

УДК 655.3.066.11+655.366 +676.026

ВПЛИВ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА СТРУКТУРИ ПАПЕРУ НА ЯКІСТЬ ФАЛЬЦЮВАННЯ ДРУКАРСЬКИХ ВІДБИТКІВ

С. Ф. Гавенко, В. Ц. Жидецький, М. С. Кадиляк

*Українська академія друкарства,
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна*

Розглянуто особливості фальцювання відбитків на крейдованих паперах, які належать до проблемних щодо утворення згину в поздовжньому та поперечному напрямках. Визначено вплив щільності, товщини, складу та структури паперу на якість фальцювання. На основі досліджень фізико-механічних властивостей паперів побудовано графічні залежності кривих розподілу деформацій при фальцюванні відбитків у поздовжньому та поперечному напрямках. За допомогою електронної мікроскопії досліджено зміну поверхневих шарів паперу в місцях згинів під час фальцювання.

Ключові слова: *фальцювання, папір з крейдованим покриттям, якість згинів, мікроскопія, структура відбитків.*

Постановка проблеми. Високої якості продукції досягають, дотримуючись певних технологічних вимог під час виконання операцій, зокрема фальцювання друкарських відбитків. За кількістю згинів розрізняють одно-, дво-, три- та чотиригінне фальцювання, в результаті чого відповідно утворюються 4-, 8-, 16- чи 32-сторінкові зошити. За взаємним розміщенням послідовних згинів фальцювання буває паралельне (кожен наступний згин паралельний попередньому), перпендикулярне (кожен наступний згин перпендикулярний попередньому) та комбінованим (частково паралельні згини, частково перпендикулярні). Двозгінне перпендикулярне фальцювання зазвичай використовується для паперових відбитків товщиною понад 120 мкм, а тригінне — для паперів завтовшки 90–120 мкм. Таке фальцювання буде якісним, якщо лінія останнього згину збігається з машинним напрямком волокон паперу. Чотиригінне фальцювання більш економне, оскільки наполовину зменшує обсяг фальцювання, але при цьому можливі зморшки на внутрішніх аркушах зошитів та нещільне прилягання корінцевих згинів, тому його рекомендують застосовувати для паперу завтовшки до 90 мкм.

Виготовлення взаємно перпендикулярних фальців досягається завдяки модульній побудові фальцювальних машин. Зазвичай один модуль здатний виконувати декілька паралельних фальців, і в результаті послідовного розташування декількох модулів один за одним, кожен з яких розміщений перпендикулярно до попереднього, вдається отримувати безліч взаємно перпендикулярних фальців на одному аркуші паперу.

Вибір оптимального варіанта фальцювання дуже важливий, зазвичай він вирішується на рівні дизайну конструкції майбутнього видання. Фальцювальні машини можуть мати ножовий, касетний або комбінований принцип дії, коли перші модулі касетні, а останній — ножовий. Перевагами такого рішення, крім підвищення продуктивності, є збільшення варіантів фальцювання, краща ефективність роботи з папером будь-якої довжини. У спеціалізованих фальцювальних лініях для випуску рекламно-комерційної продукції додатково застосовується порівняно новий спосіб — плуговий. Так звані плуг-фальц використовують під час друкування на рулонних машинах [1–5].

Незалежно від побудови фальцювального устаткування, до нього висувають певні вимоги: фальц повинен бути рівним, без заломів і зморшок, розташовуватися точно по місцю, не порушувати послідовності сторінок, задруковані аркуші не мають відмарюватися. Фальцапарат повинен працювати з паперами різної щільності, товщини і складу, мати можливість додаткової обробки щільних паперів у разі потреби перпендикулярного фальцювання. Важливою є якість затягування фальців, яка характеризується щільністю обтискування згинів у валиках фальцювального апарата. Обов'язковими є шумопоглинальні кожухи, а також зручний пульт управління.

