

УДК 621.65

Гурняк Л.І., Гуцуляк Ю.В.

ДУ “Львівська політехніка”, кафедра опору матеріалів

ДИНАМІЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ У КЛАПАННИХ МЕХАНІЗМАХ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЇХ МІНІМІЗАЦІЇ ПРУЖНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

© Гурняк Л.І., Гуцуляк Ю.В., 2000

Розглянуто вплив швидкості спрацювання клапанних механізмів на динамічне навантаження поверхонь їх контакту, коли удар є жорстким і коли удар гаситься пружними елементами. Одержано співвідношення між відповідними силовими, конструктивними та кінематичними параметрами.

Надійність клапанних механізмів визначається найперше їх герметичністю і циклічною довговічністю. Забезпечення надійності досягається за рахунок оптимізації величини контактної тиску, при якому технічні вимоги до герметичності будуть забезпечуватися одночасно з вимогами до кількості робочих циклів. Однак при застосуванні пневматичних, гідравлічних або електромагнітних приводів великі швидкості спрацювання є причиною значних додаткових динамічних навантажень на ущільнюючі поверхні. Сили інерції іноді можуть у декілька разів перевищувати статичні сили, необхідні для забезпечення герметичного контакту, що негативно впливає на циклічну довговічність клапанних механізмів.

Розроблені різноманітні методи мінімізації інерційних сил [1, 2] не завжди мають теоретичне обґрунтування і часто їх ефективність перевіряється виключно дослідним шляхом. У більшості випадків для таких обґрунтувань досить встановити залежність між швидкістю рухомих мас у момент удару та зміною контактної тиску, спричиненого силами інерції.

Розглянемо, наприклад, типову схему клапанного механізму, показано на рис. 1.

Нехай клапанний механізм має шток масою m_1 , рухомі деталі його приводу – масу m_2 , а швидкість їх у момент удару з сідлом – V . Маса самого клапана, як правило, мала порівняно з масами m_1 і m_2 .

При ударі виникають рівномірно розподілені вздовж штока сили інерції інтенсивністю q та зосереджена сила інерції у точці прикладання маси m_2 , які зрівноважені динамічною реактивною силою R .

Скориставшись принципом суперпозиції сил, визначимо вплив кожної маси окремо.

Для маси m_1 рівняння енергетичного балансу у момент удару має такий вигляд:

$$\frac{m_1 V^2}{2} = \int_0^l \frac{(qz)^2 dz}{2EF},$$

де E – модуль пружності матеріалу штока; F – площа його поперечного перерізу; l – довжина штока.

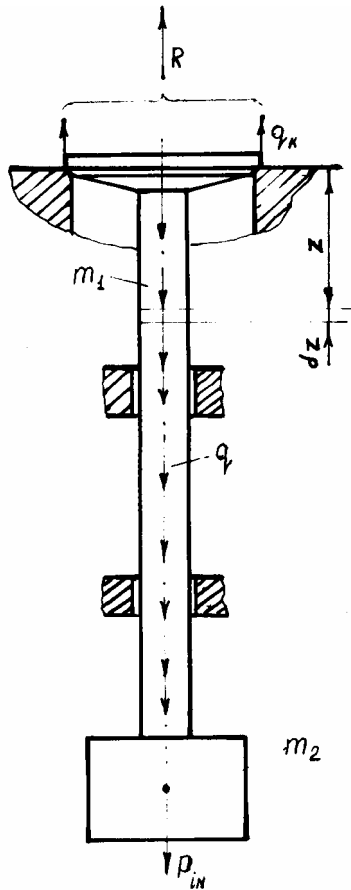


Рис.1. Типова схема клапанного механізму

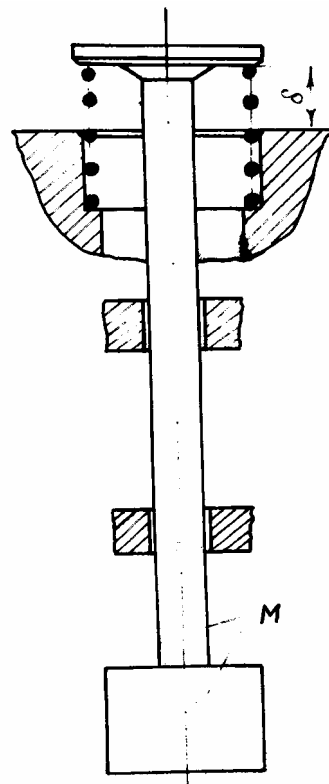


Рис.2. Схема клапанного механізму з пружним елементом

Звідси знаходимо інтенсивність розподілених вздовж штока сил інерції:

$$q = \sqrt{\frac{3EFV^2 m_1}{l^3}}$$

Враховуючи те, що $m_1 = Fl\rho$, де ρ – густина матеріалу, отримаємо:

$$q = \frac{FV}{l} \sqrt{3E\rho}$$

Вважаючи тепер шток невагомим, маса m_2 при поздовжньому ударі спричиняє силу інерції [3]:

$$P_{\mu'} = m_2 g \left(1 + \sqrt{1 + \frac{V^2}{g\Delta_{cm}}} \right),$$

де g – прискорення земного тяжіння; Δ_{cm} – видовження штока при його статичному навантаженні вагою $Q = m_2 g$.

