

# Gussteile aus Stahl im Automobil

*Bekannt und vielfach veröffentlicht ist, dass aus Leichtbauaspekten zur weiteren Emissions- und Kraftstoffeinsparung die leichten Materialien Aluminium und Magnesium verstärkt im Automobilbau Einsatz finden. Weniger bekannt ist dagegen, dass auch die Eisenwerkstoffe wegen ihrer höheren Festigkeit und ihrer Wärmebeständigkeit hier auch noch bedeutende Anwendungsgebiete mit nicht unbedeutenden Leichtbaupotentialen haben. Das gilt auch für den Werkstoff Stahl, der nicht nur im Umformbereich, sondern auch im Gussbereich über interessante Lösungen für den Automobilbau verfügt.*

Dank seiner guten Eigenschaftskombinationen und der bis zum Fünffachen höheren Festigkeit gegenüber anderen Konstruktionswerkstoffen hat Stahl immer noch ein bedeutendes Masseinsparungspotential. So hat die Werkstoffentwicklungsdynamik der Automobilindustrie in den letzten Jahren zur Entwicklung hoch und höherfester Stähle geführt, die sich durch eine Kombination hoher Festigkeit mit hoher Umformbarkeit auszeichnen. Neue hochfeste Stähle besitzen bereits Zugfestigkeiten bis über 1000 N/mm<sup>2</sup>. Dualarbeitsstähle erhalten ihre Eigenschaften durch Einstellen eines bestimmten Mischgefüges aus Ferrit und Martensit. Die TRIP-Stähle verfügen über ein besonders gutes Umformvermögen, das durch einen bestimmten Austenitanteil eingestellt wird, der sich erst bei der Verformung in Martensit umwandelt. Noch höhere Festigkeiten erreichen Martensitphasenstähle, deren hochfestes Martensitgefüge durch eine schnelle Abkühlung erzeugt wird. Andere Stahlewicklungen verfügen über ein ausgezeichnetes Festigkeits-Elastizitäts-Verhalten. Damit sind diese Werkstoffe wegen ihrer ausgezeichneten Crash-Eigenschaften beispielsweise für Strukturteile im Automotivebereich interessant.

## Immer mehr Stähle gießbar

Die Gusswerkstoffe folgen dieser Entwicklung aus der Umformtechnik, und immer mehr dieser Stähle sind heute auch gießbar, die beispielsweise für Knotenstruktu-



Bild 1

Dünnwandige Stahlgussteile nach dem „3cast-Verfahren“ gefertigt.

Bild: evosteel, Leipzig

ren an Fahrzeugkarosserien Einsatz finden können. Eine neuentwickelte nichtrostende austenitische CrMnNi-Stahlgusslegierungen mit TRIP-Effekt (Transformation Induced Plasticity) wurde für Formussteile entwickelt. Die neuen nichtrostenden Stähle haben Chromgehalte von 12 bis 20 % und Nickelgehalte bis 12 %. Im Gegensatz zu den Knetlegierungen wird die verformungsinduzierte Martensitbildung in den Gusslegierungen erst im endgefertigten Gussteil infolge äußerer Spannungseinwirkung ausgelöst. Der TRIP-Effekt führt dann zu einer gleichzeitigen Anhebung der Zugfestigkeit und der Bruchdehnung und verbessert auch das Energieabsorptionsvermögen. Die Folge ist ein verbessertes Eigenschaftsprofil, vor allem bezüglich der Zugfestigkeit, der Bruchdehnung und der Kerbschlagarbeit.

Die Stahlgusslegierungen verhalten sich bei Raumtemperatur

sehr zäh. Sie weisen im Vergleich zu handelsüblichen austenitischen CrNi-Stahlgusslegierungen, wie beispielsweise dem austenitischen Stahlguss GX5CrNi18-10 (1.4308), deutlich höhere Festigkeits- und Zähigkeitseigenschaften auf, was sich vorzüglich für den Leichtbau und die Herstellung höherfester Gussteile nutzen lässt [1].

