

Interaktive Reparaturwerkstatt der Zukunft für Elektromobile in CFK-Bauweise

Seit Juni 2015 forschen insgesamt sieben Forschungsinstitute der RWTH Aachen mit fünf beteiligten Forschungsvereinigungen und mehr als 60 Industrieunternehmen zum Thema Reparatur von Automobilen in CFK-Bauweise. Die an diesem Projekt beteiligten Institute sind das Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) in Industrie und Handwerk an der RWTH Aachen, der Lehrstuhl für Fertigungsmesstechnik und Qualitätsmanagement des Werkzeugmaschinenlabors WZL (WZL), die Institute für Kraftfahrzeuge (ika), für Schweißtechnik und Fügetechnik (ISF), für Bildsame Formgebung (IBF), für Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) und das Forschungsinstitut für Rationalisierung (FIR) an der RWTH Aachen.

Motivation

Es ist von einem wachsenden Einsatz von CFK-Bauteilen im Automobilbereich auszugehen. Die wohl bekanntesten Vertreter der Automobilbranche, die bereits in aktuellen Fahrzeugmodellen auf CFK setzen, sind BMW mit ihrer BMW i- und 7er-Baureihe sowie Audi mit der R8-Modellfamilie [1–3]. Im BMW i3 besteht die Fahrgastzelle der Karosserie, das sogenannte Life-Modul, hauptsächlich aus CFK. Im Audi R8 wird beispielweise die Seitenwand als mittragendes Strukturbauteil aus CFK gefertigt [3]. Hierbei setzen die Automobilhersteller auf verschiedene Reparaturstrategien, beispielsweise die Abschnittsreparatur [4, 5]. Gemeinsam haben die unterschiedlichen Reparaturverfahren, dass diese bisher ausschließlich von speziell geschultem Personal durchgeführt werden können. Somit ist eine Instandsetzung beschädigter Fahrzeuge an definierte Markenbetriebe gebunden, zum Beispiel „Flying Doctors“ (Lamborghini) [5, 6]. Bislang sind keine standardisierten Reparaturverfahren zur Instandsetzung von Kfz mit CFK-Strukturbauteilen verfügbar. Kleine und mittelständische Werkstätten verfügen bisher weder über Erfahrung noch Ausstattung zur Schadenserkennung und Reparatur von diesen Automobilen.

Zielsetzung

Ziel des Projekts stellt die Entwicklung eines wirtschaftlichen, standardisierten Reparaturverfahrens für CFK-Bauteile sowie die Bereitstellung einer ganzheitlichen Infrastruktur zur Instandhaltung von Automobilen in CFK-Bauweise in Hinblick auf Schadenserkennung, Schadensbewertung, individualisierte Reparaturpatchfertigung, Reparaturdurchführung und Qualitätssicherung dar. Die Steigerung der Kundenakzeptanz gegenüber Automobilen in CFK-Bauweise soll durch die Befähigung typischer Kfz-Werkstätten zur Instandsetzung dieser Automobile gelingen.

Schadenserkennung

Der Lehrstuhl für Fertigungsmesstechnik und Qualitätsmanagement des Werkzeugmaschinenlabors WZL entwickelt im Rahmen des Forschungsprojekts die notwendigen Sensorkonzepte zur Schadenserkennung und Schadensklassifizierung. Das Ziel ist die Bereitstellung der notwendigen anlagen- und informationstechnologischen Grundlagen für werkstatttaugliche Systeme, bestehend aus einer 3-D-Geometrieerfassung und mehreren unterschiedlichen CFK-Mess- und Prüfsystemen. Anders als bei konventionellen Werkstoffen sind Schäden in CFK-Bauteilen in der Regel nicht von außen erkennbar. Es werden daher Mess- und Prüfsysteme wie Thermografie und Ultraschall eingesetzt, um Rückschlüsse auf den

Zustand im Bauteilinneren zu ermöglichen. Um alle kritischen Schäden zuverlässig zu detektieren, werden die erfassten Daten der Einzelsysteme zusammengeführt und automatisiert ausgewertet. Auf Basis der Sensor- und zuvor ermittelter Basisgeometriedaten wird ein vereinheitlichtes Datenmodell generiert und bereitgestellt.

