

Massivumformung: Eine innovative Branche mit modernen Werkstoffkonzepten



Fahrwerksteile für den Automobilbau aus Stahl und Aluminium
(Bilder: Hirschvogel Automotive Group)

Zu den wichtigsten Anforderungen an moderne Produkte gehören heute neben höherer Leistung oder geringerem Preis zunehmend auch ein möglichst geringer Verbrauch von Energie und Ressourcen. Dies gilt nicht nur für die eigentliche Herstellung, sondern für den gesamten Lebenszyklus des Produkts von der Rohstoffgewinnung bis zum Recycling. Diesen Anforderungen entsprechen Massivumformteile besonders gut, da schon bei ihrer Herstellung nur geringe Materialverluste anfallen. Durch ständige Innovationen bei Werkstoffen und Produkten bauen die Unternehmen der Branche diese Vorteile stetig weiter aus.

Den wenigsten Menschen ist heute bewusst, wie viel Energieeinsatz schon allein in den Rohstoffen steckt, die tagtäglich in unseren Fabriken verarbeitet werden. So benötigt man für die Herstellung eines Kilogramms Rohstahl aus Erz rund 18 Megajoule (MJ) Energie, und

selbst für das erneute Umschmelzen beim Recycling werden 6 MJ pro kg benötigt. Im Vergleich damit sind die rund 3,2 MJ/kg, die für die Verarbeitung von Werkstoff über alle Prozesse in einem typischen Schmiedebetrieb ermittelt wurden, geradezu erstaunlich bescheiden. Noch entscheidender ist jedoch, dass beim Massivumformen das Eingangsmaterial und damit die in ihm enthaltene Energie so effizient genutzt wird wie bei kaum einem anderen Verfahren. Im Unterschied zum Gießen, zur Zerspanung aus dem Vollen oder zu Blechkonstruktionen wird beim Massivumformen das Volumen des Einsatzmaterials fast vollständig zum fertigen Produkt umgeformt, die Verluste sind oft minimal. Zudem gelingt es dem Massivumformer häufig, die gewünschte Geometrie so genau herzustellen, dass auf eine spanende Bearbeitung weitgehend oder sogar gänzlich verzichtet werden kann. Damit werden zusätzlich Material und Energie eingespart.

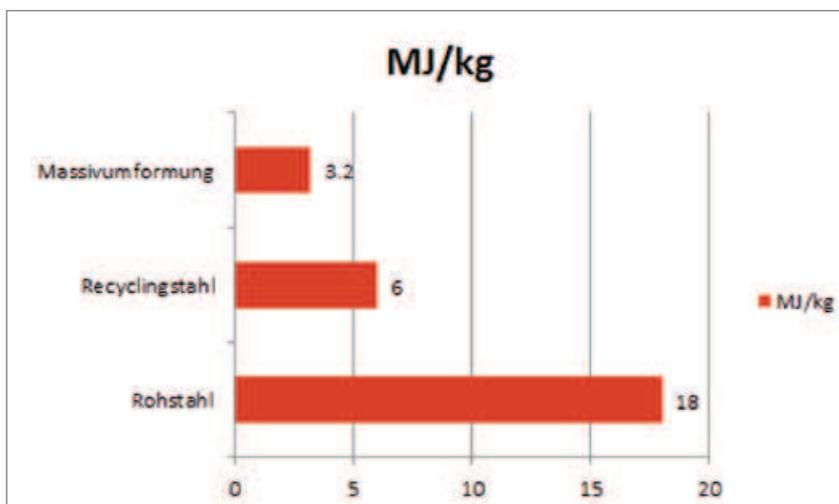
Leichtbau senkt den Energieeinsatz...

Weiterer entscheidender Aspekt ist die Tatsache, dass sich Massivumform-Bauteile durch besonders hohe Belastbarkeit bei niedrigem Gewicht auszeichnen. Dies ist eine unmittelbare Folge des Herstellverfahrens an sich, denn durch die Verformung des Werkstoffs werden mögliche innere Fehlstellen beseitigt. Zudem erzeugt sie ein besonders gleichmäßiges und feinkörniges Gefüge, welches sich durch entsprechend höhere Festigkeit auszeichnet. Außerdem bildet sich beim Schmieden aufgrund der Umformung eine Faserstruktur aus, die besonders

