

Forming Flanges and Other Forms by Cold-Die Rolling on Hollow and Solid Shafts

Cold forming incremental procedures offer the advantage of a relatively low strength requirement for forming and relatively low tool costs. The higher accuracy comes as an added advantage compared to the common procedures in warm forming. Possible applications are examined for cold forging within the scope of a current research project. Together with interested customers these are subsequently tested through simulations and practical tests for their feasibility and process limitations, and also for the possibility of transferring into series.

Kaltgesenkwalzen von Flanschen und anderen Geometrien an Hohl- und Massivwellen

Prof. Dr.-Ing. Bernhard Adams,
Dr.-Ing. Eberhard Rauschnabel und
Dipl.-Ing. Farboud Bejnoud, Karlsbad

Inkrementelle Verfahren der Kaltumformung bieten den Vorteil eines relativ geringen Kraftbedarfs bei der Umformung und vergleichsweise niedrigen Werkzeugkosten. Gegenüber gebräuchlichen Verfahren der Warmumformung kommt die höhere Genauigkeit als weiterer Vorteil hinzu. Im Rahmen eines aktuellen Forschungsprojekts werden für das Kaltgesenkwalzen mögliche Anwendungen untersucht und anschließend gemeinsam mit interessierten Kunden sowohl über Simulationen als auch anschließende praktische Erprobungen auf ihre Machbarkeit und Verfahrensgrenzen überprüft und nach Möglichkeit auch in die Serie überführt.

Flanschbauteile für die Fahrzeugindustrie

Im Zuge der CO₂- und Kraftstoffverbrauchsreduzierung im Fahrzeugbau wird zunehmend Leichtbau gefordert. Dies gilt insbesondere auch für rotationssymmetrische Bauteile im Fahrwerk und Antriebsstrang, die bislang entweder massiv ausgeführt oder mit entsprechendem Zerspanungsaufwand hohl gebohrt wurden – mit hohem Materialverbrauch und Reduzierung der Festigkeit des Bauteils aufgrund der Zerschneidung des Faserverlaufs. Bei allen bekannten Verfahren werden die Vorprodukte, insbesondere ein Rohr- bzw. Stababschnitt, zunächst vom Halbzeug durch Sägen, Scheren, Rollieren oder durch das Hochgeschwindigkeits-



Bild 1: Hohlwellen mit Endflansch

trennen (Impulscut®) /1/ abgetrennt, anschließend einer Vorbehandlung unterzogen und dann dem eigentlichen Umformprozess zugeführt, der ein- oder oftmals auch mehrstufig sein kann.

Bauteile mit Flanschen, entweder als Mittelflansch und/oder als Endflansch ausgebildet, werden zu vielfältigsten Zwecken benötigt, beispielsweise zur Herstellung von Massiv- und Hohlwellen im Fahrzeuggetriebe. Dabei ist der Flanschaußendurchmesser DF oft wesentlich größer als der Wellendurchmesser DW. Aufgrund höherer Festigkeit und zur Vermeidung von Folgeoperationen wird ver-

durch axiale Zustellung der Matrize auf das sich bewegende Kaltgesenkwalzwerkzeug (3), das in der Regel kegelförmig ausgeführt ist. Zur Bearbeitung von Flanschwellen größerer Längen wurde eine komplett neue Maschine entwickelt, bei der die bereits bewährte Vertikalbauweise der Gesenkwalzmaschinen in eine horizontale Anordnung mit durchgängiger Matrize (2) überführt wurde.

Die wichtigsten Verfahrensunterschiede der Horizontalbauweise zur vertikalen Gesenkwalzverfahren sind:

- Taumelnd ausgeführter Werkzeugträger (1).
- Nicht rotierend ausgeführte Matrize (2).

zeugträgers ein im Prozess variabler Winkel um die eigene Achse (Taumelachse) möglich. Aufgrund der engen Verwandtschaft der Verfahrensprinzipien werden die Begriffe oftmals parallel verwendet.

Im Vergleich mit den klassisch verwendeten Kalt- und Warmpressverfahren betragen die Umformkräfte beim Kaltgesenkwalzen aufgrund der inkrementellen, abrollenden Umformung lediglich einen Bruchteil. Weitere Vorteile sind die hohe Formgenauigkeit und die Oberflächenqualität sowie die Wirtschaftlichkeit (geringe Werkzeug- und Betriebskosten) dieses Verfahrens.

