

5. Asamblari elastice

5.1. Arcuri

5.1.1. Definire. Rol functional

Arcurile sînt organe de maşini care prin forma lor şi prin calităţile de elasticitate ale materialelor din care sînt executate, sub acţiunea forţelor exterioare ajung la deformaţii relativ mari, revenind la forma iniţială după îndepărtarea acestor forţe.

În timpul deformaţiei elastice, arcurile înmagazinează lucrul mecanic efectuat de forţa exterioară, cu posibilităţi de redare integrală sau parţială.

Scop :

- amortizarea energiei de şoc şi a vibraţiilor (arcuri vehicule, arcuri montate sub fundaţii);
- acumularea unei energii ce trebuie cedată treptat sau în timp scurt (arcurile ceasurilor, supapelor motoarelor cu ardere internă);
- exercitarea unor forţe elastice permanente (arcurile unor ambreiaje);
- limitarea forţelor, reglare (la prese, ambreiaje automate, robinete de reglare);
- măsurarea forţelor şi momentelor prin utilizarea dependenţei dintre sarcină şi deformaţie – (dinamometrice).
- schimbarea frecvenţelor proprii ale unor organe de maşini.

Clasificare: - după forma constructivă (fig.3.54) - în foi

- elicoidale
- disc
- inelare
- spirale plane
- bară de torsiune
- speciale

- după direcția și sensul forțelor exterioare
 - compresiune
 - tracțiune
 - torsiune
 - încovoiere

- după forma secțiunii:
 - circulară
 - dreptunghiulară, pătrată
 - profilată

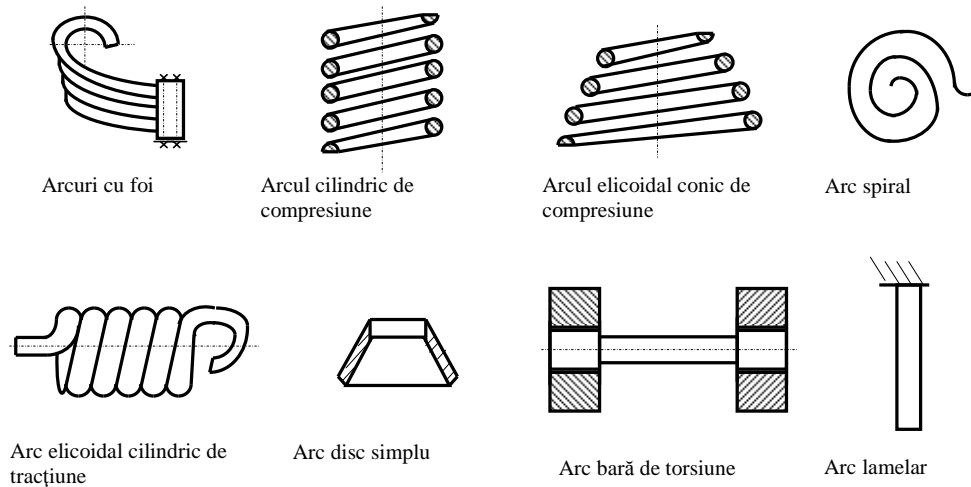


Fig.3.54

5.1.2. Materiale

Cerințe:

- rezistență ridicată la rupere
- limită ridicată de elasticitate
- rezistență la oboseală și rezistențe ridicate

La anumite construcții mai trebuie :

- rezistență la coroziune
- dilatare termică redusă

- lipsa proprietăților magnetice
- menținerea proprietăților mecanice la temperatură

a) Oțeluri carbon de calitate și oțeluri aliate :

oțel călit și revenit pentru arcuri – STAS 795, OLC 55A; 65A; 75A; 85A, 51 și 17 A, ... , 60 Si 15 A

b) Materiale neferoase : bronz, alamă, aliaje Cu – Ni

c) Materiale nemetalice : cauciuc, mase plastice, plută.

5.1.3. Caracteristicile funcționale ale arcurilor

a) *Caracteristica arcului* – este curba care exprimă relația dintre sarcini și deformațiile provocate (fig.3.55); $F = F(f)$; $M = g(\varphi)$

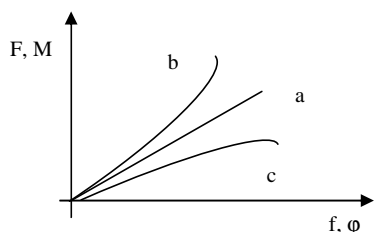


Fig.3.55

- La majoritatea arcurilor – caracteristică liniară (a) - arcuri elicoidale, bară de torsiune, lamelare, din foi drepte ;
- curbilinie crescătoare (b) – arcuri din foi curbate și arcuri telescopice;
- curbilinie descrescătoare (c) – arcuri disc, spirale plane.

spirale plane.

b) *Rigiditatea arcului* – c – mărimea care caracterizează raportul dintre sarcina elementară și deformația elementului corespunzător

$$c = \frac{dF}{df}; \quad c' = \frac{dM}{d\varphi}$$

Arcurile cu caracteristică liniară au rigiditatea constantă, numită și constanta arcului :

$$c = \frac{F_1}{f_1} = \frac{F_2}{f_2} = \dots = \frac{F_n}{f_n} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{F_2 - F_1}{f_2 - f_1} = \frac{\Delta F}{\Delta f}$$

Comment [AT1]:

$$\text{sau } c' = \frac{M_1}{\varphi_1} = \frac{M_2}{\varphi_2} = \dots = \frac{M_n}{\varphi_n} = \text{tg}\alpha' = \frac{M_2 - M_1}{\varphi_2 - \varphi_1} = \frac{\Delta M}{\Delta \varphi}$$

Arcurile cu caracteristică neliniară au rigiditatea variabilă

$$\text{- crescătoare } c = \frac{dF}{df}$$

$$\text{- descrescătoare } c = \frac{dF}{df}$$

c) *Lucrul mecanic de deformare* A – este lucrul mecanic efectuat de sarcina exterioară și înmagazinat de arc.

$$A = \int_0^f Fdf = \int_0^f g(f)df \text{ sau } A' = \int_0^\varphi Md\varphi = \int_0^\varphi g(\varphi)d\varphi$$