Schadensbewertung

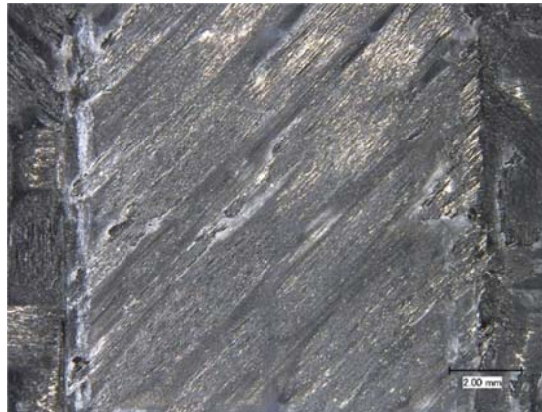
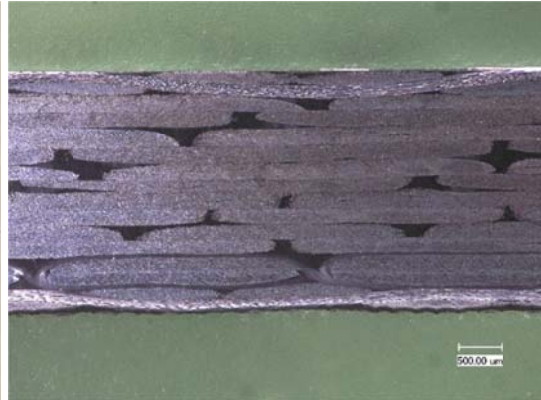
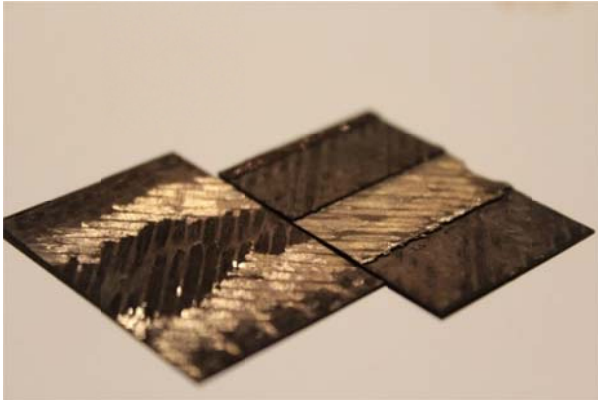
Die Sensordaten lassen keinen direkten Schluss auf die Auswirkungen auf das mechanische Verhalten der beschädigten Bauteile und somit die Notwendigkeit einer Reparatur zu. Das Institut für Kraftfahrzeuge befasst sich daher mit der Entwicklung von Methoden zur strukturelle Bewertung von Schäden auf Basis des oben genannten Sensor-Datenmodells. Grundlage hierfür sind Untersuchungen des mechanischen Verhaltens unbeschädigter und beschädigter FVK. Durch Fusion der Sensordaten zu Art und Umfang der detektierten Beschädigung kann so mit Hilfe von abgeleiteten Simulationsmodellen das Strukturverhalten des beschädigten Bauteils und die Auswirkung auf die Sicherheit und Funktion des Fahrzeugs bewertet werden. Somit können zukünftig Reparaturumfänge bedarfsgerecht definiert werden. In einer nachfolgenden Projektphase soll zudem ein Konzept eines datenbankbasierten, selbstlernenden Systems zur Standardisierung von Reparaturprozessen erarbeitet werden, in dem erfolgreich durchgeführte Reparaturen in einer zentralen Reparatur-Datenbank gespeichert werden.

Patchfertigung und Fügetechnik

Das (ISF) arbeitet schwerpunktmäßig an den Themen Strukturbearbeitung des beschädigten Fahrzeuges, Herstellung optimaler fügetechnischer Voraussetzungen durch entsprechende Oberflächenvorbehandlungsverfahren sowie die Entwicklung einer werkstatttauglichen und effizienten Reparaturstrategie in Hinblick auf den Fügeprozess. Durch enge Zusammenarbeit mit dem IKV und dem IBF werden im Bereich der Reparaturstrategie von Beginn an optimale Abstimmungen bezüglich des Fügeprozesses und der Hartpatchgestaltung zum ganzheitlichen Reparaturprozess garantiert.

Zunächst wird im Rahmen der Arbeiten zur Strukturbearbeitung untersucht, welche Strukturvorbereitungsverfahren optimal für die Instandsetzung geeignet sind. Hierbei darf die Wirtschaftlichkeit und die Werkstatttauglichkeit nicht aus den Augen verloren werden. Automatisierte Verfahren wie Fräsen, Schleifen oder Laserschäften sowie handgeführte Bearbeitungssysteme werden fokussiert. Die Verfahren werden anhand der durch die Bearbeitung resultierenden Faserschädigung und Umsetzbarkeit für die Kfz-Werkstatt bewertet. Dies erfolgt mittels mikroskopischen und mechanischen Untersuchungen wie Zugscherfestigkeitsprüfungen. Außerdem wird die Eignung von gestuften sowie kontinuierlichen Schäftungen (Bild 1) für die Reparatur untersucht und optimal ausgelegt, sodass reproduzierbare Reparaturergebnisse und ein stabiler Reparaturprozess gewährleistet werden können.

