

## ВЛИЯНИЕ МАГНИТОУЛЬТРАЗВУКОВОГО ПОЛЯ НА КАЧЕСТВО КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ

<sup>1</sup>Попов В.М., <sup>1</sup>Латынин А.В., <sup>2</sup>Мозговой Н.В., <sup>1</sup>Юдин Р.В.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия», Воронеж, Россия (394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8), e-mail: etgvglta@mail.ru

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Россия (394066, г. Воронеж, Московский пр-кт, 179/3), e-mail: nv\_moz@mail.ru

В работе исследуется влияние комбинированного физического поля, в данном случае магнитоультразвукового, на параметры, определяющие прочностные характеристики клеевого соединения. Предметом исследования в качестве адгезива рассматриваются синтетические полимерные клеи, широко используемые в деревообрабатывающей промышленности, а в качестве субстрата – образцы из древесины дуба. Качество клеевого соединения оценивается, исходя из анализа результатов исследований микроструктуры адгезива, породы субстрата, продолжительности технологического процесса модификации синтетических полимерных клеев и испытаний на разрушение при скалывании вдоль волокон контрольных образцов. На основании микроструктурного и рентгеноструктурного анализа установлено, что повышение прочности клеевых соединений древесины объясняется упорядочением структуры обработанных в магнитоультразвуковом поле расплавов клеевых композиций.

Ключевые слова: магнитоультразвуковое поле, синтетический полимерный клей, субстрат, адгезив, клеевое соединение, микроструктура, анализ, качество, прочность.

## INFLUENCE OF MAGNETIC ULTRA SOUND FIELD ON THE QUALITY OF WOOD ADHESIVE JOINTS

<sup>1</sup>Popov V.M., <sup>1</sup>Latynin A.V., <sup>2</sup>Mozgovoy N.V., <sup>1</sup>Yudin R.V.

<sup>1</sup>FSBEI HPE «Voronezh State Academy of Forestry and Technologies», Voronezh, Russia (394087, Voronezh. 8, Timiryazeva st.) e-mail: etgvglta@mail.ru

<sup>2</sup>FSBEI HPE «Voronezh State Technical University», Voronezh, Russia (394066, Voronezh, 179/3, Moskovsky av.) e-mail: nv\_moz@mail.ru

In this article we investigate the influence of combined physical field, magnetic ultra sound one in this case, on the parameters, defining strength characteristics of adhesive joint. As a research adhesive subject we define synthetic polymer glues, widely used in wood processing industry, and as a substrate – the samples of oak wood. Quality of glue joints is evaluated on the basis of analysis of results of adhesive microstructure research, substrate species, duration of technological process of synthetic polymer glues modification and break test for shear parallel to the grain of control samples. On the basis of microstructure and x-ray structure analysis it is defined that increase in strength of wood adhesive joints is explained by structure ordering of glue composition melt, processed by magnetic ultra sound field.

Keywords: magnetic ultra sound field, synthetic polymer glue, substrate, adhesive, glue joint, microstructure, analysis, quality, strength.

### Введение

В настоящее время клеящие материалы на основе синтетических полимеров находят широкое применение в различных областях техники [1]. Полимерные клеи применяются для создания клеевых соединений в авиационной, космической технике, радиоэлектронике, системах связи, деревообрабатывающей промышленности и других областях. Одним из основных критериев качества клеевых соединений из массивной древесины является их прочность. Для создания более высокопрочных соединений древесины на клеях разрабатываются новые марки клеев, совершенствуются технологии склеивания. Однако предлагаемые мероприятия себя практически исчерпали, поэтому особое место в направлении улучшения тех-

нологических и эксплуатационных характеристик полимерных клеев занимает физическое модифицирование. Этот вид модификации реализуется путем термической обработки, облучением, вакуумно-компрессорной обработкой, деформированием, а также воздействием магнитными и электрическими полями [2; 3].

