

ESAMI PRELIMINARI SU STRUTTURA E CARATTERISTICHE MECCANICHE DI UN FORGIATO SPERIMENTALE IN LEGA Ti-3Al-8V-6Cr-4Mo-4Zr

F.Felli*, P.Lingua**, G.B.Festa*, G.Cammarata*.

(*) - Dipartimento di Ingegneria Chimica, dei Materiali, delle Materie Prime e Metallurgia - Università "La Sapienza", Roma.

(**) - GINATTA TORINO TITANIUM.

Introduzione

E' stata prodotta a titolo sperimentale una lega del tipo Ti-3Al-8V-6Cr-4Mo-4Zr (38.6.44) appartenente alla famiglia delle leghe β del titanio, e in particolare con struttura β metastabile.

Questa lega viene proposta per le ottime caratteristiche di forgiabilità, lavorabilità sia a caldo che a freddo, elevate caratteristiche meccaniche, buon comportamento a fatica e soprattutto eccellente resistenza a corrosione. La lega inoltre se prodotta secondo specifiche non aeronautiche diventa, anche grazie ad una riduzione di costi, appetibile in molte applicazioni industriali, per cui il suo mercato risulta notevolmente ampio (1,2).

In questo lavoro sono state studiate in particolare: la risposta

della lega ai trattamenti di invecchiamento e le relative strutture ottenute, le caratteristiche meccaniche in termini di σ_R - $\sigma_{y0.2}$ -A%, e le velocità di propagazione della cricca ($da/dN-\Delta k$) in relazione ai diversi trattamenti termici.

I risultati sono stati posti a confronto con quelli di una lega simile BETA-C prodotta dalla società RMI (USA), studiata accuratamente con le medesime procedure in precedenti lavori (3,4).

Materiali e Tecniche

La lega è stata prodotta a partire da cristalli elettrolitici di Ti di produzione Ginatta e da leghe madri commerciali. E' stata effettuata una tripla fusione in un forno ad arco sotto vuoto (VAR Leybold 600).

Il lingotto così ottenuto è stato forgiato alla temperatura di 950°C ottenendo due piastre di dimensioni 600*300*30 mm circa. La piastra impiegata per la caratterizzazione è stata solubilizzata a 815°C per 1/2 ora, raffreddamento in aria.

La lega presenta la seguente composizione chimica:

3.5 Al; 6.45 V; 7.0 Cr; 2.9 Mo; 3.55 Zr, resto Ti.

Dal piastrone, tramite taglio alla fresatrice, sono stati ricavati i provini per le prove di invecchiamento, di trazione e di fatica.

Le prove di invecchiamento sono state condotte su provini di dimensioni 20*15*8 mm, protetti da un rivestimento di nitruro di boro, in un intervallo di temperatura 350°C-650°C per tempi fino a 375 h con rilevazione della durezza Vickers (carico 50 Kg, tempo di azione 15 secondi).

Le prove di trazione sono state eseguite in questa prima fase esclusivamente su provini solo solubilizzati ed invecchiati a 500°C-20h.

Le prove di fatica (ASTM E 647) sono state condotte in aria con frequenza di 10 Hz, R=0,5 su provini CT (compact tension specimen) di dimensioni B=12,5 mm e W=40 mm, nelle condizioni di campioni solubilizzati e invecchiati rispettivamente a 350°C-200h; 400°C-50h; 450°C-20h; 500°C-20h; 550°C-20h; 600°C-20h.

Gli esami metallografici e quelli delle superfici di frattura dei provini di fatica sono stati condotti mediante microscopia ottica e SEM-EDS.

Risultati e Discussione

In fig.1 sono riportate le curve di invecchiamento ottenute alle varie temperature indicate. Le curve sono caratterizzate da un identico andamento qualitativo per quanto concerne l'incremento di durezza all'aumentare del tempo di trattamento.

