

УДК 655.326.1

## АДГЕЗІЙНА ВЗАЄМОДІЯ ФЛЕКСОГРАФІЧНИХ ФАРБ З ПОВЕРХНЕЮ ФОТОПОЛІМЕРНИХ ДРУКАРСЬКИХ ФОРМ

Т. Ю. Кукура, В. І. Вархоляк

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

*Досліджено міжмолекулярну взаємодію спирторозчинних флексографічних фарб з поверхнею друкуючих елементів фотополімерних друкарських форм. Для оцінювання адгезійної взаємодії використано показник відносної роботи адгезії, який розраховується за значенням косинуса кута змочування фарбою відповідної твердої поверхні. Досліджено взаємодію фарб з різним типом пігментів, що й визначає різницю в адгезійній взаємодії, оскільки кожна друкарська фарба одної серії характеризується різною здатністю до структуроутворення, що своєю чергою впливає на їх реологію.*

*Досліджено поверхневу енергію фотополімерних друкарських форм, встановлено її зміну після друкування тиражу, що пояснюється взаємною дифузією органічних розчинників фарби і компонентів фотополімерної композиції. Відповідно, встановлена зміна кількості активних функціональних груп на поверхні форми, чим пояснено зменшення адгезійної взаємодії.*

**Ключові слова:** *флексографічні спирторозчинні фарби, фотополімерні форми, контактний кут змочування, поверхнева енергія, адгезія.*

**Постановка проблеми.** Флексографічний спосіб друку продовжує утримувати провідні позиції у друкуванні паковань [1]. Згідно з аналітичними дослідженнями компанії KBV Research, протягом прогнозованого періоду (2023–2030 рр.) ринок флексографічного друку в Європі буде утримувати середньорічне зростання на 4,2 %. У 2020 році обсяг європейського ринку флексографічних друкарських машин зріс до 26 554 одиниць, продемонструвавши зростання на 4,6 % [2]. Причиною подальшого зростання є потреба європейських споживачів у гнучких пакувальних рішеннях з погляду зручності та екологічності.

Більшість технологічних процесів виготовлення поліграфічної продукції базуються на взаємодії рідин з твердими тілами. Ця взаємодія заснована на явищі змочування, яке й визначає ефективність фарбопередачі та адгезію друкарських фарб, праймерів, клеїв, лаків, фольги до поверхні субстратів. Для забезпечення правильного перенесення фарбового шару у флексографічному друці повинна виконуватися така енергетична відповідність: ПНФ<ПЕА<ПЕФ<ПЕМ, у якій ПНФ — поверхневий натяг фарби; ПЕА — поверхнева енергія анілоксового валика; ПЕФ — поверхнева енергія фотополімерної форми; ПЕМ — поверхнева енергія задрукованого матеріалу [3, 4]. Невідповідність у будь-якій ланці флексографічного

принципу передачі фарби призведе до одержання друкованої продукції з низькими оптичними чи адгезійними властивостями.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Дослідженням впливу взаємодії розчинників і лакофарбових матеріалів на властивості флексографічних фотополімерних форм присвячено низку наукових праць. У праці [4] встановлено фактори зміни поверхневої енергії фотополімерних пластин у процесі технологічного застосування, які базуються на процесах дифузії розчинників. Значна кількість робіт присвячена впливу вимивних розчинів на набрякання друкуючих елементів і їх зносостійкості [5, 6]. Дослідженню адгезійної взаємодії друкарських фарб з поверхнями, вивченню впливу величини поверхневої енергії як друкарських форм, так і матеріалів присвячені праці [7, 8]. Якщо говорити про дослідження процесу змочування поверхонь друкарськими фарбами, то більшість праць присвячені аналізу такої взаємодії із задруковуваними матеріалами.

Відома низка розробок, результатом який є підвищення фарбопередачі з друкуючих елементів форми шляхом створення на їх поверхні мікронерівностей шляхом мікрорастрування [9]. Іншим варіантом покращення фарбопередачі є прогнозоване формування друкуючих елементів фотополімерних форм з чітко контрольованим значенням величини поверхневої енергії. Важливість впливу зміни у величині фарбопередачі УФ-фарб з друкарської форми на задрукований матеріал при різних співвідношеннях поверхневої енергії друкарського контакту висвітлено у праці [10].

**Мета статті** — дослідити адгезійну взаємодію флексографічних спирторозчинних фарб з поверхнею друкуючих елементів фотополімерних форм до і після друкування тиражу.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для дослідження використовували фотополімерні флексографічні друкарські форми DuPont Cyrel DPR товщиною 1,14 мм і спирторозчинні друкарські фарби White та Magenta серії Polistar та розчинник РФЛ («Флексорес», Україна).

