

Hybridbauweisen im Automobilbau

Seit den fünfziger Jahren des letzten Jahrhunderts wird im Automobilbau vorwiegend die Stahl-Blechschaalenbauweise eingesetzt. Erst mit dem in den letzten Jahren verstärkten Druck in Richtung Leichtbau zur Verringerung des Kraftstoffverbrauchs bzw. der resultierenden CO₂-Emissionen haben weitere Konstruktionswerkstoffe wie Aluminium, Magnesium und faserverstärkte Kunststoffe wieder grösseres Interesse gefunden. Heute gilt der Grundsatz, für jede spezifische Anwendung den dafür am besten geeigneten Werkstoff einzusetzen, sofern dies aus technischer, wirtschaftlicher und ökologischer Sicht vertretbar ist (Multi-Materialansatz).

Wege zu tieferen Kosten

Die reine Materialsubstitution führt allerdings – bedingt durch die im Allgemeinen höheren Kosten des leichteren Werkstoffs und einer in den meisten Fällen aufwändigeren Verarbeitung – meist zu einer Verteuerung der Konstruktion. Um dem Ziel «kostengünstiger Leichtbau» näher zu kommen, muss der Werkstoffleichtbau durch die Suche nach neuen, innovativen Konstruktions- und Produktionskonzepten ergänzt werden. Die angestrebte Verbesserung des Kosten/Nutzen-Verhältnisses der konstruktiven Lösung kann durch die Entwicklung und den Einsatz von

- neuen Werkstoffen mit anwendungsspezifisch verbesserten Eigenschaftsprofilen,
- vereinfachten oder neuen Herstellungstechnologien für die angestrebten Produktformen und/oder
- werkstoffgerechten (d.h. kostengünstigeren) Verarbeitungsmethoden, z.B. in den Bereichen mechanische Bearbeitung, Füge-technik oder Oberflächenbehandlung

erreicht werden. Am wichtigsten ist aber die Wahl von Konstruktionskonzepten, die dem eingesetzten Werkstoff optimal angepasst sind und seine speziellen Eigenschaften optimal nutzen. Ziel muss sein, mit der Einführung des «neuen» Werkstoffs in den Automobilbau den Anwendungswert des entstehenden Produkts durch den gezielten Einsatz des gesamten System-Know-hows zu erhöhen. Entsprechende Entwicklungen werden am Beispiel Aluminium deutlich.

Trends und Konzepte für Aluminium

Der klassische Leichtbauwerkstoff Aluminium zeichnet sich durch eine hohe spezifische Steifigkeit und

Festigkeit, ein gutes spezifisches Energieaufnahmevermögen im Crashfall sowie ausgezeichnete Umformbarkeit, Spanbarkeit und Korrosionsbeständigkeit aus. Ein Vorteil von Aluminium ist auch die Verfügbarkeit einer breiten Produktpalette von Blechen, Strangpressprofilen und Formteilen, die mit den verschiedensten Verfahren hergestellt werden können, sowie von Werkstoffverbunden (Sandwich-Platten mit unterschiedlichen Kernwerkstoffen). Der Trend zum Leichtbau bringt es daher mit sich, dass alle verfügbaren materialgerechten Produktformen (Multi-Produktansatz) und – damit verbunden – neuen Fertigungsverfahren betrachtet werden müssen. In diesem Zusammenhang gewinnt die Diskussion der optimalen Fertigungstiefe und der zunehmenden Modularisierung weiter an Bedeutung. Die etablierten Automobil-Produktionsstrukturen können sich in Zukunft nicht zuletzt unter dem Einfluss der verstärkten Anwendung neuer Leichtbauwerkstoffe signifikant verändern.

Beispielsweise wurde bei der Karosserie des Jaguar XJ die etablierte Blechschaalenbauweise auf Aluminium übertragen, wobei lediglich das Fügeverfahren dem «neuen» Material angepasst wurde. Statt der für Stahlkarosserien üblichen Widerstands-Punktschweisstechnik wurde das kombinierte Stanznietkleben gewählt, was allein wegen der durchgehenden Verbindung der Teile im Vergleich zur punktförmigen Verbindung bei der Punktschweiss-Fügetechnologie die Torsionssteifigkeit der Karosserie um ca. 20 % erhöht. Dieses Konstruktions- und Fertigungskonzept ist besonders für hohe Produktionsvolumen geeignet.

Im Audi Space Frame werden dagegen einige spezifische Möglichkeiten, die der Leichtbauwerkstoff Aluminium dem Karosseriebauer bietet, in intelligenter Weise genutzt. Grosse strukturelle Druckgussteile kombiniert mit angearbeiteten, z. T. gebogenen und hydrogeformten Hohlprofilen führen zu einer drastischen Reduktion der Anzahl der Bauteile gegenüber einer aus Blechformteilen aufgebauten Karosseriestruktur, was die anfallenden Fügekosten reduziert und gleichzeitig die Steifigkeit der Karosserie und deren Crashverhalten verbessert. Eine wesentliche Voraussetzung für die Wirtschaftlichkeit des für mittlere Seriengrößen entwickelten Space-Frame-Konzeptes ist die hohe Genauigkeit der einzelnen Bauteile. Enge geometrische Toleranzen ermöglichen die Reduktion der Zahl der Knotenteile sowie den Einsatz des gegenüber



1
**Rohkarosserie der BMW 5er-Reihe mit Vorderbau,
 Motorhaube und Kotflügel aus Aluminium
 (Bild: Alcan Automotive)**

dem MIG-Schweißen (Schutzgasschweißen) kostengünstigeren Laserschweißverfahren im weitgehend automatisierten Zusammenbau. Als Folge der beim Laserschweißen kleineren Wärmeeinbringung und damit des geringeren Verzugs lässt sich zusätzlich eine höhere Qualität der Gesamtkonstruktion erreichen.

