

Swaging in Automotive Construction: Saving Material and Energy in Shaft Production

Just how significant the issue of resource efficiency is for mechanical engineering is underlined in a study of the German Engineering Association VDMA from 2014. According to the study, this issue is strategically important for 55 percent of the companies surveyed, and for the most part it is anchored in the organization as a management task. Naturally it comes as no surprise that many mechanical engineering companies are affected in two

respects, namely as a supplier of energy-efficient machines and as "facilitator" of material-saving lightweight design components for automotive construction. But what does the demand for increasingly energy-efficient production operations mean for the processes themselves? How do they need to develop further? The example of swaging makes this clear.

Rundkneten im Automobilbau: Werkstoff und Energie in der Wellenproduktion einsparen

Dennis Beihofer, B. Eng. und
Dr.-Ing. Michael Marré, Königsbach-Stein

Welche Bedeutung das Thema Ressourceneffizienz für den Maschinenbau hat, macht eine VDMA-Studie aus dem Jahr 2014 deutlich. Demnach ist das Thema für 55 Prozent der befragten Unternehmen strategisch wichtig und zumeist als Führungsaufgabe in der Organisation verankert. Natürlich ist das keine Überraschung, denn viele Maschinenbauer sind in doppelter Hinsicht betroffen: als Lieferanten energieeffizienter Anlagen und als „Möglichmacher“ von werkstoffeinsparenden Leichtbaukomponenten, etwa für den Automobilbau. Aber was bedeutet die Forderung nach immer energieeffizienteren Produktionsprozessen für die Verfahren selbst? Wie müssen sie sich weiterentwickeln? Das Beispiel Rundkneten macht es deutlich.

Von jeher garantiert das innovative Kaltumformverfahren eine besonders ressourceneffiziente Teileproduktion. In den letzten Jahren haben die Rundknetenspezialisten von Felss Shortcut Technologies seine Energieeffizienz noch einmal deutlich verbessert. Wie umweltfreundlich und energieeffizient ein Auto tatsächlich ist, bewerten Experten längst schon nicht mehr mit der Maßangabe „Kraftstoffverbrauch pro 100 Kilometer“. Stattdessen geht es um komplexe Lebenszyklusanalysen (Life Cycle Assessment), bei denen der Produktionsprozess des Autos, seine Nutzung und sein Recycling in gleicher Weise wichtig sind. So entsteht eine ganzheitliche Umweltbilanz, die übrigens auch als Verkaufsargument immer

wichtiger wird. In der Folge geben sich viele Hersteller detaillierte Regeln für Ihre weltweiten Produktionsbereiche, in denen der schonende Umgang mit allen verwendeten Ressourcen festgeschrieben ist. Allerdings bedeutet diese Entwicklung auch, dass Automobilingenieure eine immer größere Zahl von „Stellschrauben“ im Blick behalten müssen. Konstruktionsveränderungen am Motor alleine genügen nicht mehr, um die umfassenden Energie- und Ressourcenbilanz zu verbessern.

Werkstoff einsparen – Formen frei wählen

In diesem Umfeld rückt auch das Know-how des Maschinenbaus in den Fokus der Produktionsplaner, denn innovative Verfah-

ren bilden eine entscheidende Grundlage, um besonders werkstoff- und energiesparend zu produzieren. Das macht das Beispiel Rundkneten deutlich. Während des Umformverfahrens verwandelt sich ein einfacher Rohr-Rohling in ein Bauteil mit komplexer Geometrie und Verzahnung. Zugleich verlängert er sich während der Bearbeitung bis auf das Doppelte – seine Außenwand wird dabei einerseits dünner (an manchen Stellen auch dicker), andererseits steigt die Festigkeit des Werkstoffs an. Mithilfe dieses Ansatzes produzieren Unternehmen seit Jahrzehnten eine Vielzahl von Automobilbauteilen – von Getriebe- und Antriebswellen über Lenkungselemente bis hin zu Sicherheitskomponenten (Bild 1). Die Palette



