



Kostengünstige Querkeilwalzmaschine für Kleinserien

Querkeilwalzen ist bisher aufgrund hoher Maschinen- und Werkzeugkosten sowie geringer Erfahrung bei der Prozessauslegung nicht weit verbreitet. Um zukünftig einen breiteren Einsatz des Querkeilwalzens zu ermöglichen, wurden diese Nachteile überwunden. Dazu wurden eine Software zur Konstruktion der Walzwerkzeuge sowie eine kostengünstige Querkeilwalzmaschine entwickelt und erfolgreich im industriellen Umfeld getestet.

AUTOREN



**Dr.-Ing.
Malte Stonis**

leitet die Abteilung
Prozesstechnik am IPH
– Institut für Integrierte
Produktion Hannover
gemeinnützige GmbH



**Dipl.-Ing.
Thoms Blohm**

ist Projektengineer
Prozesstechnik am IPH
– Institut für Integrierte
Produktion Hannover
gemeinnützige GmbH



**Prof. Dr.-Ing.
Bernd-Arno Behrens**

ist geschäftsführender
Gesellschafter des IPH
– Institut für Integrierte
Produktion Hannover
gemeinnützige GmbH



Gürbüz Güzey

ist Production Director der
OMTAS Otomotiv Transmisyon
Aksamı Sanayi ve Ticaret A.Ş.
(Türkei)



**Dipl.-Ing.
Hermann Eratz**

ist Inhaber des ERATZ-
Ingenieurbüros in Dortmund

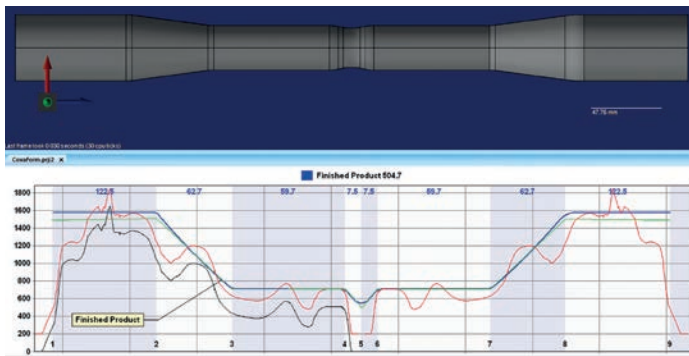
Für die Herstellung von Wellen mit Absätzen oder von Vorformen für massivumgeformte Langteile ist das Querkeilwalzen (auch Querwalzen genannt) ideal geeignet. In einer geringen Prozesszeit lassen sich ressourceneffizient Teile umformen. Oft ist eine Materialausnutzung von bis zu 100 Prozent erreichbar. Dadurch kann in nachfolgenden Gesenkschmiedepoperationen der Gratanteil deutlich reduziert werden.

Die bisher am Markt verfügbaren Querkeilwalzmaschinen sind technisch ausgereift und größtenteils in Rundbackenbauart ausgelegt. Dieses ermöglicht eine Umformung in geringer Zeit, da durch die Rotation der Walzwerkzeuge keine Leerfahrt notwendig ist. Somit sind diese Maschinen ideal für die Großserienfertigung geeignet. Bei niedrigen Stückzahlen stehen einem weit verbreiteten Einsatz bisher noch mehrere Herausforderungen im Wege. Querkeilwalzmaschinen bedeuten eine relativ hohe Investition. Die Rundbacken-Werkzeuge sind aufwendig und somit teuer in der Fertigung. Zudem ist die Prozessauslegung bisher noch nicht so etabliert wie beispielsweise die Auslegung von Gesenkschmiedepoperationen. Da vor allem kleine und mittlere Unternehmen eher in kleineren Stückzahlen schmieden, stellen die genannten Herausforderungen eine bisher zu große Hürde für einen flächendeckenden Einsatz des Querkeilwalzens dar.



