Вихров Ю. В., Бажанова Н. Н., Синюков Н. П.

ПОВЫШЕНИЕ ВОДОВЛАГОСТОЙКОСТИ ДРЕВЕСИНЫ

К основному недостатку древесины, как материала, следует отнести ее сравнительно высокую гигроскопичность.

При изменении влажности окружающей среды изменяются не только размеры и форма изделий из древесины, но также и их вес, прочность, электро- теплопроводность и другие показатели свойств.

Даже при сравнительно невысоком изменении влажности окружающей среды, древесина изменяет свои размеры, как бы «дышит», что значительно затрудняет ее использование. Так, например, деревянная литейная модель, попадая во влажную опочную землю изменяет свои размеры. Это ослабляет ее клеевые соединения, а также вызывает необходимость ввода дополнительных допусков на размеры деталей.

В фанере при частой перемене влажности (например фанерная опалубка при строительстве бетонных сооружений) окружающей среды в связи с набуханием шпона появляются значительные знакопеременные напряжения, разрушающие клеевой шов.

Поэтому вопросы защиты древесины от воздействия влаги играют в деревоиспользующей промышленности первостепенное значение.

Широко применяются такие способы защиты древесины, как ее покрытие различными веществами (лаками, эмалями, битумом и др.).

В процессе эксплуатации покрывающие древесину пленки нарушаются и в образовавшиеся трещины проникает вода, которая вызывает разбухание изделий, в связи с чем количество трещин в покрытии увеличивается и изделие приходит в негодность.

Лучшие результаты можно достигнуть, пропитывая древесину различными водостойкими веществами.

Значительная водо- влагостойкость достигается при пропитке древесины синтетическими смолами, которые после специального воздействия (γ-лучами или термообработки) переводятся в твердый гидрофобный продукт. При этом заметно возрастает не только водо- влагостойкость древесины, но ее прочность, и другие физико-технологические показатели.

В отличие от покрытых водозащитными пленками, изделия обработанные смолами, не ухудшаются качественно при нанесении на их поверхность царапин и могут успешно работать в условиях абразивного износа.

При модификации древесины применяются смолы, которые можно разделить на две основные группы: а) проникающие в клеточные стенки крайне ограничено или вообще не проникающие и располагающиеся в полостях клеток; б) хорошо проникающие в клеточные стенки.

Установлено, что в клеточные стенки древесины хорошо проникают высокополярные и низкомолекулярные мономеры.

Из проверенных нами смол (полиэфирных, эпоксидных, фурановых, фенолоформальдегидных) лучшей проникающей способностью обладает фенолоформальдегидный олигомер — фенолоспирты.

Установлено, что максимальное разбухание модифицированной древесины находится в обратной зависимости от способности мономера проникать в клеточные стенки.

Следует иметь в виду, что концентрация фенолоспиртов не превышает 50—55%, и после их поликонденсации в древесине полимер располагается в клеточных стенках и только, как показали фотографии микросрезов (рис. 1 *а*), выстилает полости

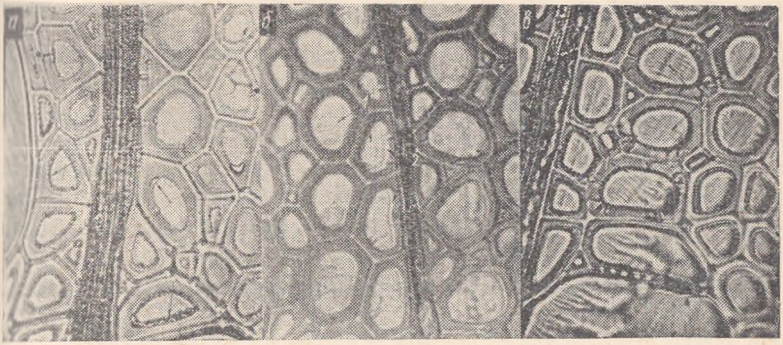

Рис. 1 .Фотографии микросрезов (ув. 1200) древесины:

а) модифицированной фенолоспиртами (стрелками показаны пленки полимера в полостях древесных волокон); *б*) полиэфирной смолой ПН-1 (стрелка показывает полимер, отложившийся в полостях древесных волокон); (стрелка 2 — щель между полимером и клеточной стенкой возникшую в результате разбухания клеточных стенок); *в*) — разработанной смолой. (Стрелка 1 показывает низкомолекулярную фракцию, отложившуюся в клеточной стенке и по ее поверхности; стрелка 2 — высокомолекулярную фракцию, заполнившую полости древесных волокон).