Bild 1: Rundkneten ermöglicht den Konstrukteuren ein hohes Maß an gestalterischer Freiheit. Selbst komplexe Innenprofile, Verzahnungen und besonders anspruchsvolle Außengeometrien sind möglich.

der möglichen Formen ist größer als bei anderen Umformverfahren. Rundkneten ermöglicht den Konstrukteuren ein hohes Maß an gestalterischer Freiheit. Selbst komplexe Innenprofile, Verzahnungen und besonders anspruchsvolle Außengeometrien mit einer Zweifach-, Drei-, Vier- oder Sechskantoberfläche sowie Einschnürungen oder Einstiche bei zylindrischen oder variierenden Außendurchmessern sind möglich. Durch den Einsatz von Dornen können wiederum die Innenseiten eines Rohrs präzise umgeformt werden. So sind zum Beispiel Vierkant-Innenkonturen oder auch Innenprofile wie Kerbverzahnungen oder Evolventenverzahnungen möglich.

Kleiner Hub und hohe Frequenz

Grundsätzlich spielt sich im Inneren der Rundknetmaschine ein hochpräziser Umformprozess ab: Die Werkstücke werden zunächst in axialer Richtung in das Knetwerk eingeführt. Anschließend kommen zwei bis vier oder sechs gegeneinander wirkende Werkzeuge zum Einsatz, die mit kleinem Hub und einer Frequenz von 25 bis 50 Hz auf das Rohr

einwirken. Im Knetwerk treibt eine Welle mehrere Stößel mit Werkzeugen an. Befinden sich die Stößel zwischen zwei Druckrollen, sind die Werkzeuge geöffnet. Befinden sich die Druckstößel jeweils unter einer Rolle, sind die Werkzeuge geschlossen – und wirken auf das Bauteil ein. Die Umformung erfolgt also durch eine Vielzahl von schnell aufeinander folgenden Druckimpulsen. Dabei bewirkt das verdrängte Material eine Wandstärkenvergrößerung sowie ein Längenwachstum des Werkstücks. Die Mikrostruktur des Werkstücks wird zudem fester und über den gesamten Werkstückquerschnitt hinweg stabiler. Die Wandstärke lässt sich sehr genau definieren.

Leichte Bauteile

Gleichzeitig sinkt durch den Einsatz von leichten Rohr-Rohlingen der Werkstoffbedarf für ein Bauteil massiv – die Ressourcenschonung ist gewissermaßen ein integraler Bestandteil des Verfahrens. Zudem fällt nur minimaler Abfall an, weil auf spanende Prozesse weitgehend verzichtet wird. In der Praxis führt dieser Ansatz zu messbaren Erfolgen: So ist es

mithilfe des Rundknetens möglich, eine Lenkstange im Vergleich zu spanenden Verfahren um rund 650 Gramm leichter zu produzieren (Bild 2). Bei den branchenüblichen Stückzahlen führt dies zu hohen Materialeinsparungen in der Jahresproduktion. Zugleich wird jedes einzelne Auto leichter – sein Kraftstoffverbrauch sinkt.

Energieverbrauch reduzieren

In den letzten Jahren wurde dieses Verfahren durch die Spezialisten laufend weiterentwickelt. Auch und gerade der Energie- und Ressourcenverbrauch der Technologie steht dabei im Zentrum. So setzen die Ingenieure bei der Konstruktion der modularen Anlagen mit dem Namen Generation E ausschließlich auf elektrische Antriebsachsen (Bild 3). Auf diese Weise entfällt die hydraulische Blindleistung, die benötigte Strommenge nimmt mithilfe eines intelligenten Energiemanagements ab und der Verbrauch von Betriebsstoffen wie Schmieröl verringert sich. Im Vergleich zu hydraulisch-angetriebenen Rundknetmaschinen reduziert sich der Gesamtenergieverbrauch um rund 60 Prozent – bei gleichzeitig steigender Produktivität des Systems.

