

С.И. БУХКАЛО, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,
Д.В. КУКЛЕНКО, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»,
О.Н. ГРИБЕНЮК, В.С. МАРЧЕНКО, А.С. РОМАНЦОВ,
Д.А. ТРЕТЬЯКОВ, О.И. ГРЕЧИХИНА, А.А. БОРХОВИЧ,
О.С. ХИЖНЯК, Ю.Ю. БЕЛАЛЫ, М.П. КРУПКА, студенты НТУ
«ХПИ»

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ДЛЯ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ОТХОДОВ

В статті пропонуються методи математичного моделювання обробки даних, здобутих у результаті проведення експерименту з утилізації полімерної тари та пакування процесу модифікації виробів з вторинного поліетилену

В статье предлагаются методы математического моделирования обработки данных, полученных в результате проведения эксперимента по утилизации полимерной тары и упаковки в процессе модификации изделий из вторичного полиэтилена

The method of data treatment mathematical modeling are proposed in scope of experimental results of polymer-made vessels utilization of polymer packing into secondary polyethylene

Постановка проблемы. Для решения задания по игровому курсовому проектированию учитывалось то, что по данным оценки образования и использования полиэтиленовых отходов многими зарубежными и украинскими производителями ежегодный прирост производства полимерных материалов, составляет 5 %, что по прогнозам сохранится до 2015 года [1, 2]. С точки зрения энерго- и ресурсосбережения необходимо рассматривать полимерные материалы как сырье для многократной переработки. Это связано с тем, что, например, в производстве крупнотоннажных полиолефинов – полиэтилена и полипропилена, в частности полиэтиленовой пленки, затраты на сырье составляют более 80 % от общего объема производственных затрат, то есть они оказывают особенно важное влияние на себестоимость получаемого материала.

Анализ последних исследований и публикаций разрабатываемых задачах показывает, что в настоящее время отсутствуют методы контроля изменения свойств в процессе эксплуатации различных видов полимерной упаковки, которые необходимо разрабатывать. Только комбинация

нескольких взаимосвязанных мероприятий по разработке методов сбора различных видов полимерных отходов и выбору научно-обоснованных методов их использования, а, следовательно, выбора метода переработки или утилизации может способствовать эффективному решению проблемы отходов [2, 3].

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, которым посвящается данная статья. Уровень использования отходов на постсоветском пространстве уже длительное время остается в среднем не выше одной трети, а уровень повторной переработки полимерных материалов составляет не более 6 – 8 %.

Формулировка целей статьи. Проведенные нами исследования качественного и количественного состава кислородсодержащих и ненасыщенных групп, а также молекулярной подвижности вторичного полиэтилена, полученного из пленки различной продолжительности эксплуатации [2], показывают, что основными направлениями модификации в целях повышения технологических и прочностных свойств этого материала должны быть методы, учитывающие степень его окисления. Для более быстрого решения поставленных задач используют методы математического моделирования.

Изложение основного материала исследований. Структуру образования вторичного сырья в различных странах в обобщенном виде можно представить краткой упрощенной схемой (рис. 1).



Рис. 1. Функциональная схема образования вторичного сырья

Следует отметить, что видовая структура потребления полиэтилена низкой плотности мало изменяется для развитых стран мира в последние годы, а полиолефины с точки зрения потребления были и остаются полимерными материалами номер один.

Работа была направлена на определение оптимальных концентраций добавок для получения вторичного полиэтилена с улучшенными технологическими и физико-механическими показателями. Были проведены исследования по модификации вторичного полиэтилена перекисью дикумила в процессе литья под давлением (две подгруппы студентов) с целью выбора оптимальных параметров переработки для улучшения эксплуатационных характеристик получаемого материала и изделий.



Для выявления изменений в процессе эксплуатации и критериев качества модифицированного вторичного полиэтилена наряду с изменением химической структуры и других свойств материала изучались прочностные свойства плёнки по методикам соответствующих стандартов.

