

1

TECHNOLOGIEN ZUM DIREKTFÜGEN VON METALL UND THERMOPLAST

DIE AUFGABE

Belastungsgerechte Mischverbindungen mit den werkstoff-spezifischen Vorteilen von Metall und Thermoplast werden für industrielle Anwendungen, gerade im Bereich des Leichtbaus, zunehmend bedeutsamer. Hierzu sind effiziente Prozessketten erforderlich, bei denen abgestimmt auf den konkreten Lastfall eine optimierte Vorbehandlungs- und Fügetechnologie sowie angepasste Werkzeuge zur Prozesssimulation und Eigenschaftscharakterisierung zum Einsatz kommen.

Post- und In-Mould Assembly-Prozesse, mechanische Fügeverfahren wie Schrauben und Nieten und das Kleben sind bisher gängige Verfahren, um zuverlässig artungleiche Fügeverbindungen herzustellen. Spezifische Restriktionen dieser Verfahren ergeben sich insbesondere durch:

- eingeschränkte Geometrie komplexitäten,
- lokale Querschnittsverminderungen mit gestörtem Kraftfluss bei Faser-Kunststoff-Verbunden (FKV),
- die Notwendigkeit zur Einbringung von Zusatzmaterialien
- sowie verlängerte Prozesszeiten.

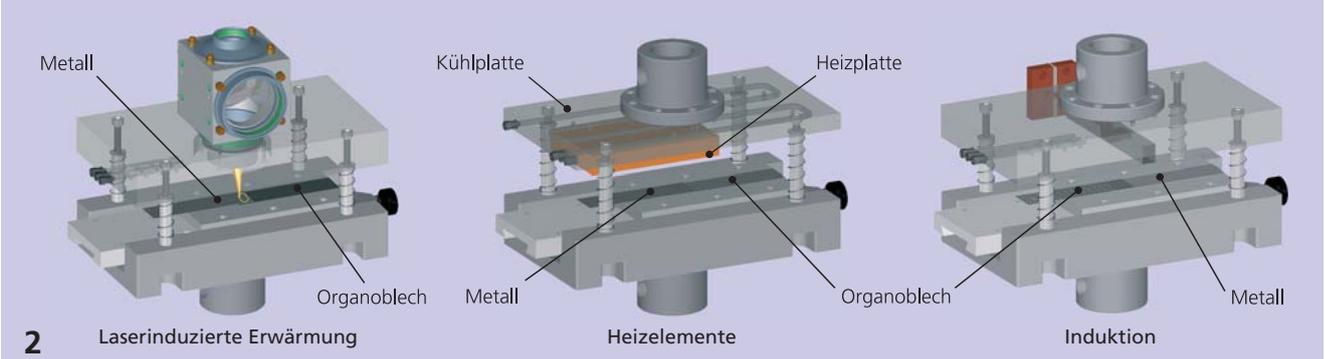
Deshalb werden neue Fügeverfahren ohne die genannten Restriktionen und mit kurzen Fügezeiten gesucht.

UNSERE LÖSUNG

Basierend auf ausgeprägtem Werkstoffwissen und Prozess-Know-how zu laser- und plasmabasierten Fertigungsverfahren werden am Fraunhofer IWS Dresden neben Oberflächenvorbehandlung und Klebtechnologien auch Verfahren zum thermisch induzierten Fügen untersucht. Die thermischen Direktfügeverfahren zeichnen sich durch kurze Fügezeiten und die Substitution von Zusatzmaterial (z. B. Klebstoff) aus. Beim Fügen von Mischverbindungen aus Metall und Thermoplast greift das IWS auf belastungsgerechte Oberflächenstrukturierungen, haftvermittelnde Schichten und unterschiedliche Erwärmungskonzepte zurück. Die applikationsangepasste Erwärmung erfolgt mit Laserstrahlung, Heizelementen oder Induktion (Abb. 2). Eine weitere Methode zur Einbringung kurzzeitiger lokaler Wärmeenergie besteht in der Verwendung von Reaktivmulti-schichten (RMS).

Auf Basis numerischer Simulationen wird der erforderliche Wärmeeintrag an die jeweilige Werkstoffpaarung sowie Fügegeometrie technologieabhängig angepasst, um ein ausreichendes Schmelzvolumen ohne Schädigungen der Grundmaterialien zu erhalten.

