

Composite aerospace components that could change the face of aircrafts design forever

When Sigma Precision Components was established in 2005, it quickly developed a reputation for excellence manufacturing rigid metal pipes and tube assemblies for aerospace applications. Offering a full-life service – from new product development to volume production and aftermarket support – it has grown quickly, reporting turnover of nearly £40m in 2015 and operating from sites in China and across the United Kingdom. Today, alongside its core business, the company is combining its own in-house composites manufacturing expertise with that of a range of specialist partners to develop composite aerospace components that could change the face of aeroplane design forever.

Mark Johnson, founder and managing director of the company which also forms Avingtrans plc's Aerospace Division – explained: "We saw GKN, Airbus, Boeing and others increasingly turning to non-metallics and composites in both airframes

and aero-engines but no-one was working to develop this technology lower down the supply chain so we put forward a technology roadmap to advance in this area.

"In late 2012, we were awarded our first funded technology programme as part of the Clean

Sky initiative. Sponsored by Rolls-Royce, our goal was to develop composite pipes for aero-engines that could offer both environmental and production performance improvements.

"The brief for the project was complex: we needed to develop a polymer matrix composite



Composite vs traditional pipe
Materiale composito / Materiale tradizionale

Componenti aerospaziali che cambieranno per sempre la progettazione degli aerei

Sigma Precision Components nasce nel 2005 e acquista velocemente il titolo di eccellenza come produttore di condotte di metallo rigide e di tubature assemblate per applicazioni aerospaziali. Offrendo un servizio di lunga durata, a partire dallo sviluppo di nuovi prodotti alla produzione in volume e all'assistenza post-vendita, è cresciuta velocemente riportando nel 2015 un fatturato di quasi 40 milioni di sterline e operando negli stabilimenti in Cina e in Gran Bretagna. Oggi, insieme alle attività principali, l'azienda mette a frutto la propria esperienza professionale nel campo dei compositi operando in sinergia con vari partner specializzati nello sviluppo di componenti per il

settore aerospaziale, che potrebbero trasformare completamente la progettazione degli aerei.

Mark Johnson, fondatore e direttore responsabile della società, anche in carica nella Divisione Aerospace di Avingtrans plc ci ha raccontato: "Notiamo che GKN, Airbus, Boeing e altri sono sempre più orientati verso l'utilizzo di componenti non metallici e compositi sia per la struttura che per i motori dei velivoli, ma nessuno si è preoccupato di sviluppare questa tecnologia fino a raggiungere la catena di distribuzione, ragion per cui abbiamo creato una roadmap tecnologica avanzata, finalizzata a questo scopo.

"Verso la fine del 2012 abbiamo ottenuto il

nostro primo finanziamento all'interno del progetto Clean Sky. Sponsorizzati da Rolls-Royce, il nostro obiettivo era mettere a punto condotte in materiale composito per motori aerospaziali che potessero garantire il miglioramento della prestazione ambientale e produttiva.

"L'idea iniziale del progetto era complessa: dovevamo realizzare un composito a matrice polimerica che potesse dar luogo a condotte resistenti a qualsiasi perdita per i motori dei velivoli. Date le condizioni operative molto rigorose dei motori degli aeroplani, le condotte dovevano resistere a pressioni interne pari a 450psi e a temperature superiori ai 165°C, ma anche offrire

that could be formed to create leak-proof piping for aero-engine applications.

“Given the harsh operating conditions of aero-engines, the pipes needed to be able to withstand internal pressures up to 450psi and temperatures up to 165°C, stand up to significant operational vibration and resist wear from hydraulic fluid, oil and aviation fuel.

“Most importantly, if they were to have a commercial future, the finished pipes also needed to be fireproof or, at the very least, fire resistant. This means withstanding average temperatures of 1093°C for 5-15 minutes while continuing to perform their intended operational function – no mean feat for a polymer composite!”

Mike Andraea, Sigma’s director of technology and improvement takes up the story: “We began the project by reviewing what is considered to be state-of-the-art for metallic aero-engine pipes and composite pipes used in other applications. This included both thermoset and thermoplastic materials and different methods of creating those materials. Pursuing the thermoset route would have meant creating new tooling for each of the 300-400 pipes typically present in an aero-engine so we ultimately decided that thermoplastic materials offered the best option. These materials can be formed using techniques very similar to those we already use for metal pipes

while we can also change the qualities of the pipes to suit different applications.”

Following extensive development work, the team arrived at a carbon-fibre braided material combined with a PEEK-based resin system to provide the best mixture of performance and formability.



Sigma Precision Components - composite vs traditional pipe

Sigma Precision Components - materiale composito / materiale tradizionale

resistenza a vibrazioni significative e all'usura causata dai fluidi idraulici, olio e combustibile.

Ancora più importante è il fatto che, se queste avessero dovuto avere un futuro commerciale, le condotte finite avrebbero dovuto essere anche a prova di fiamma o, come minimo resistenti alla combustione. Ciò avrebbe implicato una resistenza a temperature medie di 1093°C per 5-15 minuti pur continuando ad offrire la propria prestazione, il che non è poco per un composito polimerico!”

