

di vetro (o rinforzo) e Permeabilità. Lo studio della permeabilità dei rinforzi vetrosi, in particolare dell'Unifilo, è stato effettuato con uno schema di prova del tipo rappresentato in [Fig. 1]. Si tratta quindi di un sistema di infiltrazione di resina attraverso una cavità preventivamente riempita con un materiale di rinforzo.

$$\frac{dx}{dt} = - \frac{1}{\Phi} \frac{K \Delta p}{\eta x_f}$$

Integrando per parti si ottiene

$$K = \frac{\Phi \eta}{2 C \Delta p} \quad \text{dove } C=t/L^2$$

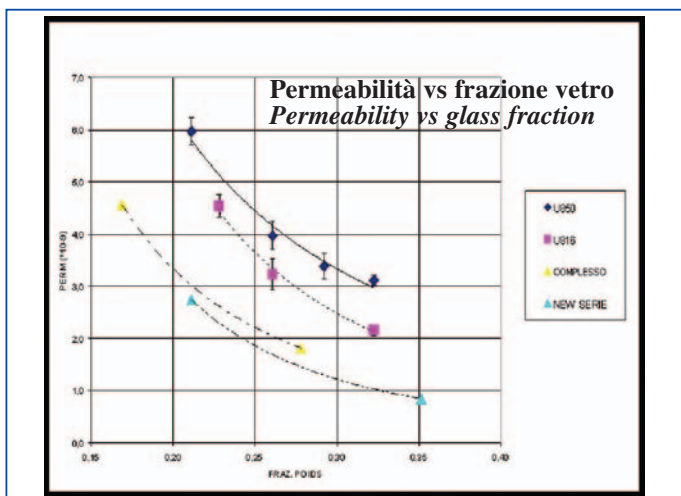
Durante la prova vengono monitorati i tempi di avanzamento della resina stessa e riportati su di un grafico Tempo vs Po-

conoscere la curva di viscosità in funzione della temperatura. Presso il CSA sono presenti stampi con differenti geometrie: stampo piano per studio e misurazione della permeabilità in funzione delle variabili di processo della produzione del rinforzo e stampi a geometrie più complesse per verificare la reale efficacia del rinforzo sia in fase di infiltrazione che di caratteristiche di finitura superficiale e resistenza meccanica.

Monitorando la variazione di permeabilità in funzione della quantità e tipologia di rinforzo inseriti, si possono ottenere grafici del tipo riportati in [Fig. 2].

Una recente collaborazione con il CNR sta portando alla concretizzazione anche della

[Fig. 2]



sizione fronte di avanzamento della resina. Un'opportuna integrazione della legge di Darcy che tiene conto della geometria dello stampo utilizzato e del metodo di iniezione permette di stimare la permeabilità del prodotto di rinforzo. La misura deve essere effettuata in una camera climatizzata, affinché si possa ottenere un valore costante di viscosità; infatti, se da un lato i bassi valori di shear rate permettono di utilizzare l'ipotesi di fluido newtoniano, dall'altra parte le resine utilizzate nel campo dell'RTM sono molto sensibili alla temperatura, cioè la loro viscosità varia molto in un range di pochi gradi centigradi. È necessario quantomeno

simulazione ad elementi finiti del processo di infiltrazione della resina, sia in condizioni di infusione che in RTM. La modellazione del processo di RTM è uno strumento potenzialmente molto valido, e permette di fornire al cliente un notevole aiuto per lo studio del processo, in quanto non necessita di una costruzione fisica dello stampo e permette di ottenere un'ottima visualizzazione del processo in tempi limitati e con costi piuttosto contenuti. Direttamente sul computer è possibile effettuare delle modifiche allo stampo, ottimizzare i punti di iniezione e scegliere il tipo di rinforzo da utilizzare; infatti le misure di permeabilità permettono

infiltration is done through a cavity already filled with a reinforcement material.

During the test, the advancing time of the resin is monitored and reported on a graph "Time vs Resin front position". An appropriate integration of the Darcy's law, which takes into account the geometry of the mould used and the method of injection, allows to evaluate the permeability of the reinforcement product.

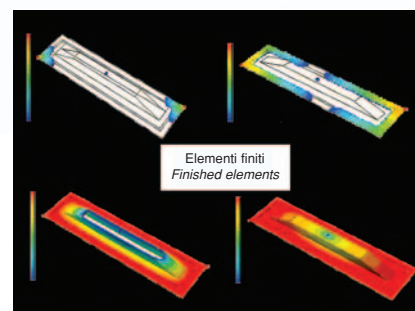
$$\frac{dx}{dt} = - \frac{1}{\Phi} \frac{K \Delta p}{\eta x_f}$$

Integrating by parts we get

$$K = \frac{\Phi \eta}{2 C \Delta p} \quad \text{where } C=t/L^2$$

The measurement must be realized in an air-conditioned room in order to get a constant value of the viscosity; actually, if on the one hand the low values of shear rate allow to use the hypothesis of Newtonian fluid, on the other hand the resins used in the RTM field are very sensitive to the temperature.

Their viscosity changes a lot in a range of low degrees centigrade. At least it's necessary to know the viscosity curve as a function of the temperature. The CSA owes moulds with different geometries: smooth moulds



for the study and the measurement of the permeability as a function of the process' variables and moulds with more complex geometries to check the real efficiency of the reinforcement during the infiltration phase, the characteristics of surface finishing and the mechanical properties.

Monitoring the variation of the permeability as a function of the quantity and kind of reinforcement inserted, we can get graphs like the one reported on the [Fig. 2].

A recent collaboration with the CNR is also making concrete the simulation in finite elements of the infiltration process of the resin both in conditions of infusion and RTM.

The modelling of the RTM process is a potentially valid instrument and allows to give to the customer a remarkable help for the study of the process as it doesn't need a physical construction of the mould and then allows to get an optimal visualization of the process in a short period and at moderate prices. Directly on the computer it's

Rotolo di Unifilo / Unifilo roll