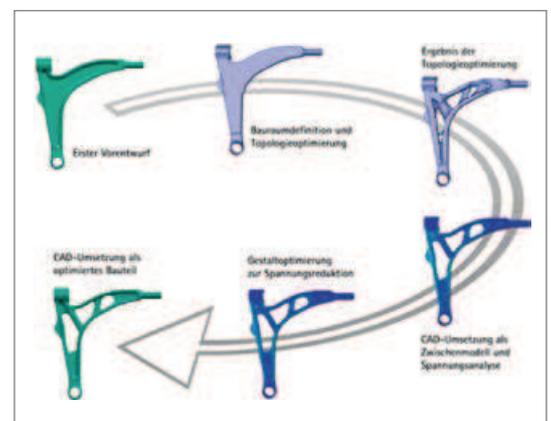
hohe dynamische Belastungen erträgt. Moderne Umformverfahren ermöglichen heute zudem die Herstellung besonders filigraner, dünnwandiger Bauteile, deren Geometrie exakt an die betrieblichen Beanspruchungen angepasst ist. Dies ist Voraussetzung für effizienten Leichtbau. Damit werden nicht nur am Bauteil selbst Material und Ressourcen gespart, sondern auch im Verlauf seiner Lebensdauer, insbesondere dann, wenn es in einem Fahrzeug verwendet wird. Dort kann ein filigranes Schmiedeteil z.B. in Fahrwerk, Motor oder Getriebe im Laufe der Gesamtlebensdauer des Fahrzeugs oft deutlich mehr Treibstoff und damit Energie einsparen, als zu seiner Fertigung überhaupt aufgewendet werden musste.

... auch dank moderner Entwicklungsmethoden

Eine wichtige Voraussetzung für diese Erfolge beim Leichtbau ist der Einsatz moderner Entwicklungsverfahren wie der computergestützten Simulation von Herstellprozessen und Bauteilverhalten. Solche Programme setzt der Massivumformer heute meist in enger Zusammenarbeit mit seinen Kunden ein, um auf diese Weise optimale Bauteile und schlanke Produktionsprozesse auszutüfteln. Zu diesen Verfahren gehört auch die computergestützte Topologieoptimierung. Hierbei wird zunächst ein grober Vorentwurf erzeugt, der dann mit Hilfe eines FEM-Programms virtuell belastet wird. Der Computer untersucht dann jeden Punkt der Konstruktion darauf, ob er besonders hohen oder besonders niedrigen Spannungen unterliegt, und nimmt dort Material weg, wo die Belastung am



Massivumformprozesse benötigen erheblich weniger Energie, als für die Herstellung des Rohmaterials Stahl aufgewendet werden muss
(Quelle: Hirschvogel Automotive Group)



Typische Phasen einer Bauteilentwicklung: Von Vorentwurf und Bauraumdefinition über Topologieoptimierung, CAD-Konstruktion, Spannungsanalyse und Gestaltoptimierung bis zur CAD-Ümsetzung des optimierten Bauteils
(Grafik: FE-Design)

niedrigsten ist. Dies wird iterativ solange wiederholt, bis das Spannungsniveau im Bauteil optimal gleichmäßig verteilt ist. Dieser Entwicklungsschritt ist nur eine erste Station in einer ganzen Kette aufeinanderfolgender Simulationsverfahren, die von Vorentwurf und Bauraumdefinition über Topologieoptimierung, Spannungsanalyse und Gestaltoptimierung bis zur CAD-Umsetzung des optimierten Bauteils reicht. Das Ergebnis sind solide, ausgereifte Produkte, die ein Minimum an Ressourcen und Energieeinsatz benötigen, sowie optimierte industrielle Fertigungsverfahren, die schnell angefahren und bei hohem Qualitätsniveau sicher beherrscht werden können.

Werkstoffentwicklungen

Ein weiterer Weg zur besseren Nutzung von Energieeinsatz und knappen Legierungselementen sind neue Werkstoffe, die mit geringen Legierungszugaben und intelligenter Nutzung der prozess-typischen Erwärmung der Bauteile zu-recht kommen. Hierzu gehören vor allem die ausscheidungshärtenden ferritisch-perlitischen (AFP) Stähle. Im Unterschied zu „klassischen“ Vergütungsstählen, die zur Einstellung hoher Festigkeit und Zähigkeit eine separate – und damit energieintensive – doppelte Wärmebehandlung nach dem Schmieden benötigen, erreichen diese Werkstoffe ihre ausgezeichneten Gebrauchseigenschaften einfach durch kontrollierte Abkühlung aus der Schmiedehitze. Da die verwendeten Mikrolegierungselemente – vor allem Vanadium, Niob und Titan – lediglich in sehr geringen Mengen zugegeben werden, lassen sich erhebliche Einsparungen durch verringerten Einsatz klassischer Legierungszugaben wie Chrom, Molybdän oder Nickel erzielen.

