

*Бообекова А.А., Сатывалдиев А.С., Отегенова А.У.*

## БОЛОТТУН ЭЛЕКТР УЧКУНДУК ДИСПЕРСТӨӨ ПРОДУКТЫЛАРЫНЫН ТУЗ КИСЛОТАСЫНЫН ЭРИТМЕСИ МЕНЕН АРАКЕТТЕНИШҮҮСҮ

*Бообекова А.А., Сатывалдиев А.С., Отегенова А.У.*

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРОДУКТОВ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ СТАЛИ С РАСТВОРОМ СОЛЯНОЙ КИСЛОТЫ

*A.A. Boobekova, A.S. Satyvaldiev, A.U. Otegenova*

## THE INTERACTION OF PRODUCTS OF ELECTROSPARK DISPERSION OF STEEL WITH A SOLUTION OF HYDROCHLORIC ACID

УДК: 621.762: 546.72

Болоттун электр учкундук дисперстөө продуктыларынын химиялык активдүүлүгү аларды алуу шартынан көз карандылыгын продукталардын туз кислотасынын эритмеси болгон аракеттенишүүсүн спектрофотометриялык метод менен изилдөөнүн натыйжасы көрсөттү. Сууда алынган продуктынын химиялык активдүүлүгү спиртте жана гександа алынган продуктылардын химиялык активдүүлүгүнө караганда бир топ жогору. Болоттун электр учкундук дисперстөө продуктыларынын туз кислотасынын эритмеси менен болгон аракеттенишүүсүнүн кинетикасын темирдин роданиддик комплексинин эритмесинин оптикалык тыгыздыгынын өзгөрүшү боюнча бааланды. Туз кислотасынын эритмеси менен аракеттенишүүнүн эң жогорку ылдамдыгына сууда алынган продукт ээ болот. Бул продуктынын аракеттенишүү ылдамдыгынын константасынын мааниси болоттун спирттеги продуктысынын аракеттенишүү ылдамдыгынан 2 эсе жогору, ал эми гександа алынган продуктынын аракеттенишүү ылдамдыгынан 3 эсе жогору болот. Ар түрдүү чөйрөдө алынган продуктылардын аракеттенишүү реакцияларынын активдешүү энергиясынын мааниси бири-биринен айырмаланат.

**Ключевые слова:** электр учкундук дисперстөө, продукт, болот, туз кислотасы, аракеттенишүү, кинетика, ылдамдыктын константасы.

Результаты изучения взаимодействия продуктов электроискрового диспергирования стали с раствором соляной кислоты методом спектрофотометрии показывают, что химическая активность продуктов зависит от условий их получения. Химическая активность продукта, полученного в воде значительно выше, чем химическая активность продуктов, полученных в спирте и гексане. Кинетику взаимодействия продуктов электроискрового диспергирования стали с раствором соляной кислоты оценивали по изменению оптической плотности растворов роданидного комплекса железа. Самой высокой скоростью взаимодействия с раствором

соляной кислоты обладает продукт, полученный в воде. Значение константа скорости взаимодействия этого продукта 2 раза выше, чем скорость взаимодействия продукта диспергирования стали в спирте и 3 раза выше, чем скорость взаимодействия продукта, полученного в гексане. Энергия активации реакций взаимодействия продуктов, полученных в различных средах, отличаются.

**Ключевые слова:** электроискровое диспергирование, продукт, сталь, соляная кислота, взаимодействие, кинетика, константа скорости.

The results of studying the interaction of the products of electrospark dispersion of steel with a solution of hydrochloric acid by the method of spectrophotometry show that the chemical activity of products depends on the conditions of their preparation. The chemical activity of the product obtained in water is significantly higher than the chemical activity of the products obtained in alcohol and hexane. The kinetics of the interaction of the products of electrospark dispersion of steel with a solution of hydrochloric acid was evaluated by the change in the optical density of solutions of the rhodanide complex of iron. The product obtained in water has the highest rate of interaction with a solution of hydrochloric acid. The product obtained in water has the highest rate of interaction with a solution of hydrochloric acid. The constant value of the interaction of this product is 2 times higher than the rate of interaction of the product of steel dispersion in alcohol and 3 times higher than the rate of interaction of the product obtained in hexane. The activation energy of the reaction of interaction of products obtained in different environments, are different.

