

IV. СУШКА И МОДИФИКАЦИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Ю. В. Вихров, С. И. Карпович, В. П. Лаптев

МОДИФИЦИРОВАННАЯ ДРЕВЕСИНА И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ*

Последнее время в связи с быстрым развитием физики и химии высокомолекулярных соединений возможности применения неметаллических материалов в народном хозяйстве привлекают к себе все большее внимание ученых и производственников.

Один из таких материалов—древесина. По данным ЮНЕСКО потребление ее из года в год значительно возрастает.

Древесина не лишена ряда недостатков, ограничивающих ее использование. Так, при действии воды изменяются размеры и снижается ее механическая прочность. Как продукт органического происхождения она поддается гниению, разрушается при действии агрессивных сред, легко возгорается.

Разработано много различных методов защиты древесины от поражения грибами и бактериями, применяются различные способы, предупреждающие ее быстрое воспламенение. Путем специальных обработок удалось несколько улучшить гидрофобность древесины. К сожалению, ни один из известных методов не позволяет комплексно улучшить свойства этого материала.

Достижения в области высокомолекулярной химии и в использовании атомной энергии в мирных целях позволили подойти к созданию новых методов облагораживания древесины. Так, при пропитке древесины мономерами и олигомерами с последующим их переводом в древесине в твердое вещество путем воздействия ионизирующей радиации (γ -облучения) или термообработки получается новый материал, удачно сочетающий в себе свойства древесины и полимера. Синтетический полимер размещается в полостях клеток и в клеточных стенках, вступая с древесиной в физико-механическое, а иногда и в химическое взаимодействие.

Путем модификации древесины можно значительно расширить сферу ее применения.

За рубежом, в США, Англии, Германии, модифицированная древесина начала использоваться в строительстве, авто- и самолостроении еще в 30-х годах.

* Работа выполнялась в проблемной лаборатории модификации древесины Белорусского технологического института им. С. М. Кирова под руководством В. Е. Вихрова.

В наиболее развитых капиталистических странах в последнее время происходит значительная интенсификация исследований, направленных на получение и использование модифицированной древесины.

Более 160 американских фирм при поддержке комиссии по атомной энергии занимаются изысканием сфер использования древесины, модифицированной смолами. Ведется проектирование крупной установки производительностью 10 000 т модифицированной древесины в год.

В СССР исследованиями вопросов по модификации древесины радиационно-химическим и термохимическими методами занимается ряд крупных научно-исследовательских и учебных учреждений.

В Белорусском технологическом институте проводится большая научно-исследовательская работа по вопросам получения и применения модифицированной древесины в различных отраслях народного хозяйства.

Разработана технология, позволяющая достаточно просто и быстро проводить процесс модификации древесины фенолформальдегидными, полиэфирными, фурановыми смолами, стиролом, а также сплавами металлов и комплексным методом — смолами, а затем металлом.

Сам технологический процесс настолько несложен и доступен, что может быть осуществлен практически на любом предприятии. Древесина легко пропитываемых пород (береза, ольха, бук и др.) помещается в автоклав, в котором для удаления из нее воздуха создается разрежение порядка $600 \div 700$ мм рт. ст., на 20—40 мин, после чего в автоклав поступает раствор смолы или расплавленный металл.

Затем с помощью компрессора создается избыточное давление $1 \div 30$ атм. Время пропитки древесины смолой колеблется от 20 мин до 10 ч, а металлом от 3 до 6 мин.

После пропитки изделия извлекаются из автоклава.

Для древесины, обработанной металлом, процесс модификации на этом заканчивается, а древесина, пропитанная смолой, требует специальной термообработки: 1) подсушки при $40 \div 70^\circ\text{C}$ в течение $0 \div 30$ ч.; 2) полимеризации введенной в древесину смолы при $80 \div 130^\circ\text{C}$ в течение 4—24 ч. Если пропитывающий агент не содержит в своем составе растворителей (например, стирол, полиэфирные смолы), подсушка не требуется.

Время и режим пропитки, подсушки и полимеризации зависят от марки смолы и размеров деталей.

В результате модификации получается материал, представляющий собой как бы «сплав» из древесины и введенного в нее агента. Причем в зависимости от марки применяемой смолы, от количества полимера, отложившегося в древесине, а также от его расположения в анатомических элементах древесины можно получать

материалы с большим разнообразием технологических и физико-механических показателей.

Ряд смол придает древесине красивую окраску и блеск, подчеркивает и делает более контрастной ее текстуру. Нами были получены очень красивые образцы путем модификации гнилой древесины. Следует отметить, что гнилая древесина хвойных пород в отличие от здоровой очень легко пропитывается смолами и после модификации по многим показателям превосходит здоровую немодифицированную древесину.

Модификация древесины открывает широкие пути в области консервации и частичной реставрации деревянных археологических находок. Опыт работ в Бресте по консервации восьми влажных деревянных построек XII—XIII вв. показал, что путем замены воды в древесине синтетическими смолами с их последующим отверждением можно значительно закрепить и предотвратить от разрушения ценные памятники старинного зодчества.

