CUVINTE CHEIE

Analiza statică neliniară, Starea spațială de tensiuni, Material neliniar, Model geometric 3D, Element finit 3D, Element finit neliniar (parabolic), Sistem de coordonate cilindric, Contact mecanic fără frecare, Eroare structurală, Deformare plastică, Subansamblu de procesare tehnologică

CUPRINS

- A. DESCRIEREA PROBLEMEIB. 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 *procedeelor de deformații plastice la rece a tablelor groase* care presupun luarea în considerare a parametrilor de material care descriu *comportarea neliniară cu deformații remanente*.

A.2. Descrierea aplicației

Îndoirea la rece a platbandei (semifabricatului) în vederea obținerii piesei de tip colțar la 90° cu aripi inegale implică folosirea unui *dispozitiv matriță-poanson* care presupune fixarea unei aripi și deformarea plastică a celeilalte aripi prin intermediul poansonului care o apasă pe matrița fixă. După îndepărtarea poansonului piesa rămâne în stare deformată.

Materialul platbandei este un *oțel moale (ductil)* care implică *capacitate mărită de deformare plastică* în interacțiune cu piesele active ale dispozitivului care sunt din oțel durificat ce nu se deformează plastic.



A.3. Scopul aplicației

Această aplicație presupune *AEF a procesului de îndoire a unei platbandei* plane cu lungimea L=105,7 mm, lățimea l = 40 mm și grosimea g = 5 mm în vederea obținerii unui colțar la 90° cu aripi inegale a = 40 mm și b = 50 mm. În cazul acestei aplicații se impune stabilirea *încărcării maxime de deformare F* fără a avea o *curgere excesivă sau ruperea* stabilită prin valorile tensiunilor maxime care apar în zonele critice. În plus, în urma analizei se va urmări determinarea valorilor *presiunilor* în zonele de interacțiune ale

In plus, în urma analizei se va urmări determinarea valorilor *presiunilor* în zonele de interacțiune ale semifabricatului cu elementele active (matriță, poanson) ale dispozitivului de deformare, necesare pentru proiectarea acestuia.

B. ÎNTOCMIREA MODELULUI PENTRU ANALIZĂ

B.1. Definirea modelului pentru analiză

În vederea concepției modelului de AEF se impune considerarea și dispozitivului de deformare matrițăpoanson adoptând următoarele ipoteze simplificatoare:

- neglijarea efectelor frecării în contactele mecanice,
- adoptarea constrângerilor rezistenței materialelor (încastrare, acțiunea forței concentrat),
- materialul are comportare neliniară elasto-plastică conform unei scheme biliniare,
- deformarea are loc static (nu se ia în considerare variația forței de deformare cu timpul).

B.2. Descrierea modelului pentru analiză

Modelul pentru analiză are la bază modelul geometric 3D al semifabricatului în contact fără frecare cu modelul 3D al zonei active al matriței. Pentru analiză structura este compusă din două solide care se modelează cu elemente finite 3D.

În vederea simulării deformării plastice cât mai aproape de realitate se va impune deplasarea muchiei semifabricatului cu valoarea -63 mm, în direcția axei OY de acțiune a poansonului. Această constrângere (deplasare impusă) considerată ca o încărcare indirectă conduce în urma analizei la determinarea valorii forței de apăsare a poansonului P.



B.3. Stabilirea caracteristicilor materialelor

Pentru analiza cu elemente finite caracteristicile de rezistență ale materialelor sunt:

- modulul de elasticitate longitudinală $E = 203000 \text{ N/mm}^2$ (MPa), coeficientul contracției transversale (Poisson) v = 0,29, modulul de plasticitate $E_p = 1800 \text{ MPa}$ (idealizare biliniară, pentru oțelul de construcții mecanice E295 ($\sigma_{02} = 295 \text{ MPa}$, $\sigma_r = 490...660 \text{ MPa}$) asociat solidului Semifabricat.
- modulul de elasticitate longitudinală $E = 210000 \text{ N/mm}^2$, coeficientul contracției transversale (Poisson) v = 0,3, pentru oțelul carbon aliat 40Cr10 (0,4%C și 1%Cr) asociat solidului Matriță care în urma tratamentului de călire ajunge la duritatea 50...55 HRC.

Temperatura medie de lucru a subansamblului, $T_0 = 22^0 C$.

