

УДК 674.04

**В. В. Глухих, Н. М. Мухин, А. Е. Шкуро, М. А. Наронская,
Е. С. Синегубова, И. Г. Григоров, О. В. Стоянов**

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДРЕВЕСНОЙ ПЫЛИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

Ключевые слова: древесно-полимерные композиты, наполнители, шлифовальная пыль фанеры, шлифовальная пыль древесностружечных плит, реология, свойства.

В настоящем исследовании рассматривалась возможность использования шлифовальной пыли в качестве наполнителя для древесно-полимерных композитов (ДПКт). Были получены и изучены образцы композитов со шлифовальной пылью фанеры и древесностружечных плит. Для них были определены реологические свойства древесно-полимерных смесей и показатели следующих свойств: контактный модуль упругости, плотность, предел прочности при растяжении, относительное удлинение при растяжении, ударная вязкость и твердость по Бринеллю. Полученные данные показывают возможность применения древесной пыли в качестве наполнителей для ДПКт.

Keywords: wood plastic composites, polyethylene, filler, plywood sanding dust, particleboards sanding dust, rheology, properties.

The possibility of using sanding dust as a filler for wood-plastic composites (WPC) was examined in the present study. Samples of composites with sanding dust of plywood and particleboards were obtained and studied. For these samples were determined rheological properties of wood-polymer mixtures and such properties as: contact modulus of elasticity, density, tensile strength, tensile elongation at break, impact strength and Brinell hardness. Obtained data show the possibility of using wood dust as a filler for WPC.

Введение

Основным видом наполнителя при производстве древесно-полимерных композитов с термопластичными связующими (ДПКт) является древесная мука различных пород древесины [1]. Большое число исследований посвящено изучению возможности замены древесной муки на более дешевые наполнители растительного происхождения и различного вида отходы.

Одним из крупнотоннажных видов древесных отходов, является древесный опил, образующиеся при лесопилении и деревообработке, который используется в производстве ДПКт [1]. Большой цикл исследований был выполнен В.П. Ставровым с коллегами по изучению реологических свойств древесно-полимерных смесей (ДПС) с содержанием в них древесного опила до 60 % мас. Так, например, в работах [2,3] исследовались реологические свойства расплавов полипропилена, наполненных сосновым опилом. В этих исследованиях рассмотрено влияние размеров древесных частиц (2-5 мм), содержания (60-70%) и влажности опила (8-10%) на реологические свойства ДПС при температурах 180⁰-240⁰С и 20⁰-140⁰С.

В патенте США [4] заявлен способ получения ДПКт из композиции термопластичных полимеров (полиэтилена, полипропилена и поливинилхлорида), содержащей 60-95 % мас. термопласта и 20-30 % мас. волокна, полученного из древесного опила. Древесно-полимерные смеси получали методом вальцевания, а затем их экструдировали с получением листов ДПКт. Полученные таким способом ДПКт рекомендуется использовать для внутреннего и наружного применения и в производстве мебели.

Р.Г. Сафин с коллегами [5], изучая влияние состава ДПКт с полиэтиленовой (ПЭ) и полипропиленовой (ПП) матрицами установили, что увеличение содержания древесного опила в композите от 60 до 80 % незначительно влияет на его водопоглощение. Вид связующего играет существенную роль: у образцов, на основе ПП наблюдается меньшее водопоглощение за 24 ч, чем у образцов на основе ПЭ.

В производстве различных древесных материалов и изделий при их шлифовании образуются существенные количества шлифовальной пыли, например, при изготовлении древесностружечных и древесноволокнистых плит, фанеры. В литературе отсутствуют сведения о применении древесной шлифовальной пыли при получении ДПКт.

Целью данной работы является изучение возможности получения и свойств ДПКт с полиэтиленовой матрицей при использовании в качестве наполнителя древесной пыли, образующейся при шлифовании фанеры.

Экспериментальная часть

В качестве полимерной матрицы ДПКт использовались полиэтилен низкого давления марки 273-83 (ГОСТ 16338-85) производства ОАО «Казаньоргсинтез» (ПЭНД). В качестве наполнителя применялась древесная мука хвойных пород марки 180 (ГОСТ 16361-87), производитель ООО «Юнайт» (ДМ), древесная пыль, собранная при шлифовании лицевой поверхности берёзовой фанеры в ЗАО «Фанком» (ШПф) и древесностружечных плит в ООО «Первая лесопромышленная компания» (ШПдп). Краткая характеристика наполнителей приведена в таблице 1.

