

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УМЕНЬШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ГЛУБИННОМ ШЛИФОВАНИИ

Проблема снижения температуры при шлифовании и повышения качества обработки в научно-технической литературе изучены достаточно полно. Вместе с тем, существуют неиспользованные резервы в этом направлении, связанные с приме-

136

нением глубинного шлифования. Поэтому для их оценки разработана новая математическая модель определения температуры при плоском глубинном шлифовании [1]. В расчетной схеме параметров шлифования (рис. 1) снимаемый припуск представлен пакетом бесконечно тонких адиабатических стержней, которые поочередно перерезаются шлифовальным кругом со скоростью $V_{рез}$. Температура θ , возникающая в момент перерезания адиабатического стержня, определяется зависимостью:

$$\theta = \sigma \cdot V_{рез} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \lambda}{c \cdot \rho} \cdot \tau} = \sigma \cdot V_{рез} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \lambda}{c \cdot \rho} \cdot Q_{уд} \cdot \sqrt{\frac{t}{D_{кр}}}} \quad (1)$$

где σ – условное напряжение резания, Н/м²; c – удельная теплоемкость обрабатываемого материала, Дж/(кг·К); ρ – плотность обрабатываемого материала, кг/м³; λ – коэффициент теплопроводности обрабатываемого материала, Вт/м·К; $\tau = t/V_{рез}$ – время

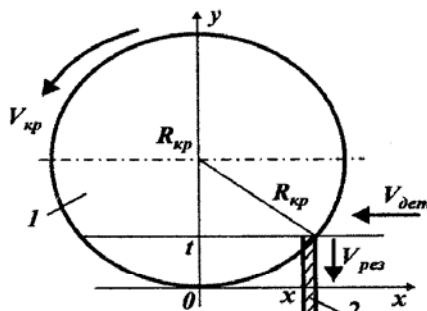


Рисунок 1 – Расчетная схема параметров плоского шлифования:
1 – круг; 2 – адиабатический стержень

контакта стержня с кругом, с; $V_{рез} = V_{дет} \cdot \sqrt{t/D_{кр}}$; t – глубина шлифования, м; $V_{дет}$ – скорость детали, м/с; $D_{кр}$ – диаметр круга, м; $Q_{уд} = t \cdot V_{дет}$ – удельная производительность обработки, м²/с.

Как видно, при заданном значении $Q_{уд}$ уменьшить температуру θ можно уменьшением параметров σ и t , т.е. применением многопроходного шлифования. Данная закономерность

справедлива при постоянной во времени скорости перерезания адиабатического стержня $V_{рез}$. В действительности, в связи с криволинейностью контакта круга с обрабатываемой деталью скорость $V_{рез}$ переменна во времени, рис. 2. Это вытекает из аналитической зависимости:

$$V_{рез} = \frac{V_{дет}^2 \cdot (\tau_* - \tau)}{R_{кр}} \quad (2)$$

где $\tau_* = \frac{x}{V_{дет}} = \frac{\sqrt{2 \cdot R_{кр} \cdot t}}{V_{дет}}$ – время контакта круга с адиабатическим стержнем, с.

Подставляя зависимость (2) в зависимость (1), имеем

$$\theta = \frac{\sigma}{\lambda} \cdot \frac{V_{дет}^2 \cdot (\tau_* - \tau)}{R_{кр}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \lambda}{c \cdot \rho}} \cdot \tau = \theta_* \cdot \left(1 - \frac{\tau}{\tau_*}\right) \cdot \sqrt{\frac{\tau}{\tau_*}}, \quad (3)$$

где

$$\theta_* = \frac{\sigma}{\lambda} \cdot \frac{V_{дет}^2 \cdot \tau_*}{R_{кр}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \lambda}{c \cdot \rho}} \cdot \tau_* \quad (4)$$

В зависимости (3) текущее время τ неоднозначно влияет на температуру θ . Поэтому, подчиняя зависимость (3) необходимому и достаточному условиям экстремума, установлено, что при $\tau = \tau_*/3$ имеет место максимум функции θ/θ_* , рис. 3. Следовательно, наибольшая температура достигается фактически в начальный

