

LILIYA HARRI

Politechnika Warszawska
Wydział Inżynierii Produkcji
Instytut Mechaniki i Poligrafii
Zakład Technologii Poligraficznych
e-mail: l.harri@ztp.internetdsl.pl

Parametry sensytometryczne płyt fotopolimerowych służących do wytwarzania form fleksodrukowych cyfrową metodą laserowo-fotochemiczną

Streszczenie — Wyznaczono parametry sensytometryczne wybranych płyt fotopolimerowych przeznaczonych do wytwarzania form fleksodrukowych cyfrową metodą laserowo-fotochemiczną. Sporządzono krzywe charakterystyczne badanych płyt opisujące funkcyjną zależność grubości fotoutwardzonej warstwy światłoczułej od dziesiętnego logarytmu naświetlenia. Określono względną światłoczułość progową (S_0) i współczynnik szybkości fotoutwardzania (fotosieciovania) warstwy światłoczułej (W). Parametry te wyznaczano stosując równania regresji liniowej opisujące odcinki prostoliniowe krzywych charakterystycznych poszczególnych płyt fotopolimerowych. Wykorzystując równania regresji określono również optymalny czas naświetlenia wstępnego badanych płyt zapewniający niezbędną głębokość reliefu formy fleksodrukowej. Zastosowana metoda wyznaczania parametrów sensytometrycznych płyt fotopolimerowych pozwala na ilościowe porównanie różnych płyt fotopolimerowych pod względem ich parametrów sensytometrycznych oraz na ustalenie, w wyniku rozwiązania określonych równań regresji, optymalnego czasu naświetlenia wstępnego dużej liczby rozmaitych płyt przy zmianie żądanej głębokości reliefu formy fleksodrukowej lub zmianie płyty fotopolimerowej. Wykorzystując zgromadzone dane można też, dobierając odpowiednie parametry, sterować procesem naświetlenia wstępnego płyt fotopolimerowych.

Słowa kluczowe: płyty fotopolimerowe, parametry sensytometryczne, światłoczułość, formy fleksodrukowe, cyfrowa technologia laserowo-fotochemiczna.

SENSITOMETRIC PARAMETERS OF PHOTOPOLYMER PLATES USED FOR THE PRODUCTION OF FLEXOGRAPHIC PRINTING FORMS BY THE DIGITAL LASER-PHOTOCHEMICAL METHOD

Summary — The sensitometric parameters of selected photopolymer plates designated for use in the production of flexographic forms by the digital laser-photochemical method have been determined. Characteristic curves for the selected plates indicating the dependence of the thickness (d) of the hardened photosensitive layer as a function of the logarithm of irradiation ($\log H$) were obtained (Fig. 2). The relative photosensitivity threshold (S_0) and the coefficient (W) of the rate of photohardening (photocrosslinking) of the layer were evaluated (Tables 1, 2). The linear regression equation method, which describes the linear fragments of the obtained curves, was applied to determine the sensitometric parameters of these photopolymer plates as well as the optimal period of preliminary exposure required to achieve an appropriate depth of relief of the flexographic printing form (Fig.1). Moreover, this method allows for a quantitative comparison of different photopolymer plates, taking into consideration their sensitometric parameters, and the determination of the optimal preliminary exposure duration for a large number of different plates after a change either of the required relief depth of the flexographic printing form or of the photopolymer plate itself. The accumulated data can serve as an essential tool in selecting the most suitable parameters and controlling the preliminary irradiation process of the polymeric plates.

Keywords: photopolymer plates, sensitometric parameters, photosensitivity, flexographic printing plates, digital laser-photochemical method.

