



A XVII-a Conferință internațională – multidisciplinară  
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești”  
SEBEȘ, 2017

## CONSIDERAȚII ASUPRA TENSIUNILOR ȘI DEFORMAȚIILOR DIN CADRELE PRESELOR DE MARE TONAJ

Ioan VIDICAN, Mircea BEJAN,  
Marius PÂSLĂ, Daniel Gheorghe LAKATOS

### CONSIDERATIONS ON THE FRAMES STRESSES AND STRAINS HEAVY PRESSES

In paper presents a theoretical study of the state of stress and strain in the machine frame framework heavy press. These frameworks are made up of a plurality of frames each comprised of two closed C-shaped elements (calipers) connected by tightening by means of threaded rods (Fig. 1)

Keywords: press, frame, strength, stress, deformations, thrusts  
Cuvinte cheie: presă, batiu, forță, tensiuni, deformații, tirant

#### 1. Solicitarea batiului

Lucrare analizează prezele cu batiu închis care nu este monobloc, fiind format din mai multe părți. De fiecare dată când presa execută o operație de presare se dezvoltă asupra piesei de prelucrat o anumită forță, egală cu rezistența opusă de aceasta în procesul de deformare la care este supusă. Forța rezistentă este chiar forța tehnologică  $F_t$  (la care se mai adaugă forțele de frecare și nu numai), care are o variație specifică în funcție de natura operației care se execută.

Forța rezistentă, la care se adaugă forțe de frecare și forțe de natură dinamică, solicită structura de rezistență a mașinii, inclusiv

batiul. Presa se dimensionează astfel încât solicitarea datorată forței rezistente să determine doar deformații elastice ale componentelor presei, acestea revenind la forma inițială după ce au fost temporar deformat.

Se consideră că, pentru fiecare operație (i), forța totală instantanee  $(F_T)_i$  ce solicită batiul este proporțională cu forța tehnologică instantanee  $(F_t)_i$

$$(F_T)_i = k_F \cdot (F_t)_i \quad (1)$$

unde  $k_F = (F_T)_i / (F_t)_i > 1$  este un factor de proporționalitate.

Evident, forța totală maximă  $(F_{Tmax})_i$  ce solicită presa atunci când aceasta execută operația (i) se află în aceeași relație față de forța tehnologică maximă  $(F_{tmax})_i$

$$(F_{Tmax})_i = k_F \cdot (F_{tmax})_i \quad (2)$$

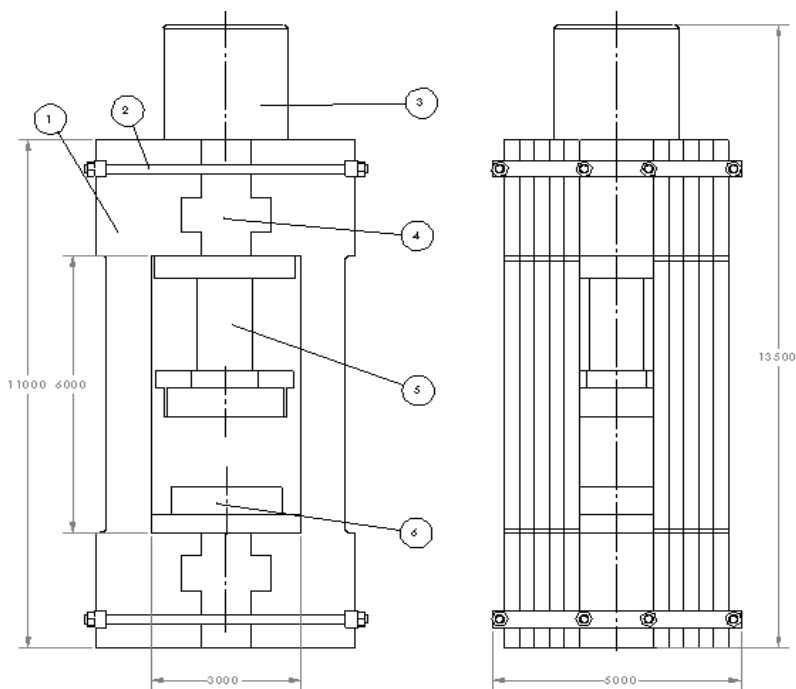


Fig.1 Batiu de presă construit din cadre tip C  
 1 – cadru tip C; 2 – tirant; 3 – grup hidraulic; 4 – corp îmbinare;  
 5 – traversă mobilă; 6 – masa presei

La un batiu închis forța rezistentă determină deformarea elastică a acestuia prin întindere și încovoiere.

