

CONSTRUCȚIA MACHETEI MECANISMULUI UNEI PRESE ORIZONTALE ȘI ANALIZA CINEMATICĂ A ACESTUIA UTILIZÂND APLICAȚIA MATHCAD

THE CONSTRUCTION OF THE MODEL OF A HORIZONTAL PRESS MECHANISM AND ITS KINEMATIC ANALYSIS USING MATHCAD

BĂDESCU Marilena - Cristina, BURCEA Mălin, PREOTEASA Adela și RADU Valentina
Facultatea: Transporturi, Specializarea: Ingineria Transporturilor și a Traficului, Anul de studii: II, e-mail:
valentina.radu21@yahoo.com

Conducător științific: Conf. dr. ing. **Iulian Alexandru TABĂRĂ**

ABSTRACT: Plastic deformation represents one of the widely applied operations in the industry. Therefore, the study aims to describe the mechanism of a horizontal press from multiple points of view. By using the MathCAD software application, we carried out the kinematic analysis of the press, also obtaining some diagrams which illustrate the variation of the kinematic parameters according to the position of the ram (slider). Furthermore, after accomplishing a model representing this mechanism, we presented the assembly process and the kinematic elements.

CUVINTE CHEIE: presă orizontală, analiză cinematică, machetă, mecanism, MathCAD.

1. Introducere

Presele mecanice cu acționare simplă sunt folosite pentru realizarea operației de presare, mai ales pentru operații de ștanțare, forjare, decupare și balotare. Acestea au un singur element executor numit culisor, de care se atașează o parte a matriței sau a ștanței.

În cadrul acestei lucrări, este descris modul în care a fost realizată macheta unei prese orizontale, mecanism a cărui analiză cinematică este realizată folosind aplicația MathCAD. Obiectivul principal îl constituie calculul parametrilor cinematici ai culisorului și ilustrarea variației acestora în funcție de poziția elementului conducător.

2. Stadiul actual

În procesul de fabricație a părților ce alcătuiesc diversele mașini și utilaje sau de execuție a unor piese cu destinație specială, prelucrărilor mecanice prin deformare plastică le revine un important. Larga utilizare a acestor prelucrări și tendința ce se manifestă în prezent de a se aplica tot mai mult în industrie sunt justificate de avantajele tehnico-economice pe care le oferă.

Principalele avantaje ale prelucrărilor mecanice prin deformare sunt: posibilitatea executării cu mașini simple a unor piese complexe, greu sau chiar imposibil de obținut prin alte procedee de prelucrare, obținerea unor piese cu precizie ridicată, care în multe cazuri nu mai necesită și alte prelucrări, executarea unor piese rezistente în condițiile unui consum mic de material cu 60-70% mai mic comparativ cu așchiera, cu pierderi minime de material sau chiar fără deșeuri, productivitate mare, cost mic al produsului.

În prezent jumătate din piesele cu precizie ridicată se execută prin deformare plastică. În țările cu industrie dezvoltată se prevede ca mașinile de prelucrat prin deformare să reprezinte peste o treime din totalul mașinilor unelte.

Tendențele care se manifestă în dezvoltarea sistemelor de presare sunt orientate în următoarele direcții: mărirea productivității, reducerea consumului de energie, extinderea tipodimensiunilor sistemelor de presare și tăiere de precizie, micșorarea greutateii, rezolvarea eficientă a problemelor legate de securitatea muncii și îmbunătățirea condițiilor de lucru.

3. Analiza cinematică a mecanismului unei prese orizontale

Cinematica se ocupă cu studiul caracteristicilor mișcării mecanismelor fără a ține cont de masele elementelor cinematice și de forțele și momentele care acționează asupra acestora.

Mecanismul unei prese orizontale este un mecanism plan, bicontur, iar analiza acestuia se poate realiza prin metoda conturilor deformabile independente, care presupune înlocuirea conturului real al mecanismului cu contururi vectoriale în care vectorii sunt lungimile elementelor mecanice sau distanțele dintre cuple [1]. Schema cinematică este prezentată în figura 1.

În scopul realizării calculului am folosit dimensiuni care corespund dimensiunilor reale ale machetei preseii construite de noi în cadrul acestei lucrări. Datele de intrare sunt reprezentate de:

Lungimile elementelor: $l_1 = 0,6$ m; $l_2 = 0,2$ m; $l_3 = 0,154$ m; $l_3' = 0,096$ m; $l_4 = 0,19$ m;

Poziția cuplelor elementului fix: $x_A = 0$; $y_A = 0$; $x_D = 0,17$; $y_D = -0,039$; $y_F = 0$;

Turația elementului conducător (în cazul vitezei I a motorului care antrenează elementul): $n_1 = 37$ rot/min.

