

---

## Kostengünstiges Querkeilwalzen mit Flachbacken für Kleinserien

---



### Zusammenfassung

---

Querkeilwalzen ist ein etabliertes Verfahren in der Schmiedeindustrie, mit dem zylindrische Vorformen, zum Beispiel für Lenker und Wellen, unter hoher Materialausnutzung erzeugt werden können. Bei der Auslegung von Querkeilwalzprozessen wird die Keilgeometrie der Werkzeuge an die gewünschte Vorform angepasst, um Materialfehler während des Schmiedens zu vermeiden. Querkeilwalzen wird heute meist bei Stahlwerkstoffen im warmen Temperaturbereich angewendet. Aktuelle Forschungsarbeiten soll zukünftig die Anwendung auf Leichtbaumetalle ermöglichen, wie zum Beispiel Aluminium und Titan. Auch Werkstoffkombinationen in einem Bauteil werden bald realisierbar sein.

Während Schmieden industriell auf Pressen durchgeführt wird, findet das Querkeilwalzen in eigenständigen Maschinen statt. Diese Maschinen – meist in Rundbackenbauart – sind für sehr kurze Taktzeiten ausgelegt, relativ teuer und benötigen zusätzliche Aufstellflächen. Maschinen zum Querkeilwalzen mit flachen Walzbacken sind kostengünstiger. Insgesamt eignet sich das Flachbackenwalzen daher vor allem bei Kleinserien.

## Einleitung

### Hintergrundinformationen

Bauteile mit komplizierten Geometrien werden warm umgeformt (Schmieden). Der Schmiedeprozess besteht aus mehreren Stufen (Bild 1). Meist wird mit überschüssigem Material geschmiedet, dem so genannten Grat. Die ersten Stufen dienen zur groben Verteilung der Massen und zur Vorformung – die Hauptform des Bauteils wird erstellt. Auf der letzten Stufe erfolgt die Ausformung von kleinen Nebenformen, zum Beispiel Stegen oder Zapfen. Je nach Stückzahl und Form des Bauteils wird oft mit überschüssigem Material geschmiedet. Dieses Material wird bei der Umformung aus dem Schmiedewerkzeug herausgepresst; um das eigentliche Schmiedeteil bildet sich der Grat aus, der anschließend abgetrennt werden muss.