Technologia laserowo-fotochemiczna jest obecnie jedną z najczęściej stosowanych cyfrowych metod wytwarzania fotopolimerowych form fleksodrukowych. Płyty fotopolimerowe używane w danej technologii zawierają na podłożu poliestrowym światłoczułą fotoutwardzalną warstwę pokrytą czarną warstwą [1–4]. Światłoczuła warstwa płyty rozpuszcza się w roztworze wmywającym zawierającym mieszaninę rozpuszczalników organicznych, a pod wpływem promieniowania nadfioletowego (UVA) traci tę zdolność w wyniku fotoinicjowanej polimerizacji rodnikowej [5]. Czarna warstwa płyty charakteryzuje się dużą gęstością optyczną, nie przepuszcza promieniowania nadfioletowego i ulega rozkładowi pod wpływem promieniowania podczerwonego. Proces wytwarzania cyfrowych form fleksodrukowych z płyt fotopolimerowych obejmuje następujące etapy:

- wstępne naświetlanie płyty promieniowaniem UVA, od strony przezroczystego podłoża poliestrowego, w celu wytworzenia spolimerizowanej warstwy w dolnej części płyty zapewniającej dobre powiązanie elementów drukujących z podłożem;

- laserowe naświetlanie czarnej warstwy płyty promieniowaniem podczerwonym prowadzące do powstania negatywowej kopii reproduktowanego oryginału;

- właściwe naświetlanie płyty promieniowaniem UVA od strony wytworzonej czarnej kopii negatywowej, w trakcie którego w naświetlonych obszarach warstwy światłoczułej zachodzi proces fotopolimerizacji, obszary te będą tworzyć elementy drukujące formy fleksodrukowej;

- wmywanie płyty w określonym roztworze wmywającym (najczęściej w mieszaninie rozpuszczalników organicznych) w celu usunięcia nienaświetlonych elementów warstwy światłoczułej i wytworzenia reliefu drukującego;

- suszenie formy usuwające rozpuszczalniki organiczne z warstwy fotopolimerowej;

- doświetlanie formy promieniowaniem UVA zwiększające jej wytrzymałość mechaniczną i odporność chemiczną;

- doświetlanie formy promieniowaniem UVC w celu usunięcia kleistości jej powierzchni [1, 3, 4, 6].

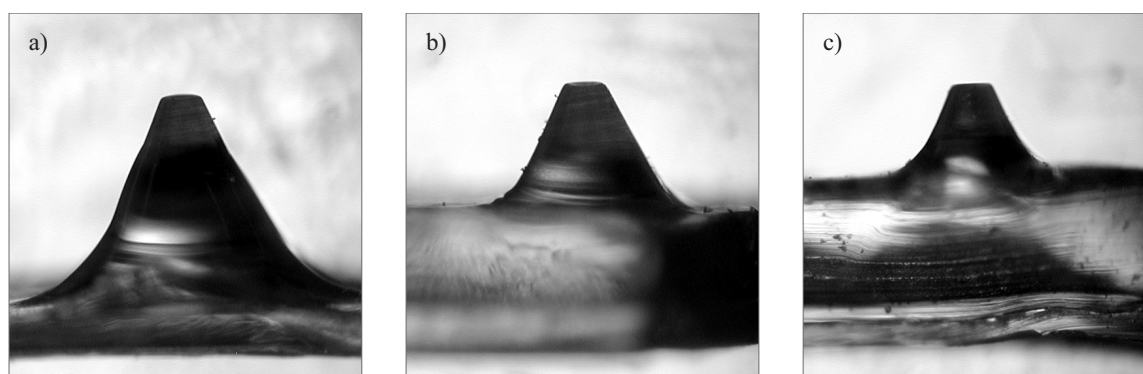
Jednym z podstawowych parametrów formy fleksodrukowej określających jej jakość oraz jakość drukowanej produkcji, jest głębokość reliefu [1, 7–9]. Gdy głębokość reliefu formy drukowej jest zbyt mała (zwłaszcza w przypadku formy wykonanej z cienkiej płyty fotopolimerowej o grubości 0,76–1,14 mm), w procesie drukowania może występować efekt tonowania czyli przekazywania farby przez elementy niedrukujące na zadrukowywane podłoże, jeśli zaś głębokość reliefu jest za duża elementy drukujące o małych wymiarach mogą charakteryzować się zbyt małą wytrzymałością mechaniczną i ulegać zniszczeniu w procesie drukowania.

