

# COMPORTAMENTO A FRATTURA DI ACCIAI SALDATI CON DIFFERENTI TENORI DI CARBONIO

E Quadrini<sup>1</sup>, G. Scavino<sup>2</sup>, M. Marcantoni<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Dip. di Meccanica, Università di Ancona

<sup>2</sup>Dip. Scienza dei Materiali ed Ingegneria Chimica Politecnico di Torino

Indirizzo e-mail: <sup>1</sup>quadrini@popcsi.unian.it, <sup>2</sup>gscavino@athena.polito.it,

<sup>3</sup>mmarcantoni@hotmail.com

## Abstract

Nel presente lavoro è stato analizzato il comportamento alla frattura indotta dall'idrogeno in giunti saldati tra acciai con diverso contenuto di carbonio, e acciai simili trattati termicamente.

Allo scopo di valutare il comportamento a frattura sono state condotte prove di tensocorrosione, utilizzando la tecnica della polarizzazione catodica sotto carico costante. La ricerca è stata condotta al fine di determinare l'influenza del carbonio: sulla sua distribuzione e diffusione nel cordone e nella zona termicamente alterata.

## Introduzione

Nella normale realizzazione delle saldature, la duttilità del giunto può essere compromessa da problemi di tensocorrosione. Questi fenomeni sono responsabili di rotture in esercizio anche sotto l'azione di carichi molto inferiori a quelli massimi sopportabili dal materiale [1]. Allo scopo di contribuire allo studio di questo fenomeno, è stata studiata la saldatura al TIG di differenti tipi di acciaio [2]. In particolare si è voluta studiare l'influenza della diffusione del carbonio che avviene quando si saldano materiali con differenti tenori dell'elemento. Si è, inoltre, voluto studiare il modo in cui l'idrogeno fragilisce il materiale: se è sufficiente una sua azione superficiale oppure è necessaria una sua penetrazione al cuore del materiale. A tal scopo sono state eseguite delle prove di tensocorrosione fissando in 150 h il tempo limite per la determinazione del *carico di soglia* [3].

## Parte sperimentale

Una serie di campioni utilizzati nelle prove di frattura per tensocorrosione, sono stati preparati saldando un acciaio del tipo Fe 360 con un acciaio del tipo C 67. Una seconda serie di campioni è stata preparata saldando l'acciaio Fe 360 con lo stesso acciaio preventivamente carbonitrurato [4]. Le saldature sono state condotte con il metodo TIG utilizzando come materiale d'apporto AISI 308 L [5]. La composizione

chimica degli acciai e del materiale d'apporto utilizzati, nonché le caratteristiche della carbonitrurazione, sono riportate nelle Tabb. 1 ÷ 4 [6].

Tabella 1

Composizione chimica dell'Fe 360

C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Co	Sn	W
0,17	0,28	0,04	0,01	0,02	0,02	0,01	0	0,06	0,07	0,01	0,01

Tabella 2

Composizione chimica del C67

C	Mn	Si	P	S	Cr
0,69	0,7	0,3	0,03	0,02	0,03

Tabella 3

Parametri della carbonitrurazione.

Temp. di tratt.[c°]	tempo di tratt.[min]	Pot. di C. %	% NH3	Temp. Olio [c°]
880	30	0,7	1	65

Tabella 4

Composizione chimica del materiale d'apporto AWS ER 308 L 6I

C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni
0,02	1,50	0,03	0,03	0,40	20	10

Nella figura 1 è riportato il profilo di microdurezza eseguito sul cordone di saldatura tra l'acciaio Fe 360 e l'acciaio Fe 360 carbonitrurato. Nella figura 2 è riportato il profilo di microdurezza eseguito sul cordone di saldatura tra l'acciaio Fe 360 e l'acciaio C 67.