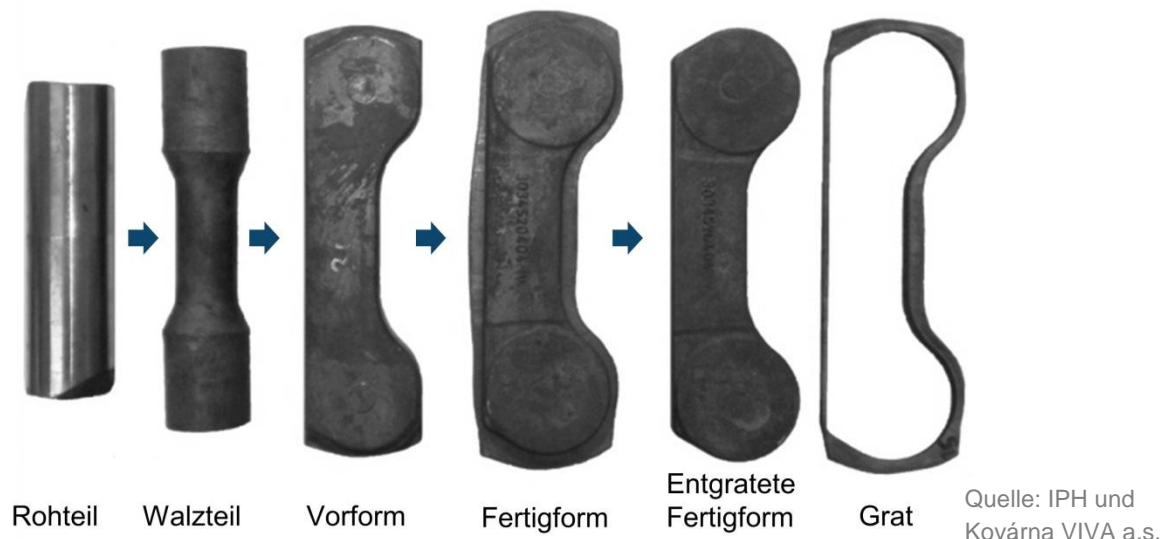


Bild 1: Stadienfolge zur gratreduzierten Herstellung eines Lenkers

Rotationssymmetrisch kann häufig komplett gratlos geschmiedet werden. Ein Beispiel ist die Herstellung rotationssymmetrischer Schmiedeteile auf Hatebur-Pressen, die nach dem Prinzip des Schmiedens im geschlossenen Gesenk funktionieren. Kompliziertere Geometrien (wie beispielsweise Langteile) werden allerdings mit Grat geschmiedet. Das überschüssige Material kann anschließend nur noch recycelt werden.

Ungefähr zwei Drittel aller Schmiedeteile sind Langteile, die entlang einer Achse mindestens dreimal länger sind als entlang der anderen beiden Achsen. Beispiele sind Querlenker und Kurbelwellen. Gerade bei Langteilen ist die Gratreduktion schwierig. Aufgrund der asymmetrischen Form ist der Stofffluss bei der Umformung so genau auszulegen, dass die Gesenkbelastungen in jedem Bereich des Bauteils kritische Werte nicht überschreiten. Ist ein Bereich bereits zu Beginn der Umformung ausgefüllt, steigt dort der Gesekinnendruck ungleich an und das Material drängt umso mehr in den Grat. Durch eine Massenverteilung im ersten Umformschritt kann die Hauptform des Bauteils bereits erreicht werden. Dadurch

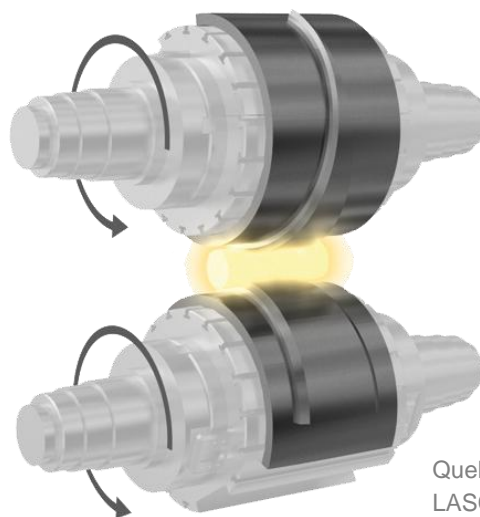
wird der Werkzeugverschleiß in den folgenden Umformschritten verringert. Allerdings sinkt die Materialeffizienz mit jeder gratbehafteten Umformstufe.

Um die Herstellungskosten zu senken, wurden in Forschungsarbeiten vielfältige Konzepte zur Reduzierung des Grats entwickelt. Am vielversprechendsten ist die gratlose Vorformung mit anschließender gratreduzierter Fertigformung. Eine Möglichkeit zur gratlosen Vorformung ist das Querkeilwalzen.

### Querkeilwalzen

---

Schmieden wird industriell auf Pressen durchgeführt. Querkeilwalzwerkzeuge bewegen sich relativ zueinander und können aufgrund des vorhandenen Einbauraums in Pressen nicht in vertikaler Bauweise ausgeführt werden. Beim Querkeilwalzen bewegen sich die Walzkeile zudem gegenläufig zueinander (Bild 2).



Quelle:  
LASCO Umformtechnik GmbH, Coburg

Bild 2: Prinzip des Querkeilwalzens am Beispiel des Rundbackenwalzens

### Praktische Beispiele

---

Mittels Querkeilwalzen lassen sich Vorformen für Langteile und auch teilweise fertige Langteile mit rotationssymmetrischen Querschnitten herstellen (Bild 3). Beispiele sind Vorformen für Kurbelwellen, Pleuelstangen und Lenker.

