

А.Л. Наркевич, канд. техн. наук;
О.И. Карпович, доц., канд. техн. наук; А.В. Спиглазов, доц., канд. техн. наук;
Е.И. Кордикова, доц., канд. техн. наук; А.Ф. Петрушеня, канд. техн. наук;
О.М. Касперович, доц., канд. техн. наук; А.Н. Калинка; Г.Н. Кравченя
БГТУ, г. Минск

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ТАРЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

В настоящее время, в связи со все более возрастающими объемами захоронения отходов на полигонах остро ставится вопрос об увеличении доли использования отходов – это по отношению к их обезвреживанию или захоронению при условии соблюдения требований законодательства об охране окружающей среды и с учетом экономической эффективности является приоритетным согласно Закону Республики Беларусь «Об обращении с отходами» от 20.07.2007 г. №271-З, а использованные изделия, содержащие в своем составе полимерные материалы, потенциально являются ценным вторичным сырьем.

Представленные результаты выполнены в рамках задания 2.2.3 подпрограммы II ГНТП «Природопользование и экологические риски», 2016-2020 гг. «Разработать и освоить технологию получения транспортной тары (поддоны и контейнеры) на основе полимерсодержащих отходов аккумуляторных батарей»

Полимерсодержащие отходы, образующиеся в ОАО «Белцветмет» при разделке аккумуляторных батарей с целью извлечения свинца, относятся к смешанным полимерным отходам потребления и производства и представляют собой две отдельные фракции:

– фракция, состоящая в основном полипропилена, из которого были изготовлены корпуса аккумуляторных батарей, включающая некоторое количество полиэтилена, полиэтилентерефталата и бумаги (наклейки на корпуса) (далее – ФПП); эта фракция выполняет роль матричного полимера;

– фракция, состоящая в основном из сшитого полиэтилена, который применяется во внутреннем устройстве аккумулятора, а также сетки сепаратора, части корпуса (далее – ФПЭ); эта фракция рассматривается как наполнитель.

Переработка ФПП не представляет технологических трудностей, однако, на предприятии образуется достаточное количество ФПЭ, который переработке с сохранением материальной составляющей практически не подвергается, но может выполнять роль наполнителя к матричному полимеру на основе ФПП. Компоненты в композиции из таких материалов имеют более низкие механические свойства и устойчивость к старению по сравнению с соответствующими первичными полимерами, вследствие реакций деструкции и сшивания, неизбежно происходящих в них под действием различных факторов, таких как повышенная температура, механические нагрузки, воздействие УФ-излучения, кислорода воздуха и т. д.; они утрачивают свои эксплуатационные характеристики, и из них, а тем более из их смеси, невозможно изготовить полноценный продукт, сопоставимый по качеству с продуктом из первичного полимера. **Использование таких отходов для производства изделий и материалов традиционными методами обычно затруднена, поэтому используют комбинации и модификации известных методов переработки. Ранее [1] была оценена возможность применения метода формования изделий прессованием из предварительно пластицированной заготовки, на основе указанных отходов.**

Цель работы – разработать технологию получения транспортной тары (поддоны и контейнеры) на основе полимерсодержащих отходов аккумуляторных батарей.

Для достижения цели исследования решали ряд задач:

- исследовать композиции на основе указанных полимерсодержащих отходов, предложить рецептуры с модифицирующими (функциональными) добавками;
- разработать технологическую схему процесса формования изделий;

- предложить модели и произвести по ним расчет технологических параметров процесса формования изделий;
- выполнить обзор оборудования, необходимого для осуществления процесса;
- разработать техническое задание на закупку оборудования;
- разработать варианты конструкций изделий;
- разработать конструкторскую документацию на основное и вспомогательное технологическое оснащение;
- осуществить проверку адекватности моделей расчета технологических параметров и выполнить, при необходимости, их корректировку.

