



**ЗМІНА ПОВЕРХНЕВОЇ ЕНЕРГІЇ  
ФЛЕКСОГРАФІЧНИХ ФОТОПОЛІМЕРНИХ ФОРМ  
У ПРОЦЕСІ ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ**

© Н. С. Гургаль, аспірант, В. Б. Репета, к.т.н., доцент,  
В. В. Шибанов, д.х.н., професор, УАД, Львів, Україна

**Исследованы поверхностная энергия фотополимерных печатных пластин, ее изменение на этапе изготовления печатных форм и растекание разных типов печатных красок по поверхности аналоговых фотополимерных печатных форм.**

**Studied the surface energy of photopolymer printing plates, its change during platemaking and spreading of various types of printing inks on the surface of the analog photopolymer printing plates.**

**Постановка проблеми**

Більшість технологічних процесів виготовлення поліграфічної продукції базуються на взаємодії рідин з твердими тілами. У процесі їх взаємодії важливу роль відіграє явище змочування, завдяки якому забезпечуються фарбопередача і адгезія друкарських фарб, праймерів, лаків, фольги до поверхні субстратів. Взаємодію друкарської фарби з твердими тілами в процесі друкування забезпечують міжмолекулярні взаємодії як у середині рідкої фази (когезія), так і рідини з твердим тілом (адгезія).

При цьому можна виділити три випадки такої взаємодії:

1.  $W_{ad} < W_k/2$  — рідина не змочує тверду поверхню;
2.  $W_k > W_{ad} > W_k/2$  — спостерігається обмежене змочування;
3.  $W_{ad} > W_k$  — рідина розтікається по твердій поверхні [1].

Повне змочування твердої поверхні можливе, коли

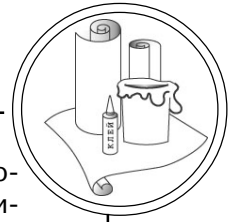
в'язкість фарби низька, а поверхневий натяг є меншим «критичного» поверхневого натягу поверхні, яка змочується [2]. Для якісного проведення процесу друкування у флексографічному друці повинно забезпечуватися відповідне співвідношення між поверхневим натягом рідини і поверхневою енергією твердого тіла. Зокрема пропонується наступне співвідношення [3]:

$ПНФ < ПЕА < ПЕФ < ПЕМ$

де ПНФ — поверхневий натяг фарби; ПЕА — поверхнева енергія анілоксового валика; ПЕФ — поверхнева енергія фотополімерної форми; ПЕМ — поверхнева енергія задрукованого матеріалу

**Мета роботи**

Дослідження поверхневої енергії флексографічних друкарських форм та її вплив на взаємодію з друкарськими фарбами.



**Результати проведених досліджень**

При визначенні вільної поверхневої енергії твердих тіл найчастіше використовують методики, які базуються на визначенні косинуса кута змочування рідинами, нанесеними на досліджувану поверхню. Для визначення поверхневої енергії фотополімерних матеріалів використовували методики Цісмана (Zisman), Оуенса-Вендта (Owens, Wendt), Елтона (Elton) [4, 5, 6].

Як зразки були відібрані пластини Cyrel NOW, Pasaflex, Nyloflex FAR II, Asahi HD, що вимиваються органічними розчинниками і водовимивні пластини Cosmolight NH і Cosmolight NS. Контактні кути змочування визначали фотографуванням цифровою камерою краплин тестових рідин і друкарських фарб на поверхні форм і автоматизованим розрахунком за допомогою

розробленої комп'ютерної програми [7]. Об'єм кожної краплини був у межах 5–10 мкл, а діаметр 2–4 мм. Для зменшення впливу зовнішніх факторів краплини наносили на поверхню субстратів у термостатичній камері і через 30 с фотографували їх профіль. Поверхневий натяг друкарських фарб визначали згідно методики «відриву кільця» [8].

На поверхневу енергію фотополімеризаційноздатних формних матеріалів значний вплив має ряд факторів (рис. 1).

Визначення поверхневої енергії фотомолімерних матеріалів проводили після операції експонування і операцій проявлення й сушіння.

Результати визначення поверхневої енергії аналогових фотополімерних пластин і відповідних їм друкарських форм наведено у табл. 1.

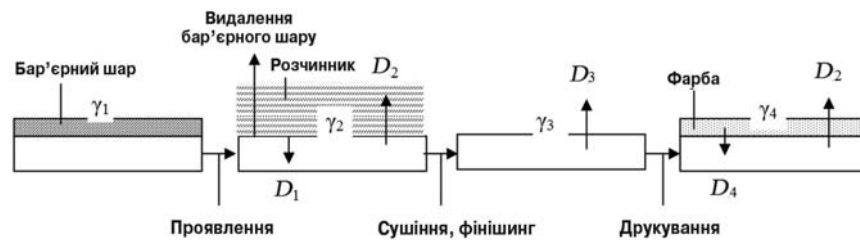


Рис. 1. Фактори зміни поверхневої енергії фотополімерних друкарських пластини у процесі технологічного застосування:

