

УДК 691.11:674.21

С. С. Гайдук, аспирант (БГТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ И ВОДОСТОЙКОСТИ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПВА ДИСПЕРСИЙ

Работа посвящена исследованию прочности и водостойкости клеевых соединений. Для проведения испытаний по определению прочности и водостойкости использовалась европейская методика согласно DIN EN 204 и DIN EN 205. Дана оценка клеевых материалов, используемых на деревообрабатывающих предприятиях Республики Беларусь для производства мебели и столярно-строительных изделий. Рассмотрены также свойства модифицированных отечественных клеев.

The work is devoted to the study of strength and water resistance of adhesive joints. For the tests to determine the strength and water resistance technique was used according to European DIN EN 204 and DIN EN 205. The estimation of adhesives used in wood processing enterprises in the Republic of Belarus for the production of furniture and joinery products. We also consider the properties of modified domestic adhesives.

Введение. Использование натуральной древесины является на сегодняшний день приоритетным направлением развития производства мебели и столярно-строительных изделий. Натуральная древесина получила широкое распространение из-за ряда достоинств: высокая прочность и малый вес, простота обработки и утилизации, высокая морозостойкость и др. Для получения высококачественного изделия из массивной древесины ее нужно склеивать. Это необходимо для увеличения формоустойчивости изделия и рационального использования сырья. Для производства мебели применяется клееный мебельный щит. Его получают путем склеивания узких ламелей в широкий щит. В свою очередь, ламели получают методом сращивания короткомерных заготовок в длинные.

На качество изделия в конечном итоге оказывает влияние большое количество разнообразных факторов: качество сушки древесины, ориентация ламелей в щите, используемый клей и т. д. Для склеивания мебельного щита на сегодняшний день наиболее часто используется поливинилацетатный клей (ПВА). Данный клеевой материал обладает рядом достоинств, основным из которых является экологичность.

На рынке клеевых материалов ПВА клей представлен различными фирмами-производителями, в основном европейскими. В нашей стране также есть производство поливинилацетатного клея, однако данный клеевой материал обладает низкими физико-механическими свойствами и поэтому не находит широкого применения.

В производстве мебели наиболее часто используются клеи марки D3. Клеевые соединения на основе клеев данной марки могут эксплуатироваться внутри помещения при частом кратковременном воздействии проточной или конденсированной воды и (или) повышении на короткое время влажности.

Для определения прочности и водостойкости клеевых соединений в Европе используются два стандарта: DIN EN 204 [1] и DIN EN 205 [2]. Данные стандарты описывают методику проведения испытаний и требуемые значения при определении прочности древесины на сдвиг вдоль волокон.

Целью проводимых исследований являлись:

- исследование прочности и водостойкости клеевых соединений, полученных на основе ПВА дисперсий различных производителей;
- изучение возможностей модификации отечественных клеев ПВА для получения клеевых соединений, соответствующих европейским стандартам.

Основная часть. Для более полной оценки свойств клеевого материала необходимо также рассматривать технологию его производства. Поливинилацетат получают в результате эмульсионной свободнорадикальной полимеризации. Исходный полимер является абсолютно хрупким, но его можно модифицировать путем сополимеризации с другими мономерами, в частности с этиленом. При увеличении содержания этилена в сополимере полимер становится более пластичным и снижается его температура стеклования. Однако нельзя снижать температуру стеклования полимера до очень низкого уровня, так как это может приводить к слишком малой прочности клеевого слоя.

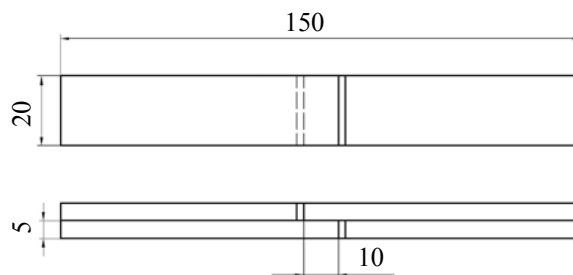
Поливинилацетатные эмульсии можно также получать с использованием ряда сомономеров, например различных акрилатов и дибутилmaleinata. Кроме синтеза исходного полимера, полимеры и сополимеры типа поливинилацетата могут быть получены с дополнительным введением пластификаторов и веществ, повышающих липкость. Также могут быть добавлены совместные растворители и сшивающие агенты. Внешние пластификаторы типа диоктилфталата могут быть введены в рецептуру в количествах,

при которых они сохраняют совместимость в эмульсии. Это же справедливо и в случае эмульсий с использованием повышающих липкость веществ. Совместные растворители, например 2-бутоксизтанол, который растворим и в воде, и в поливинилацетатной эмульсии, оказывают положительное влияние на слипание частиц эмульсии, когда вода начинает испаряться.

