

УДК 655.3.022

КОМПОЗИЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ДРУКАРСЬКІ ПРОБЛЕМИ ДВОКОМПОНЕНТНИХ МАРКУВАЛЬНИХ ФАРБ

© П. Е. Карпіловський, к.т.н., с.н.с., В. В. Сазоненко,
к.х.н., с.н.с., В. І. Воробйов, Ю. В. Швець,
ВАТ «УкрНДІСВД», Київ, Україна

Исследованы определяющие факторы стабильности печатно-технологических свойств двухкомпонентных маркировочных красок на эпоксидной основе. Предложен научный подход к проблеме придания печатно-технологических свойств эпоксидным лакокрасочным системам, состоящим из нетрадиционных для обычных печатных красок компонентов.

There were investigated determination factors of printing technological stability of two-component epoxy based marking inks. Scientific approach to the problem of impart the printing technological properties to epoxy non-traditional ink systems are suggested.

*«Я заздрю всім, у кого фарби є —
жагучі коні з дикого мольберту»
(Іван Драч)*

Постановка проблеми

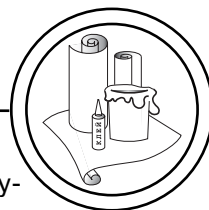
Вироби та деталі радіоелектронної техніки обов'язково потребують маркування — нанесення на їхню поверхню різних умовних позначень, які складаються із символів, цифр, літер, знаків і т. ін. (надалі — маркувальне зображення). На певних стадіях збірки цих виробів проводиться операція промивання всіх маркованих деталей спиртобензиною сумішшю, після якої якість маркувального зображення — інтенсивність, чіткість і розбірливість для візуального прочитання — має повністю зберігатися.

Маркувальне зображення наноситься на корпуси вищезазначених виробів здебільшого

способом високого офсетного друку спеціальними фарбами, до яких ставляться дуже складні вимоги. Їх проблематичність зумовлена нетрадиційністю сфери застосування саме друкарських фарб, які мають забезпечувати в тонкому фарбовому шарі (для високого офсетного друку його товщина не перевищує 1,5–2,0 мкм) особливо високі міцнісні властивості фарбових відбитків.

Вимоги до фарб ускладнюються ще й тим, що корпуси радіоелектронних деталей виробляються із дуже широкого кола матеріалів — від металів до полімерів. Така різноманітність задруковуваних матеріалів, які суттєво відрізняються один від одного за хімічною природою та

ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ



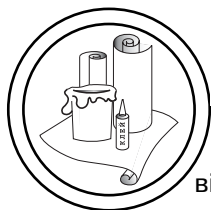
фізико-хімічними властивостями поверхонь, унеможливує застосування традиційних для друкарських фарб плівкоутворювачів, оскільки останні не в змозі забезпечити потрібні адгезійно-міцнісні властивості маркувального зображення.

Особливості плівкоутворення у тонких (1,5–2,0 мкм) фарбових шарах свідчать про те, що найбільш високі міцнісні характеристики (адгезійні, механічні, хімічні) фарбових плівок, сформованих на поверхні невбирних матеріалів, досягаються у фарбах на основі епоксидних плівкоутворювачів у результаті їх хімічного затвердіння [1, 2]. Реакційна система, що покладена в основу плівкоутворення лакофарбових композицій такого типу, складається з рідкої епоксидної смоли (олігомеру) та хімічного отверджувача — речовини, яка в результаті хімічної реакції перетворює рідкий олігомер на твердий нерозчинний полімер з тривимірною молекулярною структурою. Як отверджувач у цих системах у переважній більшості застосовується поліетиленполіамін (ПЕПА) або інші аміни. Реакція між обома реакційноздатними речовинами в системі епоксидна смола — ПЕПА відбувається одразу після їх змішування і не потребує жодних спеціальних умов зовнішнього впливу (підвищення температури, будь-якого опромінювання тощо).

