



УДК 655.3.06

DOI: 10.20535/2077-7264.4(74).2021.258285

© Т. Ю. Киричок, д-р техн. наук, проф., О. В. Коротенко,
канд. техн. наук, старш. викл., В. А. Баглай, асп.,
КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

**ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ДРУКУВАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ
ФОРМ ІНТАГЛІОДРУКУ, ОТРИМАНИХ
ПРЯМИМ ЛАЗЕРНИМ ГРАВІЮВАННЯМ,
НА ГРАФІЧНУ ТА ГРАДАЦІЙНУ ТОЧНІСТЬ ВІДБИТКІВ**

Досліджено залежність коефіцієнта втрати товщини фарбового шару, коефіцієнта розтікання фарби, показника шприцювання при фарбоперенесенні у інтагліо друці. У результаті проведених досліджень наведено рекомендації з підбору геометричних параметрів гравійованих елементів форми інтагліо друку.

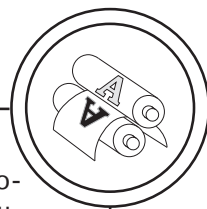
Ключові слова: інтагліодрук; пряме лазерне гравіювання; друкувальні елементи; гравійовані штрихи; графічна точність відбитків; градаційна точність відбитків.

Постановка проблеми

Інтагліо друк є одним з основних технологій захисту і використовується лише для виготовлення цінних паперів та документів суворого обліку в усьому світі. Особливість цього методу друку полягає в можливості формування штрихів з різною товщиною фарбового шару при застосуванні гравійованих друкарських форм. Зважаючи на поширеність цього методу захисту у світі та для забезпечення неможливості фальсифікації, технологія інтагліо друку постійно розвивається [1]. Зокрема, спостерігається тенденція переходу виробництв від традиційних методів виготовлення друкарських форм до використання більш сучасних, таких як пряме лазерне гравіювання

(DLE — Direct Laser Engraving), при якому гравіювання пластини може бути здійснено автоматизовано запрограмованим гравіювальним інструментом — лазерним променем, який потрапляє безпосередньо на поверхню пластини і поступово крок за кроком за шаблоном здійснює гравіювання в конкретних місцях друкарської форми шар за шаром [2].

Аналіз робіт науковців [3, 4] підтверджує прямий вплив параметрів друкарської форми інтагліо друку на якість отриманих відбитків, зокрема на їх графічну та градаційну точність. Тому визначення якості відтворення гравійованих штрихів та виявлення закономірностей формування фарбового шару та його залежностей



від параметрів друкарських форм, виготовлених за технологією DLE, є актуальним науково-технічним завданням, вирішення якого забезпечить надання певних наукових рекомендацій з технологічного процесу виготовлення DLE форм.

Аналіз попередніх досліджень

Серед великої кількості показників якості поліграфічної продукції, важливо виокремити ті, які характерні саме для інтаглію друку. Графічна точність — це пропорційність розмірів та ідентичність положення та конфігурації елементів зображення на відбитку та оригіналі, градаційна точність — пропорційність оптичної щільності одних і тих же деталей зображень відбитка і оригіналу [5]. У даній роботі під поняттям «оригінал» розуміється отримана геометрія гравійованих елементів друкарської форми. Специфічність утворюваного зображення методом інтаглію друку полягає у тому, що півтоновість отримується штриховими елементами різної ширини та різної товщини фарбового шару [6]. Тому у інтаглію друці поняття графічної точності визначається збереженням ширини штрихів, їх цілісності та чіткості країв, а поняття градаційної точності визначається рівномірністю передачі фарбового шару по товщині, що відповідає заданим геометричним параметрам друкарської форми.

Найбільш характерним видом спотворень в металографічному друці є утворення ореолу — фільтрування пігменту фарби за межі штриха, що визначається як показник шприцювання. Дане яви-

ще фахівці оцінюють неоднозначно — і як ознаку автентичності (захисну ознаку), і як брак [7]. Візуально дане явище може збільшувати ширину штрихів порівняно із шириною гравійованих елементів друкарської форми.

Товщина фарбового шару безпосередньо пов'язана із об'ємом гравійованих друкувальних елементів форми [8]. Однак певні технологічні особливості процесу друкування можуть спричинювати неповне вилучення фарби із друкувальних елементів форми, тому їх об'єм не є єдиним засобом корегування кількості перенесеної фарби на папір.