Величину розтікання визначали шляхом ресстрації профілів краплин фарби, нанесених на відповідну поверхню згідно з методикою [11]. Контактні кути змочування визначали фотографуванням краплин тестових рідин на поверхні паперів і автоматизованим розрахунком за допомогою розробленої комп'ютерної програми [12]. Адгезійну взаємодію між друкарською фарбою і поверхнею друкарської форми оцінювали за значенням відносної роботи адгезії, яка є результатом адгезійно-когезійної міжмолекулярної взаємодії [13] і розраховується за формулою:

$$V_{wa} = 0,5 (1 + \cos \Theta), \quad (1)$$

де  $\cos \Theta$  — косинус кута змочування рідиною твердої поверхні.

Густина друкарських фарб визначали згідно зі стандартом ISO 2811-1: 2016 [14].

На рис. 1 показано результат адгезійної взаємодії друкарських фарб з поверхнею фотополімерних форм.

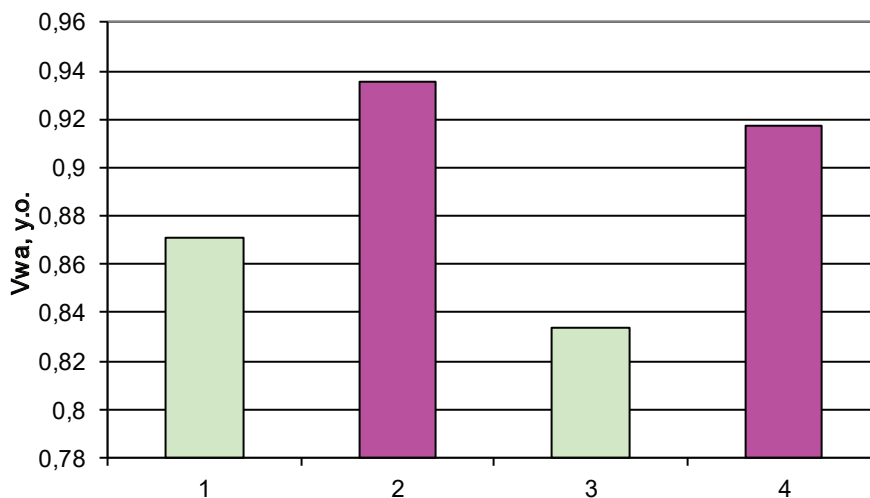
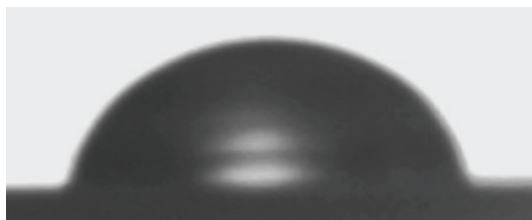


Рис. 1. Відносна робота адгезії фарб:

- 1 — білої фарби на поверхні форми до друкування; 2 — пурпурної фарби на поверхні форми до друкування; 3 — білої фарби на поверхні форми після друкування тиражу; 4 — пурпурної фарби на поверхні форми після друкування тиражу

Як свідчать отримані результати (рис. 1), адгезійна взаємодія з поверхнею форми пурпурної фарби, порівняно з білою, є вищою. Це насамперед пов'язано тим, що у білій фарбі використано як пігмент оксид титану, питома маса якого, порівняно з іншими пігментами, є досить високою і становить 4,23–4,26 г/см<sup>3</sup>. Швидке структурування оксиду титану перешкоджає переміщенню молекул в'язучого для досягнення рівноважного стану. Отримані результати (рис. 1) також демонструють різницю у міжмолекулярній взаємодії фарб з формами до і після друкування тиражу.

Для встановлення причин цього явища було проведено тестування поверхні форм дистильованою водою. Наочно різницю у розтіканні по досліджуваних поверхнях демонструє рис. 2. Згідно зі стандартом ASTM D5946 – 09 [15], за кутом змочування дистильованою водою визначається величина поверхневої енергії твердого тіла. Встановлено, що кут змочування водою фотополімерної форми до друкування становить 74°, а форми після друкування тиражу — 81°. Згідно з перевідною таблицею стандарту, величина поверхневої енергії становить 39 і 36 мН/м (дін/см), відповідно. Тестування поверхонь показало зниження поверхневої енергії на 3 мН/м упродовж друкування тиражу.



