

PROIECTAREA ASISTATĂ PARAMETRIZATĂ A UNUI MODUL DE PRESARE

Constantin DUMITRU

1. Introducere

Este cunoscut faptul că, la ora actuală, calitatea și costul produselor sunt funcții dependente de nivelul tehnologiilor aplicate, atât în faza de concepție cât și în faza de execuție. Pe piață învinge și se menține acela care poate realiza într-un timp cât mai scurt, cu cheltuieli minime, produse superioare din toate punctele de vedere (tehnic, economic, estetic). În ultimii ani, lumea CAD/CAM/CAE a fost marcată de schimbări majore, toate în direcția eficienței activității de proiectare. O serie de concepte noi apar în domeniul proiectării (sistem integrat, inginerie concurentă, inginerie simultană), care au ca obiective creșterea calității activității de cercetare-proiectare prin lărgirea și aprofundarea domeniilor de investigare științifică, creșterea productivității prin utilizarea sistemelor software pentru alegerea și verificarea ipotezelor, selectarea conceptelor, elaborarea automată a documentație, posibilitatea utilizării simulării numerice, optimizarea formelor și tehnologiilor, răspuns rapid la modificarea parametrilor inițiali.

Ingineria concurentă asigură instrumente pentru proiectarea integrată cu ajutorul cărora se pot ataca simultan toate etapele procesului de proiectare. Modificările interne ce apar în diferite faze ale proiectului încep din stadiile incipiente și în cele mai multe cazuri sunt foarte ușor de realizat.

Ingineria simultană este un concept nou care implică colaborarea tuturor compartimentelor conexe în realizarea unui produs nou (proiectare tehnologică și constructivă, marketing, asigurarea calității, programarea producție), colaborare posibilă datorită progreselor remarcabile din domeniul tehnologiilor informatice.

Întreprinderile care abordează acest concept obțin progrese remarcabile atât în direcția reducerii timpului de concepție și de punere în funcțiune, cât și în direcția reducerii considerabile a prețului de cost. Pentru succesul deplin al acestui concept este necesar ca sistemul informațional să nu se oprească la nivelul întreprinderii și acesta să fie interconectat la sistemele informaționale ale întreprinderilor colaboratoare (furnizoare sau beneficiare). Acest proces va duce în scurt timp, prin implicarea furnizorului și beneficiarului în procesul de concepție și fabricație, la obținerea întreprinderii virtuale.

2. Proiectarea asistată parametrizată

La proiectarea constructivă asistată de calculator se utilizează sisteme CAD concepute pe baza proiectării parametrizate și a structurării pe obiecte a produselor, pentru a permite folosirea în același timp a datelor geometrice și a informațiilor tehnologice. Un modul CAD conține toate datele produsului specificat de proiectat din punct de vedere tehnologic, geometric, funcțional și organizatoric. Pentru realizarea modulului s-au folosit următoarele elemente principale: programul SOLIDWORKS de proiectare asistată parametrizată; principiul tehnologiei de grup pentru realizarea desenelor parametrizate ale pieselor reprezentative; interfață soft programată în limbaj C++, ce face legătura cu baza de date grafică și tehnologică. Programul prin capacitățile de modelare și interfață intuitivă a permis crearea de solide, ansambluri și desene de execuție. Modelarea ansamblurilor a oferit libertatea de proiectare completă a pieselor în contextul unui ansamblu și crearea unor ansambluri dintr-o multitudine de repere, asigurându-se astfel bidirecționalitatea modificărilor ansamblu - desen de execuție. Realizarea desenelor de execuție este automată odată ce piesa sau ansamblul au fost create respectându-se standardele în vigoare ISO, ANSI, DIN, JIS (opțional).

