



CONTIjoin

Laser-in-situ-Fügen zur Herstellung großvolumiger thermoplastischer Faserverbundkomponenten

Das Fraunhofer IWS hat ein Verfahren entwickelt, das sich für die kontinuierliche Verarbeitung von faserverstärkten thermoplastischen Hochleistungslaminaten eignet und nachgelagerte Prozessschritte zur vollständigen Konsolidierung im Autoklav oder Ofen obsolet macht.

Das thermoplastische Zeitalter

Duroplastische Polymermatrizes spielen bei der Konstruktion und Herstellung moderner Flugzeugkonstruktionen in Faserverbundbauweise bislang die Hauptrolle. Der Einsatz von Verbindungselementen oder Klebstoffsystemen zum Fügen dieser Teile ist dabei unvermeidlich, wodurch sich das Gesamtgewicht des Flugzeugs erhöht und zusätzliche Anforderungen an die Oberflächenvorbehandlung gestellt werden. Im Gegensatz dazu ermöglichen thermoplastische Matrizes Füge- und Umformprozesse, die auf der Erweichung und Schmelzbarkeit der Polymere basieren und somit auch eine Schweißbarkeit ermöglichen

Ein neuer Ansatz zum Fügen

Der Prozess des Laser-in-situ-Fügens (CONTIjoin) macht sich die thermoplastischen Materialeigenschaften zu Nutze, um großvolumige Rumpfstrukturen mittels kontinuierlicher

Co-Konsolidierung zu fügen. Das zugrundeliegende Prinzip (Abbildung 1) ähnelt dem aktuellen Legeverfahren wie dem automatisierten Tapelegen (ATL). Wesentliche Unterschiede zwischen CONTIjoin und bisherigen Legeverfahren beruhen auf der Art der zu verarbeitenden Halbzeuge sowie der eingesetzten Energiequelle: Während die allgemein bekannten Legeverfahren üblicherweise auf die Ablage einlagiger, unidirektionaler Tapes oder Tows (Faserbändchen beim Automated Fiber Placement – AFP) begrenzt sind, ermöglicht CONTIjoin eine Co-Konsolidierung mehrlagiger, multidirektional verstärkter thermoplastischer Laminat – bereits vollständig konsolidiert – bestehend aus bis zu sechs Einzellagen. Aktuell ermöglicht das Verfahren die Realisierung von Laminatbreiten bis maximal 360 Millimetern. Zur Erwärmung der Materialien wird ein CO₂-Laser in Kombination mit einer hochdynamischen Strahlablenkung eingesetzt. Durch die Wellenlänge von 10,6 Mikrometern wird eine direkte Absorption der Laserstrahlung

Fortschrittliches Laser-in-situ-Fügen

Hauptmerkmale

- CO₂-Laser als Energiequelle
- Verarbeitbarkeit mehrschichtiger thermoplastischer Laminat
- Sofortige In-situ-Co-Konsolidierung

Mehr Informationen

BUSTI-Projekt



s.fhg.de/BUSTI

Multifunctional Fuselage Demonstrator



s.fhg.de/MFFD

von der Polymermatrix erreicht (Oberflächen-erwärmung), während die Wellenlänge von 1,06 Mikrometern der bislang typischerweise eingesetzten Faserlaser hauptsächlich von den Kohlenstofffasern absorbiert wird und somit vorrangig eine Volumenerwärmung bewirkt. Die grenzflächennahe Absorption in der Polymermatrix ermöglicht so eine direkte Plastifizierung und Co-Konsolidierung der Fügepartner mit hervorragender mechanischer Performance. Ein auf Pyrometrie basierendes Messsystem speist kontinuierlich die ermittelten Temperaturdaten zur Anpassung der Laserleistung in einen Regelkreis ein, um so eine definierte Temperaturverteilung über die gesamte Breite des Laminats zu gewährleisten. Für eine homogene Kraftverteilung während des Andrückens der Laminare auch auf gekrümmten Substraten wurde ein sich an die Form anpassbares segmentiertes Konsolidierungswalzensystem entwickelt. Es zeigte sich, dass mit CONTIjoin verbundene Laminare über 90 Prozent der Referenzfestigkeit einer statischen Heißpressverbindung erreichen. Daraus ergibt sich ein wesentlicher Vorteil bei der Anwendung für großvolumige Flugzeugstrukturen, da Autoklaven sowie zugehörige Werkzeuge und Hilfsmittel für diese Dimensionen enorme Kosten verursachen.

