

Bild 1: Micro Bore Sizing System

# Wirtschaftliche Bearbeitung von Bohrungen ab einem Durchmesser von 0,015 mm

Die Firma Microcut Ltd. stellt Maschinen und Werkzeuge für die Bearbeitung kleiner Bohrungen mit Durchmessern 0,015 mm bis 4 mm her. Für kleinere Losgrößen bietet die Firma auch Lohnfertigung zum Honen und Innenrundläppen von Kleinstbohrungen an.

## Micro Bore Sizing

Das Micro Bore Sizing (MBS) stellt eine wirtschaftliche Lösung zur Bearbeitung von Bohrungen ab einem minimalen Durchmesser von 15 µm insbesondere auch für harte Werkstoffe dar [1,2]. Diese Technologie erlaubt es, die

Innerhalb der Mikromechanik stellt die Bearbeitung einer Bohrung eine besondere Herausforderung dar. Diese liegt v.a. in der erschwerten Zugänglichkeit der Bearbeitungsfläche und oft großen Aspektverhältnissen (Bohrungslänge zu Durchmesser).

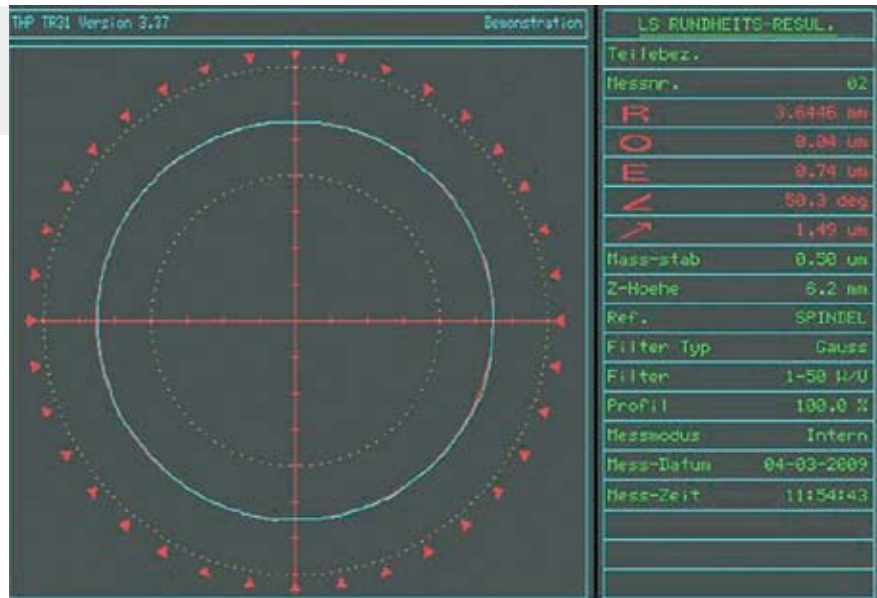
haltigkeit etc.), Oberflächengüte und Reproduzierbarkeit. Hier setzt das Micro Bore Sizing der Firma Microcut an.

Konventionelles Bohren mit Zerspanungswerkzeugen, Laserbohren, Stanzen, Erodieren, ECM oder Abformen eines Kerns (wie beispielsweise beim Powder Injection Molding) – um nur einige Beispiele zu nennen – sind wirtschaftliche Verfahren, die sich bereits für mikrotechnische Anwendungen qualifizieren konnten. Die effiziente Herstellung von Mikrobohrungen ist damit eigentlich kein Problem, vorausgesetzt man stellt nicht zu hohe Ansprüche an die Präzision (Form, Maß-

Kriterium	Erreichbare Werte mit MBS
Durchmesserbereich	ab 0,015 mm loses Korn ab 0,250 mm gebundenes Korn
Durchmessertoleranz	+/-0,5 µm
Aspektverhältnisse	bis 200 x D
Rundheit	< 0,2 µm
Zylindrizität	< 0,4 µm
Parallelität	< 0,5 µm
Oberflächengüte	Rz < 0,2 µm
Zykluszeit	Abhängig von Material, Aufmaß, Bohrungslänge usw.
Teilegeometrien	Rotations- und Nichtrotations-symmetrisch
Materialien	Saphir, Keramik, Hartmetall, Stahl, div. Metall-Legierungen, Glas, div. Kunststoffe

Tabelle: Erreichbare Qualitätsmerkmale bei der Bearbeitung mittels Micro Bore Sizing

