

›Micro Bore Sizing‹ von Bohrungen ab einem minimalen Durchmesser von 0,015 mm

# Die Herausforderung angenommen und umgesetzt

Die Firma Microcut stellt Maschinen und Werkzeuge zum Honen und Innenrundläppen kleiner Bohrungen mit Durchmessern von 0,015 bis 4 mm her. Für kleinere bis mittlere Losgrößen bietet das Unternehmen auch Lohnfertigung an.

VON PATRIC MIKHAIL

→ In der Mikromechanik stellt die Bearbeitung einer Bohrung eine besondere Herausforderung dar. Das liegt vor allem an der erschwerten Zugänglichkeit der Bearbeitungsfläche und den oft großen Aspektverhältnissen (Bohrungslänge/Bohrungsdurchmesser). Konventionelles Bohren mit Zerspanungswerkzeugen, Laserbohren, Stanzen, Erodieren, ECM oder Abformen eines Kerns wie beim Powder Injection Molding – um nur einige Beispiele zu nennen – sind wirtschaftliche Verfahren, die sich für mikrotechnische Anwendungen qualifizieren konnten. Die effiziente Herstellung kleiner Bohrungen ist damit eigentlich kein Problem – vorausgesetzt, man stellt nicht zu hohe Ansprüche an die Präzision und Reproduzierbarkeit. Dabei sprechen diverse Gründe für eine Feinstbearbeitung der Rohbohrung: Die Oberfläche und Maßhaltigkeit gehören ebenso dazu wie die Form, die im Rohzustand un rund, wellig, konisch oder auch bananenförmig sein kann. Hier setzt das ›Micro Bore Sizing‹ (MBS) der Firma Microcut an.

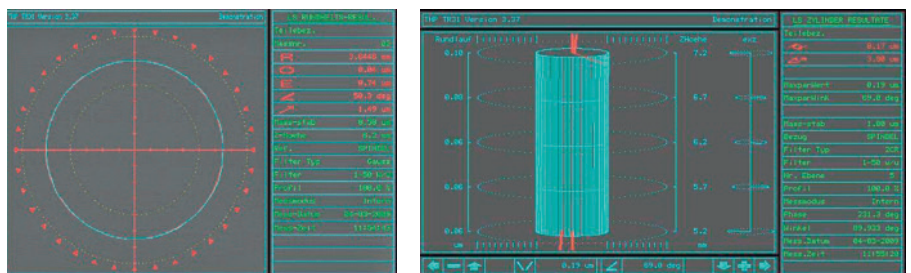
## Komplettsystem aus Maschine, Werkzeug und Dienstleistung

Das Micro Bore Sizing ist eine wirtschaftliche Lösung zur Bearbeitung von Bohrungen ab einem minimalen Durchmesser

von 15 µm, insbesondere auch für harte Werkstoffe [1, 2]. Die Technologie erlaubt es, die Geometrie (Durchmesser, Rundheit, Zylindrizität) in enge Toleranzfelder zu bringen und die Oberflächenrauheit gezielt zu verbessern. Das Micro Bore Sizing

heren Dauerfestigkeit und geringeren Neigung zur Rissbildung. Die einteiligen MBS-Werkzeuge bestehen aus einem konischen und einem zylindrischen Abschnitt. Mit dem konischen Bereich wird die Bohrung vergrößert, um sie dann mit dem zylindri-

### 1 Anwendungsbeispiel des ›Micro Bore Sizing‹-Verfahrens



Die 1,0-mm-Bohrung in einer Düse wurde mit dem ›MBS‹-Verfahren in einer Rundheit von 0,04 µm (links) sowie einer Zylindrizität von 0,17 µm (rechts) und einer maximalen Parallelität von 0,19 µm bearbeitet