C. PREPROCESAREA MODELULUI DE ANALIZĂ

C.1 Activarea și salvarea proiectului

<u>Activarea proiectului</u>	
∧, Toolbox : \Box Analysis Systems $\rightarrow \Box \Box$ Static Structural (apare automat fereastra subprojectului); -	→ [se poate
schimba denumirea Static Structural în AEF-A.1.6].	
<u>Setarea tipului problemei (2D)</u>	
A: L 🥯 Geometry → Properties → Properties of Schematic A3: Geometry , = Advanced Geometry Options	Analysis Type

[se selectează din listă cu $\downarrow \square$, $\downarrow \square$] (această setare, de obicei, este implicită) \rightarrow [se închide fereast	a ⊣ ×].
Salvarea proiectului	
$\downarrow \mathbb{R}$ Save As $\rightarrow \bigwedge$ Save As, File name: [se introduce denumirea, AEF-A] $\rightarrow \downarrow$	

C.2 Modelarea cara	cteristicilor materialului și mediului
Generarea caracteristicilor materialului solidului	<u>Semifabricat</u>
🔥 , Project Schematic 📙 🥏 Engineering Data 🗸 🖌	\rightarrow , Schematic A2: Engineering Data
→ Structural Steel → [se va modifica denumirea i modifica valorile); Toolbox: $ \square \ \square$	n Semifabricat] (caracteristicile sunt setate implicit și se vor irdening; Properties of Outline Row 3: Semifabricat; Young's Modulus \rightarrow [se
selectează din lista cu i MPa și se introduce val	oarea 203000], Poisson's Raud \rightarrow [se introduce valoarea 0,29];
$_{?}$ Bilinear Isotropic Hardening \rightarrow Table of Properties Row 12	2: Bilinear Isotropic Hardening : Temperature (C) \Rightarrow \rightarrow [se selectează
din listă cu 斗 C (grade Celsius) și se introduce	valoarea 22], Yield Strength (MPa) \frown (se selectează din lista
cu \downarrow MPa și se introduce valoarea 295], Tangent Modulus (Pa) \bigcirc \rightarrow [se selectează din lista cu \downarrow MPa și se	
introduce valoarea 1800] (se generează automat fe	reastra de mai jos).
Generarea caracteristicilor materialului solidului Outline of Schematic A2: Engineering Data	<u>Matriță</u> dd a new material \rightarrow [se introduce denumirea Matriță și apare
setul de caracteristici, ? Matriță]; Toolbox :, 1 🔁 🖪	otropic Elasticity Table of Properties Row 2: Isotropic Elasticity
Temperature (C) 📮 → [se selectează din listă →	Chart of Properties Row 12: Bilinear Isotropic Hardening 🛛 💌 🛨 🗙
C (grade Celsius) și se introduce valoarea	
22],	E Bilinear isotropic Hardennig
Young's Modulus (Pa) \checkmark \rightarrow [se selectează din lista	(a) 3 ·
cu → MPa și se introduce valoarea 210000],	Ĩ. 2
Poisson's Ratio [se introduce valoarea 0,3] (se	
observă generarea acestor valori precum și a	Str
altora dependente de acestea și în fereastra	0 -
Properties of Outline Row 4: Matriță	0 0,001 0,002 0,003 0,004 0,005 0,006 0,007
$\downarrow \neq$ Update Project $\rightarrow \downarrow$ Return to Project	Strain [m m^-1]

