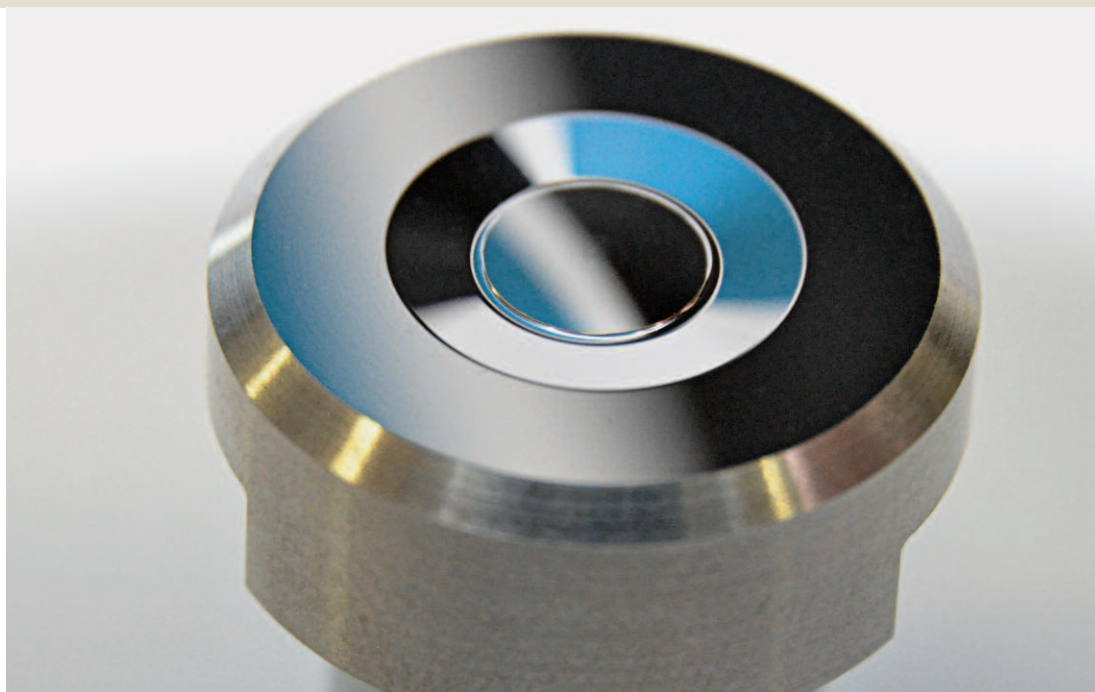


# Ultraschallunterstütztes Zerspanen von Stählen

Die bei der Fertigung von ultrapräzisen optischen Formeinsätzen in Stählen erforderlichen Flächenrauheiten werden typischerweise durch **POLIERPROZESSE** erreicht. Bei komplexen Geometrien ergeben sich jedoch Beschränkungen hinsichtlich der technischen Umsetzbarkeit.

**Bild 1. Formeinsatz aus Stahl für die Replikation von Intraokularlinsen ( $R_a$  unter 3 nm)**



## KAI SCHMIDT UND KURT HASKIC

Für die replizierende Herstellung optischer Komponenten sind ultrapräzise Formeinsätze besonders interessant. Das abschließende Polieren bereitet aber häufig Schwierigkeiten, denn oftmals führt dieser Prozess zu einer unerwünschten Formveränderung. Zudem ist bei strukturierten Oberflächen ein Polieren aufgrund der hohen Strukturdicke kaum möglich. Eine Alternative, die schon seit mehr als 20 Jahren bekannt ist und durch die gestiegenen Anforderungen an moderne Optiken an Interesse gewinnt, ist das ultraschallunterstützte Zerspanen von Stählen mit geometrisch bestimmter Schneide aus monokristallinem Diamant.

### Verbesserte Kühlbedingungen

Die verschiedenen Verschleißreaktionen, die ein wirtschaftliches Diamantbearbeiten von Stählen normalerweise verhindern, lassen sich durch eine

hochfrequente Schwingung des Werkzeugs erheblich reduzieren. Der dadurch unterbrochene Eingriff und die so verringerte Kontaktzeit zwischen Werkzeug und Werkstück führen zu einer starken Verringerung des chemischen Verschleißes. Des Weiteren werden durch die Oszillation die Kühlbedingungen verbessert und somit die Werkzeugtemperaturen reduziert, um dem thermisch induzierten Verschleiß entgegenzuwirken.

