

Бакенов Ж.Б., Насирдинова Г.К.

**АЛЮМИНИЙДЕН, КРЕМНИЙ КАРБИДИНЕН ЖАНА КРЕМНИЙДЕН ТУРГАН
МЕТАЛЛ КОМПОЗИТИНИН ТЕРМИКАЛЫК КАСИЕТТЕРИ**

Бакенов Ж.Б., Насирдинова Г.К.

**ТЕРМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОКОМПОЗИТА, СОСТОЯЩЕГО ИЗ
АЛЮМИНИЯ, КАРБИДА КРЕМНИЯ И КРЕМНИЯ**

Zh.B. Bakenov, G.K. Nasirdinova

**THERMAL PROPERTIES OF THE METAL COMPOSITE, CONSISTING OF
ALUMINUM, SILICON CARBIDE AND SILICON**

УДК: 541.16: 546.281

Алюминийден, кремний карбидинен жана кремнийден турган металл композитин 500°C чейин абада ысытканда анын фазалык курамынын өзгөрбөгөндүгү дериватографиялык жана рентген фазалык анализ методдору менен аныкталды.

Негизги сөздөр: металл композити, алюминий, кремний карбиди, кремний, термикалык касиеттер, дериватографиялык анализ.

Методами дериватографического и рентгенофазового анализов установлено, что фазовый состав металлокомпозиата, состоящего из алюминия, карбида кремния и кремния, не изменяется при нагревании его в воздухе до 500°C.

Ключевые слова: металлокомпозит, алюминий, карбид кремния, кремний, термические свойства, дериватографический анализ.

Thermal stability of metal composite, consisting of aluminum, silicon carbide and silicon was studied by derivatographic and XRD analysis, which showed that phase structure of the metal composite does not change after heating up to 500 °C in air.

Key words: metal composite, aluminum, silicon carbide, silicon, thermal properties, derivatographic analysis

Металлокомпозиты применяются при высоких температурах в окислительных средах [1], поэтому определенный интерес вызывает изучение термических свойств металлокомпозита, полученного при совместном электроискровом диспергировании алюминия и карбида кремния в гексане.

Термические свойства металлокомпозита изучался на дериватографе Q-1000/D системы F.Paulik, J.Paulik и L.Erdey фирмы «МОМ» (Будапешт). Метод основан на регистрации прибором изменений термодинамических и физических параметров вещества, которые могут быть вызваны при его нагревании. Термодинамическое состояние пробы описываются кривыми: Т (температурной), ДТА (дифференциальной термоаналитической), ТГ (термогравиметрической) и DTG (дифференциальной термогравиметрической).

Съемка осуществлялась в воздушной среде, в диапазоне температур 20-1000°C. Режим нагревания – динамический (dT/dt = 10 град/мин), в качестве эталонного вещества использован прокаленный Al₂O₃.

Навеска образца составляла 50 мг, а чувствительность весов – 50 мкг.

Для изучения влияния термической обработки на фазовый состав продукта совместного электроискрового диспергирования алюминия с карбидом кремния в гексане продукт нагревался в муфельной печи в воздушной атмосфере при температурах 500°C и 900°C в течении 30 мин.

Фазовый состав исходного и термически обработанного при 500°C и 900°C продукта совместного электроискрового диспергирования алюминия и карбида кремния изучен методом рентгенофазового анализа. Дифрактограммы сняты на дифрактометре RINT-2500 HV на медном отфильтрованном излучении.

Дериватограмма продукта совместного электроискрового диспергирования алюминия и карбида кремния в гексане представлены на рисунке 1.

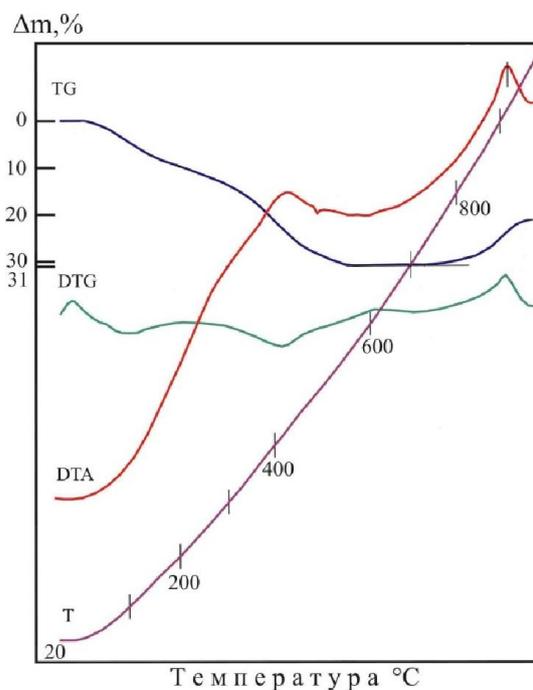


Рис. 1. Дериватограмма продукта совместного электроискрового диспергирования алюминия и карбида кремния в гексане.

