

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 678.742.3-1:53(043.3)

ЛЮБИМОВ
Александр Геннадьевич

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ
ВТОРИЧНОГО И ПЕРВИЧНОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.17.06 – технология и переработка полимеров и композитов

Минск 2014

Работа выполнена в учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет»

Научный руководитель **Мануленко Александр Филиппович**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии нефтехимического синтеза и переработки полимерных материалов учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»

Официальные оппоненты: **Шаповалов Виктор Михайлович**, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом № 1 «Композиционные материалы и рециклинг полимеров» государственного научного учреждения «Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого» Национальной академии наук Беларуси;

Спиглазов Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой Механики материалов и конструкций учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»

Оппонирующая организация Гродненский филиал «Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения» государственного научного учреждения «Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси»

Защита состоится «21» ноября 2014 г. в 14.00 ч на заседании совета по защите диссертаций Д 02.08.04 при учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет» по адресу: 220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, зал заседаний ученого совета, ауд. 240, корп. 4.

Тел.: 8-(017)-226-14-32, факс 8-(017)-327-62-17.

e-mail: root@bstu.unibel.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Автореферат разослан «16» октября 2014 г.

Учёный секретарь
совета по защите диссертаций
кандидат технических наук, доцент



Толкач О. Я

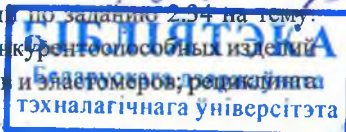
ВВЕДЕНИЕ

В Республике Беларусь в основном перерабатывают полиэтилен и полипропилен, но собственного производства полипропилена страна не имеет. Для производства изделий технического назначения применяется первичный полипропилен. Однако данный полимер имеет ряд недостатков, которые ограничивают его широкое применение: низкая стойкость к термоокислительной деструкции, и как результат, снижение прочности и невозможность применения вторично переработанного полипропилена в производстве изделий технического назначения (пленки, нити, ткани, лески), а также низкая ударная вязкость при пониженных температурах, что ограничивает применение в изделиях, испытывающих ударные нагрузки (ступицы щеток уборочной техники, бампера автомобилей). В тоже время накапливается вторичный полипропилен, который можно классифицировать на несколько видов: изделия отработавшие свой срок эксплуатации и подвергавшиеся длительному воздействию факторов окружающей среды (в работе обозначается вторичный полипропилен), бракованные изделия из полипропилена, то есть материал подвергся нескольким циклам переработки, но имеет однородный состав и не подвергался длительному старению (в работе обозначается технологические отходы полипропилена).

В настоящее время ведутся работы по рециклингу полипропилена, однако достигнутые результаты не всегда удовлетворяют требованиям, предъявляемым к изделиям технического назначения. Поэтому данная работа направлена на разработку композиций на основе вторичного и первичного полипропилена путем модифицирования полимерного материала принципиально различными способами для улучшения прочности, эластичности, ударной вязкости. Эффективная модификация вторичного и первичного полипропилена позволит применять их в производстве изделий технического назначения.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами (проектами) и темами. Работа выполнена на кафедре технологии нефтехимического синтеза и переработки полимерных материалов в соответствии с перечнем приоритетных направлений научных исследований Республики Беларусь на 2011-2015 годы, утвержденного постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19.04.2010 №585. Диссертационная работа выполнялась в рамках государственной комплексной программы научных исследований по заданию 2.34 на тему: «Создание прогрессивных технологий получения конкурентоспособных изделий из модифицированных промышленных термопластов и эластомеров; рециклинга



полимеров; жидкого топлива и сырья для нефтехимии на основе нефтяных остатков». НИР по заказу ОАО «СветлогорскХимволокно» «Изучение возможности снижения материалоемкости и повышения прочностных характеристик полипропиленовой продукции с внедрением результатов НИР в производство».

Цель и задачи исследования. *Цель* – разработка технологии получения композиций на основе вторичного и первичного полипропилена для производства изделий технического назначения.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- изучить изменение механических характеристик и кристаллической структуры полипропилена (ПП) в процессе многократной переработки и ускоренного термического старения;
- установить влияние термостабилизаторов на механические характеристики ПП и технологических отходов на его основе;
- исследовать влияние производных олеилимидазолина на деформационные характеристики первичного ПП и технологических отходов на его основе;
- экспериментально оценить влияние термоэластопластов различной природы на ударную вязкость технологических отходов ПП;
- разработать и внедрить технологию получения изделий технического назначения из модифицированных технологических отходов полипропилена.

Объект исследования – композиции на основе полипропилена марки 21030 ГОСТ 26996-86 (торговая марка PP 1500J), технологические отходы полипропилена марки 21030 (подвергнуты 2 циклам переработки, содержат пигмент), термоэластопласты типа СЭБС и СБС, модификаторы деформационных характеристик, термостабилизаторы, пигменты.

Предмет исследования – процессы изменения кристаллической структуры и механических характеристик модифицированных композиций на основе ПП.

Научная новизна. Получены модификаторы на основе металлорганических комплексов олеилимидазолина, применение которых в первичном и вторичном полипропилене увеличивает значение относительного удлинения при разрыве, прочности при разрыве и термостабильности полимерных композиций, позволяет повысить кратность вытяжки полимерного материала в предрасплавленном состоянии.

На основе сравнительного анализа промышленных фенольных, фосфитных, фенольно-фосфитных термостабилизаторов и нового термостабилизатора 3,4-дигексилфуроксан установлено, что он является более эффективным ингибитором термоокислительной деструкции в процессе переработки вторичного полипропилена.

Установлено, что термоэластопласты типа стирол-бутадиен-стирол, содержащие в своем составе до 30 % связанного стирола, обладают лучшей совместимостью с технологическими отходами полипропилена по сравнению с другими

термоэластопластами стирольного типа, что обеспечивает повышенные значения ударной вязкости композиций на основе технологических отходов полипропилена.

Положения, выносимые на защиту.

– Модификаторы полипропилена на основе медного и цинкового комплексов олеилимидазолина, применение которых в количестве 2 мас. % увеличивает значения относительного удлинения при разрыве полипропилена в 2,2 раза, за счет иммобилизации алифатических остатков олеиновой кислоты в его аморфной области, ослабляющих взаимодействие между макромолекулами полипропилена и замедляющих миграцию модификатора в поверхностную область материала за счет стерического фактора;

– Технология получения ориентированной полипропиленовой нити из полимерной композиции, содержащей до 30 мас. % вторичного полипропилена, 3 мас. % суперконцентрата меловой добавки и 1 мас. % суперконцентрата фенольно-фосфитного термостабилизатора, обеспечивающего прочность полимерной композиции на уровне первичного полипропилена за счет синергетического эффекта функциональных групп термостабилизатора, подавляющих термоокислительную деструкцию полимера при его переработке;

– Термостабилизатор 3,4-дигексилфуроксан, замедляющий снижение механических характеристик полипропилена под воздействием факторов окружающей среды, за счет его способности выполнять функцию акцептора радикалов, расход которого в 1,5 раза меньше чем при использовании промышленных термостабилизаторов;

– Технология получения полимерного материала на основе технологических отходов полипропилена и термоэластопласта типа стирол-бутадиен-стирол, обеспечивающая повышение ударной вязкости полимерного материала более, чем на 70% по сравнению с первичным гомополимером пропиленом.

