

3. Ягодкин Ю.Д., Добаткин С.В. Применение электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа для определения размеров структурных элементов в нанокристаллических материалах // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2007. – Т. 73, № 1. – С. 38-49.
4. Калашников И.Е. Исследование структуры и свойств алюмоматричных композиционных материалов, модифицированных наноразмерными частицами // Заготовительные производства в машиностроении. – 2011. – № 8. – С. 27-36.

References:

1. Bakenov Zh.B. On the products of joint electric spark dispersion of silicon carbide with some metals // Bulletin of the Zh. Balasagyn KNU, 2014, issue 3. – pp. 7-12.
2. Ovchinnikova E.A., Vorobyeva S.A. Synthesis and properties of copper nanoparticles stabilized with polyethylene glycol // Vestn. Vitebsk State University. - 2013. – Ser. 7, No. 3. – pp. 12-16.
3. Yagodkin Yu.D., Dobatkin S.V. Application of electron microscopy and X-ray diffraction analysis to determine the size of structural elements in nanocrystalline materials // Zavodskaya lab. Diagnostics of materials. – 2007. – Vol. 73, No. 1. – pp. 38-49.
4. Kalashnikov I.E. Investigation of the structure and properties of aluminum-matrix composite materials modified with nanoscale particles // Procurement production in mechanical engineering. – 2011. – No. 8. – pp. 27-36.

УДК 621.762:546.62:546.82

DOI 10.33514/ВК-1694-7711-2022-1 (1)-181-187

Жумагулова Б. Т., Сатывалдиев А. С., Кылычбек кызы Нурзада, Бегматов Шохрух Музаффар угли,

окутуучу, химия жана химиялык технология кафедрасы, табият таануу жана география факультети, ОшМУ,

И. Арабаев атындагы КМУ, биология жана химия факультети, химия жана аны окутуунун технологиясы кафедрасынын профессору, х.и.д.,

Б. Осмонов атындагы ЖАМУ, табигый-техникалык факультети, химия кафедрасынын магистранты,

И. Арабаев атындагы КМУ, биология жана химия факультети, химия жана аны окутуунун технологиясы кафедрасынын магистранты

Жумагулова Б. Т., Сатывалдиев А. С., Кылычбек кызы Нурзада, Бегматов Шохрух Музаффар угли

преподаватель, кафедра химии и химической технологии, факультет естествознания и географии, ОшГУ,

д.х.н., профессор кафедры химии и технологии ее обучение, факультет биологии и химии, КГУ им. И. Арабаева,

магистрант кафедры химии, факультет естественно-технический, ЖАГУ им. Б. Осмонова, магистрант кафедры химии и технологии ее обучение, факультет биологии и химии, КГУ им.

И. Арабаева.

Zhumagulova B. T., Satyvaldiev A. S., Kylychbek kyzy Nurzada, Begmatov Shokhrub Muzaffar ugli,

Lecturer, Department of Chemistry and Chemical Technology, Faculty of Natural Science and Geography, OshSU,

Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of Chemistry and Technology, her education, Faculty of Biology and Chemistry, KSU. I. Arabaeva,

Master of the Department of Chemistry, Faculty of Natural and Technical, ZHASU B. Osmonova,

Master of the Department of Chemistry and Technology of its Training, Faculty of Biology and Chemistry, KSU I. Arabaev

**АЛЮМИНИЙ МЕНЕН ВОЛЬФРАМДЫ БИРГЕ ЭЛЕКТР УЧКУНДУК ДИСПЕРСТӨӨ
ПРОДУКТАСЫНЫН ФАЗАЛЫК КУРАМЫ ЖӨНҮНДӨ
О ФАЗОВОМ СОСТАВЕ ПРОДУКТА СОВМЕШНОГО ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО
ДИСПЕРГИРОВАНИЯ АЛЮМИНИЯ И ВОЛЬФРАМА
ON THE PHASE COMPOSITION OF THE PRODUCT OF THE JOINT ELECTRIC
SPARK DISPERSION OF ALUMINUM AND TUNGSTEN**

Аннотация: Алюминий менен вольфрамды бирге гександа электр учкундук дисперстөөдө матрицасы алюминий күкүмү, ал эми армирлөөчү фазасы вольфрам карбиддери болгон алюмоматрицалык композит пайда болору рентген фазалык анализ методу менен аныкталган. Алюминий менен вольфрамды бирге электр учкундук дисперстөө продуктылары, электроддордун полярдүүлугуна карабастан, үч фазадан турат.

