

10. Черевко Ю.М. Використання графів для побудови математичної моделі систем з пружно-зчленованими елементами / Ю.М. Черевко, І.С. Лозовий, Р.В. Зінько // Автошляховик України. – 2009. – № 4. – С. 12-15.

11. Черевко Ю. Використання графів для побудови математичної моделі систем з пружно-зчленованими елементами / Ю. Черевко, І. Лозовий, Р. Зінько // 9-й Міжнародний симпозиум українських інженерів-механіків у Львові : тези доповідей. – Львів : Вид-во КІН-ПАТРИ ЛТД. – 2009. – С. 65-67.

Кузьо И.В., Зинько Р.В., Лозовый И.С. Применение графов в исследовании функционирования транспортных машин с упруго сочлененными элементами

Предложено использование графов для записи конструкции механизмов и машин. На основе такого графа формируется расчетная схема и записывается граф структуры уровней связей обобщенных координат. Это дает возможность записать математическую модель соответствующей сложности в зависимости от поставленных задач исследований.

Ключевые слова: структурные схемы, структурный синтез механизмов, графы структуры связей обобщенных координат.

Kuzjo I.V., Zinko R.V., Lozovyj I.S. Application of counts for transport vehicles functioning research with resiliently arthrous elements

It is suggested to utilize columns for the record of construction of mechanisms and machines. A calculation chart is formed on the basis of such a count. The count of structure of connections of the generalized co-ordinates is farther written down. It allows to write down the mathematical model of the proper complication dependently to the put tasks of researches.

Keywords: structural diagrams, structural synthesis of mechanisms, column of structure of connections of the generalized co-ordinates.

УДК 674.815-41

Доц. Р.Г. Салабай, канд. техн. наук;
доц. Р.О. Козак, канд. техн. наук – НЛТУ України, м. Львів

**АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ
НА ВЛАСТИВОСТІ СТРУЖКОВИХ ПЛИТ**

Проаналізовано вплив технологічних параметрів на властивості стружкових плит. Встановлено, що фізико-механічні властивості стружкової плити визначаються її структурою, яка формується внаслідок впливу властивостей сировини і клейових матеріалів, параметрів обладнання і режимів технології.

Ключові слова: стружкова плита, технологічні параметри, властивості, сировина, в'язучі, деревинні частинки, пресування.

Стружкові плити (СП) отримують пресуванням деревинних частинок, змішаних із синтетичним клеєм. Тому їхні характеристики потрібно розглядати як властивості композиції природного полімеру (деревини) і синтетичного полімеру (клею). Властивості стружкових плит визначаються здебільшого особливостями вихідних компонентів і сформованою під дією технологічних параметрів структурою. Отже, формування властивостей СП можна розглядати як синтез прояву її компонентами механічних, фізико-хімічних і реологічних властивостей та створення умов для поєднання властивостей цих компонентів у єдину систему. Основні параметри, які впливають на властивості готової плити: вид сировини, порода деревини, тип частинок, вид в'язучого, його кількість і розподіл між шарами, спеціальні добавки, кількість і

розподіл вологи в килимі, розподіл частинок у шарах плити, розподіл щільності по шарах, щільність плит і орієнтування частинок [1].

З перелічених вище параметрів у виробництві стружкових плит найважливішу роль відіграє порода деревини [1]. Вона визначає, наскільки низькою може бути щільність плити. Породою і щільністю деревини визначаються вид сировини і її внутрішня будова. Порода деревини істотно визначає тип частинок, які можна отримати, насамперед, з економічного погляду. Склад в'язучого також визначається породою деревини. У технічній літературі досить докладно висвітлено вплив породи деревини на фізико-механічні властивості стружкових плит [1-7 та ін.]. За однакової кількості в'язучого, плити з хвойних (сосна, ялина) і м'яких листяних порід (тополя, липа, верба, осика) приблизно на 20 % міцніші, ніж плити з деревини берези і на 40 % – ніж плити з деревини бука. Отже, із деревини з низькими показниками щільності та міцності отримують плити з вищими міцнісними показниками. Це пояснюють тим, що в період пресування плит тісніший контакт між деревинними частинками створюється з частинок легких деревних порід. Стружкові плити, які виготовляють з низькощільних порід деревини, мають високі показники міцності на згин і на розтяг, але поступаються вимогам щодо опору витягування шурупів, водопоглинання, набрякання.

