

Технологія поліграфічного виробництва

УДК 655.3.022.5+655.3.06

В.З. Маїк

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕКЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ГАРЯЧОГО ТИСНЕННЯ ФОЛЬГОЮ НА ЕТИКЕТКОВІЙ ПРОДУКЦІЇ

Аналіз літературних джерел показав, що проводилися ґрунтовні дослідження властивостей декельних матеріалів для високого й офсетного способу друку, які принципово відрізняються від декелів для гарячого тиснення за видом матеріалу, будовою та умовами експлуатації [6, 8, 15, 17, 19].

Відсутність систематизованих теоретичних та експериментальних досліджень щодо декельних матеріалів для гарячого тиснення пов'язана з такими основними причинами [3 – 5, 9, 10, 14, 20, 21, 22]: раніше (десять і більше років тому) практично не оздоблювали етикеткову продукцію, використовуючи гаряче тиснення; тиснення проводилося, в основному, на палітурках, де функцію декеля виконував картон палітурки; для інших видів продукції як декель застосовували картон, оскільки не було високих вимог до якості тиснення. Аналіз останніх публікацій з цієї тематики показує, що вони носять рекламно-інформаційний характер [7, 11 – 13, 16].

Метою нашої роботи є дослідження фізико-механічних властивостей декельних матеріалів і їх впливу на проведення технологічного процесу тиснення фольгою на етикетковій продукції. У результаті аналізу асортименту матеріалів для експериментів було вибрано декельні матеріали, які використовуються сьогодні на виробництві для виконання різних видів робіт на автоматичних і напівавтоматичних пресах у всьому діапазоні експлуатації (тиск, температура, швидкість). Це матеріали фірми API (Англія): поліуретан (Polyurethane); епоксидний склопластик (Ероху Glassboard); пертинак (Pertinax); Super Press Blanket – композитний матеріал (гума+склотканина); пресшпан (Presspahn); SY Blanket – композитний декельний матеріал на латексній основі. У процесі роботи застосовували відповідні прилади (ИЗВ-1, еластомір Чехмана, товщиномір) і методики (згідно з ДЕСТ) дослідження властивостей, обробки результатів і теоретичних розрахунків [1, 2, 18].

Проведеними експериментами й розрахунками визначено фізико-механічні характеристики декельних матеріалів (табл. 1,2).

**Результати експериментальних досліджень і розрахунків
деформаційних властивостей декельних матеріалів**

Декельний матеріал	Величина навантаження, МПа	$\varepsilon_{\text{сум}}$	Частка деформацій, %		
			$\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{\varepsilon_{\text{пр}}}{\varepsilon_{\text{сум}}} * 100$	$\varepsilon_{\text{ел}} = \frac{\varepsilon_{\text{ел}}}{\varepsilon_{\text{сум}}} * 100$	$\varepsilon_{\text{пл}} = \frac{\varepsilon_{\text{пл}}}{\varepsilon_{\text{сум}}} * 100$
Поліуретан	2,97	1,52	47	32	21
	4,93	2,11	5%	33	16
	6,85	3,62	49	35	16
Епоксидний склопластик	2,97	1,93	63	27	10
	4,93	2,66	73	11	16
	6,85	2,87	82	10	8
Пертинакс	2,97	2,53	70	22	8
	4,93	2,76	58	35	7
	6,85	2,92	73	24	3
Super Press Blanket	2,97	6,72	33	26	41
	4,93	9,77	34	22	44
	6,85	14,53	41	17	42
Пресшпан	2,97	6,82	34	25	41
	4,93	11,2	30	24	46
	6,85	1	33	27	40
SY Blanket	2,97	8,88	25	25	50
	4,93	12,59	22	31	47
	6,85	17,41	24	25	51

Тут $\varepsilon_{\text{сум}}$ — сумарна деформація, %; $\varepsilon_{\text{пл}}$ — частка пластичної деформації, %; $\varepsilon_{\text{ел}}$ — частка еластичної деформації; $\varepsilon_{\text{пр}}$ — частка пружної деформації.

