

УДК 621.9.048

Кондратюк О.М.¹, к.т.н. доц; Серілко Л.С.¹, к.т.н. доц., Галан Ю. Я.², аспірант

¹Національний університет водного господарства та природокористування

²Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ВІБРАЦІЙНО-ВІДЦЕНТРОВОЇ УСТАНОВКИ

O.Kondratyuk, L. Serilko, Y.Galan

THE STUDYING WORK OF VIBRATION-VIRTUAL INSTALLATION

При розробці і впровадженні нової високопродуктивної фінішної обробки, використовують вібраційний метод обробки деталей складної форми в сипучому абразивному середовищі. Процес вібраційного оброблення (ВіО) супроводжується

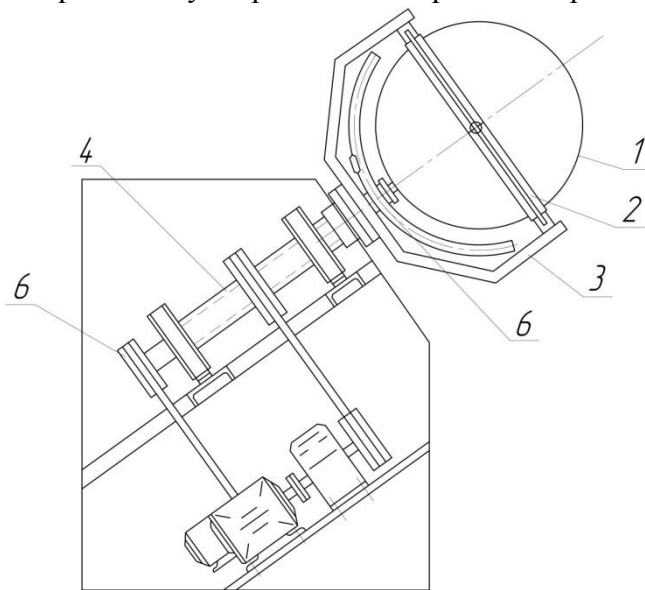


Рисунок 1 – Конструктивна схема вібраційно-відцентрової установки.

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, наявність хімічних і поверхнево-активних розчинів, які входять в склад ЗОР. Велика кількість різновидностей цього методу потребує досконалого його вивчення і дослідження.

Схему вібраційно-відцентрової установки, робоча камера якої здійснює складні кутові коливання та обертання навколо похилої осі наведено на рис.1 [1]. Робоча камера 1 шарнірно встановлена в кільці 2, яка за

допомогою підшипників кріпиться до ведучої вилки 3. Вилка 3 жорстко з'єднана з пустотілим валом 4, рух якого відбувається від електродвигуна за допомогою пасової передачі. В середині пустотілого валу 4 знаходиться вал 5 кривошипного механізму 6, який здійснює кутові коливання робочої камери 1. Виберемо нерухому систему координат $Oxyz$ (рис 2), яка зв'язана з корпусом вібраційно-відцентрової установки (ВВУ). Вилка 1 повертається навколо осі Oy на кут α , рамка 2 навколо осі Oz на кут β , а камера 3 навколо осі Ox на кут γ . Зв'яжемо з вилкою 1 систему координат $Ox_1y_1z_1$, з рамкою 2 $Ox_2y_2z_2$, із камерою 3 $Ox_3y_3z_3$. Оскільки вилка 1 обертається навколо осі Oy з постійною кутовою швидкістю ω_1 , то $\alpha = \omega_1 \cdot t$. Кривошип O_1A обертається навколо осі Oy з постійною кутовою швидкістю ω_2 , отже $\varphi = \omega_2 \cdot t$, тоді кути β і γ будуть рівні: [2]

$$\begin{cases} \beta = \arctg \frac{r \cdot \sin \varphi}{H}; \\ \gamma = -\arctg \frac{r \cdot \cos \varphi}{\sqrt{H^2 + r^2 \sin^2 \varphi}}. \end{cases} \quad (1)$$

де r - радіус кривошипа, $H = O_1O$ відстань між початком координат $Oxyz$ і площиною обертання кривошипа O_1A .

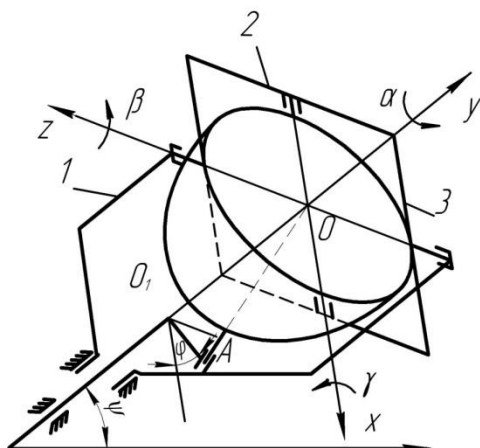


Рисунок 2 – Схема нерухомої системи координат Охуз

Прийmemo відношення конструктивних параметрів $\lambda = \frac{r}{H}$. Згідно досліджень [2] величина $\lambda \leq 0.25$, що забезпечує стійку роботу ВВУ з амплітудою кутових коливань β і γ не більше 15° .

Розглянемо умовну рівновагу частинки абразиву, яка знаходиться на внутрішній поверхні камери. Згідно принципу Д'Аламбера [3] будемо мати:

$$\vec{P} + \vec{N} + \vec{F}_T + \vec{\phi} = 0 \quad (2)$$

де \vec{P} – сила тяжіння, \vec{N} – нормальна реакція поверхні камери, \vec{F}_T – сила тертя, $\vec{\phi}$ – сила інерції, $\vec{\phi} = -m\vec{a}$.

