

УДК 674.028

К СОЗДАНИЮ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДРЕВЕСИНЫ С  
УЛУЧШЕННЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Попов В.М., Лушникова Е.Н, Тиньков А.А., Андрейщева И.С.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный  
лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»

Email: [lat-07@mail.ru](mailto:lat-07@mail.ru)

**Аннотация:** Предлагается метод влияния комбинированного физического поля на функциональные свойства клеевых соединений древесины с целью получения продукции повышенного качества.

**Ключевые слова:** комбинированное поле, функциональные свойства, клеевое соединение, прочность, внутренние напряжения, краевой угол смачивания.

FOR THE CREATION OF ADHESIVE COMPOUNDS  
OF WOOD WITH IMPROVED FUNCTIONAL PROPERTIES

Popov V.M., Lushnikova E.N., Tinkov A.A., Andreischeva I.S.

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Voronezh State  
University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov"

**Summary:** A method is proposed for the influence of a combined physical field on the functional properties of adhesive wood compounds in order to obtain products of enhanced quality.

**Keywords:** combined field, functional properties, adhesive bonding, strength, internal stresses, wetting angle.

В последнее время на современных деревообрабатывающих предприятиях для соединения отдельных деталей широко применяется склеивание с помощью полимерных клеев [1, 2]. Процесс склеивания применяется при производстве мебели, фанеры, щитового паркета, в сборном домостроении. Известно [3, 4], что основным критерием качества клееной древесины является прочность клеевых соединений. Для создания прочных клеевых соединений древесины постоянно совершенствуются технологии склеивания, создаются новые клеи с более высокими клеящими характеристиками. Вместе с тем перечисленные мероприятия дают незначительный эффект по повышению прочности клееной древесины.

Более эффективными представляются способы, в основу которых заложены

жен эффект от воздействия на полимерную основу клеев физическими полями [5]. Так, достаточно эффективным показал себя прием по обработке клея магнитным или электрическим полем [6]. Как свидетельствуют результаты микроструктурного анализа обработанных в постоянном магнитном поле клеев марки КФ-Ж и ПВА, прослеживается упорядочение составляющих структуру звеньев полимерной основы клеев. Такая перестройка структуры модифицированных клеев сопровождается повышением когезионной прочности клеевого шва [7]. При магнитной обработке клеев в постоянном магнитном поле на запатентованной установке [8] повышается предел прочности клеевого соединения на скалывание вдоль волокон, сформированного на основе клея КФ-Ж на 30 %, ПВА на 25 %.

Широкое применение технологии склеивания при создании крупногабаритных сооружений из древесных заготовок требует создания особо высокопрочных клеевых соединений. Для создания таких конструктивных сооружений требуются клеи, позволяющие получать клеевые соединения древесины с более высокой когезионной и адгезионной прочностью. На сегодняшний день эту проблему в основном решают, применяя импортные клеи. Использование этих клеев значительно повышает стоимость конечной продукции. Отсюда совершенно очевидно, что переход на отечественные клеи позволит решить проблему импортозамещения.

Для повышения энергетической составляющей магнитного поля и таким образом степени воздействия на полимерную основу клея предлагается применить метод совместного воздействия на клей несколькими физическими полями. С учетом результатов ранее проведенных исследований по воздействию на полимерные покрытия ультразвуком [9] предлагается проводить обработку клеев в постоянном магнитном поле с добавочным воздействием ультразвуком.

Для реализации такой технологии приготовления клеев использовалась упомянутая выше установка для обработки клеев в постоянном магнитном поле. Основным элементом данной установки является электромагнитный индуктор, который состоит из двух подвижных обмоток электромагнита, изготовленных из провода ПСД, последовательно соединенных на магнитном ярме. Ток силой 12 А подается на обмотки электромагнита через блок питания постоянного тока. В рабочей области электромагнита создается заданная напряженность магнитного поля путем регулирования расстояния между полюсами электромагнита, а также изменением величины подаваемого тока.

Ультразвуковая часть магнитной установки включает в себе ультразвуковой генератор, магнитострикционный преобразователь, а также три волновода-излучателя (конденсатора) и преобразователя.

Ультразвуковой генератор ИЛ 10 имеет ступенчатую регулировку мощности порядка 50 %, 75 % и 100 % номинальной выходной мощности. Регулирование мощности и наличие трех различных излучателей (с коэффициентом усиления 1 : 0,5; 1 : 1 и 1 : 2) дают возможность получить различную амплитуду ультразвуковых колебаний на частоте 22 кГц.

Перед испытаниями магнитной части установки проводилась ее тарировка.