C.3 Modelarea geometrică
C.3.1 Încărcarea modulului DesignModeler (DM)
\land , Project Schematic: \Box \bigcirc Geometry $\rightarrow \Box$ \textcircled{M} New Geometry \rightarrow ANSYS Workbench: \Box $\textcircled{Millimeter}$, \Box OK.
C.3.2 Generarea schiţelor (Semifabricat, Matriţă)
<u>Vizualizarea planului implicit (XY)</u>
$\textcircled{6}$, Tree Outline: \Box Sketching $\rightarrow \Box$ (Look at face/Plane/Schetch) \rightarrow (se va vizualiza automat planul
implicit, XYPlane);
Generare contur dreptunghiular Semifabricat
Sketching Toolboxes: \Box Draw $\rightarrow \Box$ Rectangle \rightarrow [se generează linia dreptunghiulară în cadranul I marcând,
cu ↓, primul colț în centrul sistemului de coordonate (apare simbolul de coincidență P) și eliberarea ↓ în
colțul opus] (fig. a).
<u>Cotare</u> schiță contur dreptunghiular Semifabricat
Sketching Toolboxes: \Box Sketching $\rightarrow \Box$ Dimensions $\rightarrow \Box$ Υ Semi-Automatic \rightarrow [se generează semiautomat cotele
prin marcarea cu \downarrow); \mathbb{R}^{0} Display \rightarrow [se dezactivează optiunea Name: \Box si se activează cu \downarrow optiunea Value: \mathbf{V}]
(se vor vizualiza valorile cotelor pe desen); Details View, Dimensions: 2: $\Box \sqcup \rightarrow$ [se introduce valoarea, 5],
\square L2 \rightarrow [se introduce valoarea, 40] (fig. a).
<u>Generare schiță contur dreptunghiular Matriță</u>
$ \downarrow \underline{Sketching} \to \downarrow \underline{\overset{\text{bet}}{=}} (\underline{New Sketch}) \to (\text{se indexeză automat codul schiței}, \underline{Sketch2} \bullet). $
Sketching Toolboxes: $\Box^{\text{Draw}} \rightarrow \Box^{\text{Rectangle}} \rightarrow [se generează o linie dreptunghiulară cu latura comună cu a$
schiței anterioare (coincidentă cu axa OX) marcând prin apăsarea ↓ primul colț în punctul inferior stânga al
dreptunghiului anterior (apare simbolul de coincidență P și la suprapunerea cu axa OX simbolul C) și



C.4. Modelarea cu elemente finite
C.4.1 Lansarea modulului de modelare cu elemente finite și setarea caracteristicilor de material
Lansarea modulului de modelare cu elemente finite
Λ , Project Schematic: $\Box \otimes Model \rightarrow \Box \otimes Constant Consta$
<u>Setarea sistemului de unități de măsură</u>
\mathbf{M} : \mathbf{U} Units \mathbf{J} \mathbf{M} etric (mm, kg, N, s, mV, mA) (se setează sistemul de unități de măsură, de obicei, implicit).
<u>Setarea caracteristicilor de material</u>
Θ , Outline : $\Box = \sqrt{2} \Theta$ Geometry $\to \Box_2 \Theta$ Semifabricat \to Details of "Semifabricat", Material : \Box Assignment \to [se value of the second sec
selecta din listă cu 斗 🕂 , 🖓 Semifabricat] .

$ \downarrow ? \textcircled{0} Matrită \rightarrow \downarrow Details of "Matrită", Material, \downarrow Assignment \rightarrow [se va selecta din listă cu \downarrow], \downarrow \textcircled{0} Matriță]. $	
Obs. In arborele specificațiilor se observă, consecință a conexiunilor dintre cele două corpuri, ca s-a generat	
automat în subdiviziunea \oplus $\sqrt{2}$ connections o conexiune $\sqrt{2}$ contact region, care se va personaliza, în	
continuare.	
C.4.2 Modelarea legalurii de lip contact Generarea, contactului Semifabricat-Matrită	
$\boxed{\textcircled{Outline}} (\texttt{Definition}) (Definitio$	
va selecta din listă cu , , , Frictionless].	
Obs. În cazul în care nu apare automat comanda inițială de generare contact 🗸 🕻 Contact Region, pentru	
inițierea acesteia se parcurge succesiunea: $\Box = \sqrt{2}$ Connections $\rightarrow \Box = \sqrt{2}$ Contacts $\rightarrow \Box$ Insert \rightarrow	
Erictionless - Semifabricat To Matrită	
\downarrow "	
\rightarrow [se selectează cu \rightarrow] fața inferioară a entității Semifabricat, fig.a] \rightarrow Detais of Pretomess - Seminabricat to Matiya,	
Scope: \Box Contact $\rightarrow \Box$ Apply (opțiunea Contact Bodies se indexează automat, Semifabricat);	
$ \downarrow & \textcircled{Matrit}{a} \rightarrow \downarrow & \textcircled{Show Body} \rightarrow \downarrow & \textcircled{Semifabricat} \rightarrow \downarrow & \textcircled{Hide Body} (se ascunde solidul Semifabricat) \rightarrow \square $	
\downarrow \square \rightarrow [se selectează cu \downarrow +Ctrl fața de așezare de contact inițial și suprafața de racordare, fig. b] \rightarrow Details of "Frictionless - Semifabricat To Matriță" Scope \downarrow Target \rightarrow \downarrow Apply (optiunea Target Bodies se indexează	
automat, Matrita); \Box Definition: \Box Behavior \rightarrow [se selectează cu \Box , \Box Symmetric]; \Box Advanced \rightarrow \Box Formulation \rightarrow	
[se selectează cu ↓ ▶, ↓ Augmented Lagrange] (metoda de rezolvare a modelului neliniar).	
Obs. Pentru o bună convergență a soluției se adoptă în fereastra Details of "Frictionless - la opțiunea Target, în	
concordanță cu Target Bodies, entități (suprafețe sau muchii) care aparțin corpurilor fixate, corpurilor cu	
rigiditate de material mărită (modulul de elasticitate longitudinal mai mare) sau au curburi mai mici.	
a. b. c.	
C4.3 Setarea parametrilor de discretizare, discretizarea modelului și setarea tipului analizei	
Setarea parametrilor de discretizare locală în zonele de contact	
$\boxed{\mathbf{M}}, \boxed{\text{Outline}} \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ $	
$cu \rightarrow Iața inferioara a entitații Semilabricat]; \rightarrow \gamma \rightarrow $	
$\downarrow \swarrow \qquad $	
$\rightarrow \downarrow \mathbb{E} \rightarrow [\text{se selectează cu } \downarrow + Ctrl fața de așezare de contact inițial și suprafața de racordare]; \downarrow \neg ?^{\textcircled{sizing}}$	
Details of "Sizing" - Sizing : Scope , Geometry , Apply ; Definition : Comment Size Default, [se introduce	
valoarea, 5].	
Discretizare automată	
$\downarrow \not \ll $ Mesh $\rightarrow \downarrow \not i$ Generate Mesh	
Setarea parametrilor analizei	
Analysis Settings →	
Details of "Analysis Settings", J 🗉 Step Controls:	
\downarrow Number Of Steps \rightarrow [se introduce valoarea, 7];	
selectează cu , , , ^{On}].	
Ubs. Deplasarile au valori mari și se adoptă	