Фарби на основі зазначених плівкоутворювальних систем відомі як «двокомпонентні» [3, 4], хоча містять у своєму складі багато різних компонентів. Свою умовну назву вони здобули ли-

ше завдяки необхідності змішувати безпосередньо перед використанням ніби два компоненти: власне саму фарбу (компонент № 1), яка містить реакційноздатний епоксидний олігомер, з хімічним отверджувачем — аміном (компонентом № 2). Після змішування обох компонентів поведінка фарби, її зовнішній вигляд і навіть температура починаються швидко змінюватись. Перш за все, фарба помітно густішає, її консистенція ущільнюється, температура підвищується. Упродовж якихось 20–30 хв. в'язкість і липкість фарби настільки стрімко зростають, що вона перетворюється на гумоподібну масу, нанесення якої на будь-яку поверхню будь-яким способом неможливо. Саме в цьому й полягає найголовніша технологічна проблема застосування двокомпонентних фарб як загального призначення, так і особливо друкарських.

Можливість вирішення цієї проблеми залежить від знаходження ефективних шляхів впливу на перебіг хімічної взаємодії епоксидної діанової смоли, наприклад, марки ЕД-20, з ПЕПА. Вибір смоли саме цієї марки зумовлений двома причинами: по-перше, за своєю консистенцією смола ЕД-20 найбільш подібна до в'язучого друкарських, особливо офсетних фарб, по-друге, максимальний у порівнянні з іншими епоксидними смолами вміст епоксидних груп (18–20 %), що відповідає за реакційну здатність смоли, має забезпечувати найбільш високий ступінь її хімічного затвердіння та отримання



ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ

відповідних адгезійно-міцнісних параметрів утвореної фарбової плівки. Отож загальна проблема технологічних властивостей двокомпонентних фарб у даному випадку конкретизується у системі смола ЕД-20 — ПЕПА, а саме у її так званій життєздатності [5, 6].

Аналіз останніх досліджень

Загальновідомий засіб підвищення життєздатності двокомпонентних лакофарбових матеріалів (для промислових покриттів), який полягає в їх розведенні традиційними розчинниками класу кетонів (ацетоном, циклогексаном, метилетилкетон), через їхню досить високу леткість є абсолютно неприйнятним для фарб високого або високого офсетного друку. Проте, експериментально встановлено, що присутність саме кетонних (карбонільних) груп у композиціях епоксидних смол з отверджувачем — аміном суттєво уповільнює їх взаємодію [3, 5]. Отже, потрібен кетон, який забезпечував би, з одного боку, достатню життєздатність фарби на основі зазначеної системи, а з іншого — не впливав би негативно на отримання міцнісних параметрів фарбового відбитка.

Мета роботи

Метою цієї роботи є визначення наукових засад надання стабільності друкарсько-технологічних властивостей епоксидним двокомпонентним системам, що складаються з нетрадиційних для друкарських фарб компонентів.

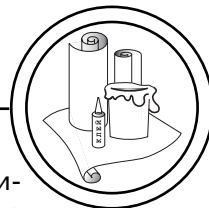
Результати проведених досліджень

Для експериментальних досліджень відібрано декілька представників класу кетонів (здебільшого кристалічних), які розчиняли в диметилфталаті (ДМФ). У такий спосіб сформована модельна система в'язучого: смола ЕД-20—кетон—ДМФ, на основі якої виготовляли модельні фарби з технічним вуглецем (його кількісний вміст у складі всіх фарб складав 10,0 мас. ч., %). У кожен модельну фарбу додавали ПЕПА в кількості 7,0 мас. ч., % та досліджували її життєздатність, а також механічну міцність і спиртобензостійкість фарбових відбитків. Життєздатність визначали у процесі друкування як відтинок часу, протягом якого фарба не підсихала на робочих поверхнях маркувального верстата, тобто зберігала стабільність друкарсько-технологічних властивостей.

Серед досліджених кетонів вигідно вирізняється бензофенон, який забезпечує найбільшу (4,0–4,5 год) життєздатність фарб на основі системи смола ЕД-20—кетон—ДМФ—ПЕПА, не погіршуючи механічної міцності і спиртобензостійкості фарбової плівки.

