

Бакенов Ж.Б., Сатывалдиев А.С., Муратов Э.

**ЭЛЕКТР УЧКУНДУК ДИСПЕРСТӨӨ БЫКМАСЫ МЕНЕН
КРЕМНИЙДИН КАРБИДИН КАРМАГАН ЖЕЗДИН НЕГИЗИНДЕГИ
НАНОКОМПОЗИТТИ СИНТЕЗДӨӨ**

Бакенов Ж.Б., Сатывалдиев А.С., Муратов Э.

**СИНТЕЗ НАНОКОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ МЕДИ,
СОДЕРЖАЩЕГО КАРБИД КРЕМНИЯ, МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО
ДИСПЕРГИРОВАНИЯ**

Zh.B. Bakenov, A.S. Satyvaldiev, E. Muratov

**SYNTHESIS OF COPPER-BASED NANOCOMPOSITE COMPRISING SILICON
CARBIDE BY THE METHOD OF ELECTRO-SPARK DISPERSING**

УДК: 541.16:546.281

SiC-Cu системасынын электр учкундук дисперстөө продуктусу үч компоненттүү наноккомпозит болорун рентген фазалык анализ жана электрондук спектроскопия методдору көрсөттү.

Түйүндүү сөздөр: *наноккомпозит, карбид кремния, электр учкундук дисперстөө, фазалык курамы, дисперстүүлүк, продукт.*

Методами рентгенофазового анализа и электронной микроскопии показано, что продукт электроискрового диспергирования системы SiC-Cu представляет собой трехкомпонентный наноккомпозит.

Ключевые слова: *наноккомпозит, медь, карбид кремния, электроискровое диспергирование, фазовый состав, дисперсность, продукт.*

By the method of X-ray phase analysis and electron microscopy was shown that the product of electro-spark dispersing of SiC-Cu system represents three-component nanocomposite.

Key words: *nanocomposite, copper, silicon carbide, electrospark dispersing, phase composition, dispersion, product.*

Одним из направлений развития современного научно-технологического прогресса является направление создания материалов с заранее заданными свойствами. Новые конструкционные материалы должны обеспечивать возрастающие требования к ним: по прочности, снижению массы и металлоёмкости, повышенному ресурсу надёжности, длительности эксплуатации в экстремальных условиях температурно-силового воздействия. Всему этому широкому спектру повышенных требований удовлетворяют композиционные материалы, где происходит соединение положительных свойств исходных компонентов с получением в результате их объединения – материала с синергетическим эффектом, превышающим суммарный эффект. Это обстоятельство обеспечило постоянно возрастающий интерес к композиционным материалам [1].

Композит – это объемное монолитное искусственное сочетание разнородных по форме и свойствам двух и более материалов (компонентов), с четкой границей раздела, использующее преимущества каждого из компонентов и проявляющее новые свойства, обусловленные граничными процессами [2].

В работе [3] отмечается, что в металломатричном композите на медной основе, упрочненный наноалмазом, где исходные наномедь и наноалмаз имеют сферическую форму, после компактирования наноалмаз, равномерно распределяется по объему композита, обеспечивая его высокие прочностные и износостойкие свойства. Применение таких металлокомпозитов весьма разнообразно. В частности, медь-матричный композит, армированный наноалмазом, перспективен для изготовления нагруженного электродконтратора, работающего при высоких динамических нагрузках, а также узлов, требующих высокой износостойкости [3]. В этом плане определенный интерес представляет получение медного композита, содержащего карбид кремния.

В настоящее время основным методом получения металлокомпозитных материалов является метод механолегирования, т.е. совместная обработка порошковых смесей в высокоэнергетических мельницах, а широкое применение этих материалов зависит от разработки эффективных и экономичных методов получения [4]. Поэтому актуальным является расширение методов получения металлокомпозитов. В этом плане определенный интерес представляет изучение возможности получения металлических композиционных материалов методом электроискрового диспергирования. Метод электроискрового диспергирования отличается простотой аппаратного оформления и получением высокодисперсных порошков любого токопроводящего материала [5].

