

Список использованных источников

- 1 Жарский И.М. Анализ состояния и перспективы развития гальванического производства в Республике Беларусь / И.М. Жарский, А.А. Черник. // Создание новых и совершенствование действующих технологий и оборудования нанесения гальванических и их замещающих покрытий: мат. республиканского науч. семинара, Минск, 2011. – С. 154-155.
- 2 Марцуль В.Н. Очистка сточных вод гальванических цехов предприятий Республики Беларусь / В.Н. Марцуль, О.С. Залыгина, А.В. Лихачева, В.И. Романовский // Труды БГТУ. Химическая технология неорганических материалов и веществ. – 2013. – №3. – С. 61-66.
- 3 Integrated pollution prevention and control. Reference Document on Best Available Techniques for Surface Treatment of Metals and Plastics. – European commission – August, 2006. – 582 p.
- 4 Oliva P. Review of the structure and the electrochemistry of nickel hydroxides and oxyhydroxides / P. Oliva, J. Leonardi, J.F. Laurent, C. Delmas, J.S. Braconnier, M. Figlarz, A. Guibert // J. Power Sources. – 1982. – vol.8. – pp. 229-255.
- 5 Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – Изд.5-е, перераб. и доп.; М.: Химия. – 1979. – 480 с.

УДК 621.926

Д.Н. Боровский, канд. техн. наук

Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Беларусь

ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ПОЛИМЕРИЗАЦИОННЫХ ИОНИТОВ В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ЦЕНТРОБЕЖНО-ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЕ

Иониты используются в водоподготовке и по происхождению они делятся на природные (пески, глинистые минералы) и синтетические, например синтетические смолы. Ионитовые фильтры и электродиализные установки с ионитовыми мембранами применяются для опреснения морской или грунтовой воды с высоким содержанием солей. В гидрометаллургии иониты используют в процессах обогащения сырья, разделения и очистки редких элементов. Переработка радиоактивных отходов, удаление многих вредных примесей из сточных вод также успешно осуществляются с использованием ионитов [1]. По методу получения синтетические иониты подразделяют на полимеризационные и поликонденсационные. Синтетические иониты полимеризационного типа производятся в виде шарообразных частиц с размером в диапазоне от 0,3 до 2,0 мм [1, 2].

Несмотря на своевременную регенерацию ионитов, они приходят в негодность и представляют собой промышленные отходы. Средний срок службы ионитов зависит от условий эксплуатации, но не превышает шести лет. Эти отходы можно использовать вторично в качестве коагулянтов или флокулянтов, но для этого необходимо получить тонкодисперсный порошок. Все полимеризационные иониты имеют достаточно высокую прочность, но у поликонденсационных она существенно ниже, поэтому для дальнейших исследований по их измельчению были выбраны полимеризационные иониты.

В работах [3 – 5] показано, что наименее энергоемким способом воздействия на материал при тонком измельчении можно считать раздавливание и удар. Для сверхтонкого измельчения не обойтись без использования более энергозатратного способа – истирания. Этот способ в комбинации с ударом реализуется в тихоходных барабанных мельницах, недостатком которых является высокая металлоемкость и энергоемкость проведения процесса. Повысить эффективность процесса измельчения можно за счет интенсификации движения измельчающих тел в рабочей камере, что может быть реализовано в быстроходных шаровых мельницах: планетарных, центробежно-шаровых, вибрационных. Простота конструкции и организации замкнутого цикла работы определяют преимущественную возможность использования центробежно-шаровых мельниц для тонкого и сверхтонкого помола.