Таблиця 2

Результати експериментальних досліджень і розрахунків фізико-механічних властивостей декельних матеріалів

Декель	Величина навантаження, МПа	E_1 , МПа	E_2 , МПа	λ	χ	θ , с
Поліуретан	2,97	279,3	2544,99	0,0989	0,43	3946
Епоксидний склопластик	2,97	178,57	2171	0,076	0,534	7879
Пертинакс	2,97	140,0	825,0	0,145	0,4	16626
Super Press Blanket	2,97	61,32	190,87	0,243	0,653	3157
Пресшпан	2,97	53,5	495	0,098	0,614	1791
SY Blanket	2,97	54,18	163,32	0,249	0,858	2208

ТЕХНОЛОГІЯ ПОЛІГРАФІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

У цьому разі E_1 – початковий модуль пружності; E_2 – модуль пружної післядії (еластичності), МПа; λ – величина еластичності; γ – коефіцієнт механічних втрат; θ – період релаксації.

Як бачимо (див табл. 1), величина відносної сумарної деформації збільшується в ряду: поліуретан (1,52%) < епоксидний склопластик (1,93%) < пертинакс (2,53%) < Super Press Blanket (6,72%) < пресшпан (6,82%) < SY Blanket (8,88%). За цим показником декельні матеріали для гарячого тиснення відрізняються від декелів для високого друку. Найжорсткіші декелі для високого друку мають відносну деформацію 6–8%, а декелі для гарячого тиснення з відносною деформацією 7–9% є найм'якшими.

Разом з тим уперше запропоновано класифікацію декельних матеріалів для гарячого тиснення фольгою за величиною сумарної відносної деформації, визначеної в стандартних умовах (30 кг/см²): 1–4% – жорсткі; 4–7% – напівжорсткі; більше 7% – м'які.

Залишкова деформація є найменшою в епоксидного пластику (0,187%) і пертинаксу (0,212%) і найбільшою у пресшпану (2,768%) і SY Blanket (4,444%).

На рис. 1 графічно подано розвиток деформацій і релаксацій у часі пресшпану при певних навантаженнях, а на рис. 2 – його напруження – деформацію при стиску і відновленні за нерівноважних умов. Кінетику розвитку деформації пресшпану в часі при постійному навантаженні визначали протягом 30 хв до і після зняття навантаження. Аналогічні дослідження провели для всіх декельних матеріалів.

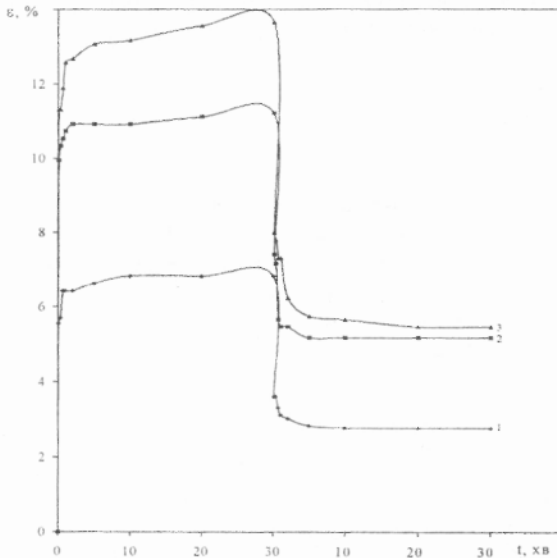


Рис. 1. Розвиток деформацій і релаксацій у часі пресшпану при навантаженні: 1 – 2,97 МПа; 2 – 4,93 МПа; 3 – 6,85 МПа

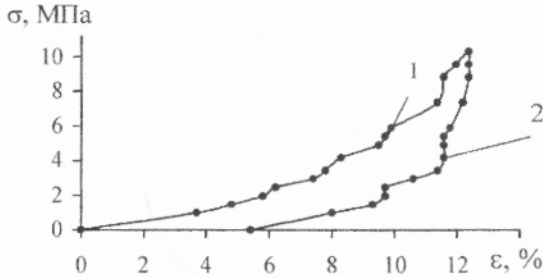


Рис. 2. Зміна відносної деформації пресшпану:
1 – при стиску; 2 – при розвантаженні

За показниками одержаних графіків визначали відносну сумарну деформацію матеріалів і її складові частини – пружну, еластичну й пластичну деформації. Розраховували в процентах до відносної сумарної деформації. Аналіз цих величин показує, що найбільшу пружну деформацію мають поліуретан, епоксидний склопластик і пертинакс.

