

жидкого стекла и соотношение соды к начальному содержанию фтора, а также продолжительность процесса обесфторивания.

На основании проведенных исследований установлены оптимальные технологические параметры процесса обесфторивания экстракционной фосфорной кислоты, произведенной из фосфоритов Марокко. Оптимальная норма расхода жидкого стекла для ЭФК составляет 120 мас. %, соды – 140 мас. %, для УЭФК норма расхода жидкого стекла – 120 мас. %, соды – 140 мас. %.

При оптимальных параметрах обесфторивания содержание фтора в очищенной ЭФК составляет 0,07 %, а для УЭФК 0,11 %.

Для достижения представленных результатов по обесфториванию, на основании кинетических зависимостей, продолжительность стадии отстаивания должна составлять для ЭФК не менее 12 часов, а для УЭФК не менее 3 суток, при температуре не выше 20–25 °С. Длительность процесса обесфторивания объясняется повышенной вязкостью фосфорных кислот, что затрудняет процесс диффузии ионов к поверхности кристаллов, соответственно снижается скорость роста кристаллов и способность разделения суспензии с помощью фильтрации.

УДК 667.622.1+546.723

Л.С. Ещенко, проф., д-р техн. наук;  
Р.А. Воронцов, магистрант (БГТУ, г. Минск)

## **О СПОСОБАХ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЖЕЛЕЗНОГО КУПОРОСА НА ТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ**

В настоящее время существует проблема дефицита основных первичных источников сырья. Одним из решений данной проблемы является проработка путей использования вторичных источников, а именно побочных продуктов предприятий. Таким сырьем является железный купорос, получаемый на металлургических предприятиях страны. Исходя из потребности Республики Беларусь в пигментных материалах, бесхлорных минеральных удобрениях и наличия соответствующей сырьевой базы, целесообразным является разработка технологии комплексной переработки железного купороса на технические продукты.

В Республике Беларусь железный купорос является побочным продуктом таких предприятий как ОАО «БМЗ» и ОАО «Речицкий метизный завод». Существует также множество источников железного купороса (сульфата железа (II)) в виде технических растворов. Учитывая наличие железного купороса, а также растворов гидроксида калия

производства ОАО «Беларуськалий», целесообразным является получение на их основе железоксидных пигментов широкой цветовой гаммы и сульфата калия в качестве бесхлорного минерального удобрения.

Существует несколько основных способов переработки сульфата железа (II) на пигменты красного, коричневого и желтого цвета. Распространенные «мокрый» и термический способы переработки имеют ряд недостатков: многостадийность, энергоемкость, большой объем сточных вод. Разработанный гидротермальный способ [1] имеет ряд преимуществ, но при его осуществлении образуется большой объем сточных вод.

Следует отметить и разработанный способ низкотемпературного синтеза оксида железа (III) [2], который при всех преимуществах характеризуется достаточно низкой производительностью.

Современное производство железоксидных пигментов за рубежом основано на использовании как железного купороса, так и железной стружки, окисление которой осуществляют нитробензолом до магнетита с последующей термообработкой и получением  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ . Последний способ характеризуется многостадийностью, но при этом получают пигменты высокого качества.

Исходя из анализа и обобщения известных данных, следует, что на данном этапе поиск путей переработки железного купороса, особенно комплексной переработки, является важным и актуальным направлением химической технологии. Исходя из этого, в данной работе предложен способ переработки железного купороса на пигментные материалы и сульфат калия с использованием процессов механохимии, ультразвуковой обработки, направленных на интенсификацию конверсии сульфата железа (II). Способ включает следующие стадии:

- 1) осаждение гидроксида железа (II) при механохимической активации;
- 2) окисление гидроксида железа (II) микроволновой обработкой;
- 3) выделение сульфата калия из продуктов конверсии;
- 4) сушка и термообработка железосодержащей фазы;
- 5) кристаллизация сульфата калия из пересыщенного раствора.

Лимитирующей стадией технологического процесса конверсии сульфата железа (II) является стадия окисления, которая зависит от формы соединений Fe(II), находящихся в суспензии. Следует отметить сложный механизм окисления соединений Fe(II), протекающий с образованием промежуточных продуктов переменного состава, таких как

«зеленая ржавчина» и другие, при осуществлении его как в нейтральной, так и слабо кислой среде ( $\text{pH} \leq 7$ ). Показано, что при осуществлении процесса окисления в щелочной среде, его механизм упрощается и продуктами являются оксигидроксиды железа (III).

В соответствии с предложенным подходом установлено, что при термообработке в интервале  $650\text{--}700^\circ\text{C}$  продуктов окисления образуется гематит  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  с цветовой палитрой от коричневого до темно-красного, характеристики которого соответствуют пигментным материалам. При этом, согласно расчетам, на 1 кг  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  приходится приблизительно 1,72 кг  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , что говорит о целесообразности выделения сульфата калия из продуктов конверсии сульфата железа (II).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Агафонов, Г.И. Универсальная гидротермальная технология синтеза красных железистых пигментов / Г.И. Агафонов [и др.] // Лакокрасочные материалы и их применение. – 1999. – № 7–8. – С. 41–46.

2. Салоников, В.А. Получение высокодисперсного оксида железа (III) низкотемпературным способом: автореф. дисс. канд. техн. наук: 05.17.01 / В.А. Салоников; БГТУ. – Минск, 2005. – 18 с.

УДК 666.91:661.25

А.А. Мечай, канд. техн. наук, зав. кафедрой ХТВМ;  
Е.И. Барановская, доц., канд. техн. наук;  
А.А. Линкевич, ассист.; М.В. Попова, ассист.;  
А.Ф. Минаковский, доц., канд. тех. наук (БГТУ, г.Минск)

## ПОЛУЧЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ГИПСОВОГО КАМНЯ С МОДИФИЦИРУЮЩИМИ ПРИМЕСЯМИ

Актуальными проблемами при производстве изделий из цемента (бетона, сухих строительных смесей и т. д.) являются: высолообразование, обусловленное наличием в цементах щелочей (до 1 %), которые в процессе карбонизации и диффузии на поверхности бетонных изделий и штукатурок образуют высолы; повышение морозостойкости бетонных изделий для наших климатических условий, в которых температура перехода через  $0^\circ\text{C}$  происходит с большой частотой.

Добавки в бетоны для решения проблемы высолообразования в Республике Беларусь не производятся, а импортные – дорогостоящие. Кольматирующие добавки для уменьшения водонепроницаемости и