

MODELUL MATEMATIC AL OPERATIEI DE TURNARE SUB PRESIUNE

Drd.Ing. Florin BULZAN

S.C. FERONERIA S.A. Arad, Calea 6 Vânători Nr.53
 Prof. Dr. ing. Dr. h.c. mult. Francisc Viliam KOVACS
 Universitatea "Politehnica" Timisoara

Summary: The pressure casting machines are those working machines, that are operating by moulding and included in the flexible working systems. The operating automation of these machines suppose the automatic command to operate the devices that are bringing raw materials, working parts (pistons) and castings evacuation devices. The digital control of the machine – tool axes is released in the same mode like of the robot axes.

1. Introducere

Procesul de turnare sub presiune consta, in principiu, in introducerea sub presiune, prin injectare si deci existenta unei retele de turnare in forma metalica, prin care cavitatea ampranta este umpluta cu aliaj topit.

Procesul de turnare sub presiune se realizeaza pe masini speciale. In fig.1 si fig.2 sunt prezentate schemele procedurii de turnare sub presiune la masinile cu camera de compresie verticala respectiv orizontala.

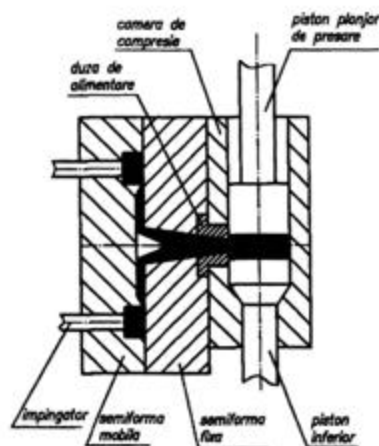


Fig.1 Schema de principiu a procesului de turnare sub presiune pe masina cu camera de compresie verticala

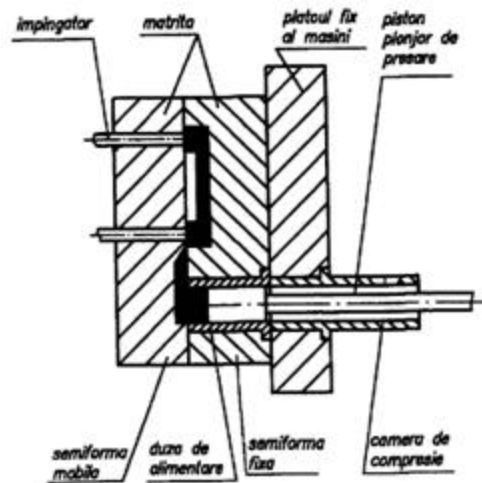


Fig.2 Schema de principiu a procesului de turnare sub presiune pe masina cu camera de compresie orizontala

2. Modelul matematic al programului de manipulare al robotului

Se intelege prin programul de manipulare (miscare) al unui robot, succesiunea in timp a secventelor de manipulare ale obiectului manipulat. Secventa de manipulare (miscare) se numeste trecerea obiectului de la o situare la alta. [2].

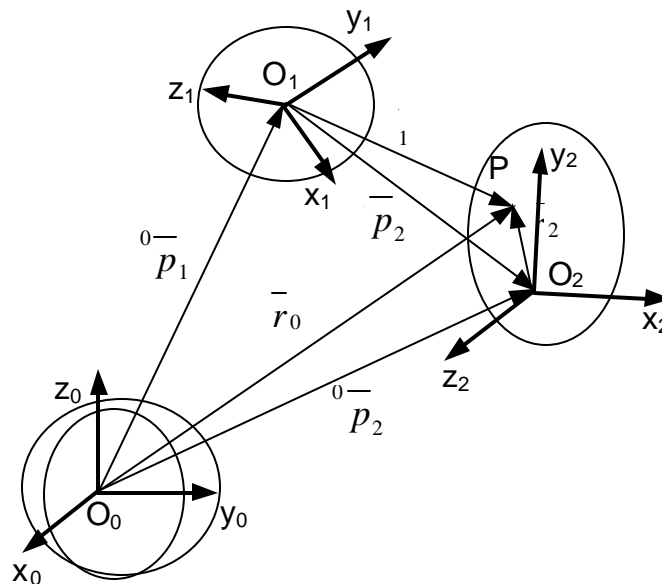


Fig. 3 Trei situari succesive 0, 1 si 2 ale unui corp.

In fig. 3 s-au reprezentat situarile succesive 0, 1 si 2 ale aceluasi corp. Corpului i se ataseaza sistemul de referinta cartezian $O_i x_i y_i z_i$ ($i = 0, 1, 2$)

${}^0\bar{p}_1$ - vectorul de pozitie al punctului O_1 in raport cu originea O_0 a sistemului de referinta atasat corpului in pozitia 0.

