

Мищенко В.С., Чынтемиров Я., Сатывалдиев А.С.

**АЛЮМИНИЙДИ НИКЕЛЬ ЖАНА ЖЕЗ МЕНЕН
ЭЛЕКТР УЧКУНДУК ДИСПЕРСТӨӨ ПРОДУКТУЛАРЫНЫН ФАЗАЛЫК
КУРАМЫ ЖАНА ДИСПЕРСТҮҮЛҮГҮ**

Мищенко В.С., Чынтемиров Я., Сатывалдиев А.С.

**ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И ДИСПЕРСНОСТЬ ПРОДУКТОВ
СОВМЕШНОГО ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ
АЛЮМИНИЯ С НИКЕЛЕМ И МЕДЬЮ**

V.S. Mishchenko, Ya. Chyntemirov, A.S. Satyvaldiev

**THE PHASE COMPOSITION AND DISPERSION
OF PRODUCTS OF COMBINED ELECTRO-SPARK DISPERSION
OF ALUMINUM WITH NICKEL AND COPPER**

УДК: 536.46:541.182

Электр учкундук дисперстөө шартында алюминий никель менен $AlNi_3$ интерметаллидин пайда кыларын, ал эми жез менен аракеттенбешин рентген фазалык анализ методу менен далилдеген. Алынган продуктулар өлчөмдөрү 20-30 нм болгон нанобөлүкчөлөрдөн турат.

Негизги сөздөр: *рентген фазалык анализ, фазалык курам, электр учкундук дисперстөө, алюминий, никель, жез, электрондук микроскопия, нанобөлүкчөлөр.*

Методом рентгенофазового анализа установлено, что в условиях электроискрового диспергирования алюминий с никелем образует интерметаллид $AlNi_3$, а с медью не взаимодействует. Полученные продукты состоят из нанодисперсных частиц с размерами 20-30 нм.

Ключевые слова: *рентгенфазовый анализ, фазовый состав, электроискровое диспергирование, алюминий, никель, медь, электронная микроскопия, наночастицы.*

By the method of X-ray diffraction it was revealed that under the conditions of electro-spark dispersion of aluminum with nickel, aluminum forms intermetallic compound $AlNi_3$, and it does not interact with copper. The obtained products consist of nano-sized particles sizes of 20-30nm.

Key words: *X-ray phase analysis, phase composition, electro-spark dispersion, aluminum, nickel, copper, electron microscopy, nanoparticles.*

Развитие техники и технологий постоянно требует новых материалов необычными физико-химическими и физико-механическими свойствами. В этом плане определенный интерес представляют сплавы алюминия. Они широко применяются в качестве конструкционных материалов для изготовления деталей машин и приборов, т.к. они обладают высокой электро- и теплопроводностью, коррозионной стойкостью, низким коэффициентом трения [1].

В настоящее время широко применения находят порошкообразные сплавы. При этом значительно снижается трудоемкость изготовления деталей из

сплавов, а также достигается значительная экономия сплавов. Для получения порошков сплавов металлов используются следующие методы: механическое измельчение, восстановление оксидов, распыление расплава водой или воздухом, электрохимическое осаждение, автоклавное восстановление, цементация, которые отличаются по производительности, дисперсности и морфологии получаемого порошка [1]. Для получения высокодисперсных порошков сплавов алюминия практический интерес представляет метод электроискрового диспергирования. Данный метод отличается простотой аппаратного оформления, а в качестве исходного материала используются металлы, порошки которых необходимо получить. Синтез осуществляется под действием энергии искрового разряда, концентрированной в микрообъеме контактирующих электродов. В результате закалки образующихся продуктов происходит сохранение нестабильных фаз [2]. Поэтому изучение фазового состава и дисперсности продуктов совместного электроискрового диспергирования алюминия с никелем и медью является актуальной.

