На правах рукописи

ГОНОПОЛЬСКИЙ АЛЕКСАНДР АДАМОВИЧ

Комплексная утилизация отходов многослойных упаковочных материалов

Специальность 03.02.08 – Экология (в химии и нефтехимии)

4852326

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

25 АВГ 2011

Москва
2011

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Московский государственный университет инженерной экологии» (МГУИЭ).

Научный руководитель: кандидат технических наук, профессор
Николайкина Наталья Евгеньевна

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Тимонин Александр Семенович

доктор технических наук, профессор
Мартынов Петр Никифорович

Ведущая организация: Открытое акционерное общество «НПК « Механобр-техника»

Защита состоится « 8 »сентября 2011 г. в 11 часов на заседании диссертационного совета Д 212.145.03 при Московском государственном университете инженерной экологии (МГУИЭ) по адресу: 105066, Москва, ул. Старая Басманная, 21/4, аудитория имени Л.А. Костандова (Л-207).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского государственного университета инженерной экологии.

Автореферат разослан « 8 » августа 2011 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета, к.т.н. Е.С. Гриднева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

Из государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2009 году» следует, что среди причин увеличения объемов полигонного захоронения твердых бытовых отходов, как в мире, так и в России можно отметить, с одной стороны, расширение выпуска композиционных упаковочных материалов, а с другой - в практическое отсутствии технологий их рециклинга. В настоящее время наиболее часто в качестве упаковки применяются барьерные многослойные материалы с использованием полимеров. Для бумажно-полимерных материалов разработаны и применяются в промышленности технологии их утилизации. Однако, в том случае, когда многослойный материал содержит металлическую фольгу (сигаретная, кондитерская, бакалейная упаковки из материалов типа «тетра пак», теплоизоляционные материалы), экологически безопасных и экономически целесообразных технологий комплексной утилизации отходов производства и потребления многослойных упаковочных материалов не существует.

Цель работы

Снижение экологической нагрузки на муниципальные объекты системы санитарной очистки территорий от отходов производства и потребления упаковочных материалов, расширение сырьевой базы предприятий.

При достижении поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Разработка и исследование, в целях дальнейшего рециклинга, процесса химического разделения вторичных многослойных алюминированных упаковочных материалов в растворе уксусной кислоты.
2. Разработка и исследование безотходного процесса получения вторичных полимернаполненных композиционных материалов из бумажно-полимерных слоев многослойных алюминированных упаковочных материалов и вторичного полиэтилена методом горячего валкового прессования.
3. Определение технологических параметров процесса получения вторичных полимернаполненных композиционных материалов
4. Разработка схемы технологической линии для химического разделения вторичных слоистых алюминированных упаковочных материалов.
5. Разработка схемы технологической линии получения вторичных полимернаполненных композиционных материалов.

Научная новизна работы:

1. Экспериментальные результаты влияния основного ацетата алюминия на интенсивность разделения алюмополимерных слоистых материалов в растворах уксусной кислоты.
2. Экспериментально установлены температурные, концентрационные и гидродинамические параметры технологического процесса химического разделения вторичных многослойных алюминированных упаковочных материалов в растворе уксусной кислоты, обеспечивающие 100% отделение алюминия.
3. Экспериментально установлены температурные, концентрационные параметры технологического процесса получения вторичных полимернаполненных бумажно-полимерных композиционных материалов. Разработанная на основе методов механики хрупкого разрушения, математическая модель, для определения физико-механических свойств получаемого вторичного полимернаполненного композита в зависимости от размеров и свойств частиц наполнителя, температуры валкового формования и свойств материала матрицы.

Практическая значимость:

1. Разработана и запатентована конструкция двухфазного противоточного шнекового реактора для химического разделения вторичных многослойных алюминированных упаковочных материалов в растворе уксусной кислоты (патент РФ на изобретение № 2412805 от 27.02.11. «Способ утилизации слоистых алюминированных материалов и реактор для разделения слоистых алюминированных материалов»)
2. По результатам экспериментальных исследований разработана методика расчета шнека для технологической линии химического разделения слоистых алюминированных материалов.
3. По результатам экспериментальных и расчетно-теоретических исследований разработаны схемы технологических линий химического разделения слоистых алюминированных материалов и производства вторичных полимернаполненных бумажно-полимерных композиционных материалов.

