

PROCEDEE MODERNE DE DEFORMARE PLASTICĂ PENTRU FABRICAREA PINIOANELOR ȘI A ROȚILOR DINȚATE

Dr. ing. PETRU MUNTEAN

Prof. RODICA MUNTEAN

Tel: 062 - 221253

SUMMARY

The paper presents three of the most modern methods of manufacturing the cog wheels and pinions by plastic deformation inside closed mould using methods like: divided flow, the axial power drive of the container and the double flow method that involves friction. The paper also presents ideas on the pressure of deformation and on the principle of the flow release as an instrument of its own reduction.

Introducere

Unul din cele mai importante subiecte de cercetare și dezvoltare asupra deformării, pe plan mondial, este deformarea de precizie. Prin deformarea la rece se reduc mult costurile de producție, dar o productivitate ridicată se poate realiza numai dacă semifabricatul poate umple complet cavitatea matriței, realizând astfel precizia dorită a produsului. Dar, umplerea completă a cavității matriței este dificilă din cauza presiuni de lucru ridicate.

Reducerea presiunii de lucru este inevitabilă pentru a realiza o deformare de precizie. Bazați pe considerații fundamentale asupra presiunii de lucru la deformare vom explica, câteva ideii pentru a reduce presiunea de lucru și două exemple practice pentru realizarea acestor concepte la fabricarea roților dințate și a pinioanelor, piese la care se cere o precizie dimensională ridicată, pentru deformare plastică.

1. Considerații de bază pentru reducerea presiunii de lucru

Presiunea de lucru la deformarea la rece este așa de mare încât forța necesară pentru deformarea metalului și pentru obținerea preciziei dorite, nu poate fi preluată de către scule, deoarece deformarea elastică a acestora poate depăși abaterile admise ale piesei deformate. Prin urmare reducerea presiunii de lucru este cea mai importantă problemă pentru îmbunătățirea preciziei produsului deformat. În general presiunea de lucru la deformare este formată din

următoarele 3 componente: presiunea pentru deformare ideală; presiunea datorată forțelor de frecare; presiunea suplimentară pentru umplerea completă a matriței.

Conceptele de bază pentru a reduce fiecare componentă sunt redată după cum urmează. Când semifabricatul este specificat presiunea de lucru pentru deformarea ideală este dată de gradul de reducere fracțional R , pe curbe ale coeficientului de frecare μ , cum se vede în figura 1. La matrițarea în matriță închisă, fără explozie, e imposibilă umplerea cavității matriței întrucât la sfârșitul cursei poansonului gradul de reducere fracțional R devine egal cu unitatea și presiunea de lucru crește spre infinit. Deci, pentru a evita o creștere abruptă a presiunii de lucru, porțiunea de eliberare a fluxului de metal trebuie pregătită, în unele locuri pe conturul piesei matrițate, chiar și atunci când umplerea completă cu metal a matriței s-a făcut.

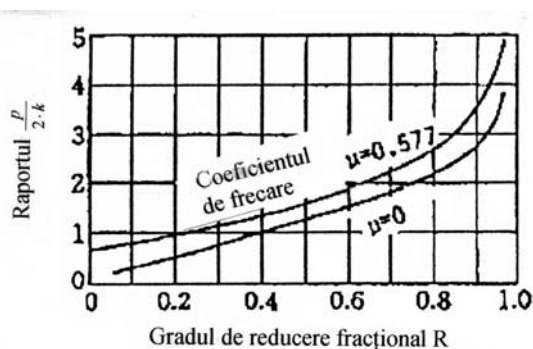


Figura 1. Influența gradului de reducere fracțional R asupra raportului dintre presiunea de extrudare p și tensiunea tangențială maximă k .

Pentru a reduce presiunea datorată forțelor de frecare este important să reducem raportul dintre lățimea uneltei W cu grosimea materialului t , W/t , și reducerea coeficientului de frecare μ .

În figura 2 este prezentat principiu proeminenței axiale (axe de eliberare a fluxului), ca instrument de reducere a presiunii de lucru la deformare.

