# Cellular composites and syntactic foams with expanded glass as lightweight filler

Fabian Stölzel - DENNERT PORAVER

F. Stölzel

Syntactic foams are composite materials, for example for hybrid lightweight construction applications. Fillers with a high pore volume, which act as a spacer in the matrix are used as basis. Thus, materials with a low density can be designed. Potential fillers are for example expanded glass granulates. The goal is to get a very uniform structure and a high degree of filler content with the expanded glass granules. For this purpose, a closed mould is filled to a maximum with the lightweight particles. The resulting spaces are infiltrated in a second step with the matrix material of choice. For example, it is possible to manufacture a 2K epoxy resin matrix structure enhanced with expanded glass granules. Therefore a low pressure infiltration of epoxy resin into a mould filled with granules is used. The volume content of the granules in this case is between 50 - 60 Vol.-%. To gain an adequate weight reduction expanded glass granules (Poraver®) typically in the fractions of 0.25 - 0.5 mm, 0.5 - 1 mm, 1 - 2 mm and 2 - 4 mm are processed.

**Fig. 1 REM magnification cellular composite with expanded glass granules in an epoxy resin matrix[1]**

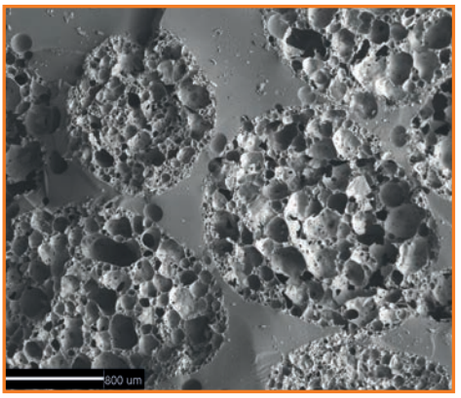


*Fig. 1 Ingrandimento REM del composito cellulare con granuli di vetro espanso in una matrice di resina epossidica[1]*

## CHARACTERISTICS

Table 1 displays the mechanical properties of a 2K epoxy infiltrated structure with a maximum fill of expanded glass. The measurements were carried out by the University of Applied Science Landshut. The thermal conductivity was determined at Co. Poraver. The following comparison of a cellular composite with polyamide matrix to other materials show a high potential to lightweight construction due to the high specific mechanical

# Compositi cellulari e schiume sintattiche con vetro espanso

Fabian Stölzel - DENNERT PORAVER

*Le schiume sintattiche sono materiali compositi, utilizzate, per esempio, per i materiali ibridi leggeri nel settore delle costruzioni. Come base sono utilizzati filler con poro dal volume elevato, che agiscono da spaziatori nella matrice. Quindi, è possibile sviluppare materiali a densità ridotta. Potenziali riempitivi sono rappresentati a esempio dal vetro granulare espanso. L'obiettivo da raggiungere è ottenere una struttura molto uniforme e un alto contenuto di riempitivo con il granulato di vetro espanso. A questo scopo uno stampo chiuso viene riempito al massimo di particelle leggere. Gli spazi risultanti sono infiltrati in un secondo tempo con la matrice selezionata. Per esempio, è possibile produrre una struttura con matrice di resina epossidica bicomponente 2K, migliorata con granuli di vetro espanso. A questo scopo si procede con un'infiltrazione a bassa pressione di resina epossidica in uno stampo riempito di granuli. Il contenuto in volume dei granuli, in questo caso, si aggira fra i 50 – 60 vol %. Per ottenere una riduzione di peso adeguata vengono trattati granuli di vetro espanso (Poraver®), tipicamente nelle frazioni 0,25 - 0,5 mm, 0,5 - 1 mm, 1 - 2 mm e 2 - 4 mm.*

## CARATTERISTICHE

*In Tabella 1 sono riportate le proprietà meccaniche di una struttura infiltrata a base di epossidiche 2K con massimo riempimento di vetro espanso. Le misurazioni sono state eseguite dall'Università di Scienze Applicate di Landshut. La conducibilità termica è stata determinata presso Poraver.*

*La seguente analisi comparata fra un composito cellulare con una matrice poliammidica e altri materiali ha dimostrato una elevata potenzialità per costruzioni leggere, proprio per le ottimali proprietà meccaniche specifiche del composto.*

*Il vetro espanso utilizzato, non soltanto contribuisce a migliorare le proprietà meccaniche, ma anche a incrementare la resistenza alla deviazione di calore del composito quando si utilizzano le resine termoplastiche come matrice. In Figura 2 è rappresentato il range della proprietà di deviazione*

properties of the compound. The used expanded glass product not only contributes to enhanced mechanical properties, but also in an increase of the resistance to heat deflection of the composite when using thermoplastic resins as a matrix material. The following Figure 2 shows the range of the heat deflection property of a composite with polyamide matrix and expanded glass filler compared to other materials. In addition to the good specific properties, there are also further benefits thanks to the use of expanded glass material like reduced combustibility due to mineral character of the expanded glass, easy manufacturing and tooling of the compound, easy