а



б

Рис. 2. Профілі краплин дистильованої води на поверхні фотополімерної форми:  
а) — до друкування тиражу; б) — після друкування тиражу

Ці дані корелюють з результатами, наведеними у праці [4], де величина поверхневої енергії фотополімерної форми змінюється упродовж її експлуатації. У процесі друкування тиражу відбуваються низка процесів внаслідок взаємної дифузії розчинника фарби і компонентів фотополімерної композиції. Отже, змінюється кількість активних функціональних груп на поверхні форми і, як наслідок, адгезійна взаємодія між формою та фарбою починає зменшуватися. Отже, постає питання необхідності модифікації поверхні фотополімерних форм з відновленням початкової поверхневої енергії для повторного друкування тиражу.

**Висновки.** Проведені дослідження показали, що на адгезійну взаємодію фарби з поверхнею друкарських елементів форми значний вплив має природа пігменту у фарбі. Кожна друкарська фарба однієї серії характеризується різною здатністю до структуроутворення, що своєю чергою визначає їх реологію. При дослідженні величини поверхневої енергії фотополімерних форм встановлено, що вона є змінною і після друкування тиражу знижується, що й визначає зниження адгезійної взаємодії. Тестування поверхонь дистильованою водою показало зниження поверхневої енергії форми у процесі друкування на 3 мН/м, що пояснюється взаємною дифузійною органічних розчинників фарби і компонентів фотополімерної композиції та зміною кількості активних функціональних груп на поверхні форми. Результати дослідження показали, що при використанні фарби на основі пігменту оксид титану чутливість адгезійної взаємодії у друкарській системі є дещо більшою, ніж у випадку використання пурпурної фарби. Отримані експериментальні дані можуть бути основою для подальших досліджень щодо підвищення поверхневої енергії флексографічних друкарських форм, зокрема шляхом модифікації їх поверхонь.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Our Industry. URL: <https://www.fta-europe.eu/our-industry/>.
2. Europe Flexographic Printing Market Size, Share & Industry Trends Analysis Report By Application (Corrugated Packaging, Flexible Packaging, Labels & tags, Cartons and Others), By Offering, By Country and Growth Forecast, 2023 – 2030. URL: <https://www.kbvresearch.com/europe-flexographic-printing-market>.
3. Offset Flexo Printing? What's The Difference? How To Make Better Decisions? URL: <https://www.fulimachinery.com/news/offset-flexo-printing-what-s-the-difference-52380597.html>.
4. Гургаль Н. С., Репета В. Б., Шибанов В. В. Зміна поверхневої енергії флексографічних фотополімерних форм у процесі їх виготовлення. *Технологія і техніка друкарства*. 2012. № 1 (35). С. 164–168.
5. Слободяник В. Вплив природи вимивних розчинів на зносостійкість формних матеріалів. *Наукові записки [Української академії друкарства]*. 2008. Вип. 1 (13). С. 122–124.
6. Слободяник В. Г., Шибанов В. В. Набухання фотополімерних флексографічних друкарських форм у гетерофазному проявнику. *Квалілогія книги*. 2002. Вип. 5. С. 85–87.
7. Repeta V. Influence of Surface Energy of Polymer Films on Spreading and Adhesion of UV-Flexo Inks. *Acta Graphica*. 2013. № 3–4. Pp. 79–84.
8. Репета В. Б. Контроль та регулювання поверхневої енергії поліпропіленових плівок у процесі флексографічного друку засобами нечіткої логіки. *Поліграфія і видавнича справа*. 2015. № 2 (70). С. 96–103.
9. A new standard for flexographic printing plates. URL: <https://www.esko.com/en/products/digital-flexo-platemaking/hd-flexo?prel=ru>.
10. Technology. URL: <https://asahi-photoproducts.com/technology/>.
11. Репета В. Б., Шибанов В. В. Матеріали і технології лакування поліграфічної продукції. Львів, УАД, 2011. 136 с.
12. Репета В. Б. Комп'ютерна програма «Аналіз кінетики розтікання рідин». Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №28766. Державний департамент інтелектуальної власності України. Дата реєстрації : 15.05.2009.
13. Zimon A. D. Adhesion of Dust and Powder, Plenum Press, New York, London. 1982. 438 p.
14. ISO 2811-1:2023. Paints and varnishes Determination of density. Part 1: Pycnometer method.
15. ASTM D5946 – 09. Standard Test Method for Corona-Treated Polymer Films Using Water Contact Angle Measurements.

**REFERENCES**

1. Our Industry. Retrieved from <https://www.fta-europe.eu/our-industry/> (in English).
2. Europe Flexographic Printing Market Size, Share & Industry Trends Analysis Report By Application (Corrugated Packaging, Flexible Packaging, Labels & tags, Cartons and Others), By Offering, By Country and Growth Forecast, 2023 – 2030. Retrieved from <https://www.kbvresearch.com/europe-flexographic-printing-market> (in English).
3. Offset Flexo Printing? Whats The Difference? How To Make Better Decisions? Retrieved from <https://www.fulimachinery.com/news/offset-flexo-printing-what-s-the-difference-52380597.html> (in English).

