

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТКАНЕЙ ИЗ ХИМИЧЕСКИХ НИТЕЙ ПО ПРОЧНОСТНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

Б.М. Примаченко, Н.А. Ковалева
Санкт-Петербургский государственный
университет технологии и дизайна

Прочностные характеристики ткани при растяжении являются важными показателями, позволяющими судить о поведении ткани при механических воздействиях и долговечности ее в процессе эксплуатации. В большинстве случаев, в процессе эксплуатации ткань подвергается нагрузкам, лежащим намного ниже, чем разрывные. Теоретическое прогнозирование прочностных характеристик во всем диапазоне нагружений, получение диаграмм растяжения позволяет предсказать поведение ткани под воздействием эксплуатационных нагрузок.

Согласно техническим условиям, в зависимости от своего назначения, ткань должна обладать определенными значениями прочностных характеристик. Поэтому уже на стадии проектирования такие прочностные характеристики, как значения разрывной нагрузки и разрывного удлинения, значения нагрузки при определенном удлинении, начальный модуль жесткости (при постоянной скорости деформации растяжения), текущий модуль жесткости, работа разрыва, работа силы нагружения при определенном удлинении, форма кривой диаграммы растяжения ткани являются критериями проектирования. Разработка теоретических методов проектирования тканей по прочностным характеристикам позволяет получить оптимальные значения параметров строения ткани, обладающей требуемой прочностью.

Проектирование тканей по прочностным характеристикам является обратной задачей прогнозирования прочностных характеристик тканей. Исходными данными для прямой задачи (прогнозирования) являются параметры строения ткани и механические характеристики основных и уточных нитей: диаметры нитей основы (D_o) и утка (D_u) в зависимости от силы растяжения (A^* , U^*); расстояния между нитями основы (Π_o) и утка (Π_u) в ткани до начала растяжения; относительное разрывное удлинение нитей основы и утка; расчетные коэффициенты Пуассона нитей основы (μ_o) и утка (μ_u) в зависимости от силы растяжения; модули жесткости нитей основы (E_o) и утка (E_u) в зависимости от силы растяжения и времени.

В результате решения прямой задачи определяются прочностные характеристики ткани. Исходными данными для обратной задачи (проектирования) являются прочностные характеристики ткани и некоторые дополнительные соотношения. В результате решения обратной задачи определяются параметры строения ткани и механические характеристики основных и уточных нитей. Алгоритм решения прямой и обратной задачи построен на основе механико-математической модели строения ткани. Методы построения механико-математической модели строения ткани подробно представлены в [1-4].

Для примера приведем механико-математическую модель строения ткани, которая представляет собой систему уравнений для решения прямой и обратной задачи при растяжении образца ткани в направлении основы:

$$A_{xi} = A_i^r \cos \alpha_i - \frac{Q_i}{2} \operatorname{tg} \alpha_i,$$

$$Q_i = \frac{D_i \sqrt{2D_i E_{oi}^2 E_{yo}^2} - \sqrt{9Q_i^2 (E_{oi} + E_{yo})(1 - \mu_i^2)^2}}{\sqrt{2D_i E_{oi}^2 E_{yo}^2} \left[\left(\frac{n_i}{2} - \frac{\operatorname{th} \left(p_i \frac{n_i}{2} \right)}{p_i} \right) / (2A_{xi}) + \left(\frac{\ell_i}{2} - \frac{\operatorname{th} \left(q_i \frac{\ell_i}{2} \right)}{q_i} \right) / (2U_{\eta i}) + \frac{n_i}{3F_{oi} G_{oi}} + \frac{\ell_i}{3F_{yo} G_{yo}} \right]}$$

$$\ell_i = S_{Uso} - \ell_i \frac{Q_i^2 E_{yo} F_{yo}}{16U_{\eta i}^2} \left[\frac{27(F_{yo} G_{yo})^2 + 48U_{\eta i} F_{yo} G_{yo} + 32U_{\eta i}^2}{9(F_{yo} G_{yo})^2} - \frac{2(9F_{yo} G_{yo} + 16U_{\eta i})}{3q_i \ell_i F_{yo} G_{yo}} \operatorname{th} \left(q_i \frac{\ell_i}{2} \right) - \operatorname{th}^2 \left(q_i \frac{\ell_i}{2} \right) \right]$$

$$U_{\eta i} = U_i^r \cos \beta_i - \left(\frac{Q_i}{2} \right) \operatorname{tg} \beta_i,$$

$$A_i^r = \frac{S_{A_{Bi}} E_{oi} F_{oi}}{n_i} - E_{oi} F_{oi},$$

$$S_{A_{Bi}} = n_i + n_i \frac{Q_i^2}{16A_{xi}^2} \left[\frac{27(F_{oi} G_{oi})^2 + 48A_{xi} F_{oi} G_{oi} + 32A_{xi}^2}{9(F_{oi} G_{oi})^2} - \frac{2(9F_{oi} G_{oi} + 16A_{xi})}{3p_i n_i F_{oi} G_{oi}} \operatorname{th} \left(p_i \frac{n_i}{2} \right) - \operatorname{th}^2 \left(p_i \frac{n_i}{2} \right) \right]$$

$$\operatorname{tg} \alpha_i = \frac{Q_i}{2A_{xi}} \left(1 - \frac{1}{\operatorname{ch} \left(p_i \frac{n_i}{2} \right)} \right) + \frac{2Q_i}{3F_{oi} G_{oi}}, \quad p_i = \sqrt{\frac{A_{xi}}{E_{oi} I_{yi}}}, \quad G_{oi} = \frac{E_{oi}}{2(1 + \mu_{oi})},$$

