

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПУТЕЙ УМЕНЬШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ**Новиков Ф.В., Рябенков И.А.***(ХНЭУ, г. Харьков, Украина)***Введение**

Вопросы обеспечения высококачественной обработки, исключаяющей прижоги, микротрещины и другие температурные дефекты, являются важными и актуальными для машиностроения. Их решению посвящены многочисленные исследования [1, 2]. Разработаны теоретические основы теплофизики процессов обработки. Определены и реализованы условия снижения температуры резания, состоящие в применении более совершенных конструкций инструментов и эффективных технологических сред, оптимизации параметров режимов резания и т.д. Вместе с тем, возможности управления тепловыми процессами при механической обработке используются не в полной мере, в особенности при шлифовании. Это связано с тем, что расчеты температуры резания выполнены в основном для условий многопроходного шлифования, когда практически все выделяющееся при резании тепло уходит в обрабатываемую деталь. При съеме увеличенных припусков баланс образующегося тепла изменяется. Значительная часть тепла уходит в образующиеся стружки, что открывает новые возможности в снижении теплонапряженности процесса шлифования и повышении производительности обработки. Поэтому целью настоящей работы является определение путей уменьшения температуры резания при одновременном повышении производительности механической обработки.

Основное содержание работы

В наших работах [3, 4] предложена новая математическая модель определения температуры при шлифовании, основанная на учете баланса тепла, уходящего в образующуюся стружку, инструмент и обрабатываемую деталь. Теоретически показано, что с увеличением глубины шлифования t и скорости детали $V_{дет}$ (удельной производительности обработки $Q_{уд}$ или времени контакта шлифовального круга с фиксированным сечением обрабатываемой детали), в отличие от известных решений, температура резания θ увеличивается не беспредельно, а примерно по экспоненциальному закону, асимптотически приближаясь к значению, определяемому зависимостью (рис. 1, а):

$$\theta = \frac{\sigma}{c \cdot \rho}, \quad (1)$$

где σ – условное напряжение резания, Н/м²; c, ρ – соответственно удельная теплоемкость (Дж/кг·К) и плотность обрабатываемого материала (кг/м³).

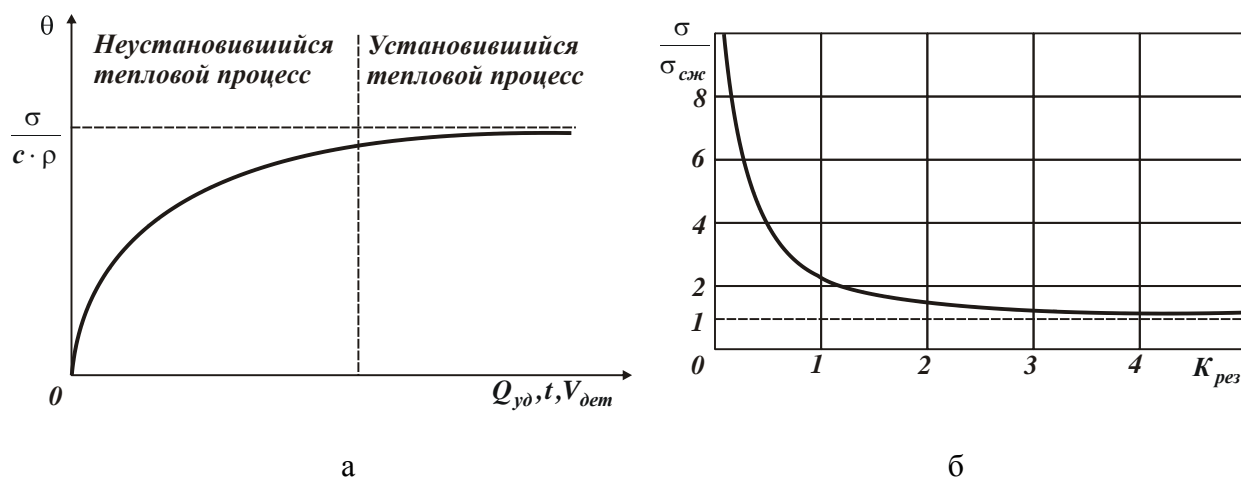


Рис. 1. Зависимость θ от Q_{yd} , t и $V_{дет}$ (а) и зависимость отношения $\sigma / \sigma_{сж}$ от коэффициента резания $K_{рез}$ (б)