На відміну від касетного фальцювання, в ножовій фальцювальній секції міститься тільки один фальцювальний апарат з ножем і системою транспортування аркуша. Для кожного подальшого згину потрібна окрема фальцювальна секція. Аркуші, що фальцюються, переміщуються від секції до секції по стрічкових транспортерах.

Фальцювальний апарат у касетних машинах складається з касети і трьох валиків, які одночасно виконують роль транспортуючих і безпосередньо фальцювальних. Коли передній край аркуша (А) доходять до упору (Б), валики, що подають аркуш, продовжують обертатися. У результаті аркуш згинається в тій частині, яка не увійшла до касети, утворюючи петлю (В), яка збільшується настільки, що опускається вниз (Г) і захоплюється парою розташованих по горизонталі фальцювальних валиків, один з яких підпружинений. Унаслідок обтискування петлі валиками утворюється згин (Д) аркуша (рис. 1).

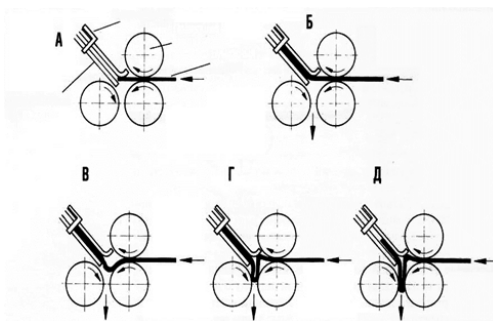


Рис. 1. Схема утворення згину під час фальцювання відбитків у касетній секції фальцмашини

На точність утворення фальцю впливає ряд факторів, зокрема величина зазору між фальцювальними валиками, швидкість обертання цих валиків і транспортувальних роликів, а також характеристики паперів. Папери з великою кількістю наповнювачів деформуються в касеті сильніше, ніж такі, що не містять наповнювачів. Це призводить до різних дефектів у процесі фальцювання. Проблемним є багаторазове фальцювання тонких та високограматурних видів паперу. На рис. 2 зображено види можливих дефектів, пов'язані з характеристиками паперу, які можуть виникати під час фальцювання відбитків [6–9].

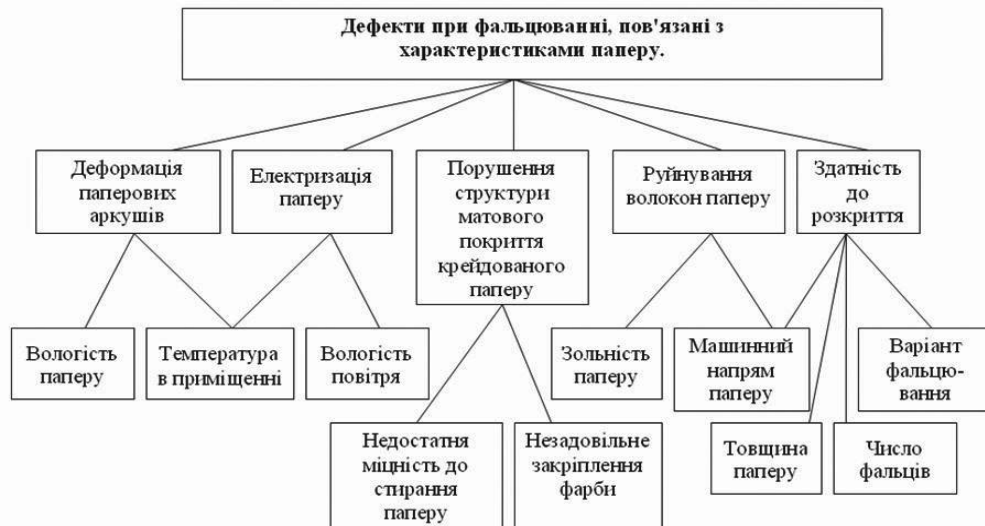


Рис. 2. Класифікація можливих дефектів під час фальцювання відбитків

Як видно, якість фальцювання безпосередньо залежить від таких чинників, як товщина, щільність, зольність, вологість, поперечний і машинний напрям паперу, кількість згинів і варіанти фальцювання. Тому актуальними є дослідження впливу характеристик паперу на якість фальцювання відбитків.

