

Lightweight, High-Strength and Extremely Reliable The Advantages of Aluminum Forgings

Using aluminum forgings for cars contributes to lowering weight and reducing fuel consumption and CO₂ emission. Compared against different casting methods, forging is distinguished by significant performance advantages of components, especially with safety parts. Consistent research and development continue to improve methods and lower costs.

Leicht, hochfest und äußerst zuverlässig Vorteile von Aluminium-Schmiedeteilen

Dipl.-Ing. Klaus Vollrath, Aarwangen, Schweiz und
Dipl.-Ing. Frank Severin, Hagen

Der Einsatz von Aluminium-Schmiedeteilen im Kfz trägt dazu bei, Gewicht, Kraftstoffverbrauch und CO₂-Ausstoß zu senken. Vor

allem bei Sicherheitsteilen zeichnet sich das Schmieden im Vergleich zu den verschiedenen Gießverfahren durch signifikante Leistungsvorteile der Bauteile aus. Durch konsequente Forschung und Entwicklung werden die Verfahren weiter verbessert und Kosten gesenkt.



Bild 1: Pkw-Hinterachsradschraube. Dieses Aluminiumschmiedeteil ersetzt ein vorher eingesetztes Stahlgussteil und erbringt dadurch eine Gewichtsreduzierung von 1,8 kg.

Bild: Hirschvogel Aluminium GmbH

„Der Einsatz von Aluminium-Schmiedeteilen hilft dem Automobilkonstrukteur beim Erreichen wesentlicher Ziele“, weiß Dipl.-Ing. Johann Bechtel, Werkleiter der Bharat Forge Aluminiumtechnik GmbH & Co. KG in Brand-Erbisdorf. Im Vordergrund steht hierbei zunächst die Verringerung des Fahrzeuggewichts als entscheidender Hebel zur Verbrauchsminderung. Wegen der erheblich niedrigeren Dichte von Aluminium im Vergleich zu Gusseisen oder Stahl kann der Konstrukteur bei Aluminium-Schmiedeteilen teilweise bis zu 50 Prozent Gewichtsersparnis erzielen. Angesichts eines Verbrauchsunterschieds von bis zu 0,5 Litern Treibstoff je 100 kg zusätzlicher Fahrzeugmasse kann Aluminium somit einen substantziellen Beitrag zur Minderung des Verbrauchs und des CO₂-Ausstoßes leisten. Über die reine Gewichtsreduzierung hinaus geht es aber auch noch um weitere Aspekte. Leichte Aluminium-Komponenten an der Vorder- und Hinterachse tragen zur Verbesserung der Schwerpunktlage sowie zur Verringerung der Massenträgheit bei, die der Fahrzeugdrehung bei Kurvenfahrten entgegenwirkt. Auch die ungefederten Massen direkt an den Achsen werden reduziert. Diese Effekte wirken sich positiv sowohl auf die Fahrdynamik als auch auf den Fahrkomfort aus.

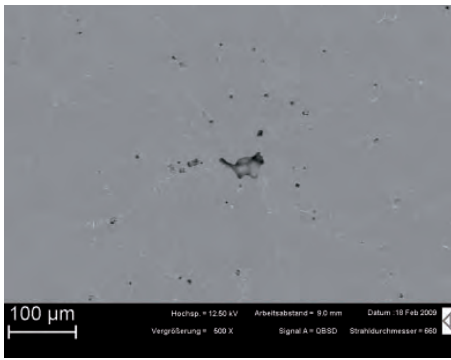


Bild 2: Porosität in einem gegossenen Schwenklager aus Aluminium. Bild: Hirschvogel Aluminium GmbH



Bild 3: Unterer Querlenker einer Sportlimousine. Die filigrane Ausführung trägt dazu bei, das Gesamtgewicht des Fahrzeugs auf weniger als 2 t zu begrenzen.