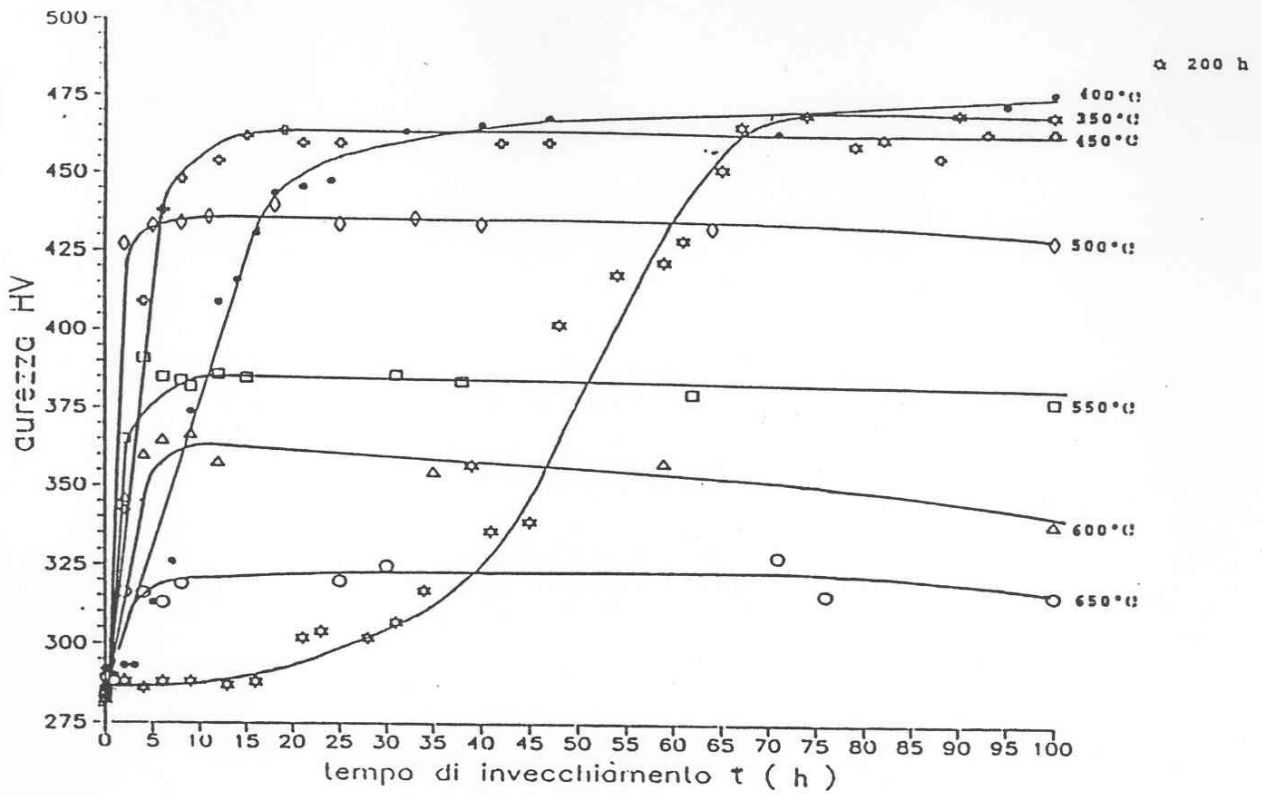


FIG.1: Curve d'invecchiamento per la lega in esame alle temperature indicate.

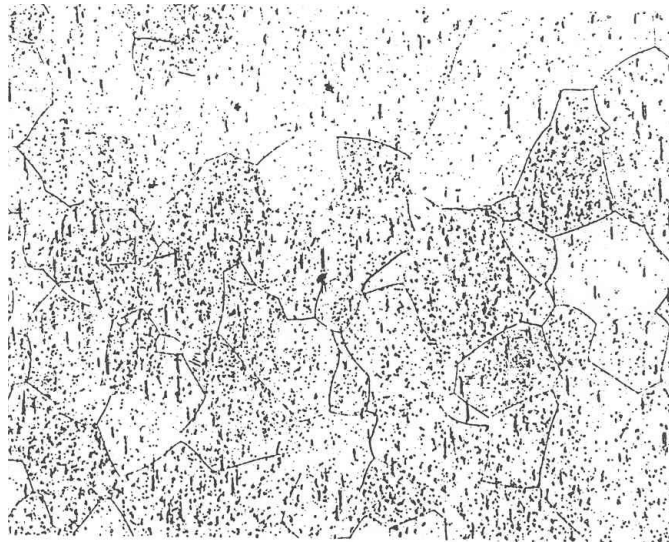


FIG.2: Micrografia ottica della lega solubilizzata (x50)

In particolare le curve denotano tempi di incubazione molto brevi con altrettanto rapido raggiungimento dei valori massimi di durezza, relativamente alle varie temperature. Questa lega presenta sostanziali incrementi di durezza anche a 650°C.