Метод, применяемый для разработки технологии, характеризуется следующими экономическими и технологическими достоинствами [2]:

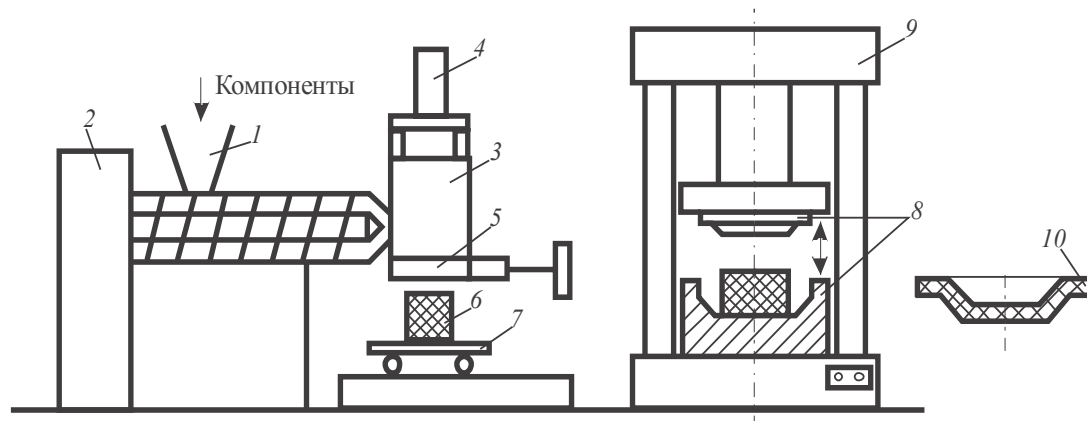
- высокая производительность (время цикла соизмеримо с циклом литья под давлением и существенно меньше, чем при прямом прессовании);
- снижение транспортных расходов на доставку полуфабриката;
- гибкость в отношении компонентов и состава КМ и получаемых изделий;
- высокая степень однородности совмещенной композиции;
- более низкое повреждающее воздействие на волокна и дисперсные частицы наполнителей при пластикации композиции и формообразовании изделий;
- возможность формирования гибридных структур, оптимальных по критериям жесткости и прочности изделия;
- возможность нанесения защитных и декоративных покрытий;
- малые отходы и возможность их переработки на месте, на том же оборудовании;
- более низкие энергозатраты по сравнению с изготовлением изделий из гранулированных или листовых пресс-материалов (за счет исключения стадии изготовления гранул или листов);
- сокращение термического воздействия на матричный полимер за счет только однократного нагрева материала;
- низкие усилия прессования, за счет этого – снижение материалоемкости формообразующей оснастки (по сравнению с литьем под давлением) и затрат на ее изготовление и восстановление;
- снижение износа червяка экструдера-пластикатора и формообразующих деталей пресс-формы;
- применение стандартного основного оборудования (экструдер и пресс) и низкая удельная стоимость средств технологического оснащения.

Технологический процесс пласт-формования (рисунок 1) включает следующие стадии:

- ввод композиции в экструдер;
- пластикацию в экструдере с накоплением дозы;
- формирование заготовки;
- перемещение и укладка заготовки в форму;
- деформирование заготовки (формообразование изделия);
- охлаждение в форме;
- извлечение изделия.

Метод пласт-формования пригоден для получения изделий из термопластичных композиций на основе полимерсодержащих отходов. В то же время параметры процесса нуждаются в экспериментальной отработке и оптимизации по критериям энергоемкости и производительности. Применение вторичных материалов требует восстановления их свойств. Выполнен обзор направлений по модифицированию композиций на основе полипропилена введением модифицирующих добавок. Показано, что использование полимерных отходов в качестве вторичного сырья возможно после проведения их предварительной стабилизации и модификации, с целью регулирования и восстановления, утерянных ими в процессе переработки и эксплуатации свойств: термостабилизатор и светостабилизатор – для компенсации

воздействия соответствующих внешних факторов при переработке и эксплуатации, смазывающая добавка – снижает прилипание и трение на взаимодействующих поверхностях между полимерным материалом и технологическим оборудованием.