## Einsatz von hitzebeständigem Stahlguss

Turbolader-Gussteile für die neuen Hochleistungsmotoren erfordern nicht zuletzt wegen der angestrebten Verringerung der Abgase und den steigenden Leistungen einen auf das Bauteilverhalten abgestimmten Werkstoff. Neben den steigenden Festigkeits- und Zähigkeitseigenschaften betrifft das vor allem die höheren thermo-mechanischen Beanspruchungen der Turbolader. Hier werden bei den leistungsstarken Motoren Abgas-

temperaturen am Turbineneintritt von über 1050 °C erwartet. Audi trug bei der Entwicklung des neuen Aggregates MJ 07 für den Audi S32 diesem Rechnung und setzt auf den Werkstoff Stahlguss.

Abgastemperaturen von über 1050 °C erfordern die Nutzung von hitzebeständigem Stahlguss. In Versuchen wurde die Tauglichkeit der Stahlgussorten W-Nr. 1.4848 (GX40CrNiSi25-20) und W-Nr. 1.4849 (GX40NiCrSiNb38-18) nachgewiesen. Eine prozesssichere

## Autor

Dipl.-Ing. Karl-Heinz Schütt  
ZGV – Zentrale für Gussverwendung  
Deutscher Gießereiverband  
Sohnstr. 70  
D-40237 Düsseldorf  
Tel. +49 (0) 211/6871-282  
karl-heinz.schuet@dgvd.de  
www.dgvd.de



**Bild 2**

Nockenwelle für Ventiltrieb eines 6V-Pkw-Motors aus Stahlguss mit 6 mm Mindestwanddicke.

Bild: Gusstahl Lienen



**Bild 3**

Düsenring für Turbolader aus hitzebeständigem Stahlguss mit einem Radius von 0,5 mm an den Schaufel-eintrittskanten nach dem Keramikformverfahren gefertigt.

Bild: Edelstahlwerke Schmees

vergießen. Das ausschmelzbare Wachs- und Kunstharzmodelle nutzende Verfahren besticht neben dem großen Freiheitsgrad in der Bauteilauslegung und einer sehr großen Legierungsvielfalt im Stahlbereich bis hin zu Sondersorten durch eine sehr gute Oberflächen- und Abbildegauigkeit und ist zudem für die Prototypenfertigung geeignet, da es viele generative Verfahren einbinden kann. Damit eignet sich das Verfahren auch für das Rapid Prototyping oder die Vor- und Kleinserienfertigung. Die Nutzung von feingegossenen Stahlgussteilen im Automobilgussbereich liegt damit neben dem Vorserienbereich im Premiumbereich und bei Serienteilen mit besonderen Eigenschaften, die den Einsatz des Feingießverfahrens erforderlich machen (Bild 4). Anwendungen sind zum Beispiel Gussteile aus Sonderlegierungen, die schon eine fast fertige Kontur aufweisen, größere Gussteile, bei denen schwierige und aufwändige Bearbeitungsvorgänge eingespart werden, hoch komplexe Gusskörper, die mit anderen Verfahren nicht oder nur aufwändig herstellbar sind [6].

Weiterführende Informationen zum Gusswerkstoff Stahl können bei der Zentrale für Gussverwendung (e-mail: zgv@dgv.de) angefordert werden.

#### Literatur

- [1] Weiß, A.; Gutte, H.; Scheller, P. R.: Nichtrostender Stahlformguss mit TRIP-Effekt und verbesserten mechanischen Eigenschaften. Produktblatt der TU BAF Freiberg, Institut für Eisen- und Stahltechnologie, Freiberg, 2007.
- [2] Staneff, H., u. a.: Heiße Lösung – Edelstahl für Lader. VDI-Berichte Nr. 1944: Gießtechnik im Motorenbau – Anforderungen der Automobilindustrie. Düsseldorf: VDI Verlag, 2007.
- [3] Schreiner, J.: Leicht, sicher, intelligent – Dünnwandiger Stahlguss für Anwendungen im Fahrzeugbau. Tagungsband NEW-CAST-Forum 2007, Düsseldorf 2007.
- [4] Lost-Foam-Stahlguss – Präzision aus einem Guss. konstruieren + giessen 28 (2003) Nr. 2, S. 16.
- [5] Stahlguss – Herstellung, Eigenschaften, Anwendung. konstruieren + giessen 29 (2004) Nr.1, S.1- 80.
- [6] Feingießen – Herstellung, Eigenschaften, Anwendung. konstruieren + giessen 33 (2008) Nr. 1, S. 1-50.

