

# Ultimate foamed cores

Ursula Keil, Evonik

## Principles of sandwich construction

Sandwich structures are a great approach to capitalize on the tensile strength of fibers in an effective manner by separating two layers of fiber (or any other material with high tensile strength). If the core material used is light, the final part can be rigid but lighter than the fully fiber-based solution.

The core material has a large influence on the performance of the sandwich structure. It has to endure strong compressive forces and shear forces. Furthermore the surface needs to allow good adhesion of the fiber layers and the weight, of course, has to be as low as possible. Besides the required performance during use, the performance during production processing needs to be considered. Sandwich constructions are used in many applications and are commonly built as uncomplicated, flat parts. Three-dimensional geometries are still more an exception even though they are highly requested. Until now, there were no convenient methods for mass production of such complex geometries.

Fig. 1  
Three-dimensional complex core made with Rohacell® Triple F  
Anima 3D dalla geometria complessa realizzata con Rohacell® Triple F



## Standard production of polymethacrylimide rigid foams in blocks

Polymeric rigid foams for structural applications are often produced in blocks that are in a next step shaped by e.g. CNC-milling or thermoforming processing to achieve the desired geometry.

Polymethacrylimide (PMI) rigid foam produced by Evonik Industries AG follows this pattern. The process of foam block production works fine for the production of flat surfaces (foam sheets).

Three-dimensional shapes by CNC-milling, however, can be too expensive for large-scale application.

Rohacell® PMI rigid foam has a superior weight to strength ratio in comparison to common alternative polymeric foams. Furthermore, its ability to resist strong pressure at temperatures of up to 180°C makes it the first choice for many applications and processing techniques. However, the production cost of 3D cores, requiring a large amount of manual shaping and the resulting material waste, makes the use of traditional Rohacell core in large production volumes challenging.

# Anime in schiuma di nuova concezione

Ursula Keil, Evonik

## I principi della struttura sandwich

Le strutture sandwich sono una soluzione eccellente per sfruttare al meglio la resistenza alla trazione delle fibre, e vengono realizzate separando due strati di fibra (o di qualsiasi altro materiale dall'elevata resistenza alla trazione). Se il materiale utilizzato per l'anima è leggero, la parte finale può essere rigida, ma comunque più leggera di quella adottata nella soluzione composta solamente da fibra.

Il materiale utilizzato per l'anima influenza notevolmente le prestazioni della struttura sandwich. Esso infatti deve resistere ad elevate forze di compressione e

di taglio. La superficie dell'anima deve inoltre garantire una buona adesione agli strati di fibra, e il peso deve essere naturalmente il più ridotto possibile.

Occorre infine tener conto delle prestazioni richieste durante l'uso e durante il processo produttivo. Le strutture sandwich vengono impiegate in numerose applicazioni, e sono prodotte sotto forma di semplici lastre.

Le geometrie tridimensionali rappresentano ancora per lo più un'eccezione, benché siano in realtà molto richieste. Finora non sono stati messi a punto metodi pratici per la produzione di massa di tali geometrie complesse.

## Produzione standard di blocchi di schiuma rigida di Polimetacrilimide

Le schiume polimeriche rigide per la produzione di anime strutturali vengono spesso prodotte in blocchi, successivamente formati con ad esempio frese CNC o con un processo di termoformatura per ottenere la geometria desiderata. La schiuma rigida di Polimetacrilimide (PMI) prodotta da Evonik Industries AG segue questo schema. Il processo produttivo dei blocchi di schiuma è ideale per la produzione di superfici piane (lastre in schiuma). Le geometrie tridimensionali ottenute mediante le frese CNC sono tuttavia troppo dispendiose per consentirne

una produzione su larga scala. La schiuma rigida Rohacell® PMI possiede un rapporto peso/resistenza superiore rispetto alle comuni schiume polimeriche utilizzate in alternativa. La sua capacità di resistere a pressioni elevate a temperature fino a 180°C la rende inoltre il prodotto di elezione per numerose applicazioni e tecniche di produzione.