Личный вклад соискателя. При выполнении работы исполнителем лично: выполнен анализ особенностей изменения механических характеристик первичного и вторичного полипропилена под воздействием ускоренного теплового старения; проведены исследования формирования кристаллической структуры полипропилена различных циклов переработки; исследованы изменения механических характеристик первичного и вторичного полипропилена в зависимости от содержания термостабилизаторов различной природы; экспериментально подтверждена эффективность медного и цинкового комплексов олеилимидазолина, как модификаторов, увеличивающих относительное удлинение при разрыве полипропилена; определены оптимальные концентрации термоэластопластов различной природы в композициях вторичного полипропилена, обладающего повышенными значениями ударной вязкости; разработаны технологии

получения композиций из вторичного и первичного полипропилена для производства изделий технического назначения.

Научный руководитель соискателя к.т.н. Мануленко А.Ф. участвовал в определении целей и задач, в обсуждении результатов исследований, оказывал консультацию на всех этапах выполнения диссертации. В соавторстве с член-корреспондентом НАН Беларуси д.х.н., проф. Прокопчуком Н.Р. исследовано изменение термостабильности композиций на основе первичного и вторичного полипропилена от различного содержания термостабилизаторов; Совместно с к.х.н. Яценко В.В. и к.х.н. Нестеровой С.В. исследовалась термостабилизирующая способность 3,4-дигексилфуроксана на полиолефины; к.х.н. Ювченко А.П. и научный сотрудник ИХНМ НАН Беларуси Жидков Ю.Н. оказывали содействие в разработке модификаторов на основе производных олеилимидазолина.

Апробация результатов диссертации. Результаты исследований представлены и обсуждены на Международной научно-технической конференции «Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов» (Минск, 2009); 60-ой научно-технической конференции студентов и магистрантов (Минск, 2009); 61-ой научно-технической конференции студентов и магистрантов (Минск, 2010); XXIII Международной научно-технической конференции «Химические реактивы, реагенты и процессы малотоннажной химии» «Реактив-2010» (Минск, 2010); Международной научно-технической конференции «Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии» (Минск 2010); Международной научно-технической конференции «Полимерные композиты и трибология» («Поликомтриб-2011») (Гомель, 2011); Международной научно-технической конференции «Новые технологии рециклинга отходов производства и потребления» (Минск, 2011); 76-ой научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов БГТУ по итогам НИР (Минск, 2012).

Опубликованность результатов диссертации. По результатам выполненных исследований опубликовано 17 работ, включенных в список публикаций соискателя, в том числе: 7 статей в рецензируемых научных изданиях (3,13 авт. листа), материалы 7 конференций, 2 тезисов докладов научно-технических конференций, получен патент Республики Беларусь.

Структура и объем диссертации.

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав, заключения, списка литературы. Полный объем диссертации 152 с., из них 23 с. занимают 57 иллюстраций и 25 таблиц; 11 с. – список использованных источников, включающий 120 наименований и 17 публикаций соискателя, и 31 с. приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первая глава посвящена анализу современных представлений о молекулярном и надмолекулярном строении ПП, особенностях протекания его термоокислительной деструкции. Представлены данные об особенностях разрушения кристаллических полимеров. Описаны особенности формирования многокомпонентных смесей полимеров различного химического строения, а также смесей на основе вторичного и первичного ПП. В результате проведенного анализа научной литературы и современных периодических изданий, показано, что при формировании многокомпонентных композиций на основе ПП важное значение приобретает технология модифицирования компонентов в смеси. При этом, для получения композиций на основе технологических отходов ПП такие подходы практически отсутствуют, что требует разработки таковых с учетом имеющихся наработок в области смесевых композиций на основе ПП. Сформулированы следующие предпосылки для разработки технологии модифицирования и получения композиций на основе технологических отходов полипропилена для производства изделий технического назначения.

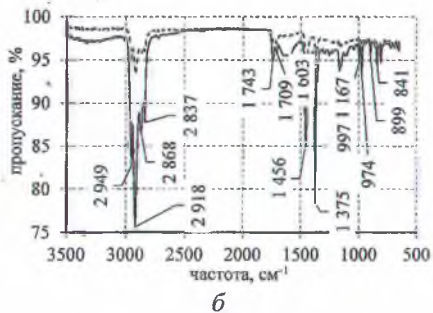
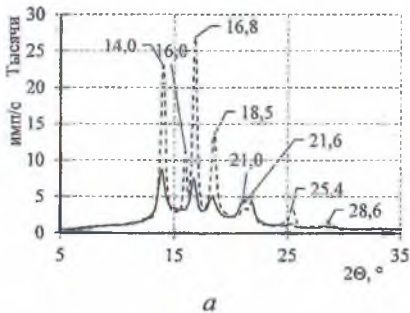
1. При использовании термоэластопластов в смеси с ПП как модификаторов ударной вязкости, необходимо целенаправленно регулировать межфазное взаимодействие в смеси, что позволит образовывать с ПП устойчивые двухфазные смеси, в том числе и с применением вторичного ПП. Стабильная смесь на основе отходов ПП позволит повысить значения ударной вязкости материала до 60 кДж/м^2 , что сопоставимо со значениями для блок сополимеров полипропилена с этиленом. Это будет достигаться путем рассеивания вводимыми веществами механического поля сил и равномерного их распределения в объеме полимерной матрицы.

2. При выборе термостабилизаторов, необходимо учитывать возможность ингибирования ими термоокислительной деструкции непосредственно в процессе переработки, поскольку этот процесс является автокаталитическим и для отходов ПП необходима меньшая энергия активации данного процесса. Ингибирование процессов термоокислительной деструкции сохранит однородность химического состава, уменьшит скорость потери молекулярной массы и, таким образом, повлияет на прочность полимера.

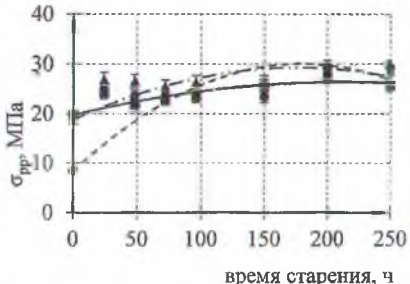
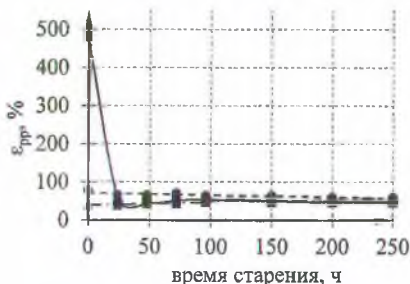
3. Эффективность пластификатора для отходов ПП во многом будет определяться составом низкомолекулярных соединений, иммобилизованных внутри аморфной фазы ПП, что позволит разработать композиции с повышенными значениями относительного удлинения при разрыве. В качестве таких соединений могут выступать производные жирных кислот: олеиновой, стеариновой, пальмитиновой, эруковой.

