

Warmformprozess-integrierte Oberflächenstrukturierung für Hybridkomponenten

In Kooperation mit dem Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik der Technischen Universität Braunschweig haben die Wissenschaftler des Instituts für Leichtbau mit Hybridsystemen ein Verfahren entwickelt, welches eine Oberflächenstrukturierung im Presshärteprozess integriert. Die Strukturierungen sorgen für eine verbesserte Anbindung von faserverstärkten Kunststoffen an der metallischen Grundkomponente.

Aufgrund zunehmender Anforderungen in den Bereichen Sicherheit, Komfort und Leichtbau steigt im automobilen Rohbau die Nachfrage nach Strukturteilen aus ultrahochfesten Stählen. Durch Einsatz dieser Stähle kann die Blechdicke der Bauteile reduziert und somit das Gewicht gesenkt werden. Mit Hilfe des Presshärteprozesses können Bauteile gleichzeitig umgeformt und gehärtet werden. Die minimal erreichbaren Blechdicken und somit das Leichtbaupotential von pressgehärteten Komponenten werden aber bspw. durch Stabilitätsprobleme limitiert. Um weiteres Leichtbaupotential auszuschöpfen, kann eine gezielte Kombination von Metall und faserverstärkten Kunststoffen zu beanspruchungsangepassten hybriden Leichtbaustrukturen führen. Kritisch ist der Übergangsbereich bzw. die Grenzfläche von der metallischen Komponente zur Faserverbundstruktur, in dem die Kräfte übertragen werden müssen. Neue Oberflächenvorbereitungsverfahren können dabei durch die Erzeugung von gezielten Verklammerungseffekten einen Beitrag zur Steigerung der Bauteilperformance leisten. Allerdings sorgen zusätzliche Arbeitsschritte zur Oberflächen-vorbereitung oder Haftvermittlerschichten für erhöhte Kosten und Arbeitsaufwand in der Bauteilproduktion.

Forschungsprojekt HotSTRUC

In dem von Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. (FOSTA) geförderten Forschungsprojekt HoSTRUC wurde ein Verfahren entwickelt, das im Warmumformprozess hochfester Stähle eine Oberflächenstrukturierung einbringt. Die Strukturierungen werden durch das entsprechende Warmumformwerkzeug eingebracht, wodurch im Vergleich zu anderen Strukturierungsverfahren ein zusätzlicher Arbeitsschritt entfällt. Zunächst wurde ein Werkzeug zur Strukturierung auf Probenkörperebene entwickelt, mit dem die Proben gleichzeitig strukturiert und gehärtet werden, siehe Abbildung 1.

Die jeweilige Kinematik für den Presshärte- bzw. Strukturierungshub kann dabei unabhängig voneinander aktuiert werden.

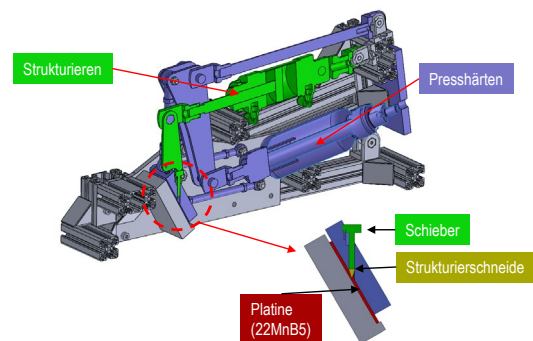


Abbildung 1: Prototypenwerkzeug zum gleichzeitigen Strukturieren und Presshärten

Zur Untersuchung von möglichen Schneidengeometrien wurden FE-basierte Modelle zur Simulation des Strukturierungsprozesses und der resultierenden Strukturierung entwickelt. Ebenso wurde zur Analyse des Prozesses eine Hochgeschwindigkeitskamera in das Werkzeug integriert. Anhand der resultierenden Form der Oberflächenstrukturierungen konnten die Materialparameter des Simulationsmodells optimiert werden. Durch das Simulationsmodell konnten somit verschiedenen Schneidengeometrien untersucht und eine Auswahl der Geometrie getroffen werden, die einen optimalen Kompromiss zwischen Kopfzug- und Scherzugfestigkeiten der hybriden Proben liefert. Bei den entwickelten Prototypen-Schneiden wurden die Werkstoffe und Beschichtungen untersucht. Abbildung 2 zeigt die makroskopischen Oberflächenstrukturierungen, die in das pressgehärtete Blech eingebracht worden sind. Ebenso lässt sich die martensitische Mikrostruktur erkennen. Die dazugehörigen Schneiden besitzen eine Keilform und bestehen aus Vollhartmetall.

