

05

Воздействие слабых импульсных магнитных полей на модифицированную древесину

© *В.В. Постников, М.Н. Левин, Н.Н. Матвеев,
Р.В. Скориданов, Н.С. Камалова, В.А. Шамаев*

Воронежская государственная лесотехническая академия
E-mail: vvpst@icmail.ru
Воронежский государственный университет

Поступило в Редакцию 23 ноября 2004 г.

Обнаружен эффект увеличения торцевой твердости в образцах модифицированной древесины березы после воздействия слабых (до 0.5 Т) импульсных магнитных полей (ИМП). Эффект характеризуется пороговым значением индукции ИМП (0.2 Т) и связывается с уменьшением подвижности древесных волокон за счет образования под действием ИМП сшивок между боковыми группами макромолекул целлюлозы.

Известно, что модифицированная древесина широко используется в промышленности в качестве заменителя черных и цветных металлов, текстолита, пластмасс и других конструкционных материалов [1]. В частности, сравнительно дешевые подшипники скольжения, изготовленные из прессованной древесины (ДП), имеют настолько высокие прочностные характеристики, что могут успешно использоваться, например, в качестве опорных подшипников валков прокатных станов металлургических предприятий. Время работы такого подшипника определяется величиной твердости ДП. Проблема увеличения последней является поэтому весьма актуальной.

Известно также [2], что вещество древесины представляет собой природный полимер многокомпонентного состава, содержащего в абсолютно сухом состоянии ~ 49.5% углерода, 44.2% кислорода и 6.3% водорода, т.е. те элементы, из которых состоят многие высокомолекулярные органические соединения. Это обстоятельство объясняет широкое применение для исследования физических свойств древесины различных методик, используемых в физике полимеров. Основной ком-

понентой, составляющей половину всего вещества древесины, является целлюлоза, легко образующая кристаллическое состояние [3]. В последние несколько лет были обнаружены стимулированные слабыми импульсными (ИМП) и постоянными (ПМП) магнитными полями существенные изменения структуры и физико-механических свойств ряда кристаллизующихся полимеров (см., например, [4–7]). Эти работы определили интерес к выяснению возможности воздействия ИМП на прочностные характеристики ДП.

В предлагаемой работе впервые исследовано влияние слабых (до 0.5 Т) ИМП на величину твердости образцов модифицированной древесины.

Для исследований использовались образцы древесины березы, полученные методом трехстороннего прессования, размерами $15 \times 15 \times 15$ mm. Предварительная пластификация древесины осуществлялась воздействием 25%-ного раствора аммиака при температуре 293 К в течение 24 h с последующей сушкой при $T = 350$ К в течение 12 h [1]. Плотность образцов ДП составляла величину $\rho = (1.35 \div 1.45) \cdot 10^3$ kg/m³, а влажность не превышала 5%. Для определения этих параметров использовались прецизионные весы ВЛР-200, позволяющие производить взвешивание с погрешностью, не превышающей 0.5 mg.

Измерения твердости осуществлялись с помощью твердомера Роквелла: настройка шкалы индикатора на ноль производилась предварительной нагрузкой на образец, равной 10 N; затем нагрузка плавно увеличивалась до 250 N (в течение ~ 30 s) и выдерживалась в течение ~ 30 s; после измерения индикатором глубины отпечатка (h_1) нагрузка плавно снималась (~ 30 s), после чего измерялась глубина восстановленного отпечатка (h). Погрешность измерения h_1 и h не превышала 2 μ m. Твердость образцов H вычислялась по формуле

$$H = \frac{P}{\pi \cdot d \cdot h},$$

где P — нагрузка, прилагаемая к шариком твердомера; d — диаметр шарика (5 mm); h — глубина восстановленного отпечатка шарика.

Воздействие ИМП осуществлялось сериями от 150 до 6000 симметричных однополярных импульсов практически треугольной формы длительностью $\tau = 10 \mu$ s и частотой следования $f = 50$ Hz. Амплитуда импульсов могла варьироваться от 0.05 до 0.5 Т. ИМП создавалось пе-

риодическим разрядом батареи конденсаторов через низкоиндуктивный соленоид и контролировалось по току заряда в цепи соленоида и по напряжению индукции на тестовой катушке индуктивности.

