

$$W_p = 0,2D^3 \left[1 - \left(\frac{d_2}{D} \right)^4 \right]. \quad (13)$$

Що стосується інших розмірів напівмуфт, то їх можна вибирати, враховуючи загальноприйняті для муфт рекомендації [1, 6] та особливості конструкції запропонованої муфти (рис. 2):

$$d_c = (1,5 \dots 1,6)d_g; \quad l_1 = (1,25 \dots 2,0)d_g; \quad l_2 = l_1 + H_2 + \Delta_2 + \Delta_3; \quad (14)$$

$$l_3 = H_2 + \Delta_2 + \Delta_3 + (5 \dots 10)_{\text{мм}}, \quad D = d + (5 \dots 12)_{\text{мм}},$$

де d_c, d_g, l_1, l_2 – відповідно діаметр ступиць, діаметр отвору напівмуфт для вала, довжина ступиці з зовнішньою різьбою та довжина напівмуфти з внутрішньою різьбою;

$\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$ - ширина центруючого буртика, проточки та глибина впадини під центруючий буртик.

Інші розміри напівмуфт вибираються із конструктивних міркувань.

Аналізуючи результати досліджень, можемо зробити наступні висновки:

- запропонована муфта відноситься до фланцевої різьбової муфти і може бути використана для з'єднання окремих валів вузлів та механізмів машин між собою;
- фланцева різьбова муфта дозволяє значно зменшити інерційність механічної системи, де вона використовується і, таким чином, зменшити динамічні навантаження, що зумовлює підвищення надійності та довговічності роботи з'єднання;
- запропонована муфта працездатне лише при умові нереверсивного обертання, що має місце в переважній більшості механізмів і машин;
- методика вибору параметрів фланцевої різьбової муфти може бути використана при розробці нових перспективних видів різьбових муфт.

Література

1. Поляков В.С., Барабаш И.Д., Ряховский О.А. Справочник по муфтам. – 2-е изд. – Л.: Машиностроение, 1979. – 351 с.
2. Хомяк О.М., Піпа Б.Ф., Ловейкіна С.О. Вали, підшипники, Муфти. – К.: КНУТД, 2005. – 100 с.
3. Гузенков П.Г. Детали машин. – М.: Высшая школа, 1982. – 351 с.
4. Піпа Б.Ф., Хомяк О.М., Павленко Г.І. Динаміка круглов'язальних машин. – К.: КНУТД, 2005. – 294 с.
5. Піпа Б.Ф., Хомяк О.М., Павленко Г.І. Наукові основи проектування та удосконалення систем гальмування круглов'язальних машин. – К.: КНУТД, 2003. – 208 с.
6. Райко М.В. Расчет деталей и узлов машин. К.: Техніка, 1966. – 500 с.
7. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. – К.: Наукова думка, 1975. – 704 с.

Надійшла 5.3.2009 р.

УДК 620.178.1

В.С. ПАВЛОВ

Хмельницький національний університет

ПОВНА СХЕМАТИЗОВАНА ДІАГРАМА ГРАНИЧНИХ АМПЛІТУД НАПРУЖЕНЬ

Запропоновано спосіб побудови повної схематизованої діаграми граничних амплітуд нормальних напружень.

The method of construction of the complete schematized diagram of maximum amplitudes of normal tensions is offered.

Вступ

Діаграми взагалі і схематизовані (спрощені) зокрема прояснюють суть явища, зв'язок між параметрами, що його характеризують.

Для оцінки опірності матеріалу циклічним напруженням будують діаграму граничних напружень в координатах $\sigma_m - \sigma_{\max}, \sigma_{\min}$ (діаграму Сміта) або в координатах $\sigma_m - \sigma_a$ (діаграму Хейя) [1, с.571].

Схематизовані діаграми використовують в опорі матеріалів, зокрема, для графоаналітичного визначення коефіцієнта запасу міцності (надалі "коефіцієнта запасу"). Вони ж є основою при побудові формул для аналітичного визначення коефіцієнта запасу як за простих опорів циклічному навантаженню, так і за складних опорів статичному, циклічному і змішаному навантаженням.

