

# EDIFICĂRI LA EXAMINAREA COMPORTĂRII LA SOLICITĂRI TERMOMECHANICE A NOI TIPURI DE ALIAJE PE BAZĂ DE NICHEL (I) (RENÉ 41)

## INSTRUCTIONS OF NEW NICKEL ALLOYS TYPES (RENE 41) AT THERMOMECHANIC ACTIONS BEHAVIOUR EXAMINATION

Prof.univ.dr.ing. Indira ANDREESCU<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultatea de Utilaj Tehnologic, Universitatea Tehnică de Construcții București  
e-mail: indira\_utcb@yahoo.com

**Rezumat:** Sunt prezentate rezultatele măsurătorilor rezistențelor de rupere și de curgere la solicitările de întindere compresiune, forfecare, cât și a modului de elasticitate E funcție de temperatură asupra epruvetelor din aliajul pe bază de nichel René 41.

**Cuvinte cheie:** aliaj, rezistență, modul de rezistență, temperatură, elongație

**Abstract:** The René 41 on a basis of nickel alloy samples ultimate and yield stress stretching, compression, shear and E the elasticity modulus depending on temperature measurements results are submitted.

**Keywords:** alloy, strength, elasticity modulus, temperature, elongation

### 1. COMENTARIU GENERALE

Materialele destinate construcțiilor de rezistență termomecanică superior performante (aliaje în special), cu caracteristici convenabile pentru a fi preferate în proiectele de construcții de aparate cosmice și aeronave, stau la baza unor investigații științifice, tehnice și tehnologice.

Lista acestor materiale se diversifică în ritm alert în atare circumstanțe.

Aliajele termorezistente au o rezistență la oxidare adecvată la temperaturi ridicate și, în mod normal sunt utilizate fără suprafață de protecție, reprezentative în acest sens fiind și cele din grupa celor pe bază de nichel.

Nichelul este elementul de bază pentru cele mai multe aliaje rezistente la temperaturi înalte. Pe lângă faptul că este mai puțin costisitor decât oțelul, nichelul produce o structură austenitică ce are o mai bună călibilitate și prelucrabilitate decât stucturile feritice de același nivel de rezistență.

### 2. CONSIDERAȚII METALURGICE

*Compoziția* – Elementele comune de aliere cu nichelul sunt cobaltul, oțelul, cromul, molibdenul, titanul și aluminiul. Cobaltul, când substituie în matrice o porțiune a nichelului, îmbunătățește rezistența la temperaturi înalte; mici adaosuri de oțel tind să întărească matricea

nichelului și reduc costurile; cromul este adăugat pentru creșterea rezistenței mecanice, precum și a celei de oxidare la foarte înalte temperaturi; molibdenul contribuie la fortificarea soluției solide. Titanul și aluminiul sunt adăugate în cazul celor mai multe aliaje pe bază de nichel rezistente la cald pentru a permite fortificarea prin îmbătrânire, prin formarea de precipitate  $Ni_3(Ti,Al)$ ; aluminiul contribuie, de asemenea, la creșterea rezistenței la oxidare.

Natura elementelor de aliere în cazul aliajelor pe bază de nichel fortificabile prin îmbătrânire face ca topirea în vid să fie convenabilă, dacă nu se prescrie altceva. Totuși, costul adițional al topirii în vid este mai mult decât compensat de rezultatele favorabile asupra proprietăților la temperaturi ridicate.

*Tratamentul termic* – Aliajele pe bază de nichel sunt tratate termic cu ajutorul unui echipament convențional și unor instalații la fel ca cele utilizate la oțelurile austenitice. Deoarece aliajele pe bază de aluminiu sunt mult mai susceptibile la fragilizare datorită sulfurilor decât aliajele pe bază de oțel, este esențial ca materialele anti-fricțiune bazate pe sulfuri cum sunt grăsimile, uleiul, lubrificanții, vopselele de marcare etc., să fie îndepărtate înainte de tratamentul termic. Curățirea mecanică, ca de ex. cea cu perii metalice, nu este adecvată și dacă, totuși, se utilizează trebuie să fie urmată de o spălare cu un solvent potrivit sau de o degresare cu vapori. Trebuie să se utilizeze o atmosferă de cuptor cu un conținut scăzut de sulfuri. Este de dorit un bun control al cuptorului în ceea ce privește timpul și temperatura, întrucât o supraîncălzire chiar mică, de ordinul a  $35^{\circ}F$ , poate deteriora rezistența mecanică și de coroziune.

