

# MM

MASCHINENMARKT

Das Industriemagazin

www.maschinenmarkt.de

SPS/IPC/DRIVES  
22. bis 24. November 2011  
Messevorbericht



## Im Wettbewerb

Taumeln und Präzisionsschmieden sorgen für endkonturnahe Bauteilgeometrien



### Chemie-Baukasten

Für präzise Oberflächenstrukturen sind ECM-Verfahren geeignet

### Im Temporausch

Schweißen mit Highspeed und höchster Genauigkeit

Energieeffizienz

„Die Einsparungen können über die Lebenszykluskosten ermittelt werden.“

Michael Ziesemer, ZVEI-Vizepräsident

# Taumeln und Präzisionsschmieden treten gegen die Zerspanung an

Für die Herstellung von einbaufertigen, hochbelasteten Großserienteilen mit Funktionsflächen, die an Schlüsselstellen in Fahrzeugen, Flugzeugen oder Anlagen verbaut werden, kommen statt des Zerspanens auch zwei spanlose Massivumformverfahren in Frage: Taumeln und Präzisionsschmieden.

JÜRGEN FÜRST

**E**inbaufertige, hochbelastbare und deshalb stabile Teile in möglichst wenigen Prozessschritten herzustellen, ist das Wunschziel vieler Zulieferer oder OEM. Dieses Ziel wird umso wichtiger, je größer die Serie ist. Dem entgegen steht die wachsende Komplexität zu verbauender Teile. Mit den zwei Fertigungsverfahren Präzisionsschmieden und Taumeln kommt man diesem Wunschziel inzwischen sehr nahe. Beide ha-

Jürgen Fürst ist Medienfachmann für Unternehmen der Investitionsgüterindustrie in 70734 Fellbach. Tel. (07 11) 51 09 99 11, juergen.fuerst@suxes.de

ben ihre Vorteile und ihre Grenzen, die sich hier am Beispiel der Herstellung von Differenzialkegelrädern (Bild 1) darstellen lassen.

## Präzisionsschmieden ist unschlagbar bei ganz großen Serien

Genau genommen sind Präzisionsschmieden und Taumeln keine isolierten Verfahren. Die Taumeltechnik zur Bearbeitung rotations-symmetrischer Teile benötigt geschmiedete Rohteile als Ausgangsprodukt, die nach dem Taumeln allerdings tatsächlich in der Endkontur (Netshape) vorliegen. Unter Präzisi-

onsschmieden lässt sich die Kombination von Schmiede- beziehungsweise Umformverfahren (Tabelle) bezeichnen, die endkonturnahe Teile (Near-Netshape-) oder Endkonturteile hervorbringen. Vor allem durch die Kombination von Halbwarm- und Kaltumformung können besonders maßgenaue Bauteile mit einbaufertigen Funktionsflächen hergestellt werden. Gelingt die Netshape-Fertigung, lassen sich nachgelagerte, formgebende kostenintensive Folgetechnologien wie die spanende Bearbeitung oder andere Fügeoperationen einsparen. Sowohl Taumeln als auch Präzisionsschmieden sind in jedem Fall hinsichtlich Material- und Zeitersparnis sowie Gefügeeigenschaften der Fräsbearbeitung weit überlegen, weshalb diese hier nicht berücksichtigt wird.

Präzisionsschmieden ist heute aufgrund der hohen geometrischen Präzision geschmiedeter Bauteile mit einem erstaunlichen Formenspektrum als Spitzentechnologie der Umformtechnik weltweit anerkannt. Durch das Präzisionsschmieden können einbaufertige Teile hergestellt werden, deren Funktionsflächen und Konturen bei engen Toleranzvorgaben eine sehr hohe Oberflächengüte erreichen (Bild 2). Das realisierbare Spektrum reicht von Kegelrädern über Synchronringe, Klauen- und Taschenteile sowie Bremsaktuatoren bis zu Gangrädern mit hinterstellter Kupplungsverzahnung. Darüber hinaus werden heute auch Teile für die Gas-Wasser-Installation oder für Gebäudetechnologien präzisionsgeschmiedet. Bei den Differenzialkegelrädern werden im Präzisionsschmiedeverfahren zunächst durch das Warmschmiedeverfahren 98% der Endkontur erreicht. Danach wird durch einen Kalibrierprozess auf einer entsprechenden

