

KLEBEN OHNE KLEBSTOFF – DIREKTFÜGEN VON METALL UND THERMOPLAST

Das Verfahren des thermischen Direktfügens ermöglicht das schnelle stoffschlüssige Fügen von thermoplastischen Bauteilen mit Metall. Laserstrukturiert wird es mit dem Kunststoff verpresst und dabei lokal erwärmt. Durch Wärmeleitung schmilzt der Thermoplast, dringt in die Strukturen ein und haftet an der Oberfläche. Somit lässt sich eine Verbindung innerhalb weniger Sekunden realisieren.

Moderner Leichtbau erfordert häufig die Kombination von Metall und faserverstärkten oder -unverstärkten Kunststoffen. Dazu sind effiziente Prozessketten erforderlich, bei denen – abgestimmt auf den konkreten Lastfall – eine optimierte Vorbehandlungs- und Füge-technologie sowie angepasste Werkzeuge zur Prozesssimulation und Eigenschaftscharakterisierung zum Einsatz kommen. Die Forscher des Fraunhofer IWS haben sich deshalb zum Ziel gesetzt, produktive Lösungen zum stoff- und formschlüssigen Fügen zu erarbeiten. Dabei führten sie die langjährigen Erkenntnisse der allgemeinen Klebtechnik und moderne systemtechnische Entwicklungen auf dem Gebiet der Laser-Remotetechnologie zusammen.

Auf die Vorbehandlung kommt es an

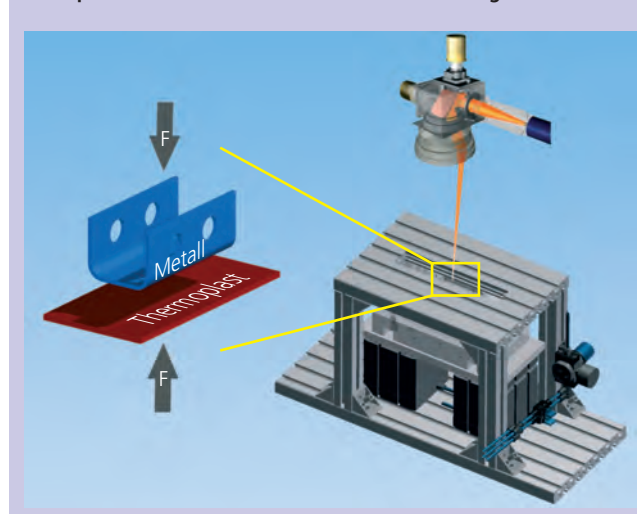
Da Thermoplast und Metall sehr unterschiedliche physikalische Eigenschaften besitzen (wie etwa Schmelztemperatur oder Wärmeausdehnungskoeffizient) kommt der Optimierung der Adhäsion zwischen beiden Fügepartnern eine herausragende Bedeutung zu. Deshalb entwickelten die Forscher einen Laserabtragprozess, der Strukturiefen von 100 Mikrometern und mehr erzeugt. Kontinuierlich strahlende Hochleistungslaser werden über eine Remote- beziehungsweise Scanneroptik auf das Metall fokussiert und dabei schnell abgelenkt. Dieser Prozess reinigt die Oberfläche von anhaftenden oder in der Grenzschicht befindlichen Verschmutzungen. Gleichzeitig sorgt die entstandene Topologie dafür, dass sich später eindringender Kunststoff über einen Formschluss in Hinterschnidungen verankern lässt.

Ein weiterer Vorteil neben der Möglichkeit einer lokalen Vorbehandlung mittels Laserstrahlung besteht darin, dass eine chemische Reinigung durch Lösungsmittel oder Beizbäder entfallen kann.

Schnelle Wärme durch Laser oder Induktion

Der eigentliche Verbindungsprozess gestaltet sich simpel: Der vorstrukturierte metallische Fügepartner wird mit dem Thermoplast verpresst. Gleichzeitig wird das Metall in der Fügezone erwärmt, sodass an der Schnittstelle die Schmelztemperatur des Thermoplastes erreicht wird. Je höher der erzeugte Temperaturgradient im Metall, desto geringer sind die Verluste durch

