

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 674-419.3:678.742.23(043.3)

ПЕТРУШЕНЯ
Александр Фёдорович

**СЛОИСТЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ
ДРЕВЕСИНЫ И МОДИФИЦИРОВАННОГО ПОЛИЭТИЛЕНА**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.17.06 – технология и переработка
полимеров и композитов

Минск 2013

Работа выполнена в учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет»

Научный руководитель

Ревяко Михаил Михайлович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии нефтехимического синтеза и переработки полимерных материалов учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»

Официальные оппоненты:

Струк Василий Александрович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры материаловедения и ресурсосберегающих технологий учреждения образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»;

Снопков Василий Борисович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии деревообрабатывающих производств учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»

Оппонирующая организация

государственное научное учреждение «Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого Национальной академии наук Беларуси» (г. Гомель).

Защита состоится «30» октября 2013 г. в 15³⁰ 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.

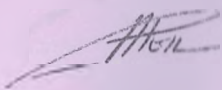
e-mail: root@bstu.unibel.by

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

Автореферат разослан «28» сентября 2013 г.

Ученый секретарь

совета по защите диссертаций
кандидат технических наук, доцент



Толкач О. Я.

ВВЕДЕНИЕ

При создании композиционных материалов на основе древесного шпона, в качестве связующих достаточно широко используются фенолформальдегидные, карбамидо- и меламиноформальдегидные смолы. Недостатком изделий полученных по этой технологии является большое количество выделяющегося формальдегида и других веществ, которые используются при синтезе смол. Поиск новых связующих взамен синтетических термореактивных смол является необходимой и актуальной задачей. Одним из решений этой задачи может быть замена термореактивного связующего на термопластичные пленки. Интерес в этом качестве представляют полимеры полиолефинового ряда, нетоксичные, крупнотоннажные, относительно недорогие, в частности полиэтилен высокого давления, промышленно выпускаемый в Республике Беларусь.

Полиэтилен является материалом неполярным и для использования его в качестве связующего в композиционных материалах на основе древесного шпона его необходимо модифицировать. Перспективными направлениями модификации поверхности полиэтиленовой пленки являются обработка ее коронным разрядом, приводящая к появлению на поверхности функциональных групп, увеличивающих адгезионную прочность к шпону, а также введение модифицирующих добавок химической природы, которые содержат в своем составе полярные функциональные группы.

В связи с вышеизложенным, актуальными являются исследования, направленные на увеличение адгезионной прочности в слоистом композиционном материале методами обработки коронным разрядом и химической модификации полиэтиленовых пленок, позволяющие получать изделия с высокими физико-механическими показателями, экологически чистые, нашедшие выход в практику.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами (проектами) и темами. Настоящая работа выполнялась в рамках Государственной программы научных исследований «Химические технологии и материалы», подпрограмма «Полимеры и композиты», задание «Создание прогрессивных технологий получения конкурентоспособных изделий из модифицированных промышленных термопластов и эластомеров; рециклинг полимеров; жидкого топлива и сырья для нефтехимии на основе нефтяных остатков» (№ гос. регистрации 20111566), и в рамках гранта для молодых ученых Министерства образования РБ по заданию «Разработка технологии получения композиционного слоистого материала на основе термопластов» (№ гос. регистрации 20121549, 2012 г.)

Цель и задачи исследования. Цель исследования – разработать технологию получения слоистых композиционных материалов на основе древесного слоистого наполнителя и модифицированных термопластов, с увеличенной адгезией к наполнителю, для снижения содержания вредных веществ в изделиях на его основе.

Для достижения поставленной цели определены следующие задачи исследования:

- определить основные технологические параметры получения слоистого композиционного материала на основе шпона и полиэтилена;
- выбрать метод модификации полиэтиленовой пленки с целью повышения адгезии к древесному шпону;
- установить влияние физических способов модификации полиэтилена на его адгезионные свойства;
- изучить свойства производных канифоли в качестве модифицирующих добавок, повышающих адгезию полиэтилена;
- определить зависимости адгезионной прочности, физико-механических и адгезионных свойств полиэтиленовых композиций от содержания в них модифицирующих добавок, при химическом способе модификации;
- определить основные физико-механические свойства композиционного материала, полученного по разработанной рецептуре и при установленных технологических параметрах;
- провести опытно-промышленную апробацию разработанных композиций и технологий в качестве деталей мебели и фанеры.

Объект исследования – слоистый композиционный материал на основе древесного шпона и модифицированного полиэтилена.

Предмет исследования – адгезионная прочность между компонентами в слоистом композиционном материале.

Положения, выносимые на защиту.

- впервые используемые добавки на основе древесного сырья для увеличения адгезии полиэтиленовой пленки к шпону. Установленные зависимости адгезионной прочности от структуры и концентрации модифицирующих добавок;
- составы полимерных композиций с улучшенными адгезионными свойствами, для получения экологичных слоистых композиционных материалов на основе древесного шпона;
- оптимальные значения технологических параметров процесса получения слоистых композиционных материалов на основе древесного шпона и модифицированных полиэтиленовых пленок.

Личный вклад соискателя заключается в поиске, систематизации и анализе научно-технической литературы по теме диссертации, участии в постанов-

ке цели и задачи исследования, планирования и проведения экспериментов, интерпретации и обсуждения основных результатов исследований, проведении необходимых расчетов, формулировке теоретических выводов и подготовке публикаций. Соискатель принимал непосредственное участие в опытно-промышленных испытаниях на РУП СКТБ НАН Б «Металлополимер» (г. Гомель), и СЗАО «Пинскдрев-Пинвуд» (г. Пинск).

Апробация результатов диссертации

Основные положения и выводы диссертационной работы доложены и обсуждены на 16 профильных научно-технических и научно-практических конференциях, в т.ч. Международной научно-технической конференции «Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов», г. Минск, 2009 г., Международной научно-технической конференции «Химические реактивы, реагенты и процессы малотоннажной химии», г. Уфа, 2009 г., Международной научно-технической конференции «Полимерные композиты и трибология (Поликомт-риб-2011)», г. Гомель, 2011 г., Международной научно-технической конференции «Реактив-2010», г. Минск, 2010 г., Международной научно-практической конференции молодых ученых «Научные стремления-2011», г. Минск, 2011 г., 60-й и 61-й научно-технических конференциях студентов и магистрантов, г. Минск, 2009, 2010 гг., 76-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, г. Минск, 2012 г., Международной научно-практической конференции-семинаре «Волокна и пленки 2011. Перспективные технологии и оборудование для производства и переработки волокнистых и пленочных материалов», г. Могилев, 2011 г., XXVI международной научно-технической конференции «Реактив-2012», г. Минск, 2012 г.

