



A XII-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2012

DEFORMABILITATEA LA CALD A OȚELURILOR INOXIDABILE AUSTENITICE

Jane MAGAONE, Ioan ILCA, Vasile ALEXA

HOT DEFORMABILITY OF AUSTENITIC STAINLESS STEEL

This paper presents technological capacity of deformation for austenitic stainless steel.

Cuvinte cheie: rezistență la deformare, plasticitate, deformabilitate
Keywords: resistance to deformation, plasticity, deformation

1. Capacitatea tehnologică de deformabilitate

Pentru determinarea deformabilității la cald a oțelurilor, adică a rezistenței la deformare și a plasticității, în prezent se utilizează mai multe metode. Dintre acestea sunt cunoscute: răsucirea la cald, tracțiunea, comprimarea prin șoc sau presarea la sonetă și laminare în pană. Deoarece fiecărei metode de apreciere a deformabilității îi este proprie numai o anumită schemă de tensiuni și, ca urmare, o anumită schemă de deformare, rezultatele obținute prin metodele respective nu pot fi comparate direct între ele, ci numai ca valori relative. Aceeași influență asupra valorii rezultatelor o are și forma probelor. Spre exemplu, capacitatea la deformare prin răsucire (respectiv numărul de răsuciri până la rupere) a unei probe cu partea cilindrică de 100 mm lungime este mai mare decât a unei alte probe din același material și de același diametru, dar cu partea cilindrică de numai 40 mm.

Între deformabilitatea unui oțel, stabilită în condiții de laborator și comportarea la deformare în practică, chiar dacă nu este o similitudine perfectă, există totuși o corelație satisfăcătoare. Cu alte cuvinte, un oțel care a avut de exemplu indicele de plasticitate superior altuia la deformare în laborator, se va comporta mai bine în practică și viceversa.

Aprecierea rezistenței la deformare se poate face prin mai mulți parametri. Astfel, în cazul încercării de tracțiune la cald, rezistența la deformare se apreciază în funcție de rezistența la rupere la temperatura respectivă. În cazul răsucirii la cald a unor probe cu partea calibrată cilindrică, aprecierea se face în funcție de momentul necesar pentru realizarea răsucirii acesteia, iar în cazul comprimării, se face în funcție de rezistența la compresie.

Rezistența de rupere la cald se determină din raportul între forța de rupere și secțiunea inițială a probei în zona calibrată. Momentul de răsucire se exprimă în daN.cm. Valoarea lui p se calculează din relația:

$$p = \frac{1}{v} \cdot \frac{A}{\ln \frac{h_0}{h_1}},$$

în care:

V – reprezintă volumul deformat;

A – lucrul mecanic necesar pentru deformare;

h_0 și h_1 – înălțimea probei cilindrice înainte și după comprimare.

Plasticitatea la cald a oțelurilor se apreciază în funcție de valoarea găturii și alungirii în cazul încercării de tracțiune la cald, prin numărul de răsuciri până la rupere, în cazul răsucirii la cald și prin reducerea relativă până la apariția primei fisuri în cazul comprimării la cald.

2. Rezistența la deformare

Rezistența la deformare a oțelurilor inoxidabile austenitice, depinde, în principal, de compoziția chimică a oțelului. Pentru a sublinia acest lucru, în figura 1 este arătată variația momentului de răsucire maxim la trei mărci de oțel inoxidabil austenitic, determinată pe probe cu zona calibrată la un diametru de 9,55 mm și lungimea de 50 mm.

Din analiza acestor curbe se pot trage unele concluzii cu caracter general. Astfel, se constată că prin creșterea gradului de aliere, rezistența la deformare crește. Spre exemplu, între rezistența la

deformare a mărcilor 10TNC180 (tip 18-8) și 10NC250 (tip 25-20) există, la diferite temperaturi, diferențe cuprinse între 10 și 60 %.

