

DEVELOPMENT OF METAL TEXTILE COMPOSITES WITH IMPROVED ADHESION BEHAVIOR

Marén Gültner¹, Miroslav Tichý², Ivan Kepřta², Vratislav Hlaváček³, Michal Mészáros³

¹ *STFI, Chemnitz (Germany)*

² *VÚB a.s., Ústí nad Orlicí (Czech Republic)*

³ *SVÚB a.s., Čelákovice (Czech Republic)*

Abstract

In the framework of the CORNET project MeTexCom (IGF 77 EBR/1), novel metal textile composites with superior adhesion behavior between the metal and the textile surface were developed. The behavior of the hybrid structures should include interesting acoustic features and insulating properties for an application as sound absorber in the interior or exterior of automobiles, for example as engine compartments or underbody. The improved adhesion behavior of the metal textile composites was achieved by an atmospheric plasma treatment of the metal sheets with a TIG plasma welding process (TIG = Tungsten Inert Gas). The TIG plasma treatment creates a micro/nano-structure at the metal surface, which improves the adhesion behavior drastically. During the joining process, the thermoplastic polymers and thermoplastic fibers are melted, penetrate into these cavity-like structures of the metal surface and form a high quality connection after cooling. In this way, the bonding of different materials without any adhesion additives is possible.

Introduction

Light weight structures often show a bad acoustic behavior caused by their thin construction and lack of mass for damping. Therefore, several ideas were tested to improve the sound absorption in order to increase the acoustic properties [1, 2]. The combination of different materials seems to be promising. However, there is one main problem: the inherent bad adhesion between the metal and the polymer, which requires a strong gluing material. To overcome this disadvantage the TIG plasma treatment provides a new innovative technique to improve the adhesion behavior. The main objective of the project is to develop novel polymer metal composites with a superior adhesion behavior between the metal and textile surface leading to extreme light weight structures with interesting acoustic features and insulating behavior. The development of multifunctional metal textile composites with acoustic, thermal and structural functions has a high potential for an application in the field of automobiles as well as in construction industry.

Experimental

The atmospheric plasma treatment with an anodic poled TIG process creates a micro/nano-structure at the metal surface. Thus, a bond between the different materials is possible without any additional adhesives.

Regarding the textile component, different basic fabric constructions were developed. In combination with different sheet metal structures, completely new multifunctional materials, so called hybrid structures, were created and subsequently investigated. They fulfill the requirements of an interesting acoustic and insulating material.

The metal textile composites were prepared in a hydraulic press. For the joining of the hybrid structures different parameters (joining time, temperature, pressure and gap) depending on

the used thermoplastic fibers and the fabric structure (table 1) were tested. The adhesion strength was tested according to DIN EN ISO 8510-2 (peel test) and for selected samples a climate change test was realized according to the test specification PV 2005, Volkswagen AG (VW and Audi), which describes a cyclical climate change (50 °C at 80 % humidity, 85 °C at 20 % humidity and -35 °C) on vehicle parts, in particular composite parts. By PV 2005, the behavior towards temperature and humidity change is evaluated regarding the parameters cracking, deformation and delamination.

Table 1: Joining parameters for the different metal textile composites

fabric	polymer	temperature	pressure	time	gap
nonwoven	PA	225 °C	100 bar	5 min	5 mm
nonwoven	PES	180 °C	100 bar	5 min	5 mm
woven	PES/ PES T3	160 °C	100 bar	3 min	0 mm
woven	PES/ PES T7	185 °C	100 bar	3 min	0 mm
woven	PA/ PES T3	160 °C	100 bar	3 min	0 mm
woven	PA/ PES T7	185 °C	100 bar	3 min	0 mm

Results and Discussion

The investigations have shown that the plasma treatment of aluminum is possible and shows satisfying results. A constant surface appearance was achieved, stable process parameters were found and reproducible surface treatments are possible (figure 1). The challenge was to reduce the metal deformation due to thermal expansion and to minimize the heat. Figure 1 shows the micro structure of metal sheet surfaces after the TIG process. This cavern structure enables the bonding between metal and textile after infiltration of the melting polymer into the cavity.