$$S_{Uso} = \ell_o + \ell_o \frac{Q_o^2}{16U_{\eta o}^2} \left[\frac{27(F_{yo} G_{yo})^2 + 48U_{\eta o} F_{yo} G_{yo} + 32U_{\eta o}^2}{9(F_{yo} G_{yo})^2} - \frac{2(9F_{yo} G_{yo} + 16U_{\eta o})}{3q_o \ell_o F_{yo} G_{yo}} \operatorname{th} \left(q_o \frac{\ell_o}{2} \right) - \operatorname{th}^2 \left(q_o \frac{\ell_o}{2} \right) \right],$$

$$U_i^r = \frac{Q_i^2 E_{yo} F_{yo}}{16U_{\eta i}^2} \left[\frac{27(F_{yo} G_{yo})^2 + 48U_{\eta i} F_{yo} G_{yo} + 32U_{\eta i}^2}{9(F_{yo} G_{yo})^2} - \frac{2(9F_{yo} G_{yo} + 16U_{\eta i})}{3q_i \ell_i F_{yo} G_{yo}} \operatorname{th} \left(q_i \frac{\ell_i}{2} \right) - \operatorname{th}^2 \left(q_i \frac{\ell_i}{2} \right) \right]$$

$$q_o = \sqrt{\frac{U_{\eta o}}{E_{yo} I_{\xi o}}}, \quad q_i = \sqrt{\frac{U_{\eta i}}{E_{yo} I_{\xi o}}}, \quad G_{yo} = \frac{E_{yo}}{2(1 + \mu_{yo})},$$

$$\operatorname{tg} \beta_i = \frac{Q_i}{2U_{\eta i}} \left(1 - \frac{1}{\operatorname{ch} \left(q_i \frac{\ell_i}{2} \right)} \right) + \frac{2Q_i}{3F_{yo} G_{yo}},$$

где A_{xi} , $U_{\eta i}$ – растягивающие усилия основной и уточной нити вдоль осей x и η на i -том шаге растяжения образца ткани; $U_{\eta o}$ – растягивающее усилие уточной нити вдоль оси η до начала растяжения образца ткани; A_i^r – сила внутреннего растяжения основной нити на i -том шаге растяжения образца ткани; U_o^r – сила внутреннего растяжения уточной нити до начала растяжения образца ткани; Q_i – сила взаимного давления ме-

жду основной и уточной нитями в области контакта на i -том шаге растяжения образца ткани; Q_0 – сила взаимного давления между основной и уточной нитями в области контакта до начала растяжения образца ткани; D_i – средний диаметр основной и уточной нити на i -том шаге растяжения образца ткани (при одинаковой линейной плотности нитей основы и утка); E_{0i}, E_{y0} – модули жесткости основной нити на i -том шаге растяжения образца ткани и уточной нити до начала растяжения образца ткани (при растяжении образца ткани вдоль основы модуль жесткости уточной нити остается постоянным); μ_i – средний расчетный коэффициент Пуассона основной и уточной нити на i -том шаге растяжения образца ткани; n_{i-1} – расстояния между уточными и основными нитями на i -том шаге растяжения образца ткани; ℓ_0 – расстояния между основными нитями до начала растяжения образца ткани; F_{0i}, F_{y0} – площади поперечных сечений основной нити на i -том шаге растяжения образца ткани и уточной нити до начала растяжения образца ткани (при растяжении образца ткани вдоль основы площадь поперечного сечения уточной нити остается постоянной); I_{y0}, I_{z0} – моменты инерции поперечных сечений основной нити на i -том шаге растяжения образца ткани и уточной нити до начала растяжения образца ткани (при растяжении образца ткани вдоль основы момент инерции поперечного сечения уточной нити остается постоянным).

Для проверки результатов проектирования и прогнозирования тканей были выполнены экспериментальные исследования, которые включали в себя определение параметров строения и механических характеристик ПЭ нитей линейной плотности 27,7 текс, 27,7x2 текс, 111 текс, 118 текс и вискозной пряжи линейной плотности 20x2 текс; выработку тканей различного технического назначения (ткани выработывались на ткацких станках типа СТБ, АТ, МАV (SACM), DORNIER HS); определение прочностных характеристик выработанных тканей.

Экспериментальные исследования показали достаточно хорошую точность результатов, полученных с помощью механико-математической модели строения ткани. Например, средняя разница значений разрывных нагрузок по основе по всем группам тканей составила 18,5 %, а по утку – 17,3 %; средняя разница значений разрывных удлинений по основе составила 9,2 %, а по утку – 14,9 %.

Литература

1. Примаченко Б.М., Ковалева Н.А. Прогнозирование параметров структуры тканей из химических нитей. Часть 1. Теоретические методы прогнозирования параметров структуры тканей из химических нитей // Химические волокна, 2001, № 4, с. 62-66.
2. Примаченко Б.М., Ковалева Н.А. Прогнозирование параметров структуры тканей из химических нитей. Часть 2. Определение параметров строения и механических характеристик химических нитей // Химические волокна, 2001, № 5, с. 68-71.
3. Примаченко Б.М., Ковалева Н.А. Прогнозирование параметров структуры тканей из химических нитей. Часть 3. Результаты теоретических и экспериментальных исследований параметров структуры // Химические волокна, 2002, № 1, с. 63-66.
4. Примаченко Б.М., Ковалева Н.А. Прогнозирование параметров структуры тканей из химических нитей. Часть 4. Анализ результатов прогнозирования параметров структуры // Химические волокна, 2002, № 1, с. 67-69.