Опубликованность результатов диссертации

По результатам выполненных исследований опубликовано 17 печатных работ, в том числе 7 статей в рецензируемых научных журналах по отраслям наук в соответствии с п. 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь (2,88 авторских листа), 6 материалов конференций, 4 тезисов докладов, получено 4 патента Республики Беларусь.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Полный объем диссертации – 139 страниц. Диссертация содержит 99 страниц машинописного текста и включает 39 рисунков и 15 таблиц, размещенных на 21 страницах, 16 страниц приложений и 12 страниц списка использованных источников из 161 (22 собственных публикаций соискателя) наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении рассмотрены современные тенденции развития инновационной деятельности предприятий, основанные на применении научно обоснованных решений в области производства древесно-полимерных композитов.

Первая глава диссертационной работы посвящена критическому анализу направлений повышения эксплуатационных и экологических параметров слоистых композиционных материалов на основе древесного сырья. Свойства композиционных материалов в основном определяются свойствами компонентов, входящих в его состав, и взаимодействием между ними, которое определяется адгезией. Поэтому, в стремлении получить материалы с высокими физико-механическими свойствами, основное значение уделяют межфазному контакту и методам его повышения.

Анализ современных литературных, патентных и коммерческих источников свидетельствует о необходимости использовать различные полярные и функционализированные материалы, а также применять различные технологии повышения поверхностной энергии полимерных материалов перед их совмещением или склеиванием с различными полярными наполнителями или использовать их в качестве связующего между разнородными компонентами.

Проведен анализ технологий подготовки поверхности полимерных пленочных материалов, с целью увеличения ее адгезии к древесному шпону и возможности использования таких пленок в качестве связующих в слоистых композиционных материалах.

На основании анализа литературных источников сформулированы цель и определены задачи диссертационной работы.

Во второй главе диссертации описаны объекты исследований и основные методы анализа физико-механических, реологических и адгезионных свойств полимерного связующего, физико-механических свойств слоистого композиционного материала, методы определения состава и структуры полимерных композиций.

В качестве связующих при получении слоистых композиционных материалов методом прессования использовали пленки модифицированных полиэтиленовых композиций, которые получали обработкой коронным разрядом, при физическом способе модификации [3]; при химическом способе модификации вальцеванием при 180–190°C в течении 1 минуты на лабораторных вальцах с коэффициентом трения 1,077 с введением модифицирующей добавки в заданном соотношении (0,5–5)% [2, 6, 7] или прививкой дикарбоновой кислоты на рукавно-пленочном агрегате в заданном технологическом режиме [4, 5]. Пленки получали прессованием при температуре $170 \pm 10^\circ\text{C}$ и давлении 2,8–3,2 МПа композиций после вальцевания или непосредственно в виде рукава при исполь-

зовании рукавно-пленочного агрегата.

Образцы композиционного материала получали прессованием предварительно подготовленных пакетов, собранных послойным чередованием листов шпона, толщиной 1,5 мм, с листами полимерных пленок заданной толщины на лабораторном прессе, с номинальным давлением прессования 10 тс и с обогреваемыми плитами при температуре до 200°С.

Обработка пленок коронным разрядом для установления зависимости адгезионной прочности от уровня обработки проводили на лабораторной установке с изменяемыми параметрами напряжения и силы тока. Для получения образцов композиционного материала пленку обрабатывали при установленных оптимальных параметрах на промышленной установке (ОАО «Борисовский завод полимерной тары «Полимиз») по схеме двухсторонней обработки. Скорость линии подбиралась таким образом, чтобы в результате обработки поверхностная энергия пленки увеличивалась до значений не ниже 40±2 дин, которая контролировалась экспресс-методом с тестовыми чернилами [3].

При проведении опытно-промышленных испытаний использовали промышленный рукавный агрегат для получения модифицированных пленочных композиций (РУП СКТБ НАН Б «Металлополимер»), для получения разработанных композиций слоистого композиционного материала – промышленное прессовое оборудование (СЗАО «Пинскдрев-Пинвуд»), позволяющие регулировать параметры процесса, такие как температура, давление и время выдержки.

В качестве модифицирующих добавок при химической модификации, кроме дикарбоновой кислоты, использовали производные канифоли, канифольно-малеинового аддукта и производные малеопимаровой кислоты, полученные в ГНУ Институт химии новых материалов НАН Б. [2, 6–8, 10, 13, 16]

Физико-механические свойства разрабатываемых полимерных композиций и слоистого композиционного материала определяли на разрывной установке (Tensometer-2020, фирмы Instron) с применением различной оснастки. Определяли прочностные свойства при растяжении и изгибе, при скальвании по клеевому слою и при сдвиге. Реологические характеристики модифицированного полиэтилена контролировали по значению ПТР, который измеряли на приборе ИИРТ (XNR-400, фирмы ТМІ). По этим характеристикам судили о влиянии модификации на базовый полимер, о совместимости модифицирующих добавок и о величине адгезионной прочности модифицированного полиэтилена к древесному шпону.

В качестве параметра характеризующего адгезию обоснованно выбрана адгезионная прочность, которая определялась разрушающим методом при сдвиге на разрывной установке.

Наличие на поверхности модифицированных пленок активных функциональных групп, обеспечивающих увеличение адгезионной прочности между

компонентами подтверждали с использованием ИК-спектрометра с Фурье преобразованием (NEXUS E.S.P., фирмы Thermo Nicolet).

Для исследования структуры использовали метод рентгенофазового анализа (D8 Advance, фирмы Bruker) и сканирующей электронной микроскопии (S-4800, фирмы Hitachi).

Обработку экспериментальных результатов осуществляли методами математической статистики с применением стандартных программных продуктов.

Третья глава диссертационной работы содержит результаты определения технологических параметров, таких как температура, давление, время выдержки при прессовании и толщина пленочного связующего, обеспечивающие получение слоистых композиционных материалов на основе древесного шпона и полиэтиленовых пленок.

При использовании адгезивов-расплавов полимеров соединение различных материалов происходит за счет увеличения вязкости и жесткости системы в процессе охлаждения адгезива до температуры эксплуатации изделия. Поэтому, с целью определения необходимого времени прессования, провели исследования в области теплопередачи в слоистом композиционном материале и определили время, необходимое для перевода адгезива в вязкотекучее состояние, и время, необходимое для охлаждения. Кроме того, известно из первой главы, что на адгезионную прочность влияет температура и давление прессования, а так же толщина адгезионного слоя. Для определения необходимых значений указанных технологических параметров было изучено их влияние на адгезионную прочность соединения модифицированного полиэтилена со шпоном.

В условиях тесного соприкосновения между отдельными частицами тела, как в случае слоистого композиционного материала, тепло от обогреваемых плит пресса переносится в процессе теплопроводности. Решение уравнения теплопроводности для многослойной стенки в нестационарных условиях в аналитической форме при наличии граничных условий требует сложной методики интегрирования, поэтому было принято решение применить численные методы расчета. Проведя анализ достоинств и недостатков существующих численных методов расчета, выбор был сделан в пользу метода конечных разностей.

