

с помощью которой строится кривая выносливости $\sigma_{\max} = f_3(\lg N_p)$.

2. На оборудовании для испытаний на выносливость образцов при поперечном изгибе должна быть предусмотрена возможность регулировки и контроля величины технологического зазора δ , исключающего зажим концевых участков образца. При этом для повышения точности, следует брать минимальное значение зазора δ , предварительно вычисленное по формуле (11).

3. Технологические возможности оборудования, используемого для реализации предложенного метода испытаний на выносливость, можно расширить, уменьшив расстояние 2ℓ между двумя парами подвижных штифтов для образцов из гибких материалов или, наоборот, увеличив расстояние 2ℓ для образцов из материалов с пониженной гибкостью.

Литература

1. ГОСТ 25-502-79 Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Методы испытаний на усталость. – М.: Изд-во стандартов, 1979.
2. ГОСТ 26365-84 – Резина. Общие требования к методам усталостных испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 1984.
3. Шах В. Справочное руководство по испытаниям пластмасс и анализу причин их разрушения. – СПб.: Изд-во НОТ, 2009, 727с.
4. Школьник Л.М. Методика усталостных испытаний. Справочник. М.: Металлургия, 1978, 302с.
5. Испытательная техника. Справочник /ред. Клюев В.В., ч. 1. - М.: Машиностроение, 1982, 528 с.
6. Нарисава И. Прочность полимерных материалов. М.: Химия, 1987, 398 с.

Подготовка отходов многослойной пищевой упаковки к переработке во вторичные материалы

К.т.н. проф. Н.Е. Николайкина, О.Ю. Маюсан, Н.А. Сальников
Университет машиностроения,
Тел. 8499-267-07-04,
nikols_153@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены вопросы переработки многослойной пищевой упаковки, приведены результаты исследований реagentного разделения слоев отходов пищевой упаковки с использованием слабой азотной кислоты для их последующей переработки.

Ключевые слова: многослойная упаковка, разделение, азотная кислота, технологические режимы.

В России, как в большинстве стран Западной Европы и мира в целом, для хранения жидких продуктов питания длительное время используют многослойную упаковку, в том числе фирмы Тетра Пак. Такую упаковку изготавливают путем последовательного соединения шести различных слоев из полиэтилена, картона, алюминиевой фольги, причем на 75% упаковка состоит из картона, на 20% из полиэтилена и 5% от общего объема составляет алюминиевая фольга. Для прочного скрепления слоев разнородных материалов между собой при изготовлении упаковки применяют метод горячего прессования. В настоящее время в России примерно 40% всех образующихся твердых бытовых отходов составляет упаковка, в том числе и многослойная. Отсутствие системы раздельного сбора отходов приводит к тому, что пока основная часть отходов упаковки поступает на полигоны для захоронения или на мусоросжигательные заводы. Перерабатывается в России только 15 тысяч тонн

картонной упаковки из-под соков и молока, к 2020 году планируется этот объем довести до 100 тысяч тонн. Поскольку не существует единой технологии переработки разнородных материалов, входящих в состав упаковки, необходимо предварительно разделить её слои.

На комбинатах по производству бумаги из отходов упаковки вымывается качественное целлюлозное волокно, которое впоследствии идет на изготовление канцелярской и туалетной бумаги, бумажных пакетов, гофротары и т.п.

После отмывки целлюлозы для переработки и разделения плотно соединенных слоев полиэтилена и алюминиевой фольги в настоящее время в промышленности применяются следующие технологии:

Горячее прессование - используется при производстве строительных материалов, панелей, кровельных материалов и т.д. Данный технологический процесс – наименее сложный среди других, широко распространен в Южной Америке.

Пиролиз под действием СВЧ излучения. Технологический процесс, разработан компанией Enval. В отличие от сжигания, процесс пиролиза происходит без окисления и горения материала (в данном случае отходов упаковки), что дает возможность избежать выделения парниковых газов или токсичных веществ. Поскольку для осуществления процесса пиролиза Enval используют в качестве источника нагрева энергию микроволновых излучений и для него возможно применение возобновляемой электроэнергии, то весь процесс может быть нейтральным по отношению к высвобождению углерода [1].

Грануляция – позволяет при высокой температуре и давлении получить однородный материал в форме гранул. Гранулы используются в качестве сырья для изготовления пластмассовых изделий. Полиалюминиевая смесь (ПАС) как сырье обладает высокими качествами, что приводит к более широкому распространению этого вида технологии и вытеснению популярного пиролиза. Немаловажной причиной этого является более полное в сравнении с пиролизом соответствие концепции полного рециклинга.