C.5 Modelarea constrângerilor			
Generarea costrîngerii de tip încastrare (anulează toate cele 6 grade de mobilitate,)		
$\textcircled{Outline} \ _ \textcircled{\bullet} \ \fbox{Outline} \ _ \ \textcircled{\bullet} \ \fbox{Outline} \ \blacksquare \ \textcircled{\bullet} \ \fbox{Outline} \ \blacksquare \ \textcircled{\bullet} \ \textcircled{\bullet}$			
\mathbb{I} \rightarrow [selectare cu \downarrow +Ctrl a fetelor cu constrângere]; \downarrow $\neg \mathbb{Q}$ Fixed Support \rightarrow Details of "Fixed Support", Scope			
$ \square Geometry \rightarrow \square$ No Selection $ \square \rightarrow \square$ Apply .			
Generarea constrângerii de tip deplasare impusă			
$ \exists \exists \neg \neg \exists Static Structural (A5) \to \exists Supports \bullet \to \exists G_{Supports} Displacement; \exists \exists \neg G_{Supports} Model (A4) \to \exists E \to C_{Supports} Supports \bullet Supports Supports \bullet Supports \bullet Supports \bullet Supports \bullet Supports Supports \bullet \mathsf$			
[selectare cu 🗸 muchia entității Semifabricat pe care apasă Poansonul]; 🗸 – 🖓 Displacement \rightarrow			
Details of "Displacement", Scope: , Geometry \rightarrow , No Selection \rightarrow , Apply \downarrow Y Component \rightarrow , \downarrow \rightarrow			
[se va selecta din listă \downarrow \downarrow \downarrow Tabular] \rightarrow Tabular Data \rightarrow [se va introduce în coloana \checkmark Y [mm] valorile 0, -9.			
-18,63] (fig. c).			, ,
V V	Tabular Data		
	Steps	Time [s]	Y[mm]
	1 1	0,	0,
	2 1	1,	-9,
	3 2	2,	-18,
	7 6	6	-54
	8 7	7	-63
	*	.,	0.5,
a. b.		С.	
C.6. Modelarea încărcărilor			

Obs. Având în vedere că forța de apăsare este necunoscută, se poate considera că deplasarea impusă acestuia ca și constrângere (v. subcap. de mai sus) este o încărcare exterioară cu valoare necunoscută care urmează să fie determinată prin această analiză.