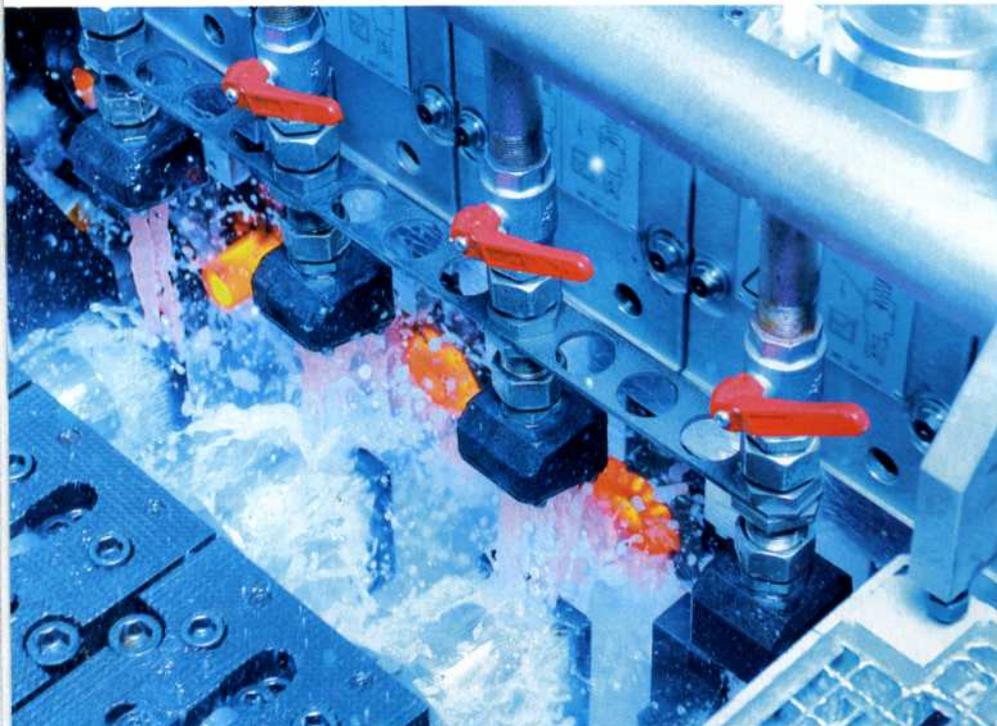


Bild: Hatebur

Für das Taumeln werden die Rohlinge der Kegelräder warm geschmiedet, haben jedoch erst circa 65% ihrer endgültigen Kontur erreicht.



Bild: Schmid

**Bild 1:** Differenzialkegelräder für Ausgleichsgetriebe von Pkw und Lkw lassen sich sowohl Taumeln als auch Präzisionsschmieden.

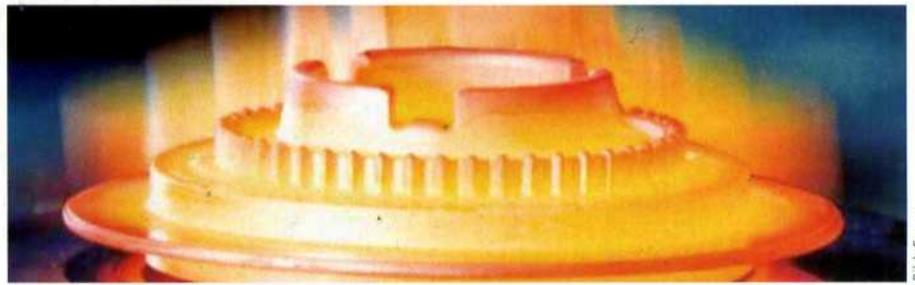


Bild: Sona

**Bild 2:** Durch das Präzisionsschmieden können einbaufertige Teile hergestellt werden, deren Funktionsflächen und Konturen bei engen Toleranzen eine sehr gute Oberflächengüte erreichen.

