

Phase composition of products of joint electro-spark dispersion of silicon carbide and copper

Bakenov Z.¹, Satyvaldiev A.², Nasirdinova G.³

Фазовый состав продуктов совместного электроискрового диспергирования карбида кремния и меди

Бакенов Ж. Б.¹, Сатывалдиев А. С.², Насирдинова Г. К.³

¹Бакенов Жолдошбек Бекбоевич / Bakenov Zholdoshbek Bekboevich – старший преподаватель;

²Сатывалдиев Абдураим Сатывалдиевич / Satyvaldiev Abduraim Satyvaldievich – доктор химических наук, профессор;

³Насирдинова Гулзада Калиевна / Nasirdinova Gulzada Kalieвна – кандидат химических наук, и.о. доцента,
кафедра химии и технологии ее обучения,

Кыргызский государственный университет им. И. Арабаева, г. Бишкек, Кыргызская Республика

Аннотация: установлено, что фазовый состав продуктов совместного электроискрового диспергирования карбида кремния и меди зависит от природы жидкой среды. Показано, что продукты, полученные в гексане и спирте, представляют собой нанокмозиты на основе меди, а продукт, полученный в воде, является нанокмозитом на основе оксида CuO.

Abstract: it is established that phase composition of products of joint electro-spark dispersion of silicon carbide and copper depends on the nature of the liquid medium. It is shown that the products obtained in hexane and alcohol are nanocomposites on based on copper, and the product obtained in water is a nanocomposite oxide CuO..

Ключевые слова: фазовый состав, продукт, электроискровое диспергирование, рентгенофазовый анализ, медь, карбид кремния, кремний, нанокмозит.

Keywords: phase composition, product, electro-spark dispersion, X-ray phase analysis, copper, silicon carbide, silicon, nanocomposite.

УДК 541.16:546.281

В настоящее время во всем мире активно проводятся исследования, направленные на разработку и более широкое практическое применение нанокмозитивных материалов. Отличительными свойствами таких материалов являются их функциональные и технологические возможности, повышенная износостойкость, высокие прочность, жесткость и вязкость, малая плотность, что обеспечивает снижение массы изделий с одновременным повышением надежности и увеличением ресурса работы [1]. Однако создание таких материалов является многостадийным и трудоемким процессом, требующим достаточно сложного оборудования. В связи с этим разработка новых эффективных методов синтеза нанокмозитивных материалов, обеспечивающих равномерное распределение наноструктур, связанных с матрицей, является актуальной задачей, позволяющей получать многофункциональные материалы нового поколения [2].

Для получения нанокмозитивных материалов практический интерес представляет метод электроискрового диспергирования. В этом методе в канале искрового разряда возникает температура до 10000°C и под действием такой температуры материалы электродов плавятся и могут закипеть, а под действием ударной волны, сопровождающий искровой разряд, происходит удаление расплавленного материала из микроучастка поверхности электродов в виде мельчайших частиц в жидкой среде и эти частицы подвергаются высокоскоростной закалке. Эти условия позволяют получать устойчивые нанодисперсные порошки [3].

Целью настоящей работы является изучение фазового состава продуктов совместного электроискрового диспергирования карбида кремния и меди в жидкой среде, как композитных материалов.

Для получения продуктов электроискрового диспергирования карбида кремния в паре с медью использована установка, где искровой разряд создается с помощью РС - генератора. В качестве электродов использовались карбид кремния и металлическая медь в виде стержня с размерами 30x5x3 мм. Искровой разряд создавался при следующих условиях: U=220В, C = 2 мкф, E = 0,05дж. В качестве жидкой диэлектрической среды служили гексан, этиловый спирт (96 %) и дистиллированная вода.

Продукты совместного электроискрового диспергирования карбида кремния и меди находятся в составе твердой фазы, поэтому она отделялась от жидкой фазы декантацией, промывалась спиртом и высушивалась при 50-60°C.

Фазовый состав продуктов совместного электроискрового диспергирования карбида кремния и меди изучен методом рентгенофазового анализа. Дифрактограммы продуктов снимались на дифрактометре RINT-2500 HV с отфильтрованным медным излучением.

Дифрактограммы продуктов электроискрового диспергирования карбида кремния в паре с медью представлены на рис., а результаты их расчета приведены в таблицах 1, 2 и 3.