Якщо сировину для виробництва плит не обкорювати, то під час перероблення в частинки в ній завжди буде міститися певна частка (10-20 %) кори, залежно від породи деревини, що використовується. Показники фізико-механічних властивостей кори значно нижчі від показників деревини. Крім того, частинки з кори гірше склеюються з частинками з деревини. Тобто домішки кори в стружковій масі знижують міцність плит.

На якість плит значно впливає структура поверхні деревинних частинок. Заглиблення, тріщини, пори характеризуються шорсткістю поверхні частинок. Частинки з гладкою і рівною поверхнею забезпечують вищу міцність плит, тоді як частинки з шорсткою, ворсистою поверхнею інтенсивніше адсорбують в'язучі, що призводить до зниження міцності плит [8, 9]. Вплив форми частинок мало досліджено. У розрахунках приймають, що частинки – це паралелограм [10], прямокутник [11, 12] або еліпсоїд [13] визначених розмірів. Розміри і форма або геометрія частинок – важливі характеристики їхнього типу; вони можуть змінюватися від великої деревинної тріски чи плоскої стружки з розмірами, які перевищують розміри тріски, до дрібних, таких, як шліфувальний порошок [1, 14, 15].

Плити зі зовнішніми шарами зі спеціальної різаної стружки мають порівняно значну міцність у разі статичного згину, а шорсткість поверхні площин становить 190-250 мкм. Такі плити в будівництві застосовують неличкованими або з пофарбованою поверхнею, а у меблевому виробництві – личкованими тільки лушченим, струганим або синтетичним шпоном.

Для формування зовнішніх шарів плит із дрібноструктурною поверхнею використовують дрібні деревинні частинки (фракція 2/0) і порошок. Такі плити характеризуються нижчою міцністю у разі статичного згину, порівняно з плитами зі зовнішніми шарами зі спеціально виготовленої різаної стружки (менша на 10-20 %), але мають задовільну шорсткість поверхні (30-

60 мкм). Такі плити придатні для личкування сучасними плівковими і полімерними матеріалами.

У плитах із орієнтованим розташуванням деревинних частинок у шарах плити частинки вкладаються довшою стороною в одному напрямку в кожному шарі. У різних шарах напрямок орієнтування частинок може бути різним. Такі плити мають підвищену міцність на згин в одному напрямку, в разі деякого зменшення міцності в інших напрямках. У плитах із неорієнтованим розташуванням частинок – частинки укладаються хаотично, тому такі плити мають однакові механічні показники в усіх напрямках площини плити.

Дослідженнями встановлено, що всі види використовуваних синтетичних смол за інших однакових умов забезпечують однакову механічну міцність плит [6]. Кількість в'язучого істотно впливає на фізико-механічні властивості плит: чим більше в'язучого добавляється до частинок, тим вищі фізико-механічні властивості плит. Однак вартість в'язучого досить висока, тому збільшення його витрат призводить до підвищення собівартості плит.

Найпоширенішими у виробництві СП, внаслідок відносно низької вартості і недефіцитності компонентів, є карбамідоформальдегідні смоли, незважаючи на гірші експлуатаційні властивості виготовлених на їхній основі плит [4]. Однак пошук нових в'язучих триває. Серед них найперспективнішими вважаються в'язучі на основі ізоціанатів. Використання ізоціанатів забезпечує підвищення міцності та водостійкості плит. Для отримання плит задовільної якості, потрібно добавляти значно менше в'язучих. Ці клеї застосовують у внутрішніх шарах СП, у розрідженому розчинниками стані або з підігрівом до 70-80 °C [6].