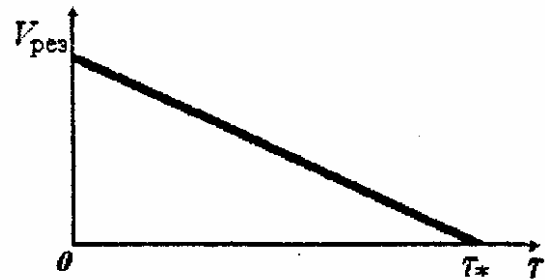


Рисунок 2 – Зависимость скорости $V_{рез}$ от текущего времени τ контакта круга с адиабатическим стержнем

момент перерезания адиабатического стержня (при $\tau = \tau_*/3$). На конечном этапе перерезания адиабатического стержня температура не большая. Собственно этим можно объяснить эффективность применения глубинного шлифования, обеспечивающего наряду с высокой производительностью обработки относительно низкую температуру и высокое качество обрабатываемых поверхностей. Для более полного анализа закономерностей формирования температуры при глубинном шлифовании рассмотрим зависимость (4). Она определяет максимальную температуру шлифования θ_* . Принимая в данной зависимости скорость $V_{рез}$ постоянной величиной, имеем:

$$\frac{\theta_1}{\theta_*} = \sqrt{\frac{\tau}{\tau_*}} \quad (5)$$

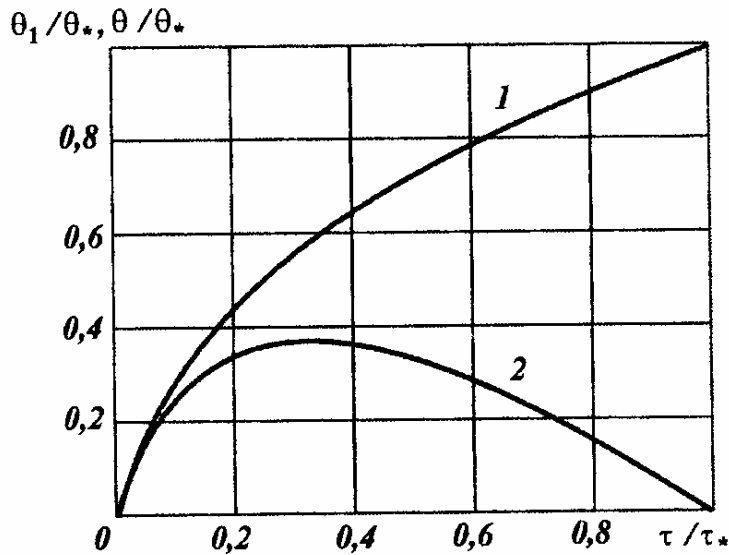


Рисунок 3 – Зависимости θ_1/θ_* (1) и θ/θ_* (2) от τ/τ_* .

Для сравнения на рис. 3 приведены графики функций θ_1/θ_* и θ/θ_* . Как видно, при шлифовании с постоянной во времени скоростью $V_{рез}$ температура шлифования θ_1/θ_* увеличивается с течением времени обработки, а при шлифовании с переменной скоростью $V_{рез}$ — изменяется по экстремальной зависимости (функция θ/θ_*), проходя точку максимума. Следовательно, благодаря реализации уменьшающейся во времени скорости $V_{рез}$ температура шлифования θ/θ_* меньше температуры θ_1/θ_* приблизительно в 3 раза. Причем, максимум температуры шлифования θ/θ_* достигается в начальный момент шлифования, тогда как наибольшая температура θ_1/θ_* достигается на конечном этапе шлифования. Поэтому при шлифовании с уменьшающейся во времени скоростью $V_{рез}$ нагреву подвергается главным образом снимаемый припуск, поверхностный слой обрабатываемой детали нагревается в меньшей мере, тогда как при шлифовании с постоянной во времени скоростью $V_{рез}$ нагревается в основном поверхностный слой обрабатываемой детали. Очевидно, в первом случае основная часть тепла уносится образующимися стружками, в обрабатываемую де-

таль уходит меньше тепла, что снижает температуру и вероятность появления на обрабатываемых поверхностях различного рода температурных дефектов. Результаты исследований использованы для совершенствования операций глубинного шлифования елочных замков турбинных лопаток.

Литература

1. Новиков Ф.В. Математическая модель определения температуры при шлифовании на основе учета баланса тепла, уходящего в образующиеся стружки и обрабатываемую деталь // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – 2007. – Вип. 61. – С. 23–33.