4. Hurhal, N. S., Repeta, V. B., & Shybanov, V. V. (2012). Zmina poverkhnevoi enerhii fleksohrafichnykh fotopolimernykh form u protsesi yikh vyhotovlennia: Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva, 1 (35), 164–168 (in Ukrainian).
5. Slobodianyuk, V. (2008). Vplyv pryrody vymyvnykh rozchyniv na znosostiikist formnykh materialiv: Naukovi zapysky [Ukrainskoi akademii drukarstva], 1 (13), 122–124 (in Ukrainian).
6. Slobodianyuk, V. H., & Shybanov, V. V. (2002). Nabukhannia fotopolimernykh fleksohrafichnykh drukarskykh form u heterofaznomu proiavnyku: Kvalilohiia knyhy, 5, 85–87 (in Ukrainian).
7. Repeta, V. (2013). Influence of Surface Energy of Polymer Films on Spreading and Adhesion of UV-Flexo Inks: Acta Graphica, 3–4, 79–84 (in English).
8. Repeta, V. B. (2015). Kontrol ta rehuliuвання poverkhnevoi enerhii polipropilenovykh plivok u protsesi fleksohrafichnoho druku zasobamy nechitkoi lohiky: Polihrafiia i vydavnycha sprava, 2 (70), 96–103 (in Ukrainian).
9. A new standard for flexographic printing plates. Retrieved from <https://www.esko.com/en/products/digital-flexo-platemaking/hd-flexo?prel=ru> (in English).
10. Technology. Retrieved from <https://asahi-photoproducts.com/technology/> (in English).
11. Repeta, V. B., & Shybanov, V. V. (2011). Materialy i tekhnolohii lakuvannia polihrapafichnoi produktsii. Lviv, UAD (in Ukrainian).
12. Repeta, V. B. Kompiuterna prohrama «Analiz kinetyky rozতিকання ridyn». Svidotstvo pro reiestratsiiu avtorskoho prava na tvir №28766. Derzhavnyi departament intelektualnoi vlasnosti Ukrainy. Data reiestratsii : 15.05.2009 (in Ukrainian).
13. Zimon, A. D. (1982). Adhesion of Dust and Powder, Plenum Press, New York, London (in English).
14. ISO 2811-1:2023. Paints and varnishes Determination of density. Part 1: Pycnometer method (in English).
15. ASTM D5946 – 09. Standard Test Method for Corona-Treated Polymer Films Using Water Contact Angle Measurements (in English).

doi: 10.32403/0554-4866-2024-1-87-133-139

## ADHESIVE INTERACTION OF FLEXOGRAPHIC INKS WITH THE PHOTOPOLYMER PRINTING PLATE SURFACE

T. Yu. Kukura, V. I. Varkholyak

*Ukrainian Academy of Printing,  
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine  
tanyakukura@gmail.com*

*The article is devoted to the study of the intermolecular adhesive interaction of alcohol-soluble flexographic inks with the surface of printing elements of photopolymer printing plates. DuPont Cyrel DPR photopolymer flexographic printing plates with the*

*thickness 1.14 mm and alcohol-soluble printing inks of White and Magenta of Polistar series are used for the study. To assess the adhesive interaction, the indicator of the relative adhesion work is used, which is calculated by the value of the cosine of the surface wetting angle of the photopolymer plate printing elements with the ink. Projections of liquid drops on the printing plate surface are recorded with a digital camera. The obtained digital images are analysed with the help of the application “Analysis of the Kinetics of Liquid Spreading”, which is developed at Ukrainian Academy of Printing.*

*In the work, the interaction of the printing plate surface with inks with different types of pigments (inorganic titanium oxide and organic azopigment) is studied and the difference in their adhesive interaction is established. This can be explained by the fact that each printing ink of the same series is characterized by a different ability to structure, which, in turn, affects their rheology. The surface energy of photopolymer printing plates is researched and its change after the print run is determined. Testing of surfaces with distilled water (ASTM D5946 – 09) shows a decrease in surface energy by 3 mN/m during the print run, which is explained by the mutual diffusion of organic ink solvents and components of the photopolymer composition. Accordingly, there is a change in the number of active functional groups on the plate surface and, as a result, the adhesive interaction begins to decrease. The results of the study show that in the case of using the ink based on titanium oxide pigment, the sensitivity of the adhesive interaction in the printing system is somewhat greater than in the case of using purple ink.*

**Keywords:** *flexographic solvent inks, photopolymer plate, wetting contact angle, surface energy, adhesion.*

*Стаття надійшла до редакції 23.04.2024.*

*Received 23.04.2024.*