

Макамбаева Б.Ж., Молдоканова Д.А., Насирдинова Г.К., Сатывалдиев А.С.

ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И ДИСПЕРСНОСТЬ ПРОДУКТОВ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ТВЕРДОГО СПЛАВА VK8

Макамбаева Б.Ж., Молдоканова Д.А., Насирдинова Г.К., Сатывалдиев А.С.

VK8 КАТУУ КУЙМАСЫНЫН ЭЛЕКТР УЧКУНДУК ДИСПЕРСТӨӨ ПРОДУКТУЛАРЫНЫН ФАЗАЛЫК СОСТАВЫ ЖАНА ДИСПЕРСТҮҮЛҮГҮ

Y.Zh. Makambaeva, D.A. Moldokanova, G.K. Nasirdinova, A.S. Satyvaldiev

THE PHASE COMPOSITION AND DISPERSION OF ELECTRO SPARK DISPERSION PRODUCTS OF CARBIDE VK8

УДК 621.762

Результаты данного исследования показывают перспективность метода электроискрового диспергирования для переработки отходов твердых сплавов типа VK с получением нанодисперсных карбидов вольфрама.

**Ключевые слова:** твердый сплав, фазовый состав, переработка отходов.

Изилдөөлөрдүн жыйынтыгы вольфрамдын нанодисперстүү карбиддерин алуу менен VK тибиндеги катуу куймалардын тапшандыларын кайра иштетүү үчүн электр учкундук дисперстөө методу келечектүү экендигин көрсөттү.

**Негизги сөздөр:** катуу куйма, фазалык состав, тапшандыларды кайра иштетүү.

The results of this study show prospectivity of electro-spark dispersion Method for recycling of solidalloys of VK type with nano-dispersed tungsten carbides acquisition.

**Key words:** hard alloy, phase composition, recycling.

В настоящее время в промышленности при обработке металлов резанием, бурении и в деревообработке широко используются твердые сплавы на основе карбида вольфрама. На производство карбида расходуется 60% всего добываемого вольфрама, а запасы вольфрамового сырья сокращается. В результате возникает необходимость поиска путей регенерации отходов твердых сплавов [1, 2]. В технологии регенерации твердых сплавов самой сложной, трудоемкой и энергоемкой операцией является измельчение твердого сплава. Поэтому в работе [1] отмечается, что метод электроэрозионного (электроискрового) диспергирования является одним из перспективных методов получения порошков из кусковых отходов. Последние годы в этом направлении проводятся достаточно интенсивные исследовательские работы [3,4]. В этом плане определенный практический интерес представляет изучение возможности получения нанодисперсных карбидов вольфрама при электроискровом диспергировании твердых сплавов типа VK, как метод переработки отходов таких сплавов.

Для электроискрового диспергирования твердого сплава использована лабораторная установка с RC-генератором. В качестве электродов использо-

ваны стержни из твердого сплава VK8, а в качестве жидкой среды – гексан и четыреххлористый углерод. Сплав VK8 называется вольфрамкобальтовым и цифра 8 показывает массовую долю кобальта. Этот сплав состоит из гексагонального монокарбида вольфрама WC – 92% (масс.) и металлического кобальта – 8% (масс.).

Продукты диспергирования твердого сплава находится в составе твердой фазы, которая отделялась от жидкой фазы декантацией и промывалась спиртом и высушивалась при 90-100°C. Затем продукт полученный в гексане промывался 2Н раствором HCl, а продукт полученный в четыреххлористом углероде в воде и растворе соляной кислоты для удаления металлического кобальта из состава карбидных продуктов.

Фазовый состав продуктов изучался методом рентгенофазового анализа с использованием дифрактометра RINT-2500 HV, их дисперсность установлена методом электронной микроскопии. Микрофотографии продуктов сняты на эмиссионном сканирующем электронном микроскопе JOEL JSM-7600F.

На рис. 1 представлены дифрактограммы продуктов электроискрового диспергирования сплава VK8, а результаты их расчета приведены в табл.1.

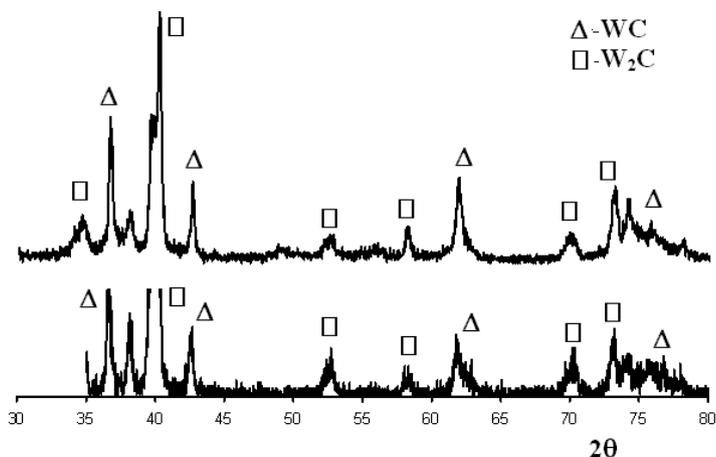


Рис.1. Дифрактограммы продуктов электроискрового диспергирования твердого сплава VK8 в четыреххлористом углероде (1) и гексане (2)