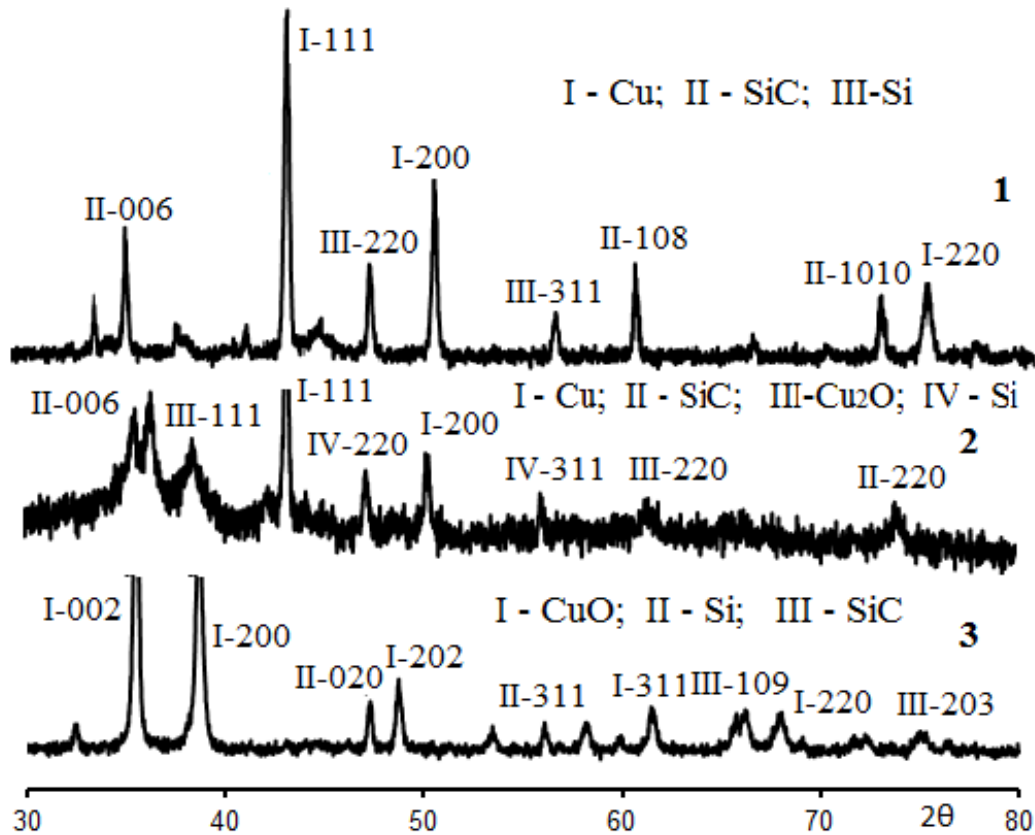


Рис. Дифрактограммы продуктов совместного электроискрового диспергирования карбида кремния и меди в гексане (1), спирте (2) и воде (3)

Таблица 1

Результаты расчета дифрактограммы продукта совместного электроискрового диспергирования карбида кремния и меди в гексане

№	Экспериментальные данные		Фазовой состав						
	I	d, Å ⁰	Cu		Si		SiC		
			hkl	a, Å ⁰	hkl	a, Å ⁰	hkl	a, Å ⁰	c, Å ⁰
1	25	2,6352					101	3,090	15,118
2	45	2,5218					006		15,131
3	14	2,3630					103	3,090	15,118
4	100	2,0950	111	3,628					
5	32	1,9225			220	5,438			
6	59	1,8139	200	3,628					
7	20	1,6377			311	5,432			
8	36	1,5427					108	3,087	15,124
9	15	1,4242					109	3,087	15,124
10	27	1,3159					1010	3,092	15,116
11	28	1,2812	220	3,624					

Таблица 2

Результаты расчета дифрактограммы продукта совместного электроискрового диспергирования карбида кремния и меди в спирте

№	Экспериментальные данные		Фазовой состав							
	I	d, Å ⁰	Cu		Cu ₂ O		Si		SiC	
			hkl	a, Å ⁰	hkl	a, Å ⁰	hkl	a, Å ⁰	hkl	a, Å ⁰

1	56	2,5909							101	3,068	15,139
1	68	2,5245							006		15,147
2	71	2,4708			111	4,050					
3	59	2,3382							103	3,068	15,139
4	100	2,0904	111	3,621							
5	53	1,9225					220	5,438			
6	59	1,8119	200	3,624							
7	46	1,6393					311	5,437			
8	47	1,4328			220	4,052					
8	45	1,2819	220	3,626							

Таблица 3

Результаты расчета дифрактограммы продукта совместного электроискрового диспергирования карбида кремния и меди и меди в воде

№	Экспериментальные данные		Фазовый состав							
	I	d, A ⁰	CuO		Si		SiC			
			hkl	d, A ⁰	hkl	a, A ⁰	hkl	a, A ⁰	c, A ⁰	
1	100	2,5286	002	2,51				006		15,172
2	75	2,3266	200	2,31						
3	20	1,9217			220	5,435				
4	27	1,8690	203	1,85						
5	14	1,7139	020	1,70						
6	14	1,6399			311	5,439				
7	15	1,5861	202	1,57						
8	11	1,5432						108	3,084	15,143
9	16	1,5064	113	1,50						
10	19	1,4208						109	3,084	15,143
11	18	1,4116	310	1,41						
12	18	1,3779	311	1,37						
13	13	1,3160						1010	3,091	15,156
14	10	1,3065	211	1,30						
15	13	1,2657	222	1,26						

Анализ дифрактограмм продуктов совместного электроискрового диспергирования карбида кремния и меди показывает, что их фазовый состав зависит от природы жидкой среды. При совместном электроискровом диспергировании карбида кремния и меди в гексане образуется продукт, состоящий из трех фаз. Основной фазой является металлическая медь с кубической решеткой с параметром $a=3,627 \text{ \AA}$. В составе продукта содержатся также карбид кремния гексагональной решеткой с параметрами $a= 3,099 \text{ \AA}$ и $c=15,121 \text{ \AA}$ и кремний кубической решеткой с параметром $a=5,435 \text{ \AA}$ (табл. 1).

