

УДК 502.174.1

ФЛОТАЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ПОЛИСТИРОЛА

Е. В. ОПИМАХ

УО «Белорусский государственный технологический университет», ул. Свердлова, 13а, 220006 г. Минск, Беларусь.

Описаны экспериментальные исследования флотационного извлечения измельченного полистирола с размерами частиц от 1 до 4 мм. Эксперименты выполнены на лабораторном флотационном аппарате колонного типа с пневматической аэрацией. Получены закономерности влияния высоты аэрируемого слоя жидкости, концентрации поверхностно-активных веществ, расхода воздуха и температуры на извлечение флотируемого компонента. Определены оптимальные режимы флотационного извлечения полистирола. Сделаны выводы о том, что флотационное разделение полимеров, основанное на их избирательной смачиваемости, является перспективным направлением при переработке смешанных пластмассовых отходов.

Ключевые слова: пластмассы, отходы, полистирол, флотация, разделение, поверхностно-активные вещества.

Введение

В последние годы проблема утилизации пластмассовых отходов становится одной из важнейших. Это объясняется значительным ростом производства полимерных материалов и расширением областей их применения в различных отраслях. Основное количество отходов уничтожают захоронением, затоплением или сжиганием. Все эти способы наносят огромный ущерб окружающей среде.

Вместе с тем пластмассовые отходы являются дополнительными источниками сырьевых ресурсов и энергетических запасов. Повторное использование пластмасс для получения полезных продуктов и изделий – основное направление в решении проблемы отходов.

Вопросов, связанных с утилизацией полимерных отходов, достаточно много. Они имеют свою специфику, но их нельзя считать неразрешимыми. Наибольшие трудности связаны с переработкой и использованием смешанных отходов. Причина этого в несовместимости пластмасс, входящих в состав бытового мусора. Из-за различной полярности компонентов возникает разделение фаз в расплаве или после охлаждения. Меньший компонент образует дисперсную фазу в дисперсионной (непрерывной) фазе-матрице. Неоднородность смесей является причиной низкой ударной вязкости. Полимерные примеси оказывают сильное влияние на полимерную матрицу и приводят к заметному ухудшению внешнего вида деталей, получаемых из отходов, снижению каче-

ства поверхности и физико-механических показателей. Поэтому требуется их постадийное разделение.

Разделение смешанных (бытовых) отходов термопластов по видам проводят следующими основными способами: флотационным, разделением в тяжелых средах, аэросепарацией, электросепарацией, химическими методами и методами глубокого охлаждения.

В настоящее время при переработке полимеров широко применяются флотационные ванны для сепарации материалов, с разными относительными плотностями. Как, например, полипропиленовые и полиэтиленовые колпачки, отрывные кольца, этикетки, которые легче воды, удаляются с ее поверхности. А материал, осевший на дне, передается для дальнейшей обработки в моечно-сушильный комплекс.

Свойство избирательной смачиваемости пластмасс в таких ваннах не используется. В научнотехнической литературе крайне ограничено представлена информация о том, что флотационное разделение пластмасс может производиться при использовании поверхностно-активных веществ (ПАВ), которые избирательно изменяют их гидрофильные свойства [1–5].

Автором ранее проведены исследования по разделению смеси измельченных АБС и полиамидов (ПА) [6], а также исследована возможность флотации отходов полиэтилентерефталата (ПЭТ) [7]. Эти исследования позволяют целенаправленно осуществлять подбор ПАВ. Благодаря им становится ясно – при использовании каких ПАВ и

условий процесса возможно извлечение той или иной пластмассы из определенной смеси. Различные условия флотации могут применяться на отдельных стадиях постадийного разделения смеси измельченных пластмасс.

Цель работы – экспериментальное нахождение зависимостей степени извлечения полистирола при его флотации от технологических факторов.

Материалы и методы проведения исследования

Полистирол (ПС) – жесткий, хрупкий, аморфный, термопластичный полимер с высокой степенью оптического светопропускания, невысокой механической прочностью. ПС легко формуется и окрашивается. Хорошо обрабатывается механическими способами. Хорошо склеивается. Обладает низким влагопоглощением, высокой влагостойкостью и морозостойкостью. Из полистиролов производят широкую гамму изделий: одноразовая посуда, упаковка, детские игрушки, теплоизоляционные плиты, несъемная опалубка, сэндвич панели, потолочный багет, потолочная плитка, полистирольные звукопоглощающие элементы, клеевые основы, полимерные концентраты и т.д. Плотность ПС 1060–1125 кг/м³.