La arcurile cu caracteristică liniară \Rightarrow

$$A = \frac{1}{2}Ff \text{ și } A' = \frac{1}{2}M\varphi$$

d) *Coefficientul de utilizare volumetrică* K_v - reprezintă raportul dintre lucrul mecanic de deformare a arcului și energia totală pe care o poate înmagazina volumul V de material al arcului

$$K_v = \frac{A}{\frac{\sigma^2_{max}}{E}V} \quad ; \quad K'_v = \frac{A'}{\frac{\tau^2_{max}}{G}V}$$

$$(K_v = \frac{A}{E_{max def}} \quad E_{max def} = \omega \mathcal{E} \cdot V = \frac{\sigma^2}{E}V)$$

5.1.4. Arcuri cu foi

Arcurile cu foi sînt arcuri flexionale (solicitate în principal la încovoiere) constituite din una sau mai multe foi lucrînd împreună \Rightarrow

a) arcuri lamelare

b) arcuri cu foi multiple.

a) Arcuri lamelare (Fig.3.56)

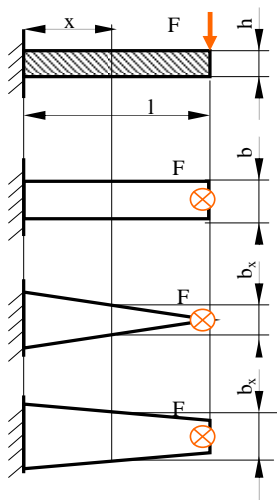


Fig.3.56

pentru secțiune dreptunghiulară

$$\sigma_{ix} = \frac{F(l-x)}{W_i} = \frac{F(l-x)}{\frac{bh^2}{6}} \Rightarrow \sigma_{imax} = \frac{6Fl}{6h^2} \quad (x=0)$$

$$f = \frac{Fl^3}{3EI} = \frac{Fl \cdot l^2}{3E \frac{bh^3}{12}} = \frac{M_i \cdot l^2}{3E \frac{bh^2}{6} \cdot \frac{h}{2}} = \sigma_{imax} \cdot \frac{2l^2}{3Eh}$$

$$A = \frac{1}{2} Ff = \frac{1}{2} F \cdot \frac{Fl^3}{3EI} = \frac{1}{2} F \cdot \sigma_{imax} \cdot \frac{2 \cdot l^2}{3Eh} =$$

$$= \frac{1}{2} \frac{Fl}{b \cdot h^2} \cdot \frac{h \cdot b \cdot l}{6} \cdot \frac{2}{3E} \sigma_{imax} = \sigma_{imax}^2 \cdot \frac{V}{18E} \Rightarrow K_v =$$

$$= \frac{A}{\frac{\tau_{max}^2 V}{E}} = \frac{1}{18}$$

pentru secțiune triunghiulară

$$\sigma_{imax} = \frac{Fl}{\frac{bh^2}{6}} \quad K_v = \frac{\frac{A}{2} Ff}{\frac{\sigma_{max}^2 V}{E}} = \frac{1}{2} \frac{F \cdot Fl^3 E}{3E}$$

$$f = \frac{\sigma_{imax}}{E} \cdot \frac{l^2}{h} \Rightarrow K_v = \frac{1}{6} \rightarrow \text{folosește cel mai bine materialul}$$

pentru secțiune trapezoidală

$$\Rightarrow K_v = \frac{1}{9} \cdot \frac{C_0}{1 + \frac{b_1}{b_2}} ; \quad C_0 = \frac{3b_2}{2b_2 + b_1}$$

b) Arcuri cu foi multiple, curbe, cu suspensie oblică la capete (fig.3.57)

Se cunosc : F, f₀, l

Se cere : n sau b, h

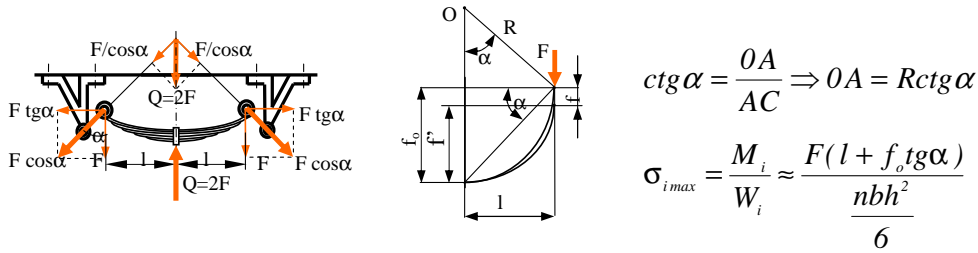


Fig.3.57

$$\Rightarrow \sigma_{tot} = \sigma_{i_{max}} + \sigma_t \leq \sigma_{ai} = 400 \dots 500 N / \text{min}^2$$

\Rightarrow numărul de foi de arc n

$$- \sigma_t = \frac{Ftg\alpha}{bh} \quad \text{pentru foaia principală}$$

Deoarece $\alpha \rightarrow$ nu se cunoaște, se determină din faptul că curbura foilor se face după un arc de cerc

$$f_o = R - l \cdot ctg \alpha \Rightarrow f_o = \frac{l}{\sin \alpha} - l \cdot ctg \alpha = l \left(\frac{1}{\sin \alpha} - \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \right) = l \cdot tg \frac{\alpha}{2}$$

$$\left(\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{1 - \left(\cos^2 \frac{\alpha}{2} - \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right)}{2 \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}}{2 \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2}} = tg \frac{\alpha}{2} \right)$$

Elemente constructive

Aspectele foilor de arc pot avea forme variate: drepte, trapezoidale, circulare, parabolice (fig.3.58), eventual cu înălțimea descrescândă, pentru a micșora frecarea între foi în această zonă. Forme constructive pentru capetele foii principale sunt prezentate în fig.3.59.