Schematische Darstellung unterschiedlicher Erwärmungskonzepte

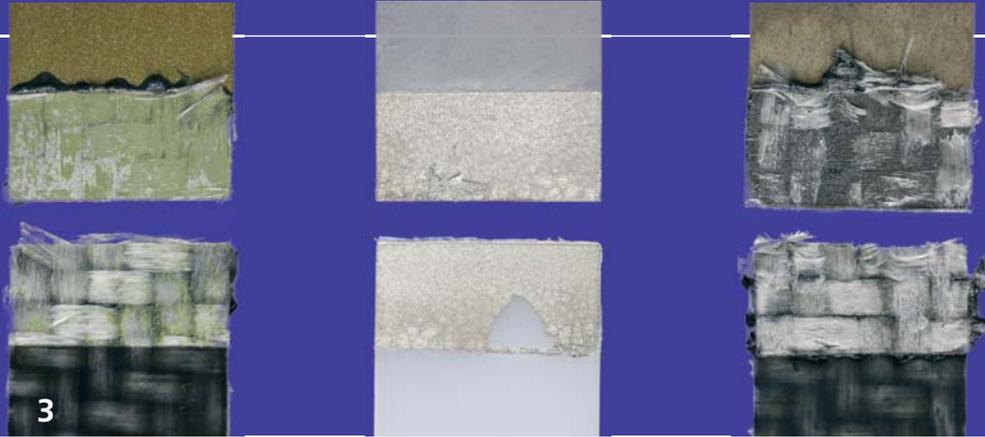


2

Laserinduzierte Erwärmung

Heizelemente

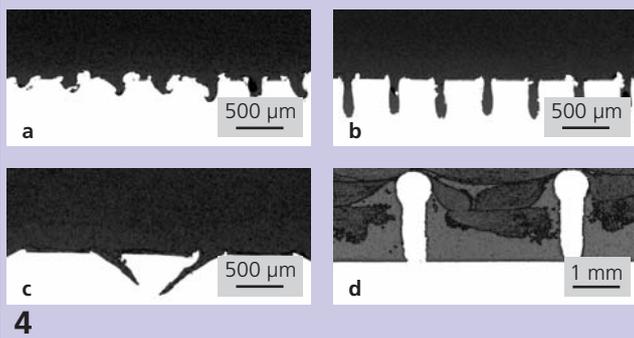
Induktion



ERGEBNISSE

In einem ersten Schritt wird die Metalloberfläche belastungsgerecht strukturiert (Abb. 4a-c) oder mit generativ aufgebauten Strukturen (Abb. 4d) versehen, um eine bestmögliche Anbindung des aufgeschmolzenen thermoplastischen Materials zu ermöglichen. Um die Effizienz derartig ausgebildeter Oberflächenstrukturen nicht nur auf einen reinen Formschluss sowie schwache nichtkovalente Wechselwirkungen (Van-der-Waals-Kräfte) zu beschränken, kann die Festigkeit dieser Metall-Thermoplast-Mischverbindungen werkstoffspezifisch durch Applikation haftvermittelnder Schichten nochmals signifikant erhöht werden. Die so ausgebildete Direktverbindung vereint die Wirkprinzipien form- und stoffschlüssiger Fügeverfahren.

Direktverbindungen mit angepassten Oberflächenstrukturen zur Verbesserung der Verbundfestigkeiten von Metall (unten) zu Thermoplast (a-c) sowie zu FKV (d)



Für das wirtschaftliche Fügen hochkomplexer Bauteilgeometrien aus Metall und Thermoplasten werden am Fraunhofer IWS Dresden unterschiedliche applikationsangepasste Erwärmungskonzepte (Abb. 2) hinsichtlich ihrer Einsatzpotenziale und -grenzen untersucht. Das laserbasierte Einbringen von Wärme in die Bauteiloberflächen bietet gegenüber der konventionellen Erwärmung über Heizelemente die Möglichkeit eines örtlich begrenzten und wenn benötigt auch graduierten Temperaturverlaufs mit integrierter Pyrometerregelung und hoher Geometrieflexibilität.

Bei induktiver Erwärmung ist hingegen eine deutlich ausgeprägtere Kenntnis zur Fügestellengeometrie, dem Werkstoffverhalten sowie der Prozessführung für die Auslegung von Generator und Induktor notwendig. Vorteile dieser Technologie beruhen ebenfalls auf sehr kurzen Fügezeiten mit der Möglichkeit, auch im Bereich optisch unzugänglicher Stellen eine Erwärmung zu realisieren. Gleiches gilt auch für die Verwendung von RMS-Folien. Bei entsprechender Prozessführung lässt sich die eingebrachte Wärmemenge somit auf den Kontaktbereich zwischen Metall und Thermoplast reduzieren.

Durch Wärmeleitung erfolgt bei allen Verfahren im Kontaktbereich ein gezieltes Plastifizieren des thermoplastischen Werkstoffs bzw. der thermoplastischen Werkstoffmatrix vorkonsolidierter Faserverbund-Halbzeuge (sog. Organobleche). Durch das Aufbringen eines Fügedrucks fließt das plastifizierte Material in die zuvor erzeugten Strukturen mit Hinterschnittgeometrie und erstarrt dort formschlüssig bzw. bindet stoffschlüssig an die haftvermittelnde Schicht an. Die erzielbaren Prozesszeiten lassen sich so auf nur wenige Sekunden verkürzen, was gegenüber konventionellen Verfahrenslösungen wie dem Kleben einen entscheidenden Vorteil darstellt.

- 1 *Glasfaser-Polypropylen-Federbeindom mit direktgefügttem Edelstahl-Domlager*
- 3 *Bruchbilder thermisch gefügter Metall-Thermoplast-Verbindungen*

KONTAKT

Dipl.-Ing. Maurice Langer

+49 351 83391-3852

maurice.langer@iws.fraunhofer.de

