

## Hardening and Tempering with Forging Heat

The goals of cost reduction, competitive capacity, resource conservation and climate protection must be considered together in the future. Thus it is necessary to examine all sectors in which resources are consumed and to look for reduction potential. High material input and energy consumption characterise the forging industry. The Industrieverband Massivumformung e. V.

(German Forging Association), Labor für Massivumformung (LFM – Laboratory for Forging) and several companies have taken up the topic of energy efficiency to develop possible potential for hot forging. This article presents a concept for saving process energy that shows how and to what extent process energy can be reduced by annealing with forging heat.

### Energieeffizienz in der Massivumformung III

# Vergüten aus der Schmiedehitze

Dr.-Ing. Johannes Arndt und  
Dipl.-Ing. Olaf Wehming, Ennepetal

Die Ziele Kostenreduzierung, Wettbewerbsfähigkeit, Ressourcenschonung und Klimaschutz müssen zukünftig im Zusammenhang gesehen werden. Hierbei gilt es, jeden Bereich, der Ressourcen verbraucht, zu betrachten und nach Reduzierungspotenzialen zu suchen. Hoher Materialeinsatz und großer Energieverbrauch kennzeichnen die Branche

der Massivumformung. Der Industrieverband Massivumformung e. V., das Labor für Massivumformung und mehrere Unternehmen der Branche haben das Thema Energieeffizienz aufgegriffen, um mögliche Potenziale für die Warmmassivumformung zu erarbeiten. In diesem Beitrag wird ein Konzept zur Einsparung von Prozessenergie vorgestellt, das zeigt, wie und in welchem Umfang die Prozessenergie durch ein Vergüten aus der Schmiedehitze reduziert werden kann.

#### Einleitung

Der klassische Prozess des Vergütens von massivumgeformten Schmiedeteilen trennt die Formgebung durch Umformung von der Wärmebehandlung für die Einstellung der Bauteileigenschaften: Im ersten Schritt erfolgt die Umformung bei Temperaturen von 1.250 °C, gefolgt von einer unkontrollierten Abkühlung. Die kalten Bauteile werden anschließend der Wärmebehandlung übergeben, bei der die Teile erneut auf 840 bis 900 °C aufgeheizt und anschließend in Wasser oder Öl auf Temperaturen unter 100 °C abschreckt werden. Abschließend wird zum Anlassen ein zweites Mal auf zirka 600 °C aufgeheizt.

In Konkurrenz zum klassischen Vergüten wurde das kontrollierte Abkühlen von ausscheidungshärtenden ferritisch-perlitischen Stählen eingeführt. In dieser Prozessfolge kann auf die Wärmebehandlung komplett verzichtet werden. Sowohl diese Werkstoffe als auch solche Prozesse sind bereits weit verbreitet, dabei müssen aber etwas schlechtere Festigkeitskennwerte und besonders deutlich geringere Zähigkeitskennwerte akzeptiert werden. Falls die schlechteren Kennwerte nicht akzeptabel sind, kann eine Vergütung mit Kopplung der Prozessschritte Umformung und Wärmebehandlung als Lösung in Betracht gezogen werden,

das heißt die umgeformten, heißen Bauteile werden direkt abgeschreckt und die erneute Erwärmung auf Austenitisierungstemperatur (840 bis 900 °C) wird eingespart. Lediglich das Anlassen bei zirka 600 °C ist noch erforderlich. Da mit dieser Prozesskombination einerseits zwei kornfeinende Umwandlungen fehlen und andererseits die Bauteiltemperatur vor dem Abschrecken wesentlich höher ist, muss durch Versuche überprüft werden, ob die Kundenanforderungen Maßhaltigkeit, Rissfreiheit, Festigkeitskennwerte, Zähigkeitskennwert und die sich bildende Mikrostruktur im Materialinneren, erfüllt werden können.