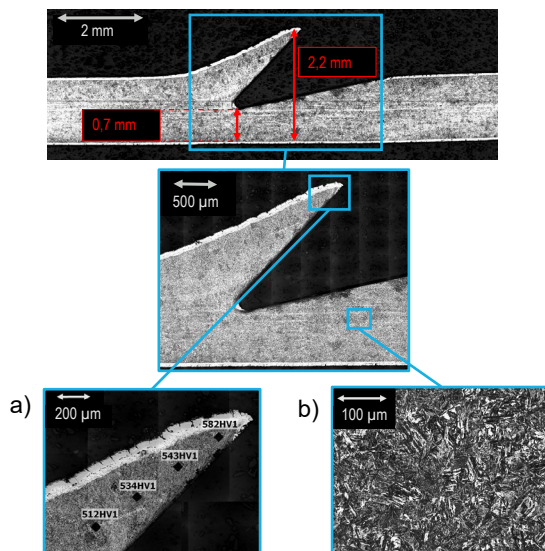


Abbildung 2: Experimentelle Ergebnisse für die Strukturierung: Form, Härte (a) und martensitisches Gefüge (b)

Hybrideigenschaften

Anschließend sind die Hybrideigenschaften der Proben untersucht worden. Für die faserverstärkten Kunststoffe wurden dazu karbonfaserverstärkte Duroplaste und glasfaserverstärkte Thermoplaste untersucht. Durch die Oberflächenstrukturierungen konnte eine Steigerung der Scherfestigkeit für die thermoplastischen Hybridkomponenten in allen Raumrichtungen nachgewiesen werden. Für die duroplastischen Endlosfasersysteme ergaben sich signifikante Festigkeitssteigerungen bei Ausrichtung der Strukturierungen quer zur Faserrichtung, siehe Abbildung 3. Als Referenz dienten hierzu die jeweils unstrukturierten Hybridkomponenten [1]. Zur Übertragung der erzielten Forschungsergebnisse auf Karosseriekomponenten fand eine entsprechende Analyse mit Hilfe von Gesamtfahrzeug-Crashsimulationen statt. Dazu wurden Konzeptstudien durchgeführt, bei denen die B-Säule einer Karosserie durch ein entsprechendes hybrides Materialkonzept substituiert wird, bspw. ist ein hybrides Konzept in Abbildung 4 (a) dargestellt. Die Grundstruktur der B-Säule besteht aus pressgehärtetem Stahl, während die B-Säulenverstärkung durch einen CFK-Patch realisiert wird. Im Referenzmodell [2] besteht die B-Säulenverstärkung ebenso aus pressgehärtetem Stahl. Als maßgeblicher Lastfall für die Auslegung wurde der Pfahlaufprall-Crash identifiziert. Zur Abstraktion dieses Lastfalles sind 3-Punkt-Biegeversuche an hybriden Materialproben durchgeführt worden, siehe Abbildung 4 (b).

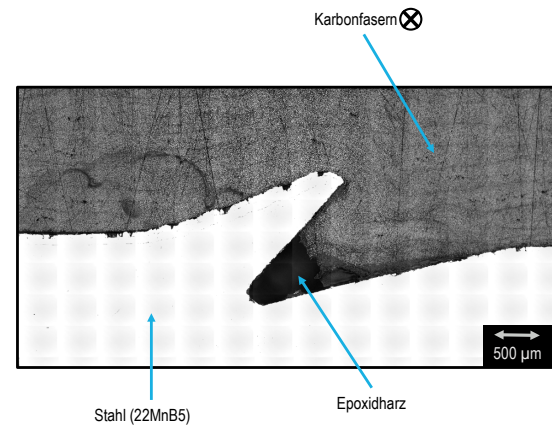


Abbildung 3: Strukturierte Hybridprobe aus 22MnB5 und ausgehärtetem CFK

Durch die eingebrachten Strukturierungen konnte ein signifikanter Verklammerungseffekt der Fasern nachgewiesen werden. Zur maximalen Energieaufnahme im Seitencrashfall ist es essentiell, dass die Grenzfläche zwischen FKV und Metalloberfläche während der Belastung intakt gehalten wird. Dies führt dazu, dass es zu einem reihenweisen Versagen der einzelnen Laminatschichten kommt. Durch die makroskopischen Strukturierungen kommt es zu einer Verklammerung der Fasern, wodurch die Grenzfläche der hybriden Materialkombinationen während der Biegebelastung intakt gehalten wird, siehe Abbildung 4 (c). Ebenso zeigt sich in der Abbildung 4 (c) das potentielle Leichtbaupotential des hybriden Materialkonzeptes. Dazu wurde die hybride Materialprobe, welche aus 1,5 mm Stahlblech und 2 mm CFK-Patch besteht mit einer gewichtsäquivalenten 2 mm Stahlprobe verglichen.