В результате решения уравнения теплопроводности методом конечных разностей получены данные о времени выдержки при прессовании в зависимости от количества слоев шпона в композиционном материале и от требуемой температуры в середине образца композиционного материала (таблица 1) [1].

Расчетные данные были подтверждены экспериментально, для чего проведены измерения температуры в образцах слоистого композиционного материала в процессе прессования. Температура замерялась путем размещения шпунтра запрессовываемого образца хромель-копелевой термопары, подключен-

ной через усилитель к вольтметру и предварительно отградуированной в диапазоне 30–200°С.

Таблица 1 – Результаты расчета времени выдержки при прессовании, мин

Температура в середине образца, °С	Время выдержки (мин) при количестве слоев шпона			
	3	5	7	9
150	1,72	4,80	9,44	15,63
130	1,26	3,52	6,92	11,46

Определение температуры (T), давления (p) и расхода связующего (δ) было проведено в ходе экспериментов по определению адгезионной прочности пленки к шпону при варьировании значений этих параметров (таблица 2), а в качестве основы для адгезива были выбраны пленки из полиэтилена высокого и низкого давления (ПЭВД, ПЭНД), полипропилена (ПП).

Таблица 2 – Интервалы определения технологических параметров прессования композиционного материала на основе шпона и термопластичных пленок

Термопласт	T , °С	p , МПа	δ , мкм
ПЭВД	110–150	1,0–1,8	50–250
ПЭНД	180–200		90–360
ПП	170–200		85–255

Из полученных экспериментальных данных (таблица 3) следует, что необходимая температура определяется технологическими характеристиками связующего термопласта. Величина давления принимается выше, чем при использовании терморективного связующего, что объясняется относительно небольшой текучестью полимерных материалов по сравнению с текучестью растворов клеев, и равна 1,6–1,8 МПа [4, 5].

Таблица 3 – Установленные технологические параметры для получения слоистого композиционного древесно-полимерного материала

Термопласт	Температура прессования, °С	Удельное давление прессования, МПа	Толщина слоя термопласта, мкм	Предел прочности при сдвиге, МПа
ПЭВД	150	1,8	150	1,686
ПЭНД	200	1,7	90	2,712
ПП	190	1,8	85	3,842

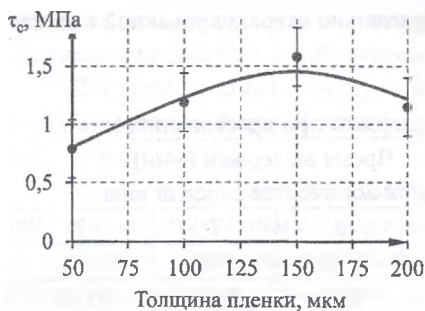


Рисунок 1 – Зависимость прочности при сдвиге от толщины пленки ПЭВД 15308-020 в композиционном материале

Установлено, что в отличие от зависимости адгезионной прочности от давления и температуры, которая имеет возрастающий характер, зависимость от толщины связующего имеет экстремальный вид. Для случая, когда в качестве связующего используется пленка ПЭВД, оптимальной толщиной связующего является 150 мкм.

Результаты исследований показали, что при выборе толщины пленки термопласта требуется не допустить ситуации прерывистого соединения, когда слой термопласта настолько мал, что не происходит адгезионного взаимодей-

ствия. В то же время использование чрезмерно толстых пленок не дает высоких прочностных показателей и является экономически неэффективным. Поэтому для получения высококачественных композиционных материалов необходимо выбирать пленочный материал с как можно меньшей толщиной, руководствуясь данными рисунка 1 [9].

В четвертой главе диссертации обобщены результаты исследований влияния физической модификации на адгезионные свойства полиэтиленовой пленки и на физико-механические свойства слоистого композиционного материала, полученного с применением пленок, активированных методом обработки коронным разрядом.

Так как древесина является полярным материалом с высокой поверхностной энергией, а термопласты являются материалами, обладающими низкой поверхностной энергией, то для того чтобы получать материалы с высокими физико-механическими свойствами, необходимо модифицировать полимерное связующее.

Установлено, что изменение свойств поверхности пленки при активации в поле электрического разряда проявляется в изменении краевых углов смачивания θ и прочности адгезионных соединений τ_c , результаты измерения которых представлены на рисунке 2.

При активации происходит очистка поверхности от загрязнений, повышение концентрации активных групп, изменение реологических и теплофизических свойств поверхностного слоя полимера. Эти факторы способствуют улучшению адгезионных свойств. В то же время, начиная с некоторого момента, при электроразрядной активации происходит деструкция, вероятное разрушение поверхностного слоя. Проведенные исследования показали, что для повышения эффективности активацию пленки в электрическом разряде целесо-



Рисунок 2 – Зависимость краевых углов смачивания (1) полиэтиленовой пленки водой и прочности адгезионных соединений (2) от дозы обработки коронным разрядом

образно проводить при максимально возможном напряжении, при котором разряд еще остается устойчивым. При кратковременном воздействии электрического разряда обнаруживается хорошее соответствие между краевыми углами смачивания и усилием расслаивания адгезионных соединений, при длительном воздействии разряда такого соответствия не наблюдается.

Установлено, что на поверхности пленки образуются полярные молекулы, увеличивающие поверхностную энергию материала. Во время обработки коронным разрядом электроны вызывают разрушение длинных цепей, приводящее к увеличению свободных связей. Свободные связи образуют карбонильные группы с высокой поверхностной энергией благодаря взаимодействию атомов озона, создаваемых электрическим разрядом, что следует из анализа ИК-спектров полиэтиленовых пленок обработанных коронным разрядом и без обработки (рисунок 3).

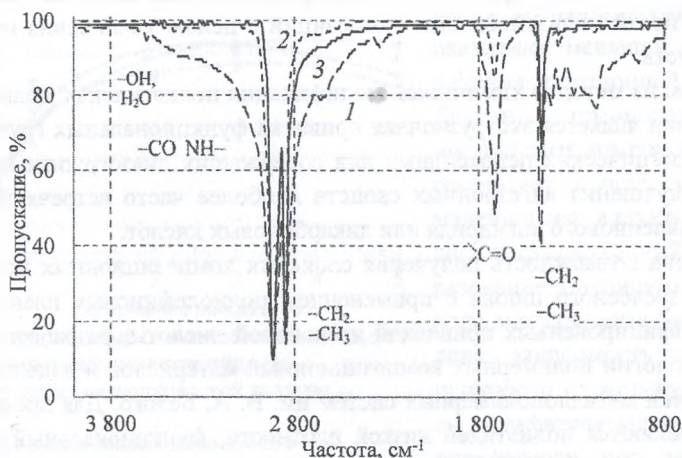


Рисунок 3 – ИК-спектры полиэтиленовых пленок марки 15803-020, обработанных коронным разрядом (1, 2), и без обработки (3)

Определены физико-механические показатели композиционных материалов, изготовленных с использованием пленок марки 15803-020, обработанной и необработанной коронным разрядом в таблице 4 [3].