Проведемо через кожену точку M_i з координатами (x_i, y_i, z_i) , $(i=1...12)$ нормаль, вектор якої матиме координати:

$$X_i = -x_i; Y_i = -y_i; Z_i = -z_i. \quad (3)$$

Проектуючи рівняння (2) на нормаль отримаємо:

$$N = P_n + \phi_n, \text{ де } \vec{P} = m\vec{g}, N' = \frac{N}{m} = g_n + a_n. \quad (4)$$

Вектор прискорення вільного падіння має координати:

$$g_x = -g \cos \psi; g_y = g \sin \psi, g_z = 0. \quad (5)$$

де ψ кут нахилу осі Оу до горизонту.

Знаючи проекції прискорення точки M_i на координатні осі a_{xi}, a_{yi}, a_{zi} можна визначити величину N' .

$$N' = \frac{(g_x + a_{xi})X_i + (g_y + a_{yi})Y_i + (g_z + a_{zi})Z_i}{\sqrt{X_i^2 + Y_i^2 + Z_i^2}}. \quad (6)$$

Визначимо кінетичну енергію частинки абразиву, яка знаходиться в точці M_i в моменти часу, коли проходить відрив частинки абразив від камери $N' > 0$.

$$E_k = \frac{mV_i^2}{2} = \frac{m(V_{xi}^2 + V_{yi}^2 + V_{zi}^2)}{2} \quad (7)$$

де V_{xi}, V_{yi}, V_{zi} – проекції швидкості точки M_i на осі координат в момент часу t_k .

Тоді кінетична енергія, яку віддає камера частинкам абразиву в точці M_i за час t_1 буде рівна:

$$T_i = \sum_{k=1}^{t_1} E_k \quad (8)$$

Кінетична енергія, яку отримують частинки абразиву від всієї камери за час t_1 буде рівна:

$$T = \sum_{i=1}^{80} T_i \quad (9)$$

Величина t_1 визначається з умови, що за цей час робоча камера здійснить повне число обертів навколо осі Oy .

$$t_1 = \frac{60}{\Delta n_1} \quad (10)$$

де Δn_1 – крок зміни частоти обертання камери навколо осі Oy .

Після цього визначаємо кінетичну енергію, яку віддає камера частинці абразиву одиничної маси за час t_1 .

$$T' = \frac{T}{m \cdot t_1} \quad (11)$$

На рис. 3 наведена поверхня відгуку залежності питомої кінетичної енергії T' від частоти обертання вилки n_1 і кривошипа n_2

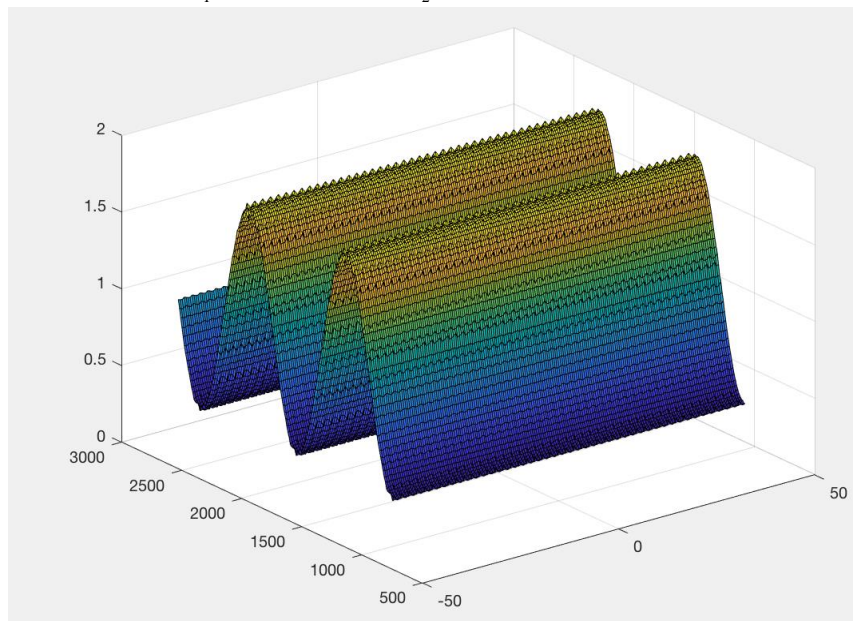


Рисунок 3 – Поверхня відгуку залежності питомої кінетичної енергії T' від частоти обертання вилки n_1 і кривошипа n_2

1. Пат. 109854 МПК В24 В31/6. Вібраційно-відцентрова установка. / Кондратюк О.М., Галан Ю.А., Ляшук О.Л., Скиба О.П. Бюл. №17, 12.09.2016.

2. Аналіз визначення сили різання і зняття металу при обробці деталей в абразивному середовищі вібраційно-відцентрового станка / Л.С. Серілко, О.М. Кондратюк / Всеукраїнський науково – технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях». Випуск №2 (47), 2007. С. 64-69.

3. Павловський М.А. Теоретична механіка: Підручник. – К.: Техніка, 2002 р. – 512 с.: іл.
4. <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BA%D0%BE%D1%81%D0%B0%D0%B5%D0%B4%D1%80>