис. 2. Кинетика массопереноса при ЭИЛ ВК8 электродом TiC.

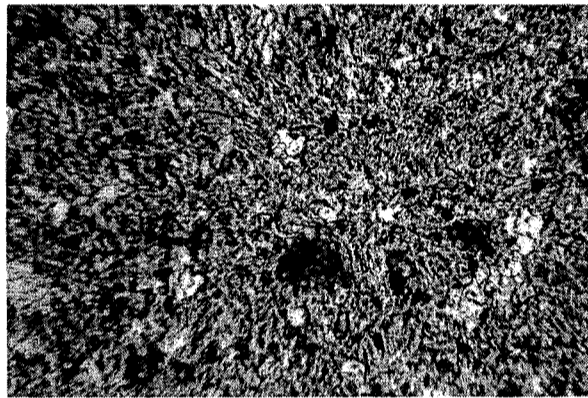


Рис. 3. Структура электродного материала TiC (x800).

После ЭИЛ сплава ВК8 карбидом титана поверхность образца ровная, с единичными выступающими блестящими фрагментами, имеющими оплавленную поверхность (рис. 4).



Рис. 4. Поверхность ВК8 после ЭИЛ карбидом титана (x800).

Шероховатость поверхности после ЭИЛ твердого сплава карбидом титана постепенно увеличивалась со временем легирования, принимая значения $R_a=0,33 \dots 1,50$ мкм. (рис. 5).

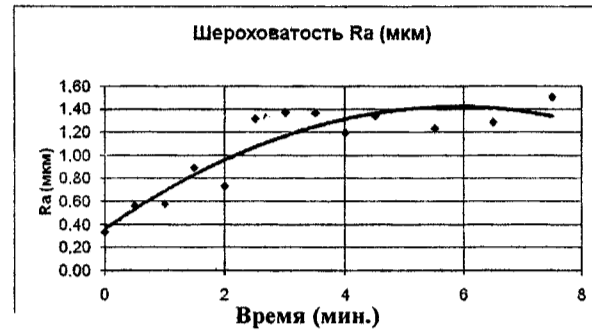


Рис. 5. Значения R_a для пары электродов TiC/ВК8.

Можно предположить, что увеличение значения шероховатости связано с увеличением количества выступающих оплавленных образований.

Распределение микротвердости сечения поверхностного слоя показано в таблице, где R – расстояние от поверхности образца вглубь и HV – значения микротвердости.

Распределение микротвердости по глубине до и после легирования ВК8 карбидом титана

ВК8+ TiC		ВК8+ механ. обработка	
R, мм	HV, ГПа	R, мм	HV, ГПа
На фрагментах поверхности для сечения параллельного плоскости, P=50 г			
0	14,38; 13,24; 11,90; 26,62; 4,26; 17,16, 9,41 HV _{ср} =13,85	0	-
Распределение микротвердости в косом сечении поверхности образца, P=500 г			
0	13,95	0	14,01
0,004	15,65	0,003	13,71
0,008	15,60	0,004	14,22
0,023	15,05	0,005	14,91
0,039	14,61	0,008	15,62
0,055	15,13	0,016	15,24
0,133	14,52	0,023	14,63
0,175	14,28	0,026	15,43
		0,036	14,85
		0,039	15,22
		0,055	14,67
		0,088	14,96
		0,114	14,63
		0,133	14,91
		0,175	14,45

Обнаружено, что из-за возникших при механической обработке дефектов на поверхности микротвердость ниже, чем на глубине 0,1 мм, в то же время отмечается повышенные микротвердости непосредственно под поверхностью, на расстоянии от 0,008 до 0,030 мм. Рассмотренное выше

распределение микротвердости имеет место и для участков шлифа с ЭИЛ, начиная с расстояния 0,004 мм.

Карбид титана-хрома (TiCrC) является перспективным электродным материалом для нанесения износостойких покрытий, так как обладает более высокими значениями твердости, коррозионной стойкости и износостойкости, чем титан [6]. Кинетика массопереноса для пары электродов TiCrC/ВК8 представлена на рис. 6. Видно, что количество перенесенного с анода на катод материала больше, чем аналогичное значение при использовании электрода TiC.

Однако применение TiCrC ограничено его высокой хрупкостью [7]. Поэтому использование более сложного по составу карбида TiCrC+30% (FeCr) более эффективно благодаря наличию металлической связки. Кинетика массопереноса с использованием этого материала в качестве легирующего электрода представлена на рис. 7.

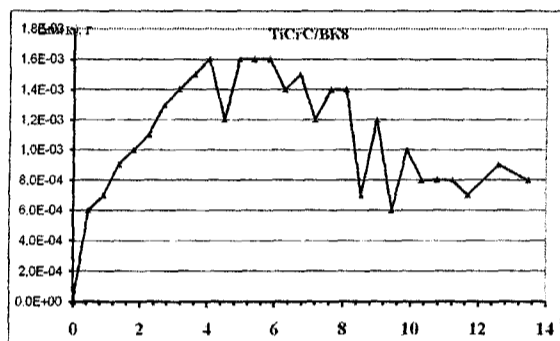


Рис. 6. Кинетика массопереноса при ЭИЛ ВК8 электродом TiCrC.