Достоверность полученных результатов: обеспечивается применением подходящих экспериментальных методик и метрологическими характеристиками поверенных измерительных приборов, а также правильной оценкой погрешности экспериментальных данных и их удовлетворительным совпадением с производственными результатами.

Личный вклад: состоит в проведении экспериментальных исследований, обработке, интерпретации и обобщении полученных результатов, а также в формулировке выводов.

Апробация работы: результаты диссертационной работы докладывались на:
VI-й международной научно-практической конференции «Экологические проблемы индустриальных мегаполисов», МГУИЭ, 2009 г; 8-й Международной научно-практической

конференции WASMA «Рециклинг, переработка отходов и чистые технологии» М.: "Институт «ГИНЦВЕТМЕТ», 2010., Научных конференциях студентов и молодых ученых МГУИЭ, 2009 и 2010 г.г..

Публикации: По теме диссертации опубликовано 6 научных работ в том числе 3 работы - в изданиях, рекомендованных ВАК для защиты кандидатских диссертаций.

Объем и структура работы. Диссертационная работа изложена на 125 страницах, содержит 27 рисунков, 14 таблиц; состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав, основных результатов и выводов, списка используемой литературы (119 наименований) и приложения.

Диссертационная работа выполнена на кафедре «Инженерная экология городского хозяйства» Московского государственного университета инженерной экологии.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В **первой главе** приводится аналитический обзор проблем рециклинга многослойных алюминированных упаковочных материалов и расчетно-теоретических методов анализа их физико-механических свойств. Из обзора следует, что экологически безопасные и экономически эффективные технологии послойного разделения таких материалов для дальнейшего рециклинга в настоящее время отсутствуют. Также следует, что рациональная технология рециклинга здесь должна быть двухстадийной: на первой стадии которой, слои разделяются и алюминий идет на реализацию, а на второй создается вторичный полимернаполненый композиционный материал. Расчетно-теоретический анализ показал, что вторичный полимернаполненый композиционный материал для производства одноразовой тары и упаковки непищевых продуктов подвержен хрупкому разрушению. Поэтому анализировать его физико-механических свойств необходимо с позиции механики трещин, а технологический процесс его производства надо проводить в области пластичности вторичного полимера.

Во **второй главе** приводятся:

1. Результаты экспериментальных исследований процесса разделения алюминиевой фольги от полиэтиленовых слоев многослойных алюминированых материалов в растворе уксусной кислоте. Известны нейтральная соль - $Al(CH_3COO)_3$ и две основные соли ацетата алюминия: однозамещенная - $AlOH(CH_3COO)_2$, и двузамещенная – $Al(OH)_2 \cdot (CH_3COO)$. При этом нейтральная соль известна только в растворе; однозамещенная соль образует в воде гель, а двузамещенная соль нерастворима в воде. В лабораторных условиях процесс разделения был реализован на установке, представленной на рисунке 1. Как показали наши эксперименты, разделение слоев происходит в достаточно узком диапазоне параметров процесса и только в присутствии нейтральной соли, так как при образовании геля (однозамещенная соль) или возникновения между слоями твердой фазы (двузамещенная соль) процесс разделения не происходит. При этом реакция происходит как через полиэтиленовую пленку, обладающую пористостью, так и с торца слоя.

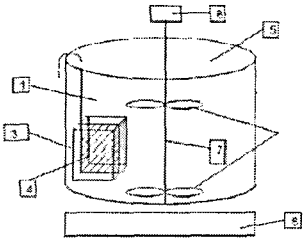

Рис 1. Лабораторная установка для исследования процесса химического разделения многослойных упаковочных материалов
1-колба объемом 1000 мл, 2- двухъярусная двухъярусная двухлопастная мешалка, 3-контейнер 50x10x100мм из нержавеющей сетки, 4-крепежная рамка из нержавеющей проволки d=10мм;5-крышка колбы; 6-привод мешалки; 7-вал мешалки; 8-нагревательный элемент.