Presse die Endkontur hergestellt. Sind die Prozesse sicher eingerichtet, lassen sich damit größte Stückzahlen jenseits der 100.000 mit sehr kurzen Zykluszeiten und einer Ausbringung von bis zu 120 Teilen pro Minute erreichen.

Der Grundstein für die Genauigkeit des Endproduktes, die Prozessstabilität und auch für die Prozesskosten liegt dabei im Werkzeugbau. Zudem ist das Präzisionsschmieden ein komplexes Verfahren mit vielen, die Qualität des Endproduktes beeinflussenden, variablen Parametern. Das beginnt beim Scherverfahren, mit dem die Rohlinge vom Stangenmaterial abgetrennt werden, geht über die Füllung der Werkzeuge/Gesenke mit reproduzierbarer Volumengenauigkeit und hört bei der Verzahnungsauslegung auf Basis vorgegebener Lastbedingungen noch lange nicht auf. Hat man alle Prozessschritte im Griff, lässt sich durch weitgehend frei gestaltete geometrische Optimierungen die Leistungsfähigkeit der Bauteile nahezu beliebig auslegen. Dann ist das Verfahren in der Großserie präzise, hochleistungsfähig

und mit zum Teil hochintegrierten Funktionen versehen, energiesparend und kostengünstig.

Durch die Kombination von einfachem Warmschmieden und anschließendem Taumeln können zwei eigentlich konkurrierende Verfahren ihre Vorteile jeweils bestens zur Geltung bringen und so einen günstigen Prozessverlauf mit guten Endergebnissen erzielen.

#### Beim Schmieden werden etwa 65% der Endkontur erreicht

Die Rohlinge der Kegelräder werden warm geschmiedet, allerdings haben sie nach dem wesentlich einfacheren und kostengünstigeren Schmiedeprozess erst circa 65% ihrer endgültigen Kontur. Für die Herstellung genügt die Anschaffung einer handelsüblichen Maschine (zum Beispiel Hatebur, Aufmacherbild). In einer Taumeloperation wird die Endkontur fertig kalt geformt, die Verzahnung ist in ihrer Endform. Die relativ unbekannt Taumeltechnologie ist ein Kaltumformverfahren, bei dem die Umformkraft

stets nur auf eine Teilfläche des Werkstückes wirkt. Während das untere Gesenk das Rohteil gegen das obere Gesenk presst, führt das obere Gesenk eine kreisförmig taumelnde Bewegung in einem Taumelwinkel zwischen null und zwei Grad um die Taumelachse aus (Bild 3). Der Werkstoff wird quasi in das Gesenk eingewalzt. So wird immer nur auf eine Teilfläche des Werkstückes Kraft ausgeübt. Diese Rollgleitreibung, statt reiner Gleitreibung wie beim Fließpressen, ist dadurch gering und der Werkstoff fließt ohne großen Widerstand in radialer Richtung. So überschreitet die maximal auftretende Spannung nur unwesentlich die Fließspannung des Werkstückes. Durch die kleinere Kontaktfläche und die günstigeren Reibungsverhältnisse beträgt die benötigte Umformkraft nur etwa ein Zehntel der Kraft beim Fließpressen.

Durch die taumelnde Bewegung des Obergesenkes können große Umformgrade absolut rissfrei realisiert werden. Bedingt durch das Verfahren und den Aufbau der Maschine ist das Taumelpressen ein einstu-

KAAST. Your production partner.