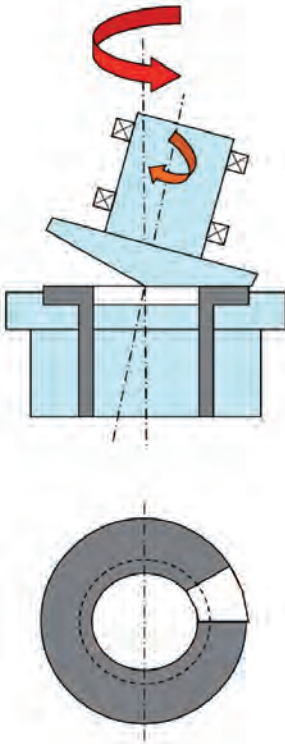


Bild 2: Prinzip Kaltgesenkwalzen.



Bild 3: Kinematik Taumeln.

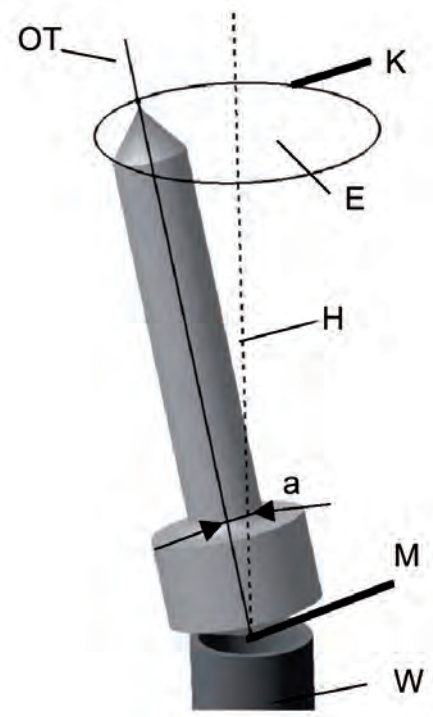


Bild 4: Kinematik Kaltgesenkwalzen.

sucht, derartige Bauteile generell aus nur einem Teil mittels umformtechnischer Verfahren herzustellen.

Verfahrensbeschreibung und Vergleich mit Fertigungsalternativen

Mit dem Kaltgesenkwalzverfahren werden rotationssymmetrische Bauteile einstufig partiell umgeformt, Bild 2. Bei dem Verfahren führt ein zur Maschinenhauptachse geneigter, frei rotierbar gelagerter, axial unbeweglicher Werkzeugträger (1) eine taumelähnliche Bewegung durch. Diese Bewegung wird durch die angetriebene Rotation um die Maschinenhauptachse initiiert. Das umzuformende Rohr- bzw. Stabhalbzeug wird in einer nur axial beweglichen Matrize (2) gespannt. Die Umformung erfolgt

- Axial verfahrbare Matrize (statt verfahrbares Werkzeug).

Beim ebenfalls verwandten Taumelpressen, Bild 3, ist gegenüber dem Kaltgesenkwalzen, Bild 4, mit seinem fest definierten Winkel α zwischen Mittelachse und Achse des Werk-

Im Vergleich zu fügenden Verfahren (z. B. Reibschweißen) ist durch das Kaltgesenkwalzen eine höhere Dauerfestigkeit des gesamten Bauteils zu erwarten, da die Umformteile aus einem Teil ohne Verbindungsstellen hergestellt werden.

Die Neuheit des entwickelten Verfahrens und der Anlagentechnik besteht darin, dass neben Endflanschen, Bild 5, auch andere Endgeometrien, z. B. trichterförmige Aufweitungen, zylindrische Verdickungen nach Innen oder Außen sowie das Anknüpfen oder gar Verschließen von dickwandigen Rohren denkbar sind. Ferner sollen erstmals auch massive Bauteile länger als 300 mm bearbeitet werden. Geplant sind Längen bis ca. 700 mm, damit auch kraftübertragende Fahrwerkteile, wie beispielsweise Halbstabilisatoren für dynamisch



Bild 5: Teilespektrum (Beispiel).

regelbare Fahrwerke, Antriebswellen, Nockenwellen etc., hergestellt werden können. Es gibt auch Anwendungsfälle bis 1,5 m Länge (z. B. Torsionsfedern in Nutzfahrzeugen), die für das Kaltgesenkwalzverfahren bei entsprechender Maschinenausführung in Betracht kämen. Bei Bedarf sollen die Verfahrensgrenzen des Kaltgesenkwalzens auch durch partielle Erwärmung erweitert werden.

