

CONVERSIUNEA PROCENTUALĂ A CARACTERISTICILOR DE REZISTENȚĂ PENTRU MATERIALE FOLOSITE IN STRUCTURI AEROSPAȚIALE

Prof. Univ. Dr. Ing. Indira Andreescu
Universitatea Tehnică de Construcții str. B-dul Lacul Tei nr.124 București
Email : indira_utcb@yahoo.com

Rezumat

It is showed a plotting model for the measurements results in the evaluating testing of the alloys thermomechanical strength characteristics used in aircraft constructions.

Se are în vedere, că în operarea grafică în proiectare este potrivit ca datele privind rezistența la întindere, ultimă și de curgere, rezistența de curgere la compresiune, rezistența ultimă la forfecare și rezistența ultimă și cea de curgere la presiunea de contact la temperaturi altele decât temperatura camerei să fie exprimate în procente din valoarea parametrului respectiv la temperatura camerei.

Stabilirea elementelor pentru grafiera curbelor ce rezultă la măsurători de evaluare a materialelor la diverse temperaturi ridicate (cazul practicilor curente) face necesară dispunerea de valori de proiectare obținute la un număr suficient de trepte de încălzire, în care caz curba finală va fi construită marcând valorile pe o scară procentuală și trasând printre punctele respective o curbă netedă.

Procedeele urmăresc să stabilească forma curbelor și totodată să ajusteze scalarea lor într-un astfel de mod, încât produsul dintre procentul de pe curbă și valoarea luată din tabelul cu datele asupra acelei proprietății a aliajului considerat la temperatura camerei să indice mărimea de proiectare a parametrului la temperatura desemnată, cu o bună aproximare a valorii de proiectare calculată direct pentru temperatura respectivă.

În vederea stabilirii cât mai exacte a alurei curbei, este util ca măsurătorile să se raporteze la eșantioane provenind de la cel puțin cinci loturi de material și la minimum două trepte de încălzire. La stabilirea treptelor de încălzire, evident, se va avea în vedere temperatura de serviciu (termosolicitarea aliajului încorporat) și caracteristicile metalurgice esențiale ale materialului.

Graficele pentru înscrierea datelor măsurătorilor din gama temperaturilor de testare curentă este indicat să cuprindă intervalul $90^{\circ}\text{C} \div 150^{\circ}\text{C}$; se va avea în vedere ca experimentul să includă zonele unde se produc semnificative transformări metalurgice (dependente de temperatură și de durata menținerii materialului în trapta de încălzire considerată), aceasta pentru o maximă acuratețe în grafiera procentuală propusă.

În cadrul investigației efectuate au fost ridicate curbe de lucru, pentru mai multe forme de produse (pânze, plăci ș.a.) și condiții de tratare termică, urmărindu-se evidențierea, în exprimare grafică procentuală, a efectelor solicitării termo-mecanice, respectiv asupra rezistenței de curgere la întindere și compresiune. Așadar, pentru cazul examinat, unitățile dimensionale ale curbelor de lucru astfel trasate au fost înscrise ca procente din valoarea caracteristicii respective la temperatura camerei. Pentru fiecare lot de produs a fost determinat, mai departe, un procentaj prin împărțirea valorii medii de la măsurătorile individuale (altele decât cele de la temperatura camerei) la valoarea medie la temperatura camerei (evident, cu referire la produse extrase din același lot).

Pentru exprimare analitică s-au notat cu r valorile procentuale, cu \bar{r} media acestor valori și cu n numărul unor astfel de procentaje, deviația standard (s) și raportul redus (R) rezultând din:

$$s^2 = \sum (r - \bar{r})^2 / (n - 1)$$

sau

$$s^2 = \left[\sum (r^2) - (\sum r)^2 / n / (n - 1) \right],$$

și

$$R = \bar{r} - t s / \sqrt{n},$$

cu t - fracțiunea 0,95 a distribuției, t corespunzând la $(n-1)$ procentaje.

