

Leichtbau-Kunststoff-Verbundscheibe für den Einsatz als Frontscheibe

Lightweight laminar plastic composite panel for use as a vehicle windscreen,

Projektleiter

Project leader:

Marco Mäbert

Projektbearbeiter

Person in charge:

Marco Mäbert,
Prof. Dr. Detlef Krug

Fördermittelgeber

Co-funded by:

BMWK (ZIM)

Projektpartner

Project partners:

Polyplast Sander GmbH,
Hotlineglass GmbH,
KRD Coatings GmbH,
Bayerisches Laserzentrum
gGmbH,
Forschungsinstitut für
Leder und Kunststoff-
bahnen gGmbH

Teilprojekt IHD:

**Hochfrequenz-Fügetechnologie für einen
Verbund aus Materialien, die lokal
inhomogene dielektrische Verlustfaktoren
aufweisen, sowie des notwendigen
Werkzeuges dafür**

Partial project IHD:

**High-frequency joining technology for a
composite of materials exhibiting locally
inhomogeneous dielectric loss factors,
and required tooling**

AUSGANGSSITUATION UND ZIELSTELLUNG

Die europäische Regulierung der CO₂-Emissionen für neue Personenkraftwagen (Pkw) und leichte Nutzfahrzeuge sieht ab 2030 einen Grenzwert von weniger als 60 g CO₂ je gefahrenem Kilometer vor und stellt für die Hersteller eine enorme Herausforderung dar. Die Elektromobilität erscheint gegenwärtig als eine wesentliche Schlüsseltechnologie zur Reduktion von Emissionen. Allerdings besteht bei aktuellen Elektromobilen Optimierungspotential hinsichtlich der Kompensation des hohen Batteriegewichts und der Steigerung der Speicherkapazität. Eine Reduzierung der Fahrzeugmasse eröffnet bei unveränderten Fahrzeugeigenschaften und ausreichender Antriebsleistung die Möglichkeit zur Erhöhung der Nutzlast oder der Kilometerleistung. Nutz- und Kommunalfahrzeuge mit planbaren Arbeitswegen und Nutzungszyklen – verbunden mit einer Vielzahl an Beschleunigungs- und Bremsvorgängen – können die technischen Vorteile elektrischer Antriebssysteme besonders effizient nutzen. Entscheidend ist bei diesem Fahrzeugtyp das Fahrzeuggewicht. Der Einsatz von transparenten Kunststoffverglasungen würde die Fahrzeugmasse senken. Im Vergleich zu derzeit verwendeten Verbund-

INITIAL SITUATION AND OBJECTIVE

The European regulation of CO₂ emissions for new cars and light-duty trucks stipulates a limit value of less than 60 g of CO₂ per kilometre driven from 2030 onwards and represents an enormous challenge for manufacturers. Electromobility currently appears to be a key technology for reducing emissions. However, there is potential for optimising current e-driven vehicles in terms of compensating for the high battery weight and for increasing the charging capacity. A reduction in vehicle mass opens up the possibility of increasing payload or mileage, provided that vehicle characteristics remain unchanged and drive power is sufficient. Commercial and municipal vehicles with predictable work routes and usage cycles – combined with highly frequent acceleration and deceleration cycles – can exploit the technical advantages of electric drive systems in a particularly efficient way. Its weight is decisive for this type of vehicle. The use of transparent plastic glazing would reduce vehicle mass. Compared with currently used laminated safety glazing, raw density can be reduced by more than 50 %, which represents a promising opportunity for weight reduction.

The superordinate goal of the project was the development and testing of material-

sicherheitsscheiben kann die Rohdichte um mehr als 50 % reduziert werden, was eine aussichtsreiche Möglichkeit zur Gewichtsreduzierung darstellt.

Das übergeordnete Ziel des Projektes war die Entwicklung und Erprobung werkstoffgerechter und prozesskettenoptimierter Fertigungstechnologien zur Erzeugung massensparender Kunststoff-Verbundscheiben für elektromobile Nutzfahrzeuge zum Einsatz als Frontscheibe. Die Aufgabe des IHD bestand in der Entwicklung einer Hochfrequenz-Fügetechnologie (HF-Fügetechnologie) für einen Verbund bestehend aus zwei geformten Kunststoffplatten und einer Fügefolie. Dieser enthält zwischen den Kunststoffplatten weitere, inhomogen über die Fläche verteilte Komponenten, wie Antennendrähte und Drähte für eine Scheibenheizung. Der innovative Kern des Teilprojektes bestand darin, durch eine angepasste Prozessführung die Energieeinkopplung in den Verbund so zu gestalten, dass die Fügefolie homogen aufschmilzt, die im Verbund vorhandenen Komponenten blasenfrei umschließt und eine haftfeste Verbindung mit allen anderen Verbundpartnern eingeht, ohne dass die benötigten Endigenschaften des Verbundes (Transparenz, Schlierenfreiheit) verloren gehen. Zudem sollte die vor dem Fügeprozess auf eine der beiden Kunststoffplatten aufgebrachte Beschichtung zur Erhöhung der Kratzfestigkeit nicht geschädigt werden.

appropriate and process-chain-optimised manufacturing technologies to produce mass-saving plastic composite windshields for use in electromotive commercial vehicles. The IHD's task was to develop a high-frequency joining technology (HF joining technology) for a composite consisting of two moulded plastic sheets and a bonding film. This composite contains further components distributed inhomogeneously across the surface between the plastic sheets, such as antenna wires and wires for windshield heating. The innovative core of the subproject consisted in designing the energy coupling into the composite by means of adapted process control in such a way that the joining foil melts homogeneously, encloses the components present in the composite free from blisters and forms an adhesive bond with all the other composite partners without losing the required final properties of the composite (transparency, absence of streaks). In addition, the coating applied to one of the two plastic sheets to increase scratch resistance before the joining process should not be damaged.