Водночас виявлено, що присутність у зазначеній системі бензофенону, на відміну від решти нелетких кетонів, викликає відчутні зміни у поведінці модельної фарби. Перш за все, спостерігається стрімке (більш ніж на порядок) падіння величини в'язкості смоли ЕД-20 і відповідне зниження в'язкості та липкості фарби. Це, в свою чергу, призводить до втрати її роз-

ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ



кочувально-накочувальних властивостей, розтискування елементів зображення на відбитку, особливо тонких штрихів, і, як наслідок, до графічних спотворень маркувального зображення.

У зв'язку з цим виникає необхідність додавання у досліджувану систему епоксидних смол з більшою ніж у смоли ЕД-20 мо-

лекулярною масою (\bar{M}_n). Однак потрібно зауважити, що епоксидні смоли з величиною

\bar{M}_n 1000–3500 за агрегатним станом є твердими продуктами, які доцільно вводити до складу зазначеної системи лише шляхом їх істинного розчинення в ній. З цієї точки зору привертають увагу принаймні два аспекти: по-перше, розчинність твердих епоксидних смол у нетрадиційному розчиннику — рідкій епоксидній смолі та, по-друге, розчинювальна здатність смоли ЕД-20 та її суміші з бензофеноном по відношенню до твердих епоксидних смол. У табл. 1 на-

даються основні характеристики цих смол, що впливають на їхню розчинність у смолі ЕД-20 у присутності 10 мас. ч., % ДМФ.

Як видно з табл. 1, розчинність твердих епоксидних смол у рідкій епоксидній смолі ЕД-20 суттєво зменшується зі збіль-

шенням величини \bar{M}_n та зменшенням вмісту полярних епоксидних груп. Узагалі ж, розчини мають дуже високу в'язкість, є надзвичайно малорухливими і тому вкрай нетехнологічними для використання у такому вигляді в друкарських фарбах. Зовсім інша картина спостерігається у присутності бензофенону, який, як було експериментально встановлено, в декілька разів підвищує розчинювальну здатність смоли ЕД-20. Інтенсифікація її розчинювальної здатності по відношенню до твердих смол показана на рис. 1.

Так, в'язкість 10 %-них розчинів смол Е-41 і Е-49 у смолі ЕД-20, навіть у присутності ДМФ, сягає відповідно понад 40 і 60 Па·с. При введенні до складу

Таблиця 1

Характеристика досліджуваних епоксидних смол

Марка смоли	(\bar{M}_n)	Вміст епоксидних груп, %	Розчинність у смолі ЕД-20	
			В'язкість 10%-ного розчину, Па·с	Стабільність розчину у часі (3 міс.)
ЕД-20	370–450	18–20	—	—
Е-41	900–1100	9–12	43,5	Стабільний
Е-44	1600–1800	6–8	48,5	Стабільний
Е-49	2500–2800	4–7	62,8	Стабільний
Е-05	3500	1,5–2,5	При охолодженні стає твердим	—



ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ

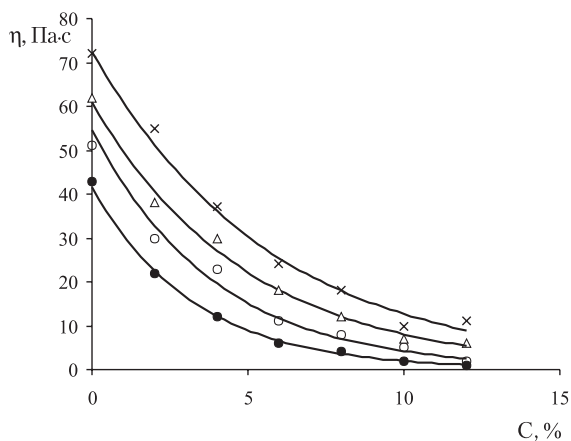


Рис. 1. Залежність в'язкості (η) 10 %-них розчинів твердих смол E-41 і E-49 у смолі ED-20 від вмісту (C) бензофенону: ● — смола E-41 у присутності 10 мас. ч., % ДМФ, ○ — смола E-41 без ДМФ, Δ — смола E-49 у присутності 10 мас. ч., % ДМФ, × — смола E-49 без ДМФ

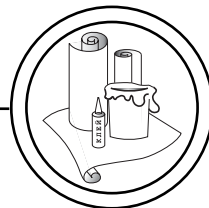
цих розчинів принаймні 10 мас. ч., % бензофенону їхня в'язкість стрімко падає до значень відповідно 2 і 5 Па·с, тобто знижується у 20 і 12 разів. Надзвичайно різке посилення розчинювальної здатності смоли ED-20 у присутності бензофенону очевидно пов'язане з утворенням продукту їхньої взаємодії, який має дуже високу розчинювальну здатність, особливо до твердих епоксидних смол [7].

