

# Lightweight construction in aeroplane interiors. Development of composite-based series-produced components



J. Franke

Joerg Franke, ENSINGER GROUP



Lightweight and high-strength materials have become indispensable for high-end applications in the aviation industry. In passenger aircraft every kilogram counts, which is why metals are increasingly being replaced with plastics-based solutions, also in interior design.

Thermoplastic composites, in particular, offer companies kitting out aeroplanes significant weight reduction without requiring them to make compromises in terms of mechanical properties. A project by companies Bucher Leichtbau and Ensinger shows that making the switch to fibre-reinforced composites

can provide additional technical advantages. Bucher Leichtbau AG, headquartered in Fällanden (Switzerland), is a specialist for aircraft interiors and automotive equipment. Among other things, the aviation division of the corporate group develops and produces galleys and cabinets for passenger aircraft.

A full module of this type can accommodate a load corresponding to eight times its own weight and has to be able to withstand accelerations that are at least nine times that of gravitational acceleration. Here, a distinction is drawn between flight loads (normal flight conditions such as take-off,

landing, turbulence) and emergency landing loads (controlled emergency landing or aborted take-off).

The required minimum operating life of the modules produced, is for example 25 years for Airbus and Boeing.

## INITIAL SITUATION: MATERIAL AND INSTALLATION COSTS

For safety reasons, all metal mountings for electrical plug-in connections in commercial aviation must be earthed. With electrically conductive, supporting structures in the Bucher aluminium galleys, an existing fastening screw

## Componenti leggeri per interni di aeromobili. Lo sviluppo di strutture in materiali compositi per la produzione in serie

Joerg Franke, ENSINGER GROUP



*Materiali leggeri e ad elevata resistenza meccanica sono diventati indispensabili per applicazioni di fascia alta nell'industria aeronautica.*

*Nei velivoli commerciali ogni chilogrammo conta, e questo è il motivo per cui i metalli sono sempre più sostituiti da soluzioni basate su materiali plastici, anche per il design di interni.*

*I compositi termoplastici in particolare, permettono alle società di risparmiare peso in modo significativo sulle dotazioni dell'aereo*

*senza compromettere le proprietà meccaniche. Un progetto messo a punto dalle società Bucher Leichtbau ed Ensinger ha dimostrato che l'adozione di materiali compositi fibro-rinforzati può generare numerosi vantaggi tecnici.*

*Bucher Leichtbau AG, con quartier generale a Fällanden (Svizzera) è specializzata nella realizzazione di interni e attrezzature per aerei e automobili.*

*La Divisione Aviazione del gruppo sviluppa e produce, tra gli altri, cucine di bordo e*

*armadietti per i velivoli commerciali.*

*Un modulo intero di questo tipo può contenere un carico corrispondente a otto volte superiore il suo peso e deve essere in grado di sopportare accelerazioni nove volte a quella dell'accelerazione gravitazionale.*

*In questo caso, va sottolineata la distinzione fra il carico in volo (condizioni di volo ordinarie, come il decollo, l'atterraggio e la turbolenza) e i carichi di un atterraggio d'emergenza o di un decollo non riuscito).*

*La vita utile minima richiesta per questi*



equipped with the necessary corrosion protection measures is often sufficient. If, however, the metal connector mountings are positioned on non-conductive structures in the galleys, an additional cable is required for the electrical earthing. This earthing cable must be secured at regular intervals which drives a requirement for additional fastening threads, spacer bolts, cable clamps and screws.

In addition to the material input for the cable routing, high costs arise for planning and installation: The design work includes making an entry in the schematic circuit diagram; what is more, a resistance measurement must be defined in the test plan for every earthing cable. This must also be incorporated into the

Fig. 1 Among other things, Bucher develops and produces galleys for passenger aircraft. A full module of this type must withstand stresses at least nine times those from gravitational acceleration



Fig. 1 Bucher sviluppa e produce cambuse per velivoli commerciali. Un modulo totale di questo tipo deve resistere a sollecitazioni almeno nove volte superiori a quelle dell'accelerazione gravitazionale

relevant maintenance guidelines and operating instructions, as well as into the authorisation

documents.

During production, the contact resistance must be recorded and a corrosion protection coating be applied with every earth connection.

