

Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2024. С. 134–140.
Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2024. P. 134–140.

Научная статья
УДК 678

ДРЕВЕСНЫЕ ПЛАСТИКИ НА ОСНОВЕ МЕТИЛЕНДИФЕНИЛДИИЗОЦИАНАТА И КАСТОРОВОГО МАСЛА

Дарья Валерьевна Захарова¹, Александрина Александровна Пахолко²,
Афанасий Андреевич Протазанов³, Алексей Евгеньевич Шкуро⁴

^{1, 2, 3, 4} Уральский государственный лесотехнический университет,

Екатеринбург, Россия

¹ dariyazharova9@gmail.com

² paholkoaleksandrina@gmail.com

³ protazanovaa@m.usfeu.ru

⁴ shkuruae@m.usfeu.ru

Аннотация. Истощение запасов нефти и проблемы с переработкой полимерных отходов стимулируют переход к использованию возобновляемых ресурсов в производстве полимеров. Особое внимание уделяется применению возобновляемых источников при получении полиуретанов и композиционных материалов на их основе. Полиуретаны – это материалы, которые обладают уникальным сочетанием свойств. Прогресс в области производства полиуретанов особенно заметен в использовании полиолов природного происхождения. К природным полиолам относится целлюлоза. Древесина содержит большое количество целлюлозы и лигнина, который также имеет значительное количество гидроксильных групп. Целью данного исследования было оценить влияние содержания древесной муки на твердость композитов, изготовленных из метилендифенилдиизоцианата и касторового масла.

Ключевые слова: древесные композиты, твердость по Шору, полиуретан, изоцианат, древесная мука, касторовое масло

Для цитирования: Древесные пластики на основе метилендифенилдиизоцианата и касторового масла / Д. В. Захарова, А. А. Пахолко, А. А. Протазанов, А. Е. Шкуро // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. Екатеринбург, 2024. С. 134–140.

Original article

WOOD PLASTICS BASED ON METHYLENE DIPHENYL DIISOCYANATE AND CASTOR OIL

**Daria V. Zakharova¹, Alexandrina A. Pakholko²,
Afanasy A. Protazanov³, Alexey E. Shkuro⁴**

^{1, 2, 3, 4} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ dariyaxarova9@gmail.com

² paholkoaleksandrina@gmail.com

³ protazanovaa@m.usfeu.ru

⁴ shkuruae@m.usfeu.ru

Abstract. Depletion of oil reserves and problems with processing polymer waste are stimulating the transition to the use of renewable resources in polymer production. Particular attention is paid to the use of renewable sources in the production of polyurethanes and composite materials based on them. Polyurethanes are materials that have a unique combination of properties. Progress in the production of polyurethanes is especially noticeable in the use of polyols of natural origin. Natural polyols include cellulose. Wood contains large amounts of cellulose and lignin, which also has a significant number of hydroxyl groups. The purpose of this study was to evaluate the effect of wood flour content on the hardness of composites made from methylene diphenyl diisocyanate and castor oil.

Keywords: wood composites, Shore hardness, polyurethane, isocyanate, wood flour, castor oil

For citation: Wood plastics based on methylene diphenyl diisocyanate and castor oil / D. V. Zakharova, A. A. Pakholko, A. A. Protazanov, A. E. Shkuro // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. Yekaterinburg, 2024. P. 134–140.

Сегодня большинство полимеров получают из нефтехимического сырья. Истощение запасов нефти и проблемы с утилизацией полимерных отходов приводят к необходимости использования возобновляемых ресурсов в производстве полимеров. Ресурсы растительного происхождения могут стать эффективной заменой нефтяному сырью. Большой интерес вызывает применение возобновляемых ресурсов при получении полиуретанов и композиционных материалов на их основе [1].

Полиуретаны представляют собой материалы с уникальным сочетанием свойств. Общая схема получения полиуретана представлена на рис. 1. Полиуретаны широко применяются во многих отраслях промышленности,

начиная от автомобильной и заканчивая медицинской. Возможность модификации полиуретанов позволяет создавать материалы с разнообразными свойствами и адаптировать их к различным условиям эксплуатации [2].