Când este necesară o recoacere a aliajelor de tip călire-îmbătrânire, o atmosferă protectivă (ca de ex. argonul) reduce posibilitatea contaminării de suprafață sau a epuizării precipitării elementelor întărite. Această precauție nu este atât de critică în secțiunile mari deoarece stratul superficial oxidat reprezintă un mic procent din secțiunea transversală. După recoacerea în soluție, aliajele sunt, în general, stinse în apă. Secțiunile mari pot necesita răcire în aer pentru a se evita fisurarea datorită tensiunilor termice.

În recoacerea de relaxare a tensiunilor a unei structuri sau a unui ansamblu făcut din aliaj călit de aluminiu-titan, este de importanță vitală încălzirea rapidă a structurii până la gama de temperaturi de îmbătrânire-călire, între  $1200$  și  $1400^{\circ}F$  (care este, totodată, și gama ductilității scăzute) astfel încât relaxarea tensiunilor să se poată termina înainte ca orice îmbătrânire să aibe loc. Părțile (structurii) care sunt destinate a fi utilizate în condiția unui tratament termic complet vor trebui tratate în soluție, răcite în aer și îmbătrânite subsecvențial. În acest caz, tratamentul de relaxare a tensiunilor va fi efectuat în gama de temperaturi a soluției. S-au întâlnit mici dificultăți privind distorsiunea datorită condițiilor de încălzire rapidă, iar distorsiunea sudurilor de mărime substanțială a fost mai mică decât cea observată în cazul metodelor de încălzire lentă, convențională.

### 3. CONSIDERAȚII DE MANUFACTURARE

*Forjarea* – Toate aliajele considerate, cu excepția celor turnate, pot fi forjate într-un grad oarecare. Aliajele durificate pot fi forjate luându-se în considerație comportamentele lor proprii la viteza de răcire, atmosferă etc. Multe din cele călibile prin precipitare pot fi forjate, deși sunt necesare echipamente grele și nu se poate atinge în siguranță decât o gamă mică de reducere.

*Formarea la rece* – Aproape toate aliajele pe bază de nichel maleabile livrate sub formă de pânze sunt formate la rece. Cele mai puțin rezistente aliaje ridică puține probleme, dar cele de înaltă rezistență necesită pentru formare presiuni înalte și mult mai frecvente recoaceri.

## Edificari la examinarea comportarii la solicitari termomecanice a noi tipuri de aliaje pe bază de nichel (I) (René 41)

*Prelucrarea* – Toate aliajele cuprinse în această secțiune sunt ușor prelucrabile, având condiții optime de tratament termic, cu condiția ca tratamentul termic, tipul de viteză a sculei, adâncimea tăieturii etc. să fie stabilite. Sunt utile recomandările specifice asupra acestor puncte din partea diverșilor producători ai acestor aliaje.

*Sudarea* – Aliajele de tipul celor ramforsate în matriță nu prezintă probleme serioase la sudare. Toate procesele de sudură de rezistență comună și fuziune (exceptând cele cu arc submersibil) au fost utilizate cu succes.

### **RENÉ 41**

*Comentarii și proprietăți* – René 41 este un aliaj pe bază de nichel turnat în vid și durificat prin precipitare, proiectat pentru părți înalt tensionate, operând între 1200 și 1800°F. Aplicațiile sale includ părți pentru postcombustie, turnate pentru turbine, rotoare, palete, bolțuri și strângeri la temperaturi înalte. René 41 este disponibil sub formă de pânze, bare și forjate.

René 41 se forjează între 1900 și 2150°F; mici reducții trebuie să se facă dacă structuri de tipul celor turnate se fisurează; fisurile se pot produce la finisajele de sub 1850°F. René 41 se căleşte rapid și, frecvent, necesită recoaceri; pentru recoacere, se încălzește rapid la 1950°F timp de 30 minute și se stinge.

