

Л.Я. Майк
Українська академія друкарства

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОЛІМЕРНИХ ШАРІВ ФОРМ ГЛИБОКОГО ДРУКУ

В статті наведено результати досліджень деформаційних властивостей полімерних шарів на основі ролівсанів для виготовлення форм глибокого друку лазерним гравіюванням

The article contains the results of the deformation properties research of polymer layers on the basis of rolivsans to manufacture gravure printing plates by laser engraving.

Глибокий спосіб друку застосовують у видавничо-поліграфічній справі (високохудожні одно- і багатофарбові видання-альбоми, масові ілюстровані журнали, настінні календарі, рекламні видання, художні листівки, поштові марки та ін.), а також у сфері виготовлення невидавничої продукції, зокрема: пакувальних матеріалів (у тому числі й синтетичні), етикеток, оформлення шпалер, а також декоративний друк (зображення на папері рельєфу різних цінних порід деревини, каменю, тканини), друкування цінних паперів, одержання зображень на папері для подальшого відтворення їх на тканині, зокрема, способом термоперенесення, маркування ампульної і кабельної продукції. Друкарські елементи форм глибокого друку, незалежно від виду оригіналів, – це заглиблені растрові комірки дуже малої площі. Вони розділені між собою тонкими перегородками – проміжними елементами, які знаходяться на рівні поверхні формного матеріалу [1-5].

Розроблені нові композиції на основі сажонаповнених ролівсанів [6-16] для виготовлення форм глибокого друку лазерним гравіюванням для маркування продукції (ампули, кабельна продукція та ін.) було досліджено щодо чутливості до лазерного випромінювання з довжиною хвилі 1,06 мкм для отримання високих репродукційно-графічних і друкарсько-технічних показників форм глибокого друку.

При виготовленні та експлуатації на полімерні форми глибокого друку діють різні зовнішні поля: механічні, теплові тощо. Фізико-механічні властивості полімерного матеріалу визначають ступінь зміни структури, розмірів, форми при дії на нього механічних сил.

Дуже важливим для прогнозування працездатності полімерних форм глибокого друку є дослідження впливу величини навантаження та розчинників фарб на деформаційні властивості полімерних шарів (зміна розмірів, об'єму і форми). Деформація супроводжується зміною структури полімерів і їх властивостей: чим більша деформація, тим значніша зміна структури і властивостей. Тому визначали зміну деформаційних властивостей полімерних шарів до проведення процесу набрякання та після витримки в розчинниках протягом 100 годин [17-22].

Навантаження взірців проводили в діапазоні 0,5 – 4,5 МПа, що відповідає реальним умовам експлуатації форм глибокого друку (0,5 – 2 МПа у зоні друкарського контакту).

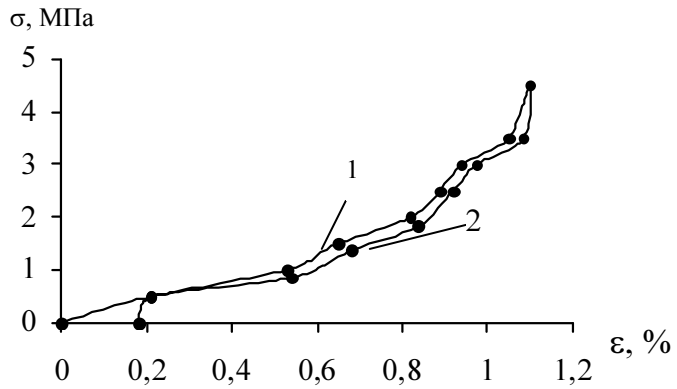
Деформаційні властивості полімерних матеріалів оцінюємо за кривими напруження – деформація ($\sigma - \epsilon$) у процесі навантаження і розвантаження матеріалу, які зображені на рис. 1 – 4. Навантажуємо зразок полімерного матеріалу до максимальної деформації ϵ при $\sigma = 4,5$ МПа і після цього знімаємо навантаження з такою ж швидкістю до $\sigma = 0$. Криві стиску і відновлення не збігаються, взірць повністю не відновлюється, а має залишкову деформацію. На хід кривої $\sigma - \epsilon$ впливає релаксаційний характер деформації, який проявляється у відставанні деформації 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 у тепло (Q) при високоеластичній. Тому для високоеластичної деформації $A_{\text{стиску}} = A_{\text{відновлення}} + Q$. Це означає, що в циклі “стискування – відновлення” незворотно губиться частина роботи, витрачена на деформування. Ця робота є пропорційною площі під петлею гістерезису. Цю частину роботи називають механічними втратами. Втрати механічної енергії проходять при перетворенні її в теплоту, тому $A_{\text{мв}} = Q$. Величина механічних втрат залежить від умов деформування. При високій швидкості (наприклад, при друкуванні) і, відповідно, при малому часі деформування структура полімерного матеріалу змінюється мінімально й за час відновлення може пройти повна релаксація, і механічні втрати будуть незначними.

