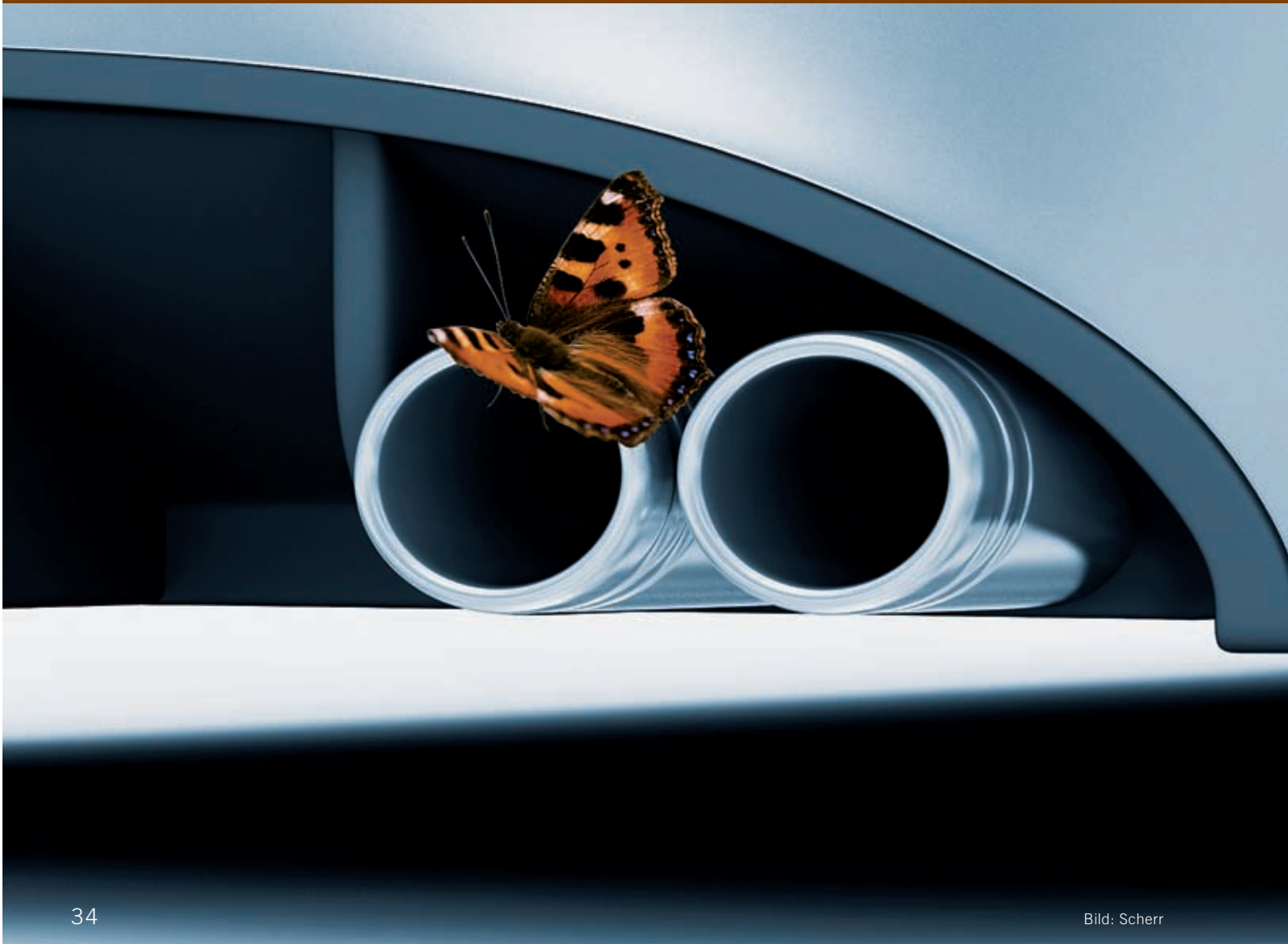


Downsizing mit Formteilen der Massivumformung

Der Trend zu leistungsstarken Motoren mit kleinem Hubraum, ausgelöst durch die Reduzierung von Kraftstoffverbrauch und CO₂-Emissionen, macht zunehmend leichtere Teile notwendig, die mit höchster Zuverlässigkeit steigenden Belastungen standhalten müssen. Die moderne Massivumformung hat mit ausgereiften Prozessen, hoher Präzision, kontrollierten metallurgischen Strukturen und höherfesten Werkstoffen das Potenzial, diese Anforderungen der Automobilindustrie zu erfüllen.