Коефіцієнт запасу за простих опорів несиметричному циклу напружень з додатним середнім напруженням можна визначити за формулами, що виведені з використанням модифікованих діаграм

$$\sigma_{\max} = \sigma_m + \sigma_a; \quad \sigma_{\min} = \sigma_m - \sigma_a. \quad (3), (4)$$

Зазвичай вихідними є екстремальні напруження σ_{\max} і σ_{\min} .

Нижче наведено інші параметри циклу напружень.

Коефіцієнт несиметрії циклу

$$R = \sigma_{\min} / \sigma_{\max}. \quad (5)$$

Характеристика циклу

$$\rho = \sigma_a / \sigma_m. \quad (6)$$

Залежності між коефіцієнтом несиметрії і характеристикою виражаються формулами:

$$\rho = (1 - R) / (1 + R); \quad R = (1 - \rho) / (1 + \rho). \quad (7)$$

σ_{\max} , σ_{\min} , σ_m , σ_a – номінальні напруження, тобто вони обчислені за формулами опору матеріалів без врахування впливу різних факторів.

Координати точки, що зображає цикл напружень в небезпечній точці деталі: $\sigma_{mД}$ і $\sigma_{aД}$.

$$\sigma_{mД} = \sigma_m; \quad \sigma_{aД} = K_{\sigmaД} \sigma_a, \quad (8), (9)$$

де σ_m , σ_a – номінальні напруження циклу напружень в небезпечній точці деталі, обчислені за формулами (1) і (2) відповідно;

$K_{\sigmaД}$ – коефіцієнт зниження межі витривалості деталі за симетричного циклу напружень.

Характеристика циклу напружень в небезпечній точці деталі згідно з (6), (8), (9)

$$\rho_{Д} = K_{\sigmaД} \rho. \quad (10)$$

Точки ламаної AMFCD зображають граничні безпечні цикли напружень.

2.1. Вихідні положення

Викладені нижче зауваження стосуються визначення координат характерних точок діаграми.

1) Координатами характерних точок можуть бути показники статичної і циклічної міцності матеріалу, отримані дослідним шляхом (механічні характеристики), і визначені аналітично з урахуванням особливостей механізму руйнування матеріалу і характеру навантаження.

2) Межа міцності за одновісних розтягу (σ_{Lp}) і стиску (σ_{Lc}) та межа витривалості σ_{-1} за симетричного циклу напружень – показники опірності матеріалу характерним циклам напружень. В першому випадку (за розтягу або стиску) відсутня змінна складова циклу, а в другому – статична.

3) Межа витривалості σ_{-1} є граничною для напруження того знаку, який має менша з величин σ_{Lp} і σ_{Lc} .

4) Відношення меж витривалості за віднульових циклів і граничних статичних напружень однакових знаку і виду деформації рівні:

$$\frac{\sigma_{op}}{\sigma_{Lp}} = \frac{\sigma_{oc}}{\sigma_{Lc}}. \quad (11)$$

2.2. Характерні точки діаграми і їх побудова

Основне в побудові характерної точки – визначення її координат.

Побудову характерних точок доцільно починати з точки D, оскільки її координати використовують при побудові інших точок.

Т. D ($\sigma_m = \sigma_{Lp}$; $\sigma_a = 0$) – граничний статичний напружений стан при додатному напруженні. σ_{Lp} – граничне додатне напруження при розтязі або згині.

За пластичного стану матеріалу (надалі «пластичного матеріалу») $\sigma_{Lp} = \sigma_{tp}$ – межа текучості при одновісному розтязі (надалі «при розтязі») або $\sigma_{Lp} = \sigma_{tz}$ – межа текучості при згині. Як показано в [3, с.29], за відсутності даних про σ_{tz} можна прийняти

$$\sigma_{tz} = 1,35 \sigma_{tp}. \quad (12)$$

За крихкого стану матеріалу (надалі «крихкого матеріалу») $\sigma_{Lp} = \sigma_{mp}$ – межа міцності при розтязі або $\sigma_{Lp} = \sigma_{mз}$ – межа міцності про згині.

