

Forged parts successfully hold their own in technology competition

In terms of procedural techniques, forged parts traditionally have to compete with other procedures, especially with cast parts as well as parts made from sheet metal. Their superior qualities as regards their consistency, reliability and versatility of application, are familiar to customers from the automobile-, machine-, and general plant construction sectors. The price-competition with the competing procedures, which may only be won by the forgers as a competition of technology, has become tougher in recent years. The main reason for this is the developments in the price of steel. This article shows how this contest may be won.

Schmiedeteile behaupten sich erfolgreich im Technologiewettbewerb

Dr.-Ing. Michael Muckelbauer und Dr.-Ing. Johannes Arndt, Ennepetal

Schmiedeteile stehen traditionsgemäß in einem Verfahrenswettbewerb insbesondere mit gegossenen sowie mit aus Blech hergestellten Bauteilen. Ihre überragenden Eigenschaften hinsichtlich Festigkeit, Zuverlässigkeit und Flexibilität im Hinblick auf ihre Einsetzbarkeit sind den Kunden aus Automobil-, Maschinen- und Anlagenbau bekannt. Der Preiswettbewerb mit den Konkurrenzverfahren, der von den Schmieden nur als Technologiewettbewerb gewonnen werden kann, hat sich in den letzten Jahren verschärft. Grund dafür ist vor allem die Stahlpreisentwicklung. Wie dieser Wettbewerb gewonnen werden kann, zeigt dieser Artikel.

In der Fachpresse mehren sich in letzter Zeit Artikel mit dem Tenor „Gießen ersetzt Schmieden“ /1/, /2/. Diese Veröffentlichungen müssen aber etwas differenzierter betrachtet werden, da nicht selten „Äpfel mit Birnen“ verglichen werden. So kommt es vor, dass Vergleiche angestellt werden, bei denen ein durch z. B. spezielle Bearbeitungsverfahren optimiertes Gussteil bessere mechanische Eigenschaften aufweist als ein baugleiches Schmiedeteil. Dabei muss zum

einen beachtet werden, dass hier speziell präparierte Muster mit Serienteilen verglichen werden und zum anderen eine weitere Optimierung des Schmiedeteils ebenfalls zu besseren Eigenschaften führen würde. Abgesehen davon, dass einige Ergebnisse sehr zweifelhaft dargestellt sind und nicht immer der Logik der Betriebsfestigkeit folgen. Trotz dieser teilweise populistisch anmutenden Darstellungen darf nicht verschwiegen werden, dass die Schmieden sich

einem sehr harten Wettbewerb gegenüber sehen, andererseits aber auch auf vielen Gebieten die Nase vorn haben /3/.

CDP Bharat Forge tritt diesem Verfahrenswettbewerb gemeinsam mit allen Unternehmen der Bharat Forge Gruppe mit einem klaren Bekenntnis zum Thema Innovation gegenüber /4/.

Full-Service-Engineering:
Von der Auslegung des Bauteils bzw. der Komponente inklusive Konstruktion und Optimierung mit linearer und nichtlinearer FEM über die Werkzeugentwicklung bis zur Prüfung auf Prüfständen wird dem Kunden ein größtmöglicher Service geboten.

Kostenoptimierung:
Durch diverse Projekte wie z. B. der Voll-Automatisierung in Schmiede und Endfertigung, Kostenreduzierung im Materialverbrauch, Six-Sigma etc.

Werkstoffentwicklung:
Eng verknüpft mit den erstgenannten Arbeitsgebieten ist die Weiterentwicklung von Stahlwerkstoffen und den entsprechenden Verarbeitungsprozessen mit dem Ziel sowohl der Kostenreduzierung als auch der Schaffung von Potenzialen, die bei der Bauteilauslegung genutzt werden können.

Zu den genannten Arbeitsgebieten wird im Folgenden (in umgekehrter Reihenfolge) eingegangen.