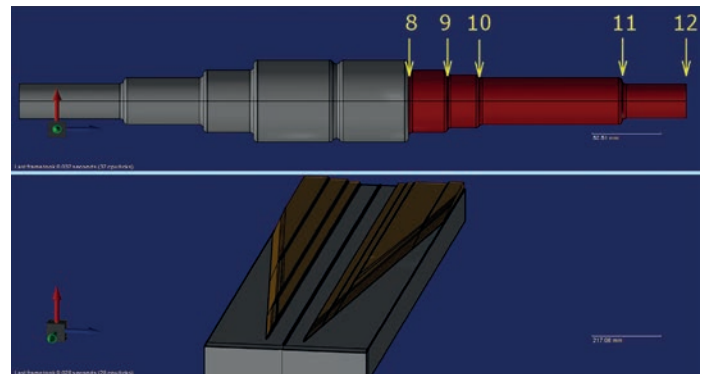
Bild 1: Demonstratorbauteile: Hüftimplantat (L = 162 mm) aus dem Titan Ti6AlV4 (links), Common-Rail (L = 728 mm) aus bainitischem Stahl (rechts)

Design des Walzteils auf Basis der Massenverteilung des Schmiedeteils



Massenverteilungsschaubild von Schmiede- und Walzteil

Schrittweise Erstellung eines Kalibrierplans



Automatisiert erstelltes CAD-Modell eines Querkeilwalzwerkzeugs

Bild 2: Umsetzung der Methode zur teilautomatisierten Konstruktion eines Querkeilwalzwerkzeugs in Form der Software RollCAD

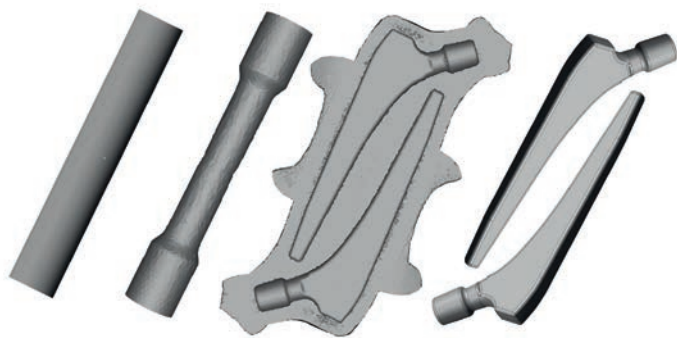


Bild 3: Modelle der ressourceneffizienten Stadienfolgen für das Hüftimplantat (links) und das Common-Rail (rechts)

QUERKEILWALZEN FÜR LANGTEILE: PROZESSENTWICKLUNG

Um einen Einsatz des Querkeilwalzens zu erleichtern, haben sich Wissenschaftler und Ingenieure in dem von der EU geförderten Entwicklungsprojekt „CoVaForm – Conservation of valuable materials by a highly efficient forming system“ den Herausforderungen gestellt [1]. Zum einen sollte die Prozessentwicklung deutlich vereinfacht werden, um das bisher fehlende Expertenwissen durch eine softwaregestützte Methode zur Auslegung von Querkeilwalzprozessen auszugleichen. Daneben wurde ein variables Maschinenkonzept entwickelt, mit dem nun aufwandsarm eine Querkeilwalzmaschine verwendet werden kann. Das Konzept dieser Maschine wurde auf Basis des Flachbackenwalzens entwickelt. Dieser Maschinentyp zeichnet sich durch geringe Investitionskosten und ebenso geringe Werkzeugkosten aus. Etabliert ist das Flachbackenwalzen bisher vor allem bei der Schraubenherstellung [2].

Zur Veranschaulichung der erfolgreichen Nutzung des Querkeilwalzens mit der neu entwickelten Maschine wurden zwei Demonstratorbauteile ausgewählt, für die bisher die Vorformung noch nicht mittels Querkeilwalzens erfolgte: ein Hüftimplantat aus dem Titan Ti6AlV4 (Bild 1, links) und ein schweres Common-Rail aus einem bainitischen Stahl (Bild 1, rechts).

