

1

THERMOMECHANISCHES FÜGEN VON METALL UND FASERKUNSTSTOFFVERBUND

DIE AUFGABE

Sowohl im Automobil- als auch im Flugzeugbau geht der Trend hinsichtlich neuartiger Materialien in Richtung Werkstoffverbunde. Dabei werden verschiedene Werkstoffe miteinander kombiniert, um deren Vorteile je nach Beanspruchung gezielt zu nutzen. In vielen innovativen Konstruktionen kommen sowohl metallische Mischbauteile (bspw. Stahl-Aluminium) als auch artfremde Hybridstrukturen (bspw. Metall-Faserkunststoffverbund) zum Einsatz.

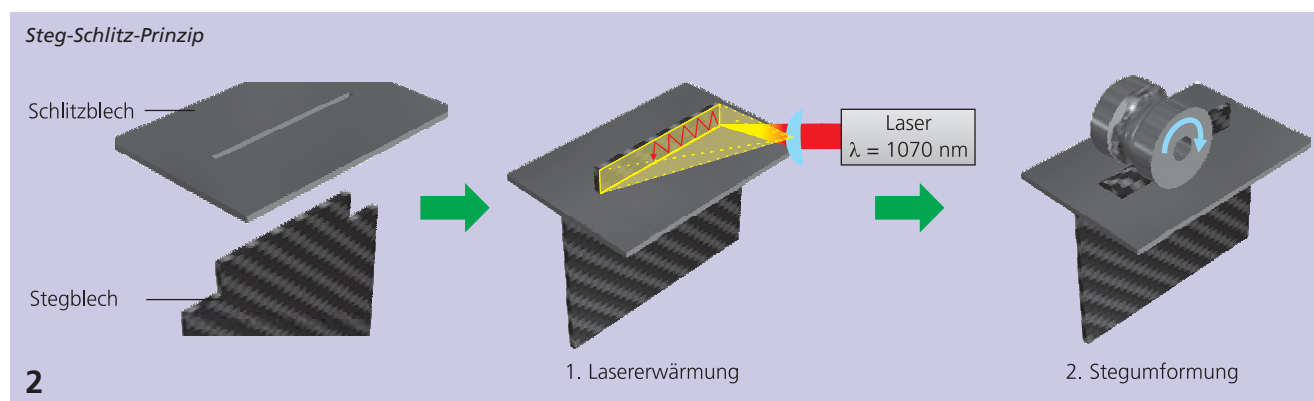
Eine große Herausforderung stellt bei solchen Hybridbauweisen das Verbinden der Fügepartner dar, welches sich im Gegensatz zur monolithischen Bauweise wesentlich komplizierter gestaltet. Für jede Werkstoffpaarung ist daher ein angepasstes, werkstoff-, fertigungs- und konstruktionsgerechtes Fügekonzept notwendig, um Verbindungen mit ausreichender Qualität und Belastbarkeit reproduzierbar herzustellen.

Das Fraunhofer IWS Dresden steht somit vor der Aufgabe, ein Laserstrahlfügeverfahren zum Verbinden von Metall und Faserkunststoffverbund in T-Stoß-Konfiguration zu entwickeln und hinsichtlich der Verbindungsfestigkeiten zu untersuchen.

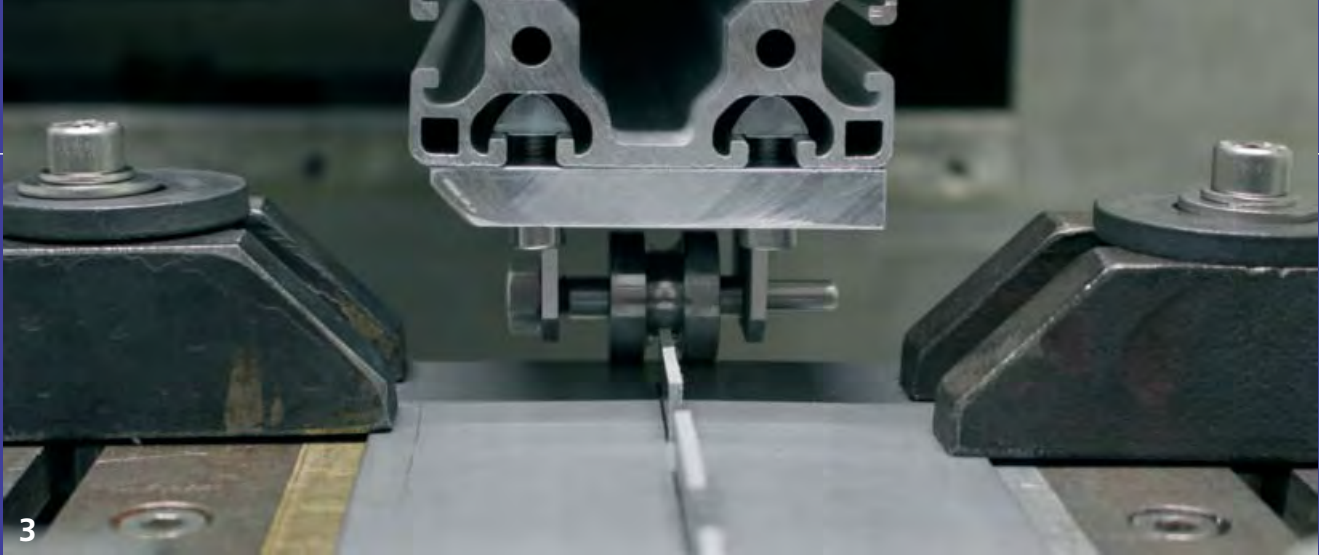
UNSERE LÖSUNG

Das am Fraunhofer IWS Dresden entwickelte Steg-Schlitz-Prinzip (Patent Nr.: DE102011120269 A1), welches bereits zum formschlüssigen Verbinden zweier metallischer Bleche zur Anwendung kommt, wird auf das Fügen eines Organoblechs (faserverstärkter Thermoplast) als Stegblech mit einem metallischen Blech als Schlitzblech übertragen (Abb. 1).

