

УДК 655.366.83, 655.3.022.75
DOI: 10.20535/2077-7264.4(90).2025.345654

© Т. Є. Клименко*, канд. техн. наук, доц., Н. Л. Талімонова,
канд. техн. наук, доц., А. О. Бухаленкова, магістрантка,
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

ВПЛИВ СТРУКТУРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНІ КАРТОНУ НА ЯКІСТЬ ЦИФРОВОГО НАНЕСЕННЯ ФОЛЬГИ

У роботі досліджено закономірності впливу структурних характеристик дизайнерських картонів на якість цифрового нанесення фольги. Виявлено, що найбільш впливовим параметром картону на якість фольгування є кут змочування поверхні, а технологічним параметром — швидкість нанесення фольги. Найбільш оптимальними для цифрового нанесення фольги є матеріали з кутом змочування поверхні $65-85^\circ$, що забезпечує достатнє закріплення тонеру на матеріалі.

Ключові слова: цифрове оздоблення; цифрове фольгування; пакування; дизайнерський картон; якість фольгування; цифровий друк.

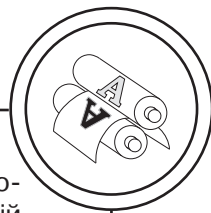
Постановка проблеми

Пакування з картону є ефективним засобом маркетингу для привернення уваги споживача та виділення продукції серед аналогів та конкурентів. Зокрема цифрове оздоблення набуває популярності саме у виготовленні малотиражної продукції, у тому числі преміальної, крафтової та персоналізованої продукції. Для цих категорій пакування є актуальним використання дизайнерських картонів, які додають цінності завдяки оригінальним фактурам і тактильним відчуттям [1].

Найбільш простою технологією цифрового нанесення фольгою є гаряче фольгування по тонеру. На матеріалі друкується зображення, яке повинне бути вкрито

фольгою, тобто формується шар тонеру, після цього відбувається гаряче припресування фольги [2–4]. Під дією температури тонер на матеріалі плавиться та з'єднується із фольгованим шаром. Після охолодження матеріалу фольга, яка припресувалась до тонера, залишається на місці, а пробільні місця, які не були задруковані, залишаються чистими. Попри свою практичність та бюджетність така технологія має свої обмеження та недоліки:

— вимоги до високого ступеня гладкості паперу чи картону, що забезпечує рівномірність тонера та, відповідно, адгезію фольги до тонера; текстуровані та фактурні папери та картони можуть мати незадруковані ділянки через



рельєф своєї поверхні, що призведе до пробілів в покритті фольгою;

— обмежена швидкість через здійснення двох операцій на окремих видах обладнання, що може бути перешкодою для оперативного виготовлення накладу.

Для визначення закономірності впливу структурних характеристик дизайнерських картонів на якість цифрового нанесення фольги було поставлено такі завдання:

— визначити структурні характеристики дизайнерських видів картону, які можуть впливати на якість цифрового нанесення фольги;

— сформулювати вибірку дизайнерських картонів з різними структурними характеристиками, які будуть використані в процесі дослідження;

— визначити обрані структурні характеристики для кожного зразка;

— визначити перелік вихідних показників, за якими здійснюватиметься оцінка якості нанесення фольги, у тому числі показники стійкості до зношування;

— розробити тест-форму для визначення якості нанесення фольги;

— здійснити тестовий друк з розробленої тест-форми на кожному з обраних видів матеріалів при змінному показнику швидкості припресування фольги та оцінити якість;

— здійснити імітацію зношування зразків та оцінити показники стійкості до зношування;

— здійснити аналіз результатів дослідження: виявити залежність якості нанесення фольги та стійкості до зношування від ха-

рактеристик картону, формулювання висновків та рекомендацій щодо вибору картону для цифрового нанесення фольги.

Мета роботи

Дослідження закономірності впливу структурних характеристик поверхні дизайнерських картонів на якість цифрового нанесення фольги.

Аналіз попередніх досліджень

Огляд сучасної літератури показує, що технологія цифрового гарячого фольгування по тонеру (Digital Foil Stamping) активно досліджується переважно з точки зору параметрів обладнання (температура, тиск, швидкість) та властивостей тонеру [2–4]. Незважаючи на це, системних досліджень впливу структурних та поверхневих властивостей дизайнерських картонів на кінцеву якість фольгування недостатньо.