În figura 1 este prezentat un modul de presare realizat prin metoda modelării parametrizate cu ajutorul programului SOLIDWORKS. La proiectarea modulului de presare s-au parcurs două etape distincte determinate de proiectarea cinematică și respectiv de proiectarea organologică. S-au rezolvat prin proiect mai multe cerințe determinate de: scopul modulului, principiile funcționale, tehnologia de execuție. Modulul de presare cu un singur post are sistemul constructiv bazat pe patru coloane pentru rezistență și ghidare. Cilindrul de închidere este montat și fixat pe traversa fixă a batiului. Traversa mobilă împreună cu blocul de închidere (port-poansoane), ghidate prin intermediul unor role execută o mișcare de translație pe verticală realizând închiderea și deschiderea matrițelor. Sculele de presare sunt aranjate în blocul port-matrițe care, în același timp, servește ca recipient de presiune. Presiunea ridicată în interiorul matrițelor elastice este realizată prin intermediul agentului de lucru (emulsie de apă și ulei) și creată de multi-

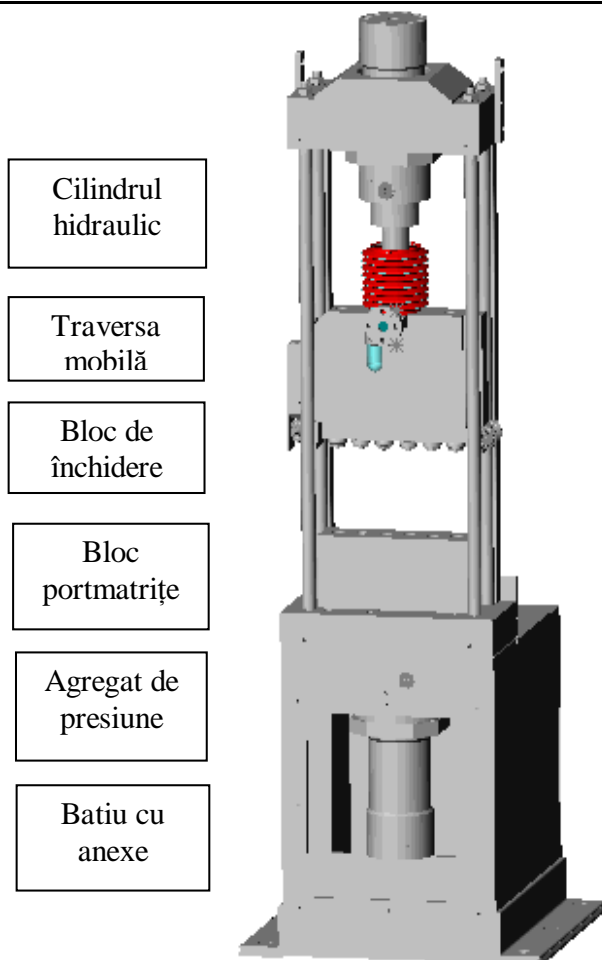


Fig. 1. Modulul de presare

plicatorul de presiune acționat hidraulic și comandat electric, pus în legătură cu rețeaua de canale din blocul portmatrițe. Atât caracteristicile funcționale, cât și parametrii geometrici ai modulului, s-au stabilit pe baza unor criterii unice adecvate procesului tehnologic respectiv. Cele mai multe din aceste caracteristici sunt date în tema de proiectare (forța de închidere, $F_N = 100$ kN, presiunea de lucru în incintă, $p_l = 100$ MPa), rezultate în urma cercetărilor teoretice și experimentale privind obținerea și presarea pulberilor, iar cele care nu sunt prezentate s-au dedus în faza de concepție, în funcție de cele cunoscute. De asemenea, în afară de parametrii prezentați, la proiectare s-a ținut seama și de unele dimensiuni ale batiului, care concură la asigurarea condițiilor geometrice și funcționale ale preseii, precum și aspectul ergonomic și estetic al acesteia. În final au rezultat următoarele caracteristici principale ale modulului de presare: forța maximă de închidere, 100 kN; presiunea maximă izostatică, 100 MPa; presiunea de încercare, 120 MPa; presiunea maximă în instalația hidraulică, 25 MPa; nr. de ca-

vități în blocul portmatrițe 1-6; lichidul de lucru, emulsie (apă + ulei); cadența 1-3 cicluri/min; regimuri de funcționare: reglaj, ciclu individual, automat.

