

# ARBORII

**1. Arborii:** sunt organe de masini care se rotesc in jurul axei lor geometrice si care transmit momente de rasucire prin intermediul altor organe pe care le sustin sau cu care sunt asamblate (role, roti dintate, biele, cuplaje)

In functie de variantele constructive, exista trei tipuri de arbori: drepti, cotiti, flexibili.

Arborii drepti sunt organe de masini care au rolul de a sustine alte organe de masini aflate in miscare de rotatie (roti dintate, roti de curea, roti de lant si cuple, inclusiv roatele de motoare electrice). Acestea transmit momente de torsiune organelor de masini care sunt legeti, ei fiind solicitati la incovoiere, torsiune si foarte rar la intindere si compresiune.

Arborii drepti se utilizeaza in constructia turbinelor cu abur si turbinelor hidraulice, a cutiilor de viteza, a reductoarelor si a transmisiilor masinilor – unelte.

Partile componente ale unui arbore drept sunt: zona de calare (1), fusuri (2), corpul arborelui (3), lagare (4).

Arborii cotati sunt organe de masini care se construiesc pentru a contribui la transformarea miscarii de rotatie in miscare de translatie. Acestia sunt utilizati in special la masinile montate cu abur si cu ardere interna la pompe, compresoare care prin intermediul mecanismului biele – manivela transforma miscarea rectilinie alternativa a pistoanelor in miscare de rotatie al arborelui cotit.

Principalele zone ale unui arbore cotit sunt : fusurile de sprijin (1), fusurile intermediare sau manetoane (2), zonele de calare (3).

Arborii flexibili se intalnesc acolo unde axa geometrica a lor trebuie sa urmareasca un traseu usor sinuos si variabil in timp, asa cum este cazul cablurilor de kilometraj de la autovehicule, a arborilor frezelor stomatologice.

## **2. Clasificarea arborilor:**

A. dupa conditia de functionare :

1. in functie de functionare :

- static determinati (intre reazeme);
- static nedeterminati (in afara reazemelor).

2. in functie de comorarea la vibratie a arborilor (turatia de regim/turatia critica):

- rigizi ( $n < n_{Cr}$ );
- elastici ( $n > n_{Cr}$ ).

3. in functie de tiul de solicitare :

- arbori de torsiune;
- arbori solicitati compus : tensiune si incovoiere;

4. in functie de ozitia in care lucreaza :

- orizontala;
- verticala;
- inclinata.

B. dupa pozitia axei de sprijin :

1. fixa (arbori de sprijin);
2. variabili (arbori flexibili).

### **3. Fusuri si pivoti:**

Fusurile si pivotii sunt acele zone din componenta arborilor si osiilor prin care acestia se sprijina in lagare.

Suprafetele fusurilor prezinta o miscare relativa fata de suprafetele interioare de contact ale lagarului de sprijin. Acesta poate fi de alunecare (lagar de alunecare) sau de rostogolire (indirecta la rulmenti).

Clasificarea fusurilor:

1. Dupa directia fortei care le solicita in raport cu axa lor de rotatie si forma :
  - radiale (pot avea forma cilindrica sau conica);
  - axiala (pot fi circulare pline, inegale, multiinelare);
  - radial – axiale ( pot fi conice sau sferice, simple sau cu umar de sprijin).
2. Dupa pozitia relativa pe care o ocupa pe arbore :
  - radiale : de capat, intermediare;
  - axiale : frontale, intermediare sau superioare;

Pivotii sunt acele fusuri axiale sau radical – axiale la care forta principala din lagar este paralela cu axa de rotatie.

Materiale pentru confectionarea arborilor.

Materialele din care se confectioneaza arborii se aleg in functie de scopul urmarit si de conditiile impuse in functie, de tehnologia de executie adoptata pentru acestia.