Für die beiden Werkstoffe wurden umfangreiche simulative und experimentelle Parameterstudien mit variierenden Prozessparametern wie Schulter- und Keilwinkel, Querschnittsflächenreduk-

tionen und Walzgeschwindigkeiten durchgeführt [3]. Die Erkenntnisse wurden genutzt, um die Methode zur Auslegung der Prozesse ausarbeiten zu können.

Die entwickelte Methode besteht vereinfacht dargestellt aus den nachfolgenden Schritten (Bild 2). Das CAD-Modell eines Schmiedeteils wird hinsichtlich seiner Massenverteilung analysiert und abstrahierte Ausgleichslinien gebildet, die eine Geometrie mit vergleichbarer Massenverteilung repräsentieren. Ein Rohteil wird definiert, welches hinsichtlich der zuvor ermittelten Massenpositionen in mehrere Bereiche eingeteilt wird. Anschließend wird teilautomatisiert schrittweise ein Kalibrierplan generiert und die Keilgeometrien berechnet. Dieses ist aufgrund einer umfangreichen Regel- und Datenbasis möglich, die beispielsweise Grenzwerte von Schulter- und Keilwinkeln beinhaltet. Die Methode wurde in Form einer Software umgesetzt, die zukünftig auf dem Markt unter dem Namen RollCAD erhältlich sein wird [4]. Diese Software wird neben der eigentlichen Methode auch eine automatische Erzeugung von 3D-CAD- sowie 2D-Fertigungszeichnungen, die exportiert werden können, beinhalten. Mit geringem Expertenwissen wird es zukünftig mit dieser Software möglich sein, Querkeilwalzwerkzeuge in kurzer Zeit zu konstruieren.

Für die beiden Demonstratorbauteile wurden ressourceneffiziente Stadienfolgen ausgelegt. Dabei wurden die Referenzprozesse erstmalig simuliert und die Schmiedeteile hinsichtlich Massenverteilung analysiert. Die Walzwerkzeuge wurden mit-



Bild 4: Stadienfolge der erfolgreich gewalzten Vorform und fertig geschmiedeten Hüftimplantate

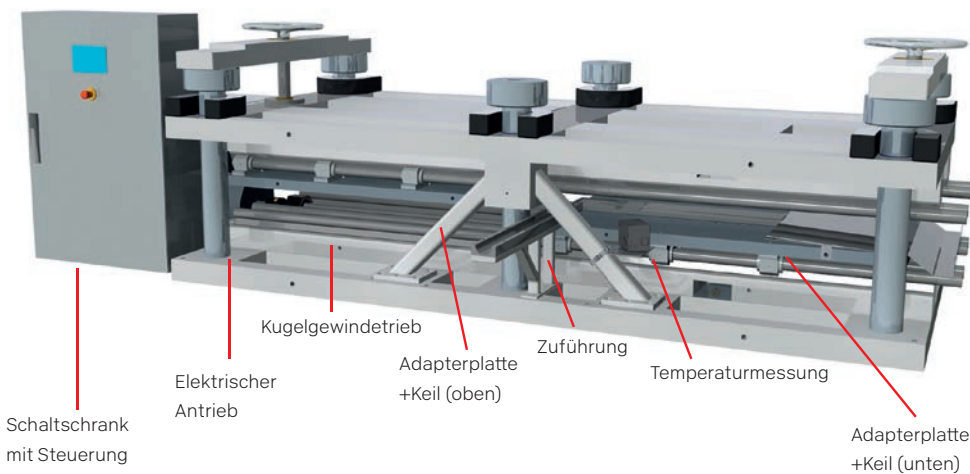


Bild 5: Konzept (CAD-Modell) der Querkeilwalzmaschine

hilfe der oben genannten Regelbasis konstruiert und die Walzprozesse mit FEM-Simulationen ausgelegt. Dabei wurde unter anderem auch der Kraftbedarf zur Umformung der Walzteile ermittelt. Dieser war essentiell zur Auslegung der Querkeilwalzmaschine, im Besonderen zur Festlegung der Steifigkeit und Auswahl der Antriebskomponenten.

