

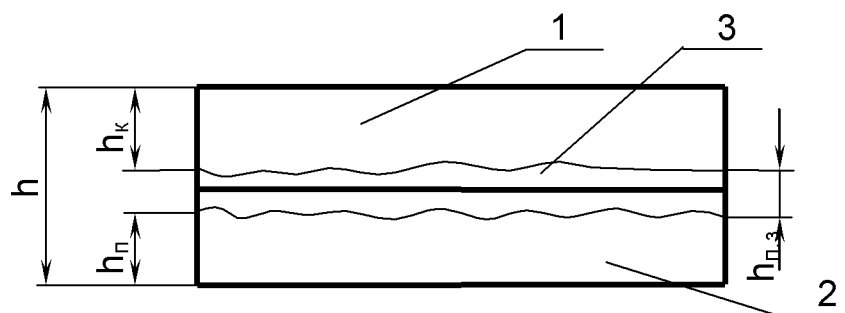
Регулювання теплопровідності композиційної різальної кераміки

Наведені результати теоретичних та експериментальних досліджень впливу співвідношення товщин шарів пластин із композиційного матеріалу «кераміка-твердий сплав» на їх теплопровідність. Встановлені параметри, які найбільш тісно пов'язані зі стійкістю інструмента.

кераміка, теплопровідність, підложка

Ефективність використання різальної кераміки при металообробці сягає оптимальних значень в області високих швидкостей різання. При цьому температура в зоні різання підвищується до $1000...1200^{\circ}\text{C}$, а у деяких випадках може сягнути температури пластичної деформації кераміки. Різальна кераміка має відносно низьку теплопровідність, що знижує експлуатаційні властивості інструмента, який оснащений цим матеріалом. Знизити температурний градієнт в матеріалі та збільшити термостійкість можливо шляхом змінювання складу кераміки, збільшуючи її теплопровідність, або шляхом застосування шаруватих різальних пластин [1], у яких різальним шаром є кераміка на основі Al_2O_3 , а підложкою – твердий сплав, з оптимальною товщиною цих шарів, щоб, не знижуючи міцності, збільшити тепловідведення з пластини. Розглянемо тепловідведення через шарувату різальну пластину, наведену на рисунку 1.

© О.О.Ситник, 2011



1- різальний шар з кераміки - h_k ;
2 - підложка з твердого сплаву - h_n ; 3 - перехідна зона - $h_{пз}$.

Рисунок 1 - Схема перерізу шаруватої пластини

Виходячи із дослідних даних [2], теплопровідність чисто оксидної кераміки можна навести у вигляді:

$$\lambda = \varepsilon \lambda_{293} / \dot{O}^{1,05}, \quad (1)$$

де κ - дослідний коефіцієнт, для оксидної кераміки із Al_2O_3 дорівнює 354;
 λ_{293} - теплопровідність при 293 К.

У відповідності з законом Фур'є, у стаціонарному режимі тепловідведення товщини h_i шарів пов'язані з коефіцієнтом теплопровідності λ_i співвідношенням:

$$\frac{\Delta\dot{Q}}{q} = \frac{h_1}{\lambda_1} = \frac{h_2}{\lambda_2} = \dots = \frac{h_n}{\lambda_n}, \quad (2)$$

де q - питомий тепловий потік.

Нехай h_1 - товщина пластини в умовах та режимах різання, які забезпечують найбільшу стійкість різальної одношарової пластини із оксидної кераміки при T_1 . З підвищенням температури в зоні різання товщину різальної пластини у відповідності з (1) та (2) необхідно змінювати, щоб забезпечити постійне тепловідведення по закону:

$$h = h_1 \left(\frac{T_1}{T} \right)^{1,05}. \quad (3)$$

Чим вище температура T в зоні різання, тим тоншою повинна бути пластинка для забезпечення тепловідведення, оскільки λ зменшується із зростанням температури. Але, з позиції збереження міцності пластини існує мінімально допустима товщина різальної пластини, менше якої пластинка крихко руйнується. Зміцнення різального шару застосуванням підложки змінює теплопровідність пластини в цілому. Тепловий потік через шарувату пластинку з урахуванням (2) можна виразити у вигляді:

$$q = \Delta T / \sum \frac{h_i}{\lambda_i}, \quad (4)$$

де λ_i та h_i - теплопровідність та товщина i -го шару.