Анализ дериватограммы продукта совместного электроискрового диспергирования алюминия и карбида кремния выявил ряд эндотермических и экзотермических эффектов. Эндотермическая реакция, протекающая в промежутке 20-200°C, вызвана удалением молекул гексана, адсорбированного на частицах алюминия, карбида кремния, кремния и на свободном углероде (саже). В этих пределах температур она оставляет на термогравиметрической (TG) линии явно выраженную ступень потери веса, соответствующей 9.8%, а на дифференциальной термогравиметрической кривой вычерчивает при 100°C неглубокий пик, описывающий изменение скорости убыли массы.

Первая экзотермическая реакция, протекает в промежутке 200-500°C. Она вызвана сгоранием свободного углерода, входящего в состав продукта. Известно [2], что при электроискровом диспергировании металлов в углеродсодержащих жидких средах происходит термическое разложение молекул жидкой среды с образованием свободного углерода в виде сажи. Окисление углерода протекает с генерацией тепловой энергии, которая оставляет на ДТА-кривой мощный экзотермический пик с вершиной, расположенной при 425°C (рис. 1). Окисленный продукт, в виде CO₂, покидая систему, образует на термогравиметрической кривой ступень потери веса, соответствующая 21.2% от массы образца (табл. 1). Дальнейший выброс диоксида углерода компенсируется окислением алюминия в интервале температур 560-725°C. В этом интервале температур TG-линия принимает горизонтальное положение. В пределах 725-970°C окисление данного металла активизируется и достигает своего максимума, образуя экзотермический пик при 920°C. При этом увеличение массы образца составляет 10,0%. В итоге масса образца продукта совместного электроискрового диспергирования алюминия и карбида кремния согласно термическому анализу уменьшается на 21,0%.

Согласно дифференциально-термическому анализу продукт совместного электроискрового диспергирования алюминия с карбидом кремния два экзотермического эффекта при 425°C и 920°C, которые соответствуют окислению свободного углерода и металлического алюминия. Поэтому нами методом рентгенофазового анализа изучены фазовый состав данного продукта после термической обработки при температурах 500°C и 900°C.

Дифрактограммы продукта совместного электроискрового диспергирования алюминия с карбидом кремния в гексане, и после его термообработки при 500°C и 900°C, представлены на рисунке 2.

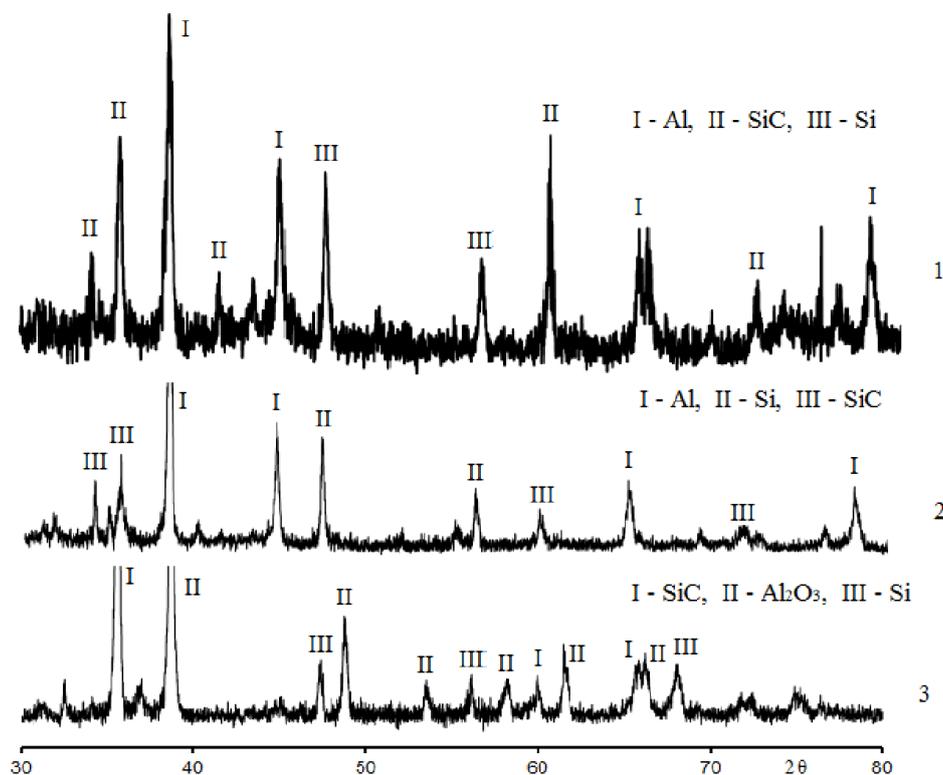


Рис. 2. Дифрактограммы продукта совместного электроискрового диспергирования алюминием с карбидом кремния в гексане (1) и после его термообработки при 500°C (2) и 900°C (3).

