

МАШИНОСТРОЕНИЕ

М. В. КАСЬЯН, М. О. ПАВОЯН

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРЫ ИНСТРУМЕНТА
 ПРИ ПРЕРЫВИСТОМ РЕЗАНИИ

Одной из основных причин хрупкого разрушения инструментов при прерывистом резании (фрезеровании, строгании и др.) являются циклические термические напряжения, возникающие в процессе периодического нагрева и охлаждения инструмента. Для расчета температурных напряжений в режущем клине необходимо иметь распределение температуры по глубине. В связи с нестационарностью термического режима теоретический расчет температурного поля режущего клина при прерывистом резании представляет большие трудности. При определенной схематизации и некоторых допущениях более удобным является расчетно-экспериментальное определение температурного поля.

Известно, что в режущий клин тепло поступает через переднюю и заднюю контактные поверхности. При расчете температурного поля острого резца, источник тепла на задней поверхности можно не учитывать. В целях упрощения расчетов температура по всей поверхности контакта принималась постоянной. Выделяя на поверхности элементарный участок, используем формулу точечного непрерывно действующего источника при нестационарном режиме [1]:

$$\theta_{p(x)} = \frac{q}{4\pi\lambda x} \left[1 - \Phi\left(\frac{x}{\sqrt{4\omega\tau_p}}\right) \right] \quad (1)$$

При достаточно большом количестве регулярно повторяющихся рабочих и холостых ходов можно написать:

$$\theta_p(x) = \frac{q}{4\pi\lambda x} S_p \left[1 - \Phi\left(\frac{x}{\sqrt{4\omega\tau_p}}\right) \right], \quad (2)$$

где $q = q_n l_n b$ — величина теплового потока; q_n — интенсивность теплового потока по передней поверхности;

$$q_n = \frac{0,14 \frac{\sqrt{a}}{\lambda} \left[\sqrt{\frac{k \cdot l_n}{V}} \cdot q_0 + (1 + C) b_k \right]}{M_k \cdot S_p \cdot \frac{l_n}{\lambda_p} + \frac{\Delta}{40\lambda} + 0,181 \frac{\sqrt{a}}{\lambda} \left[\sqrt{\frac{k \cdot l_n}{V}} \right]} \quad (3)$$

l_n, b — длина и ширина площади контакта по передней грани; λ, ω — коэффициенты теплопроводности и температуропроводности; τ_p — продолжительность рабочего хода; S_p — функция, зависящая от безразмерного времени Фурье.

Так как при $x = 0$ по формуле (2) температура стремится к бесконечности, что в действительности невозможно, то уравнение (2) записем в новой системе координат со смещением от начала, соответствующим, на величины A и B [2].

Тогда получим:

$$\theta_{p(x)} = \frac{q}{4\pi\lambda(x+B)} S_p \left[1 - \Phi\left(\frac{x+B}{\sqrt{4\omega\tau_p}}\right) \right] + A, \quad (4)$$

где B — условный нулевой слой; A — средняя установившаяся температура на глубине x (определяется экспериментально).

Температурное поле режущего клина во время холостого хода можно выразить уравнением:

$$\theta_{хол}(x) = \theta_{p(x)} + \theta_{р(х)} - \theta_{ох.л}(x), \quad (5)$$

где $\theta_{p(x)}$ — температура в процессе резания; $\theta_{р(х)}$ — охлаждение инструмента, вызванное стоком теплоты обратной интенсивности ($-q$).

$$\theta_{р(х)} = -\frac{q}{4\pi\lambda x} S_{хол} \left[1 - \Phi\left(\frac{x}{\sqrt{4\omega\tau_{хол}}}\right) \right]; \quad (6)$$

$\tau_{хол}$ — продолжительность холостого хода; $S_{хол}$ — функция, зависящая от безразмерного времени Фурье.

По данным [1] функции S_p и $S_{хол}$ можно определять следующими выражениями:

$$S_p = \sum_{k=1}^{k=i} \exp[-0,04(i-k)(1+\varepsilon)F_{ор}] - \sum_{k=1}^{k=i} \exp[-0,04[(i-k)(1+\varepsilon)+1]F_{ор}]; \quad (7)$$

$$S_{хол} = \sum_{k=1}^{k=i-1} \exp[-0,04(i-k+1)(1+\varepsilon)F_{ор}] - \sum_{k=1}^{k=i} \exp[-0,04[(i-k)(1+\varepsilon)+\varepsilon]F_{ор}]. \quad (8)$$

где i — число циклов, после которых рассчитывается температура;

$\varepsilon = \frac{\tau_{хол}}{\tau_{раб}}$ — отношение продолжительностей холостого и рабочего ходов;

$F_{ор} = \frac{100\omega\tau_p}{\lambda b}$ — безразмерное время Фурье; $\theta_{ох.л}(x)$ — уменьшение температуры за отчет конвекции и лученспускания.

