

УДК 614.842

В.М.ЖАРТОВСЬКИЙ, д-р техн. наук,

Ю.В.ЦАПКО, О.Г.БАРИЛЮ, кандидати техн. наук

*Інститут Державного управління в сфері цивільного захисту УЦЗУ, м.Київ*

О.Ю.ЦАПКО

*НТУУ «КПІ», м.Київ*

## **АНАЛІЗ СТАНУ РОЗРОБЛЕННЯ ВОГНЕЗАХИЩЕНИХ ДЕРЕВНО-СТРУЖКОВИХ ПЛИТ**

Висвітлюються способи одержання важкогорючих деревно-стружкових плит.

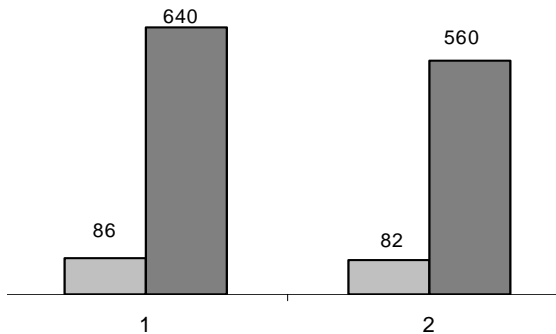
Сьогодні в промисловому будівництві, машинобудуванні знаходять широке застосування деревно-стружкових плит (ДСП), які виготовляються з целюлозовмісних матеріалів. Сировиною для їх виготовлення є як відходи деревообробної промисловості, так і спеціально виготовлена стружка (плити OSB). Пожежна безпека таких будівельних матеріалів характеризується займистістю, горючістю, швидкістю поширення полум'я та утворенням продуктів горіння (їх токсичністю, оптичною густиною диму). Основні критерії горючості (втрата маси та виділення тепла зразком під впливом полум'я пальника) внесені до стандартів на методи визначення ступеня горючості будівельних матеріалів [1, 2]. На рисунку наведено пожежонебезпечні властивості ДСП і плит OSB.

Створення матеріалів зниженої горючості на основі деревини є складною задачею, оскільки співвідношення антипіренів і наповнювачів, що входять до їх складу, суттєво впливають на їх властивості. До деревно-стружкових матеріалів висуваються такі вимоги: водо-, погодо-, термостійкість, стійкість до дії світла. Продукти їх розкладу не повинні бути токсичними та корозійно-активними.

На підприємствах деревообробної промисловості Західноєвропейських держав, зокрема на заводах з виробництва ДСП, випускаються важкозаймисті трьохшарові плити, які покриті з обох сторін вермикулітом з тонковідшліфованою поверхнею. Плити не містять компонентів, шкідливих для здоров'я людей. Такі плити, що володіють високою міцністю, застосовуються в якості внутрішніх огорожувальних конструкцій в приміщеннях: для перегородок, шаф, для облицювання стін і стель, дверей та ін., що забезпечує протипожежний захист приміщень [3, 4].

Так, при виготовленні плит (Німеччина) в стружково-смоляну суміш вводять добавки сполучних мінеральних речовин, деревну стружку частково замінювати азбестовим волокном, слюдою, що спучується, особливо в поверхневих шарах. Такі ДСП, відповідно до стандарту

DIN 4102, можуть бути віднесені до важкогорючих А2. В якості добавок найчастіше служать з'єднання бору, солі амонію, гідроксид алюмінію. Для просочення стружки застосовують також солі галогеноводневих кислот, а для покриття використовується вермикуліт, перліт і азбест. Готові плити можуть просочуватися розчинами солей амонію, борною кислотою та ін. [4].



Результати визначення максимальної температури газоподібних продуктів горіння (t, °C – ■) та втрати маси зразків (Δm, % – □) деревно-стружкових плит:  
1 – ДСП; 2 – OSB 2.

