

**ХИМИЯ ИЛИМДЕРИ**  
**ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ**  
**CHEMICAL SCIENCE**

*Мадиярова А.М., Сатывалдиев А.С.*

**АЛЮМИНИЙДИН ЭЛЕКТР УЧКУНДУК ДИСПЕРСТӨӨ  
 ПРОДУКТАЛАРЫНЫН ФАЗАЛЫК КУРАМЫНЫН СУЮК ЧӨЙРӨНҮН  
 ЖАРАТЫЛЫШЫНАН КӨЗ КАРАНДЫЛЫГЫ**

*Мадиярова А.М., Сатывалдиев А.С.*

**ЗАВИСИМОСТЬ ФАЗОВОГО СОСТАВА ПРОДУКТОВ  
 ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ АЛЮМИНИЯ ОТ ПРИРОДЫ  
 ЖИДКОЙ СРЕДЫ**

*A.M. Madiyarova, A.S. Satyvaldiev*

**DEPENDENCE OF THE PHASE COMPOSITION OF PRODUCTS OF ALUMINUM  
 ELECTROSPARK DISPERSION ON THE NATURE OF A LIQUID MEDIUM**

УДК: 621.762

*Методом рентгенофазового анализа установлено, что фазовый состав продуктов электроискрового диспергирования алюминия зависит от природы жидкой среды. В гексане и спирте образуются продукты, содержащие алюминий и карбид алюминия. Продукт, полученный в воде, состоит из гидроксида алюминия и металлического алюминия.*

**Ключевые слова:** электроискровое диспергирование, продукт, алюминий, карбид алюминия, гидроксид алюминия.

*Алюминийди электр учкундук дисперстөө продуктарынын фазалык курамы, суюк чөйрөнүн жаратылышынан көз карандылыгы рентген фазалык анализ методу менен аныкталды. Гександа жана спиртте алюминийден жана алюминийдин карбидинен турган продукт пайда болот. Сууда алынган продукт алюминийдин гидроксидинен жана металлдык алюминийден турат.*

**Негизги сөздөр:** электр учкундук дисперстөө, продукт, алюминий, алюминийдин карбиди, алюминийдин гидроксиди.

*By the method of X-ray diffraction analysis it was revealed that the phase composition of electrospark dispersion products of aluminum depends on the nature of the liquid medium. In hexane and alcohol, products containing aluminum and aluminum carbide are formed. The product obtained in water consists of aluminum hydroxide and aluminum metal.*

**Key words:** electrospark dispersion, product, aluminum, aluminum carbide, aluminum hydroxide.

Известно, что уменьшение размеров частиц металлов приводит к повышению их химической активности, поэтому неустойчивость нанодисперсных порошков алюминия на воздухе значительно усложняют его практическое использование [1]. Наряду с размерным фактором существенное влияние на реакционную способность оказывает структурные особенности, связанные с методами получения нанопорошков. В этом плане определенный интерес представляет изучение фазового состава

продуктов электроискрового диспергирования алюминия, синтезированного в различных жидких средах.

Электроискровое диспергирование металлов в жидких углеводородах осуществляется в отсутствие воздуха и влаги. Это исключает взаимодействие алюминия с кислородом и водой. А также на стабильности высокодисперсных порошков алюминия, получаемых в условиях искрового разряда, должен оказывать влияние и их сверхскоростная закалка. В канале искрового разряда возникает температура до 10000°C и под действием такой температуры металл плавится и может закипеть [2]. Под действием ударной волны, сопровождающий искровой разряд, происходит удаление расплавленного металла из микрочастицы поверхности электрода в виде мельчайших частиц в жидкой среде и эти частицы подвергаются высокоскоростной закалке.

Для получения продуктов диспергирования алюминия в условиях искрового разряда была использована установка, разработанная У.Асановым и его сотрудниками и предназначенная для проведения химического синтеза [3], а в качестве электродов – стержни из алюминия с размерами 30 x 7 x 1,5 мм. Энергия единичного разряда составляла 0,05Дж. В качестве жидкой среды использованы гексан, этиловый спирт (96%) и дистиллированная вода.

Продукты, синтезированные в гексане и спирте отделялись от жидкой фазы декантацией и высушивались при 50-60°C в сушильном шкафу, а продукт, полученный в воде, промывался спиртом и затем высушивался.