Le massime durezze si raggiungono alle temperature di 400°C e 350°C; in questo caso, come è ovvio, i tempi (anche di nucleazione) sono maggiori; particolarmente a 350°C, occorrono tempi di trattamento dell'ordine di 200 ore.

Per quanto riguarda le indagini metallografiche, per la lega solubilizzata (fig.2) si evidenzia una struttura tipica di un forgiato con taglia dei grani discretamente grossolana e disomogenea.

Con il trattamento di invecchiamento si riscontra una precipitazione di α_s (fase scura) distribuita omogeneamente nella matrice β (fase chiara) sempre più fine al diminuire della temperatura (fig. 3).

Da notare come α_s precipiti omogeneamente, anche se più grossolanamente, fino alla temperatura di 650°C.

Prove preliminari di determinazione delle caratteristiche tensili danno i seguenti valori:

campione solubilizzato, $\sigma_{y0.2}$ 828 MPa, σ_R 844 MPa, 12.5 A%;

campione invecchiato 500°C (20h), $\sigma_{y0.2}$ 1382 MPa, σ_R 1455 MPa, 2.2 A%.

E' verosimile pensare che il basso valore di allungamento ottenuto fra l'altro per un valore molto elevato della resistenza a

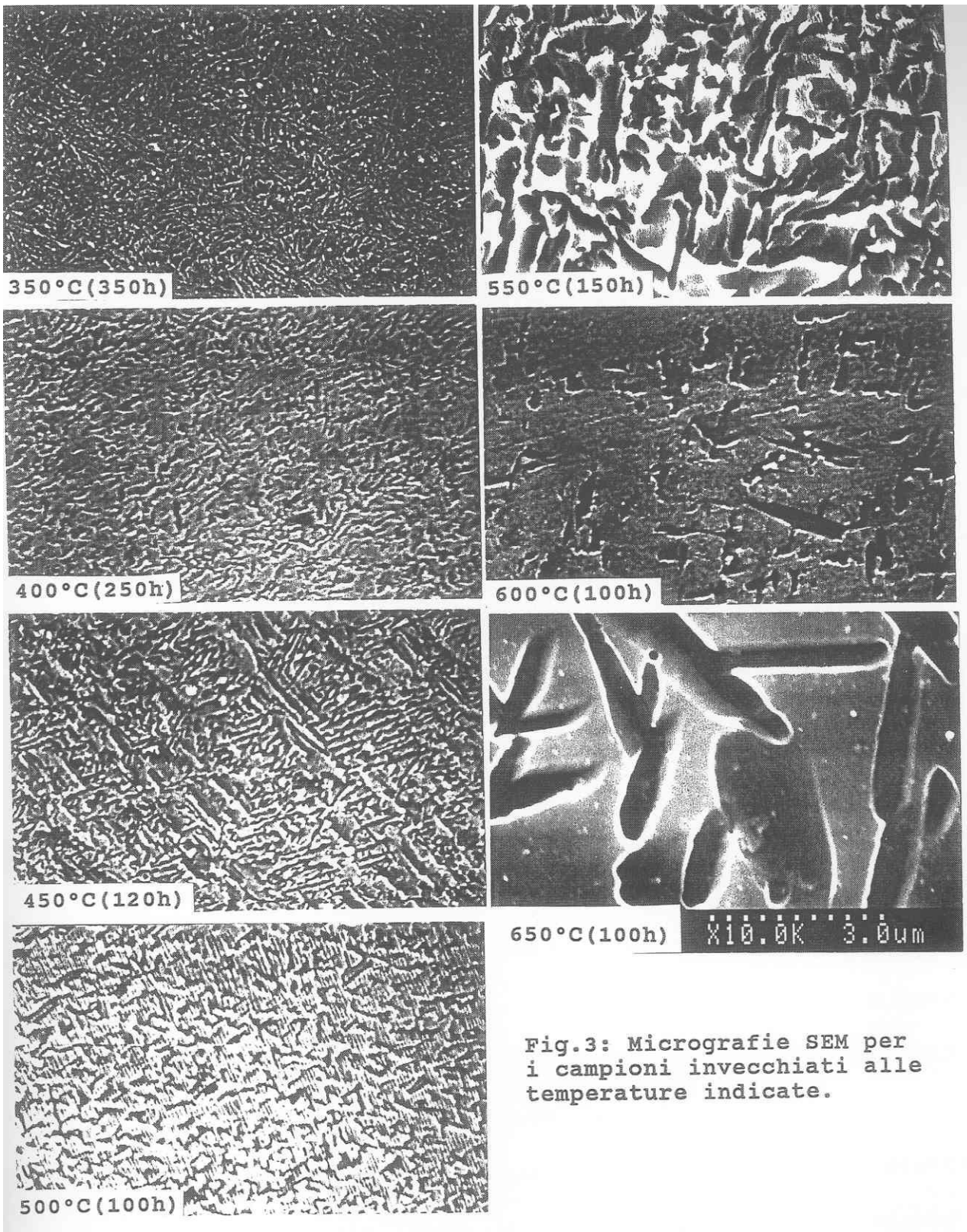


Fig.3: Micrografie SEM per i campioni invecchiati alle temperature indicate.

trazione, può notevolmente migliorare con i trattamenti termici eseguiti sopra i 500°C.

