

Научная статья  
УДК 624.011.1

## НАПОЛНИТЕЛИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СВОЙСТВА КЛЕЕВЫХ СИСТЕМ

Олег Николаевич Чернышев<sup>1</sup>, Елена Семеновна Синегубова<sup>2</sup>, Самал Муратбековна Иржигитова<sup>3</sup>, Александра Андреевна Артюшина<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> chernyshevon@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> sinegubovaes@m.usfeu.ru

<sup>3</sup> irzhigitova99@inbox.ru

<sup>4</sup> artyushina.alex@mail.ru

**Аннотация.** В статье описано влияние различных наполнителей на свойства адгезивных систем, в том числе фенолрезорциноловых смол. Установлена эффективность использования специального порошка в составе резорцино-формальдегидных клеевых систем при изготовлении клеевых деревянных конструкций. Для получения порошка использовались измельченные кусковые обрезки фанеры.

**Ключевые слова:** клеевая система с наполнителями, клеи, прочность склеивания, усадка, внутренние напряжения при отверждении, резорцино-формальдегидная клеевая система, отходы при резке фанеры

**Для цитирования:** Наполнители и их влияние на свойства клеевых систем / О. Н. Чернышев, Е. С. Синегубова, С. М. Иржигитова, А. А. Артюшина // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 80–84.

Scientific article

## FILLERS AND THEIR INFLUENCE ON THE PROPERTIES OF ADHESIVE SYSTEMS

Oleg N. Chernyshev<sup>1</sup>, Elena S. Sinegubova<sup>2</sup>, Samal M. Irzhigitova<sup>3</sup>,  
Alexandra A. Artyushina<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> chernyshevon@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> sinegubovaes@m.usfeu.ru

<sup>3</sup> irzhigitova99@inbox.ru

<sup>4</sup> artyushina.alex@mail.ru

**Abstract.** The article describes the effect of various fillers on the adhesive systems properties, including phenol-resorcinol resins. The potency and power of using a special powder in the composition of resorcin-formaldehyde adhesive systems in the manufacture of glued wooden structures has been established. Crushed lumpy plywood scraps were used to obtain the powder.

**Keywords:** fillers adhesive system, adhesives, bonding strength, shrinkage, internal stresses during curing, resorcin-formaldehyde adhesive system, the waste when cutting plywood

**For citation:** Fillers and their influence on the properties of adhesive systems / O. N. Chernyshev, E. S. Sinegubova, S. M. Irzhigitova, A. A. Artyushina // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 80–84.

Наполнителями для полимерных композиционных материалов могут служить практически все существующие в природе и созданные человеком материалы, в том числе и сами полимеры, после придания им определенной формы или размеров: в виде сфер, порошков с нерегулярной формой частиц, чешуек, волокон и т. п., распределенных различным образом и в различных соотношениях с полимерной матрицей.

Наполнители вводят в состав клея для придания ему новых физико-механических и технологических свойств. Для наполнения резорциновых клеев используются твердые дисперсные материалы, различные по форме, структуре, природе, свойствам поверхности и способу получения [1].

Много исследований посвящено вопросам выбора наполнителей и влияния их на свойства клеев и клеевых соединений. Для наполнения клеев используется широкий ряд твердых дисперсных материалов органического и минерального происхождения: древесная мука, целлюлоза, крахмал, мука из скорлупы орехов и фруктовых косточек, каолин, тальк, мел, асбест, графит и др. При этом регулируется вязкость клея, изменяется величина модуля упругости, усадки клея, глубина его проникновения в древесину, достигается равномерное распределение напряжений в клеевом слое и уменьшается влияние изменения толщины клеевого слоя на прочность клеевого соединения.

Наилучшими условиями для получения наполненного полимера с оптимальными физико-механическими свойствами является взаимодействие поверхности наполнителя с полимерными молекулами с образованием химических связей. Гидроксильные группы, содержащиеся на поверхностях минеральных наполнителей, могут вступать в реакции с компонентами резорциновых смол.