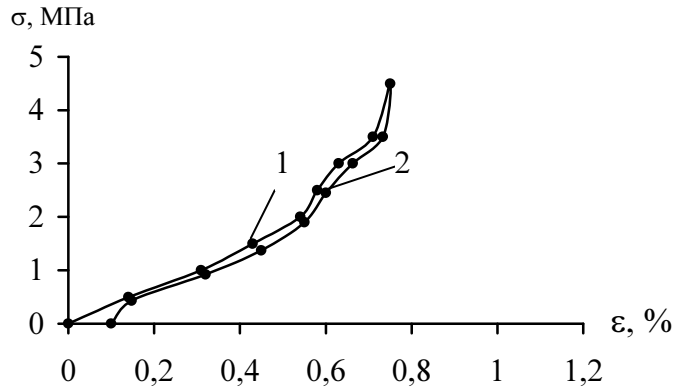
При дослідженні полімерних шарів А і Б до проведення процесу набрякання треба зазначити, що кращі деформаційні властивості має матеріал Б, оскільки максимальна деформація під навантаженням 4,5 МПа становить – 0,75%, а після розвантаження залишкова деформація становить – 0,1%, для матеріалу А максимальна деформація під навантаженням 4,5 МПа – 1,05%, а після розвантаження залишкова деформація – 0,21%.

При дослідженні полімерних шарів після проведення процесу набрякання протягом 100 год. отримані такі результати: для матеріалу А – етиловий спирт – максимальна деформація під навантаженням 4,5 МПа становить – 3,46%, а після розвантаження залишкова деформація становить – 0,40%; толуол – максимальна деформація – 6,52%, а після розвантаження залишкова деформація – 0,63%; бензин – максимальна деформація – 8,86%, а після розвантаження залишкова деформація – 0,80%.

Для матеріалу Б (етиловий спирт) – максимальна деформація під навантаженням 4,5 МПа становить – 2,43%, а після розвантаження залишкова деформація складає – 0,21%; (толуол) – максимальна деформація під навантаженням 4,5 МПа складає – 3,92%, а після розвантаження залишкова деформація становить – 0,42%; (бензин) – максимальна деформація під навантаженням 4,5 МПа становить – 6,73%, а після розвантаження залишкова деформація становить – 0,58%.

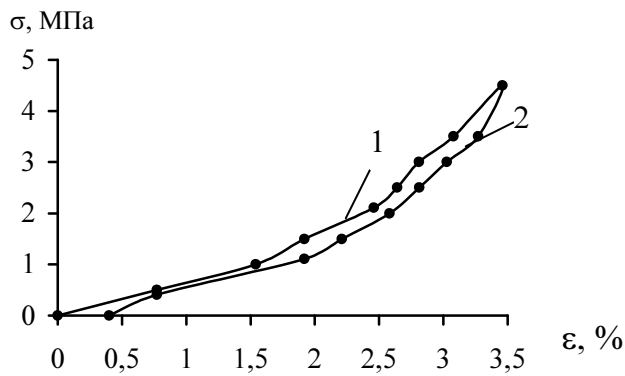


a)

