

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ НИЗА ОБУВИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

COMPOSITE MATERIALS FOR BOTTOM SHOES USING WOODWORKING INDUSTRY WASTE

А.Н. Радюк¹, Ю.В. Дойлин^{1,2}, А.Н. Буркин¹
A.N. Radyuk¹, Y.V. Doylin^{1,2}, A.N. Burkin¹

¹Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

²ОАО «Витебскдрев», Республика Беларусь

¹Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus

²JSC «Vitebskdrev», Republic of Belarus

E-mail: ana.r.13@mail.ru, a.burkin@tut.by, artrock7@rambler.ru

Представлена возможность использования отходов деревообрабатывающей промышленности в качестве наполнителя для получения композиционных материалов для низа обуви. Разработаны составы композиций для получения материалов на основе отходов производства и технологическая схема получения. Получены образцы материалов и проведены исследования их свойств. Предложены рекомендуемые составы композиций для получения подошвенного материала с наилучшими показателями. Проведена промышленная апробация получения подошв обуви и проведены исследования их свойств. Представлены дальнейшие варианты модификации свойств подошв обуви.

Ключевые слова: отходы, полиуретан, древесная волокнистая масса, состав, технология, состав, материалы, подошвы обуви, свойства, модификация

The possibility of using waste woodworking industry as a filler for obtaining composite materials for the bottom of shoes is presented. Compositions of compositions for obtaining materials on the basis of production wastes and a technological scheme of production have been developed. Samples of materials were obtained and studies of their properties were carried out. Recommended compositions of compositions for obtaining plantar material with the best performance are proposed. Industrial testing of shoe soles has been carried out and their properties have been studied. Further options for modifying the properties of shoe soles are presented.

Keywords: waste, polyurethane, wood pulp, composition, technology, composition, materials, shoe soles, properties, modification

В настоящее время основной проблемой кожевенно-обувной промышленности является обеспечение предприятий качественным сырьем и снижением уровня импортоспособности по данному показателю, а также конкурентоспособности продукции на фоне импорта. Возникновение данных проблем связано с тем, что большинство импортной обуви имеет более низкие цены и более широкий ассортимент, в то время как отечественная промышленность характеризуется дефицитом и высокой стоимостью натурального сырья для производства деталей обуви. Поэтому поиск альтернативных сырьевых источников для кожевенно-обувной промышленности является актуальной задачей.

Использование отходов производства для изготовления новых материалов с заданными свойствами является наиболее перспективным направлением формирования ассортимента материалов для низа обуви, так как позволяет сократить постоянно растущий объем отходов, обеспечить экономические выгоды за счет увеличения масштабов производства при неизменном размере сырьевой базы.

На сегодняшний день наиболее часто используемым материалом для обуви является полиуретан, так как комплекс свойств, которыми он обладает позволяет использовать его для производства различных деталей обуви. В настоящее время весь объем полиуретанов, используемых в производстве обуви, покупается за рубежом. В процессе производства полиуретанового низа обуви образуются различные виды отходов – выпрессовки, литники и

бракованные подошвы, которые в дальнейшем могут быть использованы для создания новых полимерных материалов для низа обуви.

Основываясь на имеющемся опыте проведения подобного рода работ [1, 2], а также потребности предприятий Республики Беларусь в полимерных материалах для низа обуви одним из основных вариантов получения композиционных материалов является введение различного рода дешевых наполнителей в композицию из вторичного полиуретана, позволяющих существенно снизить себестоимость и улучшить технологические и эксплуатационные показатели. При этом предлагается использовать отходы, образующиеся не только в обувной промышленности.

Примером одного из дешевых наполнителей для производства композиционных материалов с полиуретановой матрицей может быть древесная волокнистая масса предприятия ОАО «Витебскдрев». Выбор данного предприятия обусловлен тем, что на ОАО «Витебскдрев» есть филиал кафедры «Техническое регулирование и товароведения» Учреждения образования «Витебский государственный технологический университет», на котором проводятся учебные занятия и научные исследования. Древесной волокнистой массой в данном случае называется продукт окончательной обработки древесноволокнистых плит средней плотности сухого способа производства, полученный путем шлифования, обрезки и фрезерования готовых изделий [3]. В данной работе использовали древесное волокно и древесную пыль хвойных и лиственных пород древесины.

В качестве основного компонента материалов использовали вторичное полимерное сырьё в виде отходов полиуретана. Также одними из компонентов композиции являлись стабилизатор и пластификатор.

Каждый из приведенных компонентов композиции играет определенную техническую и технологическую роль, способствует получению материалов с определенным уровнем свойств.

В ходе экспериментов варьировали содержание ингредиентов согласно рецептурным составом композиции, приведенным в таблице 1.