Аннотация: Методом рентгенофазового анализа установлено, что при совместном электроискровом диспергировании алюминия и вольфрама в гексане происходит образование алюмоматричного композита, где матрицей является порошок алюминия, а армирующая фаза представляют собой карбиды вольфрама. Продукты совместного электроискрового диспергирования алюминия и вольфрама, не зависимо от полярности электродов, состоят из трех фаз.

Abstract: Using the method of X-ray phase analysis, it has been established that during the joint electrospark dispersion of aluminum and tungsten in hexane, an aluminum matrix composite is formed, where the matrix is aluminum powder, and the reinforcing phase is tungsten carbides. The products of the joint electrospark dispersion of aluminum and tungsten, regardless of the polarity of the electrodes, consist of three phases.

Негизги сөздөр: электр учкундук дисперстөө, алюминий, вольфрам, вольфрамдын карбиддери, продукт, алюмоматрицалык композит.

Ключевые слова: электроискровое диспергирование, алюминий, вольфрам, карбиды вольфрама, продукт, алюмоматричный композит.

Keywords: electrospark dispersion, aluminum, tungsten, tungsten carbides, product, aluminum matrix composite.

В промышленности в качестве конструкционных материалов широкое применение находят композиты на основе алюминия, где армирующей фазой является карбиды металлов, т.к. они имеют малую плотность, высокую удельную прочность, коррозионную стойкость и

хорошие технологические свойства [1]. Перспективным является получение алюмоматричных композиционных сплавов с наноразмерными частицами армирующей фазы [2]. В работе [1] показано, что содержание нанодисперсного карбида титана в составе алюмокомпозитов приводит к повышению их химической стойкости и механических свойств по сравнению с металлическим алюминием.

Одним из основных методов получения наноструктурных алюмокомпозитов является самораспространяющийся высокотемпературный синтез. Основными недостатками данного метода являются: присутствие в составе полученного композита непрореагировавших реагентов, неравномерное распределение армирующей фазы в объеме композита и скопление частиц карбида по границам зерен [3]. Поэтому поиск новых методов получения алюмокомпозитов, содержащих в качестве армирующей фазы нанодисперсные карбиды является актуальной задачей. Для синтеза металлокомпозитов, содержащих карбиды металлов, перспективным является метод электроискрового диспергирования, который позволяет получать нанодисперсные системы из любых токопроводящих материалов [4].

Ранее [5] установлено, что при совместном электроискровом диспергировании алюминия и титана в гексане происходит образование алюмокомпозита, содержащего высокодисперсные порошки алюминия и карбида титана.

Для получения продуктов совместного электроискрового диспергирования алюминия и вольфрама использована лабораторная электроэрозионная установка с двумя электродами, изготовленными из алюминиевого и вольфрамового стержней. Диспергирование металлов системы Al-W проводилось в среде жидкого углеводорода - гексана.

Искровой разряд, создаваемый RC-генератором, имеет следующие электрические параметры: напряжение $U=220$ В, емкость конденсатора $C=2$ мкф. Полученный в этих условиях единичный разряд характеризуется энергией $E=0,05$ Дж.

Синтез алюмокомпозитов в условиях электроискрового диспергирования проводился при различных полярностях электродов. Полученные продукты отделялись на центрифуге и высушивались при $70-80^{\circ}\text{C}$.

Фазовый состав продуктов совместного электроискрового диспергирования алюминия и вольфрама установлен методом рентгенофазового анализа. Съемка дифрактограмм проводилась на дифрактометре ДРОН-3 с $\text{CuK}\alpha$ -излучением. Расчет дифрактограмм проводился по методике [6].

Дифрактограммы продуктов электроискрового диспергирования систем Al^+-W^- (алюминий-анод, вольфрам-катод) и Al^--W^+ (алюминий-катод и вольфрам-анод) приведены на рис., а результаты расчета дифрактограмм - в таблицах 1, 2.