ИМП-обработка образцов осуществлялась при комнатной температуре. В некоторых случаях (например, при воздействии ИМП с амплитудой 0.4 и 0.5 Т в течение 1–2 min) вследствие незначительного разогрева соленоида температура образцов во время экспозиции увеличивалась на 8–10 К, однако контрольные измерения на образцах, нагретых в течение 10 min на 10 К, но не подвергавшихся ИМП-воздействию, не обнаружили каких-либо изменений твердости после такой термообработки.

Во время экспозиции образцы ориентировались в соленоиде таким образом, чтобы волокна древесины располагались параллельно или перпендикулярно силовым линиям поля. Как показали эксперименты, результат воздействия при этом оказывался неодинаковым.

На рис. 1 представлена зависимость относительной твердости H/H_0 образцов ДП от величины амплитуды B_0 индукции ИМП. Длительность обработки составляла для всех образцов 60 s (т.е. число импульсов $N = 3000$), а измерения H проводились через 48 h после ИМП-воздействия. Твердость исходных образцов H_0 ДП составляла величину 200–300 МПа. Как показали предварительные эксперименты, твердость ИМП-обработанных образцов ДП менялась в течение некоторого времени после воздействия, достигая своего максимального значения примерно через 5–10 h, после чего оставалась постоянной. Каждая точка на рисунке получена усреднением данных не менее 7 образцов. Как видно из рис. 1, существует „пороговое“ значение $B_0 = 0.2$ Т, ниже которого ИМП не оказывает практически никакого влияния на величину H ДП, а максимальное увеличение торцевой $H_{||}$ образцов наблюдается после воздействия ИМП с индукцией 0.3 Т и выше. Интересно отметить, что величина амплитуды B_0 ИМП при воздействии, начиная с 0.3 Т и выше, давала практически одинаковое увеличение H/H_0 ДП, достигающее для некоторых образцов 50%.

Некоторое незначительное увеличение поперечной H_{\perp} отмечено для тех же образцов, обработанных теми же ИМП. Заметим, что обнаруженный эффект увеличения H ДП имеет место только в том случае, если при обработке волокна образцов располагались параллельно направлению поля. При взаимной перпендикулярной ориентации волокон ДП и поля во время обработки эффект воздействия был существенно

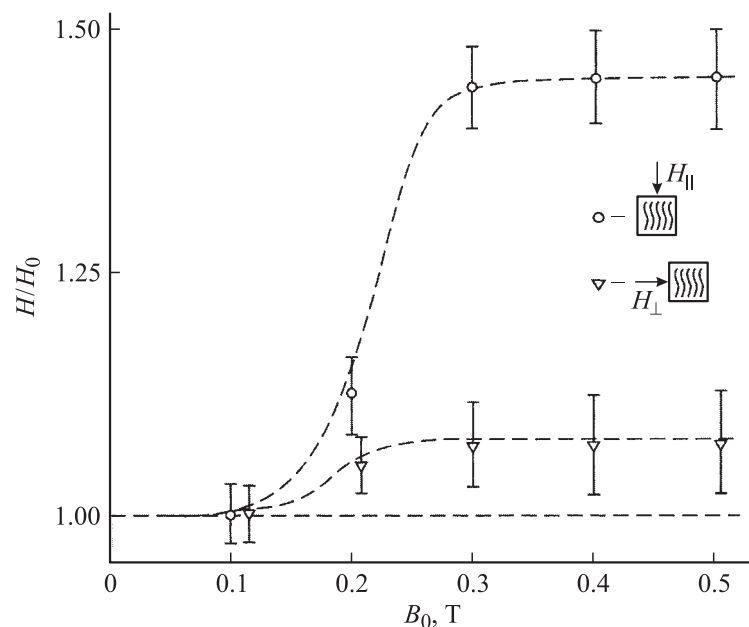


Рис. 1. Зависимость относительной твердости ДП березы (плотностью от 1.35 до $1.45 \cdot 10^3$) от амплитуды ИМП. Длительность обработки для всех образцов составляла 60 s (число импульсов $N = 3000$). Через 48 h после ИМП-воздействия.

меньшим (максимальное увеличение торцевой H_{\parallel} составляло в этом случае не более $3-4\%$).

Длительность обработки ИМП также оказывала влияние на величину торцевой и поперечной H образцов ДП. Как видно из данных рис. 2, оптимальным временем ИМП-воздействия является $t = 60$ s (что соответствует числу импульсов $N = 3000$). Более длительная обработка для всех величин B_0 практически не увеличивала значения H_{\parallel} H_{\perp} ДП.

