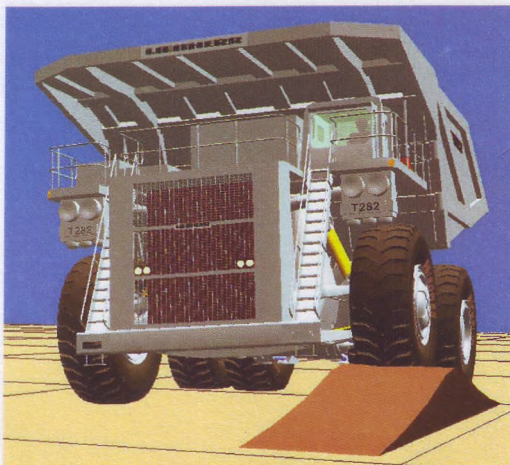


**МІЖНАРОДНА
НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**

**ТЕОРЕТИЧНІ І ПРИКЛАДНІ ЗАДАЧІ
ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ ТА
АВТОТЕХНІЧНИХ ЕКСПЕРТИЗ**

30 травня - 2 червня 2011 року

Тези доповідей



УДК 621.7
ББК 34.5
Т33

Науковий редактор: професор, доктор технічних наук В.А.Огородніков

Редакційна колегія: В.В. Драгобецький, В.М. Михалевич, Л.О. Рябічева, В.Д. Рудь

Відповідальні за випуск: М.І. Побережний, І.О. Сивак

Т33 **Теоретичні і прикладні задачі обробки металів тиском та автотехнічних експертиз. Збірник тез доповідей міжнародної науково-технічної конференції, м. Вінниця, 30 травня-2 червня 2011 року. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – 244 с.**

Тези доповідей присвячені теоретичним і прикладним задачам обробки металів тиском та автотехнічним експертизам, розвитку теорії деформованості металів без руйнування, питанням проектування, виробництва та експлуатації машин обробки тиском.

Розраховані на широке коло наукових та інженерно-технічних працівників.

УДК 621.7
ББК 34.5

© Укладання. Вінницький національний
технічний університет, 2011

МОДЕЛЮВАННЯ СИЛ КОНТАКТНОГО ТЕРТЯ ПРИ ВІБРАЦІЙНІЙ ОБРОБЦІ МАТЕРІАЛІВ ТИСКОМ

I.O. Сивак, Н.П. Бадьора, С.А. Троян, І.В. Коц, В.І. Риндюк,
м. Вінниця, ВНТУ

Застосування вібрацій в процесах обробки матеріалів тиском призводить до значного зниження зусилля деформування. Відомі результати експериментальних досліджень показують, що зниження опору деформуванню заготовок може бути пояснене зменшенням сил тертя на контактних поверхнях. Однак, отримана кількісна оцінка зменшення сил контактного тертя, а, відповідно, і зниження зусиль деформування, різна. Подальше теоретичне дослідження процесів вібраційної обробки різних матеріалів, зокрема, металів, тиском, що дозволяє узагальнити наявні експериментальні результати.

Як свідчать експериментальні дослідження, характер кривої зусилля деформування при статичному та вібраційному способах обробки однаковий. Внаслідок цього при теоретичному дослідженні процес вібраційного деформування може бути розглянуто як статичний із врахуванням сил контактного тертя за допомогою ефективного коефіцієнта тертя μ^{ef} , що визначається через коефіцієнт тертя при статичному способі деформування μ і параметри вібраційного навантаження.

Таким чином, при статико-динамічному режимі навантажування динамічне навантаження спрямоване в один бік, тобто сумарне зусилля, що діє на заготовку, завжди більше або дорівнює статичному зусиллю (тобто не відбувається розвантаження заготовки від статичного зусилля). У цьому випадку динамічне навантаження, створюване вібратором, змінюється за часом і за напрямком. Отже, сумарне зусилля, що діє на заготовку, коливається в межах від $P_{cm} - P_e$ до $P_{cm} + P_e$, здійснюючи, таким чином, розвантаження заготовки від статичного зусилля, що, в порівнянні із статичним способом, призводить до значного зниження сил контактного тертя. Такий режим навантаження, зазвичай, називають вібраційним або статико-вібраційним.

Сумарне зусилля пресування при статико-вібраційному способі навантаження може бути записане у вигляді

$$P_0 = P_{cm} + P_e \sin \omega t, \quad (1)$$

де P_{cm} - статичне зусилля преса; P_e - амплітудне значення вібраційного зусилля; ω - частота зміни вібраційного навантаження.

Величина статичного зусилля протягом малого проміжку часу, вимірюваного одним чи двома періодами зміни вібраційного навантаження, може бути приведена у вигляді

$$P_{cm} = P_{cm0} + \alpha_p vt, \quad (2)$$

де P_{cm0} - зусилля у момент часу, прийнятий через початок відліку, при якому на кожному даній ділянці діаграми пресування $P_e \sin \omega t = 0$; α_p - тангенс кута нахилу дотичної до кривої зміни сил опору деформуванню; v - швидкість переміщення повзуна преса.

