УДК 621.9.048
Кондратюк[1] О.М., к.т.н.; Галан[2]Ю.Я. аспірант

[1]Національний університет водного господарства та природокористування
[2]Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ЧАСТИНКИ АБРАЗИВНОГО РОБОЧОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ВІБРАЦІЙНІЙ ОБРОБЦІ

Ph.D., Assoc. Kondratyk O., Ph.D. student Galan Y.

INTERACTION OF PARTICLES ABRASIVE WORKING ENVIRONMENTS AT VIBRATING PROCESSING WITH THE TREATED SURFACE DETAILS

При розробці і впровадженні нової високопродуктивної фінішної обробки, використовують вібраційний метод обробки деталей складної форми в сипучому абразивному середовищі. Процес вібраційного оброблення (ВіО) супроводжується взаємодією на деталь, яка обробляється, сукупністю факторів: великою кількістю мікроударів частинок робочого середовища, яка забезпечує пластичну деформацію, зняття металу і його окислів, змінних прискорень, які забезпечують високу рухомість і ударний характер взаємодії частинок робочого середовища і деталей.

Запропонована теоретична модель розкриває фізичну суть взаємодії гранули з поверхнею деталі. Одночасна дія сили вібрації і відцентрової сили на абразивну гранулу збільшує об'єм, а значить і вагу знятої мікростружки, чим і забезпечує підвищення інтенсивності. При визначенні сили співудару частки робочого середовища з деталями, які оброблюються, використовуючи різні методи вібраційно-відцентрового оброблення в сипучому абразивному середовищі, наряду з іншими параметрами важливе місце займає коефіцієнт λ миттєвого тертя гранули по відповідній робочій поверхні, який характеризує жорсткість поверхні тіл в зоні контакту при ударі.

Припустимо, що імпульс сил, діючих на гранулу при ударі по дотичній , обумовлений тільки силою тертя, і гранула починає зміщуватись по робочій поверхні при найбільшому граничному значенні імпульсу цієї сили.

$$|P_\tau| = \lambda |P_n|, \tag{1}$$

де P_n – імпульс нормального тиску при ударі.

Зміщення грані при ударі відсутнє, коли $|P_\tau| \le \lambda |P_n|$, а по аналогії з тертям ковзання прийнято, що коефіцієнт λ буде максимальним в момент переходу від удару без ковзання гранули до удару з ковзанням по робочій поверхні $\lambda = \left|\frac{P_\tau}{P_n}\right|$. Для аналітичного рішення поставленої задачі, визначення коефіцієнту λ миттєвого тертя гранули по відповідній робочій поверхні, розглянемо розрахункову схему удару гранули по робочій площині показаної на рис. 1. В момент переходу одного виду удару гранули в другий справедлива залежність, яка описує удар без ковзання:

$$\left.\begin{aligned} & m(V_{1\xi} - V_\xi) = P_\tau \\ & m(V_{1\eta} - V_\eta) = P_n \\ & I_c \omega_1 = P_\tau \cdot p_\eta - P_n \cdot p_\xi \\ & V_{1\eta} = e|V_\eta| \\ & V_{1\xi} - \omega_1 \cdot p_\eta = 0 \end{aligned}\right\}, \tag{2}$$

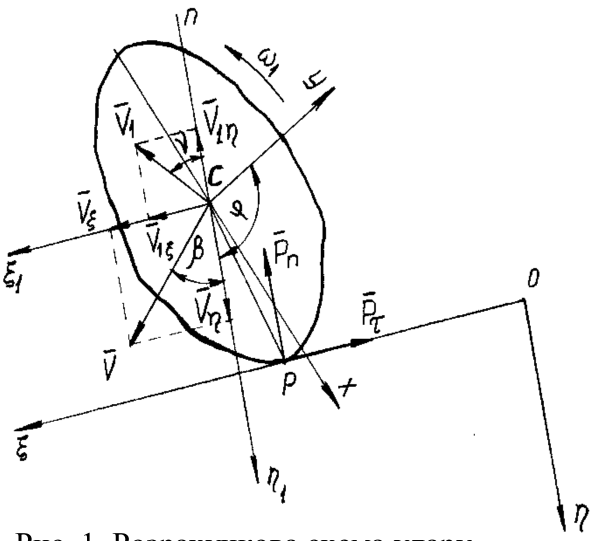

Рис. 1. Розрахункова схема удару гранули на площину

$\xi O \eta$ - нерухома система координат; $\xi_1 C \eta_1$; Cxy - рухомі системи координат, зв'язаних з гранулою; n – нормаль до площини; β, ν, φ - кути падіння, відбиття і орієнтації гранули

де m – маса гранули; $V_{1\xi}$, $V_{1\eta}$ і V_{ξ}, V_{η} - проекції швидкості центра С маси гранули в кінці і початку удару; ω_1 - кутова швидкість гранули після удару; e – коефіцієнт відновлення нормальної складової швидкості гранули при ударі.

Момент інерції гранули відносно головної осі, перпендикулярної площині удару $\xi O \eta$,

$$I_c = \frac{1}{5} m\left(a^2 + b^2\right), \qquad (3)$$

де a, b – розміри половини головних осей середнього перерізу, який лежить в площині удару ($b<a$).

Проекції радіуса – вектора CP, визначаючого орієнтацію гранули відносно площини

$$p_{\eta} = \sqrt{b^2 + \left(a^2 - b^2\right) \cdot sin^2 \varphi}, \qquad (4)$$

Із системи (2) з врахуванням підстановки в неї вирази (3)-(4) отримаємо

$$P_{\tau} = \frac{mV\left[5(1+e)\left(1-k^2\right) sin\,\varphi \cdot cos\,\varphi + \left(1-k^2\right) sin\,\beta\right]}{6 + k^2 - 5\left(1-k^2\right) \cdot cos^2 \varphi}, \qquad (5)$$

$$P_n = mV(1-e) cos\,\beta, \qquad (6)$$

де $k = b/a$.

Підставити (5) і (6) в, після перетворень будемо мати рівняння, зручне для аналізу

$$\lambda = \frac{5\left[\left(1-k^2\right) \big/ \left(1+k^2\right)\right] \cdot sin\,2\varphi + 2tg\beta/(1+e)}{7 - 5\left[\left(1-k^2\right) \big/ \left(1+k^2\right)\right] \cdot cos\,2\varphi}, \qquad (7)$$

Як видно із залежності (7), з збільшенням коефіцієнта e і зменшенням витягнутості форми гранули (тобто при більшому значенні k) величина λ зменшується. Параметр β - визначений для конкретних умов удару, кут падіння гранули, при якому удар без ковзання гранули переходить в удар з ковзанням. Прийняті на початку передумови при рішенні поставленої задачі обґрунтовують кут β, як величину постійну в рівнянні (7).Кут β визначається рухом робочої камери, який обумовлюється кінематикою вібраційної установки. Також коефіцієнт λ залежить від кута орієнтації φ гранули відносно робочої поверхні при ударі і конкретних фрикційних властивостей поверхні тіл, які співударяються. В більшості випадків кут падіння β і кут орієнтації φ гранули залежить від типу вибраної кінематичної схеми вібраційної установки.