

Цель данной статьи - привлечь внимание научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций к этой проблеме.

SUMMARY

The aim of this work is to draw specialists and interested organizations' attention to the possibilities of getting additional energy sources.

Investigations demonstrate the abilities to automatize the technological production of the initial raw material and thus to get electric power, heat and all valuable products.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Торф, его свойства и перспективы применения. Труды Международного симпозиума IV и II комиссий МТО. Минск, 1982. С.3-5.
2. Марков В.Д. Торфяные проблемы Западной Сибири/ Торфяная промышленность, 1981, N9. С.8-10.
3. Радионов Н.П. Новые процессы и продукты переработки торфа/ Наука и техника, 1982, N6. С.216-218.
4. Крайзнер Л.П. Кибернетика.- М.: Агропромиздат, 1985, 255 с.
5. А. с. 1546643 СССР. Агрегат для добычи фрезерного торфа/ А.И.Ещенко. Опубл. 28.02.90, Бюл. N 8.

Поступила в редколлегию 26 сентября 1994 г.

УДК 621.914.22;539.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСЕВОЙ ДЕФОРМАЦИИ ТОРЦОВОЙ ФРЕЗЫ

Топоров О.А., Кушников П.В., Острик В.И.*

(*Сумский сельскохозяйственный институт)

Целью данной работы является определение осевых деформационных перемещений торцовой фрезы, что дает возможность учитывать влияние указанных деформаций на точностные параметры торцового фрезерования и прогнозировать качество обрабатываемых плоскостей.

В конструкциях фрезерных головок, предназначенных для фрезерования преимущественно широких плоских поверхностей (шириной более 300 мм), торцовая фреза своей опорной поверхностью устанавливается на периферические поверхности как минимум трех радиальных или радиально-упорных подшипников. Расположение подшипников под углом 120° друг относительно друга позволяет получить установочную базу для устойчивого положения инструмента и восприятия им осевой составляющей силы резания P_y в процессе работы. Если вектор P_y не проходит через точку опирания торца фрезы, то происходит изгиб ее корпуса, что увеличивает податливость технологической системы.

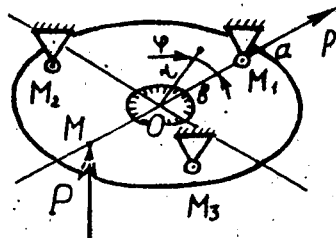


Рис. 1. Расчетная схема для определения изгиба кольцевой пластинки

Поскольку диаметры торцовых фрез для данного типа фрезерных головок значительно превышают их толщину (обычно более чем в 10 раз), то для расчета осевых деформационных перемещений точек инструмента можно рассматривать модель изгиба сосредоточенной силой тонкой кольцевой пластинки, находящейся на трех опорах. При этом пластинка имеет в плане форму кругового кольца

$$b \leq r \leq a, \quad 0 \leq \varphi < 2\pi,$$

где r, φ - полярные координаты; b, a - внутренний и внешний радиусы пластинки. Пластинка, заземленная по внутреннему контуру и свободная от нагрузки по внешнему контуру, находится на трех точечных опорах $M_k(r_k, \varphi_k)$ ($k = 1, 2, 3$). В точке $M(\rho, \theta)$ приложена сосредоточенная поперечная сила P (рис. 1).

Для определения деформированного состояния пластинки используется теория тонких пластинок Кирхгофа-Лява [1].

Функция прогиба $w(r, \varphi)$ удовлетворяет дифференциальному уравнению

$$\Delta^2 w = \frac{1}{D} [P \delta(x - x_0, y - y_0) - \sum_{k=1}^3 P_k \delta(x - x_k, y - y_k)], \quad (1)$$

$$\Delta \equiv \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2}, \quad D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu)},$$

где Δ - дифференциальный оператор Лапласа; D - цилиндрическая жесткость; E - модуль Юнга; h - толщина; ν - коэффициент Пуассона;

P - интенсивность сосредоточенной силы; P_k - интенсивность реакций опор ($k = 1, 2, 3$); $\delta(x, y)$ - дельта-функция Дирака; x_0, y_0, x_k, y_k ($k = 1, 2, 3$) - декартовы координаты точек M, M_k ($k = 1, 2, 3$) соответственно (ось Ox декартовой системы координат совмещена с осью Or полярной системы).