клеток тонким слоем, оставляя открытыми водопроводящие пути (сосуды и полости древесных волокон). Поэтому, хотя максимальное разбухание древесины, модифицированной фенолоспиртами, заметно ниже разбухания древесины (в 4 раза для тангенциального направления), скорость разбухания замедляется незначительно (рис. 2).

При попадании в воду изделие, модифицированное фенолоспиртами, насыщается водой относительно быстро и изменяет свой вес, что в отдельных случаях крайне не желательно.

Практически исключается и возможность поверхностной пропитки древесины фенолоспиртами, так как вода проникает по незаполненным полимерам водопроводящим каналам во внутрь изделия, вызывая разбухание его средней части. Наружные слои, обработанные фенолоспиртами, при этом разбухают меньше, в изделии возникают большие напряжения, вызывающие в отдельных случаях его коробление и растрескивание.

Поэтому для надежной защиты древесины фенолоспиртами

необходимо проводить ее полную сквозную пропитку, чтобы полимер заполнил все клеточные стенки древесины.

Следует отметить, что хрупкость древесины при этом возрастает, так как процесс заполнения клеточных стенок полимером в какой-то степени подобен процессу лигнификации, когда лигнин, располагающийся в них, повышает хрупкость и твердость древесины.

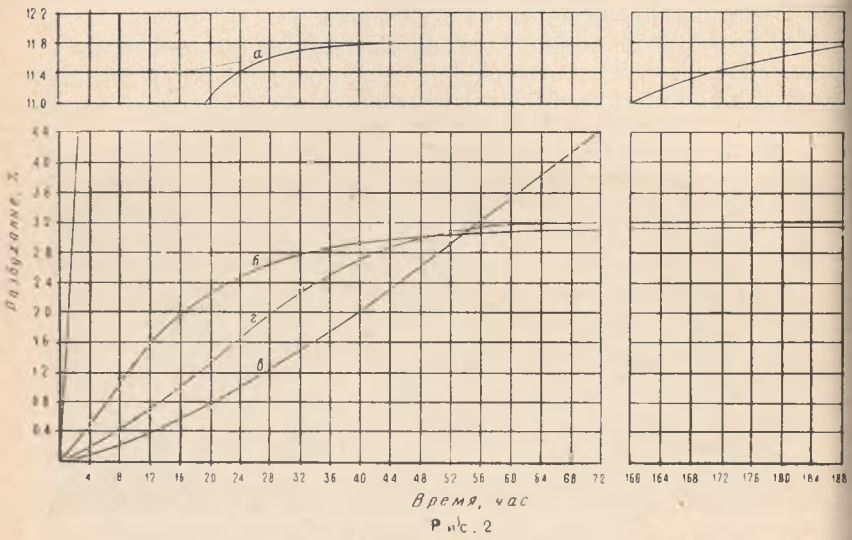

Рис. 2. Динамика разбухания древесины:

а — натуральной, *б, в, г* — модифицированной фенолоспиртами; полиэфирной смолой ПН-1, разработанной смолой соответственно.

В отличие от смол, заполняющих клеточные стенки, смолы, непроникающие в них, не снижают величины максимального разбухания древесины, но обладая высокой концентрацией заполняют водопроводящие пути (рис. 1 *б*) замедляя скорость разбухания в 10—15 раз (полиэфирная, эпоксидная смолы) (см. рис. 2). При частом изменении влажности окружающей среды древесина не «реагирует» на это изменение своих размеров, так как вода не успевает проникнуть к ее клеточным стенкам. Это важно, например, при использовании древесины в литейном производстве, где она периодически переносится из влажной земли в сухое помещение и обратно.

В средах с достаточно часто меняющейся влажностью хороший эффект удается получить, прибегая даже к неполной, а поверхностной пропитке изделия такими смолами.

При длительном же воздействии влаги она диффундирует в древесину по недостаточно хорошо заполненным полимером полостям и по самой клеточной стнеке, вызывая разбухание изделия. При этом между сильно разбухающими клеточными стенками и отложившимся в полостях полимером возникают щели, облегчающие доступ воды и влаги в древесину (см. рис. 1 *б*).

Ударная вязкость древесины, модифицированной такой смолой увеличивается, так как хрупкость клеточных стенок не возрастает, а полимер, заполнивший полости древесных волокон, воспринимает часть нагрузки на себя.

Очень хороший защитный эффект удается получить при двойной пропитке древесины; сначала смолами, заполняющими клеточные стенки, а затем после их полимеризации смолами или веществами, заполняющими полости сосудов (парафином, металлом, полиэфирной смолой). В этом случае не только заметно снижается величина максимального разбухания древесины, но и скорость набухания. Такая обработка требует второй пропитки и, иногда, второй термообработки, что затруднительно.

