

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РЕГРЕСІЇ ТЕРМОМЕХАНІЧНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Розглянуто характер термомеханічних кривих для низькомолекулярної і високомолекулярної речовин, стан полімерного матеріалу при нагріванні. Визначено найбільш доцільні методи апроксимації термомеханічних кривих для їх використання при визначенні раціональних режимів волого-теплової обробки

Ключові слова: волого-теплова обробка, термомеханічна крива, методи апроксимації

Рассмотрен характер термомеханических кривых для низкомолекулярного и высокомолекулярного веществ, состояние полимерного материала при нагревании. Определены наиболее целесообразные методы аппроксимации термомеханических кривых для их использования при определении рациональных режимов влажно-тепловой обработки

Ключевые слова: влажно тепловая обработка, термомеханическая кривая, методы аппроксимации

Character of thermal mechanical curves is considered for low-molecular and high molecular matters, state of polymeric material at heating. The most expedient methods of approximation of thermal mechanical curves are certain for their using for determination of the rational modes of moistly thermal treatment

Keywords: moistly thermal treatment, thermal mechanical curve, methods of approximation

М. Л. Рябчиков

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедрою*
Контактний тел.: (057) 733-79-69
E-mail: kafedra@tlp.uipa.kharkov.ua

С. В. Челишева

Старший викладач*
Контактний тел.: (057) 733-78-14
E-mail: kafedra@tlp.uipa.kharkov.ua

О. І. Волошина

Старший викладач*
Контактний тел.: (057) 733-78-14
E-mail: kafedra@tlp.uipa.kharkov.ua
*Кафедра технології і дизайну

Українська інженерно-педагогічна академія
вул. Університетська, 16, м. Харків, Україна, 61003

Вступ

Підвищення рівня конкуренції в швейній промисловості веде до необхідності впровадження нових технологічних процесів і удосконалення існуючих. Удосконалення повинне призвести насамперед до підвищення якості виробу і продуктивності праці. Це стосується і процесів волого-теплової обробки швейних виробів, на долю яких приходиться біля 20-30% трудових і 40-90% енергетичних витрат.

Постановка проблеми

Волого-теплову обробку тканин у швейному виробництві застосовують для надання форми деталям одягу і остаточної обробки виробів. Вона значно впливає на якість і товарний вид виробу. Основу процесів волого-теплової обробки становлять властивості структури текстильних матеріалів та характер їх зміни в умовах комплексної дії тепла, вологи і механічних

навантажень. Забезпечення якості і водночас продуктивності процесу можливо лише тоді, коли правильно підібрані режими волого-теплової обробки, які у більшості випадків поки що визначаються інтуїтивно. Тому велике практичне значення для успішного функціонування процесів волого-теплової обробки мають доцільні методи визначення раціональних режимів обробки.

Аналіз останніх досліджень

Відомо, що процеси волого-теплової обробки пов'язані насамперед з деформаційними властивостями текстильних матеріалів при їх нагріванні, але зв'язок з реальними процесами ці дослідження не одержали.

Так, в [1] описані загальні характеристики текстильних матеріалів без аналізу конкретних експериментальних даних. В [2] надані теоретичні відомості про методи волого-теплової обробки, наданий зв'язок цієї обробки з термомеханічними характеристиками,

однак реальних практичних кроків не зроблено. В роботі [3] ретельно описані термомеханічні характеристики і природа їх виникнення, наведені деякі експериментальні дані, але не запропоновані теоретичні методи їх апроксимації.

Результати дослідження та їх обговорення

Мета роботи – на основі теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичних методів обробки емпіричних даних визначити найбільш доцільні методи апроксимації термомеханічних кривих для їх використання при визначенні раціональних режимів волого-теплової обробки.

Формування деталей одягу – примусове надання об’ємної форми деталям з плоского текстильного полотна і закріплення цієї форми в процесі швейного виробництва. Отримувана об’ємна форма деталей при цьому повинна відповідати силуетній формі одягу і формі тіла людини. Формування деталей досягається двома способами: конструктивним способом – при розробці конструкції виробу з максимальним розчленовуванням його на частини і з використанням виточок, рельєфів, складок і т. д.; волого-тепловою обробкою – шляхом зміни геометричних розмірів полотна на окремих ділянках деталей, з урахуванням деформаційних властивостей матеріалу.