Важным моментом в разработке рецептуры стабильных поливинилацетатных эмульсий является использование поверхностно-активного вещества и защитного коллоида. Эти материалы стабилизируют эмульсии. Защитными коллоидами могут быть определенные полиуретаны, известные как «ассоциативные» защитные коллоиды, или материалы на основе целлюлозы, например оксиэтилцеллюлоза. Кроме стабилизации эмульсии, защитный коллоид повышает тиксотропность клея. Одним из материалов, одновременно используемым как поверхностно-активное вещество и как часть коллоидной защитной системы, является гидролизованный или частично гидролизованный поливинилацетат. Этот материал является либо поливиниловым спиртом, либо сополимером поливинилацетата с поливиниловым спиртом. Такие сочетания поверхностно-активных веществ и целлюлозных защитных коллоидов позволяют оптимизировать свойства клея, тем самым обеспечивают улучшенную смачиваемость различных поверхностей или возможность сшивания полимера. Сшивание может быть также реализовано в результате сополимеризации винилацетата с каким-либо карбоксилсодержащим мономером, например акриловой кислотой. Сшивание приводит к повышению сопротивления клея ползучести, однако это часто увеличивает хрупкость, что в ряде случаев может иметь существенное значение [3].

Для проведения испытаний согласно DIN EN 205 используют пластины из древесины бука с плотностью $700 \pm 100 \text{ кг/м}^3$ и влажностью 12 %. Волокна древесины должны располагаться вдоль плоскости склейки (по направлению растяжения при испытании), а годичные кольца – под углом $30\text{--}90^\circ$ к плоскости склейки. Образцы получают методом склеивания по пластям двух пластинок длиной 150 мм, шириной 20 мм и толщиной 5 мм. Образцы после склеивания выдерживаются 7 сут при нормальном климате, после чего делаются поперечные запилы на расстоянии 10 мм. Общий вид образца для проведения испытаний представлен на рисунке [1].

Для определения прочности образцов использовалась разрывная машина РМ-0,5 (5000 Н), скорость нагружения составляла 50 мм/мин.



Образцы для определения прочности
клеевых соединений

Для отнесения клевого соединения к группе нагрузки D3 согласно DIN EN 205 необходимо выполнение условий, представленных в табл. 1.

Таблица 1

**Показатели прочности клевого соединения
при сдвиге (D3)**

Последовательность выдержки	Прочность клевого соединения, МПа
7 дней при нормальном климате ($t = 23\text{--}25^\circ\text{C}$ и $\phi = 50\text{--}70\%$)	≥ 10
7 дней при нормальном климате 4 дня в холодной воде ($t = 20\text{--}23^\circ\text{C}$)	≥ 2
7 дней при нормальном климате 4 дня в холодной воде 7 дней при нормальном климате	≥ 6

Для проведения испытаний были выбраны клеи ПВА марки D3, наиболее часто используемые на наших предприятиях. Установлено, что различия клеев состоят не в разных добавках в водную фазу клея, а в химических составах макромолекул ПВА. При этом коренное отличие состоит в том, что импортный клей в составе макромолекул содержит несколько процентов ОН-групп. Роль этих групп – образование нерастворимых сшитых полимеров, что резко повышает водостойкость и теплостойкость клеевых швов.

Для исследования возможностей увеличения прочности и водостойкости клевого соединения в отечественный клей были введены наноматериалы: аэросил и бентонит в виде суспензии «жидкость-наноматериал».

При склеивании расход клея составил 200 г/м^2 , давление прессования – 1 МПа; время выдержки в прессу – 1 ч для ПВА и 5 ч для карбамидного клея. В каждом опыте испытывалось по 12 образцов.