Результаты расчета дифрактограмм позволяют делать вывод о том, что на фазовый состав продуктов не влияет полярность электродов (рис., табл.1,2). Продукты системы Al-W, независимо от полярности электродов, состоят из трех фаз. При электроискровом диспергировании системы Al^+-W^- алюминий образует металлическую фазу, а вольфрам за счет углерода, находящегося в составе молекулы гексана, образует карбидные фазы. Монокарбид вольфрама WC имеет гранецентрированную кубическую решетку типа NaCl с параметром решетки $a=4,211 \text{ \AA}$ (табл.1). Вторая карбидная фаза представляет собой полукарбид вольфрама с гексагональной решеткой.

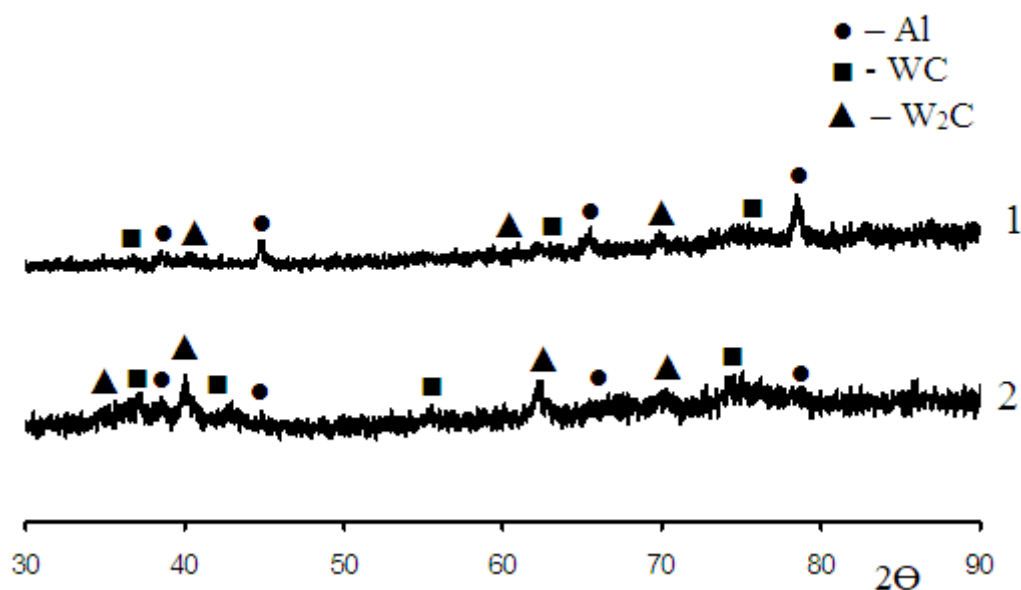


Рис. Дифрактограммы продуктов электроискрового диспергирования систем: Al^+-W^- (1) и Al^-W^+ (2).

Таблица 1. Результаты расчета дифрактограммы продукта электроискрового диспергирования системы Al^+-W^-

№	Эксперим. данные		Фазовый состав						
	I	d, Å	Al		WC		W ₂ C		
			hkl	a, Å	hkl	a, Å	hkl	a, Å	c, Å
1	20	2,5750					100	2,973	
2	22	2,4257			111	4,201			
3	36	2,3417	111	4,056					
4	38	2,2368					101	2,983	4,717
5	17	2,1062			200	4,212			
6	60	2,0195	200	4,039					
7	29	1,7212					102	2,983	4,717
8	35	1,4907			220	4,216	110	2,981	
9	51	1,4269	220	4,036					
10	41	1,3467					103	2,977	4,721
11	46	1,2706			311	4,214			
12	100	1,2171	311	4,037					

Дифрактограмма продукта электроискрового диспергирования системы Al^-W^+ отличается от дифрактограммы продукта системы Al^+-W^- по интенсивности рефлексов соответствующих фаз. В дифрактограмме продукта системы Al^-W^+ более интенсивным является рефлексные линии соответствующие W_2C , поэтому данная фаза является основной. Интенсивности рефлексных линий металлического алюминия и монокарбида WC меньше, поэтому они являются соответственно второй и третьей фазой (табл.2).