Т. B ($\sigma_m = 0$; $\sigma_a = \sigma_{-1}$) – граничний симетричний цикл напружень. σ_{-1} – межа витривалості при симетричному циклі: σ_{-1p} – при розтязі-стиску; $\sigma_{-1з}$ – при згині.

Т. C ($\sigma_{mp}^o = \sigma_{ap}^o$) – граничний віднульовий додатний цикл напружень. Положення т. C визначимо, розв'язавши систему рівнянь прямих BC ($\sigma_a = \sigma_{-1} - \psi_{\sigma} \sigma_m$) і OC ($\sigma_a = \sigma_m$) \Rightarrow

$$\Rightarrow \sigma_{ap}^o = \sigma_{mp}^o = \sigma_{-1} / (1 + \psi_{\sigma}). \quad (13)$$

Т. А ($\sigma_m = -\sigma_{Lc}; \sigma_a = 0$) – граничний статичний напружений стан при від’ємному напруженні.
 σ_{Lc} – граничне від’ємне напруження при стиску або згині.

Для визначення граничних від’ємних напружень при згині можна, на нашу думку, використати припущення: величини відношень граничних нормальних напружень стиснутої і розтягнутої зон поперечного перерізу деталі при згині та відповідних граничних напружень за стиску і розтягу рівні:

$$\bar{\sigma}_{L3} / \sigma_{L3} = \sigma_{Lc} / \sigma_{Lp}. \quad (14)$$

Звідки

$$\bar{\sigma}_{L3} = (\sigma_{Lc} / \sigma_{Lp}) \sigma_{L3}. \quad (15)$$

За пластичного матеріалу $\sigma_{Lc} = \sigma_{Tc}$ – межа текучості при стиску або $\sigma_{Lc} = \bar{\sigma}_{T3}$ – межа текучості стиснутих волокон при згині.

Якщо довідкові дані про σ_{Tc} відсутні, то приймають:

$$\sigma_{Tc} = \sigma_{Tp} = \sigma_T. \quad (16)$$

За виконання умови (16) згідно з (12) і (15) отримаємо

$$\bar{\sigma}_{T3} = 1,35\sigma_{Tp}. \quad (17)$$

За крихкого матеріалу $\sigma_{Lc} = \sigma_{mc}$ – межа міцності при стиску або $\sigma_{Lc} = \bar{\sigma}_{m3}$ – межа міцності стиснутих волокон при згині.

Згідно з (16)

$$\bar{\sigma}_{m3} = (\sigma_{mc} / \sigma_{mp}) \sigma_{m3}. \quad (18)$$

Значення σ_{mc} , σ_{mp} , σ_{m3} – довідкові дані.

Т. М ($|\sigma_{mc}^o| = \sigma_{ac}^o$) – граничний віднульовий від’ємний цикл.

Із (11) і (13), враховуючи, що при віднульовому від’ємному циклі амплітудне і середнє напруження за величиною рівні і дорівнюють половині максимального ($\sigma_a^o = |\sigma_m^o| = \sigma_o / 2$), отримаємо:

$$\sigma_{ac}^o = |\sigma_{mc}^o| = (\sigma_{Lc} / \sigma_{Lp}) \sigma_{-1} / (1 + \psi_\sigma). \quad (19)$$

Т. F ($\sigma_m = \sigma_{mF}; \sigma_a = \sigma_{aF}$). Визначення координат т. F.

З рис. 1 видно, що т. F є точкою зламу лінії, що сполучає точки В і М діаграми. Зауважимо, що без точки зламу сполучити точки В і М одним відрізком прямої можна лише за умови суміщення точок F і В.

