

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ННІ лісового і садово-паркового господарства**

**ПОГОДЖЕНО
Директор ННІ**

Лісового і садово паркового
господарства

_____ Роман ВАСИЛИШИН
(підпис) (ПІБ)

«_____» _____ 2025 р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри**

Технологій та дизайну виробів з
деревини

_____ Андрій СПИРОЧКІН
(підпис) (ПІБ)

«_____» _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Оцінка якості меблів що використовуються в умовах підвищеної вологості

Спеціальність 187 «Деревообробні та меблеві технології»

Освітня програма «Деревообробні та меблеві технології»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

канд. техн. наук, доц.

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Андрій СПИРОЧКІН

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Канд. техн. наук, доц.

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Юрій ЛАКИДА

(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Сергій КОШЕЛЬ

(ПІБ)

Київ – 2025 рік

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ННІ лісового і садово-паркового господарства**

**ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри**

Технологій та дизайну виробів з деревини

к.т.н., доц. _____ Андрій СПИРОЧКІН

науковий ступінь, вчене звання (підпис)

(ПІБ)

« _____ » _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ**

_____ Кошелю Сергію Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 187 «Деревообробні та меблеві технології»

(код і назва)

Освітня програма «Деревообробні та меблеві технології»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи Оцінка якості меблів що використовуються в умовах підвищеної вологості

затверджена наказом ректора НУБіП України від “5” 11 2024 р. № 1978 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 10.11.2015 року _____

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи

Звіти з наукової роботи кафедри. Результати попередніх експериментальних досліджень за обраною тематикою

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Детальний аналіз способів та обладнання для нанесення комки
2. Пошук альтернативних способів захисту плитних матеріалів від вологи
3. Дослідження витривалості плитних матеріалів термо і гідро навантаженням.

Дата видачі завдання “ _____ ” _____ 20__ р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

(прізвище та ініціали студента)

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів та висновків. Основна частина викладена на 79 сторінках, проілюстровано 35 рисунками та 24 таблицями. Список використаної літератури включає 50 назв.

У вступі викладено доцільність та актуальність обраної теми магістерської кваліфікаційної роботи.

У першому розділі кваліфікаційної роботи проведено аналітичний огляд сучасних способів нанесення кромки на плитні матеріали. Розглянуто основні вимоги до клеїв-розплавів, проаналізовано їхні фізико-хімічні властивості та фактори, що впливають на якість склеювання. Вивчено конструкцію основних вузлів верстатів для крайкування, типи обладнання для нанесення кромки та вимоги до якості кромкованих деталей. Окрему увагу приділено технології безклеєвого кромкування та аналізу причин виникнення дефектів у процесі облицювання крайок.

У другому розділі за допомогою методу аналізу ієрархій (МАІ) виконано обґрунтований вибір матеріалу для облицювання крайок. Проведено формування ієрархічної моделі багатокритеріального вибору, визначено вагомість критеріїв та здійснено ранжування можливих варіантів. На основі результатів розрахунків визначено найбільш доцільний матеріал, який відповідає вимогам міцності, довговічності, технологічності та економічної ефективності.

У третьому розділі описано методику проведення дослідження витривалості плитних матеріалів під дією термічних та гідравлічних навантажень. Подано послідовність випробувань, обладнання, умови експерименту та параметри контролю. Наведено експериментальні результати, здійснено їх аналіз та встановлено закономірності зміни фізико-механічних характеристик залежно від інтенсивності впливу навантажень.

У четвертому розділі розглянуто альтернативні способи підвищення вологостійкості плитних матеріалів. Детально описано технології постформінгу та софтформінгу, а також обладнання, що застосовується для цих процесів. Проаналізовано властивості пластиків і клеїв, які використовуються для

облицювання методом постформінгу. Обґрунтовано переваги цих технологій у забезпеченні довговічності та стійкості меблевих деталей до вологи.

На основі проведених досліджень сформовано комплексне уявлення про сучасні технологічні підходи до нанесення кромки та методи підвищення експлуатаційної надійності плитних матеріалів.

Ключові слова: кромка, крайкування, клеї-розплави, безклејове кромкування, постформінг, софтформінг, водостійкість, плитні матеріали.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СПОСОБІВ НАНЕСЕННЯ КРОМКИ	8
1.1. Основні вимоги до клеїв-розплавів	8
1.2. Основні вузли для крайкування клеями-розплавами	14
1.3. Обладнання для нанесення кромки	16
1.4. Вимоги до якості кромкованих деталей	24
1.5. Безклејове кромкування	26
1.6. Причини виникнення дефектів склеювання	33
РОЗДІЛ 2 ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МАТЕРІАЛУ	34
2.1. Прийняття проектних рішень	34
2.2. Рішення багатокритеріальної задач методом аналізу ієрархій	43
РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВИТРИВАЛОСТІ ПЛИТНИХ МАТЕРІАЛІВ ТЕРМО І ГІДРО НАВАНТАЖЕННЯМ	49
3.1 Методика проведення дослідження	49
3.2 Результати дослідження.	50
РОЗДІЛ 4 АЛЬТЕРНАТИВНІ СПОСОБИ ЗАХИСТУ ПЛИТНИХ МАТЕРІАЛІВ ВІД ВОЛОГИ	56
4.1. Постформінг	56
4.1.1.Верстати прохідного типу для постформінгу.	58
4.1.2. Ручне обладнання для постформінгу.	61
4.1.3 Пластики для постформінгу	61
4.1.4 Клеї для постформінгу.	63
4.2. Софтформінг	64
ВИСНОВКИ.....	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	75

ВСТУП

Від якості облицювання кромки меблевих деталей багато в чому залежить якість усього виробу. Кромки сучасних меблів можуть облицюватися рулонними матеріалами завтовшки від 0,2 до 3 мм (папером, просоченим смолами меламінів, ПВХ і АБС) і стрічковим матеріалами завтовшки до 25 мм (шпоною або рейкою з масивної деревини).

Вибір клею визначається його фізико-хімічними характеристиками, а також типом устаткування для облицювання і кромкооблицювального матеріалу. Характеристики клею повинні забезпечувати необхідні експлуатаційні показники виготовленого з його використанням виробу. Найширше застосовуються в меблевому виробництві EVA- клеї. Основні переваги EVA-клеїв - доступність за ціною і простота застосування при високій продуктивності устаткування і збереженні якості кінцевої продукції. Рецептатура клеїв на основі EVA в основному залишається незмінною упродовж останнього десятиліття. У неї вносять зміни тільки тоді, коли на ринку немає того або іншого компонента клейового складу.

Облицювання торців меблевих деталей забезпечує естетику виробу і продовжує термін його служби. Для приклеювання кромки використовують різні технології - як традиційні, так і прогресивні. Але хоча протягом останніх десяти років ведуться активні розробки рішень, метою яких є отримання нульового шва, традиційні кромкооблицювальні верстати і матеріали користуються попитом у вітчизняних меблярів.

Актуальність теми даної кваліфікаційної роботи зумовлена тим, що сучасні меблеві вироби все частіше експлуатуються в умовах підвищеної вологості – у ванних кімнатах, кухнях, санітарних приміщеннях, підсобних зонах та інших просторах зі змінним мікрокліматом. Високий рівень вологості, конденсат, перепади температури та прямий контакт з водою є факторами, що значно прискорюють процеси деградації плитних матеріалів, клейових з'єднань і облицювальних покриттів. Це, у свою чергу, впливає на довговічність меблів, стабільність конструкції, збереження зовнішнього вигляду та безпечність експлуатації.

Зростання вимог до якості та надійності меблевих виробів стимулює виробників до вдосконалення технологій захисту матеріалів від вологи. У цьому контексті особливої актуальності набуває дослідження властивостей плитних матеріалів, методів крайкування та альтернативних способів посилення вологостійкості меблевих деталей. Аналіз якості меблів, що працюють у складних експлуатаційних умовах, дозволяє виробити рекомендації щодо підвищення їх довговічності та конкурентоспроможності.

Метою роботи є оцінка якості меблів, що експлуатуються в умовах підвищеної вологості, а також обґрунтування технологічних рішень, які забезпечують їхню стійкість, міцність і тривалий термін служби.

Завдання роботи:

- здійснити аналіз сучасних способів нанесення кромки та визначити їхню ефективність в умовах підвищеної вологості;
- дослідити вимоги до клеїв-розплавів та фактори, що впливають на якість крайкування;
- проаналізувати обладнання та технологічні процеси, що застосовуються для захисту плитних матеріалів від вологи;
- провести багатокритеріальний вибір матеріалу методом аналізу ієрархій;
- дослідити витривалість плитних матеріалів під дією термічних і гідравлічних навантажень;
- розглянути альтернативні методи підвищення вологостійкості, такі як постформінг та софтформінг;

Об'єктом дослідження є меблеві вироби з плитних матеріалів, що експлуатуються у приміщеннях із підвищеною вологістю.

Предметом дослідження є технологічні процеси виготовлення, методи захисту та фактори, що впливають на якість і довговічність меблів у вологих умовах.

Методи дослідження включають аналіз нормативної документації та науково-технічних джерел, порівняльний аналіз видів плитних матеріалів та способів крайкування, метод аналізу ієрархій, експериментальні випробування на термо- та гідронавантаження, а також технологічне моделювання.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СПОСОБІВ НАНЕСЕННЯ КРОМКИ

1.1. Основні вимоги до клеїв-розплавів

Клеї-розплави (термоклеї) – це сучасні високоефективні адгезиви, що дозволяють миттєво та надійно з'єднувати широкий спектр матеріалів, при цьому вони не містять розчинників і є безпечними. Завдяки цим характеристикам вони набули значної популярності в багатьох сферах застосування: від пакувальної та меблевої промисловості до виготовлення засобів гігієни.

До основних вимог, які виробники меблів висувають до рішень для забезпечення високої якості продукції, її конкурентоспроможності та споживчого попиту, належать: автоматизація виробничих процесів, підвищення гнучкості устаткування та технологій, використання систем управління для одночасного нагляду за операціями, а також ресурсо- та енергоефективність. Для задоволення цих потреб галузі розробляються відповідні клейові та крайкувальні матеріали, обладнання і технології нанесення клею та крайкування, що відповідають вимогам виробників меблів та запитам ринку [1].

Крайки меблів облицьовують матеріалами на основі ПВХ, ПП, АБС-пластиків, папером, просоченим смолами, а також шпоном і масивом деревини (рис. 1.1). На українському ринку представлені такі крайкувальні матеріали, як Raukantex (виробник – компанія Rehaу, Німеччина), Doellken (виробник – компанія Doellken Kunststoffverarbeitung GmbH, Німеччина), Proadec (виробник – Probos, Португалія), Giplast (виробник – Giplast Group, Італія), Hranipex (виробник – Hranipex, Чехія), Galoplast (виробник – Galoplast, Китай) [2].

Для приклеювання кромки до торця меблевої деталі застосовують клеї-розплави (КР), потреба в яких зумовлена їх високою адгезією, коротким часом схоплювання, а також водо- та термостійкістю сформованого клейового шва.



Рис. 1.1. Полівінілхлоридна кромка виробник - компанія Rehau, Німеччина [2]

Технічні характеристики клеїв-розплавів – зокрема водо-, волого- та температуростійкість, а також стійкість до агресивних середовищ – визначаються властивостями полімерної основи, на якій вони виготовлені. Для приклеювання кромки застосовують клеї-розплави на основі етиленвінілацетату (ЕВА), амфотерних поліальфаолефінів (АПАО) та поліуретану (ПУР). Найпоширенішими у меблевому виробництві залишаються ЕВА-клеї (рис. 1.2) [3].



Рис. 1.2. Клей-розправ ЕВАHENKEL TECHNOMELT PW 7235 [3]

Клеї на основі АПАО є дорожчими за ЕВА-клеї, проте їх вартість компенсується стабільністю кольору клейового шва, підвищеною морозостійкістю та відсутністю нагару на клеєнаносному вузлі під час роботи. ПУР-клеї (рис. 1.3) застосовують для виготовлення меблів підвищеної міцності та вологостійкості – зокрема для ванних кімнат, кухонь, медичних закладів та лабораторій. Їх широкому використанню заважає не лише висока ціна, але й специфічні вимоги до технологічного процесу [4].

Швидкість затвердіння ПУР-розплавів залежить від хімічного складу, температури, вологості матеріалів, що склеюються, та відносної вологості навколишнього середовища. Повна міцність досягається через 2–5 днів, після чого шов набуває високої стійкості до впливу низьких і високих температур у діапазоні від -30 до $+50$ °С. Якщо обладнання використовується неправильно, через високу гігроскопічність клею можливе його передчасне затвердіння та утворення нагару. Тому робота з ПУР-клеями потребує спеціальної клеєнаносної системи, а їх зберігання – суворого дотримання умов, що виключають контакт клею з вологою [5].



Рис. 1.3. Зразок ПУР клею [5]

Клеї-розплави на основі поліаміду (ПА) застосовуються на меблевих підприємствах досить рідко. Їх поділяють на наповнені та ненаповнені.

Наповнені клеї рекомендують для обробки пористих поверхонь, вони мають відносно низьку вартість і забезпечують дозовану витрату матеріалу під час нанесення. До недоліків таких клеїв відносять швидкий знос обладнання через абразивні властивості наповнювача, часте утворення нагару та обмеження при використанні форсунок для нанесення. Зі збільшенням частки наповнювача зростає щільність клею, що зменшує його обсяг і підвищує витрату, тому низька ціна не завжди гарантує економію виробничих витрат. Наповнювачі додають у клей для досягнення необхідних характеристик, наприклад, скорочення періоду затвердіння [6].

Використання ненаповнених клеїв-розплавів забезпечує низьку витрату клейового матеріалу. Такі клеї прозорі, що дозволяє застосовувати їх для кромкування деталей різних кольорів. Завдяки низькій в'язкості вони мають підвищену змочуваність поверхонь, а після склеювання утворюється тонкий клейовий шов, що зменшує значення колірною поєднання плитного та кромкувального матеріалів. Крім того, використання ненаповнених КР підвищує продуктивність обладнання, оскільки відповідає необхідність у частих зупинках верстата для зміни матеріалу [7].

До складу клеїв можуть входити різноманітні наповнювачі, модифікатори, стабілізатори тощо. Окрім класичного поділу на наповнені та ненаповнені клеї-розплави, виробники пропонують матеріали з різною долею наповнювача. Залежно від щільності клейового складу їх поділяють на малонаповнені (щільність 1,05–1,1 г/см³), середньонаповнені (1,2–1,4 г/см³) та наповнені (>1,4 г/см³). Цю класифікацію можна вважати «внутрішньою», оскільки офіційних стандартів або термінів наразі немає. Визначити ступінь наповненості партії клею можна двома способами: візуально, за кольором (ненаповнений – прозорий, малонаповнений – напівпрозорий, наповнений – молочно-білий), або за щільністю. Наприклад, щільність ненаповненого клею менша за щільність води (<1 г/см³), тому невелику кількість такого клею, опущену у воду, він спливе, що дозволяє швидко оцінити міру його наповненості [8].

Витрата клею безпосередньо залежить від його щільності. Наповнені склади часто коштують дешевше за ненаповнені, що робить їх привабливими для споживача. Проте економія у вартості матеріалу виявляється оманливою: чим вища щільність клею, тим більша його витрата на облицювання одного погонного метра виробу, а отже, зростає собівартість продукції [9].

Для отримання клейового з'єднання з необхідними характеристиками виробники клеїв рекомендують враховувати робочу температуру клею-розплаву, температуру склеюваної деталі та кромки, умови повітря в робочому приміщенні, а також величину зусилля притиску. У технічних характеристиках клеїв зазначають в'язкість та точку пластифікації, що важливо для налаштування верстата та коригування режиму роботи. Наприклад, для клею-розплаву «С213» в'язкість при 200 °С становить 90 000 мПа·с, а точка розм'якшення – 100 °С; для «С185» – 68 000 мПа·с при 180 °С і 42 000 мПа·с при 200 °С, точка розм'якшення також 100 °С. Недотримання цих параметрів унеможливує якісне приклеювання кромки до деталі. Технічні характеристики EVA-клеїв для прямолінійного кромкування та рекомендовані умови роботи наведені в таблиці 1.1 [10].