Мета статті — виявлення впливу характеристик паперу на якість фальцювання друкарських відбитків.

Об'єкти і методи досліджень. Об'єктами досліджень є друкарські відбитки, виготовлені на крейдованих паперах, характеристика яких подана в табл. 1.

Ці відбитки підлягали фальцюванню в поздовжньому і поперечному напрямках і є проблемними щодо утворення згину. Фальцювання здійснювалося на комбінованій машині Stalholder KN 66.6 фірми «Heidelberg».

Фізико-механічні властивості паперу визначалися на еластомірі конструкції професора Я. І. Чехмана за такою методикою. На рекламних буклетах були вибрані три точки:

I точка — на місці утворення згину;

II точка — на відстані 10 мм від місця згину;

III точка — на відстані 100 мм від місця згину.

Таблиця 1

Характеристики паперів

№п/п	Вид паперу, марка	Граматура, (ISO 536) г/м ²	Шорсткість PPS(ISO8791- 4), мкм	Глянець TAPPI 75°(ISO 8254-1), %
1	чистоцелюлозний матовий папір, Prifisilk	115	2,5	18
2	чистоцелюлозний матовий папір Royal Roto Silk	115	2,5	24
3	чистоцелюлозний матовий багаторазового крейдування Lumi Silk	115	2	30
4	крейдований чистоцелюлозний глянцекий UPM Finesse Premium Silk	115	1,8	44
5	крейдований чистоцелюлозний глянцекий Recumago	115	1,6	46

У кожній точці заміряна товщина паперу (b) без навантаження. За допомогою еластоміра визначали абсолютну деформацію (Δb) під навантаженнями $\sigma = 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3$ і 4 МПа. Цим навантаженням відповідають шайби з відповідною масою. За відомою формулою знаходимо відносну деформацію паперу.

Опір згину є емпіричним випробуванням, що має на меті визначити кількість згинів, які витримує папір, перш ніж його міцність на розрив стане нижчою за стандартну величину, що дорівнює 1 кг.

Визначення міцності паперу на згин здійснювали на фальцері, визначаючи кількість подвійних перегинів паперу в машинному і поперечному напрямках згідно з ДСТУ 3369-96.

Спектроскопічні дослідження зміни структури паперових відбитків після багаторазових згинів проводили на стереоскопічному мікроскопі Olympus SZ-11 з цифровою камерою Camedia з роздільною здатністю 3 мегапікселі зі збільшенням у 125 разів.

Результати дослідження фізико-механічних характеристик паперу були представлені числовими значеннями відносного ϵ і абсолютного видовження Δb , які виражають відносну й абсолютну деформації досліджуваних взірців паперу під час фальцювання в поздовжньому і поперечному напрямках, на основі яких були побудовані залежності кривих розподілу деформації паперу (рис. 3).

