

EFFIZIENT UND EINFACH: PRÄZISE BEARBEITUNG VON KLEINSTBOHRUNGEN

Starkes Finish von Kleinstbohrungen bis 15 μm

PATRIC MIKHAIL

Bohrungen mit einem Durchmesser von mehr als 2 mm können problemlos geschliffen oder gehont werden. Spätestens bei Durchmessern unter 1,2 mm stoßen derartige Verfahren aber an ihre Grenzen und sind nicht sinnvoll miniaturisierbar. Die schweizerische Firma Microcut bietet mit dem ›Micro Bore Sizing‹ (MBS) Lösungen zur Bearbeitung von Bohrungen bis zu einem minimalen Durchmesser von 15 μm an.

Konventionelles Bohren mit Zerspanungswerkzeugen, Laserbohren, Stanzen, Erodieren oder Abformen eines Kerns (PIM) sind Verfahren, die sich für mikrotechnische Anwendungen qualifizieren konnten. Sofern man keine allzu hohen Ansprüche an Präzision (Form, Maßhaltigkeit etc.), Oberflächengüte und Reproduzierbarkeit stellt, eignen sich diese Verfahren auch zur Herstellung von Mikrobohrungen. Allerdings machen die geforderten Bohrungsqualitäten in den Hochtechnologiebereichen eine Nachbearbeitung nötig. Bis zu einem Durchmesser von mehr als 2 mm kann noch leicht geschliffen oder gehont werden. Spätestens bei Durchmessern unter 1,2 mm sind derartige Verfahren jedoch nicht weiter miniaturisierbar. Insbesondere für harte Werkstoffe bietet die Firma Microcut mit dem ›Micro Bore Sizing‹ (MBS) eine Lösung an, die sich zur Bearbeitung von Bohrungen bis zu einem minimalen Durchmesser von 15 μm eignet (Bild 1).



BILD 1. Die ›UniBore 800‹ für die Bearbeitung von Bohrungen bis zu einem minimalen Durchmesser von 15 μm



BILD 2. Anstelle eines Drahtes können auch Stäbe für das MBS-Verfahren verwendet werden. Bohrungsdurchmesser von 0,25 bis 2 mm können auf diese Weise bearbeitet werden

Die Bearbeitung beginnt mit der abrasiven Abformung eines genauen Werkzeugs im Werkstück (Bild 2). Das Werkzeug im MBS-Verfahren besteht aus einem Trägerstab/Trägerdraht, einer Trägerflüssigkeit

und dem Abrasiv (typischerweise Mikrodiamant). Der Stab, der als Träger des Schleifmittels fungiert, wird mit diesem benetzt und in die bereits vorhandene Bohrung eingeführt. Mit dem konischen Teil des Trägerstabs wird die Rohbohrung vergrößert, und mit dem zylindrischen Abschnitt erreicht man einen gleichbleibenden Enddurchmesser der Bohrung. Das gilt auch für große Stückzahlen. Dank der definierten Genauigkeit des Trägerstabs und der stabilen Bearbeitungsbedingungen entfällt für den Anwender das langwierige Herantasten an den gewünschten Bohrungsdurchmesser und an die Geo-

metrie. Zusammen mit den Bearbeitungsbewegungen der kraftsensitiven Maschinen wird die Formtreue der Bohrung problemlos erreicht. Die erzielten Oberflächen und Genauigkeiten sowie die erreichbare Formtreue sind mit jenen des Läppens vergleichbar. Die spanabhebende kalte Bearbeitung verursacht keine gefügebdingte Materialschwächung der Randzonen.

Das MBS-Maschinensortiment beinhaltet anwendungsspezifische, modulare Maschinentypen. Kriterien für die Maschinenwahl sind der Durchmesser der zu bearbeitenden Bohrung, die Symmetrie des Werkstücks

HERSTELLER

Microcut Ltd.
CH-Lengnau
Tel. +41/32/6 54 15 15
Fax +41/32/6 54 15 16
www.microcut.ch

