

Aplicația AEF-A.1.8

CUVINTE CHEIE

Analiza statică neliniară, Starea axialsimetrică de tensiuni, Material liniar, Model geometric 2D, Element finit 2D, Element finit liniar, Contact mecanic cu frecare, Eroare structurală, Asamblare filetată, Subansamblu mecanic

CUPRINS

- A. DESCRIEREA PROBLEMEI
- B. MODELUL DE AEF
- C. PREPROCESAREA MODELULUI DE AEF
- D. REZOLVAREA MODELULUI DE AEF
- E. POSTPROCESAREA REZULTATELOR
- F. ANALIZA REZULTATELOR
- G. CONCLUZII

A. DESCRIEREA PROBLEMEI

A.1. Introducere

AEF ca metodă generală de studiu a fenomenelor și proceselor fizice din structurile mecanice permite și analiza câmpurilor mecanice care apar în cazul *contactelor asamblărilor mecanice* care presupun luarea în considerare a suprafețelor deformabile elastic din contactele directe și a frecărilor de alunecare care apar între acestea.

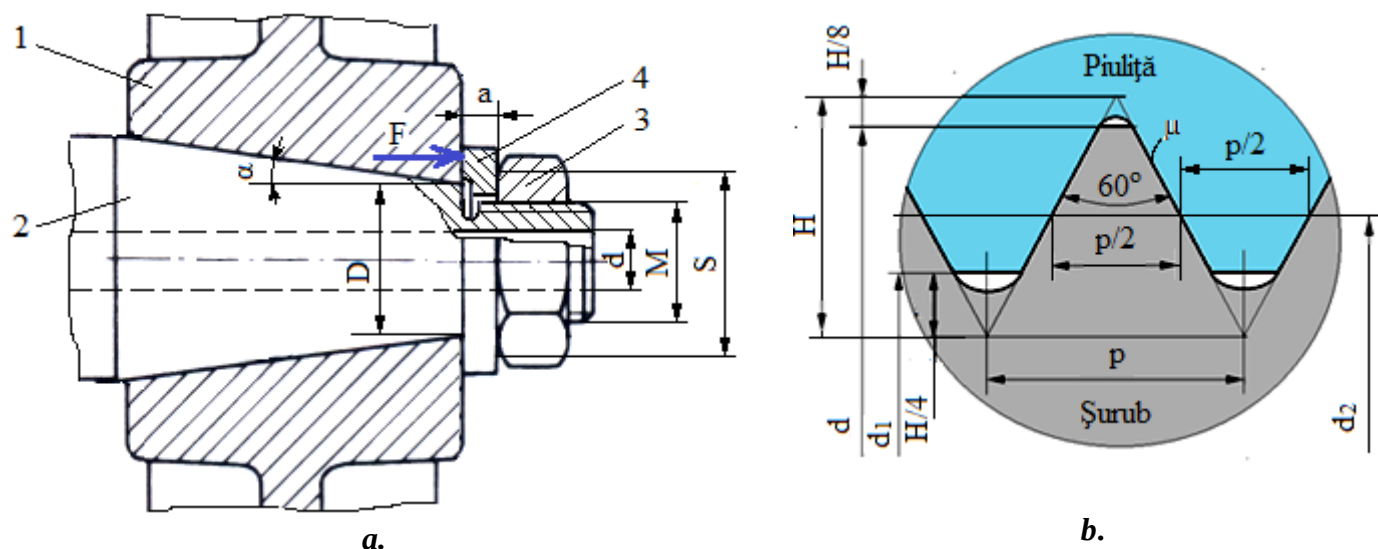
Legăturile filetate folosite frecvent în construcția asamblărilor demontabile șurub-piuliță formează structuri spațiale complexe ce implică contacte mecanice cu frecare și concentrări de tensiuni severe, greu de determinat cu metode clasice teoretice și/sau experimentale, pot fi analizate cu mai mare acuratețe prin modelarea și AEF.

A.2. Descrierea aplicației

Pentru realizarea strângerii necesare a asamblării arbore-butuc pe suprafață conică (fig. a) se impune dezvoltarea unei forțe de apăsare F prin strângerea piuliței 4 cu filet interior (fig. b) în raport cu filetul exterior practicat pe arborele 2.

Filetele de fixare metrice au unghiul profilului 60° și înălțimea teoretică $H = 0,866 p$, unde p este pasul filetului. Suprafețele în contact sunt delimitate de suprafețe cilindrice cu diametrul d_1 la interior și, respective, diametrul d_2 la exterior. În plus, asamblarea filetată este descrisă de cilindrul mediu (virtual) cu diametrul d_2 pe care grosimea spirei filetului piuliței este egală cu grosimea spirei filetului șurubului ($p/2$). Din considerente funcționale și tehnologice suprafețele elicoidale se racordează la interior (piuliță) și la exterior (șurub).

Transmiterea forței de la piuliță la șurub prin formă (contact direct) la înșurubare între suprafețele elicoidale deformabile elastic implică micromișcări relative cu frecare.



A.3. Scopul aplicației

În cazul acestei aplicații se impune AEF a câmpurilor de deplasări și de tensiuni din zona asamblării filetate cu $M = 30$ mm și pasul $p = 3,5$ mm. Pentru zona adiacentă asamblării filetate se consideră: $S = 46$ mm, $d = 18$ mm, $a = 10,25$ mm, $D = 30$ mm, $\alpha = 10^\circ$. Asamblarea este încărcată cu forța axială $F = 25000$ N. Arborele 1 și piulița 3 sunt executate din oțel de construcție (E235) netratat termic.

B. ÎNTOCMIREA MODELULUI PENTRU ANALIZĂ

B.1. Definirea modelului pentru analiză

În vederea concepției modelului de AEF al piuliței și șurubului în interacțiune se impune considerarea a două zone adiacente din cele două elemente adoptând următoarele ipoteze simplificatoare:

- având în vedere că pe circumferință nu sunt variații semnificative ale parametrilor fizici (deplasări și tensiuni) se adoptă un *model plan* încadrabil în *starea axial-simetrică de tensiunii*,
- considerarea frecării în contactele mecanice,
- adoptarea constrângerilor rezistenței materialelor (încastrare, acțiunea forței distribuite pe suprafață),
- materialul are comportare liniară elastică,
- deformarea are loc static (nu se ia în considerare variația forței de deformare cu timpul).

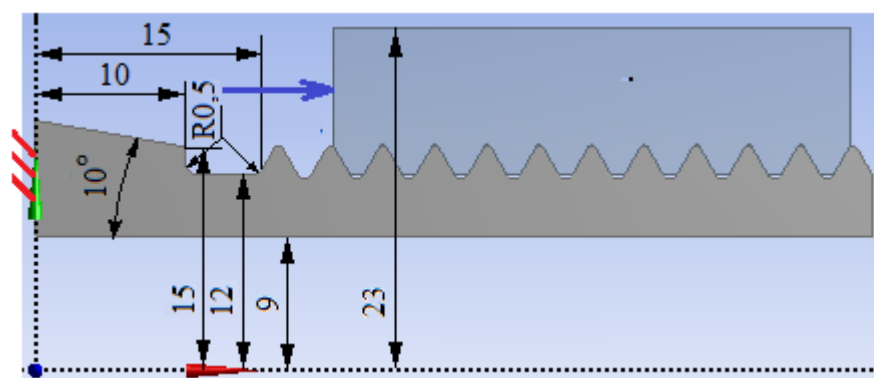
B.2. Descrierea modelului pentru analiză

Pentru simularea comportării asamblării filetate se consideră secțiunea axială cu dimensiunile din figura de mai jos. Modelarea geometrică a filetului se face bazat pe modelul aproximativ din subcap. A.2, fig. b, unde pentru $H = 0,866 p = 0,855 \cdot 3,5 = 3,031$ mm, se obține $d_1 = 26,211$ mm. Racordările profilurilor piuliței și șurubului se obțin prin generare automat considerând că arcul racordării este tangent la liniile profilului. Filetul se va genera prin multiplicare în direcție axială (12 spire pentru șurub și 10 spire pentru piuliță).

