

Neuer lufthärtender bainitischer Schmiedestahl

# Fest, zäh und doch gut zerspanbar

Schmiedebauteile zeichnen sich durch hervorragende dynamische Eigenschaften aus (Bild 1). Das macht sie unter anderem attraktiv für Sicherheits-, Hochleistungs- oder Leichtbauteile für den Automobil- und Anlagenbau.



Bild 1

Schmiedestähle kommen in den unterschiedlichsten Anwendungen zum Einsatz

Für Strukturbauteile im Automobilbau bieten sich zwei Gruppen von Schmiedestählen an: AFP und Vergütungsstähle. Die in den 1970–1980er Jahren eingeführten AFP-Stähle (Ausscheidungshärtende ferritisch-perlitische

Stähle) haben den Herstellungsprozess von Schmiedeteilen verkürzt. AFP-Stähle werden mit einer kontrollierten Luftabkühlung direkt nach dem Schmieden auf ihre Zielfestigkeit eingestellt. Dadurch werden die Kosten reduziert: Im Gegensatz zu Vergütungsstählen benötigen sie keine nachträgliche Wärmebehandlung, müssen nicht aufwendig auf Härterisse untersucht werden und sind relativ verzugsarm. Vergütungsstähle weisen aber im Gegensatz zu AFP-Stählen eine höhere Streckgrenze und gleichzeitig eine höhere Kerbschlagzähigkeit auf.

## Lufthärtende bainitische Stähle

Mikrolegierte lufthärtende bainitische Stähle wie der Stahl H2 schließen die Lücke zwischen AFP-Stählen und Vergütungsstählen und vereinen deren Vorteile. Sie durchlaufen einerseits die kurze Prozesskette der AFP-Stähle und weisen andererseits ähnlich gute mechanische Eigenschaften wie die Vergütungsstähle auf.

Die Hirschvogel Automotive Group hat gemeinsam mit dem Stahlhersteller Georgsmarienhütte den lufthärtenden bainitischen Stahl H2 (steht für Hirschvogel-Schmelze Nr. 2) mit sehr preisgünstiger Legierungslage (modifizierter 16MnCr5) entwickelt. So kann hier auf teure Legierungselemente wie beispielsweise Molybdän (Mo) oder Nickel (Ni) verzichtet werden. Die hohen Festigkeitswerte werden auf Basis der bainitischen Gefügestruktur mittels Mikrolegierungen und einer optimierten Temperaturführung im Prozess erreicht.

Im Zug- und Kerbschlagversuch zeigt der luftgehärtete H2-Stahl vergleichbare Werte wie der 42CrMo4 vergütete (Tabelle 1). Jüngste Dauerfestigkeitsuntersuchungen auf dem Umlaufbiegeprüfstand an Proben aus

warmgewalzten Stangen und aus halbwarmgeschmiedeten Injektorkörpern zeigen allerdings, dass der H2-Stahl im Vergleich zum 42CrMo4 dynamisch wesentlich besser abschneidet. Ungekerbt ist der H2-Stahl circa 20 % dauerfester und im gekerbten Zustand ( $K_1$  circa 2,2) sogar bis zu 65 % besser als ein vergüteter 42CrMo4. Weitere Untersuchungen werden zur Zeit durchgeführt. Eine mögliche Erklärung für diese guten Ergebnisse könnte die sehr feine Kornstruktur mit einer mittleren ehemaligen Austenitkorngröße von 11,2 sein. Dies dürfte unter anderem eine Auswirkung der Mikrolegierung sein.

Der geringe Schwefelgehalt von circa 0,012 Gewichtsprozent, die Streckgrenze und die sehr hohe Kerbschlagarbeit sind für die Belastbarkeit der Bauteile in der Regel vorteilhaft, aber erschweren Zerspanoperationen. Deshalb gab es die berechtigte Frage, ob eine wirtschaftliche Zerspanung dieses Stahls dennoch möglich sei.

## Gute Zerspanbarkeit

Zur Bewertung der Zerspanbarkeit dieses neuen Stahls wurden Grundsatzuntersuchungen an warmgewalzten Stangen beim ISF der TU Dortmund beauftragt. Bild 2 zeigt den Verlauf der Vorschubkraft beim Drehen von Ab-

