

## СТАТИКА ДЕФОРМИРОВАННОЙ УТОЧНОЙ МЕТАЛЛОНИТИ

ГАО БИНЬ, В.А. СУРОВ

(Ивановская государственная текстильная академия,  
Чжонюаньский промышленный институт, КНР)

В процессе формирования тканой металлотетки уточная нить испытывает пластическую деформацию. Окончательную форму, как показано в ряде исследований, уточина принимает после подвода в зону формирования одной или нескольких последующих нитей утка, например [1]. Деформация происходит под действием сил со стороны нитей основы.

Процесс формирования утка сопровождается увеличением его длины в зоне вырабатываемого полотна. В основном это увеличение идет за счет деформации растяжения, так как выборка концов утка из зоны вне полотна ограничена рядом факторов. В связи с этим при решении некоторых задач будет приемлемым допущение о том, что в случае формирования элемента сетки скольжения утка в его осевом направлении относительно нитей основы не происходит.

Форма сдеформированной уточины определяет силы, которые необходимо приложить к ней со стороны нитей основы. В свою очередь, эти же силы определяют форму нитей основы, их натяжения и силу сопротивления, действующую со стороны подводящейся уточины на бердо, то есть информация о состоянии утка позволяет решить ряд других задач.

Рассмотрим решение задачи о деформации металлической мононити утка сетки полотняного переплетения. При этом будем считать заданными параметры сетки (фаза строения, диаметры основы и утка, ширину ячейки в свету); зависимость  $\sigma(\epsilon)$  между нормальным напряжением и относительной продольной деформацией материала нити.

Теория изгиба стержней, используемая и в механике жестких нитей, опирается на три основных допущения. Кроме этих допущений будем считать, что нити работают в условиях плоского изгиба без скручивания.

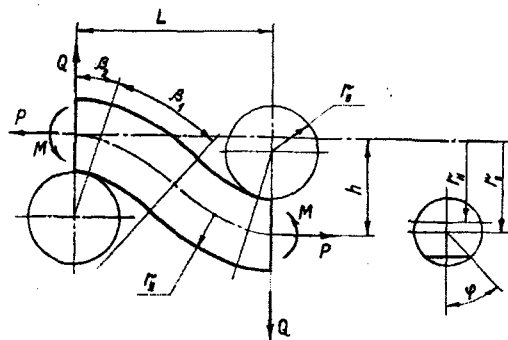


Рис. 1

Выделим элемент уточины, находящейся в зоне двух соседних нитей основы

(рис.1). В зависимости от величины растягивающего усилия форма ее оси будет различна. Обозначим через  $\beta_1$  угловую длину участка нити переменной кривизны, а через  $\beta_2$  и  $\beta_m$  – угловую длину участка постоянной кривизны и ее максимально возможное значение.

При малом натяжении контакт между уточной и основной нитями будет "точечным", то есть  $\beta_2 = 0$  (в данной постановке задачи смятие нитей в зоне контакта не учитывается). Кривизна геометрической оси будет изменяться от конечной величины в точках контакта до нуля в точке перегиба. При увеличении натяжения появляется участок с "линейным" контактом ( $\beta_2 > 0$ ); на этом участке кривизна геометрической оси определяется радиусами нитей основы и утка. Далее кривизна в точке перегиба падает до нуля. И при натяжении выше некоторого значения между участками постоянной кривизны нить будет прямолинейна ( $\beta_2 = \beta_m, \beta_1 = 0$ ).

Остановимся на третьей схеме.

По заданным параметрам сетки с помощью геометрических расчетов определим длину  $l_0$  свободного участка элемента утка в зоне между соседними нитями основы и угловую длину  $\beta_m$  зоны контакта. Если до деформации рассматриваемый элемент имел длину  $l$ , то относительное удлинение  $\varepsilon_s$  геометрической оси нити будет равно

$$\varepsilon_s = (\ell_0 + 2\beta_m (r_0 + r_y) - \ell) / \ell,$$

где  $r_0, r_y$  – радиусы нитей основы и утка.

Относительное удлинение в зоне изгиба

$$\varepsilon_s = (r_s - r_n) / r_n,$$

где  $r_s = r_0 + r_y$  – радиусы кривизны геометрической оси уточины в зоне изгиба;  $r_n$  – радиус кривизны нейтрального слоя в этой же зоне.