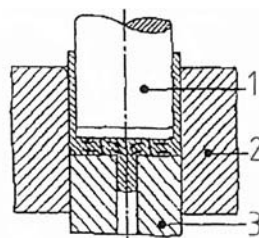


Figura 2. Principiul proeminenței axiale (axe de eliberare a fluxului).

1 – poanson; 2 – matriță; 3 – contrapoanson.

Presiunea de lucru în acest caz este redusă foarte mult din două motive. În primul rând extrudarea proeminenței servește întotdeauna ca o porțiune de eliberare a fluxului de metal, apoi fluxul dublat (divizat) reduce forța de frecare (prin reducerea presiunii), chiar și după ce forța de deformare a atins nivelul maxim. Acest efect se poate vedea în figura 3 în care este redată compararea raportului dintre tensiunea axială σ_z și tensiunea tangențială de forfecare (frecare) de pe suprafața de contact dintre metal și scule τ_c , la cele două procedee de deformare, în funcție de raza r a produsului deformat.

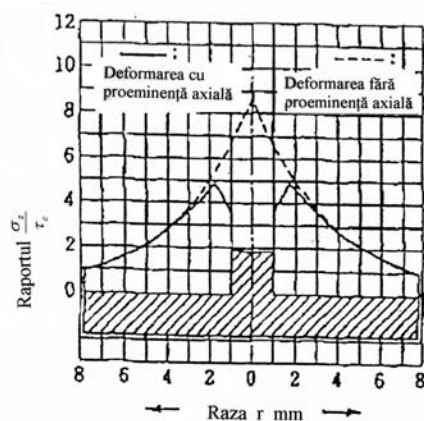


Figura 3. Compararea distribuției presiunii la cele două procedee.

În general reducerea frecării și combinațiile potrivite ale mișcării uneltei, care sunt în concordanță cu direcția axială a fluxului de metal, are ca rezultat deformarea omogenă dorită și reducerea presiunii de deformare, iar ca efect umplerea completă a matriței.

2. Câteva procedee pentru a realiza deformarea de precizie

Pentru a obține umplerea completă și presiune de deformare mică trebuie concepute procedee speciale de deformare. Trei astfel de procedee sunt explicate în continuare.

2.1. Procedee de deformare de precizie în matriță închisă utilizând metoda fluxul dublu (divizat) de material (metal)

Prin aceste procedee metalul este deformat în matriță închisă la presiune de deformare mică, folosind metoda fluxului dublu de metal. El are mai multe variante. Prin primul procedeu (fig. 4a) creșterea bruscă a presiunii de lucru este prevenită prin faptul că există două fluxuri de metal, unul centrifug și unul centripet. Acest concept poate fi extins. Un

semifabricat în formă de inel, având diametrul exterior mai mic dar foarte apropiat de diametrul interior al danturii, este deformat în matriță închisă ca în figura 4a. Prin aplicarea forței de deformare de către poanson se formează cele două fluxuri de metal, cel centrifug pentru formarea danturii și cel centripet care duce la contracția găurii axiale și contribuie la micșorarea presiunii de deformare.

Al doilea procedeu cu flux dublu de metal este procedeu de deformare cu dublă proeminență axială (al axei de eliberare a fluxului), prezentat în figura 4b.

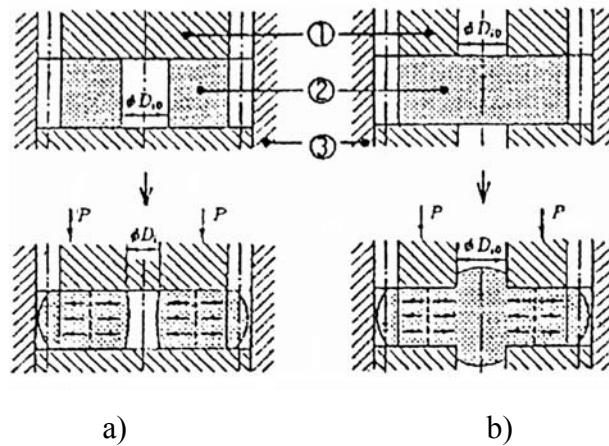


Figura 4. Deformarea cu dublu flux de metal.

a) metoda găurii de eliberare; b) metoda axei de eliberare (a proeminenței).