Таблиця 1.1

**Технічні характеристики клеїв-розплавів на основі EVA для
прямолінійного кромкування**

Постачальник	Марка клею	Умови використання					
		Температура матеріалів і повітря в приміщенні, °С	Температура матеріалу в ємності, °С	Температура клеєносних вальців, °С	Швидкість подачі деталі, м/хв	Витрати клею, г/м ²	Колір клею
1	2	3	4	5	6	7	8
Група «ХОМА»	homakoll 663	20±2	180-190	190-210	12-25	200-300	Коричневий
	homakoll 612 (ненаповнений)	20±2	160-190	180-210	Від 12	150-200	Світло-жовтий

Пордовження табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Meritin	Meritin DF 749	>15	170-190	200-220	>15	200-300	Бежевий
	Meritin DF 652	>15	140-160	140	>10	200-300	Бежевий
Rayt	МА-6714-Т (ненаповнений)	Не менше 18	200-210	160-210	Від 3,5	160-200	Прозорий
	МА-673 (ненаповнений)	17-20	185-200	205-215	Від 7	180-200	Світлий
	МА-6525	17-20	185-200	190-220	>20	180-280	Сірий
H. B. Fuller	Rakoll K4/581 LV	>18	190-210	190-210	>20	150-250	Білий, чорний
	Rakoll K4/570	>18	170-190	170-190	>12	150-200	Білий, коричневий
	Rakoll TE 5707	>18	150-170	150-170	2-15	150-200	Білий
Henkel	«Техномелт КС 217»	18	180-200	180-200	Від 8	Від 200	Білий
	«Техномелт КС 351»	18	180-200	190-200	Від 12	Від 150	Прозорий
	«Техномелт КС 699» (ненаповнений)	18	150-180	160-180	Від 10	Від 150	Жовтий, прозорий
Altesa	Smart 02.20	18-22	130-150	130-150	5-20	170-210	Бежевий
	Automat 02.70	18-22	170-190	170-190	Від 8	130-150	Бежевий
Durante & Vivan	Duditerm 549	>15	180-200	210-230	>10	180-250	Сірий
	Duditerm 570	>15	170-190	200-220	>15	200-300	Бежевий
	Duditerm 580 (ненаповнений)	>15	150-200	150-200	>8	150-180	Світлий, матовий
Kiilto Oy	Kestomelt S 185	18-22	165-180	165-185	>10	200-300	Білий
Follmann	Folco Melt EB 1749	18-22	170-190	190-210	≥20	250-350	Білий
	Folco Melt EB 1750	18-22	170-190	180-190	≥12	250-350	Білий, чорний, коричневий, прозорий
	Folco Melt EB 1851	18-22	170-190	160-210	≥10	250-350	Прозорий
	Folco Melt EB 1542	18-22	170-190	140-160	≥4	250-350	Білий

Витрата клейових матеріалів (КМ) залежить від якості облицьовуваної панелі, оскільки для заповнення рихлого зрізу деревної плити потрібно більше

клею; від швидкості подачі на верстаті – при високій швидкості на поверхню наноситься менше клею; а також від способу нанесення – при вальцовому нанесенні витрата більша, ніж при використанні форсунок [13].

Для приклеювання товстої кромки до рихлої ДСП переважно використовують наповнені клеї-розплави, оскільки вони забезпечують мінімальні витрати клею на квадратний метр. Наповнені склади мають високу щільність завдяки добавкам, і хоча їх маса може бути однаковою з ненаповненими, об'єм наповненого клею менший, що підвищує витрату на одиницю площі. Ненаповнені клеї-розплави застосовують для приклеювання прозорих або кольорових (наприклад, чорних) кромки, тонких кромки при низьких температурах, а також для облицювання плит [12].

1.2. Основні вузли для крайкування клеями-розплавами

Вузол нанесення кромки на верстатах Biesse (рис. 1.4) оснащений двома системами, що дозволяє наносити кромку як за допомогою клеїв-розплавів і традиційної кромки, так і із застосуванням гарячого повітря (система AFS) та кромки типу Laser Edge [11].



Рис.1.4. Вузол нанесення кромки Biesse [11]

При роботі з EVA-розплавами, зокрема з клеями HomaKoll 663, 635 і 612 від компанії «Група ХОМА», важливо регулярно контролювати температуру клею на роликах. Якщо вона нижча за рекомендовану, скорочується час схоплювання клею, що призводить до неякісного склеювання. При перевищенні температури клей може розкладатися, змінювати колір і в'язкість, погіршуючи склеювальні властивості. Склеювання холодних або вологих поверхонь також викликає дефекти через скорочений час схоплювання. Для кожного виробництва рекомендується проводити пробні випробування з урахуванням умов склеювання та типів матеріалів. Використання PUR-розплавів дозволяє майже вдвічі зменшити витрату клею порівняно з EVA-розплавами [12].

Робоча температура є ключовим параметром при приклеюванні кромки до заготовки. Тривале перевищення рекомендованої температури може погіршити характеристики клею і призвести до його деструкції, роблячи його непридатним для використання. Занизька температура клею зменшує адгезію та підвищує його в'язкість. Крім того, на якість облицювання впливає температура склеюваних поверхонь – плити та кромки, яка повинна бути не нижче 18 °C [13].

Якщо деталі або кромку, що надійшли на ділянку кромкування, попередньо не витримати в цеху, то розпавлений клей швидко остигає на холодних поверхнях, що призводить до неналежної якості приклеювання і вважається дефектом. Також критично правильно встановлювати швидкість подачі клею залежно від його відкритого часу: для клеїв з коротким відкритим часом потрібна висока швидкість подачі заготовки, тоді як для клеїв з довгим відкритим часом допускається низька швидкість. Невідповідна швидкість при роботі з клеєм з коротким відкритим часом знижує адгезію через охолодження до моменту притиску кромки. Рекомендоване зусилля притиску, вказане виробником у технічній характеристиці клею, також впливає на змочування та забезпечення належної адгезії [14].

При роботі з тонкими та «примхливими» плівками ПВХ і АБС застосовують низькотемпературні клеї-розплави. Для таких завдань компанія Henkel розробила спеціальні продукти, зокрема «Техномелт КС 224/2» та «Техномелт КС 250». Клеї на основі поліолефіну, наприклад «Техномелт КС

300», характеризуються підвищеною морозостійкістю та теплостійкістю (до 120 °С), а також доброю адгезією при наклеюванні кромки на МДФ. Переваги цих клеїв також включають нижчу вартість у порівнянні з поліуретановими розплавами, для використання яких необхідне спеціалізоване обладнання. Крім клейових матеріалів серії «Техномелт», компанія Henkel пропонує сервісні продукти, зокрема рідкий очищувач «Техномелт Cleaner М-О-С», який розпилюють на остиглі частини обладнання та залишки клею для полегшення їх видалення [15, 16].



Риз. 1.5. Рідкий очищувач Техномелт Cleaner М-О-С [16]

Гранульований очищувач «Техномелт PUR Cleaner 4» призначений для очищення клейових ванн, клеєпровідних шлангів і каналів, а також елементів клеєнаносного обладнання, таких як форсунки та ролики, від залишків клею-розплаву. Для зручності очищувач має синє забарвлення, розплавляється безпосередньо в обладнанні, а залишки видаляються разом із нагаром. Регулярне використання цього засобу дозволяє зменшити ризик простоїв устаткування та скоротити трудомісткість виробничого процесу [17].

1.3. Обладнання для нанесення кромки

Сучасне меблеве виробництво передбачає роботу з великою кількістю деталей, для облицювання яких застосовується широкий спектр

кромкооблицювального обладнання – від ручних машинок до високопродуктивних ліній і обробних центрів. На українському ринку представлене обладнання провідних іноземних виробників, серед яких Felder, Casadei, Griggio, SCM Group, Paolini, Homag, IMA, Cehisa, Filato, Holz-Her, Italmac, Vitap, Altesa, OTT, Egurko, Olympic, Biesse, Hebrock, Viritex, Adamik та Sietro (рис. 1.6) [18].



Рис. 1.6. Верстат IMA Combima для прямолінійного нанесення кромки з декількома клеєвими вузлами і магазином для кромки на 72 рулона [18]

Зазвичай конструкція та принцип роботи кромкооблицювального обладнання подібні, відмінності полягають переважно в кількості окремих вузлів. Виробники підбирають верстат відповідно до потреб конкретного підприємства, при цьому він може бути оснащений додатковими вузлами та пристроями .

При виборі верстата фахівці радять оцінювати його продуктивність, допустиму товщину оброблюваного матеріалу, тип кромки, а також спосіб нанесення клею — чи використовується кромка з уже нанесеним клеєм, чи клей наноситься верстатом самостійно.

Наведемо особливості методів нанесення клею на крайку деталей, розглядаючи приклади роботи обладнання таких виробників, як IMA, Biesse, OTT, Holz-Her, Felder та Altesa [19].

На верстатах фірми IMA користувач може працювати як з EVA-, так і з PUR-клеями (рис. 1.7). При використанні EVA-грануляту на прохідних верстатах клей нагрівається в ванні електричними нагрівальними елементами (ТЕН) до робочої температури 120–200 °С. Далі обертовий клеєноносний вальць переносить розплавлений клей на торець заготовки, що проходить повз ролика. Швидкість обертання валця та подачі заготовки синхронізована, щоб забезпечити рівномірне нанесення клею без розмазування. Залежно від моделі верстата використовують валці різного діаметру: для Advantage – 30 мм, для Novimat – 60 мм. Великі діаметри валців дозволяють стабільно наносити необхідний обсяг клею на торець довгих і широких заготовок, забезпечуючи мінімальну товщину клейового шва [19].

Клейовий валець на верстатах постійно обертається, передаючи клей на торець заготовки та одночасно забираючи новий клей з ванни. Заготовка рухається по конвеєру та стикається з копіром клейової ванни, при цьому сам валець безпосередньо не контактує з деталлю. Завдання оператора – налаштувати верстат так, щоб при мінімальній товщині клейового шару на заготовку переносився достатній обсяг клею для надійної фіксації кромки. Кількість клею на валці регулюється ексцентриковими заслінками; при цьому товщина клейового шва може змінюватися залежно від типу матеріалу та розміру заготовки: пухкі матеріали вбирають більше клею, щільні – менше. Для спрощення роботи операторів на верстатах IMA клейова ванна оснащена спеціальним копіром, який дозволяє точно встановлювати відстань між заготовкою та клеєноносним вальцем [20].

На всіх моделях верстатів IMA час готовності клейової станції для EVA-клею складає приблизно 15–20 хвилин після включення. Конструктивно клейові станції схожі та мають невеликий об'єм – 0,7–0,8 л. При зниженні рівня клею в ванні автоматично надходить нова порція за командою датчика із зони попереднього розплаву або з бункера з гранулятом. Для заміни клейових ванн під EVA або PUR-клей необхідно 1–2 хвилини, а нагрів нової ванни до робочої

температури займає 10–15 хвилин. Цю проблему вирішують спеціальні столи, що підтримують змінні ванночки підігрітими, що дозволяє починати роботу одразу після їх встановлення.



Рис. 1.7. Прямолінійний кромкувальний верстат вірми ІМА [19]

На верстатах компанії Biesse при прямому кромкооблицюванні клей наноситься на панель клейовим роликком, а для PUR-клею може використовуватися система з форсунками Nordson. Регулювання кількості клею при роботі з роликком здійснюється вручну шляхом зміни ширини зазору між роликком і спеціальною пластиною, тоді як при використанні форсунок для PUR-клею регулювання відбувається автоматично. Час розігріву клейового матеріалу залежить від його кількості, типу і температури на підприємстві та складає 5–15 хвилин. При наявності запасної клейової ванни і ролика перехід з одного типу або кольору клею на інший займає близько п'яти хвилин [18].



Рис. 1.8. Прямолінійний кромкувальний верстат вірми [19]

У крайколичкувальних верстатах Holz-Neer (рис. 1.9) застосовуються спеціалізовані системи нанесення клею (рис. 1.10). Верстати комплектуються або магазином для гранульованого клею-розплаву, або картриджами. У клейовій системі 1905/1906 клей-розплав під високим тиском подається через форсунки на крайку деталі, що дозволяє зменшити витрату клею порівняно з вальцьовим нанесенням, забезпечуючи тонкий та міцний клейовий шов. Завдяки регулюванню витрати розплаву в системі нагар не утворюється. Картриджна система клеєнанесення прискорює зміну клейового матеріалу, наприклад, при переході від EVA до PUR або при зміні кольору клею. Час розігріву системи складає всього 3,5 хвилини, що забезпечує високу продуктивність верстата. У системі Glu-Jet нагрів клею-розплаву та металевого сопла займає 3 хвилини, знижуючи споживання електроенергії до 2 кВт на цьому етапі. Далі гарячий клей подається на дозуючий пристрій і через щілинне сопло наноситься на крайку меблевої плити [19].



Рис. 1.9. Крайколичкувальних верстатах Holz-Her [21]



Рис. 1.10. Клеєва станція Glu-Jet, яка встановлена на кромкувальному обладнанні Holz-Her. [22]

Крім односторонніх верстатів, на підприємствах, де серійні меблі виготовляється у великих обсягах, доцільно встановлювати двосторонні верстати, наприклад, виробництва SCM Group (рис 1.11). При виборі верстата для прямолінійного кромкування важливо враховувати кілька параметрів:

- число виконуваних на ньому операцій;
- швидкість подачі;
- тип кріплення вузлів (на станині або в підвішеному стані);
- можливість подачі рідини, що очищає перед поліруванням;
- тип механізму, що подає кромки;
- швидкість і зручність перенастроювання верстата при необхідності використання різних типів кромки [22].



Рис. 1.11. Двосторонній верстати виробництва SCM Group [22]

На верстатах Advantage моделі Euro швидкість перенастроювання вища, ніж на обладнанні стандартної серії Advantage. Орієнтовний час переходу з кромки товщиною 0,4 мм на кромку товщиною 2,0 мм і навпаки на верстатах Euro становить 1–3 хвилини, тоді як на стандартних моделях – 3–5 хвилин. При цьому швидкість перенастроювання також залежить від кваліфікації оператора [22].

При кромкуванні слід перш за все враховувати тип притиску – механічний або пневматичний – та кількість прижимних роликів, яка зазвичай коливається від двох до п'яти. На всіх популярних верстатах клей-розплав наноситься рифленим роликом вальцьовим способом. Клеєнаносний вузол включає клейову

ванну та приводний вал, по якому клей піднімається та переноситься на деталь. На верстатах Altesa витрата клею регулюється спеціальною шторкою за допомогою поворотної рукоятки, що дозволяє налаштувати мінімальну подачу і отримати майже непомітний клейовий шов [23].

У верстатах Felder (рис. 1.12) нанесення клею здійснюється безпосередньо на торець заготовки. Витрата клею регулюється спеціальним гвинтом, обертання якого за або проти годинникової стрілки змінює подачу клею. Верстати оснащені об'ємною клейовою ванною з кількома ТЕНами для нагріву, що дозволяє скоротити час розігріву до 8 хвилин і, відповідно, зменшити час очікування після включення обладнання. Тривалість заміни клею-розплаву залежить від особливостей виробничого процесу; перед застосуванням нового розплаву обов'язкове очищення та обслуговування ванни. За зміну може використовуватися кілька ванн. Безклейова технологія забезпечує вищу якість облицювання, ніж традиційне кромкування, проте вона сьогодні малопоширена через високу вартість матеріалів і обладнання [23].



Рис. 1.12. Кромколичкувальни верстат Felder [23]

Фахівці австрійської компанії ОТТ зазначають, що непомітний клейовий шов можна отримати не лише за допомогою безклеєвої технології. Якісного облицювання країв заготовок можна досягти й при традиційній системі нанесення клею, якщо вдосконалити процес підготовки і подачі матеріалу. У крайколичкувальних верстатах ОТТ використовується запатентована клейова

система CombiMelt, яка відрізняється модульною конструкцією та автоматичним дозуванням клею [23].

