

Защита древесины от влаги

Автор: Dr. Christopher Rulison (Augustine Scientific)

Около 80 лет доктор Карл Вульман разрабатывал метод пропитки под давлением для защиты древесины. Благодаря этой технологии активные вещества глубоко и равномерно проникают в древесину, что на длительный период предохраняет ее от паразитов и грибов и позволяет использовать для наружной облицовки. Древесина, обработанная под давлением, различается в зависимости от количества адсорбированного активного вещества на кубический метр, и, как следствие, может применяться в различных условиях.

При изучении влияния эрозии на древесину, пропитанную под давлением водным раствором смеси щелочного медного комплекса и четверичного аммония (ACQ), было обнаружено, что при небольшом количестве ACQ лак А показывает худший результат, чем лак В. Хотя производитель древесины на основе покрытия А занимал довольно большую часть рынка древесины для судостроения, он отставал от своего конкурента, использовавшего покрытие В и занимавшего еще большую часть рынка древесины для строительства домов. Разницу в свойствах обоих покрытий можно было понять после изучения их поверхностного и межфазного натяжения.

Согласно английской классификации, обработанная древесина делится на группы в зависимости от концентрации пропитки:

Концентрация активного вещества, кг/м ³	Область применения
4,0	Надземное строительство
6,4	Возможен контакт с грунтом
9,6	Долговременные деревянные постройки
40,0	Возможен контакт с солёной водой

Рассматривая защиту древесины от влажности на долгосрочный период, следует учесть два параметра: краевой угол смачивания поверхности водой и межфазное натяжение между покрытием и древесиной. Чем больше краевой угол, тем лучше проявляются водоотталкивающие свойства. Последние исследования межфазного взаимодействия вода-дерево и дерево-покрытие показали тенденцию к замещению фаз, т.е. к разрыву связей дерево-покрытие под действием влаги, что выгодно с точки зрения термодинамики.

Были проведены исследования защитных свойств лаков А и В для древесины с различной концентрацией активного вещества, в качестве контрольного образца использовали древесину без пропитки. Краевой угол смачивания определяли с помощью прибора DSA100, результаты приведены в таблице.

Концентрация активного вещества, кг/м ³	Краевой угол смачивания	
	при покрытии А	при покрытии В
0,0	106,5°	101,1°
4,0	106,3°	101,2°
6,4	106,9°	101,6°
9,6	107,4°	101,4°
40,0	107,1°	101,9°

Из таблицы видно, что краевой угол на покрытии А на 5-6° больше, чем на покрытии В, однако, оба покрытия дают угол больше 90°, т.е. полностью не смачиваются. Что означает, что пропитка древесины под давлением не имеет существенных различий в краткосрочном периоде. Это также означает, что знаний о смачиваемости недостаточно для оценки качества покрытия. Для того чтобы оценить, насколько прочны связи между покрытием и древесиной, необходимо также определить поверхностную и межфазную энергию системы.

Сначала была определена свободная энергия поверхности (СЭП) деревянных (еловых) образцов без пропитки и с пропиткой, согласно четырем вышеприведённым классам. Измерения проводились по методу лежащей капли на приборе DSA100, в качестве тестирующих жидкостей использовали воду и этилен-гликоль. При выборе жидкостей учитывалась возможность адсорбции жидкости после формирования капли: 98% первоначального объёма капли должны были быть видными в ходе исследования. На каждом образце было сформировано 10 капель, среднее значение приведено в таблице ниже. По данным краевых углов была рассчитана СЭП по методу Фоукса (см. табл.).

Концентрация активного вещества, кг/м ³	Краевой угол, °		Свободная энергия поверхности, мДж/м ²			Полярность, %
	Вода	Этилен-гликоль	общая	полярная часть	дисперсная часть	
0,0	73,1	42,8	36,56	6,58	32,98	16,63
4,0	75,1	46,0	38,17	5,93	32,24	15,54
6,4	76,2	47,7	37,42	5,58	31,84	14,91
9,6	77,5	55,4	36,37	5,26	31,11	14,46
40,0	82,7	60,3	32,42	4,01	28,41	12,37

Как показало исследование, свободная энергия и полярность дерева без покрытия уменьшается при увеличении содержания активного вещества в нем (пропитки).

