

УДК 621.923.042

М.М. Шейко, к.т.н.

Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України

ХАРАКТЕРИСТИКИ РОБОТИ ОДИНИЧНОГО ЗЕРНА Й ІНСТРУМЕНТА В ЦІЛОМУ ПРИ ШІЛФУВАННІ ПЕРИФЕРІЄЮ КРУГА У СВІТЛІ МЕХАНІКО-СТАТИСТИЧНИХ УЯВЛЕНЬ ПРО ПРОЦЕС

Повідомлення 2. Питомі роботи утворення зрізів

Базуючись на результатах повідомлення 1 (Вісник ЖІТІ, № 1(24), 2003), знайдені вирази питомих робіт знімання матеріалу, що характеризують енергетичну ефективність абразивно-алмазної обробки в цілому й ефективність роботи зерен різних шарів абразивного простору круга. Знайдено вирази довжини зрізу, усереднене по всіх контактуючих зернах робочої поверхні інструмента

Питома робота утворення зрізів допускає простий розрахунок завдяки отриманим у повідомленні 1 [1] результатам і наступним доповненням. Дано альтернативне виразу (7) у [1] представлення величини $\frac{1}{b} \frac{dA_z}{dy}$; не через $\frac{1}{b} \frac{\partial^2 A_z}{\partial y \partial h}$, а безпосередньо – за фізичним змістом. Легко бачити, що це

$$\frac{1}{b} \frac{dA_z}{dy} = n_c \int_0^{t_0} P_h(h) dh \cdot v_n \cdot \bar{A}^{(n)}, \quad (1)$$

де $\bar{A}^{(n)}$ – математичне чекання (за інструментом) роботи утворення одиничного зрізу чи середня по інструменту робота одиничного контактуючого зерна за 1 оберт круга. Ця робота дорівнює

$$\bar{A}^{(n)} = \int_0^{t_0} \bar{A}(h) P^{(n)}(h) dh, \quad (2)$$

де $P^{(n)}(h)$ – щільність розподілу контактуючих зерен інструмента за глибиною h розташування в абразивному шарі. Остання просто обчислюється з урахуванням того, що $P^{(n)}(h) dh$ є відносним числом контактуючих зерен у шарі $[h, h+dh]$ із загального числа контактуючих у шарі $[0, t_0]$. Тоді

$$P^{(n)}(h) = \frac{P_h(h) v_{(n)}(h)}{\int_0^{t_0} P_h(h) v_{(n)}(h) dh}. \quad (3)$$

Підставляючи (3) у (2), а останнє – у (1), одержуємо вираз, що стоїть за першим знаком рівності (8) у [1], і переконуємося, таким чином, в еквівалентності представлень (7) у [1] і (1) у даній статті. По-друге, прирівнявши праві частини (8) у [1] і (1) у даній статті, одержуємо формулу для обчислення $\bar{A}^{(n)}$:

$$\bar{A}^{(n)} = \frac{[1 - q] \frac{1}{b} T}{n_c v_n \int_0^{t_0} P_h(h) dh}. \quad (4)$$

(Варто ще раз підкреслити, що, на відміну від \bar{A} з (4) у [1], виразом (4) дається робота утворення одиничного зрізу, усереднена не за ансамблем одночасно контактуючих зерен, а за всією множиною зерен, що проконтактували на поверхні інструмента).

Тепер повторимо обчислення від формули (5) у [1] по (4) у даному повідомленні з тією відмінністю, що замість поточних тангенціальних сил утворення одиничних зрізів підставимо площі поточних поперечних переріз зрізів. Зрозуміло, при цьому усюди робота заміниться об'ємами. Замість (5) і (6) у [1] одержимо об'єм припущу, що видаляється одиницею об'єму абразивного шару за 1 оберт круга:

$$\frac{1}{b} \frac{\partial^2 \Omega_{\Sigma}}{\partial y \partial h}(h) = n_c P_h(h) v_n(h) \bar{\Omega}(h) = |1 - q| \frac{1}{b} \frac{ds_{\Sigma}}{dh}(h), \quad (5)$$