Целью данного исследования является изучение возможности получения нанодисперсных композитов на основе меди при совместном электроискровом диспергировании карбида кремния и меди.

Для получения продукта электроискрового диспергирования карбида кремния в паре с медью использована лабораторная установка с одиночными электродами, где искровой разряд создается с помощью RC - генератора. В качестве электродов использовались стержни из карбида кремния и металлической меди размерами 7х30 мм. В качестве жидкой среды использовался гексан. Искровой разряд создавался при следующих условиях: $U=220В$, $C = 2 мкф$, $E = 0,05дж$.

Продукт электроискрового диспергирования карбида кремния в паре с медью находится в составе твердой фазы, поэтому твердая фаза отделялась от жидкой фазы декантацией, промывалась гексаном и высушивалась.

Фазовый состав продукта изучался методами рентгенофазового анализа. Дифрактограмма продукта снималась на дифрактометре ДРОН – 2 с отфильтрованным медным излучением. Дисперсность продукта совместного электроискрового диспергирования карбида кремния и меди изучена методом электронной микроскопии на эмиссионном сканирующем электронном микроскопе JOEL JSM-7600F.

На рисунке 1 представлена дифрактограмма продукта электроискрового диспергирования системы SiC-Cu, а в таблице приведены результаты ее расчета.

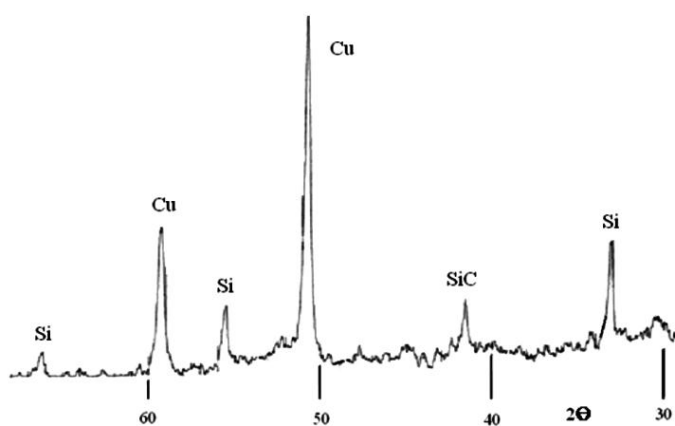


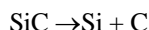
Рис. 1. Дифрактограмма продукта электроискрового диспергирования системы SiC-Cu в гексане

Результаты расчета дифрактограммы продуктов электроискрового диспергирования системы SiC-Cu в гексане

Экспериментальные данные			Фазовый состав					
№	I	d, нм	Cu		Si		SiC	
			hkl	a, Å	hkl	a, Å	hkl	a, Å
1	50	3,1387			111	5,4364		
2	30	2,5253					006	15,1518
3	100	2,0830	111	3,5411				
4	32	1,9224			220	5,4374		
5	68	1,8088	200	3,6176				
6	11	1,6400			311	5,4393		

Результаты расчета дифрактограммы показывают, что продукт представляет собой трехфазную систему, состоящую из металлической меди, кремния и карбида кремния (таблица).

Образование элементарного кремния в составе продукта электроискрового диспергирования системы SiC-Cu, можно объяснить тем, что в условиях искрового разряда карбид кремния под действием высоких температур разлагается на кремний и углерод:



Ранее [6] нами показано, что гексагональный карбид кремния при электроискровом диспергировании в гексане частично претерпевает перитектический распад на графит и кремний и в результате в составе продуктов увеличивается содержание кремния по сравнению с исходным промышленным карбидом кремния. А это согласуется с литературным данным [7] о том, что фаза SiC перитектически разлагается на графит и газовую фазу, обогащенную кремнием при атмосферном давлении. Температура перитектического распада этого соединения составляет 2760°C [7].