O creștere importantă a rezistenței are loc și în cazul alierii oțelului tip 18-8 cu molibden (marca 8TMoNC170).

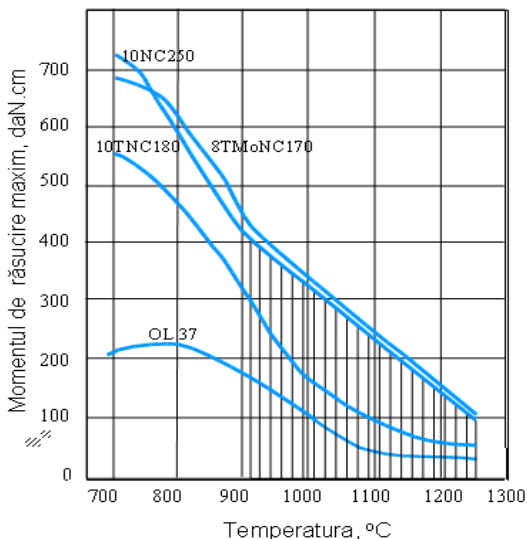


Fig. 1 Variația rezistenței la deformare în funcție de temperatură pentru diferite mărci de oțel inoxidabil austenitic

Pentru comparație, pe aceeași diagramă s-a figurat variația momentului de răsucire a unui oțel carbon (OL37) încercat în aceleași condiții.

Oțelul de tip Cr-Mn-Ni-N are o rezistență la deformare comparabilă cu cea a oțelului 8TMoNC170 [1, 2].

O caracteristică a oțelului carbon, creșterea rezistenței la deformare, care intervine pe măsura scăderii temperaturii deformare, este mult mai rapidă. Astfel, dacă la 1150 – 1250 °C, diferența este de numai 50 daN.cm, la 700 °C ea ajunge egală cu 500 daN.cm, adică devine de 10 ori mai mare. Din acest motiv, în practică trebuie luate toate măsurile pentru ca terminarea prelucrării să se facă la o temperatură cât mai ridicată. În caz contrar, solicitarea utilajului crește mult.

Explicația acestui fenomen este relativ simplă. Prin creșterea gradului de aliere, difuziunea elementelor este îngreunată, astfel încât viteza de recristalizare scade în proporție corespunzătoare. Din acest

motiv este recomandabil ca viteza de deformare a oțelurilor aliate să fie cât mai mică posibil.

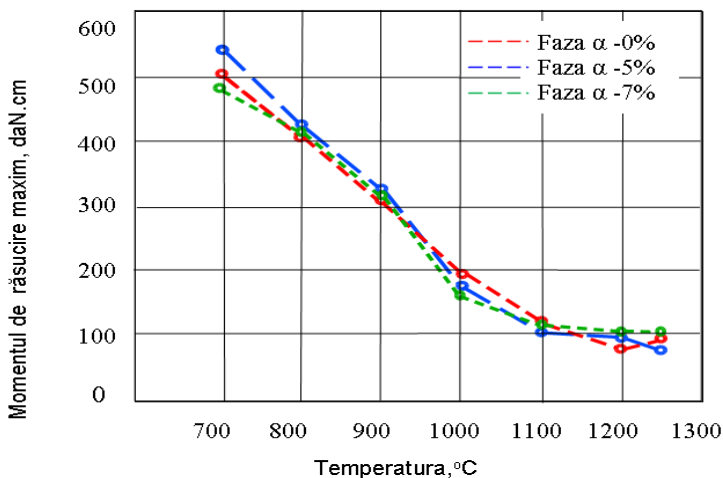


Fig. 2 Variația rezistenței la deformare în funcție de conținutul în fază α al unui oțel inoxidabil austenitic (marca 10TNC180) și de temperatura de încercare