Деформаційна здатність полімерних матеріалів, обумовлена повністю оборотною зміною валентних кутів і міжатомних відстаней в полімерному субстраті під дією зовнішніх сил, характерна для прояву пружних властивостей.

Зміну властивостей полімерного матеріалу при нагріванні або охолодженні можна спостерігати по зміні як T_i , так і ϵ . Залежність $\epsilon = f(T)$ при $\sigma = \text{const}$ отримала назву термомеханічної кривої, а $\sigma = f(T)$ при $\epsilon = \text{const}$ – кривої ізометричного нагріву.

Збільшення довжини макромолекул (молекулярної маси) полімеру істотно змінює характер термомеханічних кривих. На рис. 1 приведені термомеханічні криві для низькомолекулярної і високомолекулярної речовин. Наприклад, парафін при нагріванні розм’якшується і переходить у в’язкотекучий стан. Перехід з твердого стану в рідкий відбувається поступово в деякій температурній області T_1 .

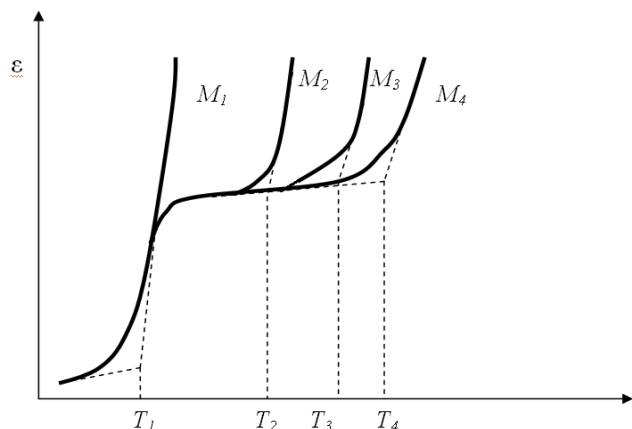


Рис. 1. Термомеханічні криві фракцій полімеру з різною молекулярною масою

Горизонтальний майданчик на термомеханічній кривій обумовлений здатністю полімерних ланцюгів до конформаційних переходів і з’являється лише тоді, коли молекула набуває гнучкості. У проміжку між T_c і T_t полімерний матеріал здатний до високоеластичних деформацій подібно до каучуку. Це – температурна область високоеластичності. При нагріванні до T_t полімер переходить у в’язкотекучий стан.

Отже, аморфний стан волокнообразуючих полімерів може реалізуватися як склоподібний, високоеластичний і в’язкотекучий.

При ізометричному нагріві волокон напруга, необхідна для досягнення заданої деформації $\epsilon_{зад}$, поступово збільшується (рис. 2). В області температури склування ця напруга досягає максимального значення σ_t , а потім падає.

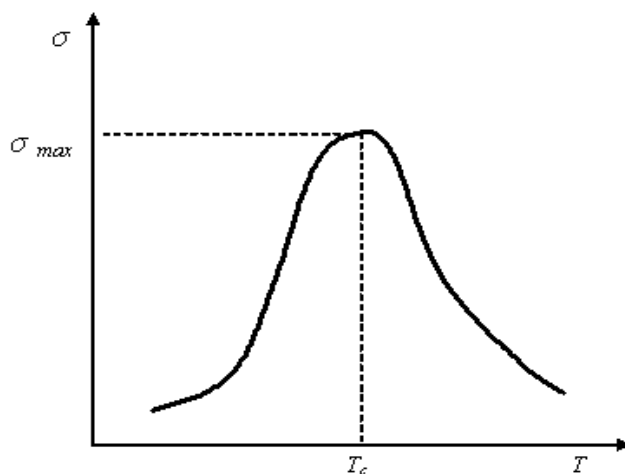


Рис. 2. Крива ізометричного нагріву ($\epsilon_{зад} = \text{const}$)

Значення σ_t збільшуються із зростанням ступеня орієнтації полімеру і зменшуються з пониженням ступеня кристалічності полімерного субстрату. Величина σ_t може служити мірою нерівновісності (напруженості) полімерного матеріалу.

У загальному випадку відносна сумарна (загальна) деформація при заданій нарузі складається з пружної – $\epsilon_{пр}$, високоеластичної – $\epsilon_{ве}$ і пластичної (необоротної) – $\epsilon_{пл}$ складових:

$$\epsilon_{зан} = \epsilon_{пр} + \epsilon_{ве} + \epsilon_{пл}$$

Нами були розглянуті методи апроксимації експериментальних даних, показані методи лінійної (рис. 3) і поліноміальної (рис. 4) апроксимації.