Nelle figg.4 e 5 sono riportati i risultati sperimentali delle prove di fatica eseguite sui campioni solubilizzati ed invecchiati alle temperature indicate.

In ambedue le figure vengono riportati i punti sperimentali del campione solubilizzato e quello invecchiato a 350°C per 200h che rappresentano gli estremi inferiore e superiore in termini di velocità di propagazione della cricca.

Tutti i campioni invecchiati presentano sempre velocità di propagazione della cricca maggiori rispetto al campione di lega solo solubilizzata, collocandosi all'interno dei due estremi su indicati.

L'esame SEM delle superfici di frattura (fig.6 e 7) mostra una morfologia influenzata dalla struttura del grano (effetto della forgiatura) che, tuttavia, nel solubilizzato è caratterizzata da una propagazione transgranulare con un aspetto a gradini (cleavage like-steps) sia ai bassi che agli alti valori di Δk ; in questa lega la frattura non assume un aspetto con le classiche striature di fatica, ma si mantiene fortemente rugosa.

I campioni invecchiati si differenziano per un aspetto caratterizzato da una frattura transgranulare con propagazione piana; i piani risultano mediamente paralleli al piano di frattura. Anche in questo caso la morfologia non si differenzia sia ai bassi che agli alti valori di Δk .

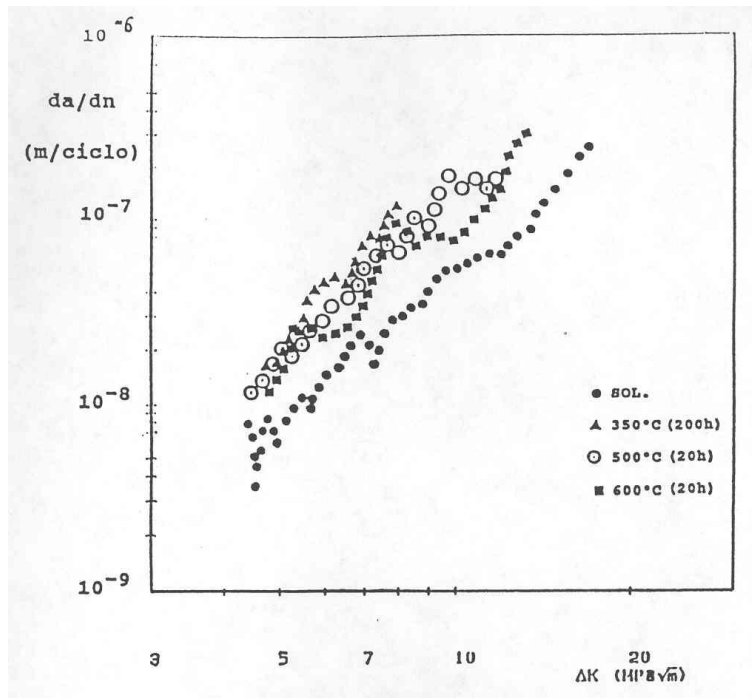


FIG.4: Risultati sperimentali delle prove di fatica per i campioni in esame invecchiati alle temperature indicate.