Forschungsprojekt zur simulationsgestützten Untersuchung inkrementeller Axialwalzprozesse

In Bild 6 sind die Ziele eines Forschungsprojekts dargestellt, das gemeinsam zwischen der Fachhochschule Osnabrück, der Fachhochschule Bielefeld und der Ifutec Ingenieurbüro für Umformtechnik GmbH gestartet und zusätzlich vom Maschinenhersteller der SMS Meer GmbH unterstützt wird. Das Forschungsprojekt mit dem Titel „Entwicklung eines Verfahrens und der Maschinenteknik zum Gesenkwalzen von Präzisionsrohren und Stäben“ hat die Entwicklung eines Software-Tools zum Ziel, das es ermöglicht, mit Planungsvorgaben, Geometrie- und Werkstoffdaten eine FEM – Analyse des Kaltgesenkwalzprozesses zu generieren und anschließend auszuwerten.

Die Auswertung umfasst dabei folgende Punkte:

- Vorausbestimmung der Steuerdaten (Umformgeschwindigkeit und Vorschub zur versagensfreien Erreichung der Werkstück-sollgeometrie.
- Korrektur der Steuerdaten für geändertes Rohteilverhalten (Chargeneinfluss, Rohteilgeometrie).
- Erfassung der Verfahrensgrenzen in Abhängigkeit des Flanschdurchmessers und der Flanschbreite.
- Erfassung der Verfahrensgrenzen als Funktion der Umformtemperatur bei partieller Erwärmung (im Falle der Halbwarmumformung).
- Quantifizierung des Einflusses der maschinengebundenen Werkzeugkinematik.

Die Untersuchung der Axialwalzprozesse erstreckt sich dabei auf eine umfassende Modellierung mit unterschiedlichsten kinematischen Randbedingungen.

Ein wesentlicher Vorteil des FEM-Codes Simufact ist die Möglichkeit zur Berechnung thermischmechanisch gekoppelter Problemstellungen unter Berücksichtigung der dissipierten Reib- und Umformenergie und des Wärmeübergangs an das Werkzeug. In den Anfangsbedingungen der Modelle

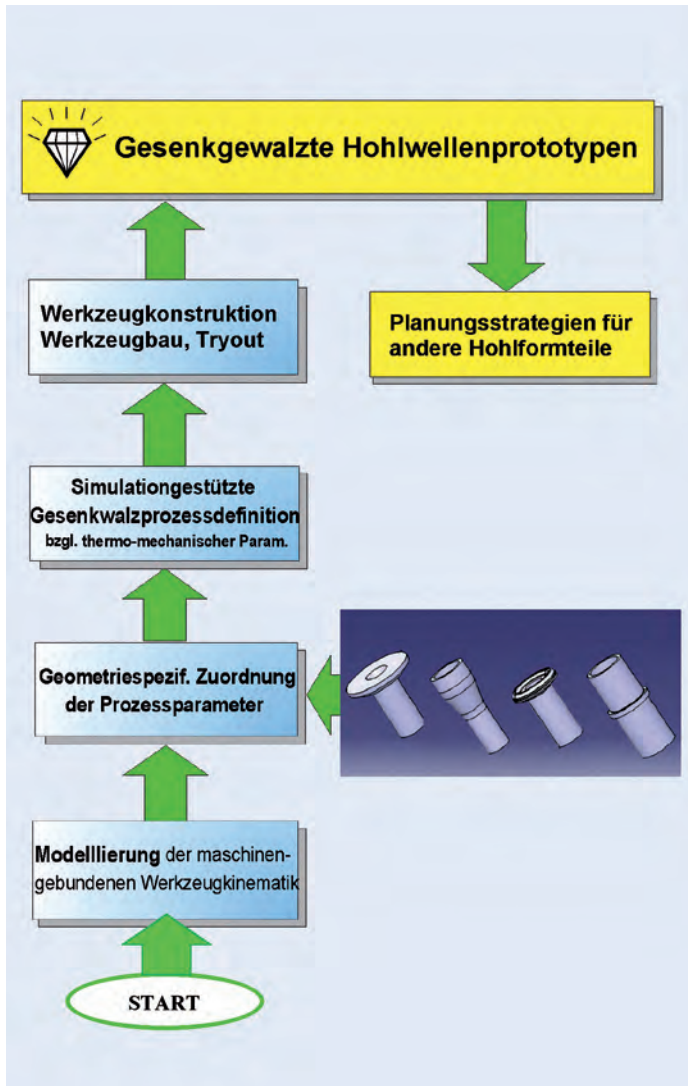


Bild 6: Analyse von Kaltgesenkwalzprozessen.

