

## Increased shearing surface quality by means of an oscillating shearing blade

For the forging process, semi-finished steel products are predominantly manufactured by shearing bar stock. However, the geometry and volume

accuracy of sheared sections of bar stock, due to shearing errors, is inadequate for some forming processes, in particular for precision forging. Hence, it is necessary to optimise the shearing process. By an oscillating movement of the shearing blade, the shearing surface quality can be improved, thereby increasing the accuracy of the geometry and the volume.

# Erhöhte Scherflächenqualität durch ein oszillierendes Schermesser

Für das Schmieden werden Halbzeuge aus Stahl überwiegend durch Scheren

Dipl.-Wirt.-Ing. Andreas Krause, Dipl.-Ing. (FH) Michael Lücke und Dr.-Ing. Dipl.-Oec. Rouven Nickel, Hannover

von Stangenmaterial hergestellt. Die Geometrie- und Volumengenauigkeit gescherter Stangenabschnitte ist jedoch aufgrund von Scherfehlern für einige Schmiedeverfahren, insbesondere dem gratlosen Schmieden, nicht adäquat. Daher ist die Optimierung des Scherprozesses notwendig. Durch eine Schwingungsanregung des Schermessers kann die Scherflächenqualität verbessert und somit die Geometrie- und Volumengenauigkeit erhöht werden.

### Knüppelscheren als Teil der Prozesskette des gratlosen Schmiedens

Die Herstellung möglichst gering verformter, maßhaltiger und volumengenaue Halbzeuge ist Grundlage der fehlerfreien Weiterbearbeitung. Halbzeuge aus Stahl werden für die Warmmassivumformung überwiegend durch Scheren von Stangenmaterial hergestellt. Gegenüber dem Sägen bietet das Knüppelscheren, auch Stabstahlscheren genannt, Vorteile wie z. B. einen höheren Durchsatz durch höhere Prozessgeschwindigkeiten und eine höhere Materialeffizienz, da kein Material dem Sägeschnitt zum Opfer fällt. Jedoch bieten gescherte Halbzeuge häufig nicht die Volumengenauigkeit, die für das gratlose Schmieden notwendige technologische Voraussetzung ist.

Die Technologie des gratlosen Schmiedens ist eine wirtschaftlich vorteilhafte Alternative zum konventionellen Schmieden für die Fertigung von Werkstücken. Mit dem gratlosen Schmieden können einbaufertige Funktions-

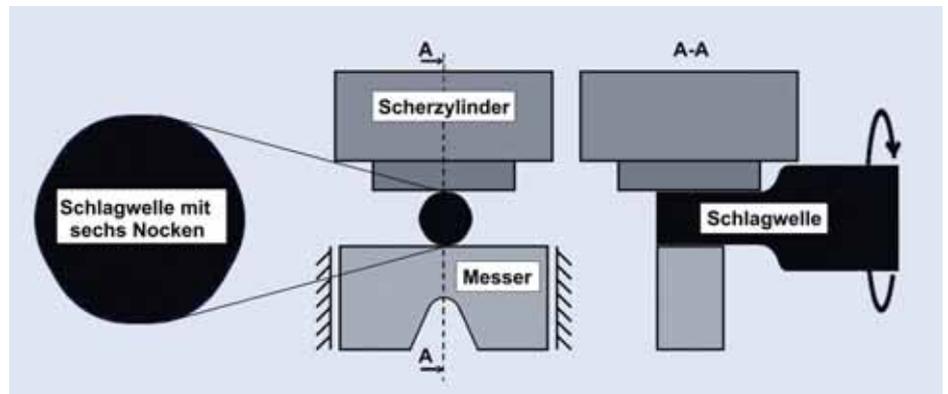


Bild 1: Schematische Darstellung der umgesetzten mechanischen Schwingungsanregung.

flächen mit Toleranzen von IT 8 bis IT 10 hergestellt werden. Aufgrund der Vermeidung von Grat kann auf den Abgratprozess verzichtet werden. Darüber hinaus verringert sich die Menge des eingesetzten Werkstoffs. Voraussetzung hierfür ist eine auf die jeweiligen Bauteile abgestimmte Prozesskette.