Нам удалось разработать смолу, состоящую из двух компонентов — низкомолекулярной фракции, хорошо проникающей в клеточные стенки и высокомолекулярной, — заполняющей полости сосудов и древесных волокон. При пропитке древесины этой смолой в связи с разностью молекулярных весов ее компонентов их полярностей она разделяется на свои составляющие, заполняя одновременно клеточные стенки и полости сосудов и древесных волокон (рис. 1 *в*). Эту смолу мы назвали БТИ-2.

При этом значительно снижается не только величина максимального разбухания древесины, но и его скорость.

Полимер, заполнивший полости клеток, воспринимает часть нагрузок на себя, и падение вязкости в этом случае оказывается менее ощутимым, чем в случае заполнения полимером только клеточных стенок.

Нами проведен следующий эксперимент. На подготовленные тангенциальные поверхности образцов натуральной и модифицированной фенолоспиртами, полиэфирной и разработанной смолой древесины наносились одинаковые капельки воды, подкрашенные сафронином. Под микроскопом МБС-2 в отраженном свете хорошо было видно, что капельки, нанесенные на обычную древесину, уже через 9 *сек* полностью впитывались в образец, растекаясь по полостям клеток вдоль и несколько меньше поперек волокон. На образцах, обработанных фенолоспиртами, капля удерживалась до 13—14 *сек,* расплываясь в основном вдоль волокон по сосудам и полостям клеток. Еще дольше удерживалась капля на образцах, обработанных полиэфирной смолой (до 18 *сек*), причем практически она не расплывалась. Аналогичная картина наблюдалась и на образцах, обработанных разработанной нами смолой, но время ее полного впитывания достигало 23 *сек.* При этом сафронин отфильтровывался на поверхности древесины, а в случае полиэфирной смолы поглощался клеточными стенками вместе с водой. На рис. 3 приведены фотографии капель через 1, 3, 6, 10 *сек* и после их полного впитывания.

Нами проведены исследования защитного эффекта разработанной смолы при поверхностной обработке ею изделий.

Так, фанерные образцы (марка ФК ольховые на карбомидном клее ГОСТ 3916-69), модифицированные данной смолой, выдерживались в 10%-ном растворе серной кислоты. Разрушение

образцов было отмечено только через 57 суток, в то время как обычные образцы полностью расклеились уже через 6 суток. При выдерживании в этом растворе модифицированных березовых и контрольных образцов установлено, что предел прочности при сжатии вдоль волокон у контрольных образцов за 60 суток снизился более, чем в 4 раза, при высушивании перед испытанием при температуре 50°С контрольные образцы почернели и растрескались, у модифицированных же образцов предел прочности снизился всего в 1,3 раза, почернения и растрескивания практически не наблюдалось.

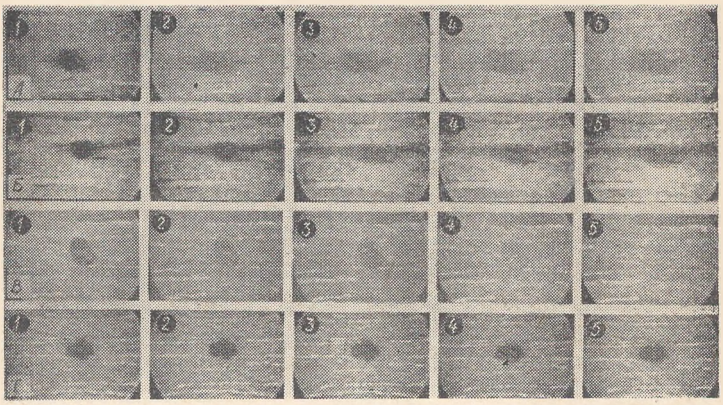

Рис. 3. Фотографии капель (ув. 50) на:

а) — натуральной древесине; *б, в, г* — модифицированной фенолоспиртами; полиэфирной смолой ПН-1; разработанной смолой соответственно: 1 — через 1 *сек;* 2 — через 3 *сек*; 3 — через 6 *сек*; 4 — через 10 *сек*; 5 — после полного впитывания.

Приведем некоторые механические показатели древесины березы в абсолютно сухом состоянии, модифицированной разработанной смолой. Твердость боковая — 1200 *кгс/см*^{2} (у натуральной — 511 *кгс/см*^{2}), сжатие вдоль волокон — 1550 *кгс/см*^{2} (у натуральной — 1000 *кгс/см*^{2}), скалывание вдоль волокон — 160 *кгс/см*^{2} (у натуральной — 100 *кгс/см*^{2}), статический изгиб — 1400 *кгс/см*^{2} (у натуральной — 1500 *кгс/см*^{2}), ударный изгиб — 0,34 *кгс см/см*^{3} (у натуральной — 0,40 *кгс см/см*^{3}).