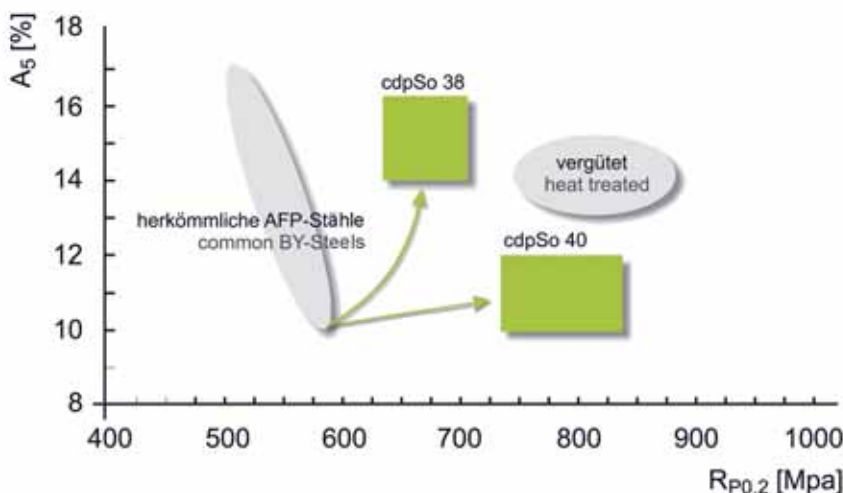


Bild 1: Neu entwickelte AFP-Stähle.

	GGG 40 Guss	Sibodur 700-10 Guss	38MnVS6 geschmiedet	cdpS040 geschmiedet	42CrMo4 geschmiedet und vergütet
	Prozent	Prozent	Prozent	Prozent	Prozent
Rp0,2 min.	43	76	100	122	155
Rm min.	50	80	100	110	138
A min.	140	60	100	80	130

Tabelle 1: Gegenüberstellung der Festigkeitskennwerte von Schmiedewerkstoffen mit einem neuen Gusswerkstoff.

Werkstoffentwicklung

Bei CDP Bharat Forge (CDP BF) wurden in den letzten Jahren Werkstoff- und Prozessentwicklungen vorangetrieben, die insbesondere bei AFP-Stählen (Ausscheidungshärtende Ferritisch-Perlitische Stähle) zu einem signifikanten Festigkeitsanstieg geführt haben. Diese von CDP BF unter der Spezifikation cdpSo38 und cdpSO40 geschützten Stahlgüten erreichen Festigkeitswerte, die ohne zusätzliche Wärmebehandlung an die von üblichen Vergütungsstählen heranreichen (Bild 1).

Der Vorteil liegt auf der Hand: Für klassisch vergütete Bauteile kann so die Wärmebehandlung eingespart werden, was zu einem erheblichen Kostenvorteil führt. Für Bauteile, die schon vorher aus einem herkömmlichen AFP-Stahl gefertigt wurden, wird ein zusätzliches Potenzial ermöglicht, dass zu einem geringeren Bauteilgewicht führt. Schwingfestigkeitsuntersuchungen haben gezeigt, dass bei gleicher Geometrie eine deutlich erhöhte Belastbarkeit erreicht werden kann /6/. Selbst bei Ausschöpfung aller Optimierungspotenziale kann ein Gussteil an solche Betriebsfestigkeitseigenschaften nicht heranreichen, abgesehen davon, dass Gussteile wesentlich größeren Schwankungen unterliegen und ein Vergleich auf Basis von nur wenigen Versuchsergebnissen nicht zulässig ist /2/.

Wenn man nun die statischen Festigkeitskennwerte heranzieht, kommt man zu folgendem Vergleich. Stellen wir den momentan am

weitesten entwickelten – jedoch noch weitgehend unbekanntem – Eisengusswerkstoff gegenüber mit einem herkömmlichen AFP-Stahl, erkennt man, dass der nicht vergütete Schmiedewerkstoff deutlich überlegen ist. Die Sondergüte cdpSo40 hat zwar bei der Bruchdehnung etwas niedrigere Werte als z. B. ein 38MnVS6, übertrifft diesen aber bei der für die meisten Bauteile maßgeblichen Streckgrenze um 22 Prozent und den Gusswerkstoff um 60 Prozent.

Weiterhin muss betont werden, dass die Schmiedestähle nachweislich für die gängigen Verfahren der Randschicht-Behandlung, wie z. B.

- Gasnitrieren / Plasmanitrieren
- Induktivhärten
- Rollieren

hervorragend geeignet sind und damit allen Wettbewerbswerkstoffen überlegen sind. Dadurch verstärken sich die Vorteile der höheren Grundwerkstofffestigkeit. So erreicht z. B. der kostengünstige cdpSo40 beim Rollieren sehr hohe Druckeigenstressungen, die sogar dem 42CrMo4 überlegen und mit keinem derzeit bekannten Gusswerkstoff erreichbar sind. Dies hat direkte positive Auswirkungen auf die Betriebsfestigkeit und damit auf die Bauteilsicherheit.