$\gamma_1$  — поверхнева енергія бар'єрного шару експонованої фотополімерної пластини;  $\gamma_2$  — зміна поверхневої енергії після проявлення, внаслідок видалення бар'єрного шару, дифузії  $D_1$  розчинника в фотополімерну пластину і міграції  $D_2$  компонентів фотополімерної композиції на поверхню;  $\gamma_3$  — зміна поверхневої енергії форм при сушінні внаслідок міграції  $D_3$  компонентів фотополімерної композиції і залишків вимивного розчину на поверхню;  $\gamma_4$  — зміна поверхневої енергії у процесі друкування, внаслідок взаємної дифузії  $D_4$  і  $D_2$  розчинника фарби і компонентів фотополімерної композиції, відповідно



## ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ

Таблиця 1

Поверхнева енергія деяких аналогових пластин і форм

Матеріал	Поверхнева енергія пластин до технологічної обробки, мДж/м <sup>2</sup>					Поверхнева енергія форм після технологічної обробки пластин, мДж/м <sup>2</sup>				
	$\sigma_{кр}$	$\sigma_{тЕ}$	$\sigma_{тОв}$	$\sigma_{тОв}^d$	$\sigma_{тОв}^p$	$\sigma_{кр}$	$\sigma_{тЕ}$	$\sigma_{тОв}$	$\sigma_{тОв}^d$	$\sigma_{тОв}^p$
Вимивання органічними розчинниками										
Cyrel NOW	27	40	34	23	11	29	39	40	26	14
Pasaflex	26	41	35	24	11	29	41	44	26	18
Nyloflex FAR II	29	40	37	23	14	24	35	32	26	6
Asahi HD	28	40	35	25	10	24	35	31	26	5
Проявлення водою										
Cosmolight NH	40	45	62	23	39	17	40	48	19	28
Cosmolight NS	38	43	52	24	28	21	38	40	22	19

Примітка:

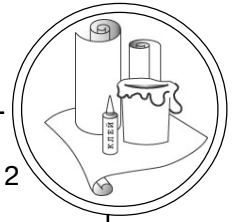
$\sigma_{кр}$  — критичний поверхневий натяг твердого тіла (методика Цісмана);  $\sigma_{тЕ}$  — поверхнева енергія твердого тіла, згідно рівняння Елтона;  $\sigma_{тОв}$  — поверхнева енергія твердого тіла (графічна методика Оуенса-Вендта);  $\sigma_{тОв}^d$  — дисперсійна складова поверхневої енергії твердого тіла (графічна методика Оуенса-Вендта);  $\sigma_{тОв}^p$  — полярна складова поверхневої енергії твердого тіла (графічна методика Оуенса-Вендта).

Аналізуючи результати досліджень встановлено, що поверхнева енергія фотополімерних пластин зазнає змін у процесі їх технологічної обробки. Особливістю аналогових пластин є те, що під з'ємною захисною лавсановою плівкою розміщується тонкий антиоксидантний бар'єрний шар. Тому при дослідженні поверхневої енергії пластин, вона визначається для бар'єрного шару. Значення поверхневої енергії поверхні органомісних пластин коливаються в межах 32–37 мДж/м<sup>2</sup>, а для водомісних — 50–60 мДж/м<sup>2</sup>. У процесі обробки для матеріалів Cyrel NOW і Pasaflex спостерігається збільшення поверхневої енергії до 44 мДж/м<sup>2</sup> за рахунок збільшення полярної складової, тоді як у пластин Nyloflex FAR II і Asahi HD поверхнева енергія знижується до 29–32 мДж/м<sup>2</sup>, в

основному за рахунок полярної складової. Аналогічна ситуація спостерігається у водомісних пластинах Cosmolight (зниження енергії до 40–48 мДж/м<sup>2</sup>).

У табл. 2 наведено результати змочування друкарськими фарбами поверхні формних матеріалів, робота адгезії і коефіцієнт розтікання.

Для всіх досліджених форм величина роботи когезії фарб перевищує величину роботи їх адгезії, що виражається в негативних значеннях величини коефіцієнта розтікання. Можна сказати, що досліджені фарби самовільно повністю не розтікаються по поверхні формних матеріалів. Однак для всіх випадків дотримується нерівність  $W_k > W_a > W_k/2$ , що вказує на обмежене змочування. Видно, що значення косинусів кутів змочування фарб розташову-