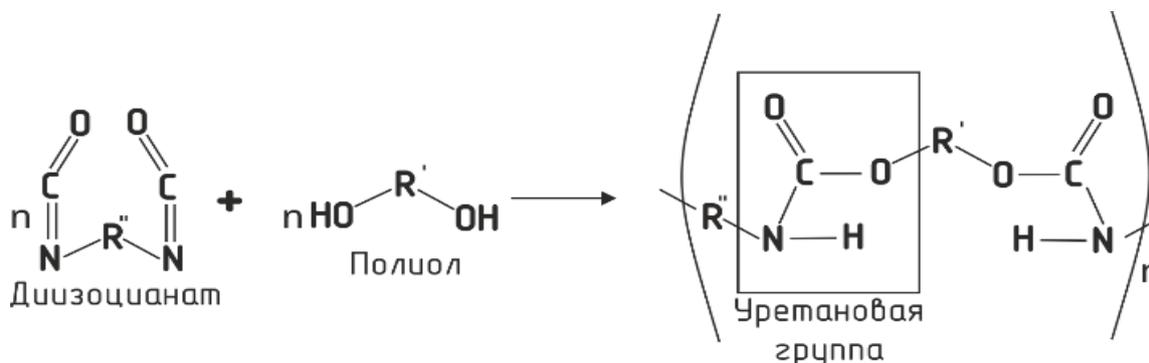


Рис. 1. Схема синтеза полиуретана

Прогресс в области производства ПУ ярко проявляется в использовании биологически совместимых полиолов. К природным полиолам можно отнести целлюлозу – самый распространенный полимерный материал в мире. Вследствие широкой доступности целлюлозы, большой длины цепи макромолекул и высоких физико-механических свойств этот природный полимер представляется перспективной заменой синтетических полиолов при получении полиуретанов и композитов на их основе. Древесина содержит большое количество целлюлозы (до 40 масс. %) и лигнина, также имеющего в составе значительное количество гидроксильных групп, способных вступать в реакцию с изоцианатами. Целью настоящего исследования являлось получение серии образцов композитов на основе древесной муки, метилendifенилдиизоцианата и касторового масла, а также оценка влияния содержания древесной муки на твердость материала.

Для получения композитов были использованы следующие компоненты: метилendifенилдиизоцианата (МДИ) марки Wannate 8310, касторовое масло (КМ, ГОСТ 32852–2014), древесная мука (ДМ) марки 180 (ГОСТ 16361–87). Структурные формулы основных действующих веществ использованных компонентов показаны на рис. 2–4.

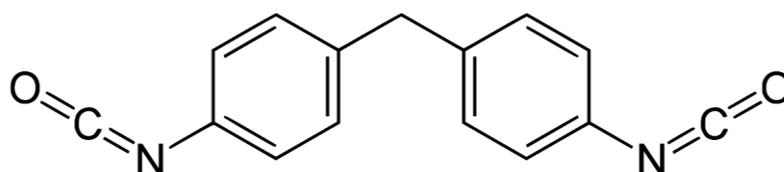


Рис. 2. Структурная формула МДИ

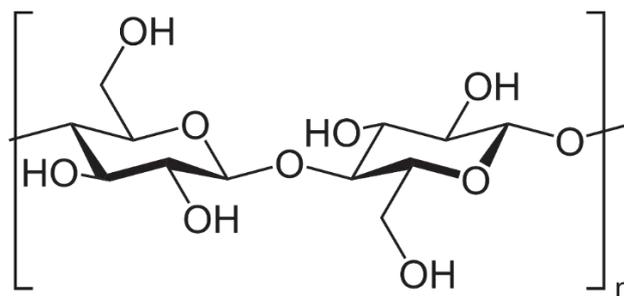


Рис. 3. Структурная формула целлюлозы

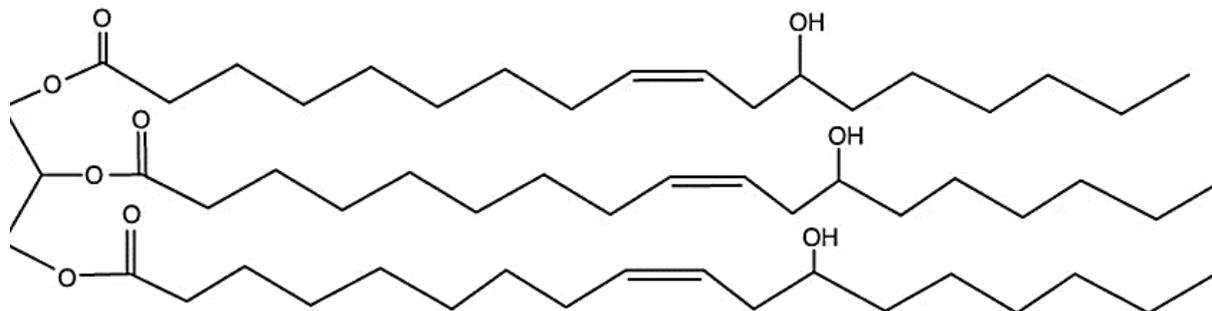


Рис. 4. Структурная формула основного компонента касторового масла (триглицерида рицинолевой кислоты)

Рецептуры композитов приводятся в таблице. Компоненты смешивались до однородного состояния в пластиковой таре, затем смесь переносили в картонный контейнер и отверждали в сушильном шкафу при температуре 130 °С в течение 30 мин. После отверждения образцы композитов кондиционировались в течение суток при комнатной температуре, а затем для каждого образца определяли показатель твердости по Шору (шкала А, ГОСТ 24621–2015).