Сучасні крайколичкувальні верстати оснащені швидкоз'ємними накопичувачами для всіх форм клею – гранул, патронів і блоків – де відбувається їх попереднє плавлення. Клейова головка та валець також знімні, що значно спрощує обслуговування та очищення обладнання. Оператор може вибирати різні види клею та за допомогою системи управління швидко встановлювати оптимальні режими використання: температуру, дозування та швидкість обертання вальця. Крім того, коригування параметрів можливо безпосередньо з пульта залежно від температури в цеху, партії клею або властивостей облицьовуваних матеріалів. На відміну від верстатів інших марок, тут немає потреби вручну регулювати подачу клею за допомогою ключа чи викрутки – управління дозуванням здійснюється натисканням віртуальних кнопок на сенсорному екрані [23].

1.4. Вимоги до якості кромкованих деталей.

При оцінці якості меблевого виробу першочергову увагу приділяють зовнішньому вигляду. Стик кромкувального матеріалу з ЛДСП має бути практично непомітним і не відчуватися на дотик (рис. 1.13). Наявність щілин на стику неприпустима, оскільки при експлуатації виробу у вологому середовищі це може призвести до проникнення вологи всередину ЛДСП і його розбухання. Крім того, у складі сполучного матеріалу ЛДСП є вільні фенол і формальдегід, які через щілини можуть потрапляти в повітря. Особливу увагу слід приділяти якості приклеювання кромки в зимовий період, при роботі в неопалюваному цеху або при обробці плит ЛДСП, що зберігаються в неопалюваному приміщенні. Робота в таких умовах може спричинити відшарування кромки через певний час після її приклеювання [24].



Рис. 1.13. Зразки кромкування деталей [24]

Найвищу якість приклеювання кромки можна забезпечити при використанні поліуретанових клеїв, при цьому для роботи з ними на крайколичкувальних верстатах ОТГ не потрібно встановлювати додаткове обладнання або опції.

Іноді для підвищення продуктивності та якості виробництва досить модернізувати лише клеєноносний вузол. Таке завдання виконують компанії, що спеціалізуються на виготовленні клейових систем. Якісне обладнання може служити багато років за умови своєчасного обслуговування, а виробники радять регулярно проводити його профілактичні заходи.

Для інтеграції клейових систем в обладнання для кромкування необхідно правильно підібрати компоненти відповідно до специфіки виробництва. Успіх інтеграції залежить не лише від характеристик клейової системи, але й від кваліфікації фахівців, які виконують монтаж. Верстат можна відносно легко дооснастити типовими системами, при цьому монтаж і налаштування займають один-два дні. Часто при переході підприємства на інший тип клеїв виникає потреба у модернізації виробництва [24].

При нанесенні кромки використовуються клеї на основі EVA і PUR, які мають різну основу. На відміну від EVA-клеїв, PUR-клеї плавляться в герметичних баках. Раніше вважалося, що для кожного типу клею потрібне

спеціалізоване обладнання, проте з 2010 року компанія Robatech пропонує універсальні клейові системи, які дозволяють працювати як з PUR-, так і з EVA-клеями [24].

На виробництві прагнуть знизити витрати витратних матеріалів, зокрема клею. «Зменшити витрату клею можливо лише шляхом оптимізації технологічного процесу виготовлення виробів. Технолог виробництва проводить тести та розрахунки, визначає необхідну кількість клею для конкретних виробів і підбирає відповідний спосіб його нанесення. Наприклад, щілинна клейова головка замість вальцової дозволяє суттєво економити клей і підвищити якість клейового шару».

1.5. Безклейове кромкування

Незважаючи на те, що традиційне використання клею для приклеювання меблевої кромки залишається актуальним, останніми роками з'явилися технології, що дозволяють облицьовувати кромки меблевих деталей за допомогою лазера (рис. 1.14), плазми або гарячого повітря (рис. 1.15) [25].



Рис. 1.14. Зразок лазерного кромкування під мікроскопом [25]

У Німеччині, де була розроблена дана технологія, багато меблевих підприємств застосовують лазерні верстати для нанесення кромки. За словами виробників, клейовий шов при цьому виходить невидимим, міцним і герметичним, що особливо важливо для меблів ванних кімнат і кухонь. Використання двохшарової лазерної кромки дозволяє виключити з процесу нанесення клейового шару, оскільки клей уже міститься в одному зі шарів

кромки. Це не лише зменшує витрати матеріалів, а й економить енергію: потужність лазера в робочому режимі значно нижча за потужність традиційного клеєного агрегату (3 кВт замість 13 кВт) [25].

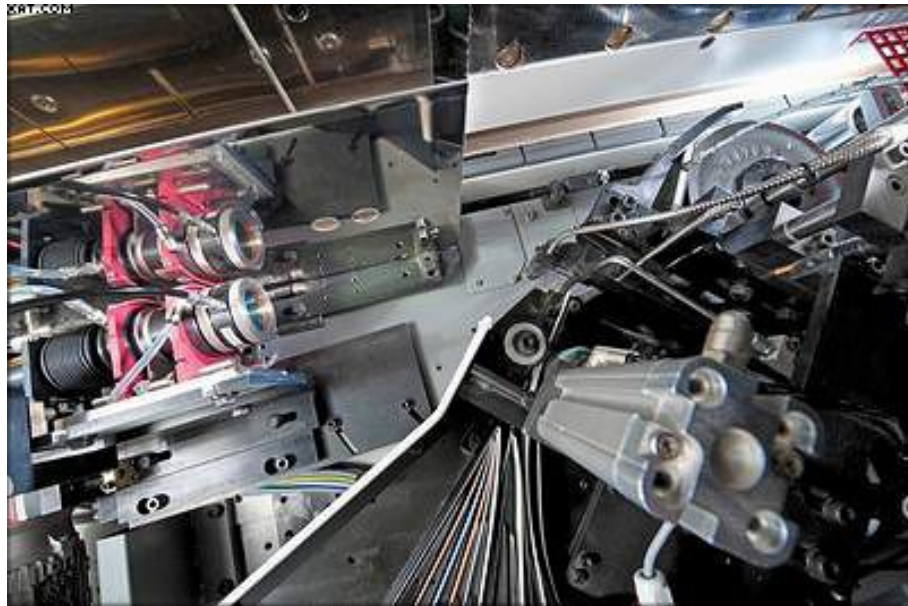


Рис 1.15. Вузол нанесення кромки за допомогою лазера на верстаті IMA
Novimat

Склеювання кромки на верстатах компанії IMA здійснюється за допомогою лазерної системи з лінзами, які проєктують лазерний промінь безпосередньо в зону приклеювання кромкувального матеріалу до заготовки (рис. 1.16). Ця технологія дозволяє обробляти панелі товщиною понад 50 мм на високій швидкості подачі – понад 30 м/хв – із гарантованою якістю. Потужність лазера підбирається залежно від висоти кромки та швидкості подачі і зазвичай становить від 3 до 12 кВт [26].

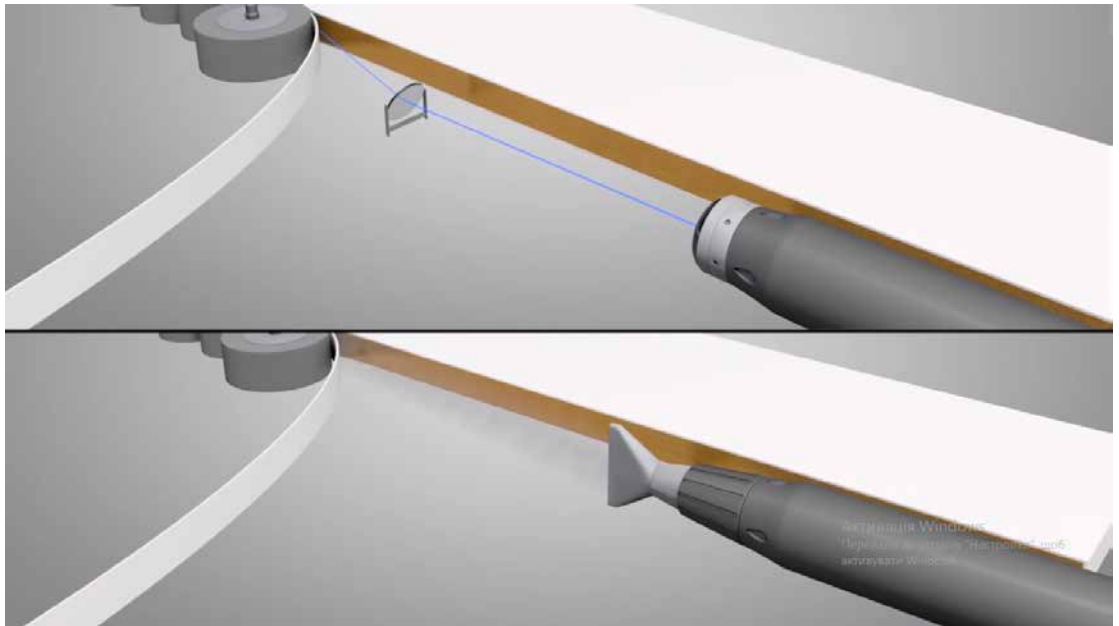


Рис. 1.16. Кромкування деталей безклеєвим способом [26]

Для кромкування застосовується матеріал з праймером, а сама технологія включає чотири етапи. На першому етапі внутрішня сторона кромки активується праймером за допомогою лазерної установки. Далі його кінетична енергія перетворюється в теплову, функціональний шар кромки плавиться і приварюється до торця деталі. В результаті утворюється щільне зчеплення кромки з плитою, що забезпечує монолітний зовнішній вигляд меблевих деталей і надійний захист матеріалу від вологи. Ключовим фактором успішного процесу є стабільна робота всіх агрегатів, від фуговального до плоскошліфувальних. Оскільки при лазерній технології відсутній клейовий шов, який компенсує неточності, компанія IMA приділяє особливу увагу конструкції та вазі обладнання. Для досягнення ідеального результату при виробництві меблевих фасадів технології Laser Edging недостатньо: кромка потребує додаткової обробки здвоєною профільною циклею та полірування, особливо для панелей High Gloss, де неприпустима різниця кольору між пластиною і кромкою (рис. 1.17) [27].



Рис. 1.17. Зразок High Gloss панелей [27]

Технологію Laser Edging зазвичай застосовують для топової продукції, зокрема кухонь та меблів для ванних кімнат. У сучасних умовах, коли зростає потреба в гнучкому виробництві та скорочується партійність виробів, ця технологія набуває все більшої популярності. Не кожне меблеве підприємство має власний малярний цех, підготовлений персонал і склад лакофарбових матеріалів, що робить особливо затребуваною технологію «нульового шва», яка не потребує додаткових площ для організації процесу, місця для зберігання витратних матеріалів та витримки готової продукції. Компанія ІМА першою представила лазерну технологію на ринках країн СНД [26].

На лазерних верстатах для приклеювання кромки скорочується час підготовки обладнання до роботи, оскільки не потрібно розігрівати клей, а також зменшується час на технічне обслуговування, зокрема очищення чи заміну клейового бачка. Крім того, економиться час на підбір витратних матеріалів, таких як клей і кромка [26].

Компанія Biesse розробила два вузли для технології безклеєвого кромкування: Air Force System STEP 1 і Air Force System STEP 2 (AFS). AFS STEP 2 дозволяє здійснювати кромкування на швидкості до 25 м/хв і встановлюється на верстати моделей Stream A і Stream B. Спрощена версія AFS STEP 1 працює на швидкості до 18 м/хв та може використовуватися на верстатах класу Akron. Таким чином, безшовне кромкування стає доступним для підприємств різного рівня з незмінно високою якістю кінцевої продукції. У порівнянні з іншими безклеєвими методами, AFS забезпечує найнижчі поточні витрати при високій якості облицьованих крайок і особливо підвищеній вологостійкості з'єднання. Вузол AFS використовує гаряче повітря для розплавлення функціонального шару кромкооблицьовального матеріалу. До появи цієї системи підприємства, що прагнули до відсутності клейового шва, змушені були значно витратитися на лазерні установки, що не завжди було економічно виправдано. Використання гарячого повітря робить технологію простішою в експлуатації та обслуговуванні, а також безпечнішою, що дозволяє знизити витрати підприємства [26].

Якість і вологостійкість з'єднання забезпечуються завдяки рівномірному приляганню кромки до панелі та використанню вологостійких матеріалів. Процес кромкування відбувається так: на кромку попередньо нанесено функціональний вологостійкий шар, який плавиться під дією системи AFS. Потім розплавлений шар під впливом притискної системи проникає в структуру деревної плити, забезпечуючи надійне кріплення кромки до деталі. На верстатах із системою AFS немає потреби контролювати параметри приклеювання вручну — всі операції здійснюються автоматично за допомогою ЧПУ. Включення та вимикання вузлів, а також налаштування обробних кромкувальних елементів виконуються відповідно до обраної програми. Завдяки відсутності необхідності регулювати кількість клею (функціональний шар вже нанесений на кромку), оператор може працювати без додаткового втручання, на відміну від стандартних клейових систем [26].

Концерн Homag обладнав технологією laserTec не лише прохідні верстати, а й обробні центри, наприклад ОЦ BMG 512. Верстат Homag KFL 350 за допомогою пристрою зчитування штрих-коду меблевої деталі автоматично визначає спосіб приклеювання кромки – лазерна технологія laserTec або використання клею-розплаву. Верстат Ambition 2482 було продемонстровано на виставці Holz-Handwerk 2016, де також можна було приклеювати кромку за допомогою агрегату airTec. На виставці Ligna 2017 у Ганновері компанія представила оновлений парк верстатів різної продуктивності для досягнення нульового шва, зокрема Ambition 1650 airTec та Ambition 1230 airTec з універсальною системою нанесення клею [26].

Компанія також удосконалила систему laserTec для застосування як у серійному, так і в індивідуальному меблевому виробництві. Система включає лазерну головку з діодами подвоєної потужності, блок управління та систему охолодження. Завдяки непрямому охолодженню діодів термін їх служби збільшено. Оптимізована система лінз забезпечує рівномірну передачу енергії та виключає ризик підгоряння кромки. Крім того, зменшено розмір блоку управління лазером, що зробило систему більш компактною.

У верстатах серії Holz-Her Lumina поєднано дві системи для отримання водонепроникного шва: клеєнаносна система Glu Jet для роботи з ПУР-клеєм та лазерна система LTronic для приклеювання кромки. При використанні Glu Jet регулюється витрата клею, який подається під тиском на торець заготовки через форсунку. Перехід на інший колір або тип клею займає 3–4 хвилини. Ця система дозволяє облицьовувати крайки панелей для кухонь та ванних кімнат завтовшки до 60 мм. Модуль LTronic забезпечує облицьовання кромки панелей товщиною до 45 мм; довжина хвилі лазера оптимально розподіляє енергію вздовж усієї кромки. Серія Lumina включає кілька моделей верстатів, які відрізняються набором агрегатів та технічними характеристиками [26].

У 2015 році компанія IMA представила на виставці Ligna агрегат Imalux для безшовного облицьовання кромки на невеликих виробництвах із застосуванням LED-технології. Цей агрегат приблизно вдвічі дешевший за

стандартні лазерні системи і стабільно працює на швидкості подачі 20 м/хв. при висоті панелі від 8 до 45 мм. Потужність стандартних лазерних агрегатів варіюється від 3 до 12 кВт і визначає як швидкість подачі, так і максимальну товщину оброблюваних заготовок. Наприклад, при потужності 12 кВт швидкість подачі панелей товщиною до 60 мм може досягати 50 м/хв. Компанія IMA першою у 2013 році представила LDF-лазер потужністю 3 кВт. Лазерний агрегат IMA Novimat може працювати автономно або входити до складу автоматизованої лінії обробки кромки «Серія-1». У конструкції обробного центру VIMA Sx40E також передбачено комбінований лазерний агрегат, що дозволяє легко перейти з традиційного кромкування на лазерне [26].