Таблиця 2

Характеристика взаємодії фарб з формними матеріалами

Марка фарби	Пара-метр	Марка пластини					
		Вимивання органічними розчинниками				водовимивні	
		Cyrel NOW	Pasaflex	Nyloflex FAR II	Asahi HD	Cosmolight NH	Cosmolight NS
Wiflex Hi-Tone	Cos $\theta$	0,5075	0,5800	0,6091	0,5269	0,5994	0,5008
	$W_p$	-14,3	-12,2	-13,3	-13,7	-11,6	-14,2
	$W_a$	43,7	45,8	46,7	44,3	46,4	43,8
Opal	Cos $\theta$	0,6051	0,5664	0,4512	0,5509	0,5243	0,4952
	$W_p$	-18,9	-20,8	-26,3	-21,6	-22,4	-24,0
	$W_a$	77,0	75,2	69,7	74,4	73,6	72,2
Frontal Black	Cos $\theta$	0,6355	0,7797	0,6811	0,6621	0,5918	0,6054
	$W_p$	-9,5	-5,7	-8,3	-8,8	-10,0	-9,6
	$W_a$	42,5	46,3	43,7	43,2	42,0	42,4
Frontal Orange	Cos $\theta$	0,7049	0,717	0,7524	0,6788	0,6139	0,5712
	$W_p$	-8,9	-7,6	-6,7	-8,7	-10,1	-11,3
	$W_a$	46,0	46,4	43,1	45,3	43,9	42,7
Colorwell PMS 269	Cos $\theta$	0,8058	0,7610	0,6374	0,7646	0,8220	0,4650
	$W_p$	-7,2	-8,8	-13,4	-8,7	-6,6	-18,6
	$W_a$	66,8	65,2	60,6	65,3	67,4	55,4
Colorwell PMS Warm Red	Cos $\theta$	0,8701	0,8027	0,6599	0,8199	0,8665	0,5633
	$W_p$	-4,5	-6,9	-11,9	-6,3	-3,2	-14,0
	$W_a$	65,5	63,1	58,1	63,7	66,8	56,0
UVivid Flexo JD 125	Cos $\theta$	0,8680	0,7836	0,7463	0,7886	0,9009	0,8390
	$W_p$	-4,8	-7,8	-9,1	-7,6	-3,6	-5,8
	$W_a$	67,2	64,2	62,9	64,4	68,4	66,2

Примітка:

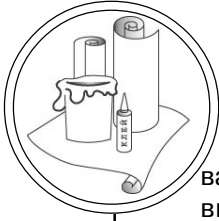
Cos  $\theta$  — косинус кута змочування;  $W_p$  — коефіцієнт розтікання за Гаркінсом;  $W_a$  — термодинамічна робота адгезії, мДж/м<sup>2</sup>; \* експериментальні значення косинусів кутів змочування визначені з точністю 2–5 %.

ються в інтервалі від 0,45 до 0,90, що приблизно відповідає значенням крайових кутів від 60 до 20 градусів відповідно. Змочування фарбою фотополімерної форми тим більше, чим ближче до нуля значення коефіцієнту розтікання ( $W_p$ ). Очевидно, що величина ( $W_p$ ) залежить насамперед від природи фарб і формних матеріалів. В цілому, для вододисперсійних фарб величина ( $W_p$ ) значно менша, ніж для

органорозчинних, що пояснюється великою енергією когезії перших. Відносно низькі значення коефіцієнта розтікання фарб спостерігаються для водовимивних формних матеріалів.

#### Висновки

Різні методики визначення поверхневої енергії твердого тіла дозволили отримати тільки наближене значення. Поверхне-



## ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ

ва енергія аналогових пластин визначається хімічною природою бар'єрних шарів. При виготовленні форм бар'єрні шари видаляються і поверхневі властивості визначаються вже хімічної природою компонентів фотополімеризаційноздатних композицій, природою розчин-

ника, їх дифузією на поверхню форм у процесах проявлення, сушіння і «фінішинга». Значення косинусів кутів змочування різних типів фарб розташовуються в інтервалі від 0,45 до 0,90, що орієнтовно відповідає значенням крайових кутів від 60 до 20 градусів відповідно.

1. Богданова Ю. Г. Адгезия и ее роль в обеспечении прочности полимерных композитов: учеб. пособие / Ю. Г. Богданова. — М. : МГУ им. М.В. Ломоносова, 2010. — 68 с.
2. Зимон А. Д. Адгезия жидкости и смачивание / А. Д. Зимон. — М. : Химия, 1974. — 416 с.
3. Coating Residue Raises Anilox Surface Tension and Affects Coat Weights. [Електронний ресурс]. — Режим доступу : [www.flexoconcepts.com/aboutus/techtips/index.php](http://www.flexoconcepts.com/aboutus/techtips/index.php).
4. Кинлок Э. Адгезия и адгезивы: наука и технология / Э. Кинлок. — М. : Мир, 1991. — 484 с.
5. Некоторые проблемы физической химии / под. ред. А. Е. Чалых. — М. : ИФХ РАН, 1997. — С. 54–58.
6. Mitchell J. W. Calculated Surface Tension of Some Organic Substances in the Solid State / J. W. Mitchell, G. A. H. Elton // J. Phys. Chem. — 1953. — 3. — P. 839–840.
7. Свідоцтво авторського права на твір №28766 від 15.05.2009. Комп'ютерна програма «Аналіз кінетики розтікання рідин» / В. Б. Репета.
8. Джейкок М. Химия поверхностей раздела фаз / М. Джейкок, Дж. Парфит. — М. : Мир, 1984. — С. 53–54.

Рецензент — Л. М. Олексій, к.т.н.,  
доцент, УАД

Надійшла до редакції 23.03.12