Отже, система ED-20—бензофенон забезпечує можливість розчинення безпосередньо в ній твердих епоксидних смол у концентраціях, що дозволяють отримати в'язучі з оптимальними для маркувальних друкарських фарб значеннями динамічної в'язкості (здебільшого 6–8 Па·с). Інакше кажучи, завдяки унікальній здатності бензофенону перетворювати низькомолекулярну епоксидну смолу на винятково активний розчинник вибудовується оригі-

нальна архітектура в'язучого маркувальної фарби із зовсім невластивих для звичайних друкарських фарб складників [7].

Здавалось би, що така архітектура в'язучого має усунути відомі проблеми двокомпонентних фарб. Проте, маркувальні фарби на цій основі, незважаючи на цілком достатню для їх застосування життєздатність (4,0–4,5 год), часто-густо мають суттєві вади у процесі друкування. Передусім вони даються взнаки через вкрай незадовільні якість і стабільність переносу фарби на поверхню задрукованого матеріалу, що кількісно оцінюється величиною коефіцієнта переносу — одною з найголовніших кількісних характеристик друкарського процесу. Отож під час роботи з двокомпонентними фарбами, особливо в умовах високого офсетного друку, в багатьох випадках спостерігаються нерівномірний переніс фарби по площині відбит-

ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ



ка та дуже низький коефіцієнт переносу (0,12–0,15) з тенденцією до подальшого його зниження під час друкування. Оптична густина отриманих за таких умов фарбових відбитків не перевищує 0,4–0,5 Б, що, звісно, не може задовольнити загальноприйняті вимоги до маркувального зображення.

Така картина є типовою для двокомпонентних фарб з обмеженою стабільністю, проте виявляється, що зниження кількісного вмісту отверджувача (ПЕПА) у фарбі на основі досліджуваної системи і навіть його повна відсутність не змінює поведінки фарби у процесі друкування. Тобто у побудованій системі в межах досягнутого терміну її життєздатності отверджувач практично не впливає на друкарсько-технологічні властивості фарби. Насамперед, це стосується коефіцієнта переносу, за величиною якого модельні фарби, що не містять ПЕПА, майже не відрізняються від фарб з отверджувачем. Варто підкреслити, що ця закономірність спостерігається лише в межах життєздатності досліджуваної системи, а відтак дозволяє з метою виявлення причин низького фарбопереносу проводити дослідження на модельних фарбах, зі складу яких навмисно вилучено ПЕПА.

Як відомо, коефіцієнт переносу друкарської фарби K_n залежить від багатьох чинників, серед яких найбільш важливим, а точніше — визначальним, є товщина так званого неробочого фарбового шару a_0 [8]. У спрощеному вигляді ця залежність може бути представлена таким чином:

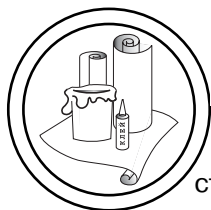
$$K_n = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{a_0^3}{a^3}} \right), \quad (1)$$

де K_n — коефіцієнт переносу фарби на задруковувану поверхню; a — товщина фарбового шару на друкарській формі.

Фізична сутність неробочого шару полягає в тому, що, маючи дуже щільну, майже нерухому надмолекулярну структуру, він не в змозі переходити в умовах друкарського контакту з однієї робочої поверхні на іншу, а саме: з фарбового валика на друкарську форму, з форми на офсетне полотно, а з нього — на задруковуваний матеріал.