Bild: Bharat Forge Aluminiumtechnik GmbH & Co. KG

Ein merklicher Nachfrageschub könnte auch von der Elektromobilität und der Fahrzeughybridisierung ausgehen, bei der das zusätzliche Gewicht der Batterien durch verstärkten Leichtbau kompensiert werden muss.

Schmieden oder Gießen?

„Bei Sicherheitsteilen aus Aluminium im Fahrwerksbereich hat das Schmieden im Vergleich zu den verschiedenen Gießverfahren entscheidende Vorteile“, ergänzt Dipl.-Ing. (FH) René Kupke, Leiter Produktion der Hirschvogel Aluminium GmbH in Marksuhl. Ein wesentlicher Grund hierfür ist das bei Schmiedeteilen fehlerfreie und deshalb deutlich belastbarere Gefüge. Beim Gießen sind dagegen kleinere Hohlräume verfahrensbedingt nie ganz zu vermeiden. Grund hierfür ist die temperaturbedingte Schwindung des Materials beim Abkühlen sowohl im flüssigen als auch im festen Zustand. Da beim Gussteil die Außenschale zuerst erstarrt, kommt es im Inneren durch Abkühlung und Erstarrung zu einem Volumendefizit. Die Folge sind Volumenfehler wie Lunker, Poren oder Lockerstellen. In die gleiche Richtung wirken auch Ausgasungen durch in der Schmelze gelösten Wasserstoff sowie durch verdampfende Schmier-, Form- oder Betriebsstoffe. Hinzu kommen noch Einschlüsse von Schlacken, Oxiden sowie Ausscheidungen. Zwar verfügt der Gießer über eine Reihe von Verfahrenskniffen wie dem Speisen, um die Auswirkungen zu begrenzen, doch wirken diese selten 100-prozentig. Insbesondere Mikroporen oder zusammenhängende Spalthohlräume zwischen den Kristallen sind daher ein nur schwer auszuschließendes Restrisiko. Aufgrund der

hohen dynamischen Belastung im Fahrbetrieb können selbst kleine Fehlstellen als Risskeime wirken und letztlich zum Versagen führen. Bei gegossenen Sicherheitsteilen ist daher eine Kontrolle des gesamten Bauteilvolumens durch aufwendige Verfahren wie Röntgen oder Computertomographie unabdingbar. Doch bleibt selbst dann ein unvermeidliches Restrisiko, auch mit Blick auf die weiter unten noch angesprochenen Korrosionsaspekte.

Das Gleiche gilt im Prinzip auch für Gießschmiedeverfahren, bei denen das Vormaterial geometrienah zum Beispiel durch Schwenkgießen oder Niederdruckkokillengießen erzeugt und danach oberflächennah verdichtet wird. Die Verdichtung ist eine ansatzweise Teilumformung und wirkt sich nur auf die oberflächennahen Bereiche aus: Das Innere des Bauteils ist nicht umgeformt und unterscheidet sich daher bezüglich Fehlerquellen und damit verknüpfter Versagensrisiken prinzipiell nicht von sonstigen Gussteilen.

Vorteile des Schmiedens

„Beim Schmieden werden eventuelle Hohlräume durch die Verformung geschlossen und ihre Innenwände durch Druck und Hitze verschweißt“, sagt Kupke. Bereits bei der Erzeugung des Vormaterials für das Schmieden kommen Technologien und Legierungen zum Einsatz, die ein homogenes Umformgefüge ohne Hohlräume sicherstellen. Materialstruktur und -eigenschaften von Schmiedeteilen sind daher grundsätzlich homogen und frei von Defekten. Auf eine Überwachung kann folglich verzichtet werden. Bei Schmiedeteilen kann man sich daher auf vergleichsweise einfach durchzuführende Verfahren zur Detektion von Oberflächenfehlern beschränken. Des Weiteren wirkt sich das Strahlen der Oberfläche von



Bild 4: „Gerade bei Sicherheitsteilen im Achsbereich ist die hohe Duktilität von Aluminium-Schmiedeteilen entscheidendes Argument“, Dipl.-Ing. Johann Bechtel. Bild 5: „Das Gefüge von Aluminium-Schmiedeteilen ist feinkörnig und frei von Fehlstellen wie Gasen oder groben Mischphasen“, Dipl.-Ing. (FH) René Kupke.

