

*Байматова Р.Т., Сатывалдиев А.С., Мурзубраимов Б.М.*

**ТЕМИР МЕНЕН ЖЕЗДИ БИРГЕ ЭЛЕКТР УЧКУНДУК  
ДИСПЕРСТӨӨ ПРОДУКТУЛАРЫНЫН ФАЗАЛЫК КУРАМЫНА СУЮК  
ЧӨЙРӨНҮН ЖАРАТЫЛЫШЫНЫН ТААСИРИ**

*Байматова Р.Т., Сатывалдиев А.С., Мурзубраимов Б.М.*

**ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ЖИДКОЙ СРЕДЫ НА ФАЗОВЫЙ  
СОСТАВ ПРОДУКТОВ СОВМЕСТНОГО ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО  
ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗА И МЕДИ**

*R.T. Baimatova, A.S. Satyvaldiev, B.M. Murzubraimov*

**INFLUENCE OF THE NATURE OF THE LIQUID MEDIUM  
ON THE PHASE COMPOSITION OF THE PRODUCTS OF THE JOINT  
ELECTRO-SPARK DISPERSION OF IRON AND COPPER**

УДК: 621.762

*Гександа, спирте жана сууда темир менен жезди бирге электр учкундук дисперстөө продуктуларынын фазалык курамы изилденди. Cu-γ-Fe жана α-Fe-Cu системаларында чектүү эриген катуу эритмелердин пайда болушуна суюк чөйрөнүн жаратылышынын таасир этиши көрсөтүлгөн.*

**Негизги сөздөр:** фазалык курамы, электр учкундук дисперстөө, темир, жез, рентген фазалык анализ, катуу эритмелер.

*Изучен фазовый состав продуктов совместного электроискрового диспергирования железа и меди в гексане, спирте и воде. Показано влияние природы жидкой среды на образование ограниченно растворимых твердых растворов в системах Cu- γ-Fe и α-Fe-Cu.*

**Ключевые слова:** фазовый состав, электроискровое диспергирование, железо, медь, рентгенофазовый анализ, твердые растворы.

*It was studied the phase composition of the products of the joint electro-spark dispersion of iron and copper in hexane, alcohol and water. The influence of the nature of the liquid medium on the formation of a limited soluble solid solutions Cu- γ-Fe and α-Fe-Cu system was shown.*

**Key words:** phase composition, dispersion-tension, iron, copper, X-ray analysis, solid solutions.

Двойные системы с ограниченной растворимостью (Fe-Cu и др.), не имеющие интерметаллических соединений, представляют значительный интерес для разработки материалов с улучшенными свойствами. Выплавляемые на их основе сплавы определённого состава, когда содержание одного из компонентов заведомо превышает предел его растворимости во втором, дают возможность получения сравнительно простым способом материалов с весьма высокими физическими и механическими характеристиками, что недостижимо для случая однофазного

материала [1].

Для получения нанодисперсных железо-медных сплавов определенный интерес представляет метод электроискрового диспергирования, т.к. метод электроискрового диспергирования обладает рядом технологических и физических преимуществ. Он достаточно прост в аппаратном оформлении, процесс протекает под действием высоких температур (~10000°C) и сопровождается сверхвысокой скоростью охлаждения (>10<sup>9</sup> К/с), а образующиеся продукты характеризуются высокой дисперсностью [2].

Целью настоящей работы является изучение влияния природы жидкой среды на фазовый состав продуктов совместного электроискрового диспергирования железа и меди.

Электроискровому диспергированию подвергалась электродная пара, изготовленная из железа и меди. Электроды представляли собой стержни с размерами 5x0,5x0,5 см, а в качестве диэлектрической среды использовались гексан, этиловый спирт (96%) и дистиллированная вода. Энергии разряда составляла 0,05 Дж.

Продукты электроискрового диспергирования представляют собой твердую фазу, которая отделяется от жидкой фазы декантацией, промывается чистым растворителем. Промытый твердый продукт высушивался до постоянного веса и изучался методом рентгенофазового анализа.

Дифрактограммы продуктов снимались на дифрактометре RINT-2500 HV на медном отфильтрованном излучении.

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



составляет 8,3% (ат.) при 1478°C, а максимальная растворимость железа в меди – 2,84% (ат.) при 1025°C. Параметр решетки  $\alpha$  для твердого раствора на основе меди (Cu), содержащего 2,39% (ат.) Fe  $\alpha=3,609 \text{ \AA}$ , а параметр решетки ( $\alpha\text{-Fe}$ ) при содержании 0,38% (ат.) Cu  $\alpha=0,28682 \text{ \AA}$ .

Для железа характерен полиморфизм и оно имеет четыре кристаллические модификации ( $\alpha\text{-Fe}$ ,  $\beta\text{-Fe}$ ,  $\gamma\text{-Fe}$  и  $\delta\text{-Fe}$ ) [4]. Из них практическое значение имеют  $\alpha$ - и  $\gamma$ -модификации железа.  $\alpha\text{-Fe}$  существует до 917°C и имеет объемноцентрированную кристаллическую (ОЦК) решетку, а  $\gamma\text{-Fe}$  имеет гранцентрированную кристаллическую (ГЦК) решетку и существует в интервале 917-1394°C.

