



Міністерство освіти і науки України

ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Факультет лісового господарства, деревооброблювальних
технологій та землевпорядкування**

**Кафедра деревооброблювальних технологій та
системотехніки лісового комплексу**

ТЕХНОЛОГІЯ КЛЕЄНИХ МАТЕРІАЛІВ

**Методичні вказівки
до самостійного вивчення дисципліни
для студентів першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти денної (заочної) форм навчання спеціальності
187 Деревообробні та меблеві технології**

Харків

2024

Міністерство освіти і науки України

ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет лісового господарства,
деревооброблювальних технологій та землевпорядкування

Кафедра деревооброблювальних технологій та
системотехніки лісового комплексу

ТЕХНОЛОГІЯ КЛЕЄНИХ МАТЕРІАЛІВ

Методичні вказівки
до самостійного вивчення дисципліни
«Технологія клеєних матеріалів»
для студентів першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти денної (заочної) форми навчання спеціальності
187 Деревообробні та меблеві технології

Затверджено
рішенням Вченої ради факультету
лісового господарства,
деревообробних технологій та
землевпорядкування
Протокол № 8 від 03 травня 2024р.

Харків
2024

Схвалено
на засіданні кафедри деревооброблювальних технологій та
системотехніки лісового комплексу.
Протокол №11 від 16 квітня 2024 р.

Рецензенти:

О. Б. Калюжний, канд. техн. наук, доцент кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка Державного біотехнологічного університету,

О. А. Шептур, канд. техн. наук, доцент, ст. викладач кафедри деревооброблювальних технологій та системотехніки лісового комплексу Державного біотехнологічного університету.

Т38 Технологія клеєних матеріалів: методичні вказівки до самостійного вивчення дисципліни для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної (заочної) форм навчання спеціальності 187 Деревообробні та меблеві технології / Державний біотехнологічний ун-т; уклад.: Ю. О. Градиський, С. А. Шевченко, М. О. Сосєдко – Харків : ДБТУ, 2024- 23с.

Наведено види склеювання, класифікація клеїв, вимоги до них, режими склеювання та методи розрахунків.

УДК 684.4

Відповідальний за випуск: В.І. Д'яконов, к-т техн. наук, доцент

© Ю. О. Градиський, С.А. Шевченко, М. О. Сосєдко, 2024
© ДБТУ, 2024

ЗМІСТ

1. Види склеювання виробів з деревини	5
2. Добір і підготовка клею й способи його нанесення	5
3. Режими склеювання	9
4. Інтенсифікація процесу склеювання	10
5. Склеювання брусків	17

1. Види склеювання виробів з деревини

При виготовленні виробів з деревини застосовують різні способи з'єднання деталей у складальні одиниці і складальних одиниць у виробі. Водночас основним способом отримання нерознімних з'єднань є клейові з'єднання. Такі з'єднання забезпечують високу міцність. У ряді випадків міцність клейового з'єднання вища від міцності деревини й деревинних матеріалів. Крім цього, клейові з'єднання застосовуються не тільки для отримання складальних одиниць при виготовленні виробів, а й для підвищення фізико-механічних характеристик конструктивних елементів виробів, раціонального використання малоцінних сировинних матеріалів, застосування відходів виробництва для створення нових видів продукції тощо. В цілому в практиці столярно-меблевого виробництва застосовуються такі види оклеювання:

- а) склеювання заготовок у блоки для отримання деталей більшого перерізу;
- б) склеювання заготовок окрайками в щити для отримання деталей великої ширини;
- в) облицювану деталей і складальних одиниць із малоцінних деревинних порід і облицювання з деревини цінних порід або з синтетичних та інших матеріалів;
- г) склеювання тонких дерев'яних пластин у плоскі конструктивні елементи (фанеру) або склеювання з одночасним гнуттям для отримання деталей криволінійної форми;
- д) з'єднання деталей при їх складанні в складальні одиниці й виробі;
- е) виготовлення ДСтП і щитів із стружковим, рейковим, сотовим та іншими заповненнями.

Технологічний процес склеювання виконується в такій послідовності:

- підготовка до склеювання основи (брусків, подрібненої деревини, тонких пластин тощо);
- вибір і підготовка клею;
- нанесення клею на основу або змішування його а деревинними матеріалами і формування пакетів;
- запресування пакетів, що склеюються і витримка їх до схоплення клею;
- технологічна витримка склесених пакетів (деталей).

Оскільки технологічний процес підготовки основи, а також способи й обладнання для запресування пакетів залежить від виду склеювання, їх слід розглянути при вивченні конкретних видів склеювання.

2. Добір і підготовка клею й способи його нанесення

Вибір клею і проектування клейових з'єднань повинні здійснюватися з урахуванням багатьох факторів. Це забезпечує необхідну міцність клейового з'єднання, стійкість проти дії навколишнього середовища, гігієнічність тощо. Названі питання вимагають детального вивчення в

комплексі, тобто вони повинні відповідати технологічним, експлуатаційним і санітарно-гігієнічним вимогам.

Для скорочення тексту при розгляді матеріалу введено умовні позначення для клеїв різних марок.