Для получения продуктов систем Al-Ni и Al-Cu использована лабораторная электроэрозионная установка с одиночными электродами. Электроды были изготовлены из алюминиевых, никелевых и медных стержней, а в качестве диэлектрической среды использован гексан. Продукты электроискрового диспергирования систем Al-Ni и Al-Cu находятся в составе твердой фазы, которая отделяется от жидкой фазы декантацией. Выделенный продукт промывается спиртом и затем высушивается в сушильном шкафу при 90-100°C.

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

HV. Дисперсность и морфология продуктов установлены методом электронной микроскопии. Микрофотографии продуктов сняты на эмиссионном сканирующем электронном микроскопе JOEL JSM-7600F.

На рисунке 1 представлены дифрактограммы продуктов электроискрового диспергирования систем Al-Ni и Al-Cu в гексане, а результаты расчета представлены в таблицах 1, 2.

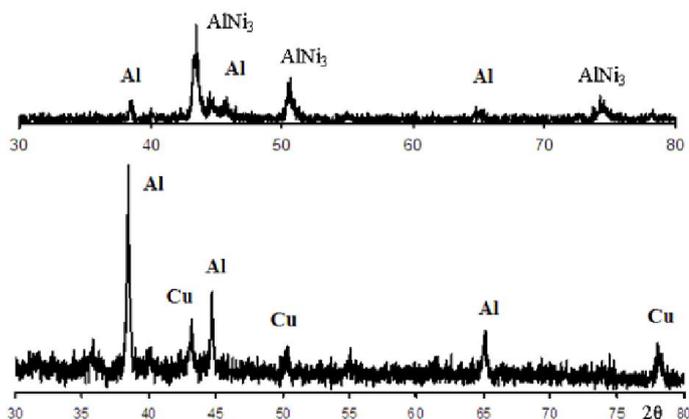


Рис. 1. Дифрактограммы продуктов электроискрового диспергирования систем Al-Ni (1) и Al-Cu (2) в гексане.

Анализ дифрактограмм показывает, что фазовый состав продуктов совместного электроискрового диспергирования алюминия с металлами зависит от природы второго металла.

Таблица 1

Результаты расчета дифрактограммы продуктов электроискрового диспергирования системы Al-Ni в гексане

№	Экспериментальные данные		Фазовый состав			
	I	d, Å	AlNi ₃		Al	
			hkl	a, Å	hkl	a, Å
1	24	2,3289			111	4,034
2	100	2,0785	111	3,600		
3	36	2,0212			200	4,042
4	57	1,8085	200	3,617		
5	19	1,4269			220	4,036
6	32	1,2736	220	3,602		

Таблица 2

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

№	Экспериментальные данные		Фазовый состав			
	I	d, Å	Al		Cu	
			hkl	a, Å	hkl	a, Å
1	100	2,3394	111	4,052		
2	29	2,0950			111	3,629
3	45	2,0247	200	4,050		
4	20	1,8105			200	3,612
5	27	1,4320	220	4,050		
6	12	1,2789			220	3,618

Продукт электроискрового диспергирования системы Al-Ni в гексане состоит из двух фаз (рис. 1). Основной фазой является интерметаллическое соединение AlNi₃ с гранцентрированной кристаллической решеткой, а второй фазой является металлический алюминий (табл. 1). По литературным данным [3] в системе Al-Ni существуют следующие четыре соединения: Al₃Ni (β-фаза), Al₃Ni₂ (γ-фаза), AlNi (δ-фаза) и AlNi₃ (ε-фаза). Соединения Al₃Ni₂ и AlNi₃ характеризуются относительно узкими областями гомогенности, AlNi – широкой, а фаза Al₃Ni отвечает формульному составу. Фазы Al₃Ni, Al₃Ni₂ и AlNi₃ образуются по перитектическим реакциям.

На дифрактограмме продукта электроискрового диспергирования системы Al-Cu имеются линии соответствующие алюминию и меди (рис. 1). Это подтверждают и результаты расчета дифрактограммы (табл. 2).

