

**ХИМИЯ ИЛИМДЕРИ****ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ****CHEMICAL SCIENCE***Адамбаева Ж.И., Сатывалдиев А.С.***АЛТЫН МЕНЕН ЖЕЗДИ БИРГЕ ЭЛЕКТР УЧКУНДУК  
ДИСПЕРСТӨӨ МЕНЕН Au-Cu СИСТЕМАСЫНЫН  
КАТУУ ЭРИТМЕСИН АЛУУ МҮМКҮНЧҮЛҮГҮ ЖӨНҮНДӨ***Адамбаева Ж.И., Сатывалдиев А.С.***О ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ТВЕРДОГО РАСТВОРА  
СИСТЕМЫ Au-Cu ПРИ СОВМЕСТНОМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОМ  
ДИСПЕРГИРОВАНИИ ЗОЛОТА И МЕДИ***Zh.I. Adambaeva, A.S. Satyvaldiev***ON THE POSSIBILITY OF OBTAINING A SOLID  
SOLUTION OF THE Au-Cu SYSTEM BY JOINT ELECTROSPARK  
DISPERSION OF GOLD AND COPPER**

УДК: 621.762:546.59

Алтын менен жезди этил спиртинин жана суунун чөйрөсүндө бирге электр учкундук дисперстөөдө жездин алтындагы катуу эритмелеринин пайда болушу үчүн шарт түзүлөөрү рентген фазалык анализ методу менен аныкталды. Au-Cu системасынын катуу эритмелери грандык борборлошкон кубдук торчого ээ. Суюк чөйрөнүн жаратылышы катуу эритменин фазалык курамына таасир этпейт, бирок суюк чөйрөнүн химиялык курамы катуу эритменин курамындагы металлдардын катышына жана ошондой эле катуу эритменин торчосунун параметрине таасир этет. Спиртте алынган катуу эритмедеги жездин саны, сууда синтезделген катуу эритмедегиге караганда жогору. Ошондуктан сууда алынган катуу эритменин кристаллдык торчосунун параметринин мааниси жогору болот. Катуу эритмелердин бөлүкчөлөрүнүн КЧО өлчөмдөрүн эсептөө жыйынтыктары алынган катуу эритмелер нанодисперстүү системаларга тиешелүү экенин көрсөттү.

**Негизги сөздөр:** катуу эритме, электр учкундук дисперстөө, алтын, жез, спирт, суу, рентген фазалык анализ.

Методом рентгенофазового анализа установлено, что при совместном электроискровом диспергировании золота и меди в среде этилового спирта и воды создается условие для образования твердого раствора меди в золоте. Твердые растворы системы Au-Cu имеют гранецентрированную кубическую решетку. Природа жидкой среды не влияет на фазовый состав твердого раствора, но химический состав жидкой среды оказывает определенное влияние на соотношение металлов в составе твердого раствора и соответственно на значение параметра решетки твердого раствора. Содержание меди в твердом раство-

ре, полученном в спирте, более высокое, чем в твердом растворе, синтезированном в воде. Соответственно твердый раствор, полученный в воде, имеет более высокое значение параметра кристаллической решетки. Результаты расчета размера ОКР частиц твердых растворов показывают, что полученные твердые растворы относятся к нанодисперсным системам.

**Ключевые слова:** твердый раствор, электроискровое диспергирование, золото, медь, спирт, вода, рентгенофазовый анализ.

By the method of X-ray phase analysis, it was found that with the joint electrospark dispersion of gold and copper in an environment of ethyl alcohol and water, a condition is created for the formation of a solid solution of copper in gold. Solid solutions of the Au-Cu system have a face-centered cubic lattice. The nature of the liquid among does not affect the phase composition of the solid solution, but the chemical composition of the liquid medium has a definite effect on the ratio of metals in the composition of the solid solution and, accordingly, on the value of the lattice parameter of the solid solution. The copper content in a solid solution obtained in alcohol is higher than in a solid solution synthesized in water. Accordingly, the solid solution obtained in water has a higher value of the crystal lattice parameter. The results of calculating the CSR size of particles of solid solutions show that the resulting solid solutions belong to nanodispersed systems.

**Key words:** solid solution, electrospark dispersion, gold, copper, alcohol, water, x-ray phase analysis.

Активными катализаторами процесса окисления CO являются наночастицы золота, но присутствие CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O значительно снижает их активность [1].

Эффективным способом изменения активности и повышения стабильности золотого катализатора является добавление в состав катализатора второго металла, например, меди. Известно [2], что согласно диаграмме состояния в системе Au-Cu существует практически непрерывный ряд твердого раствора между металлами, так как они имеют одинаковую кристаллическую структуру в виде гранецентрированной кубической (ГЦК) решетки с близкими значениями параметра решетки. Однако мало изученными являются свойства биметаллических наночастиц системы Au-Cu. Поэтому определенным интерес представляет изучение возможности синтеза нанодисперсного твердого раствора металлов при совместном электроискровом диспергировании золота и меди.