### **Цель исследования**

Целью данной работы является получение клеевых соединений массивной древесины повышенной прочности на клеях, модифицированных в магнитоультразвуковом поле, и объяснение механизма направленного воздействия магнитоультразвукового поля на структуру синтетического полимерного клея.

Проведенный анализ известных в настоящее время способов модификации полимерных материалов показывает, что каждый в отдельности способ позволяет улучшить лишь ограниченное число свойств, при этом многие из них труднореализуемы для обработки клеев или клеевых соединений; оставляет желать лучшего и экономическая сторона вопроса. Отсюда привлекательным представляется метод по улучшению свойств полимерных клеев, в основу которого положено воздействие на неотвержденный клей комбинированным магнитоультразвуковым полем.

### **Материал и методы исследования**

Для достижения поставленной цели была создана и задействована в рабочем режиме экспериментальная установка, позволяющая создавать магнитоультразвуковое поле с варьируемыми параметрами. Так, рабочий диапазон изменения напряженности магнитного поля лежит в пределах от  $0 \div 26 \cdot 10^4$  А/м, а частота ультразвуковых колебаний для достижения максимально ожидаемого эффекта и наибольшего приближения к производственным условиям поддерживается постоянной – порядка 22 кГц. Принципиальная схема установки представлена на рис. 1.

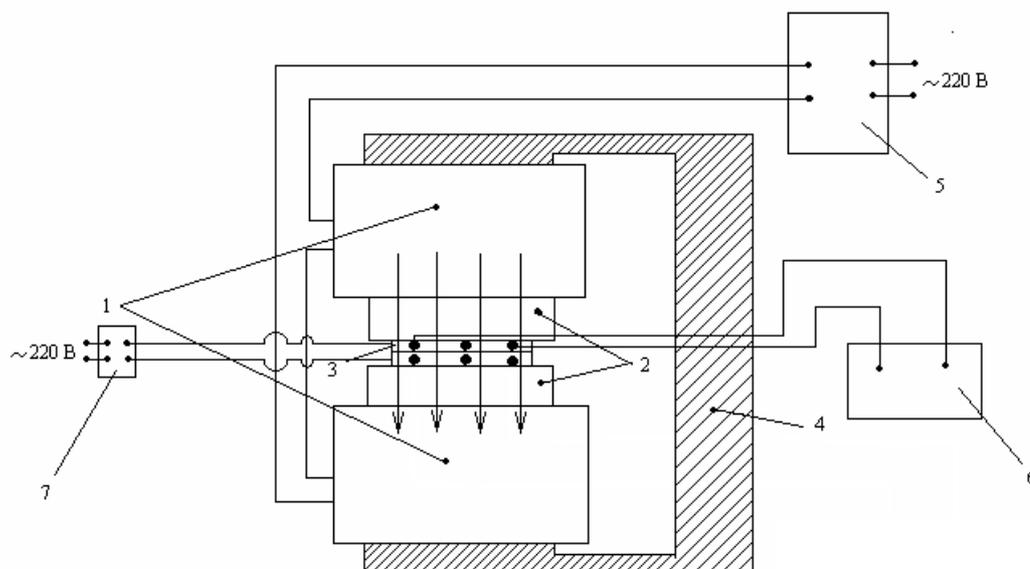


Рисунок 1. Принципиальная схема магнитоультразвуковой установки:

1 – обмотка электромагнита; 2 – башмаки электромагнита; 3 – ультразвуковая головка; 4 – ярмо; 5 – блок питания электромагнита; 6 – потенциометр; 7 – генератор ультразвуковой установки.

Обработка синтетических полимерных клеев на основе карбамидоформальдегидной и фенолформальдегидной смолы осуществлялась в следующей последовательности. Полимерный компонент клея в вязко-текучем состоянии помещался в специальную фторопластовую кювету, предназначенную для размещения между полюсами электромагнита с возбуждаемым магнитоультразвуковым полем заданных параметров. Обработка полимерного клея проводилась в течение 25 минут в заданных параметрах обрабатывающего поля. Таким образом, экспериментально были установлены оптимальные технологические режимы.