René 41 este dificil de prelucrat. În condiția de recoacere în soluție ușoară, este gumos; ca atare, aliajul trebuie să fie în condiția de îmbătrânire deplină pentru o prelucrabilitate optimă și trebuie să se utilizeze scule tăietoare din tungsten carbid. René 41 poate fi sudat satisfăcător în condiția tratat în soluție; după sudare, părțile se vor trata în soluție pentru relaxarea tensiunilor.

René 41 nu trebuie expus la temperaturi de peste 2050°F pe durata ultimelor stadii de lucru la cald sau pe durata operațiilor subsecvente, în caz contrar se pot produce fisuri severe intergranulare.

Rezistența la oxidare a aliajului este bună până la 1800°F. Expunerea îndelungată la temperaturi mai mari decât cele necesare îmbătrânirii (1400 până la 1650°F) conduce la scăderea rezistenței și a ductilității la temperatura camerei.

*Condiția de tratat în soluție la 1950 °F și îmbătrânit la 1400 °F* – Cerințele de întindere și rupere sub tensiune la temperaturi ridicate sunt specificate pentru René 41. Pentru cerințe mai detaliate, trebuie consultată specificația potrivită. Alte date referitoare la temperaturile ridicate pentru René 41 în această condiție sunt prezentate în fig.1 până la 5. O nomogramă de fluaj pentru pânze din aliajul René 41 este prezentată în fig. 6.

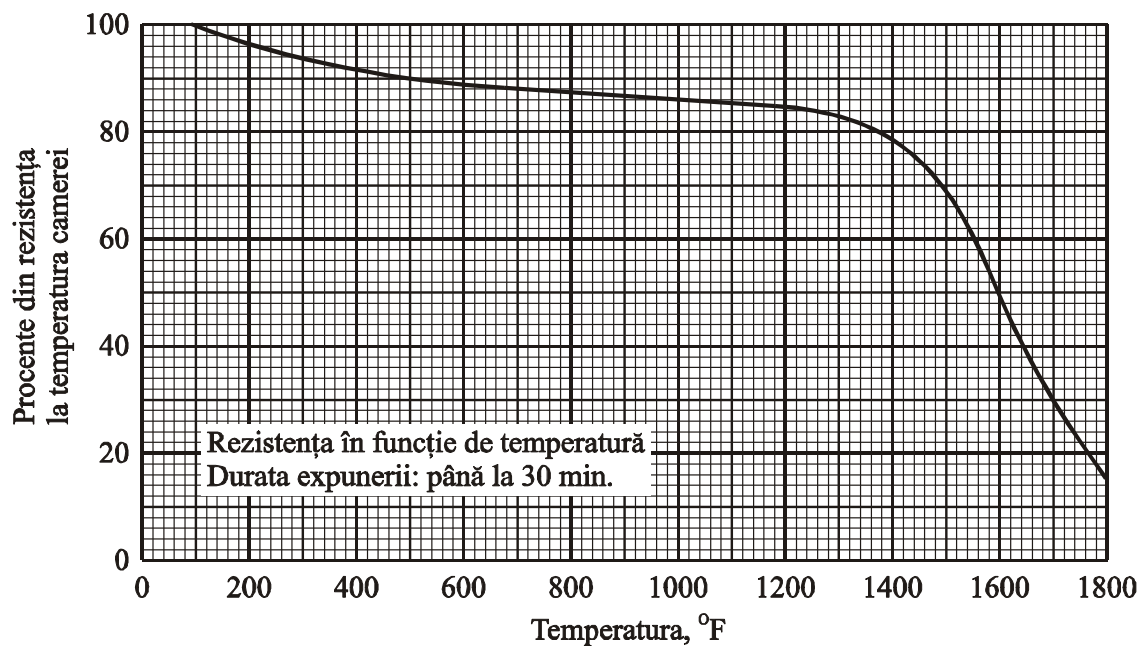


Fig. 1 – Efectul temperaturii asupra rezistențelor ultime și de curgere la întindere ( $R_{utr} = i R_{ctr}$ ) pentru aliajul René 41