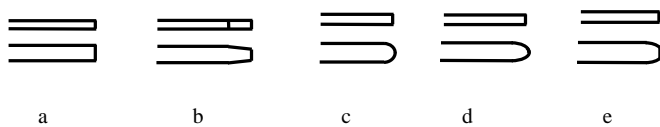


Fig.3.58

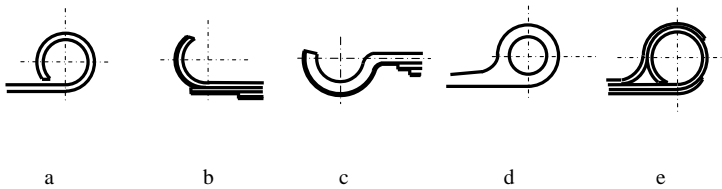
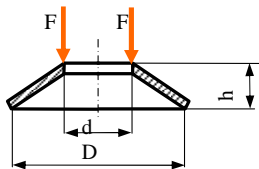


Fig.3.59

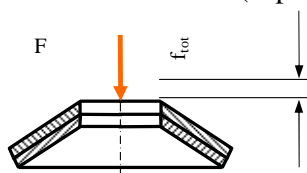
5.1.5. Arcuri – disc

Arcurile-disc STAS 8215 sunt formate dintr-unul sau mai multe discuri elastice tronconice.

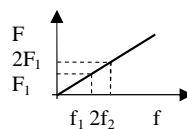


Caracteristic pentru aceste arcuri este faptul că prin variația raportului h/s , ca și prin diferite combinații de așezare a discurilor, se obțin caracteristici elastice diferite.

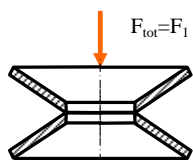
a) Pachet de arcuri disc (suprapuse în același sens)



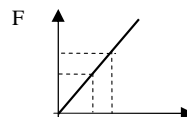
$$F_{tot} = nF_1, f_{tot} = f_1$$



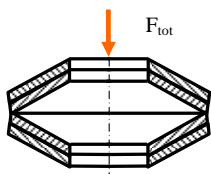
b) Coloană de arcuri disc (suprapuse cu alternarea poziției lor)



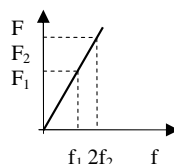
$$F_{tot} = F_1, f_{tot} = if_1$$



c) Coloană de pachete de arcuri disc



$$F_{tot} = nF_1; f_{tot} = if_1$$



unde: $n \rightarrow$ numărul de discuri dintr-un pachet

$i \rightarrow$ numărul pachetelor suprapuse

Elemente de calcul STAS 8216

Tensiunea maximă apare în colțul C (tensiune de compresiune)

Tratarea exactă a calculelor de rezistență este dificilă

– simplificat \Rightarrow :

a) Forța din arc

$$F = \frac{4E}{1-\nu^2} \cdot \frac{s^4}{k_1 D^2} \cdot \frac{f}{s} \left[\left(\frac{h}{s} - \frac{f}{s} \right) \left(\frac{h}{s} - \frac{f}{2s} \right) + 1 \right] = F(E, \nu, s, D, f, h)$$

b) Tensiunea maximă σ_{\max} corespunzător unei deformații f

$$\sigma_{\max} = \frac{4E}{(1-\nu^2)k_1} \cdot \left(\frac{s}{D} \right)^2 \cdot \frac{f}{s} \left[k_2 \left(\frac{h}{s} - \frac{f}{2s} \right) + k_3 \right] = \sigma_{\max}(E, \nu, s, D, f)$$

$$\text{unde : } k_1 = \frac{6}{\pi \ln \frac{D}{d}} \left(1 - \frac{1}{D/d} \right)^2 ; k_2 = \frac{6}{\pi \ln \frac{D}{d}} \left(\frac{D/d - 1}{\ln D/d} - 1 \right)$$

$$k_3 = \frac{3(D/d - 1)}{\pi \ln \frac{D}{d}}$$

c) *Lucrul mecanic de deformație* pentru un disc, în domeniul de deformație de la starea liberă la aplatizare

$$L_1 = \frac{4E}{1-\nu^2} \dots \dots \dots = L(E, \nu, s, D, h)$$

pentru un pachet cu n discuri $\Rightarrow L = nL_1$

Elemente constructive

$$0,3 < \frac{d}{D} < 0,5$$

$$\frac{D}{s} < 35$$

$$\frac{h}{f} \approx \frac{4}{3} \text{ pentru } \frac{h}{s} > 1$$

$$\sigma_a \approx 1500 \text{ N/mm}^2$$

5.1.6. Arcuri cu solicitări principale la torsiune

a) Arcuri bare de torsiune (fig.3.60)

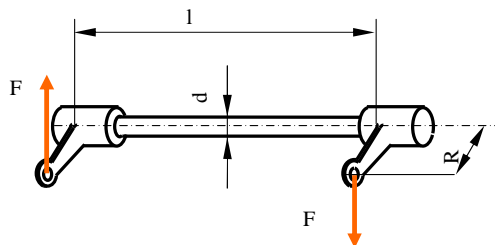


Fig.3.60

Barele de torsiune sînt întrebuiņate în numeroase cazuri, la suspensia vehiculelor, cuplaje elastice cu jocuri torsionale, în aparate de măsură.

- Solicitare torsiune :

- Tensiune

$$\tau_{t,max} = \frac{M_t}{W_p} = \frac{F \cdot R}{\frac{\pi d^3}{16}} \leq \tau_{at} = 140 \dots 280 \text{ N/mm}^2$$

- Deformație

$$\varphi_{rad} = \frac{M_t l}{GI_p} = 2 \cdot \frac{\tau_{t,max}}{G} \cdot \frac{l}{d}$$

- Lucrul mecanic de deformație :

$$A' = \frac{1}{2} M_t \varphi = \frac{1}{2} M_t \frac{M_t l}{GI_p} = \frac{1}{2} \frac{M_t^2 l}{GI_p}$$

$$K'_V = \frac{A'}{\frac{\tau_{t,max}^2 V}{G}} = \frac{\frac{1}{2} \frac{M_t^2 l}{GI_p}}{\frac{M_t^2 V}{W_p^2 G}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{l W_p^2}{I_p \cdot V} = \frac{1}{2} \cdot \frac{l W_p^2}{W_p \cdot \frac{d}{2} \cdot V} = \frac{1}{2} \cdot \frac{l \frac{\pi d^3}{16}}{\frac{d}{2} \cdot V} = \frac{\frac{\pi d^2}{4} \cdot l}{V} \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{4}$$

Se constată că bara de torsiune are cel mai bun coeficient de utilizare volumetric.

