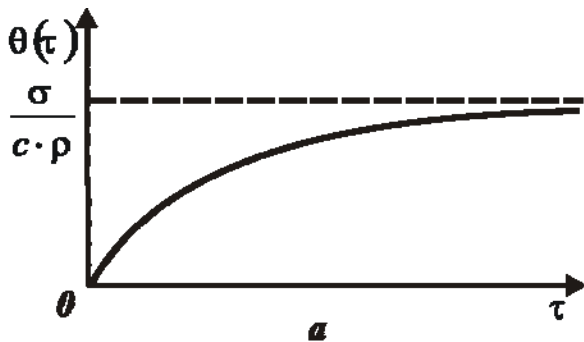


УСЛОВИЯ УМЕНЬШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ШЛИФОВАНИЯ

Основным недостатком процесса шлифования является высокий уровень возникающей температуры резания, что приводит к появлению на обрабатываемой поверхности температурных дефектов и снижению качества обработки. Этим объясняются многочисленные публикации в научно-технической литературе, посвященные исследованию температуры шлифования и определению путей ее уменьшения. В наших работах [1,2] предложен принципиально новый подход к расчету температуры шлифования $\theta(\tau)$, основанный на решении уравнения баланса тепла, уходящего в образующиеся стружки и обрабатываемый материал при шлифовании прямолинейного образца, движущегося по нормали к рабочей поверхности круга с постоянной скоростью $V_{рез}$:

$$c \cdot \rho \cdot S \cdot V_{рез} \cdot \int_0^{\tau} \theta(\tau) \cdot d\tau + \frac{c \cdot \rho \cdot \lambda \cdot S^2}{2 \cdot N} \cdot [\theta(\tau)]^2 = N \cdot \tau, \quad (1)$$

где τ – время обработки, с; $N = q \cdot S$ – мощность теплового источника, Вт; S – площадь поперечного сечения образца, м²; $q = \sigma \cdot V_{рез}$ – плотность теплового



потока, Вт/м²; σ – энергоемкость обработки, Дж/м³; $V_{рез}$ – скорость перемещения образца, м/с; c – удельная теплоемкость материала, Дж/(кг·К); λ – коэффициент теплопроводности материала, Вт/м·К; ρ – плотность материала, кг/м³.

Решение уравнения (1):

$$\theta(\tau) = \frac{\sigma}{c \cdot \rho} \cdot z, \quad (2)$$

где z – относительная величина температуры (0...1), определяется из уравнения

$\frac{c \cdot \rho}{\lambda} \cdot l_1 \cdot V_{рез} = -\ln(1-z) - z$; $l_1 = V_{рез} \cdot \tau$ – толщина слоя снятого материала, м.

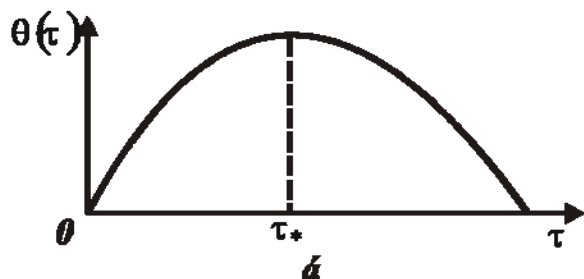


Рис. 1. Изменение во времени температуры шлифования $\theta(\tau)$.

Как следует из рис. 1,а (полученного на основе зависимости (2)), с увеличением времени обработки τ температура

шлифования $\theta(\tau)$ непрерывно увеличивается, асимптотически приближаясь к значению $\sigma / c \cdot \rho$. Расчетами установлено, что при шлифовании реализуется условие $z < 0,5$, а при резании лезвийными инструментами – $z \rightarrow 1$. Установлено

также, что энергоемкость обработки σ при шлифовании значительно больше, чем при лезвийной обработке, что предопределяет более высокую температуру при шлифовании. Основным путем уменьшения температуры, исходя из зависимости (2), является уменьшение величины z за счет снижения режимов резания и производительности обработки. Однако это не всегда эффективно. Поэтому важно изыскать условия шлифования, обеспечивающие уменьшение температуры без уменьшения производительности обработки. Для этого рассмотрим процесс шлифования прямолинейного образца, движущегося по нормали к кругу с переменной скоростью $V_{рез}(\tau) = V_{рез0} - \alpha \cdot \tau$, где $V_{рез0}$ – начальная скорость перемещения образца, м/с; α – постоянная величина, м/с². Тогда уравнение (1) примет вид

$$\int_0^{\tau} V_{рез}(\tau) \cdot [\sigma - c \cdot \rho \cdot \theta(\tau)] \cdot d\tau = \frac{c \cdot \rho \cdot \lambda \cdot S}{2 \cdot N(\tau)} \cdot [\theta(\tau)]^2, \quad (3)$$

где $N(\tau) = S \cdot \sigma \cdot V_{рез}(\tau)$ – мощность теплового источника, Вт.