Результаты расчета дифрактограмм показывают, что фазовый состав продукта совместного электроискрового диспергирования алюминия с карбидом кремния в гексане после термической обработки при 500°C в атмосфере воздуха не изменяется. Исходный продукт состоит из трех фаз: металлического алюминия, карбида кремния и кремния [3]. Причем главной фазой является алюминий (рис. 2, табл. 1).

Таблица 1

Результаты расчета дифрактограммы продукта совместного электроискрового диспергирования системы карбида кремния с алюминием в гексане

№	Экспериментальные данные		Фазовый состав						
	I	d, Å ⁰	Al		Si		SiC		
			hkl	a, Å ⁰	hkl	a, Å ⁰	hkl	a, Å ⁰	c, Å ⁰
1	36	2,6337					101	3,092	15,076
2	65	2,5231					006		15,108
3	100	2,3417	111	4,056					
4	27	2,1890					104	3,108	15,087
5	58	2,0281	200	4,056					
6	57	1,9225			220	5,438			
7	68	1,5413					108	3,108	15,087
8	42	1,4320	220	4,053					
9	26	1,3159					1010	3,064	15,103
10	24	1,2920					203	3,092	15,076
11	27	1,2482			331	5,440			
12	40	1,2236	311	4,058					

После термической обработки продукт также состоит из этих трех фаз (рис. 2, табл. 2). Главной фазой также является металлический алюминий. Фазовый состав продукта совместного электроискрового диспергирования алюминия с карбидом кремния в гексане после термической обработки при 900°C в атмосфере воздуха изменяется (рис. 2, табл. 3). Действительно происходит окисление металлического алюминия. Поэтому продукт состоит из трех фаз: карбида кремния, оксида алюминия и кремния. Масса образца после термической обработки при 900°C уменьшается на 21%, что соответствует расчетным данным, полученным на основе термогравиметрического анализа.

Таблица 2

Результаты расчета дифрактограммы продукта совместного электроискрового диспергирования системы карбида кремния с алюминием в гексане после термической обработки при 500°C

№	Экспериментальные данные		Фазовый состав						
	I	d, Å ⁰	Al		Si		SiC		
			hkl	a, Å ⁰	hkl	a, Å ⁰	hkl	a, Å ⁰	c, Å ⁰
1	19	2,6307					101	3,060	15,104
2	17	2,5204					006		15,092
3	100	2,3441	111	4,060					

4	33	2,0298	200	4,060					
5	28	1,9217			220	5,435			
6	11	1,5450					108	3,090	15,093
7	16	1,4340	220	4,056					
8	7	1,3175					1010	3,090	15,093
9	6	1,3040					203	3,060	15,104
10	7	1,2471			331	5,436			
11	16	1,2236	311	4,058					

Таблица 3

Результаты расчета дифрактограммы продукта совместного электроискрового диспергирования системы карбида кремния с алюминием в гексане после термической обработки при 900°C

№	Экспериментальные данные		Фазовый состав							
	I	d, Å ⁰	SiC			Al ₂ O ₃			Si	
			hkl	a, Å ⁰	c, Å ⁰	hkl	a, Å ⁰	c, Å ⁰	hkl	a, Å ⁰
1	100	2,5168	006		15,101					
2	98	2,3254				110	4,651			
3	13	2,0051				113	4,685	12,963		
4	24	1,9202							220	5,431
5	19	1,7115				024	4,650	12,991		
6	20	1,6377							311	5,431
7	20	1,5841				116	4,685	12,963		
8	20	1,5427	108	3,091	15,095					
9	28	1,5064				018	4,650	12,991		
10	26	1,4109				214	4,721	12,910		
11	23	1,3602							400	5,441
12	15	1,3149	1010	3,091	15,095					
13	15	1,2449							331	5,426

Таким образом, на основе дериватографического и рентгенофазового анализов установлено, что фазовый состав металлокомпозиата, синтезированного при совместном электроискровом диспергировании алюминия и карбида кремния, устойчив при нагревании в воздухе до 500°C. Интенсивное окисление частиц алюминия, находящиеся в составе металлокомпозиата, происходит в области температур 725-970°C. На ДТА-кривой наблюдаются две экзотермических максимума при 425°C и 920°C, которые соответствуют окислению свободного углерода и алюминия.

Литература:

1. Бакенов Ж.Б., Сатывалдиев А.С., Осмонканова Г.Н. Синтез нанокомпозитов при совместном электроискровом диспергировании карбида кремния с железой и никелем//Известия ВУЗов Кыргызстана, 2016, №1. - С.47-49.
2. Сатывалдиев А.С., Асанов У.А. Электроэрозионный синтез соединений переходных металлов. - Бишкек: КГНУ, 1995. - С. 187.
3. Бакенов Ж.Б., Сатывалдиев А.С., Осмонканова Г.Н. Фазовый состав и дисперсность продуктов электроискрового диспергирования системы SiC-Al. Наука, техника и образование, 2016. №3 (21). - С. 63-66.

Рецензент: к.хим.н., профессор Молдошев А.М.