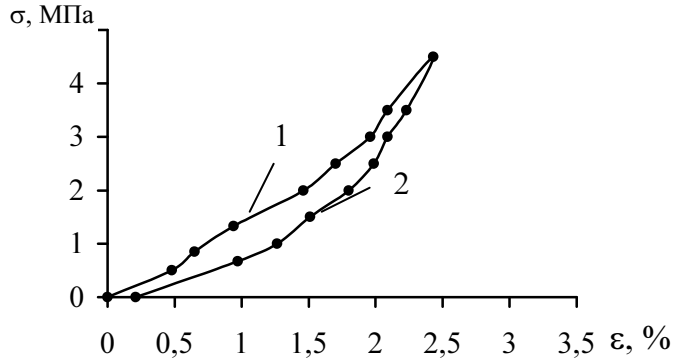


б)

Рис. 1. Зміна відносної деформації ε при стиску (1) і розвантаженні (2) полімерних матеріалів до обробки в розчинниках:
а – матеріал А; б – матеріал Б.

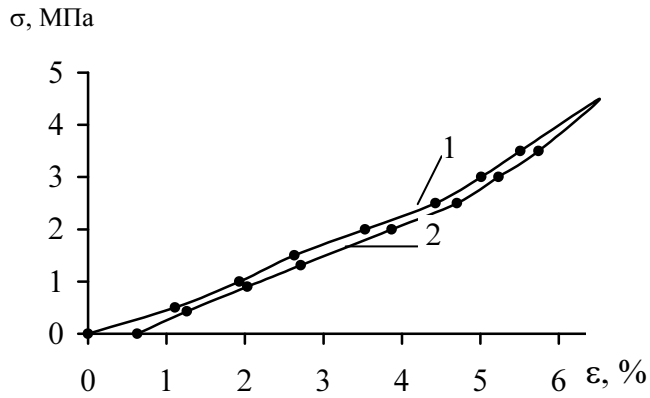


a)

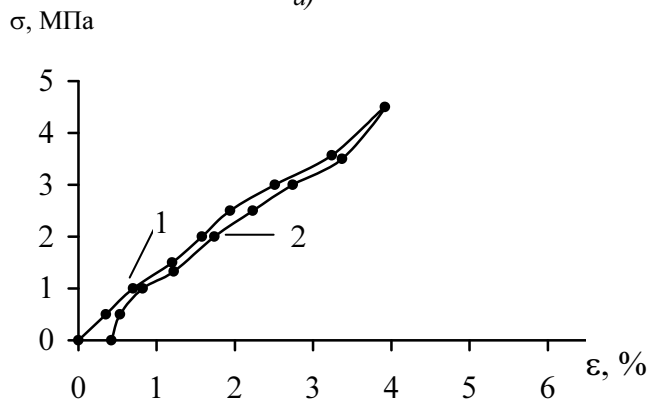


б)

Рис. 2. Зміна відносної деформації ϵ при стиску (1) і розвантаженні (2) полімерних матеріалів після обробки в етиловому спирті:
а – матеріал А; б – матеріал Б.



а)



б)

Рис. 3. Зміна відносної деформації ϵ при стиску (1) і розвантаженні (2) полімерних матеріалів після обробки в толуолі:
а – матеріал А; б – матеріал Б.

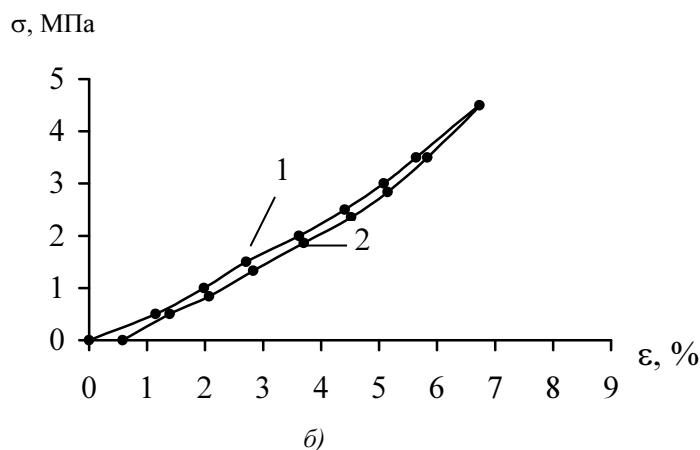
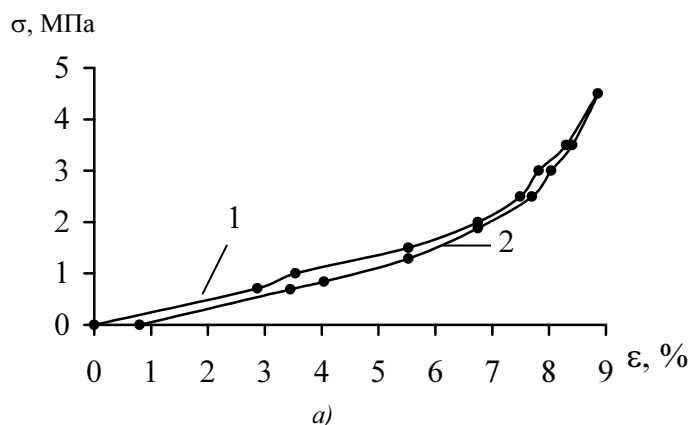