Внутренний контур пластинки жестко заземлен:

$$w|_{r=b} = 0, \quad \frac{\partial w}{\partial r}|_{r=b} = 0 \quad (2)$$

внешний - свободен от нагрузки:

$$M_r|_{r=a} = 0, \quad N_r|_{r=a} = 0. \quad (3)$$

После выражения изгибающего момента M_r и обобщенной перерезывающей силы N_r через функцию прогиба $w(r, \varphi)$ определяются неизвестные постоянные P_k ($k = 1, 2, 3$) из дополнительных условий в точках M_k опирания пластинки:

$$F_k(P_k, w|_{M_k}) = 0, \quad k = 1, 2, 3, \quad (4)$$

где функции F_k определяют характер опирания. В случае абсолютно жесткого опирания условия (4) имеют вид

$$w|_{M_k} = 0, \quad k = 1, 2, 3. \quad (5)$$

Краевая задача (1)-(5) может быть решена с использованием функции Грина для кольцевой пластинки. Функция Грина $G(r, \varphi, \rho, \theta)$ определяется дифференциальным уравнением

$$\Delta^2 G = \frac{1}{D} \delta(x - x_0, y - y_0) \quad (6)$$

и граничными условиями (2), (3) и соответствует функции прогиба пластинки без опор в текущей точке (r, φ) от действия единичной сосредоточенной силы в точке (ρ, θ) . Тогда решение задачи (1)-(5)

$$\text{записывается в виде } w(r, \varphi) = PG(r, \varphi, \rho, \theta) - \sum_{k=1}^3 P_k G(r, \varphi, r_k, \varphi_k). \quad (7)$$

Неизвестные постоянные P_k ($k = 1, 2, 3$) при этом определяются из системы линейных алгебраических уравнений.

Искомая функция Грина представляется в виде ряда Фурье

$$G(r, \varphi, \rho, \theta) = R_0(r, \rho) + \sum_{k=1}^{\infty} R_k(r, \rho) \cos k(\varphi - \theta). \quad (8)$$

После подстановки разложения (8) в уравнение (6) получаются обыкновенные дифференциальные уравнения для определения функций R_k ($k=0, 1, 2, \dots$), из которых находятся значения функций R_0 и R_k ($k > 1$) при $r > \rho$ и $r < \rho$.

Для определения коэффициентов каждой из функций R_k ($k=0, 1, 2, \dots$) составляется другая система линейных уравнений, вытекающая из условий непрерывности прогиба, угла поворота и изгибающего момента.

$$G|_{r=\rho+0} = G|_{r=\rho-0}, \quad \frac{\partial G}{\partial r}|_{r=\rho+0} = \frac{\partial G}{\partial r}|_{r=\rho-0}, \quad \frac{\partial^2 G}{\partial r^2}|_{r=\rho+0} = \frac{\partial^2 G}{\partial r^2}|_{r=\rho-0} \quad (9)$$

и скачка перерезывающей силы

$$D \frac{\partial}{\partial r} \Delta G|_{r=\rho+0} - D \frac{\partial}{\partial r} \Delta G|_{r=\rho-0} = \frac{P}{\pi \rho} \left[\frac{1}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} \cos k(\varphi - \theta) \right] \quad (10)$$

в точке приложения сосредоточенной силы P и граничных условий (2), (3).

