

COMPORAMENTO MECCANICO E MICROSTRUTTURA DEL COMPOSITO
Al 2014/Al₂O₃

Enrico Quadrini

Dipartimento di Meccanica dell'Università di Ancona, via Brece
Bianche, 60138 Ancona

SOMMARIO

Mediante prove di microdurezza e analisi microstrutturale, eseguite su provini invecchiati a differenti temperature, è stato studiato il meccanismo di nucleazione e precipitazione di fasi nella lega Al 2014 rinforzata con particelle di Al₂O₃. Dai risultati sperimentali risulta che il picco di durezza nelle specie invecchiate ad alta temperatura viene raggiunto in un tempo inferiore. Questo comportamento è stato attribuito alla presenza in tali specie di una maggiore frazione volumetrica della fase S' responsabile dell'indurimento della lega. L'analisi al TEM mostra che la nucleazione della fase S' avviene prevalentemente e in modo eterogeneo a ridosso delle dislocazioni, il cui numero è strettamente legato alle tensioni presenti all'interfaccia matrice-rinforzo. Tali tensioni, per il differente coefficiente di dilatazione termica tra la matrice e il rinforzo, risultano maggiori nelle specie invecchiate ad alta temperatura.

INTRODUZIONE

Le leghe di alluminio rinforzate con fibre e particelle costituiscono uno dei materiali più promettenti nell'impiego in campo aerospaziale. Questi materiali infatti associano alla elevata resistenza e durezza del rinforzo la duttilità e tenacità delle leghe leggere.

Purtroppo, la bassa tenacità alla frattura dovuta all'elevato numero di dislocazioni presenti all'interfaccia matrice-rinforzo, ne condiziona in modo rilevante l'impiego.

La formazione delle dislocazioni, responsabili della precipitazione eterogenea della fase S', è stata attribuita (1-3) al differente

coefficiente di dilatazione termico tra la matrice e il rinforzo. Come conseguenza si avrà che all'aumentare della temperatura di invecchiamento la precipitazione della fase S' sarà favorita, e il tempo necessario al materiale per raggiungere il picco massimo di durezza sarà minore (4-8).

Diversi studi, eseguiti su materiali compositi a matrice di alluminio invecchiati a differenti temperature, hanno messo in evidenza la notevole influenza della microstruttura sulle caratteristiche meccaniche di tali materiali (9-11).

L'obiettivo del presente lavoro è stato quello di studiare attraverso misure di microdurezza e analisi microstrutturale, l'influenza del rinforzo sulla cinetica di invecchiamento della lega di alluminio 2014 rinforzata con particelle di allumina.

PARTE SPERIMENTALE

Il presente studio è stato condotto sulla lega 2014 rinforzata con fibre di Al_2O_3 . La lega fornita dalla Alluminia SpA di Novara è stata ottenuta con la tecnologia delle polveri. Nella Tab. I è riportata la composizione chimica della matrice

TAB. I Composizione chimica della lega in esame (% in peso)

Cu	Si	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti
4.4	0.7	0.8	0.5	0.001	0.001	0.001	0.002

Prima di prelevare i campioni da sottoporre al trattamento di solubilizzazione è stato eseguito un assottigliamento dei provini per uno spessore di circa 2mm. Tale operazione, eseguita mediante lavorazione meccanica, si è resa necessaria per eliminare le zone di composizione non omogenee. Dal materiale così lavorato sono stati ottenuti cubetti di un centimetro che sono stati solubilizzati alla temperatura di 500°C per un tempo di 3 ore in atmosfera anidra di azoto e successivamente temprati in acqua a temperatura ambiente. Subito dopo questa operazione, al fine di limitare al minimo gli effetti dell'invecchiamento naturale, i campioni sono stati conservati ad una temperatura di -20°C. Allo scopo di ottenere differenti microstrutture i campioni sono stati invecchiati artificialmente in un bagno di silicone termostato alle temperature di 145°C, 160°C, 180°C e 195°C per tempi compresi tra 1 e 280 ore. Al trattamento di invecchiamento seguiva un rapido

raffreddamento in acqua a temperatura ambiente e mediante un microdurometro della ditta Shimatzu modello HMV - 2000 i provini venivano sottoposti a misure di microdurezza. Prima di procedere ai test di microdurezza è stato necessario determinare il carico ottimale sul penetratore in modo che l'impronta lasciata non andasse ad interferire con le particelle del rinforzo. Per il nostro materiale il carico ottimale è risultato di 25 g; infatti l'impronta così ottenuta era tale da essere facilmente misurabile senza quelle interferenze negative con il rinforzo.