Nach dem Ineinanderstecken der beiden Bleche wird der überstehende Teil des faserverstärkten Thermoplast-Stegblechs mithilfe eines Faserlasers (Wellenlänge $\lambda = 1070 \text{ nm}$) erhitzt. Dabei erlaubt der Faserlaser einen lokal exakt positionierbaren sowie sehr fein einstell- und regelbaren Wärmeeintrag. Zudem gewährleistet die zweidimensionale und hochfrequente Strahlauslenkung mittels Scanneroptik eine gleichmäßige Erwärmung des Kunststoffs. Besondere Bedeutung kommt dabei der Erwärmungstemperatur zu, die sich für die darauffolgende Umformung zwischen Schmelz- und Zersetzungstemperatur des Kunststoffs befinden muss. Eine Umformung des erwärmten Kunststoffstegs in die gewünschte Geometrie mit einem geeigneten Umformwerkzeug erzeugt letztendlich einen stabilen Formschluss in alle 3 Raumrichtungen (Abb. 2).



2



ERGEBNISSE

Um den faserverstärkten Kunststoffsteg sowohl in Dickenrichtung als auch über die Länge und Höhe möglichst homogen aufzuschmelzen und der geringen Wärmeleitfähigkeit des Kunststoffs Rechnung zu tragen, ist eine entsprechende Erwärmungsdauer notwendig. Diese Erwärmungszeit variiert je nach Materialauswahl (PP, PA, PE etc.), Materialdicke und Erwärmungskonzept (ein- oder beidseitige Stegerwärmung).

Für die Stegumformung haben sich Rollenwerkzeuge als besonders geeignet erwiesen, weil damit eine Faserschädigung aufgrund geringer Biegeradien während der Umformung weitestgehend vermieden werden kann. Beispielsweise erzeugen die Nut-Rollenwerkzeuge (Abb. 3) nietähnliche Querschnittsgeometrien aus den aufgeschmolzenen Stegüberständen (Abb. 4), welche sowohl sehr gut reproduzierbar sind als auch hervorragende Verbindungseigenschaften versprechen.

Querschnittsaufnahmen zweier umgeformter Faserverbundkunststoffstege



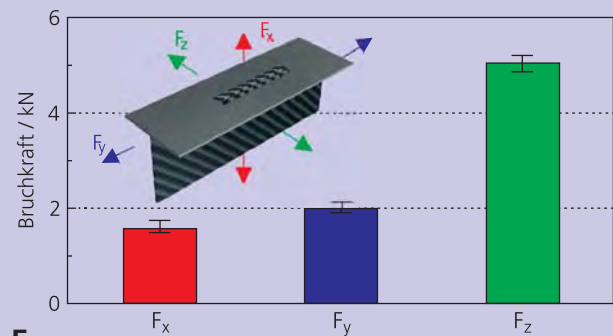
4

Zur Festigkeitsbewertung und Analyse des Schadensverhaltens wurden die Hybridverbindungen in drei Belastungsrichtungen mechanisch geprüft. Die größten Bruchkräfte der Hybridverbindung können in Scherzugrichtung quer zum Steg aufgenommen werden (in Abb. 5: Z-Richtung), was für die konstruktive Auslegung von Bauteilen mit diesen Mischverbindungen ausschlaggebend ist.

Für die Verbindung eines Stahl-Schlitzblechs (S355; 1,5 mm dick) mit einem glasfasergewebeverstärkten Kunststoffsteg

(E-Glas / PA6; 2 mm dick) und der nietähnlichen Umformgeometrie aus Abbildung 4 (rechts) haben sich die in Abbildung 5 gezeigten Bruchkräfte für eine Steglänge von 20 mm ergeben.

Bruchkräfte in 3 Belastungsrichtungen einer Steg-Schlitz-Verbindung mit der Materialkombination Stahl-GFK



5

Um die adhäsive Anbindung und die Dichtheit zwischen dem Kunststoff und dem Metallblech zu verbessern, werden im Rahmen weiterer Forschungsarbeiten am Fraunhofer IWS Dresden Untersuchungen durchgeführt. So lassen sich beispielsweise durch Vorbehandlung mittels Laserstrukturierungen auf dem metallischen Fügepartner wesentlich größere Zugshearkräfte übertragen.

Die Arbeiten erfolgten im Rahmen des vom BMBF geförderten Verbundprojekts »LaserLeichter« (13N12878).

- 1 Metall-Faserkunststoffverbund = Hybridverbindung
- 3 Nut-Rollenwerkzeug zur Umformung nietähnlicher Geometrien

KONTAKT

Dipl.-Ing. Frieder Zimmermann

+49 351 83391-3063

frieder.zimmermann@iws.fraunhofer.de