Forma capetelor de fixare este poligonală, rotundă zimțată și aplatisată.

b) Arcuri elicoidale (fig.3.61)

- sînt arcuri formate din sârme sau bare cu secțiune rotundă sau dreptunghiulară, înfășurate în elice pe o anumită suprafață directoare

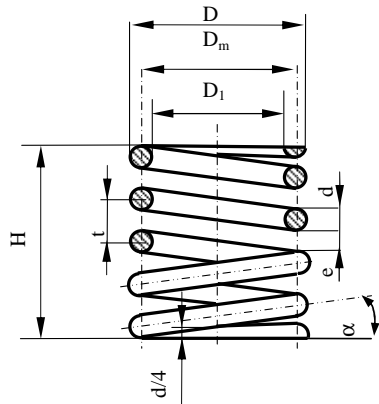


Fig.3.61

Elementele geometrice caracteristice sînt :
(STAS 7068)

- diametrul sîrmei d sau b și h
- diametrele - D_m, D, D_1
- unghiul de înclinare al spirelor
 $\hat{\alpha} = 6 \dots 9^\circ$
- pasul t - în stare liberă

$$\frac{D_m}{4} + 0,2 \leq t \leq \frac{2}{3} D_m$$

- coeficientul de arcuire $a = \frac{f_2}{H_0}$; - coeficientul de zveltețe $\lambda = \frac{H_0}{D_m}$

După sensul forței de lucru F , pe direcția axei, arcul poate căpăta o deformare elastică de compresiune sau de întindere. Arcul în ansamblu poate fi solicitat la tracțiune sau compresiune, dar spira, în principal, la torsiune (fig.3.62).

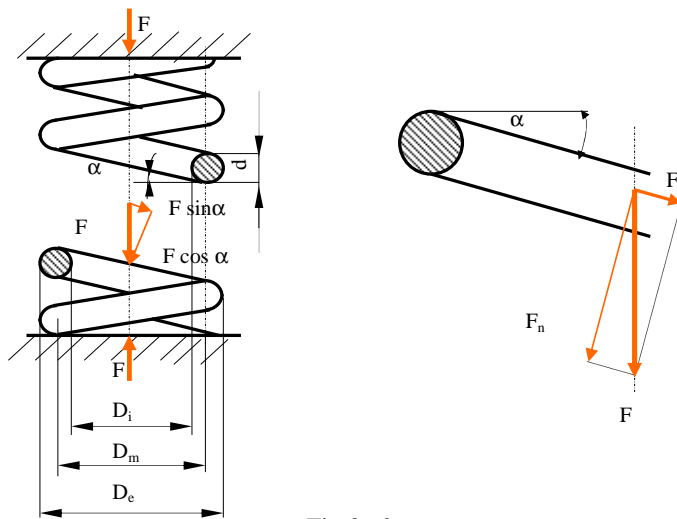


Fig.3.62

F – două componente: $F \cos \alpha$, $F \sin \alpha$

$$M_t = FR_m \cos \alpha$$

$$M_i = FR_m \sin \alpha$$

⇒

$$T = F \cos \alpha$$

$$N = P \sin \alpha$$

Deoarece $\alpha \approx 6 \dots 9^\circ \Rightarrow \sin \alpha \approx 0$ și deci se neglijează încovoierea și tracțiunea

$$\tau_{t_{max}} = \frac{M_t \cdot k}{W_p} = \frac{F \frac{D_m}{2} \cdot k}{\frac{\pi d^3}{16}} = \frac{8Fk}{\pi d^2} \left(\frac{D_m}{d} \right) = \frac{8Fki}{\pi d^2} \leq \tau_{at}$$

$i = \frac{D_m}{d}$ = indicele arcului = 4...16 pentru arcuri înfășurate la rece

4...10 pentru arcuri înfășurate la cald

$k = 1 + \frac{1,6}{i}$ → coeficient ce ține seama de faptul că arcul nu este o grindă

dreaptă, ci una curbă.

- Deformația arcului este comprimarea sau lungirea lui totală ca efect al forței F (fig.3.63).

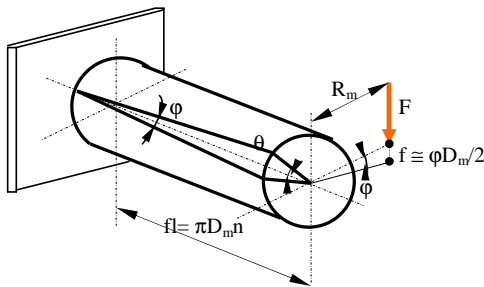


Fig.3.63

$$f = R_m \varphi = \frac{D_m}{2} \frac{M_t l}{GI_p} = \frac{D_m}{2} \cdot \frac{F \frac{D_m}{2} \pi D_m \cdot n}{GI_p} = 8 \frac{D_m^3 n}{d^4 \cdot G} \cdot F \quad (\text{caracteristică liniară})$$

- Lucrul mecanic de deformație $A = \frac{1}{2} F \cdot f = \frac{1}{2} F^2 \cdot \frac{8 D_m^3 n}{d^4 G}$

- Rigiditatea $C = \frac{F}{f} = \frac{\Delta F}{\Delta f} = \frac{G}{8} \cdot \frac{d^4}{D_m^3 \cdot n}$

- Coeficientul de utilizare volumetric $K_v = \frac{A}{\frac{\tau_{t_{max}}^2}{G} \cdot V} = \frac{\frac{1}{2} F^2 \cdot \frac{8 D_m^3 n}{d^4 G}}{\left(\frac{F \frac{D_m}{2}}{\frac{\pi d^3}{16}} \right)^2 \cdot \frac{V}{G}} = \frac{1}{4}$

- Elemente de calcul

Dimensionare –

-Diametrul sârmei

a) când se impune prin gabarit (D_m)