Mike Andraea, direttore della divisione tecnologia e miglioramento, continua: “Abbiamo iniziato il progetto passando in rassegna ciò che era considerato lo stato dell'arte delle condotte metalliche per motori di velivoli e altri tubi in composito, utilizzati per altre applicazioni. Fra questi erano presenti i materiali termoindurenti e termoplastici insieme a varie tecniche di produzione di questi materiali. Operare in base ai principi produttivi dei materiali termoindurenti avrebbe voluto dire creare nuovi strumenti per ogni serie di 300-400 condotte presenti nella fattispecie nei motori dei

velivoli, quindi abbiamo concluso in ultima analisi che i materiali termoplastici avrebbero rappresentato l'opzione migliore. Questi materiali possono essere realizzati adottando tecniche molto simili a quelle già in uso per le condotte metalliche, ma anche trasformando le qualità stesse delle condotte per adeguarle ad applicazioni differenti fra loro. Grazie ad un'estesa attività di sviluppo, il team è giunto alla realizzazione di un materiale intrecciato di fibra di carbonio combinato con un sistema a base di resine PEEK, che avrebbe offerto il binomio perfetto di prestazione e plasmabilità.

Mike continued: “Once we’d developed the pipe material, we needed to move on to the end fittings. Basing our designs on established, threaded metal connections used for metal pipes offered the most cost-effective course but we needed to re-visit the overall design to make sure this didn’t compromise the total assembly weight saving.

“We also developed a new process (patent pending) to allow us to form the pipes into

Ed ancora dalle sue parole: “Una volta messo a punto il materiale della condotta, abbiamo continuato il lavoro fino alle guarnizioni. Aver basato i nostri progetti su connettori metallici filettati ben consolidati e utilizzati per le condotte metalliche, ci ha offerto la possibilità di scegliere la maggiore efficacia dei costi, eppure abbiamo dovuto riesaminare il progetto nel suo complesso per accertarci che questo non compromettesse il risparmio totale di peso dell'assemblato.

Abbiamo anche sviluppato un nuovo processo (brevetto in corso) che ci consentisse di modellare le condotte nelle complesse geometrie 3D richieste nelle applicazioni dei motori per aerei. La sfida in questo caso era rappresentata dal fatto che durante il trattamento del materiale composito, si sarebbe dovuto ripristinare la temperatura di fusione originaria, ma questa operazione andava eseguita sotto stretto controllo per conservare le proprietà del composito e per evitare di creare sollecitazioni ai componenti. Usando il nuovo processo, abbiamo ottenuto con

the challenging 3D geometries required of aero-engine applications.

“The challenge here was that, when forming a composite material, you have to take it back to its original melt temperature but this has to be tightly controlled to maintain the composite’s properties and avoid creating stress in the parts. Using our new process,

we’ve successfully demonstrated angles up to 90° with a bend radius of 2.5D and we’re confident there is more to come.”

The biggest challenge for the project was in meeting the crucial flammability requirements for the pipes used in aero-engines. This involved exploring a number of different solutions, including the use of fire-retardant coatings.

“The most interesting discovery was that, while composite pipes with static air in them were unlikely to be fire resistant, our composite pipe filled with liquid passed both fire resistant and fire proof tests easily,” Mike continued. “The construction of the pipe is an important issue as it’s crucial to make sure there’s enough heat transfer out of the pipe.”

Vibration testing was carried out by exciting the pipe at its resonant frequency on a shaker table, in three axes, for eight hours. This delivered



Braided composite material
Materiali compositi intrecciati

successo angoli fino a 90° con un raggio di curvatura di 2,5 D, e all’orizzonte intravediamo ulteriori margini di miglioramento.

La sfida principale del progetto era soddisfare i requisiti fondamentali dell’infiammabilità delle condotte utilizzate nei motori dei velivoli e per questo motivo sono state esaminate diverse soluzioni fra cui l’utilizzo dei rivestimenti ritardanti di fiamma. La scoperta più interessante è stata che, mentre le condotte in composito ad aria statica difficilmente sarebbero state resistenti alla fiamma, la nostra tubatura in composito riempita di liquido ha superato facilmente i test dell’infiammabilità e della resistenza alla combustione”, ha aggiunto Mike. “ La costruzione della tubatura è un tema centrale ed è fondamentale accertarsi che vi sia sufficiente trasferimento di calore all’esterno della condotta stessa.” Il test della vibrazione è stato eseguito sottoponendo la condotta alla sua frequenza di risonanza su una tavola vibrante, a tre assi per otto ore. Questo test ha fornito esiti più che positivi così come i test della scalfittura e dell’usura eseguiti sottoponendo le condotte scalfite ad una pressione di 1000 psi, i quali hanno dimostrato che le tubature riuscivano a conservare la loro funzionalità senza presentare perdite o deterioramento. Mark Johnson ha concluso: “Abbiamo affrontato grandi difficoltà per due anni e mezzo ma infine i risultati del programma e le potenzialità offerte dalla nostra tecnologia COMPipe si sono rivelate sorprendenti. Abbiamo dimostrato con successo che la condotta a fili intrecciati di fibra di carbonio è in grado di superare i requisiti tecnici del test e che può essere

similarly impressive results while scratch and abuse tests – which subjected deeply scratched pipes to pressure tests at 1000 psi – also showed that the pipes could maintain function without any leaks or degradation. Mark Johnson concluded: “It has been a challenging two and half years but we’re really excited by the results of the programme and the potential offered by our COMPipe technology.