Diese besteht für Langteile in der Regel aus der Einzelung der Rohteile, der Vorformung zur genauen Massenvorverteilung (z. B. Querkeilwalzen), der Anstauung im geschlossenen Gesenk zur Querschnittsvorbildung und dem gratlosen Schmieden zur Endformung. Das IPH – Institut für Inte-

grierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH arbeitet aktuell in mehreren Projekten an der Weiterentwicklung und Optimierung des gratlosen Schmiedens.

Um den Anforderungen an die Genauigkeit der Halbzeuge beim Scheren gerecht zu werden, werden beispielsweise mit nachgelagerten Messeinrichtungen die Masse und somit das Werkstückvolumen der Halbzeuge überprüft. Daraufhin werden Scherparameter (z. B. Schneidspalt, Schergeschwindigkeit) angepasst. Eine Verbesserung der Scherergebnisse kann vor allem in Bezug auf eine möglichst plane, senkrechte Scherfläche erreicht werden. Mit einer Schwingungsanregung des Schermessers können mehrere Parameter, wie Standwinkel oder Unebenheit der Schnittfläche, der Scherflächenausbildung gleichzeitig verbessert werden. Neben einer Steigerung der Qualität der Scherfläche wird insbesondere eine Reduktion des Standwinkels – der Standwinkel ist zwischen idealer Scherfläche (90 ° zur Längsachse) und realer Scherfläche – auf weniger als 1° und die Verringerung der Welligkeit der Scherfläche erreicht. Bauteile, bei denen besonders gerade oder scherfehlerfreie Schnittflächen an Halbzeugen notwendig sind, profitieren deshalb vom schwingungsüberlagerten Knüppelscheren.

**Schwingungsüberlagertes Knüppelscheren**

Die Arbeiten zur Untersuchung der Einflüsse auf die Scherflächenqualität beim Knüppelscheren erfolgten im Rahmen des Forschungsprojekts „Untersuchungen zum Knüppelscheren mit niederfrequenter Schwingungsanregung des Schneidwerkzeuges“ (RE 2207/14-1) in einer hydraulischen Knüppelschere.

Für die Versuche in der Knüppelschere wurden folgende Möglichkeiten geprüft:

- piezoelektrische,
- hydraulische und
- mechanische Schwingungsanregung.

Der Einsatz von Piezoaktoren erfordert eine Batterie an Piezoelementen. Diese Methode erfordert folglich einen hohen apparativen Aufwand sowie umfangreiche Investitionen und musste daher ausgeschlossen werden. Des Weiteren verhindert der antiproportionale Zusammenhang zwischen maximal aufbringbarer Leistung und maximalen Hub der Piezoaktoren eine adäquate Amplitude bei der benötigten Kraft.

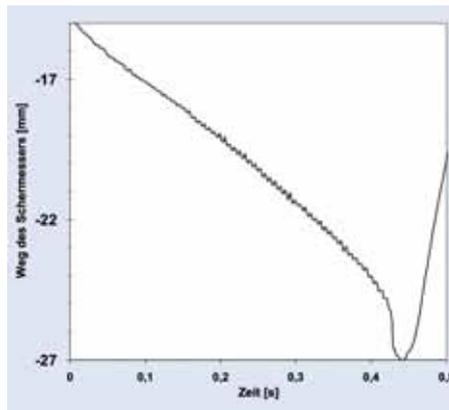


Bild 2: Weg-Zeit-Verlauf des Schermessers.

Eine hydraulische Anregung wurde mittels eines autarken Aggregates geprüft. Der Druck im Scherzylinder steigt schwellend an, jedoch verhindern die Trägheit des Scherkolbens, des Messerhalters und des Schermessers sowie die Kompressibilität des Hydrauliköls, dass Schwingungen im Werkstück zu messen sind. Weiterhin ermöglicht eine hydraulische Anregung nicht den kurzen Rückhub, der für das Einhämmern in den zu scherenen Werkstoff benötigt wird.

Die Berechnung verschiedener mechanischer Anregungsmöglichkeiten ergab, dass hohe Leistungsniveaus nötig sind, um Schwingungen in ausreichender Frequenz zu erzeugen. Mit einer Antriebsleistung von 15 kW kann eine mechanische Schwingungsanregung realisiert werden (Bild 1).