Fertigung in der Kernpaketechnik bis Wanddicken von 3,0 +/- 0,5 mm ist heute möglich und entspricht auch den Forderungen nach weiterem Leichtbau. 2,5 mm sind zukünftig angestrebt. Durch die geringere thermische Trägheit der Stahlgusslegierungen werden das Betriebsverhalten des Katalysators vor allem in der Startphase und das Emissionsverhalten deutlich verbessert. Gute Schweißbarkeit und hohe Zeitstandfestigkeit sind weitere herausragende Eigenschaften. Allerdings stehen hohe Kosten für das Ni-haltige Metall und in der Bearbeitung dem Einsatz in der Massenfertigung derzeit noch entgegen, wo weiterhin das austeniti-

sche Gusseisen dominiert [2].

### Fortschritte bei den Gießverfahren

Zudem wurde eine Gießtechnologie entwickelt, mit der Dünnwandgussteile mit Wanddicken bis 1,5 mm gegossen werden können (Bild 1) – was bisher als technisch nicht machbar galt – und die damit in den Bereich der umgeformten und druckgegossenen Strukturteile eindringen werden. Eine speziell ausgelegte Niederdruck-Sandguss-Technologie sorgt für die nötige Prozesssicherheit zur Herstellung dieser dünnwandigen Gussteile. Das „3cast-Verfahren“ erreicht das durch einen vollständig kontrollierten automatischen Gießprozess. Abhängig von der Größe des Bauteils lassen sich komplexe und hochintegrative Strukturteile mit Mindestwanddicken von 1,5 bis 3 mm in Serie fertigen, die den hohen Anforderungen der Automobilindustrie gerecht werden [3].

Das aus der Motorblockfertigung im Leichtmetallgussbereich bekannte Lost-Foam-Verfahren bietet mit seiner einteiligen Form und der Verwendung von verlorenen Modellen Möglichkeiten, noch komplexere, kern- und gratlose Gussteile kostengünstiger als mit anderen Verfahren herzustellen. Dieses Verfahren wird auch für den Stahlguss erfolgreich eingesetzt. In einer Machbarkeitsstudie konnte auch die Anwendung dieses Verfah-

rens zur Herstellung einer hohl gegossenen, massereduzierten Nockenwelle für den Ventiltrieb eines 6V-Pkw-Motors aus dem Stahlguss G100Cr6 nachgewiesen werden, Bild 2 [4].

Das Keramikformverfahren, verbindet die Vorteile der klassischen Sandgussverfahren mit der hochpräzisen Fertigung von Feingussteilen mit sehr komplexen Innen- und Außenkonturen und ist damit auch für den Automotivbereich interessant. Prinzipiell können alle Stahlgusswerkstoffe verwendet werden. Verfahrenstechnische Grenzen bestehen hinsichtlich der Bauteilgröße bis etwa 1 m Kantenlänge und der Seriengröße, die wegen der aufwändigen Formenfertigung bei kleinen und mittleren Stückzahlen liegt. Sehr hohe Oberflächengüten, geringe Wanddicken, hohe Maßgenauigkeit und die Abbildung komplexer Innenkonturen sind weitere Vorteile dieses Verfahrens. Hitzebeständige Teile für Premiumfahrzeuge sind hier ein klassisches Anwendungsgebiet aus dem Automobilbau, wie der im Bild 3 gezeigte Düsenring für einen Turbolader aus hitzebeständigem Stahlguss. Die Laufräder werden bearbeitungsfrei vorgegossen [5].

Auf Großserien ausgelegt ist dagegen das Feingießverfahren. Die Gießereien sind in der Lage, neben einer breiten Palette standardisierter Legierungen auch kundenspezifische Sonderwerkstoffe zu



**Bild 4**

Feingegossene Getriebeteile für den Fahrzeugbau aus der Stahllegierung G16CrMo4.

Bild: Buderus Moers