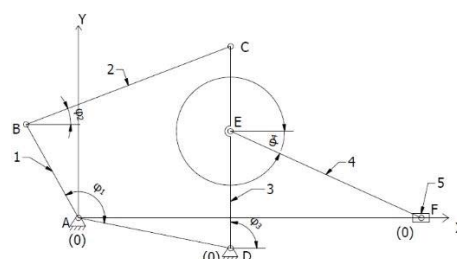


Fig. 1 Schema cinematică a mecanismului plan, bicontur

Etapele parcurse pentru calcularea parametrilor cinematici constau în: scrierea conturului vectorial convenabil, scrierea ecuației vectoriale corespunzătoare conturilor, proiectarea ecuației vectoriale pe axele sistemului de coordonate convenabil ales, derivarea în raport cu timpul a funcției de transmitere a pozițiilor (funcția de transmitere de ordinul 0) și obținerea funcției de transmitere a vitezelor (funcția de transmitere de ordinul 1), derivarea în raport cu timpul a funcției de transmitere de ordinul 1 și obținerea funcției de transmitere a accelerației (funcția de transmitere de ordinul 2).

Funcția de transmitere de ordinul 0 este o funcție neliniară și necesită metode numerice pentru rezolvare, tocmai de aceea, pentru rezolvarea mai rapidă a calculului, am folosit aplicația MathCAD.

3.1. Conturul I

În fig. 2, de mai jos este evidențiat conturul I pe schema cinematică:

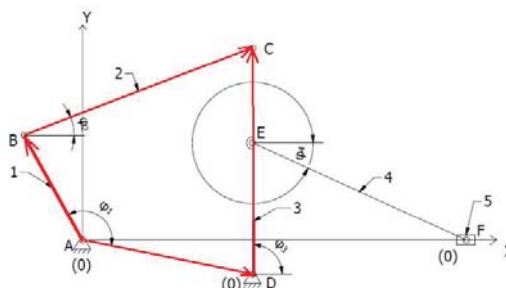


Fig. 2. Evidențierea conturului I pe schema cinematică

Ecuția vectorială:

$$\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} = \overrightarrow{AD} + \overrightarrow{DC} \quad (1)$$

$$l_1 + l_2 = l_0 + l_3 \quad (2)$$

Construcția machetei mecanismului unei prese horizontale și analiza cinematică a acestuia utilizând aplicația Mathcad

Proiectând ec. (2) în sistemul xOy, rezultă sist. de ec. pentru det. poz. elementelor 2 și 3 (φ_2 și φ_3):

$$l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \cos \varphi_2 = x_D + l_3 \cos \varphi_3 \quad (3)$$

$$l_1 \sin \varphi_1 + l_2 \sin \varphi_2 = y_D + l_3 \sin \varphi_3 \quad (4)$$

Derivând expresiilor (3) și (4) în raport cu timpul, se obține sist. de ecuații pentru det. vitezelor (ω_2 și ω_3):

$$-\omega_1 l_1 \sin \varphi_1 - \omega_2 l_2 \sin \varphi_2 = -\omega_3 l_3 \sin \varphi_3 \quad (5)$$

$$\omega_1 l_1 \cos \varphi_1 + \omega_2 l_2 \cos \varphi_2 = \omega_3 l_3 \cos \varphi_3 \quad (6)$$

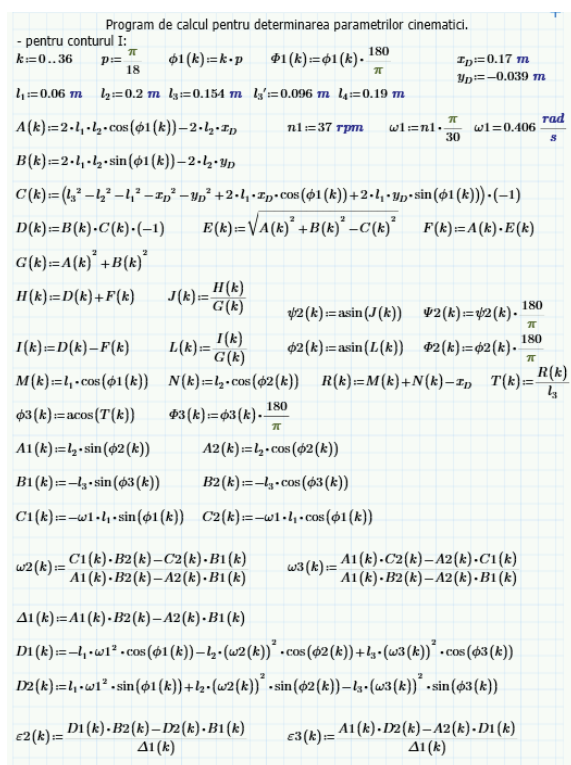


Fig. 3. Programul de calcul pentru determinarea parametrilor cinematici corespunzători conturului I

