

УДК 621.923

В. И. Свирщёв, доктор технических наук, профессор, Пермский государственный технический университет
И. В. Подборнов, аспирант, Пермский государственный технический университет
Л. Х. Зубаирова, Пермский государственный технический университет

ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ПРИ ПЛОСКОМ ТОРЦОВОМ ПЛАНЕТАРНОМ ШЛИФОВАНИИ

Получено аналитическое выражение для расчета коэффициента тепловода в деталь при плоском торцовом планетарном шлифовании. Выполненный расчет коэффициента тепловода для конкретных параметров режима шлифования показал существенное его снижение при планетарном шлифовании по сравнению с обычным торцовым шлифованием.

Ключевые слова: планетарное шлифование, параметры режима шлифования, коэффициент тепловода.

Распределение тепла, образующегося в зоне резания при шлифовании, между компонентами технологической системы оказывает существенное влияние на формирование геометрических и физико-механических показателей качества шлифуемых поверхностей. Традиционные методы шлифования плоских поверхностей при варьировании сочетания управляемых параметров режима шлифования, обеспечивающих одинаковую производительность обработки, не дают существенного снижения тепловода в деталь вследствие небольших скоростей удаления шлифуемого материала [1]. Решение этой проблемы может быть обеспечено применением малоизученного теоретически и экспериментально процесса плоского торцового планетарного шлифования [2].

Рассмотрим тепловой баланс процесса плоского торцового планетарного шлифования. Общее количество тепла Q , образующегося в зоне резания при шлифовании, распределяется между контактирующими телами:

$$Q = Q_d + Q_k + Q_c + Q_j,$$

где Q_d , Q_k , Q_c , Q_j – доли тепла, идущие, соответственно, в деталь, круг, стружку, охлаждающую жидкость.

Большинство процессов планетарного шлифования выполняется без охлаждения, всухую, и поэтому доля тепла Q_j из формулы исключается. Расчетами, выполненными в [3] установлено, что доля тепла Q_k при шлифовании абразивными инструментами составляет не более 1 % и ею можно пренебречь. Таким образом, тепло, выделяемое при шлифовании, распространяется в основном между деталью и стружкой.

Сипайловым В. А. для условия безразмерной полширины источника тепла $H = V_d h / (2a) > 10$ предложена формула безразмерного коэффициента β , который показывает, какая доля тепла Q_d от общего пойдет в деталь [3]:

$$\beta = \frac{1}{1 + \frac{2cta}{\pi \lambda V_d S} 2\sqrt{\pi H}}, \quad (1)$$

где c – удельная теплоемкость шлифуемого материала; m – масса металла, удаляемого с поверхности в единицу времени, $m = \nu V_d t l$; ν – плотность шлифуемого металла; V_d – скорость продольной подачи; t – глубина резания; l – длина зоны контакта; a – коэффициент температуропроводности шлифуемого металла, $a = \lambda / (c\nu)$; λ – коэффициент теплопроводности; S – площадь зоны контакта, $S = 2hl$; h – полширина полосового источника тепла.

После преобразования (1) для обычного плоского торцового шлифования формула примет вид

$$\beta = 1 / \left(1 + t \sqrt{\frac{2V_d}{\pi a h}} \right). \quad (2)$$

Необходимо отметить, что в формуле массы металла, удаляемого с поверхности в единицу времени, скорость V_d при обычном и планетарном торцовом шлифовании имеет разные значения. При обычном торцовом шлифовании скорость V_d – это скорость продольной подачи детали, а при планетарном шлифовании – это результирующая скорость V_d' продольной подачи детали и движения круга планетарной головки относительно детали, определяемая по формуле (см. рисунок) [4]

$$V_d' = \sqrt{V_d^2 + (a + b + a_1)^2 \omega_b^2 - 2V_d (a + b + a_1) \omega_b \cos\left(\frac{\pi}{2} \pm \varphi\right)}, \quad (3)$$

где a , b – радиусы делительной окружности, соответственно, сателлита и неподвижного зубчатого колеса планетарной головки; a_1 – радиус шлифовального круга; ω_b – угловая частота вращения водила планетарной головки; φ – угол, определяющий положение центра сателлита относительно оси X ; \pm – соответствует положению круга ниже и выше оси X .