**Таблица 1 - Результаты расчета дифрактограммы продукта электронского диспергирования сплава ВК8 в четыреххлористом углеводе**

№	Эксперимен. данные		Фазовый состав				
	I	d, А°	W <sub>2</sub> C			WC	
			hkl	a, А°	c, А°	hkl	a, А°
1	21	2,5909	100	2,992			
2	62	2,4500				111	4,243
2	21	2,3535	002		4,707		
3	100	2,2410	101	2,986	4,704		
4	32	2,1193				200	4,239
5	18	1,7344	102	2,986	4,704		
6	37	1,4994				220	4,241
7	8	1,4914	110	2,983			
8	14	1,3413	103	2,987	4,706		
9	32	1,2926	200	2,981			
10	28	1,2777				311	4,238
11	16	1,2530	112	2,988	4,705		
12	10	1,2297	201	2,988	4,705		

**Таблица 2 - Результаты расчета дифрактограммы продукта электронского диспергирования сплава ВК8 в гексане**

№	Эксперимен. данные		Фазовый состав				
	I	d, А°	W <sub>2</sub> C			WC	
			hkl	a, А°	c, А°	hkl	a, А°
1	64	2,4487				111	4,241
2	35	2,3512	002		4,702		
3	100	2,2421	101	2,983	4,703		
4	33	2,1165				200	4,233
5	23	1,7374	102	2,983	4,703		
6	23	1,3387	103	2,981	4,705		
7	32	1,2926	200	2,985			
8	19	1,2753				311	4,230
9	16	1,2527	112	2,983	4,701		

Анализ дифрактограмм показывает, что продукты электроискрового диспергирования сплава ВК8, не зависимо от природы жидкой среды, состоят из двух фаз. На дифрактограммах имеются линии характерные для полукарбида вольфрама ( $\beta$ -W<sub>2</sub>C) и кубического монокарбида вольфрама ( $\beta$ -WC). Результаты расчета дифрактограммы подтверждают эти предположения. В четыреххлористом углеводе образуется полукарбид вольфрама с гексагональной решеткой с параметрами  $a = 2,986 \text{ \AA}$  и  $c = 4,705 \text{ \AA}$  и монокарбид  $\beta$ -WC с гранцентрированной кубической (ГЦК) решеткой с периодом  $4,240 \text{ \AA}$ . Карбиды вольфрама синтезированные при диспергировании сплава ВК8 в гексане ( $\beta$ -W<sub>2</sub>C-  $a=2983 \text{ \AA}$  и  $c=4,703 \text{ \AA}$ ,  $\beta$ -WC-  $a=4,235 \text{ \AA}$ ) отличаются по значению параметров решетки от соответствующих карбидов, полученных в четыреххлористом углеводе.

Согласно литературным данным [5] в системе W-C существуют две карбидные соединения – моно-

карбид WC и полукарбид W<sub>2</sub>C вольфрама. Эти карбиды имеют несколько структурных модификаций, устойчивых в разных температурах и концентрациях. У монокарбида вольфрама существуют низкотемпературная  $\alpha$ -WC и высокотемпературная  $\beta$ -WC модификации. Наиболее стабильной в системе W-C является низкотемпературная модификация монокарбида вольфрама. Низкотемпературная модификация монокарбида вольфрама имеет простую гексагональную кристаллическую решетку. Высокотемпературная модификация монокарбида вольфрама  $\beta$ -WC существует при температуре выше  $2525^{\circ}\text{C}$  [6] и её можно сохранить с применением сверхскоростной закалки или малыми (менее 1% ат.) добавками d-металлов IV группы.

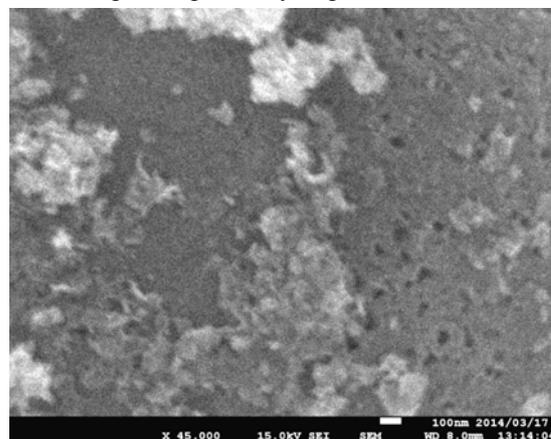
Полукарбид вольфрама W<sub>2</sub>C в зависимости от температуры существует в трех модификациях:  $\beta$ -W<sub>2</sub>C,  $\beta'$ -W<sub>2</sub>C и  $\beta''$ -W<sub>2</sub>C. Эти модификации отличаются по степени упорядоченности атомов углерода в октаэдрических пустотах плотнейшей упаковки атомов вольфрама. Высокотемпературная модификация  $\beta$ -W<sub>2</sub>C стабильна в температурном интервале от 2670-2720K до температуры плавления 3000-3050K и имеет гексагональную структуру типа L - '3, относящейся к пространственной группе  $P6_3/mmc (D_{6h}^4)$ , с неупорядоченным размещением атомов углерода и структурных вакансий в неметаллической подрешетке [5].