Producenci fotopolimerowych płyt przeznaczonych do wytwarzania form fleksodrukowych cyfrową metodą laserowo-fotochemiczną podają zazwyczaj zalecany

zakres głębokości reliefu w odniesieniu do płyt o określonej grubości. Wybór konkretnej wartości głębokości reliefu formy fleksodrukowej zależy jednak od wielu czynników technologicznych występujących w procesie drukowania, mianowicie: od wielkości elementów reproduktowanego oryginału, gładkości zadrukowywanego podłoża, nacisku w strefie kontaktowej między cylindrem formowym a cylindrem dociskowym i stanu technicznego maszyny drukarskiej. Głębokość reliefu formy drukowej przeznaczonej do drukowania obrazów rastrowych o wysokiej rozdzielczości, zawierających elementy o bardzo małych wymiarach, powinna być mniejsza, niż głębokość reliefu formy przeznaczonej do drukowania stosunkowo dużych elementów kreskowych. W przypadku drukowania na podłożu o dużej gładkości głębokość reliefu formy fleksodrukowej może być mniejsza niż wówczas, gdy drukuje się na podłożu o małej gładkości [1]. W warunkach dużego nacisku w strefie kontaktowej między cylindrem formowym a cylindrem dociskowym w procesie drukowania głębokość reliefu formy drukowej powinna być większa, niż przy nacisku mniejszym, gdyż w przeciwnym razie może wystąpić efekt tonowania. Drukując na maszynach drukarskich o gorszym stanie technicznym również należy używać form fleksodrukowych o większej głębokości reliefu. Optymalna wartość głębokości reliefu formy drukowej powinna być ustalana dla ściśle określonych parametrów procesu drukowania i konkretnej maszyny drukarskiej.

Do wykonania formy fleksodrukowej o optymalnej głębokości reliefu cyfrową metodą laserowo-fotochemiczną konieczna jest wiedza o wpływie parametrów technologicznego procesu jej wytwarzania oraz parametrów sensytmetrycznych płyt fotopolimerowych na zmianę tej głębokości. W technologii laserowo-fotochemicznej głębokość reliefu formy fleksodrukowej zależy od parametrów procesu naświetlania wstępnego płyty: wielkości naświetlenia, czyli iloczynu czasu naświetlania i natężenia oświetlenia oraz od temperatury w naświetlarce, a także od parametrów procesu wmywania: czasu wmywania, siły docisku szczotek do powierzchni płyty i temperatury roztworu wmywającego [1, 4]. W warunkach stałych parametrów procesu wmywania oraz stałych parametrów natężenia oświetlenia i temperatury w naświetlarce głębokość reliefu formy fleksodrukowej zależy od czasu naświetlania wstępnego. Im większy jest czas naświetlania wstępnego, tym większa jest grubość podłoża formy fleksodrukowej i tym samym mniejsza głębokość reliefu (rys. 1).

Szybkość zmiany głębokości reliefu formy fleksodrukowej wraz ze zmianą czasu naświetlania wstępnego zależy od parametrów sensytmetrycznych płyty fotopolimerowej, które charakteryzują wrażliwość warstwy światłoczułej na promieniowanie aktywnie określonego zakresu spektralnego (350–390 nm). Do podstawowych wielkości sensytmetrycznych zalicza się: krzywą charakterystyczną, względną światłoczułość progową i współczynnik szybkości procesu fotoutwardzania war-



Rys. 1. Mikroskopowe zdjęcia profilu punktu ($200\ \mu\text{m}$) odwzorowanego na cyfrowej formie fleksodrukowej, wykonane w warunkach różnych czasów naświetlania: t_1 (a), t_2 (b), t_3 (c) ($t_1 < t_2 < t_3$)

Fig. 1. Microphotographs of a printing microdot ($200\ \mu\text{m}$) profile reproduced on digital flexographic printing plate produced at various times of preliminary exposure: t_1 —(a), t_2 —(b), t_3 —(c) where $t_1 < t_2 < t_3$

stwy światłoczułej (nazywany w niektórych źródłach literaturowych współczynnikiem kontrastowości) [1, 10, 11].

