

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ШЛИФОВАНИИ КРУГАМИ СО СПИРАЛЬНЫМИ КАНАВКАМИ НА ПЕРИФЕРИИ

**Якимов А.А., канд. техн. наук, Новиков Ф.В., докт. техн. наук,
Дмитриева С.Ю., Кулик В.П.**

*(Одесский Национальный политехнический университет,
Харьковский государственный экономический университет)*

В работе предложен метод шлифования кругами со спиральными канавками на периферии, позволяющий управлять теплонапряженностью процесса. Дана методика расчета температур.

На торцевых поверхностях зубчатых колес часто появляются шлифовочные прижоги и трещины. Для устранения шлифовочных дефектов предлагается использовать прерывистые круги со спиральными канавками на периферии.

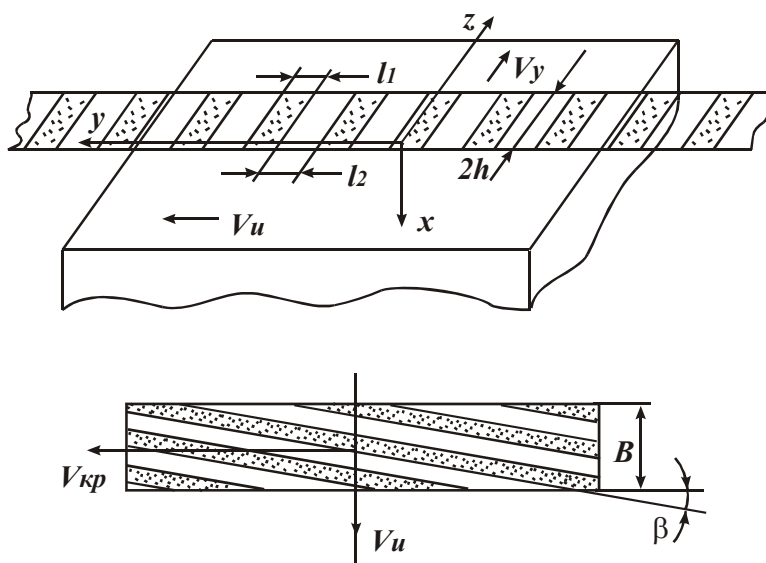


Рис.1. Расчетная схема.

В работах [1,2,3 и др.] приведена общая теория прерывистого шлифования, основной эффект которого состоит в снижении температуры резания. Однако, в указанных работах отсутствуют методики расчета температуры при шлифовании прерывистыми кругами со спиральными канавками по периферии, которые необходимы для выявления путей эффективного использования этих прогрессивных конструкций шлифовальных кругов. В связи с этим, целью настоящей статьи является теоретическое исследование температуры при шлифовании прерывистыми кругами со спиральными канавками по периферии и оценка технологических возможностей процесса в плане снижения теплонапряженности шлифования.

Для определения степени понижения температуры от прерывания процесса шлифования рассмотрим следующую тепловую схему (рис. 1).

По поверхности $X=0$ полубесконечного тела движется бесконечно-длинный тепловой источник шириной $2h$ со скоростью V_q в направлении оси Z .

Внутри этого источника двигаются со скоростью V_u микроисточники шириной l_1 . Расстояние между микроисточниками l_2 . Если считать, что за время разрыва процесса резания на поверхность действует тепловой поток отрицательной интенсивности, то уравнение для поверхностной температуры можно записать в виде

$$\theta = \theta_0 - \Delta\theta, \quad (1)$$

где θ_0 – температура шлифования при действии сплошного источника тепла. [5]

$$\theta_0 = \frac{2q_0 \sqrt{aZ}}{\lambda \sqrt{\pi V_q}}, \quad (2)$$

где Z – координата макроисточника равная расстоянию $V_q \tau$, q_0 – плотность теплового потока при шлифовании кругом со сплошной рабочей поверхностью $\text{Вт}/\text{м}^2$; a – коэффициент температуропроводности, $\text{м}^2/\text{с}$; λ – коэффициент теплопроводности $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$; V_q – скорость перемещения зоны контакта в направлении продольной подачи стола; $\Delta\theta$ – степень понижения температуры от стока тепла за время прерывания действия теплового источника. Величина понижения температуры определяется [4]

$$\Delta\theta = \frac{2(q_0 - \psi q_0) \sqrt{a}}{\lambda \sqrt{\pi V_u}} \cdot f(y'), \quad (3)$$

где ψ – коэффициент, характеризующий степень понижения интенсивности теплового потока за период прохождения впадины l_2 .