Prinzip des laserinduzierten thermischen Direktfügens

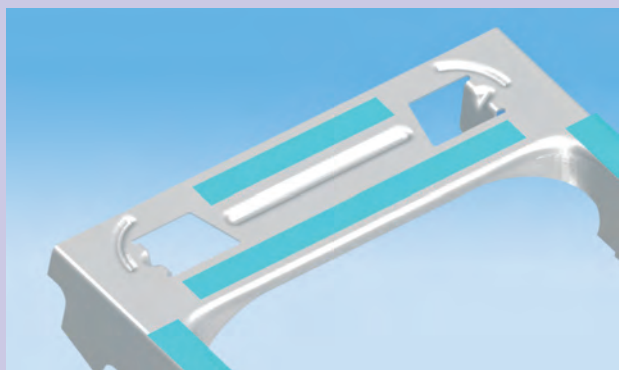


Wärmeleitung während des Prozesses. Eine besondere Herausforderung besteht in der gleichmäßigen Erwärmung der metallischen Fügepartner. Der Einsatz einer zweidimensionalen Laserstrahloszillation ermöglicht es, den Strahl gut steuerbar und dynamisch zu formen. Lässt sich das Metall nicht mittels Laserstrahlung direkt erwärmen, so erzeugt ein aufgebracht Magnetfeld Wirbelströme im Metall, deren Verluste zur schnellen Temperaturänderung führen. Besonders anspruchsvoll gestaltet es sich dabei, den Induktor an die Fügestellen angepasst auszulegen.

Simulationsumgebung optimiert Erwärmungsprozess

Um das Technologie-Grundprinzip auf reale Bauteilkonstruktionen zeiteffizient zu übertragen, entwickelte das Forscherteam Erwärmungssimulations- sowie Prozess- und Bahnplanungstools. Mit der Simulationsumgebung »COMSOL« wird der Erwärmungsprozess des metallischen Fügepartners optimiert. Außerdem bietet sie die Möglichkeit, die Induktoren konturangepasst auszulegen. Auch für den Laserstrukturierprozess entstehen beim Einsatz eines »CAD/CAM«-Systems Vorteile. So werden aus einer Datenbank materialspezifische Prozessparametersätze ausgewählt und auf die zu strukturierenden Flächen appliziert. Das CAD/CAM-Programmierwerkzeug generiert dann die NC-Programme sowohl für die Remoteoptik als auch das Maschinenachssystem.

Bahnplanung zur lokalen Laserstrukturierung



Gemeinsam mit Industrie- und Forschungspartnern evaluierte das Fraunhofer IWS Dresden das entwickelte Verfahren anhand eines komplexen Technologiedemonstrators. Dabei ersetzen die Forscher eine reine Schweißbaugruppe aus Baustahl durch ein Multimaterialdesign aus Organoblech und metallischem Deckblech, um ein mögliches Leichtbaupotenzial aufzuzeigen. Neben dem thermischen Direktfügen wurden auch formschlüssige Verbindungen im Steg-Schlitz-Design zwischen Metall und Organoblech erzeugt. Als Eingangsdaten zur konstruktiven Bauteilauslegung ermittelten die Wissenschaftler in Grundsatzuntersuchungen die Übertragungsfestigkeiten unter verschiedenen Belastungsregimen und erstellten die entsprechenden Materialkarten. Nach Bauteilauslegung und Definition der Fügestellendesigns wurde die Bahnplanung für das Laserstrukturieren durchgeführt. Ergänzend dazu nutzen die Forscher die Simulationsumgebung zur Optimierung des Erwärmungsprozesses. Eine Vielzahl von Testdemonstratoren wurde hergestellt und erfolgreich mechanisch geprüft. Der umgesetzte Prozess des thermischen Direktfügens zeichnet sich durch geringe Prozesszeiten, robuste Prozessführung und gute Automatisierbarkeit aus. Außerdem leistet die Laseroberflächenvorbehandlung einen Beitrag zum Umweltschutz, da auf chemische Ätzbäder oder Laugen verzichtet werden kann. Der Prozess eignet sich insbesondere für Anwendungen, bei denen komplexe Faserverbundbauteile mit Metallkonstruktionen verbunden werden sollen.

1 Umgeformte Organoblech-Schale (rechts), Stützstruktur für PKW-Mittelarmlehne sowie Deckblech.

Gefördert vom



FKZ: 13N12878

KONTAKT

Dipl.-Ing. Annett Klotzbach
Kleben und Faserverbundtechnik

☎ +49 351 83391-3235

✉ annett.klotzbach@iws.fraunhofer.de