Normativul [1] în baza căruia s-au efectuat experimentările la care ne-am referit indică recomandarea ca trasarea curbelor finale să se facă în forme reproductibile pe o grilă de 10 linii la 1 inch, cu fiecare a zecea linie accentuată, scalarea ordonatei în unități de 20 de procente pe 1 inch și marcarea: <procentaj din rezistența la temperatura camerei>, iar abscisa în unități de 100, 200 și 400°F pe inch. În context este de reținut de către proiectant ca pe același grafic să nu fie trasate mai mult de două curbe.

Curbele procentuale finale reproduse în fig. 1 și 2 prezintă moduri uzuale de trasare grafică a funcției $R = f(T)$ și, specificativ, a funcțiilor R_{utr} și $R_{ctr} = f(T)$ pe un același grafic, cu mențiunea că în acest al doilea caz dubletul poate fi la fel de bine R_{cc} și $R_{uf} = f(T)$ sau R_{upc} și $R_{cpc} = f(T)$.

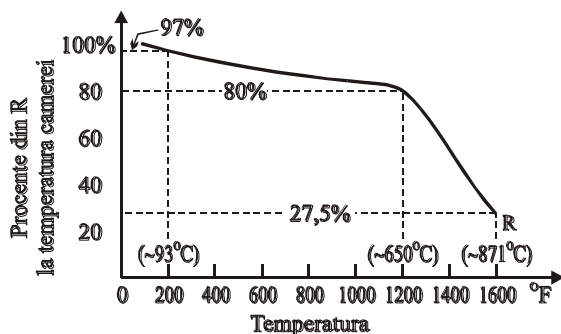


Fig. 1 – Funcția $R = f(T)$ în grafie procentuală; durata menținerii în treapta de încălzire sub solicitare mecanică, 30 min.

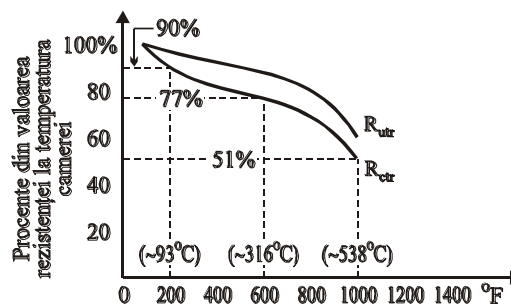


Fig. 2 – Două curbe $R = f(T)$ în reprezentare procentuală, trasate, uzual, pe același grafic

Cu menționarea faptului că modulul de elasticitate poate varia cu direcția de testare și forma produsului (pânză, placă etc.), corelativ celor de mai înainte în fig. 3 este înfățișată, în modalitate procentuală pe o singură curbă, variația E , $E_c = f(T)$.

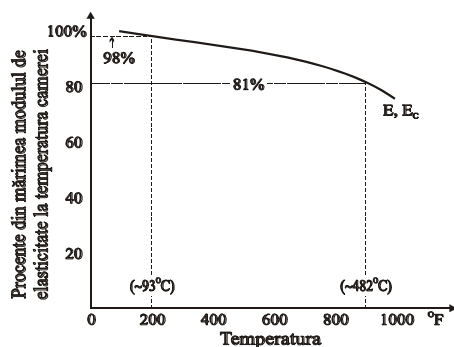


Fig. 3 – Curbă procentuală reprezentând variația modului de elasticitate (E și E_c) în funcție de temperatură

În elaborări pentru caracterizarea, sub raportul proprietăților de rezistență termo-mecanică, a aliajelor opționale la stabilirea materialelor pentru anumite structuri de uz aerospațial, în proiectele ce se întocmesc datele tabulare e potrivit să fie completate cu atare grafice ale variației procentuale respective.

O problemă tratată distinct, în consensul prezentei investigații, au constituit-o precizările din documentul citat cu privire la efectul expunerii termice în diverse trepte de încălzire pe durate diferite asupra rezistenței mecanice a aliajelor de referință, bineînțeles prin raportare la mărimea de la temperatura camerei a caracteristicii considerate; reprezentarea grafică înscrie în ordonată valorile procentuale astfel rezultate din raportarea la cele corespunzând temperaturii camerei.

