

Bildquelle: Hirschvogel

Stahl ist nicht gleich Stahl

STÄHLE – Für Konstrukteure von Komponenten und Anlagen sind Werkstoffe ein Ansatzpunkt für Innovationen. Neuerungen bei Stahlwerkstoffen für die Massivumformung.

von Klaus Vollrath, freier Journalist

Der dem Menschen seit Jahrtausenden vertraute Werkstoff Stahl ist noch lange nicht ausgereizt und wird ständig verbessert. Auf der einen Seite geht es beim Thema Stahl um neue, bisher so nicht darstellbare Eigenschaftskombinationen, die dem Konstrukteur wichtige zusätzliche Freiheitsgrade eröffnen. In anderen Fällen hingegen stehen Einsparungen im Vordergrund, so dass vergleichbare Bauteile mit geringem Aufwand an Energie und Ressourcen erzeugt werden können.

Anwendungsvielfalt

Von Stahl spricht man bei Legierungen, die zum größten Teil aus Eisen bestehen und deren Kohlenstoffgehalt unter 2,06 Prozent liegt. Das weite Eigenschaftsspektrum macht Stähle für viele technische Anwendungen zur wichtigsten und vielseitigsten Werkstoffgruppe. Hinzu kommen die günstigen Kosten bei Herstellung und Verarbeitung sowie ihre Recyclingfähigkeit. Beurteilungskriterien für neue Schmiedestahlentwicklungen sind die Streckgrenze, ein weiteres die Kerbschlagzähigkeit, mit

der sich das Werkstoffverhalten bei schlagartiger Belastung bewerten lässt, und die auch von der Prüftemperatur abhängt. Sie ist ein wesentliches Kriterium vor allem bei der Prüfung von Sicherheitsteilen.

Bei Einsatzstählen – sie erhalten durch Aufkohlung der Oberfläche eine besonders

harte Außenhaut - zielen neuere Entwicklungen in verschiedene Richtungen: In vielen Fällen geht es um die Reduzierung von Kosten durch Einsparung teurer Legierungselemente oder von Arbeitsschritten in der Prozesskette, in anderen Fällen stehen Leistungssteigerungen im Vordergrund. So wird unter anderem versucht, die teuren Legierungselemente Nickel und Molybdän durch Mangan oder eine Kombination aus Mangan und Bor zu ersetzen.

AUF EINEN BLICK

Die wichtigsten Stähle im Bereich des Schmiedens:

- Unlegierte Kohlenstoffstähle (DIN EN 10250-2)
- Einsatzstähle (DIN EN 10084)
- Vergütungsstähle (DIN EN 10083)
- AFP-Stähle (Ausscheidungshärtende ferritisch-perlitische Stähle/ DIN EN 10267)
- Induktiv härtbare Stähle (DIN EN 10083 und andere Normen)
- Nitrierstähle (DIN EN 10085).
- Wälzlagerstähle (DIN EN ISO 683-17)
- Rostfreie Stähle (DIN EN 10222-5)

Das Thema wird ausführlich in der Broschüre »Neue Stähle für die Massivumformung«, März 2012, behandelt und ist kostenlos hier zu beziehen:

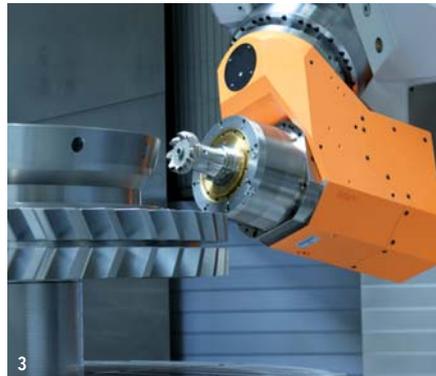
www.metallform.de

Mehr Zähigkeit erwünscht

Ein anderer Ansatz zielt darauf, das Zähigkeitsverhalten durch eine kornfeinende Niobzugabe zu verbessern. Besonders marktnah ist eine dritte Entwicklung mit dem Ziel der Kostensenkung durch eine möglichst preiswerte Legierungslage. Der unter der Bezeichnung „H2“ vermarktete Werkstoff bietet aus Sicht der Härtebarkeit das Potenzial, deutlich teurere Einsatzstähle zu ersetzen. Ein neu entwickelter Stahl namens 20MnCrMo7 ist sogar besser zu härten als der mit Nickel legierte konventionelle Einsatzstahl 18CrNiMo7-6 und könnte



