

УДК 621.31.

**І.Луців, канд.техн.наук; Ю.Семків**

*Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя*

## **МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ВІБРАЦІЙНО - ВІДЦЕНТРОВОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ТІЛ ОБЕРТАННЯ**

*В роботі розроблено умову для моделювання оптимальних параметрів вібраційно – відцентрової обробки деталей типу тіл обертання, що може бути основою для синтезу вібраційних машин для даної технології.*

### **Умовні позначення**

$M_d$  – маса оброблюваної деталі, кг;  
 $m$  – маса вібраційної машини, кг;  
 $C_1$  – жорсткість середовища обробки, Н/м;  
 $C_2$  – жорсткість пружної системи, Н/м;  
 $K_1$  – в'язкість середовища обробки;  
 $K_2$  – в'язкість пружної системи;  
 $\omega_{1,2}$  – частота власних коливань, с<sup>-1</sup>;  
 $t_{пл}$  – температура плавлення металу, ° К;  
 $T$  – постійна часу, с;  
 $V$  – швидкість деформації, м/с;  
 $S$  – площа поверхні обробки, м<sup>2</sup>;  
 $W$  – потік потужності,  $\frac{КДж}{М^2 \cdot хв}$ ;

У практиці машинобудування триває процес оновлення технології за рахунок використання нових технологічних засобів та нетрадиційних методів обробки. Це призводить не тільки до покращення основних характеристик якості деталей, підвищення продуктивності, але і до зміни міцності поверхневого шару. Так, наприклад, поряд з відомими механічної обробки в процес виготовлення деталей циліндричної форми може бути включена операція зміцнення поверхневого шару пластичним деформуванням. З цією метою використовують вібраційно–відцентрові машини [1,2].

Для підвищення якості та ефективності впровадження нових технологій необхідно розробляти методи та алгоритми моделювання і автоматизації проектування технологій, орієнтовані на ЕОМ . Широкого застосування набули, зокрема, структурні методи, які дозволяють максимально використовувати інформацію про структуру технології (кожній типовій ланці технології відповідає певна модель, (рис. 1)).

Запропоновану технологію деформування можна оцінити такими показниками, як: трудомісткість, продуктивність, якість та ін. Значення кожного показника охарактеризуємо параметрами  $K_i$ , де  $i = 1, 2, 3 \dots n$ . Пристрій для реалізації технологічного процесу складається з  $N$  елементів, і тому цільова функція:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^N K_{ij} = K_0, \quad (1)$$

де  $K_0 \rightarrow extr$ ;

$K_{ij}$  – приведений параметр  $i$ -го показника для елемента  $j$ .



Рис. 1. Структура концептуальної моделі

Найбільш раціональним підходом до створення нових рішень можна вважати принцип суміщення функціональних призначень різних елементів, що веде до скорочення їх загального числа:  $N \rightarrow \text{min}$ .

В даному випадку загальний показник якості прямує до екстремального значення  $K_i \rightarrow \text{max}$ , максимальне підвищення якості здійснюється при мінімумі затрат, бо забезпечується більш високими можливостями окремих елементів, які проявляються при їх об'єднанні. Базуючись на таких принципах оцінки процесу впровадження, розробимо структурну математичну модель технології вібраційно-відцентрової обробки (рис. 1).

Реалізація вібраційно-відцентрового процесу здійснюється на машинах, в роботі яких використовують явище самосинхронізації динамічних систем або вібраційне підтримання обертових рухів незрівноважених роторів.

Принципову схему вібраційно-відцентрової машини з вертикальною віссю обертання деталей подані відповідно на рис. 2)

В контейнер 1, в якому під дією відцентрової сили сформувалося кільце сталених кульок 5, встановлюється деталь 3. Маючи власний обертовий рух, деталь 3 втягується в процес обкатування разом з кільцем сталених кульок 5. При цьому кулькам 5, які обертаються разом з корпусом 4, безпосередньо від приводу 2 додатково надаються коливні рухи, що визначаються вібратором та пружною системою 6. Деталі у сформованому середовищі сталених кульок 5 при обробці мають надзвичайно складний рух.