RISULTATI E DISCUSSIONE

I grafici delle Figg.1 e 2 mostrano rispettivamente le variazioni delle microdurezza in funzione delle temperature di invecchiamento della lega con e senza rinforzo.

Dall' andamento di queste curve si può osservare che il tempo necessario per raggiungere il picco di massima durezza diminuisce con l'aumentare della temperatura di invecchiamento, e questa diminuzione è decisamente maggiore nella lega rinforzata. Questo comportamento è indice di una differente cinetica di invecchiamento per comprendere la quale è stata eseguita un'analisi microstrutturale al TEM.

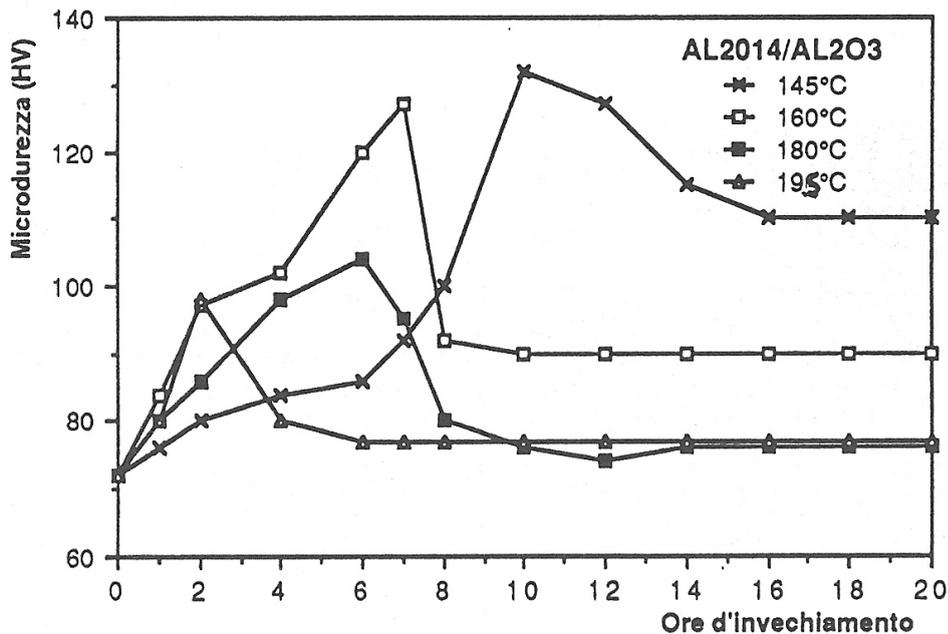


Fig.1 Curva di invecchiamento della lega con rinforzo

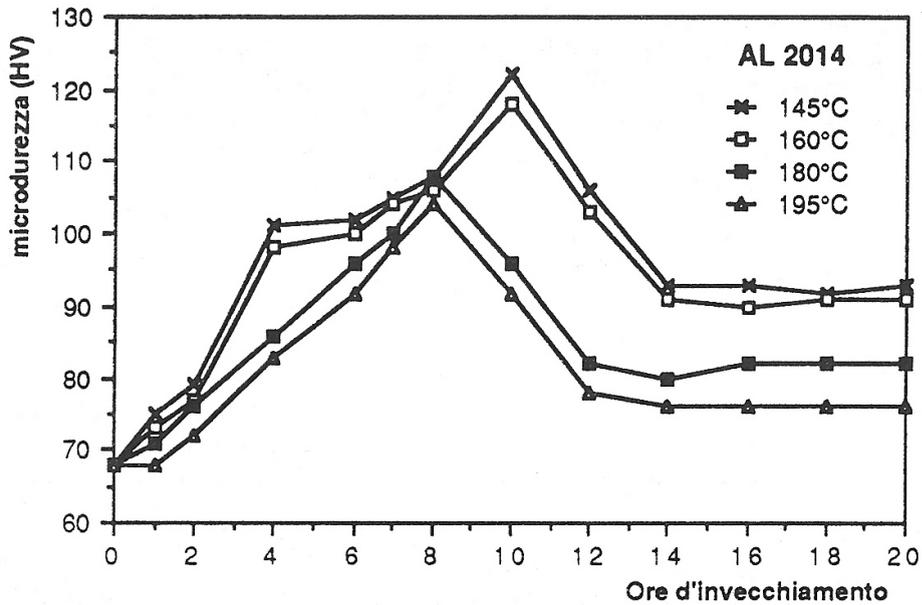


Fig.2 Curva di invecchiamento della lega senza rinforzo

ANALISI AL TEM

Dall'analisi microstrutturale risulta che a basse temperature di invecchiamento in entrambi i materiali sono presenti sia le zone GP sia i precipitati della fase S' (Al_2CuMg) responsabile della durezza. La frazione in volume della fase S' risulta però decisamente maggiore nella lega con rinforzo. Ciò è stato attribuito all'elevato numero di dislocazioni presenti all'interfaccia matrice-rinforzo, che per la fase S' rappresentano dei centri preferenziali di nucleazione. La Fig.6 mostra la fase S' nucleata eterogeneamente a ridosso delle dislocazioni.

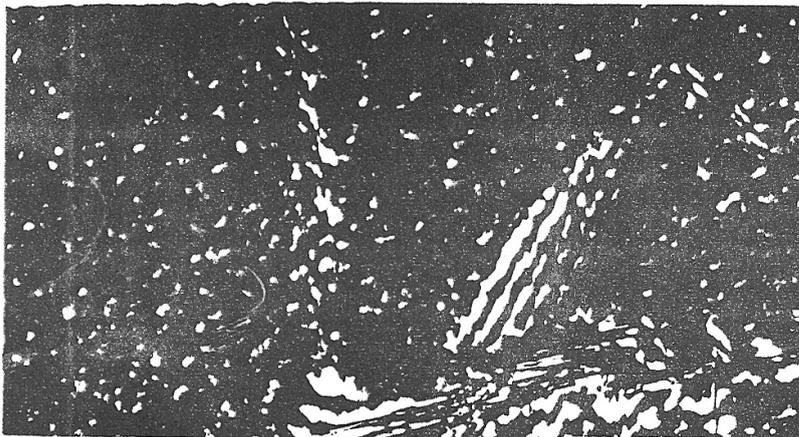


Fig. 3 Fase S' nucleata eterogeneamente a ridosso delle dislocazioni.