Die Mechanik basiert auf einer Schlagwelle mit sechs flachen Nocken. Diese wird zwischen Scherkolben und Messerhalter angetrieben. Für den Antrieb wird ein Asynchronmotor mit einer maximalen Drehzahl von 1500 min<sup>-1</sup> eingesetzt. Die maximal erreichbare Schlagfrequenz beträgt demzufolge 150 Hz. Der Motor ist schwimmend über Linearführungen an einem Gerüst an der Knüppelschere montiert. Das Eigengewicht des Motors und der Schlagwelle ist durch Gegengewichte vollständig kompensiert. Um die Reibung zwischen Scherkolben und Messerhalter zu verringern, sind Schonplatten aus Bronze ober- und unterhalb der Schlagwelle montiert. Des Weiteren wurden die Kontaktflächen zwischen Schlagwelle und Schonplatten bei der Versuchsdurchführung geschmiert. Die Drehzahl wurde mit einem Frequenzumrichter variiert, der Weg des Schermessers mit einem Laser-Weg-Sensor aufgenommen. Ein exemplarischer Weg-Zeit-Verlauf, der die Schwingungen des Schermessers visualisiert, ist in Bild 2 dargestellt.

Der Kurvenverlauf zeigt den Bereich des Wegs des Schermessers, in dem der zu scherende Knüppelabschnitt einen Gegendruck ausübt. Ab ca. 0,45 s beginnt der Bruch des Restquerschnitts. Der Weg-Zeit-Verlauf zeigt deutlich, dass das Schermesser nach jedem Schwingungshub wieder vom zu scherenen Material abhebt. Das Abheben ist Grundvoraussetzung für das „Einhämmern“ des Schermessers.

**Darstellung der erzielten Ergebnisse**

Für die Bewertung der Scherergebnisse wurden Unebenheit der Schnittfläche, Standwinkel und Verhältnis von maximalem und minimalem Durchmesser (Ovalität) mittels einer 3D-Kordinationmessmaschine ermittelt. Die innermetallischen Untersuchungen wurden mithilfe von Aufnahmen eines Translektronenmikroskops durchgeführt. Primäres Ziel der Untersuchungen war die Verbesserung der Scherflächen der Knüppelabschnitte. Scherfehler wie Zipfel, Zungen, Ausbrüche oder Druckflächenverformung waren nicht zu beobachten oder konnten durch die Anpassung des Schneidspaltes eliminiert werden. Der optimale Schneidspalt für das zu scherende Material wurde mit 0,45 mm ermittelt.

**Ovalität**

Die Ovalität der Schnittfläche hat durch die ungleichmäßige laterale Massenverteilung des Halbzeugs Einfluss auf die Qualität des Schmiedeergebnisses. Daher wurden alle