В работе [4] показаны возможности синтеза нанопорошков металлов при их электроискровом диспергировании в различных жидких средах.

Фазовый состав продуктов изучен методом рентгенофазового анализа, а их дифрактограммы сняты на дифрактометре RINT-2500 HV.

Таблица 2

На рисунке представлены дифрактограммы продуктов электроискрового диспергирования алюминия в гексане, спирте и воде, а результаты их расчетов представлены в таблицах 1, 2 и 3.

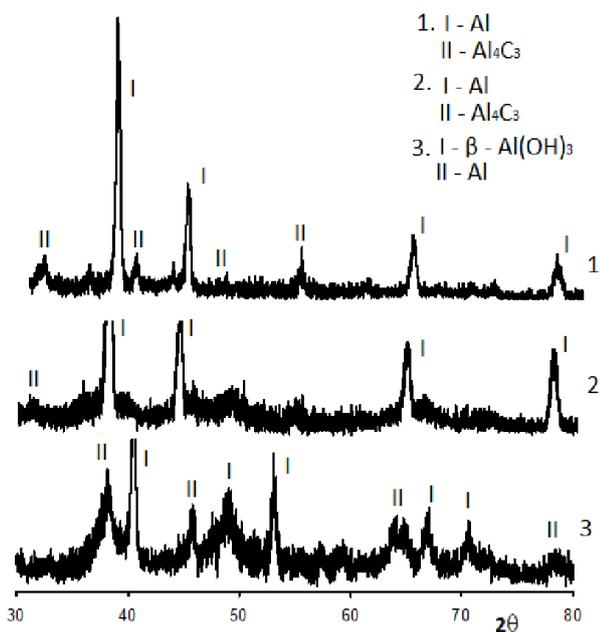


Рис. Дифрактограммы продуктов электроискрового диспергирования алюминия в гексане (1), спирте (2) и воде (3)

Анализ дифрактограмм продуктов электроискрового диспергирования алюминия показывает, что фазовый состав продуктов зависит от природы жидкой среды.

Таблица 1

Результаты расчета дифрактограммы продукта электроискрового диспергирования алюминия в гексане

№	Экспериментальные данные		Фазовый состав			
	I	d, A°	Al		Al <sub>4</sub> C <sub>3</sub>	
			hkl	a, A°	hkl	d, A°
1	15	2,8400			012	2,84
2	13	2,5259			015	2,53
3	100	2,3566	111	4,082		
4	17	2,2659			107	2,27
5	12	2,1024			0012	2,10
6	41	2,0429	200	4,086		
7	19	1,6808			0015	1,68
8	7	1,5225			0114	1,53
9	23	1,4395	220	4,071		
10	16	1,2289	311	4,076		

Результаты расчета дифрактограммы продукта электроискрового диспергирования алюминия в спирте

№	Экспериментальные данные		Фазовый состав			
	I	d, A°	Al		Al <sub>4</sub> C <sub>3</sub>	
			hkl	a, A°	hkl	d, A°
1	12	2,8295			012	2,84
2	13	2,5014			015	2,53
3	100	2,3488	111	4,068		
4	57	2,0333	200	4,067		
5	17	1,8953			1010	1,91
6	13	1,6684			0015	1,68
7	31	1,4351	220	4,059		
8	28	1,2234	311	4,057		

Таблица 2

Результаты расчета дифрактограммы продукта электроискрового диспергирования алюминия в воде

№	Экспериментальные данные		Фазовый состав			
	I	d, A°	β-Al(OH) <sub>3</sub>		Al	
			hkl	d, A°	hkl	a, A°
1	53	2,3523	002	2,34	111	4,074
2	100	2,2251	111	2,21		
3	17	2,0272			200	4,054
4	36	1,9770	201	1,97		
5	44	1,8497	003	1,83		
6	60	1,7241	112	1,71		
7	19	1,6007	202	1,59		
8	19	1,5497	211	1,55		
9	33	1,4551	300	1,45		
10	28	1,4324			220	4,051
11	37	1,3960	212	1,39		
12	31	1,3340	302	1,33		
13	18	1,2201			311	4,047

Основной фазой продуктов электроискрового диспергирования алюминия в гексане и спирте является металлический алюминий с кубической решеткой, а второй фазой является карбид алюминия (рис., табл.1, 2). Продукт электроискрового диспергирования алюминия в дистиллированной воде состоит из гидроксида алюминия β-Al(OH)<sub>3</sub> и металлической фазы (рис., табл.3). Главной фазой продукта является гидроксид алюминия.