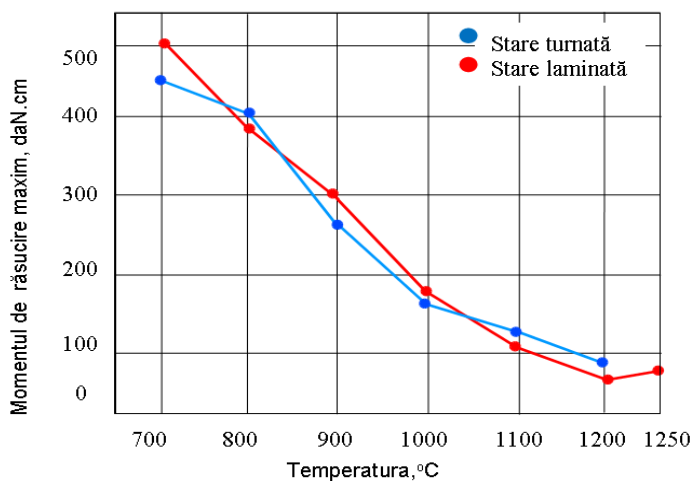


Fig. 3 Variația rezistenței la deformare în funcție de structură (turnată sau deformată în prealabil) a oțelului inoxidabil austenitic 10TNC180, la diferite temperaturi

Dintr-un anumit punct de vedere, această recomandare vine în contradicție cu cea făcută anterior că durata totală de deformare să fi minimă. Din acest motiv, în practică, pentru fiecare situație dată, trebuie să fie găsit un compromis care, în condițiile date, să dea rezultatele cele mai bune.

Este cunoscut că, în funcție de compoziția chimică, oțelurile inoxidabile austenitice pot avea fază α în proporție de până la 10 – 15 %. Experimentările care s-au făcut (figura 2) au arătat că, în limitele cercetate, rezistența la deformare practic nu depinde de conținutul în fază α al oțelului. De asemenea, s-a dovedit practic (figura 3) că indiferent de starea inițială a oțelului (turnat sau prelucrat plastic), rezistența la deformare rămâne aceeași.

3. Plasticitatea

Plasticitatea constituie o caracteristică tehnologică, mult mai sensibilă la variația structurii decât rezistența la deformare. Astfel, este cunoscut că prezența în oțelurile inoxidabile austenitice a unei proporții oarecare de fază α duce la scăderea plasticității. Pentru exemplificare, în figura 4 se arată variația plasticității unui oțel inoxidabil austenitic tip 18-8, în stare turnată sau prelucrată plastic pentru conținuturi în fază α egale cu aproximativ 7 %.

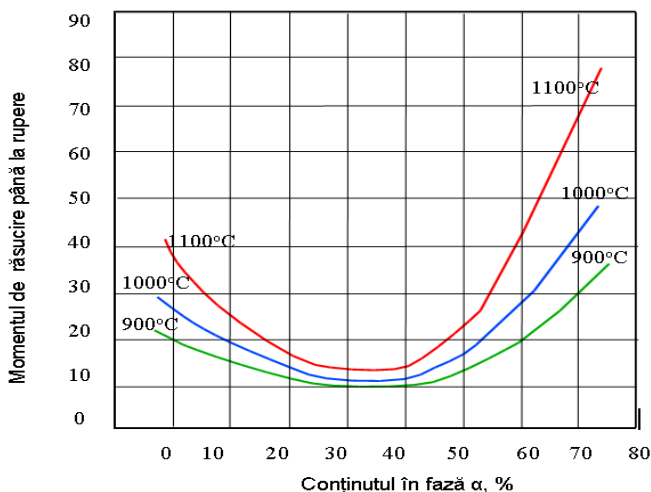


Fig 4 Influența conținutului în faza α asupra plasticității oțelurilor inoxidabile austenitice [2]

Din studiul acestei diagrame se poate trage concluzia că faza α înrăutățește plasticitatea oțelului în special la temperaturi mai ridicate. Creșterea conținutului de fază α până la valori în jur de 30 % duce la scăderea continuă a plasticității (figura 4) după care, aceasta începe să crească.