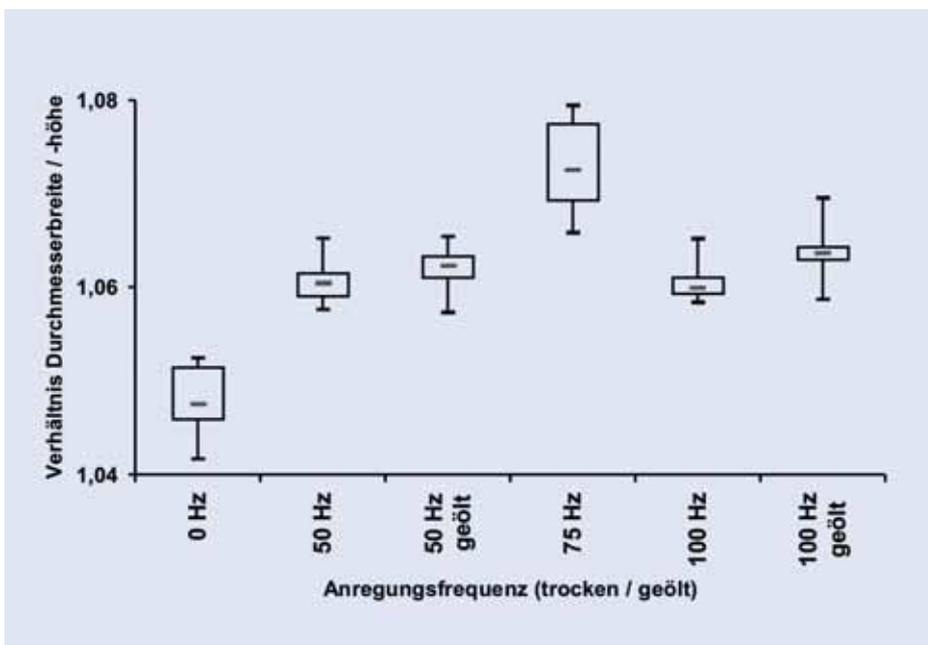


Bild 3: Ovalität der Knüppelabschnitte.

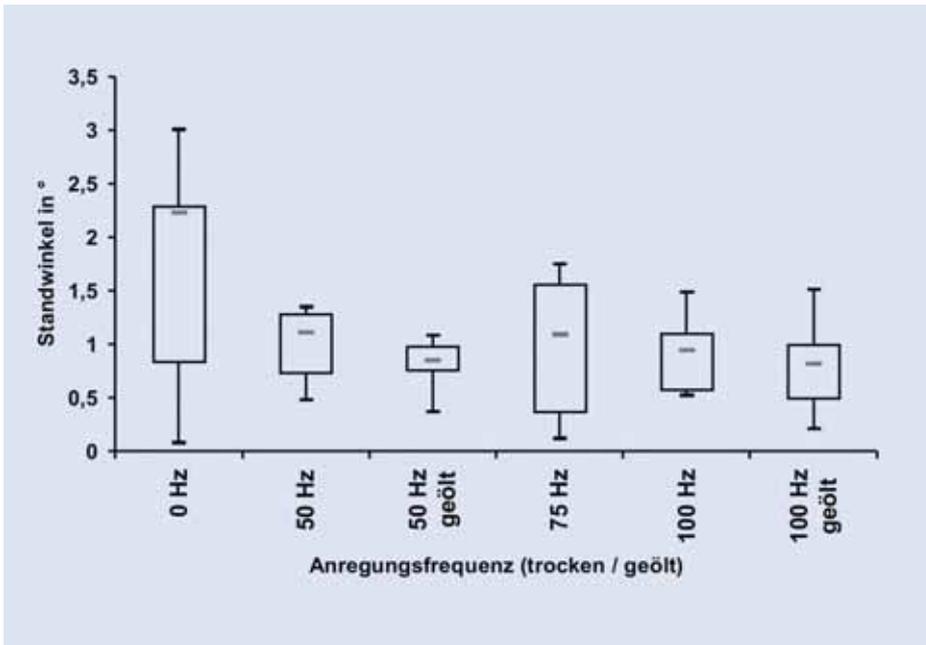


Bild 4: Standwinkel der Knüppelabschnitte.

Proben hinsichtlich des Verhältnisses von Durchmesserbreite zu Durchmesserlänge vermessen. Hierbei wurde festgestellt, dass die Erhöhung der Schergeschwindigkeit, kurzfristig durch Schwingungsanregung oder über den gesamten Scherhub, keinen posi-

ven Einfluss auf die Ovalität hat. Die hohe Schergeschwindigkeit der Schmiedepresse (300 mm/s) führte zur größten Verformung der Knüppelabschnitte. Ferner wurde festgestellt, dass die Versuche mit einer pulsierenden Erhöhung der Schergeschwindigkeit

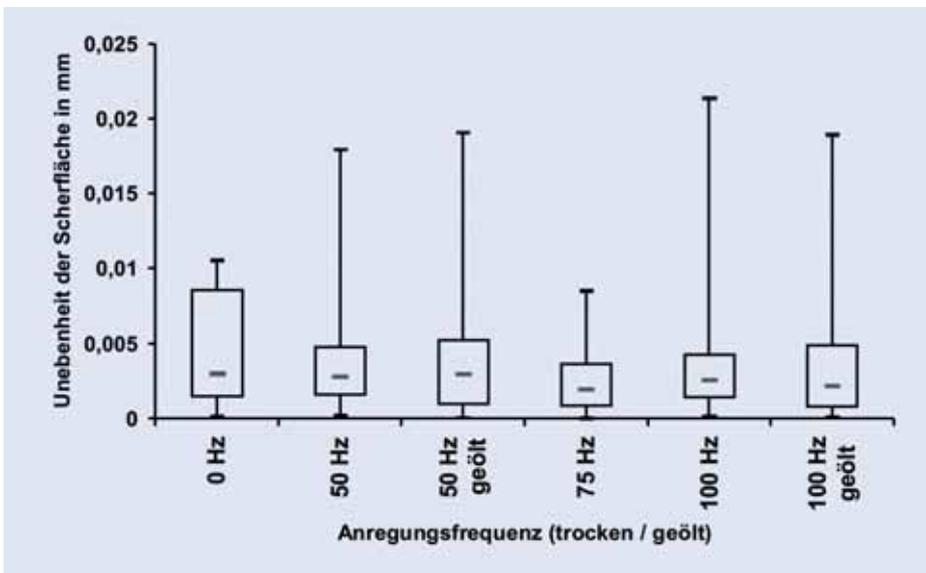


Bild 5: Unebenheit der Knüppelabschnitte.

Bilder: Autoren



Dipl.-Wirt.-Ing.  
Andreas Krause



Dipl.-Ing. (FH)  
Michael Lücke



Dr.-Ing. Dipl.-Oec.  
Rouven Nickel

( $v_{max}$  bei 100 Hz beträgt 400 mm/s) nicht zu einer geringeren Ovalität führen als die Schnitte mit konstanter Geschwindigkeit. Die Ovalität der Knüppelabschnitte ist in Bild 3 dargestellt.

### Standwinkel

Der Standwinkel ist insbesondere bei Halbzeugen für das gratlose Schmieden von Bedeutung. Zu große Standwinkel führen zum Überklappen des Materials an der Schnittfläche und bedingen somit Falten im Umformgut. Beim gratlosen Schmieden können die Falten prozessbedingt nicht in den Grat gepresst werden und führen somit zur Nichteignung der Schmiedeteile.

Den geringsten Restbruchanteil wiesen die Proben auf, die mit pulsierendem Schermesser vereinzelt wurden. Durch den erhöhten Schnittanteil, der auf das oszillierend in den Stabstahl eindringende Schermesser zurückzuführen ist, wurde ein durchschnittlicher Standwinkel von unter  $1^\circ$  erreicht. In den Versuchen wurde die Anregungsfrequenz zwischen 50 bis 150 Hz variiert, dass zu keiner signifikanten Veränderung des Standwinkels führte. Das unangeregte Scheren führte mit optimiertem Schneidspalt (0,45 mm), wie in Bild 4 zu erkennen, zu einem mittleren Standwinkel von  $2^\circ$ .

### Unebenheit der Schnittfläche (Welligkeit)

Um die Eignung der Knüppelabschnitte als Rohling für das gratlose Schmieden zu prüfen, wurden die Knüppelabschnitte auf die Unebenheit der Scherfläche untersucht. Dafür wurde die Schnittfläche normiert und der durchschnittliche Abstand der Messpunkte zur normierten Schnittfläche errechnet. Durch die zufällige Verteilung der Unebenheiten ist die Streuung der Messwerte groß. Jedoch ist in Bild 5 zu erkennen, dass die durchschnittlichen Abstände der Messpunkte differieren. Die Scherflächen der Knüppelabschnitte, die mit angeregtem Schermesser geschert wurden, weisen im Schnitt eine geringere Welligkeit auf, als die Proben, die ohne Schwingungsanregung geschert wurden.

### Fazit

Nach Auswertung der Ergebnisse der Scherversuche hinsichtlich Standwinkel, Welligkeit und Ovalität ist eine Qualitätssteigerung der Scherflächen erkennbar. Jedoch stellt die Implementierung einer Schwingungsanregung einen großen Aufwand dar. Demzufolge sollte im nächsten Schritt ein Wirtschaftlichkeitsvergleich mit dem konventionellen und dem Impulsscheren ange stellt werden. ■

### Danksagung

Die Autoren danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die finanzielle Unterstützung zur Durchführung des Forschungsvorhabens.