In general se utilizeaza oteluri carbon obisnuite OL 42, OL 50, OL 60. Pentru a satisface aceasi rezistenta dar la gabarite si la calitate (la care se vor aplica tratamente termice adecvate pentru cresterea rezistentei in zona de sprijin). OLC 25, OLC 35, OLC 45. Pentru solicitari importante si gabarite reduse se recomanda otelurile aliate de imbunatatire : 41 Mo Cr 11, 41 Cr Ni 12, 18 Mo Cr Ni 13, 21 Mo Mn Cr 12, 13 Cr Ni 30.

Deoarece fontele au rezistenta mecanica mai scazuta decat otelurile, dar au o sensibilitate mult mai mica fata de efectul de concentrare a vibratiilor, vor fi recomandate la executia arborilor de dimensiuni mari sau a arborilor cu forma complicata. Astfel se utilizeaza fontele cu grafit nodular sau fontele maleabile.

Materialele pentru confectionarea fusurilor si pivotilor.

Materialele din care sunt confectionate fusurile si pivotii sunt aceleasi cu ale arborilor carora le apartin. Pentru a face fata solicitarilor la care sunt supuse in timpul

exploatareii (incovoierea, oboseala, presiune de contact, uzura), se recomanda o prelucrare ingrijita a suprafetei fusurilor, astfel incat sa se asigure o aderenza cat mai buna lubrifiantului.. Solutiile care conduc la imbunatatirea caracteristicilor fizico – mecanice ale acestor zone sunt :

- aplicarea unor tratamente mecanice, termice sau termochimice adecvate;
- introducerea prin presare sau frecare pe arbore a unui manson cu caracteristici corespunzatoare cerintelor functionarii acestui ansamblu;
- aplicarea pe suprafata fusului a unei pelicule subtiri de material plastic (poliamide), care prezinta caracteristici deosebite de rezistente la presiunea de contact, uzura si aderenza. In plus aceasta pelicula poate fi inlocuita cu usurinta dupa uzare.

### Calculul arborilor

Etapele proiectarii cu axa geometrica dreapta ce trebuie respectate sunt :

- predimensionarea : se face prin calculul de rezistenta la ruperea sau la deformatie;
- adaptarea solutiei constructive : pornind de la rezultatele obtinute si luand in considerare conditiile de executie si de montaj;
- efectuarea verificarilor de rezistenta la oboseala, deformatii, vibratii;

Pentru efectuarea calculelor modelul real al subansamblului arbore – elemente sustinute se inlocuieste cu modelul conventional al unei grinzi plane sprijinita pe doua sau mai mult reazeme si incarcata cu sarcini concentrate. In calculul de rezistenta la incovoiere se considera numai fortele exterioare neglijandu-se greutatea proprie a osiilor sau arborilor.

1. Dimensionarea – se va face numai pentru torsiune (rasucire) care reprezinta de regula solicitarea principala. Solicitarea de incovoiere fiind mai mica , se neglijeaza.

- pentru arbori cu sectiune plina :

$$W_{nec} = \frac{Mt}{\tau_{at}} \quad \text{sau} \quad \frac{\pi \cdot d^3}{16} = \frac{Mt}{\tau_{at}} \Rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{16 Mt}{\pi \tau_{at}}} \text{ cm}$$

- pentru arbori cu sectiune inelara.

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 Mt}{\pi \tau_{at} (1-k^4)}} \text{ [cm]}$$

2. Verificarea la solicitari compuse – torsiune si incovoiere.

In acest caz efectul unitar echivalent se va determina cu relatia

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_i^2 + 4\tau^2} \leq \tau_{ai}$$

in care efectul unitar la incovoiere

$$\sigma = \frac{M_{i \max}}{W} = \frac{M_{io}^2 + M_{iv}^2}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} \left[ \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \right]$$

