

## The right core material for sandwich composites in aircraft engine applications

Uwe Lang, Denis Holleyn - EVONIK RESOURCE EFFICIENCY GmbH



Sandwich structures combine a lightweight core with two thin layers of fiber-reinforced composite material, thereby providing the highest mechanical performance at minimum weight.

ROHACELL®, a closed-cell polymethacrylimide foam, offers the highest level of specific stiffness and strength, good fatigue properties, high temperature resistance up to 220 °C and unsurpassed resistance to compressive creep at elevated temperatures. Evonik Resource Efficiency GmbH developed ROHACELL® HERO – an impressive aircraft structural foam core grade that features increased robustness and damage tolerance, without any adverse effect on weight.

The lightweight foam core possesses a homogeneous, fine cell structure and high temperature stability. It is more ductile, while still offering excellent specific material properties. When a sandwich core is used in an aircraft application, it is required to provide the following.

### ROBUST FREEZE BEHAVIOR AFTER DAMAGE AND REQUIRED THERMAL BEHAVIOR

It is known that honeycomb (HC) parts take on water in the cells during service if an impact occurs and the damage is not detected immediately. When the aircraft reaches cruising altitudes where temperatures are

below the freezing point, water in the HC core will turn to ice and demand space, thereby causing a huge risk of delamination that can result in total part failure or substantial damage to the part requiring the part to eventually be replaced.

To determine how the Evonik foam would perform under the same impact scenario, a sandwich test panel with this foam core was subjected to impact testing.

Following 6, 30 and 60 freeze and thaw cycles from room temperature down to -18 °C, a C-Scan revealed there was no damage growth during cycling. Another sandwich panel was tested; thermally loaded 2000 cycles from -54 °C up to 72 °C. After the test, the C-scan showed

## Il materiale d'anima appropriato dei compositi sandwich per applicazioni di motori di velivoli

Uwe Lang, Denis Holleyn - EVONIK RESOURCE EFFICIENCY GmbH



*Le strutture sandwich contengono un'anima di basso peso e due strati dallo spessore ridotto di materiale composito fibrorinforzato, così da fornire la massima prestazione meccanica in condizioni di peso minimo. ROHACELL®, la schiuma polimetacrilimide a cella chiusa, offre il livello massimo di rigidità e tenacità specifiche, buone proprietà di resistenza a fatica, elevata resistenza termica, fino a 220°C, e massima resistenza alla deformazione da compressione a temperature elevate. Evonik Resource Efficiency GmbH ha sviluppato ROHACELL® HERO, una sofisticata versione di anima a base di schiuma strutturale per aeromobili che*

*si distingue per una superiore robustezza e resistenza al danneggiamento, in assenza di effetti collaterali sul peso. L'anima di schiuma dal peso limitato possiede una struttura della cella fine e omogenea e una grande termostabilità. E' più duttile ed offre eccellenti proprietà specifiche del materiale. Quando si usa un'anima sandwich in un velivolo, essa deve soddisfare i requisiti indicati qui di seguito:*

### ECCELLENTE RISPOSTA AL GELO A SEGUITO DI UN'AVARIA E REAZIONE TERMICA ADEGUATA

*E' a tutti noto che in caso di urto, le parti a nido*

*d'ape (HC) assorbono l'acqua nelle celle durante il funzionamento e il danno non viene rilevato immediatamente.*

*Quando il velivolo raggiunge le altitudini di crociera e le temperature si collocano al di sotto del punto di congelamento, l'acqua nell'anima a nido d'ape diventa ghiaccio acquistando volume, tale da determinare un rischio considerevole di delaminazione che potrebbe causare la totale degradazione del componente oppure un danneggiamento sostanziale dello stesso richiedendone infine la sostituzione.*

*Per capire come la schiuma Evonik potrebbe offrire la prestazione richiesta nei casi di forte impatto,*



no influence due to the thermal cycling load.

### PERFECT SKIN-TO-CORE BONDING

An ideal sandwich needs skin bonding stability that is higher than actual core tensile strength. Testing of sandwich test coupons according to ASTM C297 confirmed the ROHACELL® HERO sandwich panel performed successfully, since core failure in this flatwise tensile test occurred as expected and required.