Співвідношення фарби, вилученої із друкувальних елементів форми, до її загального обсягу у друкувальних елементах визначається як коефіцієнт фарбовіддачі. Даний коефіцієнт залежить від співвідношення основних розмірів гравійованих друкувальних елементів — відношення глибини гравіювання до ширини [9].

Існує багато факторів, які впливають на якість утворюваного фарбового шару при інтаглію друці. Закордонні вчені визнають параметри гравійованих елементів друкарської форми, як одні з найбільш впливових факторів [3, 4, 8, 10, 11].

Використання технології DLE має ряд переваг, таких як: можливість виконання чітких, дуже тонких (до ~5–10 мкм) та дуже глибоких (до ~100–120 мкм) (глибина обмежена товщиною пластини) [12] гравійованих елементів; варіювання форми гравіювальних елементів та її мікрогеометричних параметрів з метою підвищення показників фарбосприйняття та фарбовіддачі фор-



ми [13]; можливість отримання спеціальних ефектів (багатошарових гравюр), що визначає профіль фарбових пігментів на відбитку, таким чином утворюючи спеціальні ефекти (паралакс, дифракційні ефекти при використанні металізованих блискучих фарб, оптично-змінних зображень [1, 14]; можливість задруковування банкнот «до країв», що є дуже важливою перевагою технології з точки зору органолептичного контролю відбитків для людей із обмеженими можливостями зору; менш часозатратний та трудомісткий процес і дозволяє здійснювати швидко корекцію можливих дефектів, що виникають [15].

Однак роботи [16–18] засвідчують про існування негативних факторів, таких як: зниження тиражостійкості друкарських форм через відшарування захисного нітрид-хромового покриття та невідповідність отриманих друкувальних елементів форми запроектованим параметрам профілю. У цьому відношенні значущими факторами є параметри друкувальних елементів форми інтагліодруку, зокрема ширина та глибина друкувальних елементів. Зважаючи на це, особливу увагу варто приділити дослідженню параметрів друкарської форми з метою уможливлення цілеспрямованої корекції вихідних показників якості формування фарбового шару на відбитках, зокрема їх графічної та градаційної точності, на етапі виготовлення друкарської форми при застосуванні DLE технології.

Мета роботи

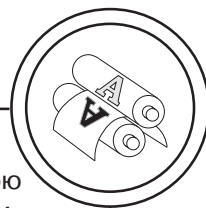
Встановити взаємозв'язок якості відтворення запроектова-

ного профілю гравійованих штрихів форм інтагліодруку, отриманих прямим лазерним гравіюванням з подальшим нанесенням захисного покриття нітриду хрому напиленням, графічної та градаційної точності відбитків інтагліодруку, виготовлених із застосуванням цих форм.

Результати проведених досліджень

Виготовлення дослідних зразків здійснено фахівцями Банкнотно-монетного двору Національного банку України за допомогою чотирифарбової аркушевої друкарської машини De La Rue Giori S.A. Super-Orlof-Intaglio. Модельну форму запроектовано і виготовлено з використанням системи прямого лазерного гравіювання Jura JSP Direct Laser Engraver (тип лазера — неодимовий (Nd: YAG, алюмо-іттриєвий гранат легований іонами неодиму); довжина хвилі 1064 нм; потужність 1,77 кВт; матеріал пластини — латунь; товщина пластини 0,977–1,032 мм; область гравіювання — 54×54 мм. Для проведення досліджень на латунній пластині із використанням режиму лазерного гравіювання H3H (видаляє шар товщиною 8 мкм за прохід) вигравіювано друкувальні елементи з різною геометрією та співвідношеннями сторін поперечних профілів (табл. 1).

Із зазначених ділянок відповідно до стандартних методик підготовлено металографічні шліфи перпендикулярно до площини пластини і гравійованих штрихів. Одержані в такий спосіб зразки досліджено за допомогою фотомікроскопа віддзеркаленого світла Neophot-32, який дає



Таблиця 1
Опис досліджуваних зразків

№	Параметри, що були задані при виготовленні форми		
	Ширина штриха, мкм	Глибина штриха, мкм	Кут грані штриха, град.
1	50	60	90
2	90	60	90
3	140	60	90
4	300	80	90

можливість досліджувати травлені та нетравлені мікрошліфи, фотографувати їх зі збільшенням до $\times 1000$ [19–21].

Як зазначалося вище, в інтаглію друці поняття графічної точності визначається збереженням ширини та чіткості надрукованих штрихів. Ширина надрукованих штрихів визначається за допомогою програмного забезпечення монокулярного цифрового мікроскопа МОЦ–45 Мікротех при збільшенні $45\times$ із системою візуалізації Micam у відбитому та пропускнуому світлі.