-se alege $i = \frac{D_m}{d} \Rightarrow d$ și se face verificarea

$$\tau_{t_{max}} = \frac{8FKi}{\pi d^2} \leq \tau_{at} = -0,5\tau_{r_{min}} \text{ – pentru sîrmă trefilată din OLC}$$

$$-0,35\tau_{r_{min}} \text{ – pentru sîrmă din Bz}$$

b)cînd nu se impune gabaritul

$$\Rightarrow d = \sqrt{\frac{8FKi}{\pi\tau_{at}}},$$

- Numărul de spire:

Din condiția de deformații (rigiditate):

- numărul de spire active $n = \frac{Gd^4}{8D_m^3} \cdot \frac{\Delta f}{\Delta F} = \frac{Gd^4}{8D_m^3 \cdot c}$

- numărul de spire de reazem $n_r \geq 1,5$; se recomandă $n_r = 2$

- număr total de spire $n_t = n + n_r$

- Lungimea liberă a arcului

- la arcuri de compresiune cu capete prelucrate

$$H_0 = nt + (n_r - 0,5)d \quad H_0 = n_t \cdot d$$

0,5d - pentru înălțimea de așezare a spirelor de reazem

- la arcurile de întindere $H_0 = (n + 1)d + 2Hc$ la arcuri cu

pretensionare

$H_0 = tn + d + 2Hc$ la arcuri fără pretensionare

unde $Hc \approx (0,5 \dots 2)D_m$ - înălțimea ochiului de prindere

- Lungimea desfășurată a arcului $l = \frac{\pi D_m n_t}{\cos \alpha}$

- Verificarea la flambaj a arcurilor comprimate (fig.3.64)

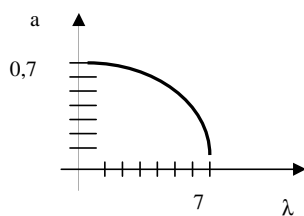


Fig.3.64

Dacă punctul de coordonate (λ, a)

se găsește sub curbă - nu flambează

$$a = \frac{f_2}{H_0} ; \quad \lambda = \frac{H_0}{D_m} ; \quad f_2 = \text{săgeata}$$

de exploatare....

dacă $\lambda < 3 \rightarrow$ sigur nu flambează

c) Arcuri elicoidale cilindrice multiple cu secțiune circulară (fig.3.65)

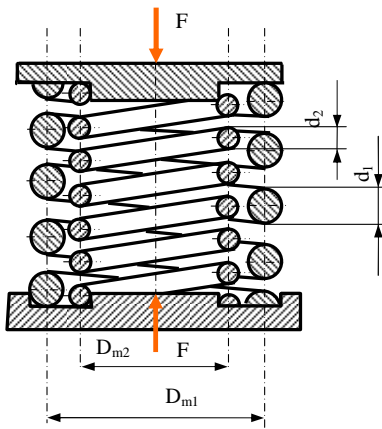


Fig.3.65

Spațiul disponibil este mai bine folosit dacă se întrebuintează arcuri elicoidale multiple. Sistemul ar echivala cu un număr de arcuri cu rigiditate diferită, așezate în paralel, care sub acțiunea forței exterioare F, se deformează cu aceeași săgeată f.

Fie un arc compus din z arcuri elicoidale

$d_1, d_2, \dots, d_z \rightarrow$ diametrul sîrmelor

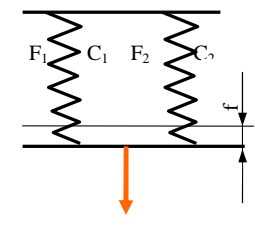
$D_{m1}, D_{m2}, \dots, D_{mz} \rightarrow$ diametrul mediu de înfășurare

$l_1, l_2, \dots, l_z \rightarrow$ lungimea sârmei

Condiția – aceeași tensiune $\tau_{i_{max}}$ și același material (și deci aceeași săgeată):

$$f_1 = f_2 = f_3 = \dots = f_z$$

$$8 \frac{D_{m1}^3 n_1}{G d_1^4} \cdot F_1 = 8 \frac{D_{m2}^3 n_2}{G d_2^4} \cdot F_2 = \dots = 8 \frac{D_{mz}^3 n_z}{G d_z^4} \cdot F_z$$

$$\tau_{i_{max1}} = \frac{8 F_1 \cdot D_{m1}}{\pi d_1^3} = \frac{8 D_{m2}}{\pi d_2^3} F_2 = \dots = \frac{8 D_{mz}}{\pi d_z^3} F_z$$


dar

$$\Rightarrow \frac{D_{m1}^2 n_1}{d_1} = \frac{D_{m2}^2 n_2}{d_2} = \dots = \frac{D_{mz}^2 n_z}{d_z}$$

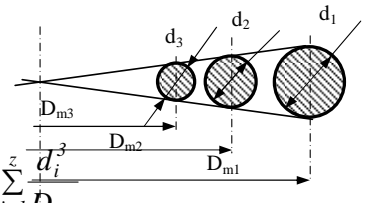
Se poate admite în plus, fără nici o dificultate de realizare, că:

$$n_1 D_{m1} = n_2 D_{m2} = \dots = n_z D_{mz} \quad (l_1 = l_2 = \dots = l_z)$$

$$\Rightarrow \frac{D_{m1}}{d_1} = \frac{D_{m2}}{d_2} = \dots = \frac{D_{mz}}{d_z} \text{ adică existența unei proporționalități între diametrul}$$

de înfășurare și diametrul sîrmelor.

Forța preluată de arc :

$$F = \sum_{i=2}^z F_i = \frac{\pi}{8} \sum_{i=1}^z \tau_{i_{max}} \frac{d_i^3}{D_{m_i}} = \frac{\pi}{8} \tau_{i_{max}} \sum_{i=1}^z \frac{d_i^3}{D_{m_i}}$$


Sarcinile preluate de 2 arcuri consecutive :

$$\frac{F_{i-1}}{F_i} = \frac{d_{i-1}^3}{D_{m_{i-1}}} \cdot \frac{D_{m_i}}{d_i^3} = \left(\frac{d_{i-1}}{d_i} \right)^2, \text{ deoarece } \frac{D_{m_i}}{d_i} = \frac{D_{m_{i-1}}}{d_{i-1}}$$

5.1.7. Arcuri de cauciuc

La același volum de material, arcul de cauciuc amortizează o cantitate de energie sensibil superioară celei corespunzătoare arcului din oțel – $\approx 40\%$ din energia de deformație. Această capacitate de amortizare se datorește frecărilor interne.