An adhesion strength of at least 7.5 N / 2.5 cm is required for the metal textile composites. The plasma treated nonwoven metal composites show a sufficient adhesion behavior for the automotive application (up to 18 N / 2.5 cm) compared to the untreated samples which have adhesions strength values of 1.46 N / 2.5 cm and 1.67 N / 2.5 cm (figure 2). The thermoplastic textile composites (figure 3) show much higher values of the adhesion strength and are therefore suitable for lightweight construction applications (20 N / 2.5 cm - 45 N / 2.5 cm). The results of the peel test after climate change test are illustrated in figure 3. It seems that the climate change did not affect the decrease of the adhesion strength or did not influence it negatively.

For an automotive application of such composites different requirements need to be fulfilled. The composites should have good heat resistance, air noise or structure noise sound absorption for an use as engine hood compartment (absorber or damping). For interior compartments like head liner, front and side coverings the composite should fulfill the VDA requirements related to formaldehyde emission (according to VDA 275 under 10 mg / kg), odor test (according to VDA 270 note 1-3) and the requirement of fogging characteristics (according to DIN 75201 < 2 mg).

Flame propagation tests showed that all developed nonwovens do not burn. During the test, melting polymers (flamed drops) dripped from the fabrics, which were mostly self-extinguishing. The use of a aramid layer in the nonwoven construction prevented the formation of flamed drops. In addition, the developed nonwovens showed a good isolation behavior and a thermal conductivity between 0.02 W/mK and 0.05 W/mK.

The results of the odor test depended on the content and composition of the fibers. Most samples had an odor note between 2 and 3. The results of the formaldehyde emission according to VDA 275 showed that there is no formaldehyde in all samples (measured values under 0.2 mg / kg = detection limit). For PES fiber based nonwovens, the fogging characteristics indicated a small amount of condensation product (under 1 mg). PA fiber based material showed values of 1.5 mg up to 2 mg condensation product which was visible as fluid or oily condensate.

The sound absorption of the composites depended (on the mass per area unit, thickness, porosity, layer? structure of the nonwoven and fiber fineness as well as the joining parameters and the end structure of the composite after the joining.

Summary

In summary the carried out investigations have shown that it is possible to prepare metal textile composites with an improved adhesion behavior as well as with an interesting acoustic and thermal behavior. Through the plasma treatment a micro structured surface on the metal sheets was achieved, which significantly increases the adhesion strength of the composites. For each application field a suitable composite material based on aluminum could be prepared.

Acknowledgements

The IGF research project 77 EBR/1 initiated by the research association Forschungskoratorium Textil e.V. was funded through the AiF within the program for supporting the "Industriellen Gemeinschaftsforschung" (IGF) from funds of the Federal Ministry of Economic Affairs and Energy (BMWi).

We thanks the institution named above for the provision of funds and all firms of the project-related committee for their professional support and the provision of the test materials.

Supported by:



on the basis of a decision
by the German Bundestag

Literature

1. Heinrich Planck, Thomas Stegmaier, Mathias Liewald, Stefan Wagner, Ortwin Hahn, Dominik Teutenberg, Entwicklung eines Stahlblech-Mehrschichtverbundes mit textiler Einlage für Anwendungen in den Bereichen Transportsysteme und Consumerartikel, EFB-Forschungsbericht Nr. 302
2. Mathias Liewald, Stefan Wagner, Christian Bolay, Heinrich Planck, Götz Gresser, Thomas Stegmeier, Achim Vohrer, Innovative Blechverbundwerkstoffe mit textiler Einlage für den Karosseriebau EFB-Forschungsbericht Nr. 379

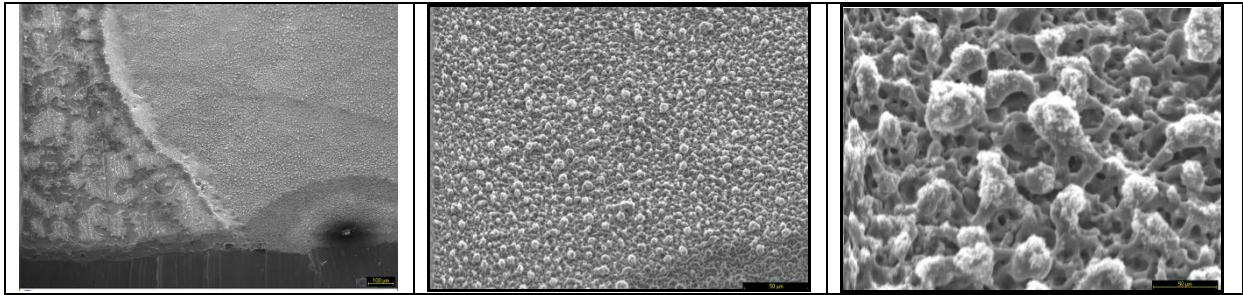


Figure 1: Micro structure of aluminum sheet surface after treatment with an anodic poled TIG process
Abbildung 1: Mikrostruktur der Aluminiumoberfläche nach der Behandlung mittels WIG-Schweißprozess

