

Feiner Beitrag zur Effizienz

Beim Präzisionsschmieden werden endkonturnah und gratfrei hoch belastbare Teile produziert. Sie behalten jedoch stets ein Aufmaß, das prozessbedingt schwankt. Um das Material bei der anschließenden Hartfeinbearbeitung dennoch gleichmäßig abtragen zu können, hat das Hannoveraner Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen eine Feinpositionierung entwickelt, die die Schmiedebauteile messtechnisch erfasst und sie am Aufmaß orientiert ausrichtet. Das Ergebnis ist ebenso material- wie energieeffizient.

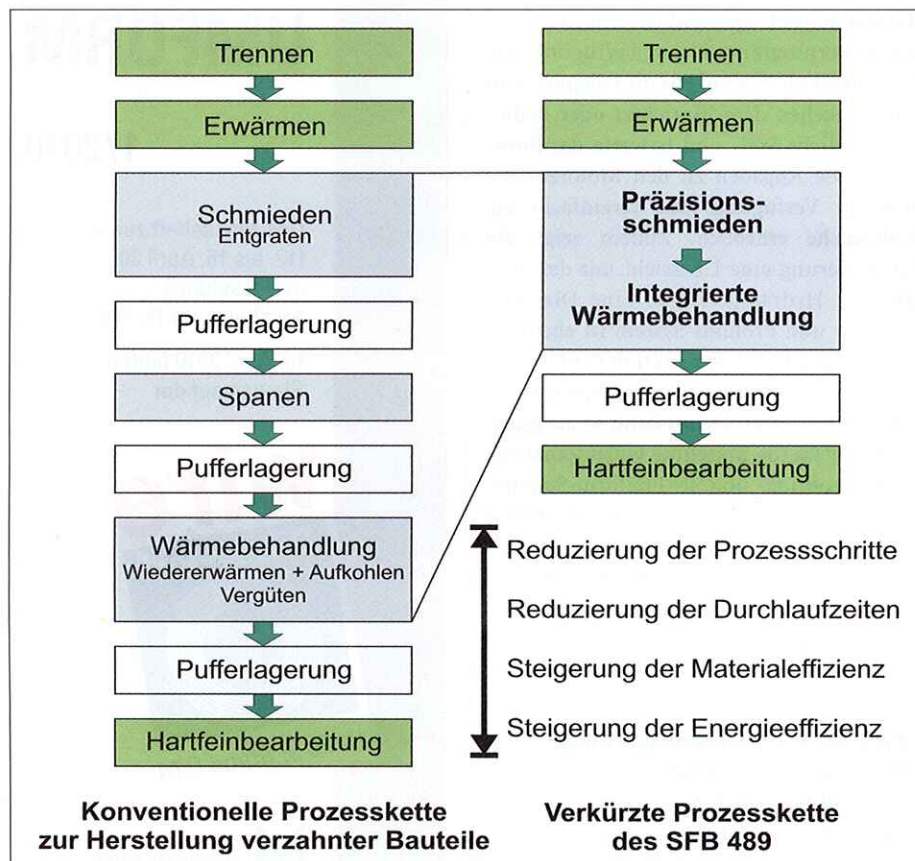
Zur grundlegenden Entwicklung und Qualifikation neuer technologischer und logistischer Verfahren zur Herstellung von Hochleistungsbauteilen innerhalb der Prozesskette Präzisionsschmieden wurde im Jahr 2000 der Sonderforschungsbereich 489 „Prozesskette zur Herstellung präzisionsgeschmiedeter Hochleistungs-Bauteile“ (SFB 489) mit Beteiligung von sechs Einrichtungen der Leibniz Universität Hannover initiiert. Im Mittelpunkt steht eine Verkürzung der Prozesskette, die unter anderem auf der Substitution der spanenden Weichbearbeitung sowie der Integration der Wärmebehandlung direkt aus der Schmiedewärme beruht. Als Demonstratorbauteil dient eine schrägverzahnte Ritzelwellen-Geometrie, welche über einen zweistufigen Präzisionsschmiede-Prozess umformtechnisch hergestellt wird.

Ausgehend von einem zylindrischen Rohteil wird in einer ersten Vorform-Operation die Massenverteilung der Ritzelwellen-Geometrie durch Vorwärts-Fließpressen eingestellt. Der Schaft sowie der Wellenabsatz werden hierbei nahezu vollständig ausgeformt. Die Gestaltung des Übergangs zwischen Wellenabsatz und -schaft sowie die Ausformung der Verzahnung erfolgen in einem zweiten Umformprozess durch Stauchen beziehungsweise Formpressen.

