

Згідно до залежності (8), параметр R_a приймає ще більші значення порівняно із залежностями (6) і (7), а відповідно, відношення $R_{max}/R_a = \sqrt[3]{N}/0,518$ – менші значення (табл. 1). Це підтверджується експериментальними даними [1], за яких під час абразивного полірування параметр R_a приймає значно менші значення, а відношення R_{max}/R_a , навпаки, значно більші значення порівняно із процесом шліфування. Так, під час шліфування відношення R_{max}/R_a приймає значення в межах 4 – 6, а під час абразивного полірування може досягати значень на рівні 30. Як впливає із табл. 1, збільшення безрозмірної величини N в умовах шліфування (випадок 4) незначно впливає на збільшення R_{max}/R_a , тоді як в умовах абразивного полірування (випадок 2), навпаки.

ЛІТЕРАТУРА

1 Новіков Ф. В. Основи обробки металевих виробів з оптичними властивостями : монографія / Ф.В. Новіков, В.Г. Шкурूपій. – Харків : Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2015. – 388 с.

Новіков Ф.В.
Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця

ТЕОРЕТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ШЛІФУВАННЯ ТА УМОВ ЇЇ ЗМЕНШЕННЯ

Визначальним чинником ефективного застосування процесів шліфування деталей машин у більшості випадків є висока теплова напруженість процесу різання, яка може привести до появи припикань та інших температурних дефектів на оброблюваних поверхнях. Тому для обґрунтування умов зменшення теплової напруженості процесу різання та температури шліфування важливо провести теоретичний аналіз закономірностей формування температури шліфування.

Професор Якимов О. В. у роботах [1, 2] встановив, що під час шліфування розрахунок температури шліфування можна виконувати на основі спрощеної розрахункової схеми (рис. 1). Для цього слід подати припуск, що знімається, пакетом елементарних прямолінійних адіабатичних стержнів, через які (із-за теплопровідності оброблюваного матеріалу) тепло поширюється із зони різання вглиб поверхневого шару оброблюваної деталі (рис. 1).

У результаті розрахунок температури шліфування зводиться до визначення закону розподілу температури вздовж адіабатичного стержня, на торці якого (у зоні контакту шліфувального круга із оброблюваним матеріалом) діє теплове джерело із щільністю теплового потоку q протягом часу $\Delta\tau$. Для цього виділимо в адіабатичному стержні із площею поперечного перерізу S елементарний об'єм довжиною Δx і встановимо кількість тепла, яке надійшло до нього в результаті теплопровідності оброблюваного матеріалу за час $\Delta\tau$:

$$\lambda \cdot \frac{d\theta}{dx} \cdot S \cdot \Delta\tau, \quad (1)$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності оброблюваного матеріалу, Вт/(м·град);
 θ – температура адіабатичного стержня в точці з координатою x , град.;
 $\Delta\tau$ – час, с.

За законом збереження енергії, таку ж кількість тепла витрачено на нагрівання цього ж елементарного об'єму адіабатичного стержня:

$$c \cdot \rho \cdot S \cdot \int_0^x \theta \cdot dx, \quad (2)$$

де c – питома теплоємність оброблюваного матеріалу, Дж/(кг·град);
 ρ – щільність оброблюваного матеріалу, кг/м³.

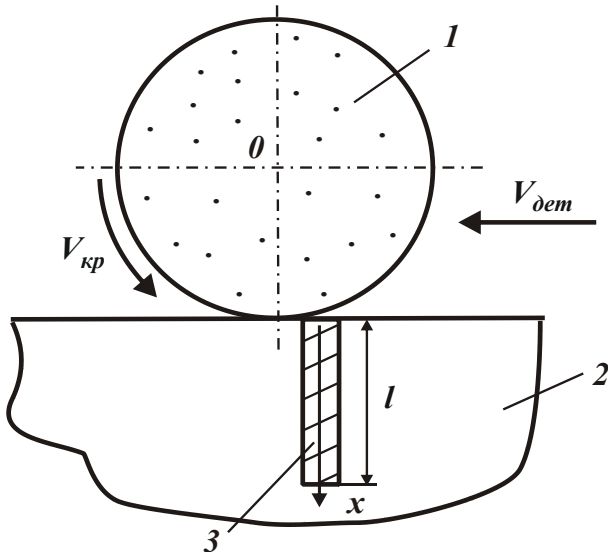


Рисунок 1 – Розрахункова схема температури шліфування: 1 – круг; 2 – деталь; 3 – адіабатичний стержень

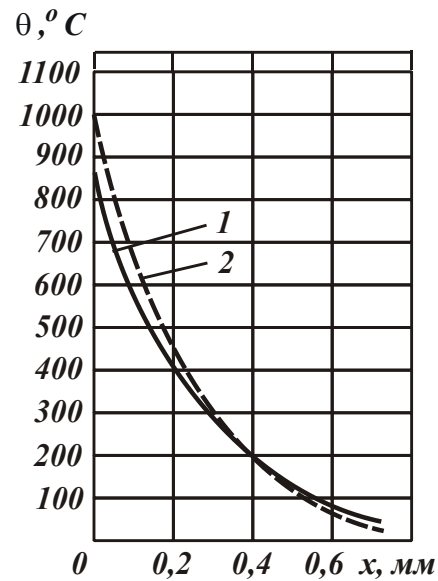


Рисунок 2 – Розрахункові (1) та експериментальні (2) значення температури шліфування