По окончании каждой серии экспериментов раствор из лабораторной установки был подвергнут анализу на предмет наличия соединений алюминия. Анализ проводили методом флуорометрии на анализаторе жидкости «ФЛЮОРАТ-02-3М. При измерении интенсивности флуоресценции в растворе оказалось, что отработанный раствор представляет собой слабо опалесцирующую жидкость с концентрацией ионов алюминия от 1,6 до 1,58 мг/дм^3. При этом начало опалесценции совпадает с увеличением времени разделения слоев, т.е. с падением производительности процесса. Необходимый для эффективного ведения процесса разделения слоев температурный, концентрационный и скоростной режим реакции контролировали по интенсивности опалесценции раствора. Усредненная погрешность измерения, вычисленная по стандартным соотношениям, учитывающим класс точности приборов и средств управления аппаратами, составила не более 8%.

Влияние температуры процесса и концентрации уксусной кислоты на эффективность процесса разделения слоев алюминиевой фольги и полиэтиленовой пленки представлены на рис.2. Экспериментально установлено, что уменьшение концентрации уксусной кислоты в растворе уменьшает и степень разделения слоев, так как, это приводит к уменьшению концентрации нейтральной соли ацетата алюминия за счет образования двух других основных солей. Из результатов экспериментов следует, что исследуемый процесс практически реализуется в области параметров ограниченной линиями 5-6-1. За пределами этой области разделения слов полиэтилена и фольги алюминия практически не происходит.

Зависимость времени полного разделения слоев от степени двухфазности для частиц различного диаметра представлена на рис.3. Как и следовало ожидать, при фиксированной температуре процесса, с ростом степени двухфазности необходимое для разделения слоев время возрастает для всего набора размеров частиц.

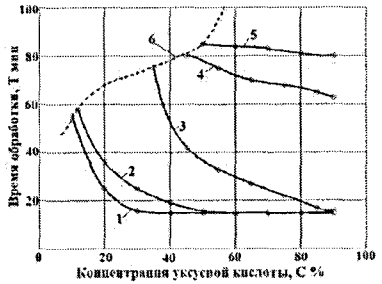

Рис.2. Результаты лабораторных опытов по *определению времени* разделения слоев полиэтиленовой пленки (δ= 30мкм) и алюминиевой фольги (δ=20мкм) материала «Тетра Пак», размер частиц d=1010 mm, при температуре раствора 1- t=90^{0}C; 2- t=80^{0}C; 3- t= 70^{0}C; 4 - t=60^{0}C; 5 - t=50^{0}C и скорости раствора U= 0,4 м/с, Co%- максимальная массовая доля отделения алюминиевой фольги и *полиэтилена*, *φ - объемная доля (степень* двухфазности) частиц материала «Тетра Пак» в контейнере, φ= 10%. 6 – граница зоны реакции. 1- b=100%; 2-b=100%; 3- b=60%; 4-b = 30%; 5- меньше 5%, где b - разделения алюминиевой фольги и полиэтилена.

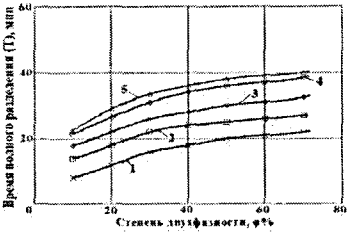

Рис. 3. Результаты опытов по определению времени (минуты) полного (100%-го) разделения слоев полиэтиленовой пленки (δ= 30мкм) и алюминиевой фольги (δ=20мкм) материала «Тетра Пак» после удаления бумаги в 50% -м растворе уксусной кислоты при t=80^{0}C. Скорость раствора U= 0,4 м/с. 1- m=5 мм, 2-m =10мм, 3-m=30 мм, 4-m=50 мм, 5-m=70мм. Где m - размер образца

Зависимость времени обработки материала до его полного разделения от линейной скорости потока в колбе-реакторе представлена на рис 4.

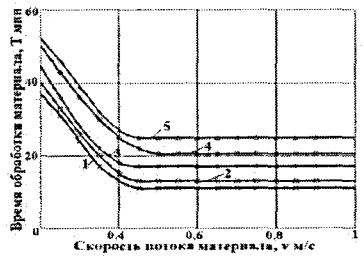

Рис 4. Результаты опытов по определению времени (минуты) полного (100%-го) разделения слоев полиэтиленовой пленки (δ= 30мкм) и алюминиевой фольги (δ=20мкм) материала «Тетра Пак» после удаления бумаги в 50% -м растворе уксусной кислоты при t=80C. 1- m=5 мм, 2- m=10 мм,3- m=30 мм, 4- m=50мм, 5-m= 70 мм.

