

# Bearbeitungstechniken für Mikro- und Kleinstbohrungen

**Der Trend zur Miniaturisierung ist nicht aufzuhalten und fordert somit Bearbeitungsmethoden, welche dieser Entwicklung Rechnung tragen. Die Anwendungsgebiete reichen von der Fiberoptik über die Medizintechnik bis zur Automobilindustrie. Der vorliegende Artikel gibt einen Einblick in die Mikrobearbeitungstechnik von Bohrungen mit einem Durchmesser unterhalb 1,5 mm.**

Nicht nur in der Elektronik und Medizintechnik, sondern auch im Maschinenbau schreitet die Miniaturisierung der Produkte voran. Die zunehmende Bedeutung der Mikrotechnik spiegelt sich auch in der steigenden Anzahl an Messen, Fachzeitschriften und -tagungen wieder [1,2]. Die angesprochene Miniaturisierung bringt auch mit sich, dass die traditionellen Werkstoffe, wie beispielsweise Stahl, vielfach den geforderten Ansprüchen punkto Festigkeit und erreichbarer Oberflächengüte nicht mehr genügen, wenn diese spanabhebend bearbeitet werden sollen. Der Einsatz von Hartmetall, Keramik oder Polykristallinem Diamant (PKD) drängt sich auf, zudem können herkömmliche Bearbeitungsverfahren nicht immer in den Mikrometerbereich herunterskaliert werden, was vielfach einen Systemwechsel bedingt. Wir bieten Lösungen zur spanabhebenden Mikrobearbeitung von Bohrungen mit einem Durchmesser unterhalb 1,5 mm an.

## Bohrungsbearbeitung

Innerhalb der Mikromechanik stellt die Bearbeitung einer Bohrung eine besondere Herausforderung



Abb. 2: Einblick in eine Serienfertigung



Dr. Patric Mikhail

dar. Diese liegt in der erschwerten Zugänglichkeit der Bearbeitungsfläche und bei grossen Aspektverhältnissen (Bohrungslänge zu Durchmesser). Die Bearbeitungsverfahren kleinster Bohrungen zur Einhaltung geforderter Toleranzen (Form, Lage, Mass etc.) sowie der Oberflächengüte im Submikrometerbereich sind wenig bekannt. Während sich die Verfahren zum Bohren (Laser, Ultraschall, Funkenerosion, Mikrowellen, Tiefätzverfahren) in den letzten Jahren entwickelt haben, sind die Möglichkeiten bei der Nachbearbeitung rar geblieben. Mit den erwähnten Verfahren zur Bohrerstellung lassen sich die hohen geforderten Bohrungsqualitäten in den Hochtechnologiebereichen oft nicht erzielen, so dass eine Nachbearbeitung der Bohrung notwendig wird. Die konventionellen Feinbearbeitungsverfahren wie das Honen und Innenrundscheifen stossen jedoch unterhalb von 1,2 mm im Bohrungsdurchmesser bezüglich Wirtschaftlichkeit, technischer Machbarkeit



Abb. 1: Ferrule

und Werkzeug-Handling an ihre Grenzen. Hier setzt das Micro Bore Sizing (MBS) [3] an und ermöglicht eine vollautomatisierbare Bearbeitung von Mikro- und Kleinstbohrungen bis zu einem minimalen Durchmesser von 0,015 mm, die erfolgreich in der Bearbeitung von Bondingkapillaren und Ferrulen eingesetzt werden. Beim MBS wird spanabhebend unter Verwendung von Mikrodiamant bearbeitet. Es stehen verschiedene Werkzeuge zur Verfügung, welche an die Problemstellung adaptiert werden. Je nach Durchmesser und Material des Werkstückes findet ein Werkzeug mit losem oder gebundenem Korn seinen Einsatz. Das lose Korn stellt bis heute die effizienteste und ökonomischste Möglichkeit zur Bearbeitung eines Bohrungsdurchmessers unterhalb 0,6 mm dar.