VORGEHENSWEISE

Zunächst erfolgten experimentelle Untersuchungen zur Auswirkung eingebrachter Fügekomponenten auf die Erwärmungsgeschwindigkeit und die Fügeigenschaften der Fügefolie unter Anwendung der unmodifizierten HF-Fügetechnologie an ebenen plattenförmigen Verbundscheiben. Variiert wurden die gleichmäßig über die Verbundplattenfläche verteilten Drahteinlagen (Antenne, Heizung) und deren Einbringung (Fügefolie, Oberfläche Kunststoffplatte). Die erzeugten Kunststoffverbundplatten wurden nach jedem Versuch einer visuellen Prüfung auf Transparenz und Lufteinschlüsse unterzogen. Im Ergebnis dessen und im Hinblick auf ein späteres Upscaling erfolgte die Entwicklung einer modifizierten HF-Fügetechnologie. Dazu waren umfangreiche Untersuchungen hinsichtlich Zulagenmaterialien sowie Zulagenaufbau und daraus hervorgehend bezüglich der Pressbedingungen (Anodenstrom, Pressdruck, Verweilzeit) notwendig. Diese Arbeiten beinhalteten auch die Entwicklung eines speziellen Vorbereitungsprozesses zum Fügen der Komponenten im Vorfeld des HF-Fügeprozesses. Danach erfolgte die Auslegung des Formteilpresswerkzeuges hinsichtlich Radien und Integration in die bestehende HF-Pressen. Zur Optimierung der Verbundqualität wurden Untersuchungen zum Einfluss der Dickentoleranz der zu fügenden Kunststoffplatten und bezüglich der Rezeptur, der Strukturierung und der Dicke der Fügefolien durchgeführt. Die Analyse der erzeugten Verbünde erfolgte hinsichtlich Zugscherfestigkeit, resultierender Schichtdicken und optischer Eigenschaften.

APPROACH

In a first step, experiments were performed to investigate the effect of inserted joining components on the heating rate and the joining properties of the joining foil using unmodified HF-joining technology on flat panel-shaped composites. The wire inserts (antenna, heating) evenly distributed across the composite panel surface and their insertion (joining foil, plastic panel surface) were varied. The plastic composite sheets produced were subjected to a visual inspection for transparency and trapped air pockets after each test. As a result of this and with a view to subsequent upscaling, a modified HF-joining technology was developed.

For this purpose, extensive investigations were necessary with regard to auxiliary panel materials and auxiliary panel structure and, as a result, with view of the pressing conditions (anode current, pressing force, dwell time). This work also included the development of a special preparation process for joining the components prior to the HF joining process. It was followed by the design of the moulding press tool with regard to radii and integration into the existing HF press. To optimise the composite quality, investigations were carried out into the influence of the thickness tolerance of the plastic sheets to be joined and with respect to the formulation, the layering and the thickness of the joining foils. The produced composites were analysed for their tensile shear strength, their resulting layer thicknesses and optical properties.



Abb. 1: Kunststoff-Verbundplatte mit Antennendraht-einlage

Fig. 1: Plastic composite panel with antenna wire insert

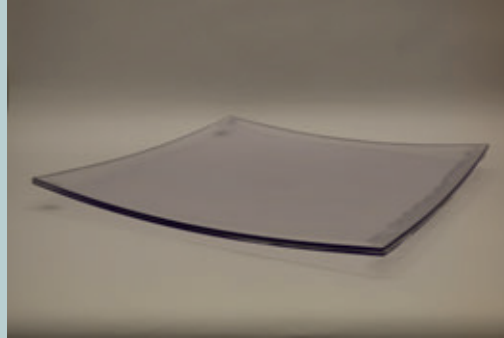


Abb. 2: Kunststoff-Verbundplatte, geformt

Fig. 2: Plastic composite panel, moulded

ERGEBNISSE

Im Ergebnis des Vorhabens konnten mit der entwickelten HF-Fügetechnologie Kunststoffverbundplatten mit Antennendraht-einlage, mit Heizdrahteinlage inklusive Kontaktbar sowie mit vor dem HF-Fügen auf-gebrachter Beschichtung zur Erhöhung der Kratzfestigkeit eben (Abb. 1) und geformt (Abb. 2) hergestellt werden. Die Verbund-scheiben wiesen keine Lufteinschlüsse auf und erfüllten die vorgegebenen Anforderun-gen hinsichtlich optischer Eigenschaften und Verbundfestigkeit.

RESULTS

As a result of the project, the developed HF joining technology was used to produce planar (Fig. 1) and moulded (Fig. 2) plastic composite panels with an antenna wire insert, with a heating wire insert including a contact bar and with a coating to increase scratch resistance applied before HF joining. The laminated panes showed no air pockets and met the specified requirements in terms of optical properties and bond strength.