

Використання переносних димовсмоктувачів (ДП-7, ДП-10) ефективне тільки на початковій стадії розвитку пожежі в приміщеннях з малою кількістю отворів (підвалах), коли виникне нерівність:

$$G_{утв}^{n.г.} < G_{вид}^{n.г.}$$

Для більш ефективного використання переносних димовсмоктувачів, на думку авторів, доцільно передбачити комплектування ними основних пожежних автомобілів (автоцистерн).

Необхідне створення нових, ефективних, простих і дешевих в експлуатації пристроїв, які були б призначені для створення сприятливих умов для роботи підрозділів пожежної охорони при гасінні пожеж у приміщеннях з обмеженою кількістю отворів.

Потрібен пошук і впровадження більш ефективних способів використання існуючих переносних пожежних димовсмоктувачів ДП-7, ДП-10 під час гасіння пожеж.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Слагін Г.І., Шкарабура М.Г., Кришталь М.А., Тищенко О.М. "Основи теорії розвитку і припинення горіння", (скорочений курс). – Черкаси: ЧПБ, 2001. – 448 с.
2. Демидов П.Г., Саушев В.С. "Горение и свойства горючих веществ. Учебное пособие" – Москва: Высшая инженерно-техническая школа МВД СССР, 1975. – 278 с.
3. Астапенко В.М., Кошмаров Ю.А., Молчадский И.С., Шевляков А.Н. "Термогазодинамика пожаров в помещениях" – Москва: Стройиздат, 1988. – 448 с.
4. Иванников В.П., Клюс П.П. "Справочник руководителя тушения пожара" – Москва: Стройиздат, 1987. – 288 с.

УДК 614.84

В. І. Луц

ОПТИМІЗАЦІЯ ЗГИНАЛЬНИХ ТА КОНТАКТНИХ НАПРУЖЕНЬ В ЕЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦІЇ ПРОРІЗНОЇ КОМПЕНСАЦІЙНОЇ МУФТИ.

В статті розглянуто питання оптимізації конструктивних параметрів нової конструкції пружної компенсаційної муфти, особливості її експлуатації, переваги та недоліки. Основну увагу приділено оптимальному співвідношенню згинальних та контактних напружень та їх впливу на термічний стан конструкції.

Один із найбільш розповсюджених способів з'єднання неспіввісних валів – використання пружних компенсаційних муфт, характерною деталлю яких є еластичний компенсаційний елемент, що деформується в процесі експлуатації муфти.

Еластичні компенсаційні елементи таких муфт як правило виготовляють із гумових (рідше поліуретанових) матеріалів, які бояться експлуатації при підвищених температурах, що нерідко трапляється при гасінні пожеж. Інший різновид компенсаційних елементів – металеві пружини та мембрани – стійкі до високих температур, але мають ряд недоліків, а саме – висока вартість муфти, мала надійність, великі габаритні розміри (особливо радіальні).

В даній роботі розглядається нова конструкція компенсаційної муфти, яка в певній мірі позбавлена перелічених вище недоліків за рахунок двох особливостей.

По-перше, муфта виготовлена з металу, по-друге – вона є суцільною, тобто не має складальних одиниць, що суттєво позначається на її вартості, надійності та радіальних габаритах.

Конструкція такої муфти представлена на рис. 1. Як видно із рисунка, основою муфти є труба із пружинної сталі, в якій з допомогою електроерозійного верстата виконано дуже вузькі ($0,25 \pm 0,75$ мм) меандроподібні прорізи, що надають муфті високої податливості, і як наслідок компенсації неспіввісності валів.

Особливістю електроерозійної обробки [4] є те, що пази можна виконувати після термообробки заготовки, що виключає короблення деталі, а також висока точність ($\pm 0,01 \pm 0,02$ мм) отриманих пазів. Для знімання дефектного шару металу з поверхні пазів та покращення параметрів шорсткості ($Ra1 \pm 2,5 \rightarrow Ra0,16 \pm 0,25$), а також для підвищення корозійної стійкості рекомендується [4] застосування електрохімічного полірування виробу.

