

Новиков Ф.В. Харьковский национальный  
экономический университет, Харьков  
Гершиков И.В. ЗАО “Азовский машино-  
строительный завод”, Бердянск, Украина

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Качество обработки при шлифовании обусловлено главным образом температурным фактором. Поэтому уменьшение температуры шлифования является основным условием бездефектной высококачественной обработки. В общем случае температура шлифования аналитически описывается зависимостью

$$\theta = \sigma \cdot V_{рез} \cdot \sqrt{\frac{2}{c \cdot \rho \cdot \lambda} \cdot \tau}, \quad (1)$$

где  $\sigma$  – условное напряжение резания, Н/м<sup>2</sup>;  $V_{рез}$  – скорость перерезания шлифовальным кругом адиабатического стержня, набором которых представлен снимаемый припуск, м/с;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности обрабатываемого материала, Вт/(м·град);  $c$  – удельная теплоемкость обрабатываемого материала, Дж/(кг·град);  $\rho$  – плотность материала, кг/м<sup>3</sup>;  $\tau$  – время контакта шлифовального круга с адиабатическим стержнем, с.

Уменьшить температуру шлифования  $\theta$  можно уменьшением  $\sigma$  и  $\tau$ , т.к. уменьшение  $V_{рез}$  приводит к снижению производительности обработки, что неэффективно. С учетом выражений  $V_{рез} = t/\tau$  и  $\tau = l/V_{дет}$  зависимость (1) преобразуется:

$$\theta = \sigma \cdot t \cdot \sqrt{\frac{2}{c \cdot \rho \cdot \lambda} \cdot \frac{V_{дет}}{l}}, \quad (2)$$

где  $t$  – глубина шлифования, м;  $l$  – длина контакта шлифовального круга с адиабатическим стержнем, м;  $V_{дет}$  – скорость детали, м/с.

При плоском шлифовании периферией круга  $l = \sqrt{2 \cdot t \cdot R_{кр}}$ , а при плоском шлифовании торцом круга  $l = B$  (где  $R_{кр}$  – радиус круга, м;  $B$  – ширина рабочей части торцового круга, м). Очевидно, во втором случае (т.е. при плоском шлифовании торцом круга) величина  $l$  больше, поэтому будет меньше температура шлифования  $\theta$ , определяемая зависимостью (2). Например, для исходных данных:  $t = 0,01$  мм;  $R_{кр} = 300$  мм, имеем  $l = 2,45$  мм. Ширина рабочей части торцового круга изменяется в пределах  $B = 10 - 40$  мм. Поэтому, применяя шлифование торцом круга появляется возможность существенного уменьшения температуры шлифования  $\theta$ . Этим можно объяснить то, что заточка режущего инструмента осуществляется в основном торцом абразивного или алмазного круга. Это исключает образование на обрабатываемых поверхностях температурных дефектов и обеспечивает высококачественную обработку.

Как показывает практика, увеличить величину  $l$  при шлифовании периферией круга можно увеличением радиуса круга  $R_{кр}$ . Однако габариты шлифовального круга ограничены и поэтому на практике этот вопрос решается путем создания на круге конусной части с углом при вершине  $2\alpha$ . В этом случае приведенный (условный) радиус круга  $R$  в плоскости, проведенной перпендикулярно плоскости шлифования, будет отличаться от радиуса круга  $R_{кр}$  в плоскости, проведенной под углом  $\alpha$  к плоскости шлифования, и определяться зависимостью

$$R = R_{кр} \cdot \frac{1}{\sin \alpha} . \quad (3)$$

Как видно, приведенный (условный) радиус круга  $R$  всегда больше радиуса круга  $R_{кр}$ . При условии  $\alpha \rightarrow 0$ , имеем  $R \rightarrow \infty$ . Таким образом, аналитически доказано, что создание на периферии круга конуса с углом при вершине  $2\alpha$  приводит к увеличению  $R$  и соответственно величины  $l$ , что создает объективные предпосылки уменьшения температуры шлифования  $\theta$ . В этом случае температура шлифования  $\theta$  может быть меньше температуры при шлифовании торцом круга, т.к.  $l > B$ . Следовательно, шлифование конусным кругом является важным фактором снижения температуры шлифования  $\theta$ . Полученное теоретическое решение согласуется с известными экспериментальными данными, например, установленными при зубошлифовании конусным кругом. Так, установлено, что на обрабатываемых поверхностях отсутствуют прижоги и микротрещины. Необходимо отметить, что эффект от применения конусного круга имеет место в основном при плоском шлифовании по жесткой схеме.

Шлифование по упругой схеме предполагает непрерывный контакт круга с обрабатываемой деталью (адиабатическим стержнем) и соответственно неограниченное увеличение времени обработки  $\tau$  (при заданной скорости  $V_{рез}$ ), что ведет к увеличению температуры шлифования  $\theta$ . Поэтому в данном случае требуется достаточно интенсивное охлаждение обрабатываемой детали в процессе шлифования, чтобы поддерживать на заданном уровне температуру, определяемую зависимостью

$$\theta = p \cdot V_{кр} \cdot K_{ш} \cdot \sqrt{\frac{2}{c \cdot \rho \cdot \lambda} \cdot \tau} , \quad (4)$$

где  $p$  – нормальное давление в зоне резания, Н/м<sup>2</sup>;  $V_{кр}$  – скорость круга, м/с;  $K_{ш} = P_z / P_y$  – коэффициент шлифования;  $P_z, P_y$  – тангенциальная и радиальная составляющие силы резания, Н.

Как видно, температура  $\theta$  тем меньше, чем меньше параметры  $p$ ,  $V_{кр}$  и  $\tau$ . Увеличение температуры  $\theta$  с увеличением  $K_{ш}$  связано с увеличением скорости  $V_{рез}$  и соответственно производительности обработки  $Q$ . Таким образом, теоретически с единых позиций обоснованы основные условия уменьшения температуры при шлифовании по жесткой и упругой схемам, обеспечивающие высокое качество обрабатываемых поверхностей.