Из приведенных выражений определим величину  $r_n$ , приняв, что относительное удлинение геометрической оси выделенного элемента постоянно по его длине. Тогда по известной зависимости  $\sigma(\varepsilon)$  найдем нормальные  $P$  силы и изгибающие  $M$  моменты в концевых сечениях выделенного элемента нити:

$$P = 2r_0^2 \int_0^\pi \sigma(\varepsilon) \sin^2 \varphi d\varphi, \quad \varepsilon = \varepsilon(r_s, r_n, \varphi), \quad (1)$$

$$M = 2r_0^3 \int_0^\pi \sigma(\varepsilon) \sin^2 \varphi \cos \varphi d\varphi, \quad (2)$$

$$\varepsilon(r_s, r_n, \varphi) = (r_s + r_y \cos \varphi - r_n) / r_n, \quad (A)$$

где  $\varphi$  – угловая координата текущего слоя нити (рис.1).

Поперечные усилия  $Q$  находятся из условия  $\sum M = 0$ .

На перевод уточины из одного состояния в другое будет затрачиваться энергия  $E$ :

$$E = P\varepsilon l / 2 + M\beta_m.$$

Здесь первое слагаемое – энергия, затрачиваемая на растяжение элемента нити, то второе – на изгиб.

В общем случае, как отмечено выше, кривизна геометрической оси нити не будет изменяться скачкообразно, а будет падать до нуля в точке перегиба по некоторой зависимости.

Примем в первом приближении эту зависимость в виде

$$r_s \alpha / \beta^n, \quad 0 \leq \beta \leq \beta_1. \quad (3)$$

Очевидно, что

$$\alpha = (r_0 + r_y) \beta_2^n. \quad (4)$$

Проекция геометрической оси выделенного элемента нити на оси системы координат известны ( $L$  и  $h$ ).

Тогда

$$\int_0^{\beta_1} r_s(\beta) \cos(\beta_1 + \beta_2 - \beta) d\beta + (r_o + r_y) \sin \beta_2 = L/2, \quad (5)$$

$$\int_0^{\beta_1} r_s(\beta) \sin(\beta_1 + \beta_2 - \beta) d\beta + (r_o + r_y)(1 - \cos \beta_2) = h/2. \quad (6)$$

Если известно  $\beta_2$ , то совместное решение (3...6) позволяет определить неизвестные  $a$ ,  $\beta_1$ ,  $n$ , удовлетворяющие поставленным условиям. Допустим, что эти величины известны.

Тогда относительное удлинение геометрической оси нити

$$\varepsilon_{rs} = \frac{2}{\ell} \left[ \int_0^{\beta_1} r_s(\beta) d\beta + (r_o + r_y) \beta_2 \right] - 1 \quad (7)$$

и радиус кривизны нейтрального слоя

$$r_n(\beta) = r_s(\beta) / (1 + \varepsilon_r). \quad (8)$$

Из выражений (1) и (2) определим нормальную силу  $P$  и изгибающий момент в концевых сечениях выделенного элемента нити. Поперечная сила

$$Q = (2M + Ph) / L. \quad (9)$$

Энергия, затрачиваемая на деформацию нити,

$$\Pi = P \left( \int_0^{\beta_1 + \beta_2} r_s(\beta) d\beta - \ell/2 \right) + \int_0^{\beta_1 + \beta_2} M(\beta) d\beta. \quad (10)$$

Выражение (10) позволяет определить угловую длину  $\beta_2$  (дугу охвата), если иметь в виду, что на перевод нити из одного состояния в другое должно затрачиваться минимум энергии.

Система уравнений (1...10) решается численными методами. Условия формирования металлотетки с квадратной ячейкой во многом определяются отношением  $H/d$ , где  $H$  – ширина ячейки;  $d$  – диаметр проволоки. Расчеты проводились

для сеток из нержавеющей стали (1X18H9T) из проволоки диаметром  $d_o = d_y = 0,25$  мм и отношением  $H/d$ , равным 4/3, 2, 5.

