

SCHWEISSEN VON VERBINDUNGSELEMENTEN AUF DUROPLASTISCHEM CFK

Ergebnisse aus dem Projekt MAI Plast

Im Rahmen des Projektes MAI Plast wurde das automatisierte Schweißen von standardisierten thermoplastischen (TP) Verbindungselementen auf CFK Bauteile mit duroplastischer Matrix (Epoxid) untersucht. Ausgangslage im Hubschrauberbau ist der manuelle Klebprozess mit kalthärtenden Zweikomponenten-Klebstoffen. Nachteile des Klebens sind zum einen das Fehlen einer geeigneten NDT Methode zum Nachweis der Klebfestigkeit und zum anderen die langen Prozesszeiten mit Oberflächenvorbehandlung und Aushärtezeiten von acht bis zwölf Stunden. Die Schweißtechnik soll eine sichere Verbindung bei gleichzeitig kürzerer Prozesszeit ermöglichen.

Um das Schweißen zu ermöglichen, muss das CFK mit Epoxidharzmatrix mit einer thermoplastischen Funktionsschicht ausgestattet werden. Die Belegung des Bauteils mit der thermoplastischen Folie erfolgt bereits vor der Aushärtung im Autoklav (Prepreg) bzw. Ofen (VAP). Die Verbindung zwischen TP und Epoxid entsteht während

der Aushärtung des Epoxidharzes. Weil ein Hochtemperaturthermoplast verwendet wird, kommt es dabei nicht zu einem Aufschmelzen, da dessen Glasübergang deutlich über der Aushärtetemperatur (180 °C) liegt, sondern zu einem Lösungsprozess. Nach der Gelierung des Epoxides liegt eine Interphase vor, die einen kontinuierlichen Konzentrati-

onsübergang von Epoxid zu Thermoplast aufweist und bis zu 80 µm stark sein kann. Diese Interphase erlaubt eine hohe mechanische Belastbarkeit, die nicht allein auf Adhäsionseffekten beruht (Abb. 1/2).

Das verwendete Schweißsystem muss in sehr kurzer Zeit eine Schmelze erzeugen und der Energieeintrag darf dabei nur sehr oberflächennah erfolgen. Das ist so, weil die Schweißtemperatur von Hochtemperaturthermoplasten (z.B. PEEK, PPSU, PEI) weit über der erlaubten thermischen Belastbarkeit der Epoxidmatrix liegt und diese auf keinen Fall negativ beeinflusst werden darf. Zudem soll eine vollständig geschlossene Fügezone realisiert werden, um Hohlräume und damit potenzielle Sammelstellen für Medien zu vermeiden. Des Weiteren soll die thermoplastische Funktionsschicht so dünn wie möglich ausfallen, um Gewicht, Kosten und Bauteilverzug zu minimieren. Diese Forderungen werden durch zirkulares Vibrationschweißen erfüllt. Die Firma Fischer Kunststoff Schweißtechnik GmbH entwickelte ein zwangsgeführtes Verfahren, dessen Zirkularbewegung einen flächigen und kontinuierlichen Leistungseintrag und damit eine sehr schnelle und oberflächennahe Energieeinbringung erzielt (Abb. 3).

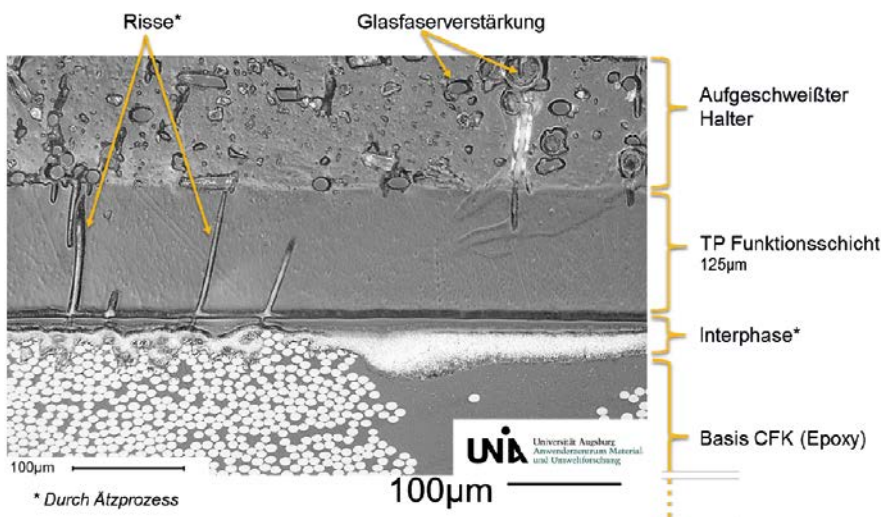


Abb. 1: Geätzter Schliff eines geschweißten glasfaserverstärkten Verbindungselementes auf CFK mit thermoplastischer Funktionsschicht und sichtbar gemachter Interphase.