Bild 2a:  
Rundheit: 0,04 µm einer Bohrung mit  
Durchmesser 1,0 mm



Geometrie (Durchmesser, Rundheit, Zylindrizität) in enge Toleranzfelder zu bringen sowie die Oberflächenrauheit gezielt zu verbessern. Das Micro Bore Sizing (Bild 1) bildet ein anwenderfreundliches System bestehend aus:

- Maschinen
- Werkzeugen
- Dienstleistungen

Beim Micro Bore Sizing Verfahren wird spanabhebend und kraftkontrolliert mit einem genauen, für die jeweilige Bohrung spezifizierten Werkzeug bearbeitet. Durch die (kalte) Bearbeitung tritt keine gefügebedingte Materialschwächung der Randzonen ein, im Gegenteil kann wie beim her-

kömmlichen Honen eine Zunahme der Druckeigenstressungen generiert werden. Für die Bauteileigenschaften bedeutet dies eine höhere Dauerfestigkeit und geringere Neigung zur Rissbildung. Die einteiligen Werkzeuge bestehen aus einem konischen und einem zylindrischen Abschnitt. Mit dem konischen Abschnitt wird die Bohrung vergrößert und mit dem zylindrischen Abschnitt kalibriert, d.h. von Werkstück zu Werkstück auf den gleichen Durchmesser gebracht.

Beim Maschinentyp UniBore 800 stehen, im Bohrungsdurchmesserbereich von 0,25 mm bis 4 mm, 2 verschiedene Prozesse

zur Verfügung. Die Wahl des Prozesses wird v.a. aufgrund des Bohrungsdurchmessers, des zu bearbeitenden Materials oder der gewünschten Oberflächenqualität getroffen:

- In der Regel wird ein Werkzeug mit gebundenem Korn (Honprozess) eingesetzt. Dieser Prozess eignet sich für fast alle Materialien.
- mit losem Korn (Läppprozess) werden typischerweise Bohrungen unterhalb 0,25 mm bevorzugt in sprödharten Materialien (Keramik, Saphir, Hartmetall) bearbeitet. Der Läppprozess eignet sich auch, um höchsten Anforderungen

Bild 2b:  
Zylindrizität 0,17 µm; max. Parallelität  
0,19 µm

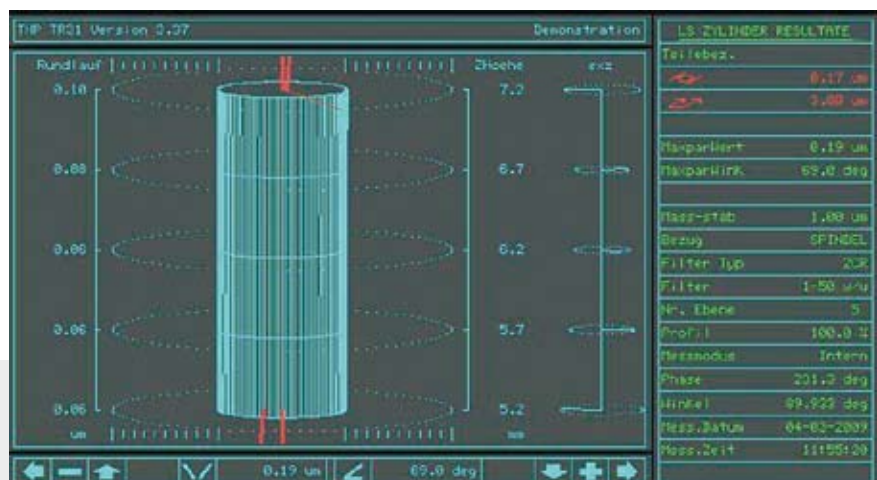




Bild 3a: Werkstück „Herz“ der Firma IWC Schaffhausen



Bild 3b: Pellaton-Aufzäh mit Herz

bezüglich der Oberflächengüte gerecht zu werden.

Vorteile des MBS Prozesses:

- minimaler Werkzeugverschleiß und somit erhöhte Werkzeuglebensdauer aufgrund großer diamantierter Belagslänge von max. 400 mm
- Messsteuerung für die Korrektur der Geometrie und des Verschleißes entfällt
- einfache Maschine und dadurch weniger störungsanfällig
- stabiler Prozess und hohe Reproduzierbarkeit

In der Tabelle sind die mittels MBS typischerweise erreichbaren Werte für die verschiedenen Qualitätsmerkmale zusammengefasst.