Одним из перспективных методов получения нанодисперсных порошков твердых растворов металлов является метод электроискрового диспергирования [3]. Искровой разряд сопровождается возникновением высокой температуры до  $10000^{\circ}\text{C}$  в микрообъеме электродов и в результате материал электродов плавится и может даже закипеть. При действии

ударной волны, сопровождающий искровой разряд, происходит удаление расплавленного металла из микрообъема электродов в виде мельчайших капель. Эти капли попадая в жидкую среду с температурой  $30-50^{\circ}\text{C}$  подвергаются высокоскоростному охлаждению. Эти условия искрового разряда позволяют получать стабильные наноразмерные порошки.

Синтез нанодисперсных порошков твердых растворов системы Au-Cu осуществлялся при совместном электроискровом диспергировании золота и медного электродов в среде этилового спирта (96%) и дистиллированной вода и при энергии единичного искрового разряда 0,05 Дж.

Фазовый состав продуктов электроискрового диспергирования системы Au-Cu установлен методом рентгенофазового анализа, а их рентгенограммы сняты на дифрактометре ДРОН-3 с  $\text{CuK}\alpha$ -излучением.

Дифрактограммы продуктов электроискрового диспергирования системы Au-Cu представлены на рис.1, 2. а результаты расчета дифрактограмм приведены в таблицах 1, 2.

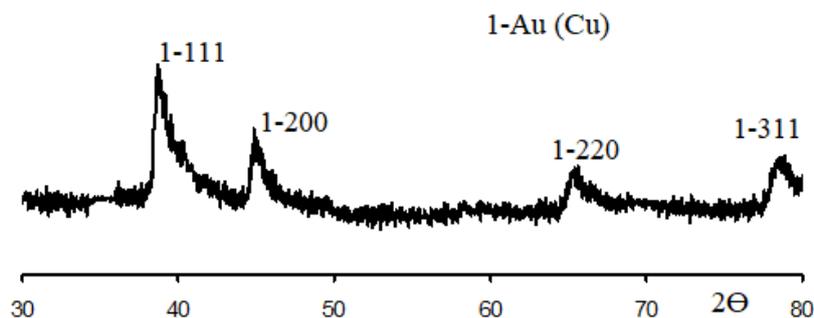


Рис. 1. Дифрактограмма твердого раствора Au(Cu), полученного в среде спирта.

Результаты расчета дифрактограмм продуктов совместного электроискрового диспергирования золота и меди в спирте и воде показывают, что, не зависимо от химического состава жидкой среды, происходит образование продуктов, состоящих из одной фазы, которая характеризуется гранецентрированной кубической (ГЦК) решеткой типа NaCl.

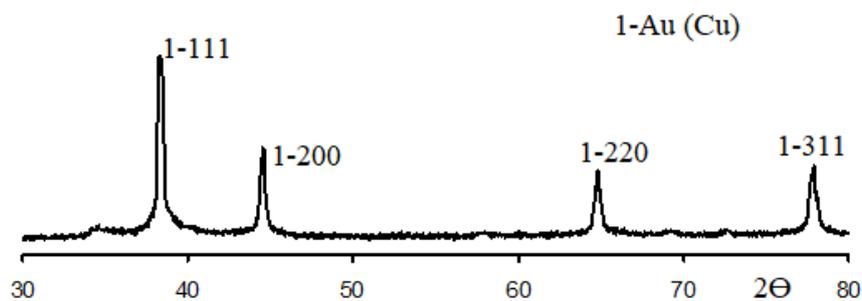


Рис. 2. Дифрактограмма твердого раствора Au(Cu), синтезированного в воде.

Таблица 1

Результаты расчета дифрактограммы твердого раствора Au(Cu), синтезированного в спирте

№	Экспериментальные данные		Твердый раствор	
	I	d, А°	Au(Cu)	
			hkl	a, А°
1.	100	2,3254	111	4,028
2.	67	2,0178	200	4,036
3.	53	1,4219	220	4,022
4.	57	1,2148	311	4,029

Таблица 2

Результаты расчета дифрактограммы твердого раствора Au(Cu), синтезированного в воде

№	Экспериментальные данные		Твердый раствор	
	I	d, А°	Au(Cu)	
			hkl	a, А°
1	100	2,3476	111	4,066
2	50	2,0264	200	4,053
3	43	1,4379	220	4,067
4	42	1,2260	311	4,066