Існуючі роботи зосереджені на загальних вимогах до гладкості паперу для якісного перенесення тонеру [2, 3]. Однак питання впливу таких специфічних параметрів, як кут змочування поверхні картону, на адгезію лаку та, як наслідок, на якість припресування фольги, в контексті цифрового оздоблення залишаються маловивченими. Попередні дослідження, наприклад, С. Хаджинової та С. Гавенко [4], зосереджувались на якості друку на гофрокартоні, але не торкалися дизайнерських матеріалів з фактурною поверхнею.

На основі аналізу літератури можна виділити відсутність у попередніх дослідженнях кількісних



даних про зв'язок між комплексом структурних характеристик картону (шорсткість, блиск, щільність, кут змочування) та якістю цифрового фольгування. Саме цей зв'язок і є об'єктом цього дослідження. Вибір цих параметрів обґрунтований їх теоретичним впливом на процеси змочування та адгезії: шорсткість впливає на площу контакту, кут змочування — на поверхневу енергію та здатність до взаємодії з тонером, щільність може корелювати з механічною міцністю та пружністю поверхнього шару, а блиск є індикатором мікрорельєфу. Основним фокусом цієї роботи є зовнішня морфологія поверхні картонів, доступна для безпосередньої взаємодії з лаком та фольгою.

Результати проведених досліджень

Для проведення дослідження обрано дизайнерські картони, які мають різні характеристики поверхні та крейдований матовий картон для порівняння результатів. Для аналізу структури повер-

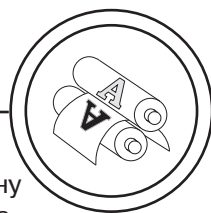
хні картону обрано показники, що можуть впливати на якість припресування фольгою. За допомогою відповідного лабораторного обладнання визначено такі структурні показники: шорсткість поверхні виміряно профілометром Mitutoyo SJ-201P [5], блиск — глосметром Galaxy Coatings 512 [6], а кут змочування визначено згідно зі стандартом ISO 15989: 2004 [7]. У табл. 1 наведено технічні характеристики досліджуваних зразків картонів.

Для проведення дослідження оцінки якості фольгування розроблено тест-форму, що містить тонкі лінії товщиною 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 мм під кутами 0° та 90°; лінії від 0,1 до 3 мм позитивні та у виворітці; текст кеглями від 3 до 10 пунктів; два види шрифту — позитивний та у виворітці; штрихове зображення для загальної оцінки відтворення графічних елементів. Загальний вигляд тест-форми представлений на рис. 1.

Припресування фольги здійснювалось на цифровій друкарській машині MGI Jetvarnish 3DS [8]

Таблиця 1
Структурні характеристики досліджуваних зразків картонів

№ з/п	Характеристика	Досліджувані зразки				
		зразок № 1	зразок № 2	зразок № 3	зразок № 4	зразок № 5
1	Тип матеріалу	Creative board sapphire	Stardream onyx	Sterling Premium Silk	Plike bordeaux	UPM Finesse Matt
2	Маса, г/м ²	270	285	216	330	300
3	Товщина, мкм	363	366	290	376	297
4	Щільність, г/см ³	7,52	7,75	7,52	9,10	9,95
5	Шорсткість, Ra, мкм	4,48	3,72	3,58	1,54	0,67
6	Блиск, Gloss Units	1,76	3,08	7,18	1,56	7,78
7	Кут змочування, °	102,12	65,70	82,52	88,75	64,91



на кожному з досліджуваних зразків при трьох різних режимах швидкості: 15 м/с, 20 м/с та 25 м/с, при температурі $t = 100^\circ \text{C}$. Діапазон швидкостей обрано згідно з технічними можливостями обладнання та рекомендаціями виробника. Температура 100°C встановлена на підставі попередніх досліджень [3] та технічної документації до фольги, де зазначено оптимальний діапазон активації термоклейового шару, що забезпечує повне плавлення тонеру без пошкодження поверхні картону.

У всіх експериментах використовувалася фольга для цифрового гарячого тиснення серії 'Digital Hot-Stamping Foil' (виробник MGI Digital Technology). Фольга мала товщину термоактивного клейового шару $1,2 \pm 0,1 \text{ мкм}$, що є типовими значеннями для подібних матеріалів. Температура активації клею становила $95\text{--}105^\circ \text{C}$. Важливо зазначити, що отримані закономірності справедливі для конкретного типу фольги з цими параметрами.

Оскільки при експлуатації пакування з картону фольговані елементи можуть зазнавати вплив механічних дій, таких як тертя, шкрябання, багаторазового згинання, досліджено стійкість зразків до зношування. Для імітації

зношування здійснено механічну дію тертя [9] та тест на багаторазове згинання [10].