Обработка исследуемых клеев на установке осуществлялась в следующей последовательности. Клей или только полимерный компонент клея помещался в специальную фторопластовую кювету, которая вводилась в рабочее межполюсное пространство. Облучение образцов из полимерного клея осуществлялось при заданной напряженности магнитного поля в диапазоне от 0 до  $24 \cdot 10^4$  А/м в течение до 30 мин.

После завершения обработки полимерного компонента клея последний смешивался с отвердителем. Модифицированный клей из древесины затем наносился на поверхность образца из древесины заданной породы, после чего склеиваемые элементы образца соединялись под заданным давлением и помещались в термошкаф, где находились при заданной температуре в течение суток.

Готовые для механических испытаний образцы подвергались на машине ИР-50-3 исследованиям предела прочности при скалывании вдоль волокон согласно ГОСТу 15613.1-84 [10].

Комбинированная обработка клеев повышает предел прочности клеевого соединения на их основе. Так, для карбамидоформальдегидного клея марки КФ-Ж предел прочности клеевого соединения, сформированного на основе клея, подвергнутого магнитоультразвуковому воздействию, для образцов из дуба при напряженности магнитного поля  $H = 20 \cdot 10^4$  А/м и частоте ультразвука  $n = 20$  кГц, составляет 11 МПа по сравнению с 3 МПа для этого же клея, обработанного только в магнитном поле с напряженностью  $H = 20 \cdot 10^4$  А/м.

Помимо прочности комбинированная обработка улучшает и другие функциональные свойства клеевых соединений древесины.

Известно, что существенной характеристикой клеевых соединений, определяющей качество соединения, его прочность, являются внутренние напряжения [11]. Обладая информацией о величине внутренних напряжений клеевого

соединения в данном случае древесины можно направленно регулировать его прочность.

Для исследования влияния комбинированного физического поля на внутренние напряжения клеевых соединений древесины применен ранее разработанный и запатентованный метод [12, 13], в основу которого положен, так называемый консольный способ.

Реализация метода проводилась на специально изготовленной установке, состоящей из рабочей ячейки, в которой консольно закрепляются склеиваемые деревянные пластины длиной 10 см и шириной 1 см при соотношении толщин 1 : 10 и клеевой прослойкой заданной толщины между ними. Пластины соединены с источником постоянного тока и цифровым прибором для преобразования аналоговых сигналов в цифровые.

При отверждении клеевой прослойки между пластинами протекает процесс деформации (изгиб) свободного конца сборки, что сопровождается изменением емкости плоского конденсатора. Непрерывное изменение емкости фиксируется цифровым прибором в течение всего времени отверждения клеевой прослойки и передается на вычислительный комплекс. С помощью специально разработанной программы и нижеприведенной формулы рассчитываются внутренние напряжения в зависимости от времени отверждения клеевой прослойки.

$$\sigma_{\text{в}} = \frac{2f_{\text{макс}} E_1 J}{S_2 (h_1 - y_i + 0,5h_2) L^2} + \frac{2f_{\text{макс}} (h_1 - y_i + 0,5h_2) E_2}{L^2}$$

Здесь  $f_{\text{макс}}$  – максимальное отклонение конца склеенной пары пластин;  $L$  – длина пластин;  $E_1, E_2$  – соответственно модуль нормальной упругости;  $S_2$  – площадь поперечного сечения прослойки;  $h_1$  и  $h_2$  – соответственно толщина пластины большего размера и толщина клеевой прослойки;  $y_i$  – расстояние от центра тяжести склеенной пары.

Как показали проведенные исследования с клеевыми соединениями на основе клеев КФ-Ж и ПВА магнитоультразвуковая обработка соединений снижает почти в 2 раза величину внутренних напряжений, что соответственно значительно повышает их прочность.

Существенным фактором, влияющим на адгезионную прочность клеевых соединений древесины является смачивающая способность клеев. Исходя из структурных особенностей полимерных клеев, следует ожидать влияния от

воздействия физических полей на смачивающую способность клеев. Специальными исследованиями [14, 15] установлено, что адгезионная прочность клеевых соединений в значительной степени зависит от смачивания и растекания клея по поверхности субстрата. Основным показателем способности смачивать поверхность твердого тела является краевой угол смачивания  $\Theta$ , причем чем меньше угол  $\Theta$ , тем больше адгезия клея к поверхности тела.