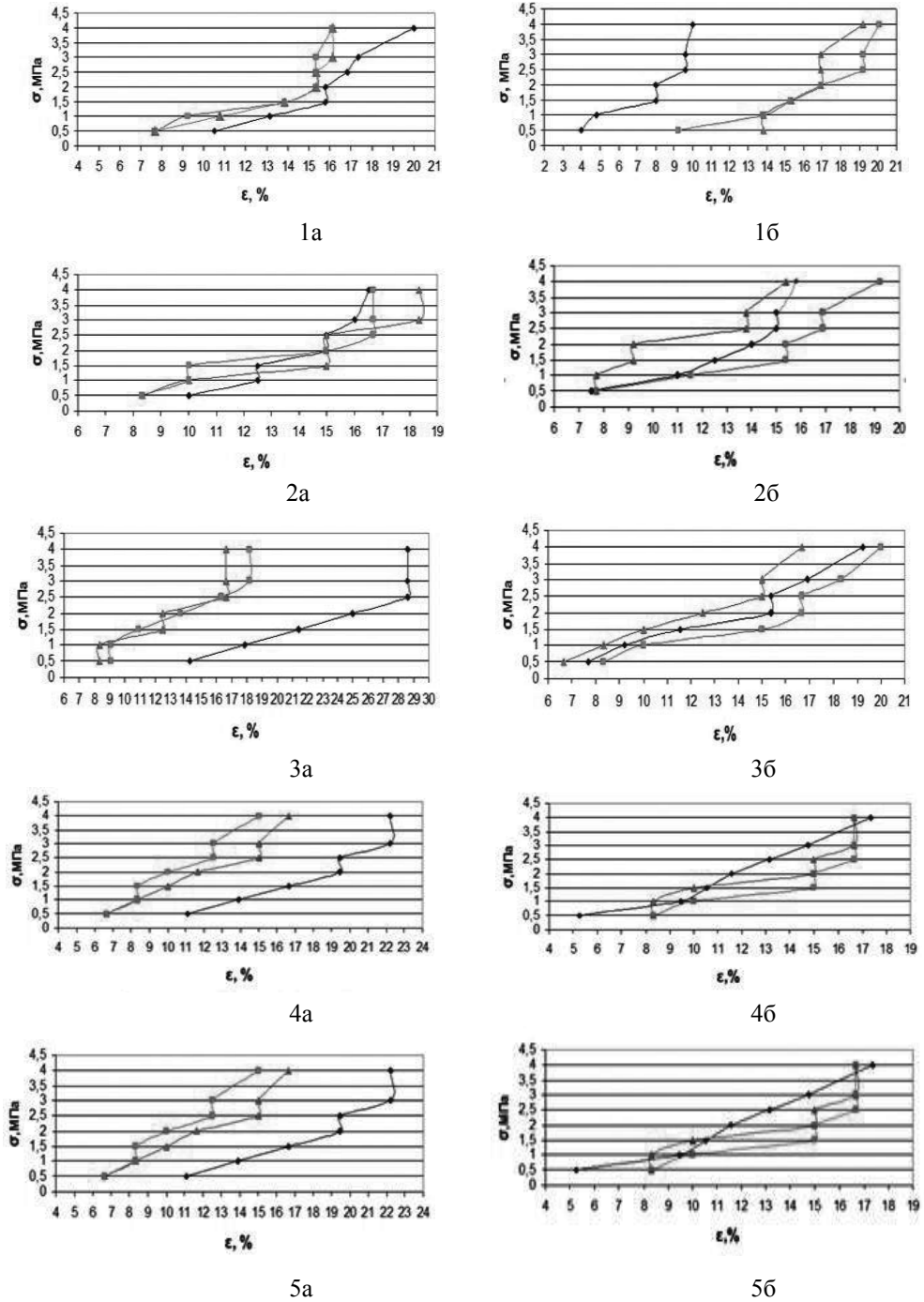


Рис. 3. Криві розподілу деформацій для паперів таких марок: Prifisilk (1), Royal Roto Silk (2), Lumi Silk (3); UPM Finesse Premium Silk (4); Recymago (5) сфальцьованих у поздовжньому (а) і поперечному (б) напрямках

Аналіз кривих розподілу деформацій паперу Prifisilk показує, що деформація паперових відбитків зі збільшенням навантаження зростає у двох напрямках, причому в поздовжньому напрямі (1а) при навантаженні від 0,5 до 4 МПа (в точці згину) відносна деформація збільшується від 10,5 до 20,5 % і в поперечному (1б) напрямку відповідно — з 4 % до 10,3 %. У точках (віддалених на 100 мм) у поздовжньому напрямку відносна деформація паперового відбитка на 4 % менша, ніж у поперечному при максимальному навантаженні (рис. 3).

