

УДК 621.9: 658.5

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОХОЛОДЖУЮЧИХ СЕРЕДОВИЩ

Т.Г. Івченко

Донецький національний технічний університет

Встановлені взаємозв'язки температури різання з коефіцієнтами тепловіддачі та умовами подачі технологічних середовищ, обґрунтовані можливості направлено змінювання температури в заданому діапазоні для різних способів подачі охолоджуючих середовищ: вільно падаючого струменя рідини, струйно-напірного, розпилення рідини.

В сучасних умовах виробництва найважливішим напрямком підвищення ефективності механічної обробки та якості деталей машин є використання високопродуктивного технологічного обладнання та прогресивного збірного ріжучого інструменту.

Істотний вплив на працездатність ріжучого інструменту мають теплові явища [1, 2]. Застосування охолоджуючих технологічних середовищ – найбільш ефективний шлях зниження температури і підвищення ефективності процесу різання. Однак, в існуючих дослідженнях теплового стану ріжучого інструменту в умовах конвективного теплообміну відсутні кількісні дані про вплив способу подачі охолоджуючого середовища на температуру різання, що обмежує можливість визначення ефективності цих засобів при визначенні режимів різання.

Основна мета роботи полягає в комплексному дослідженні взаємозв'язків температури різання з коефіцієнтами тепловіддачі та умовами подачі технологічних охолоджуючих середовищ, а також в обґрунтуванні можливостей направлено змінювання температури в заданому діапазоні.

В роботі розглядаються наступні найбільш розповсюджені способи подачі охолоджуючих середовищ в зону різання лезовими інструментами:

- вільно падаючим струменем рідини, при якому струмінь направляється як на стружку, так і на інструмент з боку передньої поверхні;
- струйно-напірний, який полягає в подачі рідини тонким струменем з тиском до 2 МПа в зону контакту інструмента з оброблюваною деталлю з боку задньої поверхні;
- розпилення невеликої кількості рідини стисненим повітрям при тиску 0,2 МПа зі швидкістю до 300 м/с як з боку задньої, так і з боку передньої поверхні.

Розрахунок коефіцієнта тепловіддачі при змушеній конвекції середовища, що виникає у випадку примусового руху охолоджуючого середовища у зоні різання, виконується на підставі відомих критеріальних рівнянь [1]. Для охолодження інструмента переважно використовуються охолоджуючі середовища на основі водних розчинів (3% - 5% емульсол), що мають теплофізичні властивості, близькі до властивостей води.

Під час подачі водних розчинів вільним поливом критеріальне рівняння та визначений на його підставі коефіцієнт тепловіддачі наступні:

$$Nu_o = 0,28 Re_o^{0,6} Pr_o^{0,36} (Pr_o/Pr_s)^{0,25}; \alpha_{полив} = 1,9 \cdot 10^3 w^{0,6} / l^{0,4}, \quad (1)$$

де $Nu_o = \alpha l / \lambda$ - критерій Нуссельта; $Re_o = wl / \nu$ - критерій Рейнольдса; $Pr = \nu / \omega$ - критерій Прандтля; α - коефіцієнт тепловіддачі; w - швидкість потоку; ν - кінематичний коефіцієнт в'язкості середовища; ω - коефіцієнт температуропроводності; λ - коефіцієнт теплопровідності; l - характерний розмір, який за умов поперечного обтікання тіла рідиною визначається як еквівалентний діаметр з обліком розмірів інструменту B і H : $l = BH / 2(B+H)$.

Під час струйно-напірної подачі водних розчинів критеріальне рівняння та визначений на його підставі коефіцієнт тепловіддачі наступні:

$$Nu_o = 0,021 Re_o^{0,8} Pr_o^{0,43} (Pr_o/Pr_s)^{0,25}; \alpha_{напір} = 2,6 \cdot 10^3 w^{0,8} / l^{0,2}, \quad (2)$$

де l - характерний розмір, який за умови подовжнього обтікання тіла рідиною приймається як розмір по напрямку її плину $l = H$.