У США ДСП отримують шляхом гарячого пресування маси, яка містить в середньому 88-92% деревної стружки та 8-12% полімеру (карбамідоформальдегідного, фуранового та ін.). В якості добавок використовують гідрофобізатори, наприклад, у вигляді парафінової емульсії, для зниження водопоглинання та антипірени для підвищення вогнезахисних властивостей. Плити виготовляють одношаровими та багатошаровими. Легкі ДСП можуть використовуватись для теплової та акустичної ізоляції каркасних стін, перегородок, перекриттів, а важкі плити – для виготовлення підлоги [5].

В Угорщині випускаються негорючі ДСП на цементній основі, які водостійкі, допускають механічну обробку та декоративне оздоблення різноманітними видами покриттів [6].

У Великобританії випускаються вогнезахиснені декоративні панелі, основою яких являється ДСП високої густини та фанера. Основа покривається під тиском декоративним шаром меламінової смоли та вогнезахисним шаром покриття [7].

Розробка оптимальних рецептур для виробництва вогнезахисних деревних матеріалів представляє собою складну задачу, що обумовлено технічними особливостями введення антипіренів, більшість з яких являються термічно нестійкими, а продукти їх розкладу часто є корозійно-активними та токсичними [8].

Антипірени, які широко використовуються для вогнезахисту ДСП (борна кислота та її солі, солі амонію, сечовина, галоїдні суміші) можуть призвести до погіршення їх фізико-механічних характеристик, особливо водостійкості.

У Франції запатентовано вогнезахисну суміш, яка забезпечує завдяки синергізму її складових високу ступінь вогнезахисту ДСП при збереженні фізико-механічних властивостей та покращенні їх водостійкості. До складу таких антипіренів входять борна кислота, органічні з'єднання галогенів, неорганічний оксид. Органічні з'єднання галогенів являють собою бромовані та хлоровані ациклічні або ароматичні з'єднання, до борної кислоти додають буру, борокальцит та інші похідні бору. Вогнезахист трьохшарових ДСП досягається в тому випадку, якщо вказаний антипірен вводиться тільки в поверхневі шари, а традиційні антипірени, наприклад, борна кислота – у внутрішній шар у кількості 5-20 г на 100 г сухих стружок. Вводити антипірен можна до змішування зі сполучним компонентом (7-15 г карбамідоформальдегідної або карбамідомеламіноформальдегідної смоли на 100 г сухих стружок), під час змішування або після нього. Якість ДСП залежить від рівномірності розподілення антипірену в деревно-стружковій масі. Для цього до складу антипірену вводяться мінеральні диспергуючі добавки, наприклад, гідрати кремнію та алюмінію. Деревно-стружкова маса, що просочується антипіреном пресується 5-20 хв за температури 140-180 °С під тиском 1,0-4,5 МПа [9].

Також запропоновано спосіб виготовлення деревно-стружкових плит і формованих виробів з них, який полягає в пресуванні при 100-220 °С суміші, що містить стружку, мінеральну кислоту (сірчану або фосфорну), органічний сполучний (меламіноформальдегідну смолу) та борвмісний мінерал (колеманіт) [10]. Вогнезахиснені панелі [11] з деревної стружки містять борну кислоту (до 75%) та буру.

Для вогнезахисту деревно-стружкових плит можна використовувати сполуки бору та сірчану кислоту. Стружку обробляють методом обприскування сірчаною кислотою (переважно 96%-ною), а кількість борату та сірчаної кислоти залежить від виду борату. Температура розчину підтримується однаковою приблизно 77 °С. Стружка просочується розчином протягом 10-20 хв., а потім висушується до вологості 3-7%. Суха стружка в кількості 2-12% від маси сухої деревини змішується з карбамідоформальдегідною смолою. Суміш стружки із смолою пресують за температури 171 °С під тиском 17,6 МПа протягом 10 хв. Густина плит складає 700 кг/м<sup>3</sup>. Після випробувань ДСП у тунелі, за методом ASTMЕ-84, вони можуть бути віднесені до I класу горючості [12].