AUTORIN



DIPL.-MATH. SABINE WIDDERMANN
ist Leiterin Forschung und
Technik im Industrieverband
Massivumformung e. V. in Hagen.

WELLE AUS GESCHMIEDETEM STAHL

Zwei geschmiedete Ausgleichswellen sorgen in Vierzylinder-Reihenmotoren für ruhigen Lauf. Die von INA-Schaeffler gemeinsam mit der Hirschvogel Automotive Group entwickelte Leichtbau-Ausgleichswelle demonstriert den neuen Lösungsweg: Die Welle wird nicht mehr gegossen, sondern aus geschmiedetem Stahl hergestellt. Das ermöglicht eine filigranere Geometrie, die sich auf das Motorgewicht auswirkt: Je Welle wird 1 kg eingespart. Das bedeutet gleichzeitig für den Fahrbetrieb reduzierte Antriebskräfte, weniger CO₂-Emissionen und eine geringere Geräuschentwicklung.

Der entscheidende Auslöser für diese Neuerung, die das Stahl-Informations-Zentrum mit dem Stahl-Innovationspreis 2009 in der Kategorie „Produkte aus Stahl“ ausgezeichnete, war die Umstellung von der Gleit- auf Wälzlagerung durch Nadellager. Die geschmiedete Ausgleichswelle, ❶, besteht aus induktiv härtbarem Stahl. Dies ermöglicht eine Funktionsintegration von Wälzlager-Innenlaufbahn und Unwucht. Die wälzgelagerten Leichtbau-Ausgleichswellen werden in der neuesten Generation von Pkw-Dieselmotoren eines Automobilherstellers eingesetzt. Sie haben damit Einzug in die Großserie gehalten.

Die Entwicklung der letzten Jahre hin zu höherem Zünddruck im Zylinder spiegelt sich auch in der Ausführung optimierter massivumgeformter Pleuelstangen wider. So betrifft eine deutliche Änderung das kleine Auge: Seine parallele Form wurde verlassen und durch eine Trapez- oder eine Stufenform ersetzt. Damit werden die den Zünddruck abstützenden Flächen vergrößert, um zusätzlichen Raum im Kolben für eine verstärkte Nabenabstützung zu schaffen, ❷ [1]. Inzwischen können akzeptable Reibungsverhältnisse auch ohne Lagerbuchsen gewährleistet werden.



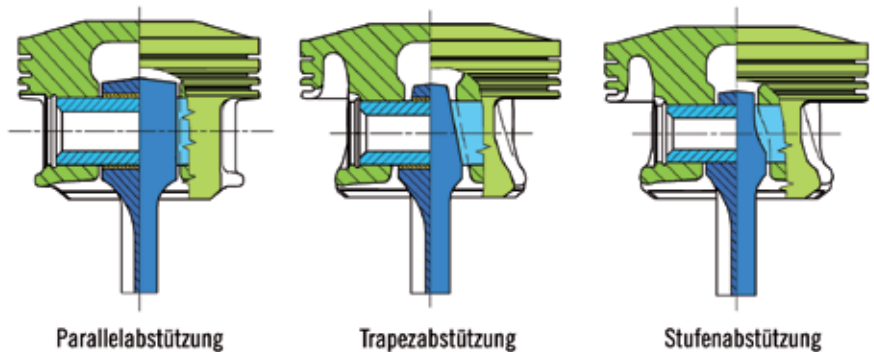
❶ Zwei geschmiedete wälzgelagerte Ausgleichswellen sorgen in Vierzylinder-Reihenmotoren für ruhigen Lauf; Stahl statt Guss ermöglicht die Funktionsintegration, die minimierte Laufbahnbreite reduziert die Masse, Wälz- statt Gleitlager reduzieren die Reibung (Bild: Hirschvogel)

ber, um zusätzlichen Raum im Kolben für eine verstärkte Nabenabstützung zu schaffen, ❷ [1]. Inzwischen können akzeptable Reibungsverhältnisse auch ohne Lagerbuchsen gewährleistet werden.