замість (1) у даному повідомленні і (8) у [1] – об'єм припущу, що видаляється одиницею площі робочої поверхні круга за 1 оберт:

$$\frac{1}{b} \frac{d\Omega_{\Sigma}}{dy} = n_c \int_0^{t_0} P_h(h) dh \cdot v_n \cdot \bar{\Omega}^{(n)} = |1 - q| \frac{1}{b} s_{\Sigma}, \quad (6)$$

де $\bar{\Omega}^{(n)}$ – математичне чекання об'єму одиничного зрізу чи об'єм одиничного зрізу, усереднений за ансамблем зрізів, зроблених за повний оберт круга. Ця величина обчислюється аналогічно (2) і (4):

$$\bar{\Omega}^{(n)} = \frac{\int_0^{t_0} \bar{\Omega}(h) P^{(n)}(h) dh}{n_c v_n \int_0^{t_0} P_h(h) dh} = \frac{|1 - q| \frac{1}{b} s_{\Sigma}}{n_c v_n \int_0^{t_0} P_h(h) dh} \equiv \frac{|q| T(L, t_0)}{n_c v_n \int_0^{t_0} P_h(h) dh}. \quad (7)$$

Ще одне доповнення. Воно також полягає у повторному виведенні формул від (5) у [1] по (4) у даній статті. У попередньому випадку замість тангенціальних сил підставлялися площі поперечних переріз. При цьому робота вироджувалася в об'єм. Тепер і площі замінимо безрозмірною одиницею. Тоді об'єми вироджуються у довжини зрізів. Величина $\frac{1}{b} \frac{\partial^2 A_{\Sigma}}{\partial y \partial h}$ замінюється величиною $\frac{1}{b} \frac{\partial^2 l_{\Sigma}}{\partial y \partial h}$, її представлення (5) у [1] – виразом $n_c P_h(h) v_n(h) \bar{l}(h)$ а представлення (6) у [1] – виразом

$$\int_{l(h)}^{L(h)} |1 - q| \frac{1}{b} \frac{\partial^2 m}{\partial y \partial h}(y, h) \cdot 1 \cdot dy \equiv |1 - q| \frac{1}{b} m \cdot P(h).$$

Таким чином, величина, що має зміст суми довжин зрізів, зроблених одиницею об'єму абразивного шару круга за 1 оберт, дорівнює:

$$\frac{1}{b} \frac{\partial^2 l_{\Sigma}}{\partial y \partial h}(h) = n_c P_h(h) v_n(h) \bar{l}(h) = |1 - q| \frac{1}{b} m \cdot P(h). \quad (8)$$

Величина $\frac{1}{b} \frac{dA_{\Sigma}}{dy}$ замінюється величиною $\frac{1}{b} \frac{dl_{\Sigma}}{dy}$, зміст якої – сума довжин зрізів, зроблених одиницею площі робочої поверхні круга за 1 оберт, її представлення (1) – виразом:

$$n_c \int_0^{t_0} P_h(h) dh \cdot v_n \cdot \bar{l}^{(n)},$$

а представлення (7) у [1] – виразом

$$\int_0^{t_0} \frac{1}{b} \frac{\partial^2 l_{\Sigma}}{\partial y \partial h}(h) dh \equiv \int_0^{t_0} |1 - q| \frac{1}{b} m P_h(h) dh \equiv |1 - q| \frac{1}{b} m,$$

де $\bar{l}^{(n)}$ – математичне чекання довжини одиничного зрізу чи довжина одиничного зрізу, усереднена за ансамблем зрізів, зроблених за повний оберт круга. Таким чином,

$$\frac{1}{b} \frac{dI_z}{dy} = n_c \int_0^{h_0} P_h(h) dh \cdot v_{\text{ш}} \cdot \bar{l}^{(ш)} = |1 - q| \frac{1}{b} m, \quad (9)$$

$$\bar{l}^{(ш)} = \frac{\int_0^{h_0} \bar{l}(h) P^{(ш)}(h) dh}{n_c v_{\text{ш}} \int_0^{h_0} P_h(h) dh} = \frac{|1 - q| \frac{1}{b} m}{n_c v_{\text{ш}} \int_0^{h_0} P_h(h) dh}, \quad (10)$$