Система Airtronic компанії Hebrock складається з блоку нагріву повітря та теплового патрубку зі сопловою частиною. Через два ряди сопел подається гаряче повітря, а керамічний канал забезпечує підвищену температуру в замкненій порожнині, що дозволяє ефективно розігрівати функціональний шар кромки. Під час налаштування висоти крайки відбувається автоматичне підстроювання робочих сопел, при цьому непотрібні сопла перекиваються. Система контролює та керує положенням клейового бачка (пневмоциліндр виводить його з робочої зони), температурою нагрітого повітря (300–500 °С, датчик перед соплом), обсягом повітря (280–530 л/хв) та швидкістю подачі (7–10 м/хв). Airtronic встановлюється на стандартні верстати серії 3000 Hebrock, які дозволяють приклеювати як лазерну, так і стандартну кромку з використанням термопластичних або PUR-клеїв-розплавів [28].

Пристрій Airtronic для обробки крайок меблевих деталей є компактним і легко інтегрується у верстат. Важливо зазначити, що модернізація на існуючих виробництвах неможлива – вузол встановлюється безпосередньо на заводі-виробнику в Німеччині. Продуктивність верстата може досягати 10 м/хв, проте при невисокій швидкості подачі досягається економія енергії, аналогічна роботі верстата з традиційним клейовим бачком [28].

Окрім виробників кухонних меблів, технологією лазерного кромкування зацікавилися також компанії, що виготовляють меблі для ванних кімнат,

санітарних установ, побутові та офісні меблі. Особливо актуально це для офісних меблів, де переважають однотонні світлі відтінки, на тлі яких клейовий шов стає дуже помітним. Виробники, що віддають перевагу безшовному кромкуванню, повинні пам'ятати: навіть при використанні традиційних матеріалів і обладнання, за умови дотримання всіх технологічних рекомендацій, можна досягти високих експлуатаційних характеристик продукції [28].

1.6. Причини виникнення дефектів склеювання

Окрім дотримання рекомендованих температурних режимів при облицюванні кромки, велике значення має правильна підготовка склеюваних поверхонь. Торці меблевих деталей бажано фрезерувати, а не шліфувати. Під час шліфування утворюється пилю, який не завжди повністю видаляється з поверхні торця, що знижує якість склеювання: пилю забиває пори деревини і перешкоджає проникненню клею. Також слід уникати попадання пилю на внутрішню сторону кромки [29].

Якщо кромка та поверхня меблевої заготовки не є строго перпендикулярними, притиск облицювального матеріалу до торця відбувається нерівномірно. Аналогічна проблема виникає у разі неправильного встановлення притискних роликів – коли вони не розташовані вертикально щодо поверхні [30].

Необхідна міцність склеювання забезпечується дотриманням температурного режиму, рекомендованого виробником клею-розплаву. Якщо робоча температура нижча за заявлену, клей швидко охолоджується і втрачає свої властивості ще до моменту притискання кромки до торця меблевої деталі. Саме тому на клеєносному пристрої встановлюють датчик температури. Недостатня витрата клею може призвести до неповного склеювання [31].

Швидкість подачі заготовки у верстат впливає на довговічність виробу. Недотримання рекомендованої швидкості для конкретного типу клею може призвести до відшарування кромки: при занадто високій швидкості клей не встигає схопитися під час притиску кромки, а при надто низькій – передчасно охолоджується [31].

РОЗДІЛ 2 ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МАТЕРІАЛУ

2.1. Прийняття проектних рішень

З описаних в попередньому розділі плитних матеріалів для порівняння і вибору пріоритету було обрано 4 характеристики по кожній з 4-х плит, що наведено у табл.2.1.

Таблиця 2.1

Основні характеристики обраних матеріалів

Назва матеріалу	Вміст формальдегіду у мг/100г	Щільність, кг/м ³	Розбухання, %	Ціна грн/м ²
ДСП Egger E0 (F****) W 1000 ST9	4	710	13	911
ДСП лам. Kronospan	8	670	15	594
ДСП лам. SwissKrono 8685 SW	10	600	23	407
MDF-плита Egger односторонній W980 SM	8	800	14	897

Під час оцінки та якісного порівняння 4-х елементів будують квадратні матриці бінарних відношень 4x4, співвідношення об'єктів виражаються математичними знаками: більше «>», дорівнює «=», менше «<».

Відповідно кількість матриць – 4. Далі порівнюємо показники за їх пріоритетністю (вагомістю) в оцінці характеристик, Для співставлення будують матрицю m x n.

Щоб оцінити кожен показник у числовому значенні, обраховано різницю між найкращим об'єктом і найгіршим за формулою [32]:

$$K_{ij} = \frac{X_{ijmax}}{X_{ijmin}}, \quad (2.1)$$

де: X_{ijmax} – максимальна оцінка і-того об'єкта по j-му показнику;

X_{ijmin} – мінімальна оцінка і-того об'єкта по j-му показнику.

Після знаходження коефіцієнта K_{ij} визначають коефіцієнт ω_{ij} за формулою [5], а потім члени α_{ij} матриць суміжності A_j , що замінюють матриці бінарних відношень, розраховують за формулами [32]:

$$\omega_{ij} = \left(\frac{K-1}{K+1} + \sqrt{\frac{0,05}{n}} \right), \quad (2.2)$$

$$\alpha_{ij} = \begin{cases} 1 + \omega & \text{при } X_{ij} > X_{ej} \\ 1 & \text{при } X_{ij} = X_{ej} \\ 1 - \omega & \text{при } X_{ij} < X_{ej} \end{cases}, \quad (2.3)$$

$$A_i = \begin{pmatrix} \alpha_{i1}, \alpha_{i2}, \dots, \alpha_{i1}, \dots, \alpha_{in}, \\ \alpha_{21}, \alpha_{22}, \dots, \alpha_{2i}, \dots, \alpha_{2n} \\ \dots \dots \dots \\ \alpha_{i1}, \alpha_{i2}, \dots, \alpha_{ii}, \dots, \alpha_{in} \\ \dots \dots \dots \\ \alpha_{n1}, \alpha_{n2}, \dots, \alpha_{in}, \dots, \alpha_{nn} \end{pmatrix}, \quad (2.4)$$

Значеннями α_{ij} замінюють на математичні символи «>», «=», «<» (табл. 2.2-2.5).

Далі за таким же методом складають матриці бінарних відношень для порівняння інших плитних матеріалів за обраними характеристиками. Також в таблицях наведено значення коефіцієнтів K і ω .

Таблиця 2.2

Матриця порівняння плитних матеріалів за вмістом формальдегіду

		X1	X2	X3	X4	K	W
		4	8	10	8		
X1	4	=	<	<	<	2,50	0,5
X2	8	>	=	<	=		
X3	10	>	>	=	>		
X4	8	>	=	<	=		

Значення вмісту формальдегіду є важливим показником, оскільки це впливає на екологічність і здоров'я оточуючих. Чим менше значення, тим краще

За допомогою числової оцінки експертів по кожній характеристиці, розраховують кількісні оцінки. Значення K_j визначають за вище вказаною формулою (2.1), знаходять різницю значень між кращим і гіршим показником. Дізнавшись коефіцієнт K_j , розраховують коефіцієнт ω_j , за формулою (2.2):

Таким методом розраховують значення коефіцієнтів K_j та ω_j , використовуючи інформацію з табл.2.3 – 2.5, з використанням формул (2.1) і (2.2).

Таблиця 2.3

Матриця порівняння плитних матеріалів за щільністю

		X1	X2	X3	X4	К	W
		710	670	600	800		
X1	710	=	>	>	<	1,33	0,2
X2	670	<	=	>	<		
X3	600	<	<	=	<		
X4	800	>	>	>	=		

Чим щільніша плита, тим вона міцніша. Тому перевагу надають більш щільнішому плитному матеріалу.

Таблиця 2.4

Матриця порівняння плитних матеріалів за розбуханням

		X1	X2	X3	X4	К	W
		13	15	23	14		
X1	13	=	<	<	<	1,77	0,38
X2	15	>	=	<	>		
X3	23	>	>	=	>		
X4	14	>	<	<	=		

Цей показник показує, наскільки плита може збільшити свою масу та об'єм при впливі вологи. Чим менший показник, тим краще.

Таблиця 2.5

Матриця порівняння плитних матеріалів за ціною

		X1	X2	X3	X4	К	W
		911	594	407	897		
X1	911	=	>	>	>	2,24	0,48
X2	594	<	=	>	<		
X3	407	<	<	=	<		
X4	897	<	>	>	=		

Чим менша ціна на плитний матеріал, тим більше він є привабливим.

Для визначення пріоритету по кожному плитному матеріалу за кожною характеристикою P_{ij} і пріоритету показника P_j , використовується поняття потужності критерію L -го порядку $P(L)$, яке розраховується по рядках за формулами [32]:

Перша ітерація:

$$P_i(1) = \sum_{i=1}^n a_{ij}, \quad (2.5)$$

$$P_j(1) = \sum_{j=1}^n a_j, \quad (2.6)$$

$$P_{ij}(1) = \frac{P_{ij}(L)}{\sum_{j=1}^n P_{ij}(L)}, \quad (2.7)$$

Друга ітерація:

$$P_j(2) = \sum_{j=1}^n a_j, \quad (2.8)$$

$$P_{ij}(2) = \frac{P_{ij}(L)}{\sum_{j=1}^n P_{ij}(L)}, \quad (2.9)$$

Третя ітерація:

$$P_j(3) = \sum_{j=1}^n a_j, \quad (2.10)$$

$$P_{ij}(3) = \frac{P_{ij}(L)}{\sum_{j=1}^n P_{ij}(L)}, \quad (2.11)$$

Результати розрахунків занесено в табл. 2.6.

За цим методом розраховано і заповнено табл. 2.7 - 2.9.

Матриця суміжності для порівняння плитних матеріалів за вмістом формальдегіду

		X1	X2	X3	X4	K	W	P _{i1}	P _{i1} *	P _{i2}	P _{i2} *	P _{i3}	P _{i3} *
		4	8	10	8								
X1	4	1,00	0,50	0,50	0,50	2,50	0,5	2,50	0,16	9,25	0,16	34,38	0,16
X2	8	1,50	1,00	0,50	1,00			4,00	0,25	14,50	0,24	53,50	0,24
X3	10	1,50	1,50	1,00	1,50			5,50	0,34	21,25	0,36	78,63	0,36
X4	8	1,50	1,00	0,50	1,00			4,00	0,25	14,50	0,24	53,50	0,24
Σ								16,00	1,00	59,50	1,00	220,00	1,00

Таблиця 2.7

Матриця суміжності для порівняння плитних матеріалів за щільністю

		X1	X2	X3	X4	K	W	P _{i1}	P _{i1} *	P _{i2}	P _{i2} *	P _{i3}	P _{i3} *
		710	670	600	800								
X1	710	1,00	1,20	1,20	0,80	1,33	0,2	4,20	0,26	16,52	0,26	65,22	0,26
X2	670	0,80	1,00	1,20	0,80			3,80	0,24	14,92	0,24	58,94	0,24
X3	600	0,80	0,80	1,00	0,80			3,40	0,21	13,48	0,21	53,26	0,21
X4	800	1,20	1,20	1,20	1,00			4,60	0,29	18,28	0,29	72,18	0,29
Σ								16,00	1,00	63,20	1,00	249,60	1,00

Таблиця 2.8

Матриця суміжності для порівняння плитних матеріалів за розбуханням

		X1	X2	X3	X4	K	W	P _{i1}	P _{i1} *	P _{i2}	P _{i2} *	P _{i3}	P _{i3} *
		13	15	23	14								
X1	13	1,00	0,62	0,62	0,62	1,77	0,38	2,86	0,18	11,01	0,18	42,07	0,18
X2	15	1,38	1,00	0,62	1,38			4,38	0,27	16,51	0,27	62,76	0,27
X3	23	1,38	1,38	1,00	1,38			5,14	0,32	20,13	0,33	76,69	0,33
X4	14	1,38	0,62	0,62	1,00			3,62	0,23	13,47	0,22	51,37	0,22
Σ								16,00	1,00	61,11	1,00	232,90	1,00

Таблиця 2.9

Матриця суміжності для порівняння плитних матеріалів за ціною

		X1	X2	X3	X4	K	W	P _{i1}	P _{i1} *	P _{i2}	P _{i2} *	P _{i3}	P _{i3} *
		911	594	407	897								
X1	911	1,00	1,48	1,48	1,48	2,24	0,48	5,44	0,34	21,07	0,35	77,79	0,35
X2	594	0,52	1,00	1,48	0,52			3,52	0,22	12,47	0,21	46,03	0,21
X3	407	0,52	0,52	1,00	0,52			2,56	0,16	9,55	0,16	35,47	0,16
X4	897	0,52	1,48	1,48	1,00			4,48	0,28	16,31	0,27	59,85	0,27
Σ								16,00	1,00	59,39	1,00	219,14	1,00

Таблиця 2.10

Результати експертної оцінки пріоритетів показників

Кількість експертів	Вміст формальдегіду у мг/100г			Щільність, кг/м ³			Розбухання, %			Ціна грн/м ²		
	X_i	$X_{\text{сер}} - X_i$	$(X_{\text{сер}} - X_i)^2$	X_i	$X_{\text{сер}} - X_i$	$(X_{\text{сер}} - X_i)^2$	X_i	$X_{\text{сер}} - X_i$	$(X_{\text{сер}} - X_i)^2$	X_i	$X_{\text{сер}} - X_i$	$(X_{\text{сер}} - X_i)^2$
1	1	0,14	0,02	4	-1,86	3,45	1	0,71	0,51	3	0,00	0,00
2	1	0,14	0,02	2	0,14	0,02	2	-0,29	0,08	3	0,00	0,00
3	1	0,14	0,02	3	-0,86	0,73	1	0,71	0,51	3	0,00	0,00
4	1	0,14	0,02	1	1,14	1,31	1	0,71	0,51	2	1,00	1,00
5	1	0,14	0,02	1	1,14	1,31	1	0,71	0,51	3	0,00	0,00
6	1	0,14	0,02	1	1,14	1,31	1	0,71	0,51	2	1,00	1,00
7	2	-0,86	0,73	3	-0,86	0,73	5	-3,29	10,80	5	-2,00	4,00
Середнє значення балу	1,14			2,14			1,71			3,00		
Середнє квадратичне відхилення	0,37			1,15			1,45			0,91		
Коефіцієнт варіації / 100%	0,32			0,54			0,85			0,30		
	$K_{\text{експ.1}}$	0,68		$K_{\text{експ.2}}$	0,46		$K_{\text{експ.3}}$	0,15		$K_{\text{експ.4}}$	0,70	
Загальний коефіцієнт погодження експертів	0,50											

За формулами (2.1-2.2) розраховують середнє значення x_{ij} та середнє квадратичне відхилення S_{ij} по кожному ряду відповідей (табл. 2.10) [32]:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{m}, \quad (2.12)$$

$$S_{ij} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_{ij})^2}{m-1}}, \quad (2.13)$$

де: x_{ij} – оцінка j -го експерта по i -му питанню;

m – кількість експертів.

Розраховують коефіцієнт варіації V_{ij} за формулою [32]:

$$V_{ij} = \frac{S_{ij}}{\bar{x}_{ij}} \cdot 100\%, \quad (2.14)$$

Загальний коефіцієнт погодження експертів визначають за формулами [5]:

$$K_E = \frac{\sum_{i=1}^n K_{Eij}}{\sum_{i=1}^n m_{ij}}, \quad (2.15)$$

$$K_{Eij} = 1 - \frac{S_{ij}}{\bar{x}_{ij}}, \quad (2.16)$$

де: n – кількість характеристик в анкеті;

m_{ij} – кількість оцінок по кожній характеристиці в кожному з вирівняних рядів.

Якщо $0,5 \leq K_E \leq 1$, то думка експертів погоджена.

Складено квадратну матрицю бінарних відношень (табл. 2.11).