Mehrere Faktoren sind hierfür verantwortlich, beispielsweise die Rüstzeiten: Der Bediener erreicht die Umformwerkzeuge ohne den Einsatz von Werkzeugen innerhalb von wenigen Sekunden. Zusätzlich unterstützt die spezielle Bedienoberfläche den schnellen Werkzeugwechsel, weil die jeweils zu tausenden Komponenten auf dem Monitor angezeigt werden. Insgesamt führen diese Maßnahmen zu Rüstzeitverkürzungen von 50 Prozent. Angesichts der zunehmenden Bauteil-Variantenvielfalt im Automobilbau, die zu mehr Produktionswechsellern führt, ist das ein nicht zu unterschätzender Faktor für schlanke, ressourceneffiziente Produktionsprozesse.

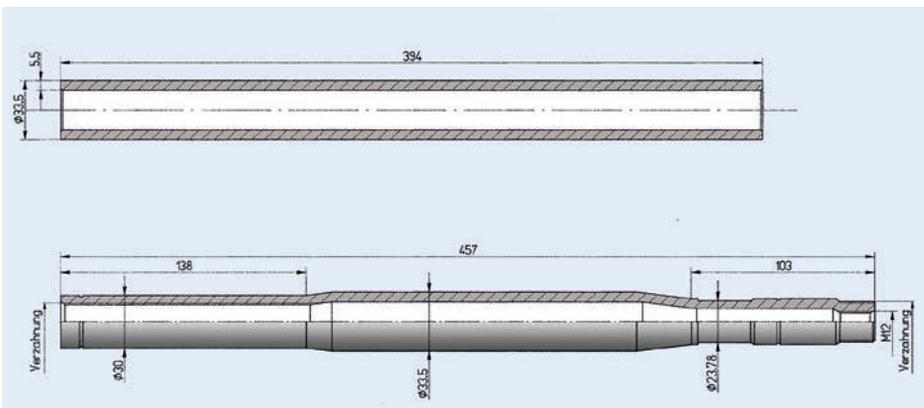
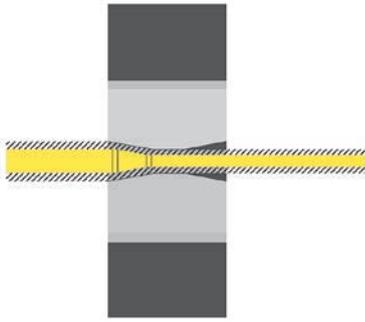
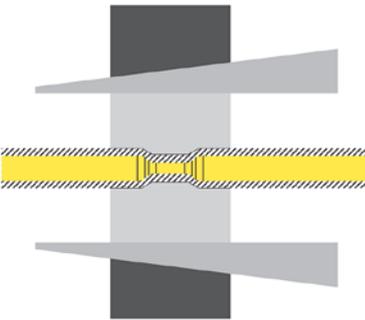


Bild 2: Die Pkw-Lenkswelle entsteht in nur 7 Arbeitsschritten aus dem Rohr-Rohling: drei Rundknetoperationen, Verzahnungspressen zum Aufbringen der Außenverzahnung, Gewindewalzen sowie zwei Drehoperationen. Auf einer vollautomatischen Transferanlage beträgt die Taktzeit rund 15 Sekunden.

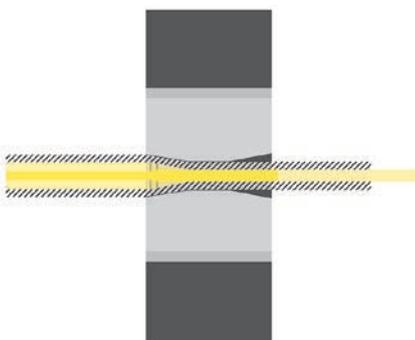


Hintergrund: Die Rundknetverfahren

1. Vorschubverfahren: Das Werkstück wird in axialer Richtung den Werkzeugen zugeführt. Sie umschließen den zu reduzierenden Querschnitt nahezu ganz oder zu einem großen Teil. Das Werkstück führt dabei die Rotationsbewegung aus. So entstehen lange, reduzierte Querschnitte am Werkstückende und flache Übergangswinkel.



2. Einstechverfahren: Das Werkstück wird in die geöffneten Werkzeuge hinein gestellt. Während des Umformprozesses führen die Werkzeuge eine radiale Vorschubbewegung aus.