Низкотемпературная плазма – при высокой температуре, обеспечиваемой плазменным факелом, в условиях отсутствия кислорода ПАС разделяется. Алюминий в жидком состоянии попадает в рабочую камеру и остывает, принимая заранее заданную форму, а полиэтилен испаряется и конденсируется в форме парафина. Данный процесс осуществляется в установке «Плазма» и привлекает особое внимание тем, что каждый компонент возвращается в производственную цепочку в качестве элемента сырья. Эта технология разработана компанией TSL Ambiental (Бразилия) [2].

Также имеются данные о существовании сухого метода разделения многослойной упаковки типа Тетра Пак путем воздействия на ее фрагменты ударными силами трения. После такого механического воздействия происходит отделение целлюлозы от полиалюминиевой смеси, а затем разделение при помощи воздушной струи этой смеси на алюминий и полиэтилен [3].

В институте Инженерной экологии и химического машиностроения Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ) в течение ряда лет ведутся работы по реагентному разделению слоев полиэтилена и алюминиевой фольги. Предложен способ утилизации слоистых алюминированных материалов [4], за счет обработки измельченных слоев полиэтиленовой пленки и фольги уксусной кислотой концентрацией 80 – 90% при температуре выше 60 °С.

Определены оптимальные параметры процесса разделения слоев уксусной кислотой и технология реализации процесса [5]. Показано, что экономически целесообразно проводить разделение слоев материала при рециркуляции реагента и наличии в технологической схеме системы его регенерации.

Поскольку концентрированная уксусная кислота обладает высокой летучестью, токсичностью и стоимостью, авторами проведены исследования и разработаны рекомендации по использованию для обработки отходов многослойной упаковки более дешевой и крупно-

тоннажной по производству слабой азотной кислоты. Производства «основной химии», в том числе производства азотной кислоты, в России и в странах бывшего СССР по настоящее время остаются крупнейшими в мире. И предлагаемые технологии переработки могут использоваться в крупных химических центрах России (городах Невинномысск, Нижний Новгород, Новгород и т.д.). При использовании в качестве реагента азотной кислоты не требуется разработка отделения регенерации реагента, т.к. мы получаем жидкий товарный продукт – нитрат алюминия, который применяется в текстильной промышленности в качестве протравы при дублении кож или в качестве катализатора при очистке стоков от нефтепродуктов и т.д.

Образование нитрата алюминия проходит по реакции:



Если принять, что разделение слоев в образце происходит в основном от кромки (разреза) образца к центру, а не за счет диффузии реагента через полимерную пленку, что визуально подтверждается, то степень измельчения отхода влияет на время разделения слоев. Результаты эксперимента подтвердили правильность этого предположения.

В лаборатории для разделения слоёв опытных образцов отходов упаковки использовалась слабая азотная кислота концентрациями 15, 30, 60%. Образцы отходов помещались в термостатированный стеклянный сосуд с перемешивающим устройством. Время окончательного разделения слоев полиэтиленовой пленки и алюминиевой фольги определялось визуально. Результаты эксперимента представлены на рисунке 1.

Сравнивая результаты разделения слоев упаковки с применением азотной и уксусной кислот различных концентраций температур (см. рисунок 2), можно отметить, что использование слабой азотной кислоты (до 60%) позволяет провести процесс за меньшее время и при более низкой температуре.