Где m - размер образца, δ – толщина слоя материала

2. Результаты разработки процесса и аппарата разделения для безотходной утилизации оставшихся после отделения алюминия материалов и отходов. *Основная идея состояла* в создании многократно рециклируемого вторичного полимернаполненного композита (ВПНКМ) для последующего изготовления одноразовой тары или упаковки. Наилучшие по прочности образцы были получены при смешении вторичного полиэтилена типа «микст» (смесь) с дробленым на молотковой дробилке материалом типа «Тетра Пак» в виде ваты из волокон толщиной от 80 до 130 мкм. Для испытаний полиэтилен измельчали на роторно – ножевой дробилке по классу -50мм. Смесь полиэтилен - «ТетраПак» в различных соотношениях обрабатывали многократным прокатыванием между обогреваемыми валками лабораторных

вальцов. Как показали исследования, сплошной материал получался при минимальном соотношении 1:1 и больше.

Таблица 1. Прочностные свойства полимернаполненных композитов из $ПЭ_{рец}$ и $ТП_{рец}$

Среднеарифметические значения величин по 5-и образцам при комнатной температуре

Материал	Прочность при растяжении		Твердость МПа	Теплостойкость по Вика, К
	$\sigma_р$, МПа	ε , %		
$ПЭ_{рец}$100%	12,63	94,23	15,32	313
$ПЭ_{рец}$50%+50%$ТП_{рец}$ (молотковая дробилка)	6,89	1,5	16,92	316
$ПЭ_{рец}$50%+50%$ТП_{рец}$ (роторно–ножевая дробилка)	3,17	0,38	19,3	290

Третья глава содержит результаты расчетно-теоретического анализа:

1. Процесса разделения алюминиевой фольги от полиэтиленовых слоев многослойных алюминированых материалов в растворе уксусной кислоте.

2. Процесса и аппаратов для безотходной утилизации оставшихся после отделения алюминия материалов и отходов.

Для интенсификации процесса разделения слоев была предложена конструкция шнекового реактора с цилиндрическим корпусом, снабженного полой винтовой вставкой закрепленной внутри корпуса. По результатам экспериментов была проведена корректировка известной методики расчета шнека с учетом условий его работы в исследованном технологическом процессе. Корректировка методики состоит в учете мощности необходимой на преодоление противотока уксусной кислоты при подъеме частиц материала по винтовому каналу в шнековом реакторе. Как показали расчеты, проведенные по результатам экспериментальных исследований, мощность затрачиваемая на гидравлическое сопротивление частиц в условиях эксперимента, составляет от 5 до 30 процентов от общей мощности

расходуемой в шнековом реакторе, в зависимости от степени двухфазности и размера частиц разделяемого материала. Выражение для мощности в данном случае имеет вид:

$$N_{шнек} = 36 \cdot \frac{H}{t} \cdot \frac{1}{\frac{C_{COOH}}{\mu(T)_{100\%}} + \frac{1-C_{COOH}}{\mu(T)_{H_2O}}} \cdot \frac{0{,}59}{0{,}77-\varphi^2} \cdot n^3 \cdot D^5 + \frac{\xi(\rho_{COOH} \cdot \omega^2{}_{COOH})}{2}, \quad (1)$$

где t – шаг винтового канала, м; D – гидравлический диаметр шнека, м; n – частота вращения,; H – высота аппарата (длина шнека), $\mu(T)_{100\%}$ – вязкость 100% уксусной кислоты при соответствующей температуре, Па·с; $\mu(T)_{H2O}$ – вязкость воды при соответствующей температуре, Па·с; C_{COOH} – концентрация уксусной кислоты, ξ - коэффициент лобового сопротивления частиц материала зависит от числа Рейнольдса.