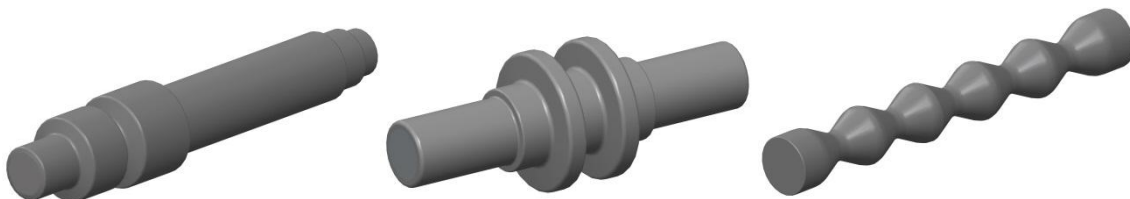
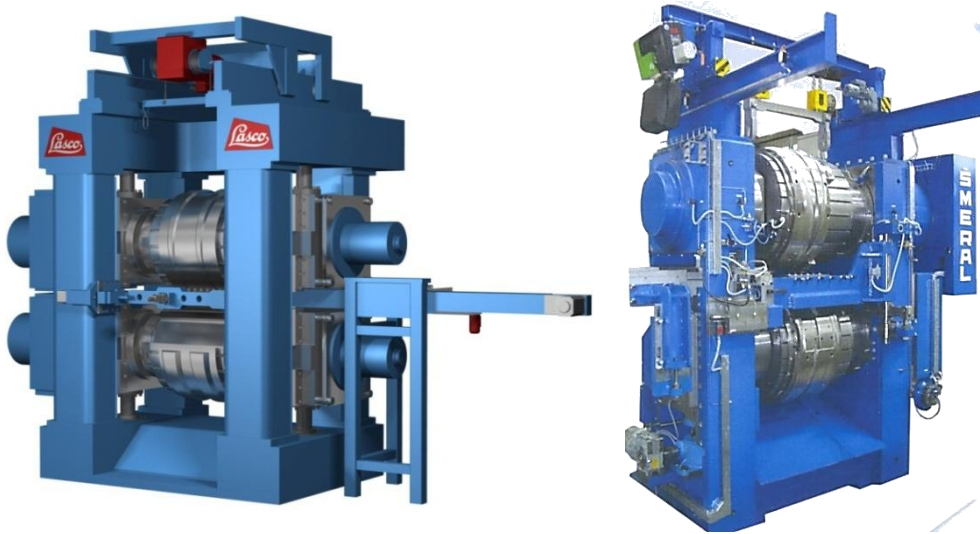


Bild 3: CAD-Modelle von Beispielwalzteilen

Prinzipiell gibt es zwei verschiedene Anlagentypen: Rundbackenwalzen und Flachbackenwalzen. In der Industrie hat sich die Bauweise mit Rundbacken etabliert (Bild 4). Nach einer Umdrehung der Rundbacken ist das Walzteil komplett umgeformt, und das nächste Walzteil kann ohne zeitlichen Verzug gewalzt werden. Zudem ist eine platzsparende Fertigung möglich, da die Größe des Durchmessers der Walzteile durch die runden Backen

nicht direkt zu größeren Anlagen führt. Das Querkeilwalzen ist aufgrund der hohen Maschinen- und insbesondere der Werkzeugkosten nur für vergleichsweise große Serien wirtschaftlich einsetzbar.