Stufenschäftungen werden beispielsweise anhand mikroskopischer Untersuchungen (siehe Bild 2) genau auf den vorliegenden Laminataufbau abgestimmt, um optimale Klebresultate durch Vergrößerung der Klebfläche und werkstoffgerechte Krafteinleitung zu generieren. Experimente zeigen, dass sich die kontinuierliche Schäftung gegenüber der gestuften Schäftung als prädestinierte Variante für den vorliegenden Anwendungsfall herausstellt. Zu begründen ist dies mit der besseren Reproduzierbarkeit, dem geringeren Aufwand zur Schäftungskonstruktion bzw. -planung und der definierten Faserfreilegung (Bild 3).



Zur Verbesserung der Adhäsionsfestigkeit werden Oberflächenvorbehandlungsverfahren wie Atmosphärendruckplasma und Laserbehandlung betrachtet. Auch hier werden durch analytische Verfahren die Effektivität der beiden Verfahren verglichen und optimale Prozessparameter ermittelt. Die sorgfältige Klebstoffauswahl nimmt eine zentrale Stellung in Bezug auf die erzielbare Reparaturfestigkeit ein. Hierbei muss die Reparaturfestigkeit der Originalfestigkeit des unbeschädigten Bauteils entsprechen. In Abstimmung mit dem Projektbegleitenden Ausschuss werden 2K-Epoxid- und Hybridklebstoffe fokussiert. Aus dem Produktportfolio der Klebstoffhersteller werden neue und optimal auf den Anwendungsfall zugeschnittene Produkte ausgewählt und bezüglich der Eignung im Reparaturprozess geprüft.

Das IKV sowie das IBF beschäftigen sich schwerpunktmäßig mit der Fertigung von individuellen und an den Schaden angepassten Reparatur-Patches sowie der dafür erforderlichen Entwicklung geeigneter Werkzeugkonzepte. Hierbei wird ein neuer Ansatz für die Herstellung von Reparatur-Patches entwickelt, die in die geschäftete Fügezone eingepasst werden. Dabei wird die Inkrementelle Blechumformung [6] eingesetzt, mit der es möglich ist, innerhalb kurzer Zeit die zu reparierende Geometrie in einem Blech abzuformen. Dieses Blech dient dann im weiteren Verlauf als Formwerkzeug für das CFK-Patch. Somit kann den unterschiedlichen Schäden durch individualisierte Reparaturen entgegnet werden.

In der letzten Phase des Projekts werden die Reparaturverfahren in Form eines Leitfadens gebündelt und entsprechende Verfahren am Demonstrator validiert.

Das IGF-Vorhaben 18.757N, 18.758N und 26LN der Forschungsvereinigung „Vereinigung zur Förderung des Institutes für Kunststoffverarbeitung in Industrie und Handwerk an der RWTH Aachen e.V.“ wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Quellen:

- [1] <http://www.bmw.com/com/de/insights/corporation/bmwi/concept.html#carbon>, Stand: 10.03.2016.
- [2] BMW Group Unternehmenskommunikation, Presse-Information 10. Juni 2015, „Produktionsstart der neuen BMW 7er Reihe im Werk Dingolfingen“; Saskia Eißbauer, Nikolai Glies, Bernhard Schneider.
- [3] <http://www.audi-technology-portal.de/de/karosserie/werkstoffe/cfk-materialien> Stand: 10.03.2016.
- [4] <http://audi-dialoge.de/magazin/technologie/02-2015/165-operation-carbon>, Stand: 9.10.2015.
- [5] Kiebach, H.; Schadenerkennung und Instandsetzung am Elektrofahrzeug BMW i3; Technische Kurzmitteilung für die Schadenpraxis; Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik; Sonderforschung des KTI; Lohfelden; Juni 2015.
- [6] Hirt, G; Ames, J.; Bambach, M.; Kopp, R. (2004): Forming strategies and Process Modelling for CNC Incremental Sheet Forming. In: CIRP Annals - Manufacturing Technology 53 (1), S. 203–206. DOI: 10.1016/S0007-8506(07)60679-9.

Autoren: U. Reisgen, A. Schiebahn und S. Bier, Institut für Schweißtechnik und Füge­technik der RWTH Aachen; K. Bethlehem-Eichler, Institut für Kraftfahrzeuge, RWTH Aachen University; S. Ekanayake, Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen; D. Losch, Institut für Mensch-Maschine-Interaktion, RWTH Aachen; R. Schmitz, Institut für Bildsame Formgebung der RWTH Aachen University