

Табл. 1. Параметри бруса, що вписується в торець горбиля

Висота горбиля, см	Ширина бруса, см				Висота бруса, см				Площа торця бруса, см.кв			
	z1r20	z2r21	z3r22	z4r23	a1r20	a2r21	a3r22	a4r23	S1r20	S2r21	S3r22	S4r23
1	3,63	3,72	3,81	3,89	0,67	0,67	0,67	0,67	2,4	2,5	2,5	2,6
2	5,09	5,22	5,35	5,47	1,34	1,34	1,34	1,34	6,8	7,0	7,2	7,3
3	6,19	6,35	6,51	6,66	2,02	2,02	2,02	2,01	12,5	12,8	13,1	13,4
4	7,10	7,29	7,47	7,64	2,70	2,70	2,69	2,69	19,2	19,6	20,1	20,6
5	7,88	8,09	8,29	8,49	3,38	3,38	3,38	3,37	26,7	27,3	28,0	28,7
6	8,57	8,80	9,03	9,25	4,07	4,07	4,06	4,06	34,9	35,8	36,7	37,5
7	9,20	9,44	9,69	9,93	4,76	4,76	4,75	4,75	43,8	44,9	46,0	47,1
8	9,76	10,03	10,29	10,55	5,46	5,45	5,45	5,44	53,3	54,7	56,0	57,4
9	10,28	10,56	10,84	11,12	6,16	6,15	6,14	6,14	63,3	65,0	66,6	68,2
10	10,76	11,06	11,36	11,64	6,86	6,85	6,84	6,84	73,8	75,8	77,7	79,6
11	11,20	11,52	11,83	12,14	7,57	7,56	7,55	7,54	84,8	87,1	89,3	91,5
12	11,61	11,95	12,28	12,60	8,28	8,27	8,26	8,24	96,2	98,8	101,4	103,8
13	12,00	12,35	12,69	13,03	9,00	8,98	8,97	8,95	108,0	111,0	113,8	116,7
14	12,36	12,73	13,09	13,43	9,72	9,70	9,68	9,67	120,2	123,5	126,7	129,9
15	12,70	13,09	13,46	13,82	10,45	10,42	10,40	10,39	132,7	136,4	140,0	143,5
16	13,02	13,42	13,81	14,18	11,18	11,15	11,13	11,11	145,6	149,7	153,6	157,5
17	13,33	13,74	14,14	14,53	11,91	11,88	11,86	11,83	158,8	163,2	167,6	171,9
18	13,61	14,04	14,45	14,85	12,65	12,62	12,59	12,56	172,2	177,1	181,9	186,6
19	13,89	14,32	14,75	15,16	13,39	13,36	13,32	13,29	186,0	191,3	196,5	201,6
20	14,14	14,59	15,03	15,46	14,14	14,10	14,06	14,03	200,0	205,8	211,4	216,9
21	13,89	14,85	15,30	15,74	15,39	14,85	14,81	14,77	213,8	220,5	226,6	232,5
22	13,61	14,59	15,56	16,01	16,65	16,10	15,56	15,52	226,7	235,0	242,0	248,4
23	13,33	14,32	15,30	16,26	17,91	17,36	16,81	16,26	238,7	248,6	257,2	264,5
24	13,02	14,04	15,03	16,01	19,18	18,62	18,06	17,52	249,8	261,4	271,5	280,4

Отримаємо значення ОК, яке дорівнює висоті ванчеса і бруса або

$$OK = \sqrt{R^2 - \frac{b^2}{4}}, \text{ см}, \quad (3)$$

Тоді площа вписаного прямокутника набуде вигляду, см²

$$F_{\text{зар}} = b \cdot \left(\sqrt{R^2 - \frac{b^2}{4}} - R + h_r \right). \quad (4)$$

Для знаходження максимального значення площі торця заготовки, необхідно взяти похідні від $F_{\text{зар}}$ по b і прирівняти до нуля.

$$\frac{dF}{db} = \sqrt{R^2 - \frac{b^2}{4}} - \frac{b^2}{2 \cdot \sqrt{R^2 - \frac{b^2}{4}}} - (R - h_r) = 0 \quad (5)$$

Прийнявши $b/2 = z$, отримаємо розрахункове рівняння у вигляді:

$$z^4 + 0,25 \cdot R^2 \cdot h_r \cdot (2 \cdot R - h_r) - z^2 \cdot [0,75 \cdot R^2 + 0,25 \cdot h_r \cdot (2 \cdot R - h_r)] = 0. \quad (6)$$

В результаті розв'язання рівняння (6) знайдено значення півширини заготовки z , але для подальших розрахунків підходять лише ті значення z , які додатково задовольняють умові (5).