Следовательно, при достижении определенного уровня температура в дальнейшем остается неизменной с увеличением удельной производительности обработки Q_{yd} . Это открывает новые возможности интенсификации процесса шлифования, а также других процессов механической обработки (точения, фрезерования, сверления, зенкерования, развертывания) в плане обеспечения высокого качества обработки (обусловленного исключением температурных дефектов на обрабатываемых поверхностях) в условиях высокопроизводительного съема припуска. Этим также можно объяснить возможность практической реализации на современных станках производства западноевропейских фирм высокоскоростного резания со скоростью 100 – 200 м/с (т.е. при увеличении скорости резания до 100 раз) лезвийными инструментами без существенного увеличения температуры обработки, что позволяет многократно (до 10 раз и более) повысить производительность обработки при высоком качестве обрабатываемых поверхностей. Примером тому может служить опыт эффективного применения на Харьковском машиностроительном заводе “ФЭД” для высокоскоростной обработки деталей агрегатов авиационной техники из сталей и цветных металлов станков “HERMLE” на операциях растачивания, фрезерования, зенкерования, сверления и нарезания резьб. При этом, как установлено, практически все тепло, образующееся в процессе резания, переходит в стружку, что существенно улучшает качество и точность обработки. В большинстве случаев не требуется применение последующей трудоемкой абразивной доводочной обработки. На заводе “ФЭД” также с высокой экономической эффективностью реализован на современном импортном шлифовальном станке производительный процесс глубинного алмазного шлифования осевых режущих инструментов из быстрорежущей стали [4].

Из рис. 1, а следует, что существует установившийся тепловой процесс при шлифовании, не зависящий от режимов шлифования, а определяемый лишь условным напряжением резания σ (поскольку c, ρ являются характеристиками обрабатываемого материала). Что же представляет собой условное напряжение резания σ ? В наших работах [5, 6] приведена аналитическая зависимость для определения σ :

$$\sigma = \frac{2 \cdot \tau_{сдв}}{K_{рез}} \cdot \left(1 + \sqrt{1 + K_{рез}^2} \right), \quad (2)$$

где $\tau_{сдв} \approx 0,5 \cdot \sigma_{сж}$ – предел прочности на сдвиг обрабатываемого материала, Н/м²; $\sigma_{сж}$ – предел прочности на сжатие обрабатываемого материала, Н/м²; $K_{рез} = P_z / P_y$ – коэффициент резания; P_z, P_y – тангенциальная и радиальная составляющие силы резания, Н.

Характер изменения условного напряжения резания σ в зависимости от коэффициента резания $K_{рез}$ показан на рис. 1, б. Как видно, с увеличением $K_{рез}$ условное напряжение резания σ непрерывно уменьшается, асимптотически приближаясь к значению $\sigma = 2 \cdot \tau_{сдв}$. Из этого вытекает, что при резании возникают значительно большие напряжения, чем при обычном разрушении исследуемого образца путем его сжатия или растяжения на испытательной машине. И только при $K_{рез} \rightarrow \infty$ (или $P_y \rightarrow 0$) напряжения σ в двух случаях равны.

Известно, что при шлифовании выполняется условие $K_{рез} < 1$, а при лезвийной обработке (точении), как правило, $K_{рез} \geq 1$. Следовательно, уменьшить условное напряжение резания σ можно за счет перехода от абразивной к лезвийной обработке, увеличивая таким образом коэффициент резания $K_{рез}$.