Un alt procedeu este cel arătat în figura 5. Un semifabricat 4 în formă de inel este supus, în prima fază, deformării în matrița închisă 2 ca în figura 5a. În interiorul găurii centrale a inelului se introduce inițial un dorn 3. Prin aplicarea forței cu poansonul 1 se va forma doar fluxul de metal centrifug. Deformarea se va face doar parțial, fără a umple colțurile matriței. În cea de a doua fază se introduc două dornuri prin ambele capete ale găurii semifabricatului, la înălțimile ku și kd , ca în figura 5b. La acționarea poansonului se formează acum cele două fluxuri de metal (centrifug și centripet), micșorând presiunea de deformare. Înălțimile ku și kd trebuie foarte bine alese pentru ca presiunea de deformare să aibă valoare minimă.

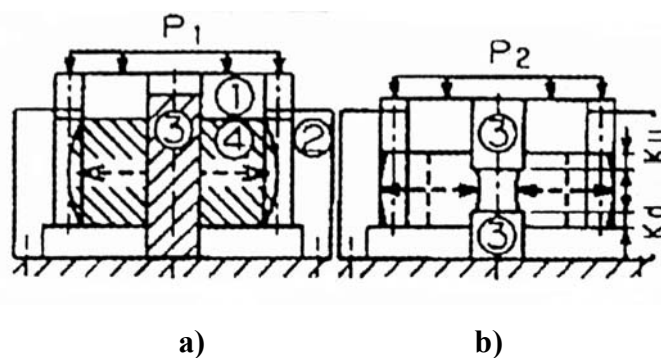


Figura 5. Deformarea cu dublu flux de metal, cu două dornuri.

Cercetările asupra fabricării roților dințate elicoidale, folosind procedeele fluxul dublu de metal, au fost făcute pentru a reduce presiunea de lucru cât mai mult posibil. Pentru a concura preferabil cu operația de prelucrare prin așchiere, o roată dințată elicoidală interioară a fost supusă testării. Rezultatul cercetării arată că metoda găurii de eliberare a fluxului este mai potrivit pentru a reduce presiunea de lucru decât metoda axei de eliberare a fluxului (al proeminenței), pentru că rezistența fluxului crește treptat în timpul lucrului în cazul metodei găurii de eliberare. Din punct de vedere al producției efective în serie, procedeele devin importante în măsura în care presiunea de lucru e redusă la un nivel acceptabil.

2.2. Deformarea în matriță închisă cu container acționat axial și activarea frecării dintre metal și container - matriță

Pentru a reduce presiunea de deformare necesară umplerii colțurilor cavității matriței, la deformarea în matriță închisă, se propune un procedeu prin care partea exterioară a matriței, containerul, se poate deplasa axial ca în figura 6. La acest procedeu containerul este acționat axial în timp ce semifabricatul este deformat în cavitatea matriței de către poanson. Mișcând containerul, în ambele sensuri, semifabricatul curge mult mai ușor în colțurile cavității matriței, ajutat de forța de frecare dintre semifabricat și container.

Deși mișcările uneltelor sunt mai complicate, cercetările asupra acestui procedeu sunt continuate, fiind considerat un procedeu special care face posibilă umplerea colțurilor cavității matriței evitând creșterea abruptă a presiunii de lucru.

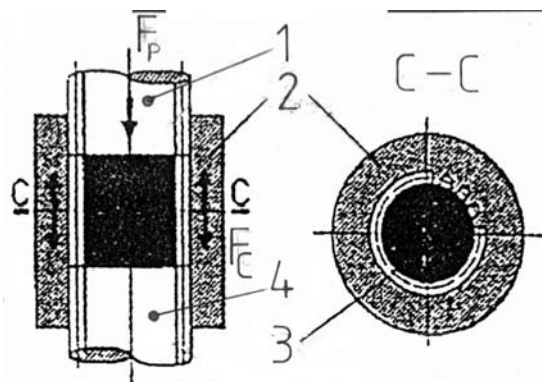


Figura 6. Deformarea în matriță închisă cu container acționat axial.