## 2. Model analitic pentru calculul deformației elastice a unui cadru tip C

Pentru o piesă în formă de C se pot lua în considerare, în vederea determinării expresiei analitice a deformației elastice a acesteia pe direcția axei de presare, diverse modele simplificatoare. Un model este cel de tip cadru deschis, cel din figura 2.

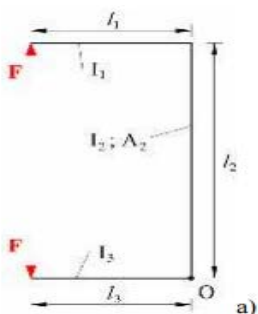
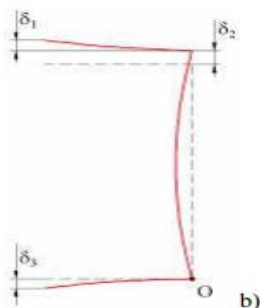


Fig. 2 Modelul simplificat al cadrului de tip C.  
a) dimensiuni și solicitare ;  
b) deformarea elastică sub efectul sarcinii F



unde s-a notat;

- $l_1 = l_3$  - lungimea brațelor scurte ale cadrului de tip C
- $l_2$  - înălțimea cadrului C
- $I_1$  - modulul de inerție al secțiunii părții superioare al cadrului
- $I_2$  - modulul de inerție al secțiunii orizontale al brațului

vertical

- $I_3$  - modulul de inerție al secțiunii părții inferioare al cadrului

$F_N$  - forța nominală capabilă a presei

$\delta_{\max} = \delta_N$ , care se obține atunci când forța tehnologică ce soliciță presa ia valoarea maximă admisă, egală cu forța nominală,

$$(F_t)_{\max} = F_N$$

În acest caz energia de deformare a cadrului se exprimă prin relația:

$$L = \sum_j \left( \int_0^{l_j} \frac{(N_j)^2}{2E \cdot A_j} dx + \int_0^{l_j} \frac{(M_i)_j^2}{2E \cdot I_j} dx \right) \quad (3)$$

unde  $l_j$  reprezintă lungimile barelor modelului.

După integrare relația obținută se poate pune sub o formă din care se vede dependența liniară a deformației elastice totale  $\delta_{tot}$  de forța ce soliciță sistemul și de distanța  $d_{m-a}$  dintre masa presei și brațul superior.

$$\delta_{tot} = \frac{F}{E} \cdot d_{m-a} \cdot C_I (l_1; l_2; l_3; I_1; I_2; I_3 A_2) \quad (4)$$

Caracteristicile geometrice ale modelului fiind luate în considerare prin constanta  $C_I$  Pentru calculul deformației totale se folosește formula:

$$\delta_{tot} = \frac{F_N}{E} \cdot \left( \frac{l_1^3}{3I_1} + \frac{l_3^3}{3I_3} + \frac{l_1^2 \cdot l_2}{I_2} + \frac{I_2}{A_2} \right) \quad (5)$$

Iar energia de deformare totală este:

$$L = \frac{F_N^2}{2E} \cdot \left( \frac{l_1^3}{3I_1} + \frac{l_3^3}{3I_3} + \frac{l_1^2 \cdot l_2}{I_2} + \frac{I_2}{A_2} \right) \quad (6)$$

## Aplicație 1

### a) Calcul analitic

Pentru studiu considerăm un element de tip C folosit la construcția unei prese de mare tonaj, cu dimensiunile din figura 3.

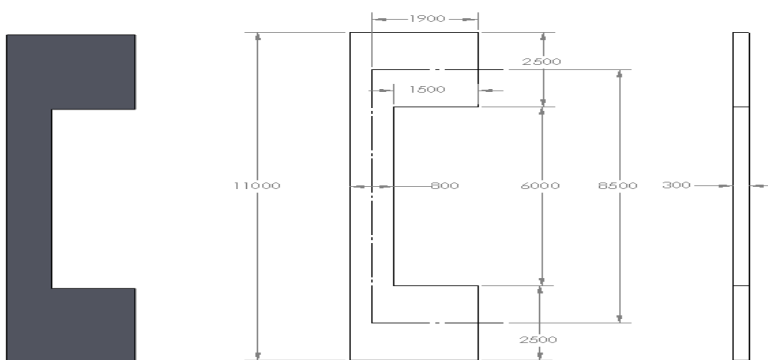


Fig. 3 Element de tip C pentru o presă de mare tonaj

În urma calculelor s-au obținut:  $I_1 = I_3 = 39062 \cdot 10^3 \text{ cm}^4$ ;  $I_2 = 1280 \cdot 10^3 \text{ cm}^4$ ;  $l_1 = l_3 = 190 \text{ cm}$ ;  $l_2 = 600 \text{ cm}$ ;  $A_2 = 2400 \text{ cm}^2$ ;  $E = 2,1 \cdot 10^7 \text{ N/cm}^2$