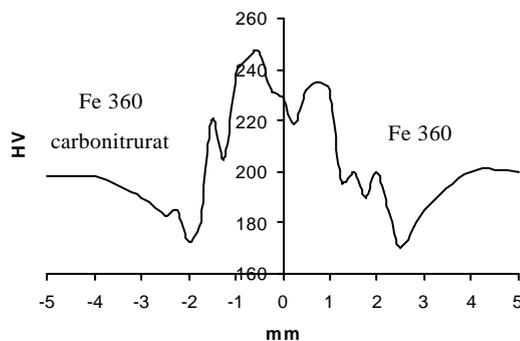


Figura 1

Profilo di microdurezza del giunto

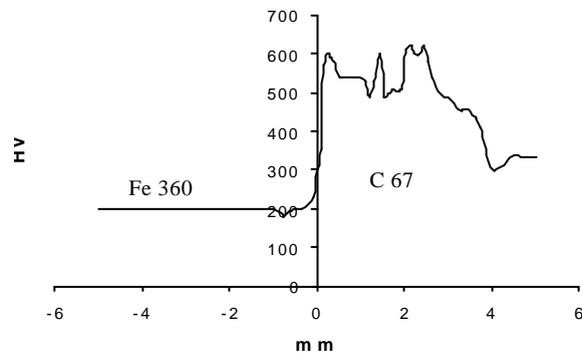
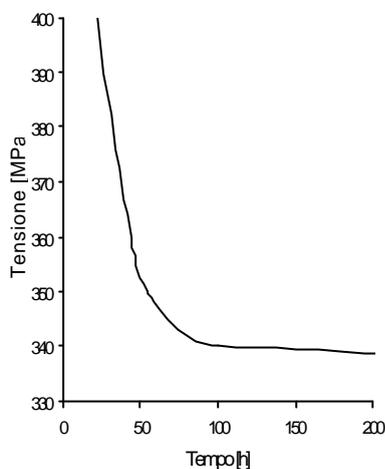


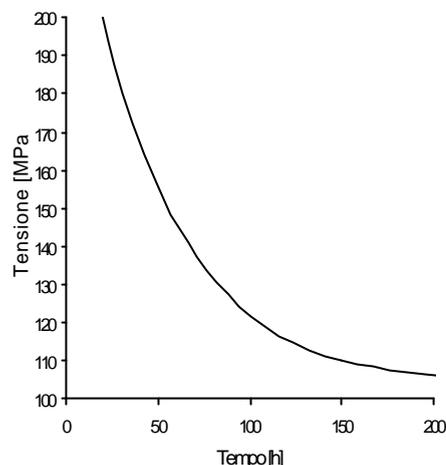
Figura 2

Profilo di microdurezza del giunto

I campioni sono stati sottoposti a prova di fatica statica. Il caricamento catodico è stato effettuato mediante una soluzione di HCl 0.05M con una densità di corrente di  $10 \text{ mA/cm}^2$ . Nelle figure 3 e 4 sono riportati, rispettivamente, i carichi di soglia ottenuti nelle prove di fatica statica per i diversi campioni.

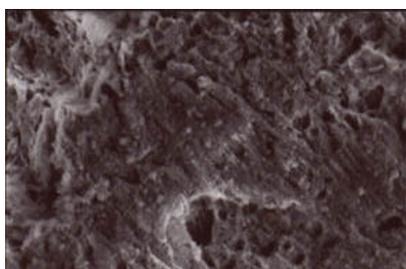


*Figura 3*  
Grafico per il calcolo del carico di soglia del provino Fe 360 - Fe 360 carbonitrurato

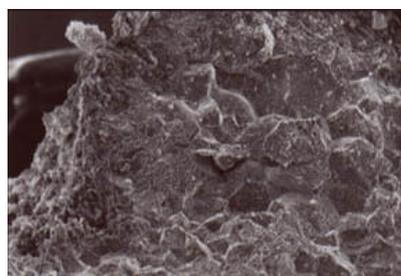


*Figura 4*  
Grafico per il calcolo del carico di soglia del provino Fe 360 - C 67