Die technische Funktion des Bauteils hängt entscheidend von der genauen Lage und Ausrichtung der Funktionsflächen „Verzahnung“ und „Lagersitz“ ab. Im Rahmen der Prozess- und Werkzeug-Gestaltung waren daher Methoden zu entwickeln, die eine genaue Fluchtung und einen möglichst geringen Taumelfehler der beiden Funktions-



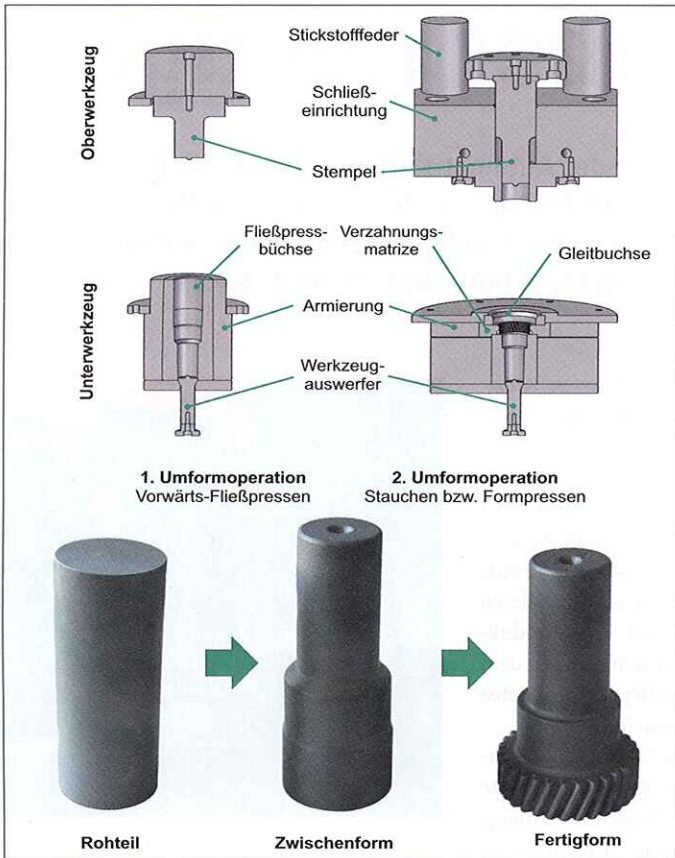
Das Demonstratorteil: präzisionsgeschmiedete Ritzelwelle des SFB 489.



Verkürzung der Prozesskette zur Herstellung verzahnter Bauteile. Bilder: IFUM

flächen „Verzahnung“ und „Lagersitz“ zueinander sicherstellen.

Durch einen kompakten Werkzeugaufbau und die Anordnung der gesamten Ritzelwellen-Kontur in einer Gesenkhälfte konnte die Anzahl zueinander beweglicher und geführter Werkzeugkomponenten auf ein Minimum reduziert werden. Die vorgegebenen Form- und Lagetoleranzen der Funktionsflächen „Verzahnung“ und „Lagersitz“ werden durch starre, eng tolerierte Führungsflächen der formgebenden Werkzeugelemente sichergestellt. Die Trennebene zwischen Ober- und Unterwerkzeug liegt im Bereich der Stirnfläche der Ritzelwelle. Die Zentrierung und Führung des einfahrenden Oberwerkzeugs wird über eine Gleitbuchse oberhalb der Verzahnungsmatrix im Unterwerkzeug erreicht. Die Illustration zeigt die wesentlichen Werkzeugkomponenten der Vor- und Fertigschmiedestufe sowie die entsprechende Stadienfolge. Der Teiletransfer zwischen den Umformstufen erfolgt manuell. Durch die Verfahrenskombination Fließpressen, Stauchen und Formpressen wird



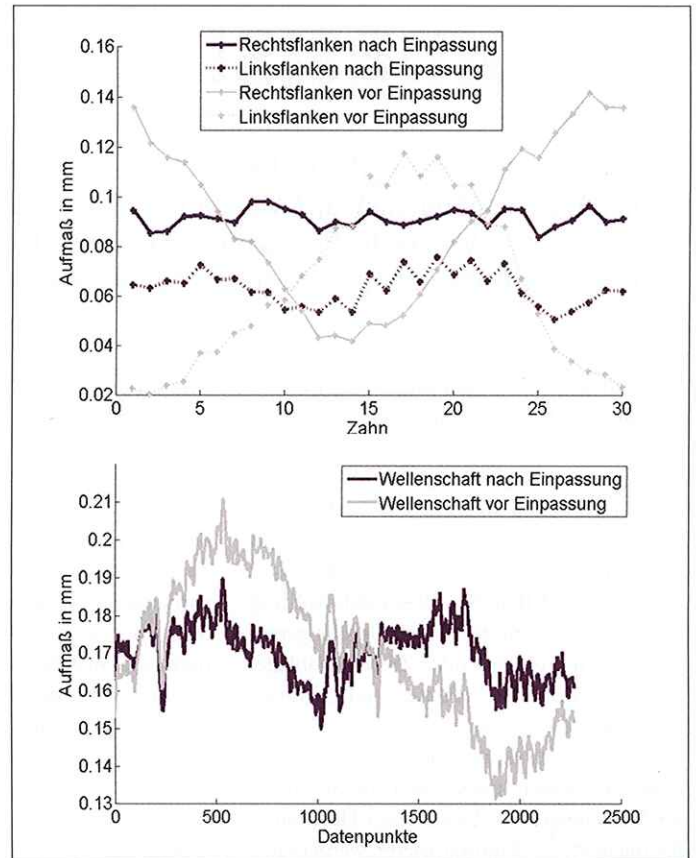
Zweistufiges Präzisions Schmiede-Werkzeug: die wesentlichen Komponenten.