Эксперименты проводили на лабораторном флотационном аппарате колонного типа с пневматической аэрацией, схема которого представлена на рис. 1.

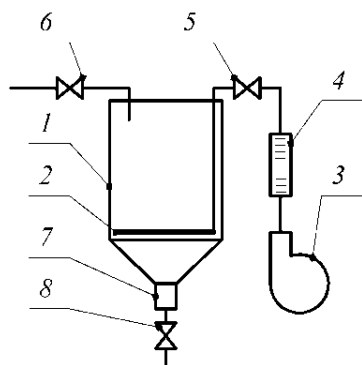


Рисунок 1 – Схема лабораторного флотационного аппарата колонного типа с пневматической аэрацией: 1 – емкость; 2 – змеевик-барботер; 3 – вентилятор; 4 – ротаметр РМ-ГС/0,25; 5 – вентиль для подачи воздуха; 6 – вентиль для подачи воды; 7 – штуцер для отвода хвостов и воды; 8 – вентиль для отвода хвостов и воды

Емкость 1 наполняли водой в количестве $V = 185,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, вводили ПАВ. С помощью ротаметра 4 и вентиля 5 устанавливали расход воздуха. Затем в емкость засыпали навеску измельченного полимера.

За окончание процесса флотации принимали момент времени, когда между барботером и пенным слоем отсутствуют частицы полимера. Концентрат отводили вместе с пеной в верхней части емкости, хвосты через штуцер 7. Затем проводили сушку и взвешивание концентрата. Змеевик-

барботер 2 может быть размещен на различной глубине емкости 1, тем самым, изменяя высоту аэрируемого слоя жидкости.

На основании полученных результатов рассчитывали извлечение флотированного компонента (ПС) ε , % по формуле [8]:

$$\varepsilon = \frac{m_{\text{конц}}}{m_{\text{исх}}} \cdot 100\%,$$

где $m_{\text{конц}}$ – масса флотированного компонента в концентрате, кг; $m_{\text{исх}}$ – исходная масса флотированного компонента, поданного на флотацию, кг.

Исследования выполняли с использованием в качестве ПАВ смеси, содержащей натрий лауретсульфат и диэтаноламид.

Лауретсульфат натрия марки Б1 ТУ 2481-010-71150986–2011 – поверхностно-активное вещество. Представляет собой амфифильное вещество, применяющееся при производстве большинства моющих средств, шампуней, зубной пасты, косметики для образования пены.

Диэтаноламид марки А ТУ 2433-002-13805981–2006 – пенообразователь и стабилизатор, смягчитель волокон, антистатик, регулятор вязкости, загуститель.

Результаты исследования и их обсуждение

Зависимости извлечения ПС от количества ПАВ при различных высотах аэрируемого слоя жидкости представлены на рис. 2.



Рисунок 2 – Зависимости извлечения ПС от количества ПАВ при различных высотах аэрируемого слоя жидкости

Как видно, извлечение ПС имеет максимум при малом количестве ПАВ, а именно – 1 мл, и достигает 99% при достаточной высоте аэрируемого слоя жидкости.

Наличие максимума может быть объяснено таким же характером зависимости пенообразующей способности от концентрации ПАВ. При концентрации большей, чем максимальная пенообра-

зующая способность, пенообразование снижается из-за затруднения диффузии ПАВ в поверхностный слой.

При малой высоте аэрируемого слоя жидкости вероятность столкновения пластмассовой частицы с пузырьком воздуха низкая и некоторые потенциально флотируемые частицы опускаются на дно аппарата.

С целью более наглядного отображения влияния высоты аэрируемого слоя жидкости на извлечение ПС построены соответствующие зависимости (рис. 3) для количеств ПАВ, равных 0,4 мл и 1 мл.



