

11. Белоусов, А. Заряд к жизни. [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://expert.ru/ural/2012/27/zaryad-k-zhizni/> (дата обращения 15.04.2016).

Л. М. Теслюк, С. Ф. Катышев,
Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

ПОИСК ОПТИМАЛЬНОГО РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

A possibility of increasing ecological and economic effectiveness of manufacturing extraction grade H_3PO_4 by recycling waste $CaSO_4$ into a gypsum cementing agent is demonstrated. Experimental data on the influence of salts onto rate and completeness of hydrate-formation of phosphate-semi-hydrate are presented.

Под отвалами фосфогипса (ФГ), многотоннажного отхода производства фосфорной кислоты, заняты огромные площади земли, а содержание в отходе примесей фосфорной кислоты и соединений фтора представляет серьезную опасность для окружающей среды. В 2014 г в отвалах промпредприятий России накоплено около 200 млн тонн ФГ, и ежегодно эта цифра увеличивается на 10–15 млн тонн отходов [1]. Предприятия должны нести значительные затраты при складировании этого отхода, относящегося к IV классу опасности, т. к. плата за размещение одной тонны составляет 248,4 рубля. Если ФГ рассматривается как вторичное сырье для дальнейшей переработки, то плата за его размещение – 14 копеек за тонну. Однако доля перерабатываемого отхода на сегодняшний день на предприятиях РФ очень незначительна – менее одного процента [2].

Одним из направлений утилизации ФГ является получение гипсовых вяжущих, поскольку он по своему составу близок к природному гипсу. Однако непосредственное использование экстракционного сульфата кальция в качестве гипсового вяжущего без введения активирующих добавок невозможно вследствие неудовлетворительных вяжущих свойств, обусловленных наличием технологических примесей. Несмотря на известные успехи и достижения в исследованиях твердения, подбор состава гипсовых вяжущих, в основном, остается эмпирическим.

Рядом исследований [3–4] показана целесообразность использования в качестве добавки к ФГ солей многовалентных металлов. Ускорение процесса перекристаллизации и улучшения вяжущих свойств ФГ в присутствии этих солей происходит в результате понижения pH гипсового теста, что способствует смещению подвижного равновесия между фторкомплексами алюминия в сторону образования положительно заряженных комплексов, практически не замедляющих процесс перекристаллизации полугидрата сульфата кальция в дигидрат. В качестве добавок использовались нитраты алюминия, железа, хрома, никеля и кальция в количестве 5 % к массе ФГ.

Поскольку вода является полноправным участником процесса твердения гипсовых вяжущих, ее свойства оказывают значительное влияние на характер взаимодействия в системе твердое – жидкое. По изменению активности воды в растворах затворения, в том числе и в присутствии добавок, можно судить о взаимодействии между молекулами растворителя, эффекте гидратации, электростатическом притяжении между ионами.

Активность воды в растворах рассчитывалась по соотношению давления насыщенных водяных паров над раствором и чистой водой при той же температуре при условии, что пар над жидким раствором принимается как смесь идеальных газов. Методика определения давления насыщенных паров над растворами описана в работе [5]. Для определения давления насыщенных паров над растворами были применены два метода: статический метод с мембранным нуль-манометром и метод увлечения паров раствора инертным газом. Давления насыщенных паров было измерено в системах: вода – соль и раствор соли – ФГ.

Введение солей повышает давление паров воды над растворами, насыщенными ФГ. На рисунке 1 видно, что давление паров воды в системах соль – вода – ФГ выше по сравнению с бинарной системой вода – ФГ.