Усі складові частини деревини містять багато реакційних груп, які забезпечують, з одного боку, міцний взаємозв'язок всіх структурних елементів, а з іншого – відповідальність за наявні властивості деревини [16]. З виконаних досліджень взаємодії карбамідоформальдегідного клею з деревиною в умовах виготовлення СП видно наявність хімічних зв'язків між полімером, целюлозою і геміцелюлозами, які містяться в міжклітковій речовині та в первинній клітковій оболонці [17-21]. Ці автори висунули припущення про участь лігніну в реакціях з макромолекулами полімеру. Із зміною хімічної активності поверхні до склеювання відбувається процес інактивації. Хімічно активні до взаємодії з реакційними групами клею (такі, як метилольні) гідроксильні групи, що розташовані на поверхні деревини, у процесі інактивації поверхні можуть блокуватися, зменшуючись кількісно. Крім цього, за надмірної кількості гідроксильних груп на поверхні деревини вони взаємодіють між собою, внаслідок чого знижується активність поверхні до склеювання [22]. Активні до взаємодії з клеєм групи на поверхні деревини завжди виникають після механічного оброблення поверхні. Це підтверджується тим, що адгезія клею до зрізів кліткових стінок вища, ніж до внутрішньої поверхні клітин.

Вологість деревини під час отримання частинок впливає на їх шорсткість і геометричні параметри. Із матеріалів із незначним вмістом вологи отримують частинки малих розмірів, що збільшує витрату клею [1]. Деревину з великою кількістю вологи важко подрібнювати, частинки утворюються підвищеної шорсткості. Від вологості значно залежить необхідна для де-

формації стружки пластичність, яка потрібна для утворення достатньо великих контактних площ і цим самим для ефективного склеювання і використання клею. Зв'язана вода впливає на міцність у разі розтягу деревини і її похідних матеріалів, а також на міцність і стабільність клейових з'єднань, всихання і набрякання [23]. Із збільшенням вологості стружки від 2 % і вище, міцність плит значно знижується [9].

Незважаючи на велику кількість даних, на сьогодні немає конкретних значень встановлених рівнів вологості стружково-клейової суміші шарів для отримання плит підвищеної міцності. За даними Н.А. Михайлова, оптимальною є вологість стружково-клейової суміші 12-15 % [24]. Оптимальна вологість суміші внутрішнього шару плит становить 9-11 %, зовнішніх – 12-13 %. За Т. Мелоні вологість суміші перед початком пресування повинна бути 9,5-10,5 % [25]. Згідно з І.А. Отлевим, максимальну міцність плит отримали за вологості суміші 15-16 % [26]. Розподіл вологи по товщині сформованого килиму істотно впливає на властивості плити, оскільки від цього розподілу залежить час прогріву пакету, його пошарове ущільнення і затвердіння в'язучого. Якщо вміст вологи в зовнішніх шарах високий, а у середньому низький, зовнішні шари будуть щільніші і, відповідно, плити будуть мати нижчу межу міцності при розтягу перпендикулярно до площини плити і вищу – при статичному згині, ніж плити з однаковим вмістом вологи по всій товщині за однакової щільності.

Підвищення температури сушіння деревини вище 100 °С призводить до зниження її міцності. Причиною є те, що хімічний зв'язок між целюлозою і лігніном в деревині відбувається за участю фенольних гідроксилів. Підвищення температури сушіння деревини, вказаної вище, призводить до зменшення на 25-35 % кількості цих груп. Водночас хімічний зв'язок між целюлозою і лігніном відіграє позитивну роль під час склеювання деревини [27].

Більша щільність плити забезпечує кращий контакт між частинками в пакеті, що сприяє не тільки ефективнішому використанню в'язучого, але і надає їм можливість краще витримувати механічні навантаження [28]. Характерно, що збільшення щільності покращує фізичні властивості плит, за винятком стабільності їхніх розмірів у разі водопоглинання. Набрякання за товщиною може бути більшим після поглинання вологи внаслідок більшої кількості наповнювача в плиті з вищою щільністю.