Принцип дії муфти такий. Муфта, в не навантаженому стані, має високу податливість (рис.2, область 1), що дозволяє легко з'єднати вали між собою. При навантаженні муфти (передача моменту) вузькі пази змикаються і жорсткість муфти різко зростає (область 3).

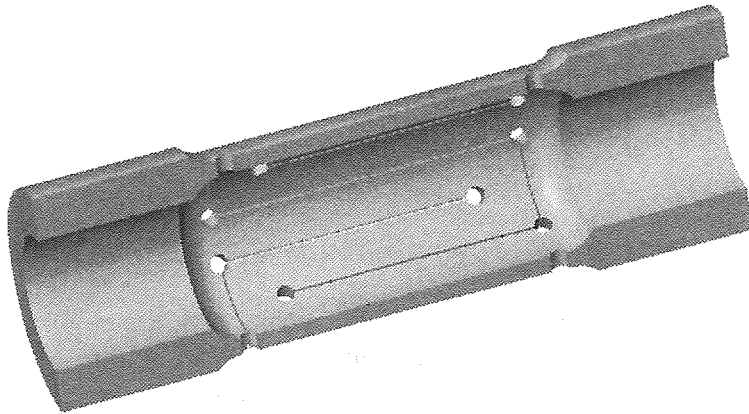


Рис.1. Конструкція прорізної компенсаційної муфти

Тобто напружено-деформований стан муфти характеризується напруженнями згину, які виникають в “пружинках” при з’єднанні валів та при деформації муфти до змикання пазів, і контактних напружень між “пружинками” при подальшому зростанні крутного моменту (після змикання пазів).

Недоліком згинальних напружень є втомна міцність муфти, тому треба по можливості зменшувати як самі напруження, так і їх концентратори. Ці параметри регулюються в основному шириною прорізаного паза – чим вузьчий паз, тим менша величина деформації пружинки, які входять в контакт між собою і, як наслідок, – меншими будуть напруження. Концентрація напружень визначається діаметром попередньо просвердлених отворів (рис.1), які замикають пази та чистотою їх поверхні, тому їх слід, по можливості, виконувати більшими та чистішими. Недоліком контакту є нагрів муфти внаслідок тертя в замкнутих пазах, тому контактні напруження теж повинні обмежуватись.

Напружено-деформований стан конструкції як до контакту її елементів між собою (область 1, рис.2), так і після завершення формування плями контакту (область 3, рис.2) зручно виконувати методом кінцевих елементів (МСЕ) [2] з використанням ЕВМ (рис.4). Деформація конструкції в області 2, рис.2 – ріст плями контакту під навантаженням та зменшення робочої довжини пружинки – зручно виконувати аналітично, взявши за початкові умови дані з чисельного розрахунку в області 1.

Із аналізу роботи муфти випливає, що основним навантаженням на елементи конструкції є неспіввісність валів Δ (рис.3) (поперечна деформація муфти) та обертовий момент T , що передається муфтою (кручення муфти). Тобто пружні елементи муфти (до контакту між собою) навантажені складним згинальним моментом $M_{зг.}$, який складається із суми моментів

M_x , M_y та M_z . Моменти M_y та M_z є наслідком деформації муфти Δ і/або δ по осях Y та Z . Момент M_x виникає внаслідок кручення муфти обертовим моментом T на величину φ (рис.2), що призводить до згину пружних елементів муфти відносно осі X та їх кручення на величину φ , внаслідок чого в елементах виникає внутрішній крутний момент $M_{кр}$.