3. Analiza cu elemente finite

Analiza a avut drept scop o verificare preliminară a tensiunilor și deformațiilor elastice care apar în elementele de bază ale modulului de presare, cele care preiau solicitările deosebit de mari dezvoltate în timpul procesului de presare. Aceste elemente sunt prezentate în fig. 2: 1 - traversa superioară; 2 - coloana; 3 - masa. Forța de presare pentru care s-a efectuat analiza este forța maximă realizată de cilindrul de lucru $F = 100$ kN. Forța este distribuită uniform în zona de contact dintre cilindru și traversa superioară și, respectiv, masa mașinii.

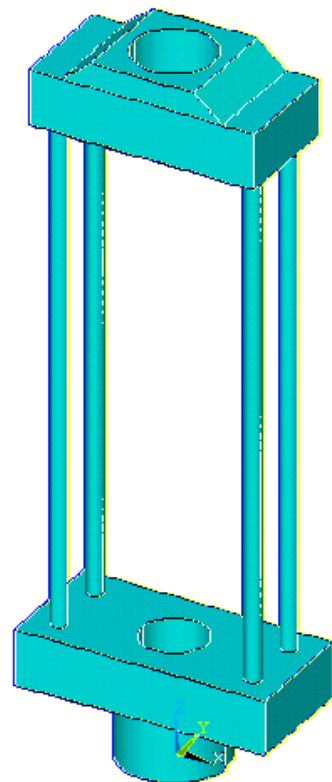
```

ANSYS 5.3
JAN 1 1997
00:51:17
PLOT NO. 1
VOLUMES
TYPE NUM

XV =.433013
YV =-.75
ZV =.5
*DIST=.98867
*XF =.003533
*YF =-.442E-03
*ZF =.8889
A-ZS=-49.107
Z-BUFFER

```

Fig. 2. Structura de bază a modulului de presare



Analiza s-a realizat prin metoda elementului finit cu un program de calcul specializat ANSYS 5.3. Discretizarea structurii s-a efectuat cu elemente finite tip SOLID 73, din grupa Structural 3 - D Solid, care prezintă 8 noduri și posibilități de deplasări și rotații după cele trei axe, respectiv DOF: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ. Cele trei structuri de bază ale preseii au fost analizate independent, utilizându-se pentru fiecare un anumit număr de elemente finite: traversa superioară - 336 elemente finite, coloana - 17; masa - 168. Pentru

cele trei structuri de bază se prezintă detaliat următoarele date rezultate în urma analizei: distribuția câmpului de tensiuni echivalente Von Mises pe întreaga structură; distribuția deplasărilor nodurilor pe direcția OZ, pe întreaga structură; graficele valorilor tensiunilor echivalente Von Mises și a deplasărilor nodurilor pe direcția solicitărilor OZ, pentru: traversa superioară, la partea inferioară, pe direcțiile OX și OZ; masa, la partea superioară, pe direcțiile OX și OZ; coloana pe direcția OZ; valorile maxime ale tensiunilor Von Mises, pentru cele trei structuri analizate sunt următoarele: traversă superioară: $0,731 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$; masa: $0,408 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$; coloana: $0,881 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$.

De remarcat că aceste valori sunt sub valorile admisibile prevăzute pentru materialele utilizate, deci structura este corect dimensionată din punct de vedere al rezistenței. Valorile maxime ale deplasărilor pe direcția OZ, direcția de acțiune a forței F, sunt: traversa superioară: $6,079 \mu\text{m}$; masa: $-18,3 \mu\text{m}$; coloana: $359 \mu\text{m}$.

