

С.И. БУХКАЛО, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,
В.Л. КАВЕРЦЕВ, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»,
О.И. ОЛЬХОВСКАЯ, асс., НТУ «ХПИ»,
К.А. БЫНДИЧ, М.С. ОЛЕЙНИК, А.И. МАНАЕВА, Д.В. ПАНЧЕНКО,
М.О. ОЛЕЙНИК, В.В. ПОПОВА, М.С. СВЕЦКАЯ,
Е.О. ЮЗВЕНКО, А.А. БОРХОВИЧ студенты, НТУ «ХПИ»

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МОДИФИКАЦИИ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ОТХОДОВ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

В статті пропонуються методи оцінки якості модифікованого вторинного поліетилену за допомогою методів математичного моделювання та обробки даних, здобутих у результаті проведення експерименту з утилізації полімерної тари та пакування

В статье предлагаются методы оценки качества модифицированного вторичного полиэтилена с помощью методов математического моделирования и обработки данных, полученных в результате проведения эксперимента при утилизации полимерной тары и упаковки

The method of quality evolution of modified secondary polyethylene with mathematical modeling and data performance are proposed. Data were resulted from experiment on polymer-made vessels utilization of polymer packing

Постановка проблемы. На кафедре «Интегрированных технологий, процессов и аппаратов» НТУ «ХПИ» разработаны задания с целью применения математического моделирования в технологиях ресурсо- и энергосбережения – утилизации полимерной тары и упаковки, бывшей в употреблении. При проведении игрового курсового проектирования учитывались основные необходимые критерии научных разработок: постановка задачи в общем виде и ее связь с важными научно-практическими заданиями; анализ последних исследований и публикаций, выделение нерешенных частей общей проблемы в разрабатываемых задачах; четкое формулирование целей в разрабатываемых задачах; изложение основного материала по теме полученного задания с полным обоснованием полученных результатов и его графическая интерпретация; формулирование выводов из проведенных разработок.

Анализ последних исследований и публикаций. Исследования многих авторов [1, 2] показывают – наращивание мировых темпов выпуска полимерных изделий происходит при практическом отсутствии украинского

рынка производства полимерного сырья (рис. 1), что, в свою очередь, обуславливает специфическую структуру затрат на производстве полимеров – 77,6 % составляют материальные затраты.

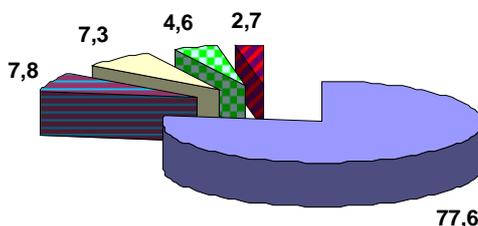


Рис. 1. Распределение затрат при производстве полимеров, %: 77,6 – материальные затраты; 7,8 – оплата труда; 7,3 – иные операционные затраты; 4,6 – амортизация; 2,7 – отчисления на социальные мероприятия

Следует отметить, что даже в странах Евросоюза среди способов утилизации полимерных отходов преобладает сжигание, несмотря на существующие экологические налоги, правовое и научное сопровождение переработки различных видов полимерных изношенных изделий.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Обеспечение качества изделий из вторичных полимеров – одна из основных целей предприятий их выпускающих.

Для достижения этих целей необходимо разрабатывать систему обеспечения качества, которая базируется на научном и производственном опыте, а также современных методах математического моделирования.

Формулировка целей статьи. Основной целью исследований являлось изучение влияния технологических параметров и концентрации перекиси дикумила на количество гельфракции и прочностные характеристики литьевых образцов модифицированного вторичного полиэтилена методами математического моделирования.

Изложение основного материала исследований. Технологические объекты отличаются, прежде всего, процессами, которые в них протекают. Процессы, протекающие в объектах химической технологии, характеризуются переменными, между которыми существуют определенные причинно-следственные связи.

Переменные, играющие роль причин, называются входными, а переменные, отражающие последствия причин – выходными. Входные переменные контролируются, ими также можно управлять.

Объект химической технологии – технологическая схема утилизации полиэтиленовой тары и упаковки, согласно которой будет осуществляться

планируемый эксперимент, характеризуется обязательным условием – все входные переменные должны быть управляемыми.

Для решения полученного задания нами выбран метод полного факторного эксперимента первого порядка [3]. В результате обработки опытных данных первой подгруппой студентов получено уравнение регрессии, адекватно описывающее процесс:

$$Y = 70,14 + 2,91X_1 - 3,08X_3 + 1,09X_1X_3 - 2,21X_1X_2X_3$$

Максимальный показатель относительного удлинения при разрыве изделий для процесса модификации вторичного полиэтилена (ВПЭ) перекисью дикумила можно получить исходя из вышеприведенного уравнения регрессии при максимальной температуре и минимальной концентрации перекиси (рис. 2).