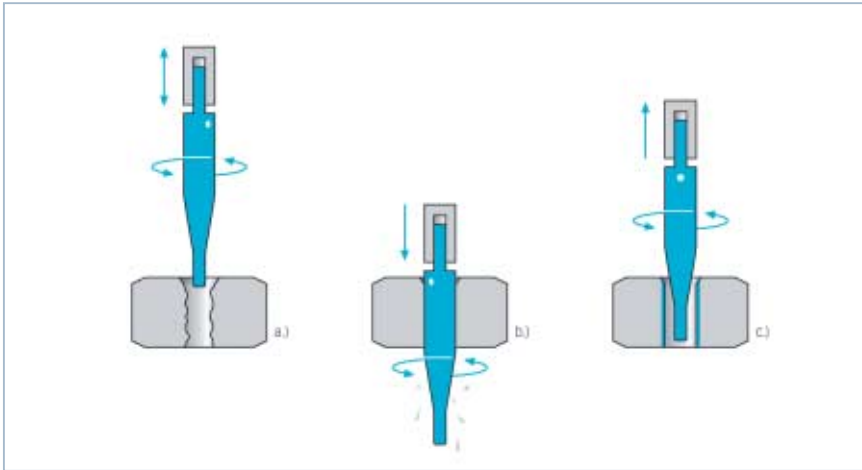


BILD 3. Grafisch dargestellt: der »Micro Bore Sizing«-Prozess

(rotationssymmetrisch / nichtrotationssymmetrisch), das Material, der Materialabtrag und die zu erzielende Geometrie der Bohrung sowie die Losgröße.

Die Maschinen stellen verschiedene Standard-Bearbeitungsprozesse zur Verfügung und führen auch kleinste, vom Auge kaum mehr erkennbare Werkzeuge durch die

Rohbohrung. Mit der Wahl des Werkzeugs hingegen kann die Oberflächenrauheit und die Abtragsleistung gesteuert werden.

Maschinen und Werkzeuge unter der Lupe

Die Werkzeuge, die als Draht oder Stab ausgeführt sein können, sind einteilig mit

einem konischen und einem zylindrischen Teil und werden als Standardwerkzeuge oder anwendungsspezifisch in der geforderten Genauigkeit hergestellt (Bild 2). Das Messen der Genauigkeit des Trägerstabs ist einfacher als die Kontrolle der Bohrung. Deshalb ist es wichtig, die Präzision des Stabs über die Prozessstabilität in die Werkstücke zu bringen und sich dadurch die Kontrolle der Bohrung zu ersparen. Wichtige Kriterien beim Trägerstab sind unter anderem die Geometrie, eine Spannut oder eine spezifische Beschichtung, die sich vor allem nach dem zu bearbeitenden Material richtet. Bei bestimmten Produktionsmaschinen wird der Trägerdraht auf der Maschine ab Rolle konfektioniert und so das verschlissene Werkzeug kontinuierlich ersetzt. Künftig können die Werkzeuge online definiert, kalkuliert und bestellt werden.

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

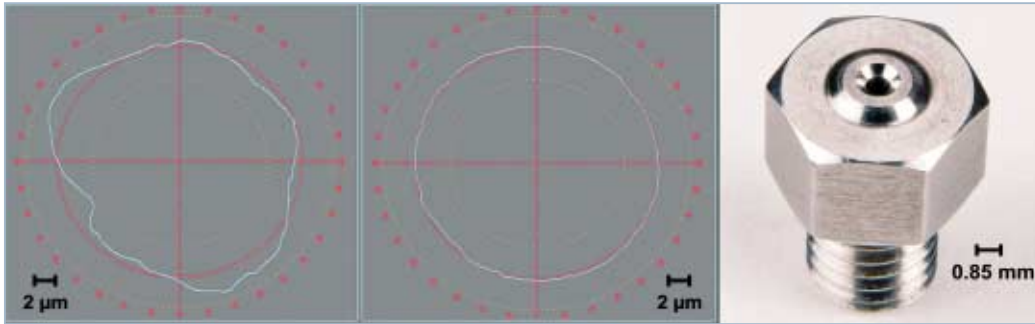


BILD 4. Die Düsenbohrung wurde konventionell mit einem Spiralbohrer eingebracht und weist dadurch eine Rundheit von $5\ \mu\text{m}$ auf. Aus der Nachbearbeitung mittels MBS resultiert eine Rundheit von $0,65\ \mu\text{m}$

Bei einem Bohrungsdurchmesser von $20\ \mu\text{m}$ und einem Rauheitswert R_t von $2\ \mu\text{m}$ kann ein Durchmesser nur gemittelt definiert werden.

Kriterien für die Bohrungsbearbeitung

Die Formtreue wird beim MBS-Verfahren vom Werkzeug vorgegeben und mittels der überlagernden Bewegungen (Rotation und Translation) noch verbessert, sodass die Rundheit der bearbeiteten Bohrung typischerweise genauer ausfällt als die des Werkzeugs. Die Düsenbohrung in Bild 4 wurde konventionell mit einem Spiralbohrer eingebracht und weist dadurch eine Rundheit von $5\ \mu\text{m}$ auf. Aus der Nachbearbeitung mittels MBS resultiert eine Rundheit von $0,65\ \mu\text{m}$. Um bei gedrehten Uhrzahnradchen aus gehärtetem Stahl eine Durchmesser-toleranz von $2\ \mu\text{m}$ sowie eine Oberflächengüte von $R_z = 0,2\ \mu\text{m}$ zu erreichen, ist ebenfalls eine Nachbearbeitung mittels MBS erforderlich (Bild 5).