Точка F зображає граничний знакозмінний цикл з від’ємним σ_{mF} середнім напруженням. Знакопостійні цикли напружень належать областям діаграми ОАМ (від’ємні) і OCD (додатні).

Вияснимо особливості руйнування матеріалу за граничного симетричного циклу напружень, що зображає т. В.

При симетричному циклі екстремальні напруження рівні за величиною, $|\sigma_{\min}| = \sigma_{\max}$. Згідно з п. 3 вихідних положень за граничного симетричного циклу матеріал, що має різну опірність додатним і від’ємним напруженням, буде руйнуватись за екстремального напруження ($\sigma_{\max L}$ чи $\sigma_{\min L}$) того знаку, який має менша з величин σ_{Lp} і σ_{Lc} . Якщо $\sigma_{Lp} < \sigma_{Lc}$, то можна стверджувати, що за симетричного циклу напружень руйнівним є напруження $\sigma_{\max L} = \sigma_{-1}$.

Надалі мова йтиме про матеріали з показниками статичної міцності $\sigma_{Lp} < \sigma_{Lc}$.

З енергетичної точки зору зрозуміло, що при симетричному циклі напружень, тобто за відсутності статичної складової циклічного напруження, опірність матеріалу характеризує граничне амплітудне напруження. Тому поява статичної складової у вигляді додатного середнього напруження $\sigma_m > 0$ спричиняє зменшення граничного σ_{aL} амплітудного напруження циклу напружень. При $\sigma_m = \sigma_{Lp}$ $\sigma_{aL} = 0$. Величина σ_{Lp} характеризує опірність матеріалу статичному додатному напруженню (т. D).

Простежимо особливості руйнування матеріалу при знакозмінних граничних циклах напружень з від’ємним середнім напруженням.

При появі від’ємного ($\sigma_m < 0$) середнього напруження і його зростанні відношення екстремальних від’ємного і додатного напружень циклу, тобто коефіцієнт несиметрії циклу напружень $R = \sigma_{\min} / \sigma_{\max}$, також зростає (за абсолютною величиною). У зв’язку з більшою опірністю матеріалу від’ємному напруженню, порівняно з додатним, збільшується граничне σ_{aL} амплітудне напруження. Характер залежності $\sigma_{aL} = f(\sigma_m)$ у вигляді прямої ВС не змінюється до тих пір, поки обидва екстремальні напруження граничного циклу напружень, $\sigma_{\max L}$ і $\sigma_{\min L}$, не стануть рівнонебезпечними.

При статичному навантаженні рівнонебезпечними є напружені стани А і D: за розтягу граничним є напруження σ_{Lp} , а за стиску – σ_{Lc} . Тому при знаковміних циклах напружень рівнонебезпечними будуть цикли, за яких опірність матеріалу екстремальним напруженням циклу буде однаковою:

$$\frac{\sigma_{Lp}}{\sigma_{\max}} = \frac{\sigma_{Lc}}{|\sigma_{\min}|}. \quad (20)$$

Ця умова визначає коефіцієнт несиметрії граничного циклу, зображеного точкою F. Із (20) отримуємо:

$$R_F = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} = -\frac{\sigma_{Lc}}{\sigma_{Lp}}. \quad (21)$$

$$\text{Характеристика цього циклу } \rho_F = \frac{1 - R_F}{1 + R_F} = \frac{1 - (-\sigma_{Lc} / \sigma_{Lp})}{1 + (-\sigma_{Lc} / \sigma_{Lp})} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \rho_F = \frac{\sigma_{Lp} + \sigma_{Lc}}{\sigma_{Lp} - \sigma_{Lc}} \cdot \rho_F < 0. \quad (22)$$

За граничного циклу F причиною руйнування деталі (зразка) можуть бути екстремальні як додатне $\sigma_{\max L}$, так і від'ємне $\sigma_{\min L}$ напруження.