## Kriterien bei der Bearbeitung einer Bohrung

Maß, Form und Oberfläche sind bekanntlich unabdingbar miteinander verknüpft. Spricht man also von einer Toleranz des Bohrungsdurchmessers von z.B.  $3\ \mu\text{m}$ , muss eine Rundheit genauer als  $1\ \mu\text{m}$  gewährleistet werden. Auch die Oberflächenrauheit muss in einem bestimmten Verhältnis zur Maßgenauigkeit und Formgröße stehen.

Anhand von einigen Bearbeitungsbeispielen sollen die Möglichkeiten des Micro Bore Sizing gezeigt werden. Hierbei werden die Kriterien besprochen, welche durch das MBS maßgeblich verbessert werden können.

### Form

Die Formtreue wird beim MBS-Verfahren durch das Werkzeug vorgegeben und dann durch die überlagernden Bewegungen (Rotation und Translation) noch

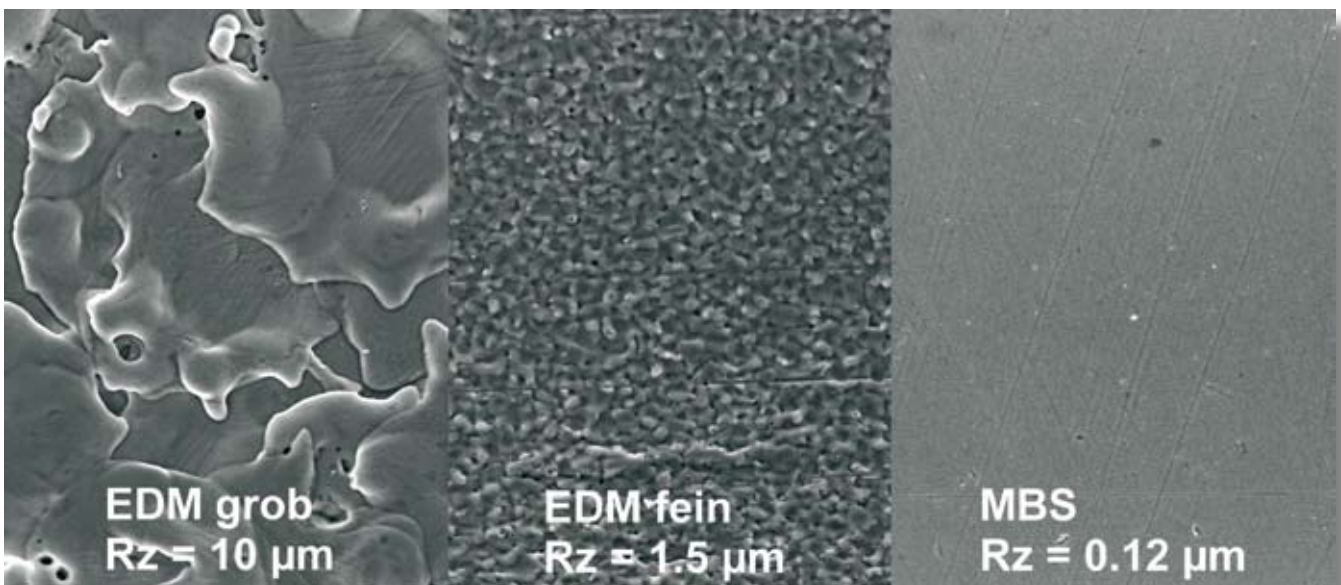


Bild 4: Oberflächenvergleiche: Startlocherodiert, Feinerodiert, Micro Bore Sizing

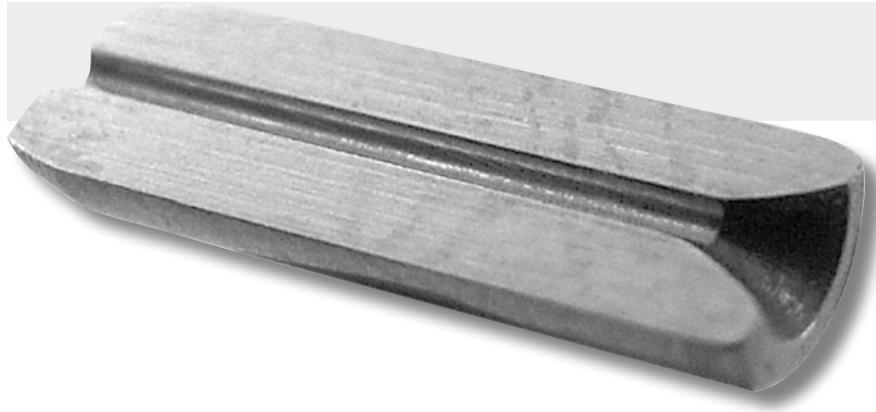


Bild 5:  
Bohrbüchse der Firma Make AG, Schweiz  
(Werkbilder: Microcut Ltd., CH-Lengnau)