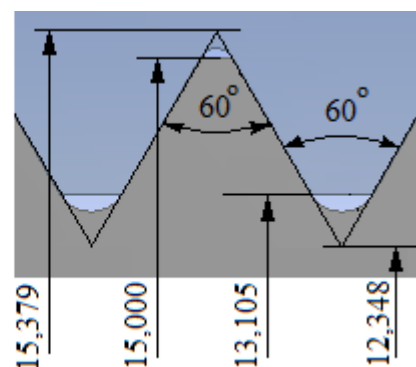
Pentru analiză structura este axial-simetrică se modelează cu elemente finite 2D.

În vederea simulării comportării asamblării cât mai aproape de realitate se va lua în considerare frecarea dintre elementele asamblate, coeficientul de frecare $\mu = 0,2$.

Încărcarea se va face pe suprafața frontală a piuliței cu $F = 25000$ N.



a.



b.

B.3. Stabilirea caracteristicilor materialului și mediului

Pentru analiza cu elemente finite caracteristicile de rezistență ale materialului E235, sunt:

- modulul de elasticitate longitudinală, $E = 206000$ N/mm²;
- coeficientul contracției transversale (Poisson), $\nu = 0,3$.

Temperatura medie de lucru a subansamblului, $T_0 = 20^\circ$ C.

C. PREPROCESAREA MODELULUI DE ANALIZĂ

C.1 Activarea și salvarea proiectului

Activarea proiectului

🔧, **Toolbox**: $\downarrow$ **Analysis Systems** $\rightarrow$ $\downarrow$ **Static Structural** (apare automat fereastra subproiectului); $\rightarrow$ [se poate schimba denumirea **Static Structural** în AEF-A.1.8].

Setarea tipului problemei (2D)

A: $\downarrow$ **Geometry** $\rightarrow$ $\downarrow$ **Properties** $\rightarrow$ **Properties of Schematic A3: Geometry**, **Advanced Geometry Options**: $\downarrow$ **Analysis Type**, [se selectează din listă cu $\downarrow$ **2D**] $\rightarrow$ [se închide fereastra $\downarrow$ **X**].

Salvarea proiectului

Save As... → Save As, File name: [se introduce denumirea, AEF-A.1.8] → Save.

C.2 Modelarea caracteristicilor materialului și mediului

Project Schematic: Engineering Data → Edit... → Outline of Schematic A2: Engineering Data:
Structural Steel, Properties of Outline Row 3: Structural Steel: Isotropic Elasticity → Young's Modulus, Young's Modulus,
[se selectează în lista din coloana C (Unit) cu ↓, ↓MPa], [se introduce în caseta din coloana B (Unit)
valoarea, 206000] → Update Project → Return to Project (ceilalți parametri rămân impliciti).

C.3. Modelarea geometrică

C.3.1 Încărcarea modulului DesignModeler (DM)

Project Schematic: Geometry → DM New Geometry... → ANSYS Workbench: Millimeter, OK.

C3.2 Generarea schiței, șurub

Vizualizare plan implicit (XY)

DM, Tree Outline: Sketching → (Look at face/Plane/Schetch) [se va vizualiza automat planul implicit, XY];

Generare linii orizontale și verticală

Draw → Line → [se generează linii orizontale și verticală prin activarea cu ↓ a punctelor de capăt ale fiecărei linii respectând condițiile de coincidență cu direcția orizontală (apare automat simbolul H), respectiv, verticală (apare automat simbolul V)] (fig. a).

Tăiere linii la margine

Sketching → Trim → [se selectează cu ↓ părțile de cap ale dreptelor separate de linia verticală] (fig. b).

Cotare schiță parțială

Cotare în direcție orizontală

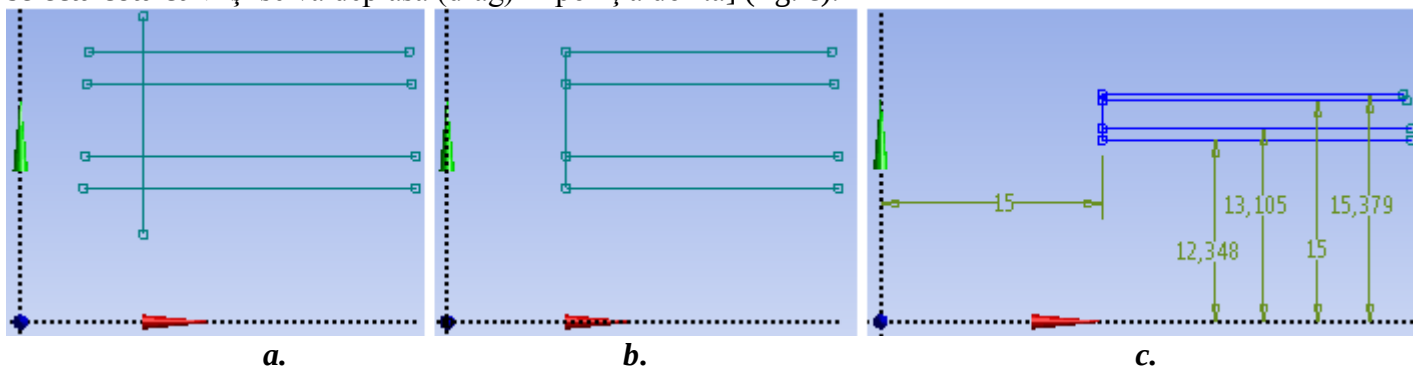
Sketching Toolboxes: Dimensions → Horizontal → [se selectează cu ↓ linia paralelă cu axa Y și axa Y] (se vizualizează automat cota) → Details View, Dimensions: H → [se introduce valoarea, 15] (fig. c);

Cotare în direcție verticală

Vertical → [se selectează cu ↓ linia paralelă cu axa X și axa X] (se vizualizează automat cota) → Details View, Dimensions: 2: V → [se introduce valoarea, 12,34775/15/13,1055/15,378875] (succesiunea se repetă și pentru celelalte linii, fig. c);

Modificare vizualizare cote

Display → Name: (se dezactivează) → Name Value: (se activează, fig. c); Move → [se va selecta cota cu ↓ și se va deplasa (drag) în poziția dorită] (fig. c).



Generare contur filet de referință (cu lungime de un pas)

Generare polilinie

Sketching Toolboxes: Draw → Polyline → [se va trasa polilinia prin marcarea celor 4 puncte cu ↓ respectând restricțiile de coincidență P (primul punct) și C (al doilea și al treilea punct)] → [se va selecta cu ↓ un punct din zona de grafică] (apare meniul contextual) → Open End.