Деформаційні властивості полімерних матеріалів оцінювали за кривими напруження – деформації ($\sigma - \epsilon$) в процесі їх навантаження і розвантаження матеріалу. Зразок полімерного матеріалу навантажували до максимальної деформації ϵ при $\sigma = 10,3$ МПа, і після того знімали навантаження з такою ж швидкістю до $\sigma = 0$. Криві стиску і відновлення не збігаються, взірець повністю не відновлюється, а має залишкову деформацію. На хід кривої $\sigma - \epsilon$ впливає релаксаційний характер деформації, який проявляється в її відставанні від напруження при деформуванні й наявності залишкових деформацій після зняття навантажень (гістерезис).

З погляду термодинаміки робота A , яка затрачається на деформування, повертається повністю при пружній деформації і частково перетворюється в тепло (Q) при високоеластичній. Тому для високоеластичної деформації Астиску = Авідновлення + Q . Це означає, що в циклі “стискування – відновлення” незворотно губиться частина роботи, витрачена на деформування. Дана робота є пропорційною площі під петлею гістерезису і називається механічними втратами. Втрати механічної енергії відбуваються при перетворенні її в тепло, тому $A_{\text{мв}} = Q$. Величина механічних втрат залежить від умов деформування. При високій швидкості і, відповідно, малому часі деформування структури полімерного матеріалу змінюється мінімально й за час відновлення може пройти повна релаксація, і механічні втрати будуть незначними.

При дослідженні деформаційних властивостей декільких матеріалів отримано наступні результати (під навантаженням 10,3 МПа): пертинакс – максимальна деформація 3,5%, а після розвантаження залишкова – 0,2%; поліуретан – максимальна деформація 3,2%, а після розвантаження залишкова – 0,7%; епоксидний склопластик – максимальна деформація 8%, а після розвантаження залишкова – 2,4%; Super Press Blanket – максимальна деформація

ТЕХНОЛОГІЯ ПОЛІГРАФІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

12,2%, а після розвантаження залишкова – 4,4%; пресшпан –максимальна деформація 12,4%, а після розвантаження залишкова – 5,6%; SY Blanket – максимальна – 16,7%, а після розвантаження залишкова – 10%.

З аналізу результатів досліджень і розрахунків фізико-механічних властивостей декельних матеріалів (див. табл. 2) випливає, що величина модуля пружності зменшується від поліуретану до пресшпану, а модуля еластичності – від поліуретану до SY Blanket. Модуль еластичності є найменшим в епоксидного пластику, а найбільшим у SY Blanket. Коефіцієнт механічних втрат при навантаженні – розвантаженні найменший у пертинаксу і поліуретану, а найбільший у SY Blanket. За величиною періоду релаксації, що впливає на тиражостійкість декельних матеріалів, їх можна розмістити (у порядку зменшення): пертинакс > епоксидний склопластик > поліуретан > Super Press Blanket > SY Blanket > пресшпан. Період релаксації найбільший у пертинаксу і найменший у пресшпану.

На друкарсько-технічні властивості суттєво впливає комплексний геометричний параметр тиснення (ω), який розраховується за формулою [6]

$$\omega = (1 - \varepsilon^{-1}) \varepsilon^{0,8} \cdot h_0^{-0,2},$$

де ε — відносна глибина проникнення декеля і задрукуваного матеріалу в пробільні елементи штампа; h_0 – глибина пробільних елементів штампа.