Основным результатом представленных экспериментальных данных является существенное необратимое увеличение торцевой твердости H_{\parallel} (достигающее 50%) образцов ДП, подвергнутых ИМП-воздействию.

Пластификация и последующее трехстороннее прессование древесины приводят к весьма значительному разрушению сетки лигнин-

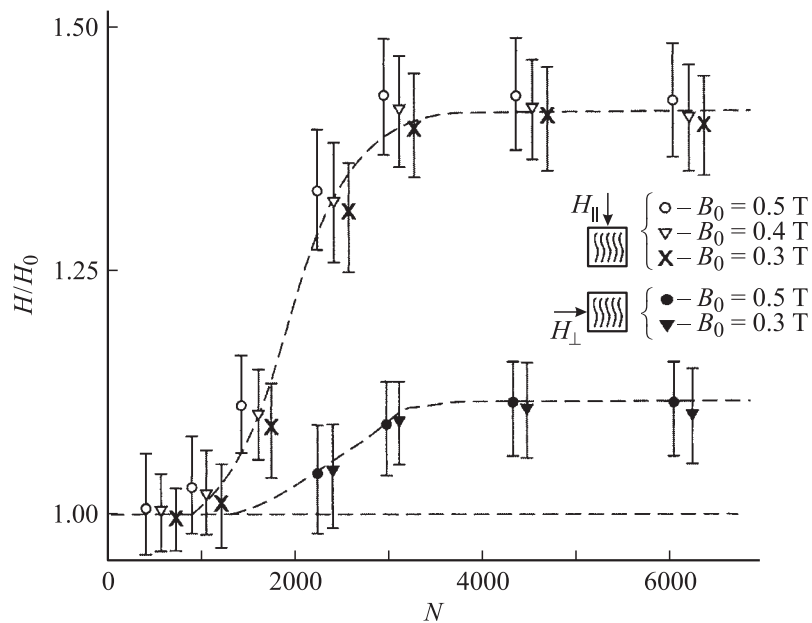


Рис. 2. Зависимость относительной твердости ДП березы от времени экспозиции (числа импульсов N). Через 48 h после ИМП-воздействия.

углеводных связей [8], а также к образованию многочисленных разрывов химических связей макромолекул целлюлозы. Подобные разрывы с образованием радикалов, имеющих нескомпенсированные электроны, приводят, например, к дегидратации целлюлозы после радиационного воздействия [9].

Воздействие ИМП, по нашим представлениям, вызывает изменение спинового состояния электронов (переходы типа „синглет–триплет“) разорванных связей, стимулируя возникновение сшивок между соседними макромолекулами целлюлозы, и, как следствие, заметное уменьшение подвижности молекулярных цепей именно в торцевом направлении.

Возможно также, что воздействие ИМП способствует восстановлению сетки лигнин-углеводных связей, разрушаемых при пластификации и прессовании образцов древесины, что также может способствовать увеличению твердости $H_{||}$.

Таким образом, воздействия ИМП позволяют эффективно повышать твердость образцов модифицированной древесины.

Список литературы

- [1] Винник Н.И. Модифицированная древесина. М.: Лесная промышленность, 1984. 160 с.
- [2] Кленкова Н.И. Структура и реакционная способность целлюлозы. Л.: Наука, 1976. 367 с.
- [3] Китайгородский А.И., Цванкин Д.Я. // ВМС. 1959. Т. 1. № 2. С. 269–286.
- [4] Песчанская Н.Н., Суровова В.Ю., Якушев П.Н. // ФТТ. 1992. Т. 34. № 7. С. 2111–2117.
- [5] Головин Ю.И., Моргунов Р.Б., Ликсутин С.Ю. // ВМС (А). 2000. Т. 42. № 2. С. 277–281.
- [6] Левин М.Н., Постников В.В., Матвеев Н.Н. // ВМС (А). 2003. Т. 45. № 2. С. 217–223.
- [7] Левин М.Н., Постников В.В., Матвеев Н.Н. // ЖФХ. 2003. Т. 77. № 4. С. 675–678.
- [8] Эриньи П.П., Кулькевица И.Ф. // Химия древесины. 1981. № 5. С. 13–21.
- [9] Шарпатый В.А., Шапилов А.А., Пинтелин С.Н. // ХФ. 2001. Т. 20. № 12. С. 19–24.