Die eigentliche Innovation des MBS Verfahrens liegt darin, Werkzeug und Werkstück automatisch zu führen und zu bewegen, sowie den Bearbeitungsprozess kraftgesteuert zu kontrollieren. Hinter dem MBS System stehen verschiedene Bearbeitungsmodule, welche es erlauben, die Rundheit, den Durchmesser oder auch die Zylindrizität in enge Toleranzfelder zu bringen. Es werden reproduzierbar Durchmesser-toleranzen von  $\leq 0,5 \mu\text{m}$  sowie eine Oberflächenrauheit  $R_z$  von  $0,1 \mu\text{m}$  erreicht. Der grosse Vorteil des MBS liegt nicht zuletzt darin, dass ein vollautomatischer Prozess ge-

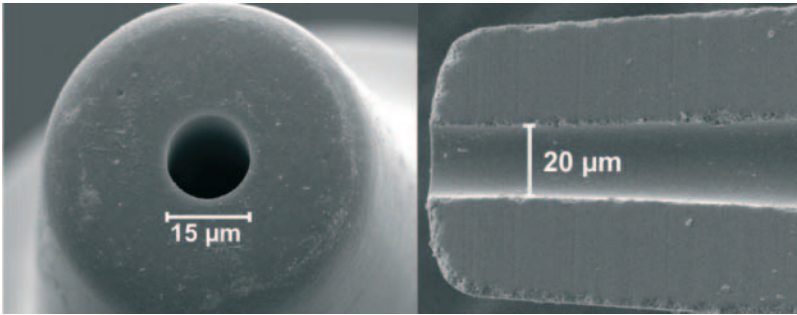


Abb. 3: 15 µm Kapillare von vorne und 20 µm Kapillare im Schlibbild

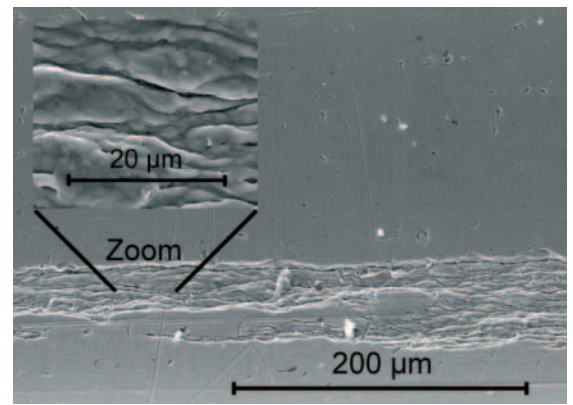


Abb. 4 Schliff von Stahlkapillare zeigt unbearbeitete Fläche und unbearbeiteten Bereich mit Vergrößerung

fahren werden kann und sich damit diese Technologie auch für eine Serienfertigung eignet, wie nachfolgende Beispiele belegen.

## Anwendungsbeispiele Ferrule

Bei einer Glasfaser-Steckverbindung stellt die Ferrule die Schlüsselkomponente dar. Die Ferrule besteht typischerweise aus Zirkonoxid ( $ZrO_2$ ) und stellt folgende Anforderungen an Geometrie und Oberfläche:

- Durchmessertoleranz der Bohrung 125 µm  $+1/-0$  µm,
- Bohrungslänge je nach Ferrulentyp: 3-16 mm
- Oberflächenrauheit  $Rz < 0,25$  µm
- Rundheit  $< 0,5$  µm.

Das MBS Verfahren bietet mit der MicroBore 125 die ideale Maschine zur Bearbeitung einer abgestuften Bohrung. Mit der CorBore 125 können lange Bohrungen in einem langen Werkstück, wie beispielsweise Langlochferrulen, in einem vollautomatischen Prozess bearbeitet werden. Bei der CorBore 125 wird das konische Werkzeug gespannt, was auch bei grossen Aspektverhältnissen einerseits einen hohen Materialabtrag (bis 20 µm/Bearbeitungsschritt, dies entspricht 20% Abtrag in Bezug zum Rohbohrungsmass) und andererseits eine Korrektur des Bohrungsverlaufes ermöglicht.

## Bondingkapillaren:

Bondingkapillaren (Abb. 3) dienen als Werkzeug bei der Verbindung in der Halbleiterindustrie vom Chip zum Substrat (Pads). Die aus Keramik bestehenden Bondingkapillaren werden zum Führen und Ultraschall-Schweissen des Golddrahtes verwendet. Ausgehend von einer konischen Rohboh-



rung wird durch die Nachbearbeitung mittels MBS Verfahren ein zylindrischer Teil der Bohrung erreicht. Die Länge dieses zylindrischen Teiles kann auf ein bestimmtes Mass genau eingestellt werden. Neben der Anforderung an die Lochdurchmessertoleranz (µm-Bereich) spielt die Oberflächengüte eine erhebliche Rolle. Für die Bearbeitung dieser Kapillarenbohrungen hat sich der MicroBore Ansatz mit einem freiliegenden Draht durchgesetzt. Der Durchmesserbereich bewegt sich zwischen 15 µm und 60 µm.

