

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

**RELAZIONE SULLE ATTIVITÀ DEL GRUPPO DI LAVORO ESIS WP10
(ENVIRONMENTALLY ASSISTED CRACKING)**

Giovanna Gabetta

ENIRICERCHE, via F. Maritano 26, 20097 S. Donato Milanese

Sommario: Il gruppo di lavoro ESIS WP10 (Environmentally Assisted Cracking) ha iniziato le sue attività nel 1990 ed è stato formalizzato in ambito ESIS nel 1991. Si è occupato fin dall'inizio dei metodi di prova della meccanica della frattura in ambiente corrosivo.

Uno degli scopi dell'attività svolta dal gruppo è quello di mettere a punto una procedura di prova per determinare i parametri fondamentali della EAC, e cioè:

-Soglie di carico

-Velocità di propagazione delle cricche.

A questo scopo è stato organizzato un Round Robin, finanziato dalla comunità europea nell'ambito dei contratti BCR. Ad esso partecipano più di 20 laboratori; l'attività è in corso dal 1994.

In questa relazione verranno brevemente descritte le attività del gruppo e i risultati che ci si prefigge di ottenere.

INTRODUZIONE

La scelta dei materiali strutturali per applicazioni ingegneristiche va fatta tenendo conto delle condizioni di applicazione. Soprattutto nel caso in cui siano richieste prestazioni in condizioni di esercizio complesse, come per esempio alte temperature, sforzi elevati e/o ambiente aggressivo, la conoscenza delle proprietà dei materiali diventa di fondamentale importanza.

Un meccanismo di frattura che può portare a conseguenze particolarmente catastrofiche è quello della nucleazione e crescita di cricche dovute all'azione combinata di sforzi

meccanici (sia costanti che variabili nel tempo) e corrosione. Questi fenomeni, che vengono normalmente riuniti sotto il nome di "Environmentally Assisted Cracking" (EAC)[1], possono causare la rottura di componenti a livelli di carico che in assenza dell'ambiente corrosivo non sarebbero comunque da considerare critici.

Le problematiche relative all'EAC sono state storicamente poco considerate in sede di progetto. La prassi normalmente utilizzata era quella di scegliere un materiale immune da tensocorrosione nell'ambiente di esercizio. In realtà non si può ritenere che una qualunque coppia materiale-ambiente sia completamente immune da EAC soprattutto quando è necessario qualificare impianti esistenti per l'esercizio al di là della vita prevista, quando la formazione di cricche non può più essere considerata un fatto accidentale.

I metodi di prova per la valutazione della suscettibilità ad EAC sono costosi e richiedono tempi molto lunghi; spesso, inoltre, i risultati che si ottengono sono soltanto qualitativi. I metodi di prova della meccanica della frattura sembrano offrire un aiuto per ottenere invece dati quantitativi, in particolare per quanto riguarda:

- 1) la valutazione delle soglie di carico
- 2) la stima delle velocità di crescita delle cricche

Per la Società Europea di Stabilità Strutturale (ESIS), di cui fa parte il Gruppo Italiano Frattura, è considerato di interesse lo studio di queste problematiche. In particolare, è stato istituito un gruppo di lavoro (TC10), che si prefigge di mettere a punto un metodo di prova accelerata ed efficiente per la determinazione dei parametri caratteristici dei materiali in condizioni che possono causare EAC [2].

PROVE IN AMBIENTE

Storicamente, le prove in ambiente sono sempre state eseguite tenendo conto principalmente dell'aspetto corrosionistico o elettrochimico; esistono molti tipi di prove consolidate, che utilizzano diverse combinazioni di tipo di campione (liscio o precriccato), modalità di carico e ambiente.

I campioni precriccati sono comunemente in uso [3], soprattutto per prove a deformazione imposta (campioni caricati con cuneo). Sono state presentate delle normative per l'utilizzo di questo tipo di campioni [4]; non sempre però la meccanica della frattura viene utilizzata, sia per l'impostazione delle prove che per l'elaborazione dei risultati.

Una volta note le proprietà del materiale, occorre riferire i risultati alla situazione di esercizio.