Оцінювання якісних параметрів відбувалось із залученням шести експертів за п'ятибальною шкалою, де 1 — найгірший результат, а 5 — найкращий. Якість фольгування оцінювалася за наступними візуально-тактильними показниками: рівність та чіткість країв фольгованих елементів, неперервність тонких ліній, рівномірність покриття суцільних плашок, а також мінімальний читабельний розмір тексту. Експертами оцінено як загальне сприйняття фольгованого зображення, так і його стійкість до механічних впливів, що імітували зношування.

При оцінці якості зразків не було помічено різниці у відтворенні ліній під різними кутами, що свідчить про ізотропність їх поверхневої структури. Також виявлено, що для відтворення графічних елементів фольгою необхідний достатньо товстий шар тонеру (мінімальна виміряна товщина якого на контрольних ділянках становила $\sim 36 \text{ мкм}$), причому тонкі елементи виворітки при тисненні на таких картонах втрачаються частково або повністю. Це значення отримано шляхом вимірювання профілометром товщини

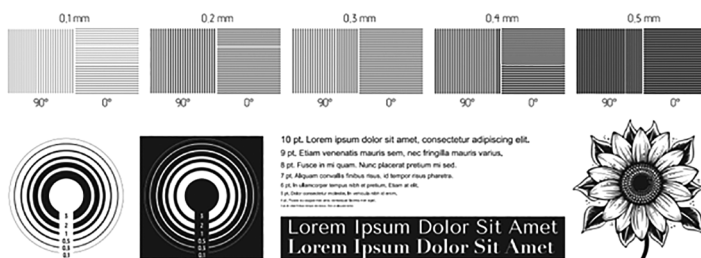


Рис. 1. Тест-форма для аналізу якості цифрового фольгування



лакового шару на зразку № 3 (Sterling Premium Silk), який показав найкращу якість. Для більш гідрофобних зразків (напр., № 1) товщина шару могла бути недостатньою через погане змочування та закріплення, що потребує подальшого дослідження. Дані експертного оцінювання якості цифрового фольгування зразків занесено в табл. 2.

На основі даних, отриманих в результаті вимірювань та дослідження якості нанесення фольги та стійкості зразків до зношування, побудовано графіки залежності якості зразків та їх стійкості до зношування від параметрів щільності, шорсткості, рівня полиску та кута змочування досліджуваних зразків картонів (рис. 2–10).

За результатами аналізу встановлено, що однозначного кореляційного зв'язку між щільністю картону та якістю фольгування не простежується. Незважаючи на однакову щільність зразків № 1 (Creative board) та № 3 (Sterling Premium Silk), отримані результати суттєво відрізняються: зразок № 1 демонструє значне відхилення у якості фольгування від інших матеріалів, тоді як зразок № 3 характеризується найвищим середнім балом якості фольгування серед усіх досліджуваних зразків.

Аналіз даних, поданих на рис. 3, засвідчує виражену обернену залежність між щільністю картону та стійкістю фольгованого покриття відбитків до механічних

Таблиця 2
Оцінка якості фольгування досліджуваних зразків

№	Матеріал	Швидкість тиснення, м/с	Рівність країв	Неперервність тонких ліній	Рівномірність плашок	Мінімальний розмір читабельного тексту	Середнє значення для зразка	Середнє значення для матеріалу
1	Creative board sap-phire	15	2	1	1	1	1,25	1,25
		20	2	1	1	1	1,25	
		25	2	1	1	1	1,25	
2	Stardream onyx	15	4	5	3	3	3,75	3,42
		20	4	4	3	3	3,5	
		25	3	4	3	2	3	
3	Sterling Premium Silk	15	4	5	5	2	4	3,75
		20	4	4	5	2	3,75	
		25	4	4	5	1	3,5	
4	Plike bordeaux	15	3	4	5	1	3,25	3,08
		20	3	4	4	1	3	
		25	3	4	4	1	3	
5	UPM Finesse Matt	15	4	4	5	2	3,75	3,42
		20	3	4	5	2	3,5	
		25	3	4	4	1	3	

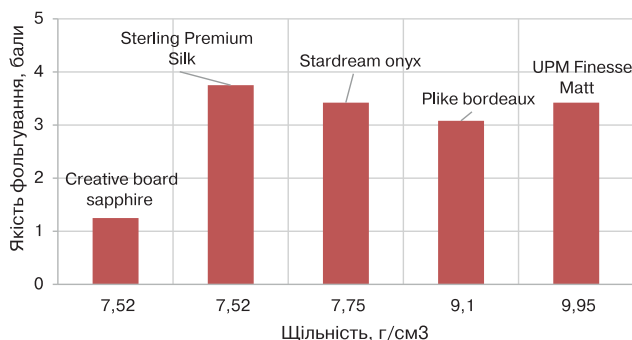
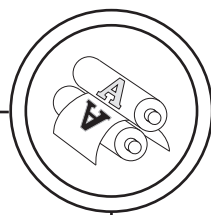