### METAL SUBSTITUTE REMOVES THE NEED FOR EARTHING

The work and costs involved in an earth connection can be completely eliminated if the connector mountings previously made from metal are replaced by a non-conductive variant. Because of the operating temperature and fire safety requirements, however, it is not possible to use a low-cost, standard plastic.

For Bucher, the sought-after technical alternative needed to be capable of replacing a large number of existing sheet aluminium parts one-to-one so



moduli è pari, ad esempio, a 25 anni per Airbus e Boeing.

protezione anticorrosione.

Tuttavia, se le staffe metalliche delle connessioni

elettriche vengono posizionate su strutture non conduttive nella cucina, per la messa a terra si

### SITUAZIONE INIZIALE: COSTI DEI MATERIALI E DELLE INSTALLAZIONI

Per motivi di sicurezza, tutti i supporti metallici delle connessioni elettriche in campo aeronautico devono essere provvisti della messa a terra. Nelle cucine di bordo della Bucher, dotate di strutture in alluminio elettricamente conduttive, di solito è sufficiente una vite di fissaggio equipaggiata con la necessaria

Fig. 2 Before CNC processing: Blank for a bracket for a plug-in connection. Fibre composite consists of a pre-preg approved for the aviation industry with glass fibre which is embedded in a PEI matrix




Fig. 2 Prima del processo CNC: lo sboccato di una staffa per connettori. Il fibra composito è realizzato a partire da un pre-preg approvato per l'industria aerospaziale, con fibra di vetro in una matrice di PEI.

Fig. 3 Ensinger's finished components. The connector mountings come in versions with different dimensions. Thanks to the continuous, straightened fibres, the thermoplastic composite material has significantly higher strength and rigidity than short fibre-reinforced plastics



Fig. 3 I componenti finiti di Ensinger. Le staffe per connettori hanno diverse versioni con varie dimensioni. Grazie alle fibre di rinforzo continue, il composito termoplastico presenta resistenza meccanica e rigidità significativamente superiori rispetto ai materiali plastici rinforzati con fibre corte

 as to minimise the work and costs involved in switching when they were introduced. For this demand to be met, a rigid, high-strength material is required. Owing to the relatively small quantities of the different connector mountings, a solution with high tool costs was not an option. Initial trials with locally remodelled parts made from fibre-reinforced, thermoplastic sheet material did not show satisfactory results in the remodelled zones.

### THERMOPLASTIC COMPOSITE COMPONENTS

The breakthrough was achieved during their first cooperative venture with Ensinger GmbH. On the basis of Bucher's requirement specifications, the Otelfingen (Switzerland)-based Composites division developed a solution on the basis of thermoplastic fibre-reinforced

Fig. 4 The connector mounting (centre of image) is the first joint project between Bucher Leichtbau and Ensinger. The series-produced part manufactured from glass fibre reinforced PEI in a variety of dimensions replaces an aluminium bracket previously used – which had to be earthed. The thermoplastic composite material is not electrically conductive, as a result of which the material and installation costs for the earthing cable previously needed can be eliminated. In addition, it was possible to significantly reduce the weight of the cable module as a whole

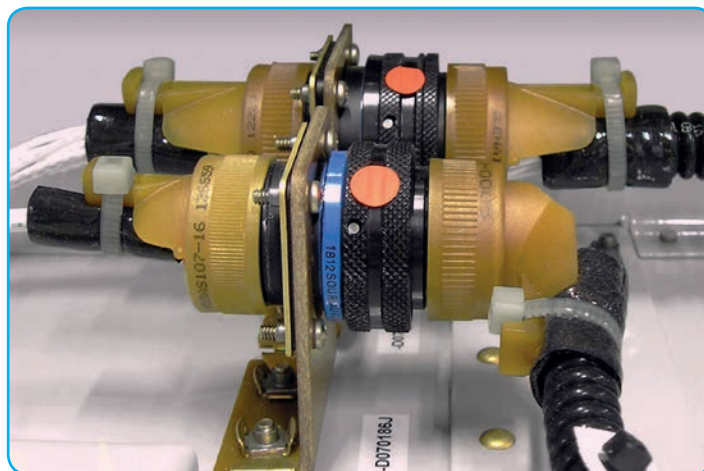



Fig. 4 L'assemblaggio connettori (al centro dell'immagine) è il primo progetto comune di Bucher Leichtbau ed Ensinger. Il componente prodotto in serie, realizzato in fibra vetrosa rinforzata (PEI) in diverse dimensioni sostituisce il supporto di alluminio precedentemente usato, che doveva essere messo a terra. Il materiale composito termoplastico non è conduttivo. Da cui deriva che i costi del materiale e dell'installazione per il cavo di messa a terra prima indispensabile possono ormai essere risparmiati. Inoltre, è stato possibile ridurre in modo significativo il peso del modulo del cavo nel suo complesso

composite. A pre-preg approved for the aviation industry with glass fibre and a PEI matrix (polyether amide) was chosen for the material.