In particolare, si può notare che:

- a) le prove SSRT (carico crescente su campioni lisci) permettono di ricavare soltanto dati di suscettibilità del materiale in un determinato ambiente. Sono utili per la scelta dei materiali e per avere dati di confronto;
- b) i parametri che definiscono il comportamento ad EAC dal punto di vista quantitativo sono più facilmente determinabili con prove su campioni intagliati, come per esempio la determinazione della curva J-R in ambiente. Le procedure di prova in questo campo però sono state messe a punto senza tener conto degli effetti ambientali e presentano

degli aspetti ancora da studiare. In presenza di ambiente aggressivo, infatti, la cricca si propaga per l'effetto combinato di una crescita "meccanica" e di una crescita "chimica". Occorre tener presente che la componente di tipo "chimico" ha bisogno di tempo per agire. Esiste quindi un parametro "tempo" la cui influenza non va ignorata, e il cui effetto si evidenzia quando la velocità di trazione diminuisce.

E' inoltre importante considerare il campo di validità dei risultati. Sembra infatti che in presenza degli effetti dipendenti dal tempo, dovuti all'ambiente aggressivo, la plasticità all'apice della cricca possa essere ridotta [5]. E' possibile perciò applicare la meccanica della frattura lineare elastica a campioni di piccole dimensioni.

Come già detto, la presenza di fenomeni dipendenti dal tempo è stata evidenziata a basse velocità di trazione nelle prove di meccanica della frattura su campioni C(T) precriccati. Nelle Figure 1 e 2 sono riportati i valori di J all'innescò, calcolati con i metodi standard della meccanica della frattura, in funzione della velocità di trazione. Per entrambi i materiali (acciaio da vessel in acqua demineralizzata, Fig.1 [6], e alluminio in acqua di mare, Fig.2 [7]), il valore di $J_{0.2}$ ha un andamento sigmoidale: a velocità elevate (rispetto alla velocità di propagazione della cricca per tensocorrosione, caratteristica della coppia materiale-ambiente), esso è molto vicino a quello misurato in aria; a velocità più basse, esso corrisponde a K_{Isc} , calcolato tramite le formule in campo elastico.

L'osservazione di questo effetto della velocità di trazione ha spinto il gruppo di lavoro TC10 a proporre un Round Robin per la messa a punto delle tecniche di prova in ambiente su campioni intagliati.

GRUPPO DI LAVORO TC10

Il gruppo di lavoro TC10 è stato iniziato formalmente nel 1991, dopo una serie di due incontri sulla meccanica della frattura in ambiente, che erano stati organizzati dal GKSS. Il lavoro del gruppo è rivolto alle applicazioni delle tecniche di prova basate sulla meccanica della frattura ai problemi di frattura in ambiente (Environmentally Assisted Cracking, EAC) [8].

Il comitato ha due sottogruppi:

Sottocomitato 10.1 = Testing standard

Sottocomitato 10.2 = Applicazioni

Si sta considerando la possibilità di formare un nuovo sotto comitato, su proposta del Prof.Andreykiv (Ucraina), che potrebbe avere come titolo "Hydrogen Degradation" e che si dovrebbe occupare di danneggiamento dei materiali strutturali.

Non esiste una regolamentazione per partecipare al gruppo, e le riunioni sono aperte a chiunque abbia interesse per le problematiche trattate. Approssimativamente, si può stimare che circa 30 persone prendano parte attivamente ai lavori; all'ultima riunione, tenutasi il 19-20 febbraio a Copenaghen, sono intervenuti 24 partecipanti da 11 nazioni diverse.

Il comitato ha organizzato fino ad oggi 5 workshop. Un'analisi della partecipazione è stata fatta sui primi tre incontri[8], ed è riassunta in Fig.3. I partecipanti sono stati in