Auf diese Weise ermöglicht die Zerspanung mit geometrisch bestimmter Schneide eine hohe Formgenauigkeit bei gleichzeitig sehr guter Oberflächen-

## > KONTAKT

HERSTELLER  
**LT Ultra-Precision Technology GmbH**  
 88634 Herdwangen-Schönach  
 Tel. +49 7552 40599-0  
[info@lt-ultra.com](mailto:info@lt-ultra.com)  
[www.lt-ultra.de](http://www.lt-ultra.de)

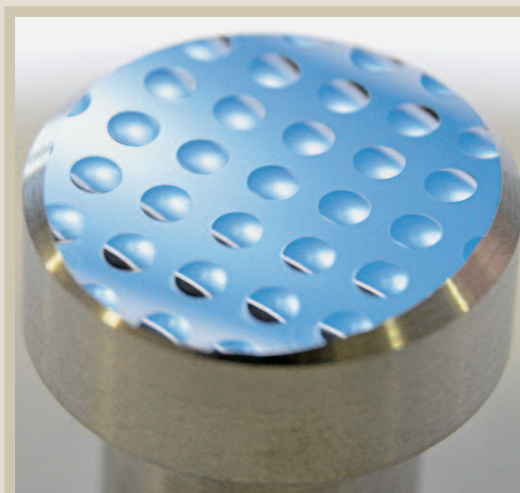
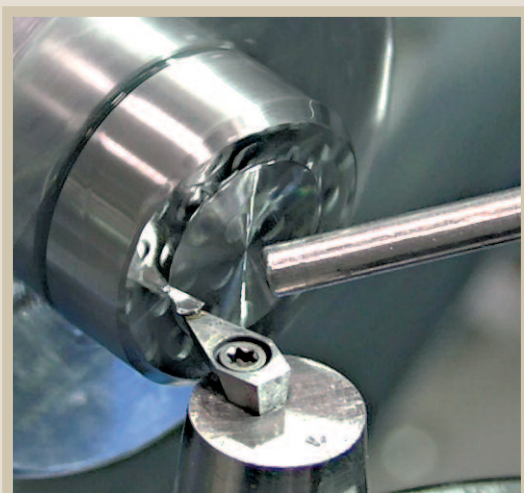


Bild 2. Fertigung eines Demonstrators mittels UP-Ultraschalldrehen (links) und fertiges Bauteil aus Stahl (rechts)

qualität, wodurch auf einen folgenden Polierprozess verzichtet werden kann. Dabei können auch Diamantwerkzeuge mit sehr kleinen Krümmungsradien und geringeren Öffnungswinkeln (Eckenwinkeln) verwendet werden. Diese ermöglichen es, filigrane Strukturen zu bearbeiten, wie es beim Schleifen oder Fräsen mit anschließender Polierbearbeitung kaum sinnvoll möglich wäre. Somit ergeben sich durch das ultraschallunterstützte Drehen von Stahlwerkstücken auch neue Möglichkeiten hinsichtlich Formvielfalt und Strukturgrößen.

**Erfahrung aus langjähriger Produktion**

Das Unternehmen LT Ultra-Precision Technology aus Herdwangen-Schönach setzt seit Jahren ultraschallunterstützte Drehprozesse in der Fertigung von Serien und Kleinserien ein. Neben einfachen Geometrien wie Sphären oder Asphären werden auch

nichtrotationssymmetrische Bauteile und Freiformflächen durch mehrachsige Bearbeitung (dynamischer Achsmodus) mit Diamantwerkzeugen gefertigt. Gleichzeitig setzt der Hersteller von Ultrapräzisionsmaschinen und Metalloptiken piezoelektrische Ultraschallsysteme für die Stahlbearbeitung ein und fertigt mit dieser Kombination Formwerkzeuge für die Replikation in hohen Stückzahlen, zum Beispiel von Intraokularlinsen (Bild 1).

Die Rohlinge werden auf derselben Maschine mit CBN-Werkzeugen vorgedreht und im Anschluss mit Diamantwerkzeugen ultraschallunterstützt endbearbeitet, ohne das Werkstück aus- oder umspannen zu müssen. Hierbei werden in der Serienproduktion arithmetische Flächenrauheiten von  $R_a(S_a) < 3\text{ nm}$  erreicht. Die verwendeten Werkstoffe sind gehärtete, kohlenstoffarme Stähle. Diese wurden ursprünglich optimiert, um ein gutes Polierbild und eine verbesserte Wärmeleitfähigkeit für variotherme

**MIKRON TOOL**

SCHWER ZERSPANBR  
EINFACH BEARBEITEN

- Rost- und säurebeständige Stähle
- Titan und Titanlegierungen
- Superalloys und Cr-Co-Legierungen

MIT HÖCHSTEN LEISTUNGEN  
IN KLEINEN DIMENSIONEN

- kurze Bearbeitungszeit
- hohe Standzeit
- hohe Prozesssicherheit
- ab Durchmesser 0.3 mm