Celem niniejszej pracy była ocena parametrów sensorycznych płyt fotopolimerowych przeznaczonych do wytwarzania form fleksodrukowych cyfrową metodą laserowo-fotocemiczną oraz opracowanie metody umożliwiającej precyzyjne wyznaczenie wartości czasu naświetlania wstępnego, zapewniającego optymalną głębokość reliefu formy fleksodrukowej na podstawie analizy krzywej charakterystycznej płyty fotopolimerowej.

CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

Materiały

Obiekty badań stanowiły cyfrowe fotopolimerowe płyty fleksodrukowe różnych producentów, mianowicie: nyloflex ACE-DII 1,14 (Flint Group), nyloflex FAH-DII 1,14 (Flint Group), cyrel DPI 1,14 (Du Pont), AFP DHD 1,70 (Asahi), cyrel DPN 1,70 (DuPont), AFP DSH 2,54 (Asahi), nyloflex FAH-DII 2,54 (Flint Group).

Przygotowanie materiałów do badań

Przed oznaczaniem parametrów sensorycznych poszczególnych płyt fotopolimerowych wykonano następujące czynności:

- przygotowano płyty testowe o wymiarach $65 \times 10\ \text{cm}$ i zaznaczono na ich podłożach 12 pól o wymiarach $5 \times 10\ \text{cm}$;
- naświetlano progresywnie poszczególne pola każdej płyty promieniowaniem UVA od strony podłoża poliesterowego w różnych czasach (natężenie oświetlenia wynosiło $3800\ \text{lx}$, temperatura w naświetlarce $35\ ^\circ\text{C}$);
- wmywano nienaświetlone fragmenty warstwy światłoczułej z form testowych za pomocą roztworu Fleksosol firmy DuPont (temperatura roztworu wynosiła $30\ ^\circ\text{C}$), przy użyciu urządzenia Smart L Processor SP 1021 firmy DuPont;

- suszono ($T = 65\ ^\circ\text{C}$);
- doświetlano promieniowaniem UVA;
- doświetlano promieniowaniem UVC.

Naświetlanie fleksodrukowych płyt fotopolimerowych promieniowaniem UVA, suszenie oraz doświetlanie promieniowaniem UVC przeprowadzono stosując urządzenie Cyrel 1002 E-D-F firmy DuPont.

Metodyka badań

Wykonano pomiary grubości poszczególnych pól badanych płyt za pomocą grubościomierza i sporządzono krzywe charakterystyczne, opisujące zależność grubości fotoutwardzonej warstwy (d) od dziesiątego logarytmu naświetlania ($\log H$). Następnie wyznaczono równania regresji, opisujące prostoliniowe odcinki sporządzonych krzywych charakterystycznych, umożliwiające obliczenie względnej światłoczułości progowej (S_0), współczynnika szybkości procesu fotoutwardzania (fotosieciovania) warstwy światłoczułej (W) poszczególnych płyt oraz optymalnego czasu naświetlania wstępnego ($t_{opt.}$), zapewniającego optymalną głębokość reliefu form fleksodrukowych.