Запропоновано спосіб виготовлення ДСП та формованих виробів шляхом пресування деревної стружки, дрібнозернистого піску та органічного сполучного, наприклад, карбамідної або фенольної смоли, ізоціанату або термопласти у вигляді водної емульсії. До сполучного додається отверджувач – хлористий амоній, а також гідрофобізуючі засоби – парафін та віск. Додаються вогнезахисні засоби – борна кислота та фосфат амонію. Плити товщиною 19 мм віднесені до класу матеріалів В1 відповідно до стандарту DIN 4102. Їх густина звичайно складає  $1500 \text{ кг/м}^3$ , міцність на згинання –  $13,3\text{-}18,6 \text{ Н/мм}^2$ . Плити можуть виготовлятися одношаровими та багатошаровими з покритими шарами. Перевагою обраного способу є можливість звичайного пресування та зберігання високих механічних властивостей [13, 14].

Канадськими виробниками [15] запропоновані вогнезахиснені ДСП на основі стружкової маси з кристалічним водонерозчинним поліфосфатом амонію, який забезпечує високу стійкість до вилуговування. Поліфосфат амонію можна вводити в будь-який шар плити у кількості 2-15% від маси стружки. Найбільш ефективним способом введення поліфосфату амонію є його перемішування з клеєм, що використовується в якості сполучного стружкової маси, однак його можна додавати безпосередньо до сухої стружкової маси. Використовується тваринний клей, лігнін, синтетичні смоли типу фенольних карбамідоформальдегідних, меламіноформальдегідних.

Зпатентовано спосіб вогнезахисту деревних листових матеріалів (клеєної фанери, деревно-стружкових плит) шляхом нанесення вогнезахисного лакофарбового покриття. Перед фарбуванням на дерев'яну основу наносять ґрунтовку, що складається із суміші водної суспензії кварцу або піску з емульсією синтетичної смоли. Потім на поверхню, що покрита ґрунтовкою, наносять шар мінеральної фарби, яка перемішана з водною суспензією кварцу або піску [16].

При виготовленні ДСП використовують деревний наповнювач, суміш оксиду та хлориду магнію, кізельгур та вогнезахисні добавки [17]. На основі ДСП та водовмісних силікатів розроблені вогнезахисні еластичні листи, що спінуються за температури вище, ніж  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ .

З метою зниження горючості плит, у суміш вводять оксид магнію, мінерал серпентиніт [18], а також керамзитовий пил та емульгатор [19]. Суміш готують таким чином: 80 масових частин деревної стружки осмолюють у змішувачі сполучним, що містить 14 масових частин карбамідної смоли, 5 масових частин керамзитового пилу, 0,5 масових частин емульгатора ОП-10. Потім вводять 0,5 масових частин алюмохромфосфатного сполучного 13%-ної концентрації. Масу перемішують 5 хв., вивантажують у форму та пресують за температури  $165\pm 5$

°С та питомому тиску пресування 1,9-2,0 МПа. Виготовлений матеріал має густину 850-966 кг/м<sup>3</sup>, межа міцності при статичному згинанні 250-344 кгс/см<sup>2</sup>, втрата маси при вогневих випробуваннях за методом “керамічної труби” становить 4,85-15% [20].

До деревно-стружкових плит можна вводити синергетичну суміш тригідрату оксиду алюмінію та углекситу в кількості до 50% від маси плити. Кожний з компонентів володіє вогнезахисними властивостями, однак вогнезахисна дія суміші, що містить 50-70% тригідрату оксиду алюмінію та 50-30% углекситу, вище. Компоненти суміші використовують у вигляді порошку з розмірами частинок 7-200 мкм [21].