After a brief optimisation phase, it was possible to manufacture the first series-produced parts. Because of the specialist processing techniques, two of the Ensinger's sites are involved in the production of the connector mountings: at the Otelfingen site, Ensinger's composite experts produce semi-finished parts in an angular shape from the PEI pre-pregs. Unlike comparable components, these blanks are not cut to size from a thick laminate and thermoformed but, using individual pre-preg layers, pressed in a tool into the defined form. Among other things, this process offers the advantage of reducing the springback effect. The CNC processing of the fibre composite parts takes place at

 deve usare un cavo aggiuntivo. Questo cavo deve essere messo in sicurezza ad intervalli regolari e il che comporta l'utilizzo di ulteriori cavi di fissaggio, bulloni distanziatori, serracavi e viti. Oltre ai materiali usati per la posa del cavo, si incorre in un rincaro dei costi per la pianificazione e l'installazione: usando supporti metallici, il lavoro di progettazione richiede il loro inserimento nello schema elettrico, con la definizione di una procedura di verifica della resistenza per ogni cavo di messa a terra. Questo stesso dovrà anche essere incorporato nelle linee guida delle operazioni di manutenzione e nelle istruzioni operative oltre che nei documenti di autorizzazione. Nel corso del processo produttivo, la resistenza al contatto deve essere registrata applicando anche un rivestimento anticorrosione su ogni messa a terra.

### LA SOSTITUZIONE DEI METALLI ELIMINA LA NECESSITÀ DI MESSA A TERRA

Il lavoro e i costi previsti nelle operazioni di messa a terra possono essere del tutto eliminati se le staffe per i connettori realizzate in metallo vengono sostituite con una variante isolante in plastica.

Tuttavia, per via della temperatura di esercizio e dei requisiti sulla sicurezza antincendio, non è possibile utilizzare una plastica standard a basso costo. Per Bucher, le alternative dovevano essere in grado di sostituire un numero elevato di parti esistenti costituite da fogli di alluminio, uno a uno, per ridurre al minimo il lavoro e i costi delle operazioni di sostituzione. Per soddisfare questa richiesta, era quindi indispensabile un materiale rigido e con elevata resistenza.

Dati i quantitativi relativamente modesti, una soluzione con attrezzature costose non era

sostenibile. Le prove iniziali con particolari realizzati sul posto modellando lastre termoplastiche rinforzate con fibre non avevano fornito risultati soddisfacenti nelle aree interessate.

### COMPONENTI IN MATERIALE COMPOSITO TERMOPLASTICO

Il primo grande progresso è stato conseguito durante la prima esperienza di cooperazione con Ensinger GmbH. Sulla base dei requisiti specificati, la Divisione Compositi di Otelfingen (Svizzera) ha messo a punto una soluzione costituita da materiale composito termoplastico fibrorinforzato.

A tal fine è stato scelto un pre-preg autorizzato per l'industria aeronautica con fibra vetrosa a matrice PEI (polietere immide). A seguito di una breve fase di ottimizzazione, è stato possibile produrre le prime parti realizzate in serie. Date



Ensinger's subsidiary Trig Engineering Ltd in Bridgwater, Somerset (UK). Trig Engineering, which specialises in the production of precision parts from thermoplastic high-performance plastics and composite materials, operates in accordance to the aerospace AS9100 revision D standard and is a member of Ensinger's international machining group. From the angular blanks produced in Otelfingen, Trig Engineering Ltd precision machine the connector mountings to final product specification. For most fastening brackets there are several versions with different dimensions. Thanks to the flexible process, it is also possible to produce high-quality, special designs with contours or drilled holes and with short lead times.

