

РЕСУРСОЩАДНІ ТА ЕКОЛОГОБЕЗПЕЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЕРЕВООБРОБКИ

УДК 674.093.26-419.3

П. А. БЕХТА¹, О. А. ПОТАПОВА², Я. СЕДЛЯЧІК³

КЛЕЙОВІ КОМПОЗИЦІЇ ДЛЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО СКЛЕЮВАННЯ ШПОНУ У ВИРОБНИЦТВІ ФАНЕРИ

Отримано і досліджено рецептури клейових композицій для низькотемпературного склеювання шпону у виробництві фанери. Показано, що модифікування фенолоформальдегідних смол різними хімічними речовинами (резорцином, алкілрезорцином, параформальдегідом, меламіном, карбамідом, перекисом водню, біхроматами амонію, калію і натрію) дає змогу виготовляти фанеру за нижчих температур пресування (100 °С) порівняно із загальноприйнятими температурами (110-130 °С). Своєю чергою, це дає змогу істотно зменшити енерговитрати, не погіршуючи механічних властивостей фанери.

¹ Павло Антонович БЕХТА – дійсний член ЛАН України, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри хімічної технології переробки деревини, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна. Тел.: 032-238-44-99; 032-237-89-05. E-mail: bekhta@forest.lviv.ua.

² Ольга Анатоліївна ПОТАПОВА – аспірант кафедри хімічної технології переробки деревини, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна. Тел.: 032-238-44-09.

³ Ян СЕДЛЯЧІК – доктор філософії, доцент, Технічний університет у Зволєні, м. Зволєнь, Словаччина. E-mail: janos@vsl.d.tuzvo.sk

Вступ. Якість склеювання шпону у виробництві фанери зумовлена різними чинниками, які стосуються як деревини і клею, так і безпосередньо режимних параметрів склеювання (температури, тиску і тривалості склеювання).

Склеювання шпону з використанням фенолоформальдегідних смол (ФФС) здійснюють за температури 110-130 °С, хоч з літератури [3] відомо, що інтенсифікації процесу затвердіння фенолоформальдегідних смол може бути досягнуто завдяки підвищенню температури. Незалежно від фізичного стану, в якому перебуває смола (рідкому, порошкоподібному або плівковому), підвищення температури сприяє зростанню швидкості реакції поліконденсації. Однак, збільшення температури пресування понад 130-135 °С призводить до зменшення когезійної міцності клейових з'єднань [7, 10] і підвищення виходу пакетів із дефектами склеювання навіть у лабораторних умовах [12, 15, 17, 20].

Окрім того, вища температура сукупно з високою вологістю пакета призводить до значного спресування пакетів шпону, що є безповоротною втратою деревини, а також створює умови для інтенсивного проникнення клею в товщу деревини шпону. Збіднення клейового прошарку призводить до ефекту "голодного склеювання" і міцність з'єднання зменшується [3, 8, 9]. Дослідження [4, 17, 20] свідчать, що у разі підвищення температури збільшується тиск парогазової суміші в склеюваному пакеті. Це сприяє утворенню в пакетах розшарувань і міхурців [1, 14]. Зокрема, за температури 118-120 °С кількість фанери з міхурцями на підприємствах може досягати 10 %, а зменшення її до 110-115 °С зменшує кількість дефектної фанери до 1,3-1,4 % [18]. Парогазопровідність деревини листяних порід в середньому значно більша, ніж хвойних [1, 3]. Тому березовий шпон і шпон інших листяних порід можна склеювати за більшої температури.

Склеювання фанери за температури нижче 110°С не рекомендується, оскільки тривалість формування клейових з'єднань значно збільшується [19]. Однак деякі автори рекомендують і нижчі температури [2, 5, 6, 11, 16]. Зокрема, запропоновано [5] клей (смола фенолоформальдегідна марки СФЖ-3014 – 100 мас. ч; резорцин – 2,94 мас. ч; параформ – 6,41 мас. ч; комбінований затверджувач – 15 мас. ч) для склеювання фанери за температури 95°С. Комбінований затверджувач має такий склад, мас. ч: натрій двохромовокислий – 13, карбамід – 13, вода – 70.

Встановлена [11] можливість виготовлення фанери на основі карбамідоформальдегідних смол за зменшеної температури плит преса (до 100°С) у разі використання різних клейових композицій підвищеної реакційної здатності. Для розроблення комбінованих затверджувачів використовували: надсірчаноокислий амоній, сірчаноокислий амоній, азотноокислий амоній, фосфорноокислий амоній, хлорну мідь, сірчаноокислу мідь, сірчаноокислий алюміній. Розроблена клейова композиція з використанням активного наповнювача (кремнеземного дисперсного порошка), яка дала змогу здійснювати процес склеювання хвойного шпону за температури 105-110°С, що посприяло зменшенню спресування на 3 % [6, 16].