Таблица 2. Результаты расчета дифрактограммы продукта электроискрового диспергирования системы Al-W⁺

№	Эксперим. данные		Фазовый состав						
	I	d, A°	Al		WC		W ₂ C		
			hkl	a, A°	hkl	a, A°	hkl	a, A°	c, A°
1	55	2,5851					100	2,985	
2	72	2,4282			111	4,206			
3	69	2,3512	111	4,072			002		4,702
4	100	2,2475					101	2,975	4,723
5	53	2,1043			200	4,208			
6	41	2,0333	200	4,067					
7	37	1,7157					102	2,975	4,723
8	68	1,4945			220	4,227	110	2,989	
9	44	1,4238	220	4,027					
10	33	1,3400					103	2,988	4,716
11	57	1,2736			311	4,224			
12	35	1,2161	311	4,033	222	4,212			

Диспергируемость электродов и значение параметра решетки синтезированных фаз приведены в табл. 3.

Таблица 3. Зависимость параметра решетки фаз алюмокомпозигов, синтезированных в условиях электроискрового диспергирования, от полярности электродов

№	Элек- троды	Дисперг. электро- дов, г	Соотношение металлов		Параметры решетки фаз			
			Масс. %	Моль. %	Al	WC	W ₂ C	
					a, A°	a, A°	a, A°	c, A°
1	Al ⁺	0,908	82,8	97,1	4,042	4,211	2,980	4,718
	W ⁻	0,188	17,2	2,9				
2	Al ⁻	0,487	39,6	81,8	4,050	4,218	2,982	4,716
	W ⁺	0,743	60,4	18,2				

Для установления диспергируемости электродов они взвешивались до и после процесса электроискрового диспергирования. Из таблицы 3 видно, что на диспергируемость электродов влияет их полярность. В системе Al⁺-W⁻, когда анодом является алюминий диспергируемость алюминия почти 5 раз больше, чем диспергируемость вольфрама. Когда анодом является вольфрам его диспергируемость увеличивается и 1,5 раза больше диспергируемости алюминия, но в молях содержание вольфрама в составе продуктов будет все равно меньше, чем алюминия. Содержание металлов в составе продуктов, рассчитанное на основе расхода электродов, коррелируется с содержанием синтезированных фаз. Поэтому в продукте системы Al⁺-W⁻ основной фазой является металлический алюминий, а основной фазой продукта системы Al⁻-W⁺ является карбид вольфрама W₂C. Согласно литературным

данным [7] значение параметра решетки металлического алюминия равно $a=4,050\text{\AA}$, а параметр решетки высокодисперсных порошков алюминия, полученных при электроискровом диспергировании систем Al^+-W^- и Al^--W^+ , совпадает с значением массивного алюминия.

Таким образом, методом порошковой рентгенографии показано, что при электроискровом диспергировании системы $\text{Al}-\text{W}$ в жидком углеводороде происходит образование композита на основе алюминия, где матрицей является порошкообразный алюминий, а армирующей фазой порошкообразные карбидные соединения вольфрама.

Список использованной литературы:

- 1.Амосов А.П., Луц А.Р., Латухин Е.И., Ермошкин А.А. Применение процессов СВС для получения *in situ* алюмоматричных композиционных материалов, дискретно армированных наноразмерными частицами карбида титана // Известия вузов. Цветная металлургия, 2016, №1. – С.39-49.
- 2.Крушенко Г.Г. Роль частиц нанопорошков при формировании структуры алюминиевых сплавов // Металлургия машиностроения, 2011, №1. - С. 20-24.
3. Луц А.Р., Амосов А.П., Ермошкин А.А., Ермошкин А.А., Никитин К.В., Тимошкин И.Ю. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез высокодисперсной фазы карбида титана из смесей порошков в расплаве алюминия // Изв. вузов. Порошк. металлургия и функц. покрытия, 2013, №3. - С. 28-35.
- 4.Сатывалдиев А., Асанов У.А. Электроэрозионный синтез соединений переходных металлов. – Бишкек: КГНУ, 1995. - 187 с.
5. Сатывалдиев А.С., Жумагулова Б.Т., Мурзубраимов Б.М., Абдулазизов Т.А. О фазовом составе продуктов электроискрового диспергирования системы $\text{Al}-\text{Ti}$ в гексане // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана, 2019, №2, -С.36-40.
6. Миркин Л.И. Рентгеноструктурный анализ. Справочное руководство. Получение и измерение рентгенограмм. – М.: Наука, 1976. – 326 с.
- 7.Рабинович В.А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник. – М.: Химия, 1977. – 376 с.