При середніх напруженнях $|\sigma_m| > |\sigma_{mF}|$ руйнівним напруженням є $\sigma_{\min L}$. Оскільки опірність матеріалу від'ємному напруженню більша порівняно з додатним, то гранична амплітуда напружень зростає більш інтенсивно.

Гранична амплітуда при збільшенні $|\sigma_m|$ буде зростати до тих пір, поки максимальне напруження циклу $\sigma_{\max} > 0$. Найбільшою вона буде за граничного віднульового циклу (т. М): $\sigma_{ac}^o = |\sigma_{mc}^o|$ ($\sigma_{\max L}^o = 0$).

При $\sigma_{\max} < 0$ матеріал опирається лише від'ємним напруженням. Тому при зростанні $|\sigma_m|$ граничне амплітудне напруження σ_{aL} зменшується. При $\sigma_m = -\sigma_{Lc}$ $\sigma_{aL} = 0$. Напруження σ_{Lc} є мірою опірності матеріалу статичному від'ємному напруженню.

Визначення координат т. F. З викладеного вище можна зробити висновок, що це координати точки перетину прямих BC ($\sigma_a = \sigma_{-1} - \psi_\sigma \sigma_m$) і променя, проведеного з початку координат під кутом $\arctg \rho_F$ до вісі абсцис ($\sigma_a = \rho_F \sigma_m$).

Точки променя OF зображають подібні цикли напружень з характеристикою ρ_F , а точка перетину – граничний цикл F.

Розв'язавши систему рівнянь прямих BC і OF, отримаємо значення координат т. F.

$$\left. \begin{aligned} \sigma_a &= \sigma_{-1} - \psi_\sigma \sigma_m \\ \sigma_a &= \rho_F \sigma_m \end{aligned} \right| \Rightarrow (\psi_\sigma + \rho_F) \sigma_m = \sigma_{-1} \Rightarrow \quad (23),$$

$$\Rightarrow \sigma_{mF} = \frac{\sigma_{-1}}{\psi_\sigma + \rho_F}; \quad \sigma_{aF} = \frac{\rho_F \sigma_{-1}}{\psi_\sigma + \rho_F} \quad (24)$$

Аналіз діаграми

Зображена на рис. 1 діаграма характеризує матеріал, опірність якого додатним і від'ємним напруженням різко відмінна, що властиво чавунам.

На прикладі такого матеріалу зручніше виявити особливості характерних точок M і F діаграми та обґрунтувати визначення їх координат аналітичним способом.

Параметри діаграми відповідають чавунам марки СЧ.

При аналітичному визначенні координат точок M і F використано положення про лінійну залежність між граничними статичними і циклічними напруженнями однакового знаку, що широко використовується в опорі матеріалів.

Вид діаграми великою мірою залежить від відношення механічних характеристик матеріалу, особливо граничних додатних і від'ємних напружень при деформаціях розтягу і стиску та згині.

За рівності $\sigma_{Lp} = \sigma_{Lc}$ діаграма буде симетричною відносно осі σ_a . Форма обох частин відповідатиме правій частині даної діаграми.

При незначній відмінності σ_{Lp} і σ_{Lc} вона дещо зміщена відносно осі σ_a в сторону більшого граничного значення (σ_{Lp} чи σ_{Lc}).

За умови $\sigma_{Lp} \gg \sigma_{Lc}$ ($\sigma_{Lp} / \sigma_{Lc} = 3 \dots 5$) права і ліва частина діаграми поміняються місцями.

Висновки

1. Побудована повна схематизована діаграма граничних амплітуд для довільних циклів напружень за деформацій розтягу-стиску і згину.
2. Діаграму можна використати для виведення формул коефіцієнтів запасу, а також їх графоаналітичного визначення.
3. За деформації кручення повна схематизована діаграма – це діаграма лише з додатним середнім напруженням.