На основі значень ширини штрихів визначається показник розтікання фарби k_w :

$$k_w = (W_{\text{print}} - W_{\text{plate}}) / W_{\text{plate}} \cdot 100 \%, \quad (1.1)$$

де W_{plate} — ширина гравіювання штрихів друкарської форми, W_{print} — середнє значення ширини надрукованих штрихів.

Чіткість надрукованих штрихів оцінюється за допомогою показника шприцювання N_H , який визначається як середнє арифметичне значення кількості «вусиків», що виходять за межі де-

сяти типових штрихів довжиною 10000 мкм (1 см) для кожного виду зразків [22].

Методологія визначення товщини фарбового шару та дослідження її залежності від змінних факторів технологічного процесу інтаглію друку базується на профілометричному аналізі відбитків із застосуванням профілометра моделі 296 [23, 24]. На основі значень товщини фарбового шару металографічного друку R_{int} визначається коефіцієнт втрати товщини фарбового шару k_r у відношенні до глибини гравіювання друкарської форми D_{plate} :

$$k_r = (D_{\text{plate}} - R_{\text{int}}) / D_{\text{plate}} \cdot 100 \%. \quad (1.2)$$

Великі значення цього показника негативно впливають на градаційну точність відбитків, що порушується через нерівномірність фарбових шарів на відбитку, а також на економічність процесу — знижується його матеріал- та енергоефективність.

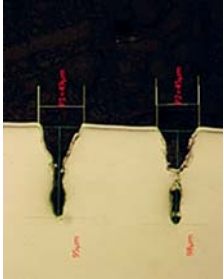

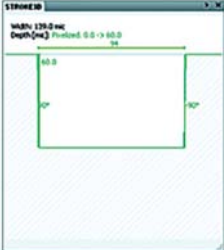
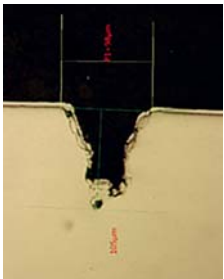
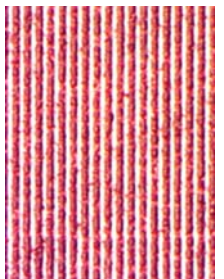
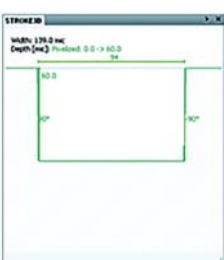
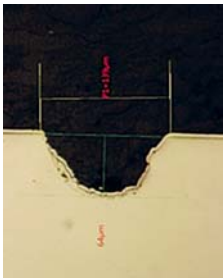
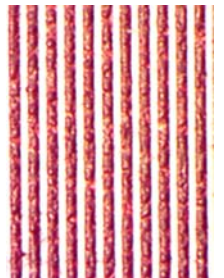
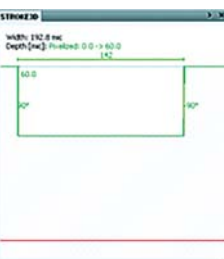
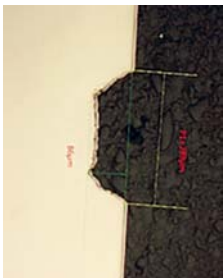
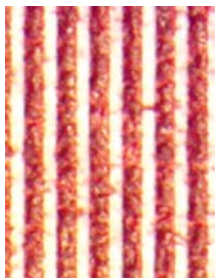

Таким чином, вивчення мікрошліфів (табл. 2) показало, що всі гравіювані штрихи зразка мають відхилення від заданого геометричного профілю. Зокрема, нахил стінки штриха 90° зменшується до 60° – 75° . Крім того, дно друкувальних елементів має суттєві нерівності, що сприяє погіршенню адгезії захисного PVD покриття: спостерігається суттєве відшарування захисного покриття.

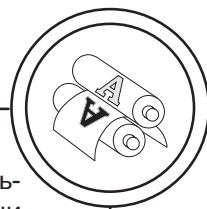
Дослідження мікрофотографій поверхні дна друкувальних елементів показало, що нерівності мають регулярний характер, що спричинено особливостями лазерного оброблення поверхні [25].