Aplicăm o forță  $F = 10^6 \text{ N}$  (100 t)

Înlocuim în relația (5) și obținem;

$$\delta_{total} = \frac{10^6}{2,1 \cdot 10^7} \left( \frac{190^3}{3 \cdot 39062 \cdot 10^3} + \frac{190^3}{3 \cdot 39062 \cdot 10^3} + \frac{190^2 \cdot 600}{1280 \cdot 10^3} + \frac{600}{2400} \right) = 8,6 \text{ mm}$$

b) Calcul numeric

Pentru calculul numeric al deformațiilor care au loc în cadrul tip C utilizăm programul ANSYS 13. Astfel după ce s-au introdus restricțiile și încărcarea cu forța  $F = 1 \text{ MN}$ , după rulare se vede deformația maximă și minimă în figura 4.

**A: Static Structural**

Total Deformation

Type: Total Deformation

Unit: mm

Time: 1

3/5/2017 9:58 AM

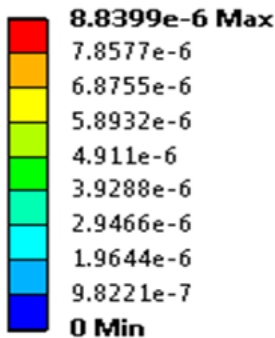


Fig. 4 Element de tip C

Rezultă că între cele două calcule (analitic și numeric) s-au obținut același rezultate. Pentru a micșora deformațiile și tensiunile obținute în procesul de presare, este necesar introducerea în ansamblul batiurilor de la presele de mare tonaj a unor tiranți de pretensionare sau adoptarea altor soluții constructive.

### 3. Calculul analitic al tensiunilor în cadrul pretensionat

Înainte de a face calculul analitic la cadrul preseii construit din *elemente C* s-a folosit programul ANSYS pentru a se observa deformațiile maxime și minime într-un cadru închis format din două *elemente C* care sunt pretensionate cu un tirant, vezi figura 5.

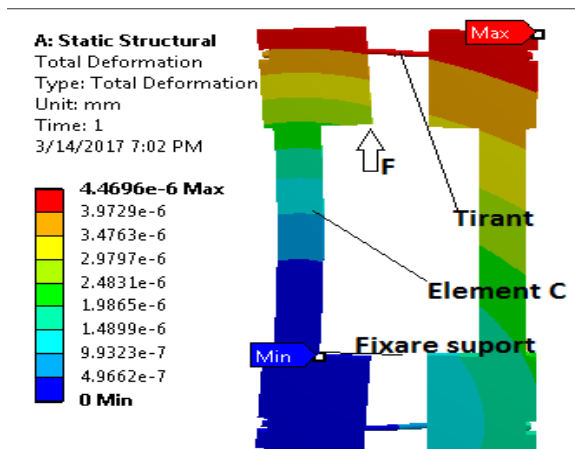


Fig. 5 Cadru format din două elemente tip C pretensionate cu doi tiranți

Cadrul din figura 5 a fost încărcat cu o forță  $F$  aplicată excentric pentru a se observa mai bine deformațiile care apar în cei doi tiranți.

Schema de calcul pentru cazul solicitării prin forțele de pretensionare este reprezentată în figura 6.a, unde mărimea static nedeterminată este  $M'_0$ , iar schema pentru cazul solicitării prin forța utilă  $P$ , în figura 6.b, unde mărimile static nedeterminate sunt  $X$  (efortul în tirant) și  $M''_0$ .

Utilizând una din metodele energetice cunoscute [1, 3, 5] se obțin următoarele relații:

$$V'_0 = P_e ; M'_0 = \frac{P_e \cdot c}{1 + \frac{l}{h} \cdot \frac{I_2}{I_1}} ; M''_0 = M'_0 - P_e \cdot c \quad (7)$$

