

АНАЛІТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ РІЗАННЯ ПРИ ТОЧІННІ ТА ОБГРУНТУВАННЯ УМОВ ЇЇ ЗМЕНШЕННЯ

Застосування сучасних збірних ріжучих лезових твердосплавних і керамічних інструментів зі зносостійкими покриттями закордонного виробництва відкрило широкі перспективи підвищення продуктивності та якості обробки деталей. Тому для їх ефективного використання необхідно знати нові підходи до визначення оптимальних режимів різання, що дозволяють знизити теплову й силову напруженості процесу різання, а, особливо, температуру різання, яка визначає стійкість лезового інструменту, продуктивність і якість обробки. Для цього запропоновано дві розрахункові схеми для визначення температури різання при механічній обробці. Перша розрахункова схема заснована на урахуванні безперервного рівномірного в часі зняття оброблюваного матеріалу, що досягається в умовах шліфування, коли зв'язка шліфувального круга безупинного контакту з оброблюваним матеріалом. У цьому випадку переміщення джерела тепла вздовж адіабатичного стержня зі швидкістю $V_{різ}$ відбувається безперервно (рис. 1,а).

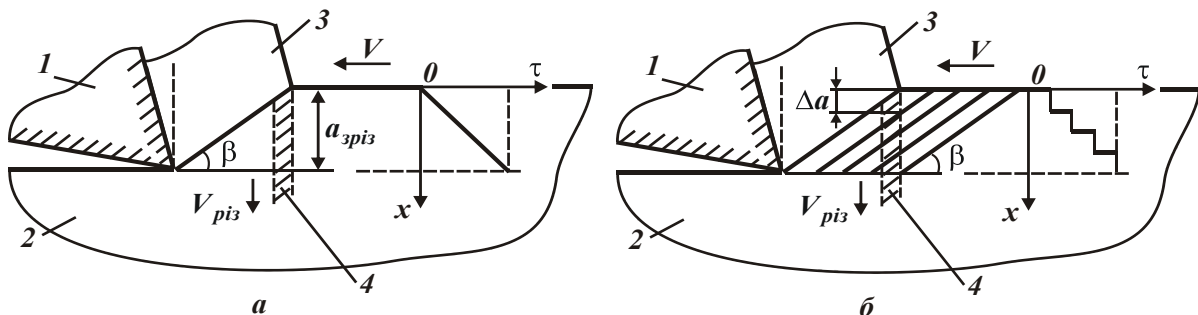


Рисунок 1 – Розрахункові схеми температури різання при лезовій обробці з урахуванням рівномірного (а) та періодичного (б) переміщення в часі теплового джерела вздовж адіабатичного стержня: 1 – різець; 2 – оброблювальний матеріал; 3 – стружка; 4 – адіабатичний стержень

Друга розрахункова схема заснована на тому, що процес стружкоутворення при різанні (в умовах лезової обробки) здійснюється шляхом періодичних зсувів елементарних об'ємів матеріалу вздовж умовної площини зсуву, яка розташована під умовним кутом β зсуву оброблюваного матеріалу. Тому переміщення джерела тепла вздовж адіабатичного стержня відбувається не безперервно, а періодично з певним кроком $\Delta a = a_{зріз} / n$, де n – кількість

елементарних об'ємів матеріалу, що утворюються за час переміщення оброблюваної деталі в межах зони різання (рис. 1,б). Іншими словами, n – це кількість перерізів адіабатичного стержня.

Температуру різання θ при точінні визначено на основі залежностей:

$$\frac{\theta}{\theta_{max}} = \frac{c \cdot \rho}{\lambda} \cdot V_{piz} \cdot l_2 ; \quad l_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot \lambda}{c \cdot \rho}} \cdot \tau_n ,$$

де $\theta_{max} = \sigma / (c \cdot \rho)$ – максимальна температура різання, град (рис. 2); σ – умовне напруження різання, Н/м²; c – питома теплоємність оброблюваного матеріалу, Дж/(кг·град); ρ – щільність оброблюваного матеріалу, кг/м³; λ – коефіцієнт теплопровідності оброблюваного матеріалу, Вт/м·град; l_2 – глибина проникнення тепла в адіабатичний стержень, м; τ_n, τ_{n-1} – час нагрівання адіабатичного стержня при його перерізанні на величини $n \cdot V_{piz} \cdot d\tau$ та $(n-1) \cdot V_{piz} \cdot d\tau$, с; $d\tau = \tau / n$; $\tau = a_{зріз} / V_{piz}$ – час обробки, с; $V_{piz} = V \cdot \tan \beta$; $a_{зріз} = S \cdot \sin \varphi$ – товщина зрізу, м; S – подача, мм/об.; φ – головний кут різця в плані.

