

## **LO SVILUPPO DI METODI DI CARATTERIZZAZIONE DELLA FRATTURA NEI MATERIALI POLIMERICI (20 ANNI DI ATTIVITÀ DEL GRUPPO ESIS - TC4)**

A. Pavan

*Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica 'G. Natta', Politecnico di Milano,  
piazza L. da Vinci 32 – 20133 Milano, e-mail: andrea.pavan@polimi.it*

### **SOMMARIO**

Il crescente impiego di materiali polimerici, in varia forma, in applicazioni tecniche esigenti (per cui si richiede un'elevato grado di affidabilità), talvolta esposte a sollecitazioni meccaniche, termiche, atmosferiche, ... estremanti, per periodi di tempo anche considerevolmente lunghi (50 anni!), ha evidenziato la necessità di caratterizzarne la resistenza meccanica adeguatamente.

Il formalismo della Meccanica della Frattura, che è andato sviluppandosi intensamente a partire dagli anni '50 del secolo scorso, con riferimento prevalentemente a materiali metallici, ha offerto uno schema razionale ampio e capace – e comunque unico – in cui inquadrare il comportamento a frattura anche dei materiali polimerici, nonostante la loro diversità.

La conseguente possibilità di sviluppare metodi di caratterizzazione efficaci, atti a determinare la resistenza a frattura come proprietà intrinseca del materiale e quindi utilizzabili per qualificare il materiale "in sé" (a prescindere dalla configurazione e geometria di prova adottata) in sede produttiva, per prevedere la sua "performance" per qualsivoglia struttura del manufatto in sede applicativa (engineering design) e per analizzare a posteriori l'eventuale fallimento occorso (failure analysis), è quindi apparsa a portata di mano.

La diversità di comportamento dei materiali polimerici e la variabilità dei sistemi in cui essi trovano applicazione non possono però essere sottovalutate.

I limiti di validità della Meccanica della Frattura Elastica Lineare, che costituisce la base teorica di riferimento di tutta la disciplina, vanno piuttosto stretti ai materiali polimerici.

Questi sono spesso eterogenei (multifasici) e anisotropi ad una scala confrontabile con quella dei domini in cui hanno luogo i processi di frattura considerati dalla teoria; sono spesso interessati da grandi deformazioni non-lineari anche al di fuori dei domini interessati dai processi di frattura; presentano normalmente comportamento dipendente dal tempo (per viscoelasticità) cui si associa una dissipazione di energia non correlata ai fenomeni di cedimento; danno luogo a deformazioni plastiche (post-sneramento) secondo diversi meccanismi (scorrimento, "crazing", ...) che possono competere ed anche interferire tra loro condizionando in varia misura il fenomeno della frattura, ecc.

La variabilità delle configurazioni (forma, vincoli, posizionamento dei 'difetti', ...) dei sistemi in cui trovano applicazione i materiali polimerici – si pensi alla realizzazione degli strati sottili caratteristici dei rivestimenti e dell'impiego degli adesivi, alla strutturazione dei materiali compositi laminati o estrusi o stampati in vario modo, ecc – presenta poi una casistica di situazioni particolari talmente ampia da

richiedere un opportuno adattamento della trattazione classica della Meccanica della Frattura, ideata sostanzialmente per corpi bidimensionali.

Il gruppo TC4 dell'ESIS (già EGF), pur consapevole di tali difficoltà, riconoscendo l'importanza di una caratterizzazione standardizzata del comportamento a frattura dei materiali polimerici secondo i canoni della Meccanica della Frattura ai fini della promozione di tali materiali come "materiali da ingegneria", fin dalla sua costituzione (1985) si è intensamente dedicato allo sviluppo di metodi di caratterizzazione di tali materiali, nelle diverse forme e per varie configurazioni applicative.

Il metodo di lavoro adottato consiste nel formulare una prima versione di un protocollo di prova e sperimentarne la validità attraverso esercizi di "round robin" inter-laboratorio su campioni opportunamente selezionati. Il confronto dei risultati e la discussione dei problemi emersi nell'applicazione delle procedure stabilite dal protocollo avviene nel corso di incontri periodici (due all'anno) fra i partecipanti. A seguito delle esperienze raccolte, il protocollo viene corretto ed affinato ed il processo ripetuto fino a raggiungere una versione soddisfacente sotto il profilo della ripetibilità, riproducibilità, praticità, economicità.

L'esito finale è la stesura di un documento da proporre agli enti normativi nazionali ed internazionali (specificatamente l'ISO) per la standardizzazione ufficiale.

A tale attività hanno partecipato, sin dall'inizio, numerosi laboratori accademici e industriali europei (ma anche statunitensi e giapponesi). I casi trattati sono stati, sino ad oggi, più di una ventina ed i casi conclusi con la formulazione di una nuova norma ISO una decina.

Può sembrare - è stato già osservato - che tale attività, finalizzata allo sviluppo di procedure di prova standard, non meriti grande considerazione sotto il profilo scientifico, ed infatti non sembra godere di grande reputazione negli ambienti scientifici accademici. Il giudizio però è sbagliato. In realtà, la definizione di procedure di misura fondate su solide basi scientifiche e capaci di fornire dati significativi e affidabili, richiede una conoscenza approfondita dei fenomeni interessati. Gran parte dell'attività precedente la definizione e validazione finale di una procedura è uno sviluppo delle conoscenze (scientifiche) necessarie, sviluppo che è notevolmente favorito dal processo di confronto di esperienze multiple (round robin).

Merita segnalare che gran parte dell'attività svolta nell'ambito del gruppo TC4 dell'ESIS è stata svolta da studenti PhD, come parte della loro attività di ricerca scientifica.

L'autore di questa presentazione ha avuto il privilegio di partecipare all'attività di questo gruppo in qualità di co-chairman, insieme al Prof. J.G. Williams dell'Imperial College di Londra. Questa presentazione intende illustrare aspetti salienti della problematica affrontata.