

*Я. Н. Татарникова, О. С. Примеров\**

## **ТЕХНОЛОГИИ РАЗДЕЛЕНИЯ ПОЛИМЕРОВ НА СТАДИИ СОРТИРОВКИ**

Специалисты по переработке полимеров нередко сталкиваются с проблемой разделения полимеров по различным категориям. В статье рассмотрено несколько способов сортировки материалов на различные категории для их дальнейшей переработки.

Отделение полимеров от загрязнений или от нежелательных материалов для получения однородных отходов можно осуществить с помощью нескольких различных технологий. Среди них:

- магнитная сепарация – извлечение железосодержащих материалов;
- электростатический метод – отделение цветных металлов, главным образом, алюминия;
- воздушная сепарация с помощью циклонного паросепаратора;
- флотация в резервуарах или гидроциклонах, разделяющих полимеры по их удельному весу.

Затем материалы подвергаются дроблению.

Автоматическое разделение раздробленных полимерных отходов осуществить весьма сложно, если полимеры имеют близкую удельную плотность. К счастью, 85% объема мирового потребления пластмасс приходится на пять термопластичных полимеров: ПЭ, ПП, ПВХ, ПЭТ и ПС.

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А. С. Климова.

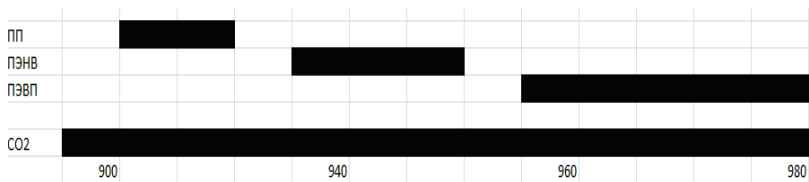
Для разделения полимеров на основе их объемной плотности может применяться пневмокласификация; в результате пленки и вспененные полимеры могут быть отделены от полимерных материалов по их удельным весам.

Плотность большинства термопластов предоставляет возможность разделять их по типам с помощью ряда флотационных процедур. Воду можно использовать для разделения ПП, ПЭНП и ПЭВП от ПС, ПВХ и ПЭТ. Жидкость с плотностью около  $930 \text{ кг/м}^3$  применяется для отделения ПП и ПЭНП от ПЭВП; ПП и ПЭНП можно затем разделить с помощью жидкости с плотностью примерно  $910 \text{ кг/м}^3$ . ПС и ПВХ разделяются в жидкости с плотностью  $1150 \text{ кг/м}^3$ . Смешение или наполнение полимера может изменить его плотность до той точки, когда возникнут трудности в реализации флотационной технологии. Наклейки, остаточные адгезивные добавки, металлы и металлопластиковые композиции также вызывают трудности и поэтому разработаны способы удаления этих посторонних материалов до того, как смесь полимерных отходов поступит на сепарацию. Пример: этап отмыwania в растворителях на основе тетрахлорэтилена или гексана добавлен к классической водной отмывке. Эти растворители не только удаляют клей, но также и токсические органические соединения, которые хранились потребителями в бутылках из-под напитков, или которые присутствуют в полимере в качестве химикатов-добавок и неизбежно окажутся в конечных продуктах.

Центробежные силы, генерируемые в гидроциклоне, многократно использовались для разделения полимеров. В гидроциклоне скорость потока, отнесенная к площади разделения, в 100 раз больше, чем в статическом флотационном сепараторе. В отличие от флотации, загрязнение полимеров является незначительной задачей для этой технологии. Для разделения  $n$ -компонентной смеси необходимо обеспечить  $(n - 1)$ -этапов разделения (циклонных станций). С помощью гидроциклонов можно отделить ПС, ПЭТ и ПВХ один от другого или от поливинилового спирта; полиолефины – от твердых бытовых отходов; ПЭТ от ПЭ, ПП и бумаги.

Сортировка с помощью околоскритических и сверхкритических жидкостей.