### DAMAGE VISIBILITY

Impact testing on test panels with this foam and with Nomex honeycomb filled systems were conducted to ASTM D7766 at

Fig. 1 - Damaged area and cross section

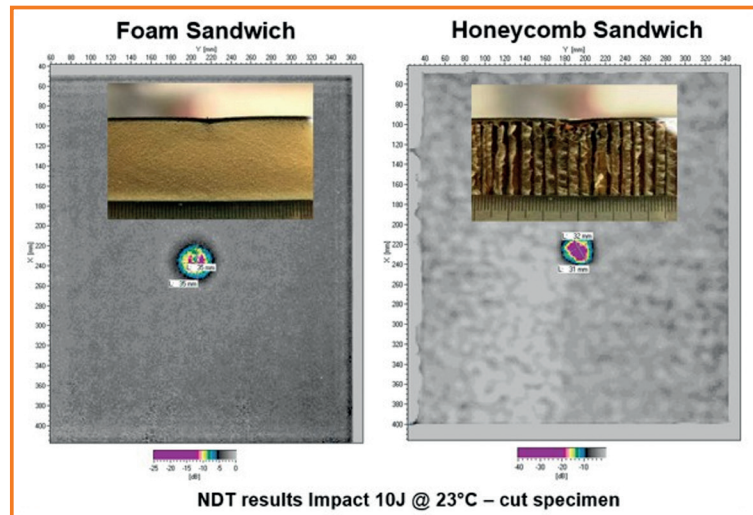


Fig. 1 - Area danneggiata e sezione trasversale



un pannello da sandwich da test dotato di questa anima di schiuma è stato sottoposto al test dell'urto. Dopo 6, 30 e 60 cicli di gelo-disgelo, a partire dalla temperatura ambiente fino a  $-18^{\circ}\text{C}$ , la scansione-C ha rivelato che durante l'esecuzione del test non si è osservata alcuna evoluzione del danneggiamento. È stato poi esaminato un altro pannello sandwich con 2000 cicli di carico termico, a partire da  $-54^{\circ}\text{C}$  fino a  $72^{\circ}\text{C}$ . Dopo aver eseguito il test, la scansione-C non ha rivelato alcun influsso dal carico termico dei cicli.

### LEGAME PERFETTO SKIN/

### ANIMA

Un sandwich ideale richiede una stabilità del legame allo skin che



room temperature, at -55 °C and at different impact load levels. Tests were performed with a 25,4 mm diameter impactor. Both systems showed the BVID close to 8 J and the same damage size up to 35 J (Fig. 1).

**AN EYE ON AIRCRAFT ENGINE APPLICATIONS – SAVE WEIGHT, TIME AND MONEY**

Evonik recently presented an impressive insight into already flying and possible applications of ROHACELL® in aircraft engine applications. A large mockup in the Evonik booth presented a multitude of target applications like fan cowl doors in different foam core designs, inlet cowlings, stator vanes, thrust reversers and engine nose (Fig. 2 and 3). The engine mockup is supported by a study conducted with CTC GmbH (Stade, Germany), an Airbus company.

The case study compares different design principles for “Commercial Engine Cowlings” for aircraft engines (Fig. 4) and confirms the advantages of this foam.

The showcase of engine applications specifically depicts the structural foam’s superiority over alternative designs like hollow structures or the use of honeycomb cores in sandwich composite structures (Fig. 5).

Cost savings of up to 40% for the final composite structure are achievable, especially when combining the outstanding thermomechanical properties of the foam with modern production technologies like resin transfer molding (RTM) or infusion technique. Additional drivers leading the way for more cost efficient sandwich composites are the huge potential for process automation, one-shot curing processes, easy core handling and elimination of potting (additional weight that is needed to stabilize honeycomb structures) or

edge closing when using ROHACELL®.

All these advantages lead to an impressive reduction in labor time and costs. Those advantages are partnered with an extensive assortment of additional in-service benefits for the composite part in flight! With this foam, no freeze or debonding damage occurs, since there is no water ingress into the closed cell foam core material. This also ensures stable part weight over the entire lifespan of the composite structure.

All in all, this leads to significantly lower aircraft operational costs, less ground time and, therefore, clear benefits for airplane operators and airlines.

**SUMMARY**

ROHACELL® is setting new milestones for structural foam cores in aerospace applications. Even more impressive, it is providing the industry with cost saving opportunities of up



sia superiore all’effettiva resistenza alla trazione dell’anima. L’analisi dei campioni da test del sandwich, in base ad ASTM C297 ha confermato la prestazione eccezionale del pannello sandwich ROHACELL® HERO, dal momento che la degradazione dell’anima in questo test della trazione perpendicolare alla superficie ha avuto luogo come volutamente preventivato.