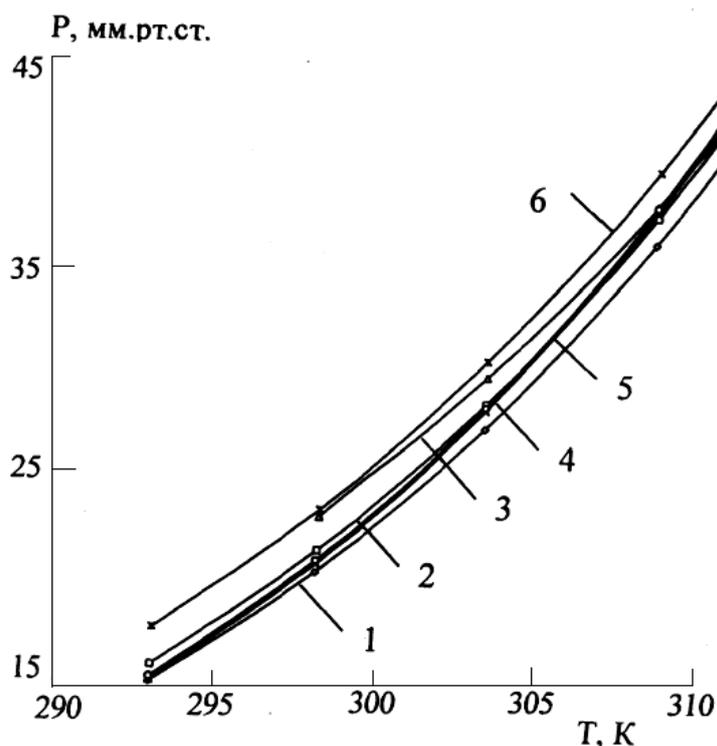


Рис. 1. Зависимость P_{H_2O} над растворами, насыщенными ФГ, от температуры при введении солей: 1 – ФГ без добавок; 2 – $Al(NO_3)_3$; 3 – $Fe(NO_3)_3$; 4 – $Cr(NO_3)_3$; 5 – $Ca(NO_3)_2$; 6 – $Ni(NO_3)_2$

В общем случае, давление водяных паров определяется наличием свободных катионов $Me^{+2(+3)}$, способных связывать определенное количество молекул воды в гидратные комплексы, и количеством адсорбированной воды поверхностью ФГ. Повышение давление паров воды можно связать с уменьшением доли свободных гидратированных катионов металлов за счет связывания их в нерастворимые соединения. Так, например, в тройной системе $Al(NO_3)_3 - H_2O - ФГ$ можно отметить его повышение по сравнению с бинарной системой $Al(NO_3)_3 - H_2O$ с аналогичной мольной долей воды (рис. 2), в то время, как в случае с $Cr(NO_3)_3$ наблюдается понижение давления паров воды.