Categoriile principale de arcuri din cauciuc (fig.3.66)

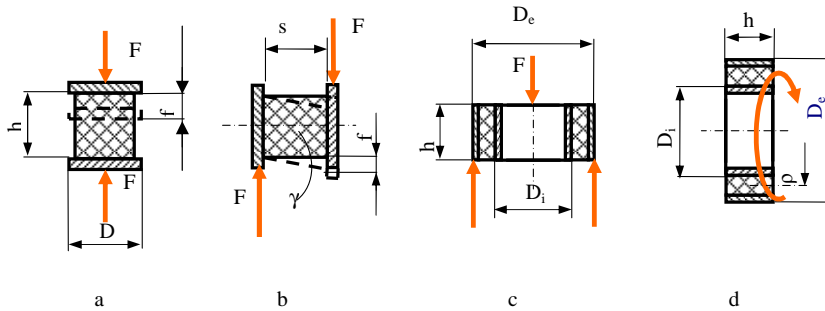


Fig.3.66

Arc blocat sollicitat la compresiune (fig.3.66.a)

$$\sigma = \frac{F}{A} = \beta \varepsilon \frac{f}{h}$$

$$\beta = \beta \left(\frac{h}{D} \right) \rightarrow \text{nu se deformează elastic decît pentru zone mici}$$

$$f = \frac{8}{3} \cdot \frac{\tau_c}{G} \cdot \frac{h^3}{D^2}$$

Arc cilindric armat cu plăci metalice (fig.3.66.b) sollicitat la forfecare

$$\tau_f = \frac{F}{A} = \rho G$$

$$f = s \cdot tg \frac{F}{A \cdot G}$$

Arc cilindric armat cu tuburi metalice (fig.3.66.c), sollicitat la torsiune

$$\tau_{f \max} = \frac{F}{\pi D_i h}$$

$$f = \frac{F}{2\pi Gh} \cdot \ln \frac{D}{D_i}$$

Arc cilindric armat cu tuburi metalice (fig.3.66.d), solicitat la forfecare

$$\tau_{t \max} = \frac{2M_t}{\pi h D_i^2} = \tau_{f \max} = \frac{F_t}{A_{\text{forfec}}} = \frac{2M_t}{D_i \cdot \pi D_i \cdot h}$$

$$M_i = 2\pi \rho h \tau_t \rho \Rightarrow \tau_{t \max} = \frac{M_t}{2\pi \frac{D_i}{2} h \frac{D_i}{2}}$$

$$\varphi = \frac{M_t}{\pi Gh} \left(\frac{1}{D_i^2} - \frac{1}{D^2} \right) n - l$$

Rezistențele admisibile pentru arcurile de cauciuc

- solicitate static:	$\sigma_{\text{compresiune}} = 3 \dots 5 \text{ N/mm}^2$
	$\tau_{\text{forfecare}} = 1 \dots 2 \text{ N/mm}^2$
	$\tau_{\text{torsiune}} = 2 \dots 2,5 \text{ N/mm}^2$
- cu șoc trecător:	$\sigma_{\text{compresiune}} = 2,5 \dots 5 \text{ N/mm}^2$
	$\tau_{\text{forfecare}} = 1 \dots 2 \text{ N/mm}^2$
	$\tau_{\text{torsiune}} = 2 \dots 2,5 \text{ N/mm}^2$
-solicitate dinamic	$\sigma_{\text{compresiune}} = 1 \dots 1,5 \text{ N/mm}^2$
	$\tau_{\text{forfecare}} = 0.3 \dots 0.5 \text{ N/mm}^2$
	$\tau_{\text{torsiune}} = 0.3 \dots 1 \text{ N/mm}^2$

5.2. Amortizoare

5.2.1. Caracterizare. Elemente constructive

Au rolul de a disipa energia vibrațiilor și șocurilor.

După principiul de funcționare:

- amortizoare cu frecare uscată (coulombiană)
- amortizoare cu frecare fluidă
- amortizoare cu pierderi prin curenți turbionari

Exemple

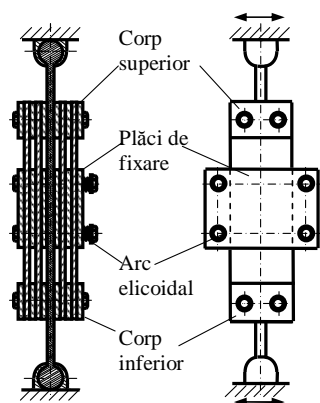


Fig.3.67

a) *Amortizor cu frecare uscată-unidirecțional* - pentru disiparea energiei vibrațiilor rectilinii (fig.3.67)

$$F_f = \mu F_n = \mu \rho A$$

b) *Amortizoare cu frecare fluidă*

Amortizarea este determinată de forța de frecare creată la forfecarea unui fluid vâcos între două suprafețe cu viteze \neq sau de forța rezistentă, realizată la deplasarea forțată a fluidului vâcos printr-o conductă sau un orificiu.