Таблица 2.11

Матриця бінарних відношень

		Y1	Y2	Y3	Y4	K	W
		1,14	2,14	1,71	3,00		
Y1	1,14	=	<	<	<	2,63	0,55
Y2	2,14	>	=	>	<		
Y3	1,71	>	<	=	<		
Y4	3,00	>	>	>	=		

Співвідношення об'єктів виражають математичними символами «>», «=», «<».

Визначають у скільки разів найкращий об'єкт відрізняється від найгіршого за формулою (2.1). Потім знаходять коефіцієнт ω_j , за формулою (2.2).

Суміжні члени матриць визначають за формулами (2.3-2.4).

Замінюють математичні символи «>», «=», «<» значеннями α_{ij} . Складено матрицю суміжності для порівняння показників (табл. 2.12).

Таблиця 2.12

Матриця суміжності для порівняння показників, що характеризують плитні матеріали

		Y1	Y2	Y3	Y4	K	W	P _{i1}	P _{i1} *	P _{i2}	P _{i2} *
		1,14	2,14	1,71	3,00						
Y1	1,14	1,00	0,45	0,45	0,45	2,63	0,55	2,35	0,15	8,49	0,15
Y2	2,14	1,55	1,00	1,55	0,45			4,55	0,28	16,08	0,28
Y3	1,71	1,55	0,45	1,00	0,45			3,45	0,22	11,68	0,20
Y4	3,00	1,55	1,55	1,55	1,00			5,65	0,35	21,69	0,37
Σ								16,00	1,00	57,95	1,00

Розрахунок проведено як до попередніх подібних таблиць за формулами (2.5 - 2.11).

На основі отриманих результатів побудовано підсумкову матрицю для обчислення комплексного пріоритету (табл. 2.13).

Таблиця 2.13

Підсумкова матриця

Матеріал	Пріоритет плитного матеріалу по одиничних показниках				Пріоритет показника		Комплексний пріоритет матеріалу
	1	2	3	4	номер	значення	
ДСП Egger E0 (F****) W 1000 ST9	0,16	0,26	0,18	0,35	1	0,15	0,26
ДСП лам. Kronospan	0,24	0,24	0,27	0,21	4	0,28	0,23
ДСП лам. SwissKrono 8685 SW	0,36	0,21	0,33	0,16	3	0,20	0,24
MDF-плита Egger односторонній W980 SM	0,24	0,29	0,22	0,27	2	0,37	0,26

Згідно з розрахунків високий пріоритет мають плити ДСП Egger E0 (F****) W 1000 ST9 та MDF-плита Egger односторонній W980 SM – 0,26 в обох випадках. Але, експерти надавали більший пріоритет 1-му плитному матеріалу, тому саме плитний матеріал ДСП Egger E0 (F****) W 1000 ST9 рекомендовано для використання в поставлених цілях.

2.2. Рішення багатокритеріальної задач методом аналізу ієрархій

Мета: вибір кращого плитного матеріалу.

Кількість альтернатив – 4.

Кількість критеріїв – 4.

Позначено альтернативи та критерії скороченими назвами:

№	Критерії	№	Альтернативи
Кр1	Вміст формальдегіду	A1	ДСП Egger E0 (F****) W 1000 ST9
Кр2	Щільність	A2	ДСП лам. Kronospan
Кр3	Розбухання	A3	ДСП лам. SwissKrono 8685 SW
Кр4	Ціна	A4	MDF-плита Egger односторонній W980 SM

Для вибору найкращого плитного матеріалу створюється та заповнюється матриця парних порівнянь (МПП) (табл. 2.14) за критеріями, що відповідають меті. Розраховують значення середнього геометричного значення елементів матриці за формулою [32]:

$$G_i(a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{is}) = (a_{i1} \cdot a_{i2} \cdot \dots \cdot a_{is})^{\frac{1}{s}}, \quad (2.17)$$

де: i – номер рядка матриці;

s – кількість елементів в s -му рядку матриці;

$$a_{i1} = w_1/w_1; a_{i2} = w_2/w_2; \dots; a_{is} = w_s/w_s,$$

Розраховують значення ЛПр для першого рядка за формулою [32]:

$$ЛПр_1 = \frac{[(w_1/w_1) \cdot (w_2/w_2) \cdot \dots \cdot (w_n/w_n)]^{\frac{1}{s}}}{(G_1 + G_2 + \dots + G_n)}, \quad (2.18)$$

Для інших рядків ЛПр розрахунок аналогічний.

Перевіряємо наскільки чіткі та консистентні значення в матрицях парних порівнянь. Для цього використовується індекс узгодженості (CI) і відношення узгодженості (CR), що розраховуються за формулами [32]:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}, \quad (2.19)$$

$$CR = \frac{CI}{P_n}, \quad (2.20)$$

де: n – розмір матриці;

P_n – індекс узгодженості для позитивної зворотної симетричної матриці випадкових оцінок $n \times n$;

λ_{max} – максимальне власне число матриці парних порівнянь або L_{am} обчислюють наступним чином:

1. Підсумовують значення 1-го рядка матриці;
2. Множать отриману суму на значення вектору локальних пріоритетів (ЛПр) 1-го рядка матриці;
3. Теж саме повторюють і для інших рядків матриці. При цьому суму кожного рядка матриці множать на відповідне значення вектору локальних пріоритетів (суму 2-го рядка множать на значення вектору локальних пріоритетів ЛПр 2-го рядка; суму 3-го рядка на ЛПр 3-го рядка і так далі);
4. Підсумовують отримані результати. Це і буде максимально власне число МПП - λ_{max} , його також позначають як L_{am} [32].

Результати розрахунків занесено в табл. 2.14.

За допомогою цього методу розраховано і заповнено табл. 2.15 – 2.19.

Таблиця 2.14

Матриця МПП критеріїв відносно мети

	Назва	Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	G	ЛПр1
Кр1	Вміст формальдегіду	1	1,29	1,80	1,13	1,270	0,310
Кр2	щільність	0,78	1	1,40	0,88	0,988	0,241
Кр3	Розбухання	0,56	0,71	1	0,63	0,706	0,172
Кр4	Ціна	0,89	1,14	1,60	1	1,129	0,276
Сума						4,093	1,00

Показники: N=4; Lam=4,372; CI=0,124; CR=0,138

Найбільше значення ЛПр=0,310

Таблиця 2.15

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію вміст формальдегіду

	Назва	Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	G	ЛПр2
Кр1	ДСП Egger E0 (F*****) W 1000 ST9	1	1,29	1,80	1,50	1,365	0,333
Кр2	ДСП лам. Kronospan	0,78	1	1,40	1,17	1,062	0,259
Кр3	ДСП лам. SwissKrono 8685 SW	0,56	0,71	1	0,83	0,758	0,185
Кр4	MDF-плита Egger односторонній W980 SM	0,67	0,86	1,20	1	0,910	0,222
Сума						4,095	1,00

Показники: N=4; Lam=4,390; CI=0,130; CR=0,145

Найбільше значення ЛПр=0,333

Таблиця 2.16

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію щільність

	Назва	Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	G	ЛПр2
Кр1	ДСП Egger E0 (F*****) W 1000 ST9	1	1,17	1,40	0,78	1,062	0,259
Кр2	ДСП лам. Kronospan	0,86	1	1,20	0,67	0,910	0,222
Кр3	ДСП лам. SwissKrono 8685 SW	0,71	0,83	1	0,56	0,758	0,185
Кр4	MDF-плита Egger односторонній W980 SM	1,29	1,50	1,80	1	1,365	0,333
Сума						4,095	1,00

Показники: N=4; Lam=4,390; CI=0,130; CR=0,145

Найбільше значення ЛПр=0,333

Таблиця 2.17

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію розбухання

	Назва	Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	G	ЛПр2
Кр1	ДСП Egger E0 (F*****) W 1000 ST9	1	1,29	1,80	1,13	1,270	0,310
Кр2	ДСП лам. Kronospan	0,78	1	1,40	0,88	0,988	0,241
Кр3	ДСП лам. SwissKrono 8685 SW	0,56	0,71	1	0,63	0,706	0,172
Кр4	MDF-плита Egger односторонній W980 SM	0,89	1,14	1,60	1	1,129	0,276
Сума						4,093	1,00

Показники: N=4; Lam=4,372; CI=0,134; CR=0,138

Найбільше значення ЛПр=0,310

Таблиця 2.18

Матриця МПП альтернатив по відношенню до критерію ціна

	Назва	Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	G	ЛПр2
Кр1	ДСП Egger E0 (F****) W 1000 ST9	1	0,63	0,56	0,83	0,733	0,179
Кр2	ДСП лам. Kronospan	1,60	1	0,89	1,33	1,173	0,286
Кр3	ДСП лам. SwissKrono 8685 SW	1,80	1,13	1	1,50	1,320	0,321
Кр4	MDF-плита Egger односторонній W980 SM	1,20	0,75	0,67	1	0,880	0,214
Сума						4,107	1,00

Показники: N=4; Lam=4,435; CI=0,145; CR=0,161

Найбільше значення ЛПр=0,321

Будують матрицю пріоритетів критеріїв відносно мети та альтернатив відносно кожного з критеріїв [5] (табл. 3.6).

Таблиця 2.19

Матриця пріоритетів критеріїв відносно мети та альтернатив відносно кожного з критеріїв

	Назва	ПрКр	A1	A2	A3	A4
			ДСП Egger E0 (F****) W 1000 ST9	ДСП лам. Kronospan	ДСП лам. SwissKrono 8685 SW	MDF-плита Egger односторонній W980 SM
Кр1	Вміст формальдегіду	0,310	0,333	0,259	0,185	0,222
Кр2	щільність	0,241	0,259	0,222	0,185	0,333
Кр3	Розбухання	0,172	0,310	0,241	0,172	0,276
Кр4	Ціна	0,276	0,179	0,286	0,321	0,214

Розраховують значення глобального пріоритету ГлПр. Значення ГлПр для рядка A1 визначають шляхом додавання добутоків значень стовпця «ПрКр» (табл. 2.20) на значення у стовпці «A1» [32].

Для інших рядків ГлПр розраховується так само. Отримані дані занесено у табл. 2.20.

Таблиця 2.20

Глобальні пріоритети альтернатив

	Назва	ГлПр
1	ДСП Egger E0 (F****) W 1000 ST9	0,269
2	ДСП лам. Kronospan	0,255
3	ДСП лам. SwissKrono 8685 SW	0,221
4	MDF-плита Egger односторонній W980 SM	0,256

З розрахунків можна зробити висновок, що Альтернатива А1 (ДСП Egger E0 (F****) W 1000 ST9) має найбільше значення глобального пріоритету – 0,269 і є найкращою плитним матеріалом для поставленої мети.

РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВИТРИВАЛОСТІ ПЛИТНИХ МАТЕРІАЛІВ ТЕРМО І ГІДРО НАВАНТАЖЕННЯМ

3.1. Методика проведення дослідження

Для розробки рекомендацій щодо застосування технологій нанесення кромки на ЛДСП, з урахуванням сфери використання, декоративних властивостей, вартості та довговічності виробу, було проведено серію експериментів. Під час досліджень зразки піддавалися термічним та гідравлічним навантаженням для оцінки стійкості кромки та якості склеювання.

Для експерименту були виготовлені зразки ДСП розміром 100×250 мм, на які було нанесено ПВХ-кромку трьома способами: за допомогою EVA-клею, PUR-клею та методом лазерного кромкування (рис. 3.1–3.3).



Рис. 3.1. Зразок кромкування ПУР клеєм

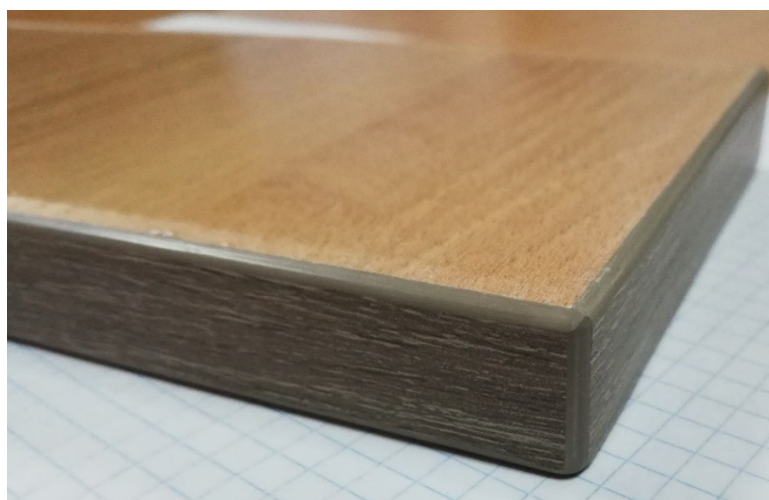


Рис. 3.2. Зразок кромкування ДСП EVA клеєм



Рис. 3.3. Зразок лазерного кромкування ДСП

Отримані зразки були поміщені у випробувальне середовище, де на них впливали температура та вологість, що призводило до змін їхніх якісних характеристик.

Першу партію з трьох зразків занурюють у резервуар, заповнений водою кімнатної температури (18–22 °С), і витримують протягом двох годин. Після закінчення цього часу зразки витягують із резервуару та вимірюють зусилля, необхідні для зняття кромки з кожного зразка. Зміни у зразках та результати випробувань заносять у таблицю 3.1.

Наступним етапом перевіряють стійкість клею до високих температур. Зразки розміщують у середовищі з температурою 100 °С і витримують протягом двох годин. Зміни у зразках та результати випробувань заносять у таблицю 3.2.

В останньому випробуванні зразки розміщували у середовищі з підвищеною температурою до 100 °С та змінною вологістю, що імітує умови ванної кімнати. Зміни у зразках та результати випробувань заносять у таблицю 3.3.

3.2. Результати дослідження.

У процесі першого випробування зразки занурювалися у резервуар з водою кімнатної температури, і спостерігалися зміни, що відбувалися зі зразками.

На зразку з EVA-клеєм уже через годину почали проявлятися дефекти, пов'язані з розбуханням ДСП у місцях недостатньої кількості клею (рис. 3.4). Такі ділянки виникають через нерівномірне нанесення клею на крайковий матеріал, що може бути наслідком недотримання рекомендованих температурних режимів або неправильно налагоджених форсунок, у яких залишки клею перешкоджають рівномірному розподілу клею. Для запобігання цих дефектів необхідно своєчасно проводити огляд та обслуговування технічних вузлів обладнання.

Наступним помітним дефектом стало розбухання плитного матеріалу по всьому периметру деталі. Це пов'язано з попереднім дефектом: через відкриті ділянки волога проникла в інші частини плити (рис. 3.4).

На деталях з ПУР-клеєм та при лазерному кромкуванні аналогічні дефекти були присутні, але менш виражені. Здуття з'явилися переважно в місцях сколів ламінату плити (рис. 3.4).



Рис. 3.4. Розбухання зразка ДСП з EVA поклейкою через годину після початку експерименту

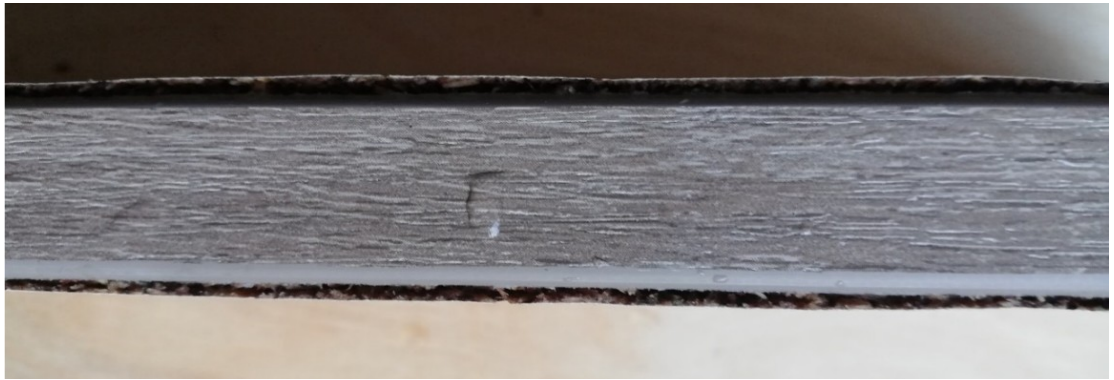


Рис. 3.5. Розбухання зразка ДСП з ЕВА поклейкою по закінченню експерименту

У наступному випробуванні зразки розмістили в сушильну камеру при температурі 60°C на дві години, а через годину температуру підвищили до 100°C .