Большая роль в формировании свойств наполненных полимеров отводится водородным связям, возникающим между поверхностью наполнителя и полимером, что приводит к ограничению подвижности отдельных участков полимерной цепи, которые препятствуют деформируемости клеевого шва.

При введении в адгезив наполнителя на прочность склеивания могут оказывать влияние следующие факторы: адсорбция на поверхности наполнителя низкомолекулярных фракций адгезива; вытеснение на границу раздела адгезив – субстрат низкомолекулярных или ограниченно совместимых с полимером фракций; уменьшение эффективной толщины клеевого слоя; структурирование полимера; снижение внутренних напряжений или более равномерное распределение их в клеевых слоях; увеличение скорости термоокислительных процессов в полимере в зоне адгезионного контакта; способность адгезива смачивать частицы наполнителя, которая зависит от характера взаимодействия полимерной среды с активными центрами поверхности твердой фазы.

Снижение внутренних напряжений при введении в клей наполнителя достигается за счет возникновения вокруг отдельных частиц наполнителя местных внутренних напряжений, направленных в разные стороны. Это приводит к тому, что суммарные напряжения будут ослаблены. Кроме того, обладая большой свободной поверхностью, наполнители вступают в контакт с функциональными группами полимеров. При этом появляются силы адгезии, обеспечивающие прочное соединение зерен наполнителя с полимером.

Анализ данных о характере структурообразования в полимерах в присутствии наполнителей различной химической природы и состава поверхности свидетельствует о том, что наполнитель может проявлять активность или быть инертным. Понятие «активный наполнитель» относительно, так как, улучшая какое-либо одно свойство клея, он может ухудшать другие его свойства.

Упрочнение полимеров вызывается развитием коагуляционных сетчато-цепочечных структур, образованных сцеплением частиц наполнителя через тонкие прослойки смолы между ними [2]. Решающее значение при этом имеет дисперсность наполнителя, которая определяет число возможных контактов вторичной структуры, количество полимера, переведенного в адсорбционное ориентированное состояние, а также толщину упрочненных стенок полимера на поверхности наполнителя.

Необходимо учитывать следующие факторы, влияющие на свойства клеевых систем – химическую природу полимера и наполнителя, фазовое состояние полимера, его адгезию к поверхности, условия формирования системы, характер обработки поверхности наполнителя и его распределение в массе, когезионную прочность системы, способность надмолекулярного структурообразования, вероятность образования межчастичных контактов и т. д. [3].

В нашей стране в качестве эффективного наполнителя, снижающего усадку и повышающего прочность клеевых слоев, можно выделить гидролизный лигнин. Добавка лигнина в алкилрезорциновый клей повышает прочность клеевых соединений на 10–12 % и снижает усадку примерно в 1,6 раза. Большим достоинством клея, наполненного лигнином, является то,

что он хорошо заполняет неровности, вызванные погрешностями при фрезеровании пиломатериалов из-за изношенности некоторых станков и дефектов режущего инструмента. К недостаткам применения можно отнести уменьшение жизнеспособности клея примерно в 2–2,5 раза.

Большой интерес представляет введение в качестве наполнителя для фенолорезорциновых клеев жидкого тиокола НВБ-2, положительно влияющего на адгезионные и когезионные свойства клеев. Применение данного наполнителя значительно увеличивает вязкость и стоимость клея. Следует также отметить высокую дефицитность тиокола.

Особый интерес представляют исследования, направленные на изучение влияния древесной муки на свойства фенолоформальдегидных и фенолорезорциновых смол, а также клеевых соединений на их основе. Установлено, что при введении наполнителя рост внутренних напряжений в клеевом слое замедляется в 3–7 раз и появляется возможность использовать наполненные клеи в условиях утолщенных клеевых слоев [4].