Результаты расчета параметра решетки идентифицированных фаз указывают, что они представляют собой твердые растворы меди в золоте, где в кристаллической решетке золота часть его атомов замещены на атомы меди. Значения параметра ГЦК-решетки твердых растворов значительно меньше значения параметра ГЦК-решетки для золота, но больше значения параметра ГЦК-решетки для меди. Твердые растворы системы Au-Cu, полученные в спирте и воде, отличаются по соотношению металлов, т.е. по значению параметра кристаллической решетки (рис. 1, 2; табл. 1, 2). Наименьшее значение параметра кристаллической решетки ( $a=4,029$  А°) имеет твердый раствор Au(Cu), синтезированный в спирте, а относительно более высокое значение параметра кристаллической решетки ( $a=4,063$  нм) имеет твердый раствор Au(Cu), синтезированный в воде. Известно, что значение параметра решетки металлических золота и меди соответственно равно  $a=4,079$  А° и  $a=3,620$  А° [4].

Таким образом, результаты рентгенофазового анализа показывают, что природа жидкой среды не оказывает влияние на фазовый состав продукта электроискрового диспергирования системы Au-Cu, но от химического состава жидкой среды зависит соотношение золота и меди, содержащихся в составе твердых растворов и соответственно значение параметра решетки твердых растворов. Для золота и меди характерно образование непрерывного ряда твердых растворов, а значение параметра решетки твердых растворов этих металлов будет прямо пропорционально содержанию металлов. Отсюда можно предположить, что в спирте формируется твердый раствор с более высоким содержанием меди.

Действительно, определение содержания металлов в составе твердого раствора Au(Cu) по расходу электродов показывает, что содержание меди в твердом растворе, полученном в спирте, составляет 32,4% (атом.), а полученном в воде твердом растворе медь

содержится в количестве 13,6% (атом.) (табл. 3). Расход электродов определялся взвешиванием электродов до и после электроискрового процесса.

Оценка размера кристаллитов твердых растворов Au(Cu), синтезированных при совместном электроискровом диспергировании золота и меди проведена с помощью уравнения Шеррера [5]. Известно, что ширина дифракционных линий зависит от среднего

размера области когерентного рассеяния частиц, поэтому уравнение Шеррера позволяет рассчитать размер областей когерентного рассеяния (ОКР) кристаллитов по уширению сигналов на дифрактограмме.

Содержание золота и меди в составе твердых растворов Au(Cu), параметр решетки (a) и размер ОКР ( $d_{\text{ОКР}}$ ) кристаллитов твердых растворов Au(Cu) представлены в таблице 3.

Таблица 3

Содержание золота и меди, параметр решетки (a) и размер ОКР ( $d_{\text{ОКР}}$ ) кристаллитов твердых растворов Au(Cu)

№	Жидкая среда	Металлы	Содержание металлов в атом. %	a, Å	$d_{\text{ОКР}}$ , нм
1.	Спирт	Au	67,6	4,029	17,1
		Cu	32,4		
2.	Вода	Au	86,4	4,063	21,5
		Cu	13,6		

Зависимость параметра решетки твердых растворов Au(Cu) от соотношения металлов показана в таблице 3. В твердом растворе Au(Cu), полученном в спирте, медь содержится 2,5 раза больше, чем в твердом растворе Au(Cu), синтезированном в воде. Соответственно твердый раствор системы Au-Cu, полученный в спирте, имеет более низкое значение параметра кристаллической решетки.

Размеры кристаллитов твердых растворов Au(Cu) также зависят от химического состава жидкой среды. В спирте образуются более высокодисперсные частицы твердого раствора Au(Cu), чем в воде. По размеру частиц полученные твердые растворы Au(Cu) относятся к нанодисперсным системам, т.к их размеры ОКР значительно меньше 100 нм.

Таким образом, результаты рентгенофазового анализа показывают, что при совместном электроискровом диспергировании золота и меди, не зависимо от химического состава жидкой среды, создается

условие для образования наноразмерных порошков твердого раствора меди в золоте.

#### Литература:

1. Потемкин Д.И., Снытников П.В., Семитут Е.Ю. и др. Биметаллический Au-Cu/CeO<sub>2</sub> катализатор: синтез, структура и каталитические свойства в избирательном окислении CO // Катализ в промышленности, 2013. - №5. - С. 45-53.
2. Лякишев Н.П. Диаграммы состояния двойных металлических систем. - М.: Машиностр.- Т.1, 1996. - 992 с.
3. 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.
4. Рабинович В.А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник. - М.: Химик, 1999. - 392 с.
5. Авчинникова Е.А., Воробьева С.А. Синтез и свойства наночастиц меди, стабилизированных полиэтиленгликолем // Вестник БГУ, 2013. - Серия. 7. - №3. - С. 12-16.