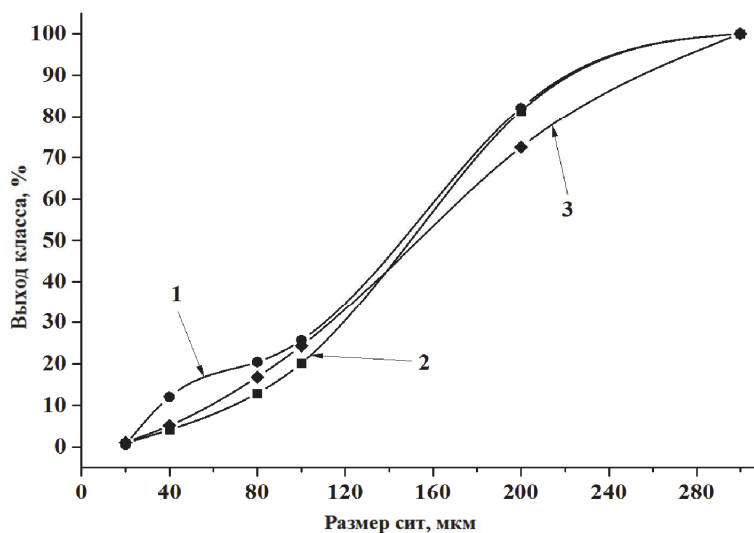
Вертикальные центробежно-шаровые мельницы представляют собой пустотелый корпус, в нижней части которого вертикально установлен вращающийся ротор. Измельчающие тела и материал описывают внутри замкнутую траекторию по пути ротор – кольцо – свободный полет – возврат на ротор. В результате этого увеличиваются силовые факторы воздействия за счет инерционных сил и вероятность контакта мелющих тел и материала, что способствует повышению эффективности измельчения.

Целью данной работы являлось определение возможности использования центробежно-шаровых мельниц для измельчения ионитов и установление зависимости изменения фракционного состава ионитов от линейной скорости ротора.

Экспериментальные исследования по помолу полимеризационных ионитов с размером частиц 1,3 мм и плотностью 1180 кг/м³ проводились на мельнице при линейной скорости ротора $v_d = 3,7$ м/с. В качестве мелющих тел применялись стальные шары диаметром 2,8418 мм. Линейная скорость корзины классификатора составляла $v_k = 4,545,5$ м/с, так как плотность ионитов меньше плотности клинкера и скорость уноса частиц готового продукта будет выше. Измельченный материал удалялся из помольной зоны непрерывно воздушным потоком, скорость которого в кольцевом зазоре ($l = 1,1$ мм) между ротором и корпусом составляла $v_g = 15,25$ м/с.

Для использования ионитов в качестве коагулянтов или флокулянтов необходимо, чтобы размер частиц после измельчения не превышал 200 мкм. Поэтому, для большей наглядности, полученные экспериментальные данные представлены в виде характеристики крупности «по минусу» (рисунок 1) при различных линейных скоростях ротора. Из них видно, что в результате измельчения 80 % частиц готового продукта имеют размер менее 200 мкм.

При увеличении линейной скорости ротора мельницы (рисунок 1) процентное содержание крупной фракции возрастает. Это в большей степени объясняется тем, что повысить тонину помола при сухом измельчении можно только за счет истирания, в данном случае это будет соответствовать первой кривой (рисунок 1). Истирающее воздействие на материал в большей степени реализуется в переходном режиме работы мельницы, когда мелющие тела находятся на неподвижном кольце. Но в общем случае влияние скорости ротора на дисперсность конечного продукта незначительно.



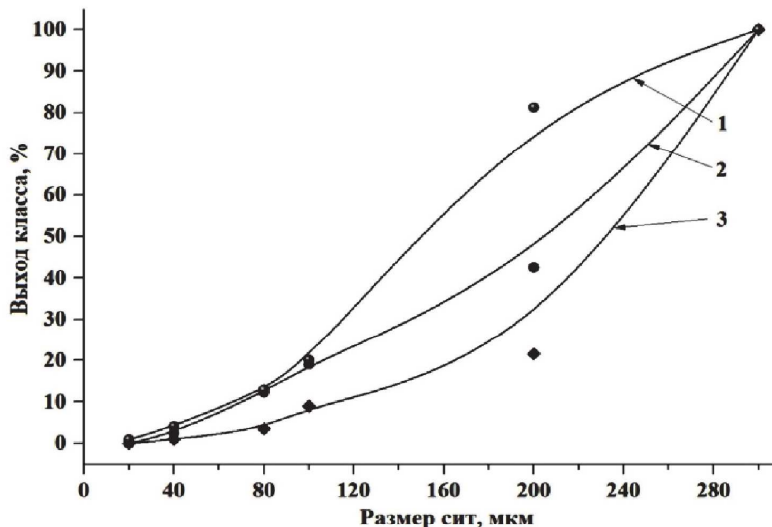
1 – $v_d = 3$ м/с; 2 – $v_d = 5$ м/с; 3 – $v_d = 7$ м/с

