

*Темирбаев К.Т., Сатывалдиев А.С., Жорокулов Д.А.*

**АЛЮМИНИЙ МЕНЕН ЖЕЗДИ БИРГЕ ЭЛЕКТР УЧКУНДУК ДИСПЕРСТӨӨ  
ПРОДУКТАЛАРЫНЫН ФАЗАЛЫК КУРАМЫНЫН СУЮК ЧӨЙРӨНҮН  
ЖАРАТЫЛЫШЫНАН КӨЗ КАРАНДЫЛЫГЫ**

*Темирбаев К.Т., Сатывалдиев А.С., Жорокулов Д.А.*

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

*K.T. Temirbaev, A.S. Satyvaldiev, D.A. Zhorokulov*

**DEPENDENCE OF THE PHASE COMPOSITION OF PRODUCTS OF JOINT  
ELECTRIC-SPARK DISPERSION OF ALUMINUM AND COPPER ON THE  
NATURE OF LIQUID MEDIUM**

УДК: 536.46:541.182

*Алюминий менен жезди бирге электр учкундук дисперстөө продукталарынын фазалык курамы, суюк чөйрөнүн жаратылышынан көз карандылыгы, рентген фазалык анализ методу менен далилденди. Гексан менен сууда алюминийдин карбиди жана гидроксиди, ал эми спиртке металлдардын катуу эритмелери менен  $Cu_9Al_4$  интерметаллиди пайда болот.*

**Негизги сөздөр:** *рентген фазалык анализ, фазалык курам, электр учкундук дисперстөө, алюминий, жез, гексан, спирт, суу.*

*Методом рентгенофазового анализа установлено, что фазовый состав продуктов совместного электроискрового диспергирования алюминия с медью зависит от природы жидкой среды. В гексане и воде образуются карбид и гидроксид алюминия, а в спирте – твердые растворы металлов и интерметаллид  $Cu_9Al_4$ .*

**Ключевые слова:** *рентгенфазовый анализ, фазовый состав, электроискровое диспергирование, алюминий, медь, гексан, спирт, вода.*

*By the method of X-ray phase analysis it was showed that the phase composition of products of joint electric-spark dispersion of aluminum with copper depends on the nature of liquid medium. In hexane and water, carbide and aluminum hydroxide are formed, and in alcohol - solid solutions of metals and intermetallide  $Cu_9Al_4$ .*

**Key words:** *X-ray phase analysis, phase composition, electrosark dispersion, aluminum, copper, hexane, alcohol, water.*

Диаграмма состояния системы Al-Cu является достаточно сложной [1]. В данной системе установлено наличие пятнадцати фаз. Из них две фазы являются твердыми растворами на основе Cu и Al. Твердый раствор на основе Cu охватывает широкую область составов, причем с понижением температуры растворимость Al в Cu повышается. Максимальная растворимость Al соответствует 19,7% (ат.) при эвтектоидной температуре 565°C, а растворимость Cu в Al при эвтектической температуре 548°C составляет 2,48 % (ат.).

В этом плане определенный интерес представляет изучение поведения алюминия и меди при их совместном электроискровом диспергировании. При электроискровом диспергировании металлов в микрообъеме контактирующих электродов, под действием концентрированной энергии искрового разряда, происходит расплавление металлов. Под действием ударной волны искрового разряда расплавы металлов выбрасываются в объем реактора. При этом создается условие для образования твердых растворов, интерметаллидов и других соединений диспергируемых металлов [2].

В работе [3] показано, что при совместном электроискровом диспергировании меди и никеля происходит образование твердого раствора между ними.

Для получения продуктов совместного электроискрового диспергирования алюминия и меди использована лабораторная установка с одиночными электродами. Электроды были изготовлены из алюминиевого и медного стержня, а в качестве жидкой среды использованы гексан, этиловый спирт (96%) и дистиллированная вода. Полученные продукты находятся в составе твердой фазы, которая отделяется от жидкой фазы декантацией. Продукты, полученные в гексане и спирте, высушиваются в сушильном шкафу при 70-80°C, а продукт, полученный в воде, сначала промывается спиртом и затем высушивается.