Таким чином, природним шляхом вирішення проблеми розшарування і зменшення спресування фанери є склеювання шпону за зниженої температури,

за якої не утворюється надлишковий парогазовий тиск всередині пакета, або застосування холодного способу склеювання. Застосування холодного способу склеювання обмежено специфічністю обладнання і низькою продуктивністю. Склеювання шпону за температури нижче 100°С у разі використання однокомпонентних смол, очевидно, призведе до істотного зменшення продуктивності гарячого преса.

Тому одним із ефективних способів покращення якості фанери є підвищення реакційної здатності фенолоформальдегідних клеїв шляхом введення затверджувачів, активних наповнювачів, що дає змогу склеювати шпон за нижчих температур, позбавлене вад, притаманних високотемпературному склеюванню. Метою роботи було дослідити можливість виготовлення фанери на основі модифікованих фенолоформальдегідних смол за зниженої температури плит преса (100°С) без збільшення тривалості склеювання листів шпону.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження щодо створення клеїв із заданими властивостями здійснювали шляхом пошуку затверджувачів і активних наповнювачів, сумісних із смолами, які забезпечують якісне склеювання за низьких температур. Фенолоформальдегідну смолу (Fenokol UA) було вибрано за основу. Як модифікувальні добавки використовували: резорцин, алкілрезорцин (HONEYOL), параформальдегід, меламін, карбамід, перекис водню, біхромати амонію, калію і натрію. Рецептuru отриманих клеїв наведено в табл. 1.

Табл. 1. Рецептuru клеїв

Компоненти клею	Кількість, мас. ч, для рецепту №								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
ФФС	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Алкілрезорцин	-	3	3	-	-	-	-	-	-
Резорцин	-	-	-	3	3	3	2	3	3
Параформальдегід	-	7	7	6	6	10	5	5	5
Перекис водню	-	-	-	-	1	1	1	1	1
Комбінований затверджувач:	-	10	15	13	13	10	7	5	7
меламін	-	-	-	-	-	6	-	-	-
карбамід	-	24	7	6	6	-	3	3	3
біхромат амонію	-	-	-	6	6	-	-	-	-
біхромат калію	-	24	7	-	-	6	-	-	-
біхромат натрію	-	-	-	-	-	-	3	3	3
вода	-	52	70	18	18	18	3	3	3

Після приготування клейових сумішей, згідно з рецептами, наведеними у табл. 1, визначали властивості отриманих клеїв: життєздатність, тривалість затвердіння, концентрацію, концентрацію іонів водню (рН), динамічну в'язкість. Концентрацію клею визначали ваговим методом, висушуючи досліджувану суміш до постійної маси за температури 103±2°С. Тривалість затвердіння клею визначали за температури 100, 120 і 150°С. Для визначення динамічної в'язкості клеїв застосовували ротатійний віскозиметр RHEOTEST типу RV2, а для визначення концентрації іонів водню – рН-метр HANNA HI 221.

Для виготовлення фанери використовували березовий (товщиною 1,5 мм і вологістю 3-4 %) і буковий (товщиною 1,8 мм і вологістю 5-7 %) шпон. Тришарову фанеру трьох видів: березову, букову і комбіновану (березово-букову) форматом 300×300 мм²

– пресували за таких режимних параметрів: тиск пресування – 1,8 МПа, температура пресування – 100 °С, тривалість пресування – 6 хв, витрата клею – 140 г/м². Для порівняння виготовляли фанеру за температури 120 і 150 °С. Фанеру пресували у гідравлічному пресі FORTUNE. Для оцінювання якості склеювання фанери на розривній машині LaborTech 4.050 визначали міцність її на сколювання згідно з EN 314-1 і EN 314-2.

Результати досліджень. На основі закономірностей утворення просторових сіток полімеру розглянуто механізм затвердіння фенолоформальдегідних смол під дією різних затверджувачів. На основі аналізу процесу затвердіння встановлено, що біхромати амонію, калію і натрію сприяють перебігу окислювально-відновної реакції і прискоренню процесу затвердіння ФФС. Резорцин, завдяки своїй активності здатен створювати велике число хімічно активних точок контакту. Збільшення кількості реакційно-здатних груп в системі зменшує енергію її активації. У цьому випадку потрібна нижча температура для початку процесу поліконденсації клею. Основні властивості отриманих клейових композицій наведено в табл. 2.