Im nächsten Schritt wurden unterschiedliche Werkzeugkonzepte wie das Schmieden mit umlaufender Gratbahn und Schmieden mit lokal angeordneten Gratsperren zum Fertigschmieden verwendet, um das Potenzial des Querkeilwalzens hinsichtlich einer optimalen Materialeinsparung bei Formfüllung und weiterhin geringem Werkzeugverschleiß zu ermitteln. Vom Schmiedeunternehmen OMTAS A.S. wurde das Fertigformen mit Gratsperren favorisiert. In Bild 3 sind die Stadienfolgen der beiden Demonstratorbauteile dargestellt. Im Vergleich zu den Referenzprozessen konnten Materialeinsparungen in Höhe von 46 Prozent beim Hüftimplantat und 14 Prozent beim Common-Rail erreicht werden.

WALZ- UND SCHMIEDEVERSUCHE IM INDUSTRIELLEN UMFELD

Die gemeinsam entwickelte Stadienfolge für das Hüftimplantat wurde im nächsten Schritt im industriellen Umfeld getestet. Dazu wurde in einer neu aufgebauten Querkeilwalzmaschine die Massenverteilung über das Querkeilwalzen eingebracht, auf einem Oberdruckhammer die Schmiedeteile fertig geformt und abschließend die beiden Hüftimplantate auf einer Exzenterpresse vom Grat getrennt (Bild 4).

KONZEPTENTWICKLUNG DER QUERKEILWALZMASCHINE

Zu Beginn der Entwicklungsphase wurden vom Schmiedeunternehmen Randbedingungen, wie zum Beispiel das maximale Budget und die maximale Länge der Schmiedeteile, deren Vorformen gewalzt werden sollen, aufgestellt. Auf Basis eines anschließend erstellten Lastenhefts wurden unterschiedliche Maschinenkonzepte auf Basis des Querkeilwalzens mit Flachbacken entwickelt und bewertet. Die Bewertung schloss unter anderem den Aufwand eines Werkzeugwechsels und einer Höhenverstellung (Einstellung des Walzspalts) sowie die Durchbiegung der Maschine unter Last ein. Das vom Schmiedeunternehmen favorisierte Konzept (Bild 5) wurde auskonstruiert und gefertigt.

Die Hauptkomponenten der Querkeilwalzmaschine bestehen aus einem gewichts- und steifigkeitsoptimierten Rahmen, dem Antrieb und den Walzwerkzeugen. Am Rahmen ist eine manuelle Höhenverstellung angebracht, durch die der Walzspalt exakt eingestellt werden kann. Im Rahmen sind Führungsschienen und Kugelgewindetriebe zum Antrieb der Walzwerkzeuge appliziert. Die Kugelgewindetriebe werden über zwei 22 kW-Drehstrom-Asynchronmotoren angetrieben und durch eine eigens programmierte Siemens S7-Steuerung realisiert. Die Walzwerkzeuge bestehen aus Adapterplatten, auf die Walzkeile geschraubt werden. Die montierbaren Walzkeilplatten können eine Länge von 1.500 mm und eine Breite von 900 mm als maximale Dimension aufweisen. Mit diesen Größen ist beispielsweise die Vorform des oben dargestellten Common-Rails walzbar, das eine Länge



Bild 6: Fertigschmieden der Hüftimplantate im Oberdruckhammer beim Schmiedeunternehmen
Bilder: Autoren

von 728 mm besitzt. Das Spektrum der walzbaren Teile hängt somit neben der Walzteillänge vom Durchmesser und der gewünschten Querschnittsflächenreduktion ab. Der maximale Durchmesser von Rohteilen beträgt 74 mm bei Walzkeilen mit einer Höhe von 20 mm. Die Walzgeschwindigkeit kann zwischen 60 und 240 mm/s eingestellt werden.