### Результаты исследования

После обработки полимерного компонента клея в магнитоультразвуковом поле и приготовления клеевого состава, т.е. смешения модифицированной смолы полимера с отвердителем в определенных пропорциях, клей наносился на заранее подготовленные образцы из массивной древесины дуба, выполненные по ГОСТ 14231-88. Образцы после полного отверждения клеевой прослойки при нормальных условиях подвергались разрушению при испытании на скалывание вдоль волокон на разрывной машине МИ-20. Полученные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Влияние параметров магнитоультразвукового поля на прочность клеевого соединения

Напряженность магнитного	Частота колебаний ультразву-	Время обработки t,	Марка клея (смолы)	Прочность при скалывании	Увеличение прочности,

поля $H \cdot 10^{-4}$ , А/м	кового поля $n$ , кГц	мин		вдоль волокон $\tau$ , МПа	%
0	22	25	КФС	2,8	–
8	22	25	КФС	3,25	16,07
12	22	25	КФС	3,8	35,7
18	22	25	КФС	4,65	66,07
24	22	25	КФС	4,65	66,07
0	22	25	ФФС	6,0	–
8	22	25	ФФС	6,67	11,17
12	22	25	ФФС	7,15	19,17
18	22	25	ФФС	8,6	43,3
24	22	25	ФФС	9,15	52,5

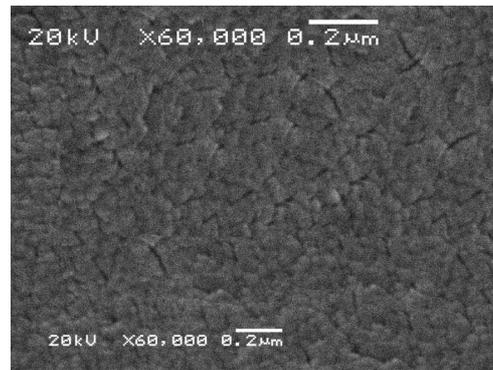
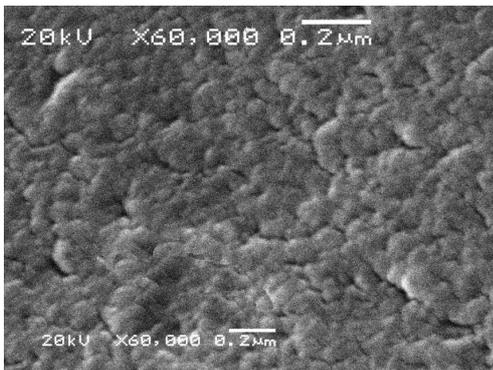
Учитывая ранее полученные данные для расплавов полимеров [4], можно полагать, что приведенные в табл. 1 данные о повышении прочности клеевых соединений древесины на модифицированных клеях связаны со структурными изменениями в матрице полимерной основы клеев.

Для подтверждения выдвинутого предположения сделана серия снимков микроструктуры полимерного клея в отвержденном состоянии после модификации на электронном растровом микроскопе Jeolio 6380-Lf с разрешающей способностью до 4 нм (рис. 2).

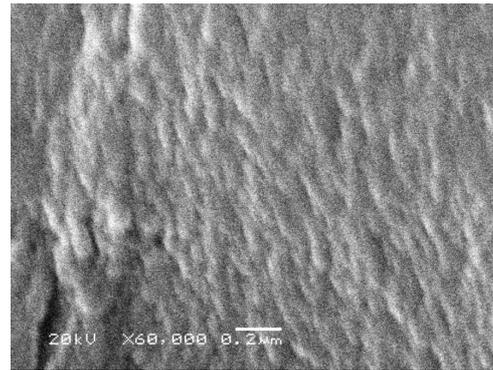
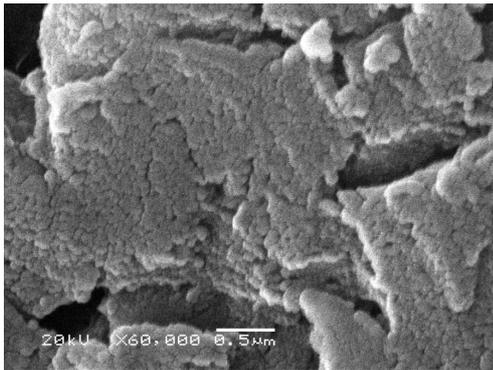
Анализ полученных снимков подтверждает выдвинутое предположение, что в структуре происходят значительные изменения, а именно дробление крупных молекул на более мелкие, упорядочение структуры, переориентация в пространстве отдельных элементов цепочек молекул.