STEIGENDE ANFORDERUNGEN

Mit den Verfahren der Massivumformung werden derzeit rund zwei Milliarden Bauteile in Deutschland im Jahr gefertigt. Rund 250 Unternehmen gehören in Deutschland der Massivumformung an. Die Branche sieht sich als Technologieführer, ist klarer Marktführer in Europa und die Nr. 2 der Welt. Der Produktionswert der Unternehmen – von Gesenkschmieden über Freiformschmieden bis hin zu Kaltmassivumformern – lag 2008 bei 9,2 Mrd. Euro. Hauptanwendungsgebiete

Methoden zur Verbindung von Pleuel / Pleuel



❷ Verbindung Pleuel/Pleuelstange: bei der Trapezabstützung wird das kleine Auge nach oben hin abgeschragt und der dadurch frei werdende Raum im Pleuel für eine verstärkte Pleuelabstützung genutzt (Bild: Mahle)

massivumgeformter Bauteile sind dabei vorrangig der Automobilbau, an zweiter Stelle steht der Maschinenbau.

Mit den Weiterentwicklungen in diesen Bereichen unterliegen massivumgeformte Bauteile steigenden Qualitätsanforderungen hinsichtlich Sicherheit, Zuverlässigkeit und Lebensdauer. Neben dem stofflichen gewinnt zudem der konstruktive Leichtbau bei massivumgeformten Bauteilen für Anwendungen im Automobilbereich zunehmend an Bedeutung. Bauteile müssen immer komplexer, filigraner und feingliedriger werden und die Fahrzeugkomponenten nähern sich immer stärker ihren Belastungsgrenzen.

Massivumformteile stehen traditionsgemäß in einem Verfahrenswettbewerb insbesondere mit gegossenen sowie mit aus Blech hergestellten Bauteilen. Ihre überraschenden Eigenschaften hinsichtlich Festigkeit, Zuverlässigkeit und Flexibilität bei Hochbeanspruchung prädestinieren sie jedoch für die Aufgabenstellungen des anspruchsvollen Automobilbaus. Gründe dafür sind ein günstiger Eigenspannungszustand nach dem Reinigungsstrahlen, der beanspruchungsgerechte Faserverlauf, die absolute Porenfreiheit im Vergleich zu Gusswerkstoffen sowie das durch Umformung und dynamische oder statische Rekristallisation feinkörnige Gefüge. Diese Eigenschaften garantieren, dass die umformtechnisch verarbeiteten Werkstoffe höchste Belastungen mit großer Sicherheit ertragen können.

WERKSTOFFENTWICKLUNGEN FÜR HOCHLEISTUNG

Aufgrund der steigenden Anforderungen an Bauteile sind die werkstofflichen Potenziale über die Legierungszusammensetzung, Herstellkette und Warmbehandlungsmöglichkeiten voll auszunutzen und darauf abzustimmen, optimale und kostengünstige Bauteile zu produzieren. Beim Leichtbau sind gewichtsoptimierte Bauteile und Werkstoffeinsparungen durch geringes Einsatzgewicht der Erfolgsfaktor.

Neben der optimalen geometrischen Gestaltung der massivumgeformten Bauteile hängt der Schlüssel zur Bauteilrealisierung erheblich von den Eigenschaften des Werkstoffs ab [2]. Vermehrt werden die traditionell eingesetzten Vergütungsstähle, bei denen eine zusätzliche Anlassbehandlung zur Verbesserung der Zähigkeitseigen-

schaften notwendig ist, durch AFP-Stähle (ausscheidungsgehärtete ferritisch-perlitische Stähle) ersetzt, die inzwischen einen hohen Entwicklungsstand erreicht haben und eine vereinfachte Prozesskette gegenüber dem Vergütungsstahl aufweisen, ④.

Vielversprechend sind Werkstoffe mit bainitischem Gefüge, da hierbei gute Festigkeits- und Zähigkeitseigenschaften ohne die Notwendigkeit einer zusätzlichen Wärmebehandlung vereint werden. Die Prozesskette lässt sich somit kostengünstig gestalten. In dem Gemeinschaftsforschungsprojekt „Effiziente Prozessketten und neue hochfeste Stähle zur flexiblen Darstellung hoch beanspruchter Strukturbauteile“ des Industrieverbands Massivumformung e.V. (IMU) und des VDEh (Verein Deutscher Eisenhüttenleute) soll ein Legierungskonzept entwickelt werden, das eine Streckgrenze > 850 MPa, eine Zugfestigkeit > 1200 MPa, eine Bruchdehnung > 10 % sowie eine Raumtemperaturzähigkeit > 27 J aufweist. Erwartet werden neben dem Legierungskonzept eine neue Prozesskette sowie eine neue numerische Methode, mit deren Hilfe hochfeste und duktile bainitische Gefüge im Massivumformbauteil eingestellt werden können.