I costi di produzione delle anime 3D tuttavia, che richiedono un grande lavoro manuale di formatura e determinano una elevata percentuale di sfridi, rendono l'impiego della tradizionale anima in grandi volumi di produzione una vera e propria sfida.

### Prefoamed PMI granulates foamed in an aluminum mold

Due to the significant improvements in the field of carbon fiber mass production, the market for complex shaped high-performance foam cores is increasingly promising.

The Triple F is an in-mold foamed (IMF) three-dimensional particle foam core based on PMI and the newest product development by the Evonik. (Fig. 1)

This technology has the potential to significantly reduce costs per part by the reduction of waste, manual work and cycle times. In this process, PMI polymer plates are pelletized and then pre-foamed to the desired density. (Fig. 2) By filling a mold with these granules and then heating the mold, foam formation restarts and the gra-

nules expand to fill the entire mold shape.

Final core density can be steered by controlling the volume of granulate filled in the mold to achieve the density needed to reach the mechanical properties required for the part. Cooling brings the polymer back into a solid state and the finished foam core is then removed from the mold.



Rohacell® Triple F granulates / Granuli di Rohacell® Triple F

Fig. 2

### Granuli di PMI per stampaggio in stampi di alluminio

Grazie al significativo miglioramento nel campo della produzione di massa della fibra di carbonio, il mercato delle anime in schiuma dalla geometria complessa e ad elevate prestazioni è sempre più promettente.

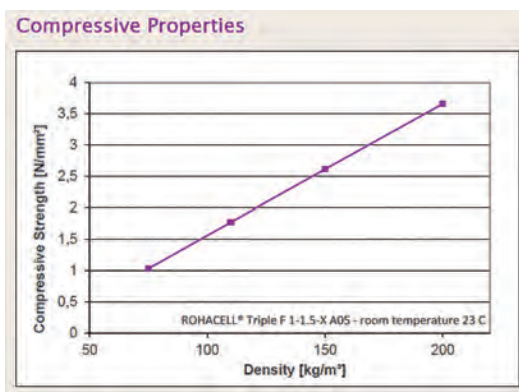
I granuli consentono di produrre anime 3D in schiuma con la tecnologia IMF (in-mold foaming),

che permette di sfruttare le caratteristiche del PMI ed il nuovissimo sviluppo messo a punto da Evonik. (Fig. 1) Questa tecnologia consente di ridurre significativamente i costi per ciascun componente grazie alla riduzione degli sfridi, del lavoro manuale e dei tempi di ciclo.

In questo tipo di processo, le lastre in PMI vengono pellettizzate; segue il processo di schiumatura per ottenere la densità desiderata.

(Fig. 2) I granuli vengono immessi in uno stampo che viene riscaldato, dando luogo ad un nuovo processo di schiumatura: I granuli quindi si espandono fino a riempire l'intero stampo. La densità finale dell'anima può essere gestita controllando il volume dei granuli immessi nello stampo in modo da ottenere la densità necessaria a garantire le proprietà meccaniche richieste per il componente da

Fig. 3  
Compression  
properties  
Resistenza alla  
compressione



Performance of particle foams can be lower compared to a monolithic foam core. Compressive strength and especially shear strength are found to be lower due to the low adhesive forces acting on the grain boundaries. To improve the performance of IMF, an adhesive agent is added to the pre-foamed granules. Due to the high temperatures occurring during In-Mold Foaming, the adhesive agent melts and provides good particle-particle adhesion

after cooling. The result is an improved mechanical performance of the foam core, especially at high densities. (Fig. 3)

#### Simplified production of geometrically complex foamed cores

A clear benefit of particle foaming in comparison to CNC-milled foam cores is the option to integrate other materials. Metals and plastics with high temperature resistance can be

integrated during the foaming process. A typical example is the integration of screw threads, but there are many other options.

