

Новиков Ф.В., ХНЭУ, Харьков

Гершиков И.В., ЗАО “Азовский машиностроительный завод”, Бердянск

Нежебовский В.В., ПАО ХМЗ “Свет шахтера”, Харьков, Украина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ПО ТЕМПЕРАТУРНОМУ КРИТЕРИЮ

В настоящее время отсутствуют простые и надежные инженерные методики расчета температуры резания, позволяющие с единых позиций обоснованно подойти к выбору наиболее рациональных методов и условий механической обработки по температурному критерию. В связи с этим, представляется важным решение задачи по разработке общего теоретического подхода к определению теплового баланса и температуры при механической обработке, включая методы абразивной и лезвийной обработки.

Расчетами установлено, что при шлифовании до 90% выделяющегося тепла уходит в обрабатываемую деталь, а остальное тепло фактически уходит в образующиеся стружки. При точении, наоборот, до 90% выделяющегося при резании тепла уходит в образующуюся стружку. Исходя из этого, получены принципиально различные аналитические зависимости для определения температуры резания при плоском шлифовании периферией круга:

$$\theta = \frac{\sigma}{c \cdot \rho} \cdot \sqrt{\frac{t \cdot V_{дем}}{a}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot t}{R_{кр}}}, \quad (1)$$

и при обработке лезвийным инструментом:

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

где σ – условное напряжение резания (энергоёмкость обработки), Н/м²; c – удельная теплоёмкость обрабатываемого материала, Дж/(кг·К); ρ – плотность обрабатываемого материала, кг/м³; λ – коэффициент теплопроводности обрабатываемого материала, Вт/(м·К); $a = \lambda / (c \cdot \rho)$ – коэффициент температуропроводности обрабатываемого материала, м²/с; t – глубина шлифования, м; $V_{дем}$ – скорость перемещения детали, м/с; $R_{кр}$ – радиус круга, м.

Расчетами установлено, что множитель $\sqrt{\frac{t \cdot V_{дем}}{a}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot t}{R_{кр}}}$, входящий в зависимость (1), всегда меньше единицы и принимает значения 0,05...0,2. Следовательно, температура резания лезвийным инструментом должна быть больше примерно на порядок температуры при шлифовании вследствие того, что при шлифовании фактически все тепло по причине теплопроводности уходит в обрабатываемую деталь. Однако, в действительности такого не происходит. Как показывает практика, температура при шлифовании всегда больше температуры резания лез-

вийным инструментом. Объяснить данную закономерность можно на основе полученной зависимости для определения энергоемкости обработки

$$\sigma = 2 \cdot \sigma_{сж} \cdot \operatorname{tg}(\psi - \gamma), \quad (3)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности на сжатие обрабатываемого материала, Н/м²; ψ – условный угол трения на передней поверхности резца ($\operatorname{tg} \psi = f$ – коэффициент трения); γ – положительный передний угол резца.

Применительно к процессу резания лезвийным инструментом данная зависимость содержит тригонометрическую функцию $\operatorname{tg}(\psi - \gamma)$, а применительно к шлифованию – $\operatorname{tg}(\psi + \gamma)$. Следовательно, при резании лезвийным инструментом энергоемкость обработки σ принимает весьма малые значения, т.к. $\gamma \rightarrow \psi$ и $(\psi - \gamma) \rightarrow 0$, а при шлифовании, наоборот, весьма большие значения, т.к. $(\psi + \gamma) \rightarrow 90^0$ и $\operatorname{tg} 90^0 \rightarrow \infty$. Из этого вытекает, что температура при шлифовании, рассчитанная по зависимости (1), всегда будет больше температуры резания лезвийным инструментом, рассчитанной по зависимости (2). Этому также способствует интенсивное трение связки круга с обрабатываемым материалом. Поэтому доля трения в общей энергоемкости процесса шлифования во много раз может превышать долю процесса резания, в результате образуются значительные температуры при шлифовании, превышающие предельные значения и вызывающие появление на обрабатываемых поверхностях прижогов и других температурных дефектов. Основным путем уменьшения температуры в данном случае является обеспечение высокой режущей способности круга, существенно снижающей интенсивность трения связки круга с обрабатываемым материалом и соответственно энергоемкость обработки σ . Примером тому является разработанная нами эффективная технология зубошлифования по схеме профильного копирования на современном зубошлифовальном станке мод. HOFLEER RAPID 1250 с применением специального высокопористого профильного абразивного круга, обладающего высокой режущей способностью в условиях производительного глубинного шлифования. Съем припуска величиной 0,4 мм на сторону производится за 4 прохода круга со скоростью его перемещения вдоль обрабатываемого зуба, равной 3 м/мин, и скоростью вращения круга 40 м/с. По сравнению с традиционной схемой зубошлифования по методу обката это позволило до 5 раз увеличить производительность обработки. В результате годовая программа обработки зубчатых колес выполняется на одном зубошлифовальном станке мод. HOFLEER RAPID 1250, что позволило высвободить 4 зубошлифовальных станка, работающих по схеме обката. При этом на обрабатываемых поверхностях отсутствуют прижоги и другие температурные дефекты, что свидетельствует об относительно низкой температуре шлифования и высокой режущей способности круга в условиях глубинного шлифования. Повышению производительности обработки способствовало также значительное снижение вспомогательного времени обработки в связи с уменьшением количества проходов круга, что чрезвычайно важно для операции зубошлифования, которая характеризуется высокой трудоемкостью. Разработанная технология зубошлифования внедрена в основное производство ПАО ХМЗ “Свет шахтера” (г. Харьков) для обработки зубчатых колес приводов редукторов шахтных конвейеров.