**CRAZY TOOL**  
by Mikron-Tool



bohren



fräsen

Mikron Tool SA Agno  
6982 Agno | Schweiz | Tel. +41 91 610 40 00  
mto@mikron.com | www.mikrontool.com

**AMB**  
Halle 1 Stand Z332, Galerie

Effizientes Kühlen:  
der Schlüssel zum Erfolg

**crazy about cool tools**



Ihren persönlichen Schlüssel zum Erfolg erhalten Sie an unserem Stand an der AMB

Gewinnen Sie eine Inox-Uhr im Wert von € 600.-

© MIKROvent GmbH, Mainburg – www.mikroproduktion.com – nicht zur Verwendung in Intranet- und Internetangeboten sowie elektronischen Verteilern

Bild 3. Rauheitsmessung eines mittels UP-Ultraschall-drehen gefertigten Demonstrators aus Stahl

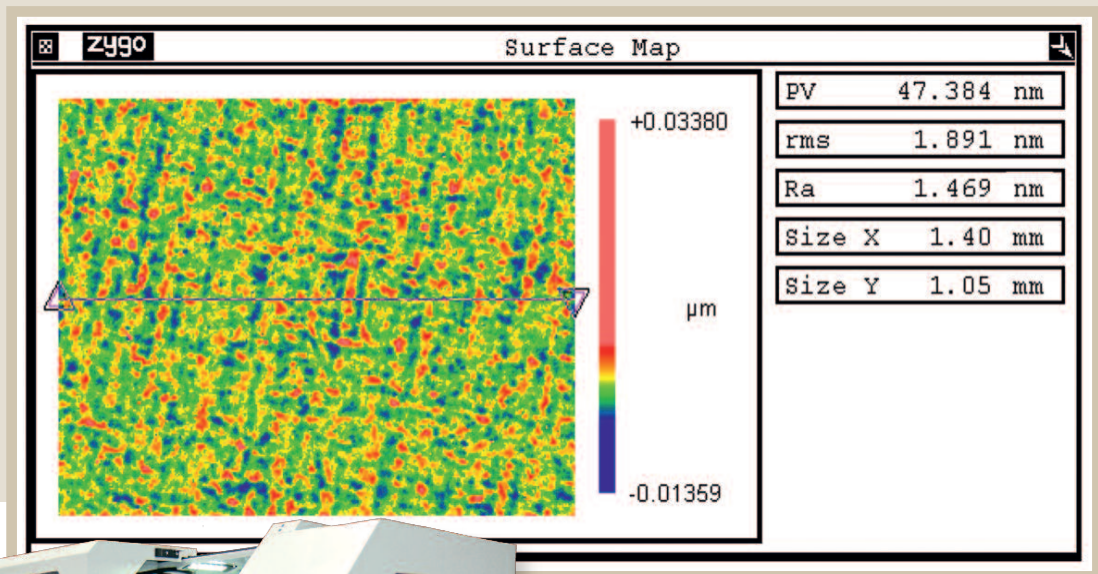


Bild 4. Bei der Ultrapräzisions-drehmaschine »MTC 350« werden die Positionen der bis zu fünf Achsen durch hochauflösende Messsysteme geregelt

Replikationsprozesse zu erreichen. Sie eignen sich jedoch auch für das ultraschallunterstützte UP-Drehen.

### Hohe Formgenauigkeit bei der Stahlbearbeitung

Bei der klassischen Bearbeitung von Buntmetallen und Kunststoffen ermöglichen UP-Maschinen die Fertigung von Bauteilen mit hohen Formgenauigkeiten von weniger als 100 nm je 100 mm. In Stählen sind mit ultraschallunterstützter Bearbeitung ähnliche Genauigkeiten erreichbar. Somit lässt sich ein großer Teil der Prozesskette zur Fertigung des Formeinsatzes mit einer einzigen Maschine abbilden. Durch eine Abstimmung der Prozessparameter beträgt die Standzeit der eingesetzten Diamantwerkzeuge je nach gewählten Vorschüben und Zustellungen viele Stunden. Die hohen Anschaffungskosten der Diamantwerkzeuge relativieren sich durch die Möglichkeit, die Werkzeuge bis zu 20-mal kostengünstig nachschleifen zu lassen.