Література

1. Писаренко Г.М. Опір матеріалів, підручник / Писаренко Г.С., О.Л.Квітка, Е.С.Уманський. – К.: Вища школа, 1993. – 655 с.
2. Павлов В.С. До питання про визначення коефіцієнта запасу в машинобудуванні. Повідомлення 1 // Вісник Хмельницького національного університету. – 2005. – № 5, технічні науки. Ч.1. – Т.1. – С.58...64.
3. Павлов В.С. Визначення коефіцієнта запасу міцності при циклічному і змішаному складних опорах, що спричиняють лінійний напружений стан. Статичні компоненти складного опору – опори додатним лінійним деформаціям // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 6. Технічні науки. – С.28...35.
4. Павлов В.С. Визначення чинників, що впливають на граничне значення критерію міцності // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 1. Технічні науки. – С.37...43.

Надійшла 21.2.2009 р.

УДК 621.891

В.П. СВИДЕРСЬКИЙ, Л.М. КИРИЧЕНКО, С.В. ШЕРШУН
Хмельницький національний університетДОСЛІДЖЕННЯ АНТИФРИКЦІЙНИХ І МЕХАНІЧНИХ
ВЛАСТИВОСТЕЙ МОДИФІКОВАНИХ КАРБОНПЛАСТИКІВ

Виконано аналіз способів підвищення адгезії вуглецевих волокон до полімерної матриці і вибрано з них найбільш прості і раціональні. Дослідження антифрикційних і механічних властивостей модифікованих карбонпластиків показали доцільність застосування останніх у вузлах тертя машин і механізмів.

As a result of the analysis of methods of increasing the adhesion of carbon fibers to polymer matrix, the most simple and cheapest method of chemical treatment of the surface of carbon fiber "Tekarm" by the solution of the concentrated nitric acid was selected. Besides this, the deposition of fluoroplastic coating on carbon fibers or fabrics was suggested.

It was determined that the deposition of fluoroplastic 4MB coating on the surface of "Terkam" carbon fiber resulted in 20 percent increase of wear resistance of carboplastic F4UB20. The introduction of molybdenum disulphide (10% of mass) into the fluroplastic nitric acid did not ensure the improvement of antifriction and mechanical characteristics of carboplastic 4FUB20. However, when filling the fluoroplastic 4PN with carbon fiber of "Terkam" fabric (15% of mass) and with the considerable amount of molybdenum disulphide (10% of mass), the wear resistance of such composite increased by 45%, with friction coefficient being considerable decreased ($M=0,12$).

Постановка проблеми

В наш час приділяється велика увага вивченню структури і властивостей наповнених полімерів. Основні положення в цій області розвинуті в роботах Ю.С. Ліпатова [1], В.Є. Гуля [2], В.П. Соломко [3], Ю.М. Малинського [4], О.Б. Богатина [5], В.А. Білого [6] та інших дослідників. В результаті встановлено, що наповнені полімери не можна розглядати в більшості випадків як чисто механічні суміші, оскільки в системі полімер – наповнювач відбувається певна фізична взаємодія між частинками наповнювача і полімерною матрицею.

Властивості наповненого полімерного матеріалу можна описати за допомогою моделі (рис. 1), елементами якої є дисперсне середовище – полімерне зв'язуюче або матриця, дисперсна фаза – наповнювач і міжфазна область [6].

Аналіз даної моделі і багато чисельні експерименти по руйнуванню ненаповнених композицій показують, що найслабшою ланкою в цій системі є міжфазна межа полімер – наповнювач. В зв'язку з цим однією з основних умов покращення механічних властивостей композиційних матеріалів є забезпечення високої адгезійної міцності на межі розділу фаз при мінімальних внутрішніх напруженнях. Це може бути досягнуто при доброму змочуванні зв'язуючим поверхні наповнювача і при певному співвідношенні між модулями пружності наповнювача і звязуючого.

Відомо, що поверхневе окислення вуглецевої сажі перетворює гідрофобну поверхню в гідрофільну. При цьому суттєво збільшується сила зчеплення сажі з полімерними матрицями. Це справедливо і по