Таблиця 2

Візуалізація отриманих гравійованих та надрукованих штрихів

№	Заданий профіль друкувального елемента та його параметри			Фактично отримані профілі друкувального елемента (×200)	Фактично отримані надруковані штрихи (×20)
	Глибина, МКМ	Ширина, МКМ	K_{cell}		
1	60	50	1,2		
					
2	60	90	0,7		
					
3	60	140	0,4		
					
4	80	300	0,2		
					



Досить важливу роль у формуванні профілю друкувального елемента відіграє співвідношення його сторін k_{cell} — коефіцієнт відношення глибини до ширини гравійованих штрихів. Помічено, що якщо значення глибини друкувальних елементів досягає або перевищує значення їх ширини, то запроєктований прямокутний профіль штриха перетворюється у трикутний, а також відбувається додаткове пропалювання пластини лазером, спричинюючи неякісне збільшення глибини штриха. Це явище є негативним з точки зору тиражостійкісних характеристик форми, а також фарбоємності і фарбопереносу фарби. У той же час збільшення ширини і зменшення глибини друкувальних елементів сприяє більш якіснішому утворенню профіля друкувальних елементів друкарської форми.

Співвідношення сторін гравійованих штрихів друкарської форми має також і прямий вплив на якість формування фарбових шарів при інтагліо друці. Результати

досліджень показали, що при збільшенні співвідношення глибини гравійованих елементів до їх ширини — тим більше фарби втрачається при фарбопереносі (рис. 1). Із графіка видно (рис. 1), що гравійовані елементи із співвідношенням сторін більше 0,4 при перенесенні фарби втрачають більше 50 % фарби, тобто стають занадто вузькими і можуть не сприймати фарбу або ж не віддавати фарбу через капілярні сили, що утворюються. При відтворенні занадто тонких штрихів можливе непродруковування зображення.

Зважаючи на основне цільове призначення інтагліо друку — формування товстого фарбового шару, відчутного тактильно, — втрата товщини фарбового шару є основним недоліком друкування. Також це прямо негативно впливає на передачу градаційної точності відбитків. З цієї точки зору, а також з метою економії енергоресурсів, не рекомендується проектувати друкувальні елементи, глибина яких вдвічі більша за ширину.

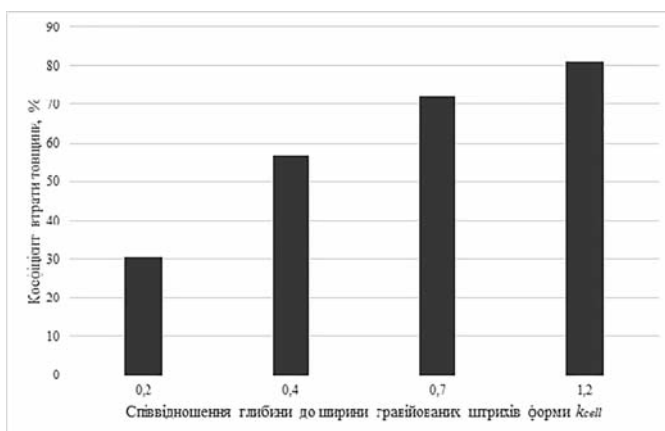


Рис. 1. Вплив співвідношення глибини до ширини гравійованих штрихів форми на коефіцієнт втрати товщини при фарбоперенесенні

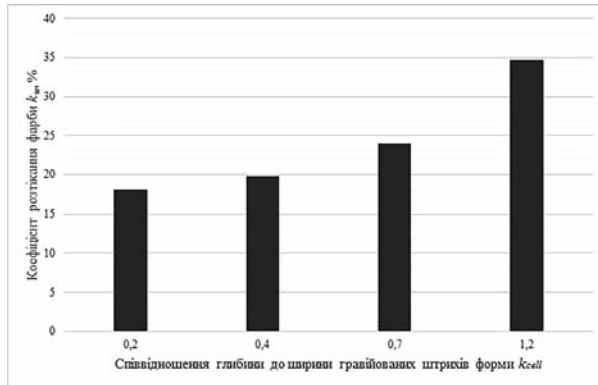


Рис. 2. Вплив співвідношення глибини до ширини гравійованих штрихів форми на коефіцієнт розтікання фарби при фарбоперенесенні

Із графіка на рис. 2 видно, що при використанні гравійованих елементів із співвідношенням глибини до ширини більше 0,4 коефіцієнт розтікання фарби перевищує 20 %, що може свідчити про те, що фарба не встигає полімеризуватися в друкарському контакті і витікає з комірок форми, спричиняючи тим самим збільшення ширини надрукованих штрихів. Такий вид спотворень зменшує рівень графічної точності відбитків.