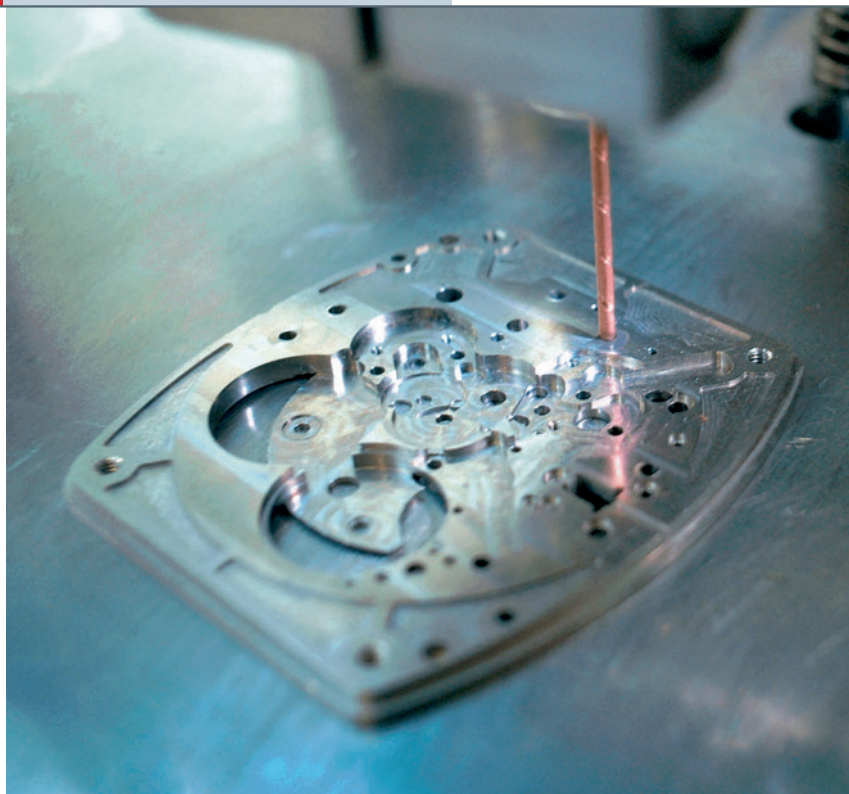
ist ein kundenfreundliches System, bestehend aus Maschinen, Werkzeugen und Dienstleistungen.

Beim MBS-Verfahren wird spanabhebend und kraftkontrolliert mit einem genauen, für die jeweilige Bohrung spezifizierten Werkzeug bearbeitet. Aufgrund der kalten Bearbeitung tritt keine gefügebdingte Materialschwächung der Randzonen ein. Wie beim herkömmlichen Honen kann vielmehr eine Zunahme der Druckeigenstressungen generiert werden. Die Bauteile profitieren davon mit einer hö-

heren Dauerfestigkeit und geringeren Neigung zur Rissbildung. Die einteiligen MBS-Werkzeuge bestehen aus einem konischen und einem zylindrischen Abschnitt. Mit dem konischen Bereich wird die Bohrung vergrößert, um sie dann mit dem zylindri-

schon Abschnitt zu kalibrieren, das heißt alle Werkstücke auf den gleichen Durchmesser zu bringen. Mit dem Maschinentyp ›UniBore 800‹ stehen im Bohrungsdurchmesserbereich 0,25 bis 4 mm zwei Prozesse zur Verfügung. Die Wahl des Prozesses wird vor allem auf Basis des Bohrungsdurchmessers, des zu bearbeitenden Materials und der gewünschten Oberflächenqualität getroffen. In der Regel wird ein Werkzeug mit gebundenem Korn eingesetzt, wobei sich dieser Honprozess für fast alle Materialien

»»»



**2** In einer Uhrenplatine werden die Passungssitze für Lagersteine mit einer Durchmesser­toleranz von 2 µm gefertigt

» eignet. Dagegen werden mit losem Korn typischerweise Bohrungen unter 0,25 mm Durchmesser bevorzugt in sprödharten Materialien (Keramik, Saphir, Hartmetall) bearbeitet. Dieser Lappprozess wird höchsten Anforderungen bezüglich der Oberflächengüte gerecht. Die Vorteile des MBS-Prozesses sind:

- minimaler Werkzeugverschleiß und somit lange Werkzeuglebensdauer aufgrund großer Diamant-Belaglänge von maximal 400 mm,
- keine Messsteuerung für die Korrektur von Geometrie und Verschleiß nötig,
- Verwendung einer einfachen und damit weniger störungsanfälligen Maschine,
- stabiler Prozess und hohe Reproduzierbarkeit.

In Tabelle 1 sind die Werte für verschiedene Qualitätsmerkmale zusammengefasst, die sich typischerweise mit dem Micro Bore Sizing erreichen lassen. Bekanntermaßen sind das Maß sowie die Form und Oberfläche einer Bohrung untrennbar verknüpft. Spricht man zum Beispiel von der Toleranz eines Bohrungsdurchmessers, muss bei einem Durchmesser von drei Mikrometern eine Rundheit genauer ein Mikrometer garantiert werden. Ebenso hat die Oberflächenrauheit in einem bestimmten Verhältnis zur Maßgenauigkeit und Formgröße zu stehen.