Рис. 2. Залежність якості нанесення фольги від щільності картону

навантажень (тертя й згинання). Зі зростанням щільності матеріалу фіксується зниження здатності фольгованих елементів протистояти деградації під дією механічних впливів. Таку закономірність можна пояснити особливостями фізико-механічної поведінки матеріалу: картон із нижчою щільністю характеризується більшою еластичністю та здатністю до деформацій без руйнування поверхневого шару. Крім того, підвищена пористість менш щільних картонів сприяє кращому поглинанню механічних впливів, що, своєю чергою, формує міцніший адгезійний контакт у процесі цифрового гарячого тиснення.

Встановлено, що в інтервалі шорсткості поверхні картону до 4 мкм чітко виражена залежність якості фольгування від параметра шорсткості не простежується. У більшості зразків рівень шорсткості в цьому діапазоні не спричиняє суттєвих відхилень у формуванні рельєфного відбитка. Водночас зразок № 1 (Creative Board), який характеризується максимальною шорсткістю серед досліджуваних зразків, демонструє помітне зниження якості фольгування. Це свідчить про те, що за виходом параметра шорсткості за певний критичний поріг відбувається погіршення ефективності адгезійного контакту між фольгою та поверхнею картону.

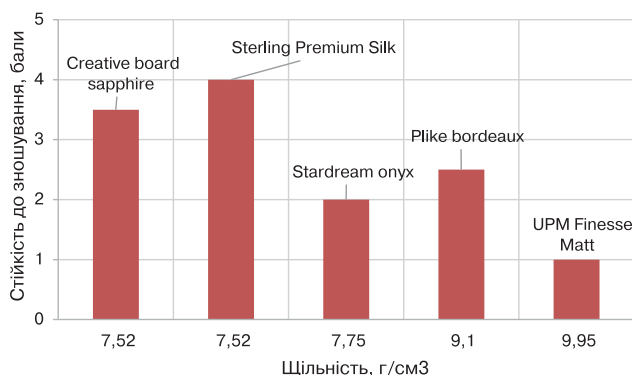


Рис. 3. Залежність стійкості до зношування від щільності картону

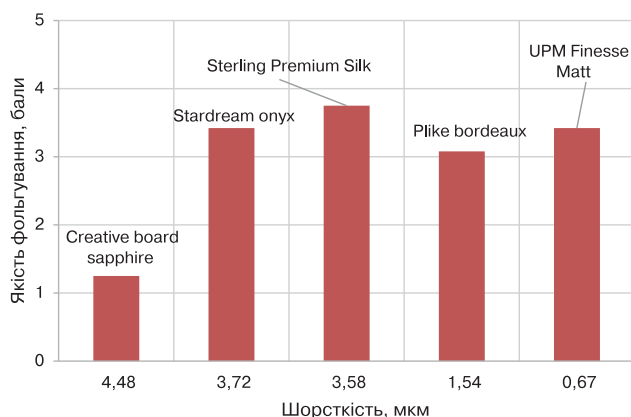
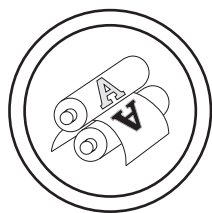


Рис. 4. Залежність якості фольгування від шорсткості картону

На рис. 5 продемонстровано тенденцію до прямої залежності між шорсткістю поверхні картону та стійкістю фольгованого шару до зношування. Зі збільшенням шорсткості зазвичай підвищується і здатність відбитка протистояти механічним навантаженням, що пояснюється збільшенням площі ефективного механічного зчеплення між фольгою та рельєфною поверхнею основи. Водночас зразок № 2 (Stardream) демонструє суттєве відхилення від загальної закономірності: попри відносно високу шорсткість, його стійкість до зношування залишається низькою. Таке відхилення, ймовірно,

зумовлене специфічним поєднанням матеріальних характеристик цього картону, зокрема особливостями складу, типом проклеювання, щільністю внутрішньої структури або модифікаціями поверхневого шару, які можуть обмежувати ефективність адгезійного контакту. Отже, хоча шорсткість є важливим, але не єдиним показником формування експлуатаційної стійкості фольгованих зразків, комплекс параметрів картону може істотно змінювати поведінку фольгованого шару під механічним впливом.