Рисунок 3 – Зависимости извлечения ПС от высоты аэрируемого слоя жидкости для количеств ПАВ 0,4 мл и 1 мл

Как видно, достаточная высота слоя аэрируемой жидкости равна 0,5–0,6 м, дальнейшее увеличение которой не оказывает существенного влияния на извлечение ПС.

Приведенные выше результаты (рис. 2, 3) получены при расходе воздуха $0,072 \text{ м}^3/\text{ч}\cdot\text{м}^2$. Далее (рис. 4) приведены зависимости извлечения ПС от

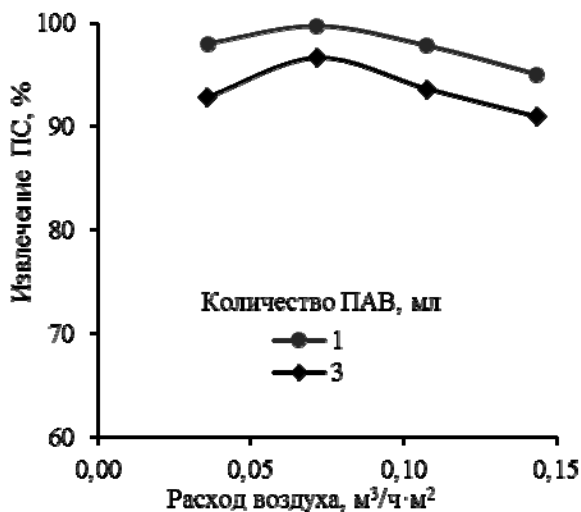


Рисунок 4 – Зависимости извлечения ПС от расхода воздуха для количеств ПАВ 1 мл и 3 мл

расхода воздуха, полученные при высоте аэрируемого слоя жидкости 0,48 м для количеств ПАВ, равных 1 мл и 3 мл.

При малых расходах воздуха процесс идет медленно, потому что жидкость слабо насыщается газовыми пузырьками. При расходах воздуха, превышающих оптимальное значение, образуется слишком много газовых пузырьков и только часть из них участвует в процессе флотации. Остальные, проходя через жидкость, создают возмущающие потоки, изменяющие режим движения частиц и препятствующие их флотации.

Приведенные выше результаты (рис. 2–4) получены при использовании жидкости без подогрева (с температурой 11–15 °С). Далее (рис. 5) приведены зависимости извлечения ПС от температуры жидкости, полученные при высоте аэрируемого слоя жидкости 0,17 м, количестве ПАВ 1 мл и расходе воздуха $0,072 \text{ м}^3/\text{ч}\cdot\text{м}^2$.

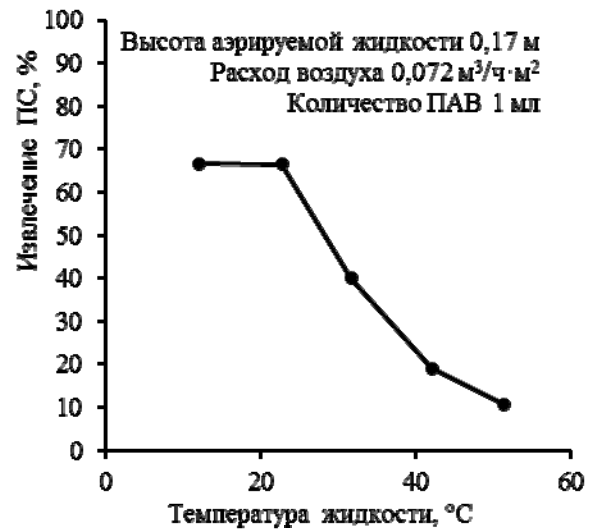


Рисунок 5 – Зависимость извлечения ПС от температуры жидкости

Следует отметить, что зависимость пенообразующей способности ПАВ от температуры характеризуется кривыми растворимости и для большинства ПАВ они имеют экстремум. Вероятно, повышение температуры раствора приводит к дегидратации молекул ПАВ и вызывает выделение растворенных молекул в виде отдельной макрофазы.

