
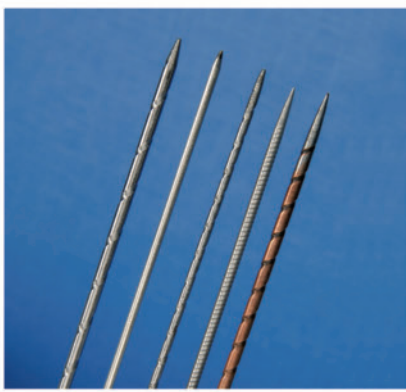


Qualitätskriterien kleiner ein Mikrometer prozesssicher erfüllen

Kleinstbohrungen in höchster Präzision

Die Firma Microcut bietet mit dem Micro Bore Sizing einen Systemansatz, bestehend aus Maschinen, Werkzeugen und Dienstleistungen, zum Honen und Innenrundlappen kleiner Bohrungen mit Durchmessern von 0,015 bis 2,5 mm.

| Maschinen | Werkzeuge | Dienstleistungen |
|--|---|---|
|  |  | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Beratung ▶ Kundenversuche ▶ Prozessarbeit ▶ Lohnfertigung ▶ Service |

1 Als Systemansatz entwickelt, umfasst das Micro Bore Sizing Maschinen, Werkzeuge und Dienstleistungen

VON PATRIC MIKHAIL

→ Es gibt diverse Gründe für eine Feinstbearbeitung von Rohbohrungen: Die geforderte Oberfläche und Maßhaltigkeit gehören ebenso dazu wie die Form, die im Rohzustand Unrundheit, Vorweite, Welligkeit, Konizität oder Bananenform aufweisen kann. Hier setzt das Micro Bore Sizing der Firma Microcut, Lengnau/Schweiz, an.

Das Micro Bore Sizing (MBS) ist eine wirtschaftliche Lösung zur Bearbeitung von Bohrungen ab einem Durchmesser von minimal 15 µm, insbesondere auch für harte Werkstoffe [1, 2]. Die Technologie erlaubt es, die Bohrungsgeometrie (Durchmesser, Rundheit, Zylindrizität) in enge Toleranzfelder zu bringen und die Ober-

flächenrauheit gezielt zu verbessern. Das Micro Bore Sizing ist ein kundenfreundliches System, bestehend aus Maschinen, Werkzeugen und Dienstleistungen (Bild 1).

Der MBS-Prozess ist einfach, stabil und reproduzierbar

Beim MBS-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, vielmehr können wie beim herkömmlichen Honen höhere Druckeigenstressungen generiert werden. Für die Bauteileigenschaften bedeutet das neben einer höheren Dauerfestigkeit auch eine geringere Neigung zur Rissbildung. Die einteiligen Werkzeuge

i HERSTELLER

Microcut Ltd.

CH-2543 Lengnau BE

Tel. +41 32 6541515

Fax +41 32 6541516

→ www.microcut.ch

ge bestehen aus einem konischen und einem zylindrischen Abschnitt. Während die Bohrung mit dem konischen Abschnitt vergrößert wird, übernimmt der zylindrische Teil das Kalibrieren, das heißt, Werkstück für Werkstück wird auf den gleichen Durchmesser gebracht.

Wie in Bild 2 schematisch dargestellt, verläuft der Micro-Bore-Sizing-Prozess stetig innerhalb einer Durchmesser-toleranz von beispielsweise $\pm 0,001$ mm (blaue Li- >>>



3 Bei der Bearbeitung eines Formeinsatzes für Spritzwerkzeuge konnte mittels MBS die Oberflächenrauheit, Geometrie und Durchmesser Genauigkeit einer 0,8-mm-Bohrung verbessert werden

Toleranzfenster von 1 µm kann die Standmenge von weniger als 100 bis zu mehreren Tausend Teilen variieren.

Der MBS-Prozess weist folgende Vorteile auf:

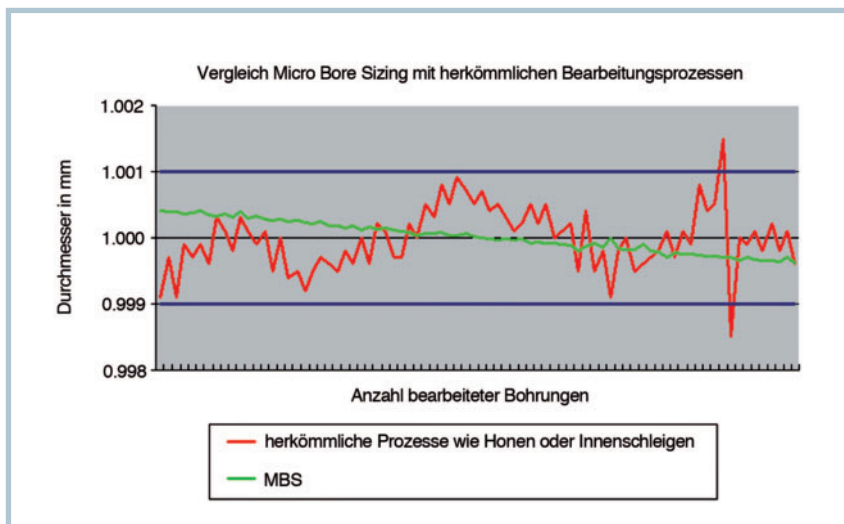
- minimaler Werkzeugverschleiß und somit verlängerte Werkzeuglebensdauer aufgrund großer diamantierter Belagslänge bis maximal 500 mm,
- Messsteuerung zur Korrektur der Geometrie und des Verschleißes entfällt, sodass mit vereinfachtem Prozess Kosten für Messsteuerung eingespart werden,
- einfache und daher weniger störungsanfällige Maschine,
- stabiler Prozess und hohe Reproduzierbarkeit.

