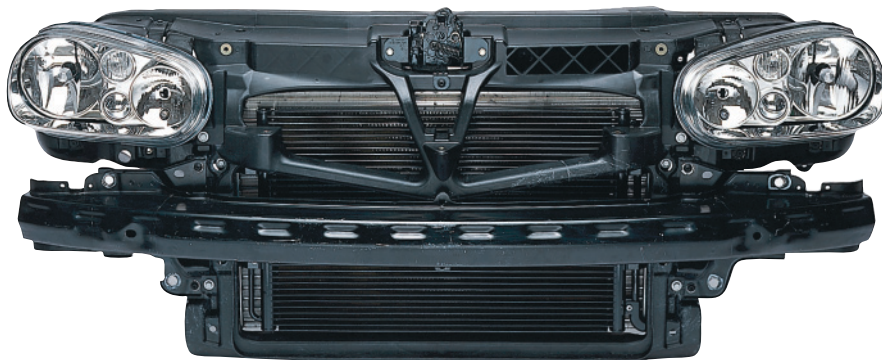


Hybridklebetechnologie für Frontendmodule

Leichter und leistungsstärker

Automobilhersteller wählen verstärkt die modulare Bauweise für ihre Fahrzeugsysteme und Baugruppen. Sie ist nicht nur erheblich kostengünstiger und aufgrund des Einsatzes von Kunststoffen deutlich gewichtssparender, sondern ermöglicht auch eine Leistungssteigerung des Gesamtfahrzeugs. Vor allem das Frontendmodul eignet sich für diese Art der Konstruktion. Die meisten OEMs haben ihre Frontend-Architektur inzwischen auf eine offene Struktur umgestellt. Dabei kann das komplette Frontendmodul separat zusammengebaut und getestet werden.



Montierter Frontendmodul-Prototyp mit geklebtem Träger

Für die Fertigung von Frontendmodulträgern werden zahlreiche Designlösungen und verschiedene Materialien und Verfahren eingesetzt. Diese hängen von unterschiedlichen Faktoren wie Strategieausrichtung, Fertigungsstandort, Materialverfügbarkeit, Prozessfähigkeit, Werkslayout sowie Gestal-

tung der Rohkarossenstruktur und der Fahrzeugplattform ab.

Viele Fahrzeuge aus der aktuellen Produktion sind mit Stahlträgern ausgerüstet, die zum einen die Scheinwerfer aufnehmen und zum anderen den Bereich um die Haubenverriegelung verstärken. Das bietet eine gute Steifigkeit und Crashfestigkeit, ist aber weder bezüglich des Gewichts optimal noch besonders kostengünstig. Daher wurden verschiedene Hybridsysteme entwickelt, die aus einer Metallverstärkung und einer Kunststoffstruktur bestehen und dadurch das Frontendmodul leichter und gleichzeitig leistungsstärker machen.

Einer der Vorteile von Kunststoffen ist die Formbarkeit. Es können komplexe

Formen gewählt und verschiedene Funktionen zusammengefasst werden, so dass weniger Teile und damit weniger Prozessschritte erforderlich sind. Das ideale Material hätte die Dichte und Formbarkeit eines Kunststoffs und gleichzeitig die Steifigkeit und Festigkeit von Stahl. Verbundwerkstoffe mit einer Verstärkung aus Glasfasern, Carbonfasern oder anderen Materialien kommen diesem Ideal schon sehr nahe. Der Designer muss jedoch stets einen Kompromiss aus Kosten, Bauraum, Leistung und Gewicht finden. Daher kommt die Leistung meist vom Metall, während der Kunststoff funktionelle Integration und komplexe Formen bietet. Ziel dieser Konstruktionen ist ein ausgewogenes Verhalten mit Energieaufnahme durch das Metall und Kostenersparnis durch den Kunststoff.

Ausgewogener Eigenschaften-Mix

Der Kunststoff muss in Abhängigkeit von den Anforderungen nicht unbedingt verstärkt werden; eine Verstärkung macht das Bauteil jedoch leistungsfähiger. In den letzten Jahren wurden vorwiegend Verbundwerkstoffe auf Polypropylenbasis eingesetzt. Sie lassen sich vergleichsweise preisgünstig mit Glasfasern verstärken und weisen einen ausgewogenen Eigenschaften-Mix auf. Außerdem sind sie einfach zu beschaffen und können in unterschiedlichen Verfahren verarbeitet werden. Der Designer kann zwischen verschiedenen Werkstoffen und Verfahren wählen: GMT, durchgehende Glasfaser-matten, Strangpressteile mit sehr langen Glasfasern oder Spritzgussteile mit Verstärkung durch lange oder kurze Glasfasern.