Anhand einiger Bearbeitungsbeispiele sollen die Möglichkeiten des Micro Bore Sizing gezeigt werden. Der Schwerpunkt der Besprechung liegt dabei auf Kriterien, die sich durch das MBS-Verfahren maßgeblich verbessern lassen.

**Güte des MBS-Verfahrens**

Form: Die Formtreue wird beim MBS-Verfahren vom Werkzeug vorgegeben und dann durch die überlagernden Bewegungen (Rotation und Translation) weiter verbessert. Damit fällt die Rundheit der bearbeiteten Bohrung typischerweise genauer

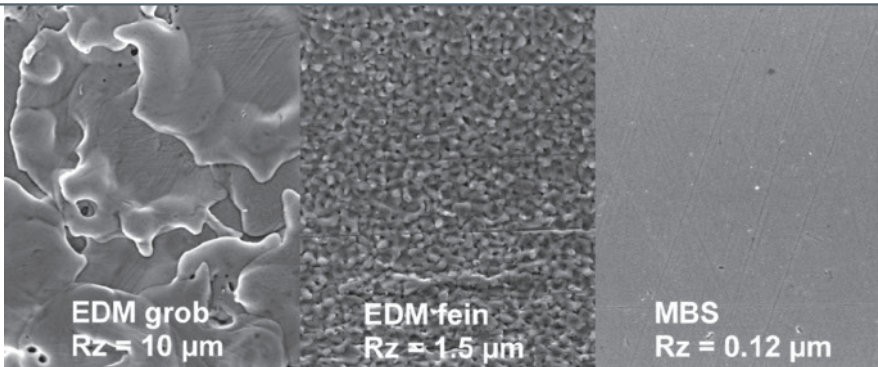
aus als die des Werkzeuges selbst. Bild 1 zeigt die Messresultate, die mit einem Messgerät »Taly Rond 31« an einer Düsenbohrung ermittelt wurden. Nach dem konventionellen Bohren mit einem Spiralbohrer weist die Bohrung eine Rundheit von circa 5 µm auf. Durch das Micro Bore Sizing kann eine Rundheit genauer 0,1 µm (Bild 1, links) erreicht werden. Die Messung ergab zudem eine Zylindrizität von 0,17 µm und einen maximalen Parallelitätswert von 0,19 µm auf 2 mm Messlänge (Bild 1, rechts).

Durchmesser und Maßhaltigkeit: Durch den MBS-Prozess lässt sich eine Bohrung von einem Start- auf den gewünschten Enddurchmesser bringen und gleichzeitig ein enges Toleranzfeld einhalten. Bild 2 zeigt eine nicht rotationssymmetrische Uhrenplatine aus Stahl. Passungssitze für Lagersteine werden hier mit dem MBS-Verfahren in einer Genauigkeit von 2 µm bearbeitet. So lässt sich ein optimaler Presssitz des Uhrensteins gewährleisten. Zudem werden Defekte an Uhrenstein oder Platine beim Einpressen des Steins verhindert. Durch den schonenden Spann- und Bearbeitungsprozess beim MBS werden dünne Stege zwischen Bohrung und anderen Konturen nicht beeinträchtigt. Ein wichtiger Anspruch an die Bohrungsbearbeitung ist auch, dass die Lage der Bohrung nicht verändert wird. Dem entspricht das MBS-Verfahren ebenso, wie es eine Verfestigung der Bohrungsoberfläche ermöglicht, sodass sich ein Uhrenstein erübrigt und die Achse direkt im Stahlteil gelagert werden kann. Die Oberflächenrauheits-

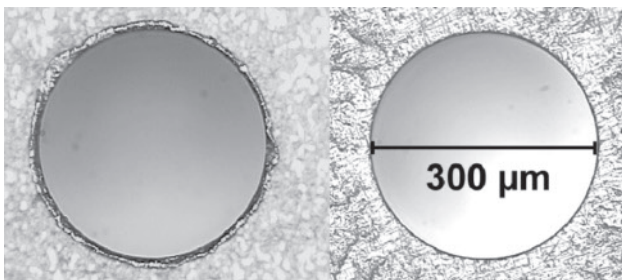
**1 Qualitätskennwerte beim Micro Bore Sizing**