Введенням у стружкову суміш спеціальних хімічних речовин стружковим плитам можна надати підвищену водо-, біо- і вогнестійкість.

Найвідповідальніша операція технологічного процесу виробництва стружкових плит – пресування. Вона є визначальною щодо якості плит. Власне під режимом пресування розуміють умови, за яких здійснюється процес пресування і які забезпечують потрібну якість плит, що задовольняють вимоги стандартів.

Температуру плит преса визначають її впливом на властивості стружкових плит. Використовуючи для нагрівання плит преса високотемпературні органічні теплоносії, технічно можливо підвищити температуру преса до 200-240 °С. Однак застосування такої температури пов'язане з небезпекою

термічного розкладання деревини, передчасним затвердінням клею та деструкцією клею в зовнішніх шарах. Тривалість пресування (витримки) плит у пресі є важливим технологічним параметром, оскільки вона визначає не тільки властивості отримуваних плит, але і продуктивність преса для гарячого пресування.

Зменшуючи тривалість пресування, необхідно враховувати фізичні властивості стружкового пакету, передусім його вологість. Чим вища вологість пакету, тим більше потрібно часу на випаровування вологи з пакетів під час гарячого пресування. Для зменшення тривалості пресування необхідно зменшувати вологість частинок, але в разі зменшення вологості частинок збільшується вбирання ними клею і зменшується кількість клею, який бере участь в склеюванні, що призводить до зниження міцності плит.

Величина тиску пресування залежить від щільності готових плит, вологості і розмірів обсмолених частинок, виду наповнювача, породи деревини, з якої виготовляється стружка, тривалості пресування тощо. Встановити межі величини тиску, які забезпечували б виготовлення плит чітко заданої щільності, практично неможливо. Значне спресування при пресуванні плитних матеріалів з подрібнених частинок призводить до значної нерівномірності товщини і щільності готових плит. Щоб зменшити нерівномірності товщини плитних матеріалів з подрібнених частинок, їх пресують із застосуванням металевих дистанційних планок-обмежувачів, які перешкоджають зближенню суміжних плит пресу на величину, що визначає товщину готової плити.

Велике значення для отримання високоякісного склеювання має підтримання постійної величини тиску на початку пресування. Це пояснюють тим, що клей не тільки покриває частинки зовні, але і частково проникає всередину частинок, оскільки деревина є пористим матеріалом. Окрім того, під час виготовлення частинок частково руйнуються анатомічні елементи на їх поверхні. Часткове вбирання частинками клею є позитивом, оскільки зміцнює їх і, цим самим, сприяє підвищенню міцності плит. Водночас, внаслідок вбирання клею частинками зменшується кількість клею, яка бере участь у склеюванні, що зменшує міцність плит.

Пресування внаслідок надто високого тиску на початку пресування спричинює значну нерівномірну пошарову щільність плит. При цьому щільність зовнішніх шарів набагато більша, ніж середніх. Це пояснюють тим, що загальне стискання стружкового пакета до товщини готової плити відбувається швидше за високого тиску, ніж за низького. Збільшення тиску пресування ймовірно призводить до підвищення різниці пошарової щільності плит, що може вплинути на зниження межі міцності під час розтягу перпендикулярно до площини плити.

Разом з впливом всього комплексу властивостей вихідних елементів та режимів виготовлення, якість стружкових плит також визначається особливостями її конструкції-структури [29]. Структура СП диференційована на різні рівні: макро-, мікро- і субмікроскопічний [6]. Здебільшого властивості СП визначаються зміною макроструктури. Структура визначає основні властивості матеріалу, а формування її в плиті – багатофакторний процес. Майже

всі параметри так чи інакше взаємодіють один з одним [1]. Очевидно, що зміна одного з параметрів призводить до зміни інших у процесі виробництва. Отже, кожний з параметрів не можна розглядати ізольовано, вважаючи, що його можна легко змінити на свій погляд для регулювання процесу виробництва. У разі невдалого поєднання елементів конструкції і властивостей її вихідних матеріалів, виріб під час експлуатації не забезпечує необхідних якісних показників, хоча окремі випробування його елементів повністю задовільні [30].

