

Feinste Bearbeitung von Kleinstbohrungen

Nicht nur in der Elektronik, Automotive und Telekommunikation, sondern auch im Maschinenbau schreitet die Miniaturisierung der Produkte voran. Die Bedeutung der Mikrotechnik entwickelt sich dynamisch und wird in den nächsten Jahren noch deutlich wachsen. Dies ist auf allen Ebenen der Wertschöpfungsstufen innerhalb der Mikrotechnik zu beobachten

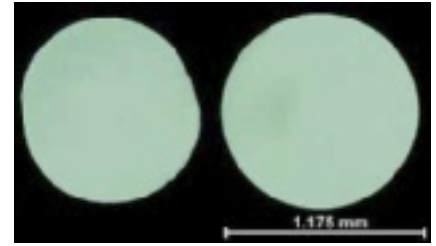
Um erfolgreich «miniaturisieren» zu können, genügt es oft nicht, alles einfach nur zu verkleinern. Beispielsweise muss die Materialwahl neu beurteilt werden, denn in der Mikromechanik ist die spanabhebende Bearbeitung von duktilen Werkstoffen äusserst kritisch, da schon geringste Gratbildungen sowie plastische Verformungen für die meisten Anwendungen nicht tolerierbar sind. Dies ist mit ein Grund, dass sich der Ein-

satz von Hartmetall, Keramik, Silizium oder polykristallinem Diamant (PKD) aufdrängt. Zudem können herkömmliche Bearbeitungsverfahren mit den dazu gehörenden Maschinen und Werkzeugen nicht immer in den Mikrometerbereich herunterskaliert werden, was vielfach einen Systemwechsel in der Bearbeitung bedingt. Sprödharte Werkstoffe werden vorwiegend mittels Schleif- und Polierverfahren, unter Verwendung von Diamant als Schneidstoff, bearbeitet.

Kleine Bohrungen

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

Bearbeitungsverfahren für kleinste Bohrungen zur Einhaltung geforderter Toleranzen (Form, Lage, Mass etc.) sowie der Oberflächengüte im Submikrometerbereich sind wenig bekannt. Während sich die Verfahren zum Bohren (Funkenerosion, Laser, Ultraschall, Tiefätzverfahren) in den letzten Jahren entwickelt haben, sind die Möglichkeiten bei der Nachbearbeitung rar geblieben. Mit den erwähnten Verfahren zur Bohrungserstellung lassen sich die geforderten Bohrungsqualitäten nicht immer erzielen, sodass eine Nachbearbeitung der Bohrung notwendig wird. Herkömmliche Verfahren wie Innenrundscheifen oder Honen stossen unterhalb von 1,2 mm im Bohrungsdurchmesser bezüglich ih-



Die Verbesserung von der Rohbohrung (links) zur mit Micro Bore Sizing bearbeiteten Bohrung ist optisch gut erkennbar. Das hier gezeigte Werkstück ist aus Keramik und wurde durch Extrusion hergestellt. Die Bohrung weist vor der MBS-Bearbeitung einen Rundheitswert von 45 µm, danach wird eine Rundheit von 1,2 µm gemessen.

rer Wirtschaftlichkeit und technischer Machbarkeit systembedingt an ihre Grenzen. Hinzu kommt, dass in diesem Durchmesserbereich ein zuverlässiges Messen der Bohrung an und für sich eine Herausforderung darstellt.

Micro Bore Sizing

Die Firma Microcut hat die oben erwähnte Ausgangslage aufgenommen und bietet mit dem Micro Bore Sizing (MBS) wirtschaftliche Lösungen zur Bearbeitung von Bohrungen mit Durchmessern ab 0,015 mm, insbesondere auch für harte Werkstoffe.

Einfach handhabbare Bearbeitungslösungen erlauben es, die Geometrie (Durchmesser, Rundheit, Zylindrizität) in enge Toleranzfelder zu bringen sowie die Oberflächenrauheit gezielt zu verbessern. Die Lage (Winkligkeit und Position) der Bohrung kann ebenfalls verändert werden. Das Micro Bore Sizing bildet ein kundenfreundliches System bestehend aus:

- Maschine
- Werkzeug
- Dienstleistung

Auf Abrasion basierend

Die Bearbeitung erfolgt durch eine abrasive Abformung eines genauen Werkzeuges im Werkstück. Das Werkzeug im MBS-Verfahren besteht aus Trägerstab/Trägerdraht, Trägerflüssigkeit und Abrasiv (typischerweise Mikrodiamant). Mit dem konischen Teil des Trägerstabes wird die Rohbohrung vergrößert und mit dem zylindrischen Abschnitt wird, auch über



Bilder: Microcut

Das MBS-Maschinensortiment beinhaltet anwendungsspezifische und universelle, modulare Maschinentypen. UniBore 800 ist die neueste Entwicklung für die Bearbeitung von Bohrungen mit einem Innendurchmesser von 0,25 mm bis 1,5 mm.

nachgefragt

Die Microcut Ltd.