Здесь корректировка известной методики выражается в наличии второго слагаемого в правой части

$$\mathrm{Re} = \phi \frac{d \cdot (\rho_{тетрапак} + \rho_{COOH}) \cdot \frac{2v}{D}}{\mu_{суспензии}}, \quad (2)$$

где $\phi = \pi(6V_p/\pi)/S_p$ – степень несферичности частиц в потоке (параметр Бусройда).
В условиях эксперимента $\phi = 0{,}1 - 0{,}2$ и Re = 4000 -7000, поэтому согласно работам Бусройда принимаем что

$$\xi = 0{,}63 + \frac{4{,}8}{\mathrm{Re}^{1/2}{}_p} \quad (3)$$

Таким образом выражение для коэффициента мощности, который является основным критерием подобия для шнековых реакторов имеет вид :

$$Kn = \frac{N_{шнека}}{n^3 \cdot D^5} \cdot \left(\frac{\varphi}{\rho_{TetraPack}} + \frac{1-\varphi}{\rho_{COOH}}\right) \quad (4)$$

По результатам расчетов построены графические зависимости (рис.5) $K_N = f(\mathrm{Re})$ от температуры и концентрации уксусной кислоты в смеси и расчетные диаметры шнековой мешалки для производств различной производительности. Видно, что при расчете диаметра шнека, наибольшее изменение K_N происходит в области чисел Re <400, т.е. меньших нижнего предела реализованного в экспериментах. Это дает возможность реализовать устойчивый технологический процесс в широком диапазоне изменения параметров процесса.

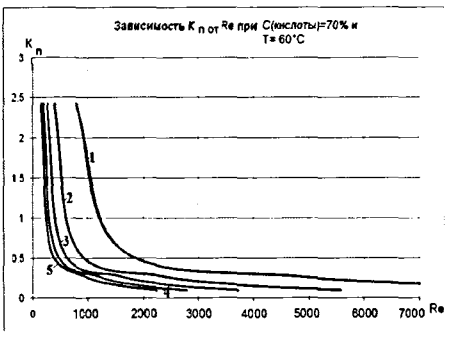

Рис.5. Зависимость коэффициента мощности шнека от числа Рейнольдса

где 1 – D = 0.1 м; 2 – D = 0.2 м; 3 – D = 0.3 м; 4 – D = 0.4 м; 5 – D = 0.5 м.- Различные диаметры аппарата.

1. Для расчета параметров процесса получения ВПНКМ и аппаратов для его реализации необходим анализ прочности вторичных полимернаполненных композиционных материалов Анализ экспериментов по разрушению ВПНКМ показал, что разрушение носит хрупкий характер. При этом положение зоны разрыва на стандартном образце имеет случайный вид. Из анализа экспериментальных данных следует, что при производстве ВПНКМ образуется гетерогенная система, которая в соответствии с представлениями механики трещин склонна к самопроизвольному растрескиванию по границам твердых частиц наполнителя и полимера, из-за разницы в их физико - механических свойствах и наличия трудно устранимых загрязнений сложного состава. Эти загрязнения хорошо видны под микроскопом при увеличении от 200 до 1500 раз.

Согласно энергетическому критерию Гриффитса, разрушение начинается, когда приращение выделения энергии деформации при увеличении поверхности разрушения превышает работу, требуемую для образования новой поверхности разрушения. Отсюда, условие неразрушения обычно записывают в виде неравенства :

$$T = \frac{dE}{dL} \le \gamma_1 + \gamma_2, \qquad (5)$$

Анализ неравенства показывает, что можно построить область допустимых значений температур, гарантирующих при заданном значении R_o (размеры частиц наполнителя формирующих слой) выполнения условия Гриффитса. С этой целью были рассмотрены граничные области, которые получены путем замены неравенства (5) на равенство. Как оказалось, эти области представляют собой кривые 2-го порядка (конические сечения) типа повернутой параболы следующего вида (рис 6):

$$\alpha_{11}T_1^2 - 2\alpha_{12}T_1T_2 + \alpha_{22}T_2 - \alpha_{13}T_1 - \alpha_o = 0\ , \qquad (6)$$

где $\alpha_{11} = 0{,}28\left(\frac{R_{кр}}{h}\right)^6 \frac{E}{1-\mu}\alpha_1^2;$

$$\alpha_{22} = 0{,}28\left(\frac{R_{кр}}{h}\right)^6 \frac{E}{1-\mu}\alpha_2^2;$$

$$\alpha_{13} = \frac{E}{1-\mu}\alpha_1$$

$$\alpha_{12} = 0{,}28\left(\frac{R_{кр}}{h}\right)^6 \alpha_1\alpha_2\,.\,,$$

где $\alpha_{11}, \alpha_{12}\alpha_{22}\alpha_{13}, \alpha_o$ - безразмерные комплексы, принятые для удобства расчета.