Рецептуры исследованных композитов

№ Образца	Содержание компонента, масс. %		
	МДИ	КМ	ДМ
1	50,0	50,0	0,0
2	47,6	47,6	5,2
3	45,2	45,2	10,0
4	42,4	42,4	15,2

На рис. 5 показан внешний вид отвержденных композитов на основе ТДИ, касторового масла и древесной муки. Очевидно, что в процессе отверждения образцов имело место вспенивание композиционного материала, связанное с протеканием конкурирующей реакции поликонденсации

На рис. 7 представлены результаты определения твердости образцов композитов на основе МДИ, касторового масла и древесной муки. При введении небольшого количества древесной муки наблюдается незначительное снижение твердости композиции. Увеличение содержания ДМ выше 5 масс. % приводит к росту твердости материала. Наблюдаемую экстремальную зависимость можно описать уравнением вида $y = 0,11x^2 - 1,12x + 27,54$ с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,9996$, говорящем о высокой точности предлагаемой модели. Увеличение твердости наполненных полиуретанов объясняется высокой твердостью древесины, реакцией МДИ с гидроксильными группами лигнина и целлюлозы и присутствием воды в древесной муке, которая также реагирует с МДИ и приводит к образованию полимочевины.

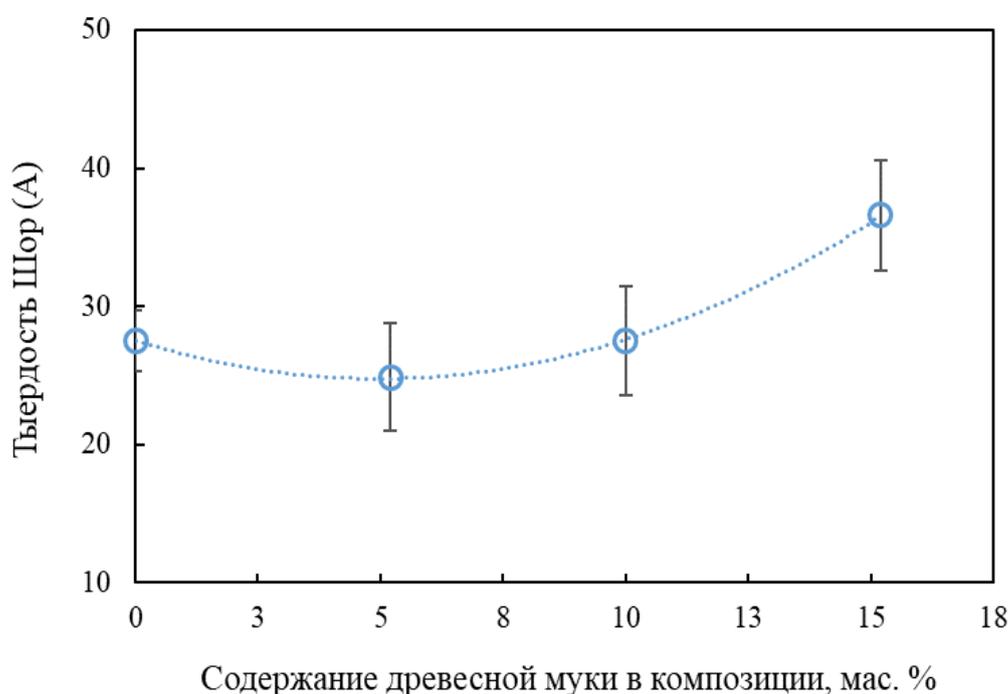


Рис. 7. График зависимости между величиной твердости по Шору (шкала А) от содержания древесной муки в композите

Скорость и полноту реакции МДИ с древесным наполнителем ограничивает агрегатное состояние последнего: реакция идет только на поверхности древесных частиц, а вязкость композиции по мере наполнения древесной мукой возрастает очень резко. Касторовое масло выступает в данной реакции в качестве активного разбавителя, однако вязкость связующего слишком велика, чтобы проникнуть достаточно глубоко в структуру древесных частиц. Поэтому для получения композитов с более высокими физико-механическими характеристиками в качестве полиольного компонента полиуретановых композиций рекомендуется использование эфиоцеллюлозных лаков.

Список источников

1. Получение, свойства и применение полиуретанов, модифицированных добавками растительного происхождения (обзор) / А. Е. Шкуро, А. А. Протазанов, И. Г. Первова [и др.] // Вестник Технологического университета. 2024. Т. 27, № 5. С. 105–111.

2. Булатов Г. А. Полиуретаны в современной технике. М. : Машиностроение, 1983. 272 с.

References

1. Preparation, properties and application of polyurethanes modified with additives of plant origin (review) / A. E. Shkuro, A. A. Protazanov, I. G. Pervova [and others] // Bulletin of the Technological University. 2024. Vol. 27, No. 5. P. 105–111.

2. Bulatov G. A. Polyurethanes in modern technology. M. : Mashinostroenie, 1983. 272 p.