Mit dem im Dezember 2009 gestarteten Forschungsvorhaben „Betriebssichere Auslegung von Fahrwerkssicherheitsbauteilen aus AFP-Stahl“ sollen die werkstoffspezifischen Eigenschaften dieser Werkstoffgruppe herausgestellt werden. In enger

Beziehung zu diesem Forschungsvorhaben steht das laufende Projekt „Einfluss von Faserverlauf und Gefüge auf die Schwingfestigkeit warmmassivumgeformter AFP-Stähle“. Dieses soll die Wettbewerbsfähigkeit dieser Stähle durch einen zutreffenden Auslegungsprozess steigern, der den Faserverlauf und somit die gesamte Umformgeschichte des Bauteils berücksichtigt.

ZAHLREICHE TECHNOLOGIEVARIANTEN

Etwa 97 % aller Massivumformteile sind aus Stahl gefertigt. Je nach Erwärmung hat Stahl unterschiedliche Eigenschaften und eröffnet daher vielgestaltige Bearbeitungsmöglichkeiten. Dies macht man sich bei der Massivumformung mit verschiedenen Verfahren zu Nutze [3]. Gängigstes der vielen Verfahren ist das Gesenkschmieden und vom Mengenaufkommen auch das absolut bedeutendste. Neben der Bereitstellung des geeigneten Stahls sind ferner die Umformwerkzeuge die entscheidende Voraussetzung für einen erfolgreichen Schmiedeprozess.

Die Warmumformung von Stahl findet bei hohen Temperaturen von rund 1250 °C statt. Der Stahl ist bei diesen Konditionen weich und mit verhältnismäßig geringen Kräften formbar. Seine gewünschte Gestalt erhält er entweder in vorgefertigten Formen oder in Freiformschmieden. Die Warmumformung ermöglicht Umformgrade,



④ Die Werkstoffentwicklung vom Vergütungsstahl bis zu bainitischen Stählen; deren Gefügestand bietet das Potenzial, bei vereinfachter Prozesskette die Eigenschaften von Vergütungsstählen zu erreichen (Bild: Hirschvogel)



Karosseriebautage Hamburg 2010

Diskutieren Sie brandaktuelle Themen im Expertenkreis! Es erwarten Sie Redner wie:



Fahrzeugbauweisen der Zukunft:
individuell fahren, modular produzieren

Dr. Ulrich Hackenberg, Entwicklungsvorstand der Marke Volkswagen, Volkswagen AG



Die Deutsche Bahn AG - Herausforderungen und Chancen in Zeiten von
Globalisierung, Liberalisierung und Klimawandel

Dr. Rüdiger Grube, Vorsitzender des Vorstands, Deutsche Bahn AG

die mit keinem anderen Verfahren erreicht werden. In der Warmmassivumformung entstehen damit Werkstücke und Bauteile mit einfachen wie auch mit komplexen Geometrien, 4. Umformprozesse von Stahl zwischen 650 und 900 °C, als Halbwarmumformung bezeichnet, sind relativ junge Verfahren für bestimmte Anwendungen und Umformgrade. Mit dieser Umformtechnologie erreicht man eine ähnlich gute Umformbarkeit wie bei der Warmumformung und annähernd eine Präzision wie bei der Kaltumformung.

Die Kaltmassivumformung von Stahl findet bei Raumtemperatur (etwa 20 °C) statt. Der Stahl ist hart und die Umformung erfordert hohe Kräfte. Die Umformbarkeit von kaltem Stahl ist daher begrenzt. Herstellen lassen sich endkonturnahe Werkstücke und Bauteile mit sehr präzisen Formen, hoher Maßgenauigkeit und makellosen Oberflächen [4]. Während der Kaltmassivumformung wirken am Bauteil verschiedene mechanische und thermische Vorgänge, die eine Produktverbesserung bewirken können.