Массовое соотношение между наполнителем и полимерной матрицей составляло 50:50. Смешение компонентов ДПКт производилось на лабораторном экструдере марки ЛЭРМ-1 при температуре 180 – 190 °С. Полученная после экструдирования древесно-полимерная смесь охлаждалась до комнатной температуры, а затем нарезалась на гранулы. После этого методом горячего прессования из ДПС при температуре 190 °С и давлении 15 МПа получали композиты в форме дисков диаметром 90 и толщиной 5 мм или пластин размером 150×100×5 мм.

Из полученных композитов изготавливались образцы (не менее трёх для каждого состава) для испытаний физико-механических свойств полученных ДПКт.

Показатель текучести расплава (ГОСТ 11645-73) используемых в работе ПЭНД и полученных ДПС определялся на приборе ИИРТ-А (ГОСТ 11645-73) при внутреннем диаметре капилляра 2,095 и 4 мм.

Твердость по Бринеллю (H_B) и контактный модуль упругости ($KМУ$) образцов определяли на твердомере модели БТШПСИ У42 по вдавливанию шарика диаметром 5 мм при нагрузке 132 Н.

Для определения ударной вязкости ДПКт (a) готовились образцы размером 15×10 мм. Для определения ударной вязкости с надрезом (a_n) поперек образца композита полотном для резки металлов наносился надрез шириной 0,7 мм на глубину 1,5 мм. Испытания проводились на приборе “Динстат-Дис”.

Для определения показателя прочности при изгибе (σ_u) готовились образцы с длиной и шириной 15×10 мм. Испытания проводились на приборе “Динстат-Дис” при консольном закреплении образца.

Определение относительного удлинения при растяжении (E) и предела прочности при разрыве (σ_p) образцов производилось на разрывной машине для испытания пластмасс модели 2166 Р-5 (точность измерения усилия 0,1 Н, скорость нагружения 50 мм/мин). Образцы ДПКт готовили в виде лопаточек с длиной 100 мм и шириной рабочей части 6 мм.

Для изучения линейных размеров древесных наполнителей методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) использовался растровый электронный микроскоп марки JSM-6390LA (JEOL, Япония), дополнительно снабженный приставкой EDAX (энергодисперсионный анализатор характеристического рентгеновского излучения).

Результаты и обсуждение

Для определения характеристик шлифовальной пыли были использованы методики ГОСТ 16361-87, а также данные о длине и ширине древесных частиц, полученные из фотографий электронной сканирующей микроскопии (рис.1).

Результаты анализа наполнителей приведены в таблице 1.

Данные табл. 1 показывают, что в ряду исследованных наполнителей наименьшие размеры имеют частицы ШПф, а коэффициент их формы больше, чем у древесной муки и меньше по сравнению с ШПдп.

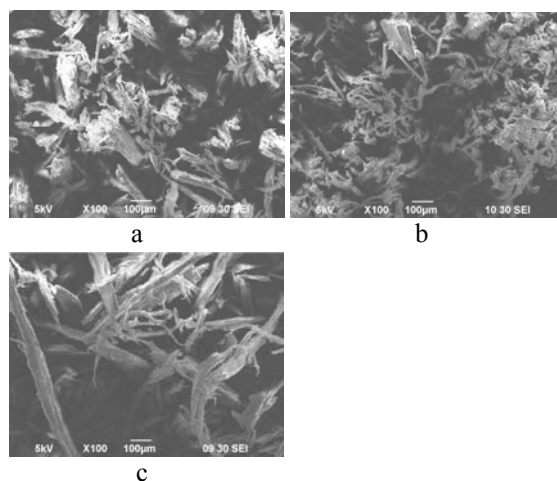


Рис. 1 – Фотографии СЭМ древесных наполнителей (x100): а – ДМ; б – ШПф; в – ШПдп

Таблица 1 – Характеристика древесных наполнителей

Параметр	ДМ	ШПф	ШПдп
Породный состав древесины (массовая доля основной породы)	Сосна (≥ 95 %)	Берёза (100 %)	Смесь лиственных и хвойных пород (50:50)
Цвет	Светло-коричневый	Белый	Светло-коричневый
Абсолютная влажность, %	8,0	6,4	5,0
Массовая доля остатка, %, на сетке:			
025	0	74,2	51,4
018	1,1	23,6	31,6
0125	15,0	0,1	11,3
Массовая доля золы, %	0,60	0,42	1,05
Средние арифметические значения ($n = 50$) линейных размеров древесных частиц, мкм:			
длина	211	152	386
ширина	52	33	59
Коэффициент формы [1]	4,1	4,6	6,6

Фотографии наполнителей (рис. 1) свидетельствуют о различии поверхности древесных частиц наполнителей. Среди частиц ШПдп значительно меньше доля частиц разделяющихся на волокна, по сравнению с ДМ и ШПф.

Для оценки технологических свойств ДПС со шлифовальной пылью были изучены её реологические свойства при температуре 190 °С и нагрузках от 19 до 206 Н.