1 – дозирующее устройство; 2 – экструдер; 3 – накопитель; 4 – гидроцилиндр; 5 – заслонка; 6 – заготовка; 7 – приемное устройство; 8 – пресс-форма; 9 – гидравлический пресс; 10 – изделие

Рисунок 1 – Схема технологического процесса пласт-формования

Получены образцы листовых материалов с различными модифицирующими добавками методом прессования предварительно пластицированной заготовки в лаборатории технологии композиционных материалов БГТУ. Проведены испытания по определению физико-механических и технологических характеристик полученных композиций. Выработаны основные рекомендации для составления рецептур для производства продукции на основе исследуемых полимерсодержащих отходов по результатам исследования модифицированных композиций. Показано, что размер частиц наполнителя (ФПЭ) влияет на механические характеристики композиции: с увеличением размера характеристики прочности снижаются, поэтому изделий, в которых важно отношение прочности к массе, необходимо применять более мелкую фракцию, что увеличит время измельчения, в остальных случаях – достаточно будет применения фракции с крупными частицами. Также выявлены определенные диапазоны, в которых лежат характеристики получаемых композиций, что позволяет характеризовать эти материалы и давать рекомендации по их применению.

При назначении параметров технологического процесса необходимо учитывать следующие аспекты относительно подготовительных, формующих и завершающих стадий технологического процесса.

Для оптимизации производительности формующего процесса группа стадий, выполняемых с помощью экструдера (пластикация в экструдере с накоплением дозы и формирования заготовки), и группа стадий, выполняемых с использованием прессы (перемещение и укладка заготовки в форму, деформирование заготовки, охлаждение в форме, извлечение изделия), должны осуществляться циклически и параллельно. Процесс второй группы можно отнести к периодическому, однако, процесс пластикации материала целесообразно производить практически непрерывно, а остановка вращения шнека экструдера может быть только на время формирования заготовки во избежание деструкции полимера в полости материального цилиндра экструдера. Поэтому необходима согласованность указанных выше двух групп стадий формирования.

Подготовительные процессы должны обеспечивать бесперебойную работу формующего процесса, поэтому запас сырья, пригодного для пластикации, должен быть не менее, чем на одну рабочую смену [3].

Операции завершающих процессов являются менее критичными и могут выполняться параллельно с операциями формования, а также допускать временное складирование отформованных изделий.

В технологических расчетах учитывали нелинейный характер течения композиции.

К наиболее энергоемким процессам при изготовлении изделий из таких композиций следует отнести пластикацию – перевод композиции в расплавленное состояние. На основе геометрических характеристик пастикатора и параметров степенного закона течения композиции получены рабочие характеристики экструдеров в зависимости от диаметра червяка и температуры в зоне дозирования. Даны рекомендации о назначении температурных режимов переработки отходов в пластицированную заготовку.

Оценивали усилие, необходимое для раздавливания заготовки заданного объема до требуемой толщины, учитывая неоднородность материала и возможные отклонения условий формообразования от номинальных. Получены зависимости усилия прессования заготовки от объема при различных значениях конечной толщины изделия. Показано, что усилие существенно зависит от конечной толщины изделия.

Производительность процесса пласт-формования определяется двумя основными факторами – производительностью пластикации композиции и продолжительностью охлаждения изделия в форме, которые должны быть согласованы. Получены зависимости времени цикла от толщины изделия и его температуры при съеме. Необходимая производительность пастикатора (червячного экструдера) определяется отношением массы изделия ко времени цикла.

Проведенные технологические расчеты позволят подбирать основное технологическое оборудование в зависимости от ассортимента и конструкций изделий, а также от объема их производства. В результате анализа обзора технологического оборудования для реализации процесса производства продукции сформированы перечни показателей качества для каждой единицы. В итоге сформулировано техническое задание на закупку технологического оборудования. Предложено размещение производственных участков для реализации цикла производства транспортной тары.

