

УДК 630.824.831

UDC 630.824.831

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТОДОМ МИКРОТОМОГРАФИИ

INVESTIGATION OF THE STRUCTURE OF ADHESIVE JOINTS WITH A MICROTOMOGRAPHY METHOD

Чаузов Кирилл Владимирович
аспирант
tschauzovkirill@mail.ru

Chauzov Kirill Vladimirovich
postgraduate student
tschauzovkirill@mail.ru

Тамби Александр Алексеевич
к.т.н., доцент
a_tambi@mail.ru
ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», Санкт-Петербург, Россия

Tambi Alexander Alekseevich
Cand.Tech.Sci., associate professor
a_tambi@mail.ru
FGBOU VPO "St. Petersburg State forest technical university named after S.M. Kirov", St. Petersburg, Russia

В статье приведен сравнительный анализ двух методов оценки структуры клеевого соединения: оптической микроскопией и микротомографией. Приведен сравнительный анализ точности измерения, построены графики толщины клеевого соединения. Определена глубина проникновения клея в древесину. Изучена структура клеевого соединения для двух типов связующих

The article provides a comparative analysis of two methods for assessing the structure of adhesive joint: optical microscopy and microtomography. Comparative analysis of the accuracy of measurement was shown; we have also built the graphs of the thickness of adhesive joint. The depth of penetration adhesive into the wood was determined. The structure of adhesive joint for two types of binders was studied

Ключевые слова: СКЛЕИВАНИЕ, КЛЕЕВОЕ СОЕДИНЕНИЕ, МЕЛАМИН, МИКРОТОМОГРАФИЯ, АДГЕЗИЯ, ШУНГИТ.

Keywords: GLUING, ADHESIVE JOINTS, MELAMINE, MICROTOMOGRAPHY, ADHESION, SHUNGITE

Введение

В настоящее время в производстве несущих клеевых деревянных конструкций (КДК) применяются следующие виды связующих: карбамидомеламиноформальдегидные (КМФ), резорциноформальдегидные, ЭПИ (эмульсионный полимер с изоцианатным отвердителем) и полиуретановые клеевые композиции. Наибольшее распространение получили КМФ смолы и клеи на их основе, что обусловлено высокими показателями прочности и водостойкости клеевых соединений.

Общим недостатком вышеперечисленных связующих является их высокая стоимость и длительность отверждения клея, а для резорциноформальдегидных и КМФ смол наличие токсичного компонента – свободного формальдегида. Так же нельзя оставить без внимания тот факт, что большинство КМФ смол импортного происхождения. В РФ в

2013 году в городе Невинномысске было запущено первое отечественное предприятие по выпуску меламина мощностью 50 тыс. тонн в год. Однако этого объёма недостаточно для нужд деревообрабатывающей промышленности РФ. С 1 июля 2014 г. вступил в силу технический регламент Таможенного союза «О безопасности мебельной продукции», в котором устанавливаются требования по выделению свободного формальдегида в размере $0,01 \text{ мг/м}^3$. Данный регламент затрагивает не только готовую продукцию, но и синтетические смолы, которые применяются при изготовлении КДК, в том числе и меламинокарбаминоформальдегидную смолу. Таким образом, встает вопрос об импортозамещении синтетических смол, которые бы отвечали не только требованиям Таможенного союза, но и европейским (EN) и американским (ANSI) стандартам.

Разработка новых низкотоксичных клеевых композиций длительный и сложный процесс. Модифицирование уже имеющихся и запущенных в производство смол – наиболее простой, дешёвый и быстрый способ получения низкотоксичных клеящих смол.

В работе проведенной ранее [1] доказана возможность модификации КМФ смолы карбаминоформальдегидной с добавлением шунгитовых сорбентов. При этом время склеивания сокращается с 60 до 20 минут и, как следствие, снижается себестоимость готовой продукции. Показатели прочности и водостойкости клеевых соединений отвечают требованиям нормативных документов.

Древесина является капиллярно-пористым телом, для которого наиболее характерны как специфическая, так и механическая теории адгезии. Механические связи появляются в результате проникновения жидкого клея в полости древесины и перехода его в твердое состояние, т.е. имеет место так называемый эффект «гвоздевания» – механического

взаимодействия двух тел [2]. Прочностные характеристики клеевого соединения согласно механической теории адгезия определяется когезионной прочностью связующего и древесины в зоне контакта, и зависят от количества «гвоздевых» связей и их глубины.