Объект химической технологии – технологическая схема утилизации полиэтиленовой тары и упаковки (рис. 2), согласно которой будет осуществляться планируемый эксперимент, характеризуется обязательным условием – все входные переменные должны быть управляемыми.

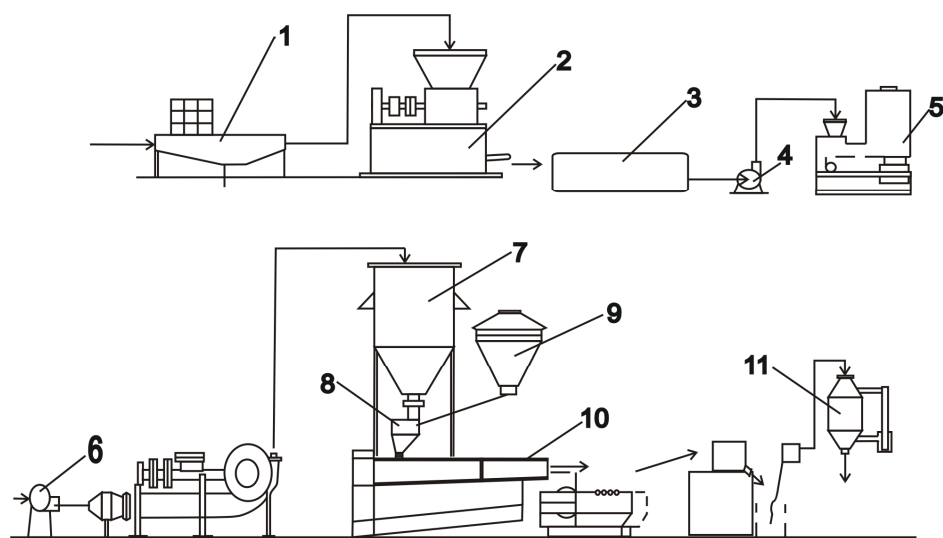


Рис. 2. Технологическая схема: 1 – стол разборки сырья; 2 – установка для предварительного измельчения пленки; 3 – ванна; 4 – пневмотранспорт; 5 – установка для непрерывной отмывки; 6 – вихревая сушилка; 7, 9 – бункер; 8 – питатель дозатор; 10 – линия гранулирования вторичных термопластов; 11 – сушилка гранулята

Для решения полученного задания нами выбран метод полного факторного эксперимента первого порядка [3]. Это связано с тем, что этот метод позволяет варьировать значения всех факторов одновременно. При разработке процесса модификации свойств вторичного полиэтилена перекисью дикумила методом литья под давлением исследуется прочность при разрыве образцов, принятая в качестве выходного параметра Y (ε_p , %). Факторами выбраны следующие показатели: X_1 – температура литья под давлением в последней зоне, °С; X_2 – длительность цикла литья, с; X_3 – количество перекиси дикумила, %. Для реализации опытов по избранному плану было проведено определение интервалов варьирования и кодирование (табл.).

Таблица

Результаты варьирования переменных

Влияющий фактор	Условное обозначение	Диапазон изменения	Нулевой уровень	Интервал варьирования
T °С	X1	170 – 210	$X_{10} = \frac{170+210}{2} = 190$	$\Delta X_1 = \frac{210-170}{2} = 20$
τ (с)	X2	65 – 85	$X_{20} = \frac{65+85}{2} = 75$	$\Delta X_2 = \frac{85-65}{2} = 10$
C (%)	X3	0,1 – 1,4	$X_{30} = \frac{0,1+0,4}{2} = 0,25$	$\Delta X_3 = \frac{0,4-0,1}{2} = 0,15$

Исходные данные для проводимого эксперимента выбраны следующие: $X_{10}=190$; $X_{20}=75$; $X_{30}=0,25$; $\Delta X_1=20$; $\Delta X_2=10$; $\Delta X_3=0,15$ и составлена матрица планирования эксперимента.