При $\psi = 1$ степень понижения температуры $\Delta\theta = 0$. Этот случай отражает процесс шлифования сплошным кругом. В зависимости от конструкции прерывистых кругов параметр ψ может изменяться от 1 до 0. Если за период разрыва процесса резания из зоны контакта будет отводиться тепло за счет охлаждающих средств, то параметр ψ может иметь отрицательное значение (рис. 2). Функция $f(y')$ характеризует суммарную протяженность промежутков между режущими выступами $\sum l_2$, которые проходят над исследуемой точкой детали за время τ . Эта функция может быть представлена в виде [5]

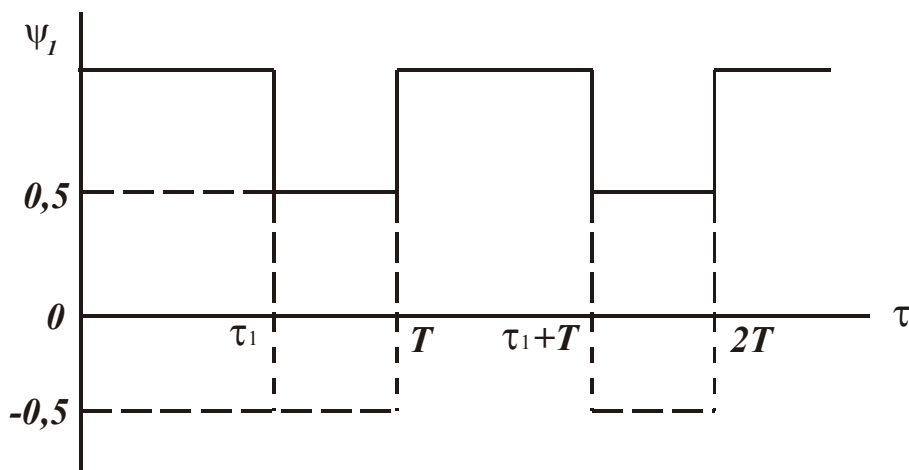


Рис. 2. Функция изменения плотности теплового потока во времени.

тяженность промежутков между режущими выступами $\sum l_2$, которые проходят над исследуемой точкой детали за время τ . Эта функция может быть представлена в виде [5]

$$f(y') = \sum_{i=0}^{n-1} (\sqrt{y' - i\Delta} - \sqrt{y' - i\Delta - l_2}), \quad (4)$$

где $\Delta = l_1 + l_2$ (l_1, l_2 – длина режущего выступа и длина впадины соответственно); i – количество тепловых импульсов, действующих на фиксированную точку поверхности детали за время τ .

Координата y' микроисточника соответствует расстоянию от фиксированной точки детали в направлении оси Y равному $V_u \tau = \frac{Z}{V_q} V_u$.

Координаты макроисточника и микроисточника связаны между собой соотношением $\frac{y'}{V_u} = \frac{Z}{V_q}$ откуда $y' = \frac{V_u}{V_q} Z$, $V_u = V_{kp} \cdot \operatorname{tg}\beta$ (β – угол наклона спиральных канавок (рис. 1))

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{(l_1 + l_2)m}{\pi D_{kp}},$$

где m – число заходов спиральных канавок, D_{kp} – диаметр круга.

Количество микроисточников, прошедших через фиксированную точку поверхности детали за время, τ равно

$$n = E \left(\frac{V_u \cdot Z}{V_q \cdot \Delta} \right), \quad (5)$$

где E – целая часть.

Суммируя все микроисточники, прошедшие над фиксированной точкой поверхности детали, выражение (3) принимает вид

$$\Delta\theta = \frac{2(q_0 - \psi q_0) \sqrt{a}}{\lambda \cdot \sqrt{\pi \cdot V_u}} \sum_{i=0}^{n-1} (\sqrt{y' - i\Delta} - \sqrt{y' - i\Delta - l_2}). \quad (6)$$

Температура шлифования достигает своего максимального значения на задней кромке теплового источника. Принимая $Z = 2h$, выражение (4) примет вид

$$f(y') = \sum_{i=0}^{n-1} \left(\sqrt{\frac{2h}{V_q} V_u - i\Delta} - \sqrt{\frac{2h}{V_q} V_u - i\Delta - l_2} \right). \quad (7)$$

Используя обозначения

$$N = E \left(\frac{V_u \cdot 2h}{V_q \cdot \Delta} \right), \quad (8)$$

где E – целая часть, получим функцию

$$f(y') = \sum_{i=0}^{N-1} \left(\sqrt{(N-i)\Delta} - \sqrt{\Delta(N-i) - \frac{l_2}{\Delta}} \right). \quad (9)$$

Выражение (9) для удобства его использования представим в виде

$$f(y') = \sqrt{N \cdot \Delta} \cdot f_N\left(\frac{l_2}{\Delta}\right). \quad (10)$$

Приравнявая выражения (9) и (10) получим

$$f_N\left(\frac{l_2}{\Delta}\right) = \frac{1}{\sqrt{N}} \cdot \sum_{i=0}^{N-1} \left(\sqrt{N-i} - \sqrt{N-i - l_2/\Delta} \right).$$

С учетом этого величина понижения температуры на задней кромке теплового источника с микропрерыванием процесса резания определится из выражения

$$\Delta\theta = \frac{2(q_0 - \psi q_0) \cdot \sqrt{2h \cdot a}}{\lambda \cdot \sqrt{\pi V_q}} \cdot f_N\left(\frac{l_2}{\Delta}\right). \quad (11)$$