Mai mult în faza finală a deformării, umplerea colțurilor matriței 5, de la h_2 la h_1 , (figura 7) este necesară o presiune de cca 3÷4 ori mai mare față de umplerea părții centrale (înălțimea h_2). Aceasta datorită forței de frecare rezistive dintre semifabricat 3 și container 2.

Pentru îmbunătățirea preciziei de prelucrare se poate deplasa containerului. S-a constatat că presiunea de lucru poate scădea cu 20÷50 % în funcție de modul de mișcare al containerului, micșorând abaterile de dimensiune ale pieselor.

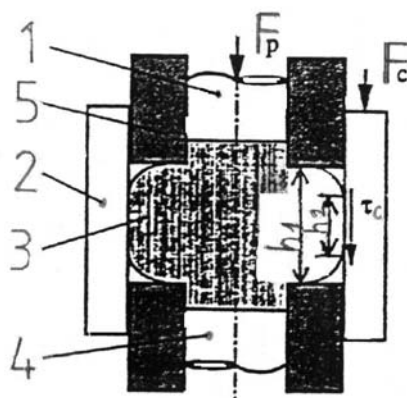


Figura 7. Deformarea de precizie la rece în matriță închisă cu activarea frecării.

1 – poanson; 2 – container; 3 – semifabricat; 4 – contra-poanson; 5 – matriță.

2.3. Procedeu fluxului dublu de metal cu activarea frecării

Un alt procedeu de folosire a fluxului dublu, combinat cu cel al activării frecării este cel arătat în figura 8. Un semifabricat în formă de inel este supus deformării în matriță închisă. Procedeu are două faze. După introducerea semifabricatului (fig. 8a), în prima fază (fig. 8b), metalul este deformat cu ajutorul poansonului 1 și a matriței plane 2, până la formarea găurii centrale pe dornul 5, iar poansonul și matrița plată se opresc la aceeași înălțime. În a doua fază (fig. 8c) metalul este deformat numai de către matrița plană 2 care acționează asupra matriței dințate 6, învingând forța arcului de compresie pe care este așezată această matriță. Prin acționarea matriței 6 se activează forța de frecare dintre aceasta și semifabricat, presiunea de lucru este micșorată și umplerea colțurilor este acum posibilă. Forța de deforma-re este menținută până la obținerea produsului finit (fig. 8d). În această fază se formează complet dantura roții. Presiunea de lucru este mai mică decât la metoda arătată în figura 5. Astfel la materialul S10C încălzit la 300° C presiunea de lucru a fost de 1110 MPa, iar la materialul SCr420 încălzit la 250° C presiunea de lucru a fost de 1421 MPa. Alăturat este prezentată și o roată dințată cilindrică cu dinți înclinați ce se poate obține prin acest procedeu (fig. 8e).

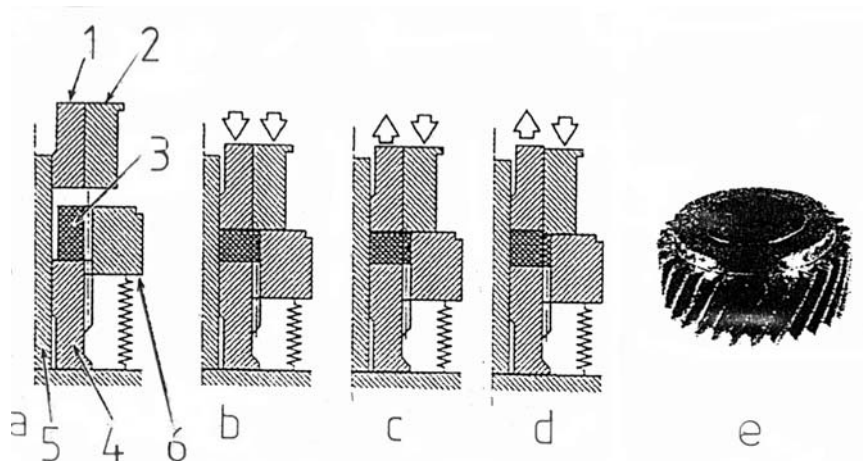


Figura 8. Procedeul fluxului dublu de metal cu activarea frecării.

a) pregătirea pentru deformare; b) deformarea cu flux dublu de metal; c) activarea forței de frecare; d) încheierea procedurii.