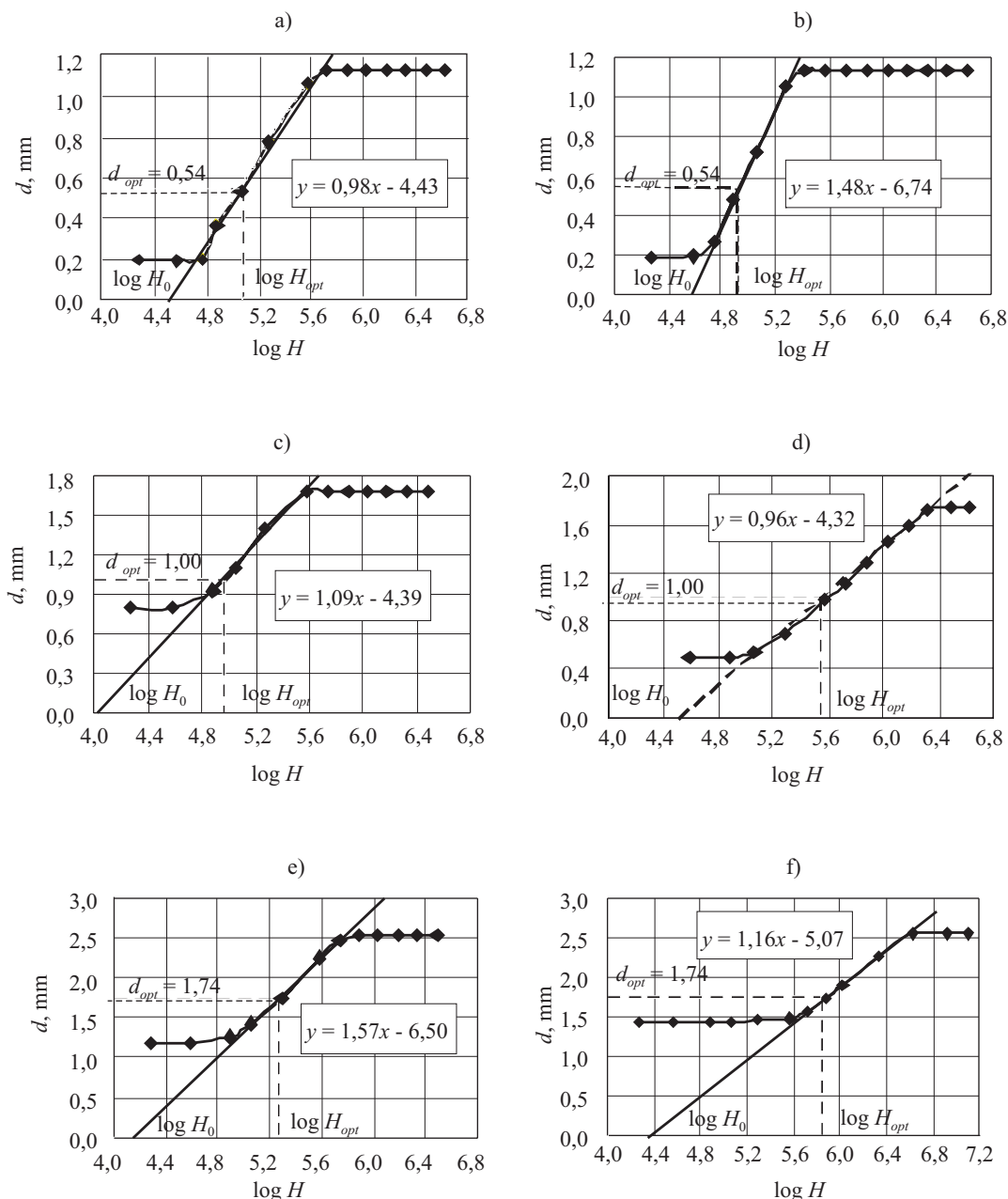
WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Krzywe charakterystyczne badanych płyt fotopolimerowych opisujące zależność grubości fotoutwardzonej warstwy światłoczułej (d) od dziesiątego logarytmu naświetlania ($\log H$) przedstawiono na rys. 2. Naświetlenie (H) jest iloczynem natężenia oświetlenia oraz czasu naświetlania:

$$H = i \cdot t \quad (1)$$

gdzie: i – natężenie oświetlenia (lx), t – czas naświetlania (s).