2



3



4

sich im Getriebebereich als Ersatz für nickellegierte Stähle eignen. Auch im Bereich der Vergütungsstähle wird versucht, Legierungskosten durch Substitution teurer Elemente zu senken. Die neue Legierung muss dann so eingestellt werden, dass die gleiche Härte erzielt wird. Bei Bolzen und Schrauben sind borlegierte Vergütungsstähle eine preisgünstige Alter-

native zu klassischen CrMo- und CrNiMo-Vergütungsstählen. Im Vergleich zum 42CrMo4 ermöglichen Borzugaben Einsparungen bei den Legierungselementen bei weitgehend vergleichbarer Festigkeit und Zähigkeit. Gleichzeitig eröffnet dies auch interessante Perspektiven bezüglich des Einsatzes wie etwa für Kurbeltriebe und Wellen in automobilen Anwendungen. ➤

- 1 Stähle in der Nahaufnahme: Bruchfläche, Gefüge mit Ferrit und freigeätztem Perlit, Bainit, freigeätzte Mangansulfide
- 2 Exzenterwelle für Diesel-Einspritzpumpe, gefertigt aus Einsatzstahl.
- 3 Großzahnrad aus Vergütungsstahl.
- 4 Hohlwelle für Doppelkupplungsgetriebe, gefertigt aus Einsatzstahl.

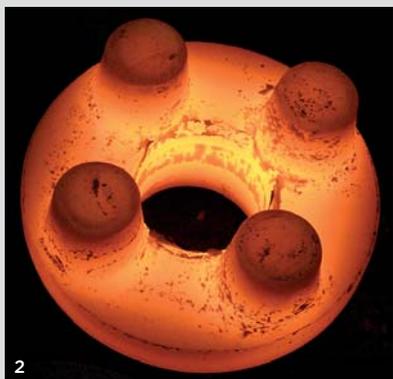
IGUS KÖLN/D-901 drylin + + MH Motek/ Fakuma/ (Index: 0) 200 x 140 mm



1 Tipps für Konstrukteure

Gerade weniger erfahrene Konstrukteure neigen oft dazu, selbst für Anwendungen mit geringen mechanischen Ansprüchen beim Werkstoff zu überdimensionieren, also zum Beispiel statt eines reinen C-Stahls den Einsatzstahl 16MnCr5 vorgeben. Dies verursacht unnötige Kosten nicht nur bezüglich der Legierungszuschläge: Bei unlegierten Kohlenstoffstählen liegt nach einer Umformung oberhalb der Austenitisierungstemperatur (730 Grad Celsius) und Abkühlung an Luft das leicht bearbeitbare ferritisch-perlitische (FP) Gefüge vor – je höher der Kohlenstoffgehalt, desto weniger Ferrit. Beim 16MnCr5 bildet sich bei der Abkühlung aus dem Austenitgebiet dagegen bereits teilweise Zwischenstufengefüge (Bainit). Ein solches Mischgefüge ist aber wegen seiner ungleichmäßigen Härte schlecht zerspanbar und erfordert nach der Warm- oder Halbwarmumformung eine zusätzliche Wärmebehandlung – das Isothermglühen.

Für manche Bauteile wie zum Beispiel Schwenklager für Kfz sind Härte und damit Festigkeit im Kern für die Bauteilfunktion nicht relevant, weil hohe Spannungen durch Biegebelastung nur im Randbereich auftreten. Dennoch werden hierfür oft unnötig hoch legierte Vergütungsstähle spezifiziert. Dies ist sogar kontraproduktiv, weil solche Bauteile dann einen erheblich ungünstigeren Eigenspannungszustand aufweisen als bei Verwendung eines Stahls, der nur im Randbereich eine martensitische Gefügeumwandlung erfährt. Ein niedriger legierter Werkstoff wäre zudem deutlich kostengünstiger. Dafür müssten allerdings auch die Prüfkriterien geändert werden, denn ein solcher Gefügezustand ist nicht mit Zugproben prüfbar. Zur Qualitätsabsicherung müsste stattdessen eine Härteprüfung an definierten Stellen spezifiziert werden.



2 Der Dreiarmlans aus AFP-Stahl kommt als Abtriebsflansch bei Getrieben zum Einsatz.
2 Aus Vergütungsstahl ist der Planetenträger von Siepmann hergestellt, hier noch rotglühend.

Versuche, Molybdän teilweise oder zur Gänze durch Mangan zu ersetzen, gibt es auch beim 42CrMo4.