Отже, неробочий шар не бере участі в розщепленні фарбового шару по товщині та у пошаровому переносі фарби на відбиток. Якщо ж у процесі друкування товщина неробочого шару має тенденцію до зростання, наближаючись до загальної товщини фарбового шару на друкарській формі, тобто $a_0 \leq a$, або $\lim a_0 = a$, настає стрімке падіння оптичної густини відбитка — аж до повного припинення друкарського процесу. Такі властивості фарбового шару можуть формуватися через дуже слабку міжмолекулярну взаємодію (сольватацію) в системі смола (плівкоутворювач) — бензофенон (розчинник).

Досліджувані в'язучі на основі епоксидних смол зі значеннями \bar{M}_n в досить широкому діапазоні (370–2800) зумовлюють різну динаміку формування неробочого шару фарби у процесі друкування в залежності від \bar{M}_n смоли, її розчинності та



ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ

ступеню її сольватації бензофеноном. Не випадково найбільшу розчинність у бензофеноні як у нетрадиційному розчиннику має низькомолекулярна епоксидна смола марки ЕД-20 з $M_n = 370-450$. Нагадаємо, що продукт саме її взаємодії з бензофеноном (ПВЕБ) вирізняється найвищою розчинювальною здатністю до епоксидних смол з більш високою величиною M_n (в межах 900–2800), які слугують плівкоутворювачем у складі в'язучого маркувальних фарб [7].

Саме через це у присутності ПВЕБ надмолекулярна структура в'язучого набуває підвищеної рухливості та еластичності, завдяки чому у процесі друкування забезпечується певний адгезійно-когезійний баланс фарби, необхідний для її стабільного пошарового поділу в друкарській парі. За таких умов первинна товщина неробочого шару має бути мінімальною, а її подальша динаміка під час друкування залежить, як виявилось, від кількості ПВЕБ, який додається у фарбу з метою ко-

ригування її друкарсько-технологічних властивостей.

Виявлену закономірність можна бачити на рис. 2, який свідчить про суттєвий вплив вмісту ПВЕБ на характер і кінетику формування товщини неробочого шару досліджуваних модельних фарб. У перші 30 хв. друкарського процесу значення товщини неробочого шару всіх модельних фарб досить близькі між собою й становлять 2,0–2,5 мкм. Близькість цих значень пояснюється тим, що всі модельні фарби побудовані на спільній (епоксидній) основі, тому утворені ними неробочі шари мають однакову молекулярно-хімічну природу. Якщо розглядати утворення неробочого фарбового шару як результат дії молекулярно-адсорбційних сил, які, власне, й утримують цей шар на поверхні друкарської форми [9], показана на рис. 2 близькість первинних значень товщини неробочих шарів є цілком зрозумілою і обґрунтованою.

Протягом подальшого розкочування фарби у процесі друкування товщина її неробочого

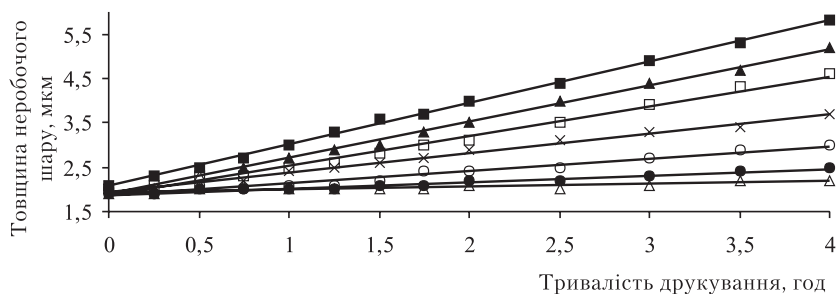
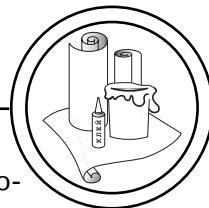


Рис. 2. Зростання товщини неробочого шару модельних фарб на друкарській формі у процесі друкування: ■ — фарба з ПЕПА (1); □ — фарба з ПЕПА та 4 % ПВЕБ (2); ○ — фарба з ПЕПА та 8 % ПВЕБ (3); ● — фарба з ПЕПА та 12 % ПВЕБ (4); ▲ — фарба без ПЕПА (5); × — фарба без ПЕПА з 4 % ПВЕБ (6); △ — фарба без ПЕПА з 8 % ПВЕБ (7)

ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ



шару збільшується під дією поверхневих міжмолекулярних сил, що мають вирішальний вплив на формування структури та властивості тієї частини фарбового шару, яка безпосередньо межує з поверхнею форми, валиків та офсетного полотна. Можна вважати, що як саме формування неробочого шару, так і подальше зростання його товщини є специфічним проявом так званого «пристінкового ефекту», зумовленого впливом енергетичного молекулярного поля твердої поверхні на прилеглі шари рідкого середовища (фарби) [10]. До речі, цей вплив може розповсюджуватись по товщині фарбового шару на відстань до 10 мкм (так звана далекодія) [10].

