Aplicația AEF-A.2.5

ANALIZA STATICĂ LINIARĂ A ARBORELUI DE INTRARE AL UNUI REDUCTOR CILINDRIC

A. DEFINIREA APLICAȚIEI

A.1. Introducere Funcționarea angrenajelor din componența reductoarelor de turație este influențată și de rigiditățile arborilor pe care sunt montate roțile dințate precum și de rigiditățile dinților roților. Identificarea câmpurilor de tensiuni și de deformații din aceste părți, utilizând analiza cu elemente finite, conduce la desprinderea unor concluzii utile referitoare la

valorile și distribuțiile acestor câmpuri, pentru practica de proiectare a angrenajelor.

A.2. Descrierea aplicației

În figura de mai jos se prezintă desenul de ansamblu al unui reductor cilindric într-o treaptă care realizează transmiterea și modificarea mișcării de rotație și a momentului de torsiune cu raportul de transmitere i = 2. Pe capetele arborilor de intrare și de ieșire se montează cuplaje elastice. Arborele de intrare, corp comun cu pinionul, precum și arborele de ieșire sunt sprijiniți pe rulmenți radiali cu bile care sunt fixați radial și axial în subansamblul carcasă.



În cazul acestei aplicații se prezintă analiza câmpurilor deformațiilor și tensiunilor din structura arborelui cu pinion de intrare. Analiza se efectuează în scopul stabilirii zonelor puternic solicitate și, pe de altă parte, evidențierea neatingerii limitei de curgere a materialului în condițiile încărcării maxime. Modelarea și analiza se realizează pentru arborele de intrare corp comun cu pinionul cu cinci tronsoane cilindrice care au următoarele seturi de dimensiuni geometrice (diametru, lungime), exprimate în mm: (36,

60), (40, 40), (51, 50), (48, 15), (40, 15). Pe tronsonul exterior este practicat un canal de pană cu dimensiunile b = 8 mm, h = 3,5 mm, l = 50 mm. Pe tronsonul al patrulea este practicată dantură dreaptă cu parametrii: modulul, m = 3 mm; numărul de dinți $z_1 = 20$; coeficientul capului $h_{0a}^* = 1$; coeficientul jocului, $c_0^* = 0,25$; coeficientul racordării, $\rho_f^* = 0,38$; coeficienții deplasărilor $x_1 = -0,25$, $x_2 = 0,25$; unghiul cremalierei, $\alpha_0 = -0,25$; distanța dintre axe $a_w = 90$ mm. Momentul de torsiune transmis de arborele de intrare are valoarea $T_1 = 22$ Nm. Arborii reductorului sunt realizați din oțel aliat 40Cr10, tratat termic prin îmbunătățire la 250-270 HB.

B. ÎNTOCMIREA MODELULUI DE ANALIZĂ

B.1. Definirea modelului de analiză

Pentru întocmirea modelului de analiză cu elemente finite asociat aplicației de mai sus se impune identificarea:

- formei și dimensiunilor geometrice,
- elementelor adiacente cu rigiditate mărită,
- restricțiilor induse de legăturile cu elementele adiacente,
- încărcărilor exterioare,
- caracteristicilor materialului.

B.2. Descrierea modelului de analiză

Forma geometrică și dimensiunile arborelui sunt prezentate în figura de mai jos.

Pentru ca modelul de analiză să aibă aceeași comportare ca în realitate în zonele de rezemare pe rulmenții radiali, aceștia se înlocuiesc cu câte un element rigid care solidarizează axa cu suprafața cilindrică de așezare a rulmentului. În plus, se introduce asociat nodurilor master de pe axă câte un element de constrângere de tip cuplă de rotație pentru a se permite deformarea la răsucire a arborelui. Acestor elemente de constrângere li se asociază automat condiții limită care implică restricții de translație după cele trei direcții ale sistemului de coordonate XYZ și restricții de rotație după axele OY și OZ.

De asemenea, pentru o comportare cât mai apropiată de modelul real, având în vedere rigiditatea mărită a semicuplajului de antrenare și penei paralele, încărcarea cu momentul M $= T_1$ se face printr-un element rigid asociat acestora care solidarizează axa cu suprafața laterală a canalului de pană.



B.3. Stabilirea caracteristicilor materialului

Pentru analiza cu elemente finite caracteristicile de rezistență ale materialului, oțel 40Cr10, îmbunătățit la 250-270 HB, sunt:

- modulul de elasticitate longitudinală, $E = 204000 \text{ N/mm}^2$;
- coeficientul contracției transversale (Poisson), v = 0,3.