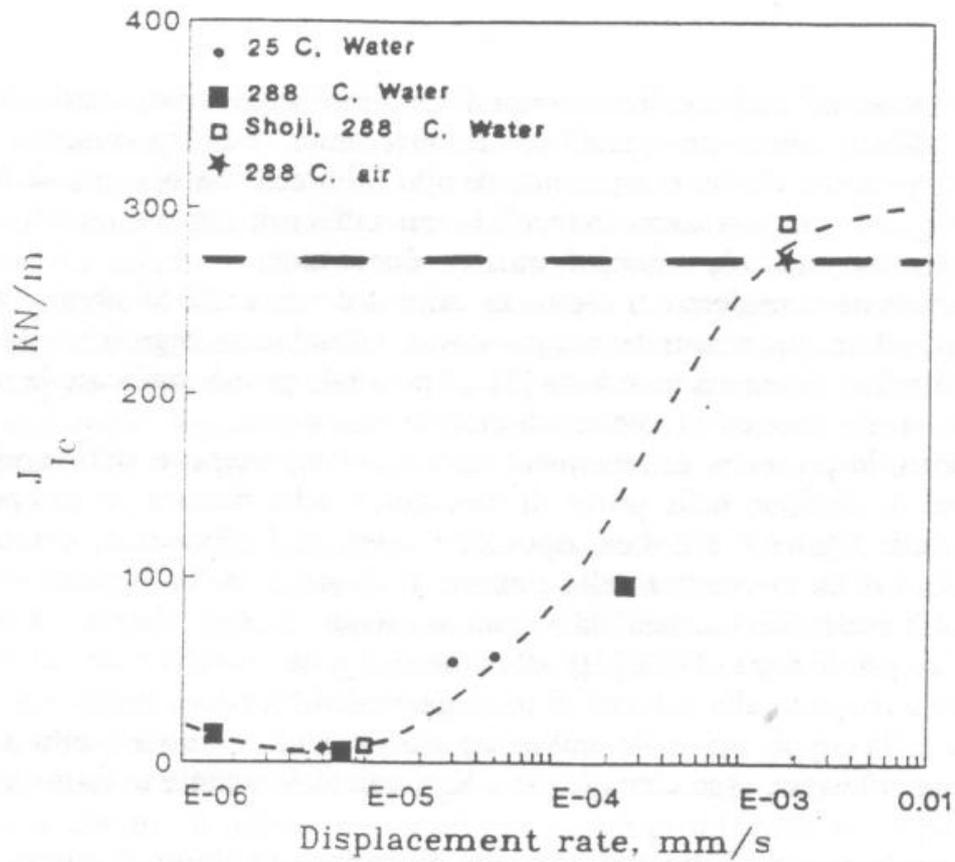


Fig. 1: Andamento del J all'innesco in funzione della velocità di trazione, per acciaio da vessel nucleare

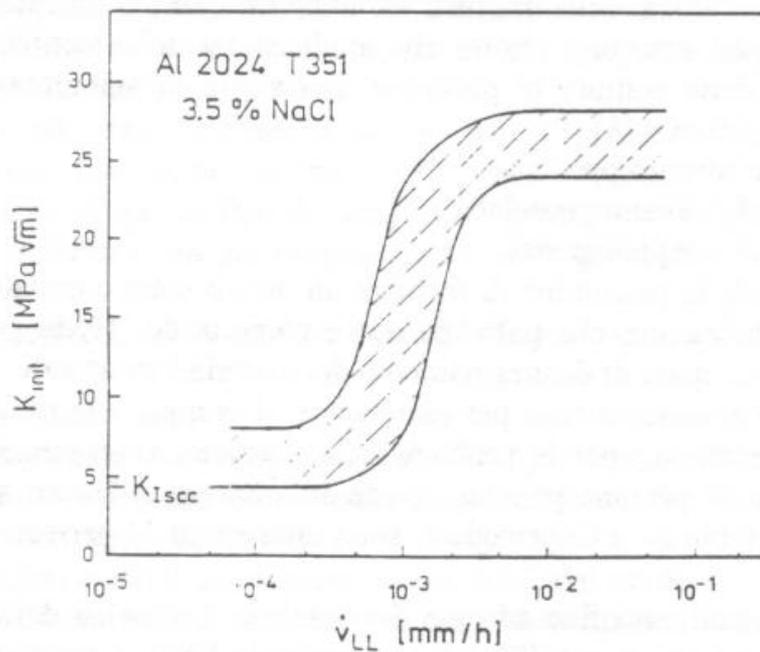


Fig. 2: Andamento del J all'innesco in funzione della velocità di trazione, per alluminio in acqua di mare