Рис. 4. Зміна відносної деформації ϵ при стиску (1) і розвантаженні (2) полімерних матеріалів після обробки в бензині:
а – матеріал А; б – матеріал Б.

На рис. 5 і 6 подано графіки розвитку деформацій матеріалів А і Б в часі (до і після обробки в розчинниках на протязі 100 год) під постійним навантаженням і спаду після зняття навантаження. Максимальну деформацію під постійним навантаженням визначали через 30 хв і залишкову деформацію після зняття навантаження визначали також через 30 хв.

При дослідженні полімерних шарів А і Б до і після проведення процесу набрякання треба зазначити, що кращі деформаційні властивості має матеріал Б (табл. 1).

Таблиця 1

Деформаційні властивості полімерних матеріалів

Матеріал	До набрякання в розчинниках		Етиловий спирт (100 год)		Толуол (100 год)		Бензин (100 год)	
	$\epsilon_{\text{макс}}, \%$	$\epsilon_{\text{заль}}, \%$	$\epsilon_{\text{макс}}, \%$	$\epsilon_{\text{заль}}, \%$	$\epsilon_{\text{макс}}, \%$	$\epsilon_{\text{заль}}, \%$	$\epsilon_{\text{макс}}, \%$	$\epsilon_{\text{заль}}, \%$
А	0,83	0,15	0,832	0,16	0,842	0,172	0,848	0,185
Б	0,67	0,056	0,671	0,066	0,718	0,081	0,726	0,088

З одержаних графіків визначили відносну сумарну деформацію матеріалів А і Б і складові частини сумарної деформації – пружну, еластичну і пластичну, які розраховували у процентах до відносної сумарної деформації (табл. 2).

Таблиця 2

Значення пружної, еластичної і пластичної деформацій полімерних матеріалів

Матеріал	До набрякання в розчинниках			Після набрякання в розчинниках (100 год)								
				Етиловий спирт			Толуол			Бензин		
	$\epsilon_{пр}, \%$	$\epsilon_{ел}, \%$	$\epsilon_{пл}, \%$	$\epsilon_{пр}, \%$	$\epsilon_{ел}, \%$	$\epsilon_{пл}, \%$	$\epsilon_{пр}, \%$	$\epsilon_{ел}, \%$	$\epsilon_{пл}, \%$	$\epsilon_{пр}, \%$	$\epsilon_{ел}, \%$	$\epsilon_{пл}, \%$
А	68,55	13,38	18,07	67,79	12,98	19,23	67,3	12,23	20,47	67,22	10,97	21,81
Б	82	9,55	8,45	79,73	10,43	9,84	79,9	8,64	11,42	76,86	11	12,14

Співвідношення деформацій показують, що кращі деформаційні властивості має матеріал Б. За впливом на величину деформаційних властивостей полімерних шарів розчинники можна розмістити (у порядку зменшення): матеріал А і Б – бензин > толуол > етиловий спирт. Ці результати досліджень корелюють з дослідженнями деформаційних властивостей матеріалів А і Б при змінному навантаженні.