Metodą najmniejszych kwadratów wyznaczono równania regresji opisujące prostoliniowe odcinki krzywych charakterystycznych poszczególnych płyt fotopolimerowych (rys. 2, tabela 1). Ogólna postać równania jest następująca:



Rys. 2. Krzywe charakterystyczne płyt fotopolimerowych nyloflex ACE-DII 1,14 (a), nyloflex FAH-DII 1,14 (b), AFP DHD 1,70 (c), cyrel DPN 1,70 (d), AFP DSH 2,54 (e) i nyloflex FAH-DII 2,54 (f)

Fig. 2. Characteristic curves of nyloflex ACE-DII 1.14 (a), nyloflex FAH-DII 1.14 (b), AFP DHD 1.70 (c), cyrel DPN 1.70 (d), AFP DSH 2.54 (e) and nyloflex FAH-DII 2.54 (f)

T a b e l a 1. Parametry sensytmetyczne cyfrowych płyt fotopolimerowych

T a b l e 1. Sensitometric parameters of the digital photopolymer plates

Rodzaj płyty	Równanie regresji	$\log H_0$	$H_0, \text{lx} \cdot \text{s}$	$S_0, \text{lx}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$	W
Nyloflex ACE-DII 1,14	$y = 0,98x - 4,43$	4,52	33 113	3010	0,98
Nyloflex FAH-DII 1,14	$y = 1,48x - 6,74$	4,55	35 481	2810	1,48
AFP DHD 1,70	$y = 1,09x - 4,39$	4,03	10 715	9330	1,09
Cyrel DPN 1,70	$y = 0,96x - 4,32$	4,50	31 623	3160	0,96
AFP DSH 2,54	$y = 1,57x - 6,50$	4,14	13 804	7240	1,57
Nyloflex FAH-DII 2,54	$y = 1,16x - 5,07$	4,37	23 442	4260	1,16

$$y = ax + b$$

(2)

gdzie: $y \equiv d$ — zmienna zależna: grubość fotoutwardzonej warstwy światłoczułej wraz z podłożem poliestrowym, $x \equiv$

$\log H$ — zmienna niezależna: dziesiętny logarytm naświetlenia, a — współczynnik regresji, charakteryzujący nachylenie linii prostej do osi x , b — wartość stała.

Metoda najmniejszych kwadratów umożliwia precyzyjne wyznaczenie odcinka prostoliniowego krzywej charakterystycznej, opisującego wzrost grubości warstwy światłoczułej przy stałej szybkości procesu fotopolimeryzacji. W powyższej metodzie suma kwadratów odległości punktów określających odcinek prostoliniowy od linii regresji jest minimalna.

Wykorzystując powyższe równania wyznaczono współczynniki szybkości (W) procesu fotoutwardzania warstwy światłoczułej poszczególnych płyt fotopolimerowych.

Współczynnik W jest równy współczynnikowi regresji (a), charakteryzującemu nachylenie linii prostej do osi (x) [równ. (3)]:

$$a = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sum(x - \bar{x})^2} \quad (3)$$

gdzie: $\bar{x} = \log \bar{H}$ — średnia arytmetyczna zmiennych niezależnych, $\bar{y} = d$ — średnia arytmetyczna zmiennych zależnych.

Im większy jest współczynnik szybkości procesu fotoutwardzania warstwy światłoczułej, tym grubsza jest fotoutwardzana warstwa, przy określonym czasie naświetlania i stałym natężeniu oświetlenia.

Jak widać, poszczególne płyty fotopolimerowe w dużym stopniu różnią się wartością współczynnika szybkości procesu fotoutwardzania warstwy światłoczułej (tab. 1).

Względna światłoczułość progową (S_0) badanych płyt fotopolimerowych wyznaczono według wzoru:

$$S_0 = \frac{10^8}{H_0} \quad (4)$$

gdzie: H_0 — naświetlenie progowe powodujące początek procesu fotopolimeryzacji w warstwie światłoczułej, 10^8 — współczynnik zwiększający wartość światłoczułości.

Wartość H_0 odnoszącą się do poszczególnych płyt fotopolimerowych uzyskano rozwiązując równanie regresji (2), dla $y = 0$.

Z danych zestawionych w tabeli 1 wynika, że badane płyty fotopolimerowe przeznaczone do wytwarzania form fleksodrukowych cyfrową metodą laserowo-fotochemiczną, różnią się także względną światłoczułością progową.