Умовне позначення клеїв

Глютинові (калогенові)	Гл
Казеїнові	Кз
Карбомідоформальдегідні	Мн
Меламіноформальдегідні	Мл
Феноло-формальдегідні	Фн
Полівінілацетатні	Пва
Поліуретанові	Пу
Перхлорвінілові	Пхв
Поліакрилатні	Па
Ефіроцелюлозні	Ец
Епоксидні	Еп
Клеї-розплави	Кр
Клеї на основі синтетичних каучуків	Ск
Клеї на основі натурального каучуку	Нк

Сфери застосування клеїв визначають залежно від їх властивостей. Основні властивості основних видів клеїв наведені в табл. 1, а сфера їх застосування - в табл. 2

Таблиця 1 Основні властивості основних клеїв, що застосовуються в деревообробці

Клеї	Кееспром ожність, год	Робоча температура експлуатації, °С	Атмосфер остійкість	Шкідливі сть	Режим склеювання		
					Тиск, МПа	Температу ра, °С	Час витримки під тиском
Карбомідні	2...3 3...4 Понад 24	До 80...100	Середня	Середня	0,05...1,2	16...20 80...90 120...130	16...24 год 20...35 хв 7...10 хв
Фенольно- формальдегідні	1,5...2,5 2...3,5 Понад 24	До 100...120	Відмінна	Велика	0,05...0,02	16...20 60...90 130...150	20...25 год 20...30 хв 8...12 хв
Резорцинформальдегі дні	3,0...3,5	До 100...120	Відмінна	Велика	0,05...0,5	16...20 60...80	16...24 год 15...25 хв
Полівінілацетатні	Не обмежена	До 60	Нижча за середню	Мала	0,05...0,5	18...20 80	2...4 год 15 хв
Перхлорвінілові	Понад 24	60...80	Середня	Вища за середню	0,05	15...20 60	1...2 год 10...15 хв
Каучукові	До 6 міс	До 80	Середня	Середня	0,05...0,1	15...20 90... 95	Контакт до 10 хв
Епоксидні	1,0...2,5	До 80...100	Добра	Вище за середню	0,01...0,1	16...20 60...90	24...30 год 20...30 хв

Таблиця 2 - Сфери застосуванні клеїв

Матеріали, що склеюються з деревиною	Рекомендовані клеї
Дереви́на і деревні матеріали (фанера, ДВП, ДСтП)	Мн, Мл, Фн, Пва, Гл, Кз та їх модифікації
Декоративні паперово-шаруваті пластики	Мп, Пва, Мл модифіковані Пва, Ск
Плівки на основі просоченого паперу	Мн, Пва, Мл модифіковані наповнювачами
Полімерні плівки й штучна шкіра	Пва, Ск, Мва модифіковані Ск
Окрайковий пластик	Кр
Деталі і плівки з полівінілхлориду (ПХВ)	Ск, Пхв, Пхв модифікований Еп
Полістирол	Ец, Пхв модифікований ЕП
Поліетилен	Ск, Пу
Поліуретан	Пу, Ск, Пхв модифікований Ск
Поліефіри	Ск, Ем, Па
Тканина	Ец, Пва, Пхв, Ск, Кз, Гл
Шкіра	Ец, Пва, Ск
Тума	Ск, Нк
Скло й кераміка	Еп, Ну, Па, Пва
Метали	Еп, Ск, Пва, Фн, модифікований Ск і Пва

Важливе значення при виборі марки клею мають умови експлуатації клеєних виробів. Адже умови експлуатації значно впливають на рівноважну вологість, а через неї на фізико-механічні властивості клейових з'єднань.

Згідно з Будівельники нормами і правилами (БН і П) конструкції дерев'яні клеєні залежно від умов експлуатації поділяються на дев'ять груп: конструкції, що експлуатуються в опалюваних приміщеннях, належать до груп А1, А2 і А3 в неопалюваних – Б1, Б2 і Б3 і ті, що експлуатуються на відкритому повітрі – В1, В2 і В3. Вологість деревини в цих групах відповідно становить 9, 12 і 15%. Так, для склеювання конструкцій груп А1 і Б1 рекомендується використовувати карбамідні і полівінілацетатні клеї, для груп А2 і Б2 - карбамідомеламінові, до решти груп - резорцинові і фенольно-резорцинові клеї. Для склеювання деревини з металом рекомендується застосовувати епоксидні клеї.

Підготовка клею полягає в приготуванні робочого розчину. Робочий розчин готують відповідно до технологічного режиму. Технологічним режимом передбачаються:

- технічні вимоги до вихідних матеріалів, способи їх транспортування й зберігання, а також марки і вид обладнання, що застосовується!

- зміст технологічного режиму приготування клею і основні показники готового клею, умова його зберігання, кліматичні умови, за яких клей повинен готуватися й зберігатися;

- вимоги безпеки і виробничої санітарії в процесі приготування клею і його застосування.

Клей на поверхні конструктивних елементів, що склеюються, наноситься ручним способом пензлем або зануренням, а також за допомогою різних механічних пристроїв. Одновальцьовий верстат для нанесення клею (рис. 1, а) складається з ванни, в якій знаходиться привідний валець і клей. Такий верстат застосовується для нанесення клею на деталі малих розмірів, особливо бруски при їх склеюванні в щити і блоки. Ванна для клею може бути порожнистою. Використовуючи глютиновий клей, вона нагрівається гарячою водою; використовуючи смоляні клеї - охолоджується холодною водою.

Двовальцьовий верстат з живленням від нижнього вальця призначений для нанесення клею на два боки деталі (заготовки), рис. 1, б. При цьому довжина заготовки повинна бути меншою від довжини кола верхнього вальця, а заготовка повинна подаватися з розривами. Пристрій з перфорованою плитою (рис. 1, в) використовується для нанесення клею на рейки (ділянки) при їх формуванні в щит. Цей пристрій має видовжену ванну з клеєм, в якій знаходиться перфорована плита, яка зв'язана з важелем. Для нанесення клею оператор натискає ногою на важіль, піднімаючи цим перфоровану плиту з клею, і вона торкається поверхонь ділянок, змочуючи їх клеєм.