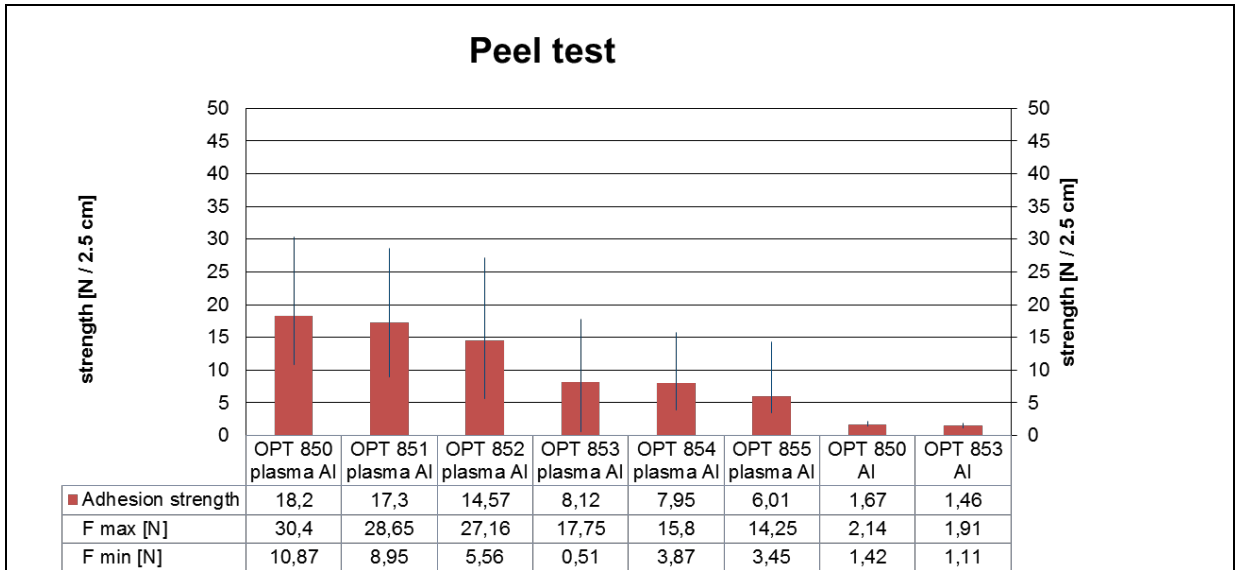


Figure 2 Adhesion strength according to the peel test DIN EN ISO 8510-2 of different metal nonwoven composites

Abbildung 2 Darstellung der Haftfestigkeit in Anlehnung an die Schälprüfung DIN EN ISO 8510-2 der Metall-Vliesstoff-Komposite

