

УДК [681.03:677.672.6]:665

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НАГРЕВА И ОХЛАЖДЕНИЯ ИГЛЫ ШВЕЙНОЙ МАШИНЫ**

*Ф.Н. ЯСИНСКИЙ, В.В. ВЕСЕЛОВ, И.Ю. БЕЛОВА*

(Ивановская государственная текстильная академия)

Обрывность игольной нитки при выполнении ниточных соединений на высокоскоростных швейных машинах – одна из актуальных проблем отрасли, обострившаяся с увеличением потребления синтетических швейных ниток. Разработке и исследованию способов решения данной проблемы посвящено много научно-исследовательских работ, основанных прежде всего на данных эксперимента [1].

Однако современные решения технологических задач не могут базироваться исключительно на данных экспериментальной базы. Использование методов математического моделирования технологических процессов позволяет не только отражать закономерности действующих процессов, но и прогнозировать поведение системы при изменении ее параметров.

Влияние нитки на температуру швейной иглы характеризуется двумя факторами. Нагреванием иглы вследствие ее трения о ткань и нитку, а также охлаждением иглы ниткой при температурах свыше 110°C.

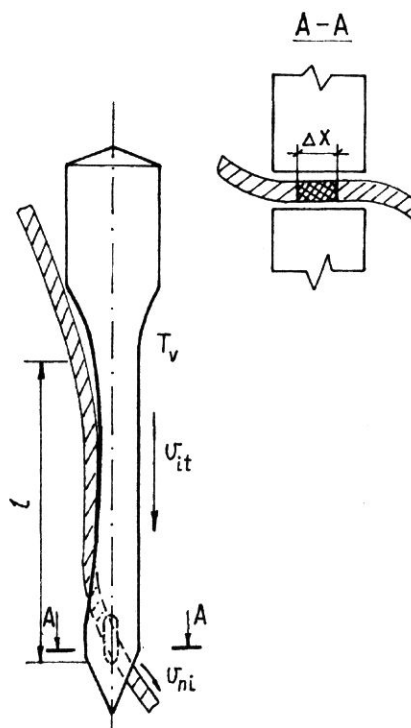


Рис. 1

Процесс этот (рис.1) можно описать следующим уравнением термодинамического равновесия:

$$c_i m_i dT_i + c_n \rho_n \vartheta_n dt (T_n^{**} - T_n^*) + \tilde{\alpha} S_i (T_i - T_v) dt = [(1 - \beta) F_{тр}^{ni} \vartheta_n + \gamma F_{тр}^{it} \vartheta_i] dt, \tag{1}$$

где  $c_i$  – теплоемкость стали, Дж/К [2];  $m_i$  – масса иглы без участка, закрепленного в колбе, г;  $T_i$  – температура иглы, °С;  $c_n$  – теплоемкость мокрой нитки, Дж/К [2];  $\rho_n$  – масса единицы длины обработанной нитки, г;  $\vartheta_n$  – скорость движения нитки через ушко иглы, м/с [1];  $T_n^{**}$  – температу-

ра иглы после прохождения через ее ушко элементарного участка обработанной нитки;  $T_n^*$  – температура иглы до входа в ушко нитки;  $F_{тр}^{ni}$  – сила трения нитки об иглу, Н [1];  $F_{тр}^{it}$  – сила трения иглы о материал, Н [1];  $\vartheta_i$  – линейная скорость дви-

жения иглы относительно материала, м/с [3];  $\hat{\alpha}$  – коэффициент теплоотдачи от горячей иглы к обработанной нитке,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$

[2];  $T_v$  – температура окружающего воздуха;  $S_i$  – площадь поверхности иглы, излучающей тепло в окружающую среду;  $\beta$  – доля тепла, выделившегося при трении и унесенного ниткой;  $\gamma$  – часть тепла, которая передается игле при трении иглы о ткань.

При составлении уравнения (1) приня-

$$\left( \frac{dT_i}{dt} + \frac{c_n \varrho_n \vartheta_n}{c_i m_i} (T_n^{**} - T_n^*) + \frac{\hat{\alpha} S_i}{c_i m_i} (T_i - T_v) = \frac{(1 - \beta) F_{\text{TP}}^{ni} \vartheta_n + \gamma F_{\text{TP}}^{it} \vartheta_i}{c_i m_i} \right). \quad (2)$$

Обозначим длину контактирующего пути нитки с иглой через  $l$ , а элементарный

$$c_n \Delta m_n dT_n = \hat{\alpha} F_n \Delta x (T_i - T_n) dt + \beta F_{\text{TP}}^{ni} \frac{\Delta x}{\ell} \vartheta_n dt, \quad (3)$$

где  $\hat{\alpha}$  – коэффициент теплоотдачи от нагретой иглы к мокрой нитке,  $\text{Вт}/\text{м}^2\text{К}$ ;  $F_n$  – площадь контакта нитки с иглой,  $\text{м}^2$ .

