

IGF 11- XI Convegno Nazionale  
Gruppo Italiano Frattura  
Brescia, 4-6 Luglio 1995

VALUTAZIONE DEL COMPORTAMENTO A FRATTURA DI UN ACCIAIO INOSSIDABILE  
DEL TIPO AISI 304

Enrico Quadrini

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

SOMMARIO

Il presente lavoro riporta lo studio dell'influenza della microstruttura sulla frattura indotta dall'idrogeno nell'acciaio inossidabile AISI 304.

L'acciaio sottoposto al trattamento di sensibilizzazione è risultato più sensibile al fenomeno rispetto all'acciaio sottoposto al solo trattamento termico di solubilizzazione.

Il differente comportamento è stato attribuito alla formazione di carburi, che per l'idrogeno costituiscono delle ottime trappole.

INTRODUZIONE

L'effetto deleterio indotto dall'idrogeno nei materiali metallici anche se largamente studiato, risulta ancora per molti aspetti incompreso, influenzando in modo molto marcato la sicurezza e l'economia di quei settori interessati al fenomeno (1-5).

L'idrogeno, per le sue piccole dimensioni (diametro atomico 0,74 Å), ha una notevole capacità di penetrare nella struttura cristallina dei materiali metallici. Questa capacità risulta amplificata dalla particolare natura del legame metallico che, essendo delocalizzato, agevola la tendenza dei metalli alla cattura dei gas con cui vengono a contatto.

I numerosi tipi di interazione dell'idrogeno con gli acciai sono generalmente molto dannosi, perché producono un sensibile decadimento delle caratteristiche meccaniche con conseguente cedimento prematuro della struttura. Molti sono i fattori che influenzano la frattura indotta dall'idrogeno e tra questi la microstruttura è senza dubbio tra i più importanti (6-9).

Allo scopo di apportare ulteriori chiarimenti sull'interazione microstruttura-idrogeno, è stata analizzata la frattura indotta dall'idrogeno nell'acciaio AISI 304 sottoposto a differenti trattamenti termici.

Dal materiale sono stati ricavati dei provini da trazione sottoposti al trattamento termico di solubilizzazione alla temperatura di 1100°C.

## PARTE SPERIMENTALE

I campioni sono stati ricavati da un acciaio commerciale del tipo AISI 304, la cui composizione chimica è riportata nella Tab I. Tutti i campioni sono stati solubilizzati per un'ora alla temperatura di 1100°C. Successivamente una parte dei campioni solubilizzati sono stati sensibilizzati alla temperatura di 650°C per un tempo di 35 ore.

Tab.I Composizione chimica ( % in peso )

|      |      |      |       |
|------|------|------|-------|
| C    | Cr   | Ni   | Mn    |
| 0.07 | 17.0 | 11.0 | 1.35  |
| Mo   | Si   | S    | P     |
| 2.4  | 0.55 | 0.02 | 0.037 |

Nella Tabella II sono riportate le caratteristiche meccaniche dell'acciaio dopo i trattamenti termici di solubilizzazione e di sensibilizzazione

Tab.II- Caratteristiche meccaniche dopo trattamento termico

|                | Rs 0.2<br>(MPa) | R<br>(MPa) | A<br>% |
|----------------|-----------------|------------|--------|
| Solubilizzato  | 220             | 550        | 45     |
| Sensibilizzato | 190             | 570        | 38     |

La carica dell'idrogeno è avvenuta mediante polarizzazione catodica imponendo una densità di corrente di 50 mA/cm<sup>2</sup>.

I test di frattura sono stati eseguiti mediante una macchina Instron, con una velocità di avanzamento della traversa di 0,042 mm/s. Il grado di sensibilità alla frattura indotta dall'idrogeno è stato valutato attraverso misure di riduzione d'area, utilizzando la seguente formula:

$$RA_{\text{loss}} = \frac{RA - RA_H}{RA} \cdot 100$$

## RISULTATI E DISCUSSIONI

Le misure di riduzione d'area, eseguite dopo i test di frattura e riportate in tabella III, hanno messo in evidenza una maggiore sensibilità al fenomeno infragilente dell'idrogeno dei campioni sottoposti al trattamento di sensibilizzazione rispetto ai campioni solubilizzati.