Оптимальным временем легирования, как и в случае с TiCrC, является время $t=5...6$ мин.

Анализ рентгенограмм, полученных на установке ДРОН-7, показал, что, например, при легировании сплава ВК8 карбидом титана в измененном поверхностном слое присутствуют элементы основы и легирующего электрода, однако новые фазы на поверхности не образуются.

Выводы

1. Установлено, что при ЭИЛ ВТС наибольший массоперенос наблюдается в случае использования легирующего

Н.А. Леоненко, А.А. Гальцов,
Г.Г. Капустина, Н.Л. Швец

ИССЛЕДОВАНИЕ ФРАКТАЛЬНЫХ СТРУКТУР, ОБРАЗОВАННЫХ ПРИ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННОМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ПРИРОДНЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ ОБЪЕКТЫ

It is found that in response to laser radiation particle agglomeration of thin, ultra depressive gold is initiated in gold-bearing heavy mineral products, including those of the man-made origin. In present work it is applied scanning probe microscopes (LEO elektronmikroskopie GmbH and AFM) for analyzes of fractal structure of heavy mineral products after laser radiation.

Целесообразность исследования поведения минеральных сред при высококонцентрированном энергетическом воздействии обусловлена необходимостью поиска новых способов комплексного извлечения ценных компонентов из минерального сырья в связи с существующими труд-

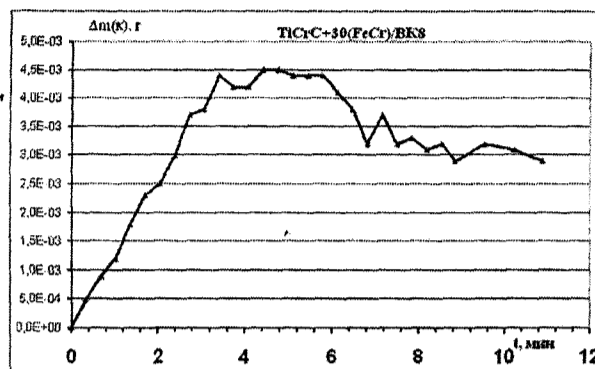


Рис. 7. кинетика массопереноса при ЭИЛ ВК8 электродом TiCrC+30% (FeCr).

щих электродов TiCrC и TiCrC+30%(FeCr) по сравнению с чистыми металлами Hf, Zr, Ti, W, и карбидом титана.

2. Показано, что содержание в материале анода TiCrC металлической связки на основе железа (FeCr) приводит в процессе ЭИЛ к увеличению количества перенесенного на катод материала и образованию поверхностного слоя большей толщины.

3. Установлено, что микротвердость ИПС ВК8 после ЭИЛ TiC повышается на 1,5 ГПа.

1. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента. — М.: Машиностроение, 1982.
2. Верховгуров А.Д. Формирование поверхностного слоя металлов при электроискровом легировании. — Владивосток: Дальнаука, 1995.
3. Лазаренко Б.Р., Лазаренко Н.И. Изыскание новых применений электричества // Электронная обработка материалов. — Кишинев; М. — 1977. — № 5. — С. 5-19.
4. Самсонов Г.В., Винницкий И.М. Тугоплавкие соединения (справочник). — М: Металлургия, 1976.
5. Борилко А.С., Астапов И.А., Коневцов Л.А., Шпагин А.С. Исследование формирования поверхностного слоя при электроискровом легировании вольфрамсодержащих твердых сплавов металлами четвертой группы // Вестник АмГУ. — Благовещенск, — 2008. — № 43. — С. 25-28.
6. Комратов Г.Н. Кинетика окисления порошков двойного карбида титана и хрома и карбида хрома // Порошковая металлургия. — 1999. — №9/10. — С. 52-57.
7. Уманский А.П. Структура и свойства плазменных покрытий из композиционных порошковых сплавов системы (TiCrC)-(FeCr) // А.П. Уманский, В.Н. Коновал, А.Д. Панасюк, И.А. Подчерняева и др. / Порошковая металлургия. — 2007. — №3/4. — С. 37-45.

ностями применения для этих целей гравитационных технологий в горной промышленности. Вместе с тем исследование твердофазных термохимических быстропотекающих реакций и выявление фазовых переходов в них представляют определенный научный интерес и могут привести к созданию как новых технологических решений, так и наноструктурированных материалов.

В экспериментальной работе в качестве высококонцентрированного энергетического источника применено лазерное излучение. Научный интерес к работам, посвященным поведению веществ в поле лазерного излучения, о чем свидетельствуют тематика РФФИ и объем патентования по этому направлению в России и за рубежом [1, 2], неустанно растет. Лазерное излучение может обеспечить скорость локальных изменений температуры в веществе до 10^{10} Кс⁻¹ и градиенты температуры до 10^7 Ксм⁻¹, что приводит к сильному взаимодействию тепловых, концентрационных, зарядовых и иных потоков [3]. Такие параметры не могут быть достигнуты при других способах воздействия.

Работа проведена на базе ЦКП «Лазерные и оптические технологии» на лазерной установке с волоконной сис-