

Compositi polimerici a fibra corta: microstruttura e proprietà meccaniche

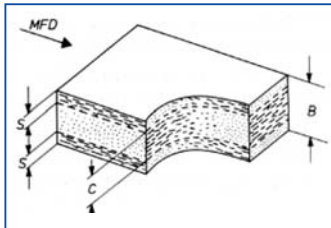
Short Fibre Polymer Composites: Microstructure and Mechanical Properties

Silvia Fara (Politecnico di Milano)

Introduzione

Negli ultimi anni, il crescente interesse per i materiali compositi polimerici a fibra corta è do-

[Fig. 1] - Lastra stampata ad iniezione: struttura skin-core-skin / Injection moulded plate: skin-core-skin structure



vuto al fatto che questi materiali strutturali possono essere formati con le semplici tecnologie normalmente impiegate per i materiali polimerici tal quali. La tecnica di formatura più utilizzata è lo stampaggio ad iniezione, dal quale deriva tuttavia un'organizzazione microstrutturale complessa con orientazione delle fibre diversa da punto a punto dello stesso manufatto, risultato dell'istaurarsi di complessi campi di flusso e di raffreddamento.

Poiché le proprietà meccaniche sono fortemente connesse con la microstruttura, le proprietà globali di questi materiali strutturati non possono essere descritte senza considerare contenuto, dimensioni, distribuzione della lunghezza e dell'orientazione delle fibre. Come conseguenza, la previsione delle loro proprietà meccaniche è complessa ma cruciale per l'utilizzo di questi materiali nell'ingegneria. Le relazioni tra rigidità, resistenza e tenacità, con alcune delle caratteristiche delle fibre costi-

tuenti, come il contenuto e la lunghezza delle fibre, sono state investigate negli ultimi anni.

Ampiamente studiato è l'effetto della lunghezza delle fibre sulla resistenza a frattura: la tenacità cresce con la lunghezza delle fibre fino ad un valore massimo in corrispondenza di una lunghezza critica. La frattura avviene con scollamento e scorrimento tra matrice e fibre per lunghezze inferiori a quella critica, con rottura delle fibre per lunghezze maggiori.

Meno chiara è invece la relazione tra la tenacità e l'angolo che le fibre formano con la direzione di sollecitazione, poiché la caratterizzazione dell'orientazione delle fibre richiede un considerevole impegno sperimentale. Una lastra iniettata è spesso semplicemente descritta come un laminato a tre strati (skin-core-skin) con fibre prevalentemente allineate nella direzione d'alimentazione dello stampo negli strati superficiali, e disposte trasversalmente ad essa nello strato centrale [Fig. 1]. Recentemente, però, dall'osservazione che differenti meccanismi di frattura intervengono al variare, non solo della lunghezza, ma anche dell'orientazione delle fibre, come mostrato in [Fig. 2], è emersa la necessità di una più precisa e dettagliata caratterizzazione dell'orientazione delle fibre. Allo scopo di approfondire proprio lo studio dell'effetto dell'orientazione delle fibre sulle proprietà meccaniche di questi materiali, abbiamo avviato un programma sperimentale che considera un ampio spettro di materiali, diversi per matrice e contenuto

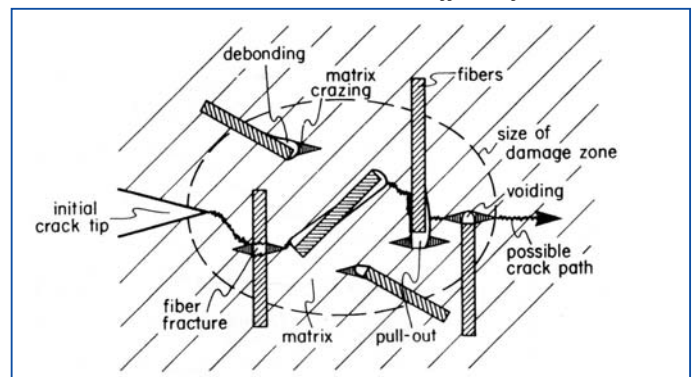
Introduction

Short fibre polymer composites are attractive structural materials for their relatively easy processability, e.g. by conventional injection moulding.

When injection moulding is used, however, a complex microstructure may result, with different fibre orientations at different points of the moulded piece, depending on the resultant flow field and cooling conditions. Since the local mechanical properties of the material are strongly governed by its microstructure, the overall properties of

mechanisms: fibre pull-out is the prevailing fracture mechanism when fibre length is shorter than the critical length, whereas fibre breakage occurs when fibre length is larger than the critical one. By contrast, the influence of fibre orientation has not often been properly considered. A thorough fibre orientation characterisation of these materials is seldom performed, perhaps because the analytical technique required is cumbersome and time consuming. The structure of an injection moulded plate is often described as a three-layer laminate with two

[Fig. 2] - Meccanismi di frattura al variare dell'orientazione delle fibre / Failure mechanisms occurred with different fibre orientations



these structured materials cannot be described without specifying their microstructural characteristics. As a consequence, their prediction is a complex but industrially crucial problem with these materials.

The dependence of stiffness, strength and fracture toughness on some characteristics of the constituent fibres such as fibre volume fraction and fibre length has been investigated for long time. It is well known that a critical fibre length exists, and separates two different fracture

outer skin layers having fibres predominantly aligned to the mould fill direction, and a core layer with fibres predominantly oriented in the transverse direction [Fig. 1].

The need for a more detailed microstructural characterisation of these materials in relation to mechanical properties including fibre orientation was recently pointed out on the basis of the observation that different failure mechanisms may occur with different fibre orientations as shown in [Fig. 2]. We have thus