Древесная мука распределяется в клее менее равномерно, чем минеральные наполнители. Введение древесной муки свыше 5 % ведет к значительному повышению вязкости и снижению жизнеспособности наполненного клея.

В зарубежной практике для наполнения резорциновых и фенолорезорциновых клеев используют асбест и муку из скорлупы грецких орехов. Данные клеевые системы могут быть применены для изготовления конструкций из нефрезерованных досок, при склеивании которых образуются участки с утолщенными клеевыми слоями (0,5–1,6 мм). Однако мука из скорлупы орехов дефицитна, ее получение связано с большими трудозатратами, что ведет к удорожанию клея, а применение асбеста ведет к резкому повышению вязкости клея и снижению износостойкости режущего инструмента.

Процесс наполнения резорциновых смол изучен недостаточно и требует проведения дополнительных исследований.

Учитывая это обстоятельство, в УГЛТУ на кафедре МОД проведен поиск эффективных наполнителей для уменьшения усадки и внутренних напряжений при отверждении резорцино-формальдегидных клеевых систем. При изготовлении фанеры выгруженную из клейильного пресса продукцию охлаждают и затем обрезают. Обрезка кромок фанеры необходима для выравнивания кромок, которые должны быть прямолинейными, без бахромы. Должны быть также обеспечены прямоугльность углов и правильные размеры сторон листов с отклонением не более  $\pm 4-5$  мм. Данную операцию выполняют на круглопильных станках, имеющих от одной до четырех пил. Количество отходов, образующихся при обрезке фанеры, составляет 4–6 % от сырья, или 10–12 % объема чистообрезной продукции. Количество отходов при переобрезе листов – 1–4 % объема фанеры [5].

В результате предложено вводить в клей порошок, получаемый путем измельчения кусковых отходов, образующихся при обрезке фанеры.

Предварительными экспериментами установлена возможность применения данного наполнителя в составе резорцино-формальдегидных клеевых систем для склеивания ламелей при изготовлении клеевых деревянных конструкций.

### Список источников

1. Иржигитова С. М., Яцун И. В., Чернышев О. Н. Влияние наполнителей на свойства клеев при изготовлении клеевых деревянных конструкций // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : матер. XIX Всерос. (нац.) науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. Екатеринбург, 2023. С. 412–416.
2. Ковальчук Л. М. Производство деревянных клеевых конструкций. М. : Лесная промышленность, 1979. 216 с.
3. Лукаш А. А. Технология клеевых материалов. СПб. : Лань, 2014. 144 с.
4. Фрейдин А. С., Гриб А. Е. Синтетические клеи для панельного домостроения и клеевых деревянных конструкций : обзор. информ. М. : ВНИПИ-ЭИлеспром, 1980. 40 с.
5. Справочник по фанерному производству / под ред. Н. В. Качалина ; А. А. Веселов, Л. Г. Галюк, Ю. Г. Доронин [и др.]. М. : Лесная промышленность, 1984. 432 с.

### References

1. Irzhigitova S. M., Yatsun I. V., Chernyshev O. N. Influence of fillers on the properties of adhesives in the manufacture of glued wooden structures // Scientific work of the youth-forest complex of Russia: materials of the XIX All-Russian (national) scientific and technical conference of students and graduate students. Yekaterinburg, 2023. P. 412–416. (in Russ.)
2. Kovalchuk L. M. Production of wooden glued structures. Moscow : Lesnaya promyshlennost', 1979. 216 p.
3. Lukash A. A. Technology of glued materials. St. Petersburg : Lan publishing house, 2014. 144 p.
4. Freidin A. S., Grib A. E. Synthetic adhesives for panel housing construction and glued wooden structures: review information. Moscow : VNIPIEIllesprom, 1980. 40 p.
5. Handbook of plywood production / ed. N. V. Kachalina; A. A. Veselov, L. G. Galyuk, Yu. G. Doronin [et al.]. Moscow : Forest industry, 1984. 432 p.