Висота бруса a обчислюється із виразу, см:

$$a = \sqrt{R^2 - z^2} - R + h_r. \quad (7)$$

Враховуючи, що R є сумою висоти (товщини) півванчеса і горбиля, змінюючи висоту горбиля, можна прогнозувати як розміри ванчеса і відповідно шпону, так і ширину горбиля і можливість його глибокої переробки.

Коефіцієнт використання торця горбиля обчислюється за формулою:

$$K = \frac{S_z}{S_r} \cdot 100, \quad (8)$$

де: S_z – площа торця заготовки; S_r – площа торця горбиля.

Аналізуючи вирази (5...7), за допомогою комп'ютерної техніки отримано результати, які представлені в табл. 1.

На основі даних табл. 1 простежено зміну розмірів прямокутника, вписаного в торець горбиля залежно від діаметра колоди та висоти горбиля. Вони дають можливість вибрати розміри заготовок, зокрема паркетної фрезі.

УДК 674.04

Ст. викл. Б.Я. Кишинецький, к.т.н.;
проф. Б.В. Прокопович, к.т.н. – УкрДЛТУ

ДО ПИТАННЯ МІЦНОСТІ І ДОВГОВІЧНОСТІ КЛЕЙОВИХ З'ЄДНАНЬ

Склеювання є одним із ефективних методів з'єднання сучасних конструкційних матеріалів. Його переваги порівняно з іншими видами з'єднань (болтами, на заклепках, зварюванням, шурупами і т. д.) в тому, що склеювання забезпечує більш рівномірний розподіл напружень під навантаженням, запобігає послабленню матеріалів у місцях з'єднання, веде до зменшення витрати матеріалів, дозволяє отримати конструкції складної форми, механізувати і автоматизувати процес з'єднання, що, в свою чергу, призводить до збільшення продуктивності праці.

До початку ХХ століття промислове значення клеїв і методу склеювання було незначним, в основному, використовувались клеї на основі компонентів природного походження – міздряні, кісткові, альбумінові, казеїнові. Значна частина цих клеїв не відзначається атмосферо-, водо-, волого-, і теплостійкістю, підлягає загниванню, в наслідок чого з'єднання швидко втрачають міцність. Поштовхом для вдосконалення техніки склеювання і пошуку нових видів клеїв стала фанерна промисловість, яка спричинила винахід синтетичних клейових матеріалів. Першими промисловими синтетичними клеями були фенол-формальдегідні, синтезовані у 1907 році Бекелендом, а у 1912 році підтверджені Г.С. Петровим. Використання цих клеїв деревообробною промисловістю дозволило склеювати різні деревні матеріали. Розвиток хімії високо полімерних матеріалів привів до подальшого розширення асортименту клеїв – створення синтетичних карбамідо-формальдегідних, карбінольних, поліуретанових, поліефірних, полівінілацетатних, каучукових і т.д. З цього часу почався бурхливий розвиток виробництва синтетичних клеїв, які набули широкого використання у деревообробній та інших галузях промисловості.

Загалом синтетичні клейові композиції поділяються на термореактивні і термопластичні. До термореактивних в основному відносять смоли, які мають сітчасту структуру (фенол-формальдегідні, карбамідо-формальдегідні, меламіно-формальдегідні та інші). Основними перевагами цих клеїв є висока водо-, волого-, морозо- і теплостійкість. Недоліками їх є токсичність і крихкість клейового з'єднання, яка призводить до значних внутрішніх напружень. До термопластичних відносять клеї, які мають лінійну будову (карбінольні, поліамідні, полівінілацетатні, перхлорвінілові та інші), перевагами яких є нетоксичність, еластичність, добра адгезія до деревини, а недоліками – низька водо-, волого- і теплостійкість.

Під час експлуатації клейові з'єднання несуть механічне навантаження, підлягають дії різноманітних фізичних і хімічних факторів (температура, опромінення, вологість, дія хімічних реагентів і т. д.), в наслідок чого клейовий шар може набухати, розчинятися, ставати крихким, знижувати міцність з'єднання зі склеюваними матеріалами, тобто проходить процес старіння полімерних матеріалів – клейового шва. Ці процеси властиві всім натуральним і синтетичним високомолекулярним речовинам. Саме поняття старіння говорить про фізичні і хімічні зміни у клейовому шві, а саме в структурі макромолекули, або її окремих ланках. Процеси старіння можуть проходити протягом багатьох років, їх швидкість залежить від різних умов: хімічного складу клею, властивостей склеюваних матеріалів, способу затвердіння клею, чистоти оброблення склеюваних поверхонь, тиску пресування, інтенсивності зовнішніх факторів і призводять до перетворення клейового шва у жорсткий і ламкий, нееластичний, нерозчинний у рідинах, або навпаки – полімер стає липким, перетворюється із пружно-твердого у в'язко-текучий, тягучий, у результаті чого втрачає свою міцність.