Відносна деформація при максимальному навантаженні в точці згину для паперу Royal Roto Silk незначно відрізняється у двох напрямках і становить відповідно 16,3 % (поздовжній напрямок — 2а) і 16,0 % (поперечний напрямок — 2б). У точках, віддалених від лінії згину, відносна деформація при навантаженні від 0,5 до 4 МПа зростає в поздовжньому напрямку з 8,2 до 18,5 %, а в поперечному — з 7,5 до 19,6 % (рис. 3).

Аналіз графічних залежностей, зображених на рис. 3, показує, що криві розподілу деформації для досліджуваних взірців рекламного буклета мають подібний характер, проте в поздовжньому і поперечному напрямках величини цих деформацій відрізняються, що узгоджується з теоретичними дослідженнями. Так, для взірців, сфальцьованих у поздовжньому напрямку, максимальна величина деформації по лінії утворення згину є значно більшою, ніж для взірців, сфальцьованих у поперечному напрямку. Зазвичай опір зламу в поздовжньому напрямку вищий за опір згину в поперечному напрямку, хоча іноді спостерігається і зворотнє явище [3]. Той факт, що попри зазвичай вищий опір розриву в поздовжньому напрямку, опір зламу в поперечному напрямку іноді наближається або навіть перевищує опір зламу в поздовжньому напрямку, показує, що при випробуванні на злам впливає структура паперу. Наприклад, для першого взірця в поздовжньому напрямку значення опору зламу становить 20 %, тоді як у поперечному — лише 10 %.

За середнім значенням величини відносної деформації у місцях згину досліджувані взірці можна розмістити в такі ряди:

номер зразка	4	5	3	1	2
<i>поздовжній напрямок паперу:</i>					
значення ϵ , %	28,6	22,2	22,1	20	16,5
<i>поперечний напрямок паперу:</i>					
значення ϵ , %	19,3	17,4	16,8	15,6	14,2

Проведені дослідження стійкості паперів до подвійних перегинів показали, що найстійкішим до згинання є папір 5 (30 згинів у поперечному напрямку і 32 — у поздовжньому), папір 4 витримує 34 згини у поперечному напрямку і 36 згинів у поздовжньому. Найслабшим виявився папір 2 (26 згинів у поперечному і 24 згини в поздовжньому напрямку) і папір 1, який витримує 18 згинів у поперечному і 14 згинів у поздовжньому напрямку; папір 3 займає проміжне місце (витримує 29 згинів у поперечному і 27 згинів у поздовжньому напрямку).

Аналіз отриманих мікрофотографій (рис. 4) показує зміну структури паперу 1 марки Prifisilk, якщо розглядати з торця згину. Як бачимо, в поперечному на-

прямі (1a) приповерхневі шари крейдяного покриття паперу повністю зруйновані, тоді як у поздовжньому напрямі (1б) відбуваються тільки деформації паперу без руйнування. За структурою волокна являють собою комплекс молекул, розміщених хаотично або орієнтованих уздовж волокна. Залежно від того, якої довжини молекули та як вони розміщені у волокну, властивості волокон будуть різні. Молекули натуральних волокон орієнтовані вздовж осі волокна. У паперу Prifisilk макромолекули целюлози лінійної структури частково розміщені паралельно до осі волокон, значна частина їх розташована під різними кутами до неї. Такі молекули утримуються одна біля одної міжмолекулярними силами, які діють у поперечному напрямку.

Помітне значне руйнування структури паперу 2 марки Royal Roto Silk, сфальцьованого в поперечному напрямку (2б), у місці утворення фальцю при розгляді збоку (рис. 4). Чітко видно елементи наповнювачів паперу, незв'язані з волокнами целюлози, тоді як у поздовжньому напрямку (2a) цей папір підлягає меншому руйнуванню, спостерігається незначне вищипування волокон паперу.

Аналіз мікрофотографій сфальцьованих згинів паперу 3 марки Lumi Silk показує майже однакове руйнування як в поперечному (3б), так і в поздовжньому (3a) напрямках. Значно менше руйнування приповерхневих шарів спостерігається у папері 4 марки UPM Finesse Premium Silk — і в поперечному (4б), і в поздовжньому (4a) напрямках, що узгоджується з їхніми фізико-механічними дослідженнями (рис. 4).

