

СТАТИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОСНОВЫ, УТКА И БЕРДА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТКАНОЙ МЕТАЛЛОСЕТКИ

ГАО БИНЬ, В.А.СУРОВ

(Ивановская государственная текстильная академия,
Чжонъюаньский технологический институт, КНР)

Рассмотрена задача определения силы сопротивления, действующей на бердо со стороны подводимой уточины, и натяжения основы в момент времени, соответствующий переднему положению батана, при формировании сетки полотняного переплетения из металлических монопнитей. Методика решения этой задачи необходима при изучении ряда вопросов механики металлткацкого станка и при разработке САПР батанного механизма.

Поставленную задачу решали, приняв в качестве первоначальных следующие предпосылки:

- подводимая бердом уточина сохраняет прямолинейную форму;
- полную деформацию получает предыдущая (вторая) уточина;
- геометрическая ось нити основы имеет постоянную кривизну в зонах контакта с утком и прямолинейна между этими зонами;
- смятие нитей в зоне контакта несущественно.

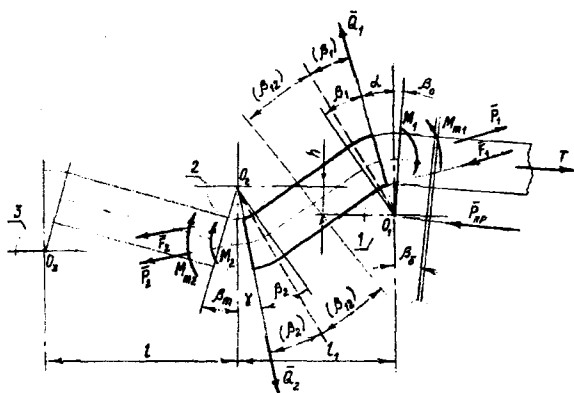


Рис. 1

Принятые первые две предпосылки означают, что при подводе уточины 1 (рис.1) формируется элемент сетки между уточинами 2 и 3. При этом уточина 2 смещается к уточине 3 горизонтальными составляю-

щими сил Q_2 , действующих со стороны нитей основы. Это смещение, как известно, происходит, если величина угла γ будет не менее величины угла трения. В крайнем положении

$$\gamma = \arctg(f),$$

где f – коэффициент трения пары основа–уток.

Одновременно уточина 2 деформируется под действием вертикальных сил Q . Силы Q будем считать известными; детерминируются они по поперечным силам, методика определения которых изложена в [1].

Тогда поперечное усилие Q_2 , действующее в концевом сечении выделенного между первой и второй уточинами элемента основы, составит

$$Q_2 = Q/\sqrt{1+f^2}.$$

Угловая длина β_m линии контакта основы на сформированном элементе сетки определяется из геометрических расчетов по заданным параметрам сетки. Очевидно, что в момент окончания формирования элемента сетки угловая длина β_2 линии контакта основы в зоне уточины 1 и 2 равна

$$\beta_2 = \beta_m + \gamma.$$

Обозначим P_i , M_i – нормальные силы и изгибающие моменты в концевых сечениях элемента основы ($i = 1,2$); α – угловая координата поперечной силы Q_1 в концевом сечении выделенного элемента основы; β_1 – угловая длина линии контакта основы с уточиной 1; β_0 – угловая координата

та сечения схода основы с уточины 1. Величина β_0 определяется по положению ремизных рамок в рассматриваемый момент времени.

Тогда согласно рис.1

$$\beta_1 = (\beta_2 + \gamma + \beta_0)/2,$$

$$\alpha = (\beta_2 + \gamma - \beta_0)/2.$$

Силы Q_i и $Q_i f$ представляют собой приведенные распределенные по длине контакта силы нормального давления и трения. В связи с этим в математическую модель необходимо ввести приведенные моменты M_{mi} распределенных сил. Связь между M_{mi} и Q_i определяется по известному или принятому закону распределения сил взаимодействия между нитями основы и утка.