Таблица 4 – Физико-механические характеристики композиционного материала на основе шпона со связующим на основе ПЭВД марки 15803-020

Показатель	Обработанные коронным разрядом	Без обработки
Предел прочности при скалывании, МПа	3,01	1,58
Предел прочности при изгибе, МПа	87,5	72,8
Предел прочности при растяжении, МПа	38,6	25,3

Из данных таблицы 4 следует, что композиционный материал, полученный с использованием пленки из полиэтилена высокого давления марки 15803-020, обработанной коронным разрядом, почти в два раза превосходит образцы, полученные с использованием пленки без данной обработки, по показателю предела прочности при скалывании.

Практическим следствием проведенных исследований является впервые установленная возможность получения слоистых композиционных материалов с высокими физико-механическими и адгезионными свойствами, при использовании в качестве способа модификации поверхности пленок в поле коронного разряда.

Пятая глава диссертации посвящена химическим способам модификации поверхности полиэтиленовых композиций с целью увеличения их адгезионных свойств.

Одним из методов химической модификации полиэтилена с целью увеличения адгезии является экструзионная прививка функциональных групп в присутствии органических пероксидных или содержащих диазогруппы инициаторов. Для улучшения адгезионных свойств наиболее часто встречается метод прививки малеинового ангидрида или дикарбоновых кислот.

Изучена возможность получения слоистых композиционных материалов на основе древесного шпона с применением полиолефиновых пленок марки ПФ-1, модифицированных прививкой итаконовой кислоты, разработанных отделом технологии полимерных композиционных материалов и изделий института механики металлополимерных систем им. В. А. Белого. Для производства ПФ-1 применяются полиэтилен низкой плотности, функциональный мономер (итаконовая кислота), катализатор свободнорадикальный и стабилизатор фенольного типа.

Установлено, что при использовании данного метода модификации можно добиться увеличения адгезионной прочности в 2,5 раза для полиэтилена вы-

сокого давления [4, 5]. Использование в данном методе импортного сырья (итаконовой кислоты) и токсичного пероксидного инициатора, который может вызывать побочные процессы деструкции и сшивки полимера, делает целесообразным поиск других модифицирующих добавок для полиэтиленовых пленок.

В качестве модификаторов и веществ, повышающих адгезию полимерного связующего к древесине, в работе использовали вещества схожей природы, полученные из натурального растительного сырья, входящего в состав древесины и содержащего функциональные группы, способные взаимодействовать с функциональными группами компонентов древесины. Такими веществами могут служить производные канифоли, модифицированные с целью лучшего совмещения с неполярным полиэтиленом. Таким образом в работе использовали продукты модификации малеинизированной канифоли, малеопимаровой кислоты, полученной из малеинизированной канифоли, и канифоли.

Установлено, что модифицирующие добавки на основе канифольно-малеинового аддукта увеличивают адгезионную прочность полиэтилена к древесине в различной степени. Максимальное значение прочности при сдвиге 3,4 МПа показывает модифицирующая добавка канифольно-малеинового аддукта стабилизированного олеиновой кислотой (ОКМА). Таким образом применением этой модифицирующей добавки можно добиться увеличения адгезионной прочности на 60%, в сравнении с композицией полиэтилена без модификации (рисунок 4).

Установлено, что модифицирующие добавки на основе канифольно-



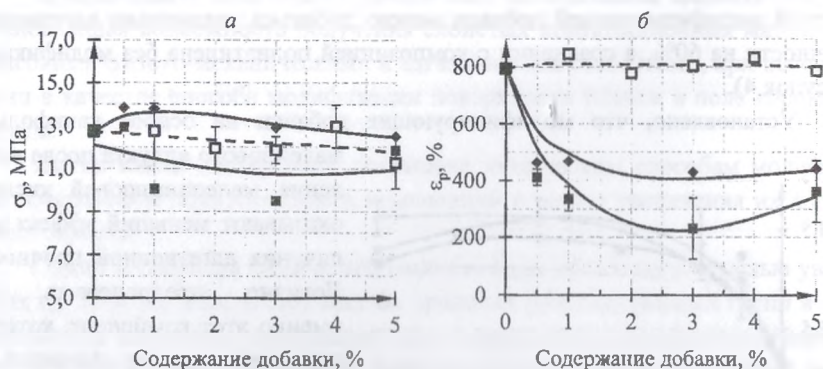
- стабилизированный олеиновой кислотой аддукт канифоли и малеинового ангидрида
- n-гексилмид малеопимаровой кислоты
- ◆ продукт взаимодействия канифоли с диэтилентриамином

Рисунок 4 – Зависимость адгезионной прочности от содержания модифицирующей добавки

малеинового аддукта после выделения малеопимаровой кислоты оказывают меньший эффект увеличения адгезионной прочности. Логично предположить, что именно этот компонент, который составляет основу канифольно-малеинового аддукта (до 50%), вносит существенный вклад в образование адгезионных связей. В ходе эксперимента была установлена зависимость адгезионной прочности от молекулярной массы алифатического амина, используемого при модификации малеопимаровой кислоты с целью ее лучшей совместимости с неполярным полиэтиленом, так

как было установлено, что немодифицированная малеонимаровая кислота плохо с ним совмещается [6]. Применение продуктов взаимодействия канифоли с алифатическими аминами в качестве модифицирующих добавок полиэтилена также приводит к увеличению его адгезионной способности к древесине до 3,6 МПа при сдвиге. Характер зависимости адгезионной прочности от концентрации модифицирующей добавки представлен на рисунке 4.

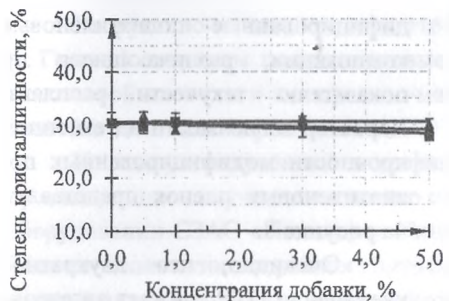
Установлено, что увеличение адгезионной прочности происходит вследствие увеличения межфазного контакта при увеличении смачивающей способности адгезива, так как происходит снижение краевого угла смачивания шпона модифицированными композициями [7]. На адгезионную прочность не влияют деформационные свойства полиэтиленовых композиций, так как при модификации указанными добавками не происходит существенного изменения предела прочности при растяжении (рисунок 5, а). Относительное удлинение при растяжении с увеличением концентрации снижается (рисунок 5, б), что является следствием отсутствия термодинамической совместимости модифицирующей добавки с основным полиэтиленом. Однако ее значение оказывается достаточным для того, чтобы говорить об эксплуатационной совместимости.