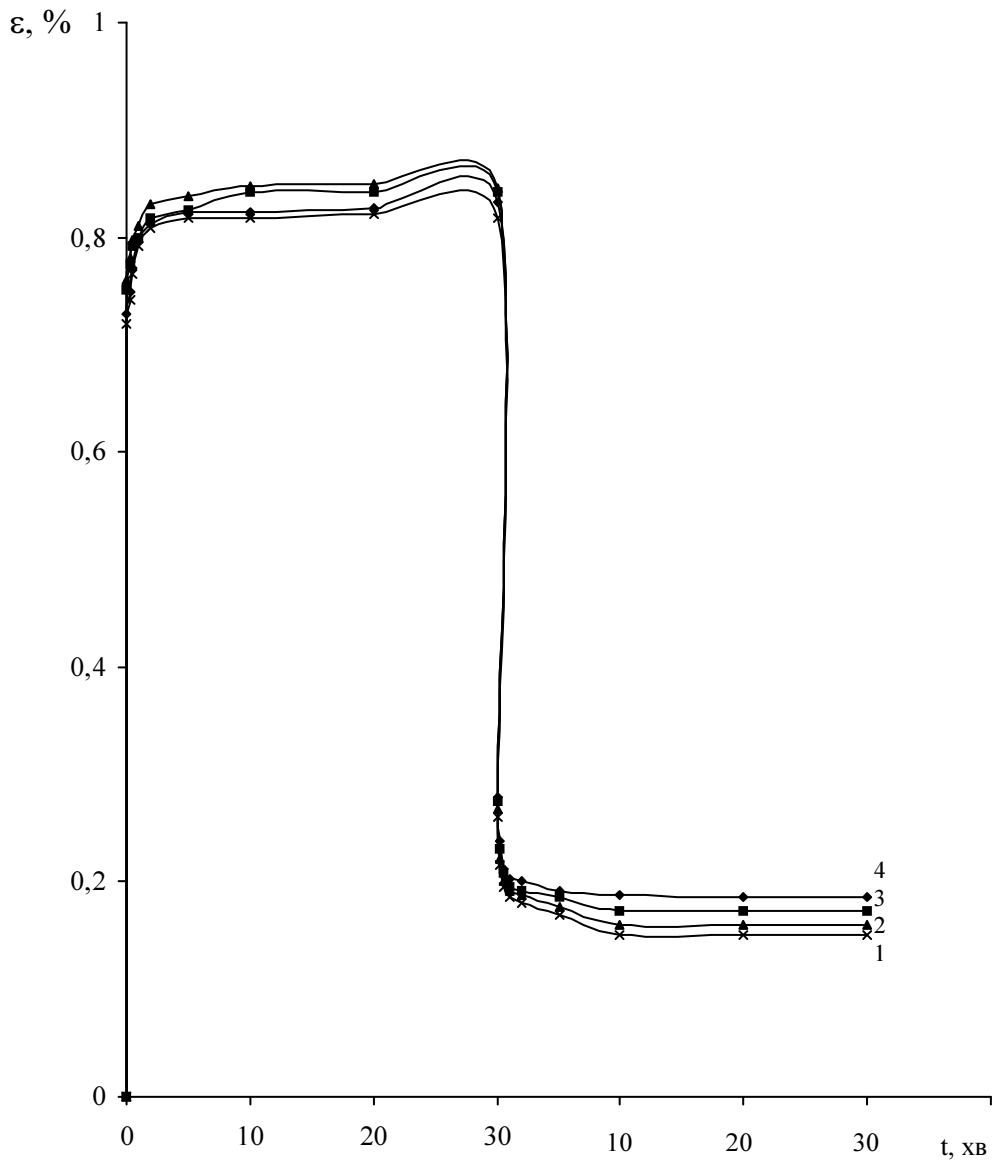


Рис. 5. Кінетика деформації матеріалу А під навантаженням та після зняття навантаження в залежності від часу:

- 1 – без обробки;
- 2 – обробка в етиловому спирті (100 год);
- 3 – обробка в толуолі (100 год);
- 4 – обробка в бензині (100 год).