Предложенный для производства поддон предназначен для хранения и перевозки катанки (заготовка с поперечным круглым сечением) в бухтах, контейнер – предназначен для сбора, хранения и транспортирования отработанных аккумуляторных батарей от места сбора до перерабатывающего предприятия. Обзор аналогов показал разнообразие конструктивных решений, которые зарекомендовали себя в практике использования пластиковых поддонов. Эти решения можно использовать при проектировании поддона для медной катанки и контейнера, комбинируя или модифицируя эти решения. Выявили основные направления технического развития конструкций: использование ребер жесткости, сборных конструкций и применение усиливающих (металлических) элементов. Выработаны требования к изделиям. Предложены варианты изделий. Особенности конструкции, обусловленные технологическими требованиями, такие как технологические уклоны, стенки, радиусы закруглений, углубления, выступы, ребра жесткости и торцы изделий назначены в соответствии с рекомендациями для проектирования изделий из пластмасс [4]. Исследовано поведение конструкций в условиях, близких к условиям эксплуатации проводили путем нагружения электронных моделей изделий. Оптимизацию конструкций проводили, изменяя конструкцию и количество ребер, толщину стенки транспортной тары. Разработана соответствующая конструкторская документация на поддон, состоящий из четырех одинаковых деталей, и контейнер.

Предложенные для производства и разработанные изделия имеют ряд конструктивных элементов (стенки, ребра жесткости, бобышки, отверстия и т.д.). Наличие данных элементов существенно усложняют процесс формования. При назначении усилия деформирования заготовки необходимо знать, будет ли его достаточно для формования отдельных конструктивных элементов заданных размеров. При формовании таких элементов определяющими являются процессы вязкого течения композиции в неизотермических условиях (в процессе течения композиция охлаждается). Рассмотрен процесс затекания расплава композиции, подчиняющегося степенному закону в капилляр. Результаты эксперимента показывают, что материалы на основе отходов обладают достаточно хорошей формуемостью,

т. е. из материалов на основе данных отходов возможно получение различных конструктивных элементов, а предложенная модель расчета может быть применима для расчета речимов, необходимых для получения стенок требуемой высоты и толщины.

Разрабатываемый в данных исследованиях процесс формования изделий из предварительно пластицированной заготовки (пласт-формование) имеет явления, схожие с такими достаточно давно и широко применяемыми методами переработки полимерных материалов как литье под давлением и прессование: заполнение полости формы пластиком, его охлаждение в замкнутой форме, извлечение отформованного изделия из формы [4]. Это сходство дает основание использовать накопленный опыт в проектировании и конструировании соответствующей формообразующей оснастки и ее элементов для указанных выше двух известных методов при разработке элементов конструкции пресс-форм, предназначенных для пласт-формования. Надо указать, что при литье под давлением заполнение полости (литье) происходит при закрытой форме, что требует соответствующей литниковой системы, которая при пласт-формовании не требуется. Разработанная оснастка имеет систему выталкивания и охлаждения. Разработанные изделия не усложнены резьбовыми поверхностями и поднутрениями, поэтому дополнительных подвижных элементов в форме не предусмотрено. Рекомендуется выполнять матрицы и пуансоны сплошными, т.к. они более надежные, но в данной разработке эти крупногабаритные детали целесообразно делить на элементы для обеспечения технологичности конструкции, т.к. изготовление формообразующих деталей является наиболее трудоемкими. Для образования локальных рельефных элементов формуемых деталей используются знаки и вставки. Требуемые в формуемых изделиях сквозные отверстия целесообразно не оформлять вообще или оформлять частично, т.к. для выбранного метода пласт-формования сквозные отверстия и отверстия-поднутрения нельзя выполнять без применения дополнительных устройств, удорожающих пресс-форму: здесь, в отличие от литья под давлением, форма смыкается после размещения в ней материала, и как только материал соприкоснется с поверхностью знака, который должен оформить противоположный конец отверстия, то произойдет отверждение материала на торце знака, т.е. будет неизбежен облой между торцом знака и противоположной полуформой. Поэтому сквозные отверстия будут получаться механической обработкой на специальных кондукторах. Возможно нанесение разметки расположения центра будущего отверстия при формовании изделия. Выработаны требования и даны рекомендации для конструирования элементов пресс-форм, предназначенных для прессования крупногабаритных изделий, преимущественно плоской формы относительно простой конфигурации.

Показано, что наиболее целесообразной конструкцией элемента, который подает заготовку из экструдера будет система, содержащая экструзионную головку, в частности предложена прямоточная обогреваемая головка. Распределительный канал выполнен в форме «рыбий хвост», что позволяет обеспечить равенство расхода по ширине выходной щели. Применен наклон головки чтобы расплав не имел местных разрывов на нижней или верхней части пластика при перемещении.