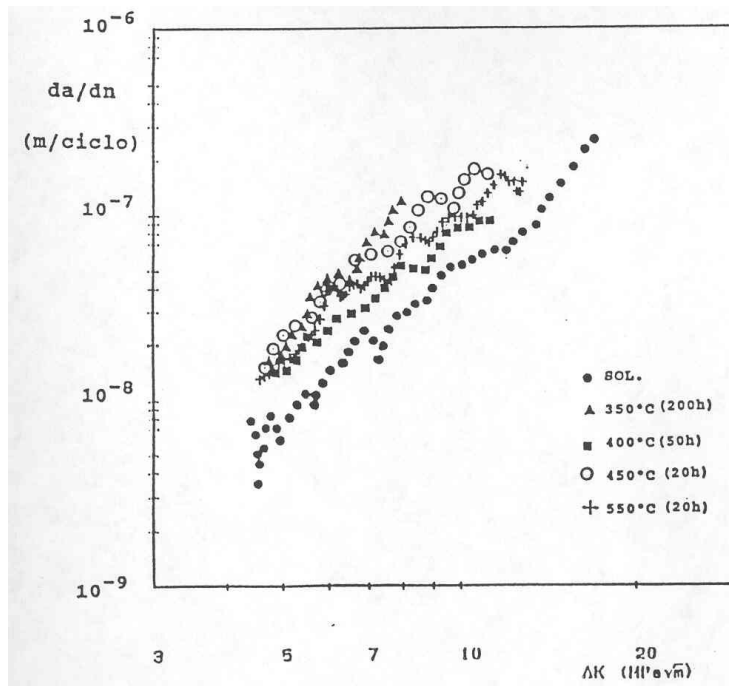


FIG.5: Risultati sperimentali delle prove di fatica per i campioni in esame invecchiati alle temperature indicate.



Fig.6: Micrografia SEM della superficie di frattura di fatica dei campioni:

0) Solubilizzato, a 3mm dall'intaglio;

4) Solubilizzato, a 14mm dall'intaglio.