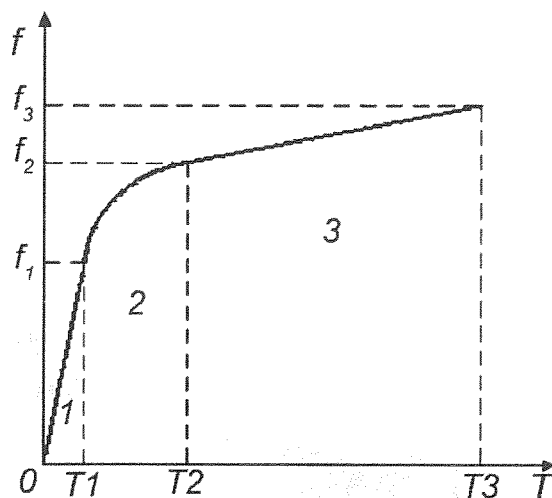


Рис.2. Залежність кутової деформації муфти від моменту, що передається

Як наголошувалося вище, пружні елементи муфти вступають в контакт між собою при зникненні зазору між ними, що є наслідком їх взаємної деформації.

Слід розрізняти деформацію елементів від з'єднання валів муфтою ($L\Delta$) та деформацію елементів від передачі обертового моменту ($L\varphi$).

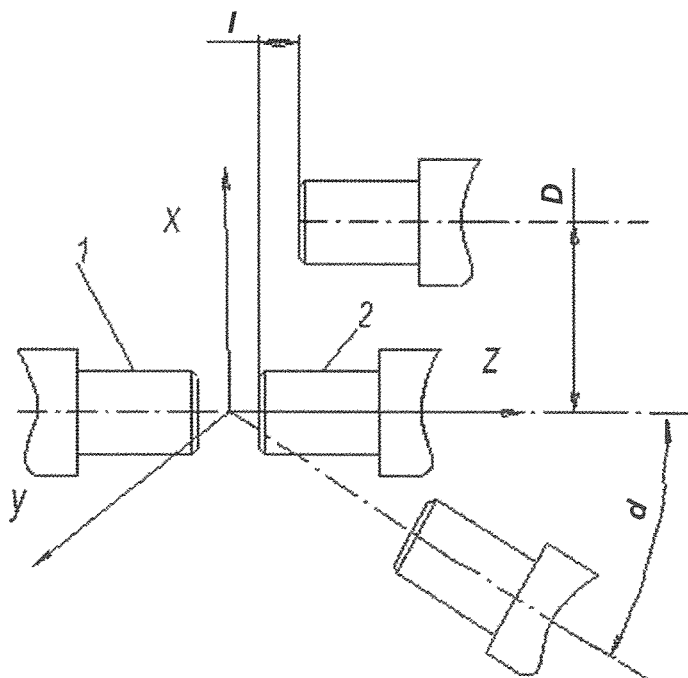


Рис.3. Відхилення валів від ідеально правильного співвісного розташування

Якщо деформація $L\varphi$ при однаковій жорсткості пружних елементів є однаковою для всіх елементів, то $L\Delta$ є різною і її величина залежить від величини Δ та кута повороту муфти відносно осі компенсації (рис.5).