Во второй главе дано описание и обоснование объектов, методик исследования. В качестве объектов исследования использовали композиции на основе первичного полипропилена марки 21030, технологических отходов на его основе, вторичный ПП, суперконцентраты пигментов, термостабилизаторы, модификаторы деформационных характеристик, модификаторы ударной вязкости. При выполнении работы применены следующие методики: определение показателя текучести расплава термопластов, испытания на статический изгиб, растяжение, методика ИК-спектроскопии, определение термостабильности методами ТГ (ДТГ) анализа, исследование кристаллической структуры при помощи рентгеноструктурного анализа, изучение образовавшихся структур с помощью СЭМ и EDX анализа, методика экстракции термоэластопластов из ПП. Обработка результатов исследований проводилась с помощью табличного процессора Microsoft Office Excel, и пакета MATLAB 2012г.

В третьей главе проведенные исследования показали, что целенаправленное регулирование структуры и механических свойств смесевых композиций с использованием первичного и вторичного полипропилена возможно путем научно обоснованного выбора индивидуальных модификаторов, обеспечивающих улучшение конкретных физико-химических взаимодействий компонентов и изменение структурно-образовательных процессов при формировании исследуемых материалов. Результатом такого модифицирования является создание новых смесевых композиций с использованием отходов ПП с улучшенными механическими и технологическими характеристиками для получения качественных изделий технического назначения. На основе результатов исследования изменения структуры и свойств ПП при его многократной переработке и тепловом старении установлено, что преобладающими причинами структурных изменений в полимерной матрице являются процессы увеличения степени кристалличности и образования более дефектных сферолитов ПП [7], что подтверждается результатами рентгеноструктурного анализа (рисунок 1а), включающих смещение основных рефлексов α -формы и появление β -формы ($2\Theta=16^\circ$) в надмолекулярной структуре полимера. Уже в процессе переработки происходит изменение химического строения полипропилена: появление карбоксильных и кетонных функциональных групп, их количество возрастает в процессе теплового старения (рисунок 1б), что также оказывает влияние на механические характеристики материала (рисунок 2). Установлено, что синтезированные медный и цинковый металлорганические комплексы олеилимидазолина являются эффективными многофункциональными модификаторами, обладающими пластифицирующей способностью [6].



— первичный ПП 0 ч старения; ---- первичный ПП 96 ч старения
Рисунок 1 – Рентгеновские дифрактограммы (а) и ИК-спектры (б) исходного ПП и подвергнутого термоокислительному старению при $T=150^{\circ}\text{C}$ в течение 96 ч



(■) первичный ПП, (●) технологические отходы на основе ПП, (▲) вторичный ПП
Рисунок 2 – Изменение механических характеристик ПП в процессе теплового старения при $T=150^{\circ}\text{C}$

Показано, что их высокая пластифицирующая способность обусловлена иммобилизацией алифатических остатков олеиновой кислоты в аморфной области полимера, ослабляющей межмолекулярное взаимодействие макромолекул полипропилена. Показано, что металлокомплекс затрудняет миграцию модификатора в поверхностную область материала. В результате обеспечивается его накопление в аморфной области, что способствует облегчению изменения конформаций макромолекул полипропилена в композиции при воздействии на нее силовых и тепловых полей. Оптимальное их содержание находится в пределах 2 мас. %, так как при дальнейшем увеличении модификатора наблюдается снижение вязкости расплава ПП. Показано, что при содержании в первичном полипропилене 2 мас. % металлорганических комплексов олеилимидазолина происходит возрастание относительного удлинения при разрыве (ϵ_{pp}) 2,2 раза, а прочность при разрыве (σ_{pp}) увеличивается в 1,4 раза (рисунок 3). При введении в технологические отходы на основе полипропилена цинкового и медного комплекса олеилимидазолина, содержащих суперконцентрат пигмента «Utility ifco

Green», в количестве 2 мас. % ϵ_{pp} возрастает в 1,9 раз, прочность при разрыве увеличивается в 1,2-1,3 раза.

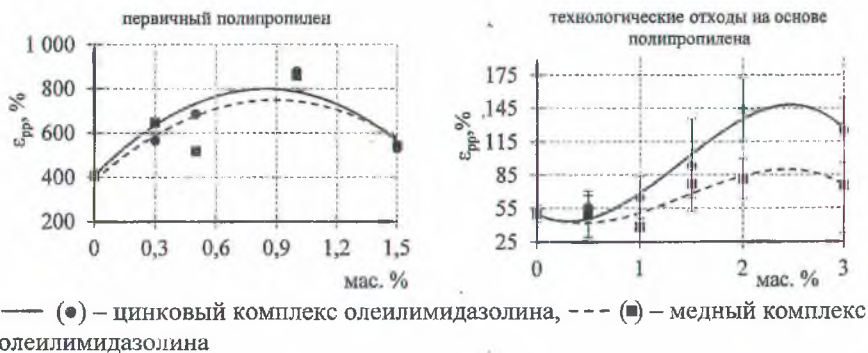


Рисунок 3 – Изменение относительного удлинения при разрыве ИШ от содержания металлорганических комплексов на основе олеилимидазолина

Показано, что металлорганические модификаторы обладают термостабилизирующим эффектом, что подтверждается данными ДТГ анализа и аналитическими зависимостями энергии активации термоокислительной деструкции композиции. Так, значение энергии активации термоокислительной деструкции для композиции, содержащей 2 мас. % цинкового или медного комплекса олеилимидазолина, возрастает на 57,5 % и 56,3 % соответственно. Это связано с наличием в структуре модификатора пятичленного цикла имидзола, который выступает в качестве термостабилизатора нитроксильного типа, обеспечивающего эффективное ингибирование процессов термоокислительной деструкции на стадии образования алкильных радикалов.

Установлено, что комплексный фенольно-фосфитный термостабилизатор эффективно ингибирует процессы термоокислительной деструкции ПП в присутствии примесей из технологических добавок типа мела или кальцита [4]. Данные примеси, представляющие собой смесь металлов I-II группы, а также серы и фосфора катализируют термоокислительную деструкцию в композиционной системе. При этом совместное действие функциональных групп термостабилизатора обладает взаимосоиливающим воздействием на композиционную систему, так как термостабилизаторы фенольного типа действуют на полимер как доноры водорода, а термостабилизаторы фосфитного типа способствуют разрушению гидропероксидов. Термостабильность разработанных композиций подтверждена результатами ДТГ анализа, где показано, что начало термоокислительной деструкции сдвигается в область более высоких температур (237 °C). Показана эффективность нового термостабилизатора 3,4-дигексилфуроксан, который по воздействию на полимерную систему сопоставим с промышленным фенольно-

фосфитным термостабилизатором СКГП ПО РА 10. Оценка эффективности термостабилизаторов проводилась по изменению механических характеристик ПП в процессе теплового старения, наиболее показательно изменения относительного удлинения при разрыве (рисунок 4).