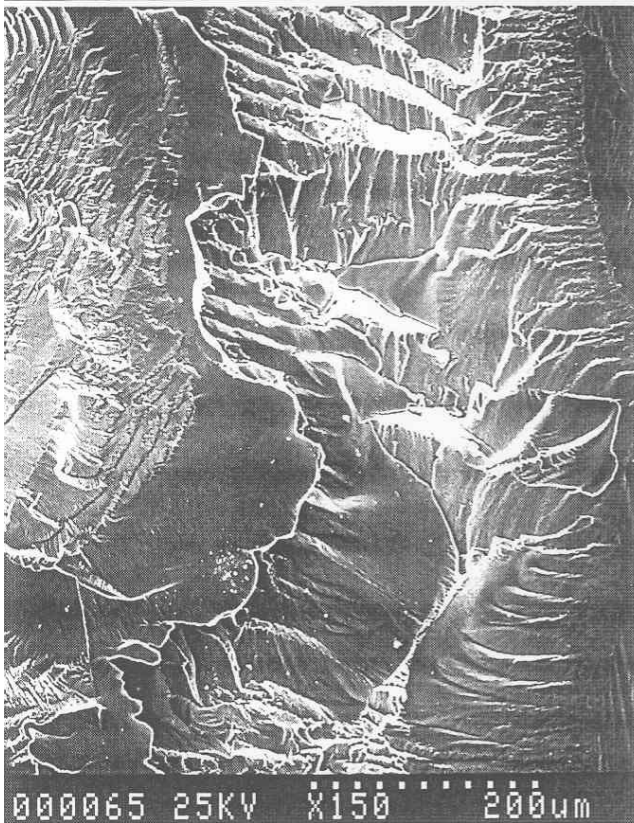
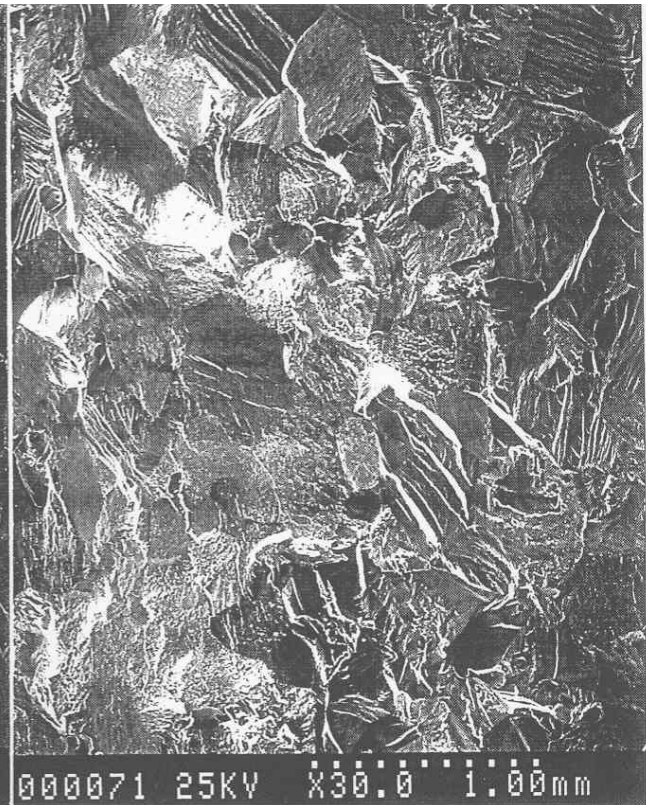


Fig.7: Micrografia SEM della superficie di frattura di fatica dei campioni:
6) Invecchiato a 450°C, a 5mm dall'intaglio;
71) Invecchiato a 400°C, a 9mm dall'intaglio;
65) Invecchiato a 3mm dall'intaglio.

In fig.8 vengono infine riportate per confronto le fasce che individuano l'insieme dei dati sperimentali ricavati da tutte le prove di fatica eseguite per la lega del presente studio (piastra fucinata) e una lega simile BETA-C prodotta dalla società RMI (piastra laminata).

si osserva che in tutti i casi la piastra fucinata presenta velocità di propagazione della cricca sostanzialmente inferiori rispetto al laminato.

Conclusioni

La lega prodotta risulta compositivamente omogenea con una struttura tipica di un forgiato e taglia dei grani relativamente disomogenea e grossolana.

La risposta ai trattamenti di invecchiamento è molto buona con tempi brevi di raggiungimento delle durezze massime in riferimento alle temperature di prova nel campo 450°C - 650°C .

Prove preliminari di determinazione delle caratteristiche tensili hanno dato valori estremamente interessanti.

Per quanto riguarda le prove di velocità di propagazione della cricca la piastra fucinata presenta valori sostanzialmente inferiori rispetto ad una lega simile BETA-C (piastra laminata) prodotta dalla società RMI.

