

9.3 MATERIALI PER BASSE TEMPERATURE

Premetto che c'è una notevole correlazione tra il comportamento di un materiale alla prova di resilienza e alla prova di tenacità alla frattura.

Innanzitutto il tipo di frattura, duttile o fragile, dipende fortemente dallo spessore del provino; per conseguenza, se si usa un provino di sezione insufficiente, il risultato della prova risulta anormalmente alto per effetto della deformazione plastica.

In secondo luogo, la tenacità alla frattura e la resilienza mostrano un comportamento analogo al variare della temperatura, e in particolare, al decrescere della temperatura possono presentare una marcata diminuzione.

In terzo luogo, i fattori che influenzano la resilienza influenzano allo stesso modo anche la tenacità alla frattura; per esempio alti spessori, forti velocità di applicazione del carico, bombardamento neutronico, vanno tutti nel verso di un 'infragilimento' del materiale.

Non meraviglia allora che vi siano delle correlazioni tra resilienza e tenacità alla frattura, e spesso si possono usare le prime, più comuni, per prevedere le altre, più difficili a reperirsi in letteratura.

Riporto qui tre correlazioni, Reperibili in Sailor e Corten, 1972:

- Relazione di Rolfe e Novak (1970)

$$\left(\frac{K_{Ic}/(\text{MPa}\sqrt{\text{m}})}{\sigma_y/\text{MPa}}\right)^2 = 0.646 \left(\frac{C_v/\text{J}}{\sigma_y/\text{MPa}} - 0.0098\right)$$

- Relazione di Barson e Rolfe (1970)

$$\frac{(K_{Ic}/(\text{MPa}\sqrt{\text{m}}))^2}{E/\text{MPa}} = 2.218 \times 10^{-4} (C_v/\text{J})^{3/2}$$

- Relazione di Sailor e Corten (1972)

$$(K_{Ic}/(\text{MPa}\sqrt{\text{m}})) = 14.63 (C_v/\text{J})^{1/2}$$

L'andamento delle proprietà meccaniche per i materiali strutturali, al diminuire della temperatura, evidenzia generalmente un incremento del modulo di elasticità, del carico di rottura, del limite di snervamento e del limite di fatica. La resilienza e la duttilità sono invece legate alla struttura cristallina. Per materiali caratterizzati da reticolo cubico a corpo centrato queste due proprietà tendono ad abbassarsi, presentando talvolta variazioni brusche con la temperatura; per materiali con reticolo cubico a facce centrate o esagonale esse tendono invece a rimanere costanti, o addirittura ad aumentare leggermente. Si vedano le figg. 51 e 52.

La caratteristica più limitante nell'impiego di materiali a bassa temperatura è la diminuzione della resilienza, e la conseguente diminuzione della tenacità alla frattura. Una delle caratteristiche alle quali occorre fare attenzione è la dimensione del grano cristallino, in quanto ad un ingrossamento del grano corrisponde un'andamento più sfavorevole della resilienza. Comunque in generale tutti gli aspetti microstrutturali vanno presi in considerazione.

Tra i metalli utilizzati in applicazioni criogeniche rimangono il rame e alcune sue leghe, l'alluminio e alcune sue leghe, gli acciai al nichel e inossidabili, la lega monel, il nichel, il titanio. I moderni metodi di saldatura in atmosfera inerte hanno molto favorito l'impiego delle leghe di alluminio e dell'acciaio inox 18/8. Le prime, contenenti magnesio e piccole quantità di cromo e manganese, permettono una certa economia e una notevole leggerezza; esse perciò hanno una discreta diffusione per apparecchiature a media e bassa pressione fino a -200°. L'acciaio inox, per le sue caratteristiche meccaniche migliori, si impone invece per le condizioni di esercizio più severe, ossia più alte pressioni e più basse temperature.

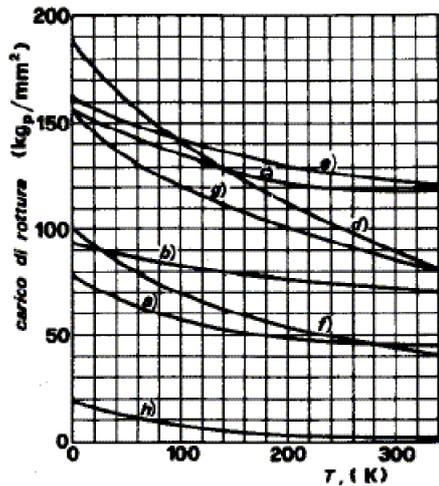


Figura 51: Andamento del carico di rottura di alcuni materiali alle basse temperature: a) alluminio; b) rame legato; c) monel; d) titanio; e) acciaio inox; f) acciaio al carbonio; g) acciaio al nichel; h) teflon.

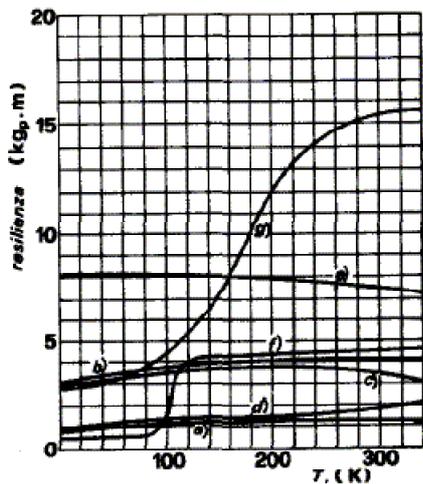


Figura 52: Andamento della resilienza di alcuni materiali alle basse temperature: a) alluminio; b) rame legato; c) monel; d) titanio; e) acciaio inox; f) acciaio al carbonio; g) acciaio al nichel.