Виходячи з вимоги постійності теплового потоку через одношарову та двошарову пластини різниця температур між опорними гранями пластини виразиться у вигляді: $\Delta\dot{Q}_1 = q \frac{h}{\lambda_1}$ - для одношарової пластини товщиною h , $\Delta\dot{Q}_2 = q \left(\frac{h_1}{\lambda_1} + \frac{h_2}{\lambda_2} \right)$ - для двошарової пластини товщиною $h = h_1 + h_2$, тоді:

$$\frac{\Delta\dot{Q}_2}{\Delta\dot{Q}_1} = \varphi_1 \left(1 - \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \right) + \frac{\lambda_1}{\lambda_2}, \quad (5)$$

де $\varphi_1 = \frac{h_1}{h}$ - відносна товщина різального шару кераміки до загальної товщини пластини.

Із формули (5) виходить, що чим тонший різальний шар кераміки та чим вища теплопровідність λ_2 підложки тим менший перепад температур ΔT_2 .

Розглянемо температурну залежність $\frac{\Delta\dot{Q}_2}{\Delta\dot{Q}_1}$ при різних товщинах h_1 різального шару при незмінній загальній товщині шаруватої пластини. Підставляючи у (5) значення $\lambda_1(T)$ та $\lambda_2(T)$ - коефіцієнтів теплопровідності оксидної кераміки та твердого сплаву, отримуємо залежність відносної різниці температур в зоні різання та контактній опорній поверхні двошарової пластини $\Delta\dot{Q}_2$ та $\Delta\dot{Q}_1$ одношарової пластини із оксидної кераміки у вигляді $\frac{\Delta\dot{Q}_1}{\Delta\dot{Q}_2} = f(\varphi_1)$, що наведена на рисунку 2. Із рисунка 2

виходить, що із зменшенням товщини шару кераміки (φ_1 - зменшується) різниця температур двошарової пластини знижується порівняно з одношаровою керамічною пластинкою із-за збільшення теплопровідності двошарової пластини в цілому.

Відсутність перегріву кераміки в зоні різання при $\varphi_1 < 0,5$ значно знімає термонапруження в пластині та збільшує її стійкість.

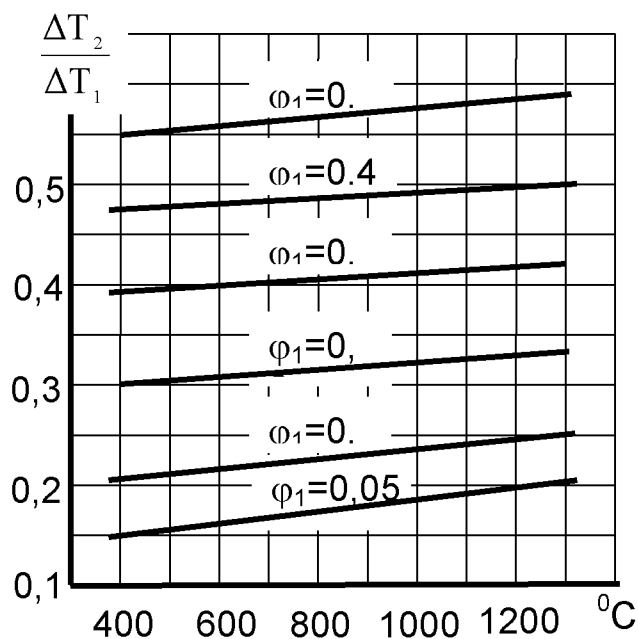


Рисунок 2 - Залежність відносною різниці температур в зоні різання та контактній опорній поверхні двошарової пластини ΔT_2 та ΔT_1 одношарової пластини із оксидної кераміки

Порівняльні випробування різальних двошарових пластин загальною товщиною $h=4,76$ мм при $\varphi_1=0,4$; $\varphi_1=0,3$; $\varphi_1=0,2$; $\varphi_1=0,1$ показали, що при поперечному точінні сталі 50 (режими різання: $V_{max}=500$ м/хв.; $S=0,08$ мм/об; $t=0,5$ мм) найбільшу стійкість показала пластина, у якої $\varphi_1=0,3 \pm 0,02$ (рисунок 3).