Отже, фізико-механічні властивості стружкової плити визначаються її структурою, яка формується внаслідок впливу низки чинників – властивостей сировини і клейових матеріалів, параметрів обладнання і режимів технології. При цьому чинники взаємопов'язано впливають один на одного і на властивості стружкових плит. Однак врахувати всі чинники, які впливають на властивості СП, у всьому їх взаємозв'язку досить складне завдання, розв'язання якого дасть змогу отримати стружкові плити зі заданими наперед властивостями.

Література

1. Мелони Т. Современное производство древесностружечных и древесноволокнистых плит / Т. Мелони : пер. с англ. В.В. Амалицкого и Е.И. Карасева. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1982. – 416 с.
2. Moslemi, A.A. Particleboard. – Vol. 1, Materials, Carbondale, Minois / A.A. Moslemi. – Southern Minois University Press. – 1974.
3. Соснин М.И. Физические основы прессования древесностружечных плит / М.И. Соснин, М.И. Климова. – Новосибирск : Изд-во "Наука", 1981. – 190 с.
4. Шварцман Г.М. Производство древесностружечных плит / Г.М. Шварцман, Д.А. Щедро. – 4-е изд. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1987. – 320 с.
5. Полубояринов О.И. Плотность древесины / О.И. Полубояринов. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1976. – 160 с.
6. Отлев И.А. Интенсификация производства древесностружечных плит / И.А. Отлев. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1989. – 192 с.
7. Маркевич Н.Ф. Физико-механические свойства древесностружечных плит из древесины разных пород / Н.Ф. Маркевич // Деревообработ. пром-сть. – 1973. – № 11. – С. 3-4.
8. Вигдорович А.И. Древесные композиционные материалы в машиностроении: справочник / А.И. Вигдорович, Г.В. Сагалаев, А.А. Поздняков. – 2-е изд., [перераб. и доп.]. – М. : Изд-во "Машиностроение", 1991. – 240 с.
9. Шварцман Г.М. Повышение прочности древесностружечных плит / Г.М. Шварцман. – М. : Изд-во "Нева-М", 1977. – 19 с.
10. Поташев О.Е. Механика древесных плит / О.Е. Поташев, Ю.Г. Лапшин. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1982. – 112 с.
11. Гамов В.В. Экспериментально-теоретические исследования зависимости прочности ДСП от их толщины / В.В. Гамов // Лесной журнал : изв. ВУЗов. – 1969. – № 4. – С. 88-93.
12. Гамов В.В. Анизотропия механических свойств древесностружечных плит с ориентированными частицами / В.В. Гамов // Лесной журнал : изв. ВУЗов. – 1971. – № 6. – С. 73-77.
13. Анисова Н.П. Число контактов между частицами в древесностружечной плите / Н.П. Анисова // В сб.: Технология деревообработки / СТИ. – Красноярск, 1972. – С. 88-95.
14. Отлев И.А. Справочник по древесностружечным плитам / И.А. Отлев, Ц.Б. Штейнберг. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1983. – 240 с.
15. Баженов В.А. Технология и оборудование производства древесных плит и пластиков / В.А. Баженов, Е.И. Карасев, Е.Д. Мерсов. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1980. – 360 с.
16. Pecina H. Zur Interpretation des Mechanismus lignocelluloser Faser-Faser-Bindungen / H. Pecina // Holztechnologie. – 1983. – № 1. – S. 26-33.
17. Эльберт А.А. Влияние условий прессования древесностружечных плит на взаимодействие смолы и древесины / А.А. Эльберт // Деревообрабатывающая промышленность, 1975. – № 1. – С. 4-5.