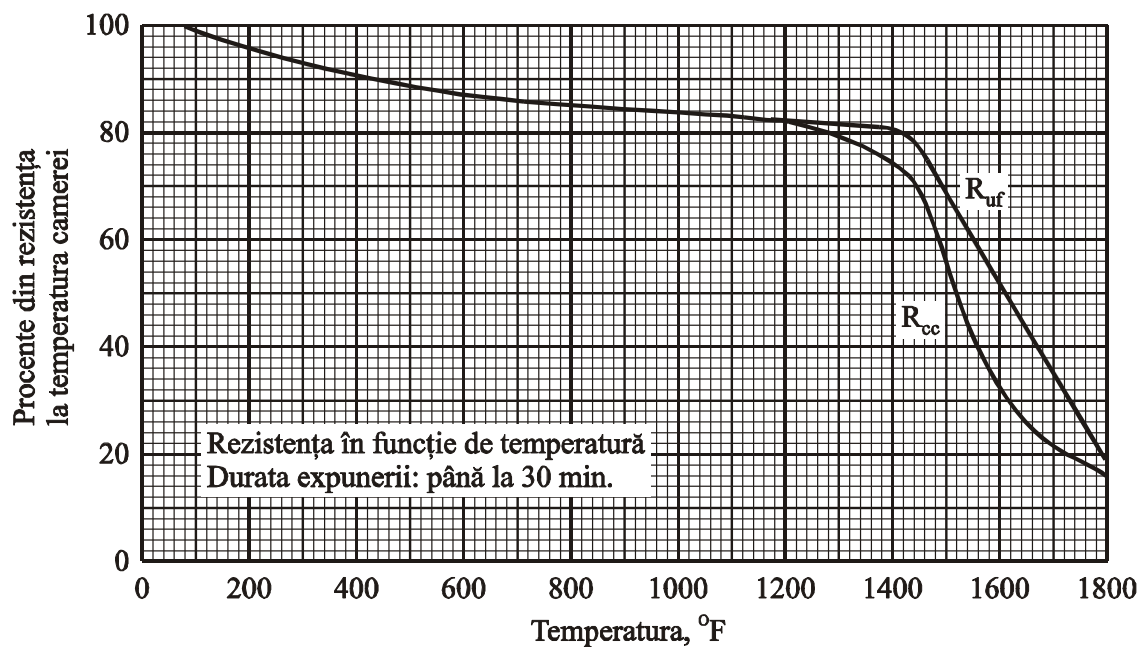


Fig. 2 – Efectul temperaturii asupra rezistenței de curgere la compresiune ( $R_{cc}$ ) și rezistenței ultime la forfecare ( $R_{uf}$ ) pentru aliajul René 41

Edificari la examinarea comportarii la solicitari termomecanice a noi tipuri de aliaje pe bază de nichel (I) (René 41)