Зразок з ЕВА-клеєм втратив свої захисні властивості через активацію термореактивного клею, тому зусиль для здирання кромки прикладати не було необхідно.

Зразок з ПУР-кромкуванням зазнав фізичних змін: відбулося короблення через випаровування залишкової вологи з плитного матеріалу, проте крайковий матеріал залишився на місці і не піддався здиранню.

Зразок з лазерним кромкуванням витримав температурне випробування аналогічно зразку з ПУР-клеєм, але на ньому також спостерігався дефект короблення, що був спричинений наявною залишковою вологою в плиті (рис. 3.6).

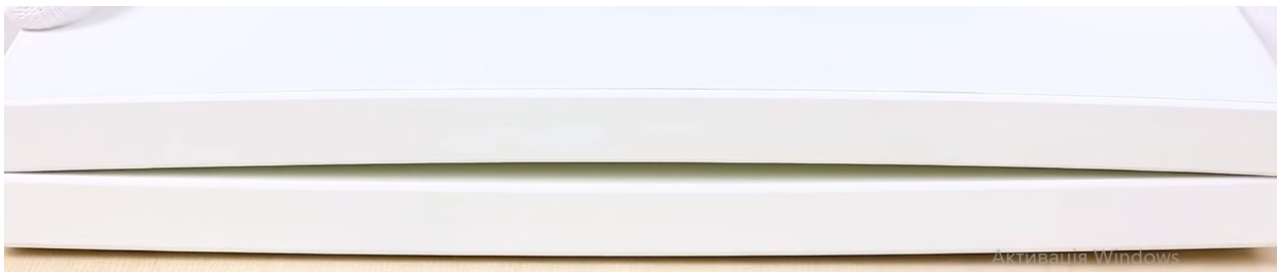


Рис. 3.6. Результат випробування зразків з ПУР і лазерним кромкуванням при змінній температурі від 60 до 100°C

У останньому випробуванні зразки розміщували в сушильну камеру зі змінною вологістю та поступовим підвищенням температури — від 60°C на початку до 80°C у кінці експерименту, тривалість випробування склала дві години.

Зразок з EVA-кромкуванням виявився схильним до тих самих дефектів, що й у попередніх випробуваннях: активація клеєвого шва сприяла проникненню вологи в ДСП, що призвело до розбухання плити через вбирання деревною стружкою води (рис. 3.7).

Зразок з лазерним кромкуванням також не витримав випробування: протягом експерименту на поверхні почали з'являтися дрібні дефекти, які згодом спричинили розбухання плитного матеріалу. Це дозволило провести додаткове випробування на здирання кромки.

Найкращі результати показав зразок з ПУР-кромкуванням: хоча спостерігалось короблення плити як і в попередньому дослідженні, (рис. 3.6), кромка залишилася на місці та не відшарувалася.



Рис. 3.7. Результат випробування зразка з EVA кромкування в камері з зміною вологістю при температурі 80°C

Результати випробувань зразків кромкування під впливом вологого середовища та під впливом високих температур наведено у таблицях 3.1 – 3.3.

Таблиця 3.1

Результати випробувань зразків кромкування під впливом вологого середовища

Спосіб кромкування	Зусилля на відрив, кг	Дефекти
ЕВА кромкування	0,8	Здуття плитного матеріалу по всьому периметру
ПУР кромкування	3,5	Здуття плитного матеріалу в місцях пошкодженого ламінату
Лазерне кромкування	3,3	Здуття плитного матеріалу в місцях пошкодженого ламінату

Таблиця 3.2

Результати випробувань зразків кромкування під впливом високих температур

Спосіб кромкування	Зусилля на відрив, кг	Дефекти
ЕВА кромкування	0	Пластифікація клеєвого шва, зусилля для відриву не потребувало
ПУР кромкування	4,7	Короблення зразка
Лазерне кромкування	4,0	Короблення зразка

Таблиця 3.3

Результати випробувань зразків кромкування під впливом високих температур і з зміною вологістю

Спосіб кромкування	Зусилля на відрив, кг	Дефекти
ЕВА кромкування	0	Пластифікація клеєвого шва, зусилля для відриву не потребувало, розбухання ДСП
ПУР кромкування	4,52	Короблення зразка
Лазерне кромкування	3,95	Короблення зразка, незначне розбухання

За результатами проведених випробувань зразків кромкування можна зробити узагальнений висновок щодо їхньої придатності до експлуатації в

умовах підвищеної вологості, високих температур та комбінованої дії цих факторів. Найменшу стійкість у всіх тестових режимах продемонструвало ЕВА-кромкування. Під дією вологості його міцність становила лише 0,8 кг, при цьому по всьому периметру зразків спостерігалось інтенсивне здуття плитного матеріалу. При температурному навантаженні клейовий шов повністю пластифікувався, що призвело до відриву крайки без жодного зусилля. У комбінованому середовищі ситуація повторювалась: ЕВА втрачав міцність, а ДСП інтенсивно розбухала. Це свідчить про те, що ЕВА-клей не забезпечує необхідної надійності при експлуатації меблів у складних умовах мікроклімату.

На відміну від нього, ПУР-кромкування показало найвищу стабільність та міцність з'єднання. Зусилля на відрив при дії вологи становило 3,5 кг, а дефекти проявлялися лише в місцях попереднього пошкодження ламінату. При температурному навантаженні міцність збільшувалася до 4,7 кг, а основним недоліком було лише короблення самого плитного матеріалу, що пов'язано з його внутрішніми деформаціями, а не з якістю клейового шва. У комбінованих умовах ПУР-кромкування зберігало високу міцність – 4,52 кг, що підтверджує його стійкість до різких коливань температури та вологості.

Лазерне кромкування також продемонструвало високі показники міцності, хоча дещо нижчі за ПУР. При дії вологи зусилля на відрив становило 3,3 кг, а здуття виникало лише у місцях пошкодження поверхневого шару плити. При високих температурах міцність складала 4,0 кг, а дефектами було характерне короблення матеріалу. У комбінованих умовах лазерне кромкування забезпечувало зусилля на відрив 3,95 кг з незначним розбуханням плити. Отримані результати свідчать про те, що лазерна технологія формує рівномірний та якісний шов, чутливий лише до структурних дефектів плитного матеріалу.

Загалом проведені дослідження підтвердили, що ЕВА-клей є найменш придатним для меблів, які експлуатуються в умовах підвищеної вологості або температурних коливань. Найкращі результати стабільності та міцності забезпечують ПУР-клеї та лазерне кромкування, які показали високу надійність у всіх випробувальних режимах. Це дає підстави рекомендувати їх для виробництва меблів, призначених для використання у вологих приміщеннях, кухнях, санвузлах або інших об'єктах із нестабільними параметрами довкілля.

РОЗДІЛ 4 АЛЬТЕРНАТИВНІ СПОСОБИ ЗАХИСТУ ДЛИТНИХ МАТЕРІАЛІВ ВІД ВОЛОГИ

4.1. Постформінг

Метод постформінгу був розроблений наприкінці 1960-х років. Однією з перших компаній, що впровадила цю технологію в промислових масштабах та почала масово постачати на ринок елементи інтер'єру з кромкою, облицьованою за цим методом, стала німецька фірма Westag & Getalit AG. Сьогодні деталі, виготовлені за технологією постформінгу, широко застосовуються як у будівництві (підвіконня, лиштви), так і в меблевій промисловості (робочі поверхні кухонь, стільниці, полки, фасади, елементи офісних меблів) (рис. 4.1) [33].



Рис. 4.1. Зразок постформінгу [33]

Метод постформінгу дозволяє облицьовувати деталі різними матеріалами: плівками на основі паперу, натуральним шпоном, проте найбільше поширення отримало облицьовання ламінатами – багатошаровими пластиками на основі

паперу, просоченими меламіновими смолами. Залежно від вимог до міцності та стійкості поверхні до абразивного зносу, ці пластики поділяються за технологією виробництва на CPL (англ. Continuous Pressure Laminates) – пластики безперервного способу виробництва, та HPL (англ. High Pressure Laminates) – пластики високого тиску, виготовлені в плоских багат шарових пресах. Особливістю виробів із постформінгових пластиків є закруглені кромки та мінімальна кількість швів. Поверхневий малюнок пластика може бути однотонним, багатобарвним, імітацією деревини або будь-яким іншим [34, 35].

Слово «постформінг» буквально відображає суть технології – це процес обробки декоративно-оздоблювальних матеріалів, при якому вони змінюють форму та повторюють контур основи, на яку наносяться. Постформування передбачає рівномірний нагрів матеріалу до заданої температури та його загинання навколо попередньо підготовленої основи. Загинання може виконуватися з одного або двох торців, а при використанні високоякісних декоративних матеріалів можливе й чотиристороннє постформування [35].

У меблевому виробництві постформінг застосовується для заокруглення кромки з двох сторін. Наприклад, у стільниці столу заокруглюються передній і задній краї, тоді як бічні краї обробляються за допомогою наклеювання кромки (так званих крайкових кромок) [36].

Процес постформування включає наступні операції:

- фрезерування необхідного профілю на одній або двох паралельних крайках деталі;
- облицювання деталі з двох сторін;
- точне видалення звису матеріалу зворотного боку пласти врівень з деталлю;
- калібрування величини схилу фрезеруванням;
- видалення, здування пилу із зони склеювання гарячим повітрям для одночасного нагріву поверхонь, що склеюються;
- комбіноване нанесення клею на обидві поверхні, що склеюються - розпиленням і з допомогою вальців;

- підсушування і активація клейового шару інфрачервоними лампами. Одночасно нагрівається і личкувальний матеріал, який отримує через це пластичність;
- згинання звису навколо профільної крайки;
- коткування (обтиск) профілю;
- додаткове фрезерування (зняття фаски або фрезерування паза);
- нанесення волого захисної смужки з розплаву.

При облицюванні методом постформінгу застосовується класичний контактний спосіб склеювання з вторинною активацією: клей наноситься на обидві поверхні та висушується, а під час нагрівання він відновлює клейкі властивості. Після з'єднання шарів та підпресування клейового шва фінальна міцність досягається майже миттєво. Через це для постформінгового облицювання крайок використовуються лише спеціальні клеї [37].

Обладнання для личкування методом постформінгу відрізняється відносною простотою та, залежно від потрібної продуктивності, може бути прохідного, позиційного або ручного типу [37].

4.1.1. Верстати прохідного типу для постформінгу.

Найбільш високотехнологічним варіантом постформінгу є повністю автоматизована лінія прохідного типу, яка включає вузли нанесення клею та попереднього прогріву пластику, а також зону постформування з додатковими нагрівачами. Завдяки автоматизації та безперервності процесу такі лінії забезпечують високу продуктивність (рис. 4.2). Водночас дороге обладнання налаштовується під конкретний профіль заготовки, а переналагодження на інший профіль є трудомістким і потребує висококваліфікованих фахівців, тому його застосування вигідне лише для великих підприємств із серійним виробництвом [38].



Рис. 4.2. Верстат для постформінгу T-PF 190 [39]

Основні агрегати верстатів прохідного типу для постформінгу:

Станина – забезпечує гасіння вібрацій під час обробки. Вибір базового верстата залежить від довжини станини та кількості встановлених обробних агрегатів.

Транспортер подачі заготовок із направляючими – основне завдання – стабільна та надійна подача заготовок без бокового зміщення. Ключові критерії оцінки: точність і швидкість подачі.

Регульований привід подачі – дозволяє встановлювати необхідну швидкість подачі заготовки.

Верхні притискні ролики – утримують і направляють заготовку. Висота роликів регулюється залежно від товщини оброблюваних заготовок, а положення балки фіксується спеціальними зажимами.

Нагрівальні елементи – попередньо нагрівають облицювальний матеріал із клеєм і кромку заготовки для вторинної активації, що забезпечує високу якість приклеювання. Температура регулюється за допомогою пульта управління.

Вузол профілювання облицювального матеріалу – бічні регульовані ролики з зносостійкого матеріалу забезпечують надійне каткування та обтиск матеріалу по заданому радіусу.

Фрезерний супорт із високочастотним шпинделем – дозволяє переміщувати шпиндель у вертикальній та горизонтальній площинах для точної настройки фрези. Нижнє плоске напрямне та інструмент підтискаються пружинами.

Вентиляційна решітка – призначена для відведення гарячого повітря, що утворюється при нагріванні заготовок та облицювального матеріалу.

Висувна траверса (наявна у деяких моделях прохідних верстатів для постформінгу) – забезпечує стійке розташування великих заготовок на транспортері. Цей агрегат надійно фіксує заготовку, запобігаючи провисанню при обробці масивних або широких деталей [40].

Останнім часом багато компаній стали випускати так звані верстати для «прямого постформінгу». Таке обладнання дозволяє формувати звис без необхідності залишати його при облицюванні пласти, шляхом фрезерування з уже цільної, облицьованої щитової деталі.

З точки зору як фахівців, так і замовників, це оптимальний варіант для середніх та малих підприємств. Верстати відрізняються високою продуктивністю та якісним постформінгом, при цьому їх можна швидко переналагоджувати на інший профіль заготовки без високої кваліфікації наладчиків. Завантаження та зняття заготовок у верстаті здійснюється вручну, тоді як усі операції постформінгу, включно з підтримкою та регулюванням температури під час роботи, виконуються автоматично [40].

Для підвищення якості готових виробів і збільшення продуктивності ця модель верстата може оснащуватися системою регулювання швидкості переміщення нагрівальної шини. Для додаткового прогріву пластику передбачені проміжні зупинки шини в будь-якій точці її траєкторії тривалістю від 1 до 99 секунд, що налаштовуються під час підготовки верстата. Це дозволяє під час руху нагрівача «натягувати» пластик на заготовку і рівномірно його приклеювати по профілю. На позиційних верстатах забезпечується постійний підігрів пластику та клею, що підтримує стабільну температуру постформування і гарантує високу якість приклеювання [40].

4.1.2. Ручне обладнання для постформінгу.

Ручні верстати за продуктивністю та якістю значно поступаються прохідним і позиційним верстатам (рис. 4.3). Такий варіант цікавий лише у випадку створення дрібносерійного виробництва з мінімальними інвестиціями. Можна розташувати цех у віддаленій місцевості з під'їзними шляхами, залучити дешеву робочу силу і обслуговувати певну нішу клієнтів. Однак подібну продукцію випускають численні конкуренти, і доведеться конкурувати з підприємствами, що працюють на застарілому обладнанні. Навіть використовуючи сучасні ручні верстати, за якістю вони поступаються старим позиційним верстатам, а контроль якості ускладнений. В цілому такий підхід не сприяє розвитку промисловості [18].



Рис 4.3. Ручний верстат для постформінгу [18]

Використання ручних верстатів доцільне переважно для меблевих студій, що виготовляють ексклюзивні або авторські меблі та предмети інтер'єру. Хоч цей потребує значних витрат часу, за умови високої кваліфікації оператора можна отримати продукт прийнятної якості [8].

4.1.3 Пластики для постформінгу

Окрім продуктивності та запланованих обсягів виробництва, при виборі верстатів для постформінгу слід враховувати також максимальну товщину

оброблюваного матеріалу. В Україні найбільше поширене обладнання для роботи з тонкими пластиками товщиною від 0,5 до 0,7 мм (рис. 4.4) [41].