**Key words:** electrospark dispersion, product, steel, hydrochloric acid, interaction, kinetics, rate constant.

Высокодисперсные порошки железа находят широкое применение для изготовления различных композиционных материалов, в качестве катализаторов и магнитных носителей лекарств

[1]. Многие свойства материалов из высокодисперсных порошков железа, такие как механические, теплофизические и магнитные свойства зависят от их химического состава, структуры, размера и формы [2].

В работе [3] отмечается, что методы получения нанопорошков железа ограничены из-за их чрезвычайной пирофорности. Поэтому для получения нанопорошков железа перспективным является метод электроискрового диспергирования, т.к. не требует сложного аппаратного оформления [4]. Фазовый состав и дисперсность продуктов электроискрового диспергирования стали марки Ст.3 в гексане, спирте и воде изучены в работе [5]. Поэтому определенный интерес представляет изучение химических свойств, а именно взаимодействия высокодисперсных порошков стали, полученных в условиях искрового разряда, раствором соляной кислоты.

Электроды были изготовлены из пластинки стали марки Ст.3 с размерами 10X40 мм, а в качестве диэлектрической среды использованы гексан, этиловый спирт (96%) и дистиллированная вода. Сталь марки Ст.3 содержит: железа – 98-98,5%, углерода – 0,14-0,22%, кремния – 0,05-0,17%, марганца – 0,4-0,65%, хрома – до 0,3% [6].

Растворимость полученных порошков изучали методом спектрофотометрии, так как при растворении стали в растворе соляной кислоты в присутствии окислителя образуются ионы трехвалентной железа. Эти ионы с роданид ионами образуют окрашенные комплексы в растворе. Интенсивность цвета полученного раствора, т.е. оптическая плотность раствора, зависит от концентрации комплекса.

Для изучения скорости растворения продуктов электроискрового диспергирования стали в растворе соляной кислоты определенное количество высокодисперсного порошка (10 мг) растворяется в 10мл 2Н раствора HCl, содержащего в качестве окислителя персульфат аммония, в течении определенного времени. Затем раствор отфильтровывается и измеряется оптическая плотность полученного раствора на спектрофотометра СФ-46 при длине волны 480 нм.

Предварительно снимались спектры поглощения роданидного комплекса железа, приготовленного из растворов  $Fe_2(SO_4)_3$  и роданида калия KCSN. Из этого спектра установлено, что раствор, содержащий роданидный комплекс железа имеет максимум поглощения при длине электромагнитного излучения  $\lambda = 480$  нм.

Согласно закону Бугера-Ламберта-Бера оптическая плотность раствора прямо пропорциональна концентрации оптически активного вещества [7]:

$$D = \varepsilon \cdot l \cdot C,$$

где  $\varepsilon$  – молярный коэффициент поглощения,  $l$  – толщина слоя раствора,  $C$  – концентрация оптически активного вещества.

Поэтому кинетику взаимодействия продуктов электроискрового диспергирования стали с раствором соляной кислоты оценивали по изменению оптической плотности получаемых растворов.

Кинетические кривые взаимодействия продуктов электроискрового диспергирования стали Ст.3 с 2Н раствором HCl приведены на рисунке 1.