Табл. 2. Основні властивості клейових сумішей

Властивості клейової суміші	Клейова суміш №								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Динамічна в'язкість, МПа·с	658,8	776,0	922,4	1800,9	2020,6	1342,2	1293,4	732,1	849,2
Життєздатність , хв	400	90	84	55	51	65	69	79	76
pH	11,4 2	10,9 8	11,0 6	10,7 6	10,4 2	10,9 3	10,9 6	10,8 8	10,9 2
Тривалість затвердіння, с:									
за 100°С	202	124	133	107	98	107	118	121	130
за 120°С	67	32	26	37	30	25	48	49	50
за 150°С	-	25	26	30	22	22	39	34	34

Вивчення тривалості затвердіння отриманих клейових композицій показало, що швидше затвердіває клей із комбінованим затверджувачем, що містить біхромат амонію (табл. 2). Тривалість затвердіння такого клею зменшується на 8,4 % і 17-25 % порівняно з аналогічними характеристиками клеїв, до складу затверджувача яких входять відповідно біхромат калію і натрію; і на 51,5 % порівняно з чистою ФФС.

Наявність у складі клейової суміші перекису водню дає змогу зменшити тривалість затвердіння на 8,4 %, життєздатність на 7,3 %, а в'язкість збільшити на 12,2 % порівняно із сумішшю, в якій перекису водню немає. Всі досліджувані рецептури клеїв не досягають значення життєздатності чистої фенолоформальдегідної смоли (в 4-8 разів менше), але, попри це, їх можна використати на практиці під час склеювання фанери за низьких температур. Значення pH отриманих клеїв практично не змінюється і перебуває в допустимому інтервалі.

У табл. 3 наведено результати механічних випробувань фанери, склеєної клеєм із комбінованим затверджувачем. Із таблиці випливає, що кожна із запропонованих клейових сумішей дає змогу виготовляти березову, букову і комбіновану (за

винятком сумішей №1, 3 і 4) фанери за температури 100 °С. Значення міцності березової фанери на сколювання, склеєної за температури 100 °С, зіставимі зі значеннями міцності фанери, склеєної за високих температур 140-150 °С, що дасть змогу істотно зменшити затрати енергії під час операції пресування і величину спресування фанери.

Табл. 3. Показники міцності фанери

Клейова суміш №	Температура пресування, °С	Тип фанери	Основні статистичні характеристики		
			X, МПа	S, МПа	x, %
0	100	березова	-	-	-
	120		0,32	0,12	37,6
	130		1,65	0,67	40,33
	140		1,83	0,67	36,52
	150		2,31	0,34	14,6
1	100	березова	2,42	0,54	22,16
		букова	1,57	0,25	16,10
		комбінована	0,00	0,00	0,00
2	100	березова	2,45	0,40	16,14
		букова	1,52	0,45	29,36
		комбінована	1,47	0,33	22,24
3	100	березова	1,87	0,42	22,66
		букова	1,58	0,33	21,12
		комбінована	0,78	0,68	87,67
4	100	березова	1,85	0,42	22,83
		букова	1,34	0,31	23,48
		комбінована	0,99	0,39	39,71
5	100	березова	2,15	0,47	22,04
		букова	2,26	0,29	12,66
		комбінована	1,49	0,21	13,91
6	100	березова	2,37	0,44	18,53
		букова	2,19	0,21	9,65
		комбінована	1,35	0,28	20,66
7	100	березова	2,15	0,46	21,49
		букова	2,18	0,29	13,41
		комбінована	1,73	0,35	20,31
8	100	березова	2,66	0,46	17,32
		букова	1,98	0,31	15,64
		комбінована	1,74	0,35	20,07

Примітка: X – середнє значення міцності фанери на сколювання; S – стандартне відхилення; x – коефіцієнт варіації.

Висновки. Застосування в складі комбінованих затверджувачів таких речовин як резорцин, перекис водню, карбамід, біхромати амонію, калію і натрію забезпечує найбільш інтенсивне зменшення тривалості затвердіння фенолоформальдегідних смол. Реакційна здатність розроблених клеїв за температури 100 °С вища, ніж реакційна здатність базового компонента клею (фенолоформальдегідної смоли) у 1,5-2,1 раза. Запропоновану технологію низькотемпературного склеювання березового і букового шпону можна рекомендувати для виготовлення фанери як із листяних, так і хвойних порід.