Рисунок 1 – Характеристика крупности ионитов с влажностью $W = 5$ % при различных линейных скоростях ротора мельницы, фиксированных значениях скорости газа в кольцевом зазоре $v_g = 20$ м/с и линейной скорости корзины классификатора $v_k = 4,5$ м/с

Более значительное влияние на фракционный состав готового продукта оказывает начальная влажность исходного сырья (рисунки 2 и 3), которая определялась по термостатно-весовому методу. На рисунке 3 представлен фракционный состав измельченных

ионитов, полученный на лазерном микроанализаторе фирмы «Fritsch» при помощи измерительного комплекса «Analysette 22».

Как видно из графиков (рисунки 2 и 3) при снижении влажности эффективность измельчения полимеризационных ионитов повышается, что объясняется повышением их хрупкости. Также при снижении влажности уменьшается их налипание на мелющие тела и слипание между собой, тем самым обеспечивается условие своевременного удаления измельченного материала из зоны помола.



1 – $W_1 = 5\%$; 2 – $W_2 = 10\%$; 3 – $W_3 = 20\%$

Рисунок 2 – Характеристика крупности ионитов при различной влажности материала W , фиксированных значениях скорости газа в кольцевом зазоре $v_g = 20$ м/с, линейных скоростях ротора $v_l = 5$ м/с и корзины классификатора $v_k = 4,5$ м/с

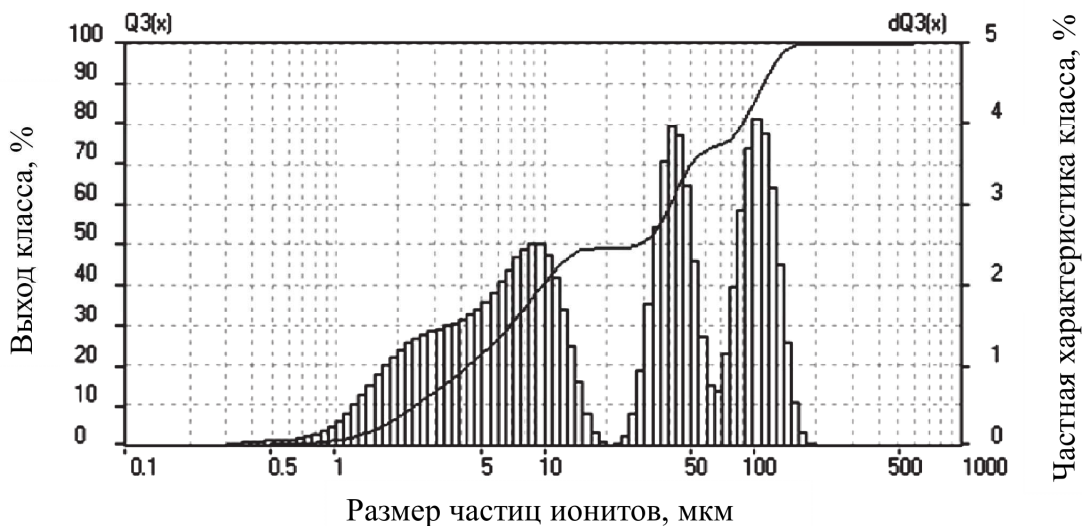


Рисунок 3 – Характеристика крупности ионитов при влажности материала $W = 5\%$, фиксированных значениях скорости газа в кольцевом зазоре $v_g = 20$ м/с, линейных скоростях ротора $v_l = 5$ м/с и корзины классификатора $v_k = 5,5$ м/с