У паперу 5 деформуванню під час фальцювання піддався лише верхній шар з незначним вищипуванням, тоді як нижні шари при згинанні не руйнуються (рис. 4a і б). Папір марки Resumatgo (5) має більшу пористість, ніж 4, тому при згинанні на мікрофотографіях чітко видніються переплетіння зруйнованих волокон целюлози.

Матовий папір сьогодні дедалі частіше використовується для виготовлення високоякісної поліграфічної продукції. Проте його фальцювання спричиняє деякі технологічні труднощі через не завжди достатню міцність до згинання паперу, що виявляється у відшаруванні частинок пігментного покриття разом із фарбою. Причина браку може бути зумовлена порушенням структури крейдованого покриття, яке створює ефект матовості в результаті дифузного розсіяння світла, що підтверджується електронною мікроскопією (рис. 4). Що шорсткіша поверхня і більше абразиву застосовується в матовому покритті, то збільшується тенденція до стирання фарби на відбитку під час фальцювання. Крейдований глянцевиий папір, який відрізняється високим блиском, має захищенішу до стирання поверхню з характерною плоско-паралельною орієнтацією пігментних частинок, тоді як на поверхні матового паперу орієнтація цих частинок виражена більш тривимірно. Водночас матовий папір може бути машинної гладкості та каландрований. Додатково оброблений спеціальним каландром матовий папір менше схильний до стирання, оскільки при цьому частинки пігменту згладжуються і краще зчіплюються з поверхнею паперу. В процесі фальцювання під час багаторазового згинання такий папір менше стирається і ймовірність утворення оголених з відшаруваннями ділянок, відповідно, дещо зменшується.