### SIMPLER, MORE COST-EFFECTIVE, AND LIGHTER

The manufacturing costs for the new plastic

Fig. 5 Thanks to Ensinger's preform technology, differences in wall thicknesses are also possible when producing angles. Thus the corner section that is under high strain can be reinforced, while in the sections which are not under as high strain (e.g. on the arms), material can be conserved. With the aid of this near net shape technology a significant weight reduction is possible – whilst maintaining comparable strength and rigidity



Fig. 5 Grazie alla tecnologia dei preformati di Ensinger, sono ammissibili differenze dello spessore della parete durante la realizzazione degli angoli. In questo modo la sezione dell'angolo sottoposta ad alta deformazione può essere rinforzata, mentre nelle sezioni che non sono sollecitate (ad es. sui bracci), il materiale può essere conservato. Con l'aiuto di questa tecnologia "near net shape" è possibile risparmiare molto peso conservando la tenacità e la rigidità

mountings are significantly higher than the previous version in aluminium.

However, the savings in terms of engineering and production of the cabinets means that the new solution is still considerably more

straightforward and importantly more cost-effective in total.

As the galleys are lighter thanks to the use of composite components, the airlines benefit in the long term.

Because every kilogram of additional weight which does not have to be taken into the air saves money.

Thanks to Ensinger's preform technology, differences in wall thicknesses are also possible when producing angles.

So in a similar way to with a forked branch, the corner section under high strain can be reinforced, while in the sections which are not under as high strain (e.g. on the arms), material can be conserved.

The manufacturing technique is referred to as the 'near net shape' process. Depending on the component geometry, significant material and weight savings are possible with this technology – whilst maintaining comparable strength and rigidity.



le speciali tecnologie di processo, per la produzione dei supporti dei connettori sono stati coinvolti due siti Ensinger. Nello stabilimento di Otelfingen, gli esperti di compositi Ensinger producono semilavorati in forma angolare dai pre-pregs PEI. Diversamente dai componenti equivalenti, questi sbozzati non sono tagliati su misura e termoformati da laminati di alto spessore, ma con l'ausilio di singoli strati pre-preg, pressati tramite un utensile in una forma definita. Fra l'altro, questo processo offre il vantaggio di ridurre l'effetto di una contropinta.

La lavorazione CNC di questi componenti in materiale plastico ha luogo nella filiale di Ensinger Trig Engineering Ltd di Bridgwater, Somerset (UK). Trig Engineering, specializzata nella realizzazione di componenti di precisione ricavati da materiali plastici e compositi termoplastici di alta prestazione, opera in linea con la normativa

AS9100 revisione D ed è parte del gruppo di lavoro internazionale Ensinger. Partendo dallo sbozzato angolare prodotto ad Otelfingen, Trig Engineering Ltd realizza con precisione i supporti dei connettori secondo le specifiche finali del prodotto. Per quanto riguarda la maggior parte dei supporti di fissaggio esistono diverse versioni con varie dimensioni. Grazie ad un processo flessibile, è altresì possibile realizzare design speciali di alta qualità con contorni oppure perforazioni in brevi tempi.

### PIÙ FACILE, PIÙ ECONOMICO E PIÙ LEGGERO

I costi di produzione dei nuovi sistemi in materiale plastico sono di gran lunga superiori a quelli della versione precedente in alluminio. Tuttavia, i risparmi in termini di progettazione e modalità produttive degli armadietti indicano che la nuova soluzione è più pratica e, ancora più importante,

nel complesso più economica. Poiché le cucine di bordo sono più leggere grazie all'impiego dei componenti in composito, le linee aeree ne traggono beneficio a lungo termine, dal momento che ogni chilogrammo di peso in più risparmiato fa anche risparmiare denaro. Grazie alla tecnologia di formatura Ensinger, si possono ottenere angolari con spessori di parete ottimizzati.

Di conseguenza, in modo simile ad un ramo diviso in due parti, la sezione angolare sottoposta a sollecitazioni e deformazioni può essere rinforzata, mentre nelle sezioni non sottoposte a queste condizioni (ad esempio sui bracci), vi può essere un risparmio di materiale.

La tecnica produttiva è nota come processo "near net shape". In base alla geometria del componente, sono possibili notevoli risparmi di peso e di materiali, pur conservando una resistenza e rigidità comparabili.