При лезвийной обработке (т.е. при условии $K_{рез} \geq 1$) условное напряжение резания σ до 2,4 раза больше минимального значения $\sigma = 2 \cdot \tau_{сдв}$, а при абразивной обработке (шлифовании) – до 4...10 раз. На основе вышесказанного можно заключить, что поскольку существует минимальное значение условного напряжения резания $\sigma = 2 \cdot \tau_{сдв}$, то должно существовать и минимальное значение температуры установившегося теплового процесса при механической обработке, определяемой зависимостью:

$$\theta = \frac{2\tau_{сдв}}{c \cdot \rho}. \quad (3)$$

На основе зависимости (3) были рассчитаны значения температуры θ для различных обрабатываемых материалов (сталей и других металлических материалов) и установлено, что эти значения, как правило, не превышают температуры плавления указанных материалов. Следовательно, существует возможность реализации при резании данных материалов установившегося теплового процесса. Наиболее просто это достигается в условиях лезвийной обработки ($K_{рез} \geq 1$). Установлено, что в данном случае температура θ увеличится до 2,4 раза по сравнению с минимальным значением, т.е. примет значения 800...1200°С, что соизмеримо с температурой плавления рассматриваемых материалов.

При шлифовании температура θ , как следует из рис. 1, а и зависимости (1), может превысить температуру плавления обрабатываемого материала. Однако это не означает, что в этом случае не будет реализован установившийся тепловой процесс, т.к. с увеличением температуры, как известно, уменьшается прочность обрабатываемого ма-

териала ($\tau_{сдв}$ и $\sigma_{сж}$). Согласно зависимости (3), это ведет к уменьшению температуры и она примет значение, равное температуре плавления обрабатываемого материала. Сделанный вывод хорошо согласуется с многочисленными экспериментальными данными, например, с результатами проф. Сагарды А.А. [7], полученными им при микрорезании единичными алмазными и абразивными зёрнами стали ШХ15 (рис. 2). Как следует из рисунка, при условии $K_{рез} < 1$ температура установившегося теплового процесса равна температуре плавления стали ШХ15 и не зависит от ее твердости, марки режущего зерна, скорости и глубины микрорезания, т.е. от режимов обработки.

Температура θ , рассчитанная по зависимости (3) для стали ШХ15 ($c \cdot \rho = 5 \cdot 10^6$ Дж/м³·град; $\sigma_{сж} = 2 \cdot 10^9$ Н/м²) равна 400°C. Это в 3,75 раза меньше температуры плавления стали ШХ15 (1500°C). Следовательно, при микрорезании алмазным зерном (при $K_{рез} = 0,5$) установившийся тепловой процесс может быть реализован лишь при температуре θ , равной температуре плавления стали ШХ15. Этим собственно и объясняются приведенные на рис. 2 экспериментальные данные. Таким образом, для того чтобы уменьшить температуру установившегося теплового процесса при шлифовании необходимо увеличить коэффициент резания (коэффициент шлифования $K_{ш}$) до значения, близкого к единице, что может быть реализовано при шлифовании. В этом случае температура θ по сравнению с минимально возможным значением 400°C, установленным по зависимости (3), увеличится всего в 2,4 раза и примет значение 960°C, что ниже температуры плавления рассматриваемой стали ШХ15.

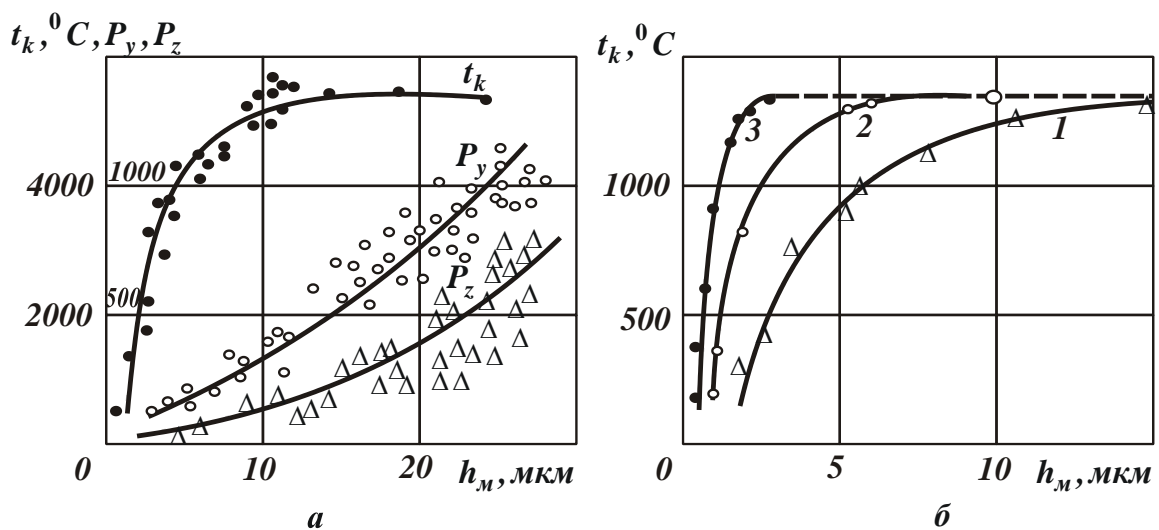


Рис. 2. Зависимости контактной температуры t_k и составляющих силы резания P_y , P_z (в Гс)

от глубины резания h_m при микрорезании конусом со скоростью 27,5 м/с [7]:

а – сырая сталь ШХ15;

б – 1 – сталь ШХ15 (твердость 210 НВ) алмазом;

2 – закаленная сталь ШХ15 (твердость 775 НВ) алмазом;

3 – закаленная сталь ШХ15 (твердость 775 НВ) карбидом кремния

Выводы

Таким образом, в работе предложен новый теоретический подход к оценке возможностей уменьшения температуры при механической обработке и реализации установившегося теплового процесса, обеспечивающий существенное повышение производительности при заданной температуре обработки. Установившийся тепловой процесс наиболее просто может быть реализован в условиях глубинного шлифования и лезвийной обработки (точения), в особенности при высокоскоростной обработке.

Список литературы: 1. Теплофізика механічної обробки: Підручник / Якимов О.В., Усов А.В., Слободяник П.Т., Юргачов Д.В. – Одеса: Астропринт, 2000. – 256 с. 2. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов. – М.: Машиностроение, 1981. – 279 с. 3. Новиков Ф.В., Яценко С.М. Повышение эффективности технологии финишной обработки деталей пар трения поршневых насосов // Труды 13-й Международной научно-технической конференции. Физические и компьютерные технологии. – Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2007. – С. 8-20. 4. Новиков Ф.В., Рябенков И.А., Кленов О.С. Глубинное алмазное шлифование быстрорежущей стали // Труды 13-й Международной научно-технической конференции. Физические и компьютерные технологии. – Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2007. – С. 232-236. 5. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общ. ред. Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. – Т. 1. ”Механика резания материалов”. – Одесса: ОНПУ, 2002. – 580 с. 6. Теоретические основы резания и шлифования материалов: Учеб. пособие / Якимов А.В., Новиков Ф.В., Новиков Г.В., Серов Б.С., Якимов А.А. – Одесса: ОГПУ, 1999. – 450 с. 7. Синтетические алмазы в машиностроении / Под ред. В.Н. Бакуля. – К.: Наук. думка, 1976. – 351 с.

ВИЗНАЧЕННЯ ШЛЯХІВ ЗМЕНШЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ І ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПРИ МЕХАНІЧНІЙ ОБРОБЦІ

Новіков Ф.В., Рябенков І.О.

Запропоновано теоретичний підхід до визначення оптимальної температури різання, що забезпечує значне підвищення продуктивності при абразивній та лезовій обробці.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПУТЕЙ УМЕНЬШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Новиков Ф.В., Рябенков И.А.

Предложен теоретический подход к определению оптимальной температуры резания, обеспечивающей существенное повышение производительности при абразивной и лезвийной обработке

DETERMINATION OF WAYS OF REDUCTION OF TEMPERATURE AND INCREASE OF PRODUCTIVITY AT MACHINING

Novikov F.V., Rjabenkov I.A.

The theoretical approach to determination of optimum temperature of the cutting providing essential increase of productivity at abrasive and blade machining is offered.

Рецензент: д.т.н., проф. Калафатова Л.П.