Înrăutățirea plasticității oțelului inoxidabil austenitic în prezența fazei α se explică prin proprietățile celor două faze. Astfel, faza α are o rezistență la deformare mult mai mică decât faza γ . De asemenea, viteza de recrystalizare a acesteia, în special la temperaturi mai ridicate, este mult mai mare decât a fazei γ . Din acest motiv în cursul deformării, sub acțiunea aceleiași scheme de tensiuni se realizează scheme de deformare diferite. Faza α cu rezistența mai scăzută și viteza de recrystalizare mai ridicată, se deformează mult mai mult decât faza γ .

Când deformarea depășește limita de plasticitate, faza α (amplasată în general la limitele grăunților austenitici) își pierde compactitatea și se formează fisuri care, prin propagare, duc la ruperea probei. Prin creșterea conținutului de fază α , în proporție de peste 30 – 40 %, faza α devine predominantă, ceea ce atrage după sine creșterea proporțională a plasticității.

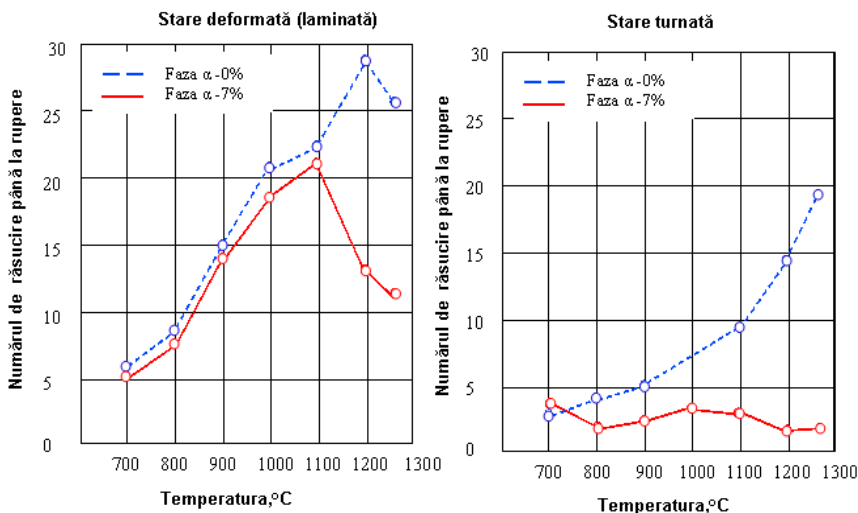


Fig. 5 Variația plasticității oțelului inoxidabil austenitic tip 18-8 în funcție de conținutul în faza α și starea oțelului, turnat sau deformat plastic

Spre deosebire de rezistența la deformare, structura materialului influențează asupra plasticității. Astfel, în toate cazurile, plasticitatea oțelului în stare turnată este mai coborâtă decât în stare deformată (figura 5).

Acest lucru se explică atât prin macrostructura diferită (existența la lingouri a celor trei zone de solidificare) cât și prin puternica segregare a unor elemente, care favorizează apariția unor constituenți (ca de exemplu faza α) care înrăutățesc plasticitatea oțelului. Unele experimentări făcute în acest sens [1, 2] au arătat că la un oțel inoxidabil austenitic cu compoziția medie C = 0,62 %; Si = 0,29 %; Mn = 1,85 %; Ni = 13,1 %; Cr = 16,6 %; Mo = 2,01 %; Cu = 0,217 %; Ti = 0,55 % și S = 0,009 %, segregarea interdendritică variază între 0,155 și 0,380 % la siliciu, 1,46 și 2,35 % la mangan, 12,5 și 16,9 % la nichel, 15,1 și 17,3 % la crom, 0,165 și 0,34 la cupru și 0,22 și 0,78 % la titan. În acest mod se creează condiții favorabile apariției în diferite zone a fazei α , cu toate că, compoziția medie ar îndreptăți existența unei structuri pur austenitice. Prin încălzire și mai ales deformare, urmată de tratament termic, segregarea elementelor menționate se micșorează mult. Din aceste motive conținutul în faza α a unui oțel în stare turnată este întotdeauna diferit, mai precis mai mare, decât al aceluiași oțel după deformare plastică.