In Tabelle 1 sind die mittels MBS typischerweise erreichbaren Werte für verschiedene Qualitätsmerkmale zusammengefasst.

Das Anwendungsfeld des Micro Bore Sizing ist sehr groß

Bild 3 zeigt den Formeinsatz für ein Spritzwerkzeug. Mittels Micro Bore Sizing wurden die Bohrungen für die Auswerferstifte nachgearbeitet, die hier einen Durchmesser von 0,8 mm aufweisen. Typischerweise werden solche Bohrungen mittels Funkenerosion hergestellt. Im Vergleich dazu konnten mit MBS die Oberflächenrauheit, Geometrie und Durchmesser Genauigkeit der Bohrung verbessert werden, was ein kleineres Spielmaß von Auswerfer zu Bohrung zulässt. Schlussendlich kann dadurch eine Gratbildung am Spritzteil vermieden werden, weil das Material nicht zwischen Bohrungswand und Auswerferstift eindringen kann. Kunden aus der Kunststoff-Spritzindustrie berichten, dass Spritzwerkzeuge, deren Bohrungen für Auswerfer bei Microcut bearbeitet wurden, einfacher in Betrieb genommen und die Werkzeuge bedeutend länger auf der Maschine gelassen werden können. Der Grund: Der Verschleiß an Auswerferstift und Bohrung ist viel geringer. Dies führt zu einer höheren Produktivität aufgrund kürzerer Maschinenstillstandzeiten.

Eine andere Anwendung im Spritzwerkzeugbau sind Nadelverschlussdüsen, die in der Regel mit einer Durchmesser Genauigkeit von 2 bis 4 µm zu fertigen sind. Zudem spielt die Rundheit der Bohrung eine wichtige Rolle. Mit dem traditionellen Schleifen ist dies ebenso schwierig zu er-



2 Die Prozessstabilität des MBS-Verfahrens zeigt sich im Vergleich mit herkömmlichen Bearbeitungsprozessen (Zieldurchmesser von 1,000 ± 0,001 mm)

» nien). Die grüne Kurve zeigt für den MBS-Prozess einen kontinuierlichen Verschleiß des Werkzeugs und somit eine kleiner werdende Bohrung. Bei anderen Prozessen wie dem herkömmlichen Honen oder Innenschleifen wird mit einer Messsteuerung gearbeitet, die durch eine Post-Process-Messung (teilweise auch Pre-Process-Messung) den Bearbeitungsprozess mittels einer Trendkorrektur steuert. Aufgrund von Übersteuerungen des Regelkreises können Prozessschwankungen auftreten und Teile außerhalb der Toleranz liegen. Das Micro Bore Sizing weist diese Abweichungen nicht auf. Beim herkömmlichen Honen müssen Maß und Form durch Werkzeugbewegungen und -zustellungen geregelt

werden, was einen stabilen Prozess erschwert. Bei Hon-Schleifsteinen mit Bindung (beispielsweise Kunstharz oder Bronze) müssen zusätzlich die veränderlichen Prozesskräfte über den Regelkreis erfasst und korrigiert werden.

Im Vergleich zu MBS-Werkzeugen weisen galvanisch gebundene Werkzeuge (kleinere Durchmesser) eine um den Faktor 200 kürzere Belagslänge auf, was zu schneller ändernden Prozesskräften aufgrund von Abnutzung führt. Der Werkzeugverschleiß und somit die Zahl der in Durchmesser-Toleranz gefertigten Teile ist beim Micro Bore Sizing abhängig vom bearbeiteten Material, der Bohrungslänge, dem Aufmaß und der Werkzeuggeometrie. Bei einem

reichen wie mit dem herkömmlichen Honen, weil die Bohrungslänge sehr kurz ist und das Werkstück mit der unzureichenden Führungslänge durch die Bohrung nicht kardanisch gelagert werden kann.

Passungssitz auf zwei Mikrometer genau bearbeiten

Ein Bearbeitungsbeispiel aus der Uhrenindustrie zeigt Bild 4, links. Dabei handelt es sich um ein sogenanntes Herz, das nicht rotationssymmetrisch aus Stahl gefertigt

Spann- und Bearbeitungsprozess beim MBS wird der dünne Steg zwischen Bohrung und Außenkontur nicht beeinträchtigt. Zudem wird der Forderung nach einer konstanten Lage der Bohrung entsprochen.

Bohrungsdurchmesser kleiner ein Millimeter exakt fertigen

Ritzwerkzeuge werden zur Herstellung von Glasplatten für Flachbildschirme benötigt, die in großen Mengen für Taschenrechner, Notebooks oder Handydisplays



4 Links: Werkstück Herz für das Uhrenmodell Ingenieur der Firma IWC, Schaffhausen.
Rechts: Pellaton-Aufzug mit