$$V''_0 = X$$

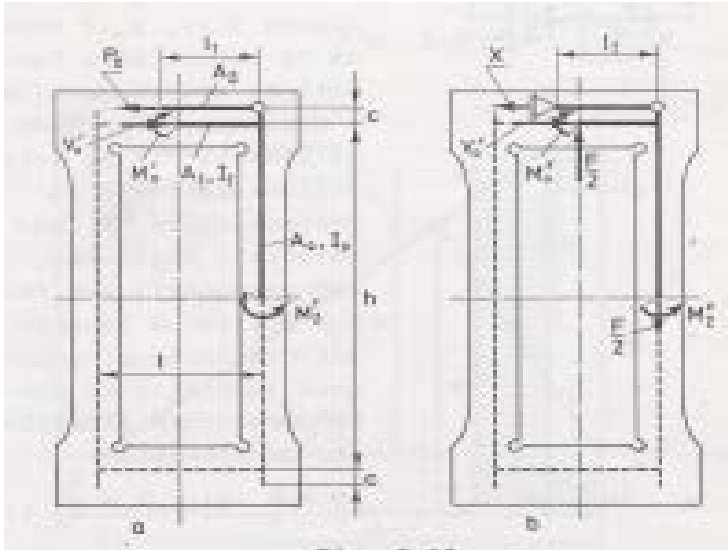


Fig. 6 Calcul pentru cazul solicitării prin forțele de pretensionare

$$X = \frac{Pl}{8c} \cdot \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \cdot \frac{c}{h} + \frac{2}{3} \cdot \frac{c}{l} \cdot \frac{I_1}{I_2} + \left( \frac{I_2}{A_1} \cdot \frac{1}{c^2} + \frac{I_2}{A_2} \cdot \frac{2l_1}{c^2} \right) \left( \frac{l}{h} + \frac{I_1}{I_2} \right)} \quad (8)$$

$$M_0'' = X \left( c + \frac{2}{3} \cdot \frac{c^2}{h} + \frac{I_2}{A_1} \cdot \frac{l}{ch} + \frac{I_2}{A_2} \cdot \frac{2l_1}{ch} \right) - \frac{Pl}{4} \quad (9)$$

Pentru modelul studiat în *Aplicația 1* dimensiunile au fost următoarele:

$l = 380$  cm;  $h = 850$  cm;  $c = 45$  cm;  $l_1 = 190$  cm;  $A_1 = 7500$  cm<sup>2</sup>;  $I_1 = 39062 \cdot 10^3$  cm<sup>4</sup>;  $A_2 = 2400$  cm<sup>2</sup>;  $I_2 = 1280 \cdot 10^3$  cm<sup>4</sup>;  $A_3 = 100$  cm<sup>2</sup>;  $W_1 = 468,7 \cdot 10^3$  cm<sup>3</sup>;  $W_2 = 48 \cdot 10^3$  cm<sup>3</sup>, iar forțele  $P = 10^6$  N;  $P_e = 5 \cdot 10^5$  N

După înlocuire în relațiile (7), (8) și (9) au rezultat următoarele valori:

$M'_0 = 221,9 \cdot 10^6 \text{ Ncm}$ ;  $M'_2 = -24 \text{ Ncm}$ ;  $X = 28 \cdot 10^6 \text{ Ncm}$ ;  $M''_0 = 881 \cdot 10^6 \text{ Ncm}$ ;  $M''_2 = 48 \cdot 10^6 \text{ Ncm}$

S-au calculat tensiunile în traversa și montantul cadrului, în fibrele extreme (s-au notat cu indicele  $i$  tensiunile în fibrele interioare și cu indicele  $e$  tensiunile în fibrele exterioare):

$$\sigma'_{0i} = -\frac{P_e}{A_1} + \frac{M'_0}{W_1} = 4 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma''_{0i} = -\frac{X}{A_1} + \frac{M''_0}{W_1} = 120 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma'_{0e} = -\frac{P_c}{A_1} - \frac{M'_0}{W_1} = -4,7 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma''_{0e} = -\frac{X}{A_1} - \frac{M''_0}{W_1} = -128 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma'_{2i} = \frac{M'_2}{W_2} = -4,5 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma''_{2i} = \frac{P}{2A_2} + \frac{M''_2}{W_2} = 80 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma'_{2e} = -\frac{M'_2}{W_2} = 4,5 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma''_{2e} = \frac{P}{2A_2} - \frac{M''_2}{W_2} = 65 \text{ N/mm}^2$$

Calculul analitic al tensiunilor în cadrul pretensionat din figura 6 s-a realizat luând în considerare un cadru închis interior și exterior static nedeterminat. S-a studiat separat efectul pretensionării și respectiv al secțiunii sarcinii utile, însumându-se algebric tensiunile astfel rezultate.