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

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

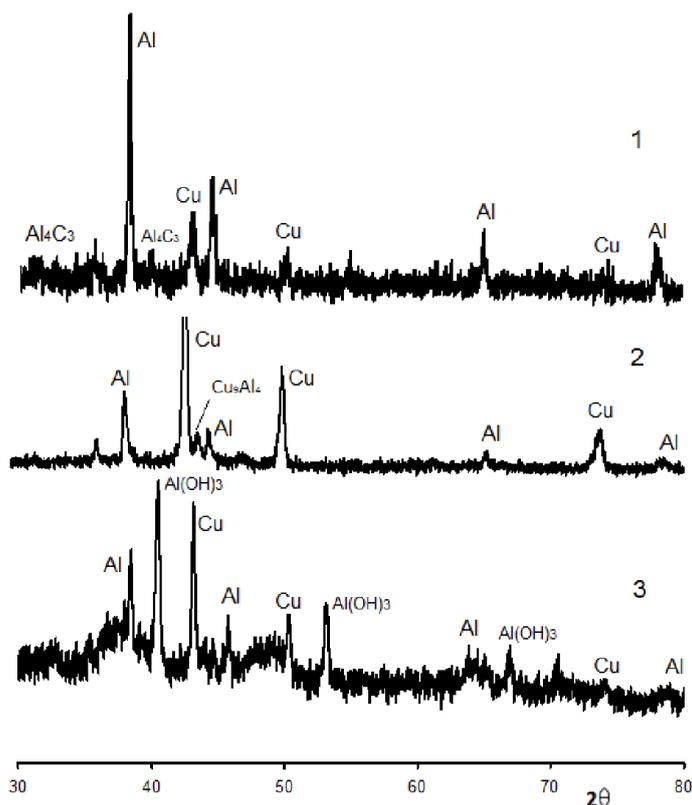


Рис. Дифрактограммы продуктов совместного электроискрового диспергирования алюминия и меди в гексане (1), спирте (2) и воде (3).

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

Таблица 1

Результаты расчета дифрактограммы продукта совместного электроискрового диспергирования алюминия и меди в гексане

№	Экспериментальные данные		Фазовый состав					
	I	d, A°	Al		Cu		Al <sub>4</sub> C <sub>3</sub>	
			hkl	a, A°	hkl	a, A°	hkl	d, A°
1	17	2,8173					012	2,80
2	18	2,5108					015	2,49
3	100	2,3394	111	4,052				
4	20	2,2464					107	2,23
5	29	2,0950			111	3,629		
6	45	2,0247	200	4,049				
7	20	1,8105			200	3,621		
8	27	1,4320	220	4,050				
9	22	1,2233	331	4,057				
10	17	1,2798			220	3,620		

Таблица 2

Результаты расчета дифрактограммы продукта совместного электроискрового диспергирования алюминия и меди в спирте

№	Экспериментальные данные		Фазовый состав					
	I	d, A°	Cu		Al		Cu <sub>9</sub> Al <sub>4</sub>	
			hkl	a, A°	hkl	a, A°	hkl	a, A°
1	29	2,3371			111	4,048		
2	100	2,0997	111	3,637				
3	10	2,0525					330	8,708
4	12	2,0212			200	4,042		
5	39	1,8186	200	3,637				
6	27	1,4269			220	4,036		
7	14	1,2830	220	3,629				
8	4	1,2158			311	4,032		

a  
б  
л  
и  
ц  
а

Таблица 3

**Результаты расчета дифрактограммы продукта совместного электроискрового диспергирования алюминия и меди в воде**

№	Экспериментальные данные		Фазовый состав						
			β-Al(OH) <sub>3</sub>		Cu		Al		
	I	d, Å	hkl	d, Å	hkl	a, Å	hkl	a, Å	
1	64	2,3394						111	4,052
2	100	2,2251	111	2,21					
3	87	2,0932			111	3,625			
4	17	2,0238					200	4,048	
5	40	1,8112			200	3,622			
6	42	1,7228	112	1,71					
7	16	1,4318					220	4,050	
8	23	1,3975	212	1,39					
9	6	1,2780			220	3,615			
10	4	1,2201					331	4,047	

На дифрактограмме продукта, полученного в гексане, самые интенсивные линии относятся к алюминию (рис.). Второй фазой продукта является медь. На дифрактограмме имеются линии характерные для карбида алюминия Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub>. Это подтверждают и результаты расчета дифрактограммы (табл.1).