З обліком того, що швидкість потоку рідини $w = 4 \cdot 10^3 R / 60 \pi d^2$ визначається її витрачанням R (л/хв) і діаметром насадка d , із якого вона витікає, коефіцієнт тепловіддачі може бути визначений:

$$\alpha_{полив} = 1,2 \cdot 10^4 R^{0,6} / l^{0,4} d^{1,2}; \quad \alpha_{напір} = 3 \cdot 10^4 R^{0,8} / l^{0,2} d^{1,6}. \quad (3)$$

У зв'язку з тим, що при різанні на поверхнях леза інструмента в процесі механообробки виникають значно більш високі температури, чим 100°C , необхідно враховувати особливості теплообміну при зміні агрегатного стану рідини – кипінні [1]:

$$\begin{aligned} \alpha_k &\approx 170(\Theta_s - 100)^{1,86} \text{ при } \Theta_s < 120^\circ\text{C}; \\ \alpha_k &= 3,33 \cdot 10^6 (\Theta_s - 100)^{-1,43} \text{ при } \Theta_s \geq 120^\circ\text{C}. \end{aligned} \quad (4)$$

Для обґрунтування можливостей направлено змінювання температури і його практичного застосування на підставі розрахованих з використанням метода кінцевих різностей коефіцієнтів зниження температури різання, позначених на рис.1 K_{Θ_P} , виконана математична обробка результатів розрахунку та визначений характер и ступень впливу коефіцієнта тепловіддачі на зниження температури різання K_{Θ_T} при поливі вільно падаючим струменем та при струйно-напірній подачі:

$$K_{\Theta_T \text{ полив}} = 1 - 7,5 \cdot 10^{-6} \alpha_{\text{полив}} ; \quad K_{\Theta_T \text{ напір}} = 5,3 \cdot \alpha_{\text{напір}}^{-0,18} . \quad (5)$$

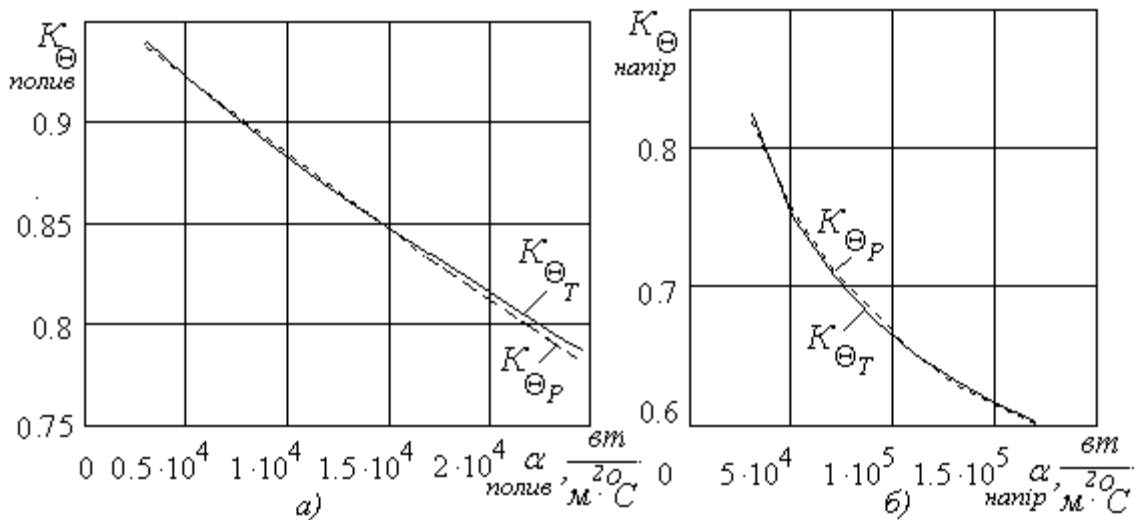


Рис.1. Графіки залежності коефіцієнта зниження температури різання від коефіцієнта тепловіддачі α , $\text{Вт}/\text{м}^2$:

- а) - полив вільно падаючим струменем охолоджуючого середовища;
 б) - струйно-напірна подача охолоджуючого середовища.