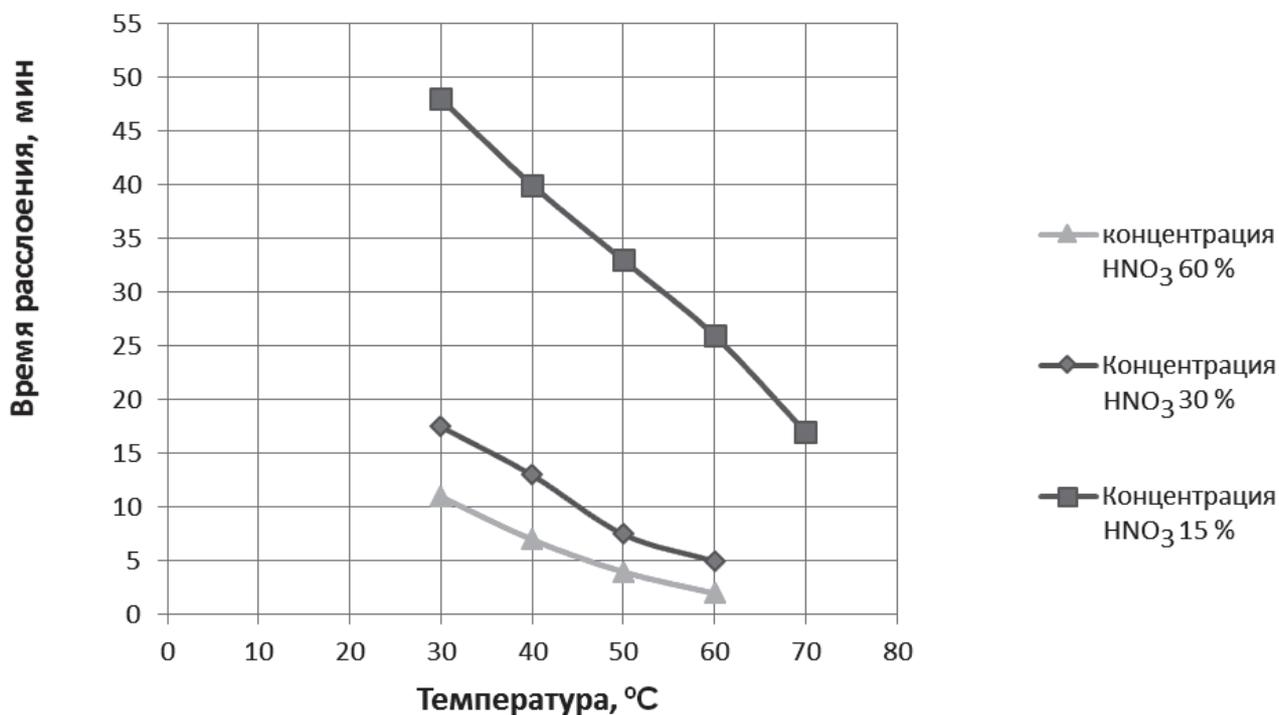


Рисунок 1. Результаты экспериментов по разделению слоев полиэтиленовой пленки и алюминиевой фольги (образцы размером 5 x 5 мм) с использованием азотной кислоты

Для определения количества алюминия, вступающего в реакцию с азотной кислотой за время разделения слоев, были проведены следующие замеры.

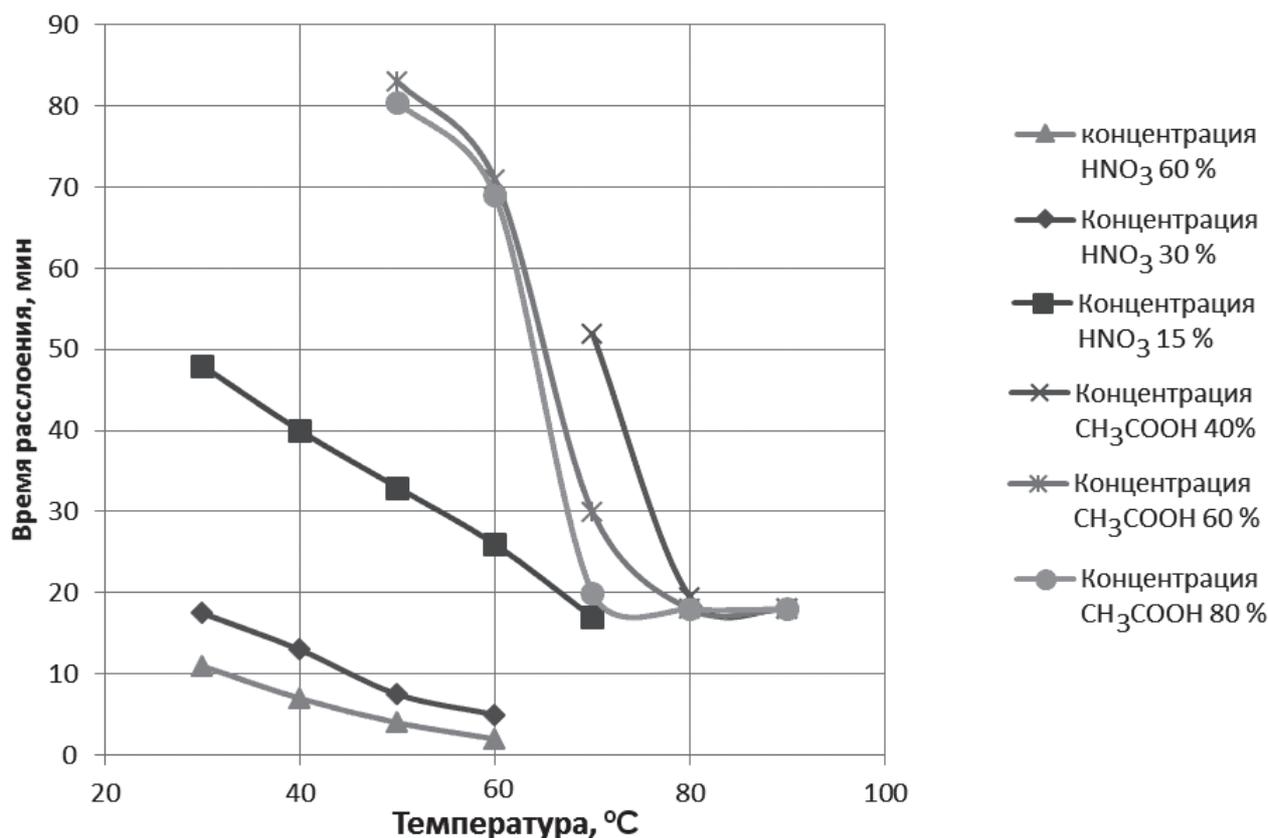


Рисунок 2. Сравнение эффективности разделения слоев полиэтиленовой пленки и алюминиевой фольги с использованием азотной и уксусной кислот