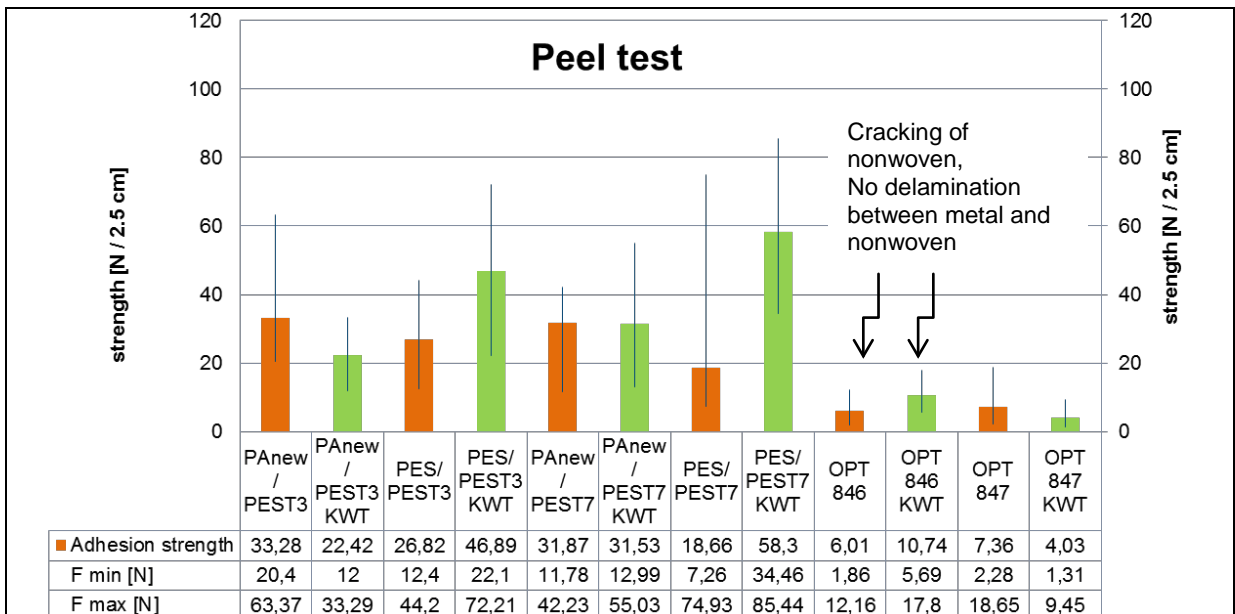


Figure 3 Adhesion strength according to the peel test DIN EN ISO 8510-2 before and after climate change test of the different hybrid structures (woven and nonwoven)

Abbildung 3 Darstellung der Haftfestigkeit in Anlehnung an die Schälprüfung DIN EN ISO 8510-2 vor und nach dem Klimawechseltest.

ENTWICKLUNG VON METALL-VLIESTOFF-VERBUNDEN MIT VERBESSERTEM ADHÄSIONSVERHALTEN

Marén Gültner¹, Miroslav Tichý², Ivan Kepřta², Vratislav Hlaváček³, Michal Mészáros³

¹ *STFI, Chemnitz (Deutschland)*

² *VÚB a.s., Ústí nad Orlicí (Tschechien)*

³ *SVÚB a.s., Čelákovice (Tschechien)*

Kurzfassung

Im Rahmen des CORNET Projektes MeTexCom (IGF 77 EBR/1) wurden haftfeste, verformbare (tiefziehfähige) Textil-Metall-Hybrid-Verbunde für automobiler Anwendungen entwickelt. Zur Verbesserung der Haftfestigkeit zwischen Metallblech und Textilmaterial werden die Metallbleche vor der Verbundherstellung durch atmosphärische Plasmabehandlung mittels WIG-Schweißprozess (Wolfram-Inertgasschweißen) vorbehandelt. Diese Plasmatechnologie erzeugt auf der Metalloberfläche Mikro-/Nano-Strukturen, die zur deutlichen Verbesserung des Adhäsionsverhaltens führen. Beim Fügeprozess infiltrieren die geschmolzenen thermoplastischen Polymere bzw. Fasern diese kavernenartige Struktur der Metalloberfläche und führen nach dem Abkühlen zu einem hochwertigen Verbund der textilen Flächengebilde mit dem Metall. Die Verbunde zeichnen sich durch eine gute Schallabsorption aber auch hitze- oder kälteisolierende Eigenschaften aus.

Einleitung

Leichtbaustrukturen zeigen oft ein schlechtes akustisches Verhalten verursacht durch deren dünne Bauweise und mangels der benötigten Masse zur Dämpfung. Daher wurden bisher mehrere Ansatzpunkte verfolgt, um die Schallabsorption zu verbessern bzw. die akustische Funktion zu erhöhen [1, 2]. Dabei scheint die Kombination von Textilien und Blechen aus verschiedenen Materialien besonders vielversprechend für das Erreichen schallabsorbierender Bauteile zu sein. Nachteil daran ist, dass aufgrund der inhärenten schlechten Haftung zwischen Metall und Polymermaterial starke Klebmaterialien erforderlich sind. Die Plasmabehandlung der Metalloberfläche mittels WIG-Schweißprozess ist dabei eine neue innovative Technik, um das Haftverhalten zwischen den Materialien zu verbessern. Das Hauptziel des Projekts ist es, neue Polymer-Metall-Komposite mit überlegenem Haftverhalten zwischen dem Metall und der Textiloberfläche zu entwickeln, die sich durch extreme Leichtbaustrukturen, interessante akustische Merkmale und Isolationsverhalten auszeichnen. Die Entwicklung von Multifunktions-Metall-Textil-Kompositen mit akustischen, thermischen und strukturellen Funktionen hat das Potenzial für Anwendungen im Automobil-Bereich sowie in der Bauindustrie.