Vîscozitatea dinamică este caracteristica principală a fluidelor ce determină caracteristicile amortizoarelor cu frecare fluidă:

$$F_f = cv^m$$

în care c este coeficientul de amortizare; v = viteza relativă a elementelor rigide ale amortizoarelor, legate de masa care vibrează și batiu; m = exponent:

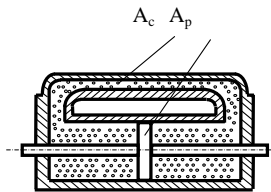
- $m = 1 \Rightarrow$ caracteristică liniară

- $m < 1 \Rightarrow$ caracteristică progresivă

- $m > 1 \Rightarrow$ caracteristică progresivă

Exemple:

1). Amortizor cu piston (fig.3.68)



$$\Rightarrow c = 8\eta\pi \frac{A_p^2}{A_c^3}$$

Fig.3.68

2). Amortizor hidraulic telescopic

Forța de amortizare se datorește rezistenței fluidului la trecerea prin orificii mici, în funcție de raportul dintre coeficientul de rezistență pentru cursa de compresiune c_v și coeficientul de rezistență pentru cursa de destindere $c_d \Rightarrow$

- amortizoare cu simplu efect $c_c = 0; c_d \neq 0$

- amortizoare cu dublu efect $c_c \neq 0; c_d \neq 0 \Rightarrow$ caracteristică simetrică $c_c = c_d$

caracteristică asimetrică $c_c \neq c_d$

Constructiv \Rightarrow amortizoare telescopice – monotubulare

- bitubulare

Schematic \Rightarrow amortizor telescopic bitubular (fig.3.69)

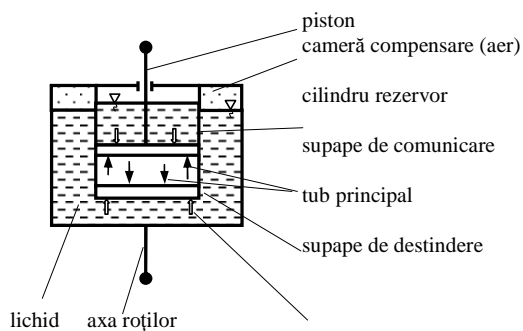
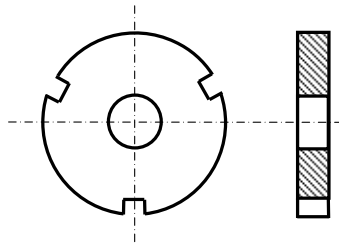


Fig.3.69

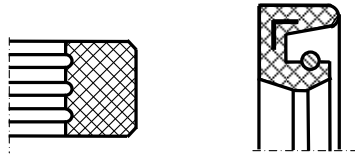
Elementele componente:

- Supapele sînt realizate sub forma de rondele apăsate pe orificii calibrate prin intermediul unor elemente elastice



În cazul supapelor de destindere și comprimare rondele obturatoare, din tablă de oțel de arc cu grosimea 0,2...0,25 mm au realizate pe periferie, prin frezare, un număr de fante calibrate, prin care se creează rezistența vîscoasă a lichidului.

- Pistoanele sînt confecționate din fontă sau materiale ceramice
- Tuburi exterioare-din țevi de oțel
- Sistemul de etanșare-inel de cauciuc cu zimți interiori sau manșetă de etanșare (simmering)



- Lichidul de amortizare – trebuie să aibă un indice de vîscozitate (I V) ridicat: 3,6,...3,9 cSt la 100°C, minimum 12 cSt la 50°C și 6500 cSt la 40°C. Încălzirea amortizoarelor implică scăderea vîscozității → scăderea performanțelor

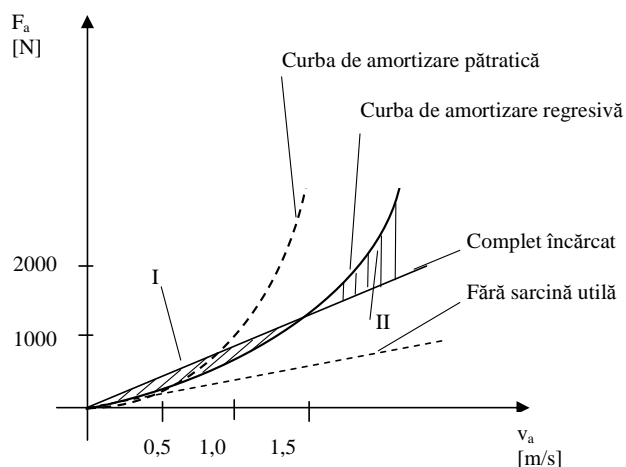
De exemplu: încălzirea amortizorului de la 20 la 120°C conduce la reducerea cantității de energie disipate cu 35%.

5.2.2. Elemente de calcul și proiectare

Calculul se efectuează în strînsă corelație cu celelalte elemente ale suspensiei (masa suspendată, elemente elastice, etc.).

Pentru un amortizor hidraulic telescopic se parcurg următoarele etape:

- Stabilirea caracteristicii externe de amortizare



Pentru viteze ale pistonului de pînă la 0,5m/s → domeniul I de funcționare

>0,7m/s → domeniul II de funcționare

Caracteristica de amortizare (curba A) conduce în domeniul vitezelor mari la forțe de amortizare exagerate, cu implicații negative asupra confortului → introducerea unei supape de descărcare care intră în funcțiune numai la o anumită viteză – numită viteză critică. Se asigură pentru viteze mari o caracteristică de amortizare regresivă (curba B). Pentru suspensii auto $V_{cr} = 0,2 \dots 0,4 \text{ m/s}$.

- Dimensiuni constructive de bază

●) Lungimea l – impusă de valorile extreme ale elementului elastic

●●) Diametrul exterior D_e - din condiția termică $W_{\text{forfecare}} = W_{\text{evacuat}}$ convecție

$W_{\text{forfecare}} = kv_m^2$ - viteza medie a vibrațiilor k – constantă dependentă de amortizare (orificiu, etc.);

$$W_{\text{evacuare convecție}} = \pi D_e l \alpha \Delta T$$

●●) Orificiile calibrate

Condiția de debit (debitul prin orificiul calibrat identic cu cel realizat de piston)

$$Q_{cal} = Q_{piston} = SV_p$$

$$Q_{cal} = \mu_{cal} S_{cal} \sqrt{2g p / \gamma}$$

$$F_a = pS \Rightarrow p$$

μ_{cal} = coeficientul de pierdere la scurgerea prin orificii calibrate. De exemplu:

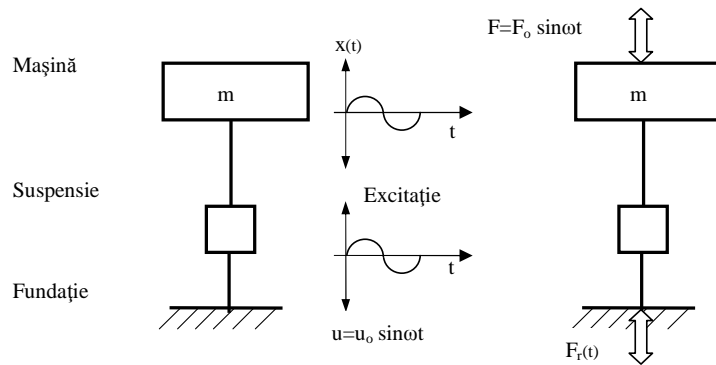
$$R_e > 320, \mu_{cal} \approx 0,72 \dots 0,75$$

••) Dimensionarea canalelor circulare din piston

•• Condiția debit $Q_{can} = \mu_{can} \sqrt{2g p / \gamma} \pi d^2 / 4 = Q_p = V_p S$

5.3. Suspensii mecanice

- Rol - micșorarea amplitudinii mișcării transmise de la fundația ;
- micșorarea forței transmise de la mașină la fundație.



a) pentru reducerea amplitudinii mișcării

b) pentru reducerea forței

Părțile principale ale unei suspensii

- elemente elastice (arcuri) cu rol de susținere a sarcinii
- elemente de disipare a energiei vibrațiilor (amortizori)

Mărimile prin care se poate caracteriza o suspensie:

- transmisibilitatea absolută T_A

●) pentru cazul din fig.a $T_A = \frac{A_m}{A_f}$, A_m = amplitudinea vibrației mașinii,

A_f = amplitudinea vibrației fundației

●●) pentru cazul din fig.b $T_A = \frac{A_{Ff}}{A_{Fe}}$;

A_{Ff} = amplitudinea forței transmise fundației

A_{Fe} = amplitudinea forței transmise excitației

- transmisibilitatea relativă T_R :

$T_R = \frac{A_s}{A_{vf}}$; A_s = amplitudinea deformației suspensiei

A_{vf} = amplitudinea vibrației fundației

- răspunsul mișcării A_l , numit factor de amplificare;

$A_l = \frac{Ad}{Ast}$, Ad – amplitudinea deplasării sistemului elastic – sub

acțiunea amplitudinii forței de excitație

Ast – deformație statică

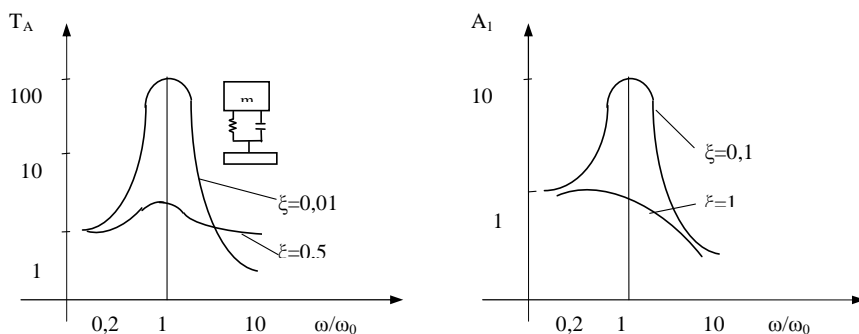
Exemple ale mărimilor T_A, T_R și A_l pentru un sistem cu un grad de libertate

$$\xi = c / c_{cr}; \quad c_{cr} = 2\sqrt{km}$$

$$\omega_0 = \sqrt{k/m} \cdot \sqrt{1 - \xi^2}$$

Suspensia cu amortizor vâscos cuplat rigid:

- creșterea amortizării realizează micșorarea transmisibilității la rezonanță, dar conduce la obținerea unor valori mari ale transmisibilității absolute pentru valori ridicate ale pulsației $\omega/\omega_0 > 1$. Amortizorul este eficace numai în zona rezonanței (fig.a). Factorul de amplificare A_l este micșorat, pentru o valoare a pulsației, de creștere a amortizării (fig.b).



Suspensia cu amortizor coulombian legat rigid:

- realizează o legătură rigidă prin blocarea amortizorului atunci când forța de frecare este mare și excitația se face cu pulsații foarte mici ($\omega \ll \omega_0$). În aceste condiții $T_A = 1$. Creșterea coeficientului de amortizare coulombiană micșorează transmisibilitatea absolută la rezonanță și mărește pulsațiile la care aceasta se realizează.

Bibliografie

1. Manea Gh.- Organe de mașini. Edit.Tehnică, București, 1970
2. Gafițanu M.ș.a. - Organe de mașini. Edit.Tehnocă, București ,1981 și 1983;
3. Pavelescu D. ș.a. - Organe de mașini. Edit. Didactică și Pedagogică, București, 1985;
4. Bucșă I. ș.a. - Indrumătorul tehnicianului proiectant de mașini și utilaje. Edit.Tehnică București, 1971.

?? Intrebări recapitulative

1) Care dintre următoarele afirmații este adevărată: arcul este un organ de mașină care realizează o legătură

- a) elastică;
- b) rigidă.

între părțile sau piesele unei mașini, mecanism sau dispozitiv?

2) Caracteristica arcului este curba care exprimă dependența dintre:

- a) forța și deformația elastică liniară;
- b) moment și deformația elastică unghiulară;
- c) între forță și moment;
- d) între forță și unghiul de înfășurare al elicei.

3) Rigiditatea arcului este o mărime:

- a) adimensională
- b) care se exprimă în N/mm.

4) Care dintre secțiunile arcurilor lamelare au cel mai bun coeficient de utilizare volumetrică?

- a) dreptunghiulară;
- b) triunghiulară;
- c) trapezoidală.

5) Solicitarea principală a arcurilor de torsiune este:

- a) torsiunea;
- b) tracțiunea.

6) Arcurile elicoidale cilindrice în ansamblu sunt solificate la:

- a) torsiune;
- b) tracțiune;
- c) compresiune.

7) La același volum de material, arcul de cauciuc amortizează o cantitate de energie:

- a) superioară celei corespunzătoare arcului din oțel;
- b) inferioară celei corespunzătoare arcului din oțel.

8) Caracteristicile mecanice ale arcului depind de:

- a) compoziția și proprietățile materialului din care se realizează;
- b) forța sau momentul la care sunt solificate arcurile.