**VISIBILITÀ DEL DANNEGGIAMENTO**

I test della resistenza all’urto dei pannelli da test costituiti dalla schiuma in questione e dai sistemi a nido d’ape riempiti Nomex sono stati compiuti in base ad ASTM D7766 a temperatura ambiente, a - 55°C e con livelli di carico d’urto differenti. I test sono stati eseguiti con l’ausilio di un pendolo con diametro di 25,4 mm.

Entrambi i sistemi hanno presentato BVID con un valore che si approssima agli 8 J e la stessa estensione del danneggiamento, fino a raggiungere i 35 J (Fig. 1).

Fig. 2-3 Mockup presenting ROHACELL® in aircraft engine applications (fan cowl doors in different foam core designs, inlet cowlings, stator vanes, thrust reversers and engine nose)

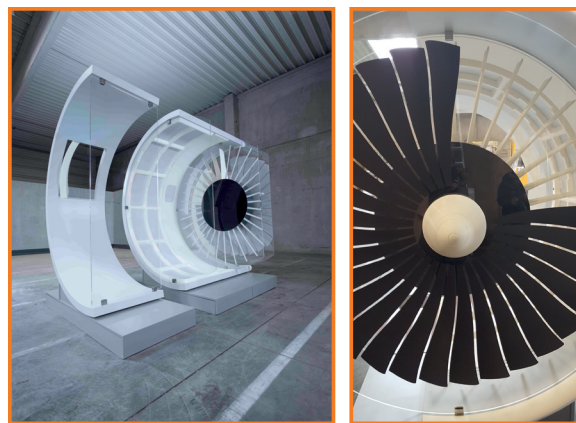


Fig. 2 e 3 - Il mockup presenta ROHACELL® per applicazioni di motori di velivoli (aperture delle prese d’aria del ventilatore in varie configurazioni dell’anima di schiuma, di cappe d’aspirazione, palette statore, invertitori di spinta e di estremità anteriore del motore)

**UNO SGUARDO ALLE APPLICAZIONI DEL MOTORE DEL VELIVOLO – RISPARMIARE PESO, TEMPO E DENARO**

Recentemente, Evonik ha presentato uno

studio approfondito sulle applicazioni già attive e possibili di ROHACELL® per applicazioni di motori di velivoli. Un significativo mock test eseguito nello stand Evonik ha dato risalto ad una moltitudine di applicazioni mirate fra cui quella delle aperture delle prese d’aria del ventilatore in varie configurazioni dell’anima di schiuma, di cappe d’aspirazione, palette statore, invertitori di spinta e di estremità anteriore dei motori (Figg. 2 e 3).

Il mock up del motore si è basato su uno studio condotto da CTC GmbH (Stade, Germania), una società del gruppo Airbus. Il caso studio ha comparato vari principi progettuali per “Cappe d’aspirazione commerciali” per motori di velivoli (Fig. 4) e ha confermato i vantaggi arrecati da questa schiuma. La presentazione delle applicazioni del motore illustra specificatamente la superiorità della schiuma strutturale rispetto a progetti alternativi come le strutture cave oppure l’utilizzo delle anime a nido d’ape nelle strutture sandwich in composito (Fig. 5). E’ possibile ottenere un risparmio economico fino al 40% delle strutture in composito, in particolare quando si associano le





to 40 % over the conventional classic methods of using hollow structures or honeycomb. Further, this foam recently

reached TRL6 level in a project and was qualified by Airbus. The AIMS qualification makes it possible for the OEM and their Tier

1 suppliers to easily use the structural foam in multiple exterior applications to reach their structural and commercial targets.

Fig. 4 - Different design principles for "Commercial Engine Cowlings" for aircraft engines