Основные характеристики древесины березы, модифицированной различными смолами и металлом, а также комплексным методом, приведены в табл. 1.

Проводится также работа по созданию стабилизированно-прессованной древесины (СПД).

Основное отличие этой древесины от широко применяемой прессованной, получаемой по методу П. Н. Хухрянского, заключается в высокой стабильности размеров при работе в воде и во влажных средах.

Технология получения СПД отличается от технологии получения модифицированной древесины тем, что после пропитки смолами и подсушки древесина подвергается прессованию и термообработке.

В табл. 1 приведены характеристики СПД, полученные аспирантом лаборатории И. П. Майко.

Данные показывают, что модификация древесины позволит получить материал с хорошей водо- и влагостойкостью и повышенными механическими характеристиками.

Модифицированная древесина обладает высокой стойкостью к агрессивным средам. Так, при работе в качестве катодных диафрагм на комбинате «Североникель» (Мончегорск) в условиях сильной агрессивной среды модифицированная древесина березы более чем в три раза превзошла по стойкости натуральную древесину ели. По-видимому, весьма перспективно использование модифицированной древесины в строительстве химических сооружений (цехов химических производств, хранилищ химреактивов, рудничных стоек при добыче солей и др.).

Следует отметить повышенную стойкость модифицированной древесины к возгоранию. Так, если образцы натуральной древесины, помещенные в муфельную печь с t 500°C, вспыхивали через 1—1,5 мин и полностью сгорали за 5 мин, то подобные образцы,

Физико-механические свойства модифицированной древесины березы

Таблица 1

Показатель	Древесина модифицированная					Стабилизированно прессованная древесина (СПД)	Натуральная древесина березы
	смолой БТИ-1	феноло-спиртами	полиэфирной смолой	сплавом Л145	комплексным методом		
1	2	3	4	5	6	7	8
Плотность, г/см ³	0,78	0,78	1,1	4,5	3,5	1,15	0,6
Максимальное водопоглощение, %	63	50	20	—	—	27	120
Максимальное влагопоглощение при влажности окружающей среды, %			Скорость влагопоглощения и разбухания при водо- и влагопоглощении снижается более чем в 10 раз.				
92	21	20		—	—	—	28,1
70	9	9		—	—	—	14,0
25	2,1	3		—	—	—	5,3
Максимальное разбухание при водопоглощении, % в тангенциальном направлении	4,8	2,4	—	9,7	3,3	7	12,6
в радиальном направлении	2,4	1,8	—	5,6	1,7	—	8
Максимальное разбухание при влагопоглощении (влажность окружающей среды 92%), %							
в тангенциальном направлении	4,7	—	—	—	—	—	9,9
в радиальном направлении	2,3	—	—	—	—	—	5,9
Сжатие вдоль волокон, кгс/см ²	1400	1650	1750	1400	1980	2150	1100
Статический изгиб, кгс/см ²	1550	1500	1900	2390	1570	1850	1640
Ударный изгиб, кгс/см ²	0,50	0,26	0,80	1,05	0,65	0,25	0,62
Скалывание вдоль волокон, кгс/см ²	132	114	—	153	146	120	95
Твердость, кгс/см ² :							
торцевая	2120	3500	—	2760	4900	6400	1320
тангенциальная	—	—	—	2180	4860	5300	—
радиальная	—	—	—	2500	4910	4750	—

Примечание. Испытания на статический изгиб и ударный изгиб, скалывание, твердость, СПД проводились по методике, разработанной в ЦНИИСКЕ под руководством Ю. М. Иванова. Остальные испытания проведены по соответствующим ГОСТ для натуральной древесины. Все механические характеристики приведены для древесины в абсолютно сухом состоянии. Полужирным шрифтом выделено максимальное разбухание в направлении прессования.

обработанные фенолоспиртами, вспыхивали через 9 мин и время их горения составило 8 мин.

На основании наших исследований установлено, что древесина, модифицированная фенолоспиртами, уже при 5%-ном содержании полимера приобретает абсолютную стойкость к разрушению грибами. Высокая водо- и влагостойкость и стабильность размеров в средах с переменной влажностью делает весьма перспективным ее использование в элементах конструкций оросителей градирен, для свай мостов, в шлюзах и других местах, где колебания влажности способствуют быстрому разрушению обычной древесины.

Прочность модифицированной древесины с ростом ее влажности падает значительно меньше, чем прочность натуральной. Так, если отношение предела прочности при сжатии вдоль волокон модифицированной смолой БТИ-1 древесины к пределу прочности натуральной древесины составляет 1,27, то при влажности 20—22% это отношение возрастает до 1,75, при максимальном же насыщении водой это отношение возрастет до 2,15. При статическом изгибе получаем соответственно 0,94, 1,22 и 1,43.

В отдельных случаях возможна не сквозная, полная пропитка, а лишь поверхностная. При этом удается создать надежный барьер, препятствующий проникновению в древесину воды, влаги, спор разрушающих грибов, бактерий. Такой барьер, как показали опыты, предохраняет древесину и от действия агрессивных сред.