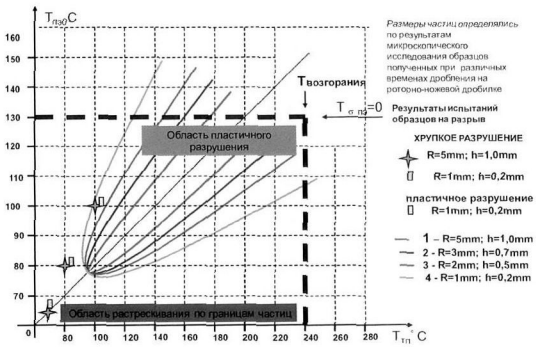

Рис.6. Влияние размеров и температуры частиц наполнителя, температуры матрицы и их массового соотношения на положение границы областей хрупкого и пластичного разрушения при формировании ВПНКМ.

Из приведенных графиков следует что для обеспечения условий вязкопластичного разрушения ВПНКМ *целесообразно нагреть наполнитель* до температур выше температуры полиэтиленовой матрицы, чем меньше размер частиц, тем шире парабола. Наклон парабол определяется соотношением между *E, μ, C*.

Для оценки применимости разработанной методики при расчете параметров процесса получения вторичного полимернаполненного композита и аппаратов для его реализации были проведены испытания прочности стандартных образцов ВПНКМ различного состава в диапазоне температур от 20 до 200°С на разрывной машине (рис.7).

Результаты исследования образцов из ВПНКМ представлены на рис.8. Были проведены испытания образцов ВПНКМ полученных после нескольких рециклов на изменение относительного удлинения образцов из ВПНКМ после двукратной переработки вторичного композита по сравнению с исходным.

На диаграмме показано, что относительное удлинение образца из ВПНКМ достигает примерно 80% от начального уровня. Материал становится более однородным. Растет стабильность свойств ВПНКМ, падает разброс экспериментальных данных.

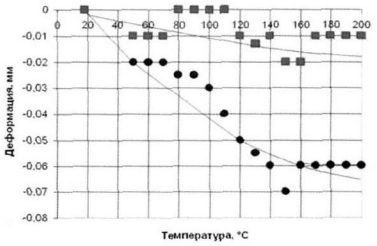

Рис.7. Зависимость деформации образца от температуры его нагрева

при нулевой нагрузке
при нагрузке 20 Н

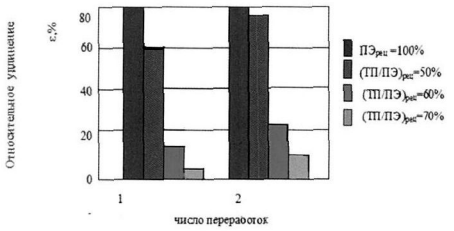

Рис.8 Изменение относительного удлинения образца после двукратной переработки вторичного композита, полученного измельчением сырья на молотковой дробилке по сравнению с исходным

Четвертая глава посвящена результатам апробации технологического процесса безотходного рециклинга многослойных упаковочных материалов.

Полученные в предыдущих главах результаты экспериментальных и расчетно–теоретических исследований позволяют разработать технологические линии для реализации промышленного процесса безотходного рециклинга многослойных упаковочных материалов. Совокупность исследованных стадий процесса рециклинга многослойных упаковочных материалов позволяет характеризовать его, как многостадийный безотходный технологический процесс переработки отходов.

В отличие от технологических линий по выпуску товарной продукции из первичного сырья, где выбор способа переработки отходов диктуется, в основном, производственными возможностями, видом получаемого целевого продукта переработки, для технологических линий по переработке отходов выбор способа переработки определяется, прежде всего, экологическими и санитарно - гигиеническими нормами производства по охране окружающей среды.

При производстве ВПНКМ необходимо соблюдение следующих требований:

- осуществление производственных процессов рециклинга при минимально возможном числе технологических стадий (аппаратов), поскольку на каждой из них образуются вторичные отходы, и теряется сырье (первичные отходы);

- применение непрерывных процессов, позволяющих наиболее эффективно использовать сырье и энергию;

- интенсификация производственных процессов.