В работе [4] показано образование высоко дисперсных частиц  $\alpha$ - и  $\gamma$ -модификации железа при электроискровом диспергировании железа в жидкой среде. Авторы существование высокотемпературной модификации железа ( $\gamma\text{-Fe}$ ) при комнатной температуре объясняют высокой скоростью охлаждения синтезированных частиц данной фазы в условиях электроискрового диспергирования.

Продукт совместного электроискрового диспергирования железа и меди в спирте состоит из трех фаз (рис.). Основной фазой является твердый раствор  $\gamma\text{-Fe}$  в меди с ГЦК-решеткой (табл. 2). Вторая фаза имеет ОЦК-решетку с параметром  $a=2,879 \text{ \AA}$ , поэтому данная фаза представляет собой твердый раствор меди в  $\alpha\text{-Fe}$ .

Таблица 2

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

№	Экспериментальные данные		Фазовый состав					
	I	d, $\text{\AA}$	Cu( $\gamma\text{-Fe}$ )		$\alpha\text{-Fe(Cu)}$		$\text{Fe}_3\text{O}_4$	
			hkl	a, $\text{\AA}$	hkl	a, $\text{\AA}$	hkl	d, $\text{\AA}$
1.	41	2,5190					111	2,51
2.	100	2,0932	111	3,625				
3.	62	2,0359			110	2,879		
4.	52	1,8126	200	3,625				
5.	35	1,6112					511	1,61
6.	33	1,4738					440	1,48
7.	30	1,2809	220	3,623				

Продукт совместного электроискрового диспергирования железа и меди в воде состоит из четырех фаз (рис.). Основными фазами также являются твердые растворы железа и меди с ГЦК и ОЦК решеткой (табл.3).

На дифрактограммах продуктов совместного электроискрового диспергирования железа и меди в спирте и воде имеются также линии, характерная для оксида железа ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) и оксида меди (CuO). Образование оксидов связано с тем, что в условиях искрового разряда происходит разложение молекул жидкой среды. При разложении молекул спирта и воды, наверное, образуется химически активный кислород, который взаимодействует железом и медью. При электроискровом диспергировании системы Fe-Cu в

спирте окислению подвергается железо, в воде окисляются оба металла.

Таблица 3

Результаты расчета дифрактограммы продукта совместного электроискрового диспергирования железа и меди в воде

№	Экспериментальные данные		Фазовый состав					
	I	d, $\text{\AA}$	Cu( $\gamma\text{-Fe}$ )		$\alpha\text{-Fe(Cu)}$		$\text{Fe}_3\text{O}_4$	CuO
			hkl	a, $\text{\AA}$	hkl	a, $\text{\AA}$	d, $\text{\AA}$	d, $\text{\AA}$
1	38	2,5328					2,53	
2	33	2,3254						2,31
3	25	2,1511					2,10	
4	100	2,0940	111	3,627				
5	91	2,0359			110	2,879		
6	47	1,8126	200	3,625				
7	25	1,6109					1,61	
8	23	1,5193						1,51
9	28	1,4788					1,48	
10	28	1,4359			200	2,872		
11	35	1,2809	220	3,623				

Таким образом, методом рентгенофазового анализа установлено, что фазовый состав продуктов совместного электроискрового диспергирования железа и меди зависит от природы жидкой среды. При электроискровом диспергировании системы Fe-Cu в гексане образуется только один твердый раствор между  $\gamma$ -железой и медью, а в спирте и воде образуются твердые растворы с ГЦК- и ОЦК-решеткой на основе меди и  $\alpha$ -железа, в которых компоненты ограниченно растворимы.

Литература:

1. Сидорова Е.Н., Дзидзигури Э.Л., Левина В.В., Рыжонков Д.И., Шестаков Н.В. Исследование фазового состава, кристаллической структуры и морфологии нанопорошков системы Fe-Cu//Материаловедение, 2002, №10.-С. 25-28.
2. Асанов У.А. Физико-химические процессы в плазме искрового разряда, создаваемого в жидких диэлектриках. - Б.: Кыргызпатент, 2001. - С. 403.
3. Диаграмма состояния двойных металлических систем: Справочник: В 3т.: Т.2/Под общ. ред. Н.П. Лякишева. - М.: Машиностроение, 1997. - С. 1024.
4. Химическая энциклопедия: В 5 т.; т.2/Редкол.: Кунянц И.Л. (гл. ред.) и др. - М.: Сов. энцикл., 1990. - С. 671.
5. 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.
6. Осмонканова Г.Н., Абдулазизов Т.А., Сатывалдиев А.С. «Фазовый состав и дисперсность продуктов совместного электроискрового диспер. меди с никелем и цинком». Республиканский журнал «Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана», №4, 2016. - С.65.

Рецензент: к.х.н., доцент Сагындыков Ж.С.