ЛІТЕРАТУРА

1. Анисов П.П. Производство фанеры из лиственницы / П.П. Анисов, В.П. Ворошилов, А.Т. Орлов и др. // Плиты и фанера : обзор. инфор. – М. : ВНИИПИЭИлеспрот. – 1980. – Вып. 1. – 39 с.
2. Бегунков О.И. Исследование и разработка технологии склеивания фанеры конструкционного назначения марки ФСФ из древесины лиственницы : автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук. – М., 1979. – 23 с.

3. Бехта П.А. Виробництво фанери. – К. : Вид-во "Основа", 2003. – 320 с.

4. Ворошилов В.П. Исследование процесса склеивания листовенной фанеры и её свойств : автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Красноярск, 1980. – 24 с.

5. Залипаев А.А. Технология низкотемпературного склеивания шпона : автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Санкт-Петербург, 2004. – 18 с.

6. Казакевич Т.Н. Формирование клеевых соединений хвойного шпона при пониженных температурах : автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Санкт-Петербург, 1992. – 18 с.

7. Кротов Л.Н. О реологических свойствах листовенницы даурской / Л.Н. Кротов, В.А. Шилка // Лиственница: выращивание и обработка : Межвуз. сб. научн. тр. – Л., 1982. – С. 76-87.

8. Куликов В.А. Производство фанеры. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1976. – 368 с.

9. Михайлов А.Н. Процессы, протекающие при склеивании. – Л. : Изд-во ЛТА, 1963. – 88 с.

10. Москвитин Н.И. Физико-химические основы процессов склеивания и прилипания. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1974. – 192 с.

11. Орлов А.Т. Низкотемпературная технология склеивания шпона в производстве фанеры марки ФК / А.Т. Орлов, Н.Ю. Шорникова, Д.А. Щедро // Деревообрабатывающая промышленность, 2004. – № 6. – С. 12-14.

12. Охлопков П.Е. Особенности производства фанеры из древесины хвойных пород // Плиты и фанера : реф. инф. – М. : ВНИПИЭИлеспром, 1983. – Вып. 1. – С. 11-12.

13. Прусакова И.Р. Повышение пределов влажности шпона при склеивании фанеры / И.Р. Прусакова, В.П. Скоробогатова // Новое в технике и технологии фанеры и пластика : сб. научн. тр. ЦНИИФ. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1972. – С. 45-51.

14. Справочник по производству фанеры // Веселов А.А., Галюк Л.Г., Доронин Ю.Г. и др. / под ред. Н.В. Качалина. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1984. – 432 с.

15. Чубинский А.Н. Деформация пакета шпона из листовенницы при склеивании // Плиты и фанера : реф. инф. – М. : ВНИПИЭИлеспром, 1976. – № 1. – С. 12-13.

16. Чубинский А.Н. Склеивание хвойной фанеры при пониженных температурах / А.Н. Чубинский, Т.Н. Казакевич // Деревообрабатывающая промышленность. – 1992. – № 4. – С. 4-5.

17. Чубинский А.Н. Математическая зависимость величины упрессовки и прочности фанеры от технологических факторов // Плиты и фанера : реф. инф. – М. : ВНИПИЭИлеспром, 1976. – № 12. – С. 12-13.

18. Шевандо Т.В. Некоторые особенности производства фанеры для строительства и машиностроения с использованием утолщенного шпона // Новое в производстве фанеры и фанерной продукции : сб. научн. тр. ЦНИИФ. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1985. – С. 8-10.

19. Шнабель А.Д. Производство фанеры из древесины хвойных пород с применением смолы ЦНИИФ-водостойкая / А.Д. Шнабель, И.Н. Андреева // Новое в производстве фанеры и фанерной продукции : сб. научн. тр. ЦНИИФ. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1986. – Вып. 9. – С. 3-6.

20. Chow S.-Z., Mukai H.N. Polymerization of Phenolic Resin at High Vapor Pressure // Wood Science, 1972. – Vol. 5, № 1. – P. 65-72.

P. A. Bekhta, O. A. Potapova, J. Sedliacik

ADHESIVES FOR VENEER GLUING AT LOWER PRESSING TEMPERATURE IN THE MANUFACTURE OF PLYWOOD

Technology of veneer low temperature gluing in the production of plywood is considered. Modification of PF resins by different chemical matters (resorcinol, melamine, urea, paraformaldehyde, dichromate ammonium, dichromate potassium, dichromate sodium, hydrogen peroxide) was done. It proved possible to manufacture plywood using a reduced pressing temperature of 100°C (as compared with the usual 110-130°C). The low-temperature pressing procedure results in a significant energy saving compared with high-temperature pressing without any worsening of plywood mechanical properties.