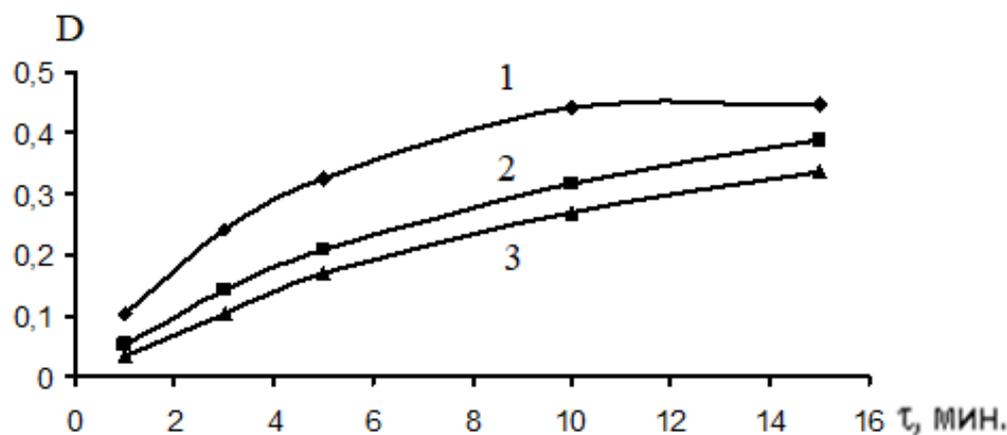


Рис. 1. Кинетические кривые взаимодействия продуктов электроискрового диспергирования стали Ст.3, полученных в воде (1), спирте (2) и гексане (3), с 2Н раствором HCl при 25°C.

Из рисунка 1 видно, что с 2Н раствором HCl достаточно активно взаимодействует продукт, полученный при электроискровом диспергировании стали в воде. Менее активно взаимодействует с раствором соляной кислоты продукт, полученный в гексане.

Графическим методом установлено, что реакция взаимодействия продуктов электроискрового диспергирования стали с раствором

соляной кислоты является реакцией первого порядка и поэтому константа скорости этой реакции рассчитаны с использованием кинетического уравнения первого порядка [7]. Результаты расчета константы скорости реакции растворения продуктов электроискрового диспергирования стали в 2Н растворе HCl приведены в таблице 1.

Таблица 1

Константы скорости реакции взаимодействия продуктов электроискрового диспергирования стали в воде, спирте и гексане с 2Н раствором HCl при 25°C.

№	$\tau$ , мин	Вода		Спирт		Гексан	
		D	k, мин <sup>-1</sup>	D	k, мин <sup>-1</sup>	D	k, мин <sup>-1</sup>
1.	1	0,102	0,236	0,052	0,110	0,034	0,076
2.	3	0,241	0,233	0,141	0,115	0,103	0,080
3.	5	0,324	0,225	0,208	0,113	0,169	0,086
4.	10	0,442	0,233	0,317	0,107	0,269	0,082
5.	15	0,447	0,236	0,390	0,109	0,335	0,078
Среднее			0,233		0,110		0,080

Из таблицы 1 видно, что самой высокой скоростью взаимодействия обладает продукт электроискрового диспергирования стали в воде. Значение константа скорости взаимодействия этого продукта 2 раза выше, чем скорость взаимодействия продукта диспергирования стали в спирте и 3 раза выше, чем скорость взаимодействия продукта электроискрового диспергирования стали в гексане. Такое поведение синтезированных порошков стали можно объяснить тем, что при электроискровом диспергировании металлов в спирте и гексане одновременно с диспергированием материала электродов происходит также разложение молекул жидкой среды. Поэтому

при разложении молекул спирта и гексана образуется высокодисперсный углерод в виде сажи, который покрывает поверхность продуктов диспергирования, образуя защитный слой. Этот слой затрудняет доступа реагентов к поверхности частиц. В результате замедляется скорость взаимодействия продуктов диспергирования стали с соляной кислотой.

Для выяснения влияния температуры на скорость взаимодействия продуктов электроискрового диспергирования стали с раствором соляной кислоты процессы проведены при температурах 25°C (рис. 1, табл. 1) и 50°C (рис. 2, табл. 2).

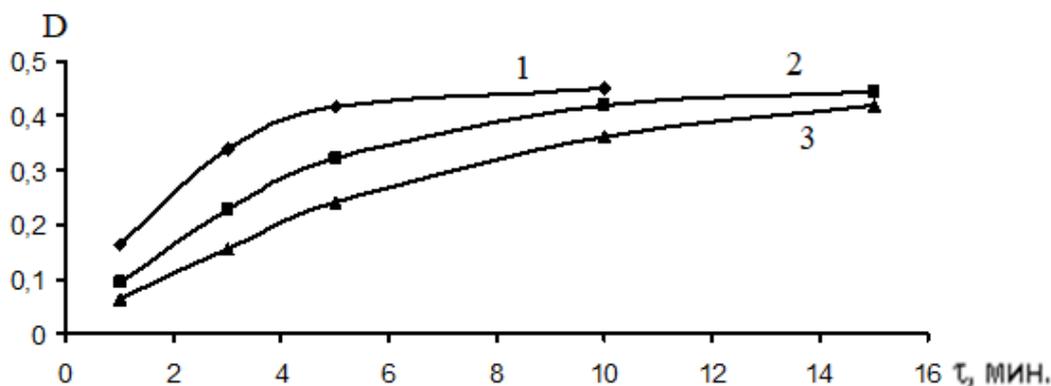


Рис. 2. Кинетические кривые взаимодействия продуктов электроискрового диспергирования стали Ст.3, полученных в воде (1), спирте (2) и гексане (3), с 2Н раствором HCl при 50°C.