Тоді, порівнюючи кількості тепла, яке надійшло до елементарного об'єму адіабатичного стержня та витрачено на його нагрівання, тобто порівнюючи залежності (1) і (2), отримано рівняння:

$$\lambda \cdot \frac{d\theta}{dx} \cdot \Delta t = c \cdot \rho \cdot \int_0^x \theta \cdot dx. \quad (3)$$

Після диференціювання лівої і правої частин рівняння (3) за координатою x , отримано диференціальне рівняння:

$$\frac{d^2\theta}{dx^2} - \alpha \cdot \theta = 0, \quad (4)$$

де $\alpha = \frac{c \cdot \rho}{\lambda \cdot \Delta\tau}$.

Розглянемо випадок $\tau > \Delta\tau$, за яким теплове джерело із щільністю теплового потоку q діє на торець адіабатичного стержня на протязі всього часу

обробки τ . Тоді $\alpha = \frac{c \cdot \rho}{\lambda \cdot \tau}$. У результаті маємо диференціальне лінійне рівняння (4) другого порядку із постійними коефіцієнтами без правої частини. Його рішенням є функція $\theta = e^{-r \cdot x}$. При цьому число r повинно задовольняти характеристичне рівняння:

$$r^2 - \alpha = 0; \quad (r - \sqrt{\alpha}) \cdot (r + \sqrt{\alpha}) = 0. \quad (5)$$

Рішенням характеристичного рівняння (6) є:

$$\begin{cases} r_1 = \sqrt{\alpha}; \\ r_2 = -\sqrt{\alpha} \end{cases} \quad (6)$$

Тоді із урахуванням функції $\theta = e^{-r \cdot x}$ маємо:

$$\begin{cases} \theta_1 = e^{\sqrt{\alpha} \cdot x}; \\ \theta_2 = e^{-\sqrt{\alpha} \cdot x} \end{cases} \quad (7)$$

Функції $\theta_1 = e^{\sqrt{\alpha} \cdot x}$ і $\theta_2 = e^{-\sqrt{\alpha} \cdot x}$ дають два лінійно незалежних рішення. Загальним рішенням диференціального рівняння (4) є:

$$\theta = C_1 \cdot e^{\sqrt{\alpha} \cdot x} + C_2 \cdot e^{-\sqrt{\alpha} \cdot x}, \quad (8)$$

де C_1, C_2 – постійні інтегрування, визначаються із граничних умов:

$$\theta|_{x \rightarrow \infty} = 0; \quad (9)$$

$$\left. \frac{d\theta}{dx} \right|_{x=0} = -\frac{q}{\lambda}, \quad (10)$$

де $q = -\lambda \cdot \frac{\partial \theta}{\partial x}$ – щільність теплового потоку, Вт/м².

Підпорядковуючи рішення (8) першій граничній умові $\theta|_{x \rightarrow \infty} = 0$, видно, що вона виконується за умови $C_1 = 0$, оскільки зі збільшенням змінної $x \rightarrow \infty$ перший доданок залежності (8) буде необмежено збільшуватися, а другий доданок, навпаки, буде зменшуватися до нуля. Тому визначати температуру шліфування θ буде другий доданок:

$$\theta = C_2 \cdot e^{-\sqrt{\alpha} \cdot x}. \quad (11)$$

Відповідно, перша похідна температури шліфування θ від змінної величини x набуває вигляду:

$$\frac{d\theta}{dx} = -C_2 \cdot \sqrt{\alpha} \cdot e^{-\sqrt{\alpha} \cdot x}. \quad (12)$$

Підпорядковуючи залежність (11) другій граничній умові (10), маємо:

$$C_2 = \frac{q}{\lambda \cdot \sqrt{\alpha}} = q \cdot \sqrt{\frac{\tau}{c \cdot \rho \cdot \lambda}}. \quad (13)$$

У результаті залежність (11) приймає вигляд:

$$\theta = q \cdot \sqrt{\frac{\tau}{c \cdot \rho \cdot \lambda}} \cdot e^{-\sqrt{\frac{c \cdot \rho}{\lambda \cdot \tau}} \cdot x} \quad (14)$$

Як видно, із віддаленням від торця адиабатичного стержня, тобто від місця дії теплового джерела щільністю q , температура шліфування θ безперервно зменшується за експонентним законом, асимптотично наближаючись до нульового значення. Максимальна температура шліфування θ_{max} досягається за умови $x = 0$ та визначається:

$$\theta_{max} = q \cdot \sqrt{\frac{\tau}{c \cdot \rho \cdot \lambda}} \quad (15)$$

Зменшити максимальну температуру шліфування θ_{max} можна шляхом зменшення щільності теплового джерела q та часу його дії τ .