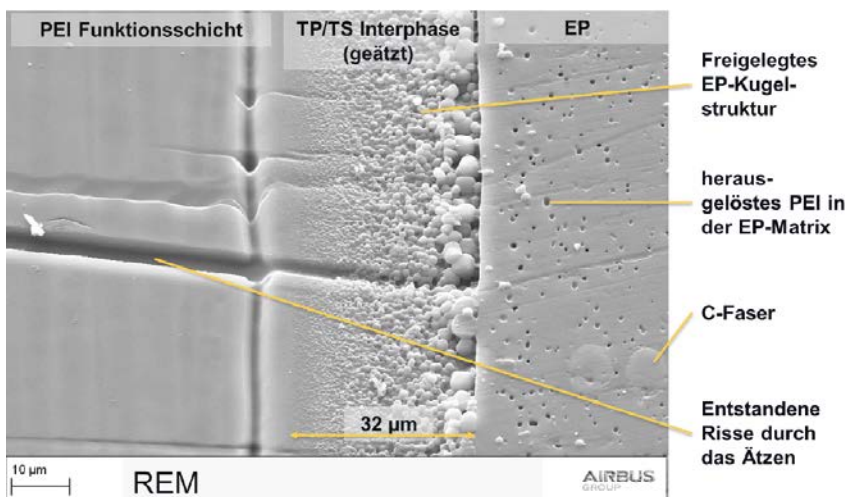


Abb. 2: REM Aufnahme, durch Ätzen sichtbar gemachter Interphase

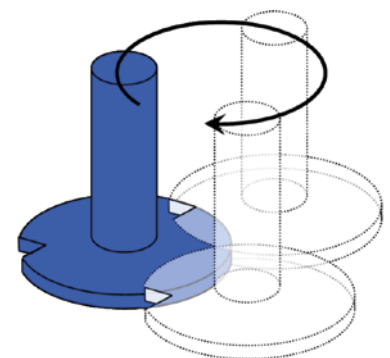


Abb. 3: Bewegungsform des Zirkularschweißens, mit kontinuierlicher und über die Reibfläche homogener Energieeinbringung.

Durch die Zwangsführung ist es möglich, die Schweißparameter auf die Materialpaarung beliebig anzupassen. Zudem können Frequenz-, Kraft- und Schwingweitenprofile gefahren werden, was den Prozess zusätzlich flexibel macht. Das wurde durch die Entwicklung eines kompakten, robotergeführten Schweißmoduls möglich, das für die kundenspezifische Montage von Verbindungselementen in Hubschrauberzellen verwendet werden kann (Abb. 4).



Abb. 4: Mobiles Schweißmodul, auf Roboter montiert

Der Schweißprozess erlaubt eine ortsgenaue Positionierung, was Nacharbeiten reduziert. Mit 10 Sekunden Prozesszeit ist das Schweißen deutlich schneller als der Referenz-Klebeprozess und die Verbindung ist zudem sofort belastbar. Die mechanischen Eigenschaften von geschweißten Verbindungselementen (Abb. 5) liegen bei Raumtemperatur auf dem Niveau der Klebung. Unter feuchtwarmen Bedingungen und Temperaturbelastung (-55 °C

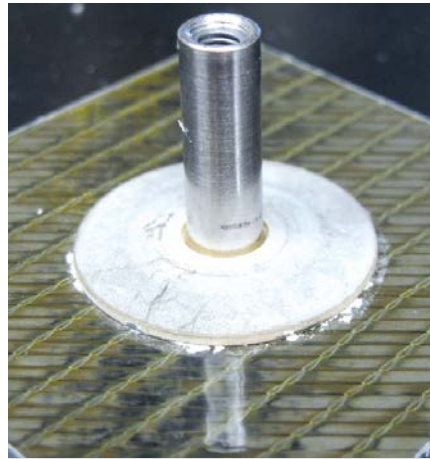


Abb. 5: Geschweißtes Verbindungselement auf CFK mit thermoplastischer Funktionsschicht

bzw. +135 °C) zeigen Klebstoffe sogar einen starken Festigkeitseinbruch. Anders beim Schweißen der Hochtemperaturthermoplaste, hier werden gleichbleibende Ergebnisse erzielt. Ein außerordentlicher Vorteil ist die Möglichkeit, auf mit Trennmitteln verunreinigten Oberflächen zu schweißen. Der Schweißantrieb treibt auch die Verunreinigungen aus, was den Reinigungs- und Schleifaufwand überflüssig macht. In allen getesteten Fällen tritt das Versagen entweder im CFK oder im Verbindungselement auf, niemals in der Fügezone. Die Schweißparameter (Frequenz, Fügedruck, Amplitude, Schweißzeit) und die Dicke der Funktionsschicht werden so gewählt, dass eine vollständig geschlossene Schweißzone erreicht wird, aber kein „Durchreiben“ der Funktionsschicht erfolgt (Abb. 1).

Weitere Informationen:

Thomas Meer,

Airbus Group Innovations,

Composite Technologies, Ottobrunn,

Telefon +49 (0) 89 / 607-23334,

E-Mail: thomas.meer@airbus.com,

www.airbus.com