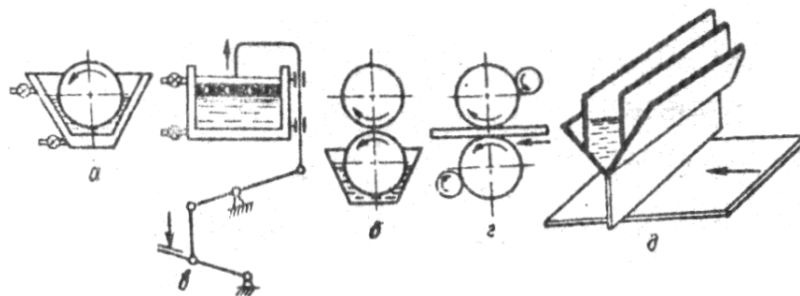


Рисунок 1 - Схеми пристроїв для нанесення клею: а - одновальцьовий;
б - двовальцьовий з живленням від нижнього вальця; в - пристрій з підйомною перфорованою плитою; г - двовальцьовий з дозуючими валиками;
д - з донною щілиною

Двовальцьовий верстат з живленням обох вальців і дозуючими вальцями є найдосконалішим. Він призначений для нанесення клею на дві поверхні деталі будь-якої довжини (рис. 1, г). У даному випадку між вальцем, який наносить клей, і дозуючим вальцем утворюється ванночка для клею. Зазор між вальцем, який наносить клей і дозуючим, регулюється і визначає кількість клею, що наноситься на поверхню. Використовуються верстати з донною щілиною (рис. 1, д). Для нанесення клею на профільні поверхні використовують розпилювання. (Цей спосіб є універсальним).

3. Режими склеювання

Режим склеювання, як і кожний технологічний режим виконання різних операцій, охоплює сукупність факторів, за яких виконується дана операція. Що стосується режиму склеювання, то він повинен охоплювати такі основні фактори: кількість клею, який наноситься на одиницю поверхні, тиск і температурні умови при пресуванні пакета, витримування в пресі, температура деревини й приміщення, час витримування до запресовки тощо. Режим склеювання завжди необхідно добирати відповідно до властивостей даного виду клею. Розглянемо основні фактори режиму склеювання.

Кількість клею. Кількість клею, який наноситься на одиницю площі, визначає товщину клеєвого шару і його витрати. Якщо наносити на поверхню більш ніж потрібно клею, якість склеювання погіршується і зростають його витрати, якщо його менш ніж потрібно - товщина клейового шару може бути недостатньою для отримання якісного склеювання. Слід мати на увазі, що на оптимальну кількість клею впливає шорсткість поверхонь склеювання, вид клею та ін. При склеюванні деревини витрати клею становлять 110...350 г/м² залежно від конкретних умов.

Тиск і час запресовки. Тиск при склеюванні необхідний для щільного контакту поверхонь, що склеюються, і змочування їх клейовим розчином по всій довжині і ширині склеювання. Під тиском клей краще проникає у відкриті пори деревини. Цим підвищується площа склеювання. При наявності тиску надлишок нанесеного клею видавлюється і це не сприяє утворенню товстого і водночас неміцного клейового шару. Надлишковий тиск може сприяти виділенню клею й утворенню тонких і неміцних плівок.

Необхідний тиск при запресовці залежить від виду клею, його в'язкості, якості підготовки поверхонь для склеювання, наявності покоробленості заготовок, що склеюються. Зусилля пресування при склеюванні становить 0,1...1,2 МПа.

Час витримування під пресом залежить від швидкості тверднення (охоплення) клею і тих напружень, які можуть виникнути в процесі склеювання. При утворенні внутрішніх напружень, наприклад, якщо склеювати з одночасним гнуттям, час витримки під пресом повинен бути більшим.

Час охоплення або тверднення клею залежить від його виду, температури, за якої здійснюється запресовка (з підігріванням або без нього), вологості деревини і температури навколишнього середовища. Загалом, час витримування під тиском пакетів, що склеюються, знаходиться в межах 30 с...6 год залежно від умов склеювання.

Температура деревини й приміщення та час просочування клею. Температура деревини й приміщення та час витримування заготовок з нанесеним на них клеєм до запресовки зумовлені взаємопов'язаними факторами. Оскільки під час витримування заготовок нанесений на них клей підсихав, то відповідно він підвищує свою в'язкість і через певний час може

втратити клеючі властивості. Через це робочий розчин клею слід готувати дещо меншої концентрації, тому що будучи нанесеним на деревину, він частково втрачає вологу, а враховуючи деякий час витримування, набуває потрібної в'язкості.

Розрізняють два періоди витримування (просочування) заготовок з нанесеним клеєм: відкритий період, коли заготовки з клеєм залишають відкритими, і закритий, коли заготовки з нанесеним клеєм складають у пакети, тобто підготовляють пакети для завантаження в прес. Час відкритого і закритого просочування залежить від температури деревини й навколишнього середовища, а також марки клею. Як правило, температура деревини й приміщення, в якому відбувається процес склеювання, повинна знаходитися в межах 19...25°C.

При склеюванні набуває чинності поняття про клеєспроможність клею. Вона визначається проміжком часу від нанесення клею на поверхню деревини до повної втрати клеючих властивостей.