Durchführung

Für die Erzeugung der erforderlichen Mikro- / Nanostrukturierung der Metalloberfläche wurde eine atmosphärische Plasmabehandlung mit einem anodisch gepolten WIG-Prozess verwendet. Dadurch kann eine Verbindung zwischen den verschiedenen Materialien ohne zusätzlichen Klebstoff ermöglicht werden.

In Bezug auf die Textilkomponenten wurden verschiedene Textilkonstruktionen entwickelt. In Kombination mit den verschiedenen Blechstrukturen wurden völlig neue multifunktionelle

Werkstoffe, so genannte Hybridstrukturen geschaffen und untersucht, die die Anforderungen an interessante akustische und wärmeisolierende Materialien erfüllen.

Die Herstellung der Metall-Textil-Komposite erfolgte in einer hydraulischen Presse. Für das Fügen der Hybridstrukturen wurden verschiedene Parameter (Fügezeit, Temperatur, Druck und Spalt) in Abhängigkeit von den verwendeten thermoplastischen Fasern und der Textilstruktur getestet (Tabelle 1). Die Metall-Textil-Komposite wurden bezüglich deren textile-physikalischen, akustischen und wärmeisolierenden Eigenschaften untersucht. Die Prüfung der Haftfestigkeit der Verbundstrukturen erfolgte nach der DIN EN ISO 8510-2 (Schälprüfung). Für ausgewählte Proben wurde ein Klimawechsel-Test durchgeführt. Die Testspezifikation PV 2005 der Volkswagen AG (VW und Audi) beschreibt einen zyklischen Klimawechsel (50 °C bei 80 % Luftfeuchte, 85 °C bei 20 % Luftfeuchte und -35 °C) an Fahrzeugteilen, insbesondere von Verbundteilen. Durch PV 2005 kann das Verhalten gegenüber Temperatur- und Feuchtigkeitsänderung in Bezug auf Rissbildung, Verformung und Delamination bewertet werden.

Tabelle 1: Fügeparameter zur Herstellung der Metall-Textil-Kompositen

Textil	Polymer	Temperatur	Druck	Zeit	Spalt
Vliesstoff	PA	225 °C	100 bar	5 min	5 mm
Vliesstoff	PES	180 °C	100 bar	5 min	5 mm
Gewebe	PES/ PES T3	160 °C	100 bar	3 min	0 mm
Gewebe	PES/ PES T7	185 °C	100 bar	3 min	0 mm
Gewebe	PA/ PES T3	160 °C	100 bar	3 min	0 mm
Gewebe	PA/ PES T7	185 °C	100 bar	3 min	0 mm

Ergebnisse und Diskussion

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass es mittels Plasmabehandlung möglich ist, die Aluminiumoberfläche zu strukturieren. Dabei wurden eine konstante Oberflächenstruktur erreicht, stabile Prozessparameter gefunden und reproduzierbare Oberflächen (Abbildung 1) hergestellt. Die Herausforderung bestand darin, die Metallverformung aufgrund der thermischen Ausdehnung zu reduzieren und den Wärmeeintrag zu minimieren. Abbildung 1 zeigt die Mikrostruktur der Blechoberflächen nach dem WIG-Verfahren. Diese Karvenstruktur ermöglicht die Verbindung zwischen Metall und Textil nach der Infiltration des schmelzenden Polymers in die Kavernen.

Für die Metall-Textil-Komposite ist eine Haftfestigkeit von mindestens 7,5 N / 2,5 cm gefordert. Die plasmabehandelten Vliesstoff-Metall-Komposite zeigen eine ausreichende Haftfestigkeit für Automobilanwendungen (bis zu 18 N / 2,5 cm) im Vergleich zu den unbehandelten Proben, die Werte für die Haftfestigkeit von 1,46 N / 2,5 cm und 1,67 N / 2,5 cm aufweisen (Abbildung 2). Die thermoplastischen Textil-Komposite (Abbildung 3) zeigen viel höhere Werte der Haftfestigkeit (20 N / 2,5 cm - 45 N / 2,5 cm) und sind daher für Leichtbauanwendungen geeignet. Die Ergebnisse der Schälprüfung nach dem Klimawechseltest sind in Abbildung 3 dargestellt. Es hat sich gezeigt, dass die Klimaänderung über die 50 Zyklen nicht zur Abnahme der Haftfestigkeit beiträgt.