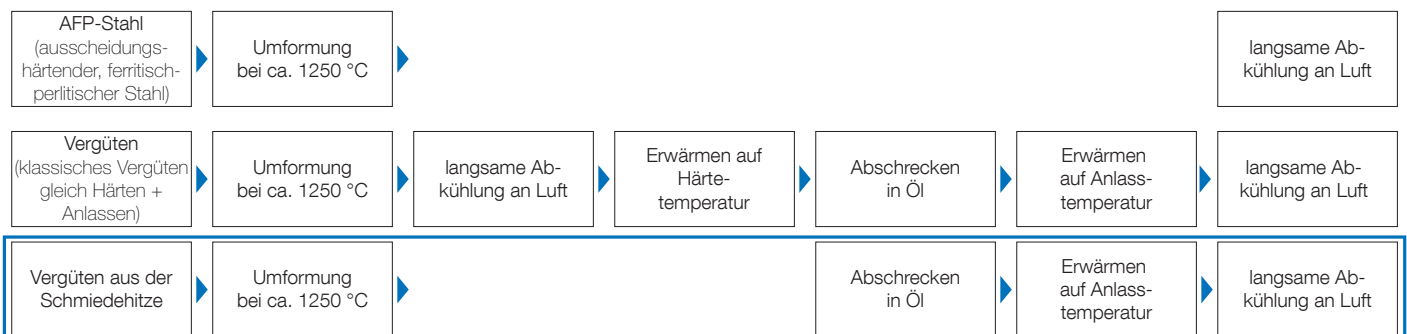


Bild 1: Prozessvarianten: AFP-Stahl – klassisches Vergüten – Vergüten aus der Schmiedehitze.

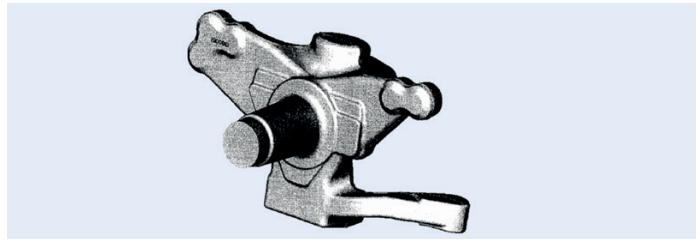
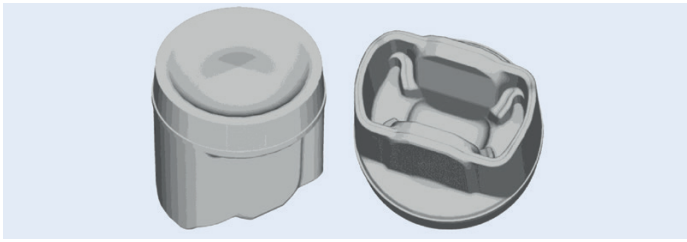


Bild 2: Kolben aus 42CrMo4 (zwei Ansichten).

Bild 3: Achsschenkel aus 38MnB5.

**Ergebnisse zur Verbesserung der Produktspezifikationen**

Für die Überprüfung wurden zwei Referenzbauteile ausgewählt:

- Monothermkolben aus dem Werkstoff 42CrMo4,
- Nutzfahrzeugachsschenkel aus dem Werkstoff 38MnB5.

Im ersten Versuch wurden die Bauteile direkt aus der Schmiedehitze ohne weitere Maßnahmen in einem wasserbasierten Abschreckmittel abgeschreckt, die sich anschließende Fertigung wurde ohne Änderungen durchgeführt. Bei der abschließenden Überprüfung zeigten sich auf beiden Bauteilen Risse, welche auf die Höhe der Temperatur vor dem Abschrecken und auf die stark unterschiedliche Temperaturverteilung in den verschiedenen Querschnitten der Schmiedeteile zurückzuführen sind.

Zur Vermeidung der Risse wurde eine zweite Versuchsreihe mit einem Ausgleichsofen durchgeführt. Der Ausgleichsofen, der zunächst mit einer Temperatur von zirka 1.000 °C betrieben wurde, hatte die Aufgabe, das Temperaturniveau auf die erforderliche Härtetemperatur abzusenken und dabei die angesprochenen Temperaturunterschiede über das gesamte Bauteil zu homogenisieren. Mit dieser Maßnahme konnte bei dem Kolben bereits eine vollständige Erfüllung aller Kundenforderungen erreicht werden. Bei dem Achsschenkel hingegen wurden zwar die Risse durch den Ausgleichsofen vermieden, jedoch wurde, wie bereits im ersten Versuch, die geforderte Kerbschlagarbeit von 30 Joule nicht erreicht.