Согласно литературным данным [7] карбид кремния кристаллизуется в двух модификациях: кубической со структурой сфалерита (β -SiC) и гексагональной плотноупакованной (α -SiC). Модификация α -SiC образует большое число гексагональных и ромбоэдрических политипов, наиболее распространенными среди которых является 4-, 6- и 15-слойные политипы. Поэтому в составе исходного промышленного карбида, а также в составе продуктов электроискрового диспергирования систем SiC-Me содержится гексагональная плотноупакованная модификация карбида кремния α -SiC, относящаяся к политипу 6H. Данная фаза характеризуется следующими параметрами кристаллической решетки:

$$a = 3,074 \text{ \AA}, c = 15,126 \text{ \AA} [7].$$

Микрофотографии продукта электроискрового диспергирования системы SiC-Cu в гексане представлены на рис. 2.

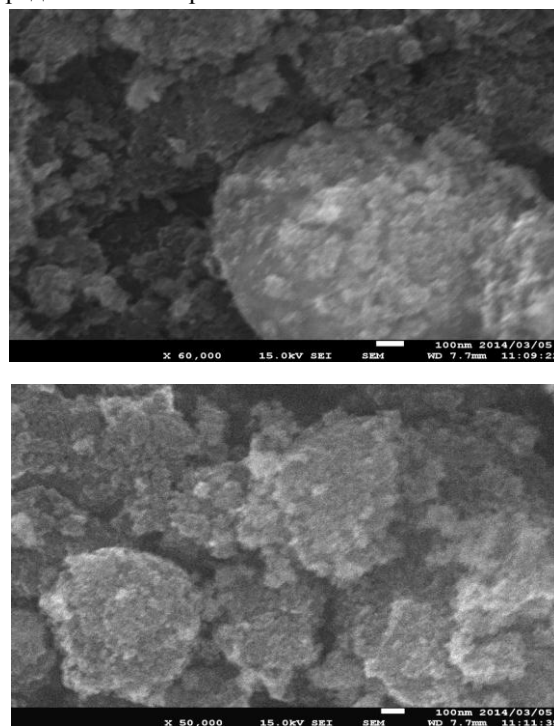


Рис. 2. Микрофотографии продукта электроискрового диспергирования системы SiC-Cu в гексане

Анализ микрофотографий показывает, что продукт электроискрового диспергирования системы SiC-Cu в гексане состоит из агрегатов частиц сферической формы с размерами 20-40 нм.

Таким образом, результаты рентгенофазового анализа и электронной микроскопии показывают возможности получения нанодисперсного композиционного материала, состоящего из металлической меди, карбида кремния и элементарного кремния методом электроискрового диспергирования.

Литература:

1. Минаев А.А., Алимова О.Т., Гришанова М.С. Инновационный анализ развития литых металлокомпозиций // Материалы 77-й международной научно-технической конференции ААИ «Автомобилестроение и тракторостроение в России: Приоритеты развития и подготовка кадров». Секция 6 «Машины и технологии заготовительного производства», 2012. – С. 28-30.
2. Андреева А.В. Основы физикохимии и технологии композитов. – М.: ИПРЖР, 2001. – 192 с.
3. Гульбин В., Попов В., Севостьянов И. Металломатричные композиты, упрочненные высокотвердыми нанопорошками // Журнал Наноиндустрия. Серия: Промышленные технологии, 2007, № 1. – С. 40-45.
4. Попов В.А., Чердынцев В.В. Формирование нанодисперсной металломатричной структуры при совместной высокоэнергетической механоактивации порошков сплавов на основе алюминия с карбидом кремния // Физика металлов и металловедение, 2009, т.107, №1. – С.1-8.
5. Сатывалдиев А.С., Асанов У.А. Электроэрозионный синтез соединений переходных металлов. – Бишкек: КГНУ, 1995. – 187 с.
6. Бакенов Ж.Б., Сатывалдиев А.С. О продукте электроискрового диспергирования карбида кремния // Известия ВУЗов, 2011, №3. – С.133-135.
7. Косолапова Т.Я., Андреева Т.В., Бартницкая Т.Б. и др. Неметаллические тугоплавкие соединения.–М.: Металлургия, 1985.– 224 с.

Рецензент: к.х.н., доцент Муксумова З.С.