### Autoren

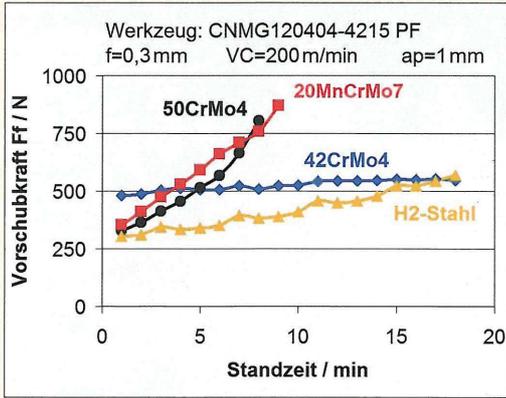
Dr.-Ing. Christophe Beyer  
Werkstoffentwicklung,  
Hirschvogel Automotive Group  
Dipl.-Ing. (FH) Jens Gervelmeyer  
Anwendungsentwicklung,  
Georgsmarienhütte GmbH  
Dr.-Ing. Hans-Willi Raedt  
Leiter Advanced Engineering,  
Hirschvogel Automotive Group  
Dipl.-Ing. Oliver Rösch  
Leiter Anwendungsentwicklung,  
Georgsmarienhütte GmbH

Kontakt:  
Hirschvogel Automotive Group  
Dr.-Ing. Hans-Willi Raedt  
Dr.-Manfred-Hirschvogel-Straße 6  
86920 Denklingen  
Tel.: 08 24 3/291 111  
www.Hirschvogel.com

| Bauteil        | Werkstoff | R <sub>m</sub> / MPa | R <sub>p0,2</sub> / MPa | A / % | Z / % | Av / J |
|----------------|-----------|----------------------|-------------------------|-------|-------|--------|
| Injektorkörper | 42CrMo4   | 940                  | 850                     | 15    | 57    | 95     |
|                | 50CrMo4   | 1170                 | 1070                    | 12    | 45    | 52     |
|                | H2        | 1050                 | 800                     | 16    | 65    | 115    |

Tabelle 1

Gemessene mechanische Eigenschaften halbwarmgeschmiedeter Injektorkörper (R<sub>m</sub>: Zugfestigkeit, R<sub>p0,2</sub>: Streckgrenze, A: Dehnung, Z: Einschnürung, Av: Kerbschlagarbeit einer Iso-V-Probe)



**Bild 2**  
Am ISF-Dortmund gemessene Vorschubkräfte beim Drehen von Stangenabschnitten

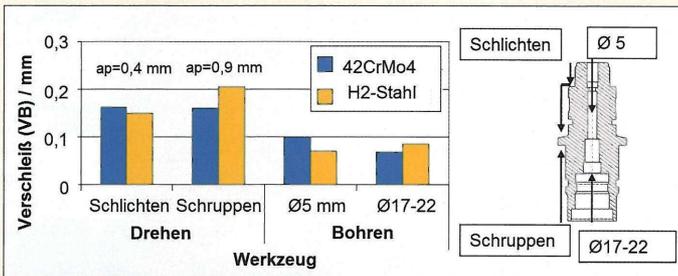
schnitten aus H2-Stahl im Vergleich zum 42CrMo4. Mit optimierten Parametern zeigt sich der H2-Stahl im Labormaßstab etwas besser zerspanbar als der 42CrMo4. Wie zu erwarten, weist der Werkstoff 50CrMo4 die höchsten Zerspankräfte auf. Weitere Kriterien wie Spanform und Oberflächengüte wurden positiv bewertet. Trotz der hohen Kerbschlagarbeit und des geringen Schwefelgehaltes des H2-Stahls waren kurzbrüchige Späne und gute Oberflächengüten vorhanden.

und Zerspanungskosten untergliedert. Zu den Werkstoffkosten kann gesagt werden, dass der H2-Stahl momentan erst in geringen Mengen produziert wird. Bei der Stahlherstellung ist mit steigenden Mengen ein zusätzliches Einsparpotenzial durch zum Beispiel Einsatz von Sequenzguss zu erwarten. Die Gesamtbewertung der Produktionskosten zeigt, dass der H2-Stahl etwas kostengünstiger als der nicht so dauerfeste vergütete 42CrMo4 und deutlich günstiger als der 50CrMo4 ist.