Kostenoptimierung

Die überragenden Werkstoffeigenschaften von Schmiedeteilen sind der Trumpf, den es gilt, in den Entwicklungsprozess einzubringen. Denn

aufgrund des verfahrensbedingten Kostenvorteils von Wettbewerbsverfahren, wie der Blechumformung oder der Giestechnologie gilt für die kundenseitigen Entwickler meistens: „Wenn Guss/Blech funktioniert ist dieses Verfahren zu bevorzugen“. Im Umkehrschluss bedeutet dies leider oft, dass das Potenzial, das Schmiedeteile für ein System hervorbringen könnten, nicht genutzt wird.

Oftmals ist es zudem so, dass nur Bauteil- und nicht Komponenten- oder Systemkosten bei einem Verfahrensbenchmark verglichen werden. Durch die Verwendung von Schmiedeteilen ist es oft möglich, die Kosten eines Systems inklusive der Bearbeitungsprozesse zu senken. Wenn man z. B. Nutzfahrzeugachsschenkel betrachtet, dann ist das Guss-Rohteil billiger als das Schmiede-Rohteil. Wegen der deutlich niedrigeren Festigkeit des Gusswerkstoffes müsste aber ein Design gewählt werden, welches sehr aufwendige Lager erfordert. In der Gesamtbetrachtung ist das Schmiedeteil die günstigere Alternative.

Darüber hinaus ist eine Kostenoptimierung im Schmiedeprozess die vorrangige Aufgabe, der sich die Prozessentwickler gegenübergestellt sehen. Hier gibt es diverse Ansatzpunkte, die sich in erster Linie den Kostentreibern Material- und Produktionskosten widmen. Die Materialkosten zu senken ist dabei die wesentliche Aufgabe, da diese nicht selten mehr als 50 Prozent der Gesamtkosten ausmachen. Folgende Möglichkeiten unterscheidet man dabei:

- Reduzierung des Einsatzgewichtes durch Optimierung der Stadienfolge.
- Reduzierung des Verbrauchsgewichtes durch Optimierung im Schmiedeprozess.
- Reduzierung der Werkstoffkosten und der werkstoffbezogenen Prozesskosten.

Die Reduzierung bzw. Optimierung des Einsatzgewichtes ist eine wesentliche Aufgabe im Entwicklungsprozess. Mit Einführung der Schmiedesimulation konnten viele positive Effekte erzielt werden. Neben der Verringerung von Änderungszyklen bis zur endgültigen Serienreife und der Kostenreduzierung von Musterschmiedungen durch Reduzierung der Produktions- und Werkzeugänderungskosten ist gerade bei der Einsatzgewichtsoptimierung ein großer Fortschritt zu erkennen. Allerdings ist der Aufwand solcher Simulationen so erheblich, dass für komplexere Prozesse eine besondere Hardwarekonfiguration erforderlich wird, da sonst enorme Rechenzeiten entstehen. So kann



Bild 3: Rechenzeiten reduzieren durch den Einsatz von Cluster-Technologie.



Bild 4: Resonanzprüfstand Power Swing MOT 100 kN (Sincotec) bei CDP BF.

Bilder: CDP Bharat Forge

**Power Swing
MOT 100 kN**

Kapazität:
Statisch: 100 kN
Dyn.: 50 kN

Frequenz:
20-150 Hz

Geprüfte Prod.:
Fahrwerksteile
Kurbelwellen

Inbetriebnahme:
Dezember 2005

die Simulation einer Vorform auf einem handelsüblichen PC mehrere Tage dauern, eine komplette Stadienfolge demzufolge über eine Woche. Bei Lieferzeiten von teilweise nur 6 Wochen von der Rohteilentwicklung bis zur Auslegung (z. B. bei einer Kurbelwelle) sind solche Zeitbedarfe nicht zulässig. Die Lösung kann hier der Einsatz eines Clusters sein, wie er in Bild 3 zu sehen ist. CDP BF verfügt über zwei Forge2007-Cluster (insgesamt acht in der Bharat Forge-Gruppe).

Zur Reduzierung der Werkstoffkosten laufen z. Zt. verschiedene Projekte, die den Gesamtprozess von der Schmelze bis zum Schmiedestück betrachten. Die bereits vorliegenden Ergebnisse lassen es realistisch erscheinen, am Schmiedeteil die Eigenschaften des 42CrMo4 zu den Kosten des 38MnVS6 zu erreichen (Tabelle 1).