За умови рівноваги сил

$$R = ql + P_{\mu'}$$

Звідси

$$\Delta q_r \pi d \delta = FV \sqrt{3Eg} + Q \left(1 + \sqrt{1 + \frac{V^2}{g\Delta_{cm}}} \right), \quad (1)$$

де Δq_k – приріст величини статичного тиску; d – середній діаметр ущільнюючих поверхонь; δ – ширина зони їх контакту.

Формула (1) дає змогу визначити приріст навантаження по ущільнюючій поверхні залежно від швидкості спрацювання клапанних механізмів та величини рухомих мас. Обмеження динамічної складової контактного тиску досягається або дублюванням взаємодіючих поверхонь, або зменшенням швидкості руху у момент удару, яке забезпечується в малогабаритній арматурі пружними амортизаторами. Дублювання поверхонь є технологічно складним, тому має обмежене застосування.

При використанні пружних елементів рівняння енергетичного балансу взаємодії рухомих мас $M = m_1 + m_2$ з пружиною можна записати у вигляді:

$$E_2 - E_1 = A_{12},$$

де E_1 – кінетична енергія рухомої маси M у початковий момент удару; E_2 – кінетична енергія у кінцевий момент удару, яка визначається граничною величиною переміщення δ до опорної поверхні (рис.2); A_{12} – робота, витрачена на деформування пружини.

Зміна кінетичних енергій пропорційна зміні швидкості ΔV :

$$E_2 - E_1 = -\frac{M(\Delta V)^2}{2}.$$

Робота, витрачена на деформування пружини:

$$A_{12} = \int_0^{\delta} (Mg - k\lambda) d\lambda = Mg\delta - k \frac{\delta^2}{2},$$

де k – коефіцієнт жорсткості пружини; $0 \leq \lambda \leq \delta$ – переміщення пружини у довільний момент між початком і кінцем удару.

Враховуючи одержані вирази, рівняння енергетичного балансу матиме такий вигляд:

$$-\frac{M(\Delta V)^2}{2} = Mg\delta - k \frac{\delta^2}{2}.$$

Звідси

$$\Delta V = \sqrt{g\delta \left(\frac{\delta}{\delta_{cm}} - 2 \right)}, \quad (2)$$

де $\delta_{cm} = \frac{Mg}{k}$ – переміщення пружини при її статичному навантаженні вагою Mg .

На основі формули (2) можна оцінити ефективність роботи пружного амортизатора, якщо величини k і δ відомі, або можна підібрати жорсткість пружини і величину її граничного переміщення такими, щоб ефективність амортизації була максимальною.

1. Уплотнения и уплотнительная техника / Под ред. А.И.Голубева, Л.А.Кондакова. М., 1986. 2. Кармугин Б.В., Кисель В.Л., Лазебник А.Г. Современные конструкции малогабаритной пневмоарматуры. К., 1980. 3. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С.Писаренко, А.П.Яковлев, В.В.Матвеев. К., 1988.

УДК 669.14.18

Дурягіна З.А.

ДУ “Львівська політехніка”, кафедра фізики металів та матеріалознавства

ВИКОРИСТАННЯ ПЛАЗМОВОГО ОБРОБЛЕННЯ ДЛЯ СТВОРЕННЯ МЕТАСТАБІЛЬНИХ ЗАХИСНИХ ШАРІВ НА КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛАХ

© Дурягіна З.А., 2000

Показано доцільність оброблення конструкційних матеріалів водневою плазмою для підвищення корозійно-механічної стійкості у розплавах металів.

Як відомо [1], обробка поверхневих шарів конструкційних матеріалів високотемпературною імпульсною плазмою дає змогу модифікувати поверхню аналогічно лазерному опроміненню, але має ряд суттєвих переваг: не утворюються поверхневі тріщини, не потрібне сканування променя по поверхні, легування поверхні здійснюється атомами робочого газу тощо.

У роботі подані результати по використанню плазмового оброблення сталей марок 12Х13, 12Х18Н10Т, 07Х13АГ20 для підвищення їх корозійно-механічної стійкості у розплаві свинцево-літєвої евтектики.

Зразки досліджуваних матеріалів опромінювались водневою плазмою на плазмотроні НО-01 типу електромагнітної ударної труби імпульсом, тривалістю 1...5 мкс, з густиною потужності випромінювання – 50...150 Дж/см², з прискорюючим напруженням – 34 кВ.

Оброблені так зразки досліджувались у вихідному стані та після ізотермічних витримок у розплаві свинцево-літєвої евтектики. Будова поверхневих шарів оцінювалась за результатами металографічного аналізу, характеру зміни мікротвердості та рентгенографічного аналізу на пристрої “ДРОН-5М” з машинним обробленням даних.

Металографічним аналізом встановлено, що на зразках сталі 12Х13 феритомартенситного класу у приповерхневих шарах спостерігається утворення дрібнокристалічної структури, яка має різний ступінь травлення за глибиною шару. Збільшуючи густину потужності випромінювання від 50 до 150 Дж/см², вдається відповідно збільшити глибину модифікованого шару від 10 до 30...40 мкм. Найбільше зацікавлення викликає тонкий (3...5 мкм) шар, що не протравлюється на зерно. Як правило, він знаходиться на поверхні або в приповерхневій зоні. Рентгеноструктурний та електронно-мікроскопічний аналізи дали змогу встановити його “коміркову”, дрібнокристалічну будову з розміром комірок приблиз-