Bei kleinen Produktionsvolumen gilt es, primär die Werkzeugkosten zu reduzieren. Hier liegt die spezifische Stärke der Aluminium-Strangpresstechnologie. Ein entsprechend optimiertes Strukturkonzept besteht vorwiegend aus geraden und einigen einfach gebogenen Profilen, ergänzt mit wenigen Druckguss- oder Sandgussteilen. Bevorzugte Verbindungstechnologien sind in diesem Fall MIG-Schweißen oder Kleben, gegebenenfalls in Kombination mit Stanznieten. Die Verkleidung der Struktur kann sowohl durch (faserverstärkte) Kunststoffteile als auch durch Blechteile erfolgen. Beispiele für derartige Konstruktionskonzepte sind Sportwagenmodelle wie Lotus Elise, Opel Speedster oder Aston Martin V12 Vanquish.

Das wesentliche Kriterium bei der Wahl des Konstruktionskonzeptes ist somit das vorgesehene Produktionsvolumen. Entscheidende Faktoren sind die Produktionskosten der einzelnen Bauteile (speziell die Werkzeugkosten) und die Rohbaukosten, die wesentlich durch das gewählte Verbindungsverfahren (spezielle Fügekosten und Taktzeiten) bestimmt werden. Falls es gelingt, durch die gezielte Nutzung werkstoffspezifischer Vorteile in diesen Bereichen Kosteneinsparungen zu erzielen, werden konstruktive Lösungen aus höherwertigen Leichtbauwerkstoffen auch wirtschaftlich interessant.

Optimierung von Komponenten

Neben der Umkonstruktion der kompletten Karosserie im Hinblick auf den materialgerechten Einsatz von Leichtbauwerkstoffen besteht die Möglichkeit, einzelne Komponenten oder Module in einer Karosserie üblicher Bauart gewichtsmässig zu optimieren. Es hat sich in vielen Fällen gezeigt, dass dieser Weg technisch und wirtschaftlich erfolgreich beschritten werden kann. Einzelne, separat zusammengefügte Baugruppen in Hybridbauweise lassen sich problemlos in eine Stahlkarosserie integrieren, die Einführung der «neuen» Werkstoffe erfolgt rascher und risikoloser. Der gezielte Einsatz von Leichtbaumaterialien ermöglicht zudem die Realisation weiterer Optimierungsschritte:

- Verbesserung der Gewichtsverteilung durch Aluminium-Motorhauben oder -Stoßfänger bzw. gesamte Aluminium-Frontends
- günstigeres Fahrverhalten durch bevorzugte Aluminiumanwendung im Bereich Aufhängung/Fahrwerk, beispielsweise in Form von geschweißten Hilfsrahmen und/oder geschmiedeten bzw. gegossenen Formteilen
- leichtere Handhabung, z. B. bei einer Aluminium-Motorhaube oder -Tür.

Ein Beispiel für eine Konstruktion, bei der sowohl der Multi-Materialansatz als auch – beim Werkstoff Aluminium – der Multi-Produktansatz angewandt wurde, stellt die Rohkarosserie der BMW 5er-Reihe dar (Bild 1). Der Vorderwagen aus Aluminium wird durch eine klassische Stahlkarosserie ergänzt, die durch die weitgehende Verwendung hoch- und höchstfester Stähle ebenfalls gewichtsoptimiert ist.

Leicht = teuer?

Leichtbau in Hybridbauweise ist daher nicht unbedingt teuer. Die ganzheitliche Analyse der Produkthanforderungen in einem bestimmten Anwendungsfall und die kompetente Erarbeitung der Problemlösung im System Werkstoff, Konstruktion und Fertigungstechnik führt in vielen Fällen zu einem technisch sinnvollen und wirtschaftlich vertretbaren Einsatz von Hybridstrukturen, die auf verschiedenen Leichtbauwerkstoffen basieren. Für den Erfolg ist es entscheidend, durch enge Zusammenarbeit aller beteiligten Fachleute die gebotenen Optimierungsmöglichkeiten vollständig zu nutzen. Dabei kommt den Fügeoperationen zwischen artgleichen Materialien und insbesondere bei Verbindungen zwischen zwei unterschiedlichen Werkstoffen eine zentrale Rolle zu.

Dr. Peter Furrer
 Vice President Automotive Systems Engineering
 Alcan Technology & Management AG
 CH-8212 Neuhausen
 peter.furrer@alcan.com