Микросортировка использованных термопластов по плотности может быть выполнена с использованием околоскритических и сверхкритических жидкостей, таких как жидкая двуокись углерода. По этой технологии можно разделить хлопья пластмасс с малыми отличиями в плотности (до  $0,001 \text{ г/см}^3$ ). Преимущества использования околоскритических жидкостей в качестве среды разделения:



**Рис. 1. Зависимость плотности жидкости от давления**

1) зависимость плотности жидкости от давления позволяет легко и точно контролировать плотность жидкости в широком диапазоне значений (рис. 1);

2) очень низкая вязкость жидкости повышает скорость, с которой частицы поднимаются или оседают, и тем самым снижает время до полного разделения.

Кроме того, двуокись углерода является недорогой, легкодоступной, нетоксичной, невоспламеняемой средой и не классифицируется как «летучее» органическое соединение. Однако использование околокритических жидкостей имеет неудобства, например необходимость применения оборудования высокого давления.

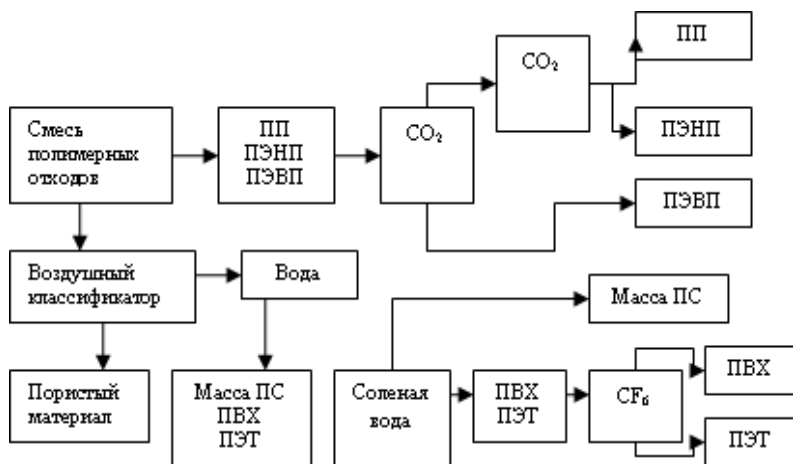
Плотность околокритической двуокиси углерода может быть отрегулирована в указанном диапазоне путем регулировки давления в системе, что делает возможным тонкую настройку процесса флотации до точки, в которой происходит разделение между ПЭНП и ПЭВП.

В этом процессе разделение хлопьев пластмасс происходит при погружении в двуокись углерода (для смешанных полиолефинов) или шестифтористую серу (для смеси ПЭТ/ПВХ) (рис. 2).

Выбор среды основан на плотности сверхкритической жидкости, которая должна быть промежуточной к плотности пластмасс, требующих разделение. Нужно, однако, отметить, что процесс с шестифтористой серой ( $SF_6$ ) для разделения ПЭТ и ПВХ не является конкурентоспособным из-за высокой стоимости  $SF_6$ .

Для разделения полимерной пленки и тары по цвету, изготовленной из нее, применяются фотоэлектрические датчики. Одна из систем использует механические средства для разделения на отдельные элементы и отсева от грязи. После растаскивания и просеивания тара устанавливается в одну линию перед оптическим датчиком, который производит разделение на три класса:

- Класс 1 – ПЭВП и ПП;
- Класс 2 – ПЭТ и ПВХ;
- Класс 3 – ПЭВП различного цвета.



**Рис. 2. Обзор предложенных систем сортировки пластмасс, использующих околокритические жидкости**

Другой оптический датчик можно установить для отделения тары из зеленого и желтого ПЭТ от прозрачных изделий. ПП – от молочной тары из ПЭВП так же можно разделить разноцветные ПЭВП на семь цветовых категорий. Однако надежная идентификация использованной тары требует исключения из области измерений значительной части ее поверхности.

С каждым годом специалисты по переработке полимеров пытаются разработать все новые технологии, а так же усовершенствовать старые.

### Список литературы

1. *Утилизация и вторичная переработка тары и упаковки из полимерных материалов* : учебное пособие / А. С. Клинков и др. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 100 с.
2. *Полимерные пленки* / под ред. Г. Е. Заикова. – Санкт-Петербург : Профессия, 2006. – 352 с.

*Кафедра «Переработка полимеров  
и упаковочное производство»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*