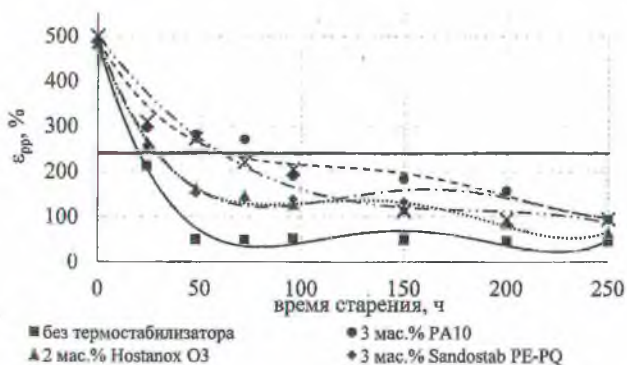


Рисунок 4 – Изменение относительного удлинения при разрыве полипропилена от содержания термостабилизатора

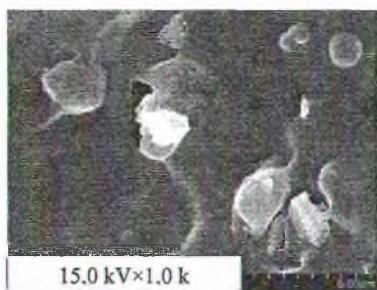
Изменение в два раза деформационных свойств материала свидетельствует об утере им эксплуатационных характеристик. На рисунке 4 уменьшение относительного удлинения при разрыве в два раза относительно первоначального значения отмечена горизонтальной линией. Таким образом, были определены оптимальные концентрации термостабилизаторов фенольно-фосфитного типа (СКГП ПО РА10) и 3,4-дигексилфуроксна, которые наиболее эффективны по сравнению с термостабилизаторами фенольного и фосфитного типов [2, 3].

Исследовано влияние термоэластопластов типа СБС и СЭБС на ударную вязкость технологических отходов на основе полипропилена. Показано, что увеличение связанного стирола в термоэластопласте ведет к ухудшению совместности с полипропиленом. Для производства элементов щеток уборочной техники рекомендуется использовать термоэластопласт типа СЭБС (SD 320-30 А) или термоэластопласт типа СБС с низким содержанием связанного стирола (ТХ 160-25-А). В таблице 1 представлены результаты испытаний механических и реологических композиций при содержании в них термоэластопласта от 20–30 мас. %. При содержании термоэластопластов ТХ-160-25А и SD 320-30А в количестве 20 мас. % увеличиваются значения ударной вязкости материала, а образцы при этом не разрушаются при испытаниях на лабораторном копре. Образцы, содержащие ДСТ-30-01 и ДСТ 45 РМ в количестве 20 мас. %, подвержены механическому разрушению. Такое изменение значений ударной вязкости, связано с различной совместностью термоэластопластов и ПП [1].

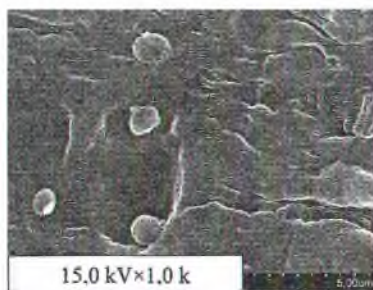
Таблица 1 – Характеристики модифицированных технологических отходов на основе ПИ

Компоненты композиции	Мас. %	Напряжение при изгибе, МПа	Прогиб при изгибе, мм	ПТР, г/10 мин	Ударная вязкость, кДж/м ²
Технологические отходы на основе полипропилена	0	45,1	13,4	2,1	30,0
SD 320-30А	5	37,6	13,2	3,9	47,8
	10	31,6	13,7	4,6	50,4
	20	25,0	13,9	5,2	Не разрушается
	30	22,4	14,0	4,8	
ТХ-160-25А	5	41,3	13,9	3,6	45,2
	10	38,9	13,6	4,8	51,0
	20	33,9	13,6	4,0	Не разрушается
	30	23,1	14,3	6,0	
ДСТ 30-01	5	43,4	13,3	3,2	40,9
	10	40,2	13,8	4,6	43,0
	20	35,6	13,6	5,5	47,7
	30	30,2	14,0	5,9	49,4
ДСТ 45 РМ	5	44,6	13,5	2,9	38,7
	10	42,2	13,4	3,6	40,1
	20	37,5	13,8	4,0	45,6
	30	32,8	14,1	4,7	51,3

Данный факт подтверждается результатами анализа микрофотографий образцов, содержащих 20 мас. % термоэластопласта ТХ-160-25А (рисунок 5а), ДСТ 30-01 (рисунок 5б).



а



б

Рисунок 5 – Микрофотографии композиции на основе технологических отходов ПИ, содержащих 20 мас. % термоэластопласта

Проведенные исследования показывают, что между термоэластопластами ДСТ 30-01, ДСТ 45 РМ и ПИ матрицей существует четкая граница раздела фаз. Данный результат – следствие плохой совместимости материалов, в результате чего более мягкий термоэластопласт не эффективно воспринимает нагрузку и не

может рассеивать механическую энергию удара в локальном объеме. При использовании термоэластопластов TX-160-25A, SD 320-30 A, напротив, отсутствует четкая граница раздела фаз. Это свидетельствует об образовании широкого переходного слоя на границе раздела и об удовлетворительной совместимости материалов. За счет повышенной совместимости материалов происходит формирование его более однородной структуры, что обеспечивает рассеивание механической энергии удара и рост значений ударной вязкости материала. Данное предположение подтверждается и результатами экстракции термоэластопластов из полимерной матрицы (рисунок 6).

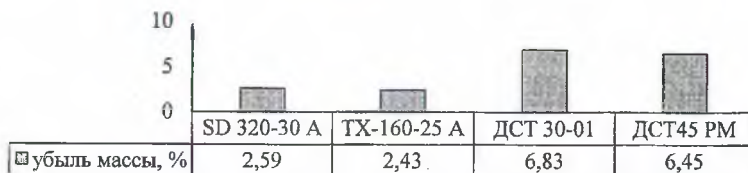


Рисунок 6 – Результаты экстракции композиций на основе первичного полипропилена, содержащие 20 мас. % термоэластопластов

Результаты экстракции согласуются с результатами сканирующей электронной микроскопии и механическими испытаниями.

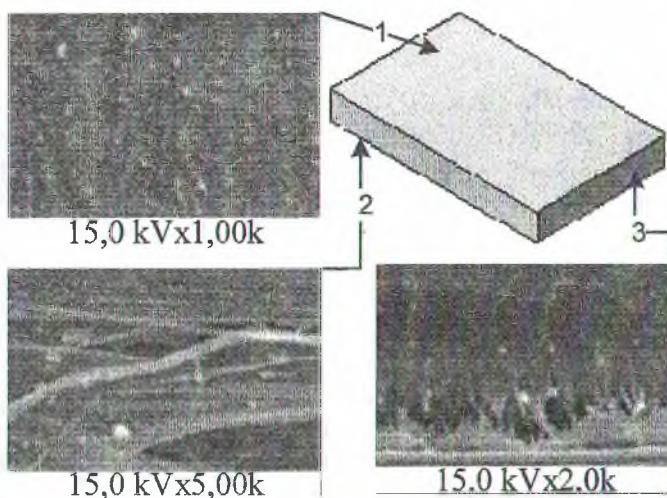
В четвертой главе приведены данные промышленной апробации проведенных исследований, по результатам которых достигнута поставленная цель диссертационной работы: разработка технологии получения композиций на основе вторичного и первичного полипропилена для производства изделий технического назначения.

Усовершенствована технология получения тонкой полипропиленовой нити. Применение комплексного термостабилизатора СКГП ПО РА 10 в количестве 1 мас. % позволило применять 30 мас. % отходов полипропилена в композиции для тонкой нити, при этом все механические показатели соответствуют ТУ ВУ 400031289.169, что подтверждено актом о промышленной апробации на ОАО «СветлогорскХимволокно». В таблице 2 приведены составы исследуемых композиций.