D. REZOLVAREA MODELULUI CU ELEMENTE FINITE

D.1 Setarea criteriului de convergență pentru rezolvarea modelului neliniar fizic (cu frecare)
$\mathbf{M}_{\mathbf{A}}$, Outline : $\mathbf{A}_{\mathbf{A}} = \mathbf{A}_{\mathbf{A}} = \mathbf{A}_{\mathbf{A}} = \mathbf{A}_{\mathbf{A}} = \mathbf{A}_{\mathbf{A}} = \mathbf{A}_{\mathbf{A}}$ Solution Information, Details of "Solution Information",
J \blacksquare Solution Information : JSolution Output → [se va selecta din listă cu \dashv \blacksquare , \dashv Force Convergence] (se adoptă
criterial convergenței forței).
D.2 Setarea rezultatelor
<u>Setarea deplasării totale</u>
$[\mathbf{M}]$, Outline: $\Box \xrightarrow{\mathcal{M}} \mathbf{Solution} (A6) \rightarrow \Box$ Insert $\rightarrow \Box Deformation \rightarrow \Box^{\mathfrak{M}}$ Total.
<u>Setarea deplasării după direcția Y</u>
$\Box = \sqrt{2} \frac{1}{2} 1$
\rightarrow Orientation \rightarrow [se va selecta din listă cu \downarrow , \downarrow Y Axis];
<u>Setarea tensiunii echivalente</u>
$\Box = \sqrt{2}$ Solution (A6) $\rightarrow \Box$ Insert $\rightarrow \Box$ Stress $\rightarrow \Box \sqrt{2}$ Equivalent (von-Mises)
<u>Setarea erorii structurale</u>
<u>Setarea forței de reacțiune</u> (în zona cu deplasare impusă)
$\Box \longrightarrow \mathbb{R}^{2}$ Solution (A6) $\rightarrow \Box$ Insert $\rightarrow \Box$ Probe $\rightarrow \Box $ Force Reaction \rightarrow Details of "Force Reaction".
$ \square$ Definition $ \rightarrow \square$ Boundary Condition, [se va selecta din listă cu \square , \square Displacement];
$ \exists Options \to \sqcup^{Result Selection} \to [se va selecta din listă cu \dashv \checkmark, \dashv \lor^{Axis}]. $
Setarea parametrilor din contact
$ \sqsubseteq \sqrt{\widehat{\mathbb{R}}} \text{ Contact Tool} \rightarrow \square \text{ Insert} \rightarrow \square \mathbb{R}^{\widehat{\mathbb{R}}} \text{ Sliding Distance}; $



E. POSTPROCESAREA REZULTATELOR





F. ANALIZA REZULTATELOR

F.1 Interpretarea rezultatelor

În urma analizei rezultatelor obținute ca urmare a modelării și AEF (subcap. E) se evidențiază următoarele:
În urma procesului de deformare a semifabricatului ca urmare a acțiunii a poansonului se observă că *aripile sunt curbate* (subcap. E.1); deplasarea maximă totală are valoarea 80,776 mm (subcap. E.1 fig.a); deplasarea în direcția axe X este 63 mm (subcap. E.1 fig.b), aceeași valoare impusă ca și constrângere.

- Tensiunea echivalentă maximă are valoarea 666,35 MPa (subcap. E.2, fig.a) în zona curbată exterioară a semifabricatului mai mare decât teniunea de curgere (295 MPa, subcap. B.3) indică *existența procesului de curgere plastică*. Pe de altă parte, valoarea tensiunii echivalente maxime (666,35 MPa) fiind mai mare decât tensiunea la rupere a materialului (max 660 MPa, subcap. B.3) evidențiază posibilitatea apariției unor *fisuri de rupere* (subcap. F.3)
- Variația forței de interacțiune, crescătoare până la 32094 N, dintre poanson și semifabricat pe durata procesului de deformare plastică este prezentată în subcap. E.3, fig. b. Valorile mărite în ultima parte a procesului de deformare, situație evidențiază că valoarea deplasării impuse este mai mare decât cea reală și se impune repetarea analizei cu valori mai mici (de ex. 62.8 mm, fig. ...); valoarea maximă a forței de

reacțiune stă la baza calculului dispozitivului de deformare.