Прослідковується також тенденція збільшення показника шприцювання при збільшенні коефіцієнта відношення глибини до ширини гравійованих елементів форми (рис. 3). Це також пояснюється зниженням рівня полімеризації та розбризкуванням фарби після друкарського контакту задрукованого матеріалу із формою. Однак варто відмітити також і те, що при використанні ширини гравіювального елемента, більшої більш ніж втричі

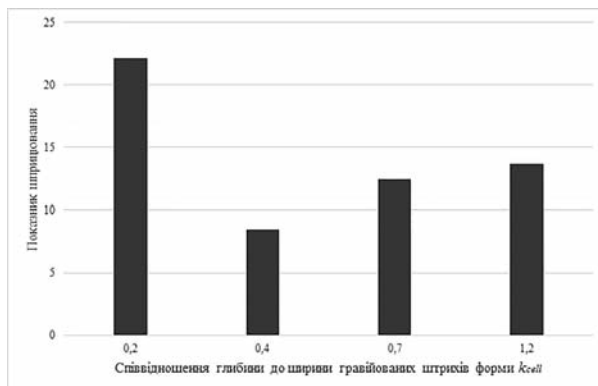
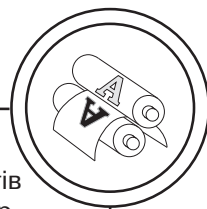


Рис. 3. Вплив співвідношення глибини до ширини гравійованих штрихів форми на показник шприцювання на відбитках



за глибину гравіювання, показник шприцювання стрімко зростає. Це свідчить про підвищену фарбовіддачу друкувальних елементів при такому співвідношенні сторін гравіюваних штрихів форми. Ці графічні спотворення значно знижують роздільну та видільну здатність методу, викликають градаційні і, як наслідок, оптичні спотворення при друкуванні.

Висновки

Дослідження методом оптичної металографії шліфів гравіюваних штрихів чотирьох видів, що відрізнялися запроєктованим профілем, а саме різним співвідношенням сторін друкувальних елементів (глибини до ширини) у діапазоні від 0,2 до 1,2, утворених методом DLE на латунній пластині, показало, що всі гравіювані штрихи зразка мають суттєві відхилення від заданого геометричного профіля, зазвичай є несиметричними та із різною мікрогеометрією поверхні вигравіюваних елементів. Важливо було зрозуміти, як отримана гео-

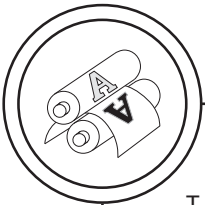
метрія друкувальних елементів впливає на якість формування фарбового шару при інтаглю друці.

Проведені дослідження надрукованих штрихів показали, що із зростанням коефіцієнта співвідношення глибини до ширини гравіюваних штрихів більше 0,4 коефіцієнт втрати товщини фарбового шару зростає та перевищує 50 %, коефіцієнт розтікання фарби зростає та перевищує 20 %, показник шприцювання також зростає та перевищує 10 «вусиків» на 1 см, що говорить про загальне зниження коефіцієнту фарбоперенесення та графічної і градаційної точності відбитків. При цьому при коефіцієнті співвідношення глибини до ширини гравіюваних штрихів 0,2 відмічений підвищений рівень шприцювання фарби.

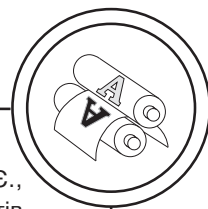
Таким чином, дослідження показали, що найкращі показники якості формування фарбового шару досягнуто при застосуванні гравіюваних елементів із співвідношенням глибини до ширини у діапазоні 0,3–0,5.

Список використаної літератури

1. De Heij H. Banknote design for retailers and public. DNB Occasional Studies. De Nederlandsche Bank NV, 2010. Vol. 8 (4), P. 161–164.
2. Mustalish R. Printmaking Techniques of the WPA Printmakers. Yale University Press, 2003. p. 86–88.
3. Киричок, Т. Ю., Гуца, О. В. (2015). Технологічні фактори впливу на товщину фарбового шару на відбитках металографічного друку. Технологія і техніка друкарства, (4(50), 4–13. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.4\(50\).2015.59450](https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(50).2015.59450).
4. Киричок Т. Ю., Гуца (Коротенко) О. В. Вплив геометричних параметрів друкувальних елементів форми на тактильність відбитків металографічного друку. Квалілогія книги: зб. наук. пр. Львів, 2015. № 2(28). С. 22–26.
5. Попрядухин П. А. Технология печатных процессов. М.: Книга, 1968. С. 328–332.
6. De Heij H. Quality marks in banknote design. Materials Committee. European Banknote Committee [Electron resource]. Athens, 27–28 May. 2008. De Nederlandsche Bank N.V. Access link: https://www.dnb.nl/en/binaries/Quality_marks_in_banknote_design_tcm47.pdf.