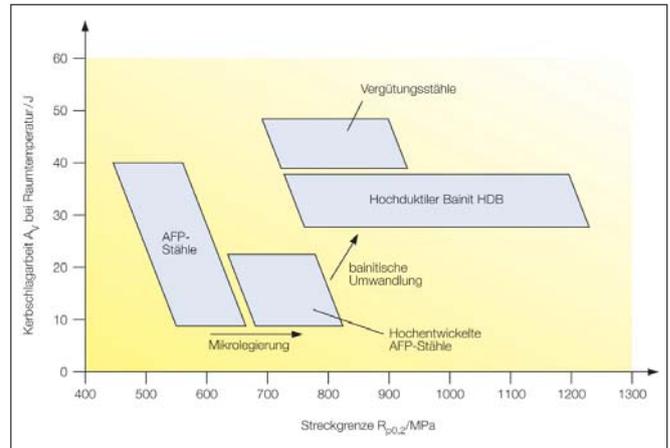
Bei den AFP-Stählen definiert die DIN EN 10267 fünf Legierungen mit Kohlenstoffgehalten von jeweils um 0,2, 0,3, 0,4 und 0,5 Prozent, die ein breites Festigkeits- und Zähigkeitsspektrum abdecken. Im Tagesgeschäft haben sich mittlerweile darüber hinaus unterschiedliche Detailausprägungen entwickelt, so etwa um höchste Härten auch bei sehr großen Bauteilquerschnitten einzustellen. Dabei werden die in der Norm aufgeführten Werte für die mechanischen Eigenschaften teils deutlich übertroffen.

Angesichts des erheblichen Potenzials dieser Werkstoffgruppe weist die Entwicklung bei den AFP-Stählen eine hohe Dynamik auf. So gibt es Bestrebungen, im Bereich der niedrigeren Festigkeiten einen möglichst festen, aber noch schweißbaren Werkstoff für Anwendungen wie zum Beispiel Achsen für schwere Nutzfahrzeuge zu erhalten. Ausgangspunkt der Untersuchung war der Werkstoff StE460, der bei geeigneter Prozessführung Streckgrenzen von über 500 und Zugfestigkeiten von mehr als 750 Megapascal erreichen kann. Nach Versuchen mit einem modifizierten AFP-Schmiedestahl 19MnVS6 konnten mittlerweile modifizierte Werkstoffe dieses Typs bereits erfolgreich für NFZ-Achsen eingesetzt werden.

Festigkeitssteigernd

Hochfeste Duktile Bainitische (HDB)-Stähle verdanken ihre erhöhte Festigkeit der Kombination aus bainitischem Grundgefüge mit der festigkeitssteigernden Wirkung von feinverteilten Carbonitrid-Ausscheidungen von Titan und Niob. Das bainitische Gefüge entsteht im Bereich des unteren Bainits nahe der Martensit-Starttemperatur Ms. Mit geeigneten Legierungen erreicht man diese Umwandlung ohne separate Wärmebehandlung einfach durch kontrollierte Abkühlung aus der Schmiedetemperatur. Damit haben diese Stähle das Potenzial, die Werkstofflücke zwischen hochentwickelten AFP-Stählen und Vergütungsstählen zu

schließen. Zwar weisen Vergütungsstähle noch bessere mechanische Eigenschaften auf, sind jedoch aufgrund teurer Legierungselemente und aufwendiger Wärmebehandlung- und Qualitätssicherungsmaßnahmen vergleichsweise hochpreisig. Bereits am Markt verfügbar ist der bainitische Schmiedestahl 20MnCrMo7, ebenso wie der Stahl H2, der mechanische Kenn-



Die Grafik zeigt eine Aufstellung und Übersicht von Schmiedestahlentwicklungen entsprechend ihrer Streckgrenze im Verhältnis zur Kerbschlagzähigkeit.

werte erreicht, die mit denen eines Vergütungsstahls vergleichbar sind. Beide Stähle eignen sich auch als Einsatzstähle: Offenbar führt die Legierungslage, die bei Luftabkühlung hohe Festigkeiten durch die bainitische Struktur bewirkt, auch dazu, dass die Härte bei der Einsatzhärtung auf Werte ansteigt, die ansonsten nur von klassischen hochlegierten Einsatzstählen erreicht werden.

Wandelbar

Der Begriff TRIP-Stähle leitet sich ab aus dem englischen Begriff »TRansformation Induced Plasticity«, oft übersetzt mit »umwandlungsbewirkte Plastizität«. Ihr Gefüge wird durch ihre Legierungslage nebst angepasster Wärmebehandlung eingestellt. Der TRIP-Effekt beruht darauf, dass sich im Gefüge der fertigen Komponente fünf bis zehn Prozent metastabiler kohlenstoffreicher Austenit befindet. Bei plastischer Verformung wandelt dieser Austenit in Martensit um. Dadurch werden hoch belastete und damit bei der Erstbelastung plastifizierende Bauteilbereiche aufgehärtet. Dies führt zu einer sehr hohen Ermüdungsfestigkeit. Ein mögliches Anwendungsgebiet für diese Stahlgruppe sind Common Rails für die Dieselhochdruckeinspritzung. mk ■