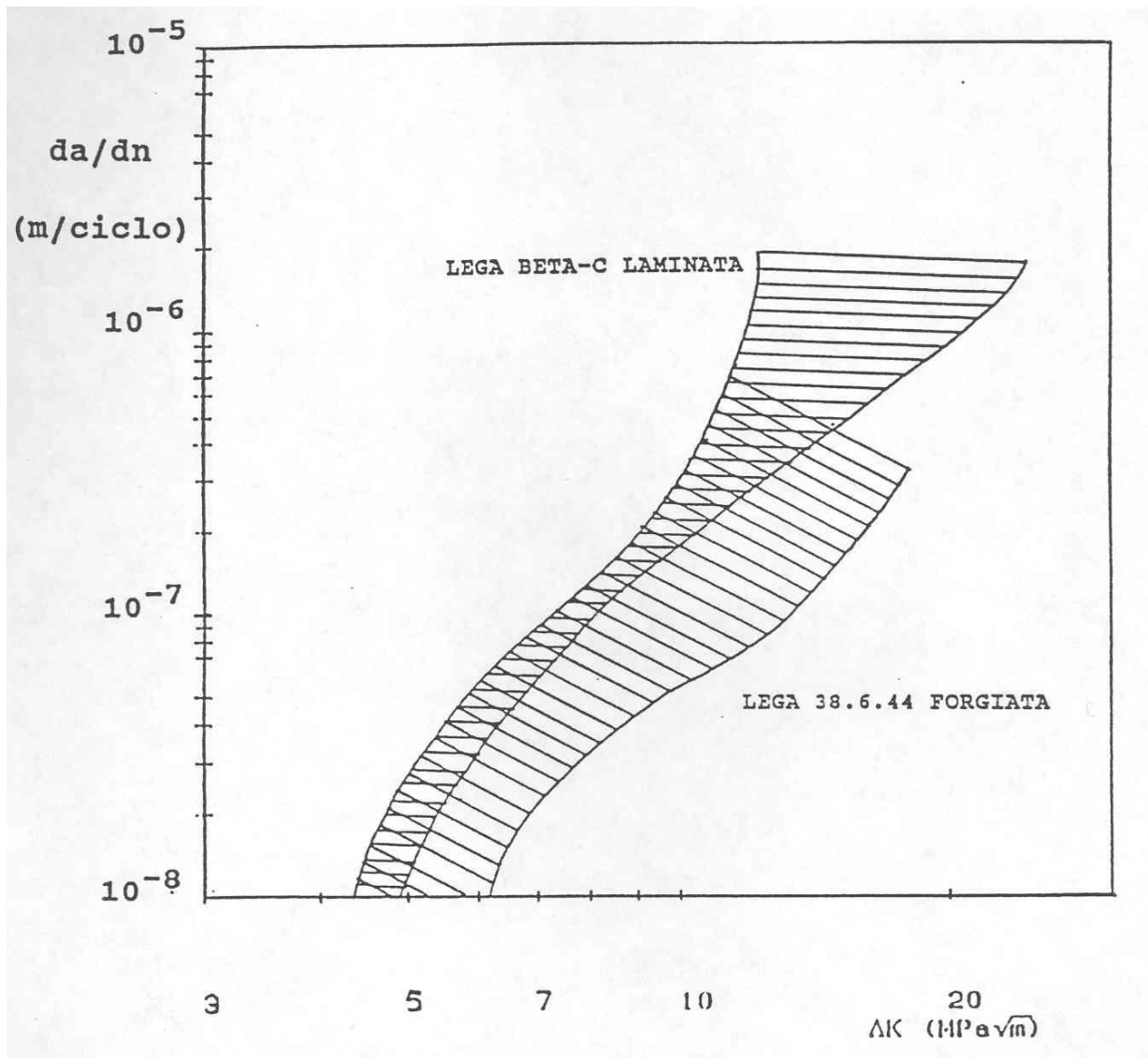


Fig.8: Confronto tra le fasce che individuano l'insieme dei dati sperimentali ricavati da tutte le prove di fatica eseguite per la lega BETA-C laminata e la lega 38.6.44 forgiata.

Riferimenti bibliografici

- 1) - RMI-Titanium Technical Bulletin: "RMI 3Al-8V-6Cr-4Mo-4Zr Titanium Alloy for Deep Hardening Applications", January, (1969).
- 2) - D.E.Thomas, S.Ankem, W.D.Goodin, S.R.Seagle: "Beta-C: An Emerging Titanium Alloy for the Industrial Marketplace", in "Industrial Applications of Titanium and zirconium", (C.S.Young, J.C.Durham), (1986), pp.144-163.
- 3) - D.Buttinelli, F.Felli, G.B.Festa, P.Lingua "Comportamento meccanico di una lega BETA-C commerciale" VI Meeting Internazionale sul Titanio GTT, Torino 23 novembre 1990, pp.14.1 -14.20.
- 4) - D.Buttinelli, F.Felli, G.B.Festa "Evaluation of the Mechanical Behaviour of a Beta-C Titanium Alloy in Aged and Overaged Condition", Metallurgical Science and Technology, vol.9, n.3, 1991.