Таблица 2 – Состав исследуемых композиций

Компоненты	Концентрация, мас. %		
	Композиция 1	Композиция 2	Композиция 3
Полипропилен РР21030-16Н	99	74	66,4
Технологические отходы ПП	–	20	30
Меловая добавка	1	5	3
Термостабилизатор «СКГП ПО РА 10»	–	1	0,6

Композиция 1 является контрольной, она содержит 1 мас. % меловой добавки, введение которой обусловлено дальнейшей технологией получения ткани из полипропиленовой нити, а также снижением себестоимости конечной продукции. Влияние меловой добавки на дефектность нити на микроуровне оценено на основании анализа микрофотографии композиций, наиболее показательны влияние выражено в композиции 3 (рисунок 7).



1 – РЭМ-фото поверхности образца; 2 – РЭМ-фото боковой поверхности образца под углом 70°, разрезанного вдоль волокон; 3 – РЭМ-фото боковой поверхности образца под углом 90°, разрезанного перпендикулярно волокнам

Рисунок 7 – Микрофотографии полипропиленовой нити из композиции 3

На микрофотографиях отчетливо видны включения частичек мела, которые приводят к образованию дефектов в материале, что оказывает отрицательное влияние на его прочностные характеристики. На микрофотографиях, сделанных под углом 70°, у наблюдается интенсивная фибриллизация в материале. Это, по нашему мнению, может быть вызвано более низкой молекулярной массой вторичного ПП, что, в свою очередь, приводит к уменьшению пространственных физических зацеплений в сетке между макромолекулами, и, как следствие, при ориентации такой материал будет расщепляться на волокна. Более подробные исследования приведены в диссертационной работе. В ЦЗЛ ОАО «Светлогорск-Химволокно» были проведены испытания полученных нитей и тканей из этих нитей (таблицы 3–4). Все механические характеристики материала соответствуют ТУ ВУ 400031289.169 на полипропиленовую нить и ткань. Результаты подтверждены актом о промышленной апробации.

Таблица 3 – Механические характеристики нити

Состав	Разрывная нагрузка, Н	Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	Удлинение при разрыве, %	Линейная плотность, текс
Полипропиленовая нить ТУ ВУ 400031289.169	44,0	40,0	30,0	110
Композиция 2	46,9	46,2	21,7	101
Композиция 3	43,2	48,3	21,9	89

Таблица 4 – Механические характеристики ткани

Показатель	Композиция 3	Композиция 2
Разрывная нагрузка, Н, не менее:		
– по основе	827	913
– по утку	836	706
Поверхностная плотность ткани, г/м ²	76	67

Ступицы щеток уборочной техники во время эксплуатации постоянно испытывают динамические ударные нагрузки. Поэтому к материалу, применяемому для их изготовления, предъявляются повышенные требования к ударной вязкости. Разработана и внедрена технология модифицирования технологических отходов полипропилена для производства элементов щеток уборочной техники. Применение термоэластопласта ТХ-160-25 А в количестве 20 мас. % позволяет получать щетки уборочной техники, которые по себестоимости ниже чем произведенные из блок сополимера пропилена и этилена, а по эксплуатационным характеристикам не уступают им, что подтверждается актом о промышленной апробации. Для промышленной апробации были выбраны композиции следующего состава (таблица 5). Анализ результатов проведенных промышленных испытаний показал эффективность получения ступиц щеток из композиции 4. Так, ударная вязкость таких материалов составляет более 60 кДж/м².

Таблица 5 – Состав композиций для производства ступиц щеток уборочной техники

Композиции	Технологические отходы на основе гомополимера пропилена, мас. %	Термоэластопласт типа СЭБС SD320-30А, мас. %	Термоэластопласт типа СБС ТХ 160-25А, мас. %
Композиция 1	80	20	–
Композиция 2	70	30	–
Композиция 3	60	40	–
Композиция 4	80	–	20
Композиция 5	70	–	30
Композиция 6	60	–	40

На СООО «Техполимер» в соответствии с технологическим регламентом изготовлены щеточные кольца. После проведения промышленных испытаний налажено производство ступиц щеток из композиции 4. Преимущество применения термоэластопластов по сравнению с каучуками заключается в том, что не требуется дополнительного оборудования для подготовки смеси, так как термоэластопласт выпускается в виде гранул, что позволяет производить модификацию без применения специализированного оборудования. Таким образом, применение термоэластопластов позволило использовать технологические отходы на основе ПП, в производстве изделий, испытывающих ударные нагрузки.

Разработана технология модифицирования технологических отходов ПП при производстве лески. Установлено, что в качестве модификатора наиболее предпочтительно использовать медный комплекс олеилимидазолина, в количестве 2 мас. %. Результаты промышленных испытаний на СООО «Техполимер» показали, что при использовании модифицированных отходов ПП не наблюдается обрыв лески на второй стадии вытяжки. Результаты испытаний подтверждены актом о промышленной апробации и дополнениями в технологический регламент. В таблице 6 представлены результаты испытаний на одноосное растяжение экспериментальных образцов лески.

Таблица 6 – Результаты испытаний экспериментальных партий лески

Кратность вытяжки	Первичный полипропилен			Технологические отходы полипропилена, 2 мас. % медного олеилимидазолина		
	σ_p , МПа	ϵ_p , %	E , МПа	σ_p , МПа	ϵ_p , %	E , МПа
без вытяжки	14,5	135,8	870	28,1	880,5	950
2,0 ($d=4,8$ мм)	96,8	29,4	1400	81,8	83,5	1450
2,6 ($d=3,8$ мм)	158,6	17,3	2200	122,1	40,4	1980
3,2 ($d=3,1$ мм)	166,8	18,7	2148	136,8	39,7	2060
3,8 ($d=2,6$ мм)	175,6	21,9	2166	145,3	37,8	2060
5,5 ($d=1,8$ мм)	–	–	–	184,3	6,4	2400

В результате применения модификаторов значительно сократился обрыв лески на стадии ориентации. При дальнейшем увеличении кратности вытяжки наблюдается расщепление лески на волокна, полученной из первичного полипропилена. Леска из модифицированных технологических отходов способна подвергаться более высокой кратности вытяжки (5,5). Технологический процесс идет наиболее стабильно при кратности вытяжки 3,2. Таким образом, применение в композиции медного и цинкового комплексов олеилимидазолина в небольших количествах (2 мас. %) позволяет производить леску из технологических отходов на основе ПП.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные в диссертации исследования показали, что целенаправленное регулирование структуры и механических свойств смесевых композиций с использованием первичного и вторичного полипропилена возможно путем научно обоснованного выбора индивидуальных модификаторов, обеспечивающих улучшение конкретных физико-химических взаимодействий компонентов и изменение структурно-образовательных процессов при формировании исследуемых материалов. Результатом такого модифицирования является создание новых смесевых композиций с использованием отходов ПП с улучшенными механическими и технологическими характеристиками для получения качественных изделий технического назначения.