Derivând din nou exp. (3) și (4) în raport cu timpul, se obține sist. de ecuații pentru det. acceler. (ε_2 și ε_3):

$$-\varepsilon_2 l_2 \sin \varphi_2 + \varepsilon_3 l_3 \sin \varphi_3 = \omega_1^2 l_1 \cos \varphi_1 + \omega_2^2 l_2 \cos \varphi_2 - \omega_3^2 l_3 \cos \varphi_3 \quad (7)$$

$$\varepsilon_2 l_2 \cos \varphi_2 - \varepsilon_3 l_3 \cos \varphi_3 = \omega_1^2 l_1 \sin \varphi_1 + \omega_2^2 l_2 \sin \varphi_2 - \omega_3^2 l_3 \sin \varphi_3 \quad (8)$$

Sistemele de ecuații anterioare au fost rezolvate cu ajutorul aplicației MathCAD (fig. 3). S-au realizat diagr. pentru a arăta cum variază par. cinematici det. ai elem. 2 și 3 în funcție de poziția elementului 1 (fig. 4).

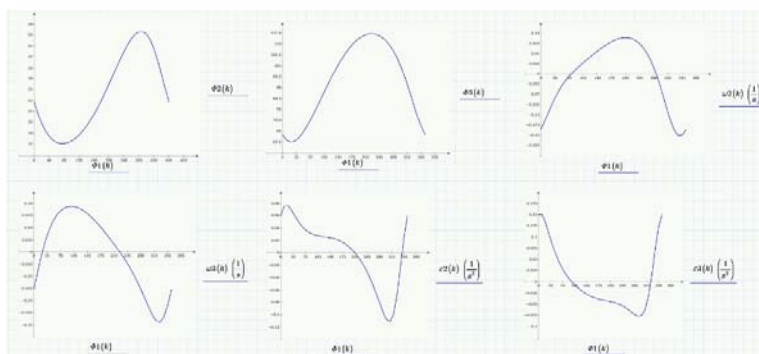


Fig. 4. Dependența parametrilor cinematici ai bielei 2 și balansierului 3 în funcție de poziția elementului conducător

3.2. Conturul II

În figura 5, de mai jos este evidențiat conturul II al mecanismului:

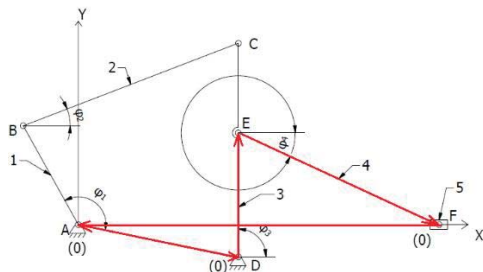


Fig. 5. Evidențierea conturului II pe schema cinematică

Ecuția vectorială:

$$\overline{AD} + \overline{DE} + \overline{EF} = \overline{AF} \quad (1)$$

$$\overline{l_0} + \overline{l'_3} + \overline{l_4} = \overline{AF} \quad (2)$$

Proiecția rel. (2) pe axele sist. xOy, conduce la sistemul de ec. pentru det. pozițiilor elem. 4 și 5 (φ_4 și x_F):

$$x_D + l'_3 \cos \varphi_3 + l_4 \cos \varphi_4 = x_F \quad (3)$$

$$y_D + l'_3 \sin \varphi_3 + l_4 \sin \varphi_4 = y_F \quad (4)$$

Derivând exp. (3) și (4) în raport cu timpul, se obține sist. de ec. pentru determinarea vitezelor (ω_4 și ω_5):

$$-\omega_3 l'_3 \sin \varphi_3 - \omega_4 l_4 \sin \varphi_4 = v_F \quad (5)$$

$$\omega_3 l'_3 \cos \varphi_3 + \omega_4 l_4 \cos \varphi_4 = 0 \quad (6)$$

Derivând expresiile (3), (4) în raport cu timpul, se obține sist. de ec. pentru det. accelerațiilor (ε_4 și a_F):