Fortele ce actioneaza asupra arborilor pot avea atat componente in planul orizontal rezultand momentele incovoiatoare  $M_{io}$  in sectiunea periculoasa de rupere, cat si componente in plan vertical rezultand momentele incovoiatoare  $M_{iv}$ . Prin comunerea  $M_{io}$  si  $M_{iv}$  momentul  $M_i$  care intervine in calculul efectului unitar la incovoiere  $\sigma_i$ . cunoscandu-se puterea necesara a fi transmisa  $P$ [KW], precum si turatia arborelui  $n$ [rot/min] se poate determina momentul de torsiune  $M_t$  cu relatia  $M_t = 95500 \frac{P}{n}$  [daN cm]

Astfel se va putea calcula valoarea efortului unitar tangential

$$\tau_t = \frac{M_t}{W_p} = \frac{95500 \frac{P}{n}}{\frac{\pi \cdot d^3}{16}} \left[ \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \right]$$

Efortul unitar admisibil al materialului se va alege in raport cu calitatea materialului si cu coeficientul de siguranta.

Functie de cazul de solicitare :

- pentru oteluri cu rezistenta la rupere  $\sigma_r = 50 \dots 80$  [daN/mm<sup>2</sup>] se vor alege rezistente admisibile  $\sigma_{ai} = 600 \dots 900$  [daN/cm<sup>2</sup>] pentru cazul 3 se solicitari;
- pentru arborii din fonta cu rezistenta la rupere incovoiere  $\sigma_r = 6 \dots 10$  [daN/mm<sup>2</sup>] se vor alege rezistentele admisibile la incovoiere  $\sigma_{ai} = 250 \dots 400$  [daN/cm<sup>2</sup>] pentru solicitari alternative.

### 3. Verificarea la oboseala

Cand arborii sunt supusi la incovoiere dupa un ciclu alternant simetric, iar la torsiune dupa un ciclu pulsator, acestea vor solicita la oboseala materialul din care sunt confectionati arborii. Pentru a verifica daca arborele rezista acestor solicitari, se determina coeficientul de siguranta la oboseala. Astfel se vor calcula :

- coeficientul de siguranta la incovoiere :

$$C_2 = \frac{\sigma - 1}{\frac{\beta_k \cdot \sigma_v}{\varepsilon \cdot \gamma}}$$

- coeficientul de siguranta la torsiune

$$C_{\tau} = \frac{\tau - 1}{\frac{\beta_k}{\varepsilon \cdot \gamma} \cdot \tau_v + \frac{\tau - 1}{\tau_c} \cdot \tau_m}$$

in factorii ce influenteaza rezistenta la oboseala sunt :

- $\beta_k$  - este concentratorul de tensiuni la crestaturi, racordari, treceri de diametru de la o treapta la alta.
- $\gamma$  - factorul de calitate al prelucrari suprafetelor
- $\varepsilon$  - factorul dimensional, natura materialului.

#### 4. Verificarea la deformatii torsionale

Deformatiile torsionale  $\phi$  se masoara in radiani si se pot determina in situatia in care se cunosc momentul de torsiune  $M_t$  [daN cm] lungimea  $l$  [cm], intre reazemele arborelui, modulul de elasticitate transversala  $G$  (pentru otel  $G = 8 \cdot 10^5$  daN/cm<sup>2</sup> si momentul de inertie polar al sectiunii circulare.

$$\phi = \frac{\pi d^4}{32} [\text{cm}^4]$$

Daca momentul polar este , relatia de calcul este

$$\phi = \frac{M_t \cdot l}{G \cdot I_p} [\text{rad}]$$

Pentru calculul deformatiei torsionale in grade se fac urmatoarele transformari :

$$\phi [\text{rad}] = \frac{\phi^{\circ} \cdot \pi}{180^{\circ}} \quad \text{deformatia cautata se determina cu relatia} \quad \phi^{\circ} = \frac{180^{\circ} \cdot l \cdot M_t}{\pi \cdot G \cdot I_p} \leq \phi_a^{\circ}$$

stiind ca 
$$\phi_a^{\circ} = \frac{180^{\circ} \cdot 32 \cdot l \cdot M_t}{\pi^2 \cdot G \cdot d^4}$$