Рис. 4.4. Зразки пластиків для постформінгу [41]

Важливим параметром будь-якого обладнання є швидкість прогрівання до робочої температури. Відповідно до частини 2 міжнародного стандарту NF EN 438, який застосовується до листових декоративно-шаруватих пластиків високого тиску на основі термореактивних смол, обладнання повинно забезпечувати нагрівання пластику до температури постформування (163 °C) зі швидкістю $0,025 \text{ мм/с} \pm 2 \text{ с}$. Наприклад, для пластику товщиною 0,5 мм час прогріву становитиме $20 \pm 2 \text{ с}$. Неправильний режим постформування може призвести до тріскання пластику: як при недогріванні, так і при перегріванні пошкодження виглядатимуть однаково. Тому перед наклеюванням пластику на заготовку необхідно експериментально визначити оптимальний температурний режим та тривалість нагріву [42].

Названа температура постформіровання (163 °C) є рекомендованим стандартом, проте за фактом вона може коливатися в залежності від великого числа факторів:

- якості використовуваного пластику, включаючи показники властивостей входять до його складу смол;

- хімічного складу фарб, якими нанесений малюнок;
- наявності декоративної поверхні з великими кольоровими плямами;
- вмісту діоксиду титану (відбілювача) в папері-основі. Чим вище його зміст, тим гірше проходить процес постформірованя;
- товщини пластику;
- радіусу його загину.

Слід пам'ятати, що для кожного пластику певної товщини існують мінімальні радіуси обробки деталей методом постформінгу, і критичні параметри слід уникати. Корисно вести статистику режимів постформування різних пластиків, щоб у майбутньому мати чітке уявлення про допустимий температурний діапазон для кожного з них [43].

Варто відразу зазначити, що довговічність виробів, виготовлених методом постформінгу, значною мірою визначається експлуатаційними властивостями пластиків, перш за все їх термо- та вологостійкістю. Оскільки виробники застосовують різні склади, для випуску якісної продукції необхідно обирати надійного постачальника та уточнювати докладні характеристики його матеріалів для постформування [43].

4.1.4 Клеї для постформінгу

Для постформінгу застосовуються спеціальні клеї, які характеризуються дуже високою швидкістю захоплювання та термостійкістю, оскільки приклеювання пластику до заготовки відбувається за високих температур. Вибір клею визначається типом обладнання, на якому планується робота.

При оцінці клею необхідно враховувати такі параметри:

В'язкість – особливо важлива для прохідних ліній, оскільки впливає на рівномірність нанесення.

Швидкість захоплювання – клей повинен швидко фіксувати пластик до заготовки.

Клей, як і сам пластик, повинен постійно підтримуватися в підігрітому стані, що забезпечує надійне та якісне приклеювання (рис. 4.5) [44].



Рис. 4.5. Однокомпонентний клей Mekol 1954 для плівки ПВХ [45]

На прохідних лініях з більш складною комплектацією, де клей обдувається гарячим повітряним потоком, зазвичай використовують клей на основі дисперсії ПВА. На дешевших лініях застосовують контактний клей. Позиційні верстати є найбільш універсальними – тут можуть використовуватися як контактні клеї, так і клеї на основі дисперсії ПВА. Щоб уникнути зайвих витрат і забезпечити оптимальні результати, обов'язково слід консультиватися з постачальниками клеїв щодо їхніх параметрів [45].

Продукція, виготовлена методом постформінгу, з кожним роком набуває все більшої популярності завдяки своїй зносостійкості та естетичним властивостям. Це призводить до поступового збільшення обсягів виробництва верстатів для постформінгу.

4.2. Софтформінг

У 1950-х роках, коли деревно-стружкові плити почали активно витісняти цільну деревину у виробництві корпусних меблів, відбулися одразу дві революції: технологічна та естетична. Масові меблі стали значно простішими у виготовленні, проте набули надмірно спрощених і незграбних форм (рис. 4.6) [46].



Рис. 4.6. Зразок софтвернігу [46]

До початку 1970-х років ринок висунув вимогу відмовитися від плоских надлишкових поверхонь та суворо прямокутних форм меблів. Розроблений на той час метод облицювання кромки, відомий як постформінг (Postforming), хоча й дозволяв отримувати заокруглені краї, мав низку суттєвих недоліків. Серед них:

- необхідність двох проходів при фрезеруванні – попереднього для формування профілю кромки перед облицюванням пласти та наступного для видалення схилу й прорізання паза під ущільнення;

- низька якість облицювання на кромці при використанні тонких матеріалів;

- неможливість зберегти звис облицювального матеріалу під час зберігання та транспортування заготовок між операціями личкування пласти та кромки;

- неможливість формування на кромці профілів із випукло-ввігнутих перетином.

Тому сьогодні застосування постформінгу обмежене переважно виробництвом довгих кратних заготовок для дверей кухонних меблів і стільниць (робочих поверхонь) [46].

У 1976 році німецькій фірмі ІМА вдалося вперше розробити технологію облицювання профільних прямолінійних крайок щитових деталей шляхом наклеювання смугових та рулонних матеріалів кромки. При цьому поєднувалися технологія постформінгу з використанням ПВА-дисперсійних клеїв і добре

відпрацьована на той час методика облицювання плоских прямолінійних крайок. Фірма отримала патент на новий спосіб облицювання країв, названий софтформінгом (Softforming – від лат. Soft – м'який, обтічний). Назва підкреслювала основне призначення технології – отримання закруглених, згладжених форм меблевих виробів – та демонструвала спорідненість софтформінгу з методом постформінгу [47].

Приклади профілів перетину кромки, облицюваних методом софтформінга (рис. 4.7 – 4.9):

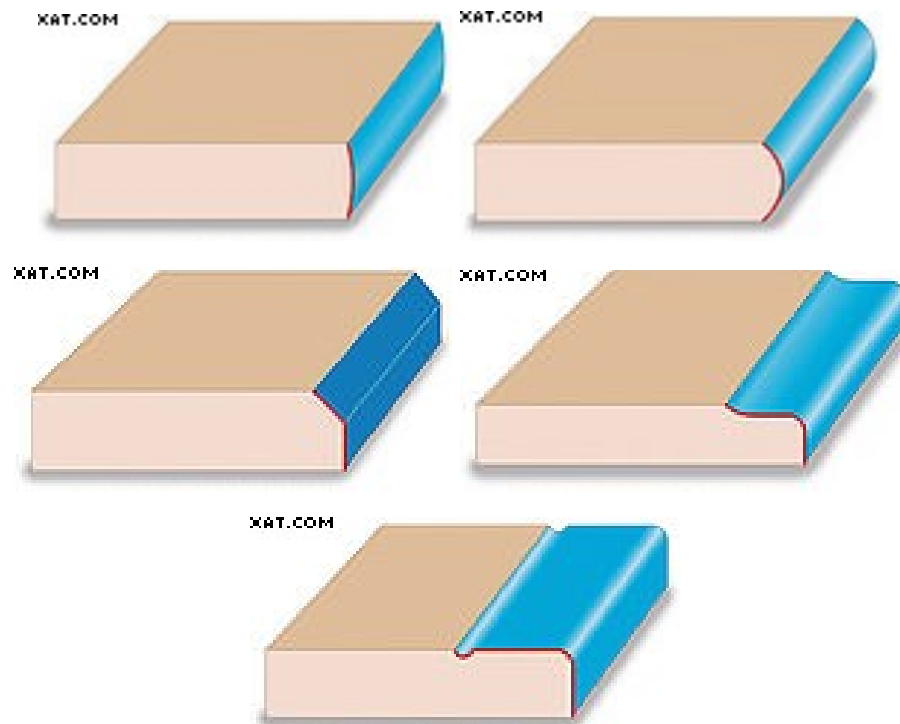


Рис. 4.7. З матеріалом кромки пластиком, що не вкладеним врівень з облицюванням пласті [47]

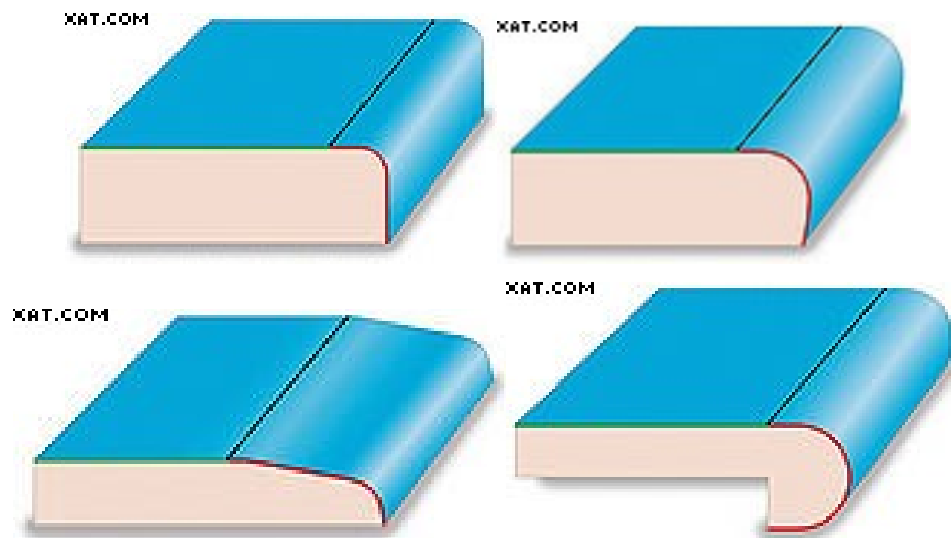


Рис. 4.8. З вкладеним врівень з облицюванням пласті з одного боку заготовки [47]

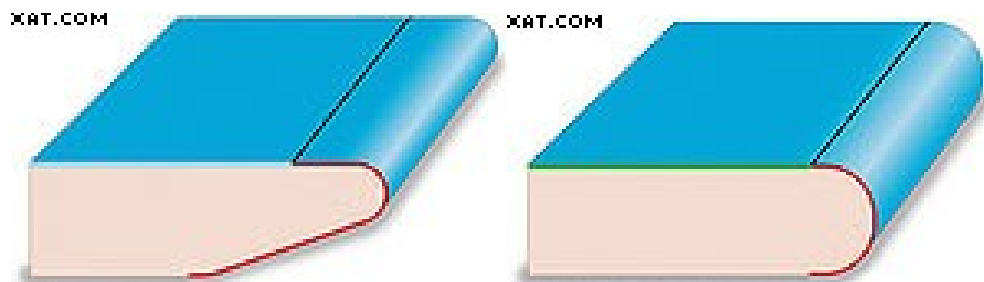


Рис. 4.9. пластиком, вкладеним врівень з двох сторін [47]

Суть методу полягає в тому, що на кромці заготовки з уже облицьованими пластинами фрезується профіль, на який, за технологією, подібною до постформінгу, наклеюється смуга кромкувального матеріалу. Клей при цьому наноситься як на сам профіль, так і на зворотний бік кромки. Обидва шари клею висушуються, а потім нагріваються (активуються), після чого кромковий матеріал негайно притискається до облицьованої кромки і прокочується роликками. Міцність приклеювання досягається практично миттєво, оскільки клей на основі ПВА набуває властивостей контактного. Після цього при необхідності видаляються зв'язи кромки по довжині та товщині деталі, а також знімаються фаски [47].

У тому ж році фахівці компанії Номаг спільно з технологами фірми Brandt, яка вже входила до групи Номаг, розробили й запатентували подібний метод під

назвою Kaltleimaktivierverfahren або KA-Verfahren (спосіб активації холодного клею). Його особливість полягала в тому, що клей на основі ПВА-дисперсії заздалегідь наносився на кромку матеріалу і повністю висушувався, а активація відбувалася гарячим повітрям уже безпосередньо на верстаті перед облицюванням профільної крайки. Проте через недостатню міцність приклеювання кромкувального матеріалу, особливо пластмасового, та необхідність застосування ПВА-клеїв зі спеціальними добавками, метод KA-Verfahren незабаром був замінений сучасним варіантом софтформінгу [48].

Використання ПВА-дисперсій для облицювання прямолінійних профільних крайок методом софтформінгу, заснованого на технології постформінгу, дозволило відпрацювати конструкцію нових крайколичкувальних верстатів. Наступним кроком стало повернення до застосування клею-розплаву, що й було реалізовано [48].

Сьогодні важко визначити, хто зробив це першим, але провідні виробники крайколичкувальних верстатів – IMA та Homag – майже одночасно запропонували ринку обладнання для облицювання профільних крайок способом, що зберіг назву «софтформінг», але замість ПВА у ньому застосовується клей-розплав [49].

При облицюванні профільних крайок щитових деталей цим методом на прохідних верстатах виконуються такі операції: нанесення антиадгезиву на одну або дві пласті заготовки; фрезерування профілю кромки; нанесення клею-розплаву на зворотний бік кромкувального матеріалу; коткування матеріалу до крайки заготовки; притиск кромки до всієї поверхні профілю; вдавлення матеріалу врівень з облицювальним шаром пласті з одночасним видаленням надлишку кромки по ширині або поздовжніх звисів за профілем кромки.

Антиадгезив, наприклад водний розчин мила, застосовується для того, щоб надлишок кромкувального матеріалу з клеєм-розплавом, нанесений на пласті, не прилипав до неї.

Вартість крайколичкувальних верстатів для софтформінгу безпосередньо залежить від способу наклеювання кромки: для різних профілів перетину

потрібна різна кількість і склад обробних агрегатів, а отже – різна довжина станини .

Якщо кромочний матеріал не загортається на пластів і не вирівнюється з облицюванням пластів, фрезерування профілю може здійснюватися одним агрегатом. Для загинання кромки може знадобитися три фрезерні агрегати, а в складних випадках – ще більше. Особливо трудомісткою є операція личкування кромки з вкладенням облицювального матеріалу врівень з пластинами: для цього може знадобитися до п'яти фрезерних агрегатів [48].

Накочення кромкувального матеріалу на профіль здійснюється за допомогою батареї послідовно розташованих роликів, де кожен наступний має трохи більший кут нахилу до вертикалі, ніж попередній. Це забезпечує поступовий позовжній вигин пластикової стрічки та її щільне прилягання до профілю заготовки [48].

Положення роликів встановлюється заздалегідь. У більш складних верстатах для скорочення часу налаштування передбачена заміна шин з роликів цілком або їх установка на барабан із горизонтальною віссю обертання. Поворот барабана в робоче положення виводить потрібну шину з набором роликів, уже налаштованих на конкретний профіль [48].

У кінцевій частині шини може встановлюватися спеціальний ролик з кільцевим ножом, який відрізає надлишок кромкувального матеріалу, що вирівнюється з облицюванням пластів, та додатково накочує край цього матеріалу [49].

Найбільш дешеві верстати зазвичай не оснащені фрезерними агрегатами і налаштовуються на облицювання лише одного профілю, який заздалегідь відфрезерований на іншому обладнанні (рис. 4.10).



Рис. 4.10 Верстат для облицювання кромки способом софтформінгу, не оснащений агрегатом для фрезерування профілю кромки [49]

У верстатах прохідного типу конструкція фрезерних агрегатів, призначених для видалення поздовжніх звисів кромки за профілем кромки заготовки, яка перпендикулярна до облицюваної поверхні, є досить складною.

Перший такий агрегат був запатентований італійською фірмою Stefani у 1978 році. Сучасні агрегати можуть містити два або одразу чотири окремих супорта з фрезами, які під час руху заготовки повторюють профіль її передніх і задніх поперечних крайок. У 1993 році компанія IMA розробила супорт, який дозволяє при прохідній обробці виконувати з'єднання кромочного матеріалу на вус у кутах заготовок з однаковим профілем кромки з усіх чотирьох сторін [49].

На вартість крайколичкувальних верстатів, що працюють за методом софтформінга, істотно впливає максимально допустима глибина облицюваного профілю – відстань від краю кромки заготовки до краю кромки, загорнутої на пластів. Цей параметр обмежується технічними характеристиками верстата. Збільшення глибини профілю вимагає більшої ширини кромочного матеріалу, яка при складних профілях може досягати 100 мм [50].

Тому для софтформінга застосовують спеціальні кромочні матеріали з достатньою гнучкістю, а їхня товщина повинна забезпечувати стійкість у вертикальному положенні в гарячому стані під час переміщення між вузлом нанесення клею-розплаву та першим прикочуючим роликом [50].