Зависимости десятичных логарифмов сдвиговой вязкости смесей (η , Па·с) от десятичных логарифмов скорости сдвига ($\dot{\gamma}$, с⁻¹) при температуре 190 °С хорошо описываются (с коэффициентом аппроксимации R^2) следующими линейными уравнениями:

$$\log \eta_{\text{ДМ}} = 2,2025 - \log \dot{\gamma} (R^2 = 1,0)$$

$$\log \eta_{\text{ШПф}} = 1,3726 - 0,9472 \log \dot{\gamma} (R^2 = 0,99)$$

$$\log \eta_{\text{ШПдп}} = 2,2374 - \log \dot{\gamma} (R^2 = 0,99)$$

Из этих уравнений следует, что исследованные ДПС следует относить по реологическим свойствам к неньютоновским жидкостям. При этом ДПС с ШПф имеет наименьшее значение сдвиговой вязкости по сравнению со смесями с ДМ и ШПдп.

Средние арифметические результаты измерений свойств полученных ДПКт показали следующее (табл. 2).

Таблица 2 – Физико-механические свойства ДПКт

Показатели свойств	Наполнитель		
	ДМ	ШПф	ШПдп
Плотность, кг/м ³	1062	1104	1047
Предел прочности при растяжении (σ_p), МПа	11,9	15,2	12,0
Предел прочности при изгибе (σ_u), МПа	23,3	35,9	22,3
Контактный модуль упругости (КМУ), МПа	785	538	949
Относительное удлинение (E), %	2	3	4
Твердость по Бринеллю (H_B), МПа	85	56	75
Ударная вязкость, кДж/м ² : без надреза (a)	4,8	6,7	3,4
с надрезом (a_n)	4,2	5,8	3,4
Водопоглощение за 24 ч, %	5,6	3,8	4,9

Из данных табл. 2 следует, что ДПКт с наполнителем ШПдп не уступает, по большинству свойств известному композиту с хвойной древесной мукой, а ДПКт с ШПф заметно превосходит этот

композит по показателям прочности при изгибе и растяжении, ударной вязкости, водопоглощению. Учитывая более высокую плотность ДПКт с ШПф и геометрические размеры наполнителя можно предположить, что хорошие свойства этого композита связаны с лучшим распределением наполнителя в полимерной матрице и такими показателями физических свойств древесины берёзы, по сравнению с древесиной сосны и ели, как плотность и предельное водопоглощение [6].

Заключение

Полученные результаты исследований показали, что возможна замена в составе ДПКт с полиэтиленовой матрицей хвойной древесной муки марки 180 на древесную шлифовальную пыль ШПф и ШПдп. При этом не происходит ухудшения большинства показателей свойств композитов. Композит со шлифовальной пылью фанеры по прочностным показателям и водопоглощению за 24 часа превосходит ДПКт с древесной мукой.

Литература

1. А. А. Клёсов, *Древесно-полимерные композиты*. Научные основы и технологии, СПб, 2010. 736 с.
2. Спиглазов А.В., Ставров В.П. Влияние размеров древесных частиц и степени наполнения на текучесть композиций с термопластичными полимерными матрицами // Пластические массы. 2004. №12. С. 50–52.
3. Stavrov V. P., Spiglazov A. V., Sviridenok A. I. Rheological parameters of molding thermoplastic composites high-filled with wood particles // Int. J. Appl. Mech. and Eng. 2007. V. 12. No 2. P. 527-536.
4. Пат. 6939496 USA. 2005.
5. Сафин Р.Г., Игнатъева Г.И., Галиев И.М. Исследование высоконаполненных древесно-полимерных композиционных материалов, получаемых экструзионным методом // Вестник Казан. технол. ун-та. 2012. Т. 15. № 17. С. 87-88.
6. Боровиков А.М., Уголев Б.Н. *Справочник по древесине*. Лесная пром-ть, М., 1989. 296 с.

© **В. В. Глухих** – д-р техн. наук, проф. каф. технологии переработки пластических масс Уральского госуд. лесотехнического ун-та, vvg@usfeu.ru; **Н. М. Мухин** – канд. техн. наук, доц. той же кафедры, nik_muchin@mail.ru; **А. Е. Шкуро** – канд. техн. наук, доц. той же кафедры; **М. А. Наронская** – магистрант той же кафедры; **Е. С. Синегубова** – канд. техн. наук, доц. каф. инновационных технологий, оборудования деревообработки Уральского госуд. лесотехнического ун-та; **И. Г. Григоров** – канд. хим. наук, вед. науч. сотр. ИХТТ УрО РАН, grigorov@ihim.uran.ru; **О. В. Стоянов** – д-р техн. наук, проф., зав. каф. технологии пластических масс КНИТУ.