

Neue Anwendungen und Kunden für die automatisierte Produktion von Faserverbundbauteilen

## Verstärkung im Anflug

An der FPP-Technologie zeigen derzeit vor allem zwei Industrien besonderes Interesse: die Luft- und Raumfahrt bei der Automatisierung der Legeprozesse von Multimaterial-Leichtbauteilen mit Sandwichkern, sowie die Hersteller von CFK-Drucktanks für wasserstoffbetriebene Fahrzeuge (FCEV), die damit Einsparungen im zweistelligen Prozentbereich erzielen können. In beiden Fällen ist FPP die erste Technologie, die kritische Faserlegeprozesse automatisiert und so die Industrialisierung der Produktion vorantreibt.



Laminatverstärkung filamentgewickelter Drucktanks. Die Ausprägung der Patches und des Greifers ist an die Größe und Komplexität des Bauteils angepasst. © Cevotec

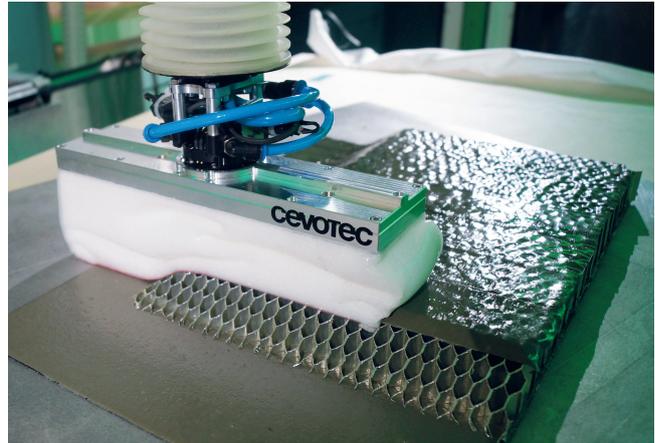
Die robotergestützte Fertigungstechnologie Fiber Patch Placement (FPP) erweitert die Möglichkeiten der automatisierten Herstellung von geometrisch komplexen Faserverbundbauteilen. Im FPP-Legeprozess werden definierte Faserstücke (Patches) aus einem Faserband geschnitten und von zwei Robotern und einem flexiblen Patch-Greifer direkt auf einem 3D-Werkzeug abgelegt (**Titelbild**). Die Größe der Patches und des

Greifers ist an die Größe und Komplexität des Bauteils angepasst. Da der Prozess als eine Reihe von individuell gesteuerten Patch-Platzierungen angelegt ist, ermöglicht die FPP-Technologie eine hohe Prozesskontrolle über den gesamten Legezyklus. Eine dedizierte CAD-CAM-Software vereinfacht die Erstellung von Patch-Laminaten und führt, ausgestattet mit einem digitalen Zwilling des Produktionssystems, eine vollauto-

matische Roboterprogrammierung durch. Ein Kernelement der Technologie ist eine vollständig entwickelte digitale CAD-CAM-Umgebung mit FE-Schnittstelle und vollautomatischer Offline-Roboterprogrammierung. Echtzeit-Qualitätssicherungssysteme erkennen potenzielle Fehler, bevor die eigentliche Faserablage durchgeführt wird (**Bild 1**). Zudem besteht die Möglichkeit, die Gesamtproduktivität je nach Anwendung um das



**Bild 1.** Die FPP-Anlage vereint mehrere Module für Zuführen, Schneiden, Materialkontrolle, Positionskontrolle und Ablage. © Cevotec



**Bild 2.** Das Fasermaterial kann direkt auf den abgeschrägten Übergang einer Wabenstruktur gelegt werden. © Cevotec

5- bis 10-fache zu steigern. Dies führt in der Regel zu Einsparungen von 20 bis 60% bei Kosten und Prozesszeit.

Die besonderen Vorteile der FPP-Technologie bei der automatisierten Herstellung komplexer Multimaterial-Flugzeugstrukturen und bei der Laminatverstärkung von filamentgewickelten Drucktanks werden in den folgenden Abschnitten beschrieben.

### **Automatisierung für Multimaterial-Flugzeugstrukturen**

Aufgrund ihrer hohen massenspezifischen Steifigkeit eignen sich Sandwichstrukturen aus Verbundwerkstoffen besonders gut für die anspruchsvollen gewichtsbeschränkten Anwendungen in Flugzeugen. Bei der Herstellung dieser Bauteile stellen jedoch die geometrische Komplexität und der Multimaterialmix unter anderem aus Klebefilm-, Glasfaser- und Carbonfaserlagen eine besondere Herausforderung dar. Die Herstellung erfordert in der Regel mehrere Prozessschritte und ist mit zeitaufwendigen manuellen Legeschritten sowie Zwischenkompaktierungen verbunden.