Für den Achsschenkel folgten weitere Versuche, in denen

- die Temperatur des Ausgleichsofens auf 840 bis 900 °C gesenkt wurde,

- der Werkstoff 38MnB5 mit Niob mikrolegiert wurde und
- die Anlasstemperatur zwischen 580 und 650 °C variiert wurde.

Dabei konnte die Kerbschlagarbeit an der Rundkerbprobe von 8 auf 25 Joule gesteigert werden, der spezifizierte Wert von 30 Joule wurde aber verfehlt.

Da der Kolben aus dem Werkstoff 42CrMo4 mit dem Ausgleichsofen alle Anforderungen erfüllt hat, sollte als letzter Versuch auch ein Achsschenkel aus dem Werkstoff 42CrMo4 hergestellt werden. Wie beim Kolben wurden beim Achsschenkel aus 42CrMo4 die Maßhaltigkeit, die Festigkeitskennwerte, die Zähigkeitskennwerte und die geforderte Mikrostruktur eingehalten. Ein Teil der Achsschenkel fiel jedoch mit Rissfehlern aus.

**Zusammenfassung**

Durch die Versuche im Rahmen des Projekts konnte gezeigt werden, dass

- ein Ausgleichsofen hinter der Schmiedelinie erforderlich ist, um Maßhaltigkeit und Rissfreiheit von komplexen Gesenkschmiedeteilen zu gewährleisten,
- alle spezifizierten Festigkeits- und Zähigkeitsanforderungen aus dem Zugversuch erfüllt werden,
- die Kerbschlagarbeitswerte wegen des prinzipbedingten, größeren Austenitkorns niedriger liegen und geforderte Spezifikationen nicht erfüllt werden,
- die Kerbschlagarbeitswerte durch Verwendung eines Nb-mikrolegierten Stahls zwar verbessert, trotzdem aber gängige Spezifikationen nicht erfüllt werden können,
- die Kerbschlagarbeitswerte durch Verwendung eines anlassbeständigeren Stahls soweit verbessert werden können, dass

gängige Spezifikationen erreichbar sind, wobei eine statistische Absicherung noch fehlt.

Es ist weiterhin geplant, künftig den Abschreckprozess durch die Variation von Abschreckmedien, insbesondere deren Zusammensetzung, zu optimieren und somit den Anteil der rissbehafteten Achsschenkel zu minimieren. ■

Die beteiligten Projektpartner waren:

- CDP BHARAT FORGE GmbH
- Hirschvogel Umformtechnik GmbH
- Industrieverband Massivumformung e. V. (Projektkoordination)
- Labor für Massivumformung (LFM)
- MAHLE Motorkomponenten GmbH
- Rasche Umformtechnik GmbH & Co KG
- SMS Elotherm GmbH
- Zenergy Power GmbH

Das Verbundprojekt ENERMAS, in dem die Umsetzungsmaßnahmen erarbeitet und bewertet wurden, wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmenkonzept „Forschung für die Produktion von morgen“ unter dem Förderkennzeichen 02 PO 2000 gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.



Dr.-Ing. Johannes Arndt



Dipl.-Ing. Olaf Wehming

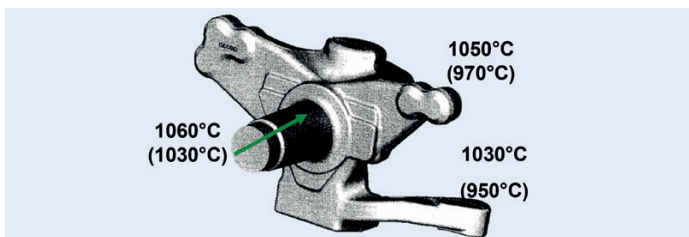


Bild 4: Temperaturverteilung am Achsschenkel direkt nach dem letzten Umformschritt und nach 30 Sekunden (Werte in Klammern).

42CrMo4	Soll	Ist
R <sub>p0,2</sub> [MPa]	> 650	772
R <sub>m</sub> [MPa]	900 – 1050	917
A [%]	> 12	15
Z [%]	k. A.	51
A <sub>v</sub> (DVM, RT) [J]	> 60	83

Bild 5: Mechanische Kennwerte nach den letzten Variationen am Beispiel eines Achsschenkels aus 42CrMo4. Bilder: Autoren