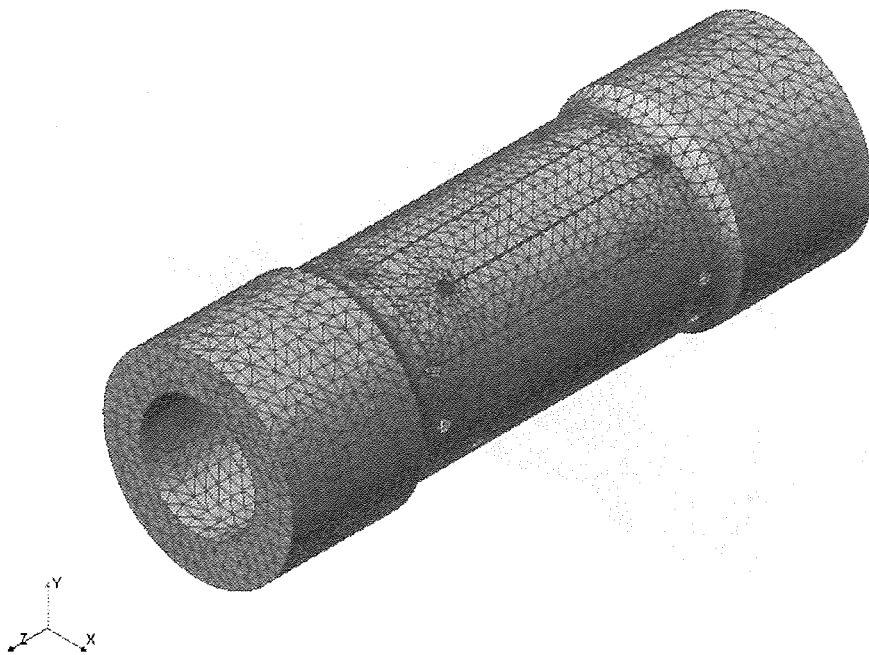


Рис.4. Розбиття конструкції на скінченні елементи з допомогою EOM

Якщо, наприклад, величина зміщення валів Δ лежить на осі Y (рис.5) то горизонтально розташовані елементи муфти деформуються в напрямі зміни (збільшення/зменшення) зазорів, а вертикально – в поперечному до зазорів напрямі і, тому, їх деформація безпосередньо не впливає на процес зміни зазору. Якщо муфту навантажити обертовим моментом T , то при деякому його значенні, величина рівномірної деформації елементів $L\phi$ призведе до контакту елементів, які розташовані біля горизонтальних зазорів. При цьому елементи, які розташовані біля вертикальних зазорів, в контакт між собою вступати не будуть. Оскільки муфта обертається відносно нерухомої осі зміщення валів, то елементи по чергово, з певним перекриттям, вступатимуть в контакт та виходитимуть з нього. Причому у муфт з парною кількістю елементів, процес входження в контакт та виходу з нього відбуватиметься парами елементів (при абсолютно однаковій жорсткості розуміється).

Еквівалентні напруження згину, які виникають при експлуатації муфти, концентруються біля отворів, які замикають пази. На рис.6 зображено картину еквівалентних напружень (4-та теорія міцності), що виникають при з'єднанні валів та передачі такого граничного значення моменту, при якому відбувається замикання пазів ($\Delta=0,2$ мм; $T=40$ Нм).

Подальше збільшення обертового моменту призводить до виникнення та зростання контактних напружень при незмінних напруженнях згину. Контактні напруження можна суттєво зменшити сформувавши конструктивним шляхом необхідну площу контакту (довжину контактної лінії). Якщо муфту припрацювати в середовищі абразивної суспензії з хорошим відведенням тепла на регульованих навантаженнях, то можна отримати досить великі площадки контакту. Як видно із рис.6 вони формуються по 2 шт. на один пружний елемент (2 пари тертя) біля отворів, що замикають пази. Причому максимума контактних та еквівалентних згинальних напружень розташовані на різних сторонах пружних елементів. Те, що контактні та згинальні напруження додадуться не погіршує ситуацію з двох причин. По-перше, напруження в зоні контакту не співпадають за напрямом, по-друге – вони досить невеликі. Наприклад, для даної муфти, при довжині контактної лінії 10 мм і товщині площадки 5 мм, збільшення обертового моменту на 100 Нм після контакту ($\Sigma 140$ Нм) викликає контактні напруження величиною 20 МПа.