- – стабилизированный олеиновой кислотой аддукт канифоли и малеинового ангидрида;
 ■ – н-гексилимид малеонимаровой кислоты; ◆ – продукт взаимодействия канифоли с диэтилентроамином

Рисунок 5 – Зависимость прочности (а) и относительного удлинения (б) при растяжении полиэтиленовых пленок от содержания модифицирующих добавок

Вводимые добавки изменяют физико-механические свойства полиэтилена, путем изменения взаимодействия в аморфной фазе, что подтверждено рентгеноструктурными исследованиями модифицированных пленочных образцов. В процессе модификации полиэтилена производными канифоли и канифольно-

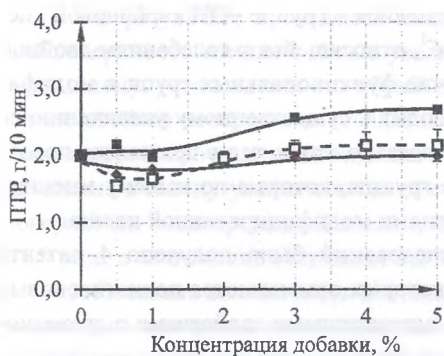


▲ стабилизированный олеиновой кислотой аддукт канифоли и малеинового ангидрида
 ■ н-гексилимид малеопимаровой кислоты

◆ продукт взаимодействия канифоли с диэтилентроиимном

Рисунок 6 – Зависимость степени кристалличности полиэтиленовых композиций от концентрации модифицирующих добавок

чении концентрации модифицирующих добавок на основе канифольно-малеинового аддукта и канифоли они практически не влияют на реологические свойства полиэтиленовых композиций, а значения показателя текучести расплава (ПТР) сохраняются в интервале 1,9–2,1 г/10 мин в концентрационном диапазоне 0,5–5,0 мас.% (рисунок 7).



□ стабилизированный олеиновой кислотой аддукт канифоли и малеинового ангидрида;
 ■ н-гексилимид малеопимаровой кислоты;
 ◆ продукт взаимодействия канифоли с диэтилентроиимном

Рисунок 7 – Зависимость ПТР полиэтиленовой пленки, модифицированной производными канифоли.

малеинового аддукта не происходит значительного изменения в морфологии кристаллической структуры полимера. Размер кристаллитов, который определяется полушириной пика на рентгенограмме, и степень кристалличности сохраняются на постоянном уровне в процессе модификации, что представлено на рисунке 6.

Установлено, что незначительное введение модифицирующих добавок на основе производных канифольно-малеинового аддукта и производных канифоли приводит к увеличению плотности упаковки в аморфной области и незначительному увеличению прочности и вязкости композиции. При дальнейшем же увеличении

концентрации модифицирующих добавок на основе канифольно-малеинового аддукта и канифоли они практически не влияют на реологические свойства полиэтиленовых композиций, а значения показателя текучести расплава (ПТР) сохраняются в интервале 1,9–2,1 г/10 мин в концентрационном диапазоне 0,5–5,0 мас.% (рисунок 7).

Снижение вязкости при температурах переработки не является отрицательным фактором при модификации, так как это увеличивает в конечном счете технологичность полимерной композиции и увеличивает глубину затекания в неровности на поверхности древесного субстрата, увеличивая тем самым физическое зацепление и адгезию. Однако значительное снижение вязкости могло бы привести к снижению когезионной прочности композиции и адгезионной прочности в целом. Для того чтобы оценить влияние вязкости на адгезионную прочность, были изучены мо-

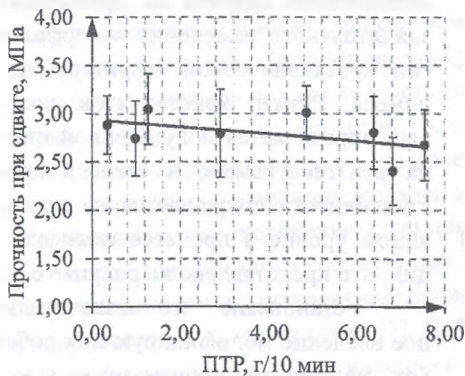


Рисунок 8 – Зависимость адгезионной прочности от ПТР модифицированной полиэтиленовой композиции

дифицированные полиэтиленовые композиции, различающиеся по показателю текучести расплава. Характер зависимости адгезионной прочности модифицированных полиэтиленовых пленок представлен на рисунке 8.

Очевидно, что двукратное увеличение ПТР снижает адгезионную прочность незначительно, в случае использования экструзионных марок полиэтилена. Увеличение адгезионной прочности, по нашему мнению, происходит не из-за изменения вязкости полиэтиленовой композиции в процессе ее мо-

дификации указанными добавками. Из анализа ИК спектров немодифицированной полиэтиленовой пленки и образцов пленки, модифицированной алифатическими имидами малеопимаровой кислоты, обнаружено появление и перераспределение интенсивностей полосы поглощения 1738 см^{-1} , относящейся к колебаниям групп $\text{C}=\text{O}$ карбоновой кислоты, и полосы $3462\text{--}3695\text{ см}^{-1}$, относящейся к группе $-\text{OH}$ карбоновой кислоты. Так же появляются полосы 1640 см^{-1} , относящейся к колебаниям двойной связи. По всей видимости, именно наличие функциональных групп в модифицированной полиэтиленовой пленке приводит к существенному увеличению ее адгезионной прочности к древесине. Это связано с тем, что в целлюлозе преобладают гидроксильные функциональные группы, которые по нашему мнению, взаимодействуют с карбоксильными группами модифицированной пленки.

По результатам проведенных исследований было получено 4 патента Республики Беларусь на изобретения, в которых описываются полиэтиленовые пленочные композиции с увеличенными адгезионными свойствами в древесно-шпону [17–20].

Для проведения опытно-промышленных испытаний были выбраны полиэтиленовые пленки, модифицированные канифольно-малеиновым аддуктом, стабилизированным олеиновой кислотой, и модифицированные прививкой итаконовой кислоты. У полиэтиленовых пленок, модифицированных такими способами, сохраняются прочностные свойства, значительно увеличивается адгезионная прочность к древесному шпону, что позволяет получать композиционные материалы с высокими физико-механическими показателями.

На рукавно-пленочном агрегате РУП СКТБ НАН Б «Металлополимер» (г. Гомель) получены полиэтиленовые пленки, модифицированные прививкой итаконовой кислоты и канифольно-малеиновым аддуктом ОКМА в подобранном технологическом режиме.