Für automobile Anwendungen müssen die Komposite unterschiedliche Anforderungen erfüllen. Die Komposite sollten für eine Verwendung als Motorhaubenabdeckung (als Absorber oder zur Dämpfung) eine gute Hitzebeständigkeit, Luftschall- oder

Körperschallabsorption aufweisen. Für Innenverkleidungsteile, wie Dachhimmel, Front- und Seitenverkleidungen sollten die Komposite den VDA-Anforderungen bezüglich der Formaldehydemission, (nach VDA 275 unter 10 mg / kg), dem Geruch (nach VDA 270 Note 1-3) entsprechen und die Anforderung der Foggingeigenschaften (nach DIN 75201 <2 mg) erfüllen.

Die Flammenausbreitungsversuche haben gezeigt, dass keiner der entwickelten Vliesstoffe brennt. Während der Prüfung tropfte schmelzendes Polymer von den Prüflingen (brennende Tropfen), die meist selbstverlöschend waren. Durch die Verwendung einer Aramid-Schicht in der Vliesstoffkonstruktion konnte die Bildung von brennenden Tropfen verhindert werden. Zudem zeigen die entwickelten Vliesstoffe eine Wärmeleitfähigkeit zwischen 0,02 W / mK und 0,05 W / mK und zeichnen sich natürlich abhängig von der Dicke des Material durch ein gutes Isolationsverhalten aus.

Die Ergebnisse der Geruchsprüfung sind abhängig vom Gehalt und der Zusammensetzung der Fasern. Die meisten Proben weisen eine Geruchsnote zwischen 2 und 3 auf. Die Ergebnisse der Formaldehyd-Emission nach VDA 275 zeigen, dass keine der Proben Formaldehyd enthält. Die gemessenen Werte sind kleiner als 0,2 mg / kg (entspricht der Bestimmungsgrenze). Für die PES-Faser basierten Vliesstoffe konnten in der Foggingprüfung nur geringe Menge an Kondensationsprodukt (unter 1 mg) nachgewiesen werden. PA-Faser basierte Materialien zeigen dagegen Werte von 1,5 mg bis 2 mg Kondensationsprodukt, das als Flüssigkeit oder öliges Kondensat sichtbar ist.

Die Schallabsorption der Komposite ist abhängig von der Flächenmasse, der Dicke, der Porosität, der Schichtstruktur der Vliesstoffe und der Faserfeinheit. Zudem beeinflussen die Fügeparameter und die Struktur des Komposits nach dem Fügen die akustischen Eigenschaften.

Zusammenfassung

Die Untersuchungen zeigten, dass es möglich ist, Metall-Textil-Komposite mit verbessertem Haftungsverhalten sowie mit interessanten akustischen und thermischen Eigenschaften herzustellen. Durch die Plasmabehandlung konnten Mikrostrukturen auf der Metalloberfläche erzeugt werden, die die Haftfestigkeit der Verbundwerkstoffe erheblich erhöhen und damit verbessern. Dieses Projekt hat gezeigt, dass für viele Anwendungsfelder ein geeignetes Kompositmaterial auf Basis von Aluminiumblechen hergestellt werden kann.

Danksagung

Das IGF Vorhaben 77 EBR/1 der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e.V. wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert.

Wir danken allen genannten Institutionen für die Finanzierung und den Partnern und Firmen des Projektbegleitenden Ausschusses für die professionelle Unterstützung und die Bereitstellung von Sach- und Dienstleistungen.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Literatur

1. Heinrich Planck, Thomas Stegmaier, Mathias Liewald, Stefan Wagner, Ortwin Hahn, Dominik Teutenberg, Entwicklung eines Stahlblech-Mehrschichtverbundes mit textiler Einlage für Anwendungen in den Bereichen Transportsysteme und Consumerartikel, EFB-Forschungsbericht Nr. 302
2. Mathias Liewald, Stefan Wagner, Christian Bolay, Heinrich Planck, Götz Gresser, Thomas Stegmaier, Achim Vohrer, Innovative Blechverbundwerkstoffe mit textiler Einlage für den Karosseriebau EFB-Forschungsbericht Nr. 379