Результаты работы были использованы при разработке опытно-промышленных технологических схем химического разделения слоев алюминия и полиэтилена многослойной упаковки и рециклинга бумажно-полимерных слоев многослойной упаковки с получением вторичного полимернаполненного композиционного материала на ООО «Экологические технологии», г. Балахна, Нижегородской области.

Технологическая схема и оборудование для разделения слоев алюминиевой фольги и полиэтиленовой пленки многослойной упаковки.

Согласно разработанной технологической схеме (рис.9), предназначенный для переработки материал на первой стадии подвергается мокрому дроблению. Затем дробленая масса, представляющая собой влажный полидисперсный гетерогенный материал (например, кусочки полиэтиленовой пленки с алюминиевой фольгой и остатками бумажной массы, или кусочками асбестового полотна), загружается в приемный бункер (1). Из бункера материал шнековым транспортером (2) подается в реактор (3), оснащенный шнековой мешалкой. В реактор сверху противотоком подается раствор уксусной кислоты и осуществляется реагентная обработка материала. Интенсификация процесса разделения алюминиевой фольги от полиэтиленовой массы происходит за счет перемешивания материала и трения его частиц между собой при перемещении шнеком.

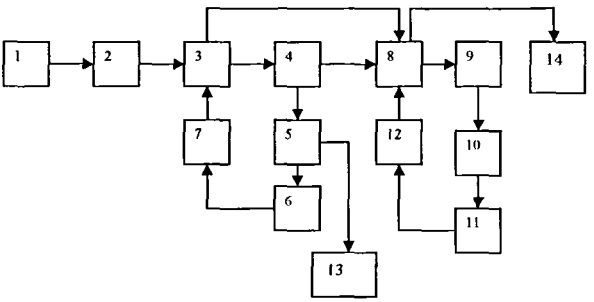

Рис.9 Технологическая схема реагентного разделения упаковки Тетра Пак.

Подача материала и кислоты происходит непрерывно. Отработанная кислота после реагентной обработки насосом (4) подается на гидроциклоны (5), где из нее удаляются остатки волокон и твердых фракций, попадающие в сборную емкость (13), откуда поступает на вторую стадию процесса. Очищенная кислота из гидроциклона (5) попадает в емкость (6), и далее с помощью насосов (7) вновь поступает в реактор (3). Обработанный материал из реактора (3) поступает на промывку-нейтрализацию во фрикционную мойку – нейтрализатор

(8), в которой происходит отделение алюминиевой фольги от полиэтиленовой пленки и частичное удаление с поверхности пленки остатков бумажных волокон (отмывка), а также нейтрализация оставшейся на материале кислоты, посредством добавления в промывную воду технической соды. На выходе из мойки материал представляет собой полиэтиленовую пленку и алюминиевую фольгу. Раствор, используемый в процессе мойки, поступает на насосы (9), с помощью которых подается в гидроциклоны (10) , где проходит удаление твердой фракции. Жидкая фракция попадает в бак (11), где происходит приготовление реагентного раствора, применяемого в процессе мойки-нейтрализации, и насосом (12) подается в фрикционную мойку – нейтрализатор (8). После мойки материал попадает в сепаратор (14), где происходит отделение алюминиевой фольги от полиэтиленовой пленки. Таким образом, на выходе сепаратора получаем два вида сырья: алюминиевую фольгу и полиэтиленовую пленку.

Технологическая схема рециклинга бумажно-полимерных слоев многослойной упаковки с получением вторичного полимернаполненного композиционного материала.

Технологическая схема на первом этапе подготовки материалов содержит две линии аппаратов: для подготовки компонентов («Тетра Пак» и для вторичного полиэтилена) из отходов производства и из отходов потребления. Стадии процесса получения товарной продукции из бумажно-полимерных слоев показаны на рис.10.

Рис.10 Технологическая схема рециклинга бумажно-полимерных слоев многослойной упаковки с получением полимернаполненного композиционного материала.

ВЫВОДЫ

1. Исследован процесс химического разделения слоев вторичных многослойных алюминированных упаковочных материалов в растворе уксусной кислоты. Определены температурные, концентрационные и параметры процесса, обеспечивающие гарантированное отделение алюминия. Экспериментально установлено, что в интервале температур 60-90°С при концентрации кислоты 80-90% происходит отделение алюминиевой фольги от полиэтиленовой пленки в результате образования на границе слоев основного ацетата алюминия. При образовании однозамещенного ацетата алюминия возникает опалесценция раствора и процесс отделения алюминия значительно замедляется, а при возникновении двузамещенного ацетата алюминия процесс прекращается.

