

К ВОПРОСУ О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ИГЛЫ И КОЖЕВОЙ ТКАНИ В ПРОЦЕССЕ ИЗМЕРЕНИЯ ЕЕ ТОЛЩИНЫ

Е.В.КОСТИНА, В.Н.ЛОМАГИН

(Костромской государственной технологической университет)

При измерении толщины кожаной ткани пушно-меховых полуфабрикатов при помощи устройства [1] измерительным инструментом является швейная игла, которая представляет собой тело вращения. Основная часть иглы имеет цилиндрическую форму, а рабочий конец – эллипсоид. В процессе измерения толщины кожаной ткани игла прокалывает ее до контакта с поверхностью предметного столика. В момент касания процесс измерения заканчивается.

При своем движении игла сначала уплотняет кожаную ткань, не вызывая ее разрушения. При достижении в кожаной ткани напряжения, равного и более напряжению среза, начинается процесс ее разрушения. В каждой точке боковой поверхности иглы создается элементарное усилие, воздействующее на кожаную ткань и вызывающее ответную реакцию с ее стороны.

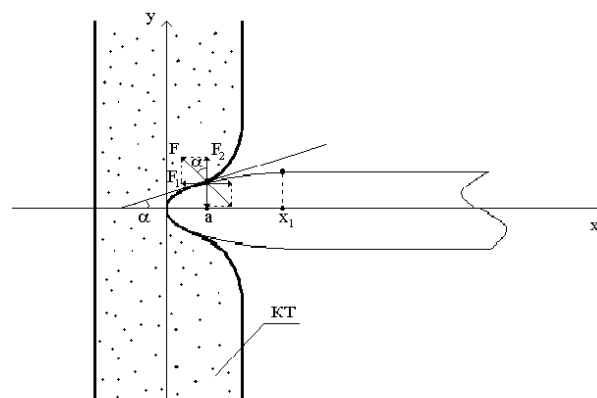


Рис. 1

Суммарная сила сопротивления кожаной ткани измеряется силоизмерителем, на который воздействует обратный конец измерительной иглы, преодолевающий это сопротивление. До точки x_1 образующая боковой поверхности иглы (рис.1 – взаимодействие иглы и кожаной ткани) описы-

вается уравнением $y^2(x) = 2px$. При $x > x_1$ образующая описывается уравнением $y(x) = \text{const}$.

Элементарная сила F воздействует на кожную ткань перпендикулярно касательной к боковой поверхности иглы, проведенной через данную точку.

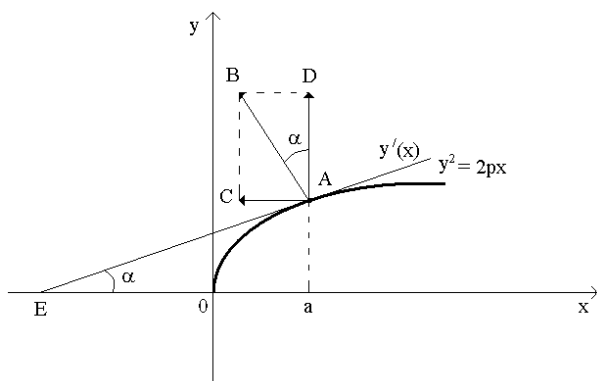


Рис. 2

В каждом элементарном усилии может быть выделена составляющая F_1 , прокалывающая кожную ткань, и составляющая F_2 , раздвигающая кожную ткань. Как видно на рис.2 (схема определения углов действующих сил): $F_1 = F \sin \alpha$, $F_2 = F \cos \alpha$, где α – угол, образуемый касательной к боковой поверхности иглы в данной точке.

$\angle AEO = \angle BAD$, так как это – углы с взаимно перпендикулярными сторонами. В зависимости от положения точки A на боковой поверхности иглы значения составляющих сил меняются от 0 до F . Тогда (рис.1) в т.О имеем $F_1 = F$; $F_2 = 0$, в т.х₁ имеем $F_1 = 0$; $F_2 = F$. Угол наклона касательной определяется через производную к образующей боковой поверхности иглы:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{dy}{dx},$$

$$y = \sqrt{2px} \rightarrow y' = \frac{dy}{dx} = \frac{\sqrt{2p}}{2\sqrt{x}} = \frac{\sqrt{p}}{\sqrt{2x}}, \quad (1)$$

$$\sin \alpha = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}, \quad \cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}, \quad (2)$$

$$F_1 = F \sin \alpha = F \frac{y'}{\sqrt{1 + (y')^2}} = F \frac{\frac{\sqrt{p}}{\sqrt{2x}}}{\sqrt{1 + \frac{p}{2x}}} = F \frac{\sqrt{p}}{\sqrt{2x + p}}, \quad (3)$$

при $x = 0$ $F_1 = F$, при $x_1 \rightarrow \infty$ $F_1 \rightarrow 0$.

$$F_2 = F \cos \alpha = F \frac{1}{\sqrt{1 + (y')^2}} = F \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\sqrt{p}}{\sqrt{2x}}\right)^2}} = F \frac{\sqrt{2x}}{\sqrt{2x + p}}, \quad (4)$$

при $x = 0$ $F_2 = 0$; при $x_1 \rightarrow \infty$ $F_2 \rightarrow F$.