**Fazit**

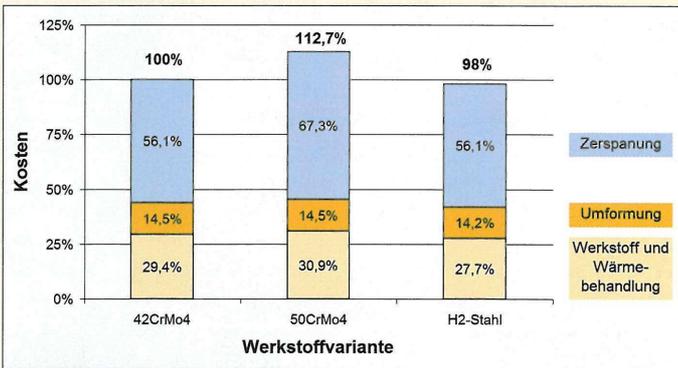
In praxisnäheren Versuchen wurden circa 800 halbwarmumgeformte Injektorkörper aus H2-Stahl auf Serienanlagen der Hirschvogel Komponenten GmbH versuchsweise zerspannt. Eine Anpassung der Schnittparameter und der Werkzeuge im Vergleich zum Serienwerkstoff 42CrMo4 war nicht notwendig. Bild 3 zeigt, dass die gemessene Verschleißmarkenbreite (VB) beim Drehen und Bohren beim H2-Stahl vergleichbar mit der des 42CrMo4 ist. Späne und Oberflächen waren unauffällig und für einen automatisierten Einsatz geeignet. Aufgrund dieser Erfahrung erscheint der H2-Stahl ähnlich gut zerspanbar wie der 42CrMo4.

Der lufthärtende bainitische Stahl H2 verfügt über gleiche Festigkeiten und über bessere dynamische Eigenschaften im Umlaufbiegeversuch als der vergütete 42CrMo4. Untersuchungen im Labormaßstab und im industriellen Einsatz haben gezeigt, dass die Zerspanbarkeit des H2-Stahls ähnlich gut wie die des 42CrMo4 und wesentlich besser als beim 50CrMo4 ist. Der H2-Stahl stellt somit eine sehr attraktive und nachhaltige Alternative zu den aktuellen Werkstoffen zum Beispiel für die Dieseleinspritzung dar. Weitere Einsatzmöglichkeiten nicht nur bei Strukturbauteilen, sondern als Ersatz von kostenintensiven Einsatzstählen wie dem 18CrNiMo7-6 oder 18CrNi8, werden zur Zeit untersucht.



**Bild 3**

Verschleißverhalten beim Bearbeiten von Injektorkörpern im industriellen Umfeld



**Bild 4**

Typische Kostenverteilung bei der Herstellung von Injektorkörpern

Bild 4 zeigt einen Kostenvergleich von halbwarm geschmiedeten und zerspannten Injektoren. Die Kosten werden in Umform-

**Komfortable Verwaltung von Werkstoffen**

MSC Software Corporation, Anbieter von Simulationssoftware und Dienstleistungen, bietet seit kurzem die Software MaterialCenter zur Verwaltung des Lebenszyklus von Werkstoffen an. Die Software ermöglicht Materialprozesse und -daten über den gesamten Produktlebenszyklus unternehmensweit zurückzuverfolgen. Das System wurde von Grund auf mit dem Ziel konzipiert, die hohen Anforderungen an Integration und Skalierbarkeit von ICME (Integrated Computational Materials Engineering), der Schnittstelle zwischen Werkstofftechnik und virtueller Produktentwicklung, zu erfüllen. Die Software ist

nicht nur in die Lösungen von MSC Software integriert, sondern auch in Simulationswerkzeuge anderer Hersteller. So kann MaterialCenter durch die Möglichkeit zur virtuellen Entwicklung neuer Werkstoffe Kosten für die Durchführung physischer Tests senken. Die browserbasierte, konfigurierbare Schnittstelle ist einfach zu bedienen und ermöglicht die Implementierung erforderlicher Zugriffskontrollen im gesamten Unternehmen. Die Integration von Pre- und Post-Prozessoren zur Bearbeitung von CAD- und CAE-Geometrie erhöht die Effizienz in der Produktentwicklung und begünstigt die Konsistenz in den

verschiedenen Entwicklungsgruppen. MaterialCenter bietet folgende Funktionen zur Verwaltung von Materialprozessen und -daten:

- vollständig rückverfolgbarer Workflow zur Abbildung von Prozessen in der Werkstofftechnik
- enge bidirektionale Integration mit Microsoft Excel
- lückenlose Rückverfolgbarkeit von Materialdaten
- bidirektionale Integration mit Mvision von MSC
- konfigurierbares Sicherheitsmodell zur Steuerung des globalen und individuellen Datenzugriffs

- einfacher Datenzugriff über ein leicht implementierbares, konfigurierbares und zu wartendes Web-Interface, das sich nahtlos in die Infrastruktur Ihres Unternehmens integriert
- umfangreiche Materialbibliotheken mit simulationsfähigen Daten
- robuste offene Plattform zur Integration von Materialdaten in Ihr gesamtes Produktumfeld und deren Nutzung in CAE-, CAD- und PDM-Systemen.

MSC Software GmbH  
Am Moosfeld 13  
81829 München  
www.mscsoftware.com