В процессе измельчения рабочие тела изнашиваются, причем величина износа зависит как от физико-химических свойств измельчаемого продукта и мелющих тел, так и от технологических параметров мельницы. Поэтому дополнительно при помол полимеризационных ионитов была проведена оценка величины намола шаров различных диаметров. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Намол шаров после измельчения 100 кг ионитов

Диаметр шаров, мм	Материал мелющих тел	Масса до измельчения, кг	Масса после измельчения, кг	Намол шаров, кг		Процент износа шаров, %	
				на 100 кг	на 1000 кг	на 100 кг	на 1000 кг
2,8	ШХ15	3,490	3,412	0,078	0,780	2,235	22,350
6,0		3,400	3,352	0,048	0,480	1,142	11,420
12,0		3,600	3,578	0,022	0,220	0,611	6,110
18,0		3,586	3,577	0,009	0,090	0,250	2,500

Из таблицы 1 видно, что чем меньше диаметр мелющих тел, тем выше величина их намолы. Это объясняется тем, что при истирающем виде воздействия на материал с уменьшением размеров шаров сокращается объем пустот. При этом увеличивается поверхность контакта мелющих тел с материалом, в результате чего происходит более интенсивный износ шаров.

Таким образом, полученные результаты позволили оценить эффективность процесса измельчения полимеризационных ионитов в вертикальной центробежной мельнице.

Из проведенных экспериментов можно сделать вывод, что ионит представляет собой довольно трудно измельчаемый материал. В центробежно-шаровой мельнице можно реализовать только предварительный помол, первую стадию, причем с обязательной подсушкой исходного продукта. Для более тонкого помола необходим поиск более эффективного способа помола и помольного агрегата, возможно основанного на каком-либо разрушающем физическом эффекте.

Список использованных источников

- 1 Амфлетт, Ч. Неорганические иониты / Ч. Амфлетт. – М.: Мир, 1966. – 189 с.
- 2 Гельферих, Ф. Иониты. Основы ионного обмена / Ф. Гельферих. – М.: Мир, 1962. – 492 с.
- 3 Боровский, Д.Н. Исследование процесса помола в центробежно-шаровой мельнице / Д.Н. Боровский, П.Е. Вайтехович, Д.В. Семенов // Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов: материалы междунар. н-т напр, Минск, 25-27 ноября 2009 г.: в 2 ч. / УО «БГТУ»; редкол.: Жарский И.М. [и др.] – Минск: БГТУ, 2009. – С. 309-313.
- 4 Вайтехович, П. Е. Перспективы и пути развития шарового измельчения в химической промышленности / П. Е. Вайтехович, Д. В. Семенов, Д. Н. Боровский, В. И. Козловский // МНТК «Проблемы и инновационные решения в химической технологии» «ПИРХТ-2013», Воронеж, 1-3 октября 2013 г. / ФГБОУ ВПО «ВГУИТ». – Воронеж: ВГУИТ, 2013. – С. 232–234.
- 5 Боровский, Д. Н. Измельчение материалов в вертикальной центробежно-шаровой мельнице с классификационной камерой / Д. Н. Боровский, П. Е. Вайтехович // Вестник ПГУ. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2013. – №3. – С. 135–138.

УДК 551.491.48; 543.3

Ю.Г. Янута, вед. науч. сотр., канд. техн. наук;
 А.М. Абрамец, вед. науч. сотр., канд. техн. наук
 Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

**ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ
 ПОДЗЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД**

Гуминовые соединения (ГС) наиболее распространенные природные органические вещества на Земле. Они представляют собой продукты превращения органических веществ в биосфере. По некоторым данным более 60 % органического углерода на нашей