$$-\varepsilon_3 l'_3 \sin \varphi_3 - \omega_3^2 l'_3 \cos \varphi_3 - \varepsilon_4 l_4 \sin \varphi_4 - \omega_4^2 l_4 \cos \varphi_4 = a_F \quad (8)$$

$$\varepsilon_3 l'_3 \cos \varphi_3 - \omega_3^2 l'_3 \sin \varphi_3 + \varepsilon_4 l_4 \cos \varphi_4 - \omega_4^2 l_4 \sin \varphi_4 = 0 \quad (9)$$

```

- pentru conturul II:
A3(k):=l3'·sin(phi3(k))
B3(k):=l3'·cos(phi3(k))

phi4(k):=asin((-yD-A3(k))/l4)      phi4(k):=phi4(k)·180/pi

A4(k):=l4·sin(phi4(k))
B4(k):=l4·cos(phi4(k))

xF(k):=xD+B3(k)+B4(k)

omega4(k):=-omega3(k)·B3(k)/B4(k)

vF(k):=-omega3(k)·A3(k)-omega4(k)·A4(k)

e4(k):=(omega3(k)^2·A3(k)-e3(k)·B3(k)+omega4(k)^2·A4(k))/B4(k)

aF(k):=-e3(k)·A3(k)-omega3(k)^2·B3(k)-e4(k)·A4(k)-omega4(k)^2·B4(k)
    
```

Fig. 7. Secțiunea aplicației Mathcad în care au fost calculați parametrii cinematici ai elementelor conturului II

Construcția machetei mecanismului unei prese orizontale și analiza cinematică a acestuia utilizând aplicația Mathcad

Partea de aplicație în care sunt calculați parametrii cinemati ai bielei 4 și culisorului 5 este prezentată în fig. 7, rezultatele putându-se observa în fig. 8, iar diagramele de variație ale acestora în figura 9.

$\phi_4(k)$	$\omega_4(k)$	$x_p(k)$	$v_p(k)$	$\varepsilon_4(k)$	$a_p(k)$
-14.9	0.029	0.392	0.014	-0.023	-0.015
-14.324	0.017	0.397	0.007	-0.032	-0.015
-14.081	0.003	0.398	0.001	-0.032	-0.013
-14.171	-0.01	0.398	-0.004	-0.025	-0.011
-14.524	-0.018	0.395	-0.008	-0.016	-0.008
-15.045	-0.023	0.391	-0.011	-0.007	-0.006
-15.639	-0.024	0.386	-0.014	0.001	-0.005
-16.223	-0.023	0.38	-0.015	0.007	-0.003
-16.733	-0.019	0.373	-0.016	0.011	-0.002
-17.125	-0.013	0.366	-0.017	0.014	0
-17.369	-0.007	0.359	-0.016	0.015	0.001
-17.457	0	0.352	-0.016	0.015	0.002
-17.392	0.006	0.345	-0.015	0.013	0.002
-17.191	0.011	0.339	-0.014	0.011	0.003
-16.879	0.015	0.333	-0.013	0.008	0.003
-16.487	0.017	0.328	-0.011	0.004	0.003
-16.05	0.018	0.324	-0.01	0.001	0.004
-15.602	0.018	0.32	-0.008	-0.002	0.004
-15.175	0.017	0.317	-0.007	-0.005	0.003
-14.797	0.014	0.314	-0.007	-0.007	0.003
-14.491	0.011	0.312	-0.004	-0.009	0.003
-14.277	0.007	0.311	-0.002	-0.01	0.003
-14.169	0.002	0.311	-0.001	-0.011	0.003
-14.175	-0.003	0.311	0.001	-0.011	0.004
-14.302	-0.008	0.311	0.002	-0.012	0.004
-14.55	-0.013	0.313	0.004	-0.011	0.004
-14.915	-0.017	0.315	0.006	-0.01	0.005
-15.382	-0.021	0.318	0.009	-0.007	0.006
-15.924	-0.023	0.323	0.011	-0.003	0.007
-16.491	-0.023	0.328	0.015	0.005	0.008
-17.006	-0.019	0.335	0.018	0.015	0.009
-17.364	-0.01	0.344	0.022	0.026	0.008
-17.447	0.004	0.354	0.025	0.035	0.005
-17.168	0.019	0.365	0.026	0.034	0
-16.54	0.031	0.376	0.024	0.02	-0.007
-15.708	0.035	0.385	0.02	-0.003	-0.013
-14.9	0.029	0.392	0.014	-0.023	-0.015