Generare linii profil

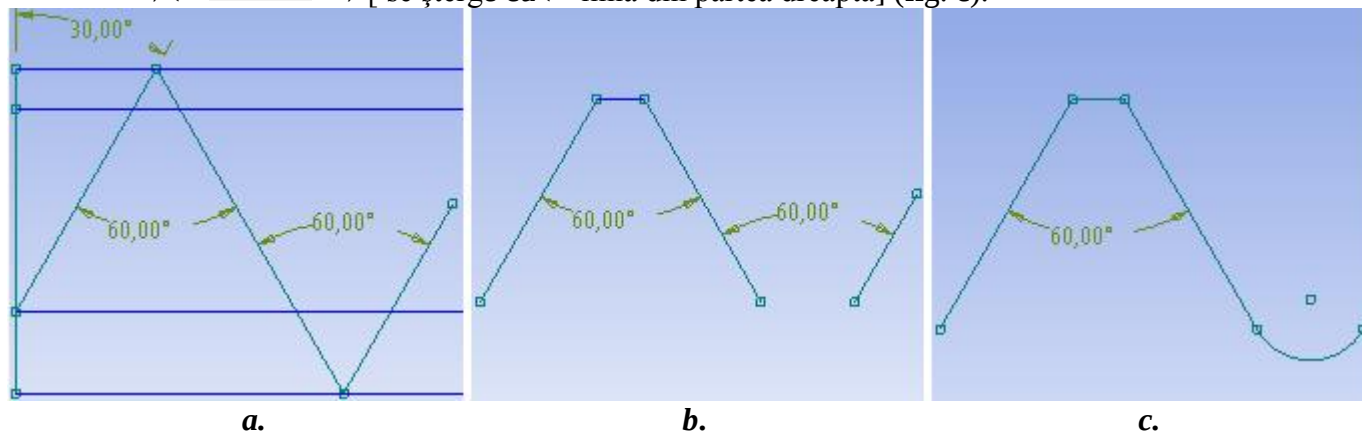
Sketching → Trim → [se șterg cu ↓ părțile care nu aparțin conturului] (fig. a, b).

Generare arc de racordare

↓ Draw → ↓ Arc by 3 Points → [se selectează cu ↓ cele două puncte marginale ale arcului respectând restricția de coincidență, simbolul P, și punctul al treilea se va marca în zona opusă centrul arcului (spre punctul de intersecție al liniilor drepte) după ce apar restricțiile de tangență la liniile drepte (de două ori simbolul T)] (fig. b, c).

Generare contur final

↓ Sketching → ↓ Trim → [se șterge cu ↓ linia din partea dreaptă] (fig. c).



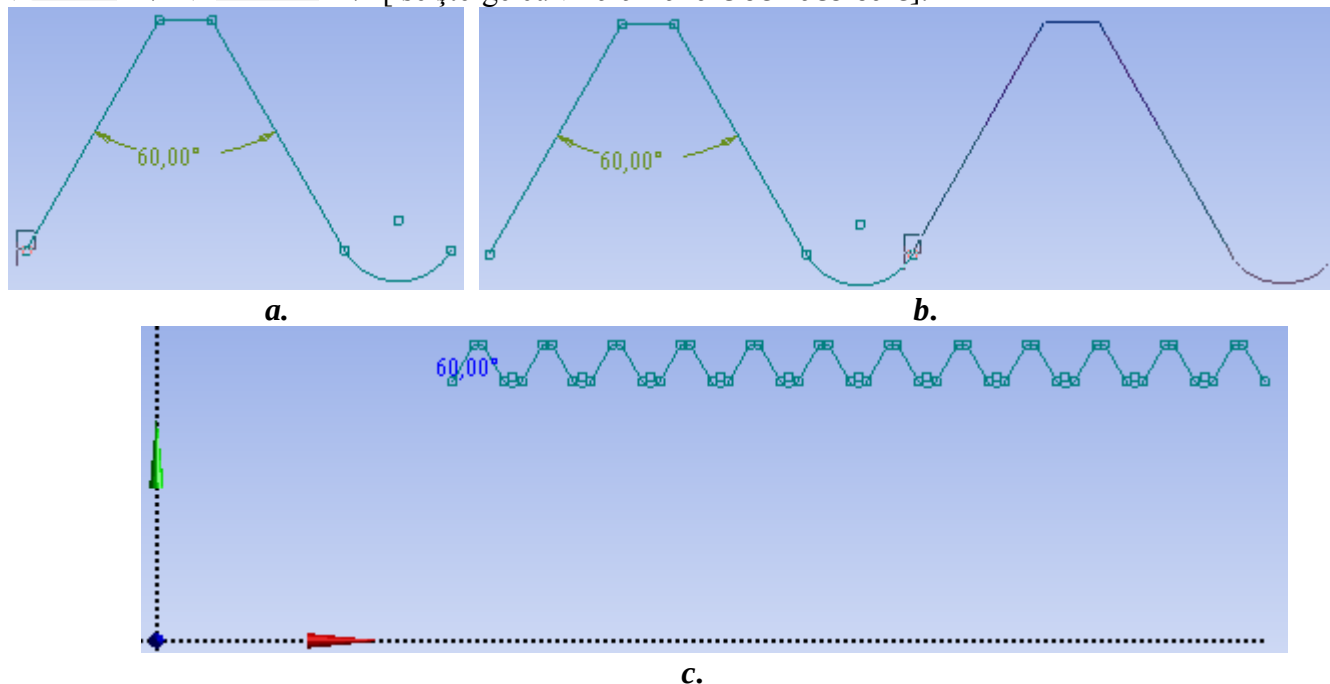
Generarea filetului șurubului prin multiplicarea conturului de referință

Multiplicarea conturului de referință

↓ Modify → ↓ Replicate → [se introduce în caseta $r =$ valoarea, 0 (apare: $r = 0^\circ$ $f = 2$)] → [se va selecta cu ↓ un punct din zona de grafică] (apare meniul contextual) → ↓ Selection Filter → ↓ 2D Edge → [se selectează cu ↓ toate liniile profilului] → [se va selecta cu ↓ un punct din zona de grafică] (apare meniul contextual) → ↓ End / Set Paste Handle → ↓ Selection Filter → ↓ Point → [se selectează cu ↓ punctul din partea stângă respectând restricția de coincidență (apare simbolul P, fig. a)] (setul liniilor se multiplică în zona de grafică) → [se deplasează setul de linii și marchează cu ↓ punctul din partea dreapta respectând restricția de coincidență (apare simbolul P, fig. b)] (apare setul multiplicat, se repetă această secvență de 11 ori, fig. c) → [se va selecta cu ↓ (după ultima multiplicare) un punct oarecare din zona de grafică] (apare meniul contextual) → ↓ End (fig. c).

Generare contur final filet

↓ Modify → ↓ Trim → [se șterge cu ↓ ultimul arc de racordare].



Generare și cotare contur model șurub

Generare contur cu polilinie

↓ Draw → ↓ Polyline → [se va trasa polilinia marcând punctele cu ↓ respectând restricțiile de coincidență P, H, V și C]; la final după ce se selectează ultimul punct se activează meniul contextual cu ↓ și se selectează opțiunea ↓ Open End] (fig. a).

Cotarea în direcție orizontală

Sketching Toolboxes: ☐ Dimensions → ☐ Horizontal → [se selectează cu ☐ linia paralelă cu axa Y și axa Y] (se vizualizează automat cota) → Details View, Dimensions: ☐ H → [se introduce valoarea, 10] (fig. a);

Cotare în direcție verticală

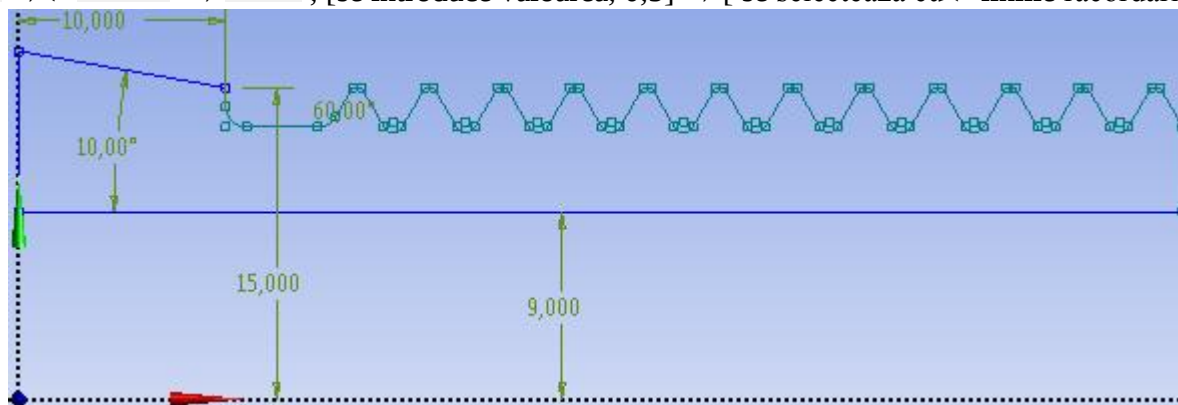
☐ Vertical → [se selectează cu ☐ linia paralelă cu axa X și axa X] (se vizualizează automat cota) → Details View, Dimensions: ☐ V → [se introduce valoarea, 9/15] (succesiunea se repetă și pentru celelalte linii, fig. a).