После указанных преобразований получим

$$R_0 = \frac{P}{8\pi D} \left[\rho^2 - b^2 - (\rho^2 + b^2) \ln \frac{\rho}{b} + \left(\frac{r^2 - b^2}{2} + \frac{1+\nu}{1-\nu} a^2 \ln \frac{r}{b} \right) \times \frac{\rho^2 - b^2 \left(1 + 2 \ln \frac{\rho}{b} \right)}{\frac{1+\nu}{1-\nu} a^2 + b^2} \right] + \begin{cases} 0, & r > \rho \\ \frac{P}{8\pi D} \left[r^2 - \rho^2 - (r^2 + \rho^2) \ln \frac{r}{\rho} \right], & r < \rho \end{cases} \quad (11)$$

В силу громоздкости функции R_k ($k=1, 2, 3, \dots$) не выписываем.

В результате машинной обработки полученных уравнений определены численные значения безразмерных комплексов K_w , входящих в выражение (12) для расчета величины прогиба любой точки корпуса фрезы:

$$w = K_w \frac{Pa^2}{D}. \quad (12)$$

Совокупность значений K_w определяет форму деформированной поверхности фрезы, что для рассматриваемого (см. рис. 1) варианта взаимного расположения сосредоточенной силы и опор отражено на рис. 2.

Из выражения (12) определяются значения осевых деформаций точек инструмента для различных величин составляющих силы резания.

В частности, для конструкции торцовой фрезы с $a=0,2$ м,

$h=0,03$ м, при силе $P=10$ Н величина осевого перемещения w в точке с $K_w=0,237$ равна $0,115 \cdot 10^{-6}$ м.

Зная расчетные значения осевого прогиба фрезы, можно оценивать ожидаемую точность обрабатываемой поверхности: например, в местах максимального прогиба инструмента велика вероятность копирования его формы на формируемой поверхности с образованием выпуклостей или волнистости.

Таким образом, полученные значения функции прогиба кольцевой пластинки позволяют производить вычисления величины осевых деформаций точек торцовой фрезы и тем самым иметь возможность прогнозировать их влияние на точность обрабатываемых поверхностей заготовок. Имея информацию о величинах деформаций при различном взаимном расположении опор фрезы и точки приложения осевой силы,

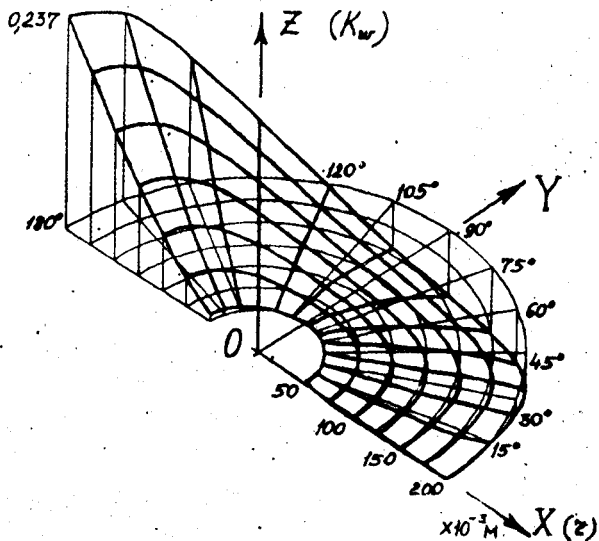


Рис. 2. Форма деформированной поверхности фрезы

можно также проводить оптимизационные исследования с целью выявления наиболее рационального с точки зрения жесткости размещения элементов конструкции фрезерных головок.

SUMMARY

Under suggestion is the analysis of the axial elastic strain of the face milling cutter as an element of the manufacturing system, which allows to estimate its possible compliance and to forecast an expectative machining accuracy of the workpiece flat surface still on the stage of the cutter head designing.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. С.П. Тимошенко, С.Войновский- Кригер. Пластинки и оболочки.- М.: Наука, 1966, 636 с.

Поступила в редколлегию 23 августа 1994 г.