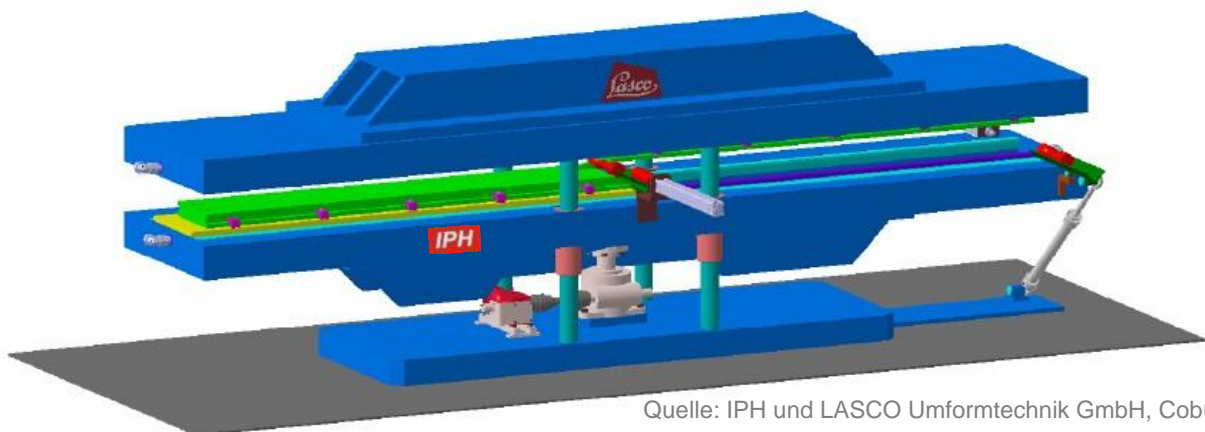


Quelle: LASCO Umformtechnik GmbH, Coburg

Quelle: ŠMERAL BRNO a.s.

Bild 4: Querkeilwalzmaschinen von LASCO und ŠMERAL

Im Vergleich dazu kann mit dem alternativen Anlagenkonzept in Flachbackenbauart (Bild 5) nur die Hälfte der Ausbringung erreicht werden, da die Walzwerkzeuge leer zurückgefahren werden. Ein weiterer Nachteil ist der größere Flächenbedarf, denn die Walzwerkzeuge sind nicht rund und daher ungefähr dreimal länger. Der Hauptvorteil dieses Anlagentyps liegt in dem günstigeren Investitionsbedarf. Insgesamt eignet sich das Flachbackenwalzen somit vor allem für Kleinserien, bei denen die Ausbringungsmenge eine untergeordnete Rolle spielt, der Anlagenpreis aber bedeutend ist.



Quelle: IPH und LASCO Umformtechnik GmbH, Coburg

Bild 5: Querkeilwalz-Vorrichtung mit Flachbacken

Im Allgemeinen sind Anlagen zum Querkeilwalzen relativ teuer und benötigen zusätzliche Aufstellflächen. Um diese Nachteile für kleine Stückzahlen zu eliminieren und die Vorteile des Querkeilwalzens nutzen zu können, hat das IPH ein Querkeilwalz-Modul entwickelt (Bild 6). Dieses Querkeilwalz-Modul kann – vergleichbar mit üblichen Schmiedewerkzeugen – in hydraulische Pressen eingebaut werden. Die Presse dient als Zuhaltevorrichtung. Realisiert wird der Walzvorgang mittels zusätzlicher hydraulischer Antriebe.



Bild 6: Querkeilwalz-Modul mit Flachbacken für hydraulische Pressen (links: Einbaukonzept, rechts: Beispielmodul)

## Technische Beschreibung

---

### Querkeilwalz-Modul

---

Das Querkeilwalz-Modul besteht jeweils aus einem Apparat und einem Walzwerkzeug (Bild 7). Der Rahmen dient zur Aufnahme des Apparates, auf dem wiederum das Walzwerkzeug appliziert ist. Der Apparat führt eine horizontale Bewegung aus und treibt damit die Walzwerkzeuge an. Die Walzwerkzeuge bestehen aus zwei identischen Flachbacken mit einem oder mehreren Keilen.