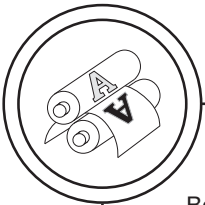
7. Киричок Т. Ю. Зносостійкість банкотної продукції: монографія / Т. Ю. Киричок. К.: НТУУ «КПІ», 2014. 308 с.
8. Glass J. Ed. Coating Rheology: Component Influence on the Rheological Response and Performance of Water-Borne Coatings in Roll Applications / J. E. Glass, R. K. Prud'homme // Liquid film coating. Springer, Dordrecht, 1997. P. 137–182.
9. Benkreira H. Direct Gravure Roll Coating / H. Benkreira, R. Patel // Chemical Engineering Science. Elsevier. 1993. Vol. 48. No. 12. p. 2329–2335.
10. Bery Y. A. Mechanisms Governing Gravure Printing / Bery, Y. A. TAPPI Press. Atlanta, 1985. 11 p.
11. Ahn S. On the Ink Transfer Process in Gravure Printing / S. Ahn, Y. Na // Computational Science and Its Applications. Lecture Notes in Computer Science. ICCSA, Springer, Berlin, Heidelberg, 2007. Vol. 4706. pp. 907–918.
12. СТІР «СіТіАйПі» (комп'ютер-інтагліо форма). Технічні специфікації.
13. Ciaramella V. Intaglio printing / V. Ciaramella // Billetaria. International Review on Cash Management. October 2007. Issue 2. P. 19–20.
14. Perron M. Patenting of new banknote security features / M. Perron // Billetaria. International Review on Cash Management. April 2010. Issue 9. P. 23.
15. Пат. 20110058509 США, МПК В29С35/08. Method and system for manufacturing intaglio printing plates for the production of security papers / J. Perrier; № 12/992522; заявник і патентовласник KBA-GIORI S.A.; заявл. 5.05.2009; опублік. 24.03.2011.
16. Киричок, Т. Ю., Баглай, В. А., Талімонова, Н. Л., Клименко, Т. Є., Безпалый, А. А. (2020). Дослідження якості поверхні друкувальних елементів форм інтагліодруку, виготовлених прямим лазерним гравіюванням. Технологія і техніка друкарства, (4(70)), 4–14. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.4\(70\).2020.229630](https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(70).2020.229630).
17. Киричок, Т. Ю., Баглай, В. А., Безпалый, А. А. (2020). Вплив технологічних параметрів на властивості друкувальних елементів форм інтагліодруку, отриманих прямим лазерним гравіюванням. Технологія і техніка друкарства, (3(69)), 4–15. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.3\(69\).2020.226568](https://doi.org/10.20535/2077-7264.3(69).2020.226568).
18. Киричок, Т. Ю., Баглай, В. А., Безпалый, А. А., Рєгіда, П. Г. (2019). Методика автоматизованого оцінювання якості технологічної операції прямого лазерного гравіювання форм інтагліодруку. Технологія і техніка друкарства, (4(66)), 31–41. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.4\(66\).2019.208868](https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(66).2019.208868).
19. Роїк Т. А. Композиційні підшипникові матеріали для підвищених умов експлуатації: монографія / Т. А. Роїк, П. О. Киричок, А. П. Гавриш. К.: НТУУ «КПІ». 2007. 404 с.
20. ISO 14577-1:2015. Metallic materials — Instrumented indentation test for hardness and materials parameters — Part 1: Test method.
21. ДСТУ 7175:2010 Метали і сплави. Методи металографічного контролювання. Терміни та визначення понять; ISO/CD TR 20580.
22. Коротенко, О. В. (2018). Методологія визначення узагальненого показника якості відбитків металографічного друку. Технологія і техніка друкарства, (1(59)), 60–67. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.1\(59\).2018.135470](https://doi.org/10.20535/2077-7264.1(59).2018.135470).
23. Киричек Т. Ю., Коротенко Е. В. Использование контактной и бесконтактной профилометрии для исследования поверхности оттисков металлографской печати. Труды БГТУ. Мн.: БГТУ, 2016. С. 16–21.
24. Киричок, Т. Ю., Гуца (Коротенко), О. В., Сухіна, Є. Г., Пінчук, М. В. (2015). Методологія дослідження якості штрихів металографічного друку за допомогою профілографування поверхні відбитків. Технологія і техніка друкарства, (2(48)), 4–14. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.2\(48\).2015.47125](https://doi.org/10.20535/2077-7264.2(48).2015.47125).