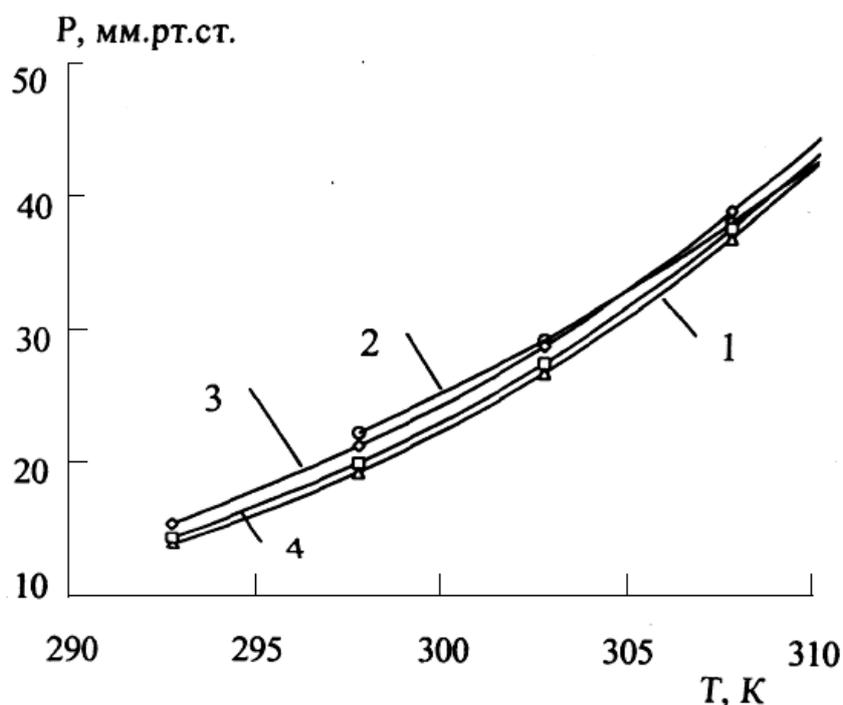


Рис. 2. Изменения P_{H_2O} с температурой в системах:

1 – $Al(NO_3)_3 - H_2O$; 2 – $Al(NO_3)_3 - H_2O - ФГ$; 3 – $Cr(NO_3)_3 - H_2O$; 4 – $Cr(NO_3)_3 - H_2O - ФГ$

Полученные результаты не расходятся с выводами других исследователей [5]. Методами электрофореза и электроосмоса определены величины электрокинетического потенциала (ξ) у коллоидных частиц и кристаллов дигидрата сульфата кальция, полученных путем кристаллизации из растворов, насыщенных полуводным гипсом. Установлено, что на величину $\xi - Pm$ влияет присутствие в ФГ остаточной фосфорной кислоты и растворимых фосфатов. Введение добавок, связывающих фосфаты в труднорастворимые соединения, приводит к понижению $\xi - Pm$. При этом скорость кристаллизации дигидрата увеличивается в несколько раз, и образуются сростки изометрических кристаллов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коммерсант.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.kommersant.ru/doc/2428015> (дата обращения 15.04.2016).
2. Твердые бытовые расходы. [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.solidwaste.ru/news/view/15554.html> (дата обращения 15.04.2016).

3. Гашкова, В. И. Влияние солей алюминия на процесс растворения сульфата кальция / В. И. Гашкова, Е. И. Савинкова, В. Н. Десятник // Журн. прикл. химии. – 1992. – Т. 65, № 1. – С. 80–84.

4. Гашкова, В. И. Влияние $Al(NO_3)_3$ на процесс обезвоживания фосфогипса и вяжущие свойства β -полугидрата сульфата кальция / В. И. Гашкова, В. И. Савинкова, В. Н. Десятник, Л. М. Теслюк. // Библиогр. указатель ВИНТИ «Депонированные науч. Работы» – Свердловск: УПИ, 1984. – 6 с.

5. Теслюк, Л. М. Активность воды в растворах кислот и сульфата кальция / Л. М. Теслюк, С. Ф. Катышев, В. Н. Десятник // Вестник УГТУ-УПИ. Серия химическая. – Екатеринбург: ГОУ УГТУ-УПИ, 2003. – № 3 (23). – С. 38–43.

6. Ломовцева, С. Б. Определение электрокинетического потенциала на границе дигидрат сульфата кальция – раствор / С. Б. Ломовцева, Е. И. Савинкова, Т. И. Осипова // Библиогр. указатель ВИНТИ «Депонированные науч. Работы» – Свердловск: УПИ, 1980. – 8 с.

К. В. Хацевский,

Омский государственный технический университет, Омск, Россия

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

The results of researches for the ore-smelting electrothermal furnaces for increase of efficiency of its work are considered in this article.

Рудовосстановительные электропечи (РВП) относятся к самым мощным потребителям электроэнергии в промышленности. Номинальные мощности эксплуатируемого электротехнологического оборудования такого типа, в особенности электропечей ферросплавного производства, достигает 100 МВА.

Поэтому решения проблем оптимизации режимов работы рудовосстановительных печей является важнейшим направлением работ не только в России, но и в других странах, где они эксплуатируются. Суммирование мощностей рудовосстановительных электропечей заводов