



STRUKTURELLES KLEBEN TEXTILVERSTÄRKTER THERMOPLASTVERBUNDE

DIE AUFGABE

Für den industriellen Einsatz von thermoplastischen Faserverbundkunststoffen in Großserien werden auch geeignete reproduzierbare stoffschlüssige Verbindungstechniken benötigt. Besonderen Stellenwert hat dabei die Klebtechnik aufgrund der Möglichkeit, eine flächige und gleichmäßige Lastübertragung in der komplexen Faserverbundstruktur zu realisieren. Da thermoplastische Polymere wie Polyamide, Polyethylen und Polypropylen bei der Herstellung und Verarbeitung von Faserkunststoffverbunden im Vergleich zu den duromerbasierten Matrixwerkstoffen Vorteile bei der Fertigung hoher Stückzahlen bieten, muss bei der Fügeprozessentwicklung neben einer hohen Anfangsfestigkeit und guten Alterungsstabilität auch auf geringe Taktzeiten innerhalb einer Serienfertigung geachtet werden.

UNSERE LÖSUNG

In der Arbeitsgruppe Kleben und Faserverbundtechnik des Fraunhofer IWS Dresden wird deshalb an der Entwicklung und Umsetzung von automatisierbaren Prozessschritten gearbeitet, die das Kleben ebener und räumlich gekrümmter faserverstärkter Thermoplastverbunde ermöglichen. Dabei werden die folgenden Teilprozessschritte:

- Oberflächenvorbehandlung,
- Klebstoffauswahl,
- Klebstoffauftrag und -aushärtung,
- Dokumentation der Übertragungsfestigkeit und Alterungsbeständigkeit

untersucht und weiterentwickelt. Diese Arbeiten wurden in enger Zusammenarbeit mit der TU Dresden im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 639 »Textilverstärkte Verbundkomponenten für funktionsintegrierende Mischbauweisen bei komplexen Leichtbauanwendungen« durchgeführt.

Oberflächenvorbehandlung:

Thermoplaste mit niedriger Oberflächenenergie, wie z. B. Polypropylen, sind aufgrund ihrer schlechten Adhäsion nicht ohne weiteres klebbar und daher schwer für strukturelle Anwendungen einsetzbar. Die Nutzung physikalischer Methoden zur Oberflächenvorbehandlung oder die Verwendung modifizierter Klebstoffsysteme können hierbei eine verbesserte Adhäsion bewirken. Atmosphärendruckplasma sowie Laserstrahlung sind für eine flexible Oberflächenvorbehandlung besonders prädestiniert. Diese beiden Methoden werden in erster Linie zur Oberflächenreinigung (Entfernung von Weichmachern, Trennmitteln usw.) und teilweise zur Funktionalisierung der unpolaren Kunststoffoberfläche genutzt. Bei der automatisierten Plasmavorbehandlung mit geringem Wärmeinput konnte die Bildung funktioneller Gruppen nachgewiesen werden. Neben der Oberflächenreinigung und -aktivierung führt insbesondere die Laseroberflächenstrukturierung zu einer Vergrößerung der Oberfläche und ermöglicht dem Klebstoff neben der chemischen Wechselwirkung zur Oberfläche eine mechanische Verankerung.

Klebstoff-Auswahl, -Auftrag und -Aushärtung:

Um hochbelastbare strukturelle Klebungen an faserverstärkten Thermoplastverbunden zu realisieren, wurden angepasste Klebstoffsysteme auf Basis von Polyolefinen, Epoxidharz, Polyurethan sowie Acrylaten untersucht und deren quasistatische Verbindungsfestigkeiten verglichen. Um den Prozessanforderungen der Serienfertigung gerecht zu werden, wurde außerdem die Möglichkeit der beschleunigten Klebstoffhärtung am Beispiel thermisch sensibler Glasfaser-Polypropylen-Verbunde erforscht, damit auch größere Strukturen in einer Zeit von wenigen Minuten handhabbar für die nächsten Prozessschritte sind.