Диаграмма состояния системы Al-Cu является достаточно сложной [3]. В данной системе установлено наличие пятнадцати фаз. 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 эвтектидной температуре 565°C, а растворимость Cu в Al при эвтектической температуре 548°C составляет 2,48% (ат.). Отсюда можно предположить, что в продуктах системы Al-Cu металлические фазы, по всей вероятности представляют собой твердые растворы соответствующих металлов.

В таблице 3 приведено содержание металлов в составе продуктов электроискрового диспергирования систем: Al-Ni и Al-Cu. Содержание металлов определено на основе расхода электродов при диспергировании соответствующих систем. Расход электродов устанавливался взвешиванием электродов до и после процесса.

Таблица 3

Содержание металлов в составе продуктов совместного электроискрового диспергирования систем: Al-Ni и Al-Cu в гексане

Металлы	Содержание металлов		
	в г	в масс. %	в атом. %
Al-Ni			
Al	0,138	35,94	54,84
Ni	0,246	64,06	45,16
Al-Cu			
Al	0,217	30,18	50,63
Cu	0,502	69,82	49,37

Из таблицы 3 видно, что в составе продуктов содержание алюминия составляет от 50-55% (ат.) в зависимости от природы второго металла. При электроискровом диспергировании систем Al-Ni и Al-Cu

образуются продукты, содержащие более высокое количество алюминия. Поэтому в продукте системы Al-Ni избыточное количество алюминия проявляется в виде металлической фазы.

Определенный интерес представляет изучение дисперсности продуктов электроискрового диспергирования систем: Al-Ni и Al-Cu, поэтому их микрофотографии представлены на рисунках 2, 3. Из анализа микрофотографий видно, что продукты электроискрового диспергирования систем Al-Ni и Al-Cu в гексане представляют собой нанодисперсную систему. Не зависимо от природы второго металла частицы имеют размеры 20-30 нм. На микрофотографиях хорошо видны скопление сферических частиц с размерами 20-30 нм.

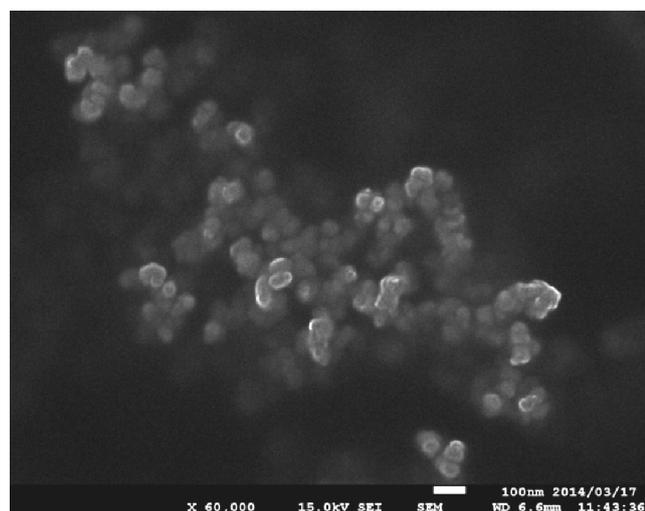
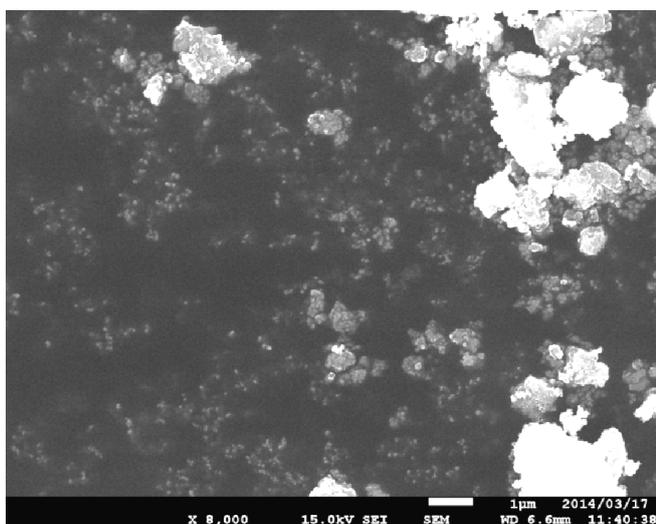


Рис. 2. Микрофотографии продуктов электроискрового диспергирования системы Al-Ni в гексане.