Используя полученные модифицированные пленки, проведено опытно-промышленное получение слоистого композиционного материала на прессовом оборудовании СЗАО «Пинскдрев-Пинвуд» (г. Пинск). Полученные детали мебели по технологии получения гнуклееных изделий (ГОСТ 21178-2006) отвечают всем требованиям, а класс эмиссии формальдегида соответствует Е0, что свидетельствует о нетоксичности разработанного материала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Установлены технологические параметры, позволяющие получать слоистые композиционные материалы на основе древесного шпона со связующим на основе модифицированного полиэтилена с высокими физико-механическими свойствами. Показано, что максимальные значения адгезионной прочности полиэтиленовых композиций к шпону достигаются при максимальных значениях температуры и давления (для полиэтилена высокого давления составляют 150°C, 1,6–1,8 МПа), а величина толщины связующего проходит через максимум (для полиэтилена высокого давления оптимальное значение составляет 150 мкм) [1, 4, 5, 8, 9, 11, 14].

2. В результате проведения анализа электрофизического метода активации поверхности пленки с целью увеличения ее адгезионных свойств к древесному шпону, установлено, что обработка коронным разрядом приводит к изменению свойств поверхности пленки и проявляется в изменении краевых углов смачивания и прочности адгезионных соединений. Адгезионная прочность полиэтилена к шпону увеличивается за счет появления функциональных групп на поверхности активированной пленки, что доказано методом ИК-спектроскопии, в 1,9 раза, а ее значение составляет 3,0 МПа [3].

3. Показана возможность использования для получения слоистого композиционного материала на основе шпона и полиэтилена, активированного прививкой дикарбоновой (итаконовой) кислоты в присутствии пероксидного инициатора. Определены основные физико-механические свойства слоистого композиционного материала, при этом адгезионная прочность модифицированного полиэтилена к шпону увеличивается в 2,5 раза и составляет 4,1 МПа [4, 5, 12, 14, 15].

4. Впервые показана возможность и эффективность использования для модификации полиэтилена производных канифоли, канифольно-малеинового аддукта и малеопимаровой кислоты. Изучено влияние структуры и состава добавок на физико-механические и технологические свойства модифицированных

пленок. На основании определенных значений адгезионной прочности модифицированной пленки к древесине установлены оптимальные составы связующих для получения нетоксичных слоистых композиционных материалов. Модификация канифольно-малеиновым аддуктом в количестве 3% мас. увеличивают адгезионную прочность полиэтиленовой пленки к шпону в 2,3 раза до значения 3,6 МПа. Аналогичный эффект увеличения адгезионной прочности достигается также при введении алифатических амидов (гексил-, октил-) ма леопимаровой кислоты. Показано, что полиэтилен, модифицированный химическими методами, позволяет получать слоистые материалы не уступающие по свойствам, а иногда и превосходящие их у существующих аналогов с классом эмиссии формальдегида Е0 [2, 6–8, 10, 13, 16–20].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Проведены опытно-промышленные испытания разработанных композиций для производства модифицированной полиэтиленовой пленки с повышенными адгезионными свойствами к древесному шпону. На рукавно-пленочном агрегате РУП СКТБ НАН Б «Металлополимер» (г. Гомель) получены полиэтиленовые пленки, модифицированные прививкой итаконовой кислоты и канифольно-малеиновым аддуктом (ОКМА) в подобранном технологическом режиме.

Проведено опытно-промышленное получение слоистых композиционных материалов с использованием модифицированных полиэтиленовых пленок для получения деталей мебели со сниженным содержанием формальдегида. На прессовом оборудовании СЗАО «Пинскдрев-Пинвуд» (г. Пинск) получены гнуклееные детали мебели (ГОСТ 21178-2006).

Разработанная технология получения экологически чистых слоистых композиционных материалов, обладающих высокими физико-механическими свойствами, на основе шпона со связующим на основе модифицированной полиэтиленовой пленки [17–20], рекомендуется к использованию на предприятиях, выпускающих гнуклееные детали мебели и фанеру.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи

1. Петрушеня, А. Ф. Теплопередача в процессе получения слоистых композиционных материалов / А. Ф. Петрушеня, М. М. Ревяко // Труды БГТУ. Сер. IV, Химия, технология орган. в-в и биотехнология. – 2010. – Вып. XVIII. – С. 93–97.

2. Исследование эксплуатационной эффективности полиэтилена, модифицированного вторичными терпеноидными продуктами / А. Ф. Петрушеня, В. В. Яценко, М. П. Бей, А. П. Ювченко // Труды БГТУ. Сер. IV, Химия, технология орган. в-в и биотехнология. – 2010. – Вып. XVIII. – С. 84–87.

3. Ревяко, М. М. Обработка полимеров коронным разрядом при производстве слоистых композиционных материалов / М. М. Ревяко, А. Ф. Петрушеня, О. Я. Толкач // Труды БГТУ. № 4: Химия, технология орган. в-в и биотехнология. – 2011. – С. 72–75.

4. Ревяко, М. М. Экологически чистый древесно-полимерный слоистый материал / М. М. Ревяко, А. Ф. Петрушеня // Материалы технологии инструменты. – 2012. – Т. 17, № 1. – С. 36–39.

5. Петрушеня, А. Ф. Применение модифицированных пленок при производстве древесно-полимерных слоистых материалов / А. Ф. Петрушеня, М. М. Ревяко // Труды БГТУ. № 4: Химия, технология орган. в-в и биотехнология. – 2012. – С. 127–130.

6. Исследование влияния вторичных терпеноидных продуктов на адгезию полиэтилена / А. Ф. Петрушеня, М. М. Ревяко, В. В. Яценко, М. П. Бей, А. П. Ювченко // Известия Академии наук Беларуси. Серия физико-технических наук. – № 3, 2012. – С. 21–24.

7. Ревяко, М. М. Способ повышения адгезионных свойств в композиционных материалах на основе шпона и термопластов / М. М. Ревяко, А. Ф. Петрушеня, В. В. Яценко // Труды БГТУ. № 4: Химия, технология орган. в-в и биотехнология. – 2013. – С. 29–32.

Материалы конференций

8. Петрушеня, А. Ф. Модификация адгезионной прочности слоистых композиционных пластиков / А. Ф. Петрушеня, Л. С. Знудова // 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. техн. ун-т; редкол.: С. Е. Орехова [и др.], Ч. 2. – Минск, 2009. – С. 316–319.

9. Петрушеня, А. Ф. Производство древесных слоистых композиционных материалов / А. Ф. Петрушеня // Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов: материалы докладов Международной научно-технической конферен-

ции, Минск, 25–27 ноя. 2009 г. / Белорус. гос. технол. ун-т; редкол.: И. М. Жарский [и др.]. – Минск, 2009. – С. 126–129.