Cotare unghi

☐ Angle → [se selectează cu ☐ liniile unghiului] (se vizualizează automat cota) → Details View, Dimensions: ☐ A → [se introduce valoarea, 10] (fig. a).

Generare racordări

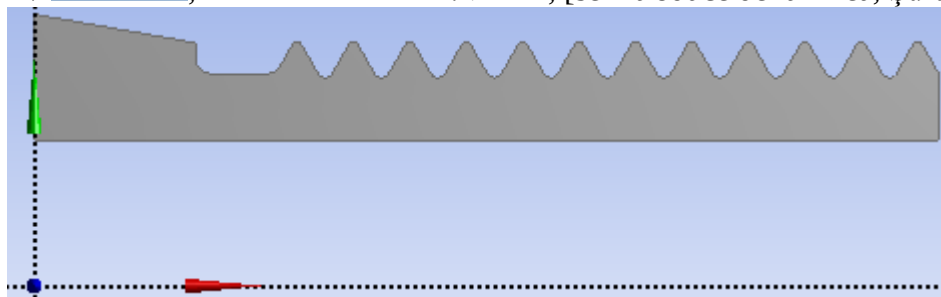
☐ Modify → ☐ Fillet → Radius: [se introduce valoarea, 0,5] → [se selectează cu ☐ liniile racordării] (fig. a).



a.

C.3.3 Generarea suprafeței șurubului

DM: ☐ Concept → ☐ Surfaces From Sketches → ☐ Sketch1 → Details View, Details of Surface: ☐ Base Objects → ☐ Apply; ☐ Generate (generare suprafață, fig. a); ☐ Sketch1 → ☐ Hide Sketch (mascare schiță).
☐ Surface Body → Details View, Details of Surface Body: ☐ Body, [se introduce denumirea, Șurub].



a.

C.3.4 Generarea schiței, piuliță

Inițializare schiță piuliță

DM: ☐ (New Sketch) → (se indexează automat în arborele specificațiilor, obiectul ☐ Sketch2).

Generare contur de referință filet piuliță

Activare schiță șurub

Tree Outline: ☐ Sketch1 → ☐ (Display Model).

Generare contur preliminar

☐ Sketching → Sketching Toolboxes: ☐ Draw → ☐ Polyline → [se va trasa polilinia prin selectarea cu ☐ a punctelor filetului șurubului respectând condițiile de coincidență P] (fig. a).

Mascare schiță șurub

☐ Modeling → Tree Outline: ☐ Sketch1 → ☐ Hide Sketch → ☐ (Display Model).

Ștergere linie

☐ Modify → ☐ Trim → [se șterge cu ☐ ultimul din zona racordării filetului] (fig. b).

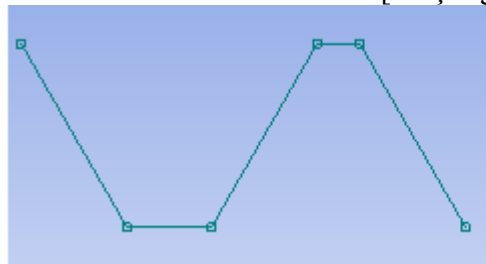
Generare arc racordare filet

☐ Draw → ☐ Arc by 3 Points → [se selectează cu ☐ cele două puncte marginale ale arcului respectând restricția de coincidență, simbolul P, și punctul al treilea se va marca în zona opusă centrul arcului (spre punctul de intersecție al liniilor drepte) după ce apar restricțiile de tangență la liniile drepte (de două ori

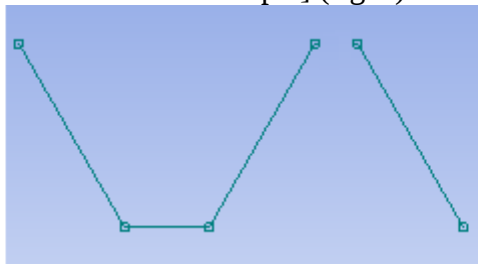
simbolul T)] (fig. b, c).

Ștergere linie

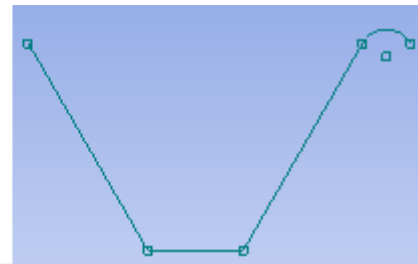
↵ **Modify** → ↵ **Trim** → [se șterge cu ↵ linia din dreapta] (fig. c).



a.



b.



c.

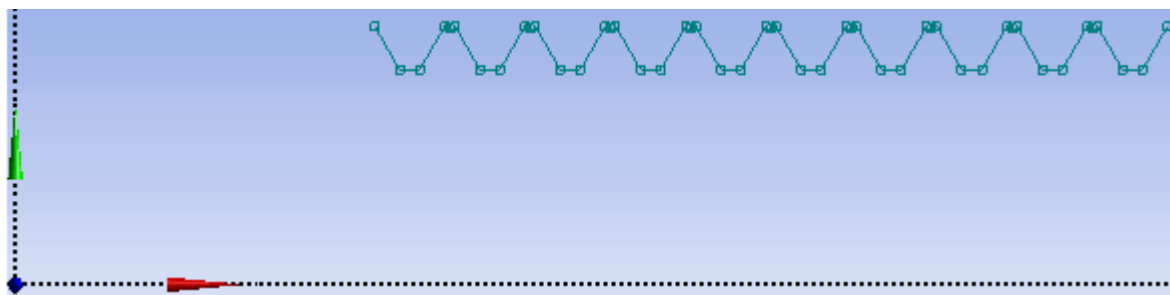
Generare filet piuliță prin multiplicare contur de referință

Multiplicare contur de referință

↵ **Modify** → ↵ **Replicate** → [se introduce în caseta **r=** valoarea, 0] (apare: **r=** 0° **f=** 2) → [se va selecta cu ↵ un punct din zona de grafică] (apare meniul contextual) → ↵ **Selection Filter** → ↵ **2D Edge** → [se selectează cu ↵ toate liniile profilului] → [se va selecta cu ↵ un punct din zona de grafică] (apare meniul contextual) → ↵ **End / Set Paste Handle** → ↵ **Selection Filter** → ↵ **Point** → [se selectează cu ↵ punctul din partea stângă respectând restricția de coincidență (apare simbolul P)] (setul liniilor se multiplică în zona de grafică) → [se deplasează setul de linii și marchează cu ↵ punctul din partea dreapta respectând restricția de coincidență (apare simbolul P)] (apare setul multiplicat, se repetă această secvență de 9 ori, fig. a) → [se va selecta (după ultima multiplicare) cu ↵ un punct oarecare din zona de grafică] (apare meniul contextual) → ↵ **End** (fig. c).