Выразив массу элементарного участка длины нитки:

$$\Delta m_n = \varrho_n \Delta x \quad (4)$$

и подставив (4) в (3), получим:

$$c_n \varrho_n \frac{dT_n}{dt} = \hat{\alpha} F_n (T_i - T_n) + \beta \frac{F_{\text{TP}}^{ni}}{\ell} \vartheta_n, \quad (5)$$

$$\frac{dT_n}{dt} = \frac{\hat{\alpha} F_n}{c_n \varrho_n} (T_i - T_n) + \frac{\beta F_{\text{TP}}^{ni} \vartheta_n}{c_n \varrho_n \ell}. \quad (6)$$

Введем обозначения:

$$\frac{\hat{\alpha} F_n}{c_n \varrho_n} = a; \quad \frac{\beta F_{\text{TP}}^{ni} \vartheta_n}{c_n \varrho_n \ell} = b; \quad c = a T_i + b.$$

Изменение температуры нитки в процессе ее прохождения пути  $l$  описывается выражением, а элементарное время этого

участка того же пути через  $\Delta x$ . Тогда

– не учтена возможность концентрации влаги в ушке иглы;

– не учтена доля тепла, уходящая через колбу иглы в иглодержатель швейной машины;

– не учтена доля тепла, передаваемая иглой материалу при его прокалывании.

После очевидных преобразований (1) примет следующий вид:

участок того же пути через  $\Delta x$ . Тогда

пути уравнением

$$\frac{dT_n}{dt} = -a T_n + c, \quad (7)$$

$$dt = \frac{dx}{\vartheta_n}. \quad (8)$$

Интегрируя уравнение (7), после указанной подстановки получаем следующее решение:

$$T_n^{(x)} = \frac{c}{a} + \left( T_n^* - \frac{c}{a} \right) e^{-a \frac{x}{\vartheta_n}}. \quad (9)$$

Таким образом, температуру швейной иглы после прохождения через ее ушко элементарного участка нитки можно записать с помощью уравнения (10), а максимально (теоретически) возможную температуру – с помощью (11):

$$T_n^{**} = \frac{c}{a} + \left( T_n^* - \frac{c}{a} \right) e^{-a \frac{\ell}{\vartheta_n}}, \quad (10)$$

$$T_{\max}^{**} = T_i + \beta \frac{F_{\text{TP}}^{\text{ni}} \vartheta_n}{\hat{\alpha} F_n \ell}. \quad (11)$$

Перепад температур на участке соприкосновения нитки с иглой:

$$T_n^{**} - T_n^* = (T_{\max}^{**} - T_n^*) \left( 1 - e^{-\frac{\hat{\alpha} \ell}{\vartheta_n}} \right). \quad (12)$$

Подставив (12) в уравнение теплового баланса (1), будем иметь

$$\begin{aligned} \frac{dT_i}{dt} + \frac{c_n \varrho_n \vartheta_n}{c_i m_i} \left( T_i + \beta \frac{F_{\text{TP}}^{\text{ni}} \vartheta_n}{\hat{\alpha} F_n \ell} - T_n^* \right) \left( 1 - e^{-\frac{\hat{\alpha} F_n \ell}{c_n \varrho_n \vartheta_n}} \right) + \frac{\tilde{\alpha} S_i}{c_i m_i} (T_i - T_v) = \\ = \frac{(1 - \beta) F_{\text{TP}}^{\text{ni}} \vartheta_n}{c_i m_i} + \frac{\gamma F_{\text{TP}}^{\text{it}} \vartheta_i}{c_i m_i}. \end{aligned} \quad (13)$$

Это выражение можно записать следующим образом:

$$\frac{dT_i}{dt} = -\xi_1 T_i + \xi_2, \quad (14)$$

$$\text{где } \xi_1 = \frac{c_n \varrho_n \vartheta_n}{c_i m_i} \left( 1 - e^{-\frac{\hat{\alpha} F_n \ell}{c_n \varrho_n \vartheta_n}} \right) + \frac{\tilde{\alpha} S_i}{c_i m_i};$$

$$\begin{aligned} \xi_2 = \frac{(1 - \beta) F_{\text{TP}}^{\text{ni}} \vartheta_n + \gamma F_{\text{TP}}^{\text{it}} \vartheta_i}{c_i m_i} + \frac{\tilde{\alpha} S_i}{c_i m_i} T_v + \\ + \left( T_n^* - \beta \frac{f N \vartheta_n}{\hat{\alpha} F_n \ell} \right) \frac{c_n \varrho_n \vartheta_n}{c_i m_i} \left( 1 - e^{-\frac{\hat{\alpha} F_n \ell}{c_n \varrho_n \vartheta_n}} \right) \end{aligned}$$

Интегрируя (14), найдем зависимость температуры иглы от времени:

$$T_i = T_i^{\max} + (T_i^0 - T_i^{\max}) e^{-\xi_1 t}. \quad (15)$$

В качестве критерия теплостойкости ниток на практике принято использовать критическую (максимальную) температуру иглы. Рассчитать ее можно, используя уравнение:

$$T_i^{\max} = \frac{\xi_2}{\xi_1}. \quad (16)$$

Подставив значения величин, входящих в уравнение (15), получим его численное решение.

Для выполнения поставленной задачи была составлена программа, адаптированная к системе MS DOS и TurboPascal 7 и позволяющая выводить на экран дисплея графики изменения температуры во времени при изменяющихся параметрах режима стачивания (скорость выполнения строчки, влажность обработанной нитки и т.д.).

Таким образом, целенаправленно изменяя заданные параметры, можно выйти на оптимальный (с позиции минимизации температуры нагрева швейной иглы) режим образования ниточного соединения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Беденко В.Е., Сухарев М.И. Технологические свойства швейных ниток. – М.: Легкая индустрия, 1977.
2. Теплотехнический справочник. Изд. 2-е, переработанное. Т.1 / Под общ. ред. В.Ю.Юренёва и П.Д.Лебедева. – М.: Энергия, 1975. С.92, 163, 170.
3. Шаньгина В.Ф. Оценка качества соединений деталей одежды. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981.

Рекомендована кафедрой технологии швейных изделий. Поступила 04.04.03.