

ПОЛИГРАФИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

УДК 655.222.6

В. З. Маик, кандидат технических наук, доцент, проректор (УАП, г. Львов, Украина)

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНОГО МАТЕРИАЛА ШТАМПОВ ДЛЯ ГОРЯЧЕГО ТИСНЕНИЯ

В статье представлены результаты экспериментальных исследований физико-механических свойств полимерного материала для изготовления лазерным гравированием штампов горячего тиснения. Приведены данные эксперимента по исследованию свойств материала с использованием термического механического анализа, динамического механического анализа и эластомера.

The article presents the results of experimental studies of physical and mechanical properties of the polymer material for hot stamps production by laser engraving. It gives the experimental data on the research of the material properties using thermal mechanical analysis, dynamic mechanical analysis and elastomer.

Введение. На основе анализа литературных источников [1–10] с учетом специфики эксплуатации штампов для тиснения при температурах 90–150°C целесообразно провести экспериментальное исследование физико-механических свойств разработанного полимерного материала [11], что позволит определить его пригодность для изготовления штампов для горячего тиснения. Согласно формуле изобретения, полимерная композиция для изготовления штампов включает ненасыщенный компаунд, эпоксидно-диановую смолу, малеиновый ангидрид, оксид кремния и сажу.

Экспериментальное исследование физико-механических свойств. Термомеханические свойства полимерного штампа изучались с использованием метода термического механического анализа (ТМА). Измерения проводились на приборе конструкции кафедры полиграфического материаловедения и химии Украинской академии печати при нагрузке 0,15 МПа на образец и скорости нагревания 3 °C/мин. Образец для исследований изготавливался в виде цилиндра диаметром 10 мм и высотой 2,75 мм.

Деформационные свойства под действием переменной нагрузки на материал определялись на эластомере Чехмана [12]. Зависимость деформации полимерного образца штампа от температуры представлена на рис. 1.

Переходы полимерных материалов из одного состояния в другое удобно регистрировать с помощью термомеханического метода исследования, основанного на измерении зависимости деформации полимера от температуры при действии на него постоянной нагрузки в течение определенного времени. Термомеханическая характеристика может служить критерием стойкости полимерного слоя к действию температур и давления.

Исследуемый полимерный материал имеет пространственно-сшитую структуру, большую плотность поперечных сшивок.

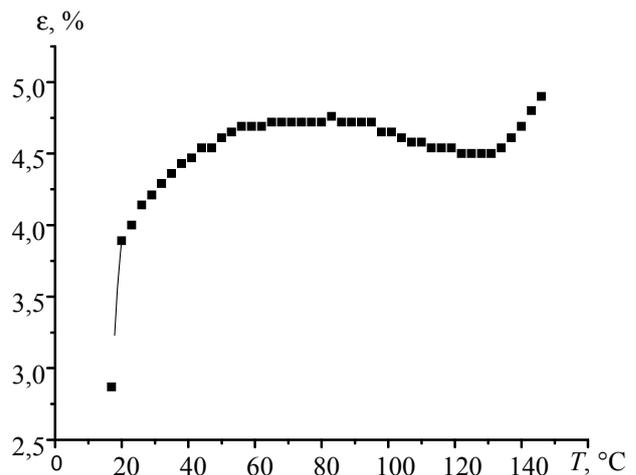


Рис. 1. Термомеханическая кривая материала полимерного штампа для тиснения

Хотя вначале термомеханическая кривая увеличивается, но относительная деформация даже при 146°C составляет 4,9%. Материал штампа характеризуется небольшими деформациями, что свидетельствует о полностью сшитой структуре материала и высокой термостойкости в рабочем диапазоне эксплуатации штампа.

Исходя из химических соображений (корреляций между структурой сетчатых полимеров и их свойствами), можно полагать, что физико-механические и термические (теплостойкость) свойства исследуемой композиции будут в основном определяться первыми тремя ингредиентами, образующими химическую сетку при отверждении (структурировании).

Для оценки влияния органических ингредиентов, составляющих связующую основу рас-

смаатриваемого композита, на его прочность и теплостойкость исследован модельный термосет (образец № 43 по внутренней нумерации изготовления образцов) следующего состава (мас. %): ненасыщенный компаунд – 84; эпоксидно-диановая смола (ЭД-20) – 15; малеиновый ангидрид (МА) – 1. Подробно характеристики образца и режим исследования приведены в таблице.

Характеристики модельного термосета (образец № 43)

Образец, наименование характеристики	Единица измерения	Значение характеристики
Состав:	Мас. %	
– ненасыщенный компаунд, $n_D^{20} = 1,589$		84
– эпоксидно-диановая смола ЭД-20		15
– малеиновый ангидрид		1
Режим отверждения	°С/ч	150/2, 160/2, 160–180/0,5, 180/1, 180–220/0,5, 220/1, 220–260/0,5, 260/1
Тангенс угла механических потерь при 310°С, $\text{tg } \delta(\text{max})$		0,340

Зависимость динамического модуля Юнга $\log E$ (Па) и тангенса угла механических потерь $\text{tg } \delta$ от температуры T (°С) для композиции № 43, термически отвержденной по вышеуказанному режиму, приведена на рис. 2. Частота 660 Гц, размеры образца 20,00×3,25×1,10 мм.