4. Modelarea matematică

În mod ideal, fiecare produs nou sau modificat ce este proiectat urmează a fi construit și testat la scara 1:1. Există doi factori ce adesea împiedică acest lucru: timpul și costul. Modelarea matematică este cea mai ieftină și rapidă tehnică de modelare posibilă. Primul pas în modelarea matematică este să înlocuiască realitatea cu un model simplificat; acestea se realizează de obicei prin stabilirea unor prezumții simplificatoare. Posibilele moduri de defectare mecanică a unei structuri: deformare elastică, relaxare termică, oxidare, oboseală, uzură, coroziune, impact, radiații, șoc termic. Optimizarea coloanei de secțiune tubulară a fost realizată pornind de la faptul că aceasta trebuie să suporte o sarcină de compresiune de 25 kN, la un cost total minim. Materiale utilizate: OLC45 (modulul lui Yung 85 GN/m^2 ; limita de curgere 50 MN/m^2 ; densitate 2500 kg/cm^3). Caracteristicile geometrice: lungimea $l = 2,5 \text{ m}$; diametrul mediu al tubului este limitat între 20-140 mm. Nu sunt disponibile grosimi ale peretelui în afara domeniului de la 2 la 8 mm. Costul coloanei include materialele și costurile de construcție pot fi luate ca $5 \cdot M + 200 \cdot d$, unde: M - masa, în kg, d_m - diametrul mediu, în mm. Funcția criteriu ce trebuie minimizată este

$$FC = 5 \cdot M + 200 \cdot d.$$

Este necesar să se exprime această ecuație și toate ecuațiile următoare în funcție de variabilele coloanei: d - diametrul, mm; t - grosimea, mm. Prin urmare funcția criteriu devine:

$$FC = 5 \cdot M + 200 \cdot d = 5 \cdot \rho \cdot \pi \cdot d \cdot l + 200 \cdot d \quad (1)$$

Există două constrângeri funcționale din moment ce coloana poate să cedeze datorită fie efortului la compresiune (curgere), fie se poate îndoi. Luând în considerare curgerea, efortul indus $\sigma = P/\pi \cdot d \cdot t$. Din moment ce valoarea limită de curgere este de $\sigma_a = 50 \text{ MN/m}^2$, prima constrângere funcțională este:

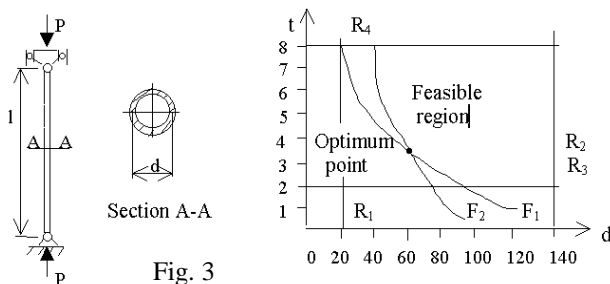
$$F_1: P/\pi \cdot d \cdot t - 35 \times 10^6 \leq 0, \quad d \cdot t \geq 135 \times 10^6 \quad (2)$$

Luând în considerație încovoierea, sarcina de deformare Euler, $\sigma_2 = \pi^2 EI/l^2$ unde: E - modulul lui Yung; l - lungimea coloanei; I - al doilea moment al ariei, $I = \pi \cdot d \cdot t \cdot (d^2 + t^2)/8$. Împărțind cu aria, rezultă efortul de încovoiere $\sigma_i = \pi^2 EI/l^2 \pi d \cdot t$. Modulul lui Yung pentru acest material este de 65 MPa. Astfel, cea de a doua constrângere este:

$$F_2: P/\pi d \cdot t - \pi^2 E (d^2 + t^2)/8l^2 \leq 0, \\ d \cdot t \cdot (d^2 + t^2) \geq 354,2 \times 10^{-9} \quad (3)$$

Există de asemenea două constrângeri locale care au legătură cu restricțiile diametrului și grosimea peretelui; R1: $20 \leq d \leq 140$, R2: $2 \leq t \leq 8$.