Ștergere linie

↵ **Modify** → ↵ **Trim** → [se șterge cu ↵ ultima linie de racordare].



a.

Generare și cotare contur model piuliță

Generare contur

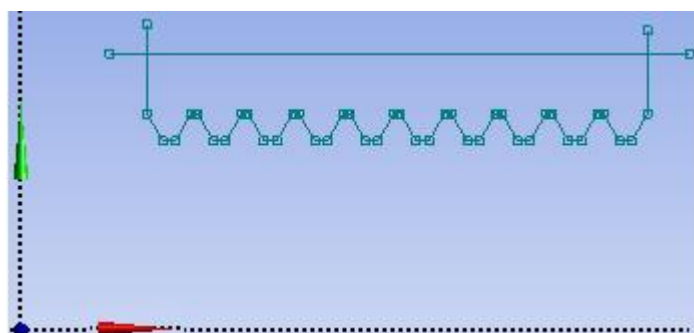
↵ **Draw** → ↵ **Line** → [se trasează 2 linii verticale și una orizontală cu ↵ respectând condițiile de direcțiilor verticală respectiv orizontală, simbolurile V, și respectiv, H].

Ștergere linii

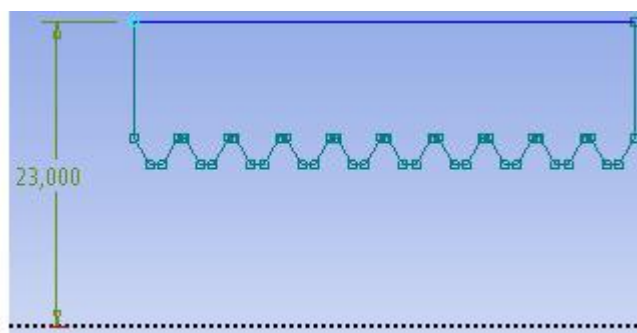
↵ **Modify** → ↵ **Trim** → [se șterg cu ↵ liniile marginale].

Cotare în direcție verticală

↵ **Vertical** → [se selectează cu ↵ linia paralelă cu axa X și axa X (fig. b)] (se vizualizează automat cota) → **Details View**, **Dimensions:** ↵ **V** → [se introduce valoarea, 23] (fig. b).



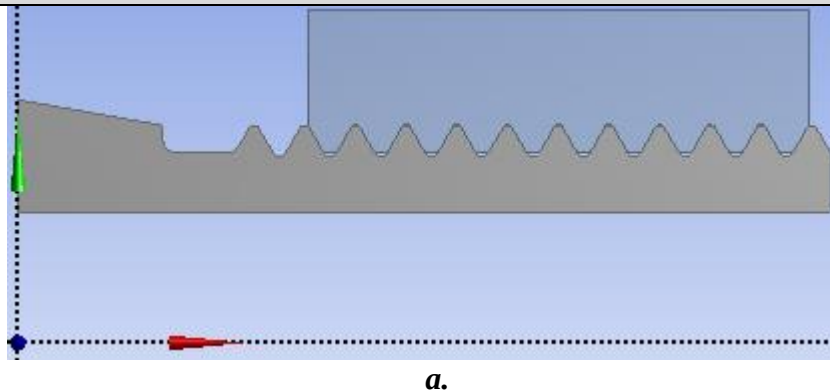
a.



b.

C.3.5 Generarea suprafeței piuliței

DM: → Concept → Surfaces From Sketches → Sketch2 → Details View, Details of Surface: → Base Objects → Apply; → Generate (generare suprafață, fig. a); → Sketch1 → Hide Sketch (mascare schiță). → Surface Body → Details View, Details of Surface Body: → Body, [se introduce denumirea, Piuliță].



C.3.6 Salvarea modelului geometric

DM: → Save Project → Close).

C.4. Modelarea cu elemente finite

C.4.1 Lansarea modulului de modelare cu elemente finite și setarea caracteristicilor de material și tipului problemei

Lansarea modulului de modelare cu elemente finite

Project Schematic: → Model → Edit... → [se lansează modulul Mechanical [ANSYS Multiphysics].

Setarea sistemului de unități de măsură

Units: → Metric (mm, kg, N, s, mV, mA) (se setează sistemul de unități de măsură, de obicei, implicit).

Setarea caracteristicilor de material

Outline: → Geometry → Surub → Details of "Surub", Material: → Assignment → [se va selecta din listă cu →, Structural Steel (setare implicită)]; → Piulita → Details of "Piulita", Material: → Assignment → [se va selecta din listă cu →, Structural Steel (setare implicită)];

Setarea tipului modelului (axialsimetric)

Outline: → Geometry → Details of "Geometry", Definition: → 2D Behavior, [se selectează din lista cu →, Axisymmetric].

C.4.2 Modelarea legăturilor de tip contact cu frecare

Outline: → Connections → Insert → Manual Contact Region → Details of "Bonded - No Selection To No Selection", Definition: → Type → [se va selecta din listă cu →, Frictional]; → Piulita → Hide Body → [se selectează cu → liniile flancurilor filetului șurubului, fig. a] → Details of "Frictional - No Selection To No Selection", Scope: → Contact → Apply (opțiunea Contact Bodies se indexează automat, Surub); → Piulita → Show Body → [se selectează cu → liniile flancurilor filetului piuliței, fig. b] → Details of "Frictional - Surub To Piulita", Scope: → Target → Apply (opțiunea Target Bodies se indexează automat, Piulita); → Definition: → Behavior → [se selectează cu →, Symmetric]; → Friction Coefficient → [se introduce valoarea, 0,2]; → Advanced → Formulation → [se selectează cu →, Augmented Lagrange] (metoda de rezolvare a modelului neliniar); → Surub → Show Body.



a.



b.

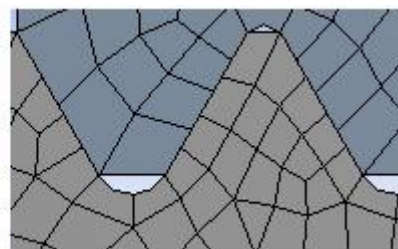
C.4.3 Discretizarea modelului și setarea tipului analizei

Discretizare automată

Mesh → Generate Mesh (fig. a, b).



a.



b.

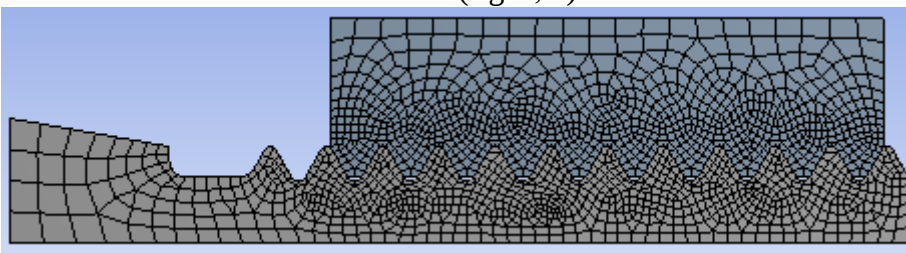
Obs. În fig. a,b se evidențiază discontinuități ale structurii de elemente finite la nivelul suprafeței de contact, fapt ce conduce la o modelare necorespunzătoare a fenomenelor de contact și se impune corectarea discretizării asigurându-se continuitatea la nivel nodal; pe de altă parte se observă finețe grosieră în zonele de racordare).