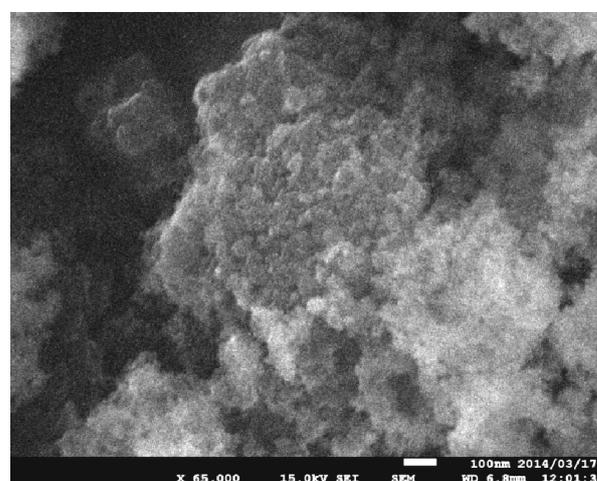
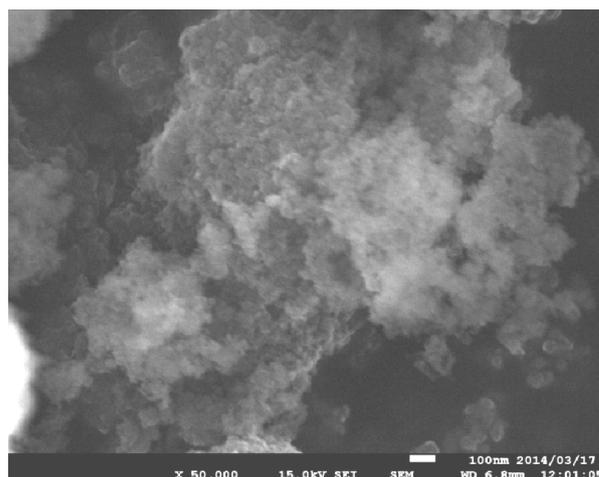


Рис. 3. Микрофотографии продуктов электроискрового диспергирования системы Al-Cu в гексане.

Таким образом, методом рентгенофазового анализа установлено, что фазовый состав продуктов совместного электроискрового диспергирования алюминия с металлами зависит от природы второго металла. При электроискровом диспергировании системы Al-Ni образуется двухфазный продукт, состоящий из интерметаллида $AlNi_3$ и металлического алюминия. Продукт системы Al-Cu также состоит из двух фаз – металлических алюминия и меди, которые, возможно, представляют собой твердые растворы Cu в Al и Al в Cu с ограниченной растворимостью. Методом электронной микроскопии показано, что продукты электроискрового диспергирования систем Al-Ni и Al-Cu состоят из нанодисперсных частиц с размерами 20-30 нм.

Литература:

1. Толмачев Т.П., Пилюгин В.П., Солодова И.П., Анчаров А.И. и др. Механическое формирование сплавов из элементов порошков Cu-Ag, Cu-C и их свойства при вылеживании и последующих нагревах//Вестник ЮУрГУ, Серия «Металлургия», 2013, т.13, №1. - С.115-121.
2. Сатывалдиев А., Асанов У.А. Электроэрозионный синтез соединений переходных металлов. - Б.: КГНУ, 1995.-187с.
3. Диаграмма состояния двойных металлических систем: справочник: в 3 т./под ред. Н.П. Лякишева. - М.: Машиностроение, 1996, т.1. - 992 с.

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