${}^0\bar{p}_2$ - vectorul de pozitie al punctului O_2 in raport cu originea O_0 .

${}^1\bar{p}_2$ - vectorul de pozitie al punctului O_2 in raport cu originea O_1 a sistemului de referinta atasat corpului 1.

\bar{r}_1, \bar{r}_2 - sunt vectorii de pozitie a punctului P apartinand corpului 2 in raport cu O_1 respectiv O_2 .

Intre vectorii \bar{r} si \bar{p} se pot scrie relatiile:

$$\begin{cases} \bar{r}_1 = \bar{r}_2 + {}^1\bar{p}_2 \\ \bar{r}_0 = \bar{r}_2 + {}^0\bar{p}_2 = \bar{r}_1 + {}^0\bar{p}_1 \end{cases} \quad (1)$$

relatiile (1) pot fi scrise matricial astfel:

$$\begin{cases} \underline{r}_1 = {}^1T_2 \cdot \underline{r}_2 \\ \underline{r}_0 = {}^0T_2 \cdot \underline{r}_2 \end{cases} \quad (2)$$

Putem scrie urmatoarea relatie intre operatori:

$${}^0T_2 = {}^0T_1 \cdot {}^1T_2 \quad (3)$$

unde operatorul de trecere din sistemul O_2 in sistemul O_0 este:

$${}^0T_2 = \begin{bmatrix} \cos(x_2 x_0) & \cos(y_2 x_0) & \cos(z_2 x_0) & {}^0p_{2x} \\ \cos(x_2 y_0) & \cos(y_2 y_0) & \cos(z_2 y_0) & {}^0p_{2y} \\ \cos(x_2 z_0) & \cos(y_2 z_0) & \cos(z_2 z_0) & {}^0p_{2z} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\text{unde: } \begin{cases} \cos(x_2 x_0) = n_{2x} \\ \cos(x_2 y_0) = n_{2y} \\ \dots\dots\dots \\ \cos(z_2 z_0) = a_{2z} \end{cases} \quad (5)$$

${}^0p_{2x}, {}^0p_{2y}, {}^0p_{2z}$ sunt proiectiile vectorului ${}^0\vec{p}_2$ pe axele sistemului O_0 .

$n_{2x}, n_{2y}, n_{2z}, \dots, a_{2z}$ sunt proiectiile versorilor atasati axelor sistemului O_2 pe axele sistemului O_0 .

Operatorul 0T_2 dat de relatia (4) devine:

$${}^0T_2 = \begin{bmatrix} n_{2x} & o_{2x} & a_{2x} & {}^0p_{2x} \\ n_{2y} & o_{2y} & a_{2y} & {}^0p_{2y} \\ n_{2z} & o_{2z} & a_{2z} & {}^0p_{2z} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Matricea data de relatia (6) se numeste matrice de situare [1] intrucat descrie situarea sistemului O_2 in raport cu sistemul de referinta O_0 .

3 Elaborarea modelului matematic a miscarii pistonului masinii de turnat sub presiune

In cazul propriu-zis al turnarii sub presiune fig. 4 pistonul (P) actioneaza asupra aliajului topit aflat in camera de compresie.

Se ataseaza sisteme de referinta fiecarei componente a sistemului. Sistemul de referinta universal U se cosidera legat de podeaua atelierului in care urmeaza a se executa operatia. Se urmareste asigurarea in timp a unei pozitii relative a pistonului (P) fata de duza (D) in conformitate cu procesul tehnologic de turnare sub presiune (determinarea unei legi de miscare a pistonului P astfel ancat sa asigure umplerea cavitatii matritei in conformitate cu procesul tehnologic de turnare sub presiune) [1].

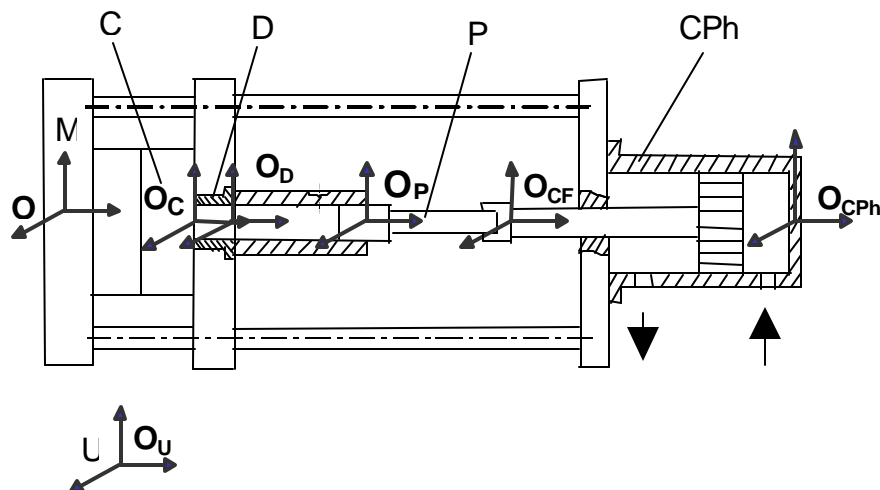


Fig. 4 Masina de turnat sub presiune

Situarea pistonului (P) fata de sistemul (U) poate fi exprimat prin produse de matrici, care descriu trecerile succesive de efectuat prin sistemele de referinta intermediare atasate diferitelor componente ale sistemului de fabricatie.