Setarea dimensiunilor elementelor finite pe suprafețele de contact

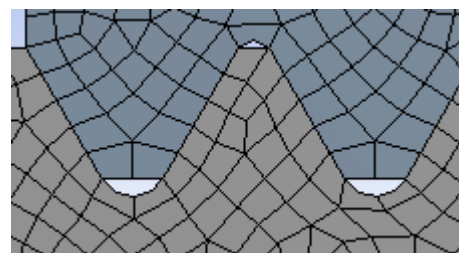
Mesh → Insert → Sizing → Details of "Sizing" - Sizing, Scope: Geometry → Piulita → Hide Body → [se selectează cu Ctrl+ click liniile flancurilor filetului șurubului] → Apply; Details of "Edge Sizing" - Sizing: Element Size, [se introduce valoarea, 1,0] → Piulita → Show Body → Surub → Hide Body → [se selectează cu Ctrl+ click liniile flancurilor filetului piuliței] → Details of "Edge Sizing 2" - Sizing: Element Size, [se introduce valoarea, 1,0]; Surub → Show Body.

Rediscretizare automată

Mesh → Generate Mesh (fig. c, d).



c.

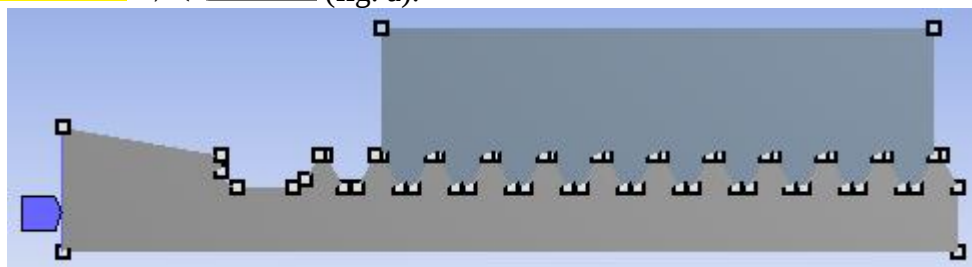


d.

C.5. Modelarea constrângerilor

Generare constrângere de tip încastrare (anulează toate cele 6 grade de mobilitate)

Static Structural (A5) → Supports → Fixed Support; Model (A4) → [selectare cu click a muchiei cu constrângere (fig. a)]; Fixed Support → Details of "Fixed Support", Scope: Geometry → No Selection → Apply (fig. a).

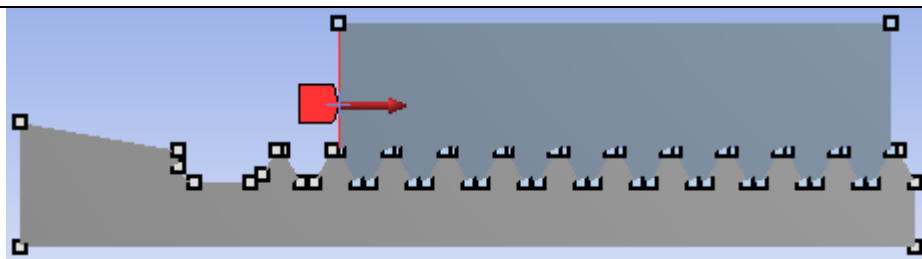


a.

C.5. Modelarea încărcărilor

Încărcare cu forță distribuită pe o muchie

Static Structural (A5) → Insert → Force → Details of "Force", Scope: Geometry → [se va selecta cu click muchia pe care se aplică forța] → Apply; Definition: Define By → [se selectează din lista cu click, Components]; X Component → [se introduce valoarea, 25000] (fig. a).



a.

D. REZOLVAREA MODELULUI CU ELEMENTE FINITE

D.1 Setarea criteriului de convergență pentru rezolvarea modelului neliniar fizic (cu frecare)

Outline: → **Solution (A6)** → Solution Information, **Details of "Solution Information"**,
Solution Information: Solution Output → [se va selecta din listă cu , **Force Convergence**] (se adoptă criteriul convergenței forței).

D.2 Setarea rezultatelor

Setare deplasare totală

Outline: **Solution (A6)** → Insert → Deformation → Total.

Setare tensiune echivalentă

Solution (A6) → Insert → Stress → Equivalent (von-Mises).

Setare tensiune normală axială

Solution (A6) → Insert → Stress → Normal → **Details of "Normal Stress"**, **Scope**: Orientation
 → [se selectează din lista cu , **X Axis**];

Setare tensiune normală radială

Solution (A6) → Insert → Stress → Normal → **Details of "Normal Stress"**, **Scope**: Orientation
 → [se selectează din lista cu , **Y Axis**];

Setare tensiune normală tangențială (circumferențială)

Solution (A6) → Insert → Stress → Normal → **Details of "Normal Stress"**, **Scope**: Orientation
 → [se selectează din lista cu , **Z Axis**];

Setarea erorii structurale

Solution (A6) → Insert → Stress → Stress → Error.

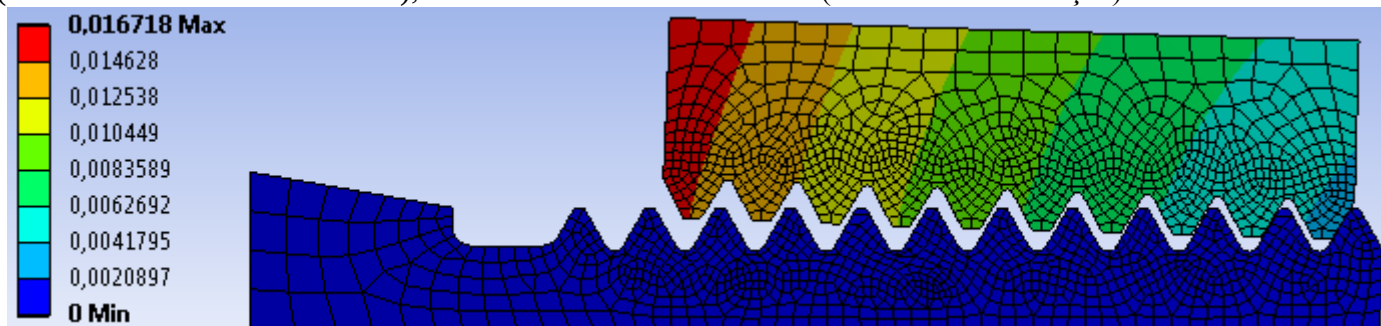
D.3 Lansarea modulului de rezolvare a modelului

Outline: **Solution (A6)** → Solve.

E. POSTPROCESAREA REZULTATELOR

E.1. Vizualizarea câmpului deplasărilor totale

Outline: **Solution (A6)** → Total Deformation (fig. a); → [se selectează din listă , Contour Bands] (vizualizarea contururilor în benzi); Show Elements] (vizualizarea structurii cu EF); Result → [se selectează din listă cu , **97 (0.5x Auto)**] (selectarea factorului de scalare); Graph → Animation (vizualizarea animației).

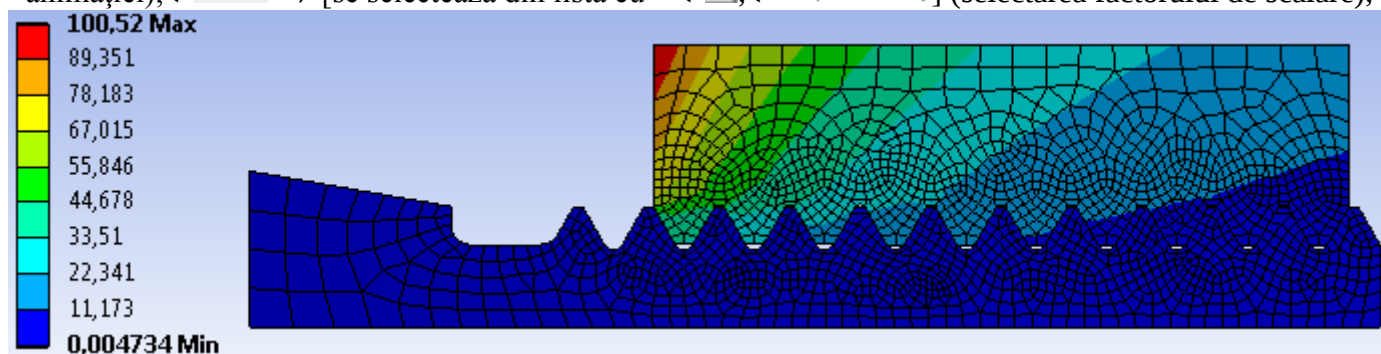


a.