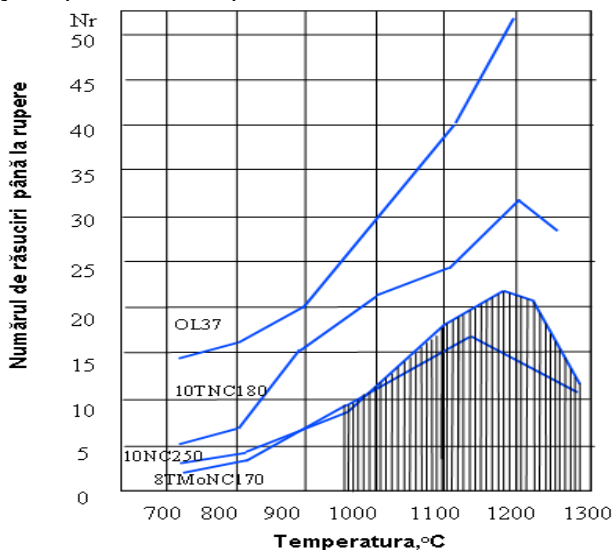


Fig. 6 Variația plasticității în funcție de temperatura de încercare a diferitelor mărci de oțel inoxidabil austenitic

O aceeași structură (de exemplu, pur austenitică) poate fi obținută cu oțeluri cu compoziții chimice diferite între ele însă, în acest caz, plasticitatea se modifică în funcție de proporția și natura elementelor de aliere. În general, plasticitatea scade cu atât mai mult, cu cât gradul de aliere este mai mare (figura 6).

Acest fapt subliniază necesitatea de a realiza deformarea cu viteze mici și la temperaturi mai înalte (peste 900 °C).

4. Rezultate și concluzii

■ O caracteristică a deformabilității oțelurilor austenitice constă în faptul că în raport cu oțelul obișnuit, creșterea rezistenței la deformare este mult mai rapidă pe măsura scăderii temperaturii la deformare. Explicația fenomenului constă în aceea că prin creșterea gradului de aliere, difuziunea elementelor este îngreunată, iar viteza de recristalizare scade în proporție corespunzătoare.

■ A rezultat că în toate cazurile analizate, plasticitatea acestor oțeluri în stare turnată este mai coborâtă decât în stare deformată. Fenomenul se explică atât prin macrostructura diferită, cât și prin puternica segregare a unor elemente, în special, în spațiul interdendritic, segregare care favorizează apariția unor constituenți în structură care înrăutățesc plasticitatea, deci capacitatea lor de prelucrare plastică.

BIBLIOGRAFIE

[1] Magaone, J., *Studii și cercetări privind comportamentul la prelucrarea plastică a oțelurilor inoxidabile termostabile* – Teză de doctorat, 2009.

[2] Takeshita, T., *Effects of $\alpha \leftrightarrow \gamma$ Partial Transformation on Recrystallization After Hot Deformation in 17% Cr Stainless Steel*, Transactions of the Iron and Steel Institute of Japan, Vol. 27, 1987, No. 6, pag. 432-438.

Dr.Ing. Jane MAGAONE,
S.C. MIRAMONPRESTCOM Hunedoara

E-mail: miramomon@yahoo.com

Prof.Dr.Ing. Ioan ILCA

E-mail: ioan.ilca@fih.upt.ro

Șef lucr. ec. Dr.Ing. Vasile ALEXA

E-mail: vasile.alex@fih.upt.ro

membri AGIR

Universitatea "Politehnica" Timișoara, Facultatea de Inginerie Hunedoara
Hunedoara, Str. Revoluției, nr.5, 331128