Die FPP-Technologie ist mit ihrer Fähigkeit, eine Vielzahl von Fasermaterialien zu verarbeiten, in der Lage, solche Bauteile vollautomatisch in einer einzigen Produktionsanlage herzustellen. Das Fasermaterial kann direkt auf gekrümmte, abgeschrägte Wabenkerne gelegt werden (**Bild 2**). Dies ersetzt die manuellen Legeschritte und erhöht in der Regel die Legepräzision und -wiederholbarkeit. Der Ablagedruck des Legeroboters kann eingestellt und kontrolliert werden.

Somit werden die normalerweise erforderlichen Zwischenkompaktierungen zahlenmäßig deutlich reduziert oder sogar gänzlich eliminiert, was zu wertvollen Einsparungen bei der Prozesszeit führt. Testmuster mit 24 Lagen wiesen Porositätswerte von weniger als 1% auf.

Die Prozessüberwachung in Echtzeit gewährleistet eine konstant hohe Teilequalität: Zwei visuelle Inspektionseinheiten analysieren

- die Qualität jedes Patches vor der Platzierung und
- die relative Position des Patches auf dem Greifer.

Dadurch garantiert das System, dass nur 100% spezifikationsgerechtes Rohmaterial präzise an der vorgesehenen Position platziert wird.

Der flexible Prozess ermöglicht auch die Kombination von Sandwichkernstrukturen und monolithischen Profilen in einem integrierten Produktionsprozess (**Bild 3**). Der kombinierte Laminatansatz wird vollständig von der FPP-spezifischen Software Artist Studio unterstützt. Dies erlaubt Laminatanpassungen im Entwicklungsprozess, wann immer diese erforderlich sind. Der Arbeits- und Zeitaufwand bei Designiterationen wird so deutlich reduziert.

### **H<sub>2</sub>-Drucktanks mit FPP-Kuppelverstärkungen**

Druckbehälter aus Verbundwerkstoffen sind der zentrale Energiespeicher für wasserstoffbetriebene Mobilität. Der Hauptkostentreiber der zylindrischen Tanks, die Betriebsdrücken von bis zu 700 bar ausgesetzt sind, sind die

## Info

### Autorin

**Dr. Daniela Klotz** ist als freie Journalistin unter anderem für Cevotec tätig; [communication@cevotec.com](mailto:communication@cevotec.com)

### Im Profil

Die **Cevotec GmbH** bietet eines der weltweit modernsten Produktionssysteme für komplexe Faserverbundwerkstoffe. An der Schnittstelle zwischen Faserverbund, Maschinenbau und Software entwickelt das Unternehmen Produktionsanlagen (Samba) und Software (Artist Studio) auf Basis der FPP-Technologie (Fiber Patch Placement). Die Anlagen ermöglichen die automatisierte Ablage von Carbon- und Glasfasern, Klebefolien und anderen technischen Fasern auf komplexe 3D-Geometrien. Hersteller nutzen die FPP-Technologie, um zum Beispiel Multimaterial-Composite-Flugzeugstrukturen, Verstärkungen für CFK-Drucktanks und andere Hochleistungskomponenten in einem qualitätskontrollierten, vollautomatischen Legeprozess herzustellen. Der Umstieg von konventionellen Verfahren auf FPP ermöglicht laut Cevotec Kosten- und Zeiteinsparungen von 20 bis 60%.

[www.cevotec.com](http://www.cevotec.com)

### Digitalversion

Ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/onlinearchiv](http://www.kunststoffe.de/onlinearchiv)

### English Version

Read the English version of the article in our magazine **Kunststoffe international** or at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)

verarbeiteten Carbonfasern, die über 50% der Gesamtkosten ausmachen. Um die Effizienz von Verbundtanks zu verbessern, untersuchte das US-Energieministerium bereits 2013 den positiven Effekt von Kuppelverstärkungen, aber bis heute gab es kein industrielles Verfahren zu deren Herstellung.

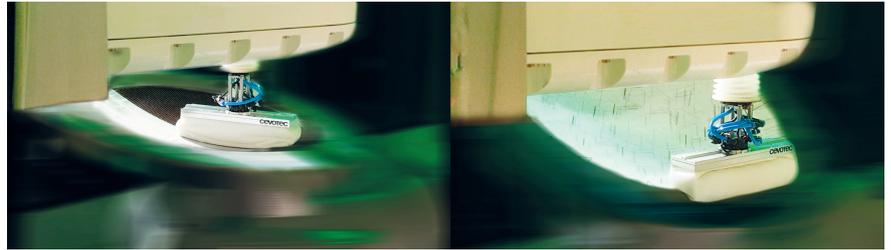
Cevotec hat die FPP-Technologie angepasst und eine industrielle Lösung geschaffen, die die Tank-Kuppelverstärkungen vollautomatisch legt (**Titelbild, Bild 4**), ehe der Tank samt Verstärkung in den etablierten Filament-Wickelprozess (FW) überführt wird. Gewicht und Herstellungskosten eines Tanks werden so bei gleichbleibenden mechanischen Eigenschaften um 15% reduziert.