A temperature di invecchiamento elevate, poiché a causa dei vuoti che si formano durante il raffreddamento la formazione delle zone GP non sarà più possibile, sarà presente la sola fase S' che per le ragioni esposte in precedenza è maggiore nel materiale composito. Ciò giustifica il minor tempo necessario alla lega rinforzata per raggiungere il picco di durezza.

CONCLUSIONI

Confrontando i risultati delle prove sperimentali ottenuti studiando la cinetica di invecchiamento della lega Al 2014 e della lega Al 2014 rinforzata con whiskers di Al_2O_3 , emerge una sostanziale differenza nei tempi necessari ai due materiali per raggiungere il picco massimo di durezza.

Tali differenze aumentano con la temperatura di invecchiamento, e nella lega con rinforzo il tempo necessario per raggiungere il picco di durezza è minore. Questo comportamento è stato attribuito all'elevato numero di dislocazioni presenti all'interfaccia matrice-rinforzo che per la fase S' costituiscono dei siti preferenziali di nucleazione.

Bibliografia

- 1) R.J.Arsenault and N.Shi, Mater.Sci.and Eng.,81,(1986) 175.
- 2) K.K.Chawla and M.Metzger, J.of Mater.Sci., 7,(1972) 34.
- 3) R.J.Arsenault and R.M.Fisher, Scr.Met.,17,67 (1983).
- 4) Mary Vogelsang, R.J.Arsenault, and R.M.Fisher, Met.Trans,17A,379 (1986).
- 5) S.Suresh,T.Christman, andY.Sugimura, Scr., Met., 23, (1989) 1602.
- 6) T.Christman and S.Suresh, Acta Met., 36, (1988) 1691
- 7) T.G.Nich and R.Karlak, Scr Met.,18, (1984) 25.
- 8) T.Christman, A.Needleman, S.Nutt, and.S.Suresh, MaterSci. Eng., 107A , 49 (1989).

- 9) H.J.Rack, in Sixth International Conference on Composite Materials, Vol.2, Elsevier Applied Science, N.Y., (1987) 382.
- 10) R.J.Arsenault Mater Sci.Eng., 64 (1984) 171.
- 11) T.Malis and M.C.Chaturvedi, J.Mater.Sci., 17 (1982) 1479.