Kriterium	Erreichbare Werte mit MBS
Durchmesserbereich	ab 0,015 mm mit losem Korn ab 0,250 mm mit gebundenem Korn
Durchmessertoleranz	± 0,5 µm
Aspektverhältnis	bis 200 x D
Rundheit	< 0,2 µm
Zylindrizität	< 0,4 µm
Parallelität	< 0,5 µm
Oberflächengüte	R <sub>z</sub> < 0,2 µm
Zykluszeit	abhängig von Material, Aufmaß, Bohrungslänge
Teilegeometrie	rotations- und nicht rotationssymmetrisch
Material	Saphir, Keramik, Hartmetall, Stahl, diverse Metalllegierungen, Glas, diverse Kunststoffe

Mit dem MBS-Verfahren lassen sich ausgezeichnete Qualitätskennwerte erreichen



**3** Vergleich der Oberflächenrauheit: Die Verfahren startlocherodiert (links), feinerodiert (Mitte) und Micro Bore Sizing (rechts) unterscheiden sich etwa um je eine Zehnerstelle



**4** Bohrung nach dem MBS-Prozess vor dem Entgraten (links) und im Anschluss daran (rechts)

werte und Durchmesser genauigkeiten lassen sich mit dem MBS in die geforderten Toleranzen bringen.

Oberflächenrauheit: Beim funkenerosiven Bohrverfahren sind typischerweise Rauheitswerte  $R_z$  von 10  $\mu\text{m}$  (groberodiert) respektive 1,5  $\mu\text{m}$  (feinerodiert) zu erreichen (Bild 3). Mit dem MBS-Verfahren können  $R_z$ -Werte von 0,1 bis 0,2  $\mu\text{m}$  realisiert werden.

### Bearbeitung und Entgraten bei integriertem Bürsten verkettet

Bei duktileren Werkstoffen ist selbst bei schonender Bearbeitung mit einer Gratbildung wie in Bild 4, links zu rechnen. Bei Düsen, Werkzeugen und vielen anderen Werkstücken spielt die Kanten geometrie eine funktionsentscheidende Rolle, denkt man zum Beispiel an die Durchflussmenge und Dichtheit oder sich unzulässig lösende Späne. Eine gratfreie Kante ist daher sehr wichtig. Um diese Gratfreiheit zu gewährleisten, kann auf der UniBore 800 jetzt eine Bürststation in den Bohrungsbearbeitungsprozess integriert werden. Ein typischer Ablauf ist damit Vorhonen,

Finish-Honen und Entgraten. In Bild 4, rechts ist eine Bohrung nach dem Entgraten zu sehen.

Das Micro Bore Sizing wurde ursprünglich für Kleinbohrungen entwickelt, zeigt aber auch bei größeren Durchmessern Vorteile gegenüber konventionellen Verfahren wie dem Honen. Zudem bietet es systembedingte Vorteile bei Bohrungen mit Querschlüssen oder Freistellungen. Mit der UniBore 800 lassen sich kleine Bohrungen in nicht rotationssymmetrischen Werkstücken bearbeiten, wie sie in Einsätzen im Stanz- und Spritzguss-Werkzeugbau Verwendung finden. Beim Maschinentyp ›MicroBore‹ wird das Werkzeug automatisch auf der Maschine ab Spule konfektioniert. Beispielsweise werden auf über 100 Maschinen dieses Typs mehrere Millionen Bohrungen pro Monat für die Fiber-Optik bearbeitet. ■

## LITERATUR

**1** Maag, U.; Mikhail, P.: Feinstbearbeitung von Bohrungen bis zu einem minimalen Durchmesser von 0,015 mm, In: Jahrbuch Schleifen, Honen, Läppen und Polieren, 63. Ausgabe, Vulkan-Verlag, Essen 2007, S. 362-370

**2** Mikhail, P.: Bearbeitungstechniken für Mikro- und Kleinbohrungen, In: MikroSystemTechnik 2 (2005), S. 24-25

### i HERSTELLER

**Microcut Ltd.**  
CH-2543 Lengnau BE  
Tel. +41 32 6541515  
Fax +41 32 6541516  
→ [www.microcut.ch](http://www.microcut.ch)

**Dr. Patric Mikhail** ist CEO bei Microcut in Lengnau/Schweiz  
→ [patric.mikhail@microcut.ch](mailto:patric.mikhail@microcut.ch)