Максимальное значение температуры шлифования на задней кромке теплового источника определяется из выражения

$$\begin{aligned} \theta_{max} = \theta_{0max} - \Delta\theta &= \frac{2q_0 \sqrt{2h \cdot a}}{\lambda \cdot \sqrt{\pi \cdot V_q}} - \frac{2(q_0 - \psi q_0) \sqrt{2h \cdot a}}{\lambda \cdot \sqrt{\pi \cdot V_q}} f_N\left(\frac{l_2}{\Delta}\right) = \\ &= \frac{2q_0 \sqrt{2h \cdot a}}{\lambda \cdot \sqrt{\pi \cdot V_q}} \left[1 - (1 - \psi) \cdot f_N\left(\frac{l_2}{l_2 + l_1}\right) \right]. \end{aligned} \quad (12)$$

Выражение (12) можно представить в виде

$$\theta_{max} = \frac{2q_0 \sqrt{2h \cdot a}}{\lambda \sqrt{\pi \cdot V_q}} \cdot k,$$

где k – коэффициент, определяющий понижение температуры, связанное с наличием на рабочей поверхности круга спиральных канавок (рис. 1).

$$k = 1 - (1 - \psi) \cdot f_N\left(\frac{l_2}{l_1 + l_2}\right).$$

Для оценки влияния степени понижения температуры $\Delta\theta$ произведены расчеты параметра k . Исходные данные для расчета: $t=0,05$ мм; $D_{кр}=200$ мм; $l_1=2,5$ мм; $l_2=2,5$ мм; $V_{кр}=30$ м/с; $m=4$;

$$tg\beta = \frac{(l_1 + l_2)m}{\pi \cdot D} = \frac{5 \cdot 4}{3,14 \cdot 200} = 0,03185; \quad V_u = V_{кр} \cdot tg\beta = 30 \cdot 0,03185 = 0,9554 \text{ м/с}.$$

В табл.1 представлены расчетные данные параметра k для различных значений скоростей V_q и коэффициента ψ .

Таблица 1

$V, \text{ м/мин}$	N	$f(l_2/\Delta)$	K			
			$\psi=0,5$	$\psi=0$	$\psi=0,5$	$\psi=1$
6	6	0,400	0,400	0,600	0,800	0
8	4	0,378	0,433	0,622	0,811	0
10	3	0,362	0,457	0,638	0,819	0

Из данных, приведенных в таблице, следует, что наиболее существенное влияние на температуру шлифования оказывает не число микроисточников N , а параметр Ψ .

При $\Psi=1$ степень понижения температуры равна нулю. Это условие соответствует процессу шлифования сплошным кругом.

При $\Psi=0,5$ температура в зоне контакта понижается на 19–20 %. Это условие соответствует процессу шлифования композиционным кругом, т.е. кругом, промежутки между режущими выступами которого заполнены, например, графитовыми вставками.

При $\Psi=0$ температура шлифования по сравнению со сплошным кругом снижается на 36–40%. Это условие соответствует процессу прерывистого шлифования с прорезанными на периферии круга наклонными пазами.

При отрицательном значении параметра Ψ , например, $\Psi=0,5$ температура шлифования понижается на 55–60% по сравнению со сплошным шлифованием. Это условие соответствует случаю прерывистого шлифования при наличии интенсивного охлаждения поверхности в момент прохождения над зоной контакта выреза.

Таким образом, на основе проведенных исследований доказана эффективность применения прерывистых кругов со спиральными канавками по периферии, позволяющих снизить температуру резания. В дальнейших исследованиях необходимо получить теоретические решения по определению максимально возможной производительности обработки с учетом ограничений по температуре резания и решить задачу выбора оптимальных режимов резания и характеристик круга.

Список литературы

1. Якимов А.В. Оптимизация процесса шлифования. – М.: Машиностроение, 1975. – 175 с.
2. Якимов А.В. Прерывистое шлифование. – К.: Вища школа, 1986. – 175 с.
3. Теплофизика механической обработки: Учеб. пособие/ А.В. Якимов, П.Т. Слободяник, А.В. Усов. – К.: Одесса: Лыбидь, 1991. – 240 с.
4. Силин С.С. Расчет температурных полей при действии движущихся источников тепла (Инженерно-физический журнал – 1963. – т. № 12. с.763-766).
5. Свирцев В.И. Аналитическое описание теплонапряженности процесса шлифования инструментом с регулярно – сформированным макрорельефом. Совершенствование процессов абразивно-алмазной и упрочняющей обработки в машиностроении. Пермский политехнический институт, г. Пермь, –1992. с.29-42.

Анотація

Дослідження температури при шліфуванні колами зі спіральними канавками на периферії

У роботі запропонований метод шліфування колами зі спіральними канавками на периферії, що дозволяє керувати теплонапруженістю процесу. Дано методику розрахунку температур.

Abstract

Research of temperature at grinding circles with helical flutes on peripheral

In activity the method of grinding circles with helical flutes on peripherals permitting to operate by calorific intensity of process is offered. Dan a technique of calculation of temperatures.