## Kapillaren für Medizintechnik

Bei Kapillaren für die Medizintechnik kann eine definierte und sehr feine Oberfläche der Bohrung von grösster Wichtigkeit sein. Durch eine möglichst glatte Oberfläche in der Kapillare ist das unerwünschte Einnisten einer zu befördernden Flüssigkeit, wie beispielsweise ein Pharmazeutikum, möglichst gering zu halten. Bei Stahlröhrchen, für die Medizintechnik, mit den Dimensionen: 0,4 mm im Innendurchmesser und einer Länge von 55 mm konnte in einem zweistufigen Prozess (2. Stufe mit gebundenem Korn) eine wesentliche Verbesserung der Oberfläche von  $Rz = 3,6$  µm auf  $Rz = 0,16$  µm erreicht werden. In Abbildung 4 sieht man eine aufgeschliffene Kapillare mit unbearbeiteten und bearbeiteten Bereichen. Bei den unbearbeiteten Stellen ist die Ziehrinde deutlich zu sehen.

## Düsen

Typische Produkte, welche die Vorzüge des MBS voll ausschöpfen können, sind Canons oder Düsen jeglicher Art (beispielsweise Wasserstrahlschneider, Dosiergeräte, Ink Jet). Es sind höchste Anforderun-



Abb. 5 Inkjetdüsen linkes Bild Laserbohrung mit  $\varnothing$  ca. 70 µm; rechtes Bild nach Bearbeitung mittels MBS  $\varnothing$  150 µm

gen bezüglich Toleranz oder Oberflächenbeschaffenheit gefordert. Abbildung 5 zeigt die Rohbohrung (linke Bildseite), welche durch einen Laser in eine Inkjetdüsenplatte erzeugt wurde. Diese Bohrung weist einen grössten Innenkreis von ca. 70 µm auf. Durch Bearbeitung mittels MBS kann der Durchmesser in zwei Schritten auf 150 µm geöffnet werden. Der Bohrung wird dadurch eine Form (Rundheit, Zylindrizität) und Lage (Winkel) gegeben (Abb. 5, rechtes Bild). Es können auch nichtrotationssymmetrische Teile wie diese Inkjetdüsenplatte bearbeitet werden. Die Platte, bestehend aus  $Al_2O_3$ , weist 7 Bohrungen auf einer Linie auf und hat eine Dicke von 0,6 mm.

## Werkzeugerstellung

Bei der Bohrungsbearbeitung werden spezielle Werkzeuge (Drähte, Stäbe etc.) gebraucht, welche für den jeweiligen Bearbeitungsprozess angepasst werden. Wir haben dazu effiziente Fertigungsmöglichkeiten entwickelt und aufgebaut, um das Basismaterial wie Drähte ab Rolle und Stäbe schleifen zu können. Für die CorBore 125 werden beispielsweise Drähte mit einem Konus, beginnend bei einem Durchmesser von 100 µm auf den Enddurchmesser 125 µm, über eine Drahtlänge von 20 m hergestellt. Es sind aber auch wesentlich längere oder kürzere Drähte bearbeitbar. Mit diesem Verfahren können auch verschiedene Spannmuten oder weitere Geometrien, selbst im Mikrometerbereich, geschliffen werden.

## Literatur

- [1] Ehrfeld, W.: Handbuch Mikrotechnik, Carl Hanser Verlag 2002.
- [2] Müller, J.M.: Schweizer Maschinenmarkt, 12, 70-72, 2004
- [3] Maag, U.: Kleinste Bohrungen automatisch und präzise kalibrieren, Mikroproduktion 1, 20-23, 2003.

## IHR KONTAKT:

Dr. Patric Mikhail  
Microcut Ltd.  
Spezialmaschinenbau  
Rolliweg 21  
CH-2543 Lengnau BE  
Tel.: 0041/32/6541515  
Fax: 0041/32/6541516  
info@microcut.ch  
www.microcut.ch