С учетом того, что при шлифовании $z \ll 1$ и, исходя из зависимости (2), $\sigma > c \cdot \rho \cdot \theta(\tau)$, вторым слагаемым в подинтегральном выражении уравнения (3) можно пренебречь. Это существенно упрощает решение уравнения (3). В результате получена зависимость для определения температуры шлифования:

$$\theta(\tau) = \sigma \cdot V_{рез0} \cdot \sqrt{\frac{2}{c \cdot \rho \cdot \lambda} \cdot \left(1 - \frac{\alpha \cdot \tau}{2 \cdot V_{рез0}}\right) \cdot \left(1 - \alpha \cdot \frac{\tau}{V_{рез0}}\right) \cdot \tau}. \quad (4)$$

Очевидно, имеет место экстремум (максимум) функции $\theta(\tau)$ от времени обработки τ , который, как установлено расчетами, достигается при условии $V_{рез}(\tau)/V_{рез0} = 0,577$, рис. 1,б. При этом максимальная температура шлифования

$$\theta_{max} = 0,675 \cdot \sigma \cdot V_{рез0} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \tau_*}{c \cdot \rho \cdot \lambda}}, \quad (5)$$

где $\tau_* = 0,422 \cdot V_{рез0} / \alpha$ – экстремальное значение времени обработки τ .

При условии $\alpha = 0$, соответствующем шлифованию с постоянной скоростью $V_{рез}(\tau) = V_{рез0}$, зависимость (4) примет вид

$$\theta = \sigma \cdot V_{рез0} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \tau}{c \cdot \rho \cdot \lambda}}. \quad (6)$$

Сравнивая зависимости (5) и (6), видно, что при шлифовании с переменной (уменьшающейся во времени) скоростью $V_{рез}(\tau)$ максимальная температура шлифования θ_{max} меньше, чем при шлифовании с постоянной скоростью.

Из рис. 1,б следует, что с точки зрения уменьшения температуры шлифования необходимо реализовать следующие условия: $\tau < \tau_*$ и $\tau > \tau_*$. Первый случай предполагает осуществление съема припуска частями, а второй случай – непрерывно с уменьшающейся во времени скоростью перемещения образца вплоть до нуля. В данном случае максимум температуры шлифования достигается не в конце, а в середине шлифования. Это указывает на то, что основная часть тепла уходит в обрабатываемую деталь, а в обрабатываемую деталь уходит весьма малая

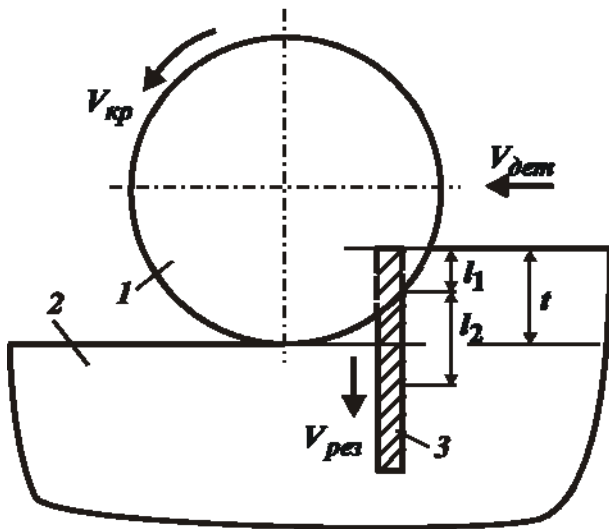


Рис. 2. Расчетная схема плоского шлифования: 1 – круг; 2 – деталь; 3 – адиабатический стержень (t – глубина шлифования; $V_{дет}$, $V_{кр}$ – скорости детали и круга; l_2 – глубина распространения тепла в поверхностный слой обрабатываемого материала).

процессе шлифования с уменьшающейся во времени скоростью $V_{рез}(\tau)$. Следовательно, максимальная температура шлифования достигается не на уровне обработанной поверхности, а выше – в слое снимаемого припуска. Это указывает на то, что фактически все тепло уходит в стружки, а в обрабатываемую деталь уходит небольшая часть тепла. В результате температура поверхностного слоя детали при глубинном шлифовании небольшая, что способствует повышению качества обработки. Собственно этим можно объяснить то, что в экономически развитых странах метод глубинного шлифования в металлообработке получил большое применение. Установлено, что данный метод обеспечивает съём больших припусков, позволяет совместить черновую и чистовую обработку в одну операцию, исключая процессы резания лезвийными инструментами, и таким образом существенно повышая производительность и качество обработки.

Литература

1. Новиков Ф.В. Повышение эффективности технологии финишной обработки деталей пар трения поршневых насосов / Ф.В.Новиков, С.М. Яценко // Физические и компьютерные технологии. – Труды 13-й Международной научно-технической конференции. – Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2007. – С. 8-20.
2. Новиков Ф.В. Математическая модель определения температуры при глубинном шлифовании / Ф.В. Новиков, О.С. Кленов // Резание и инструмент в технологических системах: Междунар. науч.-техн. сб. – Харьков: НТУ “ХПИ”. – 2009. – Вып. 76. – С. 133-141.

часть тепла. В результате резко снижается температура и фактически исключается возможность образования на обрабатываемой поверхности температурных дефектов.

Реализовать на практике первое условие ($\tau < \tau_*$) можно при круглом наружном (внутреннем) или плоском многопроходном шлифовании – с относительно небольшой глубиной шлифования и достаточно большой скоростью детали. Реализовать второе условие ($\tau > \tau_*$) можно, во-первых, при шлифовании по схеме выхаживания, а во-вторых, при глубинном шлифовании (рис. 2), рассматривая снимаемый припуск в виде пакета бесконечно тонких адиабатических стержней, которые (как установлено расчетами) перерезаются в