С помощью тензиометра K100MK2 было определено поверхностное натяжение жидких покрытий А и В по методу пластины Вильгельми. С помощью данного прибора также был измерен краевой угол смачивания этими покрытиями тефлоновой пластины. Свободная поверхностная энергия (= поверхностное натяжение для жидкостей) и ее составляющие были рассчитаны по методу Фоукса, данные расчета сведены в таблицу:

	Поверхностное натяжение, мН/м	Краевой угол смачивания тефлона	Свободная энергия поверхности, мДж/м ²			Полярность, %
			общая	полярная часть	дисперсная часть	
Покрытие А	34,24	68,6°	34,24	3,91	30,33	11,41
Покрытие В	36,19	73,6°	36,19	6,28	29,91	17,35

В результате проведенных исследований видно, что полярность покрытия В выше, чем у покрытия А и у деревянных образцов без покрытия, кроме того, полярность покрытия А минимальна среди всех образцов. В результате сопоставления данных можно сделать вывод, что покрытие А будет лучше взаимодействовать с деревом, содержащим более высокую концентрацию активного компонента. И наоборот, покрытие В будет лучше наноситься на дерево с минимальным количеством пропитки. Данное заключение было подтверждено на практике (см. начало статьи).

Межфазное натяжение – это силы сцепления (работа адгезии), которые возникают между покрытием и поверхностью. Если покрытие рассчитано на длительную службу, то межфазное натяжение должно быть как можно меньше (в большинстве случаев, работа адгезии менее 1 мН/м), в противном случае образуются нестабильные связи.

Для сравнения работы адгезии между покрытиями и древесиной было рассчитано межфазное натяжение по методу Фоукса, кроме того была рассчитана работа адгезии между водой и древесиной.

Концентрация активного вещества, кг/м ³	Межфазное натяжение (работа адгезии), мН/м		
	Покрытие А	Покрытие В	Вода
0,0	0,40	0,08	18,40
4,0	0,24	0,05	19,45
6,4	0,17	0,05	20,05
9,6	0,11	0,06	20,61
40,0	0,03	0,27	23,17

При увеличении концентрации активного вещества межфазное натяжение с покрытием А – уменьшается, что сопоставимо с низкой полярностью данного покрытия. С другой стороны, покрытие В показывает минимальное межфазное натяжение при небольших концентрациях пропитки.

Межфазное натяжение для обоих покрытий не превышает порог в 1 мН/м, поэтому оба они подходят для длительного использования. Однако более веским критерием применения покрытия во влажных условиях является то, что работа адгезии покрытие-дерево должна быть в сотни раз меньше, чем работа адгезии вода-дерево. Только в этом случае риск разрушения связей между покрытием и деревом минимален.

Концентрация активного вещества, кг/м ³	Соотношение между межфазным натяжением	
	Вода/Дерево : Покрытие А/Дерево	Вода/Дерево : покрытие В/Дерево
0,0	45,8	234,5
4,0	81,2	399,8
6,4	120,1	395,1
9,6	195,6	362,4
40,0	720,2	85,0

Как видно из таблицы, для покрытия В порог в 100 единиц не преодолит только для судостроительной древесины (с высоким содержанием пропитки), во всех остальных случаях покрытие В будет себя лучше показывать, чем покрытие А. Эти данные сопоставимы с выводами по работе адгезии.

Были изучены свойства 5 образцов древесины с различной степенью обработки (пропитки под давлением); увеличение активного компонента (пропитки) приводит к снижению СЭП и полярности поверхности древесины. В результате комплексного подхода к поверхностным свойствам (изучению смачиваемости, полярности, межфазного натяжения) можно подобрать стабильные покрытия для древесины различного качества. Пористость древесины также влияет на адсорбцию покрытия и на его свойства, но этот вопрос пока изучается.

Литература:

1. C. Rulison Adhesion Energy and Interfacial tension – Two related coating/substrate interfacial properties. Which is more important for your application, and Why? – 2003 (KRUSS, AN232e)
2. C. Rulison So you want to measure surface Energy? – 1999 (KRUSS, TN306e)