10. Бей, М. П. Исследование эксплуатационной эффективности полиэтилена, модифицированного вторичными терпеноидными продуктами / М. П. Бей, В. В. Яценко, А. Ф. Петрушеня, А. П. Ювченко // Химические реактивы, реагенты и процессы малотоннажной химии: материалы XXII Международной научно-технической конференции «Реактив-2009», Уфа, 23–25 ноя. 2009 г. / Уфимский гос. нефтяной техн. ун-т.; редкол.: У. Б. Имашев [и др.]. – Уфа, 2009. – С. 98–99.

11. Петрушеня, А. Ф. Получение и свойства композиционных древесных слоистых материалов / А. Ф. Петрушеня, А. А. Капылович, М. С. Барцевич // 61-я научно-техническая конференция студентов и магистрантов: материалы 61-й науч.-техн. конф. студентов и магистрантов, Минск, 19–24 апреля 2010 г. / Белорус. гос. технол. ун-т; редкол.: С. Е. Орехова [и др.]. Ч. 2. – Минск, 2010. – С. 84–87.

12. Петрушеня, А. Ф. Применение модифицированных пленок при производстве древесно-полимерных слоистых материалов / А. Ф. Петрушеня, М. М. Ревяко // Волокна и пленки 2011. Перспективные технологии и оборудование для производства и переработки волокнистых и пленочных материалов: сборник материалов международной научно-практической конференции-семинара, Могилев, 28 октября 2011 г./ Могилевский гос. ун-т продовольствия, – Могилев, 2011. – С. 133–137.

Тезисы докладов

13. Модифицирование полиэтилена продуктами на основе малеинизированной канифоли / М. П. Бей, А. Ф. Петрушеня, В. В. Яценко, А. П. Ювченко // Химические реактивы, реагенты и процессы малотоннажной химии: тезисы докладов XXIII международной научно-технической конференции «Реактив-2010», Минск, 27–29 октября 2010 г. / Ин-т. химии новых материалов НАН Б; редкол.: В. Е. Агабеков [и др.]. – Минск, 2010. – С. 83.

14. Ревяко, М. М. Экологически чистый древесно-полимерный слоистый материал / М. М. Ревяко, А. Ф. Петрушеня // Полимерные композиты и трибология: тезисы докладов международной научно-технической конференции «Поликомтриб-2011», г. Гомель, 27–30 июня 2011 г. / ИММС НАН Б; редкол.: В. Н. Адериha [и др.]. – Гомель, 2011. – С. 190.

15. Петрушеня, А. Ф. Применение модифицированных пленок при производстве древесно-полимерных слоистых материалов / А. Ф. Петрушеня, М. М. Ревяко // Технология органических веществ: тезисы 76-й науч.-технич. конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 13-20 февраля 2012 г. [Электронный ресурс] / Белорус. гос.

технол. ун-т; редкол.: И. М. Жарский. – Минск, 2012. – С. 48. Деп. в ГУ «БелИ-СА» 25.04.2012, № Д201225.

16. Имиды малеопимаровой кислоты – адгезионные добавки к полиэтилену / А. Ф. Петрушеня, М. М. Ревяко, В. В. Яценко, М. П. Бей, А. П. Ювченко // Химические реактивы, реагенты и процессы малотоннажной химии: тезисы докладов XXVI Международной науч.-технич. конф. «РЕАКТИВ-2012», Минск, 2–4 октября 2012 г. / Ин-т. химии новых материалов НАН Б; редкол.: В. Е. Агабеков [и др.]. – Минск, 2012. – С. 42.

Патенты

17. Слоистый композиционный материал: пат. 16724 Респ. Беларусь, МПК В 27D 1/04, В 32В 21/08, С 09J 123/36 / А. Ф. Петрушеня, В. В. Яценко, Ю. Н. Жидков, А. П. Ювченко, М. П. Бей; заявитель Бел. гос. технол. ун-т, Ин-т хим. новых материалов. – № а20101907; заявл. 28.12.10; опублик. 30.08.2012. // Афіцыйны бюл. / Нац. Цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 6. – С. 84.

18. Слоистый композиционный материал пат. 17139 Респ. Беларусь, МПК В 27D 1/04, В 32В 21/08, С 09J 123/26 / А. Ф.Петрушеня, М. М. Ревяко, В. В. Яценко, М. П. Бей, А. П. Ювченк; заявитель Бел. гос. технол. ун-т, Ин-т хим. новых материалов. – № а20111264; заявл. 28.09.11; опублик. 30.06.2013. // Афіцыйны бюл. / Нац. Цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 3. – С. 82.

19. Клеевая полимерная композиция пат. 17214 Респ. Беларусь, МПК С 09J 123/26, С 09J 7/00, В 27D 1/04 / Петрушеня А. Ф., Ревяко М. М., Яценко В. В., Бей М. П., Пучкова Н. В., Ювченко А. П.; заявитель Бел. гос. технол. ун-т, Ин-т хим. новых материалов. – № а20111353 ; заявл. 14.10.11; опублик. 30.06.2013. // Афіцыйны бюл. / Нац. Цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 3. – С. 105.

20. Слоистый композиционный материал пат. 17140 Респ. Беларусь, МПК В 27D 1/04, В 32В 21/08, С 09J 123/26 / Петрушеня А. Ф., Ревяко М. М., Яценко В. В., Жидков Ю. Н., Бей М. П., Ювченко А. П.; заявитель Бел. гос. технол. ун-т, Ин-т хим. новых материалов. – № а20111351 ; заявл. 14.10.11; опублик. 30.06.2013. // Афіцыйны бюл. / Нац. Цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 3. – С. 82.



Слоистый композиционный материал на основе древесины и модифицированного полиэтилена

Ключевые слова: полиэтиленовая композиция, адгезионная прочность, модифицирующие добавки, канифоль, коронный разряд, давление, температура, прочность при растяжении, прочность при изгибе, прочность при скалывании, гнuto-клееные изделия, фанера.

Цель работы разработать технологию получения слоистых композиционных материалов на основе древесного слоистого наполнителя и модифицированных термопластов, с увеличенной адгезией к наполнителю, для снижения содержания вредных веществ в изделиях на его основе.

Методы исследования: методы определения физико-механических свойств полиэтиленовых пленок (прочность при растяжении и относительное удлинение ГОСТ 14236, показатель текучести расплава ГОСТ 11645, дифференциальная сканирующая калориметрия); методы определения физико-механических свойств слоистых композиционных материалов (предел прочности при растяжении ГОСТ 9622, предел прочности при статическом изгибе ГОСТ 9625, прочность при скалывании ГОСТ 9624, водопоглощение ГОСТ 9621); методы определения состава и структуры (электронная микроскопия, инфракрасная (ИК) спектроскопия, рентгенофазовый анализ); методы определения адгезионных свойств (измерение краевого угла смачивания, предел прочности при сдвиге ГОСТ 14759).