Bild: Bharat Forge Aluminiumtechnik GmbH & Co. KG

Bild: Klaus Vollrath

Aluminium-Schmiedeteilen positiv aus. Die Verformung der Oberfläche durch das Strahlgut führt zum Aufbau von Druckeigenstressungen. Dies erhöht die dynamische Festigkeit der Bauteile zusätzlich.

Ein weiterer Vorteil von Schmiedeteilen liegt darin, dass der Schmied Legierungen mit vorteilhafteren Eigenschaften verwenden kann als der Gießer. Übliche Gusswerkstoffe enthalten zur Verbesserung der Gießeigenschaften Silicium im hohen einstelligen, teilweise

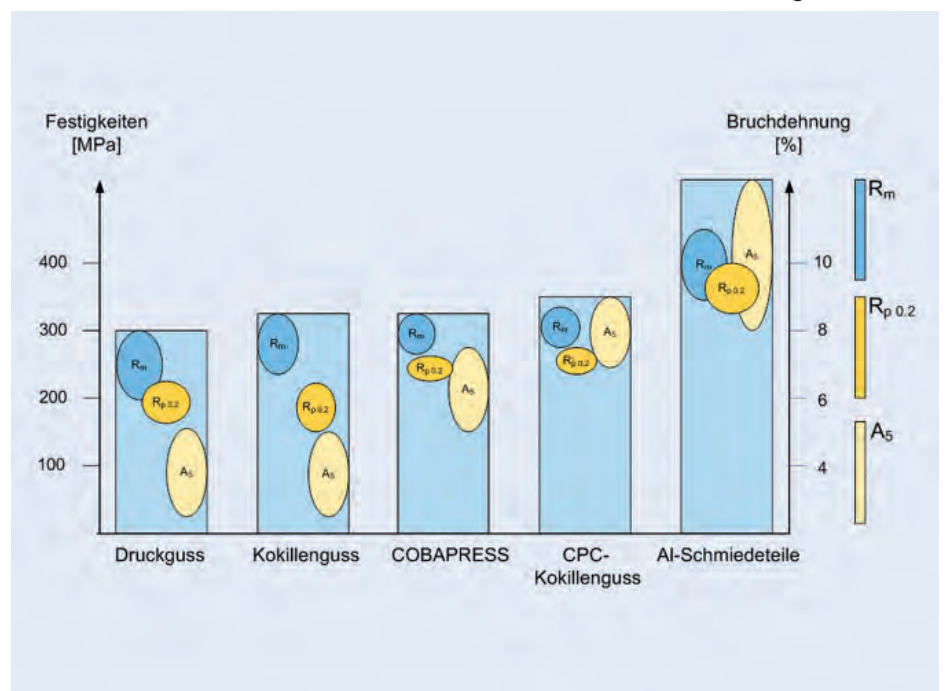


Bild 6: Mechanische Eigenschaften von geschmiedetem Aluminium sowie von Aluminiumguss.

Bild: Hirschvogel Aluminium GmbH

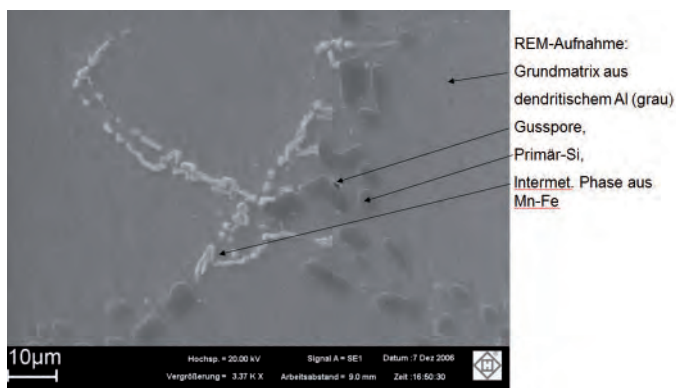


Bild 7: Korrosions- und Festigkeitsrisiko: Gefüge eines Gussteils mit Pore, grobem primär ausgeschiedenem Silicium sowie Ausscheidungen aus Mangan- und Eisen-Mischkristallen. Bild : Hirschvogel Aluminium GmbH