Не виявлено яскраво вираженої залежності якості цифрово-

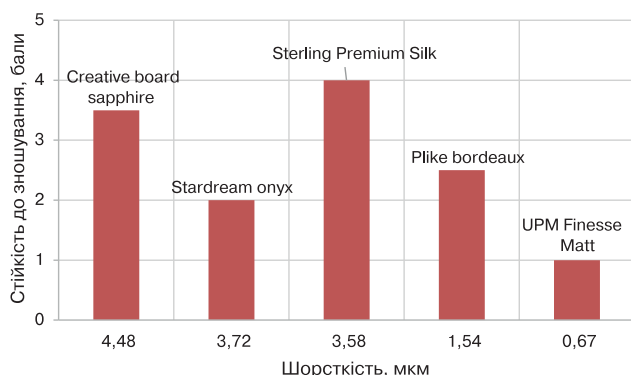


Рис. 5. Залежність стійкості до зношування від шорсткості картону

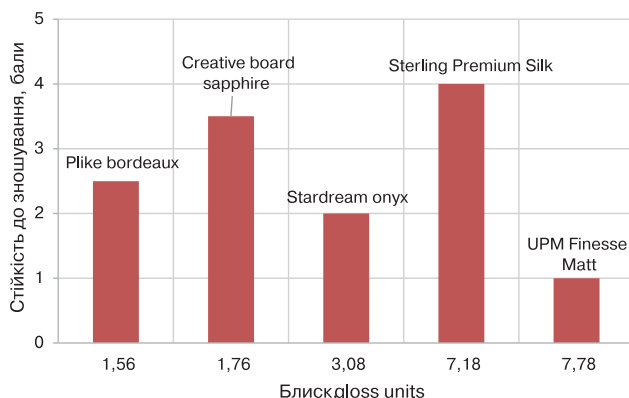
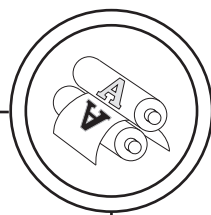


Рис. 6. Залежність стійкості до зношування від рівня блиску картону

го нанесення фольги та стійкості до зношування від рівня блиску картону. На рис. 6 продемонстровано слабку пряму залежність, яку порушує зразок № 4 Plike через особливості поверхні з ефектом soft touch, адже матеріал належить до матових, при цьому маючи дуже низьку шорсткість (1,5 мкм). На графіку залежності стійкості до зношування від шорсткості не виявлено закономірностей.

Кут змочування є найбільш впливовим параметром, який визначає якість нанесення фоль-

ги. Виявлено явну пряму залежність якості фольгування від кута змочування, при чому кут змочування 65–85° є оптимальним, а гідрофобні матеріали з кутом змочування більше 90° вірогідно демонструватимуть незадовільну якість тиснення. При куті змочування менше 70° варто також враховувати інші параметри поверхні, адже можлива надмірна всотуваність, що може значно знизити якість тиснення.

Також виявлена слабка пряма залежність стійкості до зношування від кута змочування. Це явище

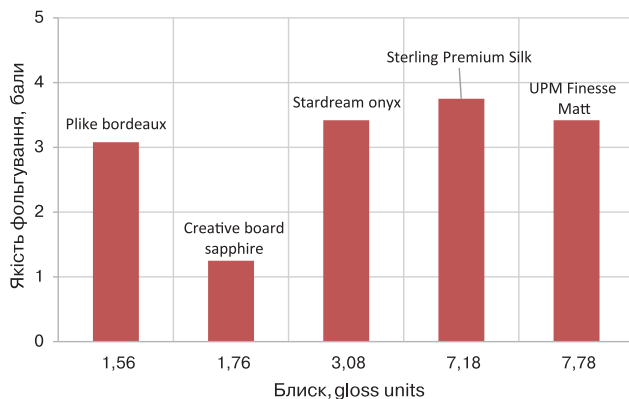


Рис. 7. Залежність якості фольгування від рівня блиску картону

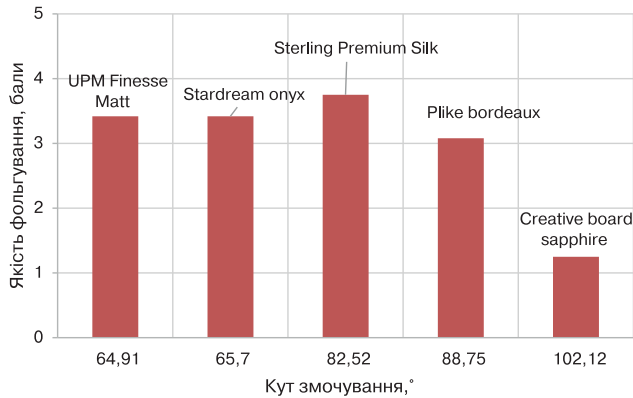
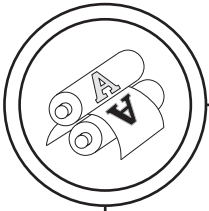