Після першої півгодини друкування модельними фарбами подальша динаміка їхніх неробочих шарів стає виразнішою, хоча й розвивається за однією закономірністю — товщина неробочого шару в тій чи іншій мірі зростає. За інтенсивністю цього зростання особливо вирізняється модельна фарба 1 (рис. 2), товщина неробочого шару якої всього за 2 год друкування дорівнює близько 4 мкм, що становить 50 % загальної товщини фарбового шару на друкарській формі. Варто звернути увагу на те, що навіть відсутність отверджувача (модельна фарба 5) суттєво не змінює особливостей досліджуваного друкарського процесу — товщина неробочого шару цієї фарби за 2 год зростає приблизно до 3,5 мкм. Саме ці модельні фарби (1 і 5), а також модельна фарба 2 створюють найбільші проблеми у

процесі друкування через відповідно стрімке зниження товщини робочого (розщеплюваного) шару, яке й зумовлює вищезазначені вади фарбопереносу.

Нормалізація перебігу друкарського процесу за рахунок зниження та стабілізації товщини неробочого шару досліджуваних фарбових систем спостерігається лише при введенні до їхнього складу ПВЕБ у кількості не нижче 8,0 мас. % незалежно від присутності отверджувача. Як приклад — модельні фарби 3, 4 і 7 (рис. 2). Характер впливу ПВЕБ на товщину неробочого шару фарби (α_0) у процесі друкування навіть можна обґрунтувати в аналітичній формі [8]:

$$\alpha_0 = \sqrt[3]{\frac{V\eta r v^2}{\delta}}, \quad (2)$$

де V — швидкість розщеплення фарбового шару; η — в'язкість фарби; r — радіус дії когезійних (міжмолекулярних) сил; v — діаметр основи умовного стовпчика фарби, що розщеплюється; δ — поверхневий натяг фарби (на границі з повітрям).

Рівняння (2) вказує, що в установлених друкарському процесі за умови незмінності значень V , r і v товщина неробочого шару має суттєво зменшуватись зі зниженням в'язкості фарби та одночасним підвищенням її поверхневого натягу. Власне кажучи, саме такі фізико-хімічні зміни відбуваються у фарбі після введення до її складу потрібної кількості ПВЕБ. Про це свідчать наведені у табл. 2



ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ

Таблиця 2

Фізико-хімічні характеристики смоли ЕД-20 та продукту її взаємодії з бензофеноном (ПВЕБ)

Найменування показника	Значення для порівнюваних речовин	
	Смола ЕД-20	ПВЕБ
Динамічна в'язкість, Па·с	18–25	0,5–1,0
Густина, г/см ³	1,17–1,18	1,12–1,14
Поверхневий натяг, мН/м	43,2	52,8
Динамічна в'язкість 10 %-ного розчину смоли Е-49 у кожній з порівнюваних речовин, Па·с	62,8	2,5

порівняльні фізико-хімічні характеристики нетрадиційних розчинників досліджуваних систем.

Дані табл. 2 підтверджують, що ПВЕБ через унікальні властивості бензофенону водночас поєднує його здатність до стрімкого зниження в'язкості фарб на епоксидній основі з досить відчутним збільшенням величини їхнього поверхневого натягу. Очевидно, що ці обидва чинники і є головними важелями зменшення товщини неробочого шару фарби, а відтак — згідно з формулою (1) — підвищення її коефіцієнта переносу.