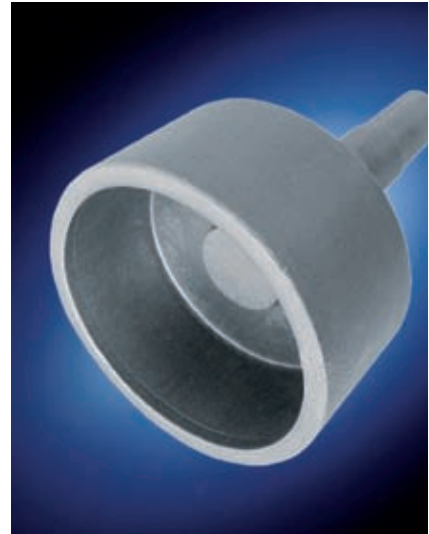
Viele Produkte lassen sich bei geeigneter Nutzung dieser Vorgänge sowohl hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen als auch bezüglich ihrer technologischen Eigenschaften erheblich verbessern. Voraussetzung dafür ist die frühzeitige enge Verzahnung von Produktentwicklung und Prozessgestaltung. Werden die Prozesse der Kaltmassivumformung sinnvoll eingesetzt, bieten sie ein erhebliches Potenzial

zur Umsetzung hocheffizienter Fertigungen. In Verfahrenskombinationen [5] lässt sich zur Herstellung eines Bauteils das hohe Umformvermögen der Warmumformung mit der hohen Genauigkeit des Kaltumformens optimal verbinden, 5.

Weiterentwicklungen der Verfahren der Kaltmassivumformung unterstützt die GCFG (German Cold Forging Group), eine Gruppe von Unternehmen und Hochschulen. Die zurzeit laufenden Forschungsvorhaben untersuchen den Verzug in der Kaltumformung und die Möglichkeiten der Schadensvorhersage. Die ab April und Herbst 2010 geplanten Vorhaben „Erzeugen von Flanschen und Bund an hohlen Fließpressteilen“ und „Lagegenauigkeit von Innen- und Außenverzahnungen an umformtechnisch hergestellten hohlen Wellen“ sollen die Verfahrensgrenzen der Kaltmassivumformung erweitern. Sie bieten konkrete Ansätze zum Downsizing und zur Herstellung endkonturnaher Bauteile hoher Leistungsfähigkeit direkt durch Umformen.

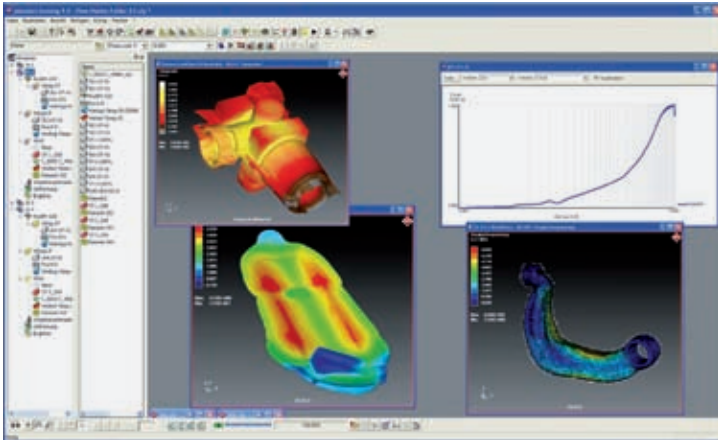
Um ihre Wettbewerbsfähigkeit zu stärken, setzt die Massivumformung moderne Technologien wie Simulationssysteme ein [6]. Für viele Unternehmen der Massivumformung gehört dies bereits zum Tagesgeschäft. Der Einsatz findet heute standardmäßig Anwendung in der Auslegung und Optimierung immer komplexer werdender Teilegeometrien sowie in der rechnergestützten Analyse zur Schaffung stabiler und reproduzierbarer Fertigungsprozesse, 6.

4 Die Neumayer Tekfor Group entwickelt unter Nutzung modernster FEM-Tools Gangräder, deren Gewicht um bis zu 25 % reduziert ist (Bild: Neumayer)



5 Kostenoptimierter Herstellprozess eines Lamellenträgers: vom halbwarm geschmiedeten Basisbauteil über die kalterformt eingebrachte Verzahnung bis zum einbaufertigen Bauteil (Bild: Hirschvogel)





6 Mit Simufact.forming werden neben den klassischen Fragestellungen der Prozesssicherheit wie Kraft- und Energiebedarf, Vermeidung von Umformfehlern und Werkzeugstandmengen auch zunehmend Projekte der Gewichtsreduzierung und des Downsizings begleitet (Bild: simufact)

Mittlerweile ist die Umformsimulation in der Massivumformung so einfach bedienbar geworden, dass keine Spezialisten mehr dafür erforderlich sind. Werkzeugkonstrukteure und Verfahrensentwickler optimieren die Prozesse und Produkte selbst und werden damit als Umformtechniker zum gefragten Entwicklungspartner ihrer Kunden, wenn es um Fragen der Ressourcen schonenden Fertigung geht.

