

accelerator leads to a more efficient curing coatings: a decrease in time gelation, increase crosslinking density of the polymer network structure and physical- mechanical properties of the coatings. It is shown that the introduction of the accelerator to reduce the curing temperature of polyester coatings to 20 °C (from 190 to 170 °C) that will reduce the energy consumption during the production of coatings.

УДК 502.174.1

Е. В. ОПИМАХ, А. Э. ЛЕВДАНСКИЙ

СПОСОБ ФЛОТАЦИОННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ СМЕСИ ПОЛИМЕРОВ АКРИЛОНИТРИЛБУТАДИЕНСТИРОЛА И ПОЛИАМИДА

УО «Белорусский государственный технологический университет»,
Беларусь, opimah.evgeniy@gmail.com

Рассмотрен способ флотационного разделения смеси широкоиспользуемых полимеров акрилонитрилбутадиенстирола и полиамида. Эксперименты были выполнены на лабораторном флотационном аппарате колонного типа с пневматической аэрацией пульпы. Представлены расчетные формулы основных показателей флотации. При этом были получены закономерности влияния концентрации поверхностно-активных веществ, расхода воздуха и температуры на чистоту концентрата и извлечение флотируемого компонента. Определены оптимальные параметры процесса флотации смеси полимеров. Сделаны выводы о том, что флотационное разделение полимеров, основанное на их избирательной смачиваемости, является перспективным направлением при переработке смешанных пластмассовых отходов.

Введение. В последние годы изучение проблемы утилизации пластмассовых отходов является одним из приоритетных направлений. Это объясняется значительным ростом производства полимерных материалов и расширением областей их применения в различных отраслях. Основное количество отходов уничтожают захоронением, затоплением или сжиганием, что наносит огромный ущерб окружающей среде.

Вместе с тем пластмассовые отходы являются источниками сырьевых ресурсов и энергетических запасов, поэтому их повторное использование для получения полезных продуктов и изделий – основное направление в решении проблемы отходов.

Важным аспектом большинства процессов переработки отходов пластмасс является их сортировка на составляющие типы полимеров. Смешанные пластмассы обычно имеют более низкую ценность и дают продукты с плохими и неоднородными свойствами, в то время как отсортированные полимеры могут использоваться в изделиях высокой ценности. Причина этого в несовместимости полимерных материалов, входящих в состав бытового мусора, что требует их постадийного выделения.

В настоящее время при переработке полимеров широко применяются флотационные ванны для сепарации материалов, но только с разными относительными плотностями, 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 полимеров в таких ваннах не используется. Однако в литературе встречается информация о том, что флотационное разделение пластмасс производится при использовании поверхностно-активных веществ (ПАВ), которые избирательно изменяют их гидрофильные свойства [1–3].

Частицы пластмасс помещаются в водную среду, которая перемешивается механическим взбалтыванием или барботированием воздуха со дна смеси. Частицы, обладающие несколько более низкой гидрофобностью и большей плотностью, отделяются и осаждаются на дне емкости, в отличие от бытовых пластмасс. Дополнительные смачивающие агенты, такие как производные сульфоновой кислоты, помогают оседанию ПВХ. Однако этот процесс применим для полимерных материалов, загрязненных отходами ПВХ, в количестве не более 3% [4].

Поэтому исследование разделения смесей вторичных измельченных полимеров, установление закономерностей процесса разделения таких смесей с целью создания высокоэффективных и производительных промышленных установок является весьма актуальной задачей.

Материалы и методы. В качестве исследуемых материалов при проведении опытов использовались акрилонитрилбутадиенстирол (АБС) и полиамид (ПА). Эти материалы находят широкое применение во многих отраслях промышленности, что обуславливает практический интерес и полезность проводимых экспериментов.

Акрилонитрилбутадиенстирол – ударопрочная техническая термопластическая смола плотностью 1020–1110 кг/м³. Применение: крупные детали автомобилей, корпуса крупной бытовой техники, радио- и телеаппаратуры, деталей электроосветительных и электронных приборов, пылесосов, кофеварок, телефонов, компьютеров, мониторов, принтеров, калькуляторов, др. бытовой и оргтехники, спортивного инвентаря.