В этиловом спирте образуется продукт, состоящий из четырех фаз. Основной фазой является металлическая медь с кубической решеткой с параметром $a=3,624 \text{ \AA}$. В составе продукта, кроме карбида кремния гексагональной решеткой с параметрами $a= 3,068 \text{ \AA}$ и $c=15,141 \text{ \AA}$ и кремния кубической решеткой с параметром $a=5,437 \text{ \AA}$, имеется и оксид одновалентной меди Cu_2O с кубической решеткой с параметром $a=4,051 \text{ \AA}$ (табл. 2).

При совместном электроискровом диспергировании карбида кремния и меди в дистиллированной воде образуется продукт, состоящий из трех фаз. Основной фазой этого продукта является оксид двух валентной меди CuO . В составе продукта содержатся также карбид кремния гексагональной решеткой с параметрами $a= 3,086 \text{ \AA}$ и $c=15,147 \text{ \AA}$ и кремний с кубической решеткой с параметром $a=5,437 \text{ \AA}$ (табл. 3).

Результаты расчета дифрактограмм показывают, что природа жидкой среды активно влияет на физико-химический процесс, протекающий при диспергировании медного электрода. В гексане происходит только диспергирование меди, в спирте медь частично окисляется до оксида Cu_2O , а в воде при электроискровом диспергировании медь полностью окисляется до оксида CuO .

Ранее [4] нами установлено, что при электроискровом диспергировании карбида кремния происходит частичное разложение карбида кремния и в результате образуется элементарный кремний с кубической решеткой. Этим объясняется содержание кремния в составе продуктов совместного электроискрового диспергирования карбида кремния и меди не зависимо от природы жидкой среды.

Проведена оценка размеров областей когерентного рассеяния (ОКР) частиц меди, карбида кремния и кремния, полученных при совместном электроискровом диспергировании карбида кремния и меди, по уширению рефлексов на дифрактограммах по формуле Шеррера – Селякова [5]:

$$d = \frac{\lambda_{\text{Cu}}}{\beta \cdot \cos \theta},$$

где d – размер ОКР, нм; λ_{Cu} – длина волны излучения медного анода (0,1540 нм); θ – угол рассеяния; β – физическое уширение линии на дифрактограмме,

$$\beta = \frac{\omega \cdot \pi}{180}, \quad \omega - \text{ширина дифракционного максимума на половине его высоты.}$$

Результаты расчета размеров ОКР частиц меди, карбида кремния и кремния, полученных при совместном электроискровом диспергировании карбида кремния и меди, представлены в таблице 4.

Таблица 4
Размеры ОКР (d) частиц меди, карбида кремния и кремния, полученных при совместном электроискровом диспергировании карбида кремния и меди в гексане, спирте и воде

№	Фаза	d, нм		
		Гексан	Спирт	Вода
1	Cu	51	55	-
2	SiC	62	66	53
3	Si	63	79	61

Результаты расчета размеров ОКР подтверждают образование наночастиц меди, карбида кремния и кремния при совместном электроискровом диспергировании карбида кремния и меди в гексане, спирте и воде (табл.4).

Таким образом, методом рентгенофазового анализа установлено, что фазовый состав продуктов совместного электроискрового диспергирования карбида кремния и меди зависит от природы жидкой среды. Результаты расчета размеров ОКР показывают, что продукты, полученные в гексане и спирте, представляют собой нанокomпозиты на основе меди, а продукт, полученный в воде, является нанокomпозитом на основе оксида CuO.

Литература

1. *Панфилов А. В.* Современное состояние и перспективы развития литых дискретно-армированных алюмоматричных композиционных материалов // *Литейщик России*. 2008. № 7. С. 23-27.
2. *Найдек В. Л., Затуловский С. С., Затуловский А. С.* Новые нетрадиционные материалы – основа современной наукоемкой техники // *Металлургия машиностроения*. 2005. № 6. С.18-28.
3. *Сатывалдиев А. С., Асанов У. А.* Электроэрозионный синтез соединений переходных металлов. – Бишкек: КГНУ, 1995. 187 с.
4. *Бакенов Ж. Б., Сатывалдиев А. С.* О продукте электроискрового диспергирования карбида кремния // *Известия ВУЗов*. 2011. № 3. С 133-135.
5. *Авчинникова Е. А.* Синтез и свойства наночастиц меди, стабилизированных полиэтиленгликолем // *Вестник БГУ*. 2013. Сер.7. № 3. С. 12-16.