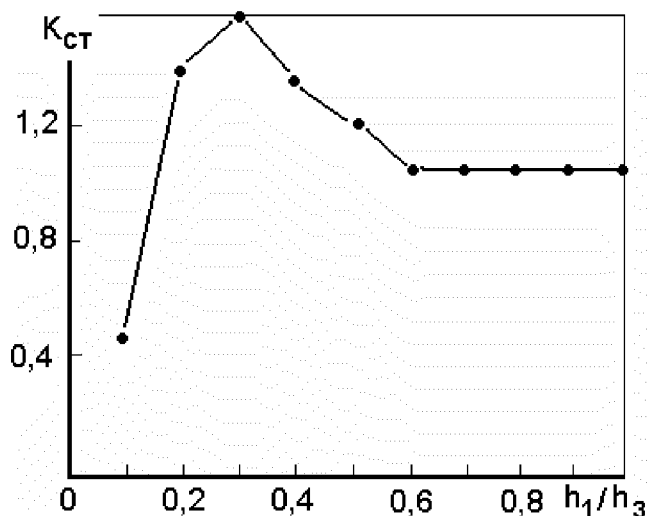


Рисунок 3 - Залежність стійкості шаруватої різальної пластини від співвідношення $\frac{h_1}{h_3}$ товщин керамічного шару та загальної товщини пластини

Таким чином, оптимальні значення співвідношення ϕ_1 знаходяться в діапазоні 0,25...0,35. Різке зниження стійкості композиційної пластини по відношенню до одношарової спостерігалось при $\phi_1 \leq 0,2$. Очевидно при $\phi_1 < 0,2$ погіршується механічна міцність різального шару та, крім цього, починає помітно впливати перехідна зона, що насичена металом-зв'язкою. При $\phi_1 > 0,35$ пониження стійкості відбувається наймовірніше по тим же причинам, що і в одношарових пластинах, головною з яких є підвищення температури в зоні різання за рахунок погіршення тепловідведення.

Із рисунків 2 та 3 виходить, що за рахунок використання твердосплавної підложки різниця температур в зоні різання та опорної поверхні у місці контакту з державкою може бути знижена більш ніж у 3 рази порівняно з різницею температур аналогічної одношарової пластини із різальною кераміки. Це дозволяє суттєво знизити температурний градієнт в зоні різання, збільшити тепловідведення, знизити перегрів в зоні різання. Із збільшенням коефіцієнту теплопровідності λ_2 опорної поверхні зростає тепловідведення, що спричиняє собою зниження температури в зоні різання, підвищуючи зносостійкість шаруватої різальної пластини. Тим самим, при розробці конструкції шаруватої різальної пластини та оцінюванні градієнтів температурних полів можливо використовувати формули (2) та (5).

Таким чином, шляхом змінювання відносних розмірів товщини різального шару та підложки при незмінному складі їх компонентів можна значно змінити тепловий режим експлуатації інструменту, знижуючи термомеханічні напруження у пластині, збільшуючи надійність інструменту в цілому.

Список літератури

1. Сытник А.А., Зленко Д.А. Математическое прогнозирование выбора оптимального состава слоистых режущих пластин по термомеханической совместимости// Резание и инструмент в технологических системах. – Межд.научн.-техн. сборник. – Харьков: ХГПУ, 1999, вып.55.- С. 200-202.
2. Кржижановский Р.Е., Штерн З.Ю. Теплофизические свойства неметаллических материалов. – Л.: Энергия, 1973.

А. Сытник

Регулирование теплопроводности композиционной режущей керамики

Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований влияния соотношения толщин слоев пластин из композиционного материала «керамика - твердый сплав» на их теплопроводность. Установлены параметры наиболее тесно связанные со стойкостью инструмента.

A. Sytnik

Heat conductivity regulation of composite cutting ceramics

Theoretical and experimental research results of influence correlation of the layers plates thickness of compositional material “ceramics – hard alloy” on their heat-conductivity are given. Parameters which are closely connected with the steadfastness of instrument are determined.

Одержано 31.03.11