З обліком (5) розраховані коефіцієнти зниження температури різання K_{Θ} , які можуть бути застосовані для прогнозування рівня температури різання в залежності від умов подачі охолоджуючого середовища в зону обробки:

$$K_{\Theta_{\text{полив}}} = 1 - 0,09 \cdot R^{0,6} / l^{0,4} d^{1,2} ; \quad K_{\Theta_{\text{напір}}} = 1,6 \cdot 10^5 \cdot l^{0,07} \cdot d^{0,29} / R^{0,14} . \quad (6)$$

Найбільш ефективним з погляду використання охолоджуючих технологічних середовищ для твердосплавного інструменту, який особливо чуткий до теплових ударів, є розпилення рідини.

При подачі охолоджуючої рідини у зону різання в розпиленому стані має місце складний теплообмін поверхні леза інструмента з дво-

фазним повітряно-рідинним середовищем. Приведений коефіцієнт тепловіддачі, який враховує усі процеси теплообміну, дорівнює [1]:

$$\alpha_{np} = 1,2K^{2/3}m^2(\alpha_{розн} - \alpha_{нов}) + \alpha_{нов}, \quad (7)$$

де K – концентрація рідини в двофазному повітряно-рідинному середовищі; m – коефіцієнт, що характеризує деформацію краплі рідини при зіткненні з поверхнею ($m = 6$); $\alpha_{розн}$, $\alpha_{нов}$ – коефіцієнти тепловіддачі розпиленої рідини та інструменту в повітря.

На підставі розрахованих з використанням метода кінцевих різностей коефіцієнтів зниження температури різання, позначених на рис. 2 - $K_{\Theta P}$, виконана математична обробка результатів розрахунку та визначений характер и ступень впливу коефіцієнта тепловіддачі на зниження температури різання $K_{\Theta T}$ при подачі розпиленої рідини з боку задньої поверхні леза інструмента $K_{\Theta T1}$, а також з боку передньої поверхні $K_{\Theta T2}$:

$$K_{\Theta T розн1} = 0,9 - 1,1 \cdot 10^{-5} \alpha_{np}; \quad K_{\Theta T розн2} = 1,0 - 1,5 \cdot 10^{-5} \alpha_{np}. \quad (8)$$

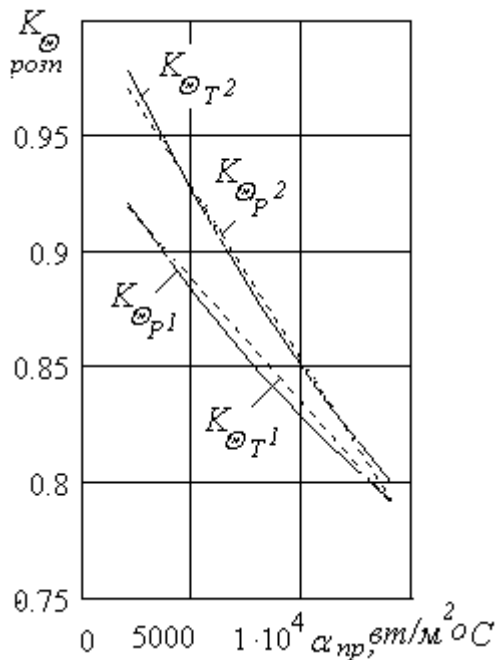


Рис. 2. Графіки залежності коефіцієнта зниження температури різання $K_{\Theta розн}$ від коефіцієнта тепловіддачі α_{np} при подачі розпиленої рідини з боку задньої ($K_{\Theta 1}$) та передньої ($K_{\Theta 2}$) поверхонь

