

ат.% олова, изменяя длительность процесса, концентрацию сульфата меди, а также соотношение взятых для реакции количеств олова и Cu(II). Порошки Cu–Sn содержат кристаллические фазы меди и олова, могут быть спрессованы в таблетки и смешаны с флюсом для пайки. Прогрев порошков в диапазоне 230–420 °С приводит к образованию интерметаллических соединений в результате подплавления фазы олова и процессов диффузии.

#### Список литературы

1. С. С. Набойченко. Порошки цветных металлов. М.: Metallurgia, 1997.
2. Т. N. Vorobyova [et. al.]. Surfaces and Interfaces (2016) 4 : 9.
3. Г. А. Либенсон. Процессы порошковой металлургии М.: МИСИС, 2001.

### Образование и формирование структуры $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> при термической конверсии сульфата железа (II)

Л. С. Ещенко, К. В. Бородина, Д. М. Новик

Белорусский государственный технологический университет  
Минск, Беларусь, *e-mail*: ksenia\_borodina@yandex.com

Основой красных синтетических пигментов является  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (гематит), от размера и формы частиц которого зависят оттенки цвета пигмента. Способы получения гематита основаны как на химическом осаждении гидратированных оксидов железа с последующей их дегидратацией, так и на термическом разложении железосодержащих реагентов, в частности железного купороса FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O [1]. Термический способ отличается энергоемкостью из-за формирования структуры  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> при 900–950 °С, при этом происходит спекание частиц твердой фазы и образование серосодержащей газовой среды, требующей очистки. Особый интерес для получения пигментных материалов представляет низкотемпературная переработка железного купороса в присутствии щелочных реагентов в оксид железа(III) и труднорастворимые или растворимые сульфат-содержащие соединения [2]. Пигментные материалы, содержащие, кроме хромофора ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), и нерастворимые соединения, относятся к группе пигментов-наполнителей, применяемых в производстве пластмасс, резин, в строительной и бумажной промышленности.

Целью данной работы явилось исследование процесса переработки железного купороса, содержащего масс.%: FeSO – 47,8, свободной H<sub>2</sub>O – 3,7 и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 1,2, путем термощелочной конверсии FeSO<sub>4</sub> в системе

$\text{FeSO}_4\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-CaO-H}_2\text{O-O}_2$  на пигментные материалы. Конверсию проводили в два этапа: смесь, состоящую из железного купороса, CaO и  $\text{H}_2\text{O}$  обрабатывали гидротермально при температуре 95–100 °С в течение 3–6 ч, после чего образовавшийся продукт подвергали термообработке в интервале 100–650 °С в тонком неподвижном слое, толщиной 0,5–0,7 см. Продукты анализировали на содержание Fe (II), Fe (III),  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ , CaO,  $\text{SO}_4^{2-}$  и водорастворимых примесей. Степень конверсии рассчитывали исходя из содержания  $\text{SO}_4^{2-}$  в железном купоросе до реакции и в продуктах термообработки.

Установлена зависимость степени конверсии  $\text{FeSO}_4$  от массового соотношения CaO :  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{H}_2\text{O}$  : CaO, температуры термообработки. Показано влияние данных факторов на химизм протекающих процессов, обуславливающий образование железо- и кальций-содержащих фаз в системе  $\text{FeSO}_4\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-CaO-H}_2\text{O-O}_2$ . Получена зависимость, согласно которой с повышением массового соотношения  $\text{H}_2\text{O}$  : CaO степень конверсии увеличивается (рис. а), при этом в твердой фазе присутствуют гидратированные соединения двух- и трехвалентного железа, а также  $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Отмечено, что увеличение мольного соотношения CaO :  $\text{SO}_4^{2-}$  свыше стехиометрического до 1,05–1,10 приводит к повышению степени конверсии на 2–3 %. Нагревание продуктов гидротермальной обработки в интервале температур 300–650 °С сопровождается процессами окисления Fe(II) в Fe(III), дегидратацией водосодержащих соединений и повышением степени конверсии сульфата железа. Так, при 300 °С продуктами термообработки преимущественно являются FeOOH (гетит) и  $\text{CaSO}_4\cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ . Повышение температуры до 500 °С сопровождается переходом FeOOH в слабоакристаллизованный  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ . Формирование кристаллической структуры гематита, согласно рентгенофазовому анализу, происходит при температуре 600 °С, при которой степень конверсии сульфата железа достигает 98 % (рис. б).

Отмечено, что продукт термощелочной конверсии железного купороса, имеет оранжево-красный цвет и представляет собой тонкодисперсный материал с размером частиц 0,5–10 мкм. Частицы с размерами от 5 до 10 мкм составляют 53,5%, от 0,5 до 5 мкм – 41,4%. Согласно данным электронной микроскопии частицы материала отличаются по форме: крупные игольчатые характерны для сульфата кальция, а более мелкие, близкие к сферическим – для гематита.

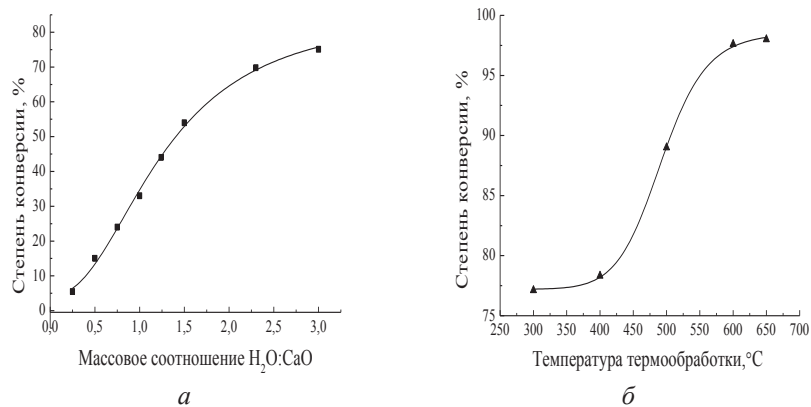


Рис. Зависимость степени конверсии от:

*a* – массового соотношения H<sub>2</sub>O : CaO и *б* – температуры термообработки

Установлено, что содержание водорастворимых солей в продуктах, термообработанных при 600–650 °С, находится на уровне 0,1–0,2%. Показано, что полученный продукт окрашивает песчано-цементные изделия, при этом повышает их механическую прочность.

#### Список литературы

1. G. Vuxbaum, G. Pfaff. Industrial Inorganic Pigments, Germany: Wiley-VCH, (2005) : 313.
2. В. А. Салоников. Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук: 05.17.01, БГТУ. Минск, 2001.

### Получение порошка Ni–Sn–Zn методом контактного вытеснения из раствора

А. А. Кудачо<sup>2,1</sup>, Т. Н. Воробьева<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт физико-химических проблем,

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь  
*e-mail: anton1995chem@gmail.com*

Порошки сплава Ni–Sn востребованы для получения износостойких, твердых, коррозионноустойчивых, обладающих способностью к пайке покрытий в машино- и приборостроении, в электронике, для восстановления изношенных деталей. Применение порошковых припоев в смеси с флюсами в виде паст позволяет снизить трудоемкость процессов пайки, дозировать материал и механизировать операции пайки. Как для получения покрытий, так и для пайки порошки должны иметь определенный химический, фазовый и гранулометрический состав,