Для спрощення технології виготовлення плит можна використовувати сирі стружки, до яких вводять антипірен [22]. Розрахункову кількість сирих стружок завантажують до змішувальних камер та перемішують з рідким склом, яке подають з розпилювача під тиском 0,05-0,1 МПа. Стружку із змішувальної камери направляють до сушильної камери, потім осмолюють. Масу, що отримують після перемішування стружок зі смолою та хлористим амонієм, вивантажують із змішувача на піддони, які направляють на холодне підпресування, а потім – на гарячий прес. Горючість плит визначали на «керамічній трубі», оброблені вказаним способом ДСП відповідають вимогам, що пред’являються до важкогорючих матеріалів [22].

Запропоновано для виробництва ДСП прес-масу [23], що складається з деревних частинок, карбамідоформальдегідного сполучного та отверджувача. З метою покращення фізико-механічних показників плит та зниження їх токсичності додатково вводять складний ефір карбаміду та гліколю, що призводить до поглиблення процесу поліконденсації вяжучого. Полімерна прес-композиція для ДСП може включати карбамідну смолу, алюмофосфатний сполучний, гідрофобізатор та деревну стружку. З метою збільшення твердості плит та скорочення часу пресування в якості алюмофосфатного сполучного використовується суміш кислих фосфорнокислих солей алюмінію та бору, що отримуються в результаті взаємодії в киплячій воді борної кислоти, ортофосфорної кислоти та гідрату оксиду алюмінію, а в якості гідрофобізатора – алюмометилсиліконат натрію або парафін [24].

Інший спосіб отримання ДСП полягає в просоченні деревної стружки засобом, який отримується в результаті дегідрування сухої рослинної речовини в хлорсульфоновій кислоті аліловим спиртом. Наприклад, 60 г стружки з деревини ялиці висушують протягом 1 год. За температури 100 °С, перемішують з 85 г хлорсульфонові кислоти, витримують 1 год. до повного розчинення за температури 23 °С. До профільтованого розчину поступово додають 170 г ізопропанолу до пов-

ного розкладу залишку хлорсульфонової кислоти. Суху стружку занурюють в отриманий розчин на 2 хв., висушують протягом 15 хв. за температури 100 °С. Просочена таким чином стружка слабко жевріє в полум'ї пальника та трохи обвуглюється [25].

Також оброблення деревної стружки здійснюється за допомогою органічної сполуки, яка містить фосфони та азот. Використовуються іонні фосфонієві сполуки, які наносяться у вигляді водних або органічних розчинів разом із каталізатором, який прискорює реакцію з целюлозою. Таким каталізатором можуть бути такі сполуки: три- (2,3 епоксипропіл) фосфат з три (оксиметил) меламіном або карбамідом, окись три (1-азиридиніл) фосфину з три (оксиметил) меламіном [26].

Враховуючи вищенаведене можна констатувати, що виготовлення важкогорючих деревно-стружкових матеріалів потребує певних виробничих та технологічних потужностей, що призводить до підвищення собівартості продукції, а також не завжди забезпечує біостійкість і до того ж окремі компоненти відносяться до шкідливих токсичних речовин.

Проведено спеціальні експериментальні дослідження із застосуванням прискорюючих дифузійних процесів вилучення повітря з деревно-стружкової плити, та проведено оброблення матеріалу водним розчином комплексної сполуки полігексаметиленгуанідин поліфосфат амонію, яка забезпечує вогне- і біозахист деревини та виробів з неї. Визначено вогнезахисні властивості ДСП та OSB згідно з ГОСТ 12.044 [2], які наведено в таблиці.