Основные научные результаты

1. На основе результатов исследования изменения структуры и свойств ПП при его многократной переработке и тепловом старении установлено, что преобладающими причинами структурных изменений в полимерной матрице являются процессы увеличения степени кристалличности и образования более дефектных сферолитов ПП, что подтверждается результатами рентгеноструктурного анализа, включающих смещение основных рефлексов α -формы и появление β -формы в надмолекулярной структуре полимера. Показано, что изменение механических характеристик переработанного ПП происходит за счет уменьшения молекулярной массы и протекающих при переработке процессов кристаллизации и вторичной кристаллизации ПП. Критическое изменение механических характеристик происходит после 3-го цикла переработки методом литья под давлением, что указывает на необходимость учета выявленных особенностей при создании новых композиций как непосредственно на основе отходов полипропилена так и с их использованием в смесях с первичными полимерами [2, 7].

2. Установлено, что синтезированные медный и цинковый металлоорганические комплексы олеилимидазолина являются эффективными многофункциональными модификаторами, обладающими пластифицирующей способностью. Показано, что их высокая пластифицирующая способность обусловлена иммобилизацией алифатических остатков олеиновой кислоты в аморфной области полимера, ослабляющей межмолекулярное взаимодействие макромолекул полипропилена. При этом металлокомплекс затрудняет миграцию модификатора в поверхностную область материала. В результате обеспечивается его накопление в аморфной области, что способствует облегчению изменения конформаций макромолекул полипропилена в композиции при воздействии на нее силовых и тепловых полей. Оптимальное их содержание находится в пределах 2 мас. %, так

как при дальнейшем увеличении модификатора наблюдается снижение вязкости расплава III. Показано, что при содержании в первичном полипропилене 2 мас. % металлорганических комплексов олеилимидазолина происходит возрастание значений относительного удлинения при разрыве в 2,2 раза, а прочность при разрыве увеличивается в 1,4 раза. При введении в технологические отходы на основе полипропилена цинкового и медного комплекса олеилимидазолина, содержащих суперконцентрат пигмента «Utility ifcco Green», в количестве 2 мас. % относительное удлинение при разрыве возрастает в 1,9 раза, прочность при разрыве увеличивается в 1,2–1,3 раза [6].

Показано, что металлорганические модификаторы обладают термостабилизирующим эффектом, что подтверждается данными ДТГ анализа и аналитическими зависимостями энергии активации термоокислительной деструкции композиции. Так, значение энергии активации термоокислительной деструкции для композиции, содержащей 2 мас. % цинкового или медного комплекса олеилимидазолина, возрастает на 57,5% и 56,3% соответственно. Это связано с наличием в структуре модификатора пятичленного цикла имидазола, который выступает в качестве термостабилизатора нитроксильного типа, обеспечивающего эффективное ингибирование процессов термоокислительной деструкции на стадии образования алкильных радикалов [6].

3. Показано влияние суперконцентратов пигментов (GP Golden Yellow, Dark Raymond Blue, Signal Red, Utility ifcco Green) на структуру и свойства первичного III и технологических отходов на его основе. Установлено, что при содержании суперконцентратов пигментов в количестве более 0,5 мас. % возрастает интенсивность формирования рефлексов α -формы и β -формы ($2\theta=16^\circ$), которая обусловлена проявлением частицами пигментов нуклеирующей способности кристаллической фазы полимера. Показано, что агломераты пигментов, находящиеся в аморфной области, являются концентраторами напряжений и затрудняют сегментальную подвижность макромолекул при приложении нагрузки, за счет чего значения относительного удлинения при разрыве уменьшаются в 5 раз, что указывает на необходимость правильного выбора суперконцентратов пигментов в разрабатываемых композитах [5]. Установлена эффективность применения в таких композициях суперконцентратов пигментов типа Utility ifcco Green (пигменты на основе оксидов хрома и меди).

4. Установлено, что комплексный фенольно-фосфитный термостабилизатор ингибирует процессы термоокислительной деструкции III более эффективно чем термостабилизаторы фенольного и фосфитного типов [11, 12, 14, 16] в присутствии примесей из технологических добавок типа мела или кальцита, способствующих процессу катализа термоокислительной деструкции. При этом совместное действие функциональных групп этого термостабилизатора обладает

взаимоусиливающим воздействием на композиционную систему, так как термостабилизаторы фенольного типа действуют на полимер как доноры водорода, а термостабилизаторы фосфитного типа способствуют разрушению гидропероксидов. Термостабильность разработанных композиций подтверждена результатами ДТГ анализа, где показано, что начало термоокислительной деструкции сдвигается в область более высоких температур (237 °С). Установлена оптимальная концентрация суперконцентрата термостабилизатора СКГП ПО РА10 в композиции в количестве 1–2 мас. %, при которой достигается стабильный уровень значений относительного удлинения при разрыве и прочности при разрыве композиций на основе вторичного полипропилена [3, 4].

5. Показано, что разработанный термостабилизатор 3,4-дигексилфуроксан [15, 17] обладает более высокой ингибирующей способностью по сравнению с промышленными термостабилизаторами [8, 9], что обусловлено его способностью выполнять функцию акцептора свободных радикалов в полимерной матрице, замедляя снижение механических характеристик полимера под воздействием факторов окружающей среды.

6. Исследовано влияние термоэластопластов типа СБС и СЭБС на ударную вязкость технологических отходов на основе полипропилена [10]. Показано, что на изменение механических характеристик композиции существенное влияние оказывает наличие связанного стирола в термоэластопласте, который определяет закономерности совместимости термоэластопластов с полипропиленом. Показано, что содержание связанного стирола в термоэластопласте наиболее оптимально в пределах 30 мас. %, что обеспечивает стабильный процесс его совместимости с полипропиленом. Это подтверждается микроструктурными исследованиями и результатами экстракции термоэластопластов из полимерной матрицы. В результатах микроструктурных исследований отражены фрагменты термоэластопласта, равномерно распределенного по всему объему ПП и образование на границе раздела фаз переходного слоя, что способствует увеличению более чем на 70 % ударной вязкости технологических отходов на основе ПП [1]. Для производства элементов щеток уборочной техники разработаны рекомендации по использованию в композиции термоэластопластов типа СЭБС (SD 320-30 А) или термоэластопластов типа СБС с низким содержанием (до 30 мас. %) связанного стирола (ТХ 160-25-А). Установлены концентрационные зависимости термоэластопластов в смесевых композициях в количестве 20–30 мас. % [13], обеспечивающие получение наилучших механических свойств исследуемых материалов.

Рекомендации по практическому использованию

Разработана и внедрена технология модифицирования технологических отходов полипропилена для производства элементов щеток уборочной техники. Применение термоэластопласта ТХ-160-25 А в количестве 20 мас. % позволяет

получать щетки уборочной техники, которые по себестоимости ниже, чем произведенные из блок сополимера пропилена и этилена, а по эксплуатационным характеристикам не уступают им, что подтверждается актом о промышленной апробации (акт о внедрении в технологический процесс на СООО «Техполимер» от 19.04.2013). При реализации разработки достигнут экономический эффект, который составляет 72236 \$ в год.

Проведены опытно-промышленные испытания разработанных композиций для производства полипропиленовой лески. Выпущена опытная партия 100 кг лески (акт о практическом использовании результатов исследования на СООО «Техполимер» от 19.04.2013), по результатам промышленных исследований сделаны дополнения в технологический регламент СООО «Техполимер».