#### 4. Analize în programul ANSYS

A: Static Structural

Total Deformation

Type: Total Deformation

Unit: mm

Time: 1

3/1/2017 4:58 PM

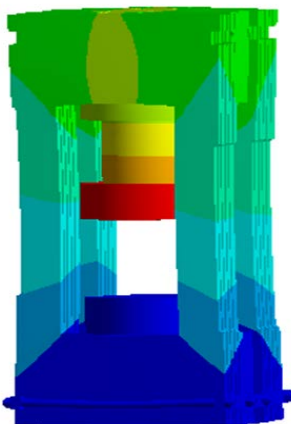
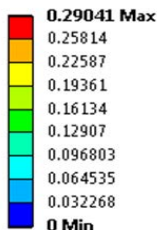


Fig. 7

Presă de mare tonaj de 200 MN când traversa mobilă acționează concentric pe masa presei



**A: Static Structural**  
 Total Deformation  
 Type: Total Deformation  
 Unit: mm  
 Time: 1  
 2/21/2017 8:23 PM

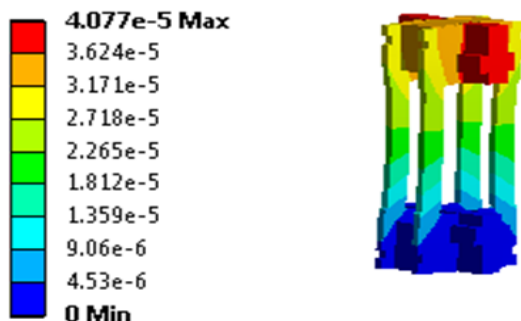


Fig. 8 Deformațiile totale care apar în elementele preselor de mare tonaj care au batiul confecționat din lamele C

**A: Static Structural**  
 Total Deformation  
 Type: Total Deformation  
 Unit: mm  
 Time: 1  
 3/16/2017 2:28 AM

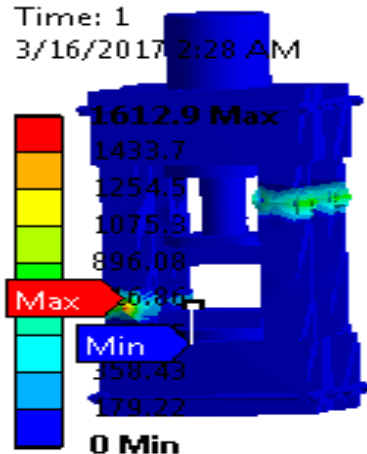


Fig. 9

Deformațiile totale care apar în lamele (elemente C) când presa acționează excentric asupra piesei

## BIBLIOGRAFIE

- [1] Bejan, M., *Rezistența materialelor*, vol.1 ediția a V-a și vol.2 ediția a IV-a, Editura AGIR, București, 2009 și Editura MEGA, Cluj Napoca, 2009.
- [2] Dan, I., *Cercetări inovative privind construcția batiului deschis al preselor mecanice*, Teză de doctorat, Brașov, 2014.
- [3] Bejan, M., *Cercetări privind solicitările statice și dinamice ale preselor hidraulice de mare tonaj, utilizate la deformarea plastică a metalelor*, Teză de doctorat, Institutul Politehnic Cluj Napoca, 1991.
- [4] Bejan, M., *În lumea unităților de măsură*, ediția a doua revăzută și adăugită, Editura Academiei Române, București 2005 și Editura AGIR, București, 2005.
- [5] Bejan, M., Cordoș, Maria Adriana, Lehene, T., *Compendii din Rezistența materialelor*, vol. 3, (Diploma AGIR 2014, 11 septembrie 2015, Editura AGIR), București, 2014 și Editura MEGA, Cluj Napoca, 2014.
- [6] Cherecheș, I.A., Bejan, M., *Analiza statică a tensiunilor și deformațiilor într-o adăpătoare utilizată în zootehnie*, Buletinul AGIR, nr. 1/2013, An XVIII, ianuarie-martie, ISSN 2247-3548, pag. 17-21.
- [7] Cherecheș, I.A., Bejan, M., *Determination of casting residual stresses*, Acta Technica Napocensis, vol.55, Issue 1, 2012, Technical University of Cluj-Napoca, pag. 141-146

Dr.Ing. Ioan VIDICAN  
Filiala Cluj a AGIR  
e-mail: ionvidi@yahoo.com

Prof.univ.em.Dr.Ing. Mircea BEJAN  
Universitatea Tehnică din Cluj Napoca  
e-mail: Mircea.Bejan@rezi.utcluj.ro

Dr.Ing. Marius PÂSLĂ  
Filiala Cluj a AGIR  
e-mail: marius.victoria@yahoo.com

Dr.Ing. Daniel Gheorghe LAKATOS  
Filiala Cluj a AGIR  
e-mail: lakatosdaniel\_2013@yahoo.ro  
membri AGIR