**Tab. 1 - Mechanical properties of syntactic foams with different granulate fractions [2]; *thermal conductivity measured at Co. Poraver**

| Granulate fraction<br>*Frazione granulare* | 0.5 - 1 mm | 1 - 2 mm | 2 - 4 mm |
|---|---|---|---|
| Density [g/cm³] / *Densità [g/cm³]* | 0.81 | 0.72 | 0.69 |
| Young's modulus [MPa]<br>*Modulo di Young* | 4033 | 3119 | 2738 |
| Poisson`s ratio [-]<br>*Coefficiente di Poisson* | 0.31 | 0.31 | 0.33 |
| Shear modulus [MPa]<br>*Modulo di taglio* | - | 1100 | - |
| Compressive strength [MPa]<br>*Resistenza alla compressione* | 32.1 | 18.3 | 14.6 |
| Tensile strength [MPa]<br>*Resistenza alla trazione* | 12.9 | 9.1 | 9.0 |
| Shear strength [MPa]<br>*Resistenza al taglio* | - | 9.0 | - |
| Thermal conductivity * [W/mK]<br>*Conducibilità termica* | 0.161 | 0.155 | 0.135 |

***Tab. 1 - Proprietà meccaniche delle schiume sintattiche con differenti frazioni granulari [2]; * conducibilità termica misurata presso Poraver***

*termica di un composito con matrice poliammidica e riempitivo di vetro espanso rispetto ad altri materiali. Oltre alle buone proprietà specifiche, esistono altri vantaggi nell'utilizzare il materiale di vetro espanso: ridotta infiammabilità dovuta alla natura minerale del vetro espanso, facile produzione e lavorazione del composto, facile produzione delle strutture contour-exact ed eccellenti proprietà di isolamento termico.*

## *APPLICAZIONI*

*Le applicazioni, con potenzialità notevoli si collocano specialmente nell'ambito delle strutture automotive. Ad esempio, per gli elementi d'anima dei paraurti (Fig. 4) l'elevata rigidità*

production of contour-exact structures and excellent thermal insulation properties.

## APPLICATIONS

Applications of great potential are especially in the field of automotive structures. For example for core elements for crash absorber (Fig. 4) the high specific stiffness, low density and excellent energy absorption are very suitable. To improve these specific properties even further an adapted one-step manufacturing process was patented by the University of Applied Science Landshut. With this procedure the benefits of a cellular core and fibre reinforce outer layers can be combined at one time. With the high softening point of the glass filler of approx. 700 °C the matrix material is not only limited to plastic resins. It is also possible to infiltrate the fill with low melting metal melts. These materials can be for example processed by powder metallurgy methods.

Fig. 2 Weight-specific bending stiffness and bending energy from a 3-point bending test of sandwich materials with different cores[3]

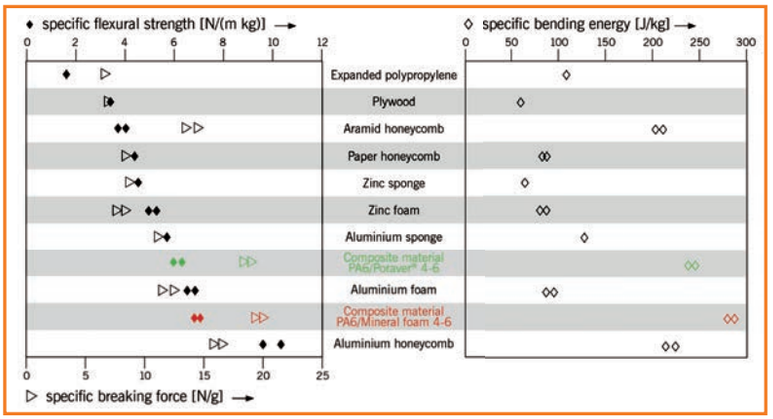


*Fig. 2 Resistenza alla flessione ed energia di flessione, test della flessione su tre punti dei materiali sandwich con anime differenti[3]*

## CONCLUSION

Syntactic foams with expanded glass granules are better suited for multi-axial stresses compared to conventional cellular materials. The percentage of the achieved shear and tensile strength of the compressive strength is higher than with conventional solutions. Due to the mineral composition with high temperature resistance, the infiltration by metal melts such as aluminium or zinc as matrix material is also possible. With the weight reduction of approx. 30 % compared to standard solutions made out of steel high lightweight construction potentials are given. The investigated structures offer significantly high weight related energy absorption and better energy absorption efficiency. It is possible to use combined solutions with fibre reinforced laminates. Further enhancements compared to sheets of steel for the exterior shell are possible with this combination.