Optymalny czas naświetlania wstępnego płyt fotopolimerowych zapewniający właściwą głębokość reliefu form fleksodrukowych wyznaczono również z zastosowaniem równania regresji (2). Jako optymalną głębokość reliefu przyjęto wartość: 0,60 mm dla płyt o grubości 1,14 mm (nyloflex ACE-DII 1,14; nyloflex FAH-DII 1,14), 0,70 mm — dla płyt o grubości 1,70 mm (cyrel DPN 1,70; cyrel DPN 1,70) i 0,80 mm — dla płyt o grubości 2,54 mm (nyloflex FAH-DII 2,54; AFP DSH 2,54).

Następnie obliczono optymalną grubość podłoża (fotoutwardzonej warstwy światłoczułej wraz z podłożem poliestrowym), którą powinny charakteryzować się poszczególne formy fleksodrukowe o optymalnych głębokościach reliefu:

$$d_{opt.} = d_{pt} - g_{opt.} \quad (5)$$

gdzie: $d_{opt.}$ — optymalna grubość podłoża (mm), d_{pt} — całkowita grubość płyty fotopolimerowej (mm), $g_{opt.}$ — głębokość reliefu formy fleksodrukowej (mm).

Podstawiając do równania (2) wartość $y = d_{opt.}$, wyznaczono wartość $\log H_{opt.}$. Następnie, na podstawie wzoru (1) i obliczonej wartości $H_{opt.}$, określono optymalny czas naświetlania wstępnego ($t_{opt.}$) poszczególnych płyt fotopolimerowych przy natężeniu oświetlenia 3800 lx. Wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 2.

T a b e l a 2. Optymalne parametry procesu naświetlania wstępnego cyfrowych płyt fotopolimerowych

T a b l e 2. Optimum parameters of preliminary exposure of the digital photopolymer plates

Rodzaj płyty	$d_{opt.}$ mm	$g_{opt.}$ mm	$\log H_{opt.}$	$H_{opt.}$ lx · s	i , lx	$t_{opt.}$ s
Nyloflex ACE-DII 1,14	0,54	0,60	5,07	117 490	3800	31
Nyloflex FAH-DII 1,14	0,54	0,60	4,92	83 176	3800	22
AFP DHD 1,70	1,00	0,70	4,95	89 125	3800	24
Cyrel DPN 1,70	1,00	0,70	5,54	346 737	3800	91
AFP DSH 2,54	1,74	0,80	5,25	177 828	3800	47
Nyloflex FAH-DII 2,54	1,74	0,80	5,87	741 310	3800	195

Na podstawie danych można stwierdzić, że taką samą głębokość reliefu na różnych płytach fotopolimerowych można uzyskać stosując różny czas naświetlania wstępnego. Czas naświetlania zależy przy tym zarówno od światłoczułości progowej (S_0), jak i od współczynnika szybkości fotoutwardzania warstwy światłoczułej (W). Dlatego też, np. czas naświetlania, niezbędny do uzyskania optymalnej grubości podłoża (1 mm) i głębokości reliefu (0,7 mm) płyty AFP DHD 1,70 jest krótszy od czasu naświetlania płyty o takiej samej grubości cyrel DPN 1,70 (por. tabela 2), gdyż płyta AFP DHD 1,70 charakteryzuje się większą światłoczułością progową (S_0) oraz większym współczynnikiem szybkości fotoutwardzania warstwy światłoczułej, niż płyta cyrel DPN 1,70.

Światłoczułość progowa płyty nyloflex ACE-DII 1,14 jest większa niż płyty nyloflex FAH-DII 1,14 i proces fotoutwardzania warstwy światłoczułej tej pierwszej płyty zaczyna się wcześniej. Jednak czas naświetlania wstępnego płyty nyloflex ACE-DII 1,14 zapewniający optymalną grubość podłoża (0,54 mm) i głębokość reliefu formy fleksodrukowej (0,6 mm) jest dłuższy, niż płyty nyloflex FAH-DII 1,14 (por. tabela 2), gdyż współczynnik szybkości procesu fotoutwardzania warstwy światłoczułej płyty nyloflex ACE-DII 1,14 jest mniejszy.