## Scharfe Angebote zu schnittigen Preisen

CNC Plasmaschneidanlage  
PLASMASONIC CNC 3015/260 A



59.900 €\*

64.900 €\*  
24 Monate Gewährleistung

- ▶ HP 260A Plasmaquelle
- ▶ 3x1,5 m Verfahrweg
- ▶ inkl. autom. Gaskonsole und Markiereinheit
- ▶ inkl. Absaugung
- ▶ Oxy-Schneidkopf (optional)
- ▶ autom. Winkelschneidkopf (optional)
- ▶ Rohr-Profilchneideinrichtung (optional)

KAAST

- ▶ FANUC Steuerung
- ▶ 8000 U/min, BT40, 7,5 kW
- ▶ X/Y/Z: 510/410/460mm
- ▶ 16-fach WZW



5-Achs-Vertikalfräszentrum  
VF-MILL 125.5X

Herbst Aktion bis  
30.11.2011

7.900 €\*

3-Walzen-Rundbiegemaschine  
RBD-3M 12/50



\* Preise verstehen sich zzgl. der gesetzl. MwSt. und ab Lager Nortorf.

Weitere attraktive Angebote finden Sie unter ▶ [www.kaast.de](http://www.kaast.de)

**Umformmöglichkeiten durch Schmieden; Verfahrenscharakteristika der Warm-, Kalt- und Halbwarmumformung.**

	Warmumformung (Gesektschmieden)	Kaltumformung (Kaltfließpressen)	Halbwarmumformung
Umformtemperatur bei Stahl in °C	i. Allg. über 1000	Raumtemperatur	i. Allg. zwischen 650 und 900
Formgebung	Beliebig, ohne Hinterschneidung in Umformrichtung	Hauptsächlich rotationssymmetrisch	Möglichst rotations-symmetrisch oder achsensymmetrisch
Stahlsorten	Beliebig	Niedrig legierte Stähle; C < 0,5%; sonstige Legierungselemente < 3%	C beliebig; sonstige Legierungselemente < 10%
Umformvermögen	i. Allg. beliebig	Umformgrad $\phi < 1,6$	Umformgrad $\phi$ i. Allg. >1,6
Vorbehandlung der Abschnitte	–	GKZ-Glühen, phosphatieren, seifen	u. U. graphitieren
Zwischenbehandlung	–	Falls $\phi > 1,6$ : Zwischenglühen, erneute Oberflächenbehandlung	i. Allg. keine
Erreichbare Genauigkeit	IT 16 bis IT 12	IT 11 bis IT 7	IT 12 bis IT 9
Oberflächengüte $R_a$ in $\mu m$	> 100	5 bis 20	< 50
Wirtschaftliche Losgröße (Stückgewicht circa 1kg)	ab 500 Stück	ab 3000 Stück	ab 10.000 Stück
Werkzeugstandmenge	circa 5000 Stück	über 20.000 Stück	circa 10.000 Stück
Werkzeug- und Entwicklungskosten in Euro	i. Allg. < 10.000	10.000 bis 20.000	Über 20.000 <sup>§</sup>
Werkstoffausnutzung in %	60 bis 80	i. Allg. über 90	i. Allg. über 90

Quelle: Ernst, Lotter, Dillmann, Kraljevic, Karlsruhe 2002

figes Umformverfahren. Mit einem Hub des Pressenstößels wird nur eine Umformstufe ausgeführt. Diese Umformung wird jedoch durch mehrere Taumelbewegungszyklen erreicht. Da die Herstellung der Gesenke keine großen Kosten verursacht, rentiert sich das Taumeln auch bei kleinen Serien. Komplette Maschinen gibt es handelsüblich (Heinrich Schmid AG, Bild 4). Die Zykluszeit bei Differenzialkegelrädern beträgt etwa 5 s. Ein Automobilhersteller fertigt auf zwei Taumelpressen in einem stabilen Prozess täglich knapp 18.000 Teile, deren Verzahnung nach dem Taumeln in der Endkontur vorliegt.