4. Інтенсифікація процесу склеювання

Інтенсифікація процесу склеювання полягає в прискоренні тверднення клейової плівки, яка нанесена на поверхні заготовок, що склеюються. Процес тверднення клею прискорюється двома способами: хімічним і тепловим.

Хімічний спосіб полягає в додаванні до клейового розчину прискорювачів, при дії яких клей полімеризується, тобто переходить у твердий стан. Прикладом прискорення процесів склеювання хімічним способом може бути додавання до вихідного матеріалу для клею хлористого амонію, щавелевої кислоти, молочної кислоти, газового контакту Петрова (нафтової сульфокислоти), параформу тощо. При гарячому склеюванні кврбомідноформальдегідними клеями до них перед використанням додають водний розчин хлористого амонію, а при холодному — розчин щавелевої кислоти.

Інтенсифікацію процесу склеювання тепловим способом можна поділити на три види:

- нагрівання клейового шару за рахунок теплоти, попередньо накопиченого (акумуляованого в заготовках до склеювання);
- нагрівання клейового шару через деревину в процесі склеювання;
- безпосереднє підведення теплоти до клейового шару.

Нагрівання клейового шару акумульованою теплотою може бути одностороннім і двостороннім. Цей процес полягає в короткочасному нагріванні заготовок до нанесення на них клею, потім нанесення клею і швидке змикання поверхонь. Частіше застосовується одностороннє нанесення клею. При цьому клей наносять на поверхню ненагрітої заготовки, а потім з'єднують її з нагрітою до температури 150...200°C і швидко запресовують. Тепло передається від нагрітої заготовки до клею і він швидше твердіє. Інші два види нагрівання клейового шару можна здійснити: струмом

високої і нормальної частоти, нагріванням плит, між якими знаходяться запресовані заготовки. Останній спосіб широко застосовується на практиці. Перспективними в інтенсифікації процесу склеювання є використання струмів високої і низької частот. Розглянемо їх детальніше.

Інтенсифікація склеювання за допомогою струмів високої частоти (СВЧ). Процес нагрівання клейового шару струмами високої частоти ґрунтується на використанні діелектричних властивостей клею. Для нагрівання клейового шару цим способом заготовки, що склеюються, розміщують між двома металічними пластинами - електродами, на які подається змінний струм високої частоти. Електроди й затиснені між ними заготовки, що склеюються (рис. 2), утворюють прообраз конденсатора, в якому пакет, що склеюється, є діелектриком, а електроди - обкладками конденсатора. Якщо подавати струм на обкладки конденсатора, виникає поле, частота якого змінюється аналогічно до зміни електричних зарядів, тобто рівнозначно до частоти. Під дією змінного електричного поля в діелектрику, тобто в клейовому шарі склеюваного пакета, відбувається деформація і коливання молекул, на які затрачується частина енергії, що підводиться до конденсатора. Коливні рухи молекул викликають міжмолекулярне тертя і нагрівання клейового шару, за рахунок чого відбувається його тверднення. Таким чином, електрична енергія витрачається при цьому на переборення сил міжмолекулярного тертя. Для того щоб викликати швидке й інтенсивне нагрівання клею, необхідна висока частота зміни зарядів на обкладках конденсатора. Вона повинна становити 10...30 МГц.

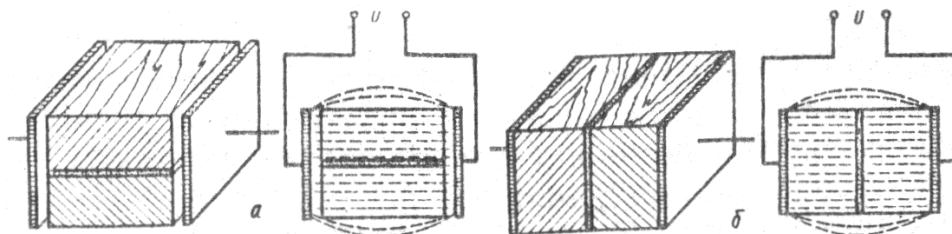


Рисунок 2 - Схеми розміщення силових ліній відносно клейового шару: а - паралельне; б – перпендикулярне

Інтенсивність нагрівання діелектрика, а в даному випадку клейового шару в полі струму високої частоти, залежить від діелектричної проникності ϵ і тангенса кута діелектричних втрат $\text{tg } \delta$. Питома потужність, що виділяється в 1 см^3 матеріалу внаслідок виникнення діелектричних втрат, Вт:

$$N = 0,55 f E \epsilon \text{tg } \delta \quad (1)$$

де E - напруженість поля, В/см, практично можна взяти $E = 800 \dots 1200$ В/см; f - частота коливання струму, Гц, $f = \frac{3 \times 10^8}{\lambda}$, λ - довжина хвилі, м; ϵ -

діелектрична проникність матеріалу; $tg \delta$ - тангенс кута діелектричних втрат (табл. 3).

Таблиця 3 Діелектрична проникність і тангенс кута діелектричних втрат деяких матеріалів

Діелектрик	Діелектрична проникність	Тангенс кута діелектричних втрат
Деревина вологістю 8-10%	4	0,05
Клей синтетичний (рідкий)	25	0,7
Клеєвий шар затверділий	4...6	0,1
Повітря	1	-
Вода	81	-

Швидкість нагрівання за 1 с визначається залежно від втраченої потужності:

$$\frac{t_k - t_n}{\tau_0} = \frac{0,134 \varepsilon tg \delta E^2}{\eta \rho c} \quad (2)$$

де t_k - кінцева температура матеріалу, °С (практично беруть 90...120°С); t_n - початкова температура матеріалу, °С (беруть 18...20°С); τ_0 - час нагрівання виробу, с; η - термічний ККД процесу нагрівання клейового шва (практично беруть 0,5...0,7); ρ - густина матеріалу, г/см³. При вологості деревини 10—15% і витратах клею 150 г/м² ρ становить для дуба, бука, берези, сосни відповідно 0,75...0,9; 0,68...0,8; 0,58...0,7; C - питома теплоємність у зоні клейового шва, $C = 1,9...2,73$ кал/(г×°С). Швидкість нагрівання переважно беруть 0,5...1°С/с.