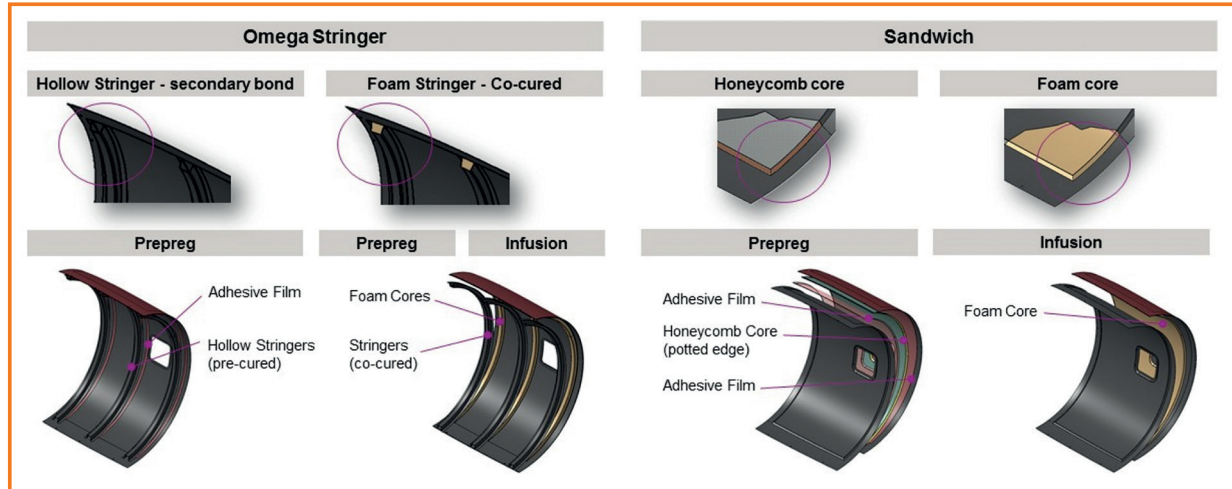


Fig. 4 - Vari principi progettuali per "Cappe d'aspirazione di motori" per velivoli



sorprendenti proprietà termomeccaniche della schiuma alle moderne tecnologie di produzione come il processo di stampaggio RTM oppure di infusione. Altri incentivi che prevedono la creazione di compositi sandwich ad efficacia di costi, grazie all'impiego di ROHACELL®, sono le grandi potenzialità del processo di automazione, i processi di reticolazione in un'unica fase, il trattamento dell'anima semplificato e l'eliminazione di altre miscele (peso aggiuntivo richiesto per stabilizzare le strutture a nido d'ape), oppure la chiusura dei margini. Tutte queste caratteristiche vantaggiose rendono possibile una riduzione sorprendente della manodopera e dei costi. A questi si aggiunge il ricco assortimento di benefici complementari per il componente in composito, in servizio durante il volo! Grazie a questa schiuma, non hanno luogo danni dovuti al congelamento o al distacco perché non

avvengono infiltrazioni di acqua nel materiale d'anima di schiuma a cella chiusa. Questo garantisce la stabilità del peso del componente per l'intera vita utile della struttura in composito. Tutto considerato, si ottengono quindi riduzione dei costi operativi, dei tempi morti e di conseguenza, chiari vantaggi per gli operatori e le linee aeree.

**CONCLUSIONI**

ROHACELL® ha fissato i nuovi standard delle anime di schiuma strutturale per applicazioni in campo aeronautico e riveste ancora più importanza il fatto che essa ha offerto all'industria l'opportunità di conseguire grandi risparmi, che possono raggiungere il 40% rispetto alle tecniche convenzionali basate sull'impiego di strutture cave o a nido d'ape.

Oltre a questo, la schiuma ha raggiunto recentemente il livello TRL6 in un progetto e le qualità funzionali sono state riconosciute da Airbus.

La qualifica AIMS consente ai fornitori di 1 livello ed OEM di utilizzare facilmente la schiuma strutturale per molte applicazioni esterne e di soddisfare pienamente le loro esigenze strutturali e commerciali.

Fig. 5 - ROHACELL® foam's superiority over alternative designs like hollow structures or the use of honeycomb cores

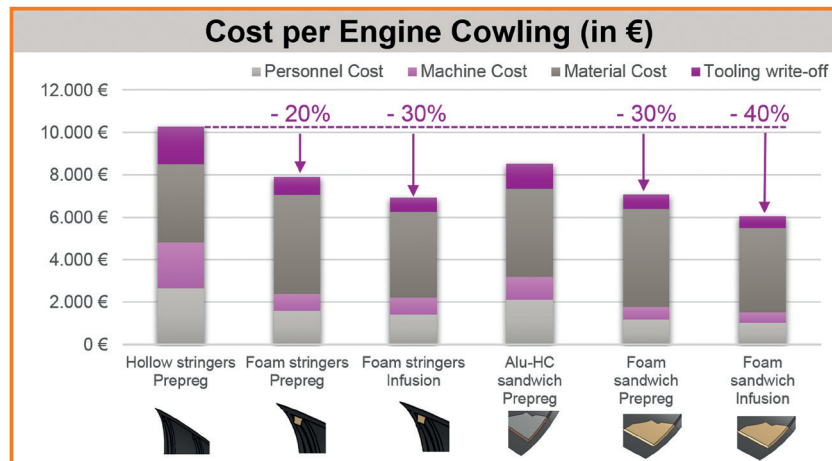


Fig. 5 - Superiorità della schiuma ROHACELL® a progetti alternativi come le strutture cave oppure l'uso di anime a nido d'ape