При электроискровом диспергировании металлов, всегда существует химическое взаимодействие между диспергируемым металлом и продуктами разложения жидкой среды. При этом природа синтезируемого соединения зависит как от природы металла, так и от природы жидкой среды. Поэтому при электроискровом диспергировании алюминия в гексане и спирте, кроме высокодисперсного порошка алюминия, образуется и его карбид, а в воде образуется гидроксид алюминия.

В работе [5] методом электрического взрыва проволоки алюминия в среде бутана получен порошок алюминия, поверхность которого покрыть карбидом алюминия. Авторы предполагают, что оболочка из  $Al_4C_3$  препятствует агломерации металлических частиц, что приводит к уменьшению их размеров.

В составе продуктов электроискрового диспергирования алюминия в гексане и спирте, кроме высокодисперсного порошка металла и его карбида, находится также рентгеноаморфный углерод в виде сажи.

В табл. 4 приведены значения периода кристаллической решетки алюминия, находящегося в составе продуктов электроискрового диспергирования алюминия в различных жидких средах.

Таблица 4

**Значение периода кристаллической решетки алюминия, находящегося в составе продуктов, полученных в различных жидких средах**

№	Жидкая среда	Значение периода решетки алюминия, $A^{\circ}$
1	Гексан	4,082
2	Спирт	4,063
3	Вода	4,050

Согласно табл. 4, значение периода кристаллической решетки алюминия, находящегося в составе продуктов, зависит от природы жидкой среды. Продукт, полученный в воде, содержит практически чистый металл, т.к. значение его периода решетки соответствует для алюминия ( $a=4,050A^{\circ}$ ). Значение периода решетки алюминия, находящегося в составе продуктов, полученных в гексане и спирте, имеет более высокое значение. Отсюда можно предположить о том, что в продуктах электроискрового диспергирования алюминия в гексане и спирте алюминий, по всей вероятности, может

представлять собой твердый раствор углерода в алюминии, т.к. при разложении молекул соответствующей жидкой среды образуется свободный углерод. Согласно с литературным данным [6] максимальная растворимость C в Al составляет 0,04% (масс.).

Таким образом, методом рентгенофазового анализа установлено, что фазовый состав продуктов электроискрового диспергирования алюминия зависит от природы жидкой среды. В гексане и спирте образуются продукты, содержащий алюминий и карбид алюминия  $Al_4C_3$ . Продукт, полученный в воде, состоит из гидроксида алюминия и металлического алюминия.

**Литература:**

1. Чуистов К.В., Шпак А. П., Перекос А. Е., Рудь А. Д., Уваров В.Н. Малые металлические частицы: способы получения, атомная и электронная структура, магнитные свойства и практическое использование // Успехи физ. мет., 2003, т. 4. - С. 235—269.
2. Лопатько К.Г., Олишевский В.В., Маринин А.И., Афтандиянц Е.Г. Образование наноразмерной фракции металлов при электроискровой обработке гранул // Электронная обработка материалов, 2013, 49(6).– С. 80-85.
3. Сатывалдиев А.С., Асанов У.А. Электроэрозионный синтез соединений переходных металлов. – Бишкек: КГНУ, 1995. – 187 с.
4. Сатывалдиев А. Синтез металлических и металлсодержащих наноструктур методом электроискрового диспергирования // Известия ВУЗов, 2014, №4. - С. 28-32.
5. Котов Ю.А., Бекетов И.В., Медведев А.И., Мурзакаев А.М., Тимошенкова О.Р., Демина Т.М. Формирование карбидной оболочки на поверхности наночастиц алюминия и получение нанопорошков Al-  $Al_4C_3$  методом электрического взрыва // Российские нанотехнологии, 2010, т.5, №11-12. – С. 115-119.
6. Диаграмма состояния двойных металлических систем: справочник: в 3 т. / под ред. Н.П. Лякишева. – М.: Машиностроение, 1996, т.1. – 992 с.

Рецензент: к.х.н., доцент Насирдинова Г.К.