Аналіз формули (2) і даних табл. 5 показує, що швидкість нагрівання клейового шару (рідкого) в 60 разів і затверділого в 2 рази більша від швидкості нагрівання деревини. Швидкість нагрівання можна регулювати зміною параметрів поля fE^2 . Встановлено, що інтенсивність нагрівання при склеюванні заготовок залежить від положення клейового шару відносно силових ліній електричного поля. Паралельне розміщення клейових шарів призводить до швидкого їх нагрівання. Однак, приблизно через 60 с через значний перепад температури між клейовим шаром і суміжною з ним деревиною ефект нагрівання послаблюється. За перпендикулярного положення клейових шарів відносно силових ліній електричного поля напруженість поля розподіляється обернено пропорціонально до дії електричної проникності. Час нагрівання клейового шару і витрати

електроенергії зростають. Залежно від направленості поля потрібну коливну потужність генератора визначають:

при перпендикулярній напрямленості

$$N_{nep} = 2 \frac{Q}{\tau} \quad (3)$$

при паралельній –

$$N_{nap} = \frac{I}{600 \tau} \quad (4)$$

де Q - маса склеюваних деталей у зоні нагрівання, кг; τ - час тверднення клею, хв; S - площа клейового шва, см².

Склеювання в полі струмів високої частоти може бути контактним і безконтактним, тобто коли між електродами й заготовками, що склеюються, в повітряний зазор. За наявності повітряного зазору напруженість поля перерозподіляється обернено пропорційно відносно діелектричних проникностей. При цьому напруженість поля в деревині буде в 4 рази меншою, ніж у повітряному зазорі. Із збільшенням повітряного зазору напруженість поля інтенсивно падає. Тому такий зазор не повинен бути більшим за 10 мм.

Частота електричного поля також впливає на інтенсивність нагрівання. Збільшення частоти призводить до зростання втрат енергії в пристроях для склеювання. Рівномірність нагрівання в полі НВЧ залежить від співвідношення розміру склеюваних заготовок і довжини стоячої хвилі, яка залежить від частоти. Таким чином, гранична частота при склеюванні заготовок з довжиною клеєвого шару

$$f_{гран} = \frac{3Q}{l\sqrt{\epsilon}} \quad (5)$$

де l - довжина клеєвого шару, м.

Для рівномірного нагрівання рекомендується довжина клеєвого шва, м;

$$l_{рек} = \frac{\lambda}{10...20} \quad (6)$$

де λ - довжина електромагнітної хвилі, м.

Необхідна потужність генератора залежно від об'єму склеюваних заготовок і потрібної потужності на нагрівання 1 см³ з урахуванням коефіцієнта втрат

$$N_{ген} = \frac{NV}{K \times 10^3} \quad (7)$$

де N - потрібна потужність у зовнішньому контурі, Вт/см³; V – об'єм склеюваних заготовок, см³; K - ККД контуру (0,5...0,8).

Технічні характеристики деяких лампових генераторів наведені в табл. 4.

Таблиця 4 Технічна характеристика генераторів

Показник	ЛДІ-3	ЛД2-6	ЛДІ-Ю
Встановлена потужність, кВт	5,2	11,0	23,0
Напруга мережі, В	220/380	220/380	220/380
Коливна потужність, кВт	2,5	6,3	10,0
Робоча частота, МГц	13,66±1 %	13,56+1%	5,28±2,5%
Тип генераторної лампи	ГУ-5А	ГУ-10А	ГУ-10А
Розмір установки	800×670 ×1400	1100×1700×170 0	1300×1000×100 0

Якщо відомий тип генераторів НВЧ відповідної потужності $N_{ген}$, час необхідного нагрівання при склеюванні з використанням такого генератора

$$\tau = 0,017 \frac{QC(t_K - t_n)}{N_{ген} \eta} \quad (8)$$

або спрощено

$$\tau = \frac{\Sigma S}{(200...600)N_{ген} \eta} \quad (9)$$

де Q - маса склеюваних заготовок, кг; C - теплоємність питома середня (1,9...2,73) кал/(год °С); t_K - кінцева температура нагрівання (90...120), °С; t_n - початкова температура (18...20), °С; $N_{ген}$ - потужність генератора, кВт; η - ККД установки (0,4...0,8); ΣS - сумарна площа клейових швів, см²; (200...600) - площа клейового шва, яку може склеїти генератор потужністю 1 кВт за 1 с.

Інтенсифікація склеювання струмами нормальної (промислової) частоти. Кількість теплоти, що виділяється струмом промислової частоти,

$$Q = 0,24 I^2 R \tau \quad (10)$$

де I - сила струму, А; R - опір електричного струму, Ом; τ – час проходження струму, с.

Виділену при проходженні струму теплоту можна підводити до клейового шару різними способами: попереднім нагріванням поверхонь, що склеюються (акумуляованою теплотою), виділенням теплоти провідником, що знаходиться в клейовому шві, прогріванням клейового шару за рахунок проходження через нього струму, прогріванням кондуктивним і радіаційним способами.