Do pełnej charakterystyki wrażliwości warstwy światłoczułej fotopolimerowych płyt fleksodrukowych na promieniowanie aktywność jest zatem znajo-

mość zarówno wartości światłoczułości progowej, jak i współczynnika szybkości procesu fotoutwardzania warstwy światłoczułej.

WNIOSKI

Płyty fotopolimerowe przeznaczone do wytwarzania form fleksodrukowych cyfrową metodą laserowo-fotochemiczną, w dużym stopniu różnią się parametrami sensytometrycznymi, mianowicie: względną światłoczułością progową i współczynnikiem szybkości fotoutwardzania warstwy światłoczułej. Różny jest zatem również czas naświetlania wstępnego płyt promieniowaniem UVA, zapewniający optymalną głębokość relifu formy.

Zaproponowana metoda wyznaczania parametrów sensytometrycznych płyt fotopolimerowych wykorzystująca równania regresji liniowej opisujące odcinki prostoliniowe krzywych charakterystycznych, pozwala na szybkie i precyzyjne określenie względnej światłoczułości progowej i współczynnika szybkości fotoutwardzania warstwy światłoczułej, a także optymalnego czasu naświetlania wstępnego, zapewniającego dla określonych parametrów procesu drukowania, optymalną głębokość relifu formy drukowej.

Stworzona w ten sposób baza danych zawierająca parametry sensytometryczne oraz równania regresji odpowiadające różnym płytom fotopolimerowym umożliwia zarówno ilościowo porównanie poszczególnych płyt fotopolimerowych, jak i ustalenie optymalnego czasu naświetlania wstępnego dużej liczby różnych płyt bez konieczności wykonywania prac- i czasochłonnych testów kontrolnych każdorazowo po zmianie żądanej głębokości relifu formy fleksodrukowej lub zmianie płyty fotopolimerowej.

Pojawia się ponadto możliwość sterowania parametrami procesu naświetlania wstępnego płyt fotopolime-

rowych, np. w przypadku zmiany natężenia oświetlenia w wyniku starzenia się źródła promieniowania naświetlarki, na podstawie danych sensytometrycznych można obliczyć czas naświetlania wstępnego niezbędny do uzyskania optymalnej wartości naświetlenia (iloczynu natężenia oświetlenia i czasu naświetlania).

Zastosowanie opracowanej metody w warunkach produkcyjnych pozwoli na zmniejszenie czasochłonności testów kontrolnych oraz na uniknięcie błędów zarówno w procesie wytwarzania cyfrowych form fleksodrukowych, jak i w procesie drukowania przy ich użyciu. Efekt ten w dużym stopniu przyczyni się do zwiększenia wydajności pracy i jakości wytwarzanej produkcji.

LITERATURA

1. Czichon H., Czichon M.: „Formy fleksodrukowe”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006, str. 73–88.
2. Czichon H., Czichon M.: *Świat Druku* 1998, 5, 60.
3. Kipphan H.: „Handbook of Print Media”, Heidelberg 2001, str. 1208.
4. Panák J., Čeppan M., Džonka V. i in.: „Poligrafia: Procesy i technika”, Warszawa 2002.
5. Praca zbiorowa: „Fotochemia polimerów. Teoria i zastosowanie” (red. Pączkowski J.), Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń 2003, str. 119–130.
6. Harri L.: *Kwalilogia knygy* 2007, 1 (11).
7. Harri L., Czichon H.: *Microsc. Res. Techniq.* 2006, 69 (8), 675.
8. Harri L.: *Opakowanie* 2005, 3, 30.
9. Page Crouch J.: „Flexography Primer”, GATFPress, Pittsburgh 1998, str. 103-118.
10. Czichon H., Harri L.: *Świat Druku* 2005, 9, 26.
11. Szybanow W.: „Minimumy, ili ocierki o fotopolimierizujuszczisia materiałach”, UFTA, Kijów 2000, str. 62–68.

Otrzymano 10 IX 2009 r.