Полиамид – пластмассы на основе линейных цепей амидных групп плотностью 1100–1150 кг/м³ – используется в машиностроении, автомобильной и текстильной промышленности, медицине и др. областях.

Для определения основных характеристик процесса флотации были проведены серии экспериментов по исследованию влияния на процесс разделения таких параметров, как концентрация ПАВ, расход воздуха по сечению аппарата и температура жидкости.

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

Емкость 1 наполняют водой, вводят ПАВ. С помощью ротаметра 4 и вентиля 5 устанавливают расход воздуха. Затем в емкость высыплют навеску смеси полимеров в пропорции 1:1.

За окончание процесса флотации принимают момент времени, когда между барботером и пенным слоем отсутствуют полимеры. Концентрат отводится вместе с пеной в верхней части емкости, хвосты через штуцер 7. Затем проводится сушка и взвешивание концентрата, окончательное разделение и взвешивание АБС в концентрате.

Для анализа процесса флотации применялись следующие показатели [5].

1. Содержание флотируемого компонента (чистота концентрата) β , %:

$$\beta = \frac{m_{\text{конц}}^{\text{АБС}}}{m_{\text{конц}}} \cdot 100\%,$$

где $m_{\text{конц}}^{\text{АБС}}$ – масса АБС в концентрате, кг; $m_{\text{конц}}$ – масса концентрата, кг.

2. Извлечение флотируемого компонента (АБС) ε , %:

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

где $m_{\text{конц}}^{\text{АБС}}$ – масса АБС в концентрате, кг; $m_{\text{исх}}^{\text{АБС}}$ – исходная масса АБС, кг.

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

Синтанол – композиция оксиэтилированных спиртов, которые представляют собой смесь полиэтиленгликолевых эфиров с различным количеством оксиэтильных групп и величиной радикала. Синтанол является неионогенным поверхностно-активным веществом, малопенящимся биологически мягким смачивателем и моющим веществом, устойчивым к жесткой воде [6]. Синтанолы используются как стабилизаторы суспензий, эмульгаторы, диспергаторы.

Лауретсульфат натрия – поверхностно-активное амфифильное вещество, применяющееся при производстве большинства моющих средств, шампуней, зубной пасты, косметики для образования пены.

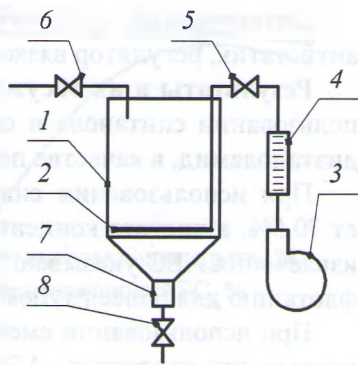


Рис. 1. Схема лабораторного флотационного аппарата колонного типа с пневматической аэрацией пульпы: 1 – емкость; 2 – змеевик-барботер; 3 – вентилятор; 4 – ротаметр РМ-ГС/0,25; 5 – вентиль для подачи воздуха; 6 – вентиль для подачи воды; 7, 8 – штуцер и вентиль для отвода хвостов и воды

Диэтаноламид – пенообразователь и стабилизатор, смягчитель волокон, антистатик, регулятор вязкости, загуститель.

Результаты и их обсуждение. Полученные результаты флотации при использовании синтанола и смеси ПАВ, содержащей натрий лауретсульфат и диэтаноламид, в качестве пенообразователей представлены на рис. 2 и 3.

При использовании синтанола максимальное извлечение АБС достигает 70,5%, а чистота концентрата в этом случае – 93,5%. Невысокие значения извлечения АБС указывают на необходимость подачи хвостов на повторную флотацию для более глубокого извлечения флотируемого полимера.

При использовании смеси ПАВ, содержащей натрий лауретсульфат и диэтаноламид, извлечение АБС составляет 82 %, а чистота концентрата – 97 %.

Как видно из представленных рисунков, чистота концентрата достигает высоких значений в широких диапазонах концентраций ПАВ. Эта характеристика обуславливает возможность дальнейшего применения полученного полимера в тех или иных целях, в зависимости от количества примесей, случайно вовлеченных в концентрат, которые, в свою очередь, влияют на физические свойства будущих изделий.