Таблица 1

Рецептурные составы композиций

Композиция	Ингредиенты, состав, масс. ч.				
	Отходы ПУ	Масло	Стеарат Са	Древесное волокно	Древесная пыль
1	100	5	1	0,5	–
2	100	5	1	–	0,5
3	100	5	1	5	–
4	100	5	1	–	5
5	100	5	1	2,75	–
6	100	5	1	–	2,75

Технология получения полиуретановых композиций для низа обуви включает в себя этапы, представленные на рисунке 1.



Рис. 1. Этапы технологии получения материалов на основе вторичного ППУ

Подготовка ингредиентов включает в себя подготовку отходов ПУ, пластификатора, стабилизатора и наполнителя, а также взвешивание ингредиентов согласно рецептурному составу [4].

Измельчение отходов полимерных материалов осуществляется с помощью однороторной дробилки Alpine A 40/63-5-3, предназначенной для эксплуатации на предприятиях, производящих термопластичные материалы и изделия из них, для измельчения отходов производства. Далее измельченные отходы смешивают в лопастной мешалке с другими ингредиентами. Переработку полимерного термопластичного материала осуществляли с помощью шнекового экструдера ЭШПО-75Н4 с 4 зонами терморегуляции, механическим приводом с мощностью 5,0 кВт. Непосредственно перед литьем полуфабрикат дробили до размеров гранул 2-4 мм. Высушенные гранулы упаковали в герметичную приемную тару. Заключительным этапом технологического процесса использования отходов является переработка гранулята в изделия. Для литья изделий использовали трехпозиционный статический литьевой агрегат SP 345-3 фирмы Main Group. Пластины получали при температурах 150–165 °С, подошвы обуви – 155–170 °С.

В результате проведенной апробации были получены образцы материалов и проведены испытания по определению их физико-механических и эксплуатационных свойств. Для этого были определены твердость (ГОСТ 263-75 «Резина. Метод определения твердости по Шору А»), плотность (ГОСТ 267-73 «Резина. Методы определения плотности»), условная прочность и удлинение (ГОСТ 270-75 «Резина. Метод определения упругопрочностных свойств при растяжении»), сопротивление истиранию (ГОСТ 426-77 «Резина. Метод определения сопротивления истиранию при скольжении»), сопротивление многократному изгибу (ГОСТ ISO 17707-2015 «Обувь. Методы испытаний подошв. Сопротивление многократному изгибу»). Объем выборки составлял не менее 5 образцов. Физико-механические и эксплуатационные свойства материалов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Физико-механические и эксплуатационные свойства материалов

Материалы	ρ , г/см ³	H, усл. ед.	f_p , МПа	ε_p , %	Θ , %	β , Дж/мм ³	N, тыс. циклов
Образцы пластин	1,10-1,30	60–75	3,7–5,1	150-210	15-20	7,5-8,7	20–30

ρ – плотность, H – твердость, f_p – условная прочность при разрыве, ε_p – относительное удлинение при разрыве, Θ – остаточное удлинение после разрыва, β – сопротивление истиранию, N – сопротивление многократному изгибу

Для полученных образцов материалов было исследовано влияние наполнителя на физико-механические и эксплуатационные свойства материала путем варьирования его количественного содержания в композиции.

Анализ результатов исследования показал, что для получения подошвенного материала с наилучшими показателями содержание древесного волокна должно составлять 1,5 масс. ч. по отношению к отходам ПУ, а содержание древесной пыли – 1,0 масс. ч. Физико-механические и эксплуатационные свойства подошв представлены в таблице 3.

Таблица 3

Физико-механические и эксплуатационные свойства подошв обуви

Подошвы	ρ , г/см ³	H, усл. ед.	f_p , МПа	ε_p , %	Θ , %	β , Дж/мм ³	N, тыс. циклов
на основе ДВ	1,1	65	4,1	180	20	8,1	30
на основе ДП	1,15	70	4,8	220	18	8,5	30
ПУ	1,2	75	6,1	280	18	7,3	30
В-Н	1	80	6,2	230	20	5,5	20

ДВ – подошвы на основе древесного волокна; ДП – на основе древесной пыли; ПУ – монолитные подошвы из отходов ПУ (полимерная матрица); В-Н – волокнисто-наполненная резина

Анализируя данные таблицы 3, можно отметить, что по сравнению с полимерной матрицей и волокнисто-наполненной резиной полученные подошвы обуви имеют более высокий показатель износостойчивости – сопротивление истиранию. Более наглядно отличия свойств демонстрирует таблица 4.