Bild 8: Umformbarkeit als Trumpf: Stützlager aus Schmiedeteil, Gummilager und Abdeckscheibe. Rechts die fertig montierte Baugruppe nach dem Einpressen des Lagers, dem Aufsetzen der Scheibe und dem Einbördeln des Randes.

Bild: Hirschvogel Aluminium GmbH

sogar im zweistelligen Prozentbereich. Dies hat jedoch Nachteile unter anderem mit Blick auf mechanische Eigenschaften, Gefügeausbildung und Bearbeitbarkeit. Auch können viele Gusslegierungen nicht wärmebehandelt werden.

Typische Schmiedelegerungen lassen sich dagegen problemlos wärmebehandeln und erreichen dadurch optimale mechanische Eigenschaften. Das Resultat sind Festigkeits- und Duktilitätswerte, die deutlich oberhalb des Niveaus typischer Gusslegierungen liegen. Für den Konstrukteur bedeutet dies, dass ihm zusätzliche Sicherheitsreserven zur Verfügung stehen und er beispielsweise ein Schmiedeteil mit geringeren Querschnitten auslegen kann, was zusätzliche Gewichtsersparnis bringt. Weiterer Vorteil des feinen, homogenen Umformgefüges von Schmiedeteilen ist ihre Druckdichtheit, sodass sie sich hervorragend für Bauteile in Hydraulik- oder Pneumatikkreisläufen eignen. Auch lassen sich Aluminium-Schmiedeteile problemlos schweißen.

Bessere Sicherheitsmargen im Missbrauchsfall

„Ein weiterer wesentlicher Aspekt ist die deutlich überlegene Duktilität von Schmiedeteilen gerade im Achsbereich“, erläutert Bechtel. Von Bedeutung ist hierbei nicht nur die höhere Energieaufnahme und damit

Sicherheitsmarge bei einem Crash. Was ebenso zählt, sind die im Missbrauchsfall ertragbaren Verformungen. Zu den fundamentalen Sicherheitsphilosophien der Kfz-Hersteller gehört, dass zum Beispiel der Fahrer nach einem unterkritischen Schadensfall – wie einer Kollision mit dem Bordstein – durch das veränderte Fahrverhalten gewarnt werden soll, dass etwas nicht in Ordnung ist. Dies setzt eine möglichst hohe Duktilität der im Fahrwerksbereich verwendeten Komponenten voraus.

Korrosionsbeständigkeit

„Aufgrund der Wahlfreiheit bei den Legierungen gibt es bei Alu-Schmiedeteilen auch kaum Probleme mit Korrosion“, verrät Kupke. Die im Fahrwerksbereich eingesetzten Schmiedelegerungen weisen nur sehr moderate Legierungszusätze auf. Ihr homogenes Gefüge ist deshalb kaum anfällig für Korrosion. Im Unterschied dazu ist die Kristallstruktur der Gusswerkstoffe mit ihren deutlich höheren Legierungszugaben diesbezüglich empfindlicher. In ihrem Gefüge liegen Phasen mit stark unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung nebeneinander vor. Diese verschiedenen Zusammensetzungen stellen auf Grund ihres unterschiedlichen elektrochemischen Potenzials ein Korrosionsrisiko dar. Weiterer Schwachpunkt sind intermetallische Phasen, die Mangan und Eisen enthalten.



Bild 9: Belastungsoptimierte Orientierung des Faserverlaufs zur Erhöhung der Betriebsfestigkeit eines typischen Elementes aus dem Antriebstrang eines Pkw.