Для оцінювання достовірності отриманого теоретичного рішення проведено порівняння розрахункових та експериментальних значень температури шліфування θ під час здійснення плоского шліфування сплаву ЖС6К ($a = \lambda / (c \cdot \rho) = 3,73 \cdot 10^{-6}$ м²/с; $\lambda = 16,6$ Дж/(м·с·град); $c \cdot \rho = 4,46 \cdot 10^6$ Дж/(м³·град)) із режимом шліфування: $V_{дет} = 0,1$ м/с; $t = 0,02$ мм; $R_{кр} = 0,1$ м ([3]).

Час контакту шліфувального круга із оброблюваною деталлю визначається залежністю $\tau = l / V_{дет} = \sqrt{2t \cdot R_{кр}} / V_{дет}$, де $l = \sqrt{2t \cdot R_{кр}}$ – довжина контакту круга із оброблюваною деталлю, м. У результаті розрахунків встановлено: $\tau = 0,02$ с. Експериментальне значення щільності теплового потоку q для розглянутих умов обробки ($V_{дет} = 0,1$ м/с; $t = 0,02$ мм; $R_{кр} = 0,1$ м) дорівнює: $q = 52 \cdot 10^6$ Вт/м².

Після підстановки встановлених вихідних даних у залежність (14) отримано розрахункові значення температури шліфування θ (табл. 1, рис. 2). На рис. 2 також наведено експериментальні значення температури шліфування за роботою [3].

Таблиця 1 – Розрахункові значення температури шліфування θ

x , мм	0	0,1	0,2	0,4	0,6
θ , °С	856	594	413	201	95

У результаті порівняння розрахункових і експериментальних значень температури шліфування θ (рис. 2) встановлено, що вони відрізняються в межах 14 %. Це указує на достовірність отриманого теоретичного рішення та дозволяє у першому наближенні застосовувати отриману залежність (14) для практичних розрахунків температури шліфування θ під час розроблення технологічних процесів шліфування деталей машин [4].

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Якимов О. В. Переривчасте шліфування / О. В. Якимов. – Київ: Вища школа, 1986. – 175 с.
- 2 Теплофізика механічної обробки : підручник / О.В. Якимов, А.В. Усов, П.Т. Слободяник, Д.В. Іоргачов. – Одеса: Астропринт, 2000. – 256 с.

3 Ящерицын П.И. Тепловые явления при шлифовании и свойства обработанных поверхностей / П. И. Ящерицын, А. К. Цокур, М. Л. Еременко. – Минск: Наука и техника, 1973. – 184 с.

4 Шевченко С.М., Погрібний М.А., Новіков Ф.В., Дитиненко С.О., Реброва О.М., Протасенко Т.О. Вплив алмазно-іскрового шліфування на параметри якості поверхні твердого сплаву реліт. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я. (MicroCAD-2024): XXXII Міжнародної науково-практичної конференції, 22-25 травня 2024 р. – С. 330.

Олесюк О.В., Погорєлов А.І., Перпері Л.М.
Національний університет «Одеська політехніка»

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ НАПРУГИ ДЛЯ ЦИФРОВОГО МУЛЬТИМЕТРА В СЕРЕДОВИЩІ SCILAB

Важливість застосування цифрових технологій Industry 4.0 на сьогодні підтверджена як багатьма дослідженнями, так і практичним провадженням їх результатів у різних галузях виробництва. В цьому аспекті використання сучасних програмних продуктів для моделювання та симуляції виробничих процесів і процесів вимірювання, як для проведення досліджень, так і в освітньому процесі є актуальним завданням [1, 2].

В даній роботі розглядається моделювання системи вимірювання напруги для цифрового мультиметра, які широко застосовуються в різних сферах інженерної діяльності, за допомогою вільно розповсюдженого програмного середовища Scilab.

Слід відзначити, що сьогодні існує безліч моделей з різними функціональними можливостями та не існує «точного» визначення для мультиметра. Під мультиметром, частіше за все, розуміють вимірювальний прилад, здатний вимірювати декілька різних параметрів фізичних величин (наприклад напруги, струму та опору). Також поширення у використанні набули мультиметри, в яких реалізовано можливості підключення до комп'ютеру з метою передачі отриманих даних в інформаційні системи, що надає можливості візуалізації відображення зміни параметрів в реальному часі або відображення їх у графічному вигляді. Це може мати істотне значення при використанні в освітньому процесі [3].

Змодельована система дозволяє імітувати вхідний сигнал з реальними похибками, виявляти й коригувати похибки у вимірюваннях за допомогою функції калібрування та аналізувати результати у графічному вигляді. Модель імітує зміну напруги з часом у вигляді синусоїдального сигналу, похибка реалізується за рахунок додавання білого шуму, який моделює реальні перешкоди. Функція калібрування реалізується системою автоматичного коригування вимірюваних значень, порівнюючи їх з еталонною напругою.