Таблица 2

Константы скорости реакции взаимодействия продуктов электроискрового диспергирования стали в воде, спирте и гексане с 2Н раствором HCl при 50°C

№	τ, мин	Вода		Спирт		Гексан	
		D	k, мин <sup>-1</sup>	D	k, мин <sup>-1</sup>	D	k, мин <sup>-1</sup>
1.	1	0,165	0,419	0,094	0,214	0,073	0,166
2.	3	0,340	0,412	0,228	0,215	0,182	0,161
3.	5	0,418	0,408	0,321	0,221	0,264	0,160
4.	10	0,449	0,421	0,420	0,208	0,391	0,168
5.	15	0,455	0,415	0,445	0,213	0,441	0,164
Среднее			0,415		0,214		0,164

Из зависимости скорости взаимодействия продуктов электроискрового диспергирования стали с раствором соляной кислоты от температуры рассчитана энергия активации (E) данного процесса (табл. 3).

Из таблицы 3 видно, что энергия активации реакций взаимодействия продуктов электроискрового диспергирования стали, полученных в различных средах, имеет достаточно близкие значения. Это связано с тем, что основным компонентом продуктов является высокодисперсный порошок железа. В составе продуктов кроме железа, находятся другие компоненты в виде оксида и карбида железа, в зависимости от состава жидкой среды. Они также влияют на взаимодействия продуктов с раствором соляной кислоты.

Таблица 3

Зависимость скорости взаимодействия продуктов электроискрового диспергирования стали с раствором соляной кислоты от температуры и энергия активация данного процесса

№	Жидкая среда	Константа скорости, мин <sup>-1</sup>		E, кДж/моль
		25°C	50°C	
1.	Вода	0,233	0,415	18,40
2.	Спирт	0,110	0,214	21,19
3.	Гексан	0,080	0,164	23,23

Таким образом, результаты изучения взаимодействия продуктов электроискрового диспергирования стали с раствором соляной кислоты показывают, что их химическая активность

зависит от условий получения этих продуктов. Химическая активность продуктов, полученных в воде значительно выше, чем химическая активность продуктов, полученных в спирте и гексане.

#### Литература:

1. Ломаева С.Ф., Елсуков Е.П., Конигин Г.П., Дорофеев Г.А. и др. Фазово-структурное состояние и магнитные характеристики высокодисперсных порошков железа, полученных механоактивацией в органической среде в присутствии поверхностно-активного вещества // Коллоидный журнал, 2000. - Т.62, №5. - С.644-653.
2. Ломаева С.Ф., Повстугар В.И., Быстров С.Г., Михайлова С.С. Исследование высокодисперсных порошков железа методами атомно-силовой микроскопии. // Коллоидный журнал, 2001.-Т.63. - №3. - С. 375-379.
3. Губин С.П., Кокшаров Ю.А., Хомутов Г.Б., Юрков Г.Ю. Магнитные наночастицы: методы получения, строение и свойства. // Успехи химии, 2005. - Т.74. - №6. - С. 539-574.
4. Бообекова А.А., Чыныбаева В.Т., Сатывалдиев А.С. Особенности синтеза наночастиц никеля методом электроискрового диспергирования. / Республиканский научно-теоретический журнал «Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана», №2. - Бишкек, 2016. - С. 53-55.
5. Табалдиева А.А., Осмоканова Г.Н. О продуктах электроискрового диспергирования стали. / Республиканский научно-теоретический журнал «Известия вузов Кыргызстана», №5. - Бишкек, 2014. - С. 87-88.
6. ГОСТ 380-2005.
7. Практикум по физической химии. - М.: Химия, 1975. - 368 с.

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