MASSIVUMFORMER ALS FULL-SERVICE-SUPPLIER

In verstärktem Maße verstehen sich Massivumformer daher heute als Full-Service-Supplier mit einer frühen Einbindung in den Entstehungsprozess einer Entwicklung. Beispiel Automobilindustrie: Hier verfügen die einstigen Teilelieferanten aus der Massivumformung mittlerweile über eine umfassende Systemkompetenz. Das bedeutet, die Unternehmen fertigen nicht allein nach Anleitung des Kunden, sondern sie entwickeln – gemäß den immer höheren Anforderungen – innovative Teile und Komponenten selbstständig im Rahmen eines Anforderungsprofils, das der Kunde vorgibt. Der Zusammenbau in Komponenten oder der Einbau in ganze Systeme ist die logische Konsequenz. Entsprechend ausgerichtet waren und sind die Forschungsanstrengungen der Unternehmen der Massivumformung auf die gesamte Wertschöpfungskette beginnend mit den Kundenanforderungen bis zum Einsatz des Bauteils im System.

Im Fokus der mit erheblichem personellem und finanziellem Aufwand von der

Branche ständig betriebenen Forschungsprojekte stehen die aktuellen und zukünftigen Herausforderungen nicht nur bezüglich der Weiterentwicklung werkstofflicher Fragestellungen. Im Mittelpunkt dieser Arbeiten steht, resultierend aus der Weiterentwicklung der Werkstoffbasis, aus der Fortentwicklung der Herstellungstechnologien und nicht zuletzt aus den zahlreichen Anforderungen des Marktes, die Simulation des gesamten Prozesses. Die zur Verfügung stehenden Tools und Systeme tragen zu einem erheblichen Teil dazu bei, Gewicht zu reduzieren und Bauteile zu optimieren.

LITERATURHINWEISE

- [1] Herfel, D.: Innovative Konzepte zur Konstruktion und Herstellung von Pleuelstangen. Vortrag, Hannover-Messe 2009
- [2] Raedt, H.-W.: Werkstoffentwicklungen für massivumgeformte Bauteile. Konstruktion 61 (2009), Nr. 7/8, S. 42-43
- [3] Geschmiedeter Stahl: Immer in Form. Düsseldorf: Stahl-Informations-Zentrum, 2008.
- [4] Kaltmassivumformung: Präzision in großen Serien. Infostelle Industrieverband Massivumformung e. V., 2006
- [5] Quintenz, G.; Raedt, H.-W.: FEM-optimierte Leichtbau-Hohlwellen für das Getriebe. ATZ 111 (2009), Nr. 12, S. 922-925
- [6] Simulation in der Massivumformung. Infostelle Industrieverband Massivumformung e. V., 2006

↓ **DOWNLOAD DES BEITRAGS**
www.ATZonline.de

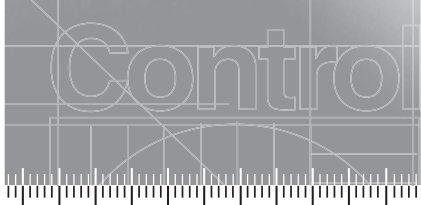
🇬🇧 **READ THE ENGLISH E-MAGAZINE**
order your test issue now:
SpringerAutomotive@abo-service.info

ERFOLG DURCH QUALITÄT
2010
24. Internationale Leitmesse
für Qualitätssicherung



Forum

- Messtechnik
- Werkstoffprüfung
- Analysegeräte
- Optoelektronik
- QS-Systeme
- Organisationen
- Industrielle Bildverarbeitung



4. - 7. Mai
STUTTGART

Direkt am Flughafen und Autobahn **A8**



SCHALL
MESSEN FÜR MÄRKTE.

P.E. Schall GmbH & Co. KG
Tel. +49(0)7025.9206 - 0 · control@schall-messen.de

www.schall-virtuell.de

www.control-messe.de