E.2. Vizualizarea câmpurilor tensiunilor

Vizualizare câmp tensiune echivalentă

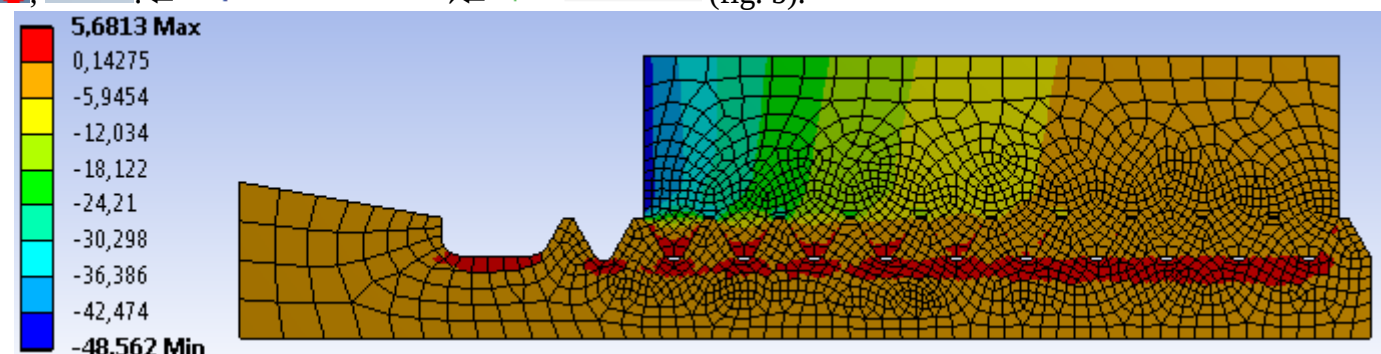
M, Outline: Solution (A6) → Equivalent Stress (fig. a); Graph → Animation (vizualizarea animației); Result → [se selectează din listă cu , 1.0 (True Scale)] (selectarea factorului de scalare);



a.

Vizualizare câmp tensiune normală axială

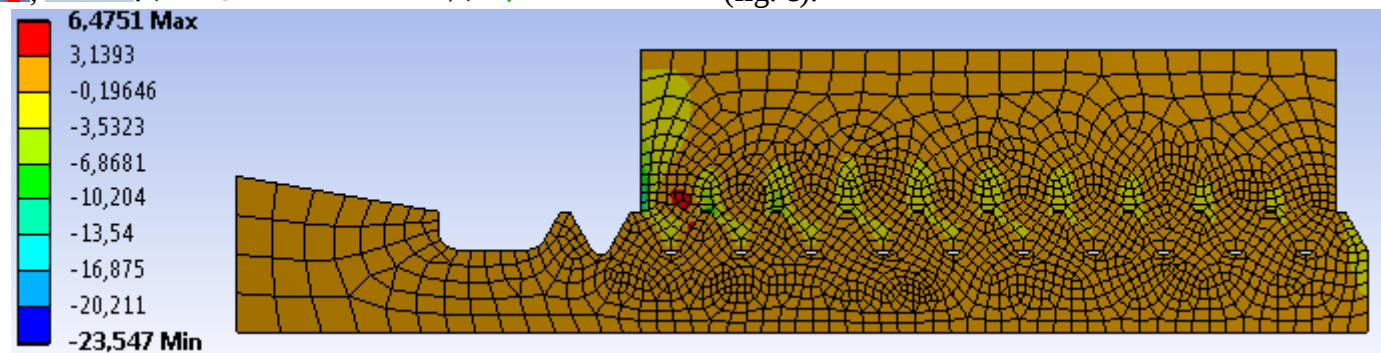
M, Outline: Solution (A6) → Normal Stress (fig. b).



b.

Vizualizare câmp tensiune normală radială

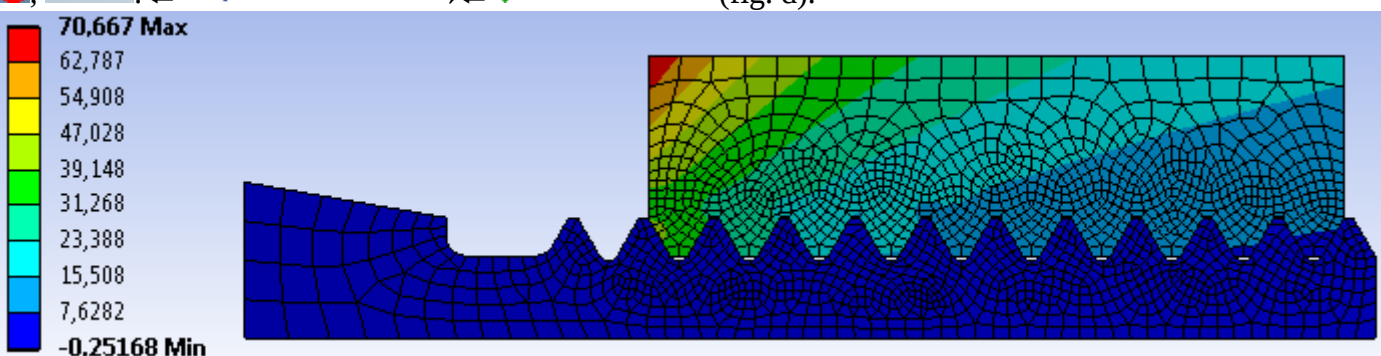
M, Outline: Solution (A6) → Normal Stress 2 (fig. c).



c.

Vizualizare câmp tensiune normală tangențială (circumferențială)

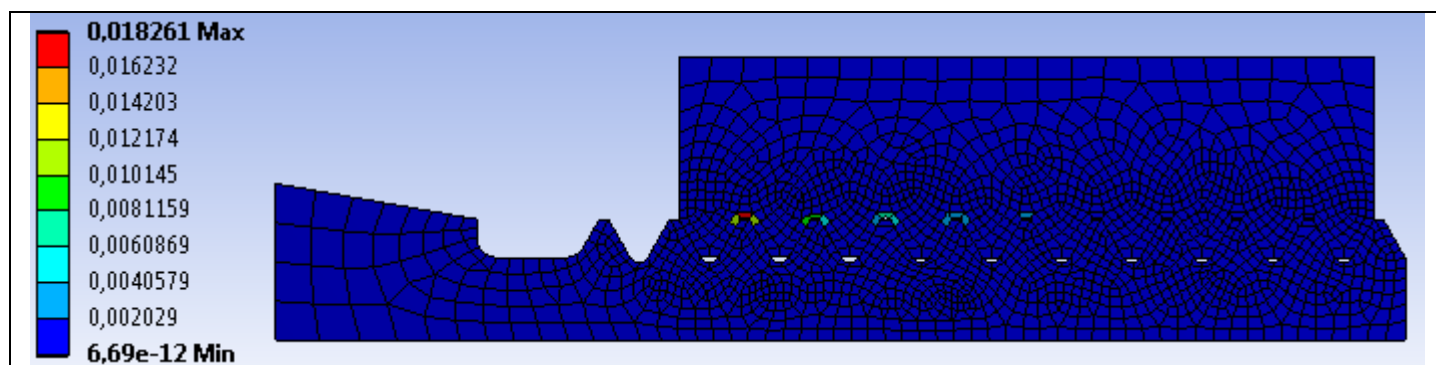
M, Outline: Solution (A6) → Normal Stress 3 (fig. d).



d.