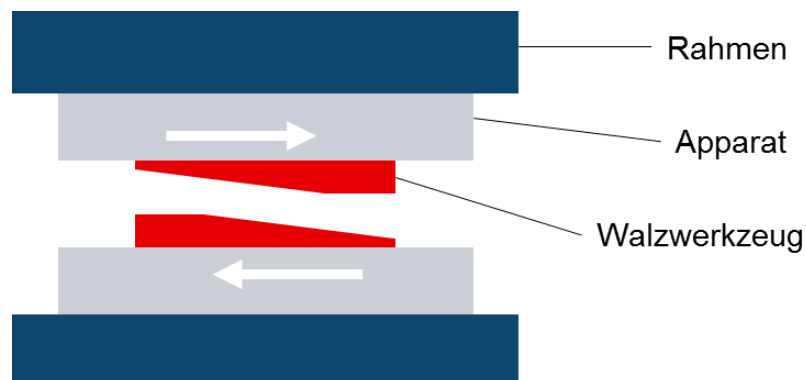


Bild 7: Bestandteile des Werkzeugsystems zum Querkeilwalzen mit Flachbacken

Den Rahmen stellt eine hydraulische Presse dar, in die der Apparat wie ein Schmiedewerkzeug eingebaut werden kann. Alternativ kann das Modul in einen Rahmen in Form eines Gestells eingebaut werden – als alleinstehende Flachbackenwalzvorrichtung, vergleichbar mit einer Flachbackenwalzanlage.

Die Walzwerkzeuge in Flachbackenbauform werden linear durch die Kraft von Hydraulikzylindern bewegt. Diese Bauform ist durch einen flachen und somit – im Gegensatz

zu einer gekrümmten Walze – konstruktiv und fertigungstechnisch einfacheren Aufbau gekennzeichnet. Das Werkzeugsystem für das Querkeilwalz-Modul ist in Bild 6 dargestellt.

Im Werkzeugschlitten können verschiedene Walzwerkzeuge montiert werden. Dies erlaubt die Untersuchung unterschiedlicher Walzkeilgeometrien. Die Werkzeugschlitten werden mit zwei Hydraulikzylindern angetrieben und mit einem Schwenklagerbock zur Befestigung des Zylinders ausgestattet. Integrierte Kraftaufnehmer ermöglichen die Darstellung des Kraftverlaufs in einem Diagramm. Somit können Walzversuche messtechnisch begleitet werden.

Während der untere Teil des Werkzeugsystems am Pressentisch befestigt wird, hängt der obere Teil am Stößel der Hydraulikpresse. Die Höhe des Walzspaltes wird mit Hilfe des oberen beweglichen Pressenstößels eingestellt und während der Umformung konstant gehalten. Die Presse kann durch eine Veränderung der Stößelhöhe den Spalt zwischen unterschiedlichen Walzplatten variieren. Dies erlaubt die Untersuchung verschiedener Bauteildurchmesser.

### Auslegung der Keilgeometrie

Eine vereinfachte Geometrie eines Walzteils ist in Bild 8 parametrisiert dargestellt. Die Querschnittsflächenreduzierung  $\Delta A$  wird üblicherweise zur Beschreibung der Geometrie herangezogen. Mittels Formel 1 kann die Querschnittsflächenreduzierung über die Durchmesser berechnet werden.

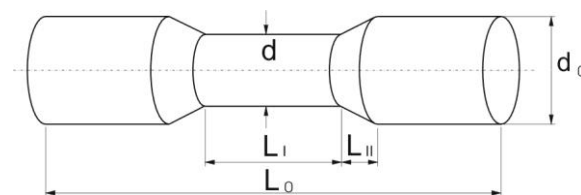


Bild 8: Parametrisierte Darstellung einer vereinfachten Walzteilgeometrie

$$\Delta A = \frac{A - A_0}{A} = 1 - \left( \frac{d}{d_0} \right)^2$$

### Formel 1: Berechnung Querschnittsflächenreduzierung

Allgemein wird eine Querschnittsflächenreduzierung zwischen 30 % und 58 % je Walzvorgang empfohlen. Unterhalb von 30 % ist die Reibung der seitlichen Keilfläche zu gering, um eine Rotation des Werkstücks zu gewährleisten – das Werkstück wird durch den steigenden Keilwinkel gestaucht. Oberhalb von 58 % treten Einschnürungen, spiralförmige Abdrücke und Hohlräume auf, so genannte Kernauflockerungen durch den Mannesmann-Effekt (Bild 9). Um trotzdem größere Reduzierungen zu erreichen, ist ein zweiter Walzvorgang notwendig.