Dabei platziert das FPP-Robotersystem die verstärkenden Patches direkt auf den Kuppelbereichen des Liners. Sie ersetzen die hochwinkligen Helixlagen (HAHL), die traditionell im FW-Verfahren aufgebracht werden. Anders als die HAHL erstrecken sich die Patches jedoch nicht über den zylindrischen Teil des Tanks, wo sie nur geringfügig zur mechanischen Leistung beitragen würden. Abhängig vom Größenverhältnis des Druckbehälters kann so eine beträchtliche Menge Material in diesem Bereich eingespart werden. Die Verstärkungen ermöglichen außerdem einen sanfteren Steifigkeitsübergang zwischen dem zylindrischen und dem kuppelförmigen Teil des Tanks, was zu einer weiteren Optimierung des Laminataufbaus führt.

### **Anlagen mit flexibel kombinierbaren Basismodulen**

Die Patches werden in einem unabhängigen Prozess aufgebracht, der parallel zum FW läuft. Diese Parallelisierung verkürzt die Gesamtzykluszeit um etwa 15% und ermöglicht auf diese Weise höhere Produktionsraten auf den bestehenden FW-Linien. Insgesamt machen sich die vielfältigen Vorteile der Serienproduktion von Composite-Drucktanks für jeden Hersteller schnell bezahlt: Die notwendigen Investitionen für die Verstärkung der FPP-Kuppeln werden mit einer Amortisationszeit von ein bis zwei Jahren wieder eingespielt.

Nicht nur Industriekunden, auch F&E-Partner sehen einen großen Nutzen in der FPP-Technologie. Im Jahr 2020 hat das Fraunhofer-Institut für Gießerei-



**Bild 3.** Der Prozess ermöglicht auch das kombinierte Legen von Sandwichkern-Strukturen und monolithischen Profilen wie hier bei einem Luftfahrtbauteil. © Cevotec



**Bild 4.** Das Robotersystem platziert die verstärkenden Patches direkt auf den Kuppelbereichen des Drucktanks. © Cevotec

Composite- und Verarbeitungstechnik (IGCV) im Fiber Placement Center (FPC) in Meitingen ein Produktionssystem „Samba Pro Prepreg“ von Cevotec in Betrieb genommen. Die FPP-Systeme der Samba Serie sind automatisierte Produktionsplattformen für anspruchsvolle Faser-Lay-ups, die mit der Software Artist Studio programmiert werden. Sie basieren auf drei skalierbaren Schlüsselmodulen für Materialzuführung und -schnitt (Ultraschall- oder Laserschnitt), Ablage der Patches sowie Werkzeughalter und -manipulatoren mit Schnellwechselsystem, die flexibel kombiniert und an die jeweiligen Anforderungen angepasst werden können. Die Anlage steht sowohl den Industriepartnern des FPC als auch weiteren interessierten Kunden zur Verfügung, um auf Basis der FPP-Technologie automatisierte Composite-Produktionsprozesse zu entwickeln.

Ein Samba-Step-System erweitert seit Sommer 2021 die Forschungsmöglichkeiten für Materials Resource Management in Augsburg. Die Universität Augsburg und die Hochschule Augsburg

setzen für Forschung und Entwicklung in den Bereichen künstliche Intelligenz (KI) und neue Materialien auf die FPP-Technologie. Das Samba-Step-System von Cevotec ist im Gebäude Materials Resource Management (MRM) im Augsburger Innovationspark im Einsatz.

Im ersten Quartal 2022 nimmt das National Institute for Aviation Research (NIAR) an der Wichita State University (WSU), Kansas/USA, eine Samba-Pro-Prepreg-Anlage in Betrieb, die die erste FPP-Produktionsplattform auf amerikanischem Boden ist. Das NIAR ist als führendes Institut für Luftfahrtforschung in den USA stark an der Weiterentwicklung von Verbundwerkstoffstrukturen für die Luft- und Raumfahrt beteiligt. Das FPP-System von Cevotec wird in das Atlas-Portfolio (Advanced Technologies Lab for Aerospace Systems) des NIAR für automatisierte Fertigungstechnologien für die Verbundforschung aufgenommen und schafft dort neue F&E-Möglichkeiten für in den USA ansässige Entwickler und Hersteller von Verbundwerkstoffen, vor allem in der Verteidigungsindustrie. ■