**Folgebearbeitung ist beim Taumeln mit der Produktionslinie verknüpft**

Die erschütterungsfreie und saubere Umformung durch Taumeln bei Raumtemperatur ermöglicht die Installation des Verfahrens im eigenen Haus und die Weiterverarbeitung der getaumelten Teile durch andere Verfahren in unmittelbarer Nähe. Bei den Differen-

zialkegelrädern sind anschließende Weiterbearbeitungen mit Dreh- und Räumoperationen in einer Produktionslinie verknüpft und mit entsprechenden Handlicheinrichtungen automatisiert. Da die Taumelpressen verfahrensbedingt völlig ohne Kühl- und Schmiermittel auskommen, tragen sie auch zum Umweltschutz bei. Und da keine Kühlmittel mehr verdampfen und aufsteigen können, fördert dies auch den Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz. Abgesehen davon bleibt der Boden sauber, was die Rutsch- und Unfallgefahr vermindert und Reinigungszyklen verlängert. Neben diesen Aspekten ergeben sich gegenüber dem Präzisionsschmieden Kosten- und Platzvorteile und auch der Personaleinsatz ist geringer.

Schmiedeprozesse sind meist in eigenen Räumen oder Hallen zusammengefasst. Weil bei den Vorgängen neben Erschütterungen und hohen Temperaturen auch Staub und Schmutz auftreten, ist die Integration in eine Fertigungslinie nicht angeraten. Bei großen

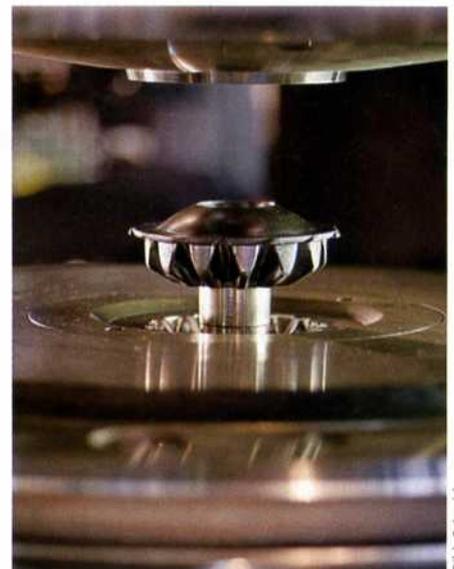


Bild: Schmid

**Bild 3:** Während das untere Gesenk das Roh-teil gegen das obere Gesenk presst, führt das obere Gesenk eine kreisförmige, taumelnde Bewegung aus.

OEM oder Zulieferern, die bereits über eine Schmiede verfügen, lässt sich das Präzisions-schmieden einrichten. Eine Schmiede neu aufzubauen gehört sicherlich zu den größeren Investitionen eines Unternehmens. Das bedeutet für die Teilefertiger, eine strategische Grundsatzentscheidung hinsichtlich „make or buy“ oder verfahrensorientierter statt objektorientierter Fertigung zu treffen. Angeboten wird das Präzisionsschmieden deshalb von darauf spezialisierten Unternehmen (beispielsweise Sona BLW).

Betrachtet man die Oberflächenqualitäten, ergeben sich folgende Aspekte: Die Verzahnungsgenauigkeit bei der Herstellung von Pkw-Ausgleichskegelrädern für Differenzialgetriebe nach DIN 3965 erreichte mit dem Taumeln eine ISO-Toleranzqualität der Stufe 7 und war besser als die geforderten IT 8. Mit dem Präzisionsschmieden wird IT 8 erreicht. Mit besonderen Anstrengungen lässt sich inzwischen auch IT 7 erreichen. Die Oberflächenqualität der Verzahnung hat großen Einfluss auf die Tragbilder. Sie zeigen, wie stark die Belastungen und der Abrieb an den einzelnen Flanken sind. Je besser die Tragbilder, umso größer die Laufruhe des Fahrzeugs bei der Kurvenfahrt. Auf Prüfanlagen lassen sich die Tragbilder darstellen, nachdem die Kegelräder etliche Hunderttausend Kilometer in realistischer Anordnung gelaufen sind. Durch spezielle Gestaltungsmöglichkeiten können sowohl bei getaumelten als auch bei präzisionsgeschmiedeten Kegelrädern nahezu optimale Tragbilder erreicht werden. Die Taumeltechnologie eignet sich für alle mehr oder weniger rotations-