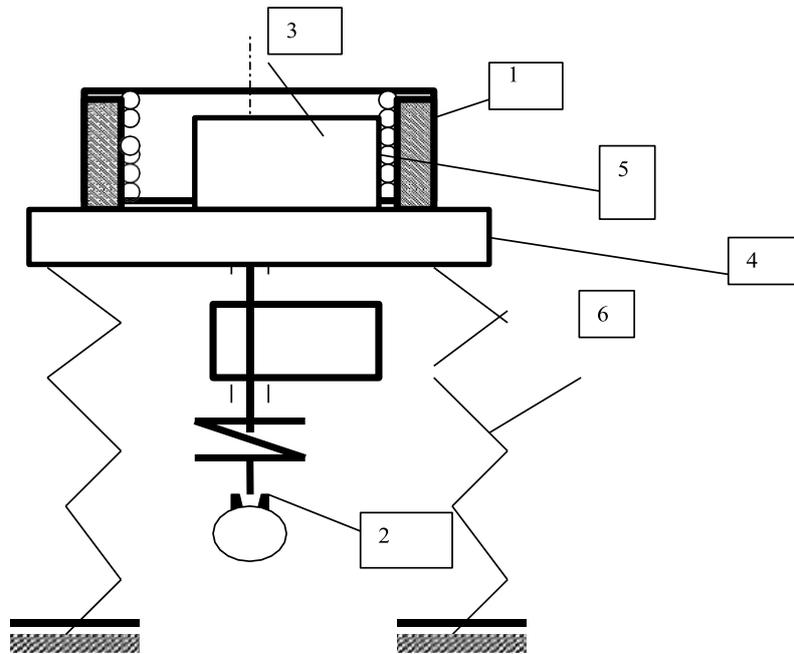


Рис.2. Схема обробки деталей на вібраційній машині з вертикальною віссю обертання деталі

Ідеалізуючи конструкцію вібраційно-відцентрових машин на основі їх динамічної моделі (рис. 3), приходимо до системи диференціальних рівнянь другого порядку

$$\begin{cases} \ddot{Z} + \frac{2 \cdot K_2}{M_d} \cdot \dot{Z} + \frac{2 \cdot C}{M_d} \cdot Z = \frac{2 \cdot K_2 \cdot \dot{X}_1}{M_d} + \frac{2 \cdot C_1 \cdot X}{M_d} \\ \ddot{X} + \frac{2 \cdot (K_1 + K_2)}{m} \cdot X + \frac{2 \cdot (C_1 + C_2)}{m} \cdot \dot{X} - \frac{2 \cdot K_1}{m} \cdot \dot{Z} - \frac{2 \cdot C_1}{m} \cdot Z = 0 \end{cases}, \quad (2)$$

де  $Z$ ,  $X$  – вертикальне і горизонтальне переміщення.

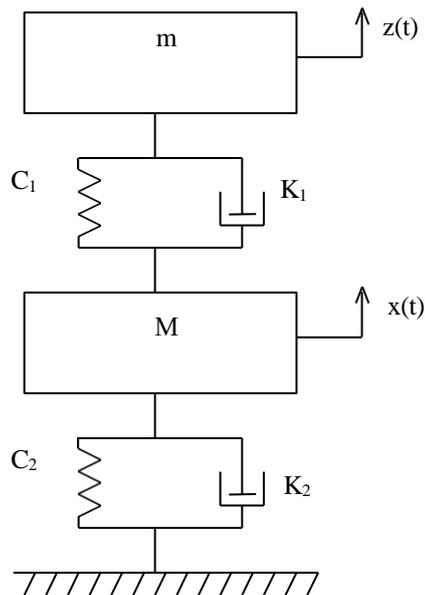


Рис. 3. Динамічна модель вібраційної машини

Парціальні частоти власних коливань:

$$\omega_1 = \sqrt{2 * C_p / M_d}, \quad (3)$$

$$\omega_2 = \sqrt{2 * C_p / m}, \quad (4)$$

де  $C_p = C_1 * C_2 / (C_1 + C_2)$ .

Передаточна функція для відносних переміщень  $Z(t)-x(t)$

$$W(S) = \frac{Z(S) - X(S)}{X(S)} = \frac{M_d * S^2}{M_d * S^2 + K_i * S + C_1}, \quad (5)$$

або

$$W(S) = \frac{T^2 * S^2}{T^2 * S^2 + 2 * \gamma * T * S + 1}; \quad (6)$$

де  $T$  – постійна часу,

$\gamma = \frac{K_i}{2 * \sqrt{C_1 * M_d}}$  – відносний коефіцієнт затухання.

Амплітудно-частотні характеристики переміщень та прискорень дають можливість визначити вплив цих параметрів на динаміку процесу (рис.4, рис.5)

В процесі поверхнево-пластичної деформації поверхневого шару деталі робота деформації в значній мірі переходить в тепло. На основі експериментальних даних встановлено, що коефіцієнт виходу тепла  $\eta = 0,85 \dots 0,90$ .