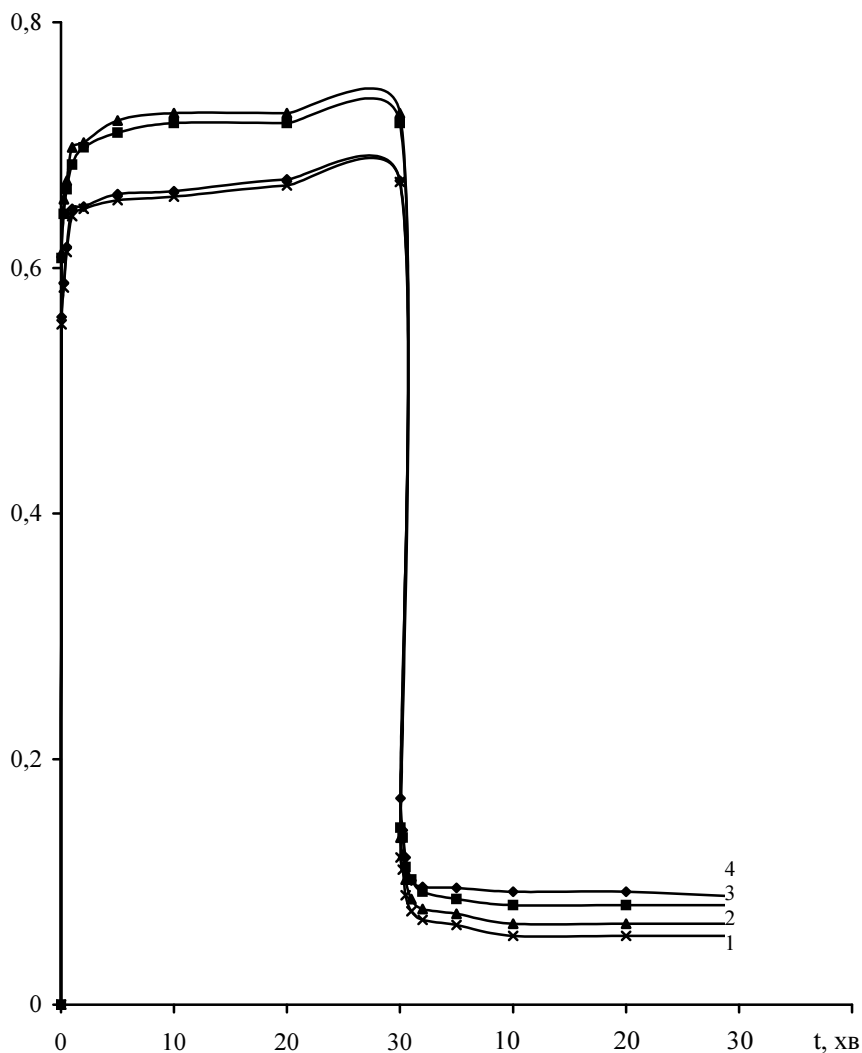


Рис. 6. Кінетика деформації матеріалу Б під навантаженням та після зняття навантаження в залежності від часу:

- 1 – без обробки;
- 2 – обробка в етиловому спирті (100 год);
- 3 – обробка в толуолі (100 год);
- 4 – обробка в бензині (100 год).

Отримані результати деформаційних властивостей матеріалів А і Б зумовлені їх структурою. Величина деформації залежить не тільки від гнучкості макромолекули в цілому, але і від гнучкості ділянки макромолекули, яка міститься між вузлами, з молекулярною масою M_c . Матеріал Б має меншу молекулярну масу, ніж матеріал А, й зі збільшенням числа зшивок (зниженням молекулярної маси M_c), у полімера Б знижується гнучкість, зменшується здатність до зміни конформацій, підвищується жорсткість і він, відповідно, характеризується меншою загальною і залишковою деформацією.

Таким чином, проведені дослідження показали, що найменш агресивним розчинником є етиловий спирт, і фарби на його основі можна використовувати для друкування з полімерних форм глибокого друку. Матеріал Б є стійкішим до дії розчинників фарб глибокого друку.

1. *Технология изготовления печатных форм / Васин Г.И., Лазаренко Э.Т., Полянский Н.Н., Пфейль К., Сулакова Л.И., Трауцеделл Р., Уарова Р.М., Шеберстов В.И. / Под ред. Шеберстова В.И. – М.: Книга, 1990. – 224 с.*

2. *Глубокая печать: современное состояние, тенденции, новые технологии // Флексо Плюс. – 1999. – №6(11). – С.30.*

3. *Байсвенгер З. Способы гравирования цилиндров глубокой печати // Флексо Плюс. – 1999. – №4(10). – С.42-44.*