Извлечение АБС имеет ярко выраженный максимум в узких диапазонах концентраций ПАВ. Поэтому для достижения наибольшего извлечения АБС из смеси полимеров требуется точное соблюдение концентрации ПАВ. Положительной особенностью является то, что оптимальное извлечение АБС наблюдается при низких концентрациях ПАВ.

Для оценки влияния расхода воздуха на процесс флотации была проведена серия экспериментов с теми же ПАВ, при их оптимальных концентрациях, и различных расходах воздуха по сечению аппарата (рис. 4 и 5).

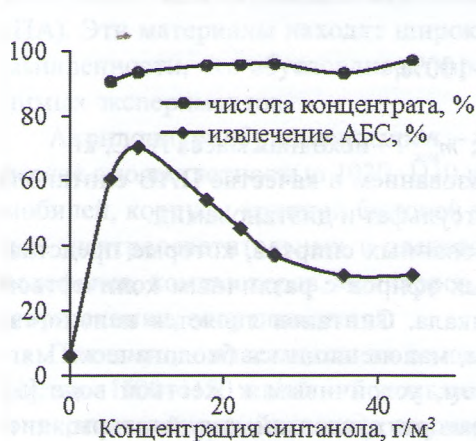


Рис. 2. Зависимости чистоты концентрата и извлечения АБС от концентрации синтанола при расходе воздуха $0,06 \text{ м}^3/(\text{мин}\cdot\text{м}^2)$

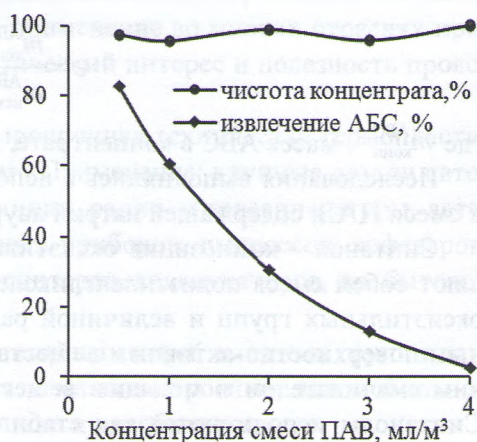


Рис. 3. Зависимости чистоты концентрата и извлечения АБС от концентрации смеси ПАВ, содержащей натрий лауретсульфат и диэтаноламид, при расходе воздуха $0,11 \text{ м}^3/(\text{мин}\cdot\text{м}^2)$

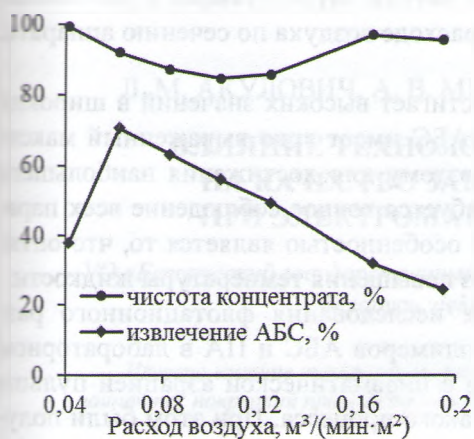


Рис. 4. Зависимости чистоты концентрата и извлечения АБС от расхода воздуха при концентрации синтанола 8,89 г/м³

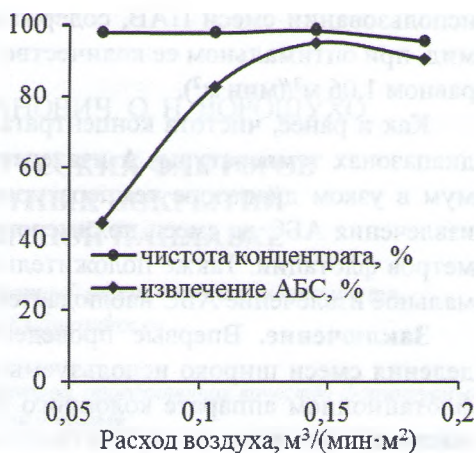


Рис. 5. Зависимости чистоты концентрата и извлечения АБС от расхода воздуха при количестве смеси ПАВ 0,5 мл/м³

В случае с использованием смеси ПАВ дальнейшее увеличение расхода воздуха позволило достичь 95% извлечения АБС при чистоте концентрата 98,6%.