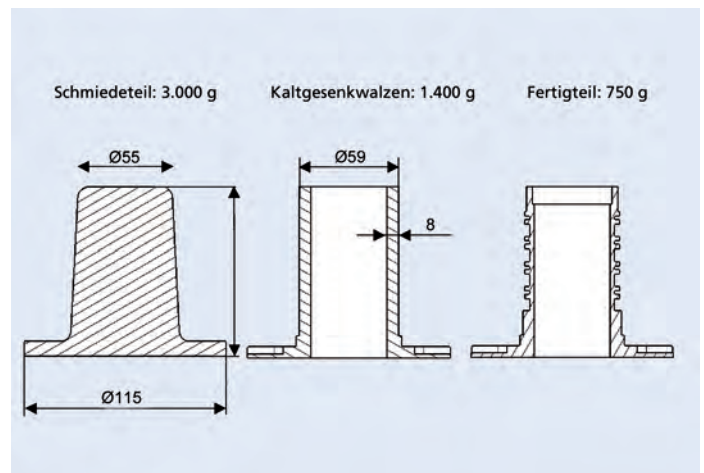


Bild 7: Entwicklungsbeispiel „Flanschdurchführung“.

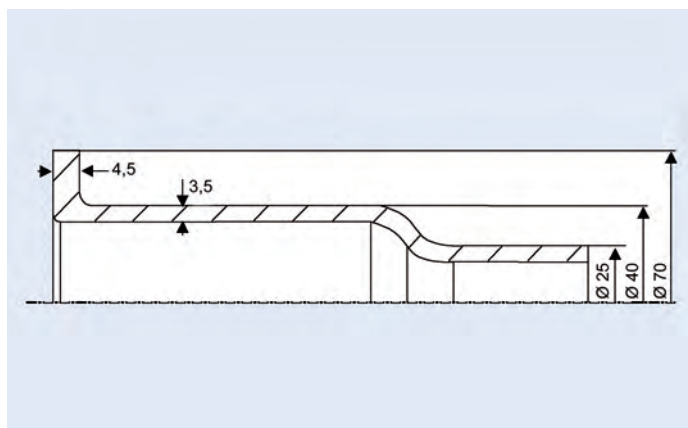


Bild 8: Entwicklungsbeispiel „Flanschwelle mit Einzug“.

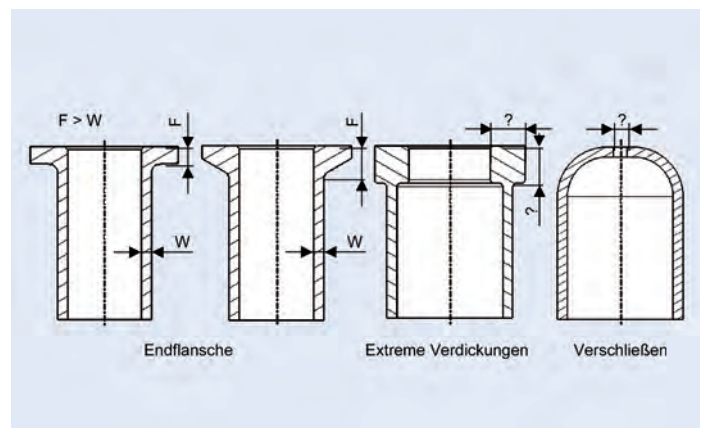


Bild 9: Geometrien, die auf der Kaltgesenkwalzmaschine untersucht werden sollen. Bilder: Autoren

können dazu die Temperatur und Temperaturzone der partiellen Erwärmung sowie die thermodynamisch relevanten Parameter (Wärmeübergangskoeffizient, spezifische Wärme und Wärmeleitfähigkeit) entsprechend der Materialdatenbank von Simufact vorgegeben werden.

Festlegung der Materialeigenschaften

Zur Modellierung des Materialverhaltens wird ein isotropes, elastisch-plastisches Materialmodell, im elastischen Bereich linear-elastisch und im plastischen Deformationsbereich nicht-linear inkompressibel, verwendet. Die erforderlichen temperaturabhängigen Materialkennwerte der untersuchten Werkstoffe wie E-Modul, Querkontraktionszahl und legierungsspezifische Fließkurven sind der Materialdatenbank von Simufact entnommen.