Выпущена опытно-промышленная партия полипропиленовой нити (акт о практическом использовании результатов исследований в промышленности переработки пластических масс на ОАО «СПО «Химволокно» от 13.10.2011).

Разработанные композиции из первичного ПП и технологических отходов, и технологии их получения, обладающие повышенными прочностными и деформационными характеристиками, а также стойкостью к ударным нагрузкам могут быть использованы на предприятиях, перерабатывающих полимерные материалы методом литья под давлением или экструзией при производстве изделий технического назначения в различных отраслях промышленности (ОАО «СПО «Химволокно», СООО «Техполимер», ОАО БЗПИ, ЗАО «Атлант», ПРУП «Термопласт», ОАО «Амкодор-Белвар»).

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи

1. Любимов, А. Г. Исследование физико-механических свойств гомополимера пропилена, модифицированного термоэластопластами / А. Г. Любимов, А. Ф. Мануленко // Труды БГТУ. Сер. IV, Химия, технология орган. в-в и биотехнология. – 2010. – Вып. XVIII. – С. 107–111.

2. Любимов, А. Г. Применение технологических отходов полипропилена в производстве ориентированной полипропиленовой нити / А. Г. Любимов, А. Ф. Мануленко, Н. Р. Прокопчук // Материалы. Технологии. Инструменты. – 2011. – Т.16, № 4. – С. 48–52.

3. Любимов, А. Г. Особенности модификации полипропилена для изготовления плечочной нити / А. Г. Любимов, А. Ф. Мануленко, Н. Р. Прокопчук // Труды БГТУ. № 4: Химия, технология орган. в-в и биотехнология. – 2011. – С. 59–63.

4. Любимов, А. Г. Ингибирование термоокислительной деструкции полипропилена / А. Г. Любимов, А. Ф. Мануленко, Н. Р. Прокопчук // Известия НАН Б. серия физико-технических наук. – № 1, 2012. – С. 15–19.

5. Любимов, А. Г. Исследование влияния различных пигментов на физико-механические характеристики полипропилена / А. Г. Любимов, А. Ф. Мануленко // Труды БГТУ. № 4: Химия, технология орган. в-в и биотехнология. – 2012. – С. 36–39.

6. Модифицирование вторичного полипропилена металлокомплексами продуктов олигомеризации олеилимидазолина / А. Г. Любимов [и др.] // Материалы. Технологии. Инструменты. – 2013. – Т. 18, № 2. – С. 61–64.

7. Любимов, А. Г. Изменение физико-механических характеристик полипропилена при многократной переработке / А. Г. Любимов, А. Ф. Мануленко, Н. Р. Прокопчук // Материалы. Технологии. Инструменты. – 2014. – Т. 19, № 2. – С. 50–53.

Материалы конференций

8. Любимов, А. Г. Новый модификатор полиэтилена высокого давления / А. Г. Любимов, А. Ф. Мануленко // «Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов»: Материалы докладов Международной научно-технической конференции, Минск, 25–27 ноября 2009 г. / Белорус. гос. технол. ун-т; редкол.: С. Е. Орехова [и др.]. Ч. 2. – Минск, 2009. – С. 130–132.

9. Термостабилизированные композиции полиэтилена / А. Г. Любимов, М. А. Кляхина, Н. А. Костюченко, П. М. Асташенок, Т. А. Бутько, В. В. Яценко, С. В. Нестерова // 60-я научно-техническая конференция студентов и магистрантов: материалы 60-й науч.-техн. конф. студентов и магистрантов, Минск, 20–25 апреля 2009 г. / Белорус. гос. технол. ун-т; редкол.: С. Е. Орехова [и др.]. Ч. 2. – Минск, 2009. – С. 312–315.

10. Любимов, А. Г. Зависимость физико-механических и технологических свойств полипропилена от содержания блок сополимера типа СБС / А. Г. Любимов, И. М. Казарез // 61-я научно-техническая конференция студентов и магистрантов: материалы 61-й науч.-техн. конф. студентов и магистрантов, Минск, 20–25 апреля 2010 г. / Белорус. гос. технол. ун-т; редкол.: С. Е. Орехова [и др.]. Ч. 2. – Минск, 2010. – С. 98–101.

11. Любимов, А. Г. Стабилизация смеси на основе первичного и вторичного полипропилена / А. Г. Любимов, А. Ф. Мануленко // Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии: сборник материалов международной науч.-техн. конф., Минск, 24–26 ноября 2010 г. / Белорус. гос. технол. ун-т; редкол.: С. Е. Орехова [и др.]. Ч. 2. – Минск, 2010. – С. 5–8.

12. Любимов, А. Г. Структура и свойства ориентированных изделий из композиций полипропилена, содержащих рециклят / А. Г. Любимов, А. Ф. Мануленко // Новые технологии рециклинга отходов производства и потребления: Материалы международной научн.-техн. конф., Минск, 23–24 ноября 2011 г. / Белорус. гос. технол. ун-т; редкол.: И. М. Жарский [и др.]. – Минск, 2011. – С. 217–220.

13. Любимов, А. Г. Модификация технологических отходов полипропилена для производства ступиц щеток уборочной техники / А. Г. Любимов, А. Ф. Мануленко // Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов: сборник материалов международной научн.-техн. конф., Минск, 22–23 ноября 2012 г. / Белорус. гос. технол. ун-т; редкол.: И. А. Левицкий [и др.]. Ч. 1. – Минск, 2012. – С. 250–253.

14. Способы регулирования свойств вторичного полипропилена / А. Г. Любимов, В. В. Яценко, О.М. Касперович, М. П. Клименкова // Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов: сборник материалов международной научн.-техн. конф., Минск, 22–23 ноября 2012 г. / Белорус. гос. технол. ун-т; редкол.: И. А. Левицкий [и др.]. Ч. 1. – Минск, 2012. – С. 270–273.

Тезисы докладов

15. Стабилизаторы полиэтилена высокого давления, полученные в синтезе циклопентеноизоказолинов / А. Г. Любимов, С. В. Нестерова, И. П. Антонец, В. В. Яценко // Химические реактивы, реагенты и процессы малотоннажной химии «Реактив–2010»: тезисы докладов XXIII Международной научн.-техн. конф., Минск, 27–29 октября, 2010. / Институт химии новых материалов НАН Б. – Минск, 2010. – С. 58.

16. Любимов, А. Г. Применение технологических отходов полипропилена в производстве ориентированной полипропиленовой нити / А. Г. Любимов, А. Ф. Мануленко, Н. Р. Прокопчук // Полимерные композиты и трибология «Поликомтриб-2011»: тезисы докладов международной научн.-техн. конф., Гомель, 27–30 июня 2011 г. / ИММС НАН Б. – Гомель, 2011. – С. 144–145.

Патент:

17. Стабилизатор термоокислительной деструкции полиэтилена : пат. 14586 Респ. Беларусь, МПК7 С 08 К 5/353, С 08 L 23/06, С 08 D 271/08 / А.Г. Любимов, С.В. Нестерова, В.В. Яценко, И.П. Антонец; заявитель Белор. гос. технологич. ун-т. – № а 20100028; заявл. 11.01.2010; опубл. 30.08.2011 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 4. – С. 103.