Die Modularität der Maschine zeichnet sich zum einen im einfachen und schnellen Wechsel der Keilplatten aus und zum anderen in der Möglichkeit, die Maschine zum Beispiel hinsichtlich eines größeren Walzspalts oder längerer Adapterplatten zu erweitern. Die Keilplatten sind auf Adapterplatten geschraubt. Bei einem Wechsel werden die Adapterplatten durch den Kugelgewindetrieb an das Ende der Maschine bewegt (Bild 5, rechte Seite). Nach dem Lösen können die Keilplatten auf einen Werkzeugwechselwagen gezogen und ausgewechselt werden.

ZUSAMMENBAU UND TEST DER QUERKEILWALZMASCHINE

Nachdem die benötigten Komponenten beschafft wurden, wurde die Querkeilwalzmaschine montiert und die Steuerung programmiert. Die Funktionalität wurde am Beispiel des Querkeilwalzens der Hüftimplantat-Vorformen nachgewiesen. Anschließend wurde die Querkeilwalzmaschine zum Schmiedeunternehmen transportiert und in die dort vorhandene Prozesskette integriert. Die Inbetriebnahme erfolgte durch abschließende Versuche mit dem Querkeilwalzen der Vorformen sowie dem Schmieden der Hüftimplantate (Bild 6).

Das Schmiedeunternehmen OMTAS A.S. ist nun in der Lage, für einen definierten Größenbereich materialeffiziente Vorformen für ihre Schmiedeteile kostengünstig herzustellen. Mit der Software

RollCAD können Querkeilwerkzeuge aufwandsarm konstruiert und anschließend bei geringen Fertigungskosten hergestellt werden. Die Querkeilwalzmaschine ist aufgrund ihres relativ geringen Gewichts von zirka 11 Tonnen transportabel und daher flexibel in der Produktion einsetzbar.

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Um es zukünftig kleinen und mittleren Unternehmen zu ermöglichen, Querkeilwalzen einzusetzen, wurden bisher bestehende Hindernisse aus dem Weg geräumt. Dazu wurde eine Methode entwickelt, wie Querkeilwalzwerkzeuge softwaregestützt konstruiert werden können. Für die beiden Demonstratorbauteile Hüftimplantat und Common-Rail wurden Querkeilwalzprozesse simulationsgestützt ausgelegt. Mit den Querkeilwalz-Vorformen konnten gradreduzierte Stadienfolgen für die beiden Demonstratorbauteile ausgelegt werden. Um die Teile industriell kostengünstig walzen zu können, wurde eine Querkeilwalzmaschine konzipiert, gefertigt und beim Schmiedeunternehmen aufgebaut. So konnte die komplette Stadienfolge des Hüftimplantats erfolgreich getestet werden.

In Zukunft wird die Methode zur Konstruktion der Querkeilwalzwerkzeuge in Form der Software RollCAD interessierten Unternehmen angeboten. Zudem wird optionale Peripherie für die Querkeilwalzmaschine wie beispielsweise eine motorgetriebene Höhenverstellung, eine automatisierte Zu- und Abführung der Walzteile sowie ein Werkzeugwechselwagen konzipiert.



This project has received funding from the European Union's Seventh Framework Programme for research, technological development and demonstration under grant agreement no. FP7-SME-2013-606171.



[1] Blohm, T.; Stonis, M.; Behrens, B.-A.: Flat cross-wedge rolling for preforming reduced-flash forgings. In: FORGING magazine, Penton Publication, vol. 24 (2014), no. 4, pp. 16 – 18

[2] Tschätsch, H.; Dietrich, J.: Praxis der Umformtechnik: Arbeitsverfahren, Maschinen, Werkzeuge, 10. Auflage, Vieweg + Teubner, Wiesbaden 2010

[3] Blohm, T.; Stonis, M.; Behrens, B.-A.: Investigation of Simulation Parameters for Cross Wedge Rolling Titanium and Bainitic Grade Steel. In: Applied Mechanics and Materials, Trans Tech Publications, Switzerland, vol. 736 (2015) pp. 165 – 170

[4] <http://www.ersatz.de/rollcad/>, abgerufen am 03.05.2016