Дані щодо визначення групи горючості вогнезахисних зразків фанери

№ зразка	Характеристика вогнезахисного зразка фанери	Втрата маси зразка ( $\Delta m$ , %)	Максимальна температура газоподібних продуктів горіння ( $t$ , °С)
1	Плита деревно-стружкова, товщиною 25 мм	44,4	240,6
2	Плита деревно-стружкова, товщиною 25 мм з покриттям "Сілол"	46,5	242,0
3	Плита OSB, товщиною 10 мм	56,3	253,2
4	Плита OSB, товщиною 10 мм з покриттям "Сілол"	56,9	254,1

Для збереження вогнезахисних властивостей вогнезахисної деревини від небажаного впливу вологого повітря, атмосферної дії, а також сонячної радіації запропоновано поверхнєве оброблення захисними сумішами марки "Сілол", які проникають у найменші пори деревини, утворюючи на стінках пор і капілярів у результаті хімічних реакцій та процесів сорбції найтонші водовідштовхувальні плівки [27].

Таким чином, застосування прискорюючих дифузійних процесів оброблення матеріалів дає можливість виробництва вогнезахищених деревно-стружкових плит, які можуть знайти застосування у будівництві.

- 1.ДБН В.1.1-7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва / Держбуд України. – К., 2003.
- 2.ГОСТ 12.1.044-1989. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 143 с.
- 3.Karl-Heinz Krahl. Vorbeugender Brandschutz mit Spanplatten/Holz- und Kunststoffverarbeitung. – 1983. – В.18, №6.
- 4.Spanplatten mit verbesserten brandtechnischen Eigenschaften // Holz- und Kunststoffverarbeitung. – 1981. – В.16, №9.
- 5.Пат. 3874990 (США), 1975. НКИ 161-261.
- 6.Werkstoffe. Beschläge für den Brandschutz // ВМ. Bau- und Mobelschreiner. –1979. – №3.
- 7.Flame retardant decorative panels // Fire Prot. – 1984. – № 561.
- 8.Problem solving in flame retardant materials // Flame Retard. – 1983. – № 12. Int Conf., London, 10-11 Nov. 1983.
- 9.Заявка 2342329 (Франция), 1977, МКИ С09 К 3/28.
- 10 Заявка 3044861 (ФРГ), 1982. МКИ В29 J 5/00.
- 11.Пат. 2148879 (Франция), 1973. МКИ В29 J 5/00.
- 12.Пат. 4039645 (США), 1977. НКИ 264-118.
- 13.Заявка 3131842 (ФРГ), 1983. МКИ В29 J 5/00.
- 14.Заявка 2455552 (ФРГ), 1976. МКИ В32 В 21/08.
- 15.Пат. 1054918 (Канада), 1979. МКИ В29 J 5/00.
- 16.Пат. 57-42481 (Япония), 1962. МКИ В27 К 8/00.
- 17.Пат. 4065413 (США), 1977. НКИ 260-9.
- 18.А.с. 706384 (СССР). МКИ С04 В 43/12 // Открытия. Изобретения. – 1979. – №45.
- 19.А.с. 883108 (СССР). МКИ С08 В 97/02 // Открытия. Изобретения. – 1981. – №3.
- 20.А.с. 544630 (СССР). МКИ С04 В 19/02 // Открытия. Изобретения. – 1977. – №3.
- 21.Пат. 4076580 (США), 1978. НКИ 162-159.
- 22.А.с. 285214 (СССР). МКИ В27 К 3/52 // Открытия. Изобретения. – 1970. – №33.
- 23.А.с. 1114683 (СССР). МКИ С08 В 97/02 // Открытия. Изобретения. – 1984. – №35.
- 24.А.с. 1178753 (СССР). МКИ С08 В 61/24 // Открытия. Изобретения. – 1985. – №34.
- 25.Пат. 4063003 (США), 1977. НКИ 428-537.
- 26.Пат 1222885 (Великобритания), 1969. НКИ Д1Р.
- 27.Суміші "Сілолі" (Сілолі, Сілолі АГ, Сілолі АР, Сілолі А, Сілолі кольоровий). Технічні умови ТУ У В.2.7-24.1-31911658.001-2002 зі зміною №1.

*Отримано 28.02.2008*