Tab. III - Perdita di duttilità.

|                | RA%<br>con (H) | RA%<br>senza (H) | RA Loss% |
|----------------|----------------|------------------|----------|
| Solubilizzato  | 64             | 78               | 8        |
| Sensibilizzato | 17             | 50               | 66       |

Poichè dalle misure di diffusività di idrogeno non sono emerse apprezzabili variazioni sul contenuto di idrogeno presente nei campioni sottoposti ai differenti trattamenti termici, è possibile ipotizzare che il differente comportamento a frattura sia da attribuire alla localizzazione dell'idrogeno all'interno della struttura cristallina.

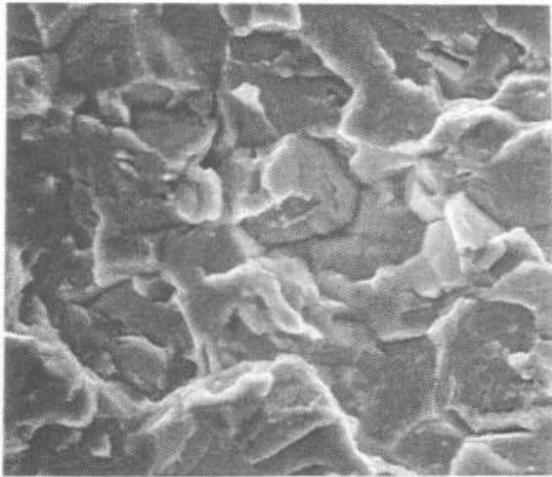
Mentre con il trattamento di solubilizzazione si ha la dissoluzione del cromo all'interno della struttura cristallina, con il trattamento di sensibilizzazione si provoca la sua precipitazione sotto forma di carburi preferenzialmente ai bordi di grano. I carburi di cromo, che per l'idrogeno costituiscono delle ottime trappole, ne aumentano localmente la concentrazione rendendo il materiale più sensibile alla frattura.

Ciò risulta confermato dall'analisi delle superfici di frattura riportate in figura 1, che mostrano una morfologia fragile (a) nei provini sensibilizzati, mentre nei campioni solubilizzati essa risulta prevalentemente duttile (b).

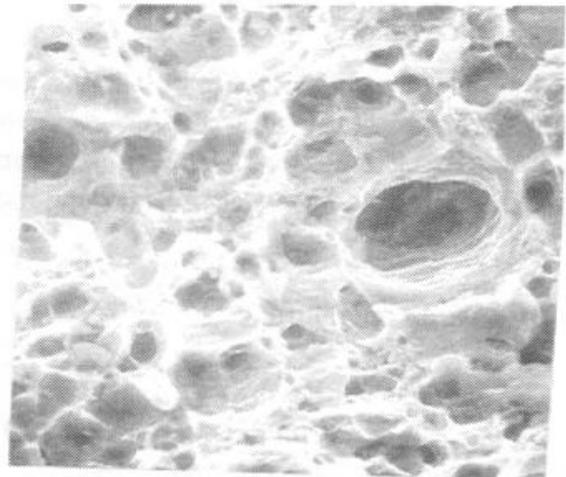
## CONCLUSIONI

I risultati delle prove tensili hanno mostrato che i valori del carico di snervamento e di rottura non risultano apprezzabilmente modificati dal trattamento di sensibilizzazione, mentre un significativo cambio si ha nella duttilità del materiale.

Dall'esame delle superfici di frattura risulta una morfologia fragile nei provini sensibilizzati, mentre essa risulta prevalentemente duttile nei campioni solubilizzati.



a)



b)

Fig. 1 - Aspetto delle superfici di frattura rilevate al microscopio elettronico in scansione.

#### 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 e F.TARICCO. "Applicazioni dei compositi a matrice metallica nei settori aerospaziale e autoveicolistico" CONVEGNO AIM 1992 "
- 5) S.V.NAIR, J.K.TIEN e R.O.BATES. Int. Metall. Rev., 30 , (1985) , 275.
- 6) V.A. MARICHEV, Werkst. Korros.,33,(1982), 1
- 7) G.BIGGIERO, I BOUCHE', M.NARDACCI,A NICOLINI ,L'Ingegnere,12, (1987),467
- 8) C.L.BRIANT,Met.,Trans.,10, (1979),181
- 9) E.QUADRINI,R.FRATESI,G.ROVENTI, Met. Sci.and Eng.,96 , (1987), 369