verbessert, so dass die Rundheit der bearbeiteten Bohrung typischerweise genauer ausfällt, als die des Werkzeuges selber. Bild 2 zeigt die Messresultate (Messgerät Taly Rond 31), nach der Bearbeitung mittels MBS, einer Düsenbohrung, welche durch konventionelles Bohren mit Spiralbohrer eingebracht wurde und dadurch eine Rundheit von ca. 5 µm aufweist. Durch das Micro Bore Sizing kann eine Rundheit kleiner als 0,1 µm (Bild 2a) erreicht werden. Die Messung (Bild 2b) ergab eine Zylindrizität von 0,17 µm und einen maximalen Parallelitätswert von 0,19 µm bei einer Messlänge von 2 mm.

### Durchmesser und Maßhaltigkeit

Durch den MBS Prozess wird einerseits eine Bohrung vom Startdurchmesser auf den gewünschten Enddurchmesser gebracht und andererseits kann ein enges Toleranzfeld eingehalten werden.

Bild 3a zeigt das Werkstück „Herz“, welches nicht-rotationssymmetrisch und aus Stahl ist. Mittels Micro Bore Sizing wird hierbei die Bohrung auf das Endmaß 1,296 mm (größte Bohrung im Bauteil) bearbeitet. Das Bauteil „Herz“ wird im Pellaton-Aufzuge (Uhrenmodell „Ingenieur“) der Uhrenmanufaktur IWC Schaffhausen, Schweiz eingesetzt (Bild 3b). Der "Pellaton-Aufzug" wird weithin

als eines der effektivsten und zuverlässigsten bi-direktionalen Systeme zum aufziehen einer mechanischen Uhr angesehen. Der Passungsitz für den Lagerstein wird mit dem MBS Verfahren in eine Genauigkeit von 2 µm bearbeitet. So kann ein optimaler Presssitz des Uhrensteins gewährleistet werden. Defekte an Herz oder Stein beim Einpressen des Steins werden verhindert. Durch den schonenden Spann- und Bearbeitungsprozess beim MBS wird der dünne Steg zwischen Bohrung und Außenkontur nicht beeinträchtigt. Ein weiterer wichtiger Anspruch an die Bohrungsbearbeitung ist, dass die Lage der Bohrung nicht verändert wird.

### Oberflächenrauheit

Beim funkenerosiven Bohrverfahren sind typischerweise Rauheitswerte Rz von 10 µm (groberodiert), respektive 1,5 µm (feinerodiert) zu erreichen (Bild 4). Mit dem MBS Verfahren können Rz-Werte von 0,1 - 0,2 µm realisiert werden.

### Anwendungsbeispiel Bohrbüchse

Die meisten Werkzeuge oder Führungen, die in der Präzisionsmechanik angewendet werden, erfordern extrem genaue Fertigungstoleranzen. Besonders lange Bohrungen (l = 30 x d oder mehr) mit kleinen Durchmessern sind im Bezug auf Durchmes-

ser- und Lagetoleranzen nur mit erhöhtem Aufwand herzustellen. Die UniBore 800 ausgerüstet mit einem Rundteller für 64 Teile ermöglicht es der Firma Make AG, Präzisionsmechanik, Schweiz, Bohrungen ab Ø 0,4 mm in bester Qualität vollautomatisch zu kalibrieren. Die dargestellte Buchse wird sowohl als Bohrbuchse wie auch als Führungsbuchse in verschiedenen Gebieten eingesetzt. Die Bohrbuchsen sind als DIN 179 oder DIN 172 oder als Kundenteile nach Zeichnungen verfügbar.

### Schlusswort

Das Micro Bore Sizing wurde ursprünglich für Kleinbohrungen entwickelt, zeigt aber auch bei größeren Durchmessern seine Vorteile gegenüber bestehenden Verfahren wie beispielsweise dem Honen. Das MBS Verfahren bietet systembedingte Vorteile auch bei Bohrungen mit Querlöchern oder Freistellungen. Mit der UniBore 800 können kleine Bohrungen in großen nicht rotationssymmetrischen Werkstücken, wie sie beispielsweise in Einsätzen im Stanz- und Spritzguss-Werkzeugbau Verwendung finden, bearbeitet werden. Bei der Maschine 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.