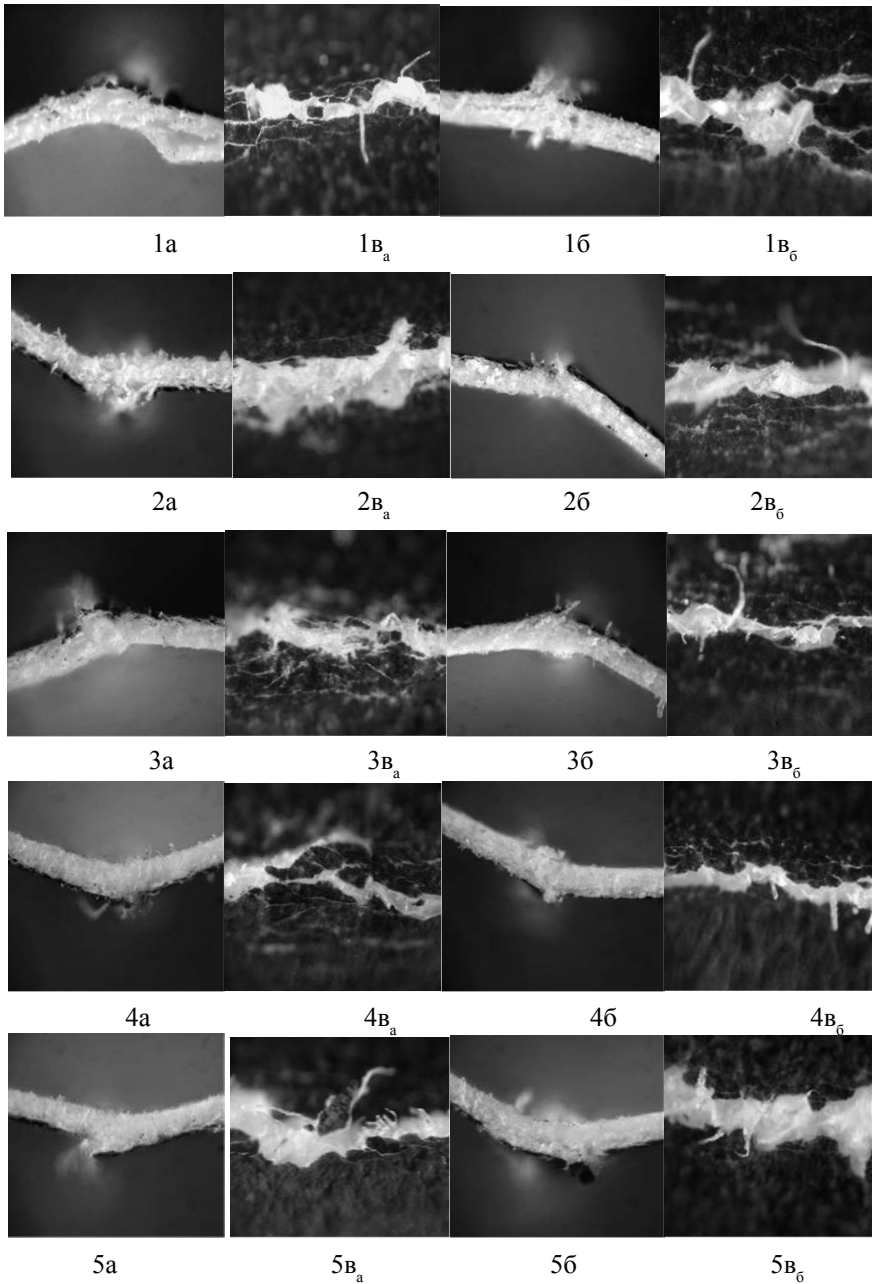


Рис. 4. Мікроструктура торця сфальцьованого згину паперу таких марок: Prifisilk (1), Royal Roto Silk (2), Lumi Silk (3), UPM Finesse Premium Silk (4); Resumago (5): а) поперечний напрямок; б) поздовжній напрямок; b_a і b_b — зруйнована поверхня зображення на відбитку в місці згину після фальцювання

У зв'язку з тим, що під час фальцювання відбитки з крейдованих сортів паперу завжди піддаються достатньо великому навантаженню на стирання, в екстремальних ситуаціях допомагає тільки нанесення захисного лакового покриття.

Висновки. Досліджено, що на якість фальцювання значно впливають фізико-механічні характеристики паперу, виражені абсолютним і відносним видовженням у поздовжньому та поперечному напрямках. Встановлено, що найстійкішим до деформації як в поздовжньому, так і в поперечному напрямках є папір 4 марки UPM Finesse Premium Silk (для поздовжнього $\varepsilon = 28,6\%$, для поперечного $\varepsilon = 19,3\%$); найслабшим — папір 2 марки Royal Roto Silk (у поздовжньому — $\varepsilon = 16,5\%$, в поперечному — $14,2\%$), що, очевидно, пояснюється наявністю крейдованого матового покриття, яке легко відшаровується під час фальцювання. Аналіз стійкості відбитків до подвійних перегинів показав, що найслабшим є папір 1 (Prifisilk), а найстійкішим — папір 4 (UPM Finesse Premium Silk) — у поздовжньому та поперечному напрямках. Електронно-мікроскопічні дослідження підтвердили зміни структури досліджуваних крейдованих паперів під час фальцювання як у поздовжньому, так і в поперечному напрямках.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Практика фальцювки: от спуска полос до готовой продукции. Фальцевальные системы HEIDELBERG Finishing : учеб. пособ. / [Карпенко В. С., Шостачук Ю. А., Гебхардт В. и др.]. — Киев : Изд-во «Техника», 2001. — 240 с.
2. Поліграфія та видавнича справа : рос.-укр. тлумачний слов. / уклад.: Б. В. Дурняк, О. В. Мельников, О. М. Василишин, О. Г. Дячок. — Львів : Афіша, 2002. — 456 с.
3. Гавенко С. Ф. Конструкція книги : навч. посіб. для студ. полігр. спец. вищ. навч. закл. / С. Гавенко, Л. Кулік, М. Мартинюк. — Львів : Фенікс, 1999. — 134 с.
4. Хведчин Ю. Й. Брошурувально-палітурне устаткування : підруч. : у 2 ч. / Ю. Й. Хведчин. — Львів : Укр. акад. друкарства, 2007. — Ч. 2 : Палітурне устаткування. — 392 с.
5. Alfred Furber Falzen in der Praxis. STAHL GMBH&CO. — Ludwigburg — Neckarweihiugen, 1983. — 158 p.
6. Маїк В. З. Технологія брошурувально-палітурних процесів : підруч. / В. З. Маїк. — Львів, 2011. — 488 с.
7. Воробьев Д. В. Технология послепечатных процессов / Д. В. Воробьев. — М. : МГУП, 2000. — 392 с.
8. Фляте Д. Свойства бумаги / Д. Фляте. — 2-ое изд., доп. — М. : Лесная пром-сть, 1986. — 680 с.
9. Анісімова С. В. Лабораторний практикум з поліграфічного матеріалознавства : навч. посіб. / С. В. Анісімова, Л. М. Олексій, З. Г. Токарчик; ред. В. В. Шибанов. — Л. : Афіша, 2001. — 179 с.