We’ve successfully demonstrated that a carbon fibre-braided pipe, can pass technical test requirements and be moulded and post-formed into complex shapes using commercial-scale processes.

Most excitingly, the pipes offer 50% weight savings over their metallic counterparts and are also cost-effective to produce.

We estimate that about one third of the engine dressings of a typical engine could be converted to composite pipes, which equates to roughly 150 pipes. This could deliver weight savings of over 10kg per engine (20kg for a twin-engined aircraft), rising to a possible weight saving of over 100kg per aircraft when the snowball effect is taken into account.

We are now spinning off the technology under our Sigma Lite brand and expanding the scope of our R&D activity to include additive layer manufacturing (ALM), as well as new lightweight metals technologies and hybrid solutions.

In February 2015, we won a UK-government funded Advanced Manufacturing Supply Chain Initiative (AMSCI) award to develop composite drive shafts used in the leading and trailing edges of aircraft wings, as well



UK Prime Minister David Cameron experiences the COMPipe weight difference at Farnborough Airshow 2014

Il Primo Ministro del Regno Unito David Cameron sperimenta la differenza di peso di COMPipe al Farnborough Airshow 2014

stampata in forme complesse adottando i processi di scala commerciale. Ancora più interessante è stato scoprire che le condotte consentono un risparmio di peso pari al 50% rispetto alle controparti di metallo e che il processo produttivo si è dimostrato ad efficacia di costi.

Riteniamo che circa un terzo degli assemblati tipici di motori può essere

as automotive applications, and that project is already delivering promising results.

“Above all, we’re now building on our previous experience to become expert in introducing products that meet stringent cost and safety expectations while delivering real value in terms of improving efficiency and carbon footprint. It’s great news for everyone involved.”

about
Mark Johnson

Founder of Sigma Components, Mark Johnson is managing director of Avingtrans PLC’s aerospace division. A Fellow of the Royal Aeronautical Society and founder board member of Midlands Aerospace Alliance, he has over 30 years’ experience in the aerospace sector, beginning his career at GKN before taking increasingly senior roles at Lucas Aerospace and Dunlop Aerospace respectively. Mark established Sigma Components at the end of 2004, capitalising on the emerging Chinese market for precision-machined components. The company now employs more than 500 people across sites in Chengdu, China; Hinckley, Nottingham, Buckingham and Farnborough, UK.

Fondatore della Sigma Components, Mark Johnson è amministratore delegato della divisione aerospaziale Avingtrans PLC. Membro della Royal Aeronautical Society e fondatore di Midlands Aerospace Alliance, ha oltre 30 anni di esperienza nel settore aerospaziale. Ha iniziato la sua carriera presso GKN prima di assumere ruoli di crescente responsabilità a Lucas Aerospace e Dunlop Aerospace. Mark ha fondato Sigma Components alla fine del 2004, capitalizzando sul mercato cinese emergente per componenti di precisione. L’azienda ora impiega più di 500 persone tra i siti a Chengdu, in Cina; Hinckley, Nottingham, Buckingham e Farnborough, Regno Unito.

convertito in condotte in composito, che equivale a dire a circa 150 tubature. Tutto questo potrebbe determinare un risparmio di peso di più di 10 kg a motore (20 kg per un velivolo con doppio motore), con un ulteriore risparmio di peso possibile pari a più di 100 kg per aereo, tenendo conto dell’effetto dell’urto delle masse di neve.

Siamo in procinto di sviluppare la tecnologia con il marchio Sigma Lite e di ampliare le finalità della nostra attività R&D per includere la produzione additiva (ALM) e le nuove tecnologie dei metalli a basso peso oltre alle soluzioni ibride.

Nel mese di febbraio 2015 abbiamo vinto il premio Advanced Manufacturing Supply Chain Initiative (AMSCI) finanziato dal governo inglese per la messa a punto degli alberi di trasmissione utilizzati per i bordi di uscita delle ali dei velivoli, ma anche per applicazioni automotive e il progetto ha già dato risultati promettenti. Stiamo consolidando la nostra esperienza pregressa per presentare prodotti in grado di soddisfare le aspettative più rigorose in quanto a costi e sicurezza, ma garantendo un valore reale in termini di efficacia di miglioramento e di impronta al carbonio. Si tratta di una grande notizia per tutti coloro che sono coinvolti in queste attività”.