Названі способи забезпечують різну ефективність. Так, при використанні способу акумуляованої теплоти поверхні, що склеюються, попередньо нагріваються контактом з електронагрівачем. Оптимальна температура нагрівача становить 200°C , час прогрівання - 6 хв. За температур, вищих за оптимальні, поверхня деревини підгорає. На нагріті таким способом поверхні заготовок швидко наноситься клей і вони з'єднуються під пресом. Можна нагрівати тільки одну з поверхонь, що склеюються. При цьому умикається небезпека передчасного загусання нанесеного клею.

Нагрівання клею електричний провідником полягає в тому, що на нанесену поверхню заготовки клейового шару накладають тонку електропровідну металеву сітку. Поверхні заготовок змикаються і склеюваний блок запресовується. Металева сітка виступаючими кінцями з'єднується з джерелом струму промислової частоти.

Аналогічний процесом можна прискорювати процес тверднення клейового шару, якщо його зробити електропровідний. Для цього до клею додають сажу, яка робить його електропровідний. Слід зазначити, що додавання до клею сажі дещо знижує його клеючі властивості. Надмірна кількість сажі призводить до повної втрати клеєм клеючих властивостей. Розглянутий спосіб інтенсифікації склеювання безпосереднім нагріванням клейового шару застосовується при виготовленні клеєних ферм, балок, арок тощо.

За кондуктивного (електроконтактного) нагрівання теплота від нагрівача до клейового шару передається через деревину. Такий спосіб ефективний при склеюванні тонких шарів деревини, особливо при облицюванні. У цьому випадку нагрівник являє собою тонку металеву пластину, по якій проходить струм. Якщо цю пластину контактувати, зокрема з облицюванням, то вона нагрівається і через неї передається теплота до клейового шару.

Нагрівачі для кондуктивного способу розраховують у такій послідовності. Питомий електричний опір стрічки нагрівача за робочої температури

$$Pt = \rho [1 + \alpha (tK - tII)] \quad (11)$$

де ρ - питомий електричний опір, Ом мм²/м (табл. 5); α - температурний коефіцієнт опору, Ом (табл. 5); t_K - кінцева температура нагрівника (беруть 100...120°C); t_{II} - початкова температура нагрівника (беруть 18...20°C).

Таблиця 5 Матеріали для нагрівачів і їх характеристики

Матеріал	Марка	Питомий електричний опір ρ , Ом мм ² /м	Температурний коефіцієнт опору, α
Стрічка сталевана низьковуглецева	Ст 0,8 Ст 10	0,103...0,14	0,005
Сталь катана листова	Ст 0,8 Ст 10	1,903...0,14	0,005
Сталь нержавіюча	2×13	0,8...1,1	0,0008
Стрічка холоднокатана	3×13; 4×13	0,8...1,1	0,0008
Стрічка високого омового опору товщиною 0,9...3,0	X15H60	1,11	0,00014
	X20H80	1,10	0,00008
	1X17Ю5	1,30	0,00006
	0X17Ю5	1,30	0,00006
Латунь	Л62	0,071	0,0017
	Л68	0,071	0,001
Бронза олов'яно- фосфориста	Бр0ф 6,5...1,5	0,15...0,20	0,00073

Опір нагрівника за робочої температури

$$R_t = \frac{\rho_t L}{BS} \quad (12)$$

де L , B - відповідно довжина і ширина нагрівальної стрічки, м; S - площа поперечного перерізу нагрівника, мм².

Слід зазначити, що ширина стрічки $B \leq 20$ мм, може бути більшою. В цьому випадку ширину нагрівника слід добирати з кількох за шириною смуг. Пропонується ширину нагрівника Добирати таким чином, щоб його

розрахункова довжина була дещо більшою за довжину заготовки, яка нагрівається.

Визначають повну потужність, яку споживає нагрівник,

$$N = \frac{N_0 B L}{1000} \quad (13)$$

де N_0 - питома потужність нагрівника, Вт (питома потужність залежить від температури нагрівника й часу нагрівання).

Сила струму в нагрівнику

$$I = \sqrt{\frac{1000N}{R_t}} \quad (14)$$

Робоча напруга на затискачах нагрівника

$$u_t = \sqrt{N R_t 1000} \quad (15)$$

Клейовий шар радіаційним способом нагрівається тенами через деревину або деревинні матеріали.

Оскільки інтенсифікація процесів склеювання за рахунок перетворення електричної енергії в теплову відбувається з відповідний втратами, то відсоток використання цієї теплоти буде різним: при використанні НВ – 40%, опором в клейовому шарі – 10%, кондуктивним способом – 20% і радіацією ТЕН – 25%.

Використовуючи різні способи інтенсифікації процесів склеювання, необхідно дотримуватися відповідних правил техніки безпеки. Особливо це стосується використання струмів високої частоти. З метою безпечної роботи при використанні кондуктивного способу нагрівання вихідна робоча напруга установки не повинна перевищувати 12 В.

5. Склеювання брусків

Виготовляючи вироби з деревини, широко застосовується склеювання брусків у блоки по товщині, ширині й довжині. Основними технологічними операціями при склеюванні брусків є добирання матеріалу, формування чорнових заготовок, формування чистових заготовок за розмірами, шорсткістю поверхонь і розміщенням річних кілець, нанесення клейового розчину на одну або дві склеювані поверхні, формування пакетів, пресування з витримкою до охоплення клею й технологічна витримка.