Kosten, Leistung und Gewicht werden durch die Wahl der Kunststoff- und Metall-Materialien sowie durch das Ver-



Roland Janssen, Market Manager Plastics Europe, Dow Automotive, Schwalbach, janssen@dow.com;

Pádraig Naughton, Application Development Leader, Dow Automotive, Terneuzen/Niederlande, naughtonp@dow.com;

Dr. Alexander Droste, Development Specialist, Dow Automotive, Schwalbach, adroste@dow.com

arbeitsverfahren beeinflusst. Das Verhältnis von mechanischen Eigenschaften, niedrigem Gewicht und optimierter Bauraumausnutzung sollte möglichst ausgewogen sein, ohne die Kosten unnötig in die Höhe zu treiben. Bei den meisten Frontendmodulträgern wird der obere Querträger als Metall-Kunststoff-Hybridsystem ausgelegt: Er muss der größten Belastung standhalten und sorgt zudem für das richtige Deformationsverhalten der angeordneten oberen Längsträger der Karosserie.

gen im Metall fließt und erlaubt die Integration weiterer Funktionen am Kunststoff. Dennoch unterliegt dieses Verfahren einer wesentlichen Einschränkung des Spritzgussverfahrens selbst: Es ist mit herkömmlichen Formen nicht möglich, ein geschlossenes Profil zu bilden, so dass das resultierende Teil an einer Seite offen ist. Um die mechanische Steifigkeit des Frontendmodulträgers vor allem im Bereich des oberen Querträgers zu maximieren, bietet sich ein geschlossenes Profil



*Geklebter Hybrid-Frontendmodulträger des neuen VW Polo
(Bilder: Dow Automotive)*

Die Wahl des geeigneten Fügeverfahrens für Metallverstärkung und Kunststoffteil ist von entscheidender Bedeutung für die Leistung des kompletten Trägers. Meist wird ein mechanisches Verfahren (Heißverprägen oder Nieten) gewählt. Hier erfolgt die Verbindung Metall/Kunststoff an einzelnen Fügepunkten, was die erzielbare Steifigkeit einschränkt – es sei denn die Verbindungspunkte liegen sehr dicht beieinander. Zudem kommt es unter Belastung zu lokalen Spannungsspitzen in den Nieten, was die Energieaufnahmefähigkeit des Moduls begrenzt.

Umspritzen des Metallteils mit Kunststoff führt zu mechanischen Verbindungen an den Stellen, wo der Kunststoff durch Aussparun-

an, da es unter anderem höhere Trägheitsmomente aufweist.

Durch Verkleben entsteht eine durchgängige Verbindung zwischen Metall und Kunststoff. Hiermit lässt sich ein geschlossenes Profil bilden, mit den entsprechenden Vorteilen für Trägheitsmoment und Steifigkeit. Eine durchgehende Verbindung verteilt die Belastung gleichmäßig, so dass keine Spannungskonzentration im Verbindungsbereich stattfindet und die Energieaufnahmefähigkeit der Struktur steigt. Beim Verkleben verläuft die Verbindung zwischen Metall und Kunststoff am Rand des Trägers und nicht in der Mitte. So hat der Designer mehr Flexibilität, um die mechanischen Eigenschaften der Struktur zu ver-

bessern, das Teil leichter zu machen, ohne an Leistung einzubüßen, bei gleicher mechanischer Leistung mit einem geringeren Bauraum auszukommen, und einen Kompromiss zwischen den einzelnen Eigenschaften zu finden.

Gewichtersparnis von 20 Prozent

Dow Automotive hat einen Prototypen entwickelt, um zum einen das Fügeverfahren zu testen und zum anderen die Chancen für bessere Leistung, geringeres Gewicht und niedrigere Kosten des Frontendmodulträgers zu untersuchen. Die verklebte Hybridstruktur wurde an einem europäischen Großserienfahrzeug erprobt. Um Erprobung und Validierung zu vereinfachen, wurde das System auf die gewünschten Eigenschaften abgestimmt: geringes Gewicht, Kostenbeschränkung und Absi-

cherung der Passgenauigkeit zum Fahrzeug. Für den zu verklebenden Prototypen wurde die Kunststoffstruktur im Spritzguss aus langglasfaserverstärktem Polypropylen geringerer Stärke gefertigt: Statt 3,5 mm des originalen GMT-Trägers konnte eine Stärke von 2,5 mm des Spritzgussträgers angewendet werden – das Kunststoffteil wurde also insgesamt leichter.

Das Spritzgussverfahren bot eine große Designflexibilität, so dass auch die Verstärkung der Haubenverriegelung entfallen konnte. Die neu gestaltete, elektrotauchlackierte (KTL) Stahlverstärkung wurde mit Betamate LESA (Low Energy Surface Adhesive) auf den Kunststoff geklebt. So entstand anstelle des offenen Profils am oberen Querträger das gewünschte geschlossene Kastenprofil.