Для проведення експериментальних досліджень використовувалась експериментальна установка кафедри Технологій і дизайну Української інженерно-педагогічної академії.

Досліджуваний матеріал 1 (рис. 5) розміщується в нагрівальному циліндрі 2. За допомогою захвату 3 до зразка закріплена вага 4, яка розтягує матеріал. Подовження зразка реєструється за допомогою індикатора 5. Температура визначається термометром (на рисунку не показаний). При нагріванні відмічається температура і відповідне переміщення захвату.

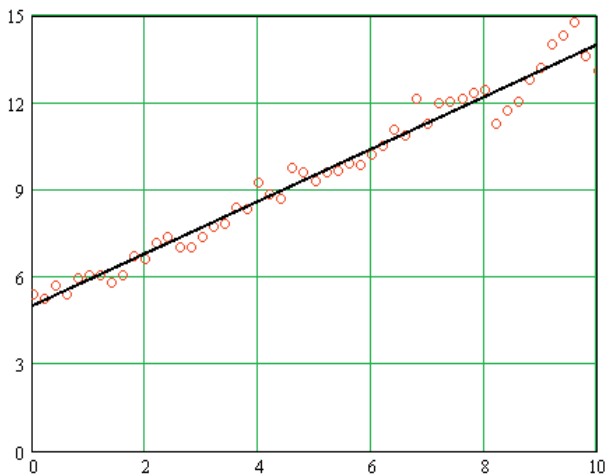


Рис. 3. Лінійна регресія

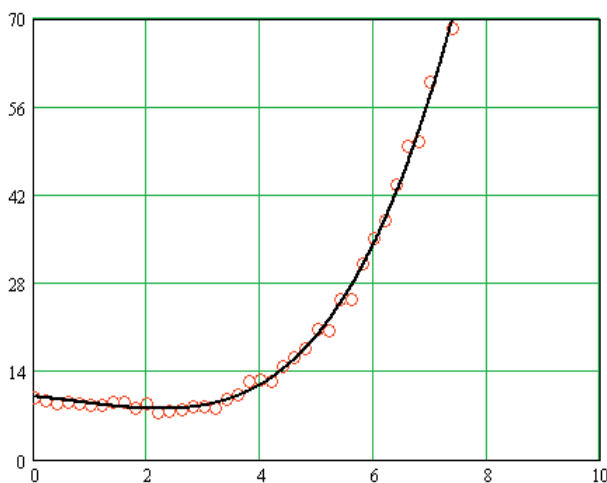


Рис. 4. Регресія четвертого порядку

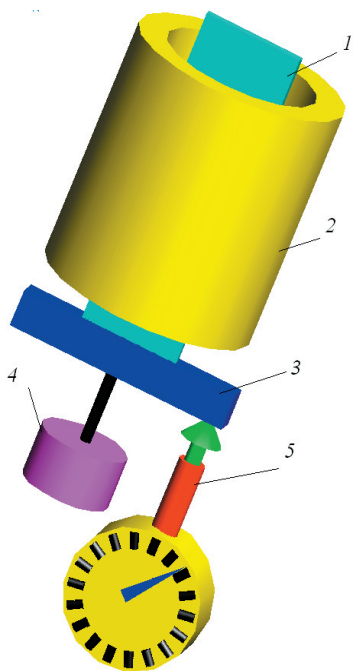


Рис. 5. Експериментальна установка

Розглянемо найбільш типові термомеханічні залежності. Перший тип характеризується двома досить великими ділянками, які близькі до горизонталей. Такі залежності характерні для матеріалів з певним складом синтетичних волокон. Відносна деформація ϵ , як відомо, визначається відношенням абсолютної деформації Δl до початкової довжини зразка l_0 . В експерименті визначається абсолютна деформація Δl .

Діаграма носить досить складний геометричний вигляд і навряд чи може бути описана простим виразом.

Між тим, спробуємо зробити найпростіший підбір функції у вигляді лінійної залежності подовження від температури

$$\epsilon = a + b \cdot T$$

Невідомі коефіцієнти a і b будемо шукати.