Заключение

Проведенные исследования флотации измельченного ПС с размерами частиц от 1 до 4 мм, впервые в лабораторном флотационном аппарате позволили получить зависимости извлечения ПС от содержания ПАВ, расхода воздуха, высоты слоя аэрируемой жидкости и ее температуры. При флотации с использованием смеси ПАВ, содержащей натрий лауретсульфат и диэтаноламид, извлечение достигало 99%. Определена достаточная высота слоя аэрируемой жидкости – 0,6 м, даль-

нейшее увеличение которой не влияет на извлечение ПС. Извлечение ПС имеет ярко выраженный максимум в узких диапазонах изменяемых параметров. Поэтому для достижения наибольшего извлечения ПС из смеси полимеров требуется точное соблюдение таких параметров флотации, как концентрация ПАВ, расход воздуха и температура. Важной особенностью является то, что оптимальное извлечение наблюдается при малых количествах ПАВ и без подогрева жидкости.

Таким образом, проведенные исследования флотационного извлечения полистирола в лабораторном флотационном аппарате колонного типа с пневматической аэрацией показали возможность осуществления такого процесса. Также можно сделать вывод о том, что флотационное разделение полимеров, основанное на их избирательной смачиваемости, является перспективным направлением при переработке смешанных пластмассовых отходов. Это позволит уменьшить затраты ручного труда на этапе постадийного разделения полимерных отходов. При простом аппаратном оформлении и малых расходах ПАВ и воздуха возможно создание высокопроизводительного и автоматизированного процесса сортировки полимерных отходов.

Обозначения

ε – извлечение флотуруемого компонента, %;
 $m_{\text{конц}}$ – масса флотуруемого компонента в концен-

trate, кг; $m_{\text{исх}}$ – исходная масса флотуруемого компонента, поданного на флотацию, кг.

Литература

1. Шайерс, Дж. Рециклинг пластмасс: наука, технологии, практика / Дж. Шайерс; пер. с англ. – СПб.: Научные основы и технологии, 2012. – 640 с.
2. Дуденков, С.В. Повышение эффективности заготовки, обработки, переработки и использования вторичных полимерных материалов / С.В. Дуденков [и др.] // Обзорная информация «Рациональное использование вторичных полимерных материальных ресурсов». – 1979. – Вып. 9. – 52 с.
3. Патент № 5234110 США, МКИ В 03 В 9/06, В 03 D 1/02. Polyvinyl chloride-polyethylene terephthalate separation process and product / Kobler R.W. (США). – Заявл. 23.11.92; опубл. 10.08.93. – 1993.
4. Патент № 4132633 США, МКИ В 03 D 1/02. Method for separating mixture of plastics / Anon., to Mitsui Mining and Smelting Co., Ltd.. – Заявл. 14.03.74; опубл. 02.01.79. – 1979.
5. Шубов, Л.Я. Обогащение твердых бытовых отходов / Л.Я. Шубов, В.Я. Ройзман, С.В. Дуденков. – М.: Недра, 1987. – 238 с.
6. Опимах, Е.В. Разделение смеси полимеров методом флотации / Е.В. Опимах, А.Э. Левданский // *Материалы, технологии, инструменты*. – 2013. – Т.18, № 3. – С. 96–99.
7. Левданский, А.Э. Исследование флотации отходов ПЭТ / А.Э. Левданский, Е.В. Опимах, Н.Т. Сейтханов, Б.А. Кыякбаев // *Ауэзовские чтения-12: / ЮКГУ им. М. Ауэзова; редкол.: Ж. И. Мырхалыков (отв. ред.) [и др.]*. – Шымкент, 2014. – Том 1. – С. 65–68.
8. Абрамов, А.А. Флотационные методы обогащения / А.А. Абрамов. – М.: Недра, 1984. – 383 с.

Apimakh Y. V.

Flotation recovery of polystyrene.

The experimental studies have been flotation recovery of polystyrene represented in the form of particles with sizes ranging from 1 to 4 mm. Experiments were performed on a laboratory flotation machine column type with pneumatic aeration. Thus it was obtained regularities of the influence of height aerated liquid layer, the concentration of surfactants, air flow and temperature on the extraction float component. Were found optimal conditions for the flotation extraction of polystyrene. The conclusions that the flotation separation of polymers, based on their selective wettability, is a promising direction in the recycling of mixed plastic waste.

Keywords: surfactants, flotation, plastics, waste, polystyrene, separation.

Поступила в редакцию 07.07.2015.

© Е. В. Опимах, 2015.