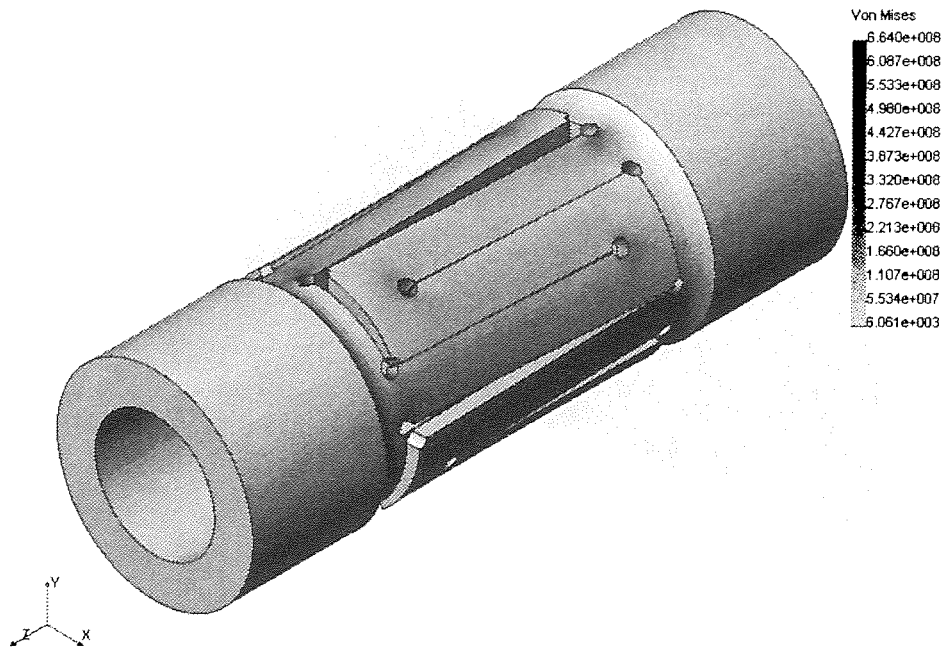


Рис.6. Картина напружено-деформованого стану муфти (деформації перебільшені)

Очевидно, що рекомендоване електрохімічне полірування муфти краще виконувати після її припрацювання.

Дещо іншою є ситуація з нагрівом, що виникає при взаємодії пружних елементів муфти. Як відомо [3], температура в зоні контакту залежить від потужності тертя та величини тепловідводу. Потужність тертя [1] визначається за формулою:

$$P_T = \frac{2\Delta T f i \omega \Delta}{\sqrt{2} d_c} ; \quad (1)$$

де $\Delta T = T_{\text{ном}} - T_{\text{поч}}$ – різниця між номінальним обертовим моментом та значенням моменту, при якому починається контакт елементів конструкції; f – коеф. тертя між елементами; i – к-сть. пар тертя; ω – кутова частота обертання муфти; Δ – величина неспіввісності валів (поперечної деформації муфти); d_c – середній діаметр муфти (площини тертя).

Підставивши $\Delta T = 100 \text{ Нм}$; $f = 0,2$; $i = 2$; $\omega = 314 \text{ рад/с}$; $\Delta = 2 \times 10^{-4} \text{ м}$; $d_c = 55 \times 10^{-3} \text{ м}$, отримуємо $P_T = 65 \text{ Вт}$.

Тепловий розрахунок муфти зручно виконати МСЕ з допомогою ЕОМ. Коеф. тепловіддачі муфти, що обертається при конвективному теплообміні з атмосферою $\alpha = 50 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times ^\circ\text{C})$ при температурі навколишнього середовища 30°C . Результат розрахунку представлено на рис.7. Як видно із картини температурного розподілу – область максимальної температури знаходиться на середній ланці пружного елемента муфти, який нагрівається з обох сторін і становить 106°C . Область мінімальної температури рівна 40°C і знаходиться на краях муфти.

Як випливає із аналізу рівняння (1) максимальна величина температури залежить від ΔT при незмінних інших чинниках та умовах, а при заданому значенні $T_{\text{ном}}$ лише від $T_{\text{поч}}$.

З цього можна зробити висновок, що оптимізація робочої температури муфти та її напружено-деформованого стану може здійснюватися за рахунок ширини паза, оскільки збільшення робочої температури муфти призводить до зменшення згинальних напружень і навпаки.