Разработанное дозирующее как система из четырех отдельных шнековых дозаторов с индивидуальными приводами: два для основных компонентов, два – для добавок. Геометрические параметры шнеков, мощность приводов подбирались с учетом требуемой производительности по компонентам и добавкам.

Разработана рабочая конструкторская документация на основное и вспомогательное технологическое оснащение.

Формообразующая оснастка для производства транспортной тары являются крупногабаритными, сложными и дорогостоящими элементами средств технологического оснащения. Поэтому для отработки отдельных технических решений (конструктивных и технологических) получали в лаборатории БГТУ макеты изделий на спроектированных комплектующих средствах испытания и экспериментальной технологической оснастки. Получены макеты изделий, имеющие в своей конструкции высокие стенки, ребра жесткости, местные утолщения и с различной системой выталкивания. Произведены расчеты технологических

режимов получения макетов и сравнение с экспериментально полученными данными. Результаты показали адекватность ранее предложенных конструктивных решений и расчетных схем для прогнозирования параметров технологического процесса.

По результатам опытно-технологических работ составлен лабораторный технологический регламент как исходный документ для разработки опытно-промышленного регламента для этапа освоения продукции в производство. Результаты проведенных работ будут использованы при назначении технологических режимов и при разработке технологической документации для производства продукции – транспортной тары (поддонов и контейнеров).

Результаты проведенных работ будут использованы при освоении производства транспортной тары в ОАО «Белцветмет», а также могут быть использованы в разработках и при организации производства изделий по аналогичной технологии из полимерсодержащих отходов с высокой вязкостью, в том числе наполненных, смешанных и загрязненных.

Список использованных источников

1. Карпович, О. И. Физико-механические свойства композиционных материалов на основе полимерсодержащих отходов ОАО «Белцветмет» / О. И. Карпович, А. Л. Наркевич, Е. З. Хрол, А. Ф. Петрушеня, Я. И. Поженко // Труды БГТУ. Химия, технология органических веществ и биотехнология. № 4 (177). – Мн.: БГТУ, 2015. – С. 78–82.

2. Ставров, В.П. Формообразование изделий из композиционных материалов. – Минск: БГТУ, 2006. – 482 с.

3. Ревяко, М.М. Оборудование и основы проектирования предприятий по переработке пластмасс: учеб. для студентов учреждений высшего образования по специальности «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий» / М.М. Ревяко, О.М. Касперович, А.Ф. Петрушеня. – Минск: БГТУ, 2017. – 395 с.

4. Ревяко, М.М. Расчет и конструирование пластмассовых изделий и форм: учеб. для студентов учреждений высшего образования по специальности «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий» / М.М. Ревяко, О.М. Касперович – Минск: БГТУ, 2012. – 432 с.

УДК 541.183

И.И. Лиштван, А.М. Абрамец, Ю.Г. Янута
Институт природопользования НАН Беларуси

ГУМИНОВЫЕ ПРЕПАРАТЫ НА ОСНОВЕ КАУСТОБИОЛИТОВ И ПРОДУКТОВ ИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Гуминовые вещества (ГВ) играют исключительную роль в жизни природы и человека. Благодаря, использованию ГВ в инженерной экологии стали понятными и оправданными возможности этого класса природных полимеров и препаратов на их основе как инструмента, позволяющего решить широкий спектр проблем охраны окружающей среды. ГВ – это широкий класс соединений, которые выполняют необходимые посреднические функции между живым и минеральным миром. Так, темная окраска ГВ прямо связана с регулированием теплового режима почв и климата планеты в целом. Полифункциональность ГВ обеспечивает им доминирующую роль в аккумуляции и миграции ионов металлов в почвах и наземных ландшафтах. Специфическая гидрофильность и молекулярная структура определяют их уникальность как структурообразователей почв, регулятора их воздушного и водного режимов, средств для рекультивации территорий, нарушенных хозяйственной деятельностью человека и др. [1,2].

В современных условиях мировая экономика становится единым хозяйством со всеми вытекающими последствиями, вследствие чего от любой страны (в том числе, и нашей)