При облицюванні методом софтформінга пластей і кромок заготовок натуральним шпоном зі смугою кромкувального матеріалу, вкладеною врівень з пластєю, стик виходить майже непомітним. Це надає виробам вигляд меблів, виготовлених повністю з масиву деревини (рис. 4.11) [49].

Через високу вартість крайколичкувальних верстатів, що застосовуються у технології софтформінга, в українській меблевій промисловості вони використовуються рідко. За оцінкою експертів, їх загальна кількість у країні ледь перевищує двадцять, при цьому більшість має базове оснащення і застосовується переважно для облицювання країв довгих напівфабрикатних заготовок дверей кухонних меблів.



Рис. 4.11. Верстат для личкування полских і профільних деталей методом софтформінгу

В останні десятиліття в європейському верстатобудуванні спостерігається чітка тенденція до практично повної відмови від двосторонніх крайколичкувальних верстатів на користь універсального одностороннього обладнання з програмним керуванням [48].

Таке обладнання дозволяє на одному верстаті облицювати плоскі та профільні прямолінійні крайки з автоматичним включенням лише тих агрегатів, які потрібні для конкретної деталі: фрезерних супортів для обробки профілю, магазинів подачі смугового або рулонного кромкувального матеріалу заданого

виду та кольору, супортів для видалення поздовжніх і поперечних звисів тощо [48].

Недостатнє впровадження навіть базового обладнання для личкування крайок методом софтформінга вітчизняними меблевими виробниками можна пояснити тим, що пік популярності деталей із такими крайками в європейському дизайні припав на кінець 1980-х – початок 1990-х років, коли українська меблева промисловість перебувала у стадії реформування.

Більшість підприємств копіює європейські вироби, і природне зменшення інтересу європейських виробників до цього методу відобразилося й на конструкції вітчизняних меблів.

Водночас застосування деталей із крайками, облицьованими методом софтформінга, відкриває дизайнерам і конструкторам широкі можливості для урізноманітнення зовнішнього вигляду корпусних меблів за рахунок неплоских, згладжених поверхонь, підвищуючи їх привабливість для споживача – особливо актуально в умовах зниження попиту на меблі.

ВИСНОВКИ

Для деталей корпусних меблів які експлуатуватимуться в відносно незмінних і спокійних умовах, а саме за кімнатної температури 18–22°C і вологості в межах 30–60% найдоцільніше використовувати ЕВА крайкування, даний спосіб добре підійде для меблевого корпусу в спальні, вітальні, дитячих кімнат, а також офісних приміщень. Даний спосіб є одним за найбільш доступних як з технологічної точки зору так і з економічної і екологічної адже він є одним із найменш вартісних методів і забезпечує хороший захист плитного матеріалу від навколишнього середовища так і середовище від випарів формальдегідів які знаходяться в ДСП в якості в'язучого. Спосіб ПУР кромкування можна рекомендувати у випадках експлуатації меблів в приміщеннях з високою вологістю, до них можна віднести фасади кухонних модулів, корпус і фасади меблів в ванні кімнати, балкони, місця громадського користування підвищеної вологості до яких можна віднести басейни і гардеробні приміщення. Метод лазерного кромкування найдоцільніше використовувати на фасадних поверхнях меблів індивідуального вжитку, а саме кухонь, спальних кімнат, вітальнь. Найчастіше даний метод використовується у випадках використання дороговартісних фасадних панелей пласті яких личковані пластиками, дороговартісними плівками або покриті лаком, такий спосіб забезпечує високі декоративні властивості деталей за рахунок безшовного кромкування.

Узагальнюючи результати випробувань, можна ствердити, що ПУР та лазерне кромкування демонструють значно вищу міцність порівняно з ЕВА, що підтверджується зусиллям на відрив: для ЕВА воно становило лише 0–0,8 кг, тоді як для ПУР – 4,52–4,7 кг, а для лазерного кромкування – 3,3–4,0 кг. Крім того, ЕВА у всіх режимах піддається пластифікації та спричиняє розбухання плитного матеріалу, тоді як ПУР і лазерне кромкування зберігають цілісність шва, проявляючи лише короблення. Таким чином, за всіма показниками ПУР і лазерне кромкування значно перевершують ЕВА та забезпечують стабільність виробу при впливі вологи й температури.

За результатами досліджень, найбільш придатним способом кромкування для виробів, що експлуатуватимуться у вологому середовищі, є ПУР-кромкування. Його основним недоліком залишається тривалий час повної полімеризації клеєвого шва, що може уповільнювати виготовлення продукції. На жаль, багато виробників ігнорують цю особливість технологічного процесу, що й стає однією з головних причин появи браку на деталях.

Розглянуто основні технологічні аспекти постформінгу та софтформінгу, включаючи обладнання прохідного та ручного типу, властивості пластиків і вимоги до клеїв, що застосовуються у цих процесах. Аналіз показав, що постформінг забезпечує високу якість облицювання завдяки поєднанню спеціальних пластиків і термореактивних клеїв, а вибір між автоматизованим і ручним обладнанням залежить від масштабів виробництва та складності виробів. Софтформінг, як технологічно гнучкіший метод, дозволяє отримувати естетичні й довговічні деталі з мінімальною трудомісткістю. Загалом обидва методи є ефективними засобами підвищення функціональності та декоративності меблевих деталей, забезпечуючи їхню якість та надійність у експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Міністерство освіти і науки України. Технологія виробництва синтетичних і природних клеїв та герметиків. веб-сайт. URL: web.kpi.kharkov.ua (Дата звернення 12.01.25)
2. Термоклей для меблів і деревообробки. веб-сайт. URL: <https://lux-x.com/ua/produkciya/klej-rasplav/termoklej-dlya-mebeli-i-derevoobrabotki/> (Дата звернення 12.01.25)
3. Особливості та переваги термоклею для промислового застосування. веб-сайт. URL: <https://lux-x.com/ua/novosti/osobennosti-i-preimushhestva-termokleya-dlya-promyshlennogo-primeneniya/> (Дата звернення 12.01.25)
4. Рекомендована робоча температура клею. веб-сайт. URL: <https://lux-x.com/ua/novosti/rekomendovana-robocha-temperatura-kleyu/> (Дата звернення 12.01.25)
5. Клеї-розплави Mitol для меблів. веб-сайт. URL: <https://stroy-trade.net/ua/g914139-kleya-rasplavy-dlya> (Дата звернення 12.01.25)
6. Клей-розплав Termokol TE-45. веб-сайт. URL: <https://kami.in.ua/ua/p1214966979-termolite-nizkotemperaturnij-klej.html> (Дата звернення 12.01.25)
7. Клейові системи для дерев'яних вікон і дверей. веб-сайт. URL: <https://parallel.kiev.ua/ua/a410723-kleevye-sistemy-dlya.html> (Дата звернення 12.01.25)
8. Що таке розплав EVA. веб-сайт. URL: <https://adhesive.intercol.eu/uk/wat-is-eva-hot-melt/index.html> (Дата звернення 12.01.25)
9. Hot-melt клеї для кромкооблицювання (EVA, PUR, PO). веб-сайт. URL: <https://www.mobelkant.com/en/edge-banding-adhesives/> (Дата звернення 14.01.25)
10. Клей-розплав для облицювання кромки. веб-сайт. URL: <https://stroy-trade.net/ua/p172843256-klej-rasplav-dlya.html> (Дата звернення 14.01.25)

11. Обладнання для кромкооблицювання. веб-сайт. URL: <https://stankiprime.com/ua/oborudovanie/biesse/> (Дата звернення 14.01.25)
12. Група ХОМА. Клеї-розплави для деревообробки. веб-сайт. URL: <https://homa.ua/ua/produktsiya/klei-rasplavy/> (Дата звернення 14.01.25)
13. Клеї-розплави для меблевої промисловості. веб-сайт. URL: <https://lux-x.com/ua/produkciya/klej-rasplav/> (Дата звернення 20.01.25)
14. Термоклеї для кромкооблицювання. веб-сайт. URL: <https://stroytrade.net/ua/g914139-kleya-rasplavy-dlya> (Дата звернення 20.01.25)
15. Продукція Technomelt для кромкування та очищення обладнання. веб-сайт. URL: <https://www.henkel.ua/> (Дата звернення 20.01.25)
16. Technomelt Cleaner M-O-C. Технічний опис очищувача. веб-сайт. URL: <https://kami.in.ua/ua/> (Дата звернення 20.01.25)
17. Technomelt PUR Cleaner 4. Очищувач для PUR-клеїв. веб-сайт. URL: <https://kami.in.ua/ua/> (Дата звернення 20.01.25)
18. Biesse – обладнання для деревообробки. веб-сайт. URL: <https://m-g.com.ua/biesse/> (Дата звернення 05.02.25)
19. Система нанесення клею Glu Jet. веб-сайт. URL: <https://m.holzher.ua/ru/products/solutions/glu-jet.html> (Дата звернення 05.02.25)
20. HOLZ-HER представив нову запатентовану систему Glu Jet PUR PRO. веб-сайт. URL: <https://lisderevmash.ua/holz-her-predstaviv-novu-zapatentovanu-sist/> (Дата звернення 05.02.25)
21. Кромкооблицювальні верстати для меблів. веб-сайт. URL: <https://stankosfera.com.ua/ua/g147733-kromkooblickuvalni-verstati-dlya-liczkuvannya-kraik-detail-mebliv/> (Дата звернення 05.02.25)
22. Огляд кромкооблицювальних верстатів SCM, Holz-Her, Biesse. веб-сайт. URL: <https://stankimed.com/kromkooblicuvalni-verstati/> (Дата звернення 05.02.25)
23. Обладнання для крайкування фірм Felder, OTT, Vitar. веб-сайт. URL: <https://stankopas.com.ua/kromkooblichuvalni-verstati/> (Дата звернення 05.02.25)

24. Огляд клеїв EVA та PUR, їх властивостей і застосування у кромкуванні. веб-сайт. URL: <https://stankimed.com/klei-dlia-kromkuvannia/> (Дата звернення 05.02.25)
25. Що таке лазерне крайкування? веб-сайт. URL: <https://ergo-office.com.ua/ua/a407822-scho-take-lazerne.html> (Дата звернення 05.02.25)
26. Все про можливості кромкооблицювальні верстати. веб-сайт. URL: <https://profit-tc.com/ua/a412765-vse-pro-vozmozhnosti.html> (Дата звернення 05.02.25)
27. Панель МДФ Kronospan Feelness PET High Gloss. веб-сайт. URL: <https://viyar.ua/ua/catalog/mdf-kronospan-feelness-pet-high-gloss-7045-satin-hg-bs-2800kh1200kh18mm/> (Дата звернення 05.02.25)
28. Airtronic лазерна кромка. веб-сайт. URL: <https://hebrock.wixsite.com/hebrock/lazernaya-kromka> (Дата звернення 05.02.25)
29. Фрезерування торця плити – запорука якісного крайколичкування. веб-сайт. URL: <https://derevynnyk.com/frezeruvannya-torczya-plyty-zaporuka-yakisnogo-krajkolychkuvannya/> (Дата звернення 05.02.25)
30. Як клеїти кромку на ДСП? Особливості процесу кромкування». веб-сайт. URL: <https://tomek.lviv.ua/news/yak-kleyity-kromku-na-dsp-osoblyvosti-protsesu-kromkuvannya-tomek/> (Дата звернення 05.02.25)
31. Кромкування ПУР-клеєм ДСП шліфованого. веб-сайт. URL: <https://kronas.com.ua/ua/uslugi/kromkovanie-pur-kleem/kromkovanie-pur-kleem-dsp-shlifovannogo> (Дата звернення 05.02.25)
32. Пінчевська О.О., Головач В.М. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни: «Інноваційні технології з оброблення деревини» / Пінчевська О.О., Головач В.М. – Київ: НУБіП України. 2021.62 с.
33. Історія компанії та технологій. веб-сайт. URL: <https://www.westag-getalit.com/en/company/history> (Дата звернення 17.04.25)
34. HPL / CPL-матеріали. веб-сайт. URL: <https://lamiform.com.ua/ua/> (Дата звернення 17.04.25)

35. Технологія постформінгу, HPL/CPL ламінати. веб-сайт. URL: <https://www.toms-gerber.de/en/solutions/postforming/> (Дата звернення 17.04.25)
36. Що таке постформінг? веб-сайт. URL: https://tomek.lviv.ua/news/shcho_take_postforming_vse_pro_material_ta_tekhnologiyu_vigotovlennya/ (Дата звернення 17.04.25)
37. Компакт Плита HPL. веб-сайт. URL: https://termopal.ua/wp-content/uploads/2023/09/termopal_hpl_techinfo_2023.pdf (Дата звернення 17.04.25)
38. Опис верстата Turanlar T-PF 190. веб-сайт. URL: <https://stankosfera.com.ua/p2075039797-postforming-standok-dlya.html> (Дата звернення 17.04.25)
39. Технічний опис верстата Turanlar T-PF 190. веб-сайт. URL: <https://kami.com.ua/catdata/857> (Дата звернення 17.04.25)
40. Прохідний фрезерний верстат Turanlar Mill TFC-180 для профілювання заготовок перед постформінгом: веб-сайт. URL: <https://stankosfera.com.ua/p18655536-prohodnoj-frezernyj-standok.html> (Дата звернення 17.04.25)
41. Що таке постформінг, технологія виготовлення. веб-сайт. URL: https://tomek.lviv.ua/news/shcho_take_postforming_vse_pro_material_ta_tekhnologiyu_vigotovlennya/ (Дата звернення 02.05.25)
42. Постформінговий верстат Turanlar T-PF 190. веб-сайт. URL: <https://kami.com.ua/catdata/857> (Дата звернення 02.05.25)
43. Технологічні інструкції по постформінгу в документації Egger. веб-сайт. URL: https://www.egger.com/get_download/6a132453-e892-4479-a1bc-6a108d215028/PI_EGGER_Laminate_ua.pdf (Дата звернення 02.05.25)
44. Поради щодо дисперсій ПВА і їх властивостей. веб-сайт. URL: https://kogpa.edu.ua/images/main_dir/nauka/rez_spivpraz/drogob/13%20Posibnyk%20Tehnolohia%20derevoobrobnoho%20remesla.pdf (Дата звернення 18.09.25)
45. Однокомпонентний клей Mekol 1954 — для плівки ПВХ, застосовується в 3D-пресуванні / постформінгу. веб-сайт. URL:

<https://flagma.ua/uk/odnokomponentnyi-klei-mekol-1954-dlia-plivky-pvkh-z-shvydkoiu-vidpravkoiu-po-ukraini-o4520512.html> (Дата звернення 18.09.25)

46. Кромкооблицювання по технології софтформінгу. веб-сайт. URL: <https://bku.com.ua/en/test/item/1416-kromkooblitsovka-po-tekhnologii-softforming.html> (Дата звернення 18.09.25)

47. Фасади софтформінг. веб-сайт. URL: https://furme.com.ua/index.php?news_id=136&route=information%2Funi_news&srsltid=AfmBOoouLXpFBhGnvzAya9UHibWvHciVjlJjwf-VYsuwucbWiqgsbasX (Дата звернення 18.09.25)

48. Всі можливості кромкооблицювальних верстатів. Постформінг і софтформінг. веб-сайт. URL: <https://profit-tc.com/ua/a412765-vse-pro-vozmozhnosti.html> (Дата звернення 18.09.25)

49. Огляд верстата IMA Novimat I G80. веб-сайт. URL: https://www.gindumac.com.ua/product/ima-novimat-i-g80-540-r3_DE-WOO-IMA-2012-00001 (Дата звернення 18.09.25)

50. Softforming машини: оригінальні профілі кромки, опис EDGETEQ S-500. веб-сайт. URL: <https://www.homag.com/pl/product-detail/maszyny/oklejarki-i-formatyzerko-czopiarki/oklejarki-waskich-powierzchni-elementow/maszyny-do-softforfmingu-kreatywne-ksztaltowanie-obrzezy?> (Дата звернення 18.09.25)