Рис. 8. Залежність якості фольгування від кута змочування картону

пояснюється тим, що гідрофобні поверхні створюють міцніше граничне зчеплення, а гідрофільні поверхні можуть поглинати вологу, послаблюючи адгезію з часом. Помірна ж гідрофобність забезпечує стабільність у різних умовах експлуатації.

На рис. 10 представлено фотографії зразка картону № 2 (Stardream onyx) із нанесеною фольгою до та після тесту на зношування тертям.

Графік залежності якості фольгування від швидкості припресування демонструє явну залежність, при якій якість зразків падає при

підвищенні швидкості, що спостерігається на всіх поверхнях досліджуваних зразків, окрім зразка № 1 Creative board, який має однакову оцінку на всіх трьох обраних режимах швидкості (рис. 11).

Для оцінки комплексного впливу структурних параметрів на якість фольгування проведено кореляційний аналіз (коефіцієнт Пірсона) між середнім балом якості для кожного зразка та значеннями щільності, шорсткості та кута змочування. Найсильніша статистично значуща кореляція виявлена між якістю фольгування та кутом змочування ($r = 0.92$,

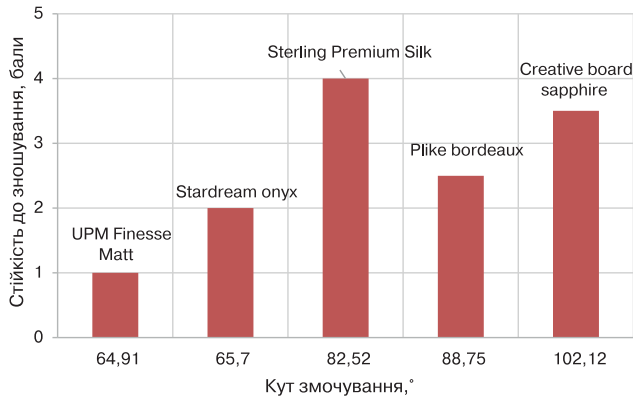


Рис. 9. Залежність стійкості до зношування від кута змочування картону

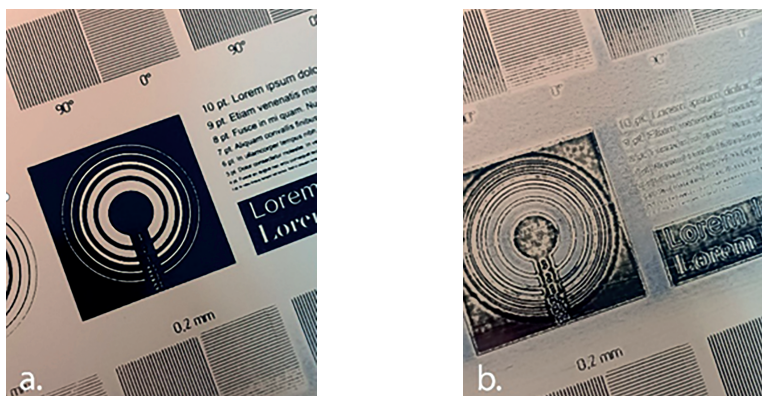
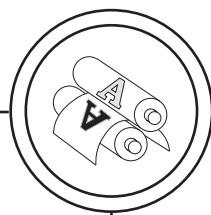


Рис. 10. Фотографії зразка картону № 2 (Stardream onyx) з нанесеною фольгою до та після випробування на механічну дію тертя: а — зразок до випробування; б — зразок після випробування

$p < 0.05$). Кореляція зі шорсткістю була середньою та оберненою ($r = -0.65$), а зі щільністю — слабкою та статистично незначущою. Це підтверджує, що кут змочування є ключовим, але не єдиним чинником, і на якість одночасно впливає комплекс характеристик.

Висновки

За результатами проведених досліджень найкращий результат за оцінкою якості фольгування показав картон № 3 Sterling Premium Silk, що має кут змочування $82,52^\circ$, помірну шорсткість,

помірну щільність та високий ступінь глянце, який свідчить про достатньо гладку структуру поверхні, яка однак має достатній мікрорельєф для закріплення тонеру і чіткого відтворення контурів та рівних плашок. Також цей картон показав найкращі результати в тестуванні на стійкість до зношування, отже, серед обраних зразків цей картон та матеріали з аналогічними показниками є найбільш пріоритетними для цифрового нанесення фольги.