Нормальные силы и изгибающие моменты в концевых сечениях выделенного элемента основы аналогично [1]:

$$Q_1 = Q_2 \cos(\alpha - \gamma) - P_2 \sin(\alpha - \gamma) - Q_2 f \sin(\alpha - \gamma), \quad (3)$$

$$P_1 = Q_1 f + P_2 \cos(\alpha - \gamma) + Q_2 f \cos(\alpha - \gamma) + Q_2 \sin(\alpha - \gamma). \quad (4)$$

Из суммы моментов всех действующих сил относительно центра O_1 подводимой уточины

$$P_2 = [M_1 + M_2 - M_{m1} + M_{m2} + P_1(r_o + r_y) - Q_2(l_1 \cos \gamma - h \sin \gamma) - Q_2 f(l_1 \sin \gamma + h \cos \gamma - r_o) - Q_1 f r_o] / (l_1 \sin \gamma + h \cos \gamma - r_o - r_y). \quad (5)$$

Уравнения (1...5) содержат семь неизвестных: r_{ni} , P_i , M_i , Q_1 . Следовательно, данная система имеет решение и только одно, которое можно получить численными методами.

Для определения натяжения T основы в зоне опушка – ремизная рамка необходимо рассмотреть равновесие ее соответствующего элемента. Имеем

$$T = Q_1 \sin(\alpha + \beta_0) + (P_1 + Q_1 f) \cos(\alpha + \beta_0). \quad (6)$$

Со стороны основы на подводимую уточину действуют нормальные силы N_1 :

$$P_i = 2r_o^2 \int_0^{\pi} \sigma(\epsilon_i) \sin^2 \varphi d\varphi, \quad (1)$$

$$M_i = 2r_o^3 \int_0^{\pi} \sigma(\epsilon_i) \cos \varphi \sin^2 \varphi d\varphi, \quad (2)$$

$$\epsilon_i = \epsilon_i(r_{si}, r_{ni}, \varphi), \quad i = 1, 2,$$

где r_o – радиус основы; $\sigma(\epsilon_i)$ – зависимость напряжение–деформация материала основы (действительная характеристика); ϵ_i – относительное удлинение слоя нити на координате φ ; r_{si} , r_{ni} – радиусы кривизны геометрической оси и нейтрального слоя нити в i -х концевых сечениях.

Аналогично [1]:

$$\epsilon_i(\varphi) = (r_{si} + r_o \cos \varphi - r_{ni}) / r_{ni}, \quad r_{si} = r_o + r_y.$$

Из геометрической суммы всех действующих на выделенный элемент сил находим

$$\bar{N}_1 = -2\bar{Q}_1$$

и силы трения $\bar{N}_1 f$.

Тогда усилие P_{np} прибора на одну нить верхней ветви зева

$$P_{np} = N_1 \sin(\alpha + \beta_s) + N_1 f \cos(\alpha + \beta_s). \quad (7)$$

Усилие прибора на одну нить нижней ветви зева найдем аналогично.

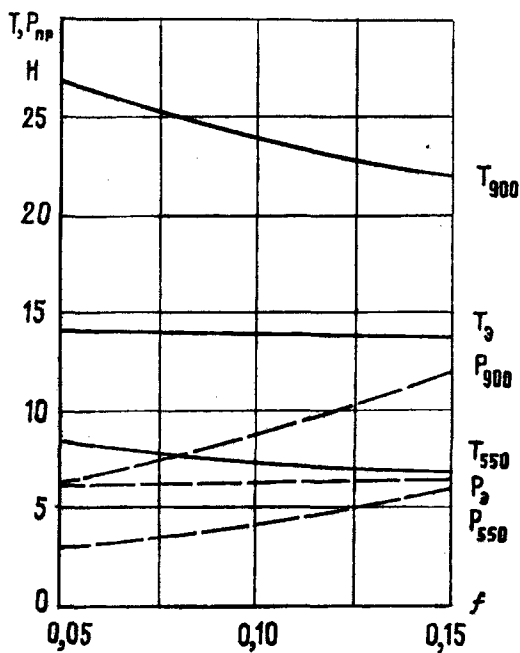


Рис. 2

На рис.2 представлены результаты расчетов усилия P_{np} и натяжения T в пересчете на одну нить основы для сетки 04 из проволоки 1X18H9T диаметром 0,25 мм. Поскольку механические свойства проволоки существенно зависят от технологии ее изготовления, расчет проводился для двух, близких к предельным, вариантам: при пределе прочности при растяжении $\sigma_B = 550$ МПа и при $\sigma_B = 900$ МПа (в справочной литературе для стали 1X18H9T приводятся данные от $\sigma_B = 500$ до $\sigma_B = 950$ МПа).