Ausblick

Das im Forschungsprojekt HotSTRUC entwickelte Verfahren zur warmformprozess-integrierten Oberflächenstrukturierung liefert einen Beitrag zum effizienten Leichtbau und führt zur belastungsangepassten Auslegung von hybriden Automobilkomponenten. Des Weiteren wurden im Forschungsprojekt entsprechende Abstraktionsmodelle für die Strukturierungen und die resultierende Festigkeitssteigerung durch Formschluss entwickelt [3]. Mit Hilfe dieser Modelle lässt sich die Evaluation auf weitere Komponenten und Anwendungsbereiche durchführen. Ebenso kann mit den entwickelten Modellierungsansätzen der Einfluss der hybriden Komponenten auf das Verhalten der Gesamtkarosserie bei unterschiedlichen Belastungen untersucht werden.

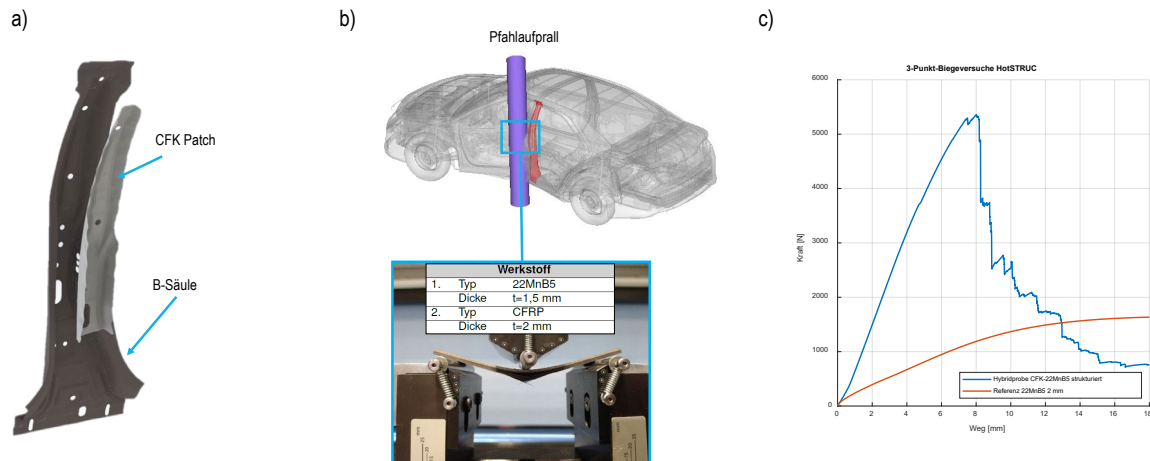


Abbildung 4: a) Hybrides B-Säulenkonzept b) Abstraktion eines Pfahlaufprall-Crashes durch 3-Punkt Biegeversuche c) Vergleich einer hybriden 3-Punkt-Biegeprobe und einer gewichtsäquivalenten Stahlprobe

Das IGF-Vorhaben 18865 N / P1135 „HotSTRUC - Warmformprozess-integrierte Oberflächenstrukturierung für Hybridkomponenten“ der FOSTA – Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V., Düsseldorf, wurde 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. Das Vorhaben wurde am Lehrstuhl für Leichtbau im Automobil (LiA) und dem Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik (IWF) durchgeführt.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Literatur

- [1] Triebus, M. et al.: Press Hardening Integrated Structuring for Hybrid Components. *Proceedings 7th International Conference on Hot Sheet Metal Forming of High-Performance Steel*; 2019.
- [2] Marzougui, D. et al.: Development & Validation of a Finite Element Model for a Mid-Sized Passenger Sedan. *Proceedings 13th International LS-Dyna Conference*; 2014.
- [3] Triebus, M. et al.: Modelling the Interface of Hybrid Metal-FRP Components Joint by Form Closures. *15. Deutsches LS-Dyna Forum*; 2018.