Учитывая, что при резании металлов лучеиспускание от инструмента незначительно, в дальнейшем оно не учитывается.

При конвективном охлаждении теплообмен с окружающей средой происходит как по площади контакта $f_1 = l_n b$, так и по нагретой близлежащей поверхности. Следовательно, можно написать:

$$\theta_{\text{хол}}(x) = \frac{q_{1k}}{4\pi\lambda x} \left[1 - \Phi\left(\frac{x}{\sqrt{4\omega\tau_{\text{хол}}}}\right) \right] + \frac{q_{2k}}{4\pi\lambda x} \left[1 - \Phi\left(\frac{x}{\sqrt{4\omega\tau_{\text{хол}}}}\right) \right]$$

или

$$\theta_{\text{хол}}(x) = (q_{1k} + q_{2k}) \frac{1 - \Phi\left(\frac{x}{\sqrt{4\omega\tau_{\text{хол}}}}\right)}{4\pi\lambda x}, \quad (9)$$

где $q_{1k} = \alpha(\theta_{\text{тор}} - \theta_{\text{ск.л.р.}}) l_n \cdot b$ — тепловой поток от поверхности контакта

$f_1 = l_n \cdot b$; $q_{2k} = \alpha(\theta_{2\text{ср}} - \theta_{\text{ок.ср}}) \frac{\pi R^2 \psi}{360}$ — средний тепловой поток от за-

контактной поверхности $f_2 = \frac{\pi R^2 \psi}{360}$; α — коэффициент конвективного

теплообмена; $\theta_{\text{ок.ср}}$ — температура окружающей среды; $\theta_{1\text{ср}}$, $\theta_{2\text{ср}}$ — средняя, за период охлаждения, температура поверхности контакта и поверхности f_2 ; R — радиус близлежащей поверхности; ψ — угол при вершине реза в плане.

Полагая, что снижение температуры за время охлаждения имеет прямолинейный характер, на основании экспериментальных данных удалось величины $\theta_{1\text{ср}}$ и $\theta_{2\text{ср}}$ выразить через температуру резания

$$\theta_{1\text{ср}} = k_1 \cdot \theta_p, \quad (10)$$

$$\theta_{2\text{ср}} = k_2 \cdot \theta_p. \quad (11)$$

Таким образом, проведя преобразования, аналогично (4) и подставляя значения $\theta_{p(x)}$, θ_{2k} , $\theta_{\text{хол}}(x)$ в уравнение 5), окончательно получим:

$$\theta_{\text{хол}}(x) = \frac{1}{4\pi\lambda} \left\{ \frac{q \cdot S_p}{x + B} \left[1 - \Phi\left(\frac{x+B}{\sqrt{4\omega\tau_p}}\right) \right] - [qS_p + q_{1k} + q_{2k}] \cdot \frac{1 - \Phi\left(\frac{x+B_1}{\sqrt{4\omega\tau_{\text{хол}}}}\right)}{x+B_1} \right\} + A, \quad (12)$$

где B определяется из выражения (4) и условия: $\theta_{p(x)} = \theta_{p\text{-эксп}}(0)$, при $x=0$.

Далее, из выражения (12) определяется B_1 из условия: $\theta_{\text{хол}}(x) = \theta_{\text{хол.эксп}}(0)$ при $x=0$.

где $\theta_{\text{рез}}(\theta)$, $\theta_{\text{хол эксп}}(\theta)$ — температуры резания и поверхности к конку холостого хода, полученные экспериментально.

Полученная зависимость может быть использована для расчета температурного поля режущего клина при различных соотношениях длительностей рабочего и холостого ходов инструмента.

Кировокаинский филиал

ЕрПН им. К. Маркса

Поступило 10.XII.1978

И. А. ЧИЛОВ, И. О. ЧИЛОВ

ԳՈՐԾԻՔԻ ԶԻՐՄԱՍԽԱՆԻ ՀԱՇՎԱՐԿԸ ԸՆԴՀԱՆ ԿՏՐՄԱՆ ԳԵՊԲՈՒՄ

Ա. Վ Փ Ի Ն Փ Ո Ւ Վ

Տրված է ընդհանու կտրման ժամանակ կտրող սեպի ջերմաստիճանի հաշվարկման մեթոդիկան: Ընդգծվում է, որ կտրող սեպի ջերմաստիճանի փոփոխությունը կախված է մի շարք գործոններից, այդ թվում՝ կտրիչանյութի ջերմաֆիզիկական հատկություններից, հետադուրող կետի խորությունից, բանվորական և պարապ ընթացքների տեղություններից, ինչպես նաև շրջապատող միջավայրի ջերմաֆիզիկական հատկություններից: Ստացված տվյալները կարելի է ոգտագործել ջերմային լարումների հաշվարկման համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Резников А. Н. Теплофизика резания. М., «Машиностроение», 1969.
2. Кукулин П. Г. и др. Повышение прочности и износостойкости твердосплавного инструмента. М., «Машиностроение», 1968.