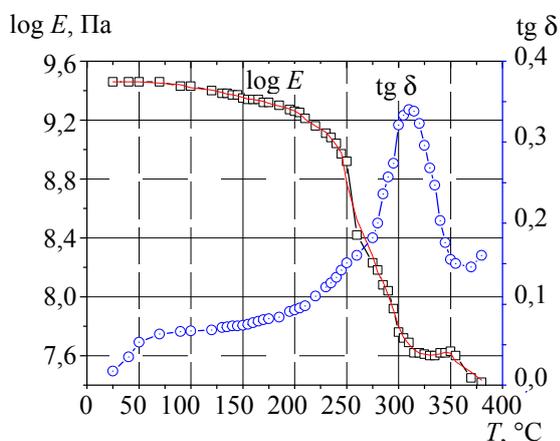


Рис. 2. Зависимость динамического модуля Юнга и тангенса угла механических потерь от температуры для композиции № 43

Динамический механический анализ (ДМА) литого образца, полученного по вышеуказанному режиму, показывает довольно высокий динамический модуль Юнга как при комнатной температуре (28,7 ГПа или 28 700 кг/см²), так и при 200°С (1,83 ГПа).

На основе экспериментальных данных построена диаграмма сжатия полимерного материала (рис. 3). Деформационные свойства полимерных материалов оцениваем по кривым напряжение – деформация ($\sigma - \epsilon$) в процессе погружки и разгрузки материала. Нагружаем образец полимерного материала к максимальной деформации ϵ при $\sigma = 4,5$ МПа и после этого снимаем нагрузку с такой же скоростью до $\sigma = 0$. Кривые сжатия и восстановления не совпадают, образец полностью не восстанавливается, а имеет остаточную деформацию. На ход кривой $\sigma - \epsilon$ влияет релаксационный характер деформации, который проявляется в отставании деформаций от напряжения и наличия остаточных деформаций после снятия нагрузок (гистерезис).

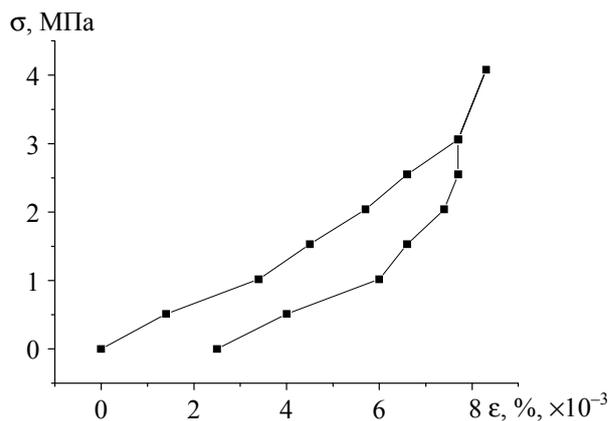


Рис. 3. Диаграмма сжатия и релаксации материала штампа при переменной нагрузке

С точки зрения термодинамики, работа A , которая затрачивается на деформирование, полностью возвращается при упругой деформации и частично превращается в тепло (Q) при высокоэластичной. Это означает, что в цикле сжатие – восстановление необратимо теряется часть работы, затраченная на деформирование. Эта работа пропорциональна площади под петлей гистерезиса и данную часть работы называют механическими потерями. Величина механических потерь зависит от условий деформирования. При высокой скорости (например, при печати, тиснении) и, соответственно, при небольшом времени деформирования структура полимерного материала изменяется минимально, за время восстановления может пройти полная релаксация, и механические потери будут незначительными.

Заключение. В работе исследованы физико-механические свойства материала для изготовления штампов горячего тиснения при наложении температурного поля и при комнатной температуре. Установлено, что в температурном диапазоне эксплуатации штампов материал имеет высокие механические показатели, что позволяет эффективно его использовать в технологии изготовления штампов методом лазерного гравирования.

Литература

1. Майк В. З. Тиснення: технології, матеріали, устаткування. Львів: МЕТА, 1997. 174 с.
2. Майк В. З. Процессы тиснения для облагораживания полиграфической продукции // Полиграф. пром-сть. 1999. № 1. С. 20–26.
3. Майк В. З. Технології тиснення і фольгування // Палітра друку. 2004. № 6. С. 47–53.
4. Майк В. З. Физико-механические свойства полимерных материалов для изготовления штампов // Полиграф. пром-сть. 1996. Вып. 3. С. 14–18.
5. Майк В. З. Штампи для горячего тиснения // Палітра друку. 2006. № 1. С. 75–77.
6. Майк В. З. Теоретичні основи процесів тиснення поліграфічної продукції // Квалілогія книги. 2008. № 2 (14). С. 43–62.

7. Бернацек В. В., Лазаренко Э. Т., Коваленко Б. В. Печатные свойства штампов из фотополимеров и фотомономеров // Полиграфия. 1970. № 12. С. 16–18.

8. Фотополимеры: твердые или жидкие? / О. Белицкий [и др.] // Полиграфия. 1974. № 8. С. 27–29.

9. Гладилович М. К., Копыл Н. В., Петрушева Г. А. Применение фотополимерных штампов для горячего тиснения фольгой на деталях пластмасс // Обмен опытом в радиопромышленности. 1983. Вып. 5. С. 5–6.

10. Фотополимерные штампы из твердых и жидких фотополимеризующихся систем / Б. В. Коваленко [и др.] // Полиграф. пром-сть: реф. информ. 1972. Вып. 4. С. 80–82.

11. Спосіб виготовлення штампів для тиснення лазерним гравіюванням та полімерна композиція для його реалізації: пат. 92087 Україна, МПК (2009) В 23 К 26/00, В 32 В 27/38, В 41 С 1/00 / В. З. Майк, Б. О. Зайцев, І. Д. Швабська, Л. Г. Слепцова, Г. Храмова. № 92087; заявл. 29.12.2008; опубл. 27.09.2010. Бюл. 2010. № 18.

12. Чехман Я. И. Определение физических характеристик упруго-пластических материалов при сжатии // Научные записки УПИ им. И. Федорова. Львов: Изд. ЛГУ. 1958. Т. XII, Ч. I. С. 209–217.

Поступила 20.03.2014