Таблица 4

Отличия свойств подошв обуви

Подошвы	T_p по ρ , %	T_p по H , %	T_p по f_p , %	T_p по ε_p , %	T_p по Θ , %	T_p по β , %	T_p по N , %
ДВ к ПУ	91,7	86,7	67,2	64,3	90,0	111,0	100,0
ДП к ПУ	95,8	93,3	78,7	78,6	100,0	116,4	100,0
ДВ к В-Н	90,9	81,3	66,1	78,3	100,0	147,3	150,0
ДП к В-Н	87,0	87,5	77,4	95,7	111,1	154,5	150,0

T_p – отношение показателей свойств полученных подошв обуви к аналогичным материалам

Анализируя данные таблицы 4, можно отметить, что по отношению к исходной полимерной матрице не изменился показатель «сопротивление многократному изгибу» у подошв обуви на основе древесного волокна и древесной пыли, а также показатель «остаточное удлинение после разрыва» у подошв обуви на основе древесного волокна к волокнисто-наполненной резине и у и древесной пыли к исходной полимерной матрице. Рост значений показателей свойств помимо показателя «сопротивление истиранию» наблюдается у показателя «сопротивление многократному изгибу» у подошв обуви на основе древесного волокна и древесной пыли по отношению к волокнисто-наполненной резине и показателя «остаточное удлинение после разрыва» у подошв обуви на основе древесной пыли к волокнисто-наполненной резине.

Необходимо отметить, что несмотря на рост показателя «сопротивление истиранию» у полученных подошв обуви по сравнению с аналогичными материалами, в соответствии с ГОСТ 17311-71 «Подошвы, каблуки и набойки резиновые формованные износостойчивые. Технические условия» [5], полученные подошв обуви уступают требованиям по упругопрочностным характеристикам. В связи с этим проводилась модификация композиции с целью направленного увеличения прочностных показателей.

Для модификации композиции применяли технический углерод, введение которого в эластомерные композиции позволяет изменять технологические и технические свойства резин в широких интервалах [6].

Наполнение техуглеродом почти всегда преследует цель доведения полимера до заданной твердости или условного напряжения при заданном удлинении и условной прочности при растяжении – это первичные показатели качества изделия. Выбор этих показателей является оправданным, так как многие характеристики связаны с ними определенными корреляционными зависимостями. Они весьма чувствительны к отклонениям качественного или количественного составов полимеров, а также технологического регламента изготовления и переработки полимерных композиций.

Технический углерод (ГОСТ 7885) представляет собой усиливающий наполнитель эластомеров; при добавлении его в смеси увеличивается прочность, сопротивление истиранию и раздиру.

В состав композиции вводили такое же количество технического углерода как и древесных наполнителей.

В результате использования технического углерода наблюдается увеличение всех показателей, кроме плотности (таблица 5).

Таблица 5

Модификация свойств подошв обуви на основе отходов деревообрабатывающей промышленности

Подошвы	ρ , г/см ³	H, усл. ед.	f_p , МПа	ε_p , %	Θ , %	β , Дж/мм ³	N, тыс. циклов
на основе ДВ + ТУ	1,07	67	4,5	205	22	8,3	30
на основе ДП + ТУ	1,12	72	5,3	250	20	8,7	30

Сравнение свойств подошв обуви с использованием технического углерода и без использования технического углерода представлено в таблице 6.

Таблица 6

Сравнение свойств подошв обуви

Подошвы	ρ , г/см ³	H, усл. ед.	f_p , МПа	ε_p , %	Θ , %	β , Дж/мм ³	N, тыс. циклов
ДВ + ТУ к ДВ	-2,7	3,1	9,8	13,9	10,0	2,5	0,0
ДП + ТУ к ДП	-2,6	2,9	10,4	13,6	11,1	2,4	0,0

Анализируя данные таблицы 6, можно отметить, что незначительное количество технического углерода (1,5 масс. ч. и 1,0 масс. ч. по отношению к отходам ПУ) способствует увеличению прочностных показателей в среднем на 11,5 %.

Таким образом, можно сделать вывод, что использование отходов деревообрабатывающей промышленности способствует улучшению эксплуатационных свойств композиции. Введение подобного наполнителя регулирует также технологические свойства композиции и облегчает их переработку. Важная роль в производстве изделий с заданными свойствами принадлежит активным наполнителям, способствующим усилению прочностных свойств эластомеров. Использование технического углерода способствует усилению прочностных свойств и улучшает реологические свойства при литье композиции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Переработка твёрдых отходов обувных предприятий г. Витебска: моногр. / А.Н. Буркин [и др.]. – Витебск: УО «ВГТУ», 2000. – 118 с.
2. Обувные материалы из отходов пенополиуретанов: моногр. / А.Н. Буркин [и др.]. – Витебск: УО «ВГТУ», 2001. – 173 с.
3. Мийченко И.П. Наполнители для полимерных материалов: Учебное пособие. МАТИ, 2010. 196 с.
4. Кербер М.Л. Технология переработки полимеров. Физические и химические процессы : учеб. пособие для вузов / М. Л. Кербер [и др.] ; под ред. М. Л. Кербера. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 316 с.
5. Подошвы, каблуки и набойки резиновые формованные износостойчивые. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3, 4, 5, 6) : ГОСТ 17311-71. – Введен 01.01.1973. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 1992. – 10 с.
6. Жовнер Н. А., Чиркова Н. В., Хлебов Г. А. Структура и свойства материалов на основе эластомеров. Омск: Филиал Российского заочного института текстильной и легкой промышленности, 2003.