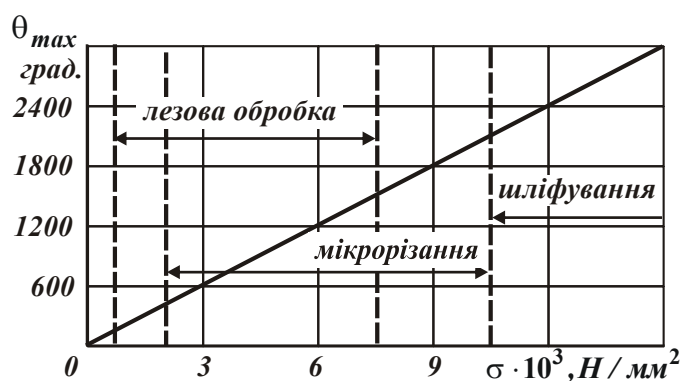


Рисунок 2 – Залежність θ_{max} від σ для сталі 45 – $c \cdot \rho = 5 \cdot 10^6$ Дж/(м³·град.)

Час нагрівання адіабатичного стержня під час його перерізання τ_n

визначається залежністю $\frac{\tau_n}{d\tau} = \left(\sqrt{1 + \frac{\tau_{n-1}}{d\tau}} - \alpha \right)^2$, де $\alpha = \frac{V_{piz} \cdot d\tau}{l_{20}} < 1$ – безрозмірна

величина; $l_{20} = \sqrt{\frac{2 \cdot \lambda}{c \cdot \rho}} \cdot d\tau$ – глибина проникнення тепла в адіабатичний стержень за час $d\tau$, м.

Для вихідних даних: точіння сталі 45 різцем із гексаніту-Р з $\varphi = 45^\circ$; $V = 100$ м/хв.; $S = 0,07$ мм/об.; $t = 0,2$ мм; $a = 8 \cdot 10^{-6}$ м²/с; $\beta \approx 20^\circ$ (за даними професора Коломійця В. В.), розрахунками встановлено: $\tau = 0,824 \cdot 10^{-4}$ с; $V_{piz} = 0,607$ м/с; $a_{зріз} = 0,05$ мм (табл. 1).

Виходячи із табл. 1 та рис. 3, встановлено, що зі зменшенням кількості перерізів n адіабатичного стержня температура різання θ зменшується. При $n \rightarrow \infty$ приходимо до розрахункової схеми температури різання із рівномірним

переміщенням в часі теплового джерела вздовж адіабатичного стержня (рис.1,а), що має місце при шліфуванні. Однак це призводить до підвищених значень температури різання θ при точінні. Тому розрахунок температури різання при точінні необхідно виконувати за схемою обробки із періодичним переміщенням в часі теплового джерела вздовж адіабатичного стержня (рис.1,б). Це відповідає експериментальним даним. При обробці сталі 45 встановлено, що $\sigma = 7 \cdot 10^3$ Н/мм²; $n=4$; $\theta_{max}=1400$ °С. Тоді $\theta/\theta_{max} = 0,522$ і $\theta = 730,8$ °С. При $V = 100$ м/хв експериментальне значення температури різання $\theta=700$ °С (за даними професора Коломійця В. В.), тобто досягається висока збіжність розрахункових та експериментальних значень температури різання.

Таблиця 1 – Розрахункові значення параметрів теплового процесу при точінні

n	$d\tau \cdot 10^{-4}, \text{с}$	α	$\tau_n \cdot 10^{-4}, \text{с}$	$l_2, \text{мкм}$	θ / θ_{max}
1	0,824	1,377	—	—	—
2	0,412	0,9737	0,000285	0,675	0,1
3	0,275	0,795	0,0145	4,817	0,3658
4	0,206	0,6885	0,02961	6,883	0,522
5	0,165	0,6158	0,041	8,1	0,6158
6	0,137	0,562	0,05	8,944	0,6729
7	0,118	0,52	0,0562	9,483	0,7191
8	0,103	0,487	0,06206	9,965	0,7558
9	0,0916	0,459	0,06648	10,313	0,7823
10	0,0824	0,435	0,07027	10,6	0,8042
11	0,075	0,415	0,073	10,81	0,8205

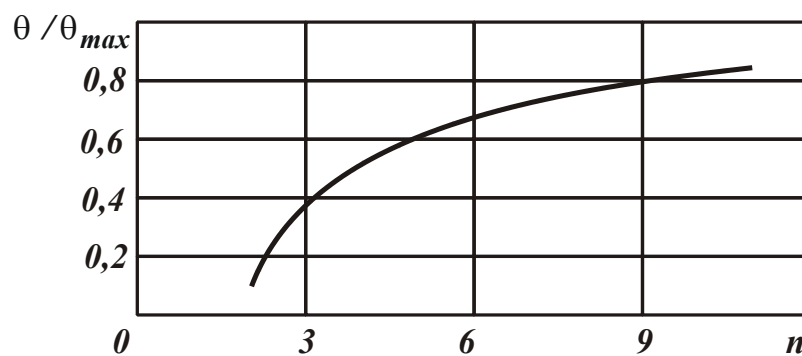


Рисунок 3 – Залежність θ / θ_{max} від n

Розрахунками встановлено, що під час точіння з мінімально можливою кількістю елементарних об'ємів оброблюваного матеріалу, що утворюються за час проходження різцем зони різання, рівною 2, температура різання може бути зменшена до 10 разів щодо максимальної температури різання при шліфуванні. Це указує на те, що на фінішних операціях ефективно використовувати сучасні технології лезової обробки замість технологій шліфування із метою зниження

температури різання та забезпечення високих показників якості й продуктивності обробки.