Bild: Hirschvogel Aluminium GmbH

Hinzu kommt noch das Problem der Hohlräume: Kleine Spalten und Poren im Gussgefüge, die zur Oberfläche hin offen sind, können sich aufgrund der Kapillarwirkung mit salzhaltigem Wasser füllen und stellen dann – vor allem bei schwingender Beanspruchung – ein Risiko insbesondere mit Blick auf die Langzeit-Betriebsfestigkeit dar.

Fortschritte bei den Schmiedetechnologien

„In den letzten Jahren hat es bei Aluminium-Schmiedetechnologien erhebliche Fortschritte gegeben“, weiß Kupke. Dank enger tolerierter Prozessparameter – von der Zusammensetzung der Vorlegierung über die Kontrolle der Temperaturen und Kräfte bei der Verformung bis zur exakten Reproduktion der Wärmebehandlung in automatischen Öfen – können Schmieden heute Bauteile fertigen, deren Eigenschaften reproduzierbar weit über den nach Norm üblichen Streubereichen liegen.

Durch verbesserte Formgebungstechnologien wie der Verwendung geometrisch angepassten Vormaterials, der Vorverformung zum Beispiel durch spezielle Walz-, Stauch- oder Reckverfahren sowie durch Einsatz von mehrfach wirkenden Umformwerkzeugen verfügt der Schmied heute über zusätzliche Freiheitsgrade. Dies führt zu Fortschritten bei der erzielbaren Komplexität der Bauteilgeometrien sowie zur Verringerung des zu zerspanenden Volumens durch net-shape-

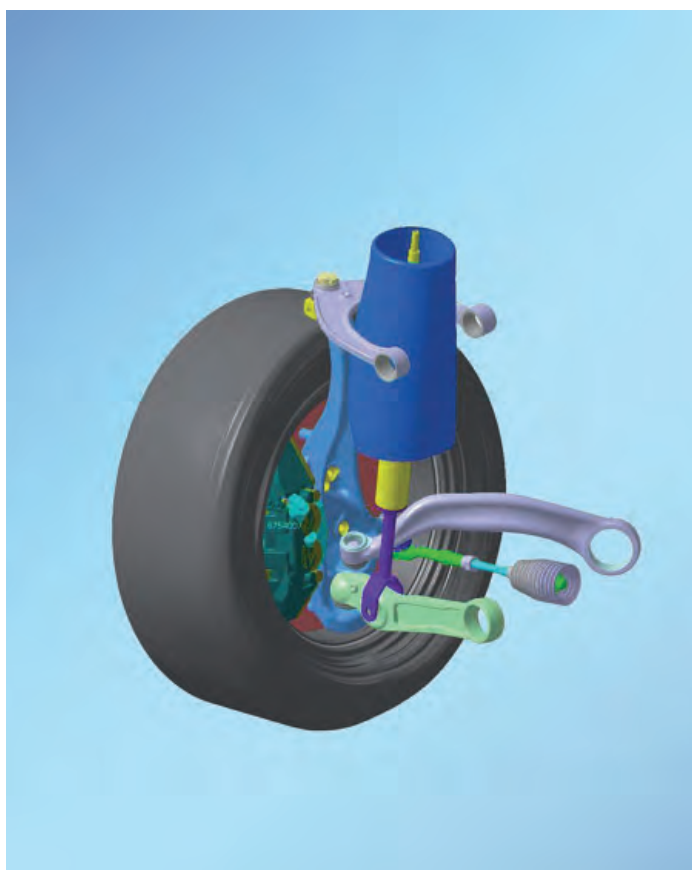


Bild 10: Moderne Schmiedeteilentwicklung erfolgt in Partnerschaft mit dem Kunden auf der Grundlage von Lastenheften, die Bauräume, Schnittstellen und die auftretenden Belastungen vorgeben.
Bild: Hirschvogel Aluminium GmbH



Bild 11: Unterer Querlenker mit Anbauteilen. Die komplett einbaufertig montierte Baugruppe wird just in time direkt ans Band geliefert.

