

**ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПАССИВАЦИИ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНЫХ ПОРОШКОВ ЖЕЛЕЗА  
НА СМАЧИВАЕМОСТЬ ИХ ПОВЕРХНОСТИ**

Е.А. Колтунова, К.В. Иконникова, Л.Ф. Иконникова

Научный руководитель: доцент, к.х.н., Л.Ф. Иконникова, доцент, к.х.н., К.В. Иконникова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [ikonna@tpu.ru](mailto:ikonna@tpu.ru)

**EFFECT OF PASSIVATION OF ELECTROEXPLOSIVE IRON POWDERS THE  
WETTABILITY OF THE SURFACE**

E.A. Koltunova, K.V. Ikonnikova, L.F. Ikonnikova

Scientific Supervisor: PhD, L.F. Ikonnikova, PhD, K.V. Ikonnikova

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: [ikonna@tpu.ru](mailto:ikonna@tpu.ru)

**Abstract.** The complex is significant and controlled physicochemical parameters allows the use of nano-sized powders of metallic iron in different environments. The system "solid - liquid" efficiency of the process depends on the powder surface wetting. High reactivity, small size and spheroidal particles does not allow to use traditional methods of determining nanopowders wetting parameters (e.g., contact angle). So urgent is the search procedures, which are measured indirectly related to the parameters of the wetting phenomenon. The paper discussed the theoretical background use pH suspension as an analytical signal wetting. The variants of the pH-metric research. The possibilities of the mathematical treatment of kinetic curves of the pH of the aqueous suspension (pH-unit 150M, the initial acidity of the water is equal to  $6.7 \div 6.9$  units. pH measurement time is  $5 \div 10$  minutes) for the quality of wetting characteristics (hydrophilicity / hydrophobicity of the surface). It was found that for passivated samples under different conditions, there is a variety of the course of the kinetic curves pH of the slurry and its speed. The differences observed from the first seconds of contact of the powder with water, which is important for the study of highly reactive nano-sized powders. Different response powders wetting process is explained by the different nature of the acid-base oxide films formed. Proved experimentally that passivation of metallic iron in an oxidizing atmosphere with different oxygen content forming an oxide coating of different composition. At low oxygen content formed surface film of magnetite and at high oxygen content - film of hematite. Various oxides of elements in the ratio Fe:O determines the formation of primary (Lewis) and secondary (Bronsted) acid-base centers surface; different forms hydrate-coated hydroxyl in vivo and affects the forced wetting process (speeds up / slows down). Oxide with a lower oxygen concentration (of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) has a structure reverse spinel, has a weakly acidic and hydrophilic properties (set rate of change pH of the aqueous suspension is rapid, and its decline - slowly and discretely). Increasing the partial pressure of oxygen leads to the formation of a stable oxide, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, which weakly basic properties and has a hydrophobic surface due to the shielding mesh of OH- groups bound by hydrogen bonds. These differences correspond to the similar behavior of oxides in the passive state.

Дисперсные порошки металлического железа находят широкое применение в различных отраслях промышленности, благодаря комплексу значимых и регулируемых физико-химических параметров (наполнители токопроводящих паст; магнитоносители в феррографии и дактилоскопии, химии специальных красок и лекарственных препаратов; ферромагнитные порошки для устройств магнитной записи, приборов ночного видения и т.д.). При использовании порошков в системе «твердое тело – жидкость» эффективность протекания процесса зависит от смачивания их поверхности в разных средах. Смачиваемость определяет такое свойство как «гидрофобность/гидрофильность» или «органобность/органогильность».

Так как дисперсные порошки железа обладают высокой реакционной способностью и самовозгораются на воздухе, то в технологический процесс их производства введена стадия предварительной пассивации (окисление пассивирующим газом с получением на поверхности железного ядра оксидной пленки). Защитный слой оксидной пленки предназначен для обеспечения длительности хранения порошка железа без снижения потребительских свойств порошка.

Однако пассивация в окислительной среде формирует оксидные слои разного состава [1]. Условия пассивации (состав окислительной среды, температура и время выдержки) влияют на толщину и структуру оксидных слоев (плотность и пористость, аморфность и кристалличность). Поскольку оксидный слой является наружным, то именно от его параметров зависит стабильность потребительских и функциональных свойств металлического порошка железа (защитные, оптические, магнитные, адсорбционные и адгезионные, каталитические и т.д.).

Целью настоящей работы является изучение смачивания в водной среде порошков нанометрического железа, полученных в разных условиях пассивации.

Объектами исследования являются порошки металлического железа, полученные методом электрического взрыва проводников (железо ЭВП) и пассивированные в окислительной среде с разным содержанием кислорода: 1- в смеси аргона с воздухом, 2 – в атмосфере воздуха.