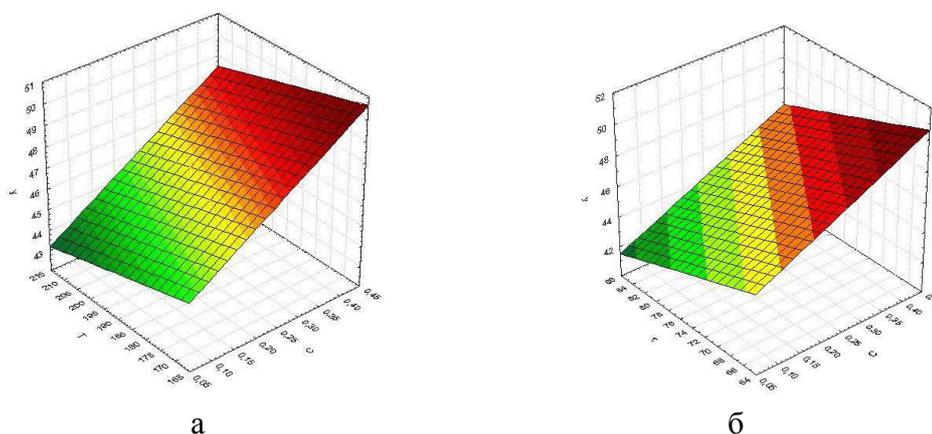
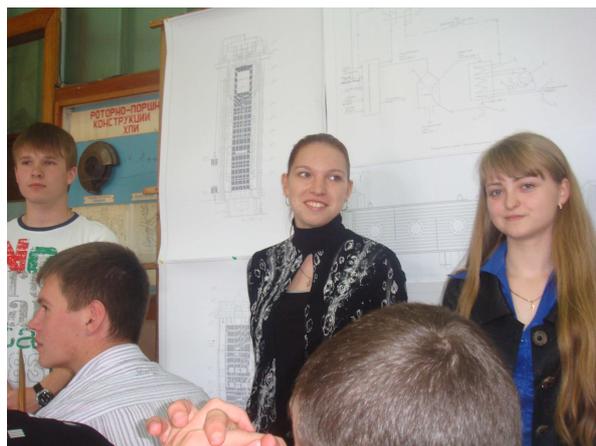


Рис. 2. Зависимость относительного удлинения (Y, %) ВПЭ от: а) температуры литья (°С) и концентрации перекиси дикумила (%); б) времени литья изделия (с) и концентрации перекиси дикумила (%)

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.

Второй подгруппой студентов были проведены исследования по модификации менее изношенных отходов полиэтилена стеаратом бария в процессе экструзии с целью выбора оптимальных параметров переработки отходов и улучшения эксплуатационных характеристик получаемого материала и изделий.



Для полиэтиленовой тары и упаковки, сохранившей относительное удлинение при разрыве в пределах 200 % и более, основным направлением модификации может быть улучшение реологических свойств расплава материала. Это может быть достигнуто введением специальных антифрикционных добавок «смазок» с учетом ранее выявленной особенности образования сшитой части.

В связи с тем, что конечной целью является исследование условий переработки и качество получаемых изделий, в качестве выходного параметра Y был выбран показатель текучести расплава (ПТР) образцов, г/10 мин.

В число влияющих факторов были включены температура экструзии $T(X1)$, нагрузка $(X2)$ и концентрация стеарата бария $C(X3)$. После раскодировки получим уравнение регрессии в следующем виде:

$$Y=17,40-0,09T-0,38G+6,07C+0,002T \cdot G-0,03T \cdot C-0,16G \cdot C+0,0008T \cdot G \cdot C$$

Введение «смазок» позволяет устранить неравномерность и деформацию струи расплава при переработке вторичного полиэтилена в изделия (рис. 3). Общее повышение технологических свойств при введении модификаторов приводит к увеличению производительности в процессе гранулирования, а также к повышению качества изделий.

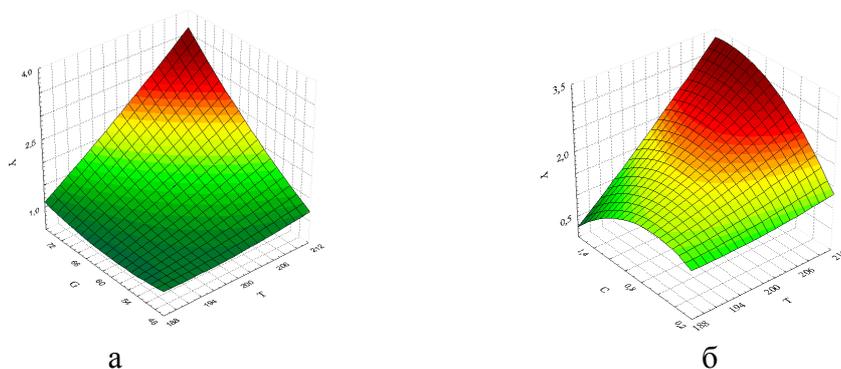


Рис. 3. Зависимость ПТР (Y, %) ВПЭ от: а – температуры экструзии (Т,°С) и давления при переработке (G, H); б – температуры экструзии (Т,°С) и концентрации стеарата бария (С,%)

Проведенные эксперименты и выведенное уравнение регрессии для процесса модификации вторичного полиэтилена стеаратом бария при экструзии указывает на его большую чувствительность к концентрации стеарата бария, давлению при переработке в экструдере и в меньшей степени от температуры переработки, для данных условий опыта.

Выводы по данному исследованию и перспективы дальнейшего развития данного направления. Таким образом, из перечисленных методов оценки качества полимерных отходов, наиболее перспективным с точки зрения ресурсосбережения является направление получения и переработки вторичных полимеров с привлечением методов математического моделирования. 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.

Список литературы: 1. Бухкало С.И. К вопросу энергосбережения процесса агломерирования полимерной упаковки / С.И. Бухкало // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2005. – № 2. – С. 29 – 33. 2. Бухкало С.И., Ольховская О.И., Борхович А.А. Оценка качества вторичных полимеров с помощью математической модели / С.И. Бухкало, О.И. Ольховская, А.А. Борхович. / Інтегровані технології та енергозбереження.– 2008. – № 2. – С. 51 – 55. 3. 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 05.06.10