3. Kombinationsverfahren: Durch die Kombination beider Verfahren lassen sich Reduzierungen in der Mitte des Bauteils erzeugen, die nicht durch die Länge des Werkzeugs begrenzt sind. Der Querschnitt in der Werkstückmitte wird reduziert. Steile Übergangswinkel sind möglich.

UND: Durch zusätzliche Dorne werden komplexe und hochpräzise Innenkonturen hergestellt – und das während der gleichzeitigen Bearbeitung des Außendurchmessers.



Bild 3: Generation E von Felss: Die Rundknetmaschine lässt sich schnell konfigurieren und einfach an Werkstücksänderungen anpassen.

Bilder: Autoren

Auf der anderen Seite konstruieren die Entwickler die Rundknetmaschinen auf der Basis eines außergewöhnlich flexiblen Baukastensystems. Einzelne Funktionsmodule, die jeweils passend zu den Werkstückanforderungen zusammengestellt werden, kommen dabei zum Einsatz. Ihre Schnittstellen sind standardisiert. Deshalb ist auch bei etwaigen Umbauten und Erweiterungen der Aufwand gering. Im Übrigen lassen sich die Maschinen besonders einfach mithilfe von Automationslösungen verketteten, denn es gibt nur eine Schnittstelle für Bauteilzu- und -abführung. Dem Einsatz von Portal-Systemen, Robotern oder Förderbändern steht also wortwörtlich nichts im Weg.

Schlanke Prozesse und höchste Präzision

Die Bauteile werden beim Rundkneten endkonturnah und somit einbaufertig oder fast einbaufertig gefertigt. Die Toleranzen der Außendurchmesser eines rundgekneteten Bauteils liegen im Bereich von 0,01 bis 0,1 Millimetern. Das entspricht etwa der Klasse 8 bis 9 der ISO-Toleranz (IT) – mit abnehmendem Durchmesser verbessert sich die Genauigkeit. Bei der Bearbeitung von Innendurchmessern über einen Dorn werden sogar Toleranzen von weniger als 0,03 Millimetern erreicht. Deshalb erfolgen nach der Umformung zumeist nur noch wenige abschließende Drehoperationen, die sich auf Wunsch in die Transferanlagen integrieren lassen. Auch auf diese Weise lassen sich kom-

plizierte und energieintensivere Produktionsprozesse durch deutlich schlankere, sparsamere und letztendlich ressourceneffizientere Prozessketten ersetzen.

Automotive-Entwicklung mit vorantreiben

Insgesamt passt dieser Ansatz in vielfacher Weise zu den aktuellen Entwicklungen des Automobilbaus, denn viele Komponenten im Antriebsstrang werden komplexer und ihre Funktionsdichte steigt an. So weist etwa die Geometrie einer Rotorwelle in einem Hybridmotor viele anspruchsvolle Details auf. An ihrer Außenseite befindet sich zum Beispiel eine Lamellenoberfläche für die Kraftübertragung. Um solche und ähnliche Bauteile hochgenau und effizient in großen Stückzahlen produzieren zu können, entwickeln die Umform- und Rohrspezialisten in Versuchen und enger Absprache mit dem Automotive-Kunden eine passende Lösung – von der Produktionsplanung bis hin zur Konstruktion des Bauteils. Das optimierte Bauteil lässt sich anschließend aus einem Rohr anstatt eines massiven Stangenrohlings herstellen. Gleichzeitig wird gemeinsam mit den Anwendern versucht, auch eingefahrene Prozesse zu hinterfragen. Komplizierte Produktionsverfahren werden dabei radikal vereinfacht. Die Felss-Philosophie lässt sich letztlich in einem Satz zusammenfassen: Ganzheitliche Ressourceneffizienz und schlanke, vereinfachte Prozesse gehören immer zusammen. ■



Dennis Beihofer



Dr. Michael Marré

Felss Systems GmbH
 Dieselstraße 2
 75203 Königsbach-Stein
 Telefon: +49 7232 402-0
 Fax: +49 7232 402-122
 info.felss-systems-stein@felss.com
 www.felss.com/rundkneten