I risultati delle prove effettuate hanno dimostrato che, lo strato carbonitrurato, non costituisce un vero e proprio punto debole nei confronti dell'ingrassamento da idrogeno. In effetti, la rottura per tensocorrosione sorraggiunge per carichi piuttosto elevati vicini alla resistenza a trazione del metallo base. Le prove relative ai provini ottenuti saldando l'acciaio Fe 360 con l'acciaio C 67 hanno messo in evidenza un'alta sensibilità all'attacco dell'idrogeno soprattutto nella zona termicamente alterata dell'acciaio C 67: si è, infatti, ottenuto un carico di soglia inferiore di circa sei volte alla sua resistenza a trazione. Nei campioni ottenuti saldando l'acciaio Fe 360 con lo stesso acciaio ma carbonitrurato, si è riscontrata una frattura prevalentemente duttile con una limitata zona di frattura intergranulare localizzata sullo strato carbonitrurato. Questo comportamento è mostrato nelle figure di figura 5 e 6.

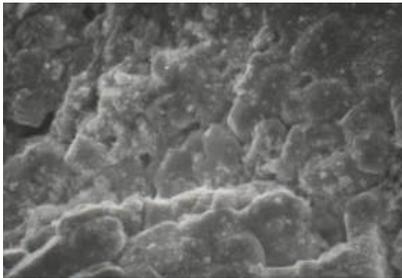


*Figura 5*  
Frattografia (125X)

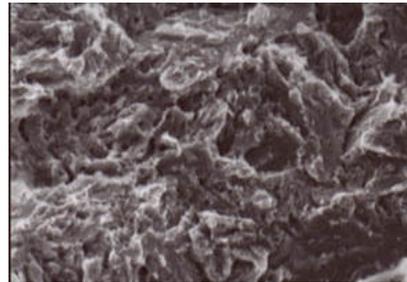


*Figura 6*  
Frattografia (1000X)

Le frattografie riportate nelle figure 7 e 8, eseguite sui campioni ottenuti saldando l'acciaio Fe 360 con l'acciaio C 67, mostrano una frattura fragile di tipo prevalentemente intergranulare con estese zone di clivaggio.



*Figura 7*  
*Frattografia (1000X)*



*Figura 8*  
*Frattografia (1000X)*

## **Conclusioni**

E' stata studiata l'influenza del carbonio, con particolare riguardo alla distribuzione dello stesso ed alla formazione di strutture di tipo martensitico, in giunti saldati TIG in ambiente aggressivo. Le prove di tensocorrosione hanno messo in luce l'insensibilità dell'acciaio carbonitrurato all'effetto infragile dell'idrogeno, infatti i provini sottoposti alla prova si sono rotti per carichi prossimi al carico massimo sopportabile dall'acciaio ed in zone sempre diverse anche dalla parte dell'acciaio non trattato termochimicamente. Questo può essere spiegato con una piccola diminuzione della sezione resistente dovuta all'azione del carbonio che influenza in modo trascurabile la resistenza del giunto. Il giunto saldato con C67 invece ha subito un notevole infragilimento soprattutto nella zona termicamente alterata ove è stata riscontrata una struttura prevalentemente martensitica. Le frattografie mostrano come l'effetto infragile dell'idrogeno in questo tipo di giunti provochi una frattura prevalentemente fragile su tutta la sezione resistente del campione. Questo fatto conferma come strutture tensionate come la martensite favoriscono l'assorbimento d'idrogeno e fratture differite.

## **Bibliografia**

- [1] Joseph Edward Shigley / Mechanical Engineering Design / Mc Graw Hill
- [2] Robert C. Juvinall, Kurt M. Marshek / Fondamenti della progettazione dei componenti delle macchine / Edizione ETS
- [3] E. Quadrini, R. Polenta, "Delayed fracture on self-tapping screws", Metallurg. Sc. and Techn., Vol. 15.2 (1998)
- [4] A. Gugliotta / Introduzione alla meccanica della frattura lineare elastica / Levrotto & Bella, Torino
- [5] Istituto italiano della saldatura / Saldatura per fusione – Vol. 1 e 2 / Hoepli
- [6] Walter Nicodemi / Metallurgia / Masson