Следовательно, для плоского торцового планетарного шлифования выражение для коэффициента β после подстановки в формулу (1) H и m будет иметь вид

$$\beta = \frac{1}{1 + \frac{2c\nu V'_d t l a}{\pi \lambda V'_d S} 2\sqrt{\pi \frac{V_d h}{2a}}} = \frac{1}{1 + V'_d t \sqrt{\frac{2}{\pi a h V_d}}} \quad (4)$$

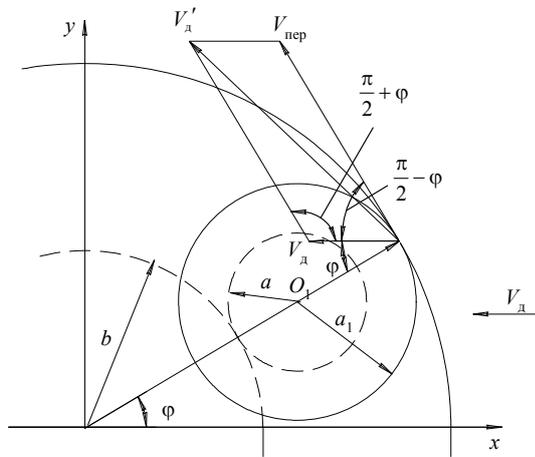


Схема для определения скорости V'_d

При одинаковых глубине шлифования t и продольной подаче детали V_d и, следовательно, одинаковой производительности обработки, равные объемы металла снимаются при обычном шлифовании непрерывно одним чашечным кругом диаметром 0,15 м, а при планетарном шлифовании – четырьмя чашечными кругами диаметром 0,05 м планетарной головки, поочередно вступающими в контакт с деталью. То есть один круг планетарной головки сошлифовывает четвертую часть общего объема металла.

Рассмотрим пример расчета коэффициента β при следующих условиях плоского планетарного шлифования: материал детали – сталь P18; круги – тип 6 50×25×13 24A25CM27K5; $t = 2 \cdot 10^{-5}$ м; $a = 5,7 \cdot 10^{-6}$ м²/с; $V_d = 0,05$ м/с; $a = 1,3125 \cdot 10^{-2}$ м; $b = 3,875 \cdot 10^{-2}$ м; $\omega_b = 150,72$ 1/с; $\varphi = 10^\circ$; $V'_d = 11,59$ м/с; $h = 0,002021$ м. Подставив в (4), получим:

$$\beta = \frac{1}{1 + 11,59 \cdot 2 \cdot 10^{-5} \sqrt{\frac{2}{3,14 \cdot 5,7 \cdot 10^{-6} \cdot 0,002021 \cdot 0,05}}} = 0,11.$$

При заданных условиях планетарного шлифования в деталь уходит 11 % тепла, выделившегося в зоне шлифования. Доля тепла, поступившего в стружку, составляет около 89 %.

Для обычного торцового шлифования при тех же значениях глубины шлифования, скорости продольной подачи и ширине торцовой части круга по (2) получим:

$$\beta = \frac{1}{1 + 2 \cdot 10^{-5} \sqrt{\frac{2 \cdot 0,05}{3,14 \cdot 5,7 \cdot 10^{-6} \cdot 0,0025}}} = 0,97.$$

Доля тепла, поступающая в деталь при обычном плоском торцовом шлифовании, при заданных условиях составляет 97 %, в стружку – 3 %.

Таким образом, использование кинематических особенностей плоского торцового планетарного шлифования при заданных условиях позволяет уменьшить долю тепла, отводимую в деталь, с 97 до 11 %.

Анализ формулы (4) показывает, что при заданном значении результирующей скорости V'_d , характеризующего параметрами планетарной головки, на величину коэффициента β влияют глубина шлифования t и скорость продольной подачи V_d . Увеличение глубины шлифования уменьшает долю тепла, идущую в деталь, и увеличивает теплоотвод через стружку. Увеличение скорости продольной подачи оказывает противоположное действие.

Список литературы

1. Ермаков Ю. М., Степанов Ю. С. Современные тенденции развития абразивной обработки. – М., 1991. (Машиностр. пр-во. Сер. «Технология и оборудование обработки материалов резанием»: Обзор. Информ. // ВНИИТЭМР. Вып. 3).
2. Степанов Ю. Н. Повышение эффективности торцового шлифования инструментальных материалов // СТИН. – 1998. – № 1. – С. 27–30.
3. Сипайлов В. А. Тепловые процессы при шлифовании и управление качеством поверхности. – М.: Машиностроение, 1978. – 167 с.
4. Подборнов И. В., Свирицев В. И. Аналитическое описание теплонапряженности процесса плоского торцового планетарного шлифования // Тр. 15-й Междунар. науч.-технич. конф. «Физические и компьютерные технологии». – Харьков, 2009. – С. 309–311.

V. I. Swirshchev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Perm State Technical University

I. V. Podbornov, Postgraduate Student, Perm State Technical University

L. Kh. Zubairova, Associate Professor, Perm State Technical University

Thermal Balance of the Flat Face Planetary Grinding

An analytical expression for calculation of thermal input factor in a part at flat face planetary grinding is received. The executed calculation of the thermal input factor for specific parameters of a grinding mode has shown its considerable decrease at planetary grinding in comparison with usual face grinding.

Key words: planetary grinding, grinding parameters, thermal input factor.