Результаты рентгенофазового анализа показывают, что монокарбид вольфрама с гексагональной решеткой, находящийся в составе исходных сплава ВК8, в условиях искрового разряда претерпевает фазовое и химическое превращение:

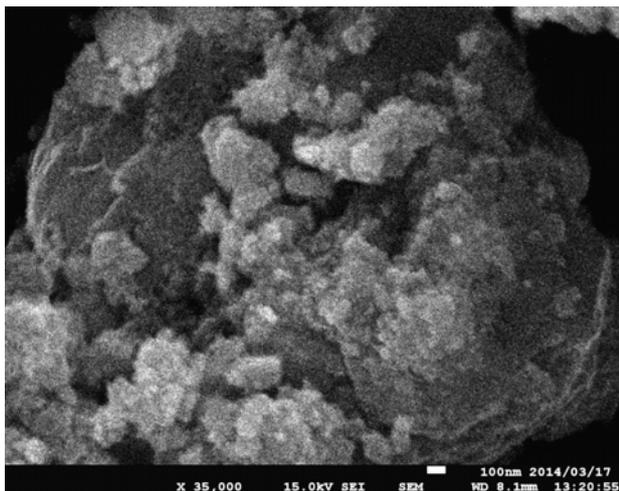


Высокоскоростная закалка образовавшихся карбидных частиц способствует сохранению высокотемпературных модификаций карбидов вольфрама.

На рис. 2, 3 представлены микрофотографии нанопорошков карбидов вольфрама, синтезированных при электроискровом диспергировании сплава ВК8 в четыреххлористом углеводе и гексане.



**Рис. 2.** Микрофотографии карбидов вольфрама, синтезированных при электроискровом диспергировании сплава ВК8 в четыреххлористом углеводе



**Рис. 3.** Микрофотографии карбидов вольфрама, синтезированных при электроискровом диспергировании сплава ВК8 в гексане

На микрофотографиях карбидов вольфрама, синтезированных при электроискровом диспергировании сплава ВК8 увеличениях хорошо видны агрегаты различных размеров и форм, состоящих из отдельных частиц сферической формы с размерами менее 10 нм. Отсюда можно предположить о том, что первичные частицы карбидов вольфрама, синтезированные методом электроискрового диспергирования нанодисперсными, которые подвергаются коагуляции с образованием агрегатов более крупных размеров. Необходимо отметить достаточно узкое

распределение синтезированных первичных наночастиц карбидов металлов по размерам.

Таким образом, методами рентгенофазового анализа и электронной микроскопии показано, что метод электроискрового диспергирования твердых сплавов является перспективным способом переработки промышленных твердосплавных отходов, позволяющим их эффективно утилизировать одностадийно с получением нанодисперсных карбидов вольфрама, широко применяемых в технике.

#### Литература:

1. Дворник М.И., Верхотуров А.Д. Переработка вольфрамкобальтового твердого сплава электроэрозионным диспергированием в воде с последующей карбидизацией // Порошковая металлургия, 2008, №7/8. – С.137-145.
2. Ткаченко Ю.Г., Бовкун Г.А., Юрченко Д.З., Ковальченко М.С. Эрозионные характеристики материалов, полученных регенерацией отходов твердых сплавов // Порошковая металлургия, 2007, №3/4. – С. 32-37.
3. Путинцева М.Н. Химический и фазовый состав порошков, полученных электроэрозионным диспергированием из WC-Co сплавов // МиТОМ, 2004, №4. – С. 20-24.
4. Дворник М.И., Верхотуров А.Д., Ершова Т.Б. и др. Влияние энергии и длительности искрового разряда на состав порошка, полученного электроэрозионным диспергированием твердого сплава ВК8 в воде // Электрон. обраб. материалов, 2005, №2. – С. 15-19.
5. Курлов А.С., Гусев А.И. Карбиды вольфрама и фазовая диаграмма системы W-C // Неорганические материалы, 2006, т.42, №2 - С. 156-163.
6. Самсонов Г.В., Витрянюк В.К., Чаплыгин Ф.Н. Карбиды вольфрама.-К.: Наук. думка, 1974 – 175 с.

**Рецензент: к.х.н., доцент Молдошев А.М.**