До заготовок, що готуються до склеювання, ставляться відповідні вимоги. Вони особливо високі для заготовок, які використовуються для виготовлення несучих конструктивних елементів виробів. Вимоги до якості

деревини в різних шарах клеєних конструкцій. Цей стандарт передбачає три категорії якості деревини, що застосовуються в розтягненій і стисненій зонах клеєних конструкцій.

Межа міцності деревини, що застосовується при виготовленні несучих клеєних конструкцій, повинна бути не меншою як, МПа: на розтяг - 55, згин - 50, стиск - 30, сколювання - 4. Щодо вологості, то для склеювання рекомендується застосовувати деревину з дещо меншою вологістю, ніж рівноважна. Ставляться відповідні вимоги до точності розмірів заготовок для склеювання, якості склеюваних поверхонь. Хвилястість склеюваних поверхонь повинна бути для хвойних порід 5 мм і листяних - 3 мм. Шорсткість поверхонь не повинна перевищувати значення $R_{\text{max}} = 200$ мкм. При виготовленні клеєних конструкцій, які мають запас міцності, що значно перевищує розрахункові вимоги до якості деревини, менші. Зокрема, шорсткість поверхонь, що склеюються, може бути не більшою за $R_{\text{max}} = 300$ мкм.

У технології виробництва необхідно також враховувати забезпечення потрібної кількості клеєних конструкцій, зокрема належну їй формостійкість. Зокрема для попередження можливої зміни форми клеєних щитів їх виготовляють з брусків шириною 15...70 мм. Використовуючи в клеєних конструкціях деревину різних порід, можлива також поява асиметричних внутрішніх натрушень. Тому пропонується склеювані поверхні щільнішої деревини робити більш шорсткими порівняні з поверхнями м'яких порід деревини. Встановлено, що шорсткіша поверхня, будучи склеєною, стає податливішою і знижує внутрішні напруження.

Бруски склеюються в блоки по товщині й ширині за допомогою спеціальних пристосувань (струбцин, хомутів та ін.), або пресів гвинтових і гідравлічних.

При склеюванні необхідно створити такий питомий тиск пресування, який забезпечував би товщину клейового шару в межах 0,1...0,15 мм. Використовуючи гвинтові преси, необхідно забезпечити відповідний питомий тиск пресування g . Його визначають у такій послідовності:

зусилля, яке можна розвинути гвинтом,

$$P_{\text{зв}} = \frac{2Pl(\pi D - ft)}{D(\pi Df + t)} \quad (16)$$

де P – зусилля, прикладене до рукоятки важеля гвинта, МПа; l – довжина плеча важеля, м; D – середній діаметр гвинта, см; t – крок різьби гвинта, см; f – коефіцієнт тертя гвинта (беруть 0,15...0,18).

Знаючи зусилля, яке можна розвинути гвинтом $P_{\text{зв}}$ легко визначити зусилля при склеюванні блоків з числом гвинтів:

$$q = \frac{P_{\text{зв}} n}{F} = \frac{P_{\text{зв}} n}{l_0 b} \quad (17)$$

де F - площа склеювання одного бруска, см²; l_0, b – відповідно довжина і ширина бруска, см.

З (53) можна визначити кількість гвинтів, щоб забезпечити відповідний тиск при склеюванні:

$$n = \frac{qF}{P_{zg}} = \frac{ql_0 b}{P_{zg}} \quad (18)$$

Як пристрої для створення потрібного тиску при склеюванні використовуються пневматичні преси. Тиск створюється повітрям, яке подається в пневматичну камеру (рис. 3). Загальний тиск при склеюванні блоків

$$P_3 = q\delta F = q\delta l_{CK} b_{CK} \quad (19)$$

де $q\delta$ - питомий тиск рухомої плити на склеюваний блок, МПа; F - площа склеювання блока (площа однієї поверхні бруска, що склеюється в блок), $l_{CK} b_{CK}$ - відповідно довжина і ширина склеюваного блока, см.

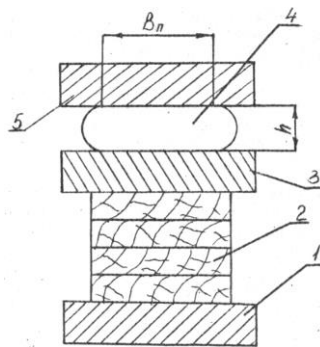


Рисунок 3 - Схема пресування блока в пневматичному пресі: 1 - нерухома опора; 2 - склеюваний блок з чотирьох брусків; 3 - рухома плита; 4 - пневмокамера; 5 - нерухома плита

Тиск, який передається пневмокамерою на рухома плиту преса,

$$P_n = q_n F_n = q_n l_n b_n \eta \quad (20)$$

де q_n - питомий тиск повітря в пневмокамері, МПа; l_n - довжина контакту пневмокамери з рухомою плитою преса, см; b_n - ширина контакту пневмокамери з рухомою плитою преса, см; η - кількість пневмокамер.

Ширина контакту пневмокамери з рухомою плитою преса

$$b_n = \frac{\pi(D-h)}{2} \quad (21)$$

де D - зовнішній діаметр пневмокамери, см; h - висота пневмокамери (рис. 3), см.

Ширина контакту пневмокамери з рухомою плитою преса

$$b_n = (0,2 \dots 0,6) b$$

де b - ширина шланга пневмокамери в стисненому стані, см.