Комплексний геометричний параметр тиснення діє на друкарсько-технічні властивості відбитків таким чином:

при $\omega < 8$ фольга зберігає свою селективність, різниця температур між друкарськими і пробільними елементами складає більш як 300С;

при $8 < \omega < 16$ – знижуються чіткість і роздільна здатність тиснення;

при $\omega > 16$ фольга повністю втрачає друкарсько-технічні властивості, оскільки практично вирівнюється температура під друкарськими і пробільними елементами штампа через проникнення декеля й задрукуваного матеріалу в пробільні елементи штампа.

Величина вдавлювання в пробільні елементи штампа значною мірою залежить від деформаційних властивостей декельного матеріалу. Наприклад, при однаковому тиску більша глибина вдавлювання в пробільні елементи штампа буде в декеля з низькими деформаційними властивостями. Відповідно, роздільна здатність і чіткість зображення при тисненні фольгою значно залежать від деформаційних властивостей декельних матеріалів.

Таким чином, проведені дослідження фізико-механічних властивостей декельних матеріалів для гарячого тиснення дозволили встановити взаємозв'язок між фізико-механічними і друкарсько-технічними властивостями відбитків при гарячому тисненні фольгою.

1. Богданов В.В. Методы исследования технологических свойств пластмасс. Л., 1978.
2. Божицкий М.Н. Длительная прочность полимеров. М., 1978.
3. Воробьев Д.В., Дубасов А.И., Лебедев Ю.М. Технология брошюровоочно-переплетных процессов: Учебник. М., 1989.
4. Гилязетдинов Л.П., Волохова В.П., Огороднева М.В. Теплофизические параметры горячего тисне-

ния фольгой на переплетных материалах: Физико-химические явления в процессах полиграфии // Тр. ВНИИполиграфии. М., 1980. Т.30, Вып. 2. 5. Гилязетдинов Л.П., Левин Г.М., Огороднева М.В. Фольга для горячего тиснения. М., 1981. 6. Гуляев С.А., Ромейков И.В., Тихонов В.П. Основы технологии печатных процессов: Ч. 1. Технология печатных процессов. М., 1997. 7. Захаркин А. О горячем тиснении // Полиграфия. 1999. №1. 8. Калиброванные поддебельные материалы для офсетных печатных машин // Полиграфист и издатель. 1998. №2. 9. Козлов С.Н. Исследование влияния высокоэластических материалов на характер деформации при вдавливании плоского штампа в картон: Автореф. дис... канд. техн. наук / МПИ. М., 1963. 10. Козлов С.Н. Теоретические основы тиснения на переплетных крышках / Под ред. И.А. Жукова М., 1967. 11. Кушнарченко О. Оздоблення продукції // Друкарський кур'єр. 1999. №2. 12. Леонов І. Тиснення фольгою – найкоротший шлях до успіху // Палітра друку. 1999. №2. 13. Лисичко Е. Горячее тиснение фольгой // Полиграфия. 1999. №2. 14. Маїк В.З. Тиснення: технології, матеріали, устаткування. Львів, 1997. 15. Мельников О.В. Друкування на аркушевих офсетних машинах. Львів, 1999. 16. Передовые технологии для полиграфии и упаковки. Каталог ПИ «TRACO». К., 2003. 17. Попядухин П.А. Технология печатных процессов. М., 1968. 18. Практикум по полимерному материаловедению / Под ред. П. Г. Бабаевского. М., 1980. 19. Раскин А.Н., Ромейков И.В., Бирюкова Н.Д., Муратов Ю.А., Ефремова А.Н. Технология печатных процессов. М., 1989. 20. Технологические инструкции. Брошюровочно-переплетные процессы. М., 1982. 21. Урядова Г.В. Тиснення цветной и металлической фольгой на переплетных крышках: Исследование брошюровочно-переплетных процессов // Тр. ВНИИполиграфии. М., 1965. Т.16, Вып. 1. 22. Sitch B.J. Роль горячего тиснения в полиграфии. Prof. Print., 1975, 19, №3.