E.3. Vizualizarea câmpului erorii structurale

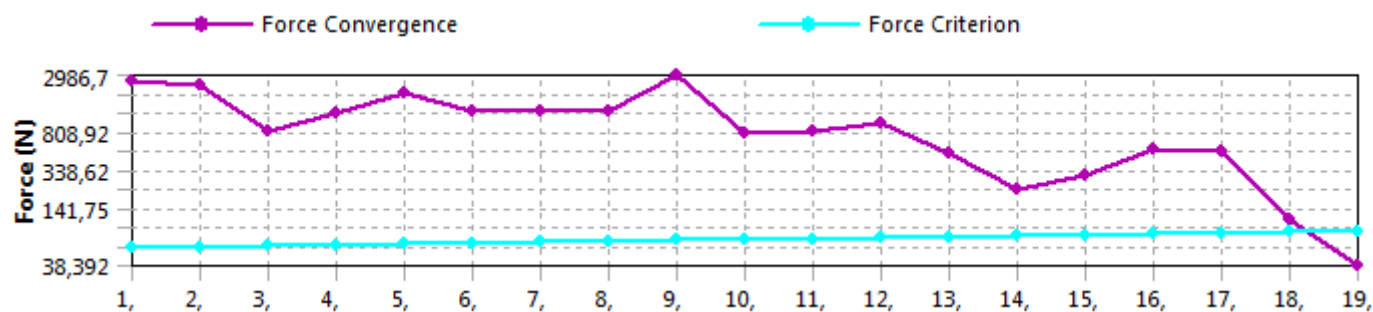
M, Outline: Solution (A6) → Structural Error (fig. a).



d.

E.4 Vizualizarea graficului de convergență a soluției problemei neliniare

Outline: Solution Information (fig. a).



a.

F. ANALIZA REZULTATELOR

F.1 Interpretarea rezultatelor

În urma analizei rezultatelor obținute, ca urmare, a modelării și postprocesării rezultatelor (subcap. E) se evidențiază următoarele:

- În urma procesului de deformare a semifabricatului ca urmare a acțiunii bielei (subcap. fig. a) se observă deplasări mărite (max. 0,016718 mm, subcap. E.1) în zona de acțiune a încărcării (rezemare a piuliței).
- Tensiunea echivalentă are valori mărite (max 100,52 MPa; subcap. E.2, fig. a) în corpul piuliței în zona de rezemare pe butucul 1 (subcap. A.2, fig. a); urmărind distribuția tensiunii echivalente în zonele filetate se observă cvasiaceeași solicitare a ultimelor 3-4 perechi de spire (subcap. E.1, fig. a), fapt ce evidențiază că forța se transmite, cu precădere, de aceste spire (situație verificată și prin experimente).
- Din analiza tensiunii axiale (subcap. E.2, fig. b) se evidențiază solicitarea de compresiune a corpului piuliței cu valoare maximă (-48,562 MPa) și solicitarea de întindere cu valori mai reduse în corpul șurubului.
- Tensiunile normale radiale, cu precădere de compresiune, au valori reduse (subcap. E.2, fig. c)
- În subcap. E.2, fig. b se evidențiază solicitarea de întindere cu valori mărite (70,667 MPa) ale tensiuni tangențiale (circumferențiale) în zona exterioară a piuliței și solicitarea de compresiune cu valori mult reduse în corpul șurubului.

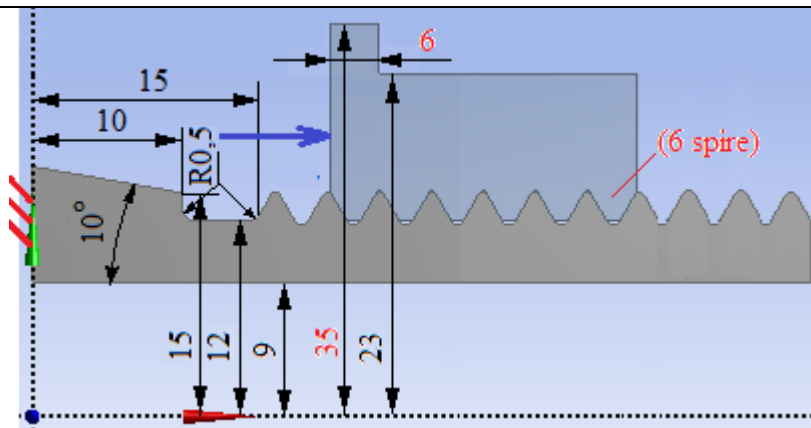
F.2 Analiza preciziei și convergenței rezolvării modelului neliniar

Valorile mult reduse ale câmpului erorii structurale (max 0,01826 mJ, subcap. E.3) indică că valorile tensiunilor sunt apropiate de cele exacte. În plus, din subcap. E.4 se evidențiază convergența rapidă (19 pași) a algoritmului de rezolvare a modelului și timpul de calcul este redus.

F.3 Studii pentru proiectare

Din analiza rezultatelor de mai sus se poate sintetiza două aspecte negative ale structurii șurub-piuliță: distribuția neuniformă a încărcării axiale pe perechile de spire în contact (din 10 perechi de spire sunt active doar 3-4); tensiunile mărite care apar în corpul piuliței, mai ales în zona de rezemare pe butucul 1 (subcap. fig. a). Pornind de la faptul că tensiunile din filetul și corpul șurubului au valori reduse (subcap. E.2) pentru diminuarea celor două aspecte negative se impune modificări dimensionale și/sau ale formei piuliței. Astfel, pentru optimizarea formei piuliței se propune două variante. Prima, presupune mărirea diametrului exterior al piuliței de la 23mm la 30 mm și reducerea lungimii acesteia la 6 spire (subcap. A.2, fig. a). A doua variantă, propune rigidizarea piuliței în zona de rezemare prin introducerea unui guler în zona de rezemare a piuliței și reducerea lungimii piuliței la 6 spire.

În cazul variantelor propuse se impune modificarea modelului de analiză și rerezolvarea acestuia prin parcurgerea succesiunilor: , **Tree Outline**: ... modificare valoare dimensiune ...  **Generate**; , **Outline**:  **Geometry** →  **Refresh Geometry**;  **Solve**. După ce se rezolvă modelul se reanalizează și se reinterpretează rezultatele.



a.

G. CONCLUZII

Modelarea și analiza cu elemente finite din această lucrare s-au realizat și *cu scop didactic* urmărind *inițierea utilizatorului* cu etapele principale de dezvoltare a unei aplicații de AEF în ANSYS Workbench, în care se insistă, cu precădere, pe modelarea și analiza unui element deformabil și a contactelor acestuia cu alt element adiacent.

Modelul de AEF adoptat implică considerarea *contactelor cu frecare multiple* ale unei asamblări filetate șurub-piuliță din materiale cu comportare liniară. Pentru analiză s-a elaborat un model geometric plan axial simetric (2D) cu legături de tip contact linie-linie. Încărcarea exterioară s-a realizat prin intermediul unei forțe distribuite pe o linie.

Ca urmare a rezolvării modelului cu elemente finite neliniar adoptând metoda convergenței forței s-au obținut rezultate cu precizie mărită, valorile parametrilor obținuți (deplasări, tensiuni, eroare structurală) fiind utile pentru optimizarea formei și dimensională a elementului Piuliță.