На электронных весах определяли массу образца (полиэтиленовая пленка+алюминиевая фольга). Затем образец помещали в термостатированный реактор с 30%-ной азотной кислотой и выдерживали при температуре 40 °C в течение 15 минут до полного разделения слоев пленки и фольги. В результате контакта алюминиевой фольги и разбавленной азотной кислоты при разделении слоев часть алюминия переходила в раствор с образованием нитрата алюминия. После этого разделенные слои полиэтиленовой пленки и алюминия промывали дистиллированной водой, высушивали и еще раз взвешивали на электронных весах. Поскольку полиэтиленовая пленка инертна к азотной кислоте, то потеря массы связана с реакцией алюминия с азотной кислотой и образованием нитрата алюминия. Массовая концентрация (C , %) нитрата алюминия, образовавшегося за один цикл работы установки, определялась по зависимости:

$$C = 100 \frac{\Delta m}{m_1},$$

где m_1 – масса образца до обработки кислотой;

$\Delta m = m_1 - m_2$ – изменение массы образца после обработки кислотой;

m_2 – масса образца (слоев алюминиевой фольги и полиэтиленовой пленки) после обработки кислотой.

Экспериментально установлено, что за 15 минут обработки образца 30% азотной кислотой в раствор переходило 29 – 31% от первоначальной массы алюминиевой фольги.

Полученные при реагентном разделении слои полиэтилена и алюминиевой фольги далее могут перерабатываться по известным и широко применяемым в промышленности технологиям.

Выводы

Экспериментально установлено, что для проведения процесса разделения слоев в качестве реагента можно рекомендовать использовать 30% азотную кислоту при температуре 30...40 °С.

Уменьшение концентрации азотной кислоты в растворе увеличивает время разделения слоёв, а увеличение температуры раствора способствует интенсификации процесса разделения.

Сравнение результатов разделения слоев многослойной упаковки с применением уксусной и азотной кислот показало, что для проведения процесса возможно применение слабой азотной кислоты (концентрация 30%, температура 30...40 °С) вместо рекомендованной ранее концентрированной уксусной кислоты (концентрация 80...90%, температура 60...90 °С [5]).

При использовании азотной кислоты в качестве реагента для обработки многослойных отходов образуется жидкий товарный продукт нитрат алюминия.

Замена реагента позволит упростить технологию разделения слоев отходов и удешевить производство в целом.

Литература

1. <http://www.ladmm.ru>
2. <http://www.upakovano.ru/articles/365616>
3. Садао Нисибори (JP) Патент РФ № 2158182 «Способ и устройство для утилизации слоистой пленки».
4. Николайкина Н.Е., Гонопольский А.А. Рециклинг слоистых алюминированных материалов // Экология и промышленность России. – № 7, 2010.
5. Гонопольский А.А. Комплексная утилизация отходов многослойных упаковочных материалов: Автореф. ... дисс. ... канд. тех. наук. – Москва, 2011.

Использование потенциала отрицательных температур окружающего воздуха в холодоаккумуляционных установках

Д.т.н. проф. Маринюк Б.Т., асп. Серенов И.И., асп. Угольников М.А.
Университет машиностроения
89639253405, serenov90@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрена возможность применения потенциала отрицательных температур для получения холодоаккумуляционной массы льда. Предложена конструктивная схема водолеяных градирен, а также проведены опыты по определению динамики замораживания сферических капель воды.

Ключевые слова: водолеяная градирня, холодоаккумуляционная масса льда, хладоресурс окружающей среды, интенсификация, сферический слой, теплообмен.

В связи с развитием геологоразведочных работ на слабых грунтах в труднодоступных северных районах страны, начиная с 60-х годов прошлого века не прекращается поиск путей снижения затрат на их выполнение. Ряд ученых гляциологов и географов выдвинули предложения по использованию природного холода для возведения ледяных массивов большой толщины 3 – 5 м методом послойного намораживания распыляемых капель воды из форсунок. В зимнее время в таких регионах можно рассчитывать на температуры воздуха –25 °С ÷ –40 °С. При таких температурах процесс замораживания капли идет достаточно интенсивно и в самые короткие временные промежутки. Одним из зачинателей такой технологии был проф. Савельев Б.А. с учениками. В настоящее время это проф. А.В. Сосновский и др.