Смачиваемость поверхности оценивалась качественно (гидрофильность/гидрофобность) по данным изменения рН водной суспензии во времени (прибор рН-150М, начальная кислотность воды равна  $6.7 \div 6.9$  ед. рН, время измерения – 90 минут). Изменение во времени значений рН водной суспензии является характеристикой смачиваемости, так как связано с явлением смачивания. Известно, что реальная поверхность оксида всегда частично гидратирована, поэтому разный химический состав оксидов формирует различное гидратно-гидроксильное покрытие. При помещении твердого тела в воду гидратно-гидроксильное покрытие формируется в предельных условиях. При этом, подвод молекул воды к активным поверхностным центрам и отвод в среду продуктов реакции ( $H^+$  или  $OH^-$  - ионов) связан с изменением значения рН водной суспензии. На основании этого, значение рН водной суспензии в каждый момент времени является аналитическим сигналом массопереноса в процессе смачивания.

Для порошков металлического железа, пассивированных в разных условиях, обнаружен различный ход кинетических кривых как массопереноса (рН), так и скорости массопереноса ( $v_{pH} = \Delta pH_i / \Delta \tau, \text{мин}$ ). Эти различия фиксируются уже в первые 5 минут контакта порошков с водой и согласуются с механизмом торможения процесса гидрофилизации массивных оксидов, имеющих различное гидратно-гидроксильное покрытие [2-4]. Так, уменьшение парциального давления кислорода приводит к преимущественному образованию оксидной пленки с меньшей долей кислорода ( $Fe_3O_4$ ). Магнетит имеет

структуру обращенной шпинели [5], обладает слабокислотными свойствами и гидрофилен (емкость массопереноса больше, процесс спада скорости массопереноса длительнее). Увеличение парциального давления кислорода ведет к образованию пленки из стабильного оксида  $Fe_2O_3$ , который обладает слабоосновными свойствами и гидрофобен за счет экранирования сеткой ОН-групп, связанных водородными связями.

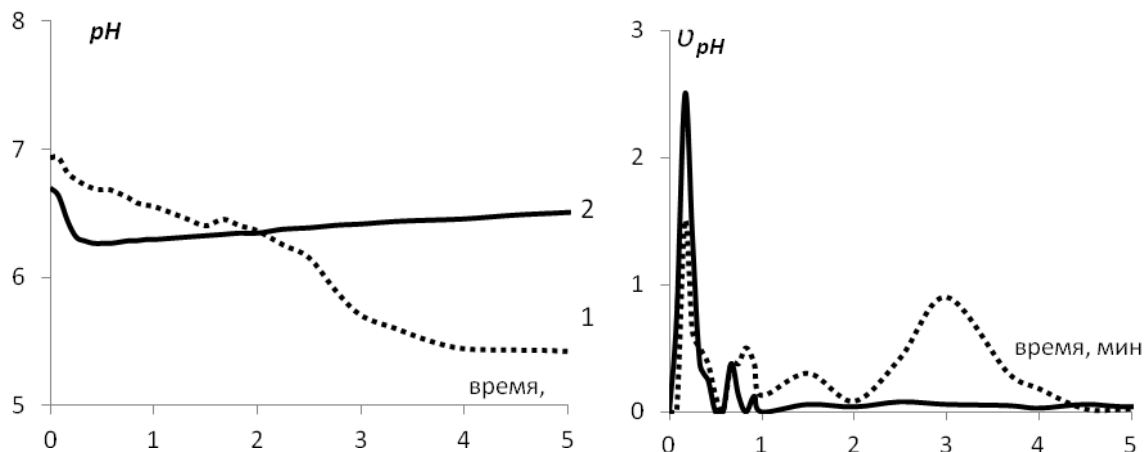


Рис. 1. Изменение во времени массопереноса ( $pH$ ) и скорости массопереноса ( $U_{pH}$ ) для пассивированных в разных условиях нанопорошков железа

Таким образом, процесс смачивания порошков металлического железа протекает в соответствии с закономерностями формирования оксидной пленки, которые диктуются условиями пассивации. Использование кинетической вариации метода рН-метрии позволяет исследовать процесс смачивания с первых секунд контакта твердого тела с жидкостью, что важно для высокорекреакционных наноразмерных порошков.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коршунов А.В. Влияние дисперсности порошков железа на закономерности их окисления при нагревании на воздухе // Известия ТПУ. – 2011. – Т. 318. – № 3. – С. 5–11.
2. Ikonnikova K.V., Ikonnikova L.F., Koltunova E.A. Assessment of Moisture Absorbing Power of Iron Oxide Pigments by pH Metry Method // Key Engineering Materials : Scientific Journal. – 2016. – Vol. 683. – P. 301-305.
3. Иконникова К.В., Иконникова Л.Ф., Колтунова Е.А. Оценка влагопоглощающей способности железооксидных пигментов методом рН-метрии // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2, ч. 10. – С. 2134–2137.
4. Иконникова К.В., Иконникова Л.Ф., Саркисов Ю.С., Минакова Т.С. Методические материалы к практическим работам по определению кислотно-основных свойств поверхности. – Томск: Изд-во ТГАСУ, 2003. – 28 с.
5. Горичев И.Г., Кузин А.В., Бабкина С.С., Лайнер Ю.А., Мирзоян П.И. Исследование и моделирование адсорбции дигидрофосфат-ионов на магнетите как функции рН // Металлы. – 2015. – №4. – С. 38–47.