Продукт совместного электроискрового диспергирования алюминия и меди в спирте также состоит из трех фаз. Главной фазой является металлическая медь, второй фазой – металлический алюминий. В составе продукта в небольшом количестве содержится интерметаллическое соединение Cu<sub>9</sub>Al<sub>4</sub> (табл.2).

При совместном электроискровом диспергировании алюминия и меди в воде также образуется трехфазный продукт, состоящий из гидроксида алюминия β-Al(OH)<sub>3</sub>, металлических меди и алюминия (рис., табл.3). Причем основной фазой продукта является гидроксид алюминия.

При электроискровом диспергировании металлов, всегда существует химическое взаимодействие между диспергируемым металлом и продуктами разложения жидкой среды. При этом природа образуемого соединения зависит как от природы металла, так и от природы жидкой среды. Поэтому при совместном электроискровом диспергировании алюминия и меди в гексане образуется карбид алюминия, а в спирте не установлено образование карбидного соединения. При совместном электроискровом диспергировании алюминия и меди в воде образуется гидроксид алюминия. В паре алюминий и медь в условиях электроискрового диспергирования более активным является алюминий, который взаимодействует углеродом гексана и водой. Образование интерметаллида Cu<sub>9</sub>Al<sub>4</sub> наблюдается только при совместном электроискровом диспергировании алюминия и меди в спирте. Интерметаллическое соединение Cu<sub>9</sub>Al<sub>4</sub> получено в составе

**Рецензент: к.х.н., доцент Жаснакунов Ж.К.**

продуктов совместного электрического взрыва проводников из алюминия и меди в среде аргона [4].

В табл. 4 приведены значения периода кристаллической решетки металлических фаз продуктов совместного электроискрового диспергирования алюминия и меди.

Таблица 4

**Значение периода кристаллической решетки металлических фаз продуктов совместного электроискрового диспергирования алюминия и меди**

№	Жидкая среда	Значение периода решетки металлов, Å	
		Al	Cu
1	Гексан	4,050	3,623
2	Спирт	4,037	3,634
3	Вода	4,049	3,620

Согласно табл. 4, значение периода кристаллической решетки алюминия и меди, находящихся в составе продуктов, зависит от природы жидкой среды. Продукты, полученные в гексане и воде, содержат практически чистые металлы, т.к. значение их периода решетки мало отличается от значения соответствующих металлов (a<sub>Al</sub>=4,050Å, a<sub>Cu</sub>=3,615Å). Значение периода решетки металлических фаз, полученных в спирте, для алюминия значительно меньше, а для меди более высокое. Отсюда можно предположить о том, что в продуктах совместного электроискрового диспергирования алюминия и меди в спирте металлические фазы, по всей вероятности, представляют собой твердые растворы соответствующих металлов.

Таким образом, методом рентгенофазового анализа установлено, что фазовый состав продуктов совместного электроискрового диспергирования алюминия и меди зависит от природы жидкой среды. В гексане образуется продукт, содержащий алюминий, медь и карбида алюминия Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub>, а в спирте образуются твердые растворы металлов и интерметаллид Cu<sub>9</sub>Al<sub>4</sub>. Продукт, полученный в воде, состоит из гидроксида алюминия и соответствующих металлов.

**Литература:**

1. Диаграмма состояния двойных металлических систем: справочник: в 3 т. / под ред. Н.П. Лякишева. – М.: Машиностроение, 1996, т.1. – 992 с.
2. Сатывалдиев А.С. Синтез металлических и металлосодержащих наноструктур методом электроискрового диспергирования // Известия ВУЗов, 2014, №4. – С.28-32.
3. Нышанов З. А., Рыстаева Р.А., Эмил Омурзак, Сатывалдиев А.С. Фазовый состав и свойства продуктов электроискрового диспергирования системы Cu-Ni // Наука и новые технологии, 2014, №4. – С.151-153.
4. Ильин А.П., Назаренко О.Б., Тихонов Д.В., Яблунский Г.В. Получение и свойства электровзрывных нанопорошков сплавов и интерметаллидов //Известия Томского политехнического универ-та, 2005, т.308, №4. – С.71-74.