

# Was sich biegt, bricht nicht

## Entwicklungstendenzen bei hochfesten Gusseisenwerkstoffen



Christine Bartels

**Gusseisenwerkstoffe sind auf Grund ihres Eigenschaftsprofils in der Antriebstechnik seit langem etabliert. Neue Werkstoffe wie ADI oder höherfeste ferritische Gusseisenwerkstoffe sowie Weiterentwicklungen in der Fertigungstechnik erlauben heute den Einsatz von Gusseisenkomponenten in Bereichen, die bisher aus unterschiedlichen Gründen anderen Werkstoffen vorbehalten waren.**

Gusseisen mit Lamellengraphit ist seit Jahrzehnten ein häufig genutzter Werkstoff für Getriebegehäuse (Bild 1). Der Grund hierfür liegt in der hervorragenden Kombination von Werkstoff- und Fertigungseigenschaften. So erlauben die exzellenten Gießereigenschaften auch im Sandguss vergleichsweise dünne Wandstärken und ein porenfreies und damit sehr dichtes Gefüge. Gusseisen mit Lamellengraphit lässt sich sehr gut mechanisch bearbeiten, und darüber hinaus trägt die hohe Materialdämpfung zu einer geringeren Geräuscentwicklung von Getrieben bei.

### Werkstoff für Zahnradbauteile

Wirken höhere Kräfte, findet Gusseisen mit Kugelgraphit Verwendung. Perlitisches Gusseisen mit Kugelgraphit (Sphäroguss) findet beispielsweise Anwendung als Werkstoff für Zahnradbauteile in mäßig belasteten Getrieben, wie dem Antrieb für die Trommel von Betonmischerfahrzeugen (Bild 2). Das perlitische Grundgefüge bietet in diesem Fall mit einer Zugfestigkeit von 700 MPa und einer Streckgrenze von 420 MPa an sich schon eine hohe Festigkeit und eine gute Verschleißbeständigkeit. Darüber hinaus erlaubt das perlitische Gefüge ein anschließendes induktives Härten der Zahnflanken, wobei in der obersten

**1: Getriebegehäuse für den Unimog aus EN-GJL-250.**

Schicht ein martensitisches Gefüge eingestellt wird. Die Verschleißbeständigkeit lässt sich so noch einmal deutlich steigern. Mit diesem Verfahren können Härten von bis zu 55 HRC erreicht werden. Die durch die Gefügeumwandlung hervorgerufenen Druckeigenschaften in der Oberfläche steigern darüber hinaus auch die Schwingfestigkeit.

### ADI-Hochleistungswerkstoffe mit großem Potential

Bei sehr hohen Kräften stoßen die konventionellen perlitischen Gusseisenwerkstoffe jedoch an ihre Festigkeitsgrenzen, weshalb hoch belastete Getriebebauteile in der Vergangenheit zumeist Stählen vorbehalten waren. Seit einiger Zeit bietet die Gruppe der ADI-Werkstoffe eine attraktive Alternative zu Stählen. Die Werkstoffe sind in DIN EN 1564 genormt. ADI steht als Abkürzung für Austempered Ductile Iron und bezeichnet eine Gruppe wärmebehandelter Sphärogusswerkstoffe, die durch eine spezielle Mikrostruktur gekennzeichnet sind. Das charakteristische sehr feine, sogenannte ausferritische Gefüge aus nadelförmigem

### Schweißen von Gusseisenwerkstoffen ist auch in der Großserienfertigung möglich

Ferrit und stabilisiertem Austenit verleiht dieser Werkstoffgruppe eine äußerst günstige Kombination aus Festigkeit, Zähigkeit und Verschleißfestigkeit, die sie zu interessanten Substitutionswerkstoffen für eine Vielzahl von Schmiedestählen macht. Gegenüber Stählen weisen ADI-Werkstoffe jedoch eine etwa 10 % geringere Dichte auf. Die deutlich höhere Materialdämpfung führt zu einer signifikant reduzierten Geräuscentwicklung von Getrieben. Messungen zeigen, dass die Geräuscentwicklung bei einer Rad-Ritzel-Paarung aus ADI-Komponenten um zirka 10 dB unter der einer Paarung aus Stahlkomponenten liegt.

In den USA sind ADI-Werkstoffe im Getriebebau bereits etablierte Werkstoffe und auch auf dem europäischen Markt wurden inzwischen Hohlräder, Planetenträger, Differentialgehäuse und andere Antriebskom-



**Autorin:** Dr. Christine Bartels ist Leiterin der Produktentwicklung bei der Claas Guss GmbH in 33609 Bielefeld

ponenten aus ADI erfolgreich getestet. Ein Beispiel ist das in **Bild 3** dargestellte Antriebsrad für einen Bodenverdichter. Getrieben von der Notwendigkeit, den Geräuschpegel der Maschine deutlich zu reduzieren, wurde eine Vielzahl von Maßnahmen eingeleitet: Angefangen von besseren Verzahnungsgütern und einer Umstellung auf eine Schrägverzahnung bis hin zur Umstellung auf eine geometrisch steifere Konstruktion wurden verschiedene Register gezogen.