Das vorstehend beschriebene Simulationsmodell soll soweit entwickelt werden, dass eine sichere Vorhersage der Ergebnisse für unterschiedlichste Bauteilgeometrien unter Berücksichtigung der jeweiligen Parameter wie Werkzeug, Maschineneinstellungen, Umformtemperatur usw. möglich wird. Dies wird dann zunächst an typischen Flanschrohrgeometrien, für die die vorhandene SMS Kaltgesenkwalzmaschine entwickelt und gebaut wurde, geprüft und verifiziert, ehe auch von der Flanschform abweichende Geometrien erprobt werden.

Serienbeispiel mit Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Das in Bild 7 dargestellte Bauteil „Flanschdurchführung“ aus Werkstoff 42CrMo4 wird heute als Massiv-Schmiedeteil mit einem Einsatzgewicht von ca. 3.000 g hergestellt und dann komplett zerspannt. Das Fertigteil hat am Schluss ein Gewicht von ca. 750 g, das bedeutet, dass $\frac{3}{4}$ des Ausgangsmaterials in Späne überführt werden muss. Mit dem Kaltgesenkwalzen aus einem Rohr in der Abmessung $\text{Ø } 59 \times 8$ reduziert sich der Materialeinsatz um mehr als die Hälfte auf ca. 1.400 g.

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

ist relativ einfach: Geht man von einem Stahlpreis von z. B. 800 Euro/t und einem Rohrpreis von ca. 1,60 Euro/kg aus, so erkennt man, dass trotz des doppelt so hohen Materialpreises für Rohr bereits das Ausgangsmaterial für das Kaltgesenkwalzen kostengünstiger ist als für den Massiv-Rohling. Die Umformprozesse selbst dürften etwa kostenneutral sein. Beim Schmieden ist die Taktzeit mit bspw. 2 sec. zwar deutlich niedriger als beim Kaltgesenkwalzen mit ca. 10 sec.; dafür entfällt die Erwärmung und die anschließende Abkühlung. Außerdem dürften die Werkzeugstandzeiten deutlich höher sein als bei dem extrem temperaturbelasteten Schmiedewerkzeug. Die wesentliche Einsparung ergibt sich allerdings in der nachfolgenden Fertigbearbeitung aufgrund der wesentlich kürzeren Zerspannungszeiten. Hinzu kommen logistische Vorteile durch das deutlich geringere Einsatzgewicht, das bei manueller Beladung auch die Bedienperson erheblich entlastet.

Ob die Investition in eine Kaltgesenkwalzmaschine (Invest zwischen 500.000 und 1 Mio. Euro) sich rechnet, ist letztendlich Stückzahl abhängig. Aufgrund der erheblichen Einsparungen bei der Zerspannung dürfte sich jedoch auch eine Lohnbearbeitung ab einer Losgröße von wenigen 1.000 Stück bereits rechnen.

Erweiterte Potenziale für zukünftige Anwendungsbereiche des Kaltgesenkwalzens

Sobald die beschriebenen Untersuchungen erfolgreich abgeschlossen sind, sollen auch andere, von der Flanschform abweichende Geometrien wie beispielsweise Einzüge, Bild 8, erprobt werden.

Interessant sind auch extreme Verdickungen an Rohrenden nach außen und/oder innen oder auch das Einbördeln und evtl. Verschließen von Rohren, Bild 9. Ein weiterer interessanter Ansatzpunkt ist die Herstellung von Profilen auf der dem Walzwerkzeug gegenüberliegenden Seite, quasi als „Abfallprodukt“ des Prozesses über eine entsprechende Gestaltung der Matrize (z. B. die auf der Flanschrückseite in Bild 7 erkennbaren Aussparungen). Evtl. sind auch wälzbare Profile auf der Außenseite möglich. ■



Prof. Dr.-Ing.
Bernhard Adams



Dr.-Ing.
Eberhard Rauschnabel



Dipl.-Ing.
Farboud Bejnoud

Literaturhinweise

- /1/ Eingetragene Wortmarke (Nr. 304 71 750) von IFUTEC Ingenieurbüro für Umformtechnik GmbH, Karlsbad.
- /2/ Friedrich, K., Vorrichtung zum Formen von Schließköpfen an Nieten durch Pressen, Deutsche Patentschrift DE 1 552 838 U, 27.07.1966.
- /3/ Firmenprospekt Simufact Engineering GmbH, Hamburg.

Weitere Hinweise zur Rohrumformung unter www.ifutec.de.