eine angepasste Massen-Vorverteilung und Ausformung der Geometrie erzielt. Der Bereich der Schrägverzahnung erreicht eine nahezu vollständige Formfüllung. Für die abschließende Hartfeinbearbeitung der Funktionsflächen durch Schleifen wird beim Präzisions Schmieden der Ritzelwellen-Verzahnung ein Bearbeitungs-Aufmaß von 150 µm im Bereich der Zahnflanken und des Zahngrundes vorgehalten. Innerhalb der Prozesskette des SFB 489 werden auftretenden Form-, Maß- und Lageabweichungen, wie sie bei Schmiedeteilen durch Gesenkverschleiß oder die integrierte Wärmebehandlung entstehen können, nicht – so wie konventionell üblich – durch eine Erhöhung des Aufmaßes begegnet, sondern durch eine optimale Ausrichtung des Bauteils vor dessen Bearbeitung.



Präzisionsgeschmiedete Ritzelwellen in verschiedenen Stadien der Bearbeitung.

Vor der abschließenden Hartfeinbearbeitung werden der Lagersitz sowie die Zahnflanken durch eine fertigungs-integrierte Messeinrichtung optisch über linienhafte Profilschnitte erfasst und für den Bearbeitungsprozess durch ein 4 FHG-Spannfutter positioniert. Hierüber kann eine möglichst äquidistante Verteilung des Bearbeitungs-Aufmaßes auf den Funktionsflächen „Verzahnung“ und „Lagersitz“ sichergestellt werden. Der Aufbau der aufmaß-orientierten Feinpositionierung, besteht aus dem Messsystem und der Positioniervorrichtung. Für die erforderlichen Korrekturbewegungen zur Ausrichtung der Ritzelwelle wird ein Korrekturvektor errechnet. Dieser beinhaltet die notwendigen Translationen in x- und y-Richtung und die Rotationen um die x- und y-Achse. Für die Auswertung der Profilschnitte der Funktionselemente präzisionsgeschmiedeter Ritzelwellen sind unterschiedliche Auswertelgorithmen (L1-, L2-, L_r-Norm) implementiert worden, um die Messdaten dreidimensional auf eine hinterlegte Referenzgeometrie einzupassen, damit die Ritzelwelle optimal für die Bearbeitung ausgerichtet werden kann. Obenstehende Illustration zeigt beispielhaft die Verteilung des Aufmaßes vor und nach der Feinpositionierung an der Verzahnung und des Wellenschafts der Ritzelwelle 91. Das an beiden Funktionselementen vorgehaltene Aufmaß ist nach der Einpassung



Aufmaßverteilung vor und nach der Einpassung an der Verzahnung und des Wellenschafts (Ritzelwelle 91).

wesentlich gleichmäßiger verteilt als vor der Einpassung. Für die Ausrichtung der Ritzelwelle war in diesem Beispiel der in der Tabelle enthaltene Korrekturvektor erforderlich:

Ritzelwelle 91	x	y	z
Rotation	-31''	72''	(6073'')
Translation	-41µm	-30µm	0µm

Nach der Positionierung des Bauteils auf Basis des errechneten Korrekturvektors, wird in einem Drehprozess der Lagersitz fertig bearbeitet, der nachfolgend als Bezugselement für das abschließende Verzahnungsschleifen dient. Das letzte Bild des Beitrags stellt Ritzelwellen in den drei entscheidenden Bearbeitungsstadien dar.

Bernd-Arno Behrens, Dirk Odening, Rüdiger Gillhaus, Markus Kästner und Eduard Reithmeier, IFUM Hannover, sind die Autoren des Beitrags.

Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM)

Leibniz Universität Hannover
 An der Universität 2, 30823 Garbsen
 Tel.: +49 511 762-2264
 Fax: +49 511 762-9523
 E-Mail: info@ifum.uni-hannover.de
 http://www.ifum.uni-hannover.de