Дев'яносторічний досвід з'єднання деревних матеріалів синтетичними клеями довів їх високу надійність, тобто міцність і довговічність. Під довговічністю клейових з'єднань розуміють здатність матеріалу утримувати з'єднані деталі протягом тривалого часу до досягнення ними відповідної (критичної) границі міцності, або до руйнування. У свою чергу клейові з'єднання – складна система, надійність якої залежить від адгезійних і когезійних зв'язків. Тому довговічність необхідно розглядати як здатність клею і деревини тривалий час зберігати адгезійні і когезійні властивості.

Прогнозування довговічності є однією з найбільш складних задач в науці про клейові з'єднання. Щоб отримати вичерпну інформацію про стійкість клейових з'єднань у природних атмосферних умовах, потрібно затратити багато часу на проведення досліджень. Тому використовується прискорений метод випробувань в апаратах штучної погоди з допомогою жорсткого режиму термовологооброблення, характер і тривалість якого залежить від температурно-вологісного режиму експлуатації клейових з'єднань. Вид оброблення повинен в найбільшій мірі відповідати умовам довготривалих випробувань клейового з'єднання. Крім того, складність прогнозування обумовлена зміною властивостей з'єднань при довготривалих і прискорених взаємодіях, яка проходить в результаті не одного, а одразу декількох процесів: послаблення деревини, зміною когезійних властивостей клею, втратою адгезії, випаровуванням низькомолекулярних компонентів і т.д. Ці процеси накладаються один на другий, нерідко і взаємодіють, але буває і так, що в різні періоди старіння переважає вплив якого-небудь одного чинника.

Таким чином, дослідження міцності і довговічності деревних клейових з'єднань не може обійтися без залучення деяких фундаментальних положень фізики, хімії і механіки полімерів, деревинознавства, технології деревооброблення, математичної статистики та інших наук, пов'язаних з формуванням, старінням, напруженнями, деформаціями і руйнуванням клейових з'єднань. Крім того, клейові з'єднання, хоча і прості технологічно, але з точки зору наукового аналізу є складною системою, однією з основних задач якої є науково обґрунтований підхід до комплексної оцінки впливу внутрішніх напружень на механізм руйнування клейових з'єднань в умовах експлуатації.

Властивості клейових з'єднань вивчалися у Центральному Науково-дослідному інституті будівельних конструкцій (СРСР, Росія), Московському університеті лісу, Санкт-Петербурзькій лісотехнічній академії, Новосибірському інженерно-будівельному інституті, Українському науково-дослідному інституті механічної обробки деревини, Зволєнському технічному університеті (Словаччина), Українському державному лісотехнічному університеті та інших закладах. Серед науковців значний вклад у вивчення процесів адгезії, когезії і довговічності клейових з'єднань внесли: В.М. Хрульов, Л.М. Ковальчук, Ю.М. Іванов, М.І. Москвітін, А.С. Фрейдін, Д.М. Кардашов, М. Седліачік та інші, які висунули і підтвердили ряд гіпотез щодо міцності і довговічності клейових з'єднань.

Таким чином, дослідження питань надійності клейових з'єднань є досить складною і не до кінця вивченою проблемою. І якщо для клейових з'єднань на основі термореактивних клеїв процеси старіння і довговічності тривалий час вивчалися, висунуто ряд гіпотез, які певною мірою теоретично і емпірично підтверджені, то на основі термопластичних клеїв ці питання практично не вивчалися, а якщо й вивчалися, то в значно менших об'ємах.

Немає єдиної точки зору на механізм зменшення міцності з'єднання в часі, немає повного уявлення про основну причину руйнування клейових з'єднань – деградація полімеру в клейовому шві, втрата адгезії клею до деревини або послаблення самої деревини у зоні клейового шва. Не до кінця вивчено вплив технологічних параметрів склеювання, хімічного складу клейових композицій, не розкрита роль внутрішніх напружень, не доведена залежність довговічності з'єднань від швидкості росту внутрішніх напружень і релаксаційних явищ у клейовому шві. Не вирішено ряд питань прогнозування довговічності та процесів старіння клейових швів.

Особливий інтерес представляють питання старіння клейових з'єднань на основі модифікованих композицій, які містять у своєму складі як термопластичні, так і термореактивні компоненти. Разом з тим, такі клейові композиції на даному етапі розвитку склеювання набули широкого використання, оскільки не є токсичними, дають еластичний клейовий шар, мають добру адгезію до різних матеріалів і є не дорогими.

Тому переважна більшість з перелічених вище питань вимагає проведення глибоких фундаментальних наукових досліджень.