Найгірший результат якості фольгування за результатом експертної оцінки показав картон

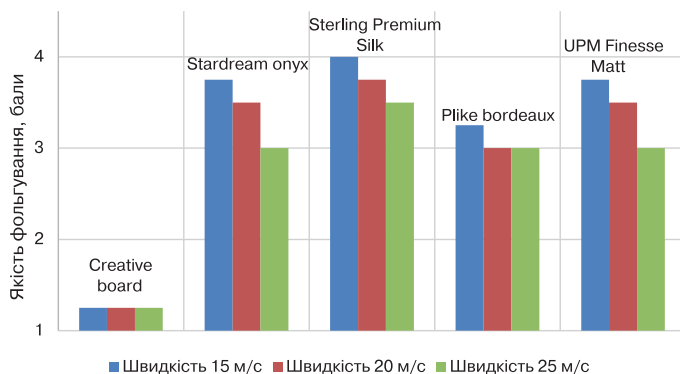
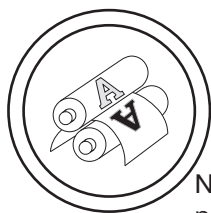


Рис. 11. Залежність якості фольгування від швидкості припресування



№ 1 Creative board, що характеризується найвищою шорсткістю, а також найбільшим кутом змочування (тобто, найбільшою гідрофобністю). Ці два ключові показники можуть слугувати індикаторами непридатності матеріалу для цифрового нанесення фольги.

Для крафтових та інших текстурованих картонів, популярних в екологічному пакуванні, де якість фольгування є критичною, рекомендується попередня обробка поверхні (наприклад, лаком або праймером) для зменшення шорсткості та корекції кута змочування до оптимального діапазону 65–85°. Альтернативою може бути використання інших технологій оздоблення, таких як конгревне тиснення без фарби або УФ-лакування. Незважаючи на високу стійкість до зношування, на основі оцінок якості відбитків, яка є значно нижчою порівняно з іншими видами картонів, не рекомендується використовувати для цифрового нанесення фольги на картон Creative board та аналогічні картони зі структурою типу крафтових картонів.

Під час проведення дослідження виявлено, що швидкість припресування відіграє важливу роль у якості відтворення графічних елементів дизайну: для чотирьох з п'яти досліджуваних картонів виявлено чітку закономірність падіння якості фольгування при підвищенні швидкості.

Найбільш впливовим параметром картону на якість фольгування є кут змочування поверхні,

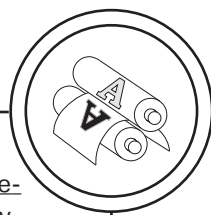
адже поверхнева енергія матеріалу визначає його взаємодію з тонером, який у цій технології тиснення є основою для фольги. Найбільш оптимальними є матеріали з кутом змочування поверхні 65–85°, що забезпечує достатнє закріплення тонера на матеріалі, але і не дає тонеру надмірно всотуватися в структуру картону.

При цифровому нанесенні фольги на дизайнерських картоних зі спеціальними ефектами потрібно враховувати, що більшість з них забезпечують стабільне відтворення ліній не тонше 0,3–0,2 мм, а також погано відтворюють тонкі елементи у виворітці, що потрібно враховувати при розробці дизайну пакувань. Особливо слід враховувати дані обмеження при розробці тексту і виборі шрифтів — високонтрастні шрифти невеликих кеглів та дрібний текст кеглем до 10–8 пт, як і тонкі лінії до 0,3 мм товщиною, не рекомендується використовувати у дизайні пакувань з таких картонів.

У цілому, використання дизайнерських картонів для пакувань з цифровим нанесенням фольги цілком можливе і здатне забезпечити достатньо високу якість, якщо матеріал має оптимальний кут змочування поверхні 65–85°, характеризується невисокою шорсткістю в межах 3,0–3,8 мкм, що також забезпечить достатньо високу стійкість фольгованих відбитків до механічних чинників, а також достатньо високою щільністю.

References/Список використаної літератури

1. Krishna, A. (2011). *Sensory Marketing*. Retrieved from <https://doi.org/10.4324/9780203892060> [in English].



2. *Foil transfer on toner*. HTWK Leipzig. Retrieved from <https://veredelungslexikon.htwk-leipzig.de/en/micrositeen/mainnavigation/finishing-by-joining/film-transfer/foil-transfer-on-toner> [in English].