Сумарна зусилля деформування з врахуванням (1) та (2)

$$P_0 = P_{cm0} + \alpha_p vt + P_e \sin \omega t. \quad (3)$$

Зниження сил тертя при вібраційному деформуванні заготовки буде в тому випадку, коли протягом кожного періоду коливань відбуватиметься її розвантаження, тобто графік функції, згідно виразу (1), матиме екстремуми при P_{max} . З (3) можна отримати, що ці екстремуми будуть при

$$t_1 = \frac{1}{\omega} \arccos \left(-\frac{\alpha_p v}{P_e \omega} \right). \quad (4)$$

Оскільки відношення P_e до α_p визначає амплітуду коливань плунжера преса A , то вираз (4) може бути переписаний у вигляді

$$t_1 = \frac{\pi}{\omega} - \frac{1}{\omega} \arccos \left(\frac{v}{A\omega} \right). \quad (5)$$

З отриманого виразу видно, що вібраційна осадка заготовки буде здійснюватися при $A\omega > v$, тобто в тому випадку, коли амплітудне значення швидкості коливання плунжера преса буде більше його статичної швидкості переміщення.

Для протікання процесу осадки заготовки необхідний постійний ріст зусилля P_0 , так як при величині $P_0 < P_{max}$, осадки не буде. Величину часу t_2 , при якій знову буде осадка, можна визначити з виразу

$$P_{max1} = P_{cm0} + \alpha_p vt_1 + P_e \sin \omega t_1 = P_{cm0} + \alpha_p vt_2 + P_e \sin \omega t_2$$

або

$$\alpha_p vt_1 + P_e \sin \omega t_1 = \alpha_p vt_2 + P_e \sin \omega t_2. \quad (6)$$

Таким чином, протягом кожного періоду коливань осадка заготовки буде відбуватися в проміжку часу $(t_2, t_1 + T)$. У цьому випадку робота сил тертя за один період коливань $T = \frac{2\pi}{\omega}$ при вібраційній осадці

$$A_T^e = \int_{t_2}^{t_1+T} \tau dh,$$

де dh - переміщення точки прикладання сил контактного тертя τ . Після ряду математичних перетворень отримаємо наступний вираз:

$$A_T^e = \mu P_{cm} v_R \left(\frac{2\pi}{\omega} + t_2 - t_1 \right). \quad (7)$$

Аналогічно робота сил тертя за час, що дорівнює одному періоду коливань, при статичній осадці

$$A_T^c = \mu^{ef} (P_{cm} + P_e) v_R \frac{2\pi}{\omega}. \quad (8)$$

Порівнюючи вирази (7) і (8) та виконуючи певні нескладні перетворення, отримаємо із врахуванням того, що максимальне значення $P_0 = P_{cm} + P_e$ наступний вираз:

$$\frac{\mu^{ef}}{\mu} = \left(1 - \frac{P_e}{P_0} \right) \left(1 - \frac{t_2 - t_1}{2\pi} \omega \right). \quad (9)$$

Як видно з виразу (9), ефективний коефіцієнт тертя μ^{ef} при вібраційній осадці залежить від співвідношення між вібраційним і статичним зусиллями та від співвідношення між швидкостями переміщення плунжера преса при статичному та вібраційному навантаженнях.

Аналітичні розрахунки для перевірки отриманих результатів експериментальні дослідження показали, що зі збільшенням частоти коливань і амплітуди вібраційного навантаження відбувається зниження сил контактного тертя, причому більший вплив на це зниження надає величина вібраційного навантаження. При збільшенні ступеня деформації заготовки ϵ відбувається збільшення α_p і P_{cm} , в результаті чого, як видно з виразів (4), (6) і (9) відбувається збільшення часу t_1 , зменшення t_2 і, відповідно, збільшення відношення $\frac{\mu^{ef}}{\mu}$, тобто

під час вібраційної осадки заготовок ефективний коефіцієнт тертя різний при різних значеннях ступеня деформації і в основному залежить від співвідношення між статичною та вібраційною складовою навантаження і росту кривої опору деформуванню. Вплив частоти коливань на ефективний коефіцієнт тертя є незначним. Величина зусилля при вібраційній осадці заготовки зменшується зі збільшенням величини вібраційного навантаження.

Висновок.

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження процесу статично-вібраційної осадки заготовок показали, що при прикладанні вібраційного навантаження відбувається зменшення сил контактного тертя. Підбір співвідношень між статичною і вібраційною складовою навантаження при деформації заготовок сприяє зниженню сил контактного тертя при забезпеченні заданої швидкості деформування і зменшенні енергетичних витрат приводу преса в цілому.