УДК 687.05-52

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ ИГЛЫ ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ ПЕРЕМЕЩЕНИИ МАТЕРИАЛА В ШВЕЙНЫХ ПОЛУАВТОМАТАХ

*Асс. Кириллов А.Г.; к.т.н. Федосеев Г.Н. (**ВГТУ**)*

На швейных полуавтоматах с программируемым перемещением стачиваемых деталей координатным устройством возможно значительное повышение производительности за счет расширения фазы транспортирования. В частности, данный способ применялся на швейном полуавтомате для сборки плоских заготовок верха обуви и на вышивальном полуавтомате.

Исходя из технологических требований (стабильности захвата петли-напуска, обеспечения определенного зазора между носиком челнока и иглой) целесообразно начинать транспортирование за некоторое минимальное время до выхода иглы из материала и заканчивать в момент следующего прокола. Из расчета иглы на усталостную прочность было определено допускаемое перемещение материала при нахождении в нем иглы. Для жестких материалов, при условии, что деформируется только игла, оно составило для игл NN75-120 0,89..0,56 мм. В случае, когда деформацию испытывает также стачиваемый пакет, эти значения могут быть увеличены в несколько раз.

В одном цикле вертикального перемещения иглы можно выделить несколько интервалов:

1. От момента начала транспортирования до момента выхода иглы из материала игла и материал при взаимодействии деформируются. Из условия статического равновесия иглы можно предположить, что к моменту выхода из материала напряжение в опасном сечении достигает максимального значения. Это положение подтверждается экспериментальными исследованиями [1].

2. С момента выхода из материала игла совершает свободные затухающие колебания.

3. После прокола иглой материала до начала следующей фазы транспортирования деформации иглы, особенно в направлении оси челнока, нежелательны, т.к. могут привести к пропускам стежков и поломке иглы.

Решение задачи о вынужденных колебаниях иглы в материале является сложным, т.к. точка приложения нагрузки, действующей со стороны материала, а также само значение нагрузки зависят от многих факторов, основными из которых являются: зависимость вертикального перемещения иглы от времени, деформационные свойства и толщина стачиваемого пакета, способ закрепления пакета в кассете или пяльцах, закон движения координатного устройства и т.д.

Практический интерес представляет вопрос о скорости затухания свободных колебаний. Работоспособность полуавтомата, особенно при шитье на жестких материалах, можно обеспечить, только если амплитуда колебаний достигнет допускаемых значений к моменту следующего прокола.

Уравнение свободных затухающих колебаний балки имеет вид:

$$EI\frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + \rho F\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + \mu_0 EI\frac{\partial^5 y}{\partial t\partial x^4} = 0 \qquad (1)$$

где y- прогиб балки в любом заданном сечении x,

E- модуль упругости 1 рода,

I- момент инерции сечения балки,

ρ- плотность материала,

F- площадь поперечного сечения балки,

μ_0- коэффициент затухания.

При решении уравнения (1) сечение иглы принималось постоянным, крепление иглы в игловодителе абсолютно жестким, игловодитель недеформируемым. Для определения μ_0 был поставлен эксперимент, суть которого заключалась в следующем. На макете швейного полуавтомата с МПУ в держатель материала (пяльца) закреплялась ткань в несколько слоев. Координатному устройству задавалась программа для непрерывного перемещения держателя. На иглу направлялась лампа строботахометра, частота мерцания которой подбиралась равной частоте вращения главного вала. При этом визуально можно было определить момент, когда колебания иглы после выхода ее из материала прекращаются. Картина, получающаяся в результате стробоскопического эффекта, была заснята на фотопленку.

Решение уравнения (1) имеет вид:

$$y(x,t) = \sum_{i=1}^{\infty} X_i(x) T_i(t) \tag{2}$$

Каждой собственной частоте колебаний соответствует своя собственная форма $X_i(x)$ и функция времени $T_i(t)$. При вычислении прогибов $y(x,t)$ оказалось достаточным при вычислении бесконечной суммы (2) ограничиться 3-4 первыми слагаемыми.

Форма колебаний $X_i(x)$ определяется из решения уравнения

$$X^{IV} - \frac{m\omega_i^2}{EI} X = 0 \tag{3}$$

Для балки с заделкой $X_i(x)=U(k_i,l)T(k_i,l)-S(k_i,l)V(k_i,l)$,

где $U(k_i,l), T(k_i,l), S(k_i,l) V(k_i,l)$- функции Крылова,

l- длина балки,

$$k_i = \sqrt[4]{\frac{\rho F \omega_i^2}{EI}},$$

ω_i- круговые частоты свободных колебаний балки, которые определялись из частотного уравнения с учетом граничных условий. Частотное уравнение имеет вид $ch(k_i l)\cos(k_i l)+1=0$ и его корни

$$k_i l \approx 1{,}875 \text{ при } i=1;\ k_i l \approx \pi i - \frac{\pi}{2} \text{ при } i=2,..,\infty.$$

Круговые частоты $\omega_i = \dfrac{(k_i l)^2}{l^2}\sqrt{\dfrac{EI}{\rho F}}$ были рассчитаны для различных типоразмеров игл, результаты расчетов представлены в табл. 1.