3. Havenko, S., & Koniukhova, I. (2025). Research of the performance indicators of printing impressions on cardboard for packaging production. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(1(136)), 55–66. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.338268> [in English].

4. Khadzhyanova, S., & Havenko, S. (2025). Devising a procedure for examining the quality of prints of digital and offset printing on corrugated cardboard. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(1(101)), 81–89. doi:10.15587/1729-4061.2020.212075 [in English].

5. *SURFTEST SJ-201P: Portable Surface Roughness Tester. Operating instructions*. Mitutoyo Corporation. Retrieved from https://sites.bu.edu/yuweifan/files/2016/01/Mitutoyo_SJ-201P_Manual.pdf [in English].

6. *BGD-512S/BGD-515S: Economic glossmeter. Product specification*. Biuged (Gonoava). Retrieved from <https://www.gonoava.com/sl/product/bgd-512-s-economic-glossmeters/> [in English].

7. ISO 15989:2004. *Plastics — Film and sheeting — Measurement of water-contact angle of corona-treated films*. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/29046.html> [in English].

8. *MGI jetvarnish 3D evolution — spot UV embossing and hot foil stamping system — ryobi RMGT 970*. Ryobi RMGT 970. Retrieved from <https://rmgt970.com/product/mgi-jetvarnish-3d-evolution-spot-uv-embossing-and-hot-foil-stamping-system/> [in English].

9. *Standard practice for abrasion resistance of printed materials (Sutherland Rub Tester)*. ASTM D5264-98 (Reapproved 2019). Retrieved from <https://www.astm.org/d5264-98.html> [in English].

10. ISO 2493-1:2010. *Paper and board — Determination of bending resistance — Part 1: Constant rate of deflection*. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/51696.html> [in English].

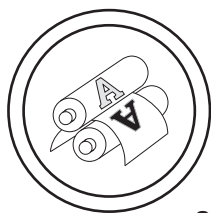
*Corresponding author: **Tetiana Klymenko**, Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, National Technical University of Ukraine ‘Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute’, tetiana.klymenko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7229-3995>.

Nadiia Talimonova, Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, National Technical University of Ukraine ‘Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute’, <https://orcid.org/0000-0001-7162-859X>.

Anna Bukhalenkova, master’s student, National Technical University of Ukraine ‘Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute’.

Influence of the Surface Structural Characteristics of Paperboard on the Quality of Digital Foil Application

The aim of this study is to investigate the regularities of the influence of the structural characteristics of designer paperboards on the quality of digital foil application.



Designer paperboards with different surface characteristics and a coated matte paperboard were selected for the study to compare the results. To analyze the surface structure of the paperboard, indicators that may affect the quality of foil stamping were chosen. Using appropriate laboratory equipment, the following structural parameters were determined: roughness, gloss, and contact angle.

To conduct the study of foiling quality, a test form was developed that included fine lines with thicknesses of 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, and 0.5 mm at angles of 0° and 90°; lines ranging from 0.1 to 3 mm in positive and reverse versions; text with font sizes from 3 to 10 points; two types of fonts — positive and reverse; as well as a halftone image for overall assessment of the reproduction of graphic elements.

Foil application was performed on an MGI Jetvarnish 3DS digital finishing machine for each of the studied samples under three different speed modes: 15 m/s, 20 m/s, and 25 m/s, at a temperature of 100° C.

Quality evaluation was carried out with the involvement of six experts, who assessed both the overall visual perception of the foiled image and its resistance to mechanical effects simulating wear. No differences were observed in the reproduction of lines at different angles, indicating the isotropy of the surface structure. It was also found that a sufficiently thick toner layer (from 36 μm) is required for proper reproduction of graphic elements with foil; at the same time, thin reverse elements tend to be partially or completely lost when foiled on such paperboards.

Graphs were constructed to illustrate the dependence of sample quality and wear resistance on the density, roughness, gloss level, and contact angle parameters of the studied paperboards.

The obtained results showed that the use of designer paperboards for packaging with digital foil application is entirely feasible and can ensure sufficiently high quality, provided the material has an optimal surface contact angle of 65–85°, is characterized by low roughness in the range of 3.0–3.8 μm (which also ensures high resistance of the foiled prints to mechanical factors), and has sufficiently high density.

Keywords: digital finishing; digital foiling; packaging; designer paperboard; foiling quality; digital printing.

Надійшла до редакції/Received: 03.12.25

Рецензія/Peer review: 17.12.25

Опубліковано/Printed: 30.12.25