Определим среднее значение функций $\sin \alpha$ и $\cos \alpha$, для чего возьмем интеграл на интервале $[0; a]$:

$$\int_0^a \sin \alpha dx = \sqrt{p} \int_0^a \frac{1}{\sqrt{2x + p}} dx = \sqrt{p} \sqrt{2a + p} - p, \quad (5)$$

$$\overline{\sin \alpha} = \frac{1}{a} (\sqrt{p} \sqrt{2a + p} - p) = \frac{1}{a} (\sqrt{2ap + p^2} - p), \quad (6)$$

$$\int_0^a \cos \alpha dx = \int_0^a \frac{\sqrt{2x}}{\sqrt{2x + p}} dx = \frac{1}{3} \sqrt{(2a + p)^3} - p \sqrt{2a + p} + \frac{2}{3} \sqrt{p^3}, \quad (7)$$

$$\overline{\cos \alpha} = \frac{1}{a} \left[\frac{1}{3} \sqrt{(2a + p)^3} - p \sqrt{2a + p} + \frac{2}{3} \sqrt{p^3} \right]. \quad (8)$$

Известно, что площадь боковой поверхности иглы – как тела вращения, находящейся в контакте с кожной тканью, определяется по формуле:

$$S = 2\pi \int_0^a f(x) \sqrt{1 + [f'(x)]^2} dx, \quad (9)$$

$$f(x) = \sqrt{2px}, \quad f'(x) = \frac{\sqrt{p}}{\sqrt{2x}},$$

$$1 + [f'(x)]^2 = \frac{2x+p}{2x}, \quad (10)$$

$$S = 2\pi \int_0^a \sqrt{2px} \sqrt{\frac{2x+p}{2x}} dx =$$

$$= \frac{2\pi\sqrt{p}}{3} \left[\sqrt{(2a+p)^3} - \sqrt{p^3} \right]. \quad (11)$$

Максимальное усилие действует на иглу в тот момент, когда в кожевой ткани создается напряжение среза σ_{cp} . Тогда $\Phi = \sigma_{cp}S$, где Φ – сила сопротивления кожевой ткани в момент начала ее разрушения; S – площадь поверхности контакта иглы и кожевой ткани в момент начала ее разрушения.

Дальнейшее перемещение иглы приводит к разрушению кожевой ткани и снижению усилия, воспринимаемого силоизмерителем. Если допустить, что напряжение в кожевой ткани распределено в пер-

вом приближении по пятну контакта равномерно, тогда можно записать для $\sigma \leq \sigma_{cp}$ как $\Phi(x) = \sigma(x)S(x)$, $\Phi_1(x) = \Phi(x)\overline{\sin \alpha}$, $\Phi_2(x) = \Phi(x)\overline{\cos \alpha}$. $\Phi_1(x)$ воспринимается силоизмерителем совместно с силой трения:

$$\Phi_c(x) = \Phi_1(x) + \Phi_{тр}(x), \quad (12)$$

$$\Phi_{тр}(x) = \overline{\Phi}(x)f_{тр}, \quad (13)$$

где $\Phi_{тр}$ – сила трения; $f_{тр}$ – коэффициент трения стали по кожевой ткани.

Швейная игла полируется при изготовлении, шероховатость ее поверхности минимальна, и в первом приближении при исследовании однотипных материалов силой трения можно пренебречь.

В табл.1 – значения усилия прокола кожевой ткани пушно-меховых полуфабрикатов – приведены некоторые результаты, полученные на указанном устройстве [1].

Т а б л и ц а 1

Пушно-меховой полуфабрикат	Топографический участок	$\Phi_{с, max}$, сН	$h_{кт}$, мм
Песец	Загривок	35,7	0,52
	Хребет	37	0,54
	Огузок	39	0,57
Лисица	Загривок	40	0,59
	Хребет	30,9	0,48
	Огузок	39,2	0,58

ВЫВОДЫ

Применение данного метода позволяет измерить толщину кожевой ткани и усилие прокола ее, которое зависит от механических свойств кожевой ткани и формы поверхности измерительной иглы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент на изобретение №2182707, по заявке №2001115751 от 05.06.2001. Устройство неразрушающей оценки геометрических характеристик

ворсовых материалов, преимущественно натурального меха, и определение усилия прокола иглой. Авторы: Койтова Ж.Ю., Ломагин В.Н., Костина Е.В., Рассадина С.П., Кучерова И.А., Выхварко В.Г. Патентообладатели: Костромской государственный технологический университет, Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна. - Оpubл. 20.05.2002.- Бюл. №14.

Рекомендована кафедрой технологии и материаловедения швейного производства. Поступила 30.06.08.