Енергія пластичної деформації дорівнює

$$E = D_\sigma * D_e; \quad (7)$$

де  $D_\sigma$ ,  $D_e$  – відповідно девіатори напружень і деформацій в зоні контакту оброблюваної деталі з середовищем обробки (сталюною кулькою).

Кількість тепла, що виділяється:

$$E_T = \eta * E. \quad (8)$$

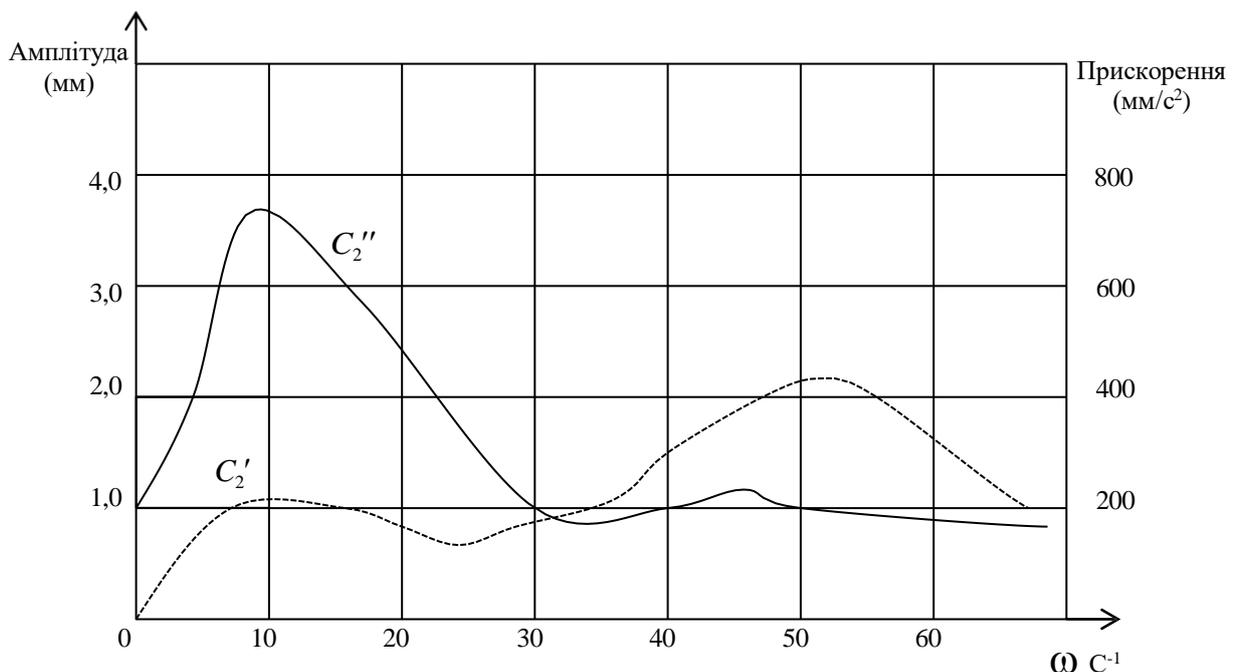


Рис.4. Амплітудно-характеристика підпружиненої маси  $m$  вібраційної машини

При нагріванні до температури  $0,15 \cdot t_{nl} < t < 0,25 \cdot t_{nl}$  структура деформованого металу змінюється. Це викликає зміни фізичних і механічних властивостей: знижується твердість поверхневого шару, підвищується пластичність. І тому необхідно в процесі обробки знати розподіл температури і теплових потоків.

Відносні переміщення  $Z(t) - X(t) = A(t)$  – становлять амплітуду коливань оброблюваної деталі  $M_d$ , що створює енергію коливань  $E(t) = 1/2 m A^2(t) \omega^2$

$$A(t) = W(S) \cdot X(t), \tag{9}$$

де  $X(t)$  – амплітуда коливань вібро машини під дією вібратора з силою  $F(t)$ .

Результати зміни амплітуди в залежності від частоти зображені на рис.4, рис.5.