În subcap. E.5 sunt vizualizate stările contactului (subcap. E.5, fig. a) și valorile unor parametri de contact: presiunea - max 415,35 MPa în zona racordării, fig. b; alunecarea relativă - max 0,13837 mm în zona superioară a racordării; jocul (saltul) - max 6,7072 mm în zona inferioară a racordării. Aceste valori sunt utile pentru proiectarea piesei de realizat și a matriței De ex.: pornind de la valoarea presiunii maxime se determină duritatea suprafeței active a matriței și nivelul de ecruisare a materialului semifabricatului în interioară a racordării; pornind de la observația că aripa deformată a semifabricatului este curbă (subcap. E.4, fig. a; formă nedorită) și că jocul dintre matriță și semifabricat este mărit (6,7072 mm) se evidențiază că trebuie schimbată forma poansonului astfel ca acesta să apese asupra semifabricatului și în zona de racordare caz ce implică remodelarea problemei (subcap. F.3).

F.2 Analiza preciziei și convergenței rezolvării modelului neliniar

În urma analizei rezultatelor obținute, legate de precizie și convergență, ca urmare, a modelării și AEF (subcap. E.3 și E.6) se evidențiază următoarele:

rerezolvare (\mathbf{M} ; \mathbf{J} ; \mathbf{Solve}) se obține eroarea structurală redusă maximă, 5,3092 mJ, în zona deplasării impuse (fig. b); faptul că în zona cu tensiunea echivalentă maximă (681, 48 MPa, fig. a) valorile erorii structurale sunt reduse (aprox 2...3 mJ) evidențiază că tensiunea echivalentă este mult apropiată de cea cvasiexactă.

- Convergența soluției modelului se face în 403 pași (subcap. E.6) și timpul de calcul este mărit.



F.3 Studii pentru proiectare

În vederea evitării apariției microfisurilor de rupere în zona de racordare exterioară a semifabricatului (subcap. F.1) se impune reducerea tensiunii echivalente maxime; în acest caz se poate adopta, în măsura respectării cerințelor constructivo-funcționale, mărirea razei de racordare și/sau micșorarea grosimii platbandei. Astfel pentru creșterea razei de racordare la valoarea 15 mm se impune modificarea modelului de analiză și rerezolvarea modelului prin parcurgerea succesiunilor: (a), <u>Tree Outline</u>: $\Box \oplus \neg \bigcirc$ Extrude2 \rightarrow $\Box \neg \bigcirc$ FBlend1 \rightarrow Details View, Details of FBlend1: $\Box \square$ FD1, Radius (>0) \rightarrow [se introduce valoarea, -15]; $\Box \bigcirc \bigcirc$ Contacts $\rightarrow \Box \neg \bigcirc$ Contact Region $\rightarrow \Box \bigcirc$ Delete (opțiunea $\neg \bigcirc$ Contact Region apare automat odată cu \boxdot Refresh Geometry și deoarece nu se mai introduc alte contacte se șterge); $\Box \neg \bigcirc$ Displacement \rightarrow Tabular Data: [se modifică valoarea din pasul 7, -65 (în loc de -63)]; $\Box \bigcirc$ Solve. După ce se rezolvă se obțin valori reduse ale tensiunii echivalente maxime (577,39 MPa, fig. a) și presiunii din contact (283,03 MPa, fig. c) corespunzătoare erorii structurale de 8,878 mJ.



În cazul în care cerințele de proiectare impun abateri reduse ale razei și liniarității aripilor profilului obținut de la valorile impuse este necesar ca dispozitivul de îndoire să conțină un poanson cu un contur care "forțează" deformarea plastică a semifabricatului ca să urmărească conturul matriței (fig. d). Astfel, modelul de analiză va avea un al treilea solid (Poanson) care va fi în contact cu frecare de alunecare cu Semifabricatul ($\mu = 0,2$). Pentru AEF, ca exercițiu la această aplicație, se va adopta pentru poanson același material cu al matriței.



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 în domeniul plastic aplicând deplasări mari impuse.

Modelul de AEF adoptat implică considerarea contactului fără frecare dintre două elemente precum și un material cu comportare neliniară. Forța de deformare fiind necunoscută se introduce ca încărcare deplasarea impusă a muchiei semifabricatului.

Ca urmare a rezolvării modelului neliniar cu elemente finite adoptând metoda convergenței forței s-au obținut rezultate cu precizie mărită, valorile parametrilor obținuți (deplasări, tensiuni, forță) fiind utile pentru proiectarea piesei de procesat precum și a dispozitivului de îndoire.