



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

Матеріали
VII Всеукраїнської науково-практичної
Інтернет-конференції
10 грудня 2024 року

Полтава – 2024

Ветохін В. І., Рижкова Т. Ю., Негребецький І. С. ОСОБЛИВОСТІ ОСНАЩЕННЯ ГРУНТОВОГО КАНАЛУ ДЛЯ РЕЄСТРАЦІЇ КІНЕМАТИЧНОГО ПАРАМЕТРУ РУХУ РОТАЦІЙНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЗНАРЯДЬ	34
Гавриш Т. В., Боровікова Н. О., Пречисла А. В. ОПТИМІЗАЦІЯ УМОВ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА ЯРОГО ТРИТІКАЛЕ	37
Горєлков Д. В., Червоний В. М., Горєлкова О. С. ПЕРСПЕКТИВИ АПАРАТУРНОГО ОФОРМЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА НАПІВФАБРИКАТІВ БАШТАННИХ КУЛЬТУР	40
Горик О. В., Брикун О. М., Камишов С. С. ЕНЕРГЕТИЧНА МОДЕЛЬ УДАРНОГО КОСОГО КОНТАКТУ ТВЕРДОЇ ЧАСТИНКИ З ПЛАСТИЧНИМ МАТЕРІАЛОМ	43
Дідур В. В. ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ СУПУТНІХ РЕЧОВИН НА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РИЦИНОВОЇ ОЛІЇ	47
Dobranskyi S. DIRECTIONS OF IMPROVING THE STRUCTURE AND CONTENT OF METHODOLOGICAL WORK IN INSTITUTIONS OF PROFESSIONAL HIGHER EDUCATION	49
Дрожчана О. У. НЕБЕЗПЕКИ НЕЩАСНИХ ВИПАДКІВ НА РОБОЧИХ МІСЦЯХ	53
Дудник Д. В., Пінько Д. В., Дудник В. В. ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРЕТИНІВ СТОЙКИ З ГНУЧКОГО ТРУБЧАСТОГО ЕЛЕМЕНТА	55

УДК 621.924.9

ЕНЕРГЕТИЧНА МОДЕЛЬ УДАРНОГО КОСОГО КОНТАКТУ ТВЕРДОЇ ЧАСТИНКИ З ПЛАСТИЧНИМ МАТЕРІАЛОМ

*Горик О. В., доктор технічних наук, професор
Брикун О. М., кандидат технічних наук, доцент
Камишов С. С., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії
Полтавський державний аграрний університет*

Основною причиною зниження довговічності машин та механізмів є знос металевих поверхонь внаслідок їх контакту з твердими рухомими абразивними частинками. Ця проблема є характерною для більшості машин і механізмів, особливо в будівельній, сільськогосподарській, машинобудівній галузях. З іншого боку, процес масової швидкісної дії потоку металевих дрібинок широко використовується в згаданих сферах для підготовки знежирених поверхонь металевих виробів перед нанесенням на них захисних покриттів, а також для зміцнення поверхневого шару [1-2].

Відомо багато робіт вчених, у яких викладено результати досліджень дуже складного процесу струминно-абразивної обробки металевих виробів спрямованим струменем вільних металевих гранул, що розганяються через сопла за допомогою стисненого повітря. Ці роботи присвячені в основному вивченню механізму взаємодії окремої атакуючої частинки (дрібинки) з металевою поверхнею, що базуються на різних підходах та моделях, частіше при нормальному силовому тиску. Косий контакт дрібинки з пружно-пластичним півпростором на основі теорії удару подано у [3-5].

Метою роботи є використання енергетичного балансу динамічної взаємодії окремої сферичної частинки з поверхнею металевого півпростору для аналізу параметрів такого процесу при атаці під різними кутами ($40^\circ \dots 90^\circ$).

Атакована поверхня належить півпростору, який має пружні та пластичні властивості. Сферична частинка атакує поверхню зі швидкістю v під кутом α та після проникнення в поверхневий шар на деяку глибину h рикошетує зі швидкістю u під кутом β (рис. 1).

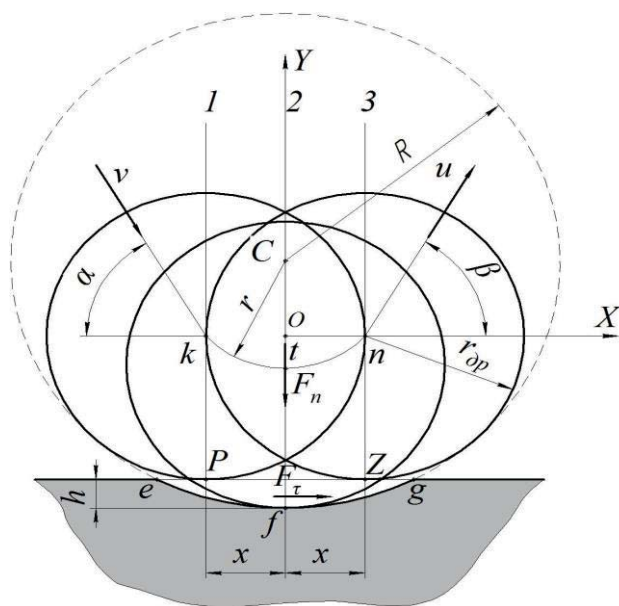


Рисунок 1 – Схема взаємодії частинки з металевим півпростором

Повна енергія системи $W(t)$, яка складається з жорсткого сферичного тіла і пружно-пластичного півпростору, у кожен момент часу t є сталою величиною і дорівнює сумі миттєвих значень кінетичної енергії тіла $T(t)$ і роботи сили інерції $A(t)$, витраченої на деформацію півпростору:

$$W(t) = T(t) + A(t) = 0,5mv_0^2 = \text{const}. \quad (1)$$

де m, v_0 – відповідно маса і початкова швидкість атаки частинки.