2. Модифицирована инженерная методика расчета шнека реактора для химического разделения вторичных многослойных алюминированных упаковочных материалов.

3. В результате лабораторных экспериментов реализован и исследован безотходный процесс получения вторичных полимернаполненных композиционных материалов из бумажно-полимерных слоев многослойных алюминированных упаковочных материалов и вторичного полиэтилена методом горячего валкового прессования. Показано, что физико-механические свойства вторичных полимернаполненных композиционных материалов при повторном рециклинге повышаются и достигают 80% от свойств композитов из исходных первичных материалов.

4. С целью определения технологических параметров процесса получения вторичных полимернаполненных композиционных материалов разработана математическая модель, использующая методы механики хрупкого разрушения для определения физико-механических свойств получаемого композита в зависимости от размеров и свойств частиц наполнителя, температуры валкового формования и свойств материала матрицы.

5. Результаты расчетных и экспериментальных исследований использованы при проектировании и вводе в эксплуатацию технологической линии по рециклингу отходов многослойной алюминированной упаковки на ООО «Экологические технологии», Нижегородская область, г. Балахна.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Николайкина Н.Е., Гонопольский А.А., «Анализ разрушения вторичных полимернаполненных композиционных материалов для гидроизоляции полигонов твердых бытовых отходов». Журнал « Безопасность в техносфере», с. 16-20, №5 (сентябрь-октябрь), 2009 г.

2. Николайкина Н.Е., Скопинцев И.В., Гонопольский А.А., «Технология утилизации многослойной упаковки пищевых продуктов для получения полимернаполненных

композиционных материалов». Журнал «Химическое и нефтегазовое машиностроение», с. 42-44, №3 2010 г.

3. Николайкина Н.Е., Гонопольский А.А., «Рециклинг слоистых алюминированых материалов». Журнал «Экология и промышленность России», с.13-15, июль 2010 г.

4. Николайкина Н.Е., Гонопольский А.А., "Технология химического разделения компонентов композиционных упаковочных материалов типа «тетра пак» ". Сборник трудов VI международной научно-практической конференции «Экологические проблемы мегаполисов».,под ред. Д.А. Баранова, А.А. Минаева, В. М. Клевлеева, В.В.Бирюкова, Д.В. Зубова- с 27-28.М.: МГУИЭ, 2009 г.

5. Николайкина Н.Е., Гонопольский А.А.,«Реагентное разделение вторичных алюминированых материалов». Сборник материалов 6-й Международной научно-практической конференции «Рециклинг, переработка отходов и чистые технологии» с.105-110. М.: "Институт «ГИНЦВЕТМЕТ», 2010 г.

6. Николайкина Н.Е., Гонопольский А.А. Патент РФ №2412805 «Способ утилизации слоистых алюминированных материалов и реактор для разделения слоистых алюминированных материалов» от 27.02.11.

7. Николайкина Н.Е., Гонопольский А.А., «Химическое разделение многослойных алюминированных материалов». Научная конференция студентов и молодых ученых. МГУИЭ 21-23 апреля, М.: МГУИЭ., 2010 г.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

ВПНКМ – вторичные полимернаполненные композиционные материалы, ПЭ- полиэтилен, ТП-материал типа «тетра пак» $E = A_p - V$ – полная потенциальная энергия системы, равная разности работы внешних сил A_p и потенциальной энергии деформации V, L – длина трещин, T – энергия, высвобождающаяся при единичном приращении длины трещин γ_1 и γ_2 – значение энергии, необходимые для образования единичных поверхностей несимметричной трещины в расчете на единицу длины для границы двух разнородных материалов, $T_{пэ}$-температура плавления полиэтилена. σ_p-нормальное напряжение, ε – относительное удлинение.

Подписано в печать 29.06.11
Формат 60X84 1/16. Бумага офсетная
Печать офсетная. Тираж 120 экз.
Отпечатано на резографе МГУИЭ
105066 Москва, ул Старая Басманная,21/4