Апроксимація за допомогою чотирьох ділянок, в яких можна виділити пружну частину, високоеластичний стан має вигляд

$$\Delta l = \frac{F}{250} \begin{cases} 5,072 + 0,063 \cdot T, T < 67,34 \\ -87,521 + 1,438 \cdot T, 67,34 < T < 95,26 \\ 27,747 + 0,228 \cdot T, 95,26 < T < 136,8 \\ -48,191 + 0,783 \cdot T, T > 136,8 \end{cases}$$

де F - сила навантаження зразка

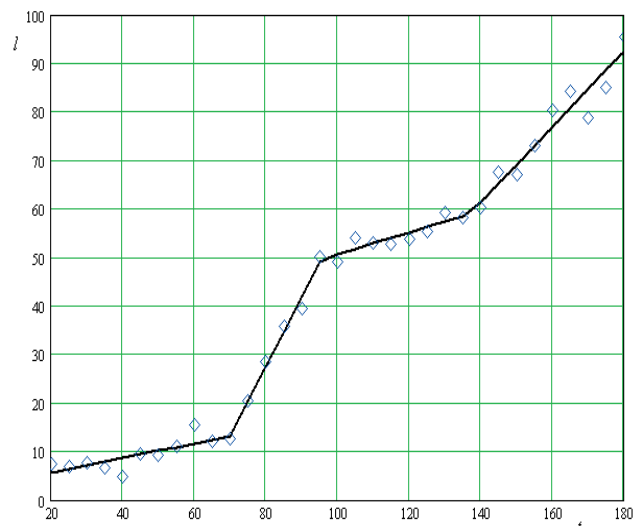


Рис. 6. Зіставлення експериментальних точок з лініями регресії

Для визначення необхідного рівня температур, що забезпечують задану деформацію, розв'яжемо зворотну задачу по визначенню температур в залежності від деформацій, залежність показана на рис. 7.

$$T = \begin{cases} 5,204 + 1058 \cdot F \cdot \epsilon, \epsilon < 0,064 / F \\ 61,078 + 172 \cdot F \cdot \epsilon, 0,064 / F < \epsilon < 0,194 / F \\ -91,298 + 956 \cdot F \cdot \epsilon, 0,194 / F < \epsilon < 0,242 / F \\ 92,4 + 195,75 \cdot F \cdot \epsilon, \epsilon > 0,242 / F \end{cases}$$

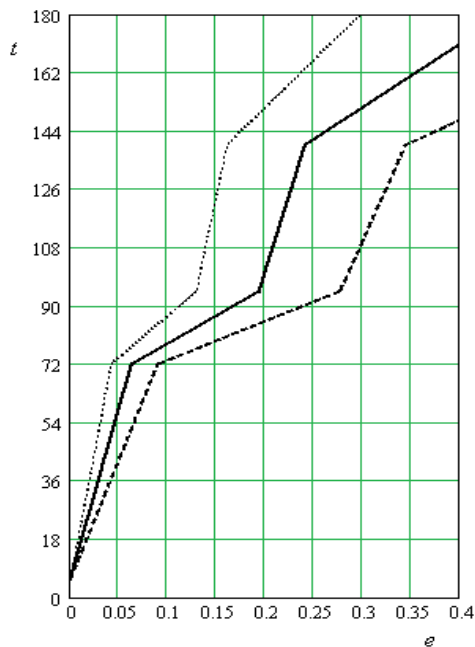


Рис. 7. Сімейство регресійних залежностей температури від деформації

Висновки

В результаті виконання роботи розв'язана актуальна задача – на основі теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичних методів обробки емпіричних даних визначені найбільш доцільні методи апроксимації термомеханічних кривих для їх використання при визначенні раціональних режимів волого теплової обробки.

Література

1. Бузов Б.А. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство): Учебник для студ. высш. учеб. заведений / Б.А. Бузов, Н.Д. Алыменкова. – М.: Академия, 2004. – 448 с.
2. Луцък Р.В., Матвиенко О.А., Романюк О.А. Энергосберегающая технология формования деталей изделий легкой промышленности // Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Прогресс-2002). Сборник материалов международной научно-технической конференции – Иваново: Изд. ИГТУ, 2002. – с. 142-144.
3. Экструзия профильных изделий из термопластов: Справочник / В.П. Володин. – СПб.: Профессия, 2005. – 490 с.