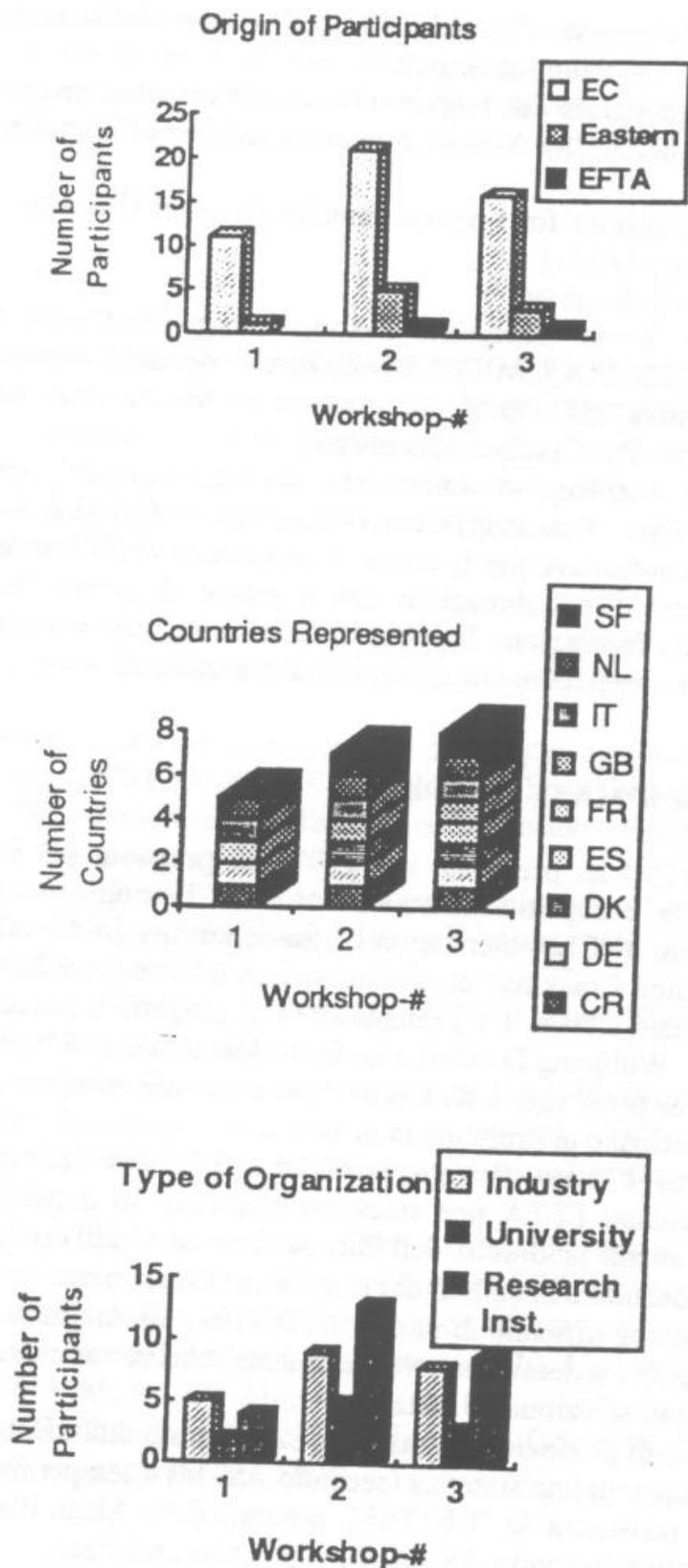


Fig.3 : Alcuni dati statistici sulla partecipazione alle prime tre riunioni del gruppo

totale 59 da otto nazioni diverse. Circa il 40% provenivano dall'industria, il 20% da Università, e un altro 40% da centri di ricerca.

Il gruppo ha fino ad ora preparato due rapporti che sono disponibili presso l'ESIS:

- 1) "Fracture Control Guidelines for Stress Corrosion Cracking of High Strength Alloys" (autore R.J.H.Wanhill)
- 2) "Fracture Control Guidelines for Environmentally Assisted Cracking of Low Alloy Steels" (autori G.Gabetta e I.Cole).

E' inoltre stato preparato il documento:

"Recommendations for Stress Corrosion Testing Using Pre-Cracked Specimens", pubblicato dall'ESIS (ESIS DOCUMENT P4-92D), che riguarda alcune modifiche ed estensioni della normativa ISO 7539, "Corrosion of Metals and Alloys - Stress Corrosion Testing - Part6: Pre-Cracked Specimens".

Su questi argomenti si mantengono contatti sia con i membri del comitato ISO/TC 156/WG/ 2 (Stress Corrosion Cracking) e con il Task Group ASTM E.24.04.02, che sta anch'esso lavorando su normative per le prove di meccanica della frattura in ambiente. Esiste inoltre un rapporto di collaborazione con il gruppo di lavoro "Environmentally Assisted Cracking" della federazione Europea di Corrosione, che si occupa degli stessi argomenti ma è formato essenzialmente da esperti di corrosione.