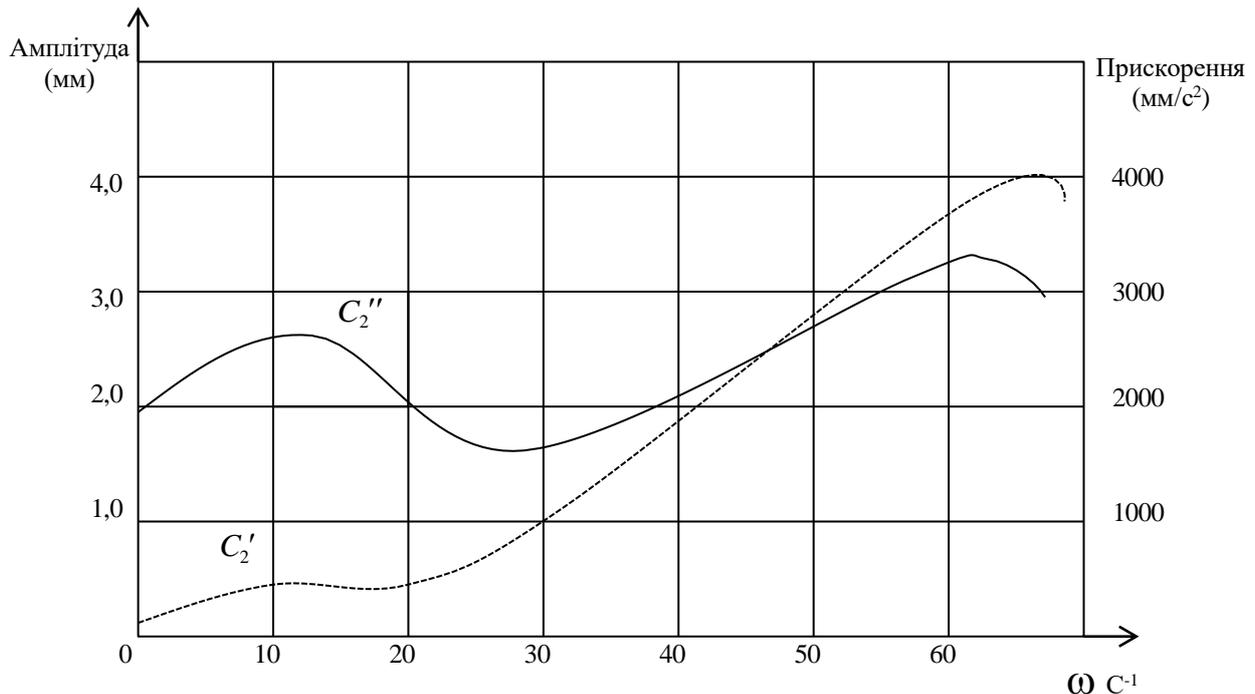


Рис. 5. Амплітудно-частотна характеристика маси  $m$  та оброблюваної деталі  $M_d$

Встановлено, що зміна мікротвердості по глибині поверхневого шару деталі залежить від потоку потужності  $W$ , який визначає кількість енергії, що проходить за одиницю часу через одиницю поверхні. Існує максимально допустима величина (для металів)  $W = 20$  КДж/м<sup>2</sup>, перевищення якої призводить до погіршення якості зміцнення поверхневого шару.

Необхідна потужність обробки

$$N = m A(t) \omega, \tag{10}$$

а, відповідно, потік потужності

$$W = (m A(t) \omega) / S, \tag{11}$$

де  $S$  – площа поверхневого шару.

Таким чином, отримуємо умову для моделювання оптимальних параметрів обробки

$$m A(t) \omega / S < W. \tag{12}$$

**Висновок.** Запропонований підхід може служити основою для вибору раціональних параметрів вібраційних машин для вібраційно – відцентрової обробки деталей типу “тіло обертання”.

*An analysis schemes of models vibration machines gives a chance to simhlify considerable the solution of complicanted dynamical problems.*

### **Література**

1. А. с. 1346409 СССР, МКИ В 24 В 39/00. Способ упрочнения деталей/ В.А.Повидайло, И.С.Афтаназив, Ю.М.Семкив (СССР). – № 3677846/25-27; заявл.29.11.83; Опубл.23.10.87, Бюл.№20.
2. 2 А. с. 1207732 СССР, МКИ В 24 В 39/04. Способ упрочнения деталей/ В.А.Повидайло, И.С.Афтаназив, Ю.М.Семкив (СССР). – № 3482031/25-27; заявл.06.08.82; Опубл.30.01.86, Бюл.№4.
3. Повидайло В.А., Семкив Ю.М., Афтаназив І.С. Визначення силових, енергетичних і технологічних параметрів при вібраційно – відцентровій обробці // Оптимізація виробничих процесів і технологічний контроль в машинобудуванні. Вісник Львівського політехнічного інституту. –Львів. -1986. -№209. - С. 73-76.
4. Семкив Ю.М, Афтаназив І.С. Покращення характеристик міцності зубчатих коліс. // Вісник Львівського політехнічного інституту.- Львів. -1988. - №220. - С.3-5.

*Одержано 25.05.2004 р.*