Fig. 8. Rezultatele obținute în urma calculului parametrilor conturului II

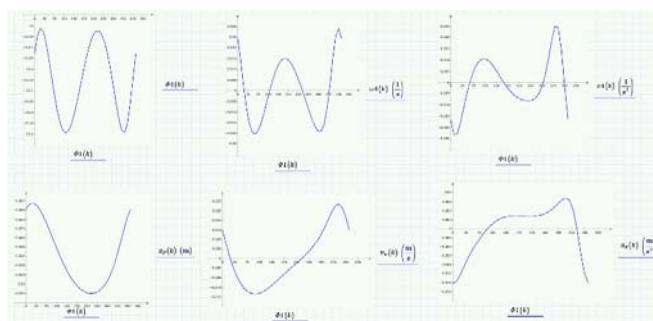


Fig. 9. Variația parametrilor cinem. ai elementelor 4 și 5 în funcție de poziția elementului de intrare

4. . Procesul de construcție al machetei unei prese orizontale

4.1. Părți componente

Mecanismul a fost realizat pe o placă suport din lemn, de dimensiuni 25×250×600 mm. Pentru realizarea pârghiilor s-a folosit platbandă din oțel de dimensiune 20×4 mm, aceste pârghii fiind conectate între ele prin intermediul unor șuruburi cu cap hexagonal M8, cu piulițe auto blocante.

O parte importantă a acestei prese o reprezintă motorul de curent alternativ de 12 V, care acționează cupla motoare. Acest motor a fost fixat pe un suport de tablă de 2 mm grosime cu ajutorul unor șuruburi cu cap hexagonal M6, la motor fiind conectat un comutator cu trei poziții, una neutră, celelalte reprezentând două viteze diferite. (fig.10)

O altă componentă este culisorul, care translatează pe o bară pătrată de dimensiune 20×20 mm; acest element de ghidare este îmbinat cu alte platbande suport pentru a fi fixat pe placa de lemn.



Fig. 10. Motorul de curent alternativ montat pe suportul de tablă

4.2. Prelucrarea și asamblarea materialelor

Suportul motorului este realizat din tablă cu grosime de 2 mm, debitată, îndoită, sudată și găurită astfel încât motorul să fie fixat la înălțimea cuplei motoare. Din cauza vibrațiilor produse de motor, unghiul poate varia, deci a fost necesară o solidarizare prin sudarea de-a lungul creștăturii. În continuare, s-au realizat găuri atât pe „talpa” acestui element, în scopul fixării pe placa de lemn, cât și pe partea verticală, pentru asamblarea motorului. Pentru prel. celorlalte comp., exceptând culisorului, s-au procedat identic, cu mențiunea că pentru elementele 2, 3 și 4 nu s-a utilizat sudarea. Elementul 5 reprezintă o țevă pătrată debitată, pe care a fost fixat, prin sudare pe o parte laterală, un șurub M8 filetat total, folosit pentru a lega elem. 4 și culisorul. Din cauza jocului care ar putea apărea am consolidat elem. 3, prin adăugarea unei platbande, paralelă cu cea inițială. Pentru evitarea blocării culisorului pe elem. de ghidare și pentru a minimiza frecarea dintre acestea, am îndepărtat neregularitățile de pe ambele componente prin șlefuire, și prin gresarea elementelor.

Asamblând piesele a fost obținută macheta mecanismului unei prese orizontale. (fig. 11).



Fig. 11. Macheta mecanismului unei prese orizontale

5. Concluzii

Se constată că metoda conturilor independente și utilizarea soft-ului Mathcad permite determinarea optimă a parametrilor cinematici ai culisorului și realizarea facilă a diagramelor de variație ale acestora în funcție de parametrii cinematici ai elementului conducător.

Luând în considerare diagramele de variație ale acestor parametri ai culisorului, se poate observa care este operația care se realizează optim pe mașina de deformare plastică considerată. Totodată, se constată că proiectarea și realizarea parametrilor constructivi ai preseii impune să se aibă în vedere caracteristicile tehnologice specifice ale operației de deformare plastică care trebuie realizată pe mașina respectivă.

8. Bibliografie

- [1]. Tabără, I. și Ghionea, I. (2004), *Analiza structurală și cinematică a mecanismelor plane cu bare: probleme rezolvate*. Editura BREN, București, ISBN 973-648-269-3.