Тепер, власне, обчислюється питома робота утворення зрізів. Якщо нас цікавить ефективність роботи зерен, що знаходяться на різній глибині абразивного шару, то її можна оцінити за питомою роботою видалення одиничного об'єму припуску зернами, розташованими на глибині h :

$$A_{\text{ва}}(h) \stackrel{\text{def}}{=} \frac{\frac{1}{b} \frac{\partial^2 A_z}{\partial y \partial h}(h)}{\frac{1}{b} \frac{\partial^2 \Omega_z}{\partial y \partial h}(h)} = \frac{\bar{A}(h)}{\bar{\Omega}(h)} = \frac{\tau(h)}{\frac{1}{b} \frac{ds_z}{dh}(h)}. \quad (11)$$

Ця формула безпосередньо випливає з (5) і (6) у [1] і (5).

Питома робота видалення одиничного об'єму припуску всіма зернами інструмента, з огляду на (8) у [1], (1) і (6), дорівнює:

$$A_{\text{ва}} \stackrel{\text{def}}{=} \frac{\frac{1}{b} \frac{dA_z}{dy}}{\frac{1}{b} \frac{d\Omega_z}{dy}} = \frac{\bar{A}^{(ш)}}{\bar{\Omega}^{(ш)}} = \frac{1}{b} \frac{T}{s_z}. \quad (12)$$

Помітимо, що формули (11), (12) знову, як і неодноразово колись, відображають зв'язок мікро- та макроскопічних характеристик шліфування, а саме – кінематичних, силових та енергетичних характеристик утворення одиничних зрізів і сумарних зрізів кругом.

Таким чином, теоретично встановлені в [2], [3] кінематичні характеристики роботи одиничного зерна в крузі доповнені відповідними динамічними характеристиками з модельних експериментів по мікрорізанню і синтезовані (відновлені) характеристики (у тому числі силові [4], [5] та енергетичні [1]) роботи круга в цілому. Крім того, у повідомленні 2 знайдені вирази для питомої роботи видалення матеріалу при абразивно-алмазній обробці, що характеризують енергетичну ефективність процесу в цілому й ефективність роботи зерен різних шарів абразивного простору круга. Як "побічний продукт" досліджень визначена середня (за інструментом) довжина зрізу, значенню якої також приділяється увага дослідників [6–8].

ЛІТЕРАТУРА:

1. Шейко М.М. Характеристики роботи одиничного зерна й інструмента в цілому при шліфуванні периферією круга у світлі механіко-статистичних уявлень про процес. Повідомлення 1. Аналіз силових та енергетичних параметрів // Вісник ЖІТІ. – 2003. – № 1 (24). – С. 72–73.
2. Шейко М.Н. К вопросу о распределении параметров срезов при шлифовании периферией круга: фактор инструмента и режима обработки. Сообщение 1 // Сверхтвердые материалы. – 1993. – № 3. – С. 55–64, 70.
3. Шейко М.Н. К вопросу о распределении параметров срезов при шлифовании периферией круга: фактор инструмента и режима обработки. Сообщение 2 // Сверхтвердые материалы. – 1993. – № 5. – С. 51–61.

4. Шейко М.П. Распределение параметров срезов при шлифовании периферией круга как фактор, определяющий напряжения и силы в контакте // Сверхтвердые материалы. – 1994 – № 2. – С. 57–61.

5. Шейко М.П. Сила шлифования в свете теоретико-вероятностных представлений о процессе // Современные процессы механической обработки и качество поверхностей деталей машин: Сб. научн. тр. / НАН Украины. Институт сверхтвердых материалов. – Киев, 1998. – 198 с. – С. 172–175

6. Form G.W. La Lunghezza del truciolo scelta come criterio per giudicare l'indice di lavorabilità dei materiali // Rivista di meccanica. – 1972. – V. 520, april. – P. 65–66.

7. Verkerk J. The real contactlength in cylindrical plunge grinding // CIRP. – 1975. – V. 24, N 1. – P. 259–264.

8. Salje E., Möhlen H. Fundamental dependencies upon contact lengths and results in grinding // CIRP. – 1986. – Vol. 35. – № 1. – P. 249–252.

ШЕЙКО Максим Миколайович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України.

Наукові інтереси:

- теоретико-ймовірнісні аспекти абразивно-алмазної обробки;
- мікроскопічне формоутворення при шліфуванні.

Тел. (044) 432-95-15

Подано 09.01.2003