18. Гамова И.А. Исследование взаимодействия смолы с древесиной в условиях изготовления древесностружечных плит / И.А. Гамова // Лесной журнал : изв. ВУЗов. 1974. – № 2. – С. 95-99.
19. Эльберт А.А. Отверждение мочевиноформальдегидных смол и их взаимодействие с древесиной в условиях прессования древесностружечных плит / А.А. Эльберт // Повышение качества древесностружечных плит и фанеры : матер. семинара. – 1976. – С. 60-69.
20. Тиме Н.С. Изучение взаимодействия мочевиноформальдегидных олигомеров в условиях получения древесноволокнистых плит сухого способа формирования / Н.С. Тиме // Сборник трудов ЛТА. – Л., 1976. – Вып. 2. – С. 60-69.
21. Эльберт А.А. Химическая технология древесностружечных плит / А.А. Эльберт. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1984. – 224 с.
22. Синегубова Е.С. Инактивация поверхности древесины и способы устранения ее вредного влияния на прочность клеевых соединений : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук: спец. 05.21.05 "Технология и оборудование деревообрабатывающих производств; древесиноведение" / Е.С. Синегубова. – Ленинград, 1987. – 16 с.
23. Баженов В.А. Исследование древесины и некоторых древесных материалов на растяжение поперек волокон / В.А. Баженов // Научные труды МЛТИ. – М. : Изд-во МЛТИ, 1982. – Вып. 14. – С. 80-85.
24. Михайлов Н.А. Исследование влияния технологических режимов изготовления древесностружечных плит на прочность при растяжении перпендикулярно пласти / Н.А. Михайлов. – Воронеж, 1977. – 24 с.
25. Maloney T. Bark boards from four West Coast soft Wood species / T. Maloney // Forest Prod. J. – 1973. – № 23 (8). – P. 30-38.
26. Отлев И.А. Влажность стружечно-клеевой массы и ее влияние на физико-механические показатели древесностружечных плит / И.А. Отлев // Труды ЦНИИМОД. – Архангельск, 1961. – Вып. 2. – С. 22.
27. Никитин Н.И. Химия древесины / Н.И. Никитин. – М.-Л. : Изд-во АН СССР, 1951. – 429 с.
28. Салабай Р.Г. Закономірності впливу технологічних параметрів на властивості деревинно-солом'яних плит : дис. канд. техн. наук: спец. 05.23.06 / Салабай Роман Григорович. – Львів, 2008. – 159 с.
29. Бехта П.А. Научно-технические основы изготовления стружковых плит из заданной структурой та властивостями : дис. д-ра техн. наук: спец. 05.05.07 / Бехта Павло Антонович. – Львів, 1996. – 434 с.
30. Козак Р.О. Прогнозування міцності та обґрунтування оптимальних параметрів процесу пресування деревинностружкових плит : дис. канд. техн. наук: спец. 05.05.07 / Козак Руслан Олегович. – Львів, 2000. – 175 с.

Салабай Р.Г., Козак Р.О. Анализ влияния технологических параметров на свойства стружечных плит

Проанализировано влияние технологических параметров на свойства стружечных плит. Установлено, что физико-механические свойства стружечной плиты определяются ее структурой, которая формируется в результате влияния свойств сырья и клеевых материалов, параметров оборудования и режимов технологии.

Ключевые слова: стружечная плита, технологические параметры, свойства, сырье, вяжущие, древесинные частицы, прессование.

Salabay R.G., Kozak R.O. The analysis of technological parameters influence on the particleboards properties

The influence of technological parameters on the properties of particleboards are analyzed. The physical and mechanical properties of particleboard are determined by its structure, which is formed as a result of influence of properties of raw material and adhesives, parameters of equipment and technological regimes.

Keywords: particleboard, technological parameters, properties, raw material, adhesives, wood particles, pressing.