Прочность клеевого соединения зависит от большого числа факторов, и может быть косвенно оценена толщиной клеевого слоя и его сплошностью [3].

Существующие методы оценки качества древесины и клеевых соединений, основанные на использовании оптической микроскопии позволяют оценить структуру древесины находящуюся в области клеевого соединения, толщину и сплошность клеевого слоя. Недостатком оптической микроскопии является необходимость разрушения образцов, что может привести к деформации клеевого соединения, что снижает точность получаемых результатов.

Одним из наиболее перспективных методов неразрушающего исследования материалов является томография. Современные микротомографы позволяют производить измерение размеров объекта с разрешением до 800 нм.

Целью работы является анализ структуры клеевого соединения с использованием оптической микроскопии и микротомографии.

Методика исследования

Исследования выполнены для древесины сосны. Изготовлена партия клееных 5-ти слойных брусев сечением 150x150 мм, длиной 2 метра, влажностью ламелей $10\pm 2\%$. Применяли два типа связующих: карбамидомеламиноформальдегидную смолу (КМФ) марки 1249 с отвердителем 2579 и клеевую композицию, содержащую шунгитовый

сорбент. Рецепт клеевой композиции: 70 м.ч. карбамидомеламинаформальдегидной смолы, 27 м.ч. карбамидоформальдегидной смолы марки КФ-Б, 3 м.ч. шунгитового сорбента. Режим склеивания для КМФ был выбран: давление 0,8 МПа, время выдержки 60 мин. При использовании клеевой композиции время выдержки под давлением было сокращено до 20 минут.

Для оценки сплошности и толщины клевого соединения из клееного бруска вырезались контрольные секции, содержащие клеевой слой и зону древесины, пропитанную клеем, размерами 10x10x10x мм по всей длине бруса с шагом 0,25 м. Схема раскроя представлена на рис. 1

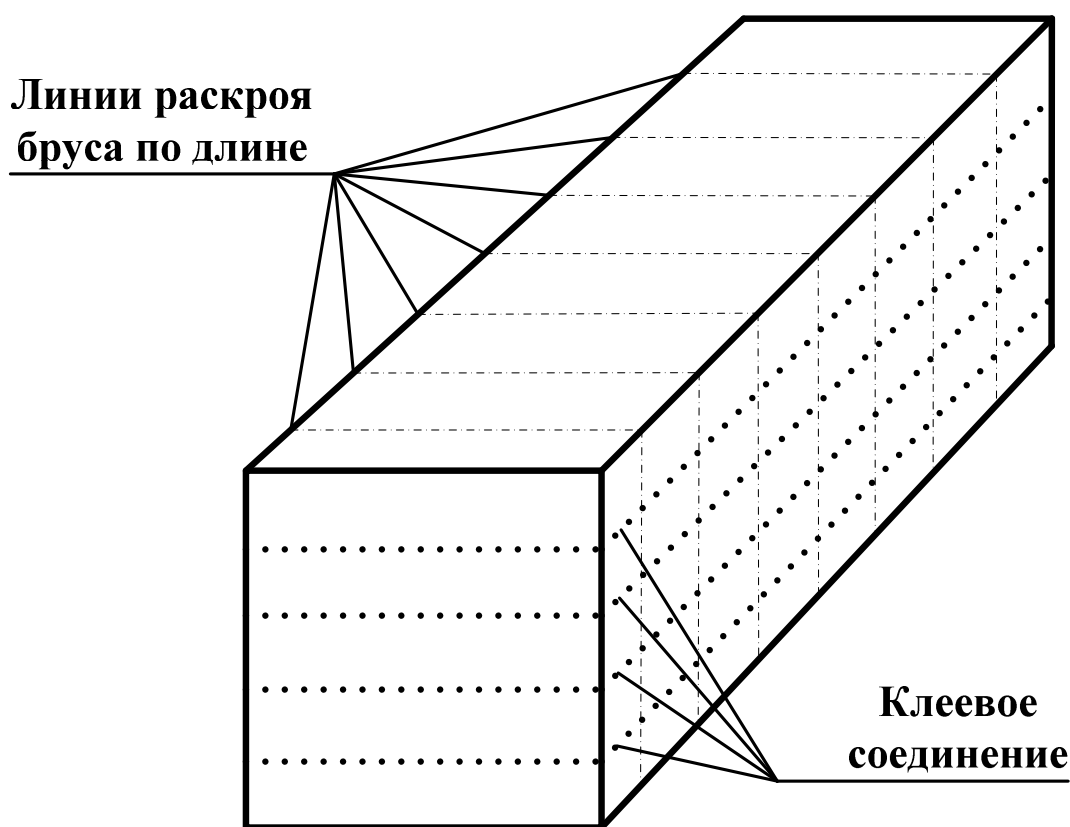


Рис 1. Схема раскроя на контрольные секции

Оценка сплошности и измерение толщины клевого соединения проводилась двумя методами: при помощи оптического микроскопа и