Для установления влияния от воздействия комбинированного физического поля применялось устройство, позволяющее освещать боковую поверхность капли клея на древесной подложке световым источником и проецировать изображение на экран. Процесс формирования краевого угла смачивания во времени фиксировался цифровой фотокамерой. Исследовались контрольный и модифицированные в магнитоультразвуковом поле клеи. Клей КФЖ обрабатывался в магнитном поле напряженностью  $24 \cdot 10^4$  А/м. и ультразвуком с частотой 22 кГц. Результаты проведенных исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследования краевого угла смачивания

Время замера, мин	Краевой угол смачивания $\Theta$ для контрольного клея	Краевой угол смачивания $\Theta$ для клея, обработанного в магнитоультразвуковом поле
1	92°13'	68°42'
2	79°19'	62°12'
3	75°10'	59°11'
4	63°56'	56°42'
5	59°54'	54°48'
6	59°46'	53°35'
7	58°59'	53°22'
8	58°33'	53°10'
9	58°13'	52°53'
10	58°13'	52°51'

Как следует из таблицы 1, при одинаковом времени фиксации краевого угла его величина меньше у клея, подвергнутого воздействию магнитоультразвукового поля по сравнению с контрольным клеем. Более интенсивное снижение краевого угла  $\Theta$  повышает способность клея смачивать поверхность склеиваемой древесины.

Результаты проведенных исследований по влиянию комбинированного физического поля на функциональные свойства клеевых соединений древесины свидетельствуют о перспективности использования предлагаемого метода модифицирования клеев в деревоперерабатывающей отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ковальчук, Л. М. Производство деревянных клееных конструкций [Текст] / Л. М. Ковальчук // М. : Лесн. пром-сть, 1987. – 248 с.
- 2 Мурзин, В. С. Клеи и процесс склеивания древесины [Текст] / В. С. Мурзи // Воронеж: ВГЛТА, 1995. – 89 с.
- 3 Хрулев, В. М. Прочность клеевых соединений [Текст] / В. М. Хрулев // М. : Стройиздат, 1973. – 89 с.
- 4 Фрейдин, А. С. Прогнозирование свойств клеевых соединений древесины [Текст] / А. С. Фрейдин, К. Т. Вуба // М. : Лесн. пром-сть, 1980. – 224 с.
- 5 Кестельман, В. Н. Физические методы модифицирования полимерных материалов [Текст] / В. Н. Кестельман // М. : Химия, 1980. – 224 с.
- 6 Попов, В. М. Влияние магнитных и электрических полей на прочность клееной древесины [Текст] / В. М. Попов, А. В. Иванов, М. А. Шендриков, А. В. Жабин // Вестник МГУЛ. – Лесной вестник. – 2009. – № 4. – С. 122-126.
7. Попов, В. М. Модифицированные клеевые соединения клееной древесины повышенной прочности [Текст] / В. М. Попов, А. В. Иванов // Воронеж : ВГЛТУ, 2015. – 79 с.
- 8 Патент 2328788 МПК H01F13/00. Устройство для намагничивания / В. М. Попов, А. В. Иванов, В. С. Мурзин, А. П. Новиков, В. В. Шестакова, А. В. Латынин; заяв. и патентообладатель ВГЛТА. Заявл. 25.04.2007; опубл. 10.07.2008. Бюл. № 19. – 4 с.
- 9 Негматов, С. С. Технология получения полимерных покрытий [Текст] / С. С. Негматов // Ташкент, 1976. – 315 с.
- 10 ГОСТ 15613.1-84. Древесина клееная массивная. Методы определения предела прочности клеевого соединения при скалывании вдоль волокон. Введ. 1984-27-06. М. : Изд-во стандартов. – 6 с.
- 11 Фрейдин, А. С. Прочность и долговечность клеевых соединений [Текст] / А. С. Фрейдин // М. : Химия, 1981. – 272 с.
- 12 Патент 2456586 РФ, МПК G01N 27/22. Способ определения внутренних напряжений / В. М. Попов, А. В. Иванов, А. П. Новиков, М. А. Шендриков, А. В. Латынин. Патентообл. ГОУ ВПО «ВГЛТА» – Заявл. 14.03.2011. Опубл. 20.07.2012. Бюл. № 20. – 5с.
- 13 Попов, В. М. Метод контроля качества композиционных материалов класса «препег» [Текст] / В. М. Попов, Н. Е. Песков, Е. Н. Лушникова // Дефектоскопия. 1994. № 1. – С. 50-51.
- 14 Davis G. T., Mc Kinney J. E., Broadhurst M. G., Roth S. C. Electric-field-induced phase changes in poly // Journal of Applied Physics. 1978. – Vol. 49. – № 10. – Pp. 2754-2762.
- 15 Лущейкин, Г. А. Механические свойства полимерных материалов [Текст] / Г. А. Лущейкин // Докл. АН СССР. 1975. – Т. 225. – № 4. – С. 801-803.