Pentru succesiunea de componente dintre (P) si (U) al atelierului aleasa astfel ancat sa includa camera de presiune hidraulica (CPh) este:

$${}^U \underline{T}_P = {}^U \underline{T}_{CPh} \cdot {}^{CPh} \underline{T}_{CF} \cdot {}^{CF} \underline{T}_P \quad (7)$$

unde:

${}^U \underline{T}_{CPh}$ - matricea de trecere de la sistemul de referinta atasat camerei de presiune hidraulica la sistemul universal;

pentru succesiunea de componente dintre piston si sistemul universal al atelierului aleasa ca sa includa si matrita se poate scrie:

$${}^U \underline{T}_P = {}^U \underline{T}_M \cdot {}^M \underline{T}_C \cdot {}^C \underline{T}_D \cdot {}^D \underline{T}_P \quad (8)$$

unde:

${}^U \underline{T}_M$ - matricea de trecere de la sistemul de referinta atasat masinii de turnat (M) la sistemul de referinta (U);

${}^M \underline{T}_C$ - matricea de trecere de la sistemul de referinta atasat matritei (C) la sistemul de referinta atasat masinii de turnat (M);

${}^C \underline{T}_D$ - matricea de trecere de la sistemul de referinta atasat duzei la sistemul de referinta atasat matritei (C);

${}^D \underline{T}_P$ - matricea de trecere de la sistemul de referinta atasat pistonului (P) la sistemul de referinta atasat duzei (D);

Egaland relatiile (7) si (8) rezulta:

$${}^U \underline{T}_{CPh} \cdot {}^{CPh} \underline{T}_{CF} \cdot {}^{CF} \underline{T}_P = {}^U \underline{T}_M \cdot {}^M \underline{T}_C \cdot {}^C \underline{T}_D \cdot {}^D \underline{T}_P \quad (9)$$

unde matricile de transfer (9) pot fi exprimate prin constante cunoscute si anume:

${}^U \underline{T}_{CPh}$; ${}^U \underline{T}_M$ - pot fi stabilite din planul de amplasament al sistemului;

${}^M \underline{T}_C$ - poate fi stabilit cunoscand constructia matritei si a sistemului de prindere;

${}^C \underline{T}_D$ - poate fi determinata din dispunerea lor reciproca.

Din relatia (9) se poate calcula matricea de trecere a capului de forta fata de sistemul de referinta fix atasat cilindrului hidraulic.

$${}^{CPh} \underline{T}_{CF} = {}^U \underline{T}_{CPh}^{-1} \cdot {}^U \underline{T}_M \cdot {}^M \underline{T}_C \cdot {}^C \underline{T}_D \cdot {}^D \underline{T}_P \cdot {}^{CF} \underline{T}_P \cdot {}^{CF} \underline{T}_P^{-1} \quad (10)$$

unde:

${}^D\underline{T}_P$ - variaza in functie de procesul tehnologic de turnare sub presiune si in consecinta si matricea ${}^{CP_h}\underline{T}_{CF}$ va rezulta variabila in timp iar aceasta variatie trebuie asigurata prin miscari relative ale elementelor cuplelor cinematice conducatoare:

$${}^{CP_h}\underline{T}_{CF} = {}^{CP_h}\underline{T}_{CF}(t) \quad (11)$$

4. Determinarea pozitiei pistonului în timpul procesului de turnare sub presiune [2].

În figura 5 este prezentat pistonul si pozitiile sale succesive pe care la ia în timpul procesului de turnare sub presiune

În faza de alimentare camera de compresie cu aliaj topit originea sistemului de axe atasat pistonului se suprapune peste cel atasat cemerei de compresie $O_P \equiv O_{CC}$.

Umplerea matritei se realizeaza când pistonul se misca din pozitia 0 în pozitia 1 deplasare în urma careia aliajul topit umple întregul perimetru al camerei de compresie CC. Matricea de trecere de la sistemul de referinta atasat pistonului la sistemul de referinta atasat camerei de compresie CC aferent acestei deplasari este:

$${}^{CC}\underline{T}_P = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & z_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (12)$$

z_1 – depinde de volumul de aliaj topit necesar umplerii cavitatii formei si a retelei de turnare si de diametrul pistonului de turnare d_p ; aceasta deplasare se realizeaza într-un timp t_1 .