Для изучения количественного изменения микроструктуры клея проведен рентгеноструктурный анализ [5]. Для этого использовались образцы, применявшиеся для изучения микроструктуры клея на электронном растровом микроскопе.

### **Микроструктура клея на основе КФС**



### Микроструктура клея на основе ФФС

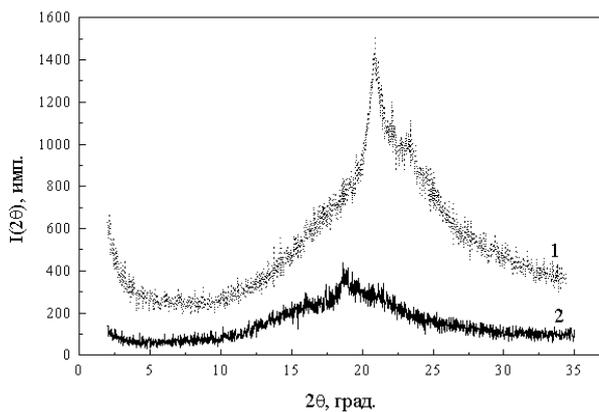


а)

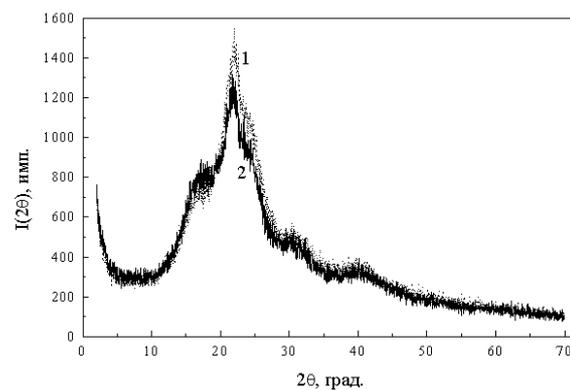
б)

Рисунок 2. Фотографии микроструктуры клеев: а) без обработки, б) обработанных в магнитоультразвуковом поле.

На рис. 3 представлены дифрактограммы клея на основе КФС до и после обработки магнитоультразвуковым полем. Они имеют вид, типичный для некристаллических веществ: широкий первый пик с последующим медленным спадом интенсивности.



а)



б)

Рисунок 3 – Дифрактограммы  $I(2\theta)$  клея на основе: а) КФС: 1 – после обработки магнитоультразвуковым полем; 2 – без обработки; б) ФФС: 1 – после обработки магнитоультразвуковым полем; 2 – без обработки.

Из рис. 3 видно, что после приложения магнитоультразвукового поля в структуре клея произошли изменения. Положение первого пика сместилось в сторону больших углов, а так-

же появились два субпика на правой стороне основного пика и исчез небольшой субпик на левой стороне.

