

УСЛОВИЯ УМЕНЬШЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ РЕЗАНИЯ

Основным ограничением повышения производительности механической обработки и обеспечения высокого качества обрабатываемых поверхностей является тепловой процесс, возникающий в процессе резания. В связи с этим актуальна проблема научного обоснования условий уменьшения температуры резания при лезвийной обработке, которая предопределяет стойкость режущего инструмента, производительность и в целом все технико-экономические показатели обработки. Поэтому в работе приведено новое решение задачи аналитического определения максимальной температуры резания и выявлены условия ее уменьшения.

С учетом баланса тепла, уходящего на нагревание поверхностного слоя обрабатываемой детали толщиной l_2 [1] и образующейся стружки, определена максимальная температура резания:

$$\theta = \frac{2 \cdot \sigma}{c \cdot \rho} \cdot \frac{1}{\left(\sqrt{\frac{2 \cdot \lambda}{c \cdot \rho} \cdot \frac{1}{S \cdot V \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \sin \varphi}} + 1 \right)} = \frac{2 \cdot \sigma}{c \cdot \rho} \cdot z, \quad (1)$$

где $l_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot \lambda}{c \cdot \rho}} \cdot \tau$ – глубина проникновения тепла в поверхностный слой обрабатываемой детали, м; σ – условное напряжение резания (энергоемкость обработки), Н/м²; c – удельная теплоемкость обрабатываемого материала, Дж/(кг·К); ρ – плотность обрабатываемого материала, кг/м³; λ – коэффициент теплопроводности обрабатываемого материала, Вт/м·К; S – продольная подача, м/об.; V – скорость резания, м/с; β – условный угол сдвига обрабатываемого материала; φ – главный угол резца в плане; $z = \frac{1}{\left(\sqrt{\frac{2 \cdot \lambda}{c \cdot \rho} \cdot \frac{1}{S \cdot V \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \sin \varphi}} + 1 \right)}$.

Максимальная температура резания θ определяется произведением отношения $2 \cdot \sigma / (c \cdot \rho)$ и безразмерного коэффициента z , который принимает значения, меньшие единицы, изменяющиеся в пределах $0 \dots 1$. Следовательно, максимальная температура резания θ принимает значения, меньшие или равные отношению $2 \cdot \sigma / (c \cdot \rho)$.

Как видно, с увеличением скорости резания V и продольной подачи S безразмерный коэффициент z непрерывно увеличивается, асимптотически приближаясь к единице. Это указывает на то, что с увеличением скорости резания V и продольной подачи S фактически все тепло, образующееся при реза-

нии, уходит на нагревание стружки, а в обрабатываемую деталь уходит небольшая часть тепла. В результате появляется возможность повышения качества обрабатываемой поверхности за счет снижения вероятности образования прижогов, микротрещин, микросколов и других температурных дефектов, возникающих на обрабатываемой поверхности.

Из зависимости (1) вытекает, что на максимальную температуру резания θ оказывают влияние переменные параметры σ , S , V , β , φ и не оказывает влияние глубина резания t . Чем больше параметры σ , S , V , β и φ , тем больше θ , что согласуется с известными экспериментальными данными.

Исходя из зависимости (1), из всех переменных параметров наибольшее влияние на максимальную температуру резания θ оказывает условное напряжение резания σ , которое прямо пропорционально связано с ней. Поэтому, обеспечивая высокую остроту режущего инструмента и снижая интенсивность трения в зоне резания, можно добиться уменьшения θ .

Произведем количественную оценку безразмерного коэффициента z при точении для следующих исходных данных: обрабатываемый материал – сталь ШХ15: $\lambda = 14$ Дж/(м·с·град.); $c \cdot \rho = 2,74 \cdot 10^6$ Дж/(м³·град.); $S = 0,47$ мм/об.; $V = 20$ м/мин; $\varphi = 70^0$; $\beta = 36^0$. Расчетами установлено, что $z = 0,77$. Следовательно, максимальная температура резания θ близка к значению отношения $2 \cdot \sigma / (c \cdot \rho)$.

С физической точки зрения отношение $2 \cdot \sigma / (c \cdot \rho)$ определяет температуру нагревания образующейся стружки $\theta_{стр}$. Это вытекает из зависимости (1), рассматривая первое слагаемое, стоящее в знаменателе в круглых скобках, равным нулю, т.е. при отсутствии тепла, уходящего в обрабатываемую деталь:

$$\theta_{стр} = \frac{2 \cdot \sigma}{c \cdot \rho}. \quad (2)$$

Следовательно, фактически все образующееся в процессе точения тепло уходит в образующуюся стружку. В обрабатываемую деталь для данных условий обработки уходит небольшое количество тепла, равное 23 %.

Экспериментально установлено, что для рассматриваемых условий обработки условное напряжение резания $\sigma = 1489,36$ Н/мм² [1]. Тогда, исходя из зависимости (1), получено: $\theta = 906,6^0$, а $\theta_{стр} = 1042,6^0$, т.е. значения θ и $\theta_{стр}$ отличаются незначительно.

Если не учитывать тепло, уходящее в образующуюся стружку, а считать, что все тепло уходит в обрабатываемую деталь, то зависимость (1) примет вид:

$$\theta = \frac{2 \cdot \sigma}{c \cdot \rho} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot c \cdot \rho}{\lambda} \cdot S \cdot V \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \sin \varphi}. \quad (3)$$

Используя приведенные выше исходные данные, расчетами на основе зависимости (3) установлено, что $\theta = 6950,6^0$. Как видно, данное значение максимальной температуры резания θ значительно больше (в 7,7 раза) значения $\theta = 906,6^0$, установленного на основе зависимости (1). Следовательно, неучет тепла, уходящего в образующуюся стружку при точении, существенно снижает точность расчета максимальной температуры резания θ и приводит к физически неосуществимым при резании результатам.

В работе [1] показано, что $\sigma = \sigma_{сж} / \operatorname{tg}\beta$, где $\sigma_{сж}$ – предел прочности на сжатие обрабатываемого материала, Н/м². Подставляя данную зависимость в зависимость (1), имеем:

$$\theta = \frac{2 \cdot \sigma_{сж}}{c \cdot \rho} \cdot \frac{1}{\left(\sqrt{\frac{2 \cdot \lambda}{c \cdot \rho} \cdot \frac{\operatorname{tg}\beta}{S \cdot V \cdot \sin \varphi}} + \operatorname{tg}\beta \right)}. \quad (4)$$

Из зависимости (4) вытекает, что уменьшение максимальной температуры резания θ происходит в результате уменьшения переменных параметров S , V , φ и увеличения условного угла сдвига обрабатываемого материала β . Однако уменьшение скорости резания V и продольной подачи S не эффективно, т.к. это приводит к уменьшению производительности обработки. Следовательно, основным путем уменьшения температуры резания θ необходимо рассматривать увеличение угла β в результате снижения интенсивности трения резца с обрабатываемым материалом в зоне резания.

Поскольку удельная производительность обработки $Q_{y\partial} = S \cdot V$, то зависимость (4) можно представить:

$$\theta = \frac{2 \cdot \sigma_{сж}}{c \cdot \rho} \cdot \frac{1}{\left(\sqrt{\frac{2 \cdot \lambda}{c \cdot \rho} \cdot \frac{\operatorname{tg}\beta}{Q_{y\partial} \cdot \sin \varphi}} + \operatorname{tg}\beta \right)}. \quad (5)$$

При заданном значении $Q_{y\partial} = S \cdot V$ основным условием уменьшения максимальной температуры резания θ является увеличение условного угла сдвига обрабатываемого материала β и уменьшение главного угла резца в плане φ . Уменьшить угол β можно за счет снижения интенсивности трения резца с обрабатываемым материалом в зоне резания, применяя, например, высокоскоростную обработку (увеличивая скорость резания V при одновременном уменьшении продольной подачи S , т.е. выполняя условие $Q_{y\partial} = S \cdot V = \text{const}$), а также за счет повышения остроты режущего лезвия инструмента.

Таким образом определены условия уменьшения максимальной температуры резания. Они состоят главным образом в уменьшении условного напряжения резания (энергоёмкости обработки) за счет уменьшения интенсивности трения в зоне резания путем применения высокоскоростного резания, а также за счет уменьшения главного угла резца в плане. Показано, что температура резания с увеличением скорости резания и продольной подачи непрерывно увеличивается, асимптотически приближаясь к постоянному значению, равному температуре нагрева образующейся стружки.

Список использованных источников:

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 междунар. научн.-техн. конф., 19-20 апреля 2007, Харьков. – Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2007. – С. 8-20.