Măsurătorile făcute pe probe extrase din materialul de referință (forma produsului, placă) au arătat că într-o anumită treaptă de temperatură, curbele procentuale pot să nu indice creșteri odată cu mărirea timpului de expunere, adică a duratei de menținere a probei în treapta termică respectivă.

Asemenea curbe de reprezentare procentuală, pentru probe dintr-un aliaj de titan, a variației cu temperatura a rezistenței măsurate raportate la valoarea aceluși parametru la temperatura camerei, pentru durate de menținere a probelor respectiv de 30 min., 10 ore și 100 ore este grafiată în fig. 4.

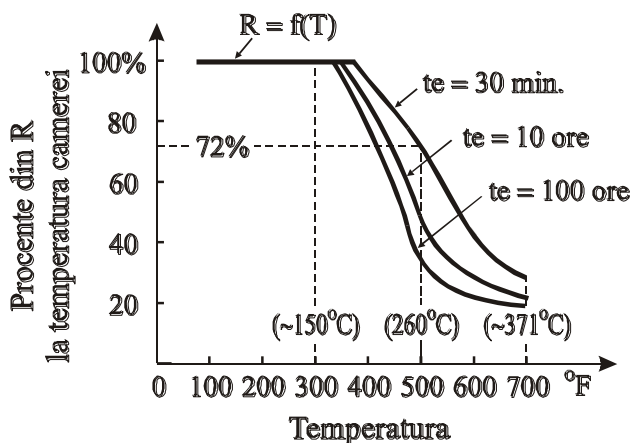


Fig. 4 – Evidențierea, în modalitate procentuală prin raportare la valoarea parametrului respectiv (R) la mărimea sa la temperatura camerei, a efectului încălzirii la diverse temperaturi a aliajului de referință cu menținerea sa în fiecare treaptă de încălzire, sub încărcare mecanică, un timp de 30 min., 10 ore sau 100 ore

În practica de proiectare, cu privire la tehnicile care includ grafierea cu înscriș procentual, se adoptă un așa-considerat <parametru de expunere>, marcat pe ordonată. Parametrul de expunere combină

temperatura, respectiv solicitarea termică sub încărcare mecanică a aliajului cu durata menținerii epruvetei în treapta termică stabilită.

O formulă de calcul a acestui parametru propusă de Normativul menționat este:

$$P = (T_F \mp 460)(C \mp \log t),$$

cu T_F – temperatura (în grade Fahrenheit) în treapta respectivă, t – durata menținerii probei în palierul termic și C – o constantă determinabilă în diverse modalități. Astfel, se stabilesc mai întâi două condiții de expunere care conduc la aceeași valoare a rezistenței măsurate în treapta termică considerată, după care se setează doi parametri egali unul cu altul și se rezolvă ecuația pentru C .

Drept exemplu de testare a metodei în Normativ (MIL-HDBK-5H) se schematizează următorul model:

Condiții de solicitare termică		
<u>Timp, ore</u>	<u>Temp., °F</u>	<u>Rezistența la 400°F ksi</u>
1000	400	80,0
1	500	83,0
10	500	78,0

Cu secvențele:

1. Se stabilesc conform primei proceduri de mai înainte pentru 500°F, respectiv

$$R/\log t = 83,0/\log 1; \text{ și}$$

$$R/\log t = 78,0/\log 10.$$

2. Se observă că linia dreaptă dintre aceste puncte intersectează 80,0 k si la log 4.

3. Se evidențiază faptul că 4 ore expunere termo-mecanică a probei în treapta de 500°F egalează efectul solicitării pe durata a 1000 ore la numai 400°F, deci:

$$(400 \mp 460)(C \mp 3) = (500 \mp 460)(C \mp 0,602);$$

rezultă :

$$C = 20.$$

Lucrări de laborator anume efectuate în intenția atestării cuvenitei tehnici au condus la o valoare medie a lui C de natură să determine deplina încredere în procedeul expus.

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.