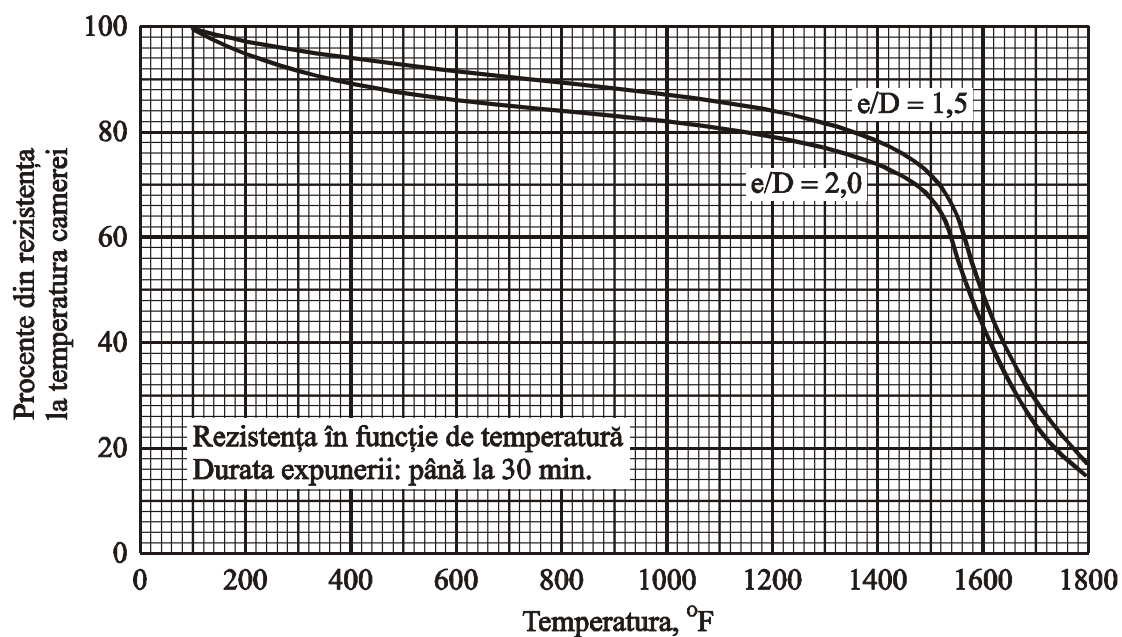


Fig. 3(a) – Efectul temperaturii asupra rezistenței ultime la presiunea de contact ( $R_{upc}$ ) pentru aliajul René 41

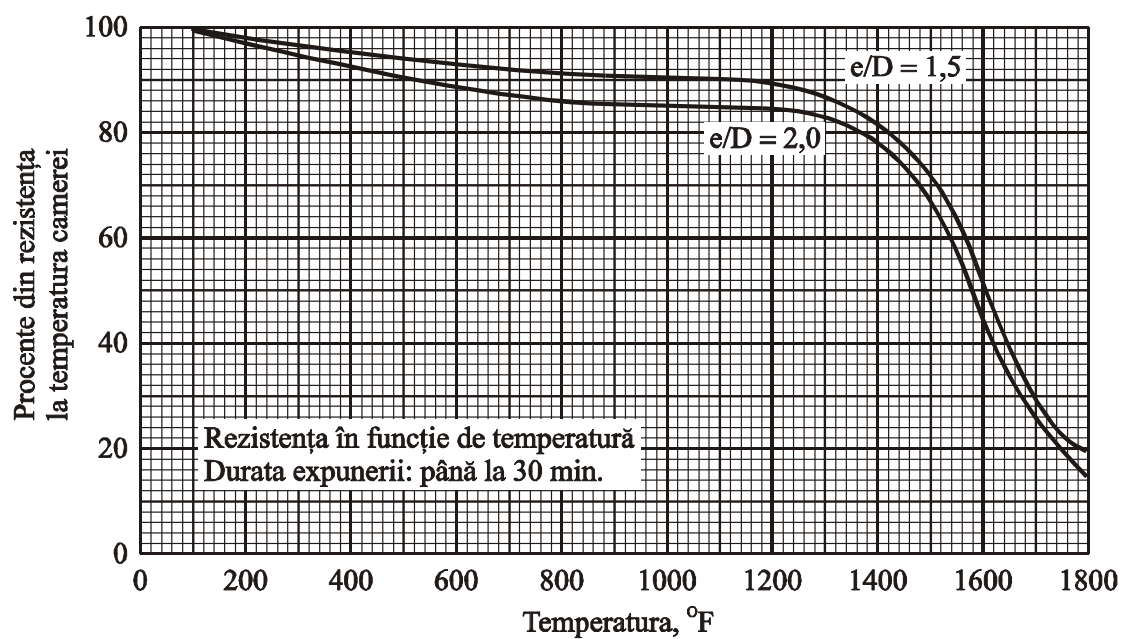


Fig. 3(b) – Efectul temperaturii asupra rezistenței de curgere la presiunea de contact ( $R_{upc}$ ) pentru aliajul René 41