Ungeachtet der bereits erzielten Erfolge scheint das Potenzial der AFP-Stähle noch nicht ausgeschöpft. Deshalb treibt die Schmiedebbranche über den Industrieverband Massivumformung e.V. (IMU) zusammen mit namhaften Forschungseinrichtungen weitere Forschungsarbeiten zu ihrer Weiterentwicklung voran. Daneben gibt es noch die Gruppe der bainitischen Stähle, die bei guten Zähig-



Zahnradrohling mit präzisionsgeschmiedeter Kuppelverzahnung. Vorteile sind die optimierte Auslegung der Verzahnung, die Integration von Nebenfunktionselementen sowie eine optimale Gestaltung der Zahnfußkontur
(Bild: Sona BLW Präzisionsschmiede)

keitseigenschaften und kostengünstiger Legierungslage ein noch höheres Festigkeitspotenzial als die AFP-Stähle bieten. Ziel sind Legierungen mit einer Streckgrenze > 850 MPa, einer Zugfestigkeit > 1200 MPa, einer Bruchdehnung > 10 % und einer Kerbschlagzähigkeit ISO-V > 27 J bei Raumtemperatur. Die Eignung solcher bainitischer Stähle konnte mittlerweile an Pilotbauteilen (Common-Rail-Bauteil und LKW-Achsschenkel) nachgewiesen werden. Der Bainitanteil betrug dabei 97 – 99 %. Weitere Entwicklungen betreffen sogenannte TRIP-Stähle (TRIP = Transformation Induced Plasticity). Ihr Gefüge enthält hohe Anteile an instabilem Restaustenit, der sich bei mechanischer Beanspruchung zu hochfestem Martensit umwandelt.

Ressourceneffizienz durch Near-Net-Schmieden

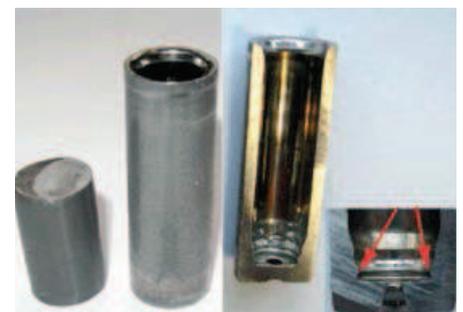
Ein weiterer wichtiger Aspekt zur Ressourceneinsparung folgt aus der Tatsache, dass Massivumformverfahren heute sehr genau geführt werden können. Oft lässt sich die gewünschte Kontur schon im Schmiedezustand nahezu erreichen. In bestimmten Fällen ist es sogar möglich, selbst Verzahnungen wie z.B. Kuppelver-

zahnungen bei Gangrädern direkt einbaufertig zu schmieden. Jegliche Bearbeitung durch Zerspanung ist ein sehr teuer und energieaufwendiger industrieller Prozess. Deshalb tragen solche Erfolge besonders zur Einsparung von Ressourcen bei. Der Vorteil liegt dabei nicht nur in den eingesparten Bearbeitungskosten, sondern auch im eingesparten Vormaterial.

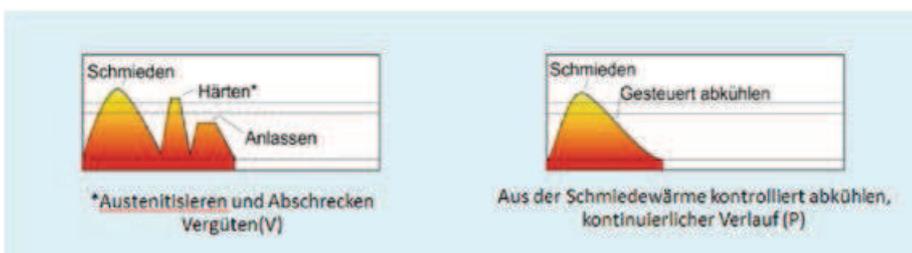


Die Kugellaufbahnen dieses Gleichlaufgelenks werden direkt einbaufertig umgeformt
(Bild: Neumayer Tekfor)

Ein weiterer Kniff der Massivumformer besteht darin, Bauteile bereits bei der Herstellung hohl auszuführen. Der hierfür erforderliche umformtechnische Mehraufwand wird zumindest teilweise und in manchen Fällen sogar vollständig durch den eingesparten Materialeinsatz kompensiert. Zudem wird dank des verringerten Gewichts z.B. im Automobil in erheblichem Umfang Gewicht und damit auch Treibstoff eingespart. Weitere Ersparnisse kommen dadurch zustande, dass solche hohlen Bauteile aufgrund ihrer verringerten Masse bei Drehzahländerungen weniger Beschleunigungsenergie aufnehmen.
Klaus Vollrath



Durch Massivumformung hergestelltes dünnwandiges Außengehäuse für einen hydraulischen Dämpfer. Es weist innen einen fertig gepressten Kugeldichtsitz sowie eine hinterschnittene umlaufende Nase (Pfeile) auf, an der beim Zusammenbau eine Federkappe eingerastet wird
(Bild: Räuchle)



Bei AFP-Stählen wird die Prozesswärme zur Einstellung der gewünschten Festigkeit genutzt
(Grafiken: Industrieverband Massivumformung e. V.)