Nicht zuletzt hat man Überlegungen angestellt, wie hier andere Materialien für weitere Verbesserungen sorgen könnten. Gegenüber dem Vorgängermodell mit einem Schmiedebauteil aus C45, welches anschließend nach dem Vordrehen und Verzahnen induktiv gehärtet wurde, konnte durch den Einsatz von EN-GJS-1000-5 eine signifikante Geräuschreduzierung erreicht werden.

## Freiheit bei der Formgebung

Bei Gusseisenkomponenten spielen jedoch häufig nicht nur die Werkstoffeigenschaften eine wichtige Rolle, sondern auch die Formgebungsmöglichkeiten des gießenden Fertigungsverfahrens. Schwenkbügel für servohydraulische Antriebe mit ihren formtechnisch komplizierten Innengeometrien sind eindrucksvolle Beispiele dafür, welche Geometrien mit Eisensandguss darstellbar sind. Angesichts solcher Geometrien stellt sich die Frage nach Alternativen zu Gusseisenwerkstoffen schon aus Gründen der gießtechnischen Eigenschaften nicht, da sich die Geometrie mit anderen Metallen mit weniger gutmütigen Gießeigenschaften kaum realisieren lässt.

## Schweißen von Gusseisenwerkstoffen

Bei der Entscheidung für einen Werkstoff spielen neben dessen unmittelbaren Material- und Fertigungseigenschaften häufig aber auch das Werkstoffverhalten in den nachfolgenden Fertigungsschritten eine wichtige Rolle. Besondere Bedeutung kommt neben der Bearbeitbarkeit dabei vielfach der Fügetechnik zu.

In den neueren Regelwerken zum Schweißen (ISO/TR 15608, DIN EN 1011-8) wurden Gusseisenwerkstoffe – entgegen gängiger Vorurteile – in die Gruppe der schweißbaren Werkstoffe aufgenommen. Die beste Schweißeignung zeigen die rein ferritischen Sorten mit Kugelgraphit. Wegen der guten Verformbarkeit ist die ferritische Matrix in der Lage, thermisch induzierte Spannungen durch plastische Verformung abzubauen, ohne zu reißen. In der Automobilindustrie werden in der Achsfertigung Gusseisenbauteile untereinander durch Abtrennstumpfschweißen gefügt und Gusseisen- mit Stahlkomponenten durch



2: Verschiedene Bauteile für den Mischerantrieb eines Betonmischerfahrzeugs. Werkstoffe: EN-GJS-500-7 und EN-GJS-700-2 (partiell im Bereich der Verzahnung induktiv gehärtet).



3: Antriebsrad für einen Bodenverdichter – aus Gründen der Geräuschreduzierung aus ADI (EN-GJS-1000-5).

Magnetarc- oder durch Reibschweißen verbunden.

Die unlegierten ferritischen Werkstoffe zeigen jedoch normalerweise nur begrenzte Festigkeiten, die für viele Anwendungen nicht ausreichen. Die höherfesten, überwiegend perlitischen Sorten neigen beim Schweißen stärker zur Bildung von Härterissen. Ziel musste also sein, einen Werkstoff zu entwickeln, der zwar ein duktileres ferritisches Grundgefüge zeigt, aber dennoch hohe Festigkeit aufweist. Dieses Ziel lässt sich durch Legieren mit Silizium erreichen. Neben der Schweißeignung zeigen diese Werkstoffe auch im Vergleich zu ferritisch-perlitischen Werkstoffen ähnlicher Festigkeit bessere Bearbeitungseigenschaften. Zu dieser Werkstoffgruppe gehört der

in ISO 1083 genommene Werkstoff ISO 1083/JS/500-10.

Mit den genormten Werkstoffen ist jedoch noch nicht die Grenze des technisch machbaren erreicht. Im Getriebebau werden inzwischen Werkstoff-Sonderentwicklungen eingesetzt, die Mindestfestigkeiten von bis zu 620 MPa bei 7 % Bruchdehnung zeigen. Differentialgehäuse aus diesem hochfesten ferritischen Gusseisenwerkstoff werden im Laserschweißverfahren mit einem Gegenstück aus Einsatzstahl gefügt. Hierzu haben nicht zuletzt auch Weiterentwicklungen in der Fügetechnik beigetragen.