## REFERENCES

[1] S. Diel, F. Bürgel, O. Huber: Auslegung und Optimierung eines Skateboards in Sandwichbauweise mit zellularen Verbundwerkstoffen und integrierten faserverstärkten Deckschichten; Proceedings ANSYS Conference & 30th CADFEM Users' Meeting 2012, Kassel

[2] S. Diel, O. Huber: Cellular composites - mechanical properties and applications in sandwich structures; Proceedings CELLMAT 2012, Dresden

[3] Klaus, H. Charakterisierung, Modellierung und Anwendung zellularer Verbundwerkstoffe im elasto-plastischen Bereich; Dissertation 2007, FAU Erlangen.

*specifica, la ridotta densità e l'eccellente assorbimento delle energie d'impatto sono particolarmente adatte allo scopo.*

*Per potenziare queste proprietà specifiche, dall'Università di Scienze Applicate di Landshut è stato brevettato un processo costruttivo adattato a fase unica. Grazie a questa procedura, i vantaggi offerti dal materiale d'anima cellulare e gli strati esterni fibro-rinforzati possono essere combinati in un'unica fase.*

*Con l'elevata temperatura di rammollimento del riempitivo di vetro, pari a circa 700°C, la matrice non si limita solo alle resine plastiche. E' anche possibile infiltrare il riempitivo con metallo a bassa fusione. A esempio, questi materiali possono essere trattati con l'ausilio della metallurgia delle polveri.*

Fig. 3 Comparison of the heat deflection temperature of different systems based on their price per kilogram [4]

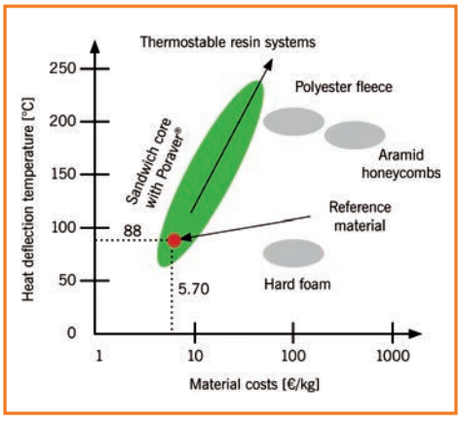


*Fig. 3 Confronto fra la temperatura di deviazione termica di diversi sistemi in base al loro prezzo al chilogrammo[4]*

## CONCLUSIONI

*Le schiume sintattiche contenenti granuli di vetro espanso sono particolarmente indicate nei casi di sollecitazioni multiassiali, nel confronto con i materiali cellulari.*

*La percentuale delle forze di taglio e resistenza alla trazione raggiunte delle forze di compressione è superiore a quella ottenuta con le soluzioni convenzionali.*

*Per via della composizione minerale ad alta resistenza termica, è altresì possibile l'infiltrazione con fusioni di metalli quali l'alluminio o lo zinco come materiali matrice.*

*Con una riduzione di peso di circa il 30% rispetto alle soluzioni standard d'acciaio, sono offerte molte potenzialità costruttive con riduzione di peso.*

Fig. 4 Crash element solution as hybrid material with syntactic foam core[5]

*Fig. 4 Elemento realizzato con materiale ibrido e schiuma sintattica[5]*

Fig. 5 Core of cellular composite with cover layers of glass fibre laminate[1]

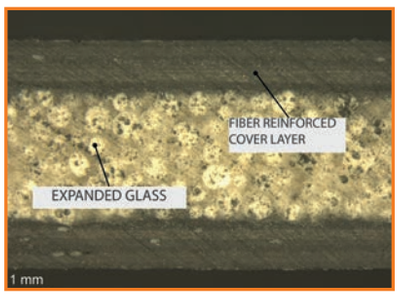


*Fig. 5 Anima del composito cellulare con strati di copertura in laminato in fibra di vetro[1]*

Fig. 6 Syntactic material with expanded glass and zinc foam

*Fig. 6 Materiale sintattico con vetro espanso e schiuma di zinco*

[4] M. Mbang, S. Aranda, F. Klunker, G. Ziegmann: Druckfestigkeit und Wärmeformbeständigkeit von Sandwichkernen mit Poraver; Poster TU Clausthal

[5] F. Bartl, H. Klaus, R. Dallner, O. Huber: Material behaviour of cellular composites undergoing large deformations, International Journal of Impact Engineering 36, 2009, p. 667-679.

*Le strutture studiate forniscono un alto assorbimento di energie correlate al peso elevato e una maggiore efficienza nell'assorbimento delle energie.*

*E' possibile utilizzare soluzioni combinate con i laminati fibro rinforzati. Con questa combinazione si ipotizzano ulteriori migliorie rispetto ai laminati d'acciaio per involucri esterni.*