Поверхностная обработка древесины напоминает закалку стальных деталей, когда относительно мягкая и вязкая сердцевина окружается прочным и более твердым слоем.

Древесина, модифицированная металлом, значительно (в 40—60 раз) превосходит по теплопроводности обычную древесину, что очень важно для хорошего отвода тепла из узлов трения. Следует отметить, что эта древесина хорошо проводит электричество вдоль волокон и очень плохо — поперек.

Древесина, модифицированная смолами, и металлом, имеет невысокие коэффициенты трения. Так, в условиях сухого трения по стали 40X коэффициент трения для нее в зависимости от скорости, нагрузки и рабочей плоскости колеблется в пределах 0,21÷0,13, а для образцов, пропитанных трансформаторным маслом (самосмазывающийся узел) — 0,16÷0,04.

Износостойкость модифицированной древесины в условиях абразивной среды в 1,5—2 раза превосходит износостойкость натуральной древесины, а способность поглощать продукты износа и абразива, попавшего в зону трения, предохраняет работающую с ней в паре деталь от преждевременного износа.

Модифицированная древесина березы, осины, ольхи, сосны может быть использована для получения паркета взамен дорогостоящих дефицитных твердолиственных пород. Износостойкость такой древесины в 1,5 раза выше износостойкости дуба. Образцы изготовленного паркета имеют очень красивый вид.

В настоящее время производятся производственные испытания изделий из модифицированной древесины более чем на 20 предприятиях страны.

На Минском заводе строительных деталей № 1 с октября 1968 г. работают ползуны лесорамы, у которых поверхностный рабочий слой модифицирован металлом. Срок их службы значительно превысил срок службы текстолитовых ползунов. Более двух лет работают подшипники и втулки из модифицированной металлом древесины на Борисовском фанерно-спичечном комбинате; время их работы в 2,5 раза превысило срок службы бронзовых, причем износ сопрягаемой детали снизился. Около года работали тракторы ТДТ-40, оснащенные балансируемыми втулками из модифицированной древесины вместо бронзовых. Осмотр втулок во время капитального ремонта тракторов показал, что их износ был не больше, чем у аналогичных бронзовых и чугунных втулок, применяемых в настоящее время.

Хорошо работают подшипники роликов транспортеров формовочной земли на Минском заводе автоматических линий. Работа подшипников протекает в условиях повышенного абразивного износа.

Весьма перспективно использование в машиностроении стабилизированной прессованной древесины. В настоящее время детали из этого материала используются на заводе отопительного оборудования и заводе строительных деталей № 5 в Минске.

Есть основания считать, что модифицированная древесина может успешно применяться для изготовления мастер-моделей и копиров. Наиболее полно удовлетворяет требования, предъявляемые к моделям, древесина, модифицированная полиэфирными смолами и смолой БТИ-1. Незначительная формоизменяемость изделий из древесины при пропитке их этими смолами позволяет делать заготовки для пропитки с минимальными допусками. Крайне медленное влагопоглощение такой древесины приводит к тому, что изделия из нее во время их эксплуатации практически не изменяют своих размеров.

Работы по внедрению древесины, модифицированной полиэфирными смолами и смолой БТИ-1, в литейное производство для изготовления мастер-моделей и копиров проводятся нами совместно с Минским тракторным заводом, Горьковским автозаводом и заводом штампов и пресс-форм. Мы считаем, что модифицированная древесина может успешно работать на участках ЖСС, так как прилипаемость самоотверждающих смесей к ней незначительна.

Хорошие результаты получены и при применении модифицированной древесины в качестве электроизоляционного материала. На Минском заводе электротехнических изделий были изготовлены изоляционные колодки из модифицированной древесины в трансформаторах. Сейчас заводом изготовлено около 25 трансформаторов с колодками из модифицированной древесины борезы.

Модифицированную древесину можно успешно использовать в кораблестроении в качестве обшивочного материала корпусов судов и в узлах трения (дейдвудные подшипники).

Мы изготовили из модифицированной древесины две деки для пианино. Звучание пианино по отзывам специалистов не хуже, чем звучание пианино с деками из резонансной ели. Сейчас эти пианино проходят испытания в субтропиках.

Исследование возможности применения модифицированной древесины в качестве замены древесины гикори в производстве спортивных лыж, а также для повышения износостойкости всей скользящей поверхности показало, что при истирании лыжных кромок из древесины березы, модифицированной смолой БТИ-1, радиус завала составил 1,51, а для древесины гикори 1,8 мм. Наши предложения о применении модифицированной древесины, разумеется, далеко не полны. Этот новый материал может оказаться полезным в совершенно неожиданных областях.

Как показали испытания, модифицированная древесина в некоторых случаях может заменить текстолит, а иногда даже бронзу, баббит и другие цветные сплавы.

Невысокая стоимость модифицированной древесины, простота ее получения и хорошие физико-механические и технологические показатели позволяют думать, что этот материал найдет широкое применение в народном хозяйстве, позволит высвободить большое количество высококачественной дефицитной древесины твердых пород и другие ценные материалы. Помимо этого, модификация древесины открывает еще одну возможность широкого использования древесины мягких лиственных пород.