25. Киричок Т. Ю., Баглай В. А., Талімонова Н. Л., Клименко Т. Є., Безпалій А. А. (2020). Дослідження якості поверхні друкувальних елементів форм інтагліодруку, виготовлених прямим лазерним гравіюванням. *Технологія і техніка друкарства*, 4(70), 4–14. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.4\(70\).2020.229630](https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(70).2020.229630).

References

1. De Heij, H. (2010). Banknote design for retailers and public. *DNB Occasional Studies*. De Nederlandsche Bank NV, Vol. 8 (4), 161–164 [in English].
2. Mustalish, R. (2003). *Printmaking Techniques of the WPA Printmakers*. Yale University Press, 86–88 [in English].
3. Kyrychok, T. Yu., & Hushcha, O. V. (2015). Tekhnolohichni faktory vplyvu na tovshchynu farbovoho sharu na vidbytkakh metalohrafichnoho druku [Technological Factors Influence on the Thickness of the Ink Layer on the Imprints of Metallographic Printing]. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*, (4(50)), 4–13. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.4\(50\).2015.59450](https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(50).2015.59450) [in Ukrainian].
4. Kyrychok, T. Yu., & Hushcha (Korotenko), O. V. (2015). Vplyv heometrychnykh parametriv drukuvalnykh elementiv formy na taktylnist vidbytkiv metalohrafichnoho druku [Influence of geometric parameters of printing elements of the form on the tactility of prints of metallographic printing]. *Kvalilohiia knyhy*, 2(28), 22–26 [in Ukrainian].
5. Popryadukhin, P. A. (1968). *Tekhnologiya pechatnykh protsessov [Technology of printing processes]*. M.: Kniga, 328–332 p.
6. De Heij, H. (2008). Quality marks in banknote design. *Materials Committee. European Banknote Committee*. De Nederlandsche Bank N.V. Retrieved from: https://www.dnb.nl/en/binaries/Quality_marks_in_banknote_design_tcm47.pdf [in English].
7. Kyrychok, T. Yu. (2014). *Znosostiikist banknotnoi produktsii [Wear resistance of banknote products]*. Kyiv: NTUU 'KPI', 308 p. [in Ukrainian].
8. Glass, J. Ed., & Prud'homme, R. K. (1997). Coating Rheology: Component Influence on the Rheological Response and Performance of Water-Borne Coatings in Roll Applications. *Liquid film coating*. Springer, Dordrecht, 137–182 [in English].
9. Benkreira, H., & Patel, R. (1993). Direct Gravure Roll Coating. *Chemical Engineering Science*. Elsevier, Vol. 48, No. 12, 2329–2335 [in English].
10. Bery, Y. A. (1985). *Mechanisms Governing Gravure Printing*. TAPPI Press. Atlanta, 11 p. [in English].
11. Ahn, S., & Na, Y. (2007). On the Ink Transfer Process in Gravure Printing. *Computational Science and Its Applications. Lecture Notes in Computer Science*. ICCSA, Springer, Berlin, Heidelberg, Vol. 4706, 907–918 [in English].
12. СТІР «SiTiAiPi» (komp'uter-intaglio forma). *Tekhnichni spetsyfikatsii [СТІР (computer-intaglio plate). Technical specifications]*. [in Ukrainian].
13. Ciaramella, V. (2007). Intaglio printing. *Billetaria. International Review on Cash Management*, Issue 2, 19–20 [in English].
14. Perron, M. (2010). Patenting of new banknote security features. *Billetaria. International Review on Cash Management*, Issue 9, 23 [in English].
15. Perrier, J. *Method and system for manufacturing intaglio printing plates for the production of security papers // Patent № 12/992522*. Publish 24.03.2011 [in English].



16. Kyrychok, T. Yu., Bahlai, V. A., Talimonova, N. L., Klymenko, T. Ye., & Bezpalyi, A. A. (2020). Doslidzhennia yakosti poverkhni drukuvalnykh elementiv form intagliodruku, vyhotovlenykh priamym lazernym hraviuvanniam [Investigation of the Surface Quality of Printing Elements of Intaglio Printing Forms Made by Direct Laser Engraving]. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*, (4(70)), 4–14. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.4\(70\).2020.229630](https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(70).2020.229630) [in Ukrainian].