Результаты проведения испытаний представлены в табл. 2.

Таблица 2

Прочность склеивания древесины клеем

Вид клея	Прочность при продольном скалывании, МПа		
	после выдержки 7 сут после склеивания	после выдержки 7 сут + в воде 4 сут	после выдержки 7 сут + в воде 4 сут + + выдержка 7 сут
Немецкий клей № 1	10,95	2,07	8,85
Финский клей	10,80	2,04	8,75
Немецкий клей № 2	9,46	–	–
Немецкий клей № 3	8,65	1,01	6,65
ДФ51/15ВП + 0,025 % аэросил	10,75	1,34	6,52
ДФ51/15 ВП + 0,050% аэросил	10,20	1,24	5,72
ДФ51/15 ВП + 0,100% аэросил	10,15	1,24	5,81
ДФ51/15ВП + 0,025 % бентонит	10,43	1,35	5,48
ДФ51/15ВП + 0,050% бентонит	10,68	1,43	5,85
ДФ51/15ВП + 0,100 % бентонит	10,38	1,34	6,00
ДФ51/15ВП + 15 % финского клея	10,22	1,04	5,87
ДФ51/15ВП + 30 % финского клея	10,36	1,24	6,05
ДФ51/15ВП + 50 % финского клея	10,65	1,48	7,08
ДФ51/15ВП	9,45	0,44	5,20
Карбамидный клей	7,0	6,2	8,0

Анализ проведенных испытаний показывает, что полный цикл испытаний прошли только два клеевых материала – немецкий № 1 и финский. Образцы, склеенные немецким клеем № 2, после выдержки в воде развалились, поэтому определить их водостойкость не представлялось возможным.

Клеевые соединения на основе немецкого клея № 3 и ДФ 51/15 ВП не прошли испытаний для определения соответствия группе нагрузки D3 ни на одном этапе.

Установлено, что отечественный клей имеет низкий показатель водостойкости. Модификация данного клея наноматериалами увеличивает прочность (1,10–1,13 раза) и водостойкость (2,8–3,25 раза). Увеличение прочности и водостойкости происходит за счет изменения краевого угла смачивания древесины. Также следует отметить, что бентонит при ограничении пространства для свободного разбухания в присутствии воды образует плотный гель, который препятствует дальнейшему проникновению влаги, что и приводит к увеличению водостойкости клеевого соединения.

Добавление финского клея в отечественный клей ДФ 51/15 ВП позволяет значительно увеличить водостойкость клеевого соединения (2,37–3,36 раза).

Определить действительную прочность клеевого соединения, образованного карбамидным клеем, не удалось, т. к. практически все образцы имели излом по древесине.

Заключение. В результате проведения испытаний определены прочность и водостойкость

клеевых соединений, образованных клеями ПВА различных фирм-производителей. Установлено, что только два клеевых материала (немецкий клей № 1 и финский) соответствуют требованиям европейского стандарта DIN EN 204/205, а немецкие клеи № 2 и № 3, а также ДФ 51/15 ВП не соответствуют требованиям данного стандарта.

Проведенные испытания также показывают, что модификация отечественных клеев наноматериалами и финским клеем увеличивают прочность и водостойкость клеевого соединения, что позволяет использовать их вместо дорогостоящих импортных клеев.

Проведена сравнительная характеристика водостойкости соединений на основе карбамидного и ПВА клеев. Установлено, что водостойкость клеевого соединения на основе карбамидного клея выше в несколько раз (3–14 раз), чем у соединения на основе клея ПВА.

Литература

1. Клеи. Клеи неконструкционные для дерева. Определение прочности склеивания продольных склеек испытанием на разрыв: DIN EN 205–2003. – Введ. 21.11.2002. – СЕН, 2003. – 10 с.

2. Классификация термопластичных клеев для древесины для применения не в производстве конструкционного силового бруса: DIN EN 204-2001. – Введ. 01.05.2001. – СЕН, 2001. – 5 с.

3. Поциус, А. Клеи, адгезия, технология склеивания: перевод с англ.; под ред. Г. В. Комарова / А. Поциус. – СПб.: Профессия, 2007. – 376 с.

Поступила 15.03.2012