1-2 deplasarea pistonului în vederea umplerii retelei de turnare, matricea (12) devine:

$${}^{CC}\underline{T}_P = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & z_1 + z_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (13)$$

unde z_2 depinde de volumul cavitatii retelei de turnare; aceasta deplasare executându-se în timpul t_2 .

2-3 deplasarea pistonului în vederea umplerii cavitatii amprenta. Pentru situatia când pistonul se gaseste în pozitia (3) matricea de trecere (13) devine:

$${}^{CC}T_P = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & z_1 + z_2 + z_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (14)$$

z_3 – depinde de volumul cavitatii amprenta; deplasarea realizându-se într-un timp t_3 ;

Miscarea pistonului din pozitia 3 în pozitia 4 corespunde procesului de îndesare a aliajului. Matricea (14) pentru situarea pistonului în pozitia 4 devine:

$${}^{CC}T_P = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & z_1 + z_2 + z_3 + z_4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (15)$$

z_4 – depinde de contractia aliajului si de gradul de complexitate al piesei, deplasarea este caracterizata de timpul t_4 ;

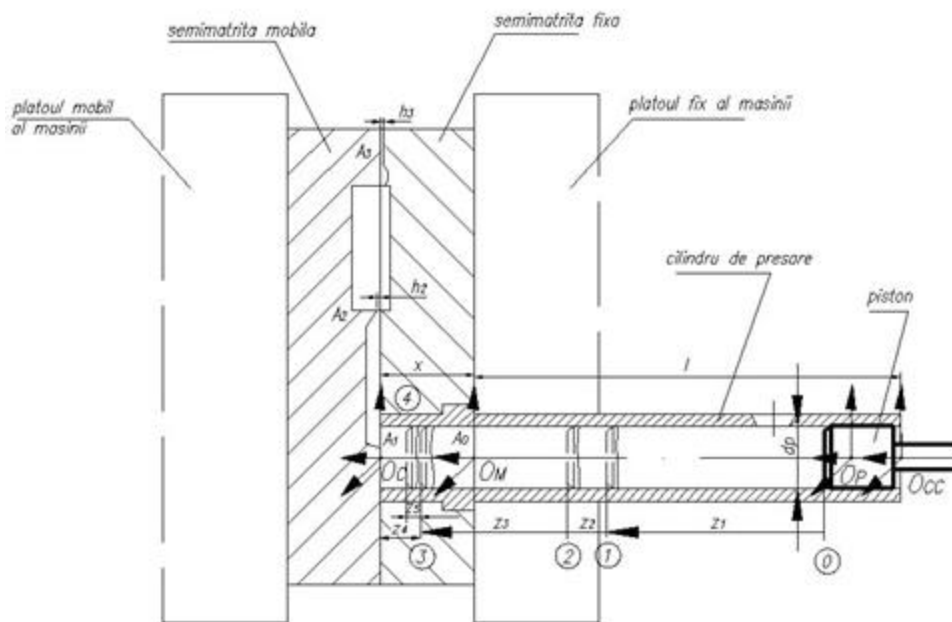


Fig. 5 Pozitiile succesive pe care le ocupa pistonul în timpul procesului de turnare sub presiune;

0- pozitia initiala a pistonului; **1-** pozitia pistonului în momentul când întreg perimetrul camerei de compresie este ud; **2-** pozitia pistonului în momentul umplerii retelei de turnare; **3** – pozitia pistonului în momentul umperii cavitatii formei de turnare; **4** – pozitia pistonului în urma compactizarii aliajului.

În general matricea de trecere de la sistemul de referinta atasat pistonului P la sistemul de referinta atasat camerei de compresie CC este o matrice ce exprima o translatie în lungul axei Oz.

$${}^{CC}T_P = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & z_i(t) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (16)$$

unde t este timpul necesar umplerii cavitatii amprenata care împreuna cu timpul de mentinere stabileste durata de mentinere a piesei în matrita.

4 Concluzii

Comanda miscarii relative a pistonului masinii de turnat sub presiune se poate realiza similar cu miscarea unei axe de robot, dupa un program flexibil, astfel incat functia (11) sa se realizeze in conditii optime pentru diferite piese, cu dimensiuni diferite a cavitatii care trebuie umpluta cu aliaj topit.

5 Bibliografie

- [1]. Bulzan, F. Optimizarea constructiei si functionarii sistemelor robotizate de turnare sub presiune. Referat nr.3, Timisoara, 2004.
 [2]. Kovacs, F. W., Tusz, St. Varga: Fabrica viitorului, Ed. Multimedia International, Arad, 1999 .