4. *Белавенец М.С. Химическое травление и электромеханическое гравирование формных цилиндров глубокой печати // Научно-технический сборник «Полиграфическая промышленность». – 2000. – №2-3. – С.24-27.*

5. *Дреер М. Сравнение цифрового (СТР) и аналогового процессов изготовления печатных форм // Флексо Плюс. – 2000. – №3(15). – С.16-19.*

6. *Справочник резинчика. Материалы резинового производства / Ред. кол. П.И. Захарченко, Ф.И. Яцунская, В.Ф. Евстратов, П.И. Орловский. – М.: Химия, 1971. – 607 с.*

7. *Печковская П.Л. Сажа как усилитель каучука. – М.: Химия, 1968. – 216 с.*

8. *Зайцев Б.А. Закономерности образования, структура и свойства термостойких сетчатых полиаренов: Дис.д-ра.хим. наук: Ленинград: ИВС АН СССР, 1983. – 446 с.*

9. *Зайцев Б.А. Синтез, структура и свойства термостойких и прочных сетчатых полимеров-матриц (связующих, компаундов) для полимерных композиционных материалов. – Л.: Наука, 1988. – 280 с.*

10. *Зайцев Б.А., Киселева Р.Ф. О механизме образования олигомеров на основе двухатомных вторичных жирноароматических спиртов // Высокомолекулярные соединения. – 1981. – Т. 23А. – №8. – С. 1783-1790.*

11. *Зайцев Б.А., Федорова А.В., Киселева Р.Ф., Храмова Г.И. Кинетика гомополимеризации двухвторичного ароматического гликоля в присутствии кислого катализатора // Высокомолекулярные соединения. – 1983. – Т. 25А. – №5. – С. 1076-1081.*

12. *Зайцев Б.А., Храмова Г.И. Полимеризационно-полициклоконденсационный метод получения сетчатых полимеров и армированных пластиков // Пластические массы. – 1983. – №2. – С.59.*

13. *Зайцев Б.А., Храмова Г.И., Цыганкова Т.С., Данциг Л.Л. Роливсаны – термостойкие связующие для армированных пластиков // Тезисы докладов I-ой Всесоюзной конференции по композиционным материалам и их применению в народном хозяйстве. – Том 1. – Ташкент. – 1980. – С.138-139.*

14. *Зайцев Б.А., Храмова Г.И., Цыганкова Т.С., Любимова Г.В. Новое направление получения терморезистивных тепло- и термостойких полимеров // Химия и физика высокомолекулярных соединений. – Л. – 1979. – С.33-34.*

15. *Зайцев Б.А., Храмова Г.И., Цыганкова Т.С., Киселева Р.Ф., Лоїус Л.А., Бессонова М.И., Лебедева М.Ф., Захаров С.К. Роливсаны – новые связующие для термостойких и прочных армированных пластиков // Механика композитных материалов. – 1982. – №5. – С.775-778.*

16. *Зайцев Б.А., Цыганкова Т.С., Гаркави С.Л., Гусарова И.О., Храмова Г.И. Структура и свойства роливсанов, отвержденных термическими и каталитическими методами // Механика композитных материалов. – 1988. – №4. – С.579-584.*

17. *Малкин А.Я., Аскадский А.А., Коврига В.В. Методы измерения механических свойств полимеров. – М.: Химия, 1978. – 330 с.*

18. *Лебедев Л.М. Машины и приборы для испытания полимеров. – М.: Машиностроение, 1967. – 212 с.*

19. Тарнопольский Ю.М., Кинцис Т.Я. Методы статических испытаний армированных пластиков. – М.: Химия, 1975. – 264 с.
20. Малкин А.Я., Аскадский А.А., Коврига В.В. Методы измерения механических свойств полимеров. – М.: Химия, 1978. – 336 с.
21. Тернер С. Механические испытания пластмасс / Пер. с англ. В.И. Участкина / Под ред. С.Б. Ратнера. – М.: Машиностроение, 1979. – 175 с.
22. Чехман Я.И. Определение физических характеристик упруго-пластических материалов при сжатии // Научные записки УПИ им. Ив. Федорова. – Львов: Издательство Львовского государственного Университета. – 1958. – Т.ХІІ, часть І. – С. 209 – 217.