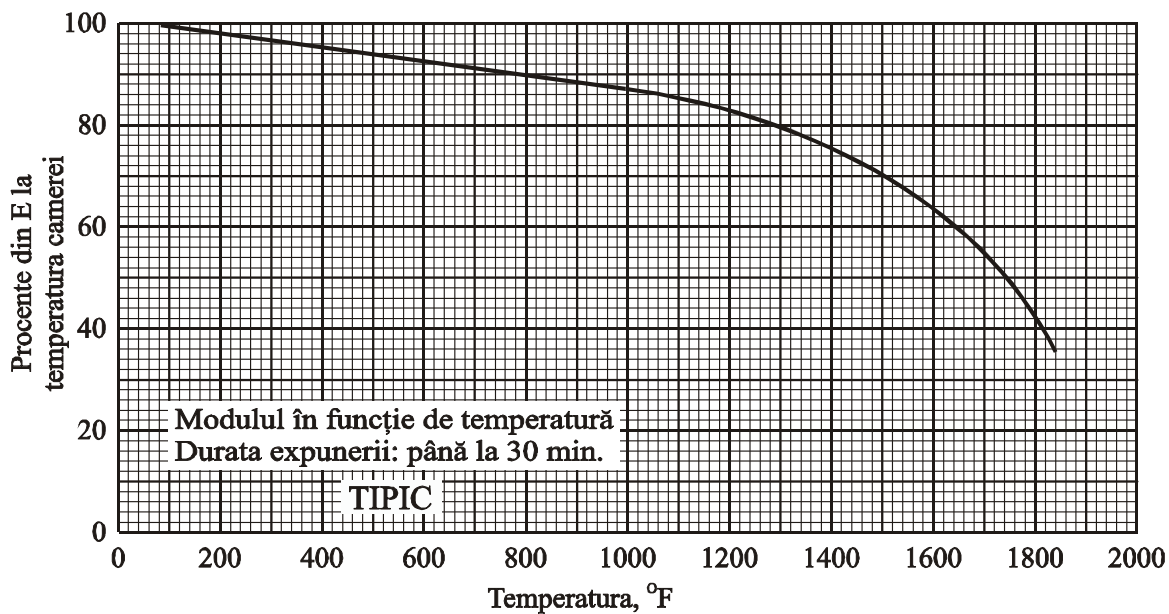


Fig. 4 – Efectul temperaturii asupra modulului de elasticitate la întindere (E) pentru aliajul René 41

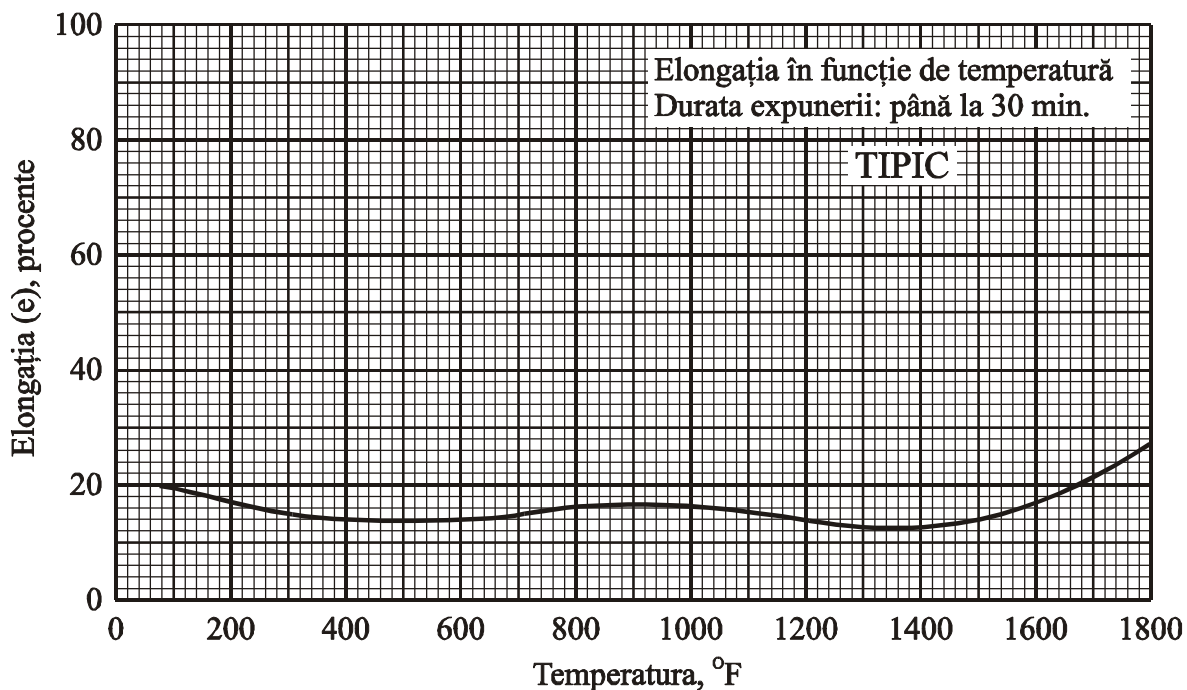


Fig. 5 – Efectul temperaturii asupra elongației (e) pentru pânze (de grosime > 0,020 in.) din aliajul René 41