Beim Erodieren von Bohrungen sind typischerweise Rauheitswerte R_z von $10\ \mu\text{m}$ (groberodiert), respektive $1,5\ \mu\text{m}$ (feinerodiert) zu erreichen. Mit dem MBS-Verfahren können R_z -Werte von $0,1$ bis $0,2\ \mu\text{m}$ realisiert werden. Die Oberflächengüte hängt von der Wahl der Diamant-Korn-

größe sowie des Materials des Trägerstabs ab. Fein polierte Oberflächen lassen sich in harten Materialien grundsätzlich einfacher erzeugen. Bei einer Hartmetallmatrize ist beispielsweise bei einer relativ hohen Abtragsrate eine Oberflächengüte R_z von $0,12\ \mu\text{m}$ möglich. Bild 6 zeigt links eine feinerodierte Oberfläche und dieselbe Oberfläche rechts nach der MBS-Bearbeitung. Auf diesem Weg ist man dem Ziel

konzentrische Bohrung wird von $125\ \mu\text{m}$ auf $127\ \mu\text{m}$ Nenndurchmesser geöffnet. Andererseits kann mit dem ›Corehead‹ (beidseitig gespannter Trägerstab) auf der ›Unibore 800‹ die Winkligkeit und Geradheit korrigiert werden.

Typische Werkstücke, die die Vorzüge des MBS ausschöpfen können, sind Düsen, Röhren und Buchsen. Mit der Maschine

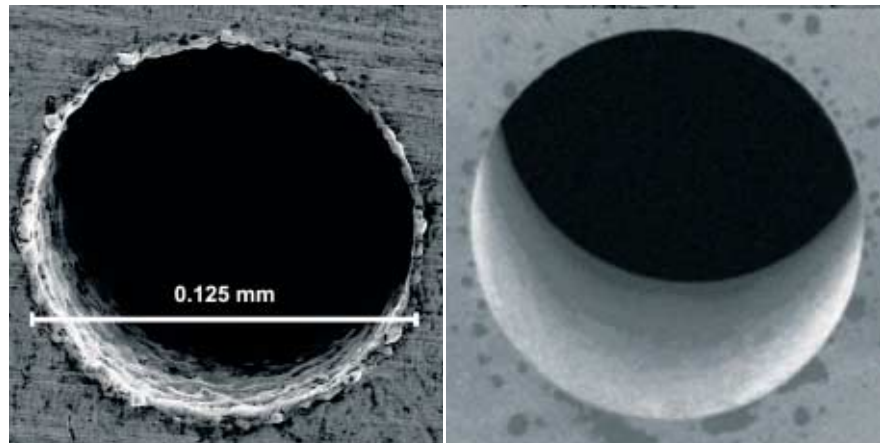


BILD 6. Eine feinerodierte Oberfläche eines Mikro-Bohrungsnormals vor (links) und nach der Bearbeitung mit MBS (rechts)

ein Stück näher gekommen, die Unsicherheit von Messungen mit dem opto-taktilen Taster zu reduzieren. Die bei tiefen Mikrobohrungen von mehr als $0,2\ \text{mm}$ Bohrungstiefe entstehenden Abweichungen, unter anderem durch optische Abschattungen, kann der Messtaster dank der hohen Oberflächengüte bestimmen. Die Winkligkeit und Position hingegen kann je nach Anwendung verändert oder nicht verändert werden. Keine Veränderung ist besonders interessant, wenn Winkel und Position bereits den Anforderungen entsprechen oder dies nachträglich durch Bearbeitung der Außengeometrie bewerkstelligt wird. So können Aufspan- und Zentrierprobleme von Werkstücken vermieden und das Aufmaß auf ein Minimum beschränkt werden. Ein Beispiel hierfür sind Ferrulen in Fiberoptik-Steckverbindungen. Die genaue

›Unibore 800‹ können nun auch kleine Bohrungen in großen nicht rotations-symmetrischen Werkstücken bearbeitet werden (Titelseite). Die elektrische Leitfähigkeit ist nicht relevant, dementsprechend können auch nicht leitende Werkstoffe bearbeitet werden. Es werden vorzugsweise harte Materialien wie Keramik oder Hartmetall, aber auch Stahl oder Glas bearbeitet. Die Anwendungsgebiete reichen von der Fiber-Optik über die Medizintechnik und Halbleiterindustrie bis zur Automobilindustrie und zum Werkzeugbau. ■



BILD 5. Gedrehtes Uhrzahnrad: Mittels MBS wird die Bohrung nachgearbeitet

Dr. Patric Mikhail
ist CEO von Microcut Ltd. in Lengnau;
patric.mikhail@microcut.ch