Якщо взяти, що загальний тиск на склеюваний блок P_z і тиск, який передається пневмокамерою P_n , однакові, то праві частини рівнянь (19) і (20) теж однакові. Тоді

$$Q \delta l_{CK} b_{CK} = q_n l_n b_n n \quad (22)$$

При потрібному питомому тиску на склеюваний блок $q \delta$ і відомому питомому тиску повітря а пневмокамері q_n можна визначити потрібну кількість пневмокамер

$$n = \frac{q \delta l_{CK} b_{CK}}{q_n l_n b_n} \quad (23)$$

З (21) можна визначити будь-який технологічний або геометричний параметр. Зокрема зовнішній діаметр пневмокамери

$$D = \frac{2b_n + \pi D}{\pi} \quad (24)$$

і внутрішній

$$D_e = D - 2h \quad (25)$$

При склеюванні щитів із заготовок цільної деревини застосовується обладнання безперервної або періодичної дії. Щитоскладальні верстати безперервної дії поділяються на два типи: за характером, набору заготовок у щиті і напрямом переміщення їх відносно склеюваних поверхонь.

Склеюють бруски в блоки по довжині на зубчастий шип. Такі з'єднання за міцністю поділяються на дві категорії: міцністю не менш як 75% і понад 60% порівняно з масивною деревиною. Зусилля при склеюванні зубчастого шипа повинно бути: для хвойних порід $P = 20$ %, МПа, і листяних - на 20% більш ніж для хвойних. Для забезпечення самогальмування шипів при складанні нахил їх повинен бути не меншим за 1:8, а необхідний час

пресування при складанні не меншим за 2 с. Склеюючи на зубчастий шип, торцьове зусилля складання можна здійснювати таким чином:

1) при виготовленні безперервної стрічки з'єднаних заготовок у момент їх стискування проходить затискання спеціальний гальмом попередньої заготовки і силова подача наступної за нею;

2) швидке переміщення з достатнім зусиллям заготовки на початку входу в склеюючий пристрій і сповільнення їх переміщення на виході з пристрою.

У лініях безперервного склеювання заготовок по довжині виходить блок нескінченної довжини. Його по виході з лінії ріжуть на мірні відрізки. Отримані мірні відрізки калібрують на поздовжньо-фрезерних верстатах і, якщо необхідно, повторно склеюють по окрайці в щит. Прикладом безперервного склеювання заготовок по довжині на зубчастий шип може бути схема лінії, показана на рис. 4. Бруски склеюються в блоки по товщині, ширині і довжині з використанням різних способів інтенсифікації тверднення клею або без них. При цьому необхідно дотримуватися норм відкритого і закритого просочування клею.

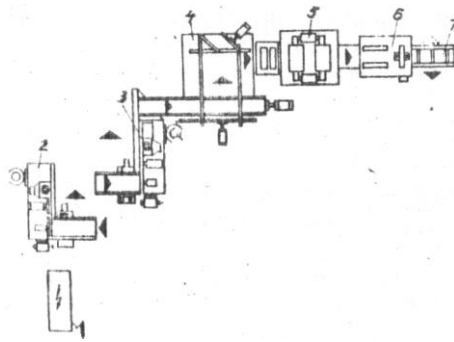


Рисунок 4 - Схема лінії склеювання заготовок по довжині на зубчастий шип: 1 - пульт; 2, 3 - формування зубчастих шипів; 4 - з'єднання шипів; 5 - запресування; 6 - торцювання по довжині; 7 - приймальний роликостіл.

Рекомендована література

1. Кірик М.Д. Механічне оброблення деревини та деревних матеріалів. Підручник для вищих навчальних закладів. - Львів, КН, 2006. - 412 с.

2. Деревообробні верстати загального призначення: Підручник / В.В. Шостак, Я.І. Савчук, А.С. Григор'єв та ін.; За ред. В.В. Шостака. — К.: Знання, 2007. — 279 с.

3. Основи розрахунку та конструкції деревообробного обладнання: підручник / В.В. Шостака, Я.І. Савчук, Г.М. Ковальчук, Ю.І. Озимок, М.М. Савич; за ред. В.В. Шостака. - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. - 392 с.
4. Сучасне лісосушильне та лісопильне устаткування / О.О. Пінчевська, З.С. Сірко, В.С. Коваль, Н.В. Марченко. - Харків: ПФ «Центрінформ», 2005. — 176 с.
5. Технологія виробів з деревини: Навч. посібник / І.М. Заяць. - К.: ІСДО, 1993. - 296 с.
6. Войтович І.Г. Основи технології виробів з деревини: Навчальний посібник. - Львів: Український державний лісотехнічний університет, “Інтелект-Захід”, 2004. - 224 с.
7. М. Савенець. Технологія захисно-декоративних покриттів деревини і деревинних матеріалів. Навчальний посібник. Львів: РВВ УкрДЛТУ, 2006. – 146 с.
8. Михайлівська Г.Є. Клеї для склеювання деревини / Г.Є. Михайлівська, В. В. Панов. –Львів: Афіша, 2002. –179 с.

Навчальне видання

ТЕХНОЛОГІЯ КЛЕЄНИХ МАТЕРІАЛІВ

Методичні вказівки
до самостійного вивчення дисципліни
«Технологія клеєних матеріалів»

Укладачі:
ГРАДИСЬКИЙ Юрій Олександрович
ШЕВЧЕНКО Сергій Анатолійович
СОСЄДКО Марія Олександрівна

Формат 60x84 /16. Гарнітура Times New Roman
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.

Ум. друк. арк. _.

Наклад ___ пр.

Державний біотехнологічний університет
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44