***Таблица 1.** ω_i (рад/с) для игл различных типоразмеров*

Длина лезвия, мм	Номер иглы				
	75	80	90	100	110
20	1220	1300	1470	1630	1790
25	780	830	940	1040	1150

$T_i(t)$ определяется из решения уравнения

$$\frac{d^2T}{dt^2} + \mu\omega_i^2 \frac{dT}{dt} + \omega_i^2 T = 0, \tag{4}$$

где $\mu = \dfrac{\mu_0 F}{E}$.

Функция времени $T_i(t)$ зависит от соотношения $\dfrac{\mu_0^2\omega_i^2}{4}$:

1). при $\dfrac{\mu_0^2\omega_i^2}{4}-1<0$ колебания являются периодическими, $T_i(t)$ определяется

по формуле $T_i(t) = e^{-\frac{\mu_0\omega_i^2}{2}}\left(A_i \sin\omega_i\sqrt{1-\frac{\mu_0^2\omega_i^2}{4}}t + B_i\cos\omega_i\sqrt{1-\frac{\mu_0^2\omega_i^2}{4}}t\right)$;

2). При $\dfrac{\mu_0^2\omega_i^2}{4}-1>0$ колебания являются апериодическими, $T_i(t)$ определяется по формуле

$$T_i(t) = A_i e^{\left(-\frac{\omega_i^2\mu_0}{2}+\omega_i\sqrt{\frac{\mu_0^2\omega_i^2}{4}-1}\right)t} + B_i e^{\left(-\frac{\omega_i^2\mu_0}{2}-\omega_i\sqrt{\frac{\mu_0^2\omega_i^2}{4}-1}\right)t}$$

Постоянные интегрирования A_i и B_i были определены исходя из свойства ортогональности собственных форм с учетом начальных условий по формулам:

1). Для периодических колебаний

$$A_i = \frac{C_2}{e^{-\frac{\mu_0\omega_i^2}{2}}\omega\sqrt{1-\frac{\mu_0\omega_i^2}{4}}},$$

$$B_i = \frac{C_1}{e^{-\frac{\mu_0\omega_i^2}{2}}},$$

2). Для апериодических колебаний

$$A_i = \frac{C_2 - C_1\lambda_2}{\lambda_1-\lambda_2},$$

$B_i=C_1-A_i$,

где $\lambda_1 = -\dfrac{\omega_i^2\mu_0}{2}+\omega_i\sqrt{\dfrac{\mu_0^2\omega_i^2}{4}-1}$, $\lambda_2 = -\dfrac{\omega_i^2\mu_0}{2}-\omega_i\sqrt{\dfrac{\mu_0^2\omega_i^2}{4}-1}$

$$C_1 = \frac{\int_0^1 f(x)X_i(x)dx}{\int_0^1 X_i^2(x)dx}, \quad C_2 = \frac{\int_0^1 f'(x)X_i(x)dx}{\int_0^1 X_i^2(x)dx}, \qquad (5)$$

где $f(x)$- начальные смещения всех точек балки, которые определяются из условия статического нагружения иглы в момент выхода ее из материала,

$f'(x)$- начальные скорости всех точек балки в момент выхода иглы из материала.

Для вычисления прогибов балки y=f(x,t) была составлена программа на языке Турбо- Паскаль, которая выводит результаты в виде графиков y=f(t) для любого сечения x на экран. При расчете на ЭВМ определенных интегралов, входящих в выражение (5), использовался численный метод средних прямоугольников.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований показали, что при существующих скоростных режимах работы (до 4000-5000 об/мин) колебания иглы не оказывают заметного отрицательного влияния на работу механизмов полуавтомата; расширение фазы транспортирования является резервом повышения скоростных режимов стачивания на полуавтоматах с координатным устройством перемещения держателя материала.

Литература:

1. Новгородцев В.А., Мокеева Н.С. Автоматизация изготовления программоносителей для вышивальных полуавтоматов. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.- 120 с.
2. Пановко Я.Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. Л.: Машиностроение, 1976.- 320 с.
3. Филлипов А.П. Колебания деформируемых систем. М.: Машиностроение, 1970.- 736 с.