Betamate LESA ist ein neuartiger Klebstoff, der speziell für das Fügen von Ma-

terialien mit niedriger Oberflächenspannung wie beispielsweise PP oder KTL-behandeltes Metall entwickelt wurde, ohne dass diese vorbehandelt oder grundiert werden müssen, zum Beispiel durch einen Primer. Das Fügeverfahren wird dadurch einfacher, was nicht nur Kosten spart, sondern auch für eine hochwertige und dauerhafte Verbindung sorgt. Das Bild unten zeigt eine Darstellung des Frontendmodul-Montagekonzepts. Durch das Kastenprofil am oberen Querträger kann in diesem Fall auch der Lufteinlass integriert werden, was dem Trägersystem eine weitere Funktion hinzufügt. Das zusätzliche Kunststoffteil für den Einlass aus dem alten System entfällt somit. Das verklebte System bietet gegenüber der herkömmlichen Konstruktion eine Gewichtersparnis von 20%.

Der verklebte Hybridprototyp wurde nach OEM-Vorgaben umfassend getestet. Dabei wurden zum einen am Frontendmodulträger allein und zum anderen am Frontendmodul bestehend aus verklebtem Hybridträger und Frontendkomponenten folgende Tests durchgeführt:

- „Haubenzug“ bei unterschiedlichen Temperaturen (-40 °C; 23 °C; 85 °C),
- „Haubenschlag“ bei unterschiedlichen Temperaturen (-40 °C; 23 °C; 85 °C),
- Hauben-Missbrauch,
- Vibrationsbeständigkeit,
- Beständigkeit gegenüber Temperatureinwirkung und Umwelteinflüssen,
- Verwindungssteifigkeit,
- Materialtests.

Die Ergebnisse wurden ausgewertet und mit den Resultaten der entsprechenden Tests mit einem heißverprägten beziehungsweise genieteten GMT-Träger verglichen. Alle Tests – einschließlich der Materialerprobung – zeigten sehr gute Ergebnisse. Zielübergreifend konnten durch den Versuchsaufbau Grundprinzipien der Metall-Kunststoff-Hybridstruktur validiert werden. Durch den Einsatz dieser Technologie haben sich wesentliche Vorteile herauskristallisiert, die für eine Umsetzung des verklebten Hybrid-Frontendmodulträgers in modernen Fahrzeugen sprechen.

Hybridsysteme liegen im Trend

Dow Automotive hat das Hybridfrontend-Konzept auf Basis des Klebstoffs Betamate LESA bereits in die Praxis umgesetzt, und zwar am neuen Volkswagen Polo. Im Rahmen der Zusammenarbeit wurde eine Lösung entwickelt, die nicht nur ein niedrigeres Gewicht aufweist, sondern auch sämtliche Steifigkeits- und Kostenvorgaben erfüllt. Das Gewicht ist etwa 25% geringer (das entspricht etwa 1,5 kg) als bei herkömmlichen Bauteilen, wobei die Struktursteifigkeit sogar noch leicht verbessert werden konnte.

Für die kommenden Jahre wird erwartet, dass die Zahl solcher Hybridsysteme aus Kunststoff und Metall für Frontendmodule und ihre Träger zunehmen wird. Der Trend geht zum Spritzgussteil, in das leicht zusätzliche Funktionen integriert werden können. Da das Spritzgussverfahren weit verbreitet ist, können die Teile fast weltweit in großen Stückzahlen und kosteneffizient gefertigt werden. Kosten- und Gewichtersparnis sind eine wichtige Forderung, die durch preisgünstigere Werkstoffe erreicht werden können. Hier bieten sich insbesondere langglasfaserverstärkte Werkstoffe an, die dem Teil eine bessere Crashfestigkeit und Haltbarkeit bieten. Zu den neuen Technologien zählt die Verarbeitung direkt am Band, wo Additive und Glasfasern direkt in den Spritzgussprozess integriert werden. Das spart Kosten und steigert die Flexibilität.

Es ist davon auszugehen, dass Hybridlösungen und insbesondere Klebefügeverfahren das Umspritzen und den Druckguss weitgehend ersetzen können. Das geschlossene Kastenprofil bietet hier eine bessere Struktursteifigkeit und der Designer erhält mehr Gestaltungsflexibilität. Einige der neuen Forderungen nach mehr Schutz von Fußgängern bei einem Aufprall oder besserer Recyclingfähigkeit werden sich ebenfalls im Design künftiger Frontendmodulträger niederschlagen.

Mehr Funktionsintegration und zusätzliche Komponenten werden das Trägerdesign zusätzlich beeinflussen. Hier wäre an eine Integration von Motorhaube oder sogar Kotflügeln in das Frontendmodul denkbar. Damit könnte das Konzept des Vorderwagens eine ganz neue Bedeutung erhalten.



Durchgehende Klebnaht im Hybrid-Frontend des neuen Polo



Dow Deutschland, Schwalbach, Halle A3, Stand 3217