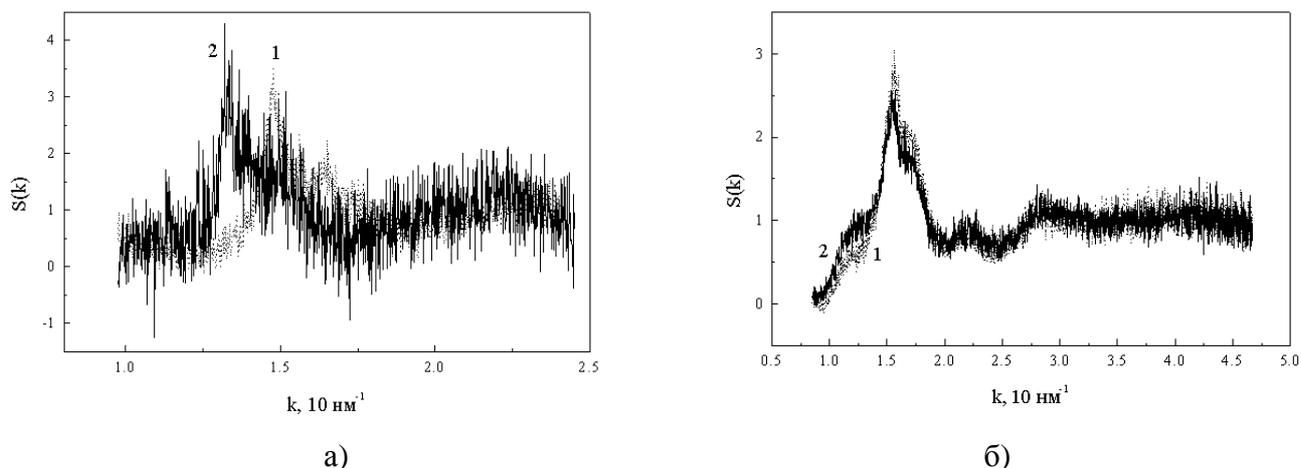


Рисунок 4 – Структурные факторы  $S(k)$  клея на основе: а) КФС: 1 – после обработки магнитоультразвуковым полем; 2 – без обработки; б) ФФС: 1 – после обработки магнитоультразвуковым полем; 2 – без обработки.

На рис. 4 представлены приведенные функции радиального распределения клея КФС до и после обработки магнитоультразвуковым полем. Первый и второй максимумы функции  $g(r)$  после приложения магнитоультразвукового поля сместились влево, что свидетельствует об уменьшении средних межмолекулярных расстояний от 0,6 до 0,5 нм.

Как показал рентгеноструктурный анализ, при обработке клеев на основе КФС и ФФС в магнитоультразвуковом поле идет изменение структуры клея, при этом уменьшаются межатомные расстояния [5]. Об этом можно судить по смещению пиков  $g(r)$  в сторону уменьшения  $r$ . Структура клея достаточно сложна, чтобы определить, какие именно из атомов полимерных молекул сближаются. Однако можно предположить, что причиной сближения рентгено рассеивающих атомов является дополнительное статическое притяжение, наведенное магнитоультразвуковым полем. При этом растет структурная упорядоченность, о чем свидетельствует повышение и сужение структурных пиков. Есть основание утверждать, что магнитоультразвуковое поле упорядочивает атомную структуру клея.

### Заключение

В заключение следует отметить, что предлагаемая технология получения клеевых соединений древесины представляется достаточно перспективной и может быть реализована на современных деревообрабатывающих предприятиях.

### Список литературы

1. Вильнаж Ж.Ж. Клеевые соединения. - М. : Техносфера, 2007. – 384 с.

2. Воронежцев Ю.И., Гольдаде В.А., Пинчук Л.С., Снежков В.В. Электрические и магнитные поля в технологии полимерных. – Минск : Навука і тэхніка, 1990. – 261 с.
3. Кестельман В.Н. Физические методы модификации полимерных материалов. - М. : Химия, 1980. – 224 с.
4. Молчанов Ю.М. Структурные изменения полимерных материалов в магнитном поле / Ю.М. Молчанов, Э.Р. Кисис, Ю.П. Родин // Механика полимеров. - 1973. - № 4. - С. 737–738.
5. Мартынов М.А., Вылегжанина К.А. Рентгенография полимеров. - Л. : Химия, 1972. - С. 96.

**Рецензенты:**

Филимонова О.Н., д.т.н., профессор, профессор кафедры инженерной экологии и техногенной безопасности ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж.

Асташкин В.Н., д.т.н., профессор, профессор кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж.