

COMPORTAMENTO A FRATTURA DEL MATERIALE COMPOSITO  
Al 2014 / SiC

E. QUADRINI.

Dipartimento di Meccanica, Università degli studi di Ancona, via Breccie Bianche 60138  
Ancona

RIASSUNTO

NEL presente lavoro é stata studiata la microstruttura e la sua influenza sul comportamento a frattura del materiale composito ottenuto dalla lega Al 2014 rinforzata con whiskers di carburo di silicio.

Mediante misure di microdurezza eseguite a differenti stadi d'invecchiamento ed analisi al microscopio metallografico e al TEM (microscopio elettronico in trasmissione) , è stata osservata l'evoluzione della microstruttura.

Dall'analisi delle superfici di fratture, eseguite mediante osservazioni al SEM (microscopio elettronico a scansione), é stato possibile indagare sul ruolo che la microstruttura gioca nell'innesco e nella propagazione della frattura.

INTRODUZIONE

La richiesta continua di nuovi prodotti da utilizzare nel settore aeronautico, dove l'influenza del peso finale é di importanza fondamentale nell'economia di gestione, ha indotto i ricercatori che operano in tale settore a concentrare la propria attenzione sui materiali compositi a matrice metallica. Questi materiali, che possono essere ottenuti con le stesse tecniche di produzione delle leghe più tradizionali, offrono rispetto a quest' ultime un incremento nelle caratteristiche meccaniche senza pregiudicarne la leggerezza (1-3).

Nonostante questi eccellenti requisiti, il loro impiego non è stato pari alle aspettative soprattutto a causa della loro scarsa tenacità a frattura. Questa caratteristica negativa è

da imputare alla presenza del rinforzo che, oltre ad interrompere la continuità della matrice metallica, influenza sensibilmente i fenomeni di nucleazione e precipitazione delle varie fasi durante il ciclo di invecchiamento della lega (4-5).

Nel presente lavoro è riportato lo studio della microstruttura e la sua influenza sul comportamento a frattura del materiale composito ottenuto dalla lega Al 2014 rinforzata con whiskers di SiC.

L'evoluzione della microstruttura è stata studiata attraverso misure di microdurezza, osservazioni al microscopio metallografico e al TEM, mentre le superfici di frattura sono state analizzate al SEM.

## PARTE SPERIMENTALE

Il materiale studiato è stata la lega AL2014 rinforzata con il 20% di whiskers di SiC, ottenuta mediante la tecnica della metallurgia delle polveri (PM).

Nella Tab. I è riportata la composizione chimica della matrice metallica.

Tab.I. Composizione chimica della matrice metallica. (% in peso).

Cu	Si	Mn	Mg	AL
4.4	0.80	0.78	0.5	resto

Per lo studio della cinetica di invecchiamento, dal materiale sono stati ricavati dei campioni che, dopo essere stati solubilizzati alla temperatura di 500°C per un tempo di 3 ore, sono stati invecchiati artificialmente a quattro differenti temperature (145°C, 160°C, 180°C, 190°C) per tempi che variavano da 1 ora a 280 ore.

I test di microdurezza sono stati effettuati sulle sezioni trasversali e longitudinali, utilizzando a tale scopo un microduremetro della Ditta Shimadzu modello HMV-2000. Allo scopo di ottenere valori accurati di microdurezza, sono state effettuate, per ciascuna condizione d'invecchiamento, una serie di dieci letture, ottenendo una massima deviazione standard di circa  $\pm 6\%$ .

Poiché nei materiali compositi, i rinforzi costituiscono degli elementi di interruzione della continuità della matrice metallica, è possibile che, nell'esecuzione della prova di microdurezza, l'impronta lasciata dal penetratore confini o peggio interessi il rinforzo, falsando notevolmente la misura. Allo scopo di scegliere il valore più appropriato per tali misure, sono state eseguite una serie di impronte con carichi variabili. Le misure più attendibili sono state ottenute con il carico di 25 g. I valori di microdurezza al variare

delle ore di invecchiamento per le differenti temperature ,sono riportati nel diagramma di Fig.2.

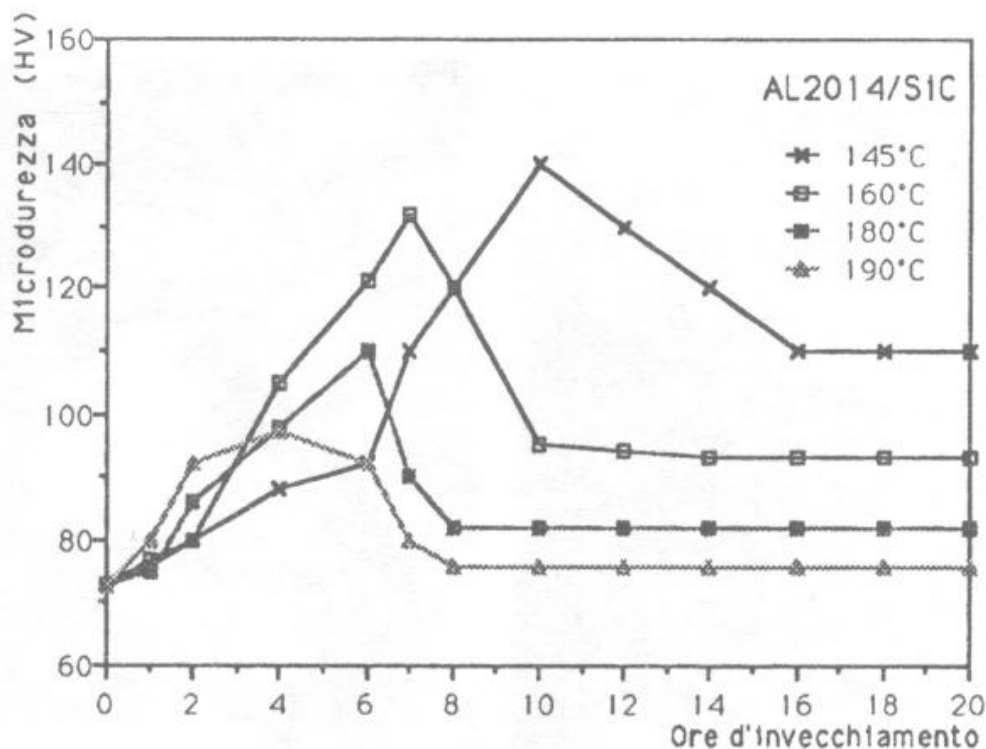


Fig.2. Variazione della microdurezza in funzione delle ore di invecchiamento alle differenti temperature.

Dall'andamento delle curve, risulta che il valore massimo di durezza si raggiunge nella lega invecchiata a 145°C, mentre all'aumentare della temperatura di invecchiamento il tempo necessario per raggiungere tale valore è minore

Dal confronto di questi risultati con quelli ottenuti in un precedente studio(7) sulla lega senza rinforzo, risulta che il picco massimo di durezza nella lega rinforzata viene raggiunto prima rispetto alla lega senza rinforzo.

L'analisi al TEM ha permesso di attribuire questo comportamento alle variazioni microstrutturali che avvengono in seguito ai trattamenti termici.

## OSSERVAZIONI AL TEM

L'evoluzione della microstruttura in funzione del trattamento termico di invecchiamento è mostrata nelle micrografie di Fig.(3). In tutte le specie invecchiate è stata osservata un'elevata densità di dislocazioni.Ciò è dovuto alle forti tensioni, che a causa del differente coefficiente di espansione termica, si generano durante il raffreddamento all'interfaccia matrice-rinforzo. Le dislocazioni costituiscono per la fase

S'(Al<sub>2</sub>CuMg) (responsabile dell'indurimento della lega) (7), un centro preferenziale di nucleazione eterogenea Fig. 3a. Pertanto, il tempo necessario alla lega rinforzata per raggiungere il picco massimo di durezza sarà minore. Inoltre, poichè la nucleazione della fase S' è favorita da un aumento di temperatura, la cinetica di invecchiamento risulterà accelerata.

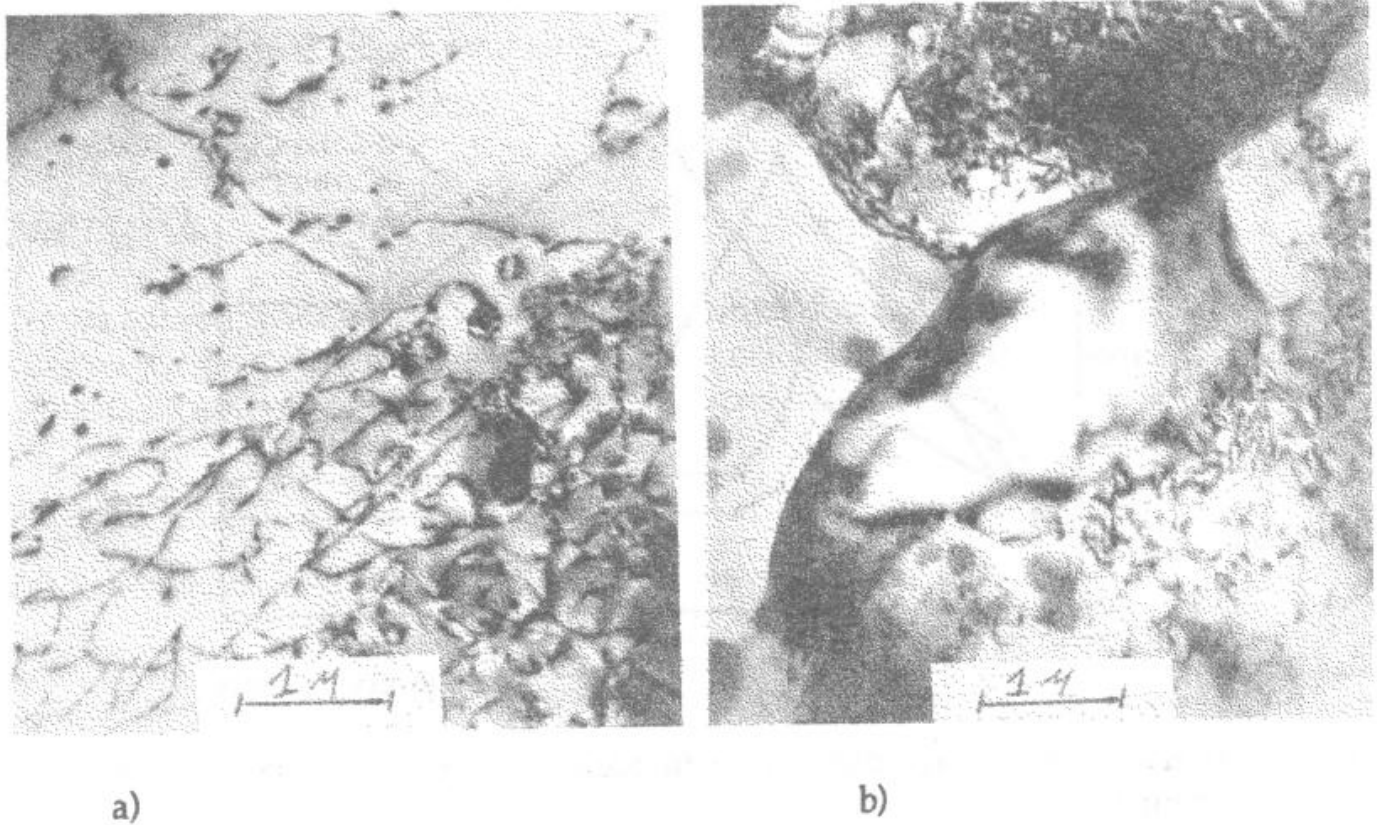


Fig. 3. Analisi al TEM

#### OSSERVAZIONI AL SEM

Una serie di provini, solubilizzati e invecchiati alla temperatura di 160°C per tempi che variavano da 2 a 16 ore, sono stati sottoposti a prove di trazione alla temperatura di 22°C mediante una macchina servo-idraulica MTS, con una velocità di avanzamento della traversa di 0.05 mm/s.

L'esame al SEM delle superfici di frattura, riportate in Fig. 4, mostra, in generale, una morfologia di frattura prevalentemente duttile, la cui nucleazione parte dalle microbuche contenenti i Whiskers di SiC.

Inoltre nelle specie prossime al picco massimo di durezza, è stata osservata la presenza di una limitata zona di frattura fragile (approssimativamente 10% della superficie fratturata). L'analisi spettroscopica a dispersione di energia (EDS) ha messo in evidenza in tali zone un'elevata concentrazione di Mn. L'involuppo nella matrice di queste

particelle intermetalliche, ricche di Mn, provoca localmente uno stato di tensione con conseguente perdita di duttilità del materiale.

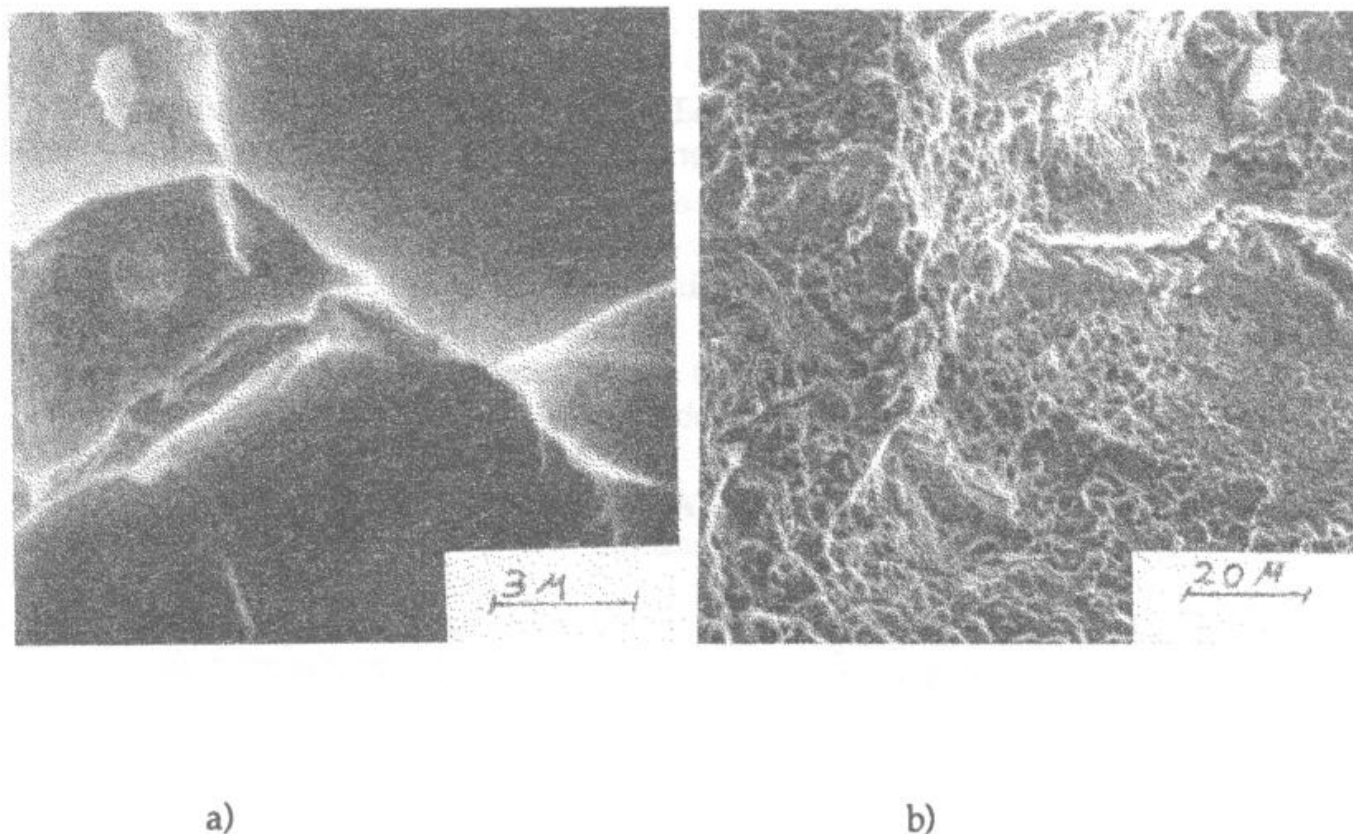


Fig.4. Frattografie al SEM.

## CONCLUSIONI

E' stata studiata la microstruttura e la sua influenza sulla frattura del materiale composito ottenuto dalla lega Al 2014 rinforzata con whiskers di SiC.

Le osservazioni al TEM (microscopio elettronico in trasmissione) hanno mostrato, nelle specie invecchiate, un'elevata densità di dislocazioni, che é stata attribuita al differente coefficiente di espansione termica matrice-rinforzo. All'aumentare della densità di dislocazioni, che per la fase S'costituiscono un centro preferenziale di nucleazione, si riduce il tempo necessario alla lega rinforzata per raggiungere il picco massimo di durezza.

L'esame al SEM delle specie invecchiate, ha messo in evidenza una morfologia di frattura duttile, che solo nelle zone dove erano presenti precipitati interstiziali diventava parzialmente fragile.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) A.P. DIVECHA, S.G.FISHMAN and S.D. KARMARKAR. J. Metals,9 (1981), 12.
- 2) D.L.Mc DANELS. Metall. Trans. A, 16,(1985), 1105.
- 3) M.G.Mc KIMPSON and T.E.Scott. Mat. Sci. Eng.,A 107 (1989), 3
- 4) P.APPENDINO, F.CIPRI, L.DE DONATIS and F.TARICCO."Applicazioni dei compositi a matrice metallica nei settori aerospaziale e autoveicolistico" CONVEGNO AIM 1992 "
- 5) S.V.NAIR, J.K.TIEN and R.O.BATES. Int. Metall. Rev., 30 (1985) 275.
- 6) E. QUADRINI. "Mechanical Properties And Microstructure of Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Composites" In corso di pubblicazione.
- 7) CHAWLA, ESMAEILI, DATYE and VASUDEVAN. Scripta Metall. et Mat. vol.25 1315-1319 (1991).