References:

- 1.Amosov A.P., Lutz A.R., Latukhin E.I., Ermoshkin A.A. Application of SHS processes for *in situ* production of aluminum-matrix composite materials discretely reinforced with nanoscale titanium carbide particles // News of universities. Non-ferrous metallurgy, 2016, No. 1. - С.39-49.
- 2.Krushenko G.G. The role of nanopowder particles in the formation of the structure of aluminum alloys // Metallurgy of Mechanical Engineering, 2011, No. 1. - pp. 20-24.
3. Lutz A.R., Amosov A.P., Ermoshkin A.A., Ermoshkin A.A., Nikitin K.V., Timoshkin I.Yu. Self-propagating high-temperature synthesis of a highly dispersed phase of titanium carbide from powder mixtures in aluminum melt // Izv. vuzov. Powder. Metallurgy and Functional Coatings, 2013, No. 3. - pp. 28-35.
- 4.Satyvaldiev A., Asanov U.A. Electroerosive synthesis of transition metal compounds. – Bishkek: KGNU, 1995. - 187 p.
5. Satyvaldiev A.S., Zhmagulova B.T., Murzubraimov B.M., Abdulazizov T.A. On the phase composition of the products of electric spark dispersion of the $\text{Al}-\text{Ti}$ system in hexane // Science, new technologies and innovations of Kyrgyzstan, 2019, No. 2, -pp.36-40.

6. Mirkin L.I. X-ray diffraction analysis. Reference manual. Obtaining and measuring radiographs. – М.: Nauka, 1976. – 326 p.
7. Rabinovich V.A., Khavin Z.Ya. Brief chemical reference. – М.: Chemistry, 1977. – 376 p.

УДК 621.762:546.62:546.82

DOI 10.33514/ВК-1694-7711-2022-1 (1)-187-193

Жумагулова Б. Т., Сатывалдиев А. С., Кылычбек кызы Нурзада

окутуучу, химия жана химиялык технология кафедрасы, табият таануу жана география факультети, ОшМУ,

И. Арабаев атындагы КМУ, биология жана химия факультети, химия жана аны окутуунун технологиясы кафедрасынын профессору, х.и.д.,

Б. Осмонов атындагы ЖАМУ, табигый-техникалык факультети, химия кафедрасынын магистранты

Жумагулова Б. Т., Сатывалдиев А. С., Кылычбек кызы Нурзада

преподаватель, кафедра химии и химической технологии, факультет естествознания и географии, ОшГУ,

д.х.н., профессор кафедры химии и технологии ее обучение, факультет биологии и химии, КГУ им. И. Арабаева,

магистрант кафедры химии, факультет естественно-технический, ЖАГУ им. Б. Осмонова

Zhumagulova B. T., Satyvaldiev A. S., Kylychbek kyzy Nurzada

Lecturer, Department of Chemistry and Chemical Technology, Faculty of Natural Science and Geography, OshSU,

Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of Chemistry and Technology, her education, Faculty of Biology and Chemistry, KSU. I. Arabaeva,

Master of the Department of Chemistry, Faculty of Natural and Technical, ZHASU B. Osmonova,

**Al-W СИСТЕМАСЫНЫН ЭЛЕКТР УЧКУНДУК ДИСПЕРСТӨӨ
ПРОДУКТЫЛАРЫНЫН ФАЗАЛЫК КУРАМЫНА ТЕМПЕРАТУРАНЫН ТААСИРИ
ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ПРОДУКТОВ
ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ Al-W
INFLUENCE OF HEAT TREATMENT ON THE PHASE COMPOSITION OF PRODUCTS
OF ELECTRIC SPARK DISPERSION OF THE Al-W SYSTEM**

Аннотация: Al-W системасынын электр учкундук дисперстөө продуктуларын 400°C чейин абанын атмосферасында ысытканда металлдык алюминий жана вольфрам карбиддери кычкылданууга туруктуу экендиги рентген фазалык анализ методу менен аныкталган. Бул температурада, гександын молекуласы ажыраганда пайда болгон жана продуктулардын курамындагы, эркин көмүртек ычкылданат.

Аннотация: Методом рентгенофазового анализа установлено, что при термообработке продуктов электроискрового диспергирования системы Al-W в гексане при температуре 400°C в атмосфере воздуха не происходит окисление металлического алюминия