Microcut Ltd. wurde 1995 gegründet und bietet Standardmaschinen und kundenspezifische Lösungen für die Bearbeitung von kleinen Bohrungen an (Micro Bore Sizing: MBS). Zusätzlich zum MBS hat Microcut eine weltweit bedeutende Marktstellung als Anbieter von Gesamtlösungen zur Herstellung von Ferrulen (Lichtwellenleiter-Steckverbindungen) in der Fiber-Optik-Industrie erlangt. Bis heute wurden über 400 Maschinen in Märkte wie Glasfasertechnik, Halbleiter-Industrie und Flachbildschirm-Herstellung vom Standort Lengnau (Schweiz) ausgeliefert. Die Kernkompetenz von Microcut lässt sich in drei Teilgebiete gliedern:

- Micro Bore Sizing (MBS): Bohrungsbearbeitung von Durchmessern 0,015 mm bis 1,5 mm
- Aussenrund- und Konzentritätsschleifen (OD Grinding): Aussenschleifen in eine Konzentrität bis 0,0005 mm und Drahtschleifen von Spule zu Spule
- Ferrulenfertigung: Gesamtlösungsanbieter für die Fertigung von Ferrulen für die Fiberoptik.

–rm–

grosse Stückzahlen, ein gleich bleibender Enddurchmesser der Bohrung erreicht. Durch die definierte Genauigkeit des Trägerstabes und die stabilen Bearbeitungsbedingungen entfällt für den Anwender das langwierige Herantasten an den gewünschten Bohrungsdurchmesser und an die Geometrie. Zusammen mit den Bearbeitungsbewegungen der kraftsensitiven Maschinen wird die Formtreue der Bohrung quasi automatisch erreicht. Die erzielten Oberflächen und Genauigkeiten sowie die erreichbare Formtreue sind mit jenen der Läpp-Technologie vergleichbar. Durch die spanabhebende (kalte) Bearbeitung tritt keine gefügebedingte Materialschwächung der Randzonen ein.

Vielfältige Kriterien für Maschinen ...

Das MBS-Maschinensortiment beinhaltet anwendungsspezifische und universelle, modulare Maschinentypen. Kriterien für die Maschinenwahl sind der

Durchmesser der zu bearbeitenden Bohrung, die Symmetrie des Werkstückes (rotationssymmetrisch/nichtrotationssymmetrisch), das Material, der Materialabtrag und die zu erzielende Geometrie der Bohrung sowie die zu bearbeitende Losgrösse. Die Maschinen stellen verschiedene Standard-Bearbeitungsprozesse zur Verfügung und führen auch kleinste, von Auge kaum mehr erkennbare Werkzeuge, kraftgesteuert und sicher durch die Rohbohrung.

... und Werkzeuge

Die Bearbeitungswerkzeuge bilden einen wichtigen Bestandteil des Micro-Bore-Sizing-Systems, da die Präzision des Durchmessers vor allem durch ihre Genauigkeit erreicht wird. Durch die Wahl des Werkzeuges kann zudem die Oberflächenrauheit und die Abtragsleistung gesteuert werden.

Die Trägerstäbe sind einteilig und bestehen aus einem konischen und einem zylindrischen Teil. Sie werden als Stan-

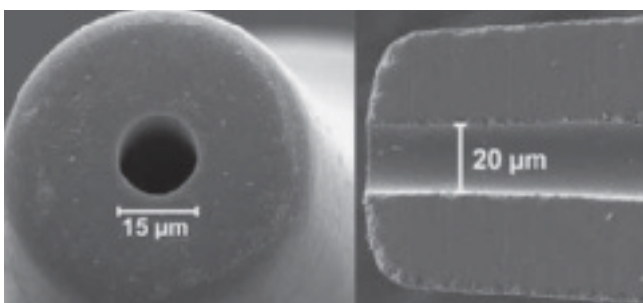
dardwerkzeuge oder abwendungsspezifisch in der geforderten Genauigkeit hergestellt. Das Messen der Genauigkeit des Trägerstabes ist einfacher als die Kontrolle der Bohrung, deshalb ist es wichtig, die Präzision des Stabes über die Prozessstabilität in die Werkstücke zu bringen und sich dadurch die Kontrolle der Bohrung zu ersparen. Wichtige Kriterien beim Trägerstab sind unter anderem die Geometrie, eine Span-Nut oder eine spezifische Beschichtung welche 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. Die Werkzeuge können in Zukunft online definiert, kalkuliert und bestellt werden.