Anwendungen

Die hier gezeigten Ergebnisse und Entwicklungen sind Teil des BUSTI-Projekts zur Herstellung der Längsnahtverbindung des sogenannten Multifunctional Fuselage Demonstrators (MFFD), der weltweit größten bekannten Flugzeugstruktur aus thermoplastischen Verbundwerkstoffen.

Der Demonstrator in Originalgröße weist eine Länge von 8,5 Metern und einen Durchmesser von 4,5 Metern auf, als Material dient CF/LM-PAEK. Das größte zu verarbeitende Laminatband zeichnet sich durch eine Breite von 360 Millimetern bei einer Länge von über 4,5 Metern aus. Das BUSTI-Projekt ist Teil der Clean-Sky-2-Kampagne der Europäischen Union.

Außerhalb des Flugzeugs

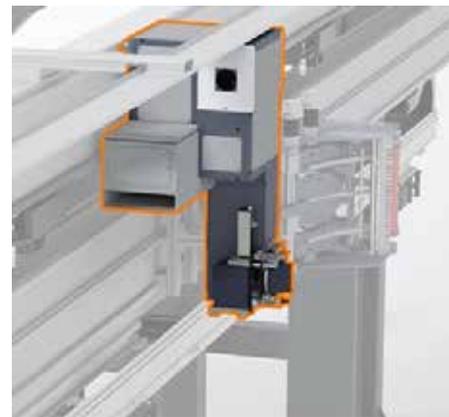
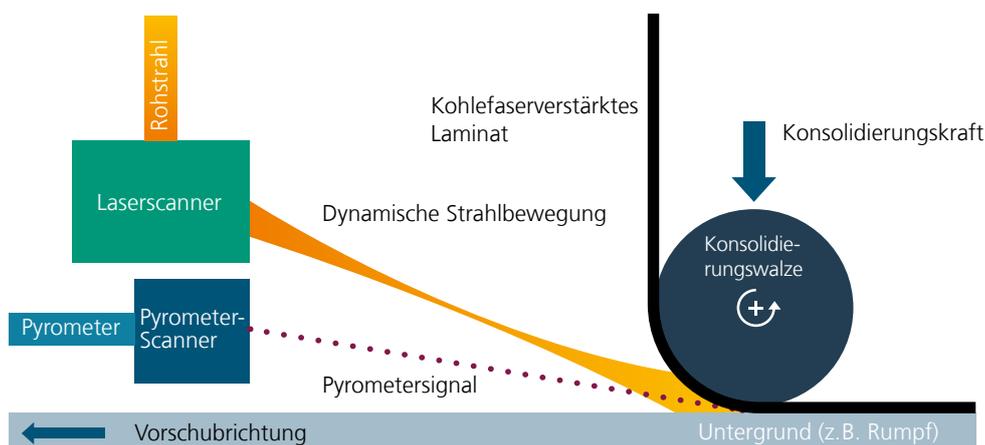
Obwohl das CONTIjoin-Verfahren in einem Flugzeugszenario entwickelt wurde, kann es überall dort zum Einsatz kommen, wo thermoplastische Hochleistungslaminare eine Option bieten. Ein perfektes Beispiel stellt die Herstellung von Rotorblättern in Windkraftanlagen dar. Doch auch der Rohrleitungsbau, der Schiffsbau und die Leichtbauweise kommen als mögliche Anwendungsfelder in Frage.

Förderung

Teile der vorgestellten Ergebnisse entstanden im Vorhaben »Butt strap integration technology development with tooling design, validation, implementation in major component assembly and operation – BUSTI« im Rahmen vom Clean Sky 2 Joint Undertaking (JU) unter der Finanzhilfsvereinbarung Nr. 945583. Das Gemeinschaftsunternehmen erhält Unterstützung aus dem Forschungs- und Innovationsprogramm Horizon 2020 der Europäischen Union und von den Mitgliedern des Clean Sky 2 Gemeinschaftsunternehmens, die nicht der Europäischen Union angehören.



Abbildung 1: CONTIjoin-Verfahren



Oben
Laser-Scanner und Pyrometer-Optik: Komponenten auf der Optik-Linearachse.

Unten
Vorrichtung zur Positionierung und Konsolidierung von Bändern: Komponenten auf der Mechanik-Linearachse.

Kontakt

Dr.-Ing. Maurice Langer
Kleben und
Faserverbundtechnik
Tel. +49 351 83391-3852
maurice.langer@
iws.fraunhofer.de

Fraunhofer IWS
Winterbergstraße 28
01277 Dresden
www.iws.fraunhofer.de