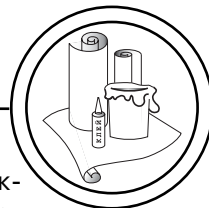
Дійсно, модельні фарби 3, 4 і 7 (рис. 2), які містять достатню кількість ПВЕБ, суттєво відрізняються від решти досліджуваних фарб за найважливішими друкарсько-технологічними властивостями. Так, значення їхнього коефіцієнта переносу в друкарській парі становлять 0,47–0,48, асимптотично наближаючись до екстремального 0,50, їхня оптична густина на відбитках дорівнює 1,3–1,4 Б, рівномірність і якість фарбопе-

реносу залишаються незмінними протягом усього часу друкування. Та найголовнішим досягненням застосування ПВЕБ у складі двокомпонентних (з отверджувачем) епоксидних фарб є надання їм стабільного комплексу друкарсько-технологічних властивостей, що, власне кажучи, й перетворює загальновідомі лакофарбові системи саме на друкарські фарби. Якщо спробувати зазирнути за лаштунки друкарського процесу та поринути в його сутність, стають зрозумілими причинно-наслідкові зв'язки у такому логістичному ланцюгу: нетрадиційний склад фарби → особливості її фізико-хімічних параметрів → динаміка товщини фарбового шару → якість і стабільність фарбопереносу.

Висновки

Отже, стабільність друкарсько-технологічних властивостей маркувальних фарб визначається не тільки швидкістю хімічної реакції між епоксидною основою й отверджувачем, тобто не лише життєздатністю двокомпонентних лакофарбових сис-

ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ



тем. Зрештою, строк їхньої життєздатності можна суттєво збільшити за рахунок уповільнення зазначеної реакції під впливом відповідних інгібіторів. А от для забезпечення стабільності таких фарб у вибагливих специфічних умовах друкарського процесу цього, як виявляється, вкрай замало.

Тому запропонований у цій роботі підхід до питань стабіль-

ності двокомпонентних епоксидних фарб, чільне місце в якому належить фізико-хімічним закономірностям впливу ПВЕБ, дозволяє позбутися характерних друкарських вад і, врешті-решт, перетворити майже непридатну для друкування композицію на друкарську фарбу. Зовсім незвичну фарбу — «з дикого мольберту».

1. Гуревич Е. О возможности использования различных принципов закрепления печатных красок для металлов и стекла / Е. Гуревич, П. Карпиловский, В. Поляков, К. Гринёва // Полиграфия. — 1970. — № 2. — С. 33—35.
2. Карпиловский П. Э. Физико-химические аспекты закрепления офсетных красок на непитьвающих полимерных материалах / П. Э. Карпиловский, Е. И. Гуревич // Труды ВНИИ полиграфии. — 1988. — т. 38, вып. 3. — С. 65—71.
3. Поляков В. Двухкомпонентные краски для высокой офсетной печати / В. Поляков, Е. Гуревич, П. Карпиловский, Т. Срослова // Полиграфия. — 1986. — № 9. — С. 23—24.
4. Карпіловський Павло. Короткі нариси з питань плівкоутворення друкарських фарб / П. Карпіловський // Нарис третій: Сучасна типологія. Хімічні аспекти // Друкарство. — 2003. — № 4(51). — С. 48—50.
5. Лившиц М. Л. Лакокрасочные материалы / Справочное пособие / М. Л. Лившиц, Б. И. Пшиялковский. — М. : Химия, 1982. — 360 с.
6. Карякина М. И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий / М. И. Карякина. — М. : Химия, 1988. — 272 с.
7. Пат. 81383 Україна, С09D 11/00. Друкарська маркувальна фарба / Карпіловський П. Е., Сазоненко В. В. та ін. — опубл. 25.12.07, Бюл. № 21.
8. Овчинников Ю. М. Теория переноса краски в автотипном печатном процессе / Ю. М. Овчинников // Труды ВНИИ полиграфии. — 1978. — т. 27, вып. 2. — С. 61—67.
9. Козаровицкий Л. А. Бумага и краска в процессе печатания / Л. А. Козаровицкий. — М. : Книга, 1965. — 367 с.
10. Берлин А. А. Основы адгезии полимеров / А. А. Берлин, В. Е. Басин. — М. : Химия, 1974. — 392 с.

Рецензент — О. М. Величко, д.т.н.,
професор, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 06.06.09