Экспериментально для проволоки из данного материала найдена зависимость растягивающее усилие – деформация, после обработки которой получена действительная характеристика  $\sigma(\varepsilon)$  в виде

$$\sigma(\varepsilon) = \begin{cases} c_1 + c_2\varepsilon + c_3\varepsilon^2, & \varepsilon_y < \varepsilon, \\ E\varepsilon, & \varepsilon_y \geq \varepsilon \geq -|\varepsilon_y|, \\ -c_1 + c_2\varepsilon - c_3\varepsilon^2, & \varepsilon < -|\varepsilon_y|, \end{cases}$$

где  $\varepsilon_y$  – относительная деформация, соответствующая пределу пропорциональности;  $c_i$  – постоянные коэффициенты.

Предполагалось, что в рабочем диапазоне деформации зависимости  $\sigma(\varepsilon)$  при растяжении и сжатии одинаковы. В данных случаях также принято, что в недеформированном состоянии уток имел нулевое натяжение.

Результаты показывают следующее. Если формируется сетка пятой фазы строения с отношением  $H/d = 4/3$ , то участок элемента утка постоянной кривизны будет определяться углом  $\beta_2$  охвата, равным  $0,5\beta_m$ . Далее кривизна геометрической оси в точке перегиба будет падать до нуля. Перевод уточины в это состояние потребует меньших затрат энергии. При формировании сетки с  $H/d = 2$  минимуму затрат энергии соответствует  $\beta_1 \approx 0,05\beta_m$ . При формировании сетки с  $H/d = 5$  участок постоянной кривизны будет отсутствовать. Кроме того, кривизна геометрической оси нити в зоне контакта будет больше суммы  $r_o + r_y$ .

При необходимости иметь более точное решение зависимость  $r_s(\beta)$  можно принять в виде ряда

$$r_s = \sum_i a_i / \beta^{ni}.$$

При этом потребуются дополнительные условия связи, за которые можно взять, например, выражения для изгибающего момента в произвольном ( $i$ -м) сечении элемента нити.

Как показывают расчеты для данных случаев, форма элемента нити, расположенного между соседними уточинами, несущественно влияет на значения нормальных и поперечных усилий в ее концевых сечениях, что позволяет при конкретной постановке задачи пользоваться

упрощенными представлениями.

## ВЫВОДЫ

Предложена методика, позволяющая по заданным геометрическим параметрам металлоткачки определять в статической постановке форму уточной нити и силы, действующие в ее поперечных сечениях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов А.Н. Разработка и исследование механизма прибора рапирных металлоткачных станков: Дис....канд. техн. наук. – Кострома, 1983.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильных машин. Потупила 11.10.02

УДК 677.05

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СИСТЕМЫ СКАЛО – ОСНОВНЫЕ НИТИ – РЕМИЗЫ ТКАЦКОГО СТАНКА СТБ

В.В. СИГАЧЕВА, О.В. ФАРАФОНТОВА

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

При прогнозировании качества процесса тканеобразования, которое изначально определяется выбором заправочных параметров станка и наладкой механизма основного регулятора, необходимо учитывать динамику системы скало – нити основы, принимая во внимание влияние технического состояния ремизоподъемного механизма.

Перемещение скала как датчика основного регулятора определяет отпуск основы. Желательно, чтобы зависимость перемещения скала от изменяющегося радиуса навоя была линейна. Но, как известно из практики эксплуатации, скало в течение периода оборота главного вала колеблется, что вызывает динамические искажения в формировании сигнала датчика.

Целесообразно исследовать влияние

жесткости основных нитей и ткани, а также пружины скала на формирование угла поворота скала при изменяющемся радиусе навоя в процессе его срабатывания. Изменение радиуса навоя учитывается в величине технологической нагрузки (натяжении нитей) и приведенной жесткости основы [1, 2].

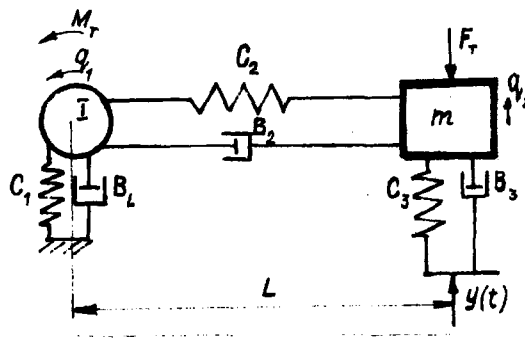


Рис. 1