микротомографией. Для оценки структуры клеевого соединения методом оптической микроскопии на замораживающем микротоме МЗ-2 были изготовлены срезы толщиной 30 мкм, исследование которых осуществлялось на медицинском микроскопе МИКМЕД-6, оснащенным видеоокуляром DCM 310 с разрешающей способностью 2048x1536 пикселей.

Оценка структуры клеевого соединения методом микротомографии выполнена на томографе Sky Scan 1172 с разрешающей способностью 800 нм с обработкой результатов в программе Data Viewer. Формируемая программным комплексом объемная модель позволяет производить оценку линейных размеров клеевых соединений в задаваемых плоскостях в области 1x1x1 мм без разрушения объекта.

Результаты исследования и их анализ

На основании результатов исследований были построены графики изменения толщины клеевого слоя (рис. 2, 3).

В результате исследований установлено, что толщина клеевого соединения изменяется по длине образца в диапазоне от 65 до 132 мкм. Определено, что при содержании клеевой композицией окрашивающих пигментов, достоверная оценка толщины клеевого соединения затруднена, поскольку в процессе резания нож микротомы растирает по формируемой поверхности образца, окрашивающие пигменты, рис. 2.

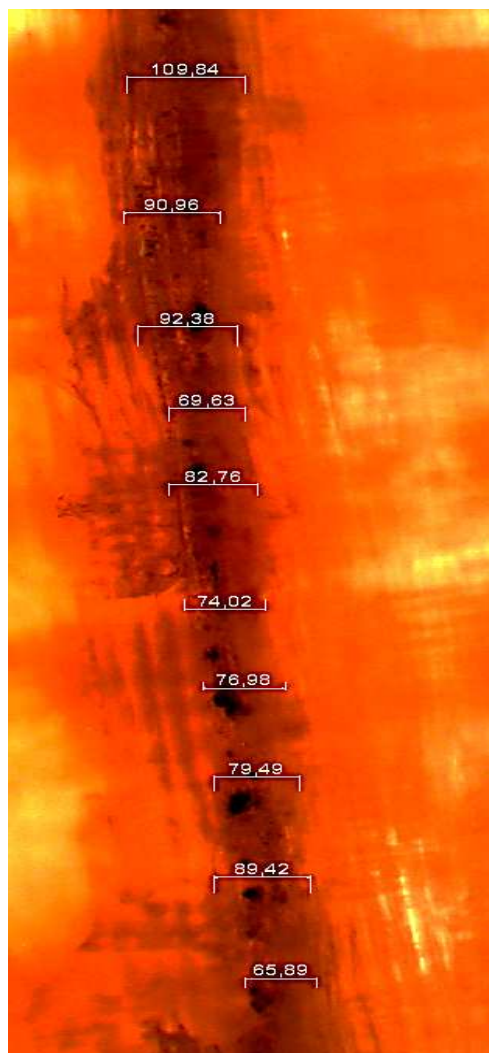
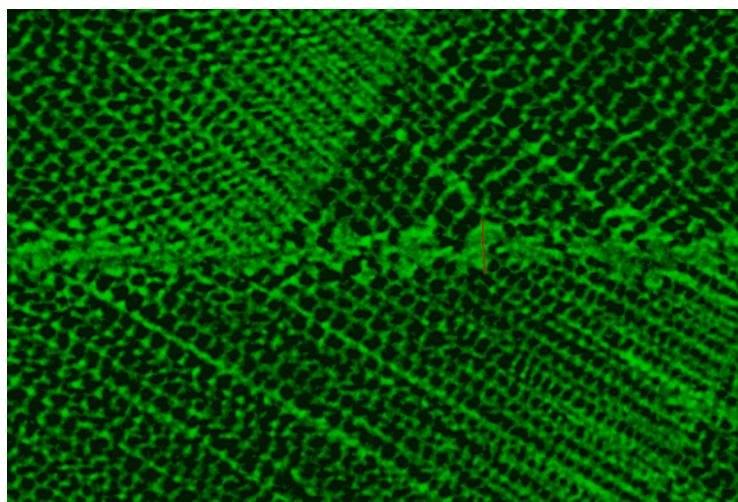


