

УДК 621.923

Шахбазов Я. О., докт. техн. наук, професор
 Широков В. В., докт. техн. наук, професор
 Коломієць А. Б., канд. техн. наук, доцент
 Широков О. В., канд. техн. наук, ст. наук. співр.
 Паламар О. О., канд. техн. наук, доцент

Українська академія друкарства, м. Львів, shah-nika@ukr.net

ПРО КОНТАКТНУ ЖОРСТКІСТЬ СИСТЕМИ ШЛІФУВАЛЬНИЙ КРУГ – КРИСТАЛ АЛМАЗУ ПРИ ПРАВЦІ МЕТОДОМ ТОЧІННЯ

Формування рельєфу робочої поверхні шліфувальних кругів на керамічній зв'язці при правці алмазним інструментом відбувається при швидкості круга, який використовуються для шліфування. Тому цей процес слід представити як ударну взаємодію між кристалом алмаза та зернами круга.

Теорія удару, що об'єднує класичну динаміку з рішеннями теорії пружності, дозволяє в ряді випадків досить точно оцінити параметри процесу співудару. За цією теорією процес співудару описується системою рівнянь динаміки для кожного тіла і залежністю між зближенням (сумою деформації) і діючою силою $P=f(\alpha)$. Диференціальне рівняння цього процесу можна представити у вигляді

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} \left(\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \right) + K\alpha^n = 0, \quad (1)$$

де: m_1 та m_2 – маси співударних тіл;

α – відносне зміщення між центрами мас кристалу алмаза та абразивного зерна, що визначається їх пружною деформацією та відносним положенням їх у момент удару;

K – коефіцієнт жорсткості, який залежить від властивостей матеріалу і розмірів індентора;

n – показник степені при α .

Тому силова функція пружної системи кристал алмазу – абразивне зерно має вигляд

$$P = K\alpha^n, \quad (2)$$

де $1 \leq n \leq 2$ – показник, який залежить від форми індентора (кристалу алмаза) і матеріалу в області контакту.

Коефіцієнти жорсткості на контактних границях кристал алмазу – абразивне зерно або абразивне зерно – зв'язка шліфувального круга можна розраховувати за роботами [1-3].

Якщо площадка контакту має форму еліпсу з великою (b) і малою (a) осями, а $n = 1$, то

$$K = \frac{2\pi}{3} \frac{Eb}{(1-\mu^2)C[1-\frac{a^2}{b^2}]} \quad (3)$$

де C – повний еліптичний інтеграл у вигляді Лежандра від величини $1-(a/b)^2$, що змінюється від $\pi/2$ у випадку $a = b$ до безмежності видовження більшої вісі еліпсу.

Враховуючи те, що радіус абразивного зерна є однаковою в контакті зі зв'язкою шліфувального круга та при лінійному зміщенні зв'язки, коефіцієнт жорсткості можна представити у вигляді

$$K_1 = \frac{4}{3} \frac{E r_1}{(1-\mu_1^2)}, \quad (4)$$

де E – модуль пружності матеріалу зв'язки шліфувального круга

В роботах показано, що якщо індентор буде мати форму конуса або піраміди, то площа контакту буде зростати пропорційно другій степені від глибини проникнення, тому показник степені $n=2$. При формі робочої частини індентора у вигляді сфери, $n=3/2$. При подачі різальних вершин кристалу алмаза інструменту еквівалентним конусом або пірамідою, що мають кут при вершині (γ), коефіцієнт жорсткості (K) залежить від властивостей матеріалів, які співударяються, і кута (γ) та дорівнює

$$K = \frac{2tg\gamma/2}{\pi} \left(\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_z^2}{E_2} \right)^{-1}, \quad (5)$$

де E_1 і E_2 – модулі пружності відповідно матеріалу абразивного зерна і кристалу алмаза.

Величина $(1-\mu_2^2)/E_2$ враховує пружну деформацію індентора при дії його на матеріал, та є меншою, порівняно зі складовим $(1-\mu_1^2)/E_1$, який визначає проникнення його в матеріал абразивного зерна, або зв'язки шліфувального круга.

Якщо представити різальну вершину кристалу алмаза інструменту еквівалентною до напівсфери показник $n = 3/2$, а коефіцієнт жорсткості K буде залежати від форми поверхні матеріалу, якщо кристал алмазу контактує з плоскою поверхнею, то

$$K = \frac{4\sqrt{r_2}}{3 \left(\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_z^2}{E_2} \right)}, \quad (6)$$

Враховуючи те, що форма абразивного зерна в основному моделюється напівсферою, при контакті з кристалом алмазу також напівсферичної форми коефіцієнт контактної жорсткості слід розрахувати за залежністю

$$K = \frac{4}{3 \left(\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_z^2}{E_2} \right)} \left(\frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} \right)^{1/2}, \quad (7)$$

де r_1 та r_2 – радіуси, відповідно, абразивного зерна і кристалу алмаза.

Якщо індентор контактує зі западиною матеріалу з радіусом $r_2 > r_1$, то

$$K = \frac{4}{3 \left(\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_z^2}{E_2} \right)} \left(\frac{r_1 r_2}{r_2 - r_1} \right)^{1/2} \quad (8)$$

Величина $(1-\mu_2)/E_2$ враховує пружну деформацію алмазу при його контакті з матеріалом абразивного зерна. Таким чином, за наведеними залежностями коефіцієнта жорсткості від форми, розмірів і властивостей елементів можна розрахувати контактні зусилля в системі кристал алмазу–абразивне зерно, або абразивне зерно зв'язка шліфувального круга. При розрахунку зусиль в контактній системі кристал алмазу – абразивне зерно, в залежності від моделювання їх форми слід використовувати рівняння 5, 6, 7, 8. Під час розрахунку напруженого стану в контактній системі абразивне зерно – зв'язка шліфувального круга, залежно від моделювання їх форми, слід використовувати рівняння 3, 4.

Список посилань :

1. Соколинский В.Б. Машины ударного разрушения. – М.: Машиностроение, 1982. – 184 с.
2. Лапшин В.В., Юрин Е.А. Нелинейная упругопластическая модель коллинеарного удара // Вестник МГТУ им. Э.Н. Баумана. – Сер. Естественные науки. 2016. №1. С. 90–99.
3. Кильчевский Н.А. Динамическое контактное сжатие твердых тел. Удар. – К.: Наукова думка, 1976. – 320 с.