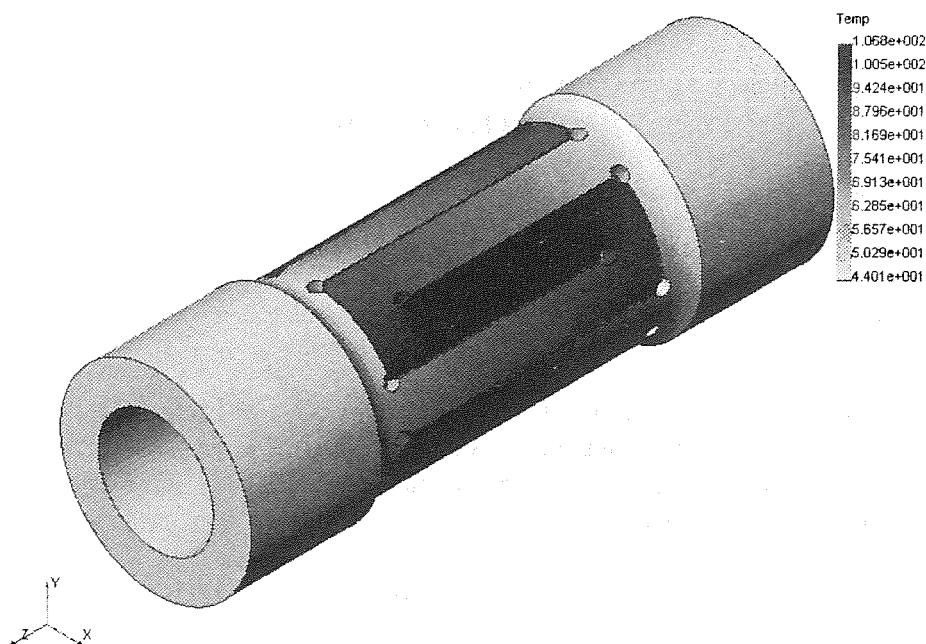


Рис.7. Тепловий розрахунок муфти МСЕ з допомогою ЕОМ

Щоб оцінити відносні втрати енергії при її передачі муфтою між валами, доцільно визначити коефіцієнт корисної дії. Як відомо:

$$\eta = \frac{P_{\text{вих}}}{P_{\text{вх}}} = \frac{P_{\text{вх}} - P_T}{P_{\text{вх}}} = 1 - \frac{P_T}{P_{\text{вх}}} =$$
$$= 1 - \frac{P_T}{T_{\text{ном}} \times \omega} = 1 - \frac{65}{140 \times 314} = 0,998$$

Хоч це і не всі фактори, що впливають на формування η (впливом внутрішнього тертя в металі знехтували), з цього можна зробити висновок про відносно малу роботу сил тертя. Цьому сприяють: низькі значення коеф. тертя ($f=0,2$ – можна зменшити мастилом), мала к-сть пар тертя ($i=2$), висока точність монтажу валів ($\Delta=0,2\text{мм}$) та великі значення внутрішніх сил (згинальних напружень) в пружних елементах конструкції.

До недоліків муфти слід віднести аксіальні габарити та неможливість з'єднання валів нерухомих агрегатів (один з них, до з'єднання, повинен мати можливість руху в напрямі осі вала).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Детали машин. Расчет и конструирование. Справочник. В 3 т. Т.1. Под ред. Н.С. Ачеркана. Изд.3-е, перераб. – М.: Машиностроение, 1968. – 440 с.
2. Расчеты машиностроительных конструкций методом конечных элементов: Справочник. Под общ. ред. В.И. Мяченкова. – М.: Машиностроение, 1989 – 520 с.
3. Справочник машиностроителя. В 6 т. Т4 кн.1. Под ред. Н.С. Ачеркана. Изд.3-е, перераб. и доп. – М.: МАШГИЗ 1963. – 448 с.
4. Технологичность конструкции изделия: Справочник. Под общ. ред. Ю.Д. Амирова. 2-е изд. Перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 768 с.