Bild: Bharat Forge Aluminiumtechnik GmbH & Co. KG



Bild 12: Beispiel für ein früher „unerschmiedbares“ Teil: Aus Aluminium geschmiedeter Motorrad-Längslenker.

Bild: Bharat Forge Aluminiumtechnik GmbH & Co. KG

Schmieden. Weitere Vorteile ergeben sich durch die Nutzung von zusätzlichen Umformoperationen entlang der weiteren Prozesskette, beispielsweise beim Fügen mit anderen Bauteilen durch Umformoperationen wie Bördeln oder Stauchen. Darüber hinaus können partiell unterschiedliche Bauteileigenschaften eingestellt werden.

Eine wichtige Besonderheit von Schmiedeteilen ist die Faserstruktur, die sich beim Umformen im Material ausbildet. Das Bauteil weist dadurch in Faserrichtung höhere statische und dynamische Festigkeit auf. Wegen einer im Rahmen der Festlegung der Umformschritte berechneten gezielten Orientierung des Teils beim Umformen kann der Schmied diesen Effekt zur Steigerung der Betriebsfestigkeit nutzen.

Partnerschaftliche Produktentwicklung mit modernsten Entwicklungstools

„Aluminiumschmieden liefern längst nicht mehr nur Rohteile nach Zeichnung, sondern entwickeln gemeinsam mit ihren Kunden technisch durchoptimierte Lösungen“, sagt Bechtel. Heutige Anfragen aus dem Automobilbereich beinhalten umfangreiche Lastenhefte, in denen Bauräume, Schnittstellen sowie die auftretenden Belastungen vorgegeben werden. Die weitere Entwicklung erfolgt in enger partnerschaftlicher Kooperation zusammen mit dem Schmied, der hierzu

sein Prozesswissen bezüglich der Werkstoffe sowie der Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit von Umformoperationen einbringt. Dabei kommen modernste CAD/CAM-Programme zum Einsatz. Der Massivumformer optimiert hierbei mit Blick auf die Besonderheiten des Verfahrens die Bauteile und erreicht in der Regel erhebliche Gewichtseinsparungen. Anschließend werden alle Umformprozesse simuliert, um kostentreibende Tests an den sehr teuren und komplexen vollautomatischen Schmiedestraßen zu vermeiden. Das Ergebnis sind optimierte und sicher beherrschte Prozesse, die präzise, höchst zuverlässige Schmiedeteile liefern.

Erschließung von Kostensenkungspotenzialen

„Zu unseren wichtigsten Aufgaben für die Zukunft gehört auch die tendenzielle Verringerung des Kostenabstands zum Guss durch zähe Optimierungsarbeit“, resümiert Bechtel. Zwar seien viele Prozessschritte bereits weitgehend durchrationalisiert, doch zeichneten sich für die Zukunft weitere Einsparmöglichkeiten ab, unter anderem durch Einbeziehung der vorgelagerten Prozesskette zur Herstellung des Rohmaterials. Schmiedestraßen sind heute technologisch in der Lage, sehr komplexe Schmiedeteile zu erzeugen, die vor 10 Jahren noch als unerschmiedbar galten.

Weiteres Kostensenkungspotenzial liegt in der konsequenten Ausweitung der Wertschöpfungstiefe der Schmieden durch die Übernahme weiterer Leistungen wie Bearbeitung, Veredelung und Montage bis hin zur Lieferung einbaufertiger Module just in time direkt ans Fließband des Kfz-Herstellers. ■



Dipl.-Ing. Klaus Vollrath



Dipl.-Ing. Frank Severin

Bharat Forge Aluminiumtechnik GmbH & Co. KG,
Berthelsdorfer Str. 8,
09618 Brand-Erbisdorf, Deutschland
Telefon: +49 37322 474-747,
www.bf-at.de

Hirschvogel Aluminium GmbH,
Dr.-Manfred-Hirschvogel-Straße 1,
99819 Marksuhl, Deutschland
Telefon: +49 36925 248-0,
www.hirschvogel.de