Din moment ce există numai două variabile de proiectare d și t, problema s-a rezolvat grafic, fig. 3. Se trasează mai întâi constrângerile locale,



rezultând o zonă de formă rectangulară de fezabilitate între $d = 20$ și 120 mm și $t = 2$ și 8 mm . Apoi se trasează curbele constrângerilor funcționale F_1 și F_2 . Zona hașurată indică regiunea de fezabilitate în cadrul căreia trebuie să se găsească toate soluțiile potențiale. Pentru determinarea punctului optim în cadrul acestei zone se trasează funcția criteriu. Înclinarea liniei obținute este importantă. Din moment ce obiectivul este de a se minimiza costurile, această linie este deplasată prin zona de fezabilitate către origine până ce se determină ultimul punct de contact cu zona de fezabilitate.

Aceasta se observă că apare la $d = 58 \text{ mm}$ și $t = 3,5 \text{ mm}$. Dar un tub de diametrul $d = 58 \text{ mm}$ nu este disponibil imediat în gama existentă, așa că se utilizează următoarea dimensiune, imediat mai mare, $d = 60 \text{ mm}$ și $t = 4 \text{ mm}$. Metoda este utilizată cu ușurință în cazul rezolvării grafice a ecuațiilor liniare cu două variabile. Pentru trei variabile pot fi

trasate grafice în 3D.

5. Concluzii

Referitor la modul de concepție al sistemului modular s-a urmărit în principal consum minim de material, re folosirea la maxim a subansamblurilor între diverse tipuri de mașini, grad mărit de interschimbabilitate și automatizare, perspective de desfacere pe piața internă și externă. Modulele au un cost relativ scăzut, se pretează la seriile mici și mijlocii, putând constitui un început sigur pentru firmele mici și mai ales particulare.

Prin adoptarea acestor concepte au loc profunde transformări în ceea ce privește nivelul de pregătire al personalului. Motivația tuturor celor ce participă la realizarea acestui proces trebuie să fie asigurată din timp. Cu cât personalul se identifică în mai mare măsură de la început cu soluționarea sarcinilor, cu atât mai repede va fi posibilă asigurarea unei funcționări depline a sistemului, la un înalt nivel de eficiență. Încercarea de a face economie în domeniul calificării constituie o greșeală și poate duce la mari pierderi economice. De asemenea, nu trebuie scăpată din vedere nici stimularea materială

a personalului folosit. Doar acțiunea motivată a unor oameni bine pregătiți și a unui personal de deservire calificat pot asigura realizarea unei productivități maxime.

Bibliografie

1. Gherghină, G., Popa, D., Tudor, M.: *Elemente de infografică tehnică - Teorie și aplicații*. Editura Radical, Craiova, 1998
2. Mazilu, D.: *Proiectare asistată de calculator*. Reprografia Universității din Craiova, 1998
3. ***: *Computer - Aided design. Modelling, Systems Engineering. CAD-Systems*. SpringerVerlag, 1980
4. Atanasiu, D., Mihăescu, B.R., Constantinescu, C.: *Elaborarea de programe de verificare, dimensionare și/sau desenare a unor elemente și subansambluri de mașin-unelte în vederea tipizării*. ICSITMU-București 1985
5. Guran, M.: *Proiectarea asistată de calculator în sistemele de fabricație moderne*. Revista economică, nr. 26, iunie 1984
6. Eversheim, W., Holz, B.: *Computer Aided Programming of NC Machine Tools By Using the System AUTAP-NC*. Annals of the CIRP, 1982
7. Margeay, M.: *Multidegree of Freedom Parameter Estimation Methods for Model Analysis*. Annals of the CIRP, 1982
8. Georgescu, Fl.: *Sistem CAD/CAM integrat utilizat în tehnologia de execuție și control*. Sesiunea a V-a de comunicări a I.N.M.T., București, Octombrie 1985