17. Kyrychok, T. Yu., Bahlai, V. A., & Bezpalyi, A. A. (2020). Vplyv tekhnolohichnykh parametriv na vlastyvoli drukuvalnykh elementiv form intagliodruku, otrymanykh priamym lazernym hraviuvanniam [Influence of Technological Parameters on the Properties of Printing Elements of Intaglio Printing Forms Obtained by Direct Laser Engraving]. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*, (3(69)), 4–15. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.3\(69\).2020.226568](https://doi.org/10.20535/2077-7264.3(69).2020.226568) [in Ukrainian].

18. Kyrychok, T. Yu., Bahlai, V. A., Bezpalyi, A. A., & Rehida, P. H. (2019). Metodyka avtomatyzovanoho otsiniuvannia yakosti tekhnolohichnoi operatsii priamoho lazernoho hraviuvannia form intagliodruku [Method of Automated Quality Assessment for Technological Operation of Direct Laser Engraving of Intaglio Printing Plates]. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*, 4(66), 31–41. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.4\(66\).2019.208868](https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(66).2019.208868) [in Ukrainian].

19. Roik, T. A., Kyrychok, P. O., & Havrysh, A. P. (2007). *Kompozytsiini pidshyprnykovi materialy dlia pidvyshchennykh umov ekspluatatsii* [Composite bearing materials for increased operating conditions]. Kyiv: NTUU 'KPI', 404 p. [in Ukrainian].

20. ISO 14577-1:2015. *Metallic materials – Instrumented indentation test for hardness and materials parameters – Part 1: Test method* [in English].

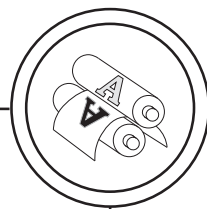
21. National standards of Ukraine. (2010). DSTU 7175:2010: *Metaly i splavy. Metody metalohrafichnoho kontroliuvannia. Terminy ta vyznachennia poniat* [Metals and alloys. Methods of metallographic control. Terms and definitions]; ISO/CD TR 20580 [in Ukrainian].

22. Korotenko, O. V. (2018). Metodolohiia vyznachennia uzahalnenoho pokaznyka yakosti vidbytkiv metalohrafichnoho druku [The Method of Determination of the Generalized Quality Index of Prints of Intaglio Printing]. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*, (1(59)), 60–67. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.1\(59\).2018.135470](https://doi.org/10.20535/2077-7264.1(59).2018.135470) [in Ukrainian].

23. Kirichek T. Yu., Korotenko E. V. (2016). Ispol'zovanie kontaktnoy i beskontaktnoy profilometrii dlya issledovaniya poverkhnosti ottiskov metallografskoy pechati [The use of contact and non-contact profilometry to study the surface of metallographic print impressions]. *Trudy BGTU*. Mn.: BGTU, 16–21.

24. Kyrychok, T. Yu., Hushcha (Korotenko), O. V., Sukhina, Ye. H., & Pinchuk, M. V. (2015). Metodolohiia doslidzhennia yakosti shtrykhiv metalohrafichnoho druku za dopomohoiu profilohrafuvannia poverkhni vidbytkiv [Research Methodology of Quality of Strokes of Metallographic Printing by Profile of Surface Imprints]. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*, (2(48)), 4–14. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.2\(48\).2015.47125](https://doi.org/10.20535/2077-7264.2(48).2015.47125) [in Ukrainian].

25. Kyrychok T. Yu., Bahlai V. A., Talimonova N. L., Klymenko T. Ye., & Bezpalyi A. A. (2020). Doslidzhennia yakosti poverkhni drukuvalnykh elementiv form intagliodruku, vyhotovlenykh priamym lazernym hraviuvanniam [Investigation of the Surface Quality of Printing Elements of Intaglio Printing Forms Made by Direct Laser Engraving]. *Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*, 4(70), 4–14. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.4\(70\).2020.229630](https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(70).2020.229630) [in Ukrainian].



The influence of printing elements parameters of intaglio printing plates obtained by direct laser engraving on graphic and gradation accuracy of imprints.

Keywords: intaglio printing; direct laser engraving; printing elements; engraved strokes; graphic accuracy of imprints; gradation accuracy of imprints.

Надійшла до редакції 25.11.21

ISSN 2077-7264. Технологія і техніка друкарства. 2021. № 4(74)