

di fibra. Di seguito sono descritti i principali aspetti della caratterizzazione microstrutturale e meccanica.

### Caratterizzazione microstrutturale

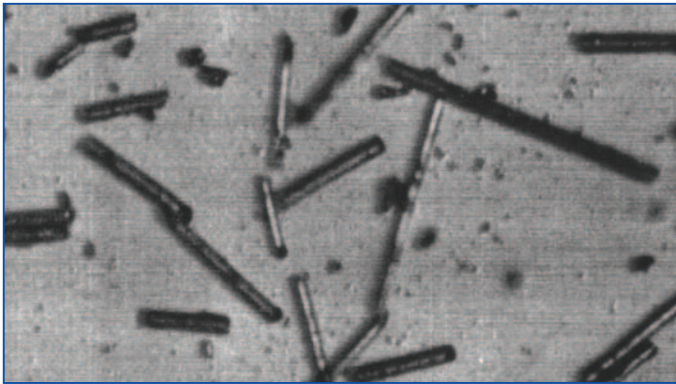
La microstruttura dei manufatti è stata caratterizzata misurando il contenuto di fibra (in peso e in volume), le dimensioni medie delle fibre (diametro e lunghezza), la distribuzione della lunghezza e dell'orientazione delle fibre lungo lo spessore del manufatto. Il contenuto effettivo di fibra e le dimensioni medie sono stati misurati in almeno tre diverse posizioni per ogni manufatto. Le fibre sono state isolate dalla matrice polimerica portando i campioni di materiale

sezioni piane di materiale e nella misura delle caratteristiche geometriche delle sezioni ellittiche delle fibre sezionate [Fig. 4].

La distribuzione dell'orientazione delle fibre nello spessore è stata determinata sezionando il manufatto e osservando, al microscopio in luce riflessa, la superficie sezionata suddivisa in 20-50 settori a seconda dallo spessore B del campione [Fig. 5].

La lunghezza degli assi delle sezioni ellittiche delle fibre è stata misurata, quindi, usando un programma d'analisi delle immagini appositamente sviluppato. L'orientazione delle fibre è stata descritta usando i fattori d'orientazione di Advani-Tucker ( $a_{11}$ ,  $a_{22}$ ,  $a_{33}$ ), funzione degli angoli  $\theta$  e  $\phi$  che la singola

[Fig. 3] - Fibre di vetro osservate al microscopio / Glass fibres observed under an optical microscope



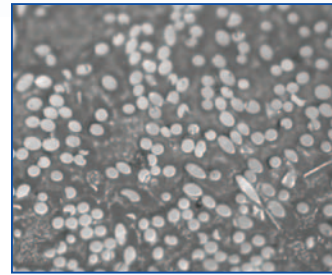
alla temperatura di 700°C. Il contenuto effettivo di fibra è stato quindi calcolato dal peso del residuo della bruciatura.

Il residuo, presentandosi come un ammasso irregolare di fibre incollate tra loro, è stato immerso in acetone e agitato delicatamente per qualche minuto per liberare le fibre senza causarne la rottura. Le fibre sono state quindi osservate con un microscopio in luce trasmessa [Fig. 3] e le dimensioni di almeno 2000 fibre per ogni campione sono state misurate per definire le dimensioni medie e la distribuzione della lunghezza.

L'orientazione delle fibre è stata misurata in almeno sei diverse posizioni per ogni manufatto, utilizzando il metodo suggerito da Advani e Tucker. La tecnica consiste nell'analisi di

fibra forma con il sistema preso come riferimento [Fig. 6]. La [Fig. 7] mostra un confronto tra le distribuzioni dell'orientazione delle fibre nello spessore in due lastre ottenute con diverse tecniche di preparazione. Nelle lastre di poliammide 6.6 con il 30% in peso di fibra di vetro [Fig. 7a)], ottenute per stampaggio a compressione di sottili spaghetti di materiale estruso, allineati all'interno di uno stampo, l'orientazione delle fibre è uniforme nello spessore e altamente unidirezionale ( $a_{11} \approx 1$ ,  $a_{22} = a_{33} \approx 0$ ). Nelle lastre di poliarilammide con il 50% in peso di fibra di vetro [Fig. 7b)], ottenute per stampaggio ad iniezione, l'orientazione delle fibre varia invece nello spessore B della lastra. Negli strati superficiali le fibre sono prevalentemente allineate nella dire-

[Fig. 4] - Poliammide 6.6 con il 30% in peso di fibre di vetro / Polyamide 6.6 with 30% of glass fibre



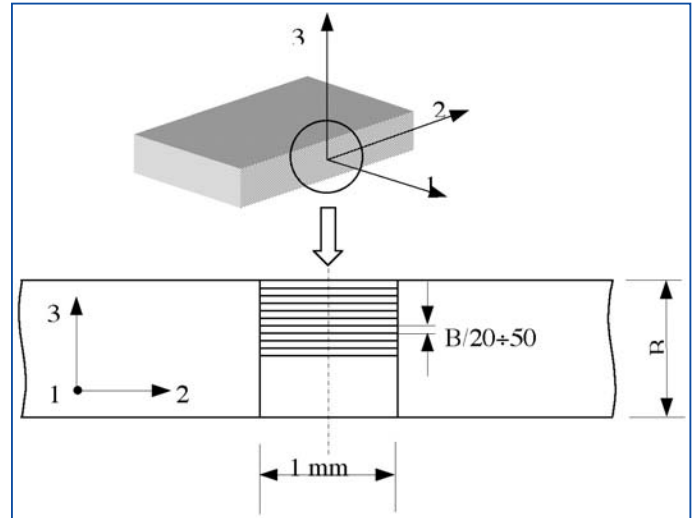
undertaken an extensive experimental programme aimed at investigating the dependence of mechanical properties on fibre orientation over a wide range of these material systems. The main aspects of these materials microstructural and mechanical characterisation are described as follow.

then immersed in acetone to ease their disentanglement. A sample containing at least 2000 fibres for each specimen is then examined under an optical microscope equipped with image analysis facilities to measure fibre dimensions [Fig. 3].

Fibre orientation should be determined at different points of the moulded piece depending on his shape. The method suggested by Advani and Tucker is used. It consists of sectioning the pieces and measuring the length of the axes of the elliptical cross-section of the fibres exposed on the section plane [Fig. 4].

To determine the fibre orientation distribution through the thickness B of the piece a strip is considered on the section surface and each strip is divided into

[Fig. 5] - Campione e superficie sezionata divisa in settori / Specimen and observed section surface divided into several frames



### Microstructural characterisation

The microstructure of composite mouldings is well characterised by determining fibre content, average fibre dimensions, fibre length distribution and fibre orientation distribution through the thickness of the mouldings. Fibre content and dimensions are measured on at least three specimens of material taken at random positions from each piece. To isolate the fibres from the polymeric matrix the latter was burned off in a muffle furnace at 700°C. From the residue, fibre weight and volume fraction are determined. The fibre aggregates are

several frames [Fig. 5].

To measure the length of the axes of the elliptical cross-section of the fibres the same optical equipment mentioned above was used with an especially developed image analysis software.

Fibre orientation was described using the Advani-Tucker orientation factors ( $a_{11}$ ,  $a_{22}$ ,  $a_{33}$ ) depending on the fibre angles  $\theta$  and  $\phi$  respect to a reference system (Fig. 6). [Fig. 7] shows a comparison between through-thickness fibre orientation distributions in two plates obtained with different preparation technique.

In the plate of polyamide 6.6 with 30% of glass fibre [Fig. 7a)], prepared by hot compres-