Mittels hochfrequenter Induktionserwärmung und der Zugabe von ferromagnetischen Partikeln in industrielle 1K- und 2K-epoxidharzbasierte Klebstoffsysteme erfolgte eine beschleunigte Klebstoffhärtung. Die Aushärtungszeiten konnten von 60 - 90 min im Wärmeschrank auf 3 - 5 min reduziert werden. Die glasfaserverstärkten thermoplastischen Bauteile waren dabei keiner großen thermischen Belastung ausgesetzt, wie es beispielsweise bei einer konventionellen Härtung in Wärmeschränken typisch ist, da die Erwärmung lokal und zielgerichtet in der Klebstoffschicht erfolgt.

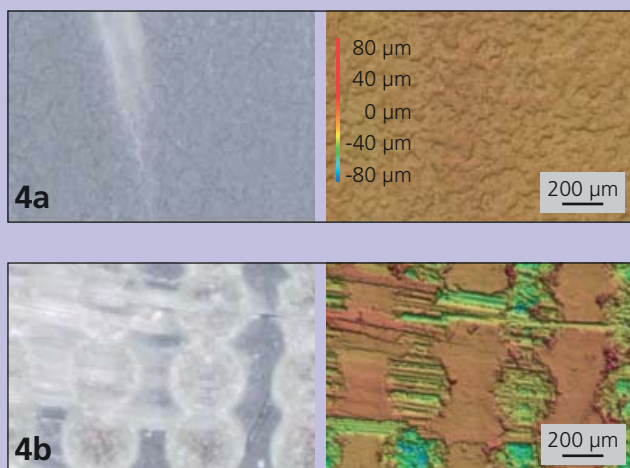
ERGEBNISSE

Beim strukturellen Kleben von faserverstärkten Thermoplastverbunden wurden deutliche Steigerungen der Klebfestigkeiten auch nach Alterungstests mittels Atmosphärendruckplasma-behandlung sowie gepulster Festkörperlaserstrahlung erzielt. Dabei konnte im Vergleich zu dem Ausgangszustand (nur durch Lösungsmittel gereinigt), mit reinem adhäsivem Versagen der Klebungen und Schälkräften von 15 N m^{-1} , durch Laserstrukturierung der Proben eine deutliche Steigerung der Schälkräfte auf 3800 N m^{-1} und einem kohäsiven bzw. delaminierenden

Versagen der Proben erzielt werden. Die unterschiedlichen Oberflächenzustände der Ausgangsprobe und der laserstrukturierten Probe sind in Abbildung 4 dargestellt. Weiterhin konnte eine beschleunigte Klebstoffhärtung mittels hochfrequenter Induktion realisiert werden. Möglich wurde dies durch das Eindispersieren von nanoskaligen super-paramagnetischen mit Siliziumoxid umhüllten Eisenoxidpartikeln in verschiedene Klebstoffsysteme. Ein bewegungsgesteuerter Induktor regt die Nanoferrite an und sorgt für eine Klebstoffaushärtung bei Temperaturen zwischen $130 \text{ °C} - 180 \text{ °C}$.

Bei der mechanischen Prüfung wurden Klebfestigkeiten der induktiv gehärteten Proben auf einem Niveau der konventionell gehärteten Proben basierend auf Härtung bei Raumtemperatur bzw. im Wärmeschrank erzielt. Bei Verwendung von glasfaserverstärktem Polypropylen lagen diese je nach Vorbehandlung und Klebstoffsystem zwischen 8 MPa und 12 MPa . Die Automatisierung des Klebprozesses konnte innerhalb des Sonderforschungsbereiches 639 durch Kopplung der Vorbehandlungsaggregate (Atmosphärenplasmakopf) sowie der Klebstoffauftragseinheit (2K-Dosier- und Auftragseinheit) oder der Induktionsanlage an kooperativ arbeitenden Industrierobotern umgesetzt werden (Abb. 2 und 3).

Oberflächen von faserverstärkten Thermoplastverbunden (links: Mikroskopie, rechts Oberflächentopologie) a) unbehandelt und b) Laserstrukturierung mit punktueller Faserfreilegung



- 1 Funktionsintegrativer Fahrzeugsystemträger (FiF)
- 2 Fahrerkabine des FiF's mit der automatisierten Vorbehandlung und Klebstoffapplikation
- 3 Pyrometergesteuerte induktiv beschleunigte Klebstoffhärtung mit Industrieroboter

KONTAKT

Dipl.-Ing. Tom Schiefer

+49 351 83391-3853

tom.schiefer@iws.fraunhofer.de