В результате обработки опытных данных [4] получено уравнение регрессии, адекватно описывающее процесс модификации:

$$Y = -15,21 - 0,23T - 0,58\tau - 173,85 C + 0,003T \cdot \tau + 0,91 T \cdot C + 2,32 \tau \cdot C - 0,012 T \cdot \tau \cdot C$$

Полученные данные обрабатываем на ЭВМ в среде статистического пакета STATISTICA 6.0 и EXCEL для их графического анализа (рис. 2).

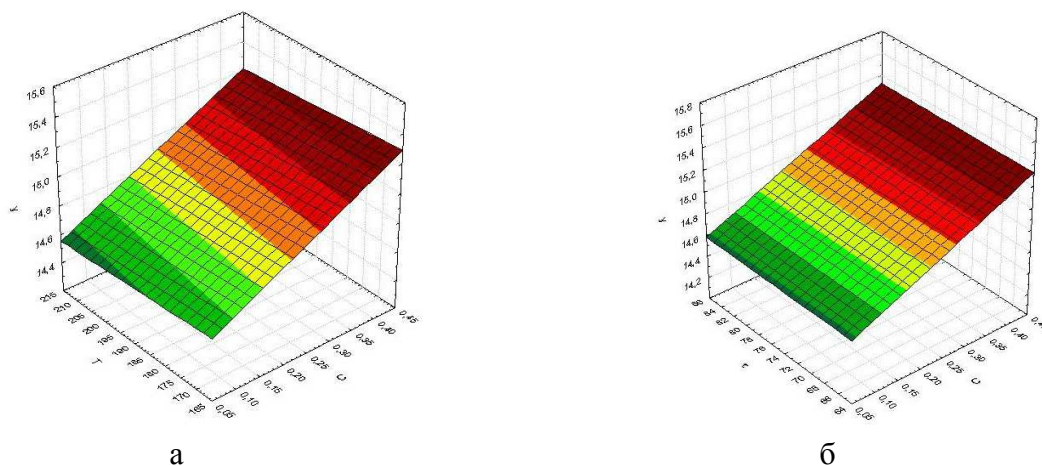


Рис. 2. Зависимость прочности при разрыве (Y, МПа) ВПЭ от а) температуры литья ($^{\circ}\text{C}$) и концентрации перекиси дикумила (%); б) времени литья изделия (τ) и концентрации перекиси дикумила (%)

Проведенные эксперименты и выведенное уравнение регрессии для процесса модификации вторичного полиэтилена перекисью дикумила при литье под давлением указывает на его большую чувствительность для данных концентраций перекиси, к количеству перекиси, и в меньшей степени к длительности цикла литья и температуре.

Выводы и перспективы дальнейшего развития.

Проведенные исследования с применением математического моделирования процессов ресурсо- и энергосбережения полиэтиленовых отходов позволяют разработать технологические регламенты для многократного использования полимеров, так как сейчас самое популярное решение для утилизации полимерных отходов – на свалку, количество которых вокруг украинских городов неуклонно растет.

Только комбинация нескольких взаимосвязанных мероприятий по разработке методов сбора различных видов полимерных отходов и выбору

научно-обоснованных методов их использования, а, следовательно, выбора метода переработки или утилизации может способствовать эффективному решению проблемы.

Список литературы: 1. Мировой рынок полиолефинов в цифрах // Полимерные материалы. – 2008. – № 5. – С. 18 – 20. 2. Бухкало С.И., Ольховская О.И., Борхович А.А. Оценка качества вторичных полимеров с помощью математической модели // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2008. – № 2. – С. 51 – 55. 3. Штарке Л. Использование промышленных и бытовых отходов пластмасс / Л. Штарке. – Л.: Химия. – 1987. – С.176. 4. Бухкало С.И. Конспект лекций по курсу «Математичне моделювання та застосування ЕОМ у біотехнології» / С.И. Бухкало. – Х.: НТУ «ХПИ». – 2007. – 97 с.

Поступила в редколлегию 05.09.09