Bild 4: Taumeln auf Standardmaschinen; die Herstellung der Gesenke verursacht keine großen Kosten.

symmetrischen Teile, wie beispielsweise Flansche, Kupplungsteile oder eben Kegelräder. Darüber hinaus werden die Verzahnungen von Zahnstangen für Fahrzeug-Lenkgetriebe mit variabler Übersetzung inzwischen häufig getaumelt. Achssymmetrische Teile oder Teile mit freien, nicht rotationssymmetrischen Konturen können nicht getaumelt werden. Bei den rotationssymmetrischen Teilen ergeben sich die Grenzen der Taumeltechnologie durch die Konturhöhe im Oberteil. Die Konturhöhe wird durch zwei Faktoren beschränkt, einen sogenannten Dreheffekt auf das Umformteil und durch den Werkzeug-Einbauraum im Taumelkopf. Des Weiteren ist die Höhe des Werkzeugoberteils ein limitierender Faktor, denn der Taumelpunkt ist das Zentrum des kugelförmigen Taumelkopfes. In diesem wird das Werkzeugteil eingebaut. Das Präzisionsschmieden mit dem anschließenden Kalibrieren ist aufwendig und teuer, müssen doch die Vorformen vor dem Kalibrieren eine sehr hohe Genauigkeit erreichen. Das erfordert hohe Investitionen in die Herstellung der Werkzeuge und darüber hinaus hohe Kosten für den Werkzeugunterhalt. Auch die Investitionskosten in Kalibrierpressen sind entsprechend hoch, da für einen geringen Umformgrad sehr hohe Presskräfte notwendig sind. Der Geometrie und Form der Teile sind nahezu keine Grenzen gesetzt.

#### Taumeln und Präzisionsschmieden ermöglichen einen effizienten Einsatz

Beide Verfahren ermöglichen einen effizienten Einsatz der verwendeten Rohmaterialien und liefern hochgenaue und häufig einbaufertige Teile, die sich somit auch kleiner und kompakter konstruieren lassen. Weil sowohl das Präzisionsschmieden als auch das Taumeln die molekulare Struktur nicht unterbrechen und den Faserverlauf beanspruchungsgerecht belassen, besitzen Bauteile sehr gute Festigkeitseigenschaften, die sich im Beispiel der Differenzialkegelräder auf Tragbilder und somit auf die Laufruhe auswirken.

Das Taumelverfahren kann immer dort mit bedacht werden, wo der Gesamtprozess betrachtet wird. Der Prozess kann problemlos in eine Fertigungslinie integriert werden. Dabei empfiehlt es sich jedoch meist nicht, für die Herstellung eines bestehenden Teiles eine funktionierende Prozesskette umzustellen. Aber überall, wo Teile neu entwickelt werden und die Konstruktion taumelgerechte Aspekte berücksichtigt, kann das Taumeln als Endkontur-Umformverfahren seine Vorteile ausspielen. Präzisionsgeschmiedete Teile können durch nahezu völlig frei gestaltbare Geometrien der Teile punkten. Ebenso sind sie im Vorteil, wenn größte Serien von über 100.000 Teilen in kurzen Zeiten bereitgestellt werden müssen. **MM**

# CBC 2011

## 6. Car Body Colloquium

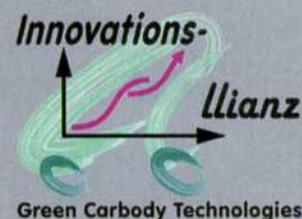
### »Karosserien fertigen – nachhaltig und effizient«



### 22. + 23. November 2011 in Chemnitz

Local Content Management  
im Automobilbau  
Werkstoffe / Technologien / Anlagen  
Qualitätssicherung und Planung

Nähere Informationen  
finden Sie im Internet unter  
[www.iwu.fraunhofer.de](http://www.iwu.fraunhofer.de)



**Fraunhofer**  
IWU