У випадку нормальної атаки частинки рівняння (1) набуває вигляду [5]:

$$\frac{1}{2}m\left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \frac{1}{2}ky^2 = \frac{1}{2}mv_{0n}^2, \quad (2)$$

де v_{0n} – поточна швидкість частинки по нормалі до атакованої площини;

y – поточна ордината глибини занурення частинки (глибина лунки);

k – пружно-пластичний коефіцієнт пропорційності атакованого матеріалу [5].

Тоді швидкість частинки, як індентора, в нормальному напрямку:

$$\frac{dy}{dt} = v_n(t) = \sqrt{v_{0n}^2 - \frac{1}{m}ky^2} = v_{0n} \cos(\sqrt{k/m} \cdot t), \quad (3)$$

значення максимального проникнення сферичної частинки в півпростір:

$$h = y_{\max} = \left(\frac{mv_{0n}^2}{2} \frac{2}{k} \right)^{1/2} = v_{0n} / \sqrt{k/m}. \quad (4)$$

максимальна сила вдавлювання частинки в півпростір:

$$F_{\max} = ky_{\max} = v_{0n} \sqrt{km}, \quad (5)$$

де T_0 – кінетична енергія атакуючої частинки на початку атаки.

Слід відмітити, що розділивши максимальну силу вдавлювання (5) на площу сферичного відбитку сліду $f_s = \pi(d_{op}h_s - h_s^2)$, що залишеного частинкою (індентором) на атакованій поверхні півпростору, отримаємо пластичну твердість його матеріалу.

На основі енергетичного балансу атакуючого і атакованого тіл отримано основні співвідношення ударної взаємодії абсолютно жорсткої сферичної частинки з пружно-пластичним півпростором, під час атаки по нормалі, які повністю відповідають визначенням за раніше побудованою пружно-пластичною моделлю такої взаємодії [5], що підкреслює правильність підходів до побудови згаданих моделей.

При атаці під кутом α (рис. 1) робота сил інерції (1) будемо визначати через тангенціальну силу опору F_τ .

У процесі утворення лунки (сліду) довжиною l (хорда eg на рис. 1), рухаючись по колу, частинка тисне на поверхню зі змінною відцентровою силою:

$$F_n = mv^2/R, \quad (6)$$

де $R = r + r_{op} = (x^2 + h^2)/(2h) + r_{op}$ – радіус дуги efg , складові формули представлення якого визначаються за поданою вище методикою або за однією з відомих моделей [3, 5]

Відцентрова сила нормального тиску F_n частинки на поверхню викликає появу тангенціальної сили абразивного руйнування F_τ , що призводить до утворення на поверхні борозенки (лунки) внаслідок пластичних деформацій та мікрорізання поверхневого шару:

$$F_\tau = F_n f, \quad (7)$$

де f – коефіцієнт абразивного руйнування, величина якого за даними дослідників сягає 0,5...0,6 для найбільш поширених абразивних матеріалів при шліфуванні вуглецевих сталей (ми його отримали близьким 0,4 для вільного абразиву у вигляді сферичної частинки).

Роботу деформування $A_\tau(t)$ поверхневого шару в (1) виконує

тангенціальна сила F_τ . Тому на підставі отриманих залежностей можна записати:

$$A_\tau(t) = \int_0^l F_\tau dl = f \frac{m}{R} \int_0^l v_p^2 dl \text{ або } A_\tau(t) = f \frac{m}{r} \int_0^l v^2 dl. \quad (8)$$

Функція швидкості v (8) визначається по відомій пружно-пластичній моделі контактного удару [5], а довжина хорди l за відомими радіусом R (6) і глибиною лунки h (4).

Запропонована фізична модель-схема впливу сферичної частинки на оброблювану поверхню, суттю якої є обертально-поступальний рух частинки, дає можливість, на основі енергетичного балансу системи, визначити переміщення, швидкості, прискорення, а також сили нормального і тангенціального тиску частинки на оброблювану поверхню в процесі формування сліду (лунки), а також витрати потужності атакуючої частинки.

Список використаних джерел

1. Новіков Ф. В., Анділахай О. О. Основи струминно-абразивної обробки дрібних деталей : монографія. Харків : Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2014. 348 с.
2. Бучинський М. Я., Мохній І. Ю., Чернявський А. М. Шліфування емальованих деталей : монографія. Київ : Ліра-К, 2020. 134 с.
3. Goryk A., Koval'chuk S., Brykun O., Chernyak R. Viscoelastic resistance of the surface layer of steel products to shock attack of a spherical pellet. *Key Engineering Materials*. 2020. Vol. 864. P. 217–227.
4. Горик О.В., Брикун О.М., Черняк Р.Є. Оцінка інтенсивності абразивного руйнування металевих поверхонь дією дробоструминного факелу. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. 2017. № 47. С. 72–78.
5. Gorik A. V., Zinkovskii A. P., Chernyak R. E., Brikun A. N. Elastoplastic deformation of the surface layer of machinery constructions on shot blasting. *Strength Mater*. 2016. Vol. 48, № 5. P. 650–657.