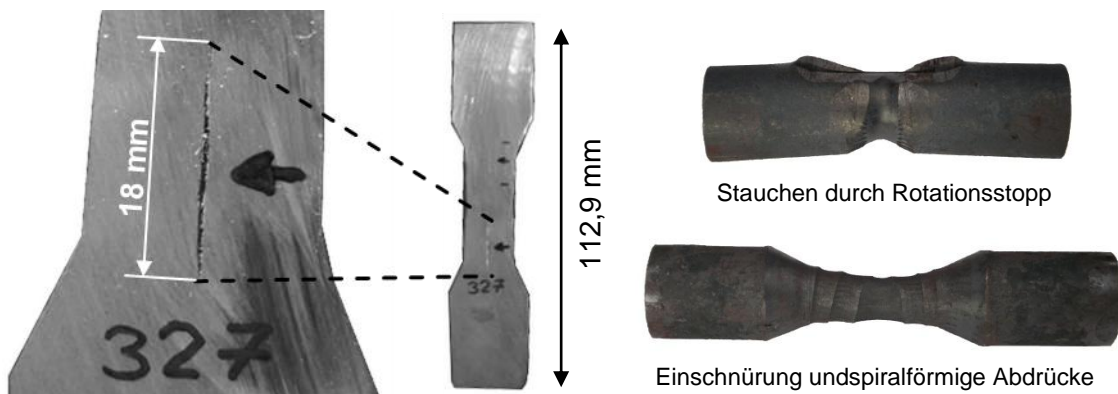


Bild 9: Beispiele möglicher Walzfehler: Kernauflockerung (links), Stauchfehler, Einschnürung und spiralförmige Abdrücke (rechts)

Der Walzkeil (Bild 10) besteht in der Regel aus drei Zonen: In der ersten Zone – der Einschneidezzone – wird der Rohling in der Mitte spaltförmig eingeschnitten. Die darauf folgende Aufweitzzone erweitert den Spalt in der Mitte auf ein gewünschtes Maß und streckt den Rohling in Längsrichtung. In der abschließenden Kalibrierzone rotiert der Rohling mindestens einmal um seine Längsachse, um eine gleichmäßige Form zu erzielen. Nach der Kalibrierzone ist das Walzteil fertig umgeformt. Werden mehrere Vorformen aus einem Walzteil entnommen oder treten am Rand des Walzteils trichterförmige Einschnürungen auf, kann eine Trennungszone ergänzt werden. In dieser werden die einzelnen Vorformen und die Einschnürungen mit Messern getrennt.