C. PREPROCESAREA MODELULUI DE ANALIZĂ



Anexa 2) \rightarrow

 \sim (Spline) \rightarrow [se generează linia flancului și racordării prin selectarea punctelor generate anterior (punctul final se generează prin dublă selecție)] \rightarrow

(Rotate) \rightarrow Rotation Definition [se selectează linia spline generată anterior], Duplicate: Instance(s): 1, I Duplicate mode, [se selectează centrul sistemului HV], Value: 3.97637 (v. Anexa 2), $\neg OK \rightarrow \square$ (Simmetry) \rightarrow [se selectează linia spline obținută după rotire] \rightarrow [se selectează linia de simetrie axa V] \rightarrow

 \blacksquare (Project 3D Elements) → [se selectează cercul de picior, cercul de bază al cilindrului pe care se generează dantura] →

○(Circle) \rightarrow [se generează cercul de cap cu diametrul de 65 mm (v. Anexa 2)] \rightarrow

<u>Tools</u> \rightarrow <u>Sketch</u> Analysis \rightarrow Corrective Actions [se activează acțiunile corective pentru a se obține un profil închis], Geometry (Profile), Status (Closed), Comment (4 Curves),

(Construction/Standard Elements) \rightarrow [punctele P1 ... P10 se transformă în puncte de construcție], \rightarrow Close $\rightarrow \stackrel{\text{ch}}{\longrightarrow}$ (Exit Workbench).





[Selectare *Steel* din structura arborescentă] \rightarrow **Properties**: Feature Properties, Feature Name: OLC45; Analysis, Young Modulus 204000 N/mm², Poisson Ratio 0,3 \rightarrow Apply, \neg OK.



C.3. Modelarea cu elemente finite Activarea modulului de analiză cu elemente finite

<u>Start</u> \rightarrow <u>A</u>nalysis & Simulation \rightarrow <u>G</u>enerative Structural Analysis \rightarrow New Analysis Case: Static Analysis, \neg OK.

Observație

Prin activarea modulului **Generative Structural Analysis**, modelul solid este setat, implicit, pentru discretizare în elemente finite liniare tetraedrale (OCTREE Thetraedron). Opțional, pentru modificarea caracteristicilor de discretizare (tipul elementului finit și dimensiunile acestuia la nivel global sau real) se poate utiliza următoarea succesiune.

[Selectarea cu mouse-ul a specificației OCTREE Thetraedron Mesh: Part1, în structura arborescentă, sau a simbolului de pe structura modelului solid] \rightarrow OCTREE Thetraedron Mesh: Size: 5 mm (se pot opera modificări și pentru alți parametri, dacă sunt necesare), \neg OK.

C.4. Modelarea constrângerilor geometrice *Generarea elementelor rigide virtuale*

(Rigid Virtual Part) \rightarrow **Rigid Virtual Part**: Handler: [selectarea primului punct de pe axă], Supports: [selectare suprafață laterală canal de pană], \neg OK. [Se repetă această succesiune și pentru cele două elemente rigide dintre punctele de pe axă și suprafețele de montare a rulmenților].



Generarea constrângerilor de tip cuplă de rotație

(Pivot) \rightarrow **Pivot**: Supports [selectare element rigid, Rigid Virtual Part.2], Axis System Type: Global, Released Direction X 1, Y 0, Z 0; \rightarrow OK. [Se repetă această succesiune și pentru generarea cuplei de rotație asociată elementului rigid, Rigid Virtual Part.3].





D. REZOLVAREA MODELULUI CU ELEMENTE FINITE

D.1. Lansarea modulului de calcul
$\blacksquare (Compute) \rightarrow Compute: \downarrow All, \ \neg OK \rightarrow Computation Resources Estimation, \neg Yes$
\rightarrow Computation Status.

E. POSTPROCESAREA REZULTATELOR





F. CONCLUZII

Din analiza câmpurilor de deplasări se evidențiază faptul că elementul analizat este o structură rigidă (deplasările maxime reduse, 0,013 mm, în zona exterioară a canalului de pană). Datorită acestei caracteristici (rigiditate torsională mărită), influența deformațiilor arborelui asupra funcționării angrenajului este redusă. Tensiunile maxime Von Mises, aprox. 128 MPa, în zona canalului de pană, indică rezistența la limită admisibilă a arborelui.

G. EXERCIŢIU

Să se efectueze analiza cu elemente finite pentru arborele de ieșire al reductorului din figura A.2. Dimenisiunile geometrice (diametru, lungime), ale celor șase tronsoane exprimate în mm sunt: (50, 60), (60, 20), (70, 25), (85, 60), (95, 15), (70,15). Canalele de pană au dimensiunile: b = 12 mm, h = 5 mm, l = 50 mm. Momentul de torsiune transmis de arborele de ieșire are valoarea M = 44 Nm. Arborele de ieșire este realizat din oțel, OLC 45, tratat termic prin îmbunătățire la 250-270 HB.