Рис 2. Микрофотография среза клеевого соединения с включением шунгитовых сорбентов

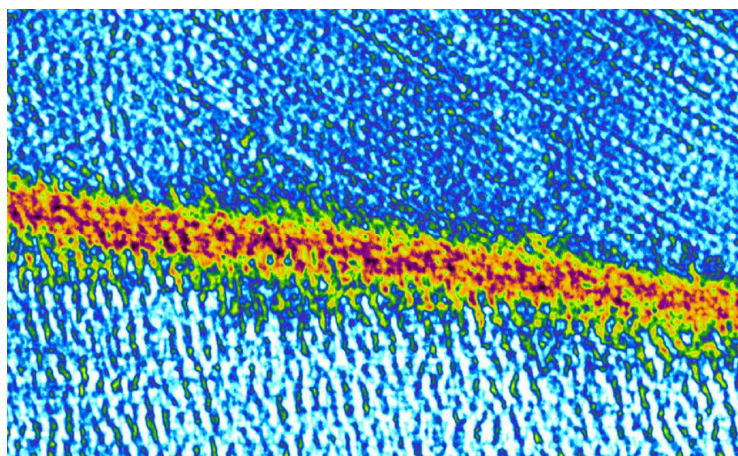
На рис.3 представлены результаты исследования структуры клеевого соединения, полученные методом микрофотографии для двух типов клеев: карбамидомеламинаформальдегидного и клеевой композиции. Метод микрофотографии позволяет выполнить оценку, как структуры, так и сплошности клеевого соединения, а также определить его толщину без разрушения образцов, что повышает достоверность получаемых данных. Из рис.3 видно, что толщина клеевого соединения различна при разном сочетании ранней и поздней (ранняя-ранняя и ранняя-поздняя) зон древесины. При этом толщина клеевого соединения для КМФ ранняя-ранняя зона древесины составляет 53-87 мкм, а толщина в области ранняя-поздняя 46-72 мкм. Различие в толщине клеевого соединения можно объяснить размерами трахеид ранней и поздней древесины, в которые проникает клей. Для клеевой композиции с шунгитовыми сорбентами толщина клеевого соединения ранней-ранней зоны древесины составляет 63-92 мкм, ранней-поздней 61-81 мкм.

Традиционно принято разделять клеевое соединение на непосредственно сам клеевой слой и зону древесины, пропитанную клеем, что доказывается анализом объемной модели клеевого соединения, представленной на рис.4. Зона древесины, пропитанная клеем представляет собой вскрытые трахеиды, полости которых заполнены клеем.

Исходя из рис. 3, 4 можно сделать вывод, что клей не заполняет смежные неповрежденные трахеиды через поры в клеточных стенках. Для оценки проникновения клея в поры древесины необходимо использование иных методов анализа с большей разрешающей способностью. Для клеевой композиции содержащей шунгитовые сорбенты, отчетливо видно, что последние расположены в полостях вскрытых трахеид.



а



б



Рис.3 Микрофотографии клеевого соединения: а) на основе КМФ; б) на основе клеевой композиции.