ROUND ROBIN BCR n°MAT1 CT 930038

Il gruppo di lavoro TC10 ha preparato nel 1992 una proposta per il programma di ricerca della comunità europea "Measurements and Testing (ex BCR)". Questo programma, il cui titolo è "Characterization of Susceptibility of Metallic Materials to Environmentally Assisted Cracking" è stato approvato (Contratto n MAT1 CT 80093). La data ufficiale di inizio è stata il 1 gennaio 1994. Il progetto è coordinato dal centro di ricerca GKSS (dott. Wolfgang Dietzel) e ha un budget totale di 578.000 ECU.

Più di 20 laboratori che provengono da 8 stati della comunità europea e da quattro stati dell'allora EFTA partecipano al programma di prova.

Dato che il contratto è stato firmato prima del 1/1/1994 (per la precisione il 28/12/1993), i partecipanti EFTA non ricevono contributi in denaro. Al programma partecipano, inoltre, alcuni laboratori dell'Europa centrale e dell'est, per i quali si sta chiedendo un finanziamento nell'ambito dei programmi Copernicus.

E' stato tenuto un meeting ufficiale di inizio, il 27/1/1994 ad Amburgo. Durante questa riunione sono stati scelti i sistemi (materiale/ambiente) che verranno sottoposti a prova. In particolare, sono stati selezionati 3 sistemi:

- 1) Acciaio AISI 4340, di produzione Timken (USA), fornito dalla Babcock and Wilcox (USA), provato in acqua marina sintetica (secondo ASTM) a temperatura ambiente;
- 2) Alluminio ad alta resistenza Al 7010 T651, prodotta dalla Alcan Plate, U.K., provato in acqua marina sintetica (secondo ASTM) a temperatura ambiente;
- 3) Acciaio inossidabile austenitico AISI 316H, sensibilizzato, prodotto dalla Creusot-Loire (F), provato in soluzione acquosa contenente 100 ppm di cloruri alla temperatura di 90°C.

Sono state prodotte le linee guida per le prove ("Guidelines for Fracture Mechanics SCC Testing", preparate da Wolfgang Dietzel, Marzo 1995), che sono state presentate nel corso dell'ultima riunione del gruppo di lavoro insieme ad una panoramica delle attività di caratterizzazione del materiale, che è stata fatta presso l'Università di Hannover.

CONCLUSIONI

In questo lavoro sono state brevemente descritte le problematiche di cui si occupa il gruppo di lavoro TC10 dell'ESIS (Fracture Mechanics Approach to Corrosion Assisted Cracking), descrivendone le attività in corso.

Si tratta di un gruppo di lavoro particolarmente attivo, a cui si sollecita la partecipazione anche perchè l'argomento trattato si presta ad interessanti applicazioni in campo industriale.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] F.P. Ford. "Mechanisms of environmental cracking in systems peculiar to the power generation industry." EPRI NP-2589, Project 1332-1, Final Report, September 1982.
- [2] W.Dietzel, "Recommendations for Stress Corrosion testing Using Pre-Cracked Specimens", ESIS Document P4-92 D.
- [3] H.R.Smith and D.E.Piper, "Stress corrosion testing with pre-cracked specimens", in Stress Corrosion Cracking in High Strength Aluminum and Titanium Alloys, B.F.Brown, Ed., NRL, Washington, D.C., 1972, pp.17-77.
- [4] British Standard BS 6980, 1990 / ISO 7539-6 : 1989 "Corrosion of Metals and Alloys - Stress Corrosion Testing"
- [5] G.Gabetta, F.Bregani, "Some Considerations on the EAC Mechanisms during Crack Propagation under Monotonic Loading", in Hydrogen Transport and Cracking in Metals, Allan Turnbull ed., 1995, (Proceedings della conferenza tenutasi a Teddington il 14-15 Aprile 1994).
- [6] G.Gabetta, C.Rinaldi, M.M.Radaelli. "Stress corrosion tests in water at 288C, using the unloading compliance technique", Proceedings of ECF 8, Turin, 1-5 October 1990.
- [7] W. Dietzel, K.H.Schwalbe, D.Wu. "Application of fracture mechanics techniques to the environmentally assisted cracking of Aluminum 2024", Fat. Fract. Engng. Mater. Struct., Vol.12, N6, 1989, pp.495-510.
- [8] W.Dietzel, "Information about the ESIS Technical Committee 10 -Environmentally Assisted Cracking", rapporto GKSS, 1994.