REFERENCES

1. Karpenko, V. S., Shostachuk, Yu. A., & Gebhardt, V. et al. (2001). Praktika faltsovki: ot spуска polos do gotovoy produktsii. Faltsevalnyie sistemy HEIDELBERG Finishing. Kiev: Izd-vo «Tehnika» (in Russian).

2. Durniak, B. V., Melnykov, O. V., Vasylyshyn, O. M., & Diachok, O. H. (2002). Polihrafiia ta vydavnycha sprava: ros.-ukr. tlumachnyi slov. Lviv: Afisha (in Ukrainian).
3. Havenko, S. F., Kulik, L., & Martyniuk, M. (1999). Konstruktsiia knyhy. Lviv: Feniks (in Ukrainian).
4. Khvedchyn, Yu. Y. (2007). Paliturne ustatkuvannia. V. 2. Broshuruvalno-paliturne ustatkuvannia (Vols. 1–2; Vol. 2). Lviv: Ukr. akad. drukarstva (in Ukrainian).
5. Alfred Furber Falzen in der Praxis (1983). STAHL GMBH&CO, Ludwigburg – Neckarweihiugen (in English).
6. Maik, V. Z. (2011). Tekhnolohiia broshuruvalno-paliturnykh protsesiv. Lviv: Ukr. akad. drukarstva (in Ukrainian).
7. Vorobev, D. V. (2000). Tehnologiya poslepechatnyih protsesov. Moscow: MGUP (in Russian).
8. Flyate, D. (1986). Svoystva bumagi (2nd ed.). Moscow: Lesnaya prom-st (in Russian).
9. Anisimova, S. V., Oleksii, L. M., & Tokarchyk, Z. H. (2001). Laboratornyi praktykum z polihrafichnoho materialoznavstva. V. V. Shybanov (Ed.). Lviv: Afisha (in Ukrainian).

INFLUENCE OF PAPER FEATURES AND STRUCTURE ON QUALITY OF PRINTING IMPRINTS FOLDING

S. F. Havenko, V. Ts. Zhydetskyi, M. S. Kadyliak

*Ukrainian Academy of Printing,
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine
havenko@point.lviv.ua*

Peculiarities of imprints folding on coated papers, which are considered problematic because of the complications while bend formation in the longitudinal and transverse directions have been studied. The influence of density, thickness, paper composition and structure on the quality of paper folding has been determined. Based on the research of paper physical and mechanical properties, graphic dependences of strain distribution curves while folding of imprints in the longitudinal and transverse directions have been designed. With the help of the electron microscopy, changes of the surface paper layers in the places of bending while folding have been researched.

Keywords: *folding, coated paper, bending quality, microscopy, imprints structure.*

Стаття надійшла до редакції 16.06.2016.

Received 16.06.2016.