

un'apposita macchina con una resina modificata in modo particolare.

La macchina per l'impregnazione applica con precisione la stessa quantità di resina su tutto il tessuto in un ambiente controllato.

La resina viene resa più densa e meno appiccicosa a temperatura ambiente, per consentirne lo stoccaggio e l'utilizzo in tempi successivi all'impregnazione, a patto che vengano conservati a temperatura molto bassa, in genere 18°C sotto zero.

Un problema della tecnologia dei pre-pregs è che questi tessuti devono essere curati a temperature molto elevate, solitamente a 120°C o più e danno risultati eccellenti solo se si applica una forte pressione. L'alta pressione è molto efficace per mantenere le fibre in contatto fra loro: i compositi sono realizzati con diversi strati di tessuto, che dovrebbero potersi trasmettere i carichi, il che è possibile solo se essi sono in contatto fra loro. Se vi è resina o aria fra due strati adiacenti, ciascuno strato agisce indipendentemente e si può esser certi che uno di essi avrà un carico superiore rispetto all'altro, risultando quindi maggiormente soggetto a cedimenti.

Una tecnica per applicare la pressione consiste nel collocare il pezzo con il suo stampo dentro un sacco di nylon e creare il vuoto nel sacco con una pompa. In questo modo, la pressione atmosferica spinge gli strati gli uni contro gli altri e contro lo stampo.

La pompa a vuoto aspira anche la maggior parte dell'aria fuori dal laminato asportando anche una parte dell'eventuale eccesso di resina, contribuendo così a creare il corretto rapporto. Ovviamente, se le proporzioni sono già corrette, esistono metodi per evitare che la resina venga risucchiata.

Con il vuoto solamente, la pressione massima teoricamente applicabile al laminato è un'atmosfera, meno le

perdite nella pompa. Se si intende applicare una pressione superiore, si dovrà aumentare la pressione atmosferica nel volume circostante il sacco a vuoto.

A tal fine è possibile utilizzare un'autoclave, che, fondamentalmente, è un forno molto robusto che può essere pressurizzato, un po' come una pentola a pressione.

Le autoclavi disponibili in commercio possono raggiungere le 7-10 atmosfere; sono dotate di pareti ad alto spessore e di compressori molto potenti e il loro costo è molto elevato.

Con l'autoclave è possibile aggiungere pressioni pari a svariate volte la pressione atmosferica al sacco a vuoto, spingendo più fortemente ogni strato contro l'altro e contro lo stampo.

In questo modo, praticamente tutta l'aria che può essere rimasta fra gli strati, può

Dettaglio della laminazione della ruota; dettaglio della stratificazione con pre-preg in fibra di carbonio su stampo in vetroresina prototipo, tipo autoclave / Lay-up detail with pre-preg carbon fabrics on autoclave grade, prototype fiberglass mold



to keep the fibers in contact: composites are made with several layers of fabric, which should be able to share loads. They can do that if they touch each other. If there is resin, or air, between one layer and the

next one, each layer will work on its own, and you can be sure that one of them will get more load than the other, failing earlier. One way to apply pressure is to put your object with its mold inside a nylon bag and make vacuum in the bag with a pump. In this way, the atmospheric pressure will push the layers against each other and against the mold. The vacuum

pump will also suck most of the air out of the laminate, and take out some resin too, helping to approach the ideal ratio.

Of course, if you already have an ideal ratio, there are ways to prevent the resin to be sucked away.

With vacuum alone, the maximum pressure you can theoretically apply to your laminate is one atmosphere, less the losses in the pump. If you want to apply a higher pressure, you have to raise the atmospheric pressure around your vacuum bag. To do this you can use an autoclave, which is basically a very solid oven which can be pressurized, like a pressure cooker. Commercial grade autoclaves can reach 7-10 atmospheres: they have very thick walls and powerful compressors and they cost a lot.

With an autoclave you can add several times the atmospheric pressure to your vacuum bag, pushing more strongly each layer against each other and against the mold. In this way practically all the air which could be trapped between the layers can be pushed out of the laminate, assuring the best mechanical performances. Incidentally, by strongly pressing the laminate against the mold, the surface of the piece is forced to follow every detail of the mold surface: if the mold is smooth

Autoclave; autoclave del tipo aerospaziale di piccole dimensioni: diametro 1450 mm, lunghezza 3200 mm, mass. Temperatura 200°C, pressione massima 10 bars. Il ciclo di cura è totalmente programmabile per consentire la cura della maggior parte dei pre-preg. La temperatura e la pressione vengono continuamente monitorate con diversi sensori, sia nella camera dell'autoclave sia in ogni singolo sacco a vuoto al suo interno. Nel caso si verifichi un problema durante il ciclo di cura, esso viene immediatamente visualizzato consentendo interventi correttivi. Al termine del ciclo viene prodotto un rapporto di processo che indica le curve di temperatura e di pressione su ciascun sensore / Small aerospace grade autoclave: diameter 1450 mm, length 3200 mm, max temperature 200°C, max pressure 10 bars. The curing cycles can be freely programmed via computer, to enable curing most kinds of pre-pregs. The temperatures and pressures are continuously monitored with several sensors, both in the autoclave chamber and in each vacuum bag which is inside. Any problem arising during the curing cycle is shown immediately, allowing corrective actions to be taken. At the end of the cycle a curing report is produced showing the temperature and pressure curves at each sensor station