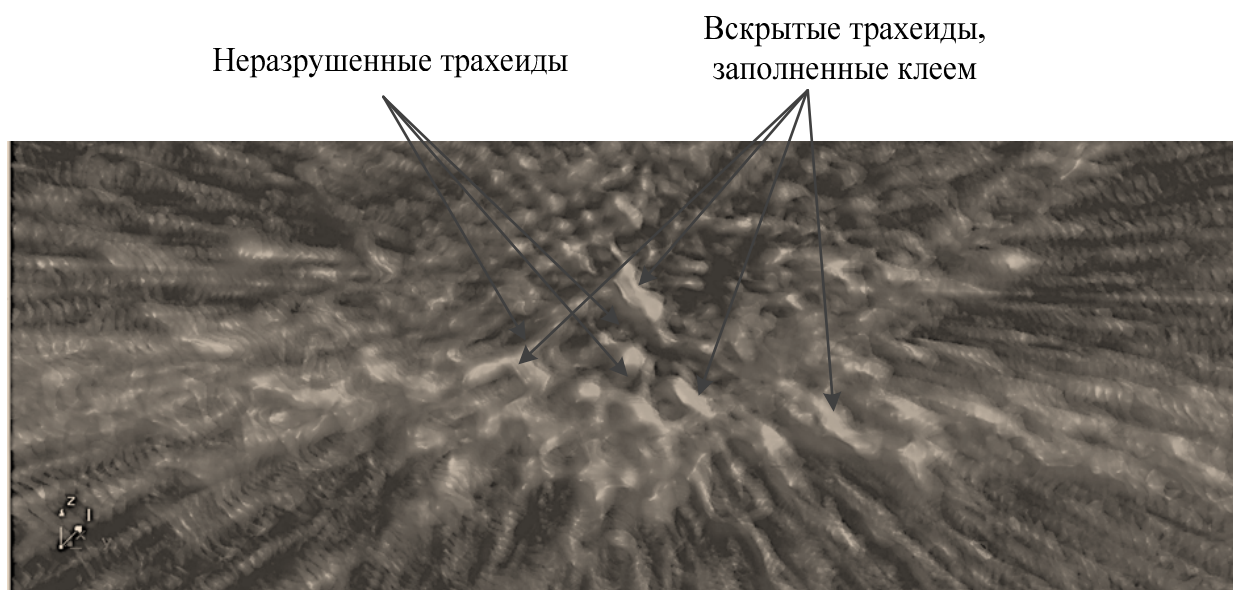


Рис.4 Объемная модель клеевого соединения.

Выводы:

1. Толщина клеевого соединения для выбранных клеев варьирует в диапазоне 46-132 мкм, что согласуется с известными данными [4]. Наибольшее влияние на глубину проникновения клея в древесину оказывает размер трахеид (ранняя и поздняя древесина), их степень деформации, а так же угол наклона волокон к клеевому слою.

2. Клей не проникает в древесине через поры в стенках в соседние неповрежденные трахеиды. Полученные результаты позволяют предположить, что толщина клеевого соединения будет складываться из толщины самого клеевого слоя плюс два диаметра трахеид.

Библиографический список

1. Chauzov K., Varankina G., Tambi A. Investigation on gluing larch wood by modified glue// 9th International Scientific Conference on Production Engineering RIM 2013.: Budva, Crna Gora 737-741p.
2. Чубинский А.Н., Сергеевичев В.В. Моделирование процессов склеивания древесных материалов. СПб.: Герда, 2007 – 187 с.
3. А.Н. Чубинский, А.А. Тамби Метод контроля клеевых соединений в процессе производства клеевых брусков из цельной древесины//Известия Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии им. С.М. Кирова - СПб.:СПбГЛТА, 2008. Вып. 185, 208 - 213 с.

4. Чубинский А.Н. Блыскова Г. Микроскопическое исследование фанеры в области клеевого слоя//Лесной журнал 1987г, №1 с 122-124.
5. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения. – 4-е изд. – М.: МГУЛ, 2007-340 с.
6. Варанкина Г.С., Чубинский А.Н. Формирование низкотоксичных клееных древесных материалов. СПб.: СПбГЛТУ, 2014 -148с.

References

1. Chauzov K.,Varankina G., Tambi A. Investigation on gluing larch wood by modified glue// 9th International Scientific Conference on Production Engineering RIM 2013.: Budva, Crna Gora 737-741p.
2. Chubinskij A.N., Sergeevichev V.V. Modelirovanie processov skleivaniya drevesnyh materialov. SPb.: Gerda, 2007 – 187 p.
3. A.N. Chubinskij, A.A. Tambi Metod kontrolja kleevyh soedinenij v processe proizvodstva kleenyh bruskov iz cel'noj drevesiny//Izvestija Sankt-Peterburgskoj gosudarstvennoj lesotekhnicheskoy akademii im. S.M. Kirova - SPb.:SPbGLTA, 2008. Vyp. 185, 208 - 213 pp.
4. Chubinskij A.N. Blyskova G. Mikroskopicheskoe issledovanie fanery v oblasti kleevogo sloja//Lesnoj zhurnal 1987g, №1 pp 122-124.
5. Ugolev B.N. Drevesinovedenie s osnovami lesnogo tovarovedeniya. – 4-th izd. – М.: MGUL, 2007-340 p.
6. Varankina G.S., Chubinskij A.N. Formirovanie nizkotoksichnyh kleenyh drevesnyh materialov. SPb.: SPbGLTU, 2014 -148 p.