В ходе исследований установлено, что применение добавок на основе канифоли наиболее целесообразно при модификации полиэтиленовых пленок с целью увеличения их адгезионных свойств для получения экологичных слоистых композиционных материалов с древесным наполнителем. Введение модифицирующих добавок канифольномалеинового аддукта, стабилизированного олеиновой кислотой, или гексиламида малеопимаровой кислоты, или октиламида малеопимаровой кислоты в количестве 2–5% приводит к существенному увеличению адгезионной прочности полиэтиленовой пленки более чем в два раза. Полученные прессованием при давлении 1,6–1,8 МПа, температуре в материале $(150 \pm 10)^\circ\text{C}$, времени прессования 5 мин, с использованием модифицированных полиэтиленовых пленок, слоистые композиционные материалы отвечают требованиям, предъявляемым к материалам, полученным по технологии получения гнuto-клееных изделий.

Область применения: производство экологически чистых слоистых композиционных материалов по технологии получения гнuto-клееных изделий и фанеры.

Слаісты кампазіцыйны матэрыял на аснове драўніны і мадыфікаванага поліэтылену

Ключавыя словы: поліэтыленавая кампазіцыя, адгезійная трываласць, мадыфікацыйныя дабаўкі, каніфоль, каронны разрад, ціск, тэмпература, трываласць пры расцяжэнні, трываласць пры згібе, трываласць пры сколе, гнута-клеёныя вырабы, фанера.

Мэта работы: распрацаваць тэхналогію атрымання слаістых кампазіцыйных матэрыялаў на аснове драўнянага слаістага напаўняльніка і мадыфікаваных тэрмапластаў, з павялічанай адгезіяй да напаўняльніка, для зніжэння ўтрымання шкодных рэчываў у вырабах на яго аснове.

Метады даследавання: метады вызначэння фізіка-механічных уласцівасцяў поліэтыленавых плёнак (трываласць пры расцяжэнні і адноснае падаўжэнне ДАСТ 14236, паказчык цякучасці расплаву ДАСТ 11645, дыферэнцыяльная сканавальная каларыметрыя); метады вызначэння фізіка-механічных уласцівасцяў слаістых кампазіцыйных матэрыялаў (мяжа трываласці пры расцяжэнні ДАСТ 9622, мяжа трываласці пры статычным згібе ДАСТ 9625, трываласць пры сколе ДАСТ 9624, водапаглыннанне ДАСТ 9621); метады вызначэння складу і структуры (электронная мікраскапія, інфрачырвоная (ІЧ) спектраскапія, рентгенафазавы аналіз); метады вызначэння адгезійных уласцівасцяў (вымярэнне краявога вугла змочвання, мяжа трываласці пры зруху ДАСТ 14759).

У ходзе даследаванняў устаноўлена, што прымяненне дабавак на аснове каніфолі найбольш мэтазгодна пры мадыфікацыі поліэтыленавых плёнак з мэтай павелічэння іх адгезійных уласцівасцяў для атрымання экалагічных слаістых кампазіцыйных матэрыялаў з драўняным напаўняльнікам. Увядзенне мадыфікацыйных дадаткаў каніфольнамалеінавага аддукта, стабілізаванага алеінавая кіслатой, або гексіламіда малеапимаравай кіслаты, або актыламіда малеапимаравай кіслаты ў колькасці 2–5 % прыводзіць да істотнага павелічэння адгезійнай трываласці поліэтыленавай плёнкі больш чым у два разы. Атрыманьня прэсаваннем пры ціску 1,6–1,8 МПа, тэмпературы ў матэрыяле $(150 \pm 10)^\circ\text{C}$, на працягу 5 хвілін, з выкарыстаннем мадыфікаваных поліэтыленавых плёнак, слаістыя кампазіцыйныя матэрыялы адказваюць патрабаванням, што прад'яўляюцца да матэрыялаў, атрыманых па тэхналогіі атрымання гнута-клеёных вырабаў.

Вобласць прымянення: вытворчасць экалагічна чыстых слаістых кампазіцыйных матэрыялаў па тэхналогіі атрымання гнута-клеёных вырабаў і фанеры.

SUMMARY

Alexander F. Petrushenia

Layered composite material based on wood and modified polyethylene

Keywords: polyethylene composition, adhesive strength, modifiers, rosin, corona discharge, pressure, temperature, tensile strength, flexural strength, shear strength, bent-glued products, plywood.

The purpose of scientific: to develop the technology for the production of laminated composite materials based on wood layered filler and modified thermoplastics with increased adhesion to the filler to reduce the content of harmful substances in the products based on it.

Methods: methods for the determination of physical and mechanical properties of polyethylene films (tensile strength and elongation GOST 14236, a melt flow index GOST 11645, differential scanning calorimetry) methods for the determination of physical and mechanical properties of layered composite materials (tensile strength GOST 9622, static flexural strength GOST 9625, shear strength GOST 9624, water absorption GOST 9621), methods for determining the composition and structure (electron microscopy, infrared (IR) spectroscopy, X-ray analysis) methods for determining the adhesive properties (measurement of contact angle, shear strength GOST 14759).

During the studying it was found that the usage of additives based on rosin is the most appropriate way for the modification of plastic films to increase their adhesion to obtain green layered composite materials with wood filler. The introduction of modifiers based on rosin-maleic adduct stabilized by oleic acid or hexylamide of maleopimaric acid or octylamide of maleopimaric acid in an amount of 2–5% leads to a substantial increase (more than two times) in adhesion strength of the polyethylene film. Layered composite materials obtained by compressive molding at a pressure of 1.6–1.8 MPa, temperature of the material $(150 \pm 10)^\circ\text{C}$, pressing time 5 min using the modified polyethylene films meet the requirements for materials obtained by the technologies of bent-glued products preparation.

Application: production of environmentally friendly laminated composite materials using the technology of bent-glued products and plywood preparation.

Научное издание

Петрушения Александр Фёдорович

**СЛОИСТЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ
ДРЕВЕСИНЫ И МОДИФИЦИРОВАННОГО ПОЛИЭТИЛЕНА**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук по специальности

05.17.06 – технология и переработка полимеров и композитов

Ответственный за выпуск А. Ф. Петрушения

Подписано в печать 27.09.2013. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 1,5. Уч.-изд. л. 1,5.

Тираж 60 экз. Заказ 405.

Издатель и полиграфическое исполнение:

УО «Белорусский государственный технологический университет».

ЛИ № 02330/0549423 от 08.04.2009.

ЛП № 02330/0150477 от 16.01.2009.

Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.