Для прогнозування рівня температури різання в залежності від умов подачі розпиленої рідини в зону обробки на рис. 6 наведені залежності коефіцієнта зниження температури різання $K_{\Theta розн}$ від концентрації рідини K ($w = 200$ м/с; $l = 20$ мм; $\alpha_{нов} = 0,5 \cdot 10^3$ Вт/м²·°С; $\alpha_{розн} = 4 \cdot 10^4$ Вт/м²·°С)

Приклад визначення ефективності використання охолоджуючого середовища приведений для чистої токарної обробки сталі 45 (міцність $\sigma_s = 600$ МПа), збірними різцями з механічним закріпленням твердосплавних пластин Т15К6 (геометричні параметри: головний кут в плані $\phi = 45^\circ$, передній кут $\gamma = 0^\circ$, радіус при вершині $r = 1$ мм); стійкість $T = 60$ хв., глибина різання $t = 1$ мм; шорсткість обробленої поверхні $R_a = 1,25$ мкм. Використання розпиленої охолоджуючої рідини в

наведених умовах чистової обробки при значеннях коефіцієнту тепловіддачі ($\alpha \approx 1 \cdot 10^4$ Вт/м²·°С) може забезпечити зниження температури різання від $\Theta = 927$ °С до $\Theta \approx 788$ °С ($K_{31} \approx 0,85$), яка не перевищує допустимого з точки зору якості поверхневого шару рівня температур ($\Theta_{\text{дон}} = 800$ °С), що в свою чергу дозволяє усунути при оптимізації режимів різання температурне обмеження та значно підвищити продуктивність обробки.

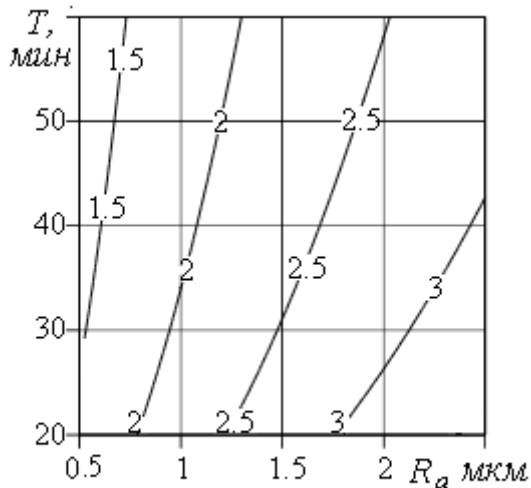


Рис. 3. Графіки залежності коефіцієнта підвищення продуктивності $K_{пр}$ від шорсткості поверхні R_a та стійкості інструменту T

Для заданих умов обробки коефіцієнт підвищення продуктивності $K_{пр}$ може бути визначений наступним чином [2]:

$$K_{пр} = 4.5 R_a^{0.5} / T^{0.23} \quad (9)$$

Графіки залежності коефіцієнта підвищення продуктивності $K_{пр}$ від шорсткості поверхні R_a та стійкості інструменту T наведені на рис.3. На лініях рівня числами показані значення коефіцієнта підвищення продуктивності $K_{пр}$, які свідчать про можливість підвищення продуктивності – в 1.5 - 3 рази за рахунок усунення температурного обмеження.

Таким чином, виконані дослідження взаємозв'язків температури різання з коефіцієнтами тепловіддачі та умовами подачі технологічних середовищ, на підставі яких обґрунтовані можливості направлено змінювання температури в заданому діапазоні для різних способів подачі охолоджуючих середовищ: вільно падаючого струменя рідини, струйно-напірного, розпилення рідини. Результати комплексних досліджень складають підставу для розробка методів керування тепловими явищами в зоні обробки в умовах конвективного теплообміну.

Література.

1. Резников А.Н., Резников Л.А. Тепловые процессы в технологических системах. - М.: Машиностроение, 1990. - 288с.
2. Івченко Т.Г. Підвищення ефективності функціонування збірною ріжучого інструменту з використанням технологічних охолоджуючих середовищ // Прогресивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонНТУ, 2005. Вып. 29. – С.87-94.

30.04.08