Edificari la examinarea comportarii la solicitari termomecanice a noi tipuri de aliaje pe bază de nichel (I) (René 41)

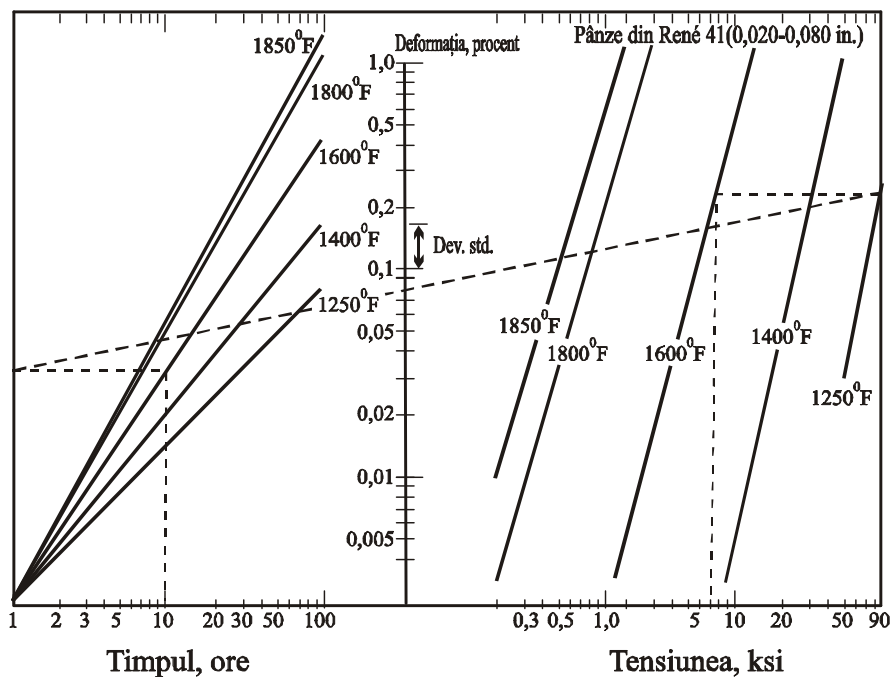


Fig. 6 – Proprietăți de fluaj tipice pentru aliajul René 41

**Informații corelative pentru fig. 6**

Ecuția<sup>a</sup> deformației la fluaj în procente :

$$\epsilon = \left( 6,223 \times 10^7 \exp\left(-\frac{50760}{T}\right) \right) \left( \sigma^{0,3928 \exp\left(\frac{2554}{T}\right)} \right) \left( t^{4,1557 \exp\left(\frac{-3934}{T}\right)} \right)$$

Temperatura (T) = Fahrenheit + 460

Exemplu

- Temp., T = 1600<sup>o</sup>F
- Tensiunea, σ = 7,5 ksi
- Timpul, t = 10 ore
- Deformația la fluaj, ε = 0,080

**4. CONCLUZII**

Concludența rezultatelor obținute la măsurători a argumentat recomandările făcute privind acest material, spre a fi folosit la fabricarea elementelor structurale de rezistență aerospațiale.

**Bibliografie**

- [1] \*\*\* **MIL-HDBK-5 (Military Handbook)**, *Metallic Materials and Elements for Flight Vehicle Structures*, L'Aéronautique et Astronautique, No, 42, 1073
- [2] **Burt, C. W., et al.**, "*Mechanical Properties of Aerospace Structural Alloys Under Biaxial-Stress Conditions*", AFML-TR-66-229 (August 1966).
- [3] **Sjodahl, L. H.**, "*Extensions of the Multiple Heat Regression Technique Using Centered Data for Individual Heats*", *Progress in Analysis of Fatigue and Stress Rupture (Data)*, MPC-Vol. 23, 1984, pp. 47-86.
- [4] "*Characterization of Materials for Service at Elevated Temperatures*", Report No. MPC-7, Presented at 1978 ASME/CSME Montreal Pressure Vessel and Piping Conference, Montreal, Quebec, Canada (June 25-29, 1978).
- [5] "*National Aerospace Standard, Fastener Test Method, Method 20, Single Shear*", NASM1312-20.