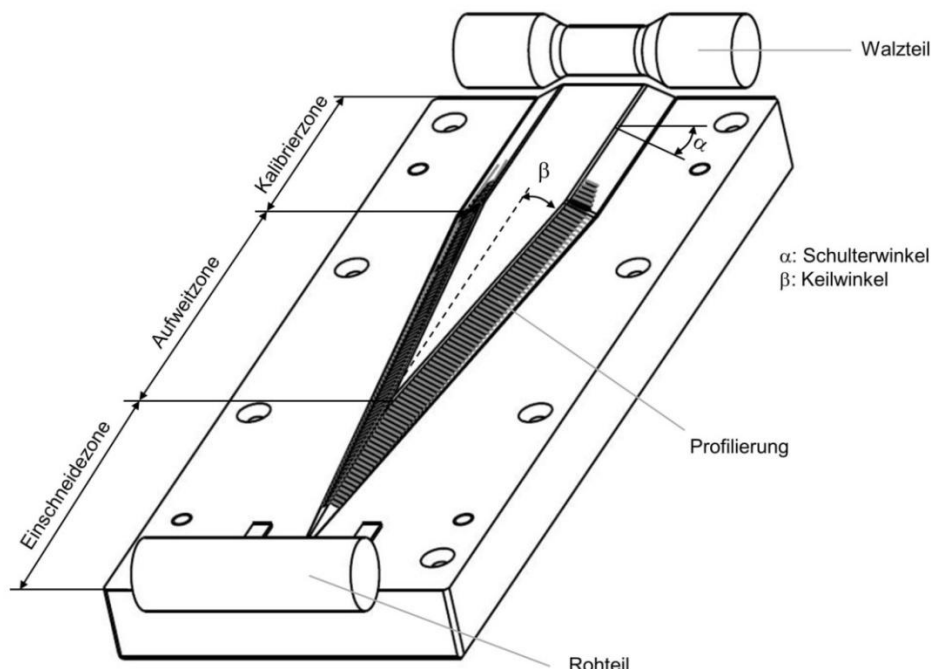


Bild 10: Parameter des Walzkeils eines Querkeilwalzwerkzeugs

Ein wichtiges Kriterium zur Auslegung von Walzkeilen stellen der Schulterwinkel und der Keilwinkel dar (Bild 10). Der Schulterwinkel  $\alpha$  kann bis zu  $90^\circ$  annehmen und so rechtwinklige Übergänge erzeugen. Der Keilwinkel beeinflusst die Länge des Keilwerkzeugs

und die Umformkraft. Anforderungen des Prozesses sind neben dem fehlerfreien Walzen (zum Beispiel Kernauflockerungen und Oberflächenfehler) eine möglichst kurze Keilwerkzeuglänge, um Temperaturverluste und Werkzeugkosten zu vermindern. Für die Beispielgeometrie stellen ein Keilwinkel  $\beta = 7^\circ$  und ein Schulterwinkel  $\alpha = 25^\circ$  geeignete Werte dar.

Einer der essentiellen Aspekte bei der Auslegung der Keilwerkzeuge ist die Reibung zwischen dem Werkstück und dem Keil. Das Werkstück muss sich zur fehlerfreien Umformung drehen. Dieses wird im Allgemeinen durch eine Profilierung der seitlichen Keiloberfläche erreicht.

### Werkstoffe und Prozessparameter

---

Industriell werden hauptsächlich Walzteile aus Stahl wie  $42\text{CrMo}_4$  und  $38\text{MnVS}_6$  hergestellt. Der Stand der Technik ist das Walzen bei Temperaturen zwischen  $1.050^\circ\text{C}$  und  $1.250^\circ\text{C}$  – dem so genannten warmen Temperaturbereich. Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen die Eignung des Querkeilwalzens auch für halbwarmer Temperaturen von  $950^\circ\text{C}$  bis zu  $650^\circ\text{C}$ . Dabei treten zwar größere Umformkräfte auf, jedoch ist die Einsparung der notwendigen Energie zur Erwärmung sehr hoch. Zusätzlich sind deutlich bessere Oberflächenqualitäten als beim warmen Walzen beziehungsweise Schmieden zu erreichen. Das Beispiel Rautiefe verdeutlicht dies. Beim Warm Schmieden sind bestenfalls  $40\ \mu\text{m}$  zu erreichen, während beim Halbwarmschmieden  $20\ \mu\text{m}$  möglich sind.

Aluminium, wie beispielsweise die Legierungen EN AW-6082 und EN AW-7075, werden eher selten gewalzt. Die Adhäsion des Aluminiums auf dem Walzkeil (Bild 11), Oberflächendefekte auf dem Walzteil und notwendige Temperierungen des Walzkeils sind nur eine Auswahl der Herausforderungen, die gemeistert werden müssen. Allerdings bietet sich beim Aluminiumschmieden der große Vorteil, dass das Querkeilwalzen ein gratloses Vorformen ist. Übliche Vorformschritte im Schmiedegesenk gehen mit einem großen Gratanteil einher – größer noch als bei Stahl.



Bild 11: Adhäsion von Aluminium auf dem Walzkeil

Weitere Werkstoffe, zum Beispiel Titanlegierungen, Nickelbasislegierungen oder gar hybride Werkstoffsysteme, bleiben weiterhin Gegenstand der Forschung. Erste Versuche zeigen auch hierfür großes Potenzial.



## Kontaktdaten

---

IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH  
Hollerithallee 6 | 30419 Hannover

☎ +49 (0)511 27976-0 | @ info@iph-hannover.de | 🌐 www.iph-hannover.de

*Die Rechte an den in diesem Dokument verwendeten Bildern liegen, sofern nicht anders angegeben, beim IPH.*