1 – poanson; 2 – matriță plană; 3 – semifabricat; 4 – suport dințat; 5 – dorn; 6 – matriță dințată.

Un pinion conic, cu dantură elicoidală, arătată în figura 9 este produs printr-o singură lovitură, dintr-o bară gresată, prin deformarea cu două poansoane în matriță închisă, formată din două părți. Diametrul exterior este de 27 mm, numărul dinților este 21, modulul este 1,25 mm și unghiul spiralei este de 25°. Acest pinion este considerat, la această oră, “vârful” deformării de precizie pe plan mondial.



Figura 9. Pinionul elicoidal.

3. Concluzii

Exemplele menționate mai sus indică următoarea idee importantă pentru realizarea forjării de precizie a roților dințate: deformarea în matriță complet închisă trebuie pe cât

posibil evitată, preferând procedee de eliberare a fluxului de metal într-un loc potrivit unde forma conturului este simplă și operația de înlăturare a adausului este ușor de realizat.

Pentru umplerea cât mai ușoară a colțurilor matriței, roțile dințate și pinioanele, se vor prevedea cu raze de racordare în colțuri. Pentru fiecare procedeu în parte piesele ce urmează a fi obținute trebuie să aibă conturul în așa fel încât acesta să ajute la umplerea cavității matriței și micșorarea presiunii de deformare.

Aceste procedee pot fi aplicate nu numai la roți dințate și pinioane ci și la alte produse. Deci sunt așteptate pe mai departe aplicații la o scară tot mai largă de piese.

Pentru producerea roților dințate și a pinioanelor, prin deformare de precizie, se folosesc și alte procedee cum ar fi: deformarea cu două poansoane, în matriță închisă, formată din două părți, procedeu prin care a fost obținut și pinionul elicoidal din fig. 9; deformarea prin extrudare de precizie a melcilor; matrițarea prin matriță oscilantă a roților dințate și pinioanelor; procedeul de deformare pentru roțile dințate cu butuc; etc.

Considerăm că fabricarea roților dințate și a pinioanelor prin deformare plastică de precizie va lua amploare în viitorul apropiat, mai ales prin procedeul fluxului dublu de metal cu activarea frecării.

BIBLIOGRAFIE

1. ASCHELAND, D.R. **The Science and Engineering Materials**; Chapman & Hall, London, 1989.
2. AVITZUR, B. **Handbook of Metal-Forming Processes**; A. Wiley – Interscience Publication, New York, 1989.
3. BEREJNOI, L. ș.a. **Pressavanie s activnām desviem sil trenia**; Ed. Metallurgia, Moscova, 1988.
4. CANTA, T. ș.a. **Noi tehnologii pentru materiale avansate**; U. T. Press, Cluj-Napoca, 1996.
5. DRĂGAN, I. **Tehnologia deformărilor plastice**; E. D. P. București, 1976.
6. KONDO, K. **Improvement of product accuracy in cold die forging**; Advanced Tehnology of Plasticity 1999. Proceedings of the 6th International Conference on Technology of Plasticity, Neuremberg, September 19 – 24, 1999, vol. II.
7. MUNTEAN, P. **Cercetări privind utilizarea forței de frecare ca forță activă în procesele de deformări plastice**. Teză de doctorat, Cluj – Napoca, 2001.
8. OSAKADA, K. **New methods of precision forging**; Advanced Tehnology of Plasticity 1999. Proceedings of the 6th International Conference on Technology of Plasticity, Neuremberg, September 19 - 24 1999, vol II.