РЕЗЮМЕ

Любимов Александр Геннадьевич

Технология получения композиций на основе вторичного и первичного полипропилена для производства изделий технического назначения

Ключевые слова: полипропилен, вторичная переработка, технологические отходы на основе полипропилена, модификатор, термостабилизатор, пластификатор, термоэластопласт, надмолекулярная структура, термоокислительная деструкция, показатель текучести расплава, ударная вязкость, механические характеристики.

Цель работы: разработка технологии модифицирования смесей вторичного и первичного полипропилена и получения композиций на их основе для производства изделий технического назначения.

Методы исследования: методы определения показателя текучести расплава (прибор XNR 400), методы определения механических характеристик (Instron тензомер 2020), термогравиметрия и дифференциальная сканирующая калориметрия (METTLER TOLEDO TGA/DSC1), рентгеноструктурный анализ (bruker D8 Advance), сканирующая электронная микроскопия (S-4800 (Hitachi)) и энергодисперсионный анализ (приставка к микроскопу XFlash 5030), ИК-спектроскопия (на ИК-Фурье спектрометр Vertex 70).

Полученные результаты и их новизна: в ходе исследований установлено изменение надмолекулярной структуры полипропилена при многократной переработке и тепловом старении, как следствие – изменение физико-механических характеристик. Разработаны композиции и исследованы их свойства на основе полипропилена с применением различных модифицирующих добавок и определены их оптимальные содержания.

Для производства полипропиленовой нити наиболее эффективным термостабилизатором оказался СКГП ПО РА-10 в количестве 2 мас. %.

В производстве полипропиленовой лески из технологических отходов более эффективную пластифицирующую способность проявил медный комплекс олеилимидазолина при содержании в композиции 1,5 мас. %

Повышенной сопротивляемостью к ударным нагрузкам обладают ступицы, полученные из технологических отходов полипропилена, содержащие в своем составе 20 мас. % термоэластопласта типа СБС марки ТХ 160-25А.

Степень использования: разработаны композиции на основе технологических отходов полипропилена и технологии изготовления изделий технического назначения.

Область применения: химическая промышленность, предприятия по переработке полимеров.

Тэхналогія атрымання кампазіцый на аснове другаснага і першаснага поліпрапілену для вытворчасці вырабаў тэхнічнага прызначэння

Ключавыя словы: поліпрапілен, другасная перапрацоўка, тэхналагічныя адходы на аснове поліпрапілену, мадыфікатар, тэрмастабілізатар, пластыфікатар, тэрмаэластапласт, надмалекулярная структура, тэрмаакісляльная дэструкцыя, паказчык цякучасці расплаву, ударная вязкасць, фізіка-механічныя характарыстыкі.

Мэта працы: распрацоўка тэхналогіі мадыфікавання сумесяў другаснага і першаснага поліпрапілену і атрымання кампазіцый на іх аснове для вытворчасці вырабаў тэхнічнага прызначэння.

Метады даследавання: метады вызначэння паказчыка цякучасці расплаву (прыбор XNR 400), метады вызначэння механічных характарыстык (Instron тэнзометр 2020), тэрмагравіметрыя і дыферэнцыяльная сканавальная каларыметрыя (METTLER TOLEDO TGA/DSC1), рэнтгенаструктурны аналіз (Bruker D8 advance), сканавальная электронная мікраскапія (S-4800 (Hitachi)) і энергадысперсійны аналіз (прыстаўка да мікраскопа Xflash 5030), ІЧ-спектраскапія (ІЧ-фур'е спектрометр Vertex 70).

Атрыманыя вынікі і іх навізна: у ходзе даследаванняў устаноўлена змена надмалекулярнай структуры поліпрапілену пры шматразовай перапрацоўцы і цеплавым старэнні, як вынік – змена фізіка-механічных характарыстык. Распрацаваны кампазіцыі і даследаваны іх уласцівасці на аснове поліпрапілену з ужываннем розных мадыфікавальных дабавак і вызначаны іх аптымальныя ўтрыманні.

Для вытворчасці поліпрапіленавай ніткі найбольш эфектыўным у шэрагу выпрабаваных з'яўляецца тэрмастабілізатар СКГП ПО РА-10 у колькасці 2 мас. %.

У вытворчасці поліпрапіленавай лескі з тэхналагічных адходаў найбольш эфектыўную здольнасць да пластыфікацыі праявіў цынкавы комплекс алеілімідазаліну пры ўтрыманні ў кампазіцыі 1,5 мас. %.

Павышанай супраціўляльнасцю да ударных нагрузак валодаюць ступіцы, атрыманыя з тэхналагічных адходаў поліпрапілену, якія змяшчаюць у сваім складзе 20% мас. тэрмаэластапласту тыпу СБС маркі ТХ 160-25А.

Ступень выкарыстання: распрацаваны кампазіцыі на аснове тэхналагічных адходаў поліпрапілену і тэхналогіі вытворчасці вырабаў тэхнічнага прызначэння.

Вобласць ужывання: хімічная прамысловасць, прадпрыемствы па перапрацоўцы палімераў.

SUMMARY

Alexandr G. Lubimov

Technology of the composition production based on recycled and primary polypropylene for technical item manufacturing

Key words: polypropylene, recycling, technological waste of polypropylene, modifier, thermostabilizer, plasticizer, thermoplastic elastomer, supramolecular structure, thermal and oxidative degradation, melt flow index, impact strength, physical and mechanical characteristics.

The aim of the research: development of the technology of the modification of the secondary and primary polypropylene blends and preparation of the compositions based on these blends for the manufacturing of the technical products.

The methods of the research: methods for the determination of melt flow index (device XNR 400), methods for the determination of physical and mechanical properties (Instron tensiometer 2020), thermogravimetry and differential scanning calorimetry (mettler toledo tga/dsc1), x-ray analysis (Bruker d8 advance), scanning electron microscopy (S-4800 (Hitachi)) and energy dispersive analysis (attachment to a microscope Xflash 5030), infrared spectroscopy (by FT-IR spectrometer Vertex 70).

Results and novelty: the change of the supramolecular structure of the polypropylene under the multiple processing and thermal aging that results in the changes of physical and mechanical characteristics of the polymer has been found. Compositions based on polypropylene with different modifiers were developed, their properties were investigated and optimum content of the modifiers was determined.

It was shown that the most effective thermal stabilizer for production of polypropylene filaments is SCGP PO PA-10 at 2 wt-%.

Zinc complex of oleilimidazoline was found to have the most effective plasticizing ability (at a content of 1.5 wt. %) at the process of the polypropylene twine production from the technological waste of PP.

It was revealed that hubs from the technological waste PP, containing 20 wt. % of thermoplastic elastomer SBS type brand TX 160-25A have an increased impact resistance.

Extent of use: composition based on the technological waste of polypropylene were formulated and technology of the technical products manufacturing was developed.

Application: chemical industry, polymer processing.

Научное издание

Любимов Александр Геннадьевич

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ
ВТОРИЧНОГО И ПЕРВИЧНОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности
05.17.06 – технология и переработка полимеров и композитов

Ответственный за выпуск А. Г. Любимов

Подписано в печать 14.10.2014 Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 1,3. Уч.-изд. л. 1,4.
Тираж 60 экз. Заказ 454

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/227 от 20.03.2014
ЛП № 02330/12 от 30.12.2013.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.