Fig. 3 shows a demonstrator component with defined surface structure and two types of inserts. It points out the variety of complex geometries that are possible and shows how precise surface structures can be obtained with Rohacell® Triple F. In addition to direct integration of inserts during the foaming process, rework time on a core is eliminated because it is an out-of-tool method with a high quality surface. The shaped core is 100% usable – with no scrap. The absence of waste material combined with simplification of production steps leads to noticeably lower final material cost and waste disposal expenses. It does not require the usual health and

working handling instructions that are needed when manipulating polyurethane (PU) foams.

#### Compatible with fast production processes and large production volumes

Compared to other foamed materials such as PU, this material can be utilized at higher process temperatures and pressures, plus its impressive ratio between mechanical strength and foam density makes it a much lighter foam core choice. Thanks to the innovative Triple F foaming process, multiple manufacturing steps can be eliminated including sanding, potting, release agent removal, and the need for an evacuation system due to outgassing or residual reactions. Producing three-dimensional sandwiches using this type of cores is not only affordable and simple, but also fast. Triple

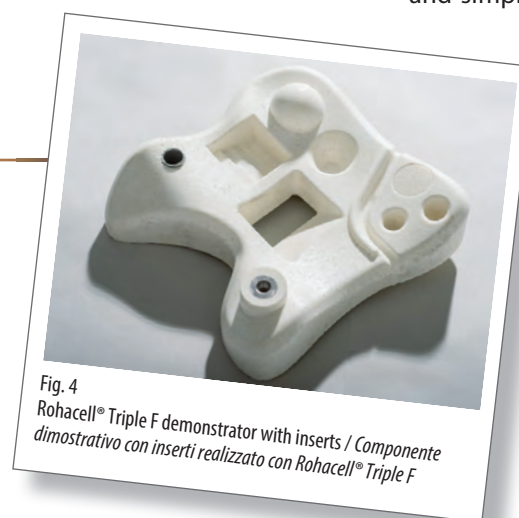


Fig. 4  
Rohacell® Triple F demonstrator with inserts / Componente dimostrativo con inserti realizzato con Rohacell® Triple F

schiuma, specialmente a densità elevate. (Fig. 3)

#### Produzione più semplice di anime di schiuma dalla geometria complessa

Un vantaggio evidente del processo di schiumatura effettuato con i granuli rispetto alle anime di schiuma ottenute con la fresatura CNC è la possibilità di integrare altri materiali. I metalli e le plastiche resistenti alle elevate temperature possono essere infatti integrati durante il processo di schiumatura. Un tipico esempio è dato dall'integrazione di filettature, sono però possibili molte altre opzioni. La (Fig. 4) mostra un componente dimostrativo dalla struttura superficiale definita, e dotato di due tipi di inserto. Questo componente evidenzia la vasta

gamma di geometrie complesse che possono essere ottenute, e la grande precisione delle strutture superficiali ottenute con questo materiale.

Oltre all'integrazione diretta degli inserti durante il processo di schiumatura, decade il tempo di rilavorazione dell'anima, in quanto si tratta di un metodo di stampaggio che consente di ottenere superfici di qualità elevata. L'anima così formata è utilizzabile al 100%,

senza l'incidenza degli sfridi. Con l'assenza di sfridi, insieme alla semplificazione delle fasi produttive, il costo finale del materiale e di smaltimento dei rifiuti è notevolmente inferiore. Inoltre non sono più necessarie le disposizioni sanitarie e di impiego, normalmente necessarie per la manipolazione delle schiume poliuretatiche.

#### Compatibile con i processi di stampaggio rapido e con la produzione in grandi volumi

Rispetto ad altri materiali in schiuma come il PU, il Triple F può essere utilizzato a temperature e a pressioni di processo più elevate; inoltre il

produrre. Il raffreddamento riporta il polimero allo stato solido, e l'anima in schiuma finita viene infine prelevata dallo stampo.