Согласно приведенным результатам характеристика материала оказывает существенное влияние на требуемое натяжение основы и усилие прибора. На данные величины также влияет коэффициент трения в паре основа-уток, причем замасливание проволоки ведет не только к уменьшению силы прибора, но и к увеличению требуемого натяжения основы.

При необходимости учета деформации подводимой уточины дополнительным условием связи к системе уравнение (1...5) будет служить зависимость высоты h_1 волны геометрической оси утка от поперечной силы Q , которую получим по методике [1]. Задача решается, поскольку для подводимой уточины $Q = Q(Q_1)$ и $h = h(h_1)$. Как

показывают расчеты, прогиб подводимой уточины несколько увеличивает силу прибора и уменьшает требуемое натяжение основы.

Ранее для данной сетки тензометрировалось натяжение основы в зоне навои-скало; снятие характеристики проволоки в задачу не ставилось. По результатам тензометрирования получены значения усилия прибора P_3 и натяжения T_3 основы (рис.2) в зависимости от коэффициентов трения в парах основа-скало и основа-разделительные прутки (влияние этих коэффициентов несущественно). Как видим, экспериментальные значения P_3 и T_3 находятся в пределах теоретических расчетов, то есть предлагаемая методика расчета усилия прибора и натяжения основы в переднем положении батана может быть приемлемой для решения соответствующих задач.

Принятая предпосылка о форме геометрической оси нити основы – частный случай. В более общем случае кривизна оси будет изменяться от конечной величины в сечении схода с уточины до нуля в точке перегиба и обратно до конечной величины в сечении касания со следующей уточиной.

Математическое описание радиуса кривизны геометрической оси нити основы логично принять в виде зависимости, используемой при анализе процесса деформации утка:

$$r_s = \alpha / \beta^n,$$

где $\alpha = (r_o + r_y) \beta_{12}^n$; β_{12} – угловая длина участка основы переменной кривизны (рис.2).

В связи с тем, что в зоне между уточинами на выделенный элемент основы внешних воздействий нет, согласно [2] точка перегиба будет центром симметрии геометрической оси для прилегающих участков. Проецируя ось выделенного элемента на оси системы координат, получаем

$$(d_o + d_y) \sin(\alpha + \beta_1) + 2 \int_0^{\beta_{12}} r_s(\beta) \cos(\beta_{12} + \beta_1 + \alpha - \beta) d\beta = \ell_1,$$

$$(d_o + d_y) \cos(\alpha + \beta_1) - 2 \int_0^{\beta_{12}} r_s(\beta) \sin(\beta_{12} + \beta_1 + \alpha - \beta) d\beta = h.$$

На деформацию выделенного элемента основы будет затрачиваться энергия E :

$$E = \int_0^{\beta_1 + \beta_{12}} 0,5M(\beta) d\beta + \int_0^{\beta_2 + \beta_{12}} 0,5M(\beta) d\beta + 0,5P_1 \varepsilon_s(P_1) \ell_s / (1 + \varepsilon_s(P_1)).$$

длина ℓ_s геометрической оси элемента основы:

$$\ell_s = (r_o + r_y) (\beta_1 + \beta_2) + 2 \int_0^{\beta_{12}} r_s(\beta) d\beta.$$

Остаются справедливыми выражения (1...7).

Если иметь в виду, что на деформацию элемента основы затрачивается минимально возможное количество энергии, то имеющихся зависимостей достаточно для решения поставленной задачи.

ВЫВОДЫ

Представлена методика статического расчета усилия прибора и максимального натяжения основы при изготовлении тка-

ных сеток из металлических мононитей, основанная на использовании действительной характеристики нормальное напряжение – продольная деформация нитей, которая дает результаты, определяющие зону истинных значений. Это позволяет использовать разработанную методику при решении соответствующих задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Суров В.А., Гао Бинь. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002. №3. С.85...88.
2. Пономарев С.Д., Бидерман С.А., Лихарев К.К. и др. Расчеты на прочность в машиностроении. – Т.1. – М.: Машгиз. 1956.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильных машин. Поступила 11.10.02.