Kriterien bei der Bearbeitung einer Bohrung

Mass, Form und Oberfläche sind bekanntlich unabdingbar miteinander verknüpft. Spricht der Anwender also von einer Toleranz des Bohrungsdurchmessers von zum Beispiel 3 µm, muss eine Rundheit genauer als 1 µm garantiert 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 verbessert, sodass die Rundheit der bearbeiteten Bohrung typischerweise genauer ausfällt, als die des Werkzeuges selber.



Bondingkapillare: Frontansicht und Schliffbild eines zylindrischen Bohrungsteils.



500-fache Vergrößerung einer Oberfläche von einer erodierten Bohrung in Stahl mit einem Rauheitswert Rz von 10 µm (links, groberodiert) respektive 1,5 µm (Mitte, feinerodiert) und einer mittels MBS optimierten Oberfläche mit einem Rz von 0,12 µm (rechts).

Bei einer Keramik-Ferrule (Schlüsselkomponente bei einer Glasfasersteckverbindung) kann eine Rundheit $\ll 0,5 \mu\text{m}$ erreicht werden.

Die Bohrungsgeometrie bei Bondingkapillaren ist typischerweise leicht konisch. Dies ist hauptsächlich durch das Fertigungsverfahren (Ceramic Injection Moulding) mit konischem Kern bedingt. Mit dem MBS wird nun der vorderste Teil der Bohrung zylindrisch ausgearbeitet, so bleibt die vorzügliche Masshaltigkeit auch dann bestehen, wenn an der Frontseite noch Material abgetragen wird.

Durchmesser und Masshaltigkeit

Durch den MBS-Prozess wird a) eine Bohrung vom Startdurchmesser auf den gewünschten Enddurchmesser gebracht und b) kann ein engeres Toleranzfeld eingehalten werden. Die Rohbohrung in Bild 2 wurde vom Durchmesser 1,020 mm auf 1,175 mm geöffnet und in ein Toleranzfeld von $\pm 0,001 \text{ mm}$ gebracht.

Oberflächenrauheit

Die zu erzielende Oberflächengüte ist im MBS-Prozess durch die Wahl der Diamant-Korngrösse und des Materials des Trägerstabes einstellbar. Möglichst fein polierte Oberflächen lassen sich grundsätzlich in harten Materialien einfacher erzeugen. Bei einer Hartmetallmatrize kann bei einer relativ hohen Abtragsrate eine Oberflächengüte von $R_z 0,12 \mu\text{m}$ erreicht werden.

Winkligkeit und Position

Die Winkligkeit und Position kann je nach Anwendung bewusst verändert, oder nicht verändert werden. Keine Veränderung ist besonders interessant, wenn Winkel und Position bereits den Anforderungen entsprechen oder dies nachträglich durch Bearbeitung der Aussen-Geometrie bewerkstelligt wird. So können Aufspann- und Zentrierprobleme von Werkstücken vermieden und das Aufmass auf ein Minimum beschränkt werden. Ein Beispiel hierfür ist die Ferrule in Fiberoptik-Steckverbindungen. Die genaue 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. Zur Korrektur der Position sind spezielle Vorkehrungen zu treffen.

Material und Werkstücke

Typische Werkstücke, welche die Vorzüge des MBS ausschöpfen können sind Düsen, Röhrchen und Buchsen. Mit der UniBore 800 können neu nun auch kleine Bohrungen in grossen nicht rotationssymmetrischen Werkstücken wie sie typischerweise in Einsätzen im Stanz- und Spritzguss-Werkzeugbau Verwendung finden, bearbeitet werden. Die elektrische Leitfähigkeit ist nicht relevant, dementsprechend können auch



im Fokus

Literaturhinweis

W. Ehrfeld, Handbuch Mikrotechnik, Carl Hanser Verlag 2002
 U. Maag, Kleinste Bohrungen automatisch und präzise kalibrieren, Mikroproduktion 1, 20–23, 2003
 P. Mikhail, Bearbeitungstechniken für Mikro- und Kleinstbohrungen, Mikro System Technik 2, 24–25, 2005

nicht leitende Werkstoffe bearbeitet werden. Es werden vorzugsweise harte Materialien wie Keramik oder Hartmetall aber auch weichere wie beispielsweise Stahl oder Glas bearbeitet. Die Anwendungsgebiete reichen von der Fiberoptik über die Medizinaltechnik und Halbleiterindustrie bis zur Automobilindustrie und den Werkzeugbau. –rm–

Info

Microcut Ltd.
 Rolliweg 21
 CH-2543 Lengnau BE
 Tel. 0041 32 654 15 15
 Fax 0041 32 654 15 16
 info@microcut.ch
 www.microcut.ch

Prodex, Halle 1.1, Stand J16

DR. P. MIKHAIL
 CEO der Microcut Ltd.