Le prestazioni delle anime di schiuma ottenute da granuli possono essere inferiori rispetto a quelle prodotte con un materiale monolitico. La resistenza alla compressione, e specialmente la resistenza al taglio, sono inferiori a causa delle ridotte forze adesive che agiscono sui contorni dei granuli.

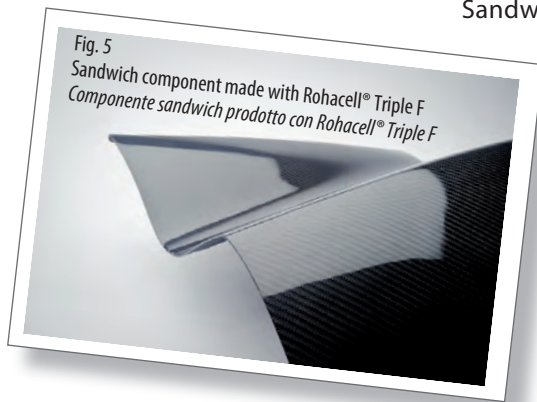
Per aumentare le prestazioni del processo IMF, ai granuli si aggiunge un agente adesivo.

Per effetto delle elevate temperature impiegate nel processo IMF, l'agente adesivo si scioglie garantendo così una buona adesione tra i granuli durante il raffreddamento. Il risultato: migliori prestazioni meccaniche dell'anima di

F foamed cores can easily withstand high process temperatures and pressures and are more failure tolerant than integral foams. Similar to other Rohacell® grades, Triple F is not only compatible with common resins, such as epoxy resin, but also with thermoplastic layers that can be placed directly inside the mold during the foaming process. The full efficiency benefit of fast production

processes, such as RTM and wet pressing, can be exploited. This material opens up new horizons for large production volumes of 1.000 to 50.000 complex 3D-foam core parts per year. Automotive structural parts such as car body, chassis or even add-on parts can now be built with lightweight cores. The first serial applications of structural components for German and Italian premium cars are already going into production in 2014.

Sandwich components made with a Rohacell® Triple F in-situ foamed core (Fig. 4) are supplied by LiteCon Advanced Composite Product GmbH, a joint-venture between Evonik Industries AG and SECAR Technology GmbH.



*sorprendente rapporto resistenza meccanica/densità della schiuma lo rende il prodotto di elezione per la produzione di anime di schiuma molto più leggere. Grazie all'innovativo processo di schiumatura, è possibile eliminare numerose fasi di produzione, quali la sabbiatura, l'isolamento, l'eliminazione dell'agente di rilascio, e la necessità di un sistema di evacuazione a causa del degassamento o delle reazioni residue. La produzione di strutture sandwich 3D utilizzando le anime prodotte con questo materiale, non è solo semplice e conveniente, ma anche estremamente rapida. Le anime così prodotte sono in grado di resistere efficacemente alle elevate temperature e pressioni di processo, e sono più resistenti a eventuali rotture. Come per altri prodotti della gamma il Triple F non è solamente compatibile con altre resine normalmente utilizzate, come la resina epossidica: è infatti possibile immettere strati*

*di materiale termoplastico direttamente nello stampo durante il processo di schiumatura. Triple F consente inoltre di sfruttare tutti i vantaggi dei processi di stampaggio rapido, quali ad esempio la tecnologia RTM (infusione di resina) e quella di stampaggio a umido. Così si aprono nuovi orizzonti nella produzione di grandi volumi da 1.000 a 50.000 anime di schiuma 3D dalla geometria complessa all'anno. I componenti strutturali per il settore automotive, come la carrozzeria, lo chassis o addirittura parti accessorie, possono ora essere prodotte con anime leggere. Le prime produzioni di serie di componenti strutturali per le vetture tedesche e italiane di fascia alta sono già state effettuate nel 2014. I componenti sandwich prodotti con tecnologia in-situ (Fig. 5), sono forniti da LiteCon Advanced Composite Product GmbH, una joint-venture tra Evonik Industries AG e SECAR Technology GmbH.*