Weitere Projekte zur Kostenreduzierung zielen z. B. auf die Automatisierung, die nicht mehr nur auf den Schmiedeprozess fokussiert ist, sondern auch im Bereich der Endfertigung einen wesentlichen Beitrag leisten kann.

Full-Service-Engineering

Im Hinblick auf die Automobilzulieferindustrie wird heute immer mehr von einer Entwicklung zum Full-Service-Supplier gesprochen. Gemeint ist damit, dass größere entwicklungsbegleitende Umfänge vom Lieferanten angeboten werden, was einer Verlagerung der Arbeitsumfänge gleichkommt. Nicht selten ist der Umfang der anzubietenden Leistungen ein Wettbewerbsfaktor. Von der Konstruktion eines Bauteils bzw. einer Komponente auf Basis von Ausgangsdaten (geometrische Rahmenbedingungen, Lasten etc.) über die Optimierung mit Hilfe von (nicht-)linearen FEM-Systemen wie Pro/MECHANICA oder Abaqus bis zur Be-

triebsfestigkeitsprüfung kann ein innovatives Schmiedeunternehmen heute das gesamte Leistungsspektrum abdecken. Entwicklungszeiten werden so verkürzt und Schnittstellenprobleme reduziert.

Insbesondere die Verlagerung von Prüfumfängen ist ein Trend, der den Lieferanten entgegenkommt. Lernen sie doch dadurch Ihre Bauteile deutlich besser kennen und können nun auch Eigenentwicklungen durchführen und schließlich als „Erprobt“ inklusiv bereits durchgeführter Optimierungskreisläufe ohne die Problematik zusätzlicher Schnittstellen Ihren Kunden vorstellen. Entwicklungszeiten lassen sich damit verkürzen und zusätzliche Potenziale erschließen. Aufgrund ihres Kosten- und Zeitvorteils macht es dabei Sinn, die Anwendung der Resonanzprüftechnik in Erwägung zu ziehen, wobei dies für bestimmte Anwendungen im Fahrwerk und praktisch alle Kurbelwellen schon heute gängige Praxis ist bzw. gerade wird (Bild 4).

Fazit

Dass Schmiedeteile im Technologiewettbewerb gegen die Verfahren Gießen und Blechumformung bestehen können, zeigt die Praxis. Es ist ein gegenseitiger Verdrängungswettbewerb zu erkennen, der alle Verfahren mal als Sieger und mal als Verlierer dastehen lässt. Das Schmieden hat zahlreiche Vorteile, die es gegenüber den Wettbewerbsverfahren auszuschnöpfen gilt. Nicht selten ist hier auch etwas Aufklärungsarbeit erforderlich. Die zukünftige Entwicklung wird in entscheidendem Maße davon geprägt sein, die Technologie des Schmiedens auf den entscheidenden Feldern technologisch noch zu verbessern und Kostensenkungspotenziale zu erkennen und auszuschöpfen.

Literaturverzeichnis:

- [1] Menk, W.; Prukner, S.; Kniewaller, L.: Gussteile erobern das Hoheitsgebiet der Schmiedeteile. Giesserei 94 12/2007, S. 30-35.
- [2] N. N.: Neu entwickelte Eisengusswerkstoffe mit hohem Substitutionspotenzial gegenüber Schmiedewerkstoffen. Tagungsband: chassis.tech, 1.-2.3.2007.
- [3] Adlof, W.: Potenziale massivumgeformter Bauteile. Schmiede-Journal 03/05. S. 11-14.
- [4] Kalyani, B. N.; Muckelbauer, M.; Takale, S.: Neueste Entwicklungen bei der Produkt- und Prozessentwicklung von Schmiedeteilen. Tagungsband: Neuere Entwicklungen in der Massivumformung 2007.
- [5] Arndt, J.: Neue AFP-Stähle für hochbeanspruchte Fahrwerksteile. Schmiede-Journal 03/04. S. 17-18.
- [6] Arndt, J.; Roller, M.; Witt, M.: Einsatz von neuen hochfesten AFP-Stählen für massivumgeformte Pkw-Fahrwerkskomponenten. Schmiede-Journal 09/05. S. 20-21.



Dr.-Ing.
Michael Muckelbauer



Dr.-Ing.
Johannes Arndt