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 пузырьки, проходя через жидкость, создают возмущающие потоки, препятствующие флотации частиц, образованию и уплотнению пены.

Оптимальному расходу воздуха соответствует определенная высота слоя обрабатываемой жидкости H_0 . Если высота слоя жидкости $H_x < H_0$, то для достижения заданной степени извлечения дисперсной фазы необходимо повышать расход воздуха. Увеличение высоты слоя сверх H_0 неоправданно удлиняет путь частиц с прилипшими пузырьками и повышает вероятность разрушения агрегатов частица-пузырек.

Для оценки влияния температуры жидкости на процесс флотации был проведен эксперимент (рис. 6) при

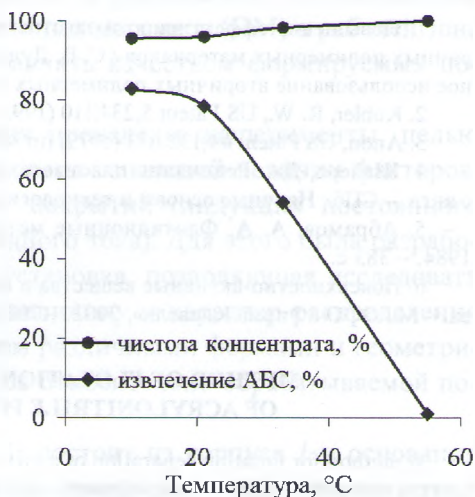


Рис. 6. Зависимости чистоты концентрата и извлечения АБС от температуры жидкости при количестве смеси ПАВ 0,5 мл/м³ и расходе воздуха 1,06 м³/(мин·м²)

использовании смеси ПАВ, содержащей натрий лауретсульфат и диэтаноламид, при оптимальном ее количестве, и расходе воздуха по сечению аппарата, равном $1,06 \text{ м}^3/(\text{мин} \cdot \text{м}^2)$.

Как и ранее, чистота концентрата достигает высоких значений в широких диапазонах температуры. А извлечение АБС имеет ярко выраженный максимум в узком диапазоне температуры, поэтому для достижения наибольшего извлечения АБС из смеси полимеров требуется точное соблюдение всех параметров флотации. Также положительной особенностью является то, что оптимальное извлечение АБС наблюдается без повышения температуры жидкости.

Заключение. Впервые проведенные исследования флотационного разделения смеси широко используемых полимеров АБС и ПА в лабораторном флотационном аппарате колонного типа с пневматической аэрацией пульпы показали возможность осуществления такого процесса. При этом были получены основные закономерности процесса флотации смеси полимеров от концентрации ПАВ, расхода воздуха и температуры жидкости.

Также можно сделать вывод о том, что флотационное разделение полимеров, основанное на их избирательной смачиваемости, является перспективным направлением при переработке смешанных пластмассовых отходов. Оно 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.

Литература

1. 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.
2. Kobler, R. W., US Patent 5,234,110 (1993).
3. Anon, US Patent #4,132,633 (1979) (to Mitsui Mining and Smelting Co., Ltd.).
4. Шайерс, Дж. Рециклинг пластмасс: наука, технологии, практика / Дж. Шайерс; пер. с англ. – СПб.: Научные основы и технологии, 2012. – 640 с.
5. Абрамов, А. А. Флотационные методы обогащения / А. А. Абрамов. – М.: Недра, 1984. – 383 с.
6. Поверхностно-активные вещества и композиции. Справочник / под ред. М. Ю. Плетнева. – М.: ООО «Фирма Клавель», 2002. – 768 с.

METHOD OF FLOTATION SEPARATION OF A MIXTURE OF ACRYLONITRILE POLYMERS AND POLYAMIDE

A method for flotation separation of a mixture of widely used polymers acrylonitrile butadiene styrene and polyamide. The experiments were performed on a laboratory flotation turrets with air aeration of the pulp. Presented formulas key indicators flotation. In this case, we obtained the effect of the concentration of surface-active substances, the airflow and the temperature to the purity concentrate and extraction of float component. Were found optimal conditions for the flotation process the polymer mixture. It is concluded that the flotation separation of polymers based on their selective wettability is promising for the processing of mixed plastic waste.