Zur Verdeutlichung der Möglichkeiten zeigt **Bild 2** einen UP-ultraschallgedrehten Demonstrator aus

Stahl. Das Primärprofil mit einem Durchmesser von etwa 19 mm entspricht einem Toroidsegment mit einem maximalen Höhenprofil von etwa 0,9 mm. Als Sekundärprofil ist ein kartesisch verteiltes konvexes Linsenarray mit Einzellinsendurchmessern von 2 mm und Radien von 10 mm überlagert. Gefertigt wurde dieses Bauteil mithilfe des dynamischen Achsmodus. Das NC-Programm umfasst mehr als sieben Millionen Bahnpunkte, um die überlagerten Profile mit höchster Präzision fertigen zu können. Die arithmetische Flächenrauheit  $R_a$  ( $S_a$ ) des Demonstrators liegt unter 1,5 nm und wurde mittels Weißlichtinterferometrie gemessen (**Bild 3**).

### Erweitertes Spektrum der Werkstoffe

Die Ultraschallbearbeitung ist zu allen Drehmaschinen von LT Ultra-Precision Technology – beispielsweise der »MTC 350« – kompatibel und erweitert das Spektrum der bearbeitbaren Werkstoffe nicht nur um Stähle, sondern auch um verschiedene Glassorten. Bei der Bearbeitung mit monokristallinen Diamantwerkzeugen sind unabhängig von der Ultraschallunterstützung typischerweise Formgenauigkeiten von circa 100 nm je 100 mm Bauteildurchmesser realisierbar. Die Rauheitswerte  $R_a$  liegen beim Bearbeiten von Buntmetallen und Kunststoffen unter 2 nm, bei der ultraschallunterstützten Bearbeitung typischerweise unter 3 nm.

Wie alle Maschinen des baden-württembergischen Unternehmens verfügt auch die MTC 350 über einen Naturgranitaufbau, der große Vorteile bezüglich Temperatur- und Langzeitverhalten mit sich bringt (**Bild 4**). Die Linearführungen arbeiten hydrostatisch und sorgen für eine Stick-Slip-freie Bewegung der Achsen, zusätzliche Dämpfung und hohe Steifigkeiten. Der Antrieb erfolgt direkt über Linearmotoren, und die Positionen werden mit höchster Präzision durch Messsysteme mit einer interpolierten Auflösung von weniger als 9 Pikometer geregelt. Die Verfahrenwege



der einzelnen Achsen (Z und X) betragen 350 mm. Die Maschine kann jedoch optional um eine Y-Achse mit 160 mm Verfahrweg erweitert werden, um auf derselben Maschine auch mikro- oder rasterfräsen (raster fly cutting) zu können. Der optimierte Aufbau der Z-Achse erlaubt im Zusammenspiel mit der Werkstückspindel im Achsmodus die Fertigung von nicht-rotationssymmetrischen Freiformflächen im dynamischen Achsmodus. Hierbei sind je nach Amplitude Frequenzen von mehreren Hertz umsetzbar. Die Maschinensteuerung ermöglicht Verarbeitungsgeschwindigkeiten von einigen Tausend Zeilen G-Code pro Sekunde, sodass auch komplexe Formen mit hoher Punktedichte wirtschaftlich gefertigt werden können.

### Mikroskopkamera zur optischen Vermessung

Ergänzt wird das Maschinensystem durch die Integration einer hochauflösenden Mikroskopkamera zur optischen Vermessung der Diamantwerkzeuge. Außerdem lässt sich das Maschinenkonzept um verschiedene Messmittel zur hochauflösenden Vermessung von Werkstücken erweitern, die zum Beispiel über einen Rundtisch auf der Z-Achse automatisch eingewechselt werden können. Mit den Typen »250«, »400« und »700« sind weitere Modelle der MTC-Maschinenreihe verfügbar mit kleineren beziehungsweise größeren Verfahrwegen und Bauteildurchmessern bis über 1 m. Darüber hinaus sind auch kundenspezifische Maschinen und Sonderlösungen realisierbar. ■ MI110438

### AUTOREN

Dr. KAI SCHMIDT ist im Bereich F&E bei LT Ultra-Precision Technology in Herdwangen-Schönach tätig;  
kai.schmidt@lt-ultra.com

Dr. KURT HASKIC ist ebenfalls im Bereich F&E bei LT Ultra-Precision Technology tätig;  
kurt.haskic@lt-ultra.com

# alicon

## Form und Rauheit. In einem System.

Von Alicona.  
Das ist  
Messtechnik!

Besuchen Sie uns!



Halle 1, Stand I74



*InfiniteFocus basiert auf der Technologie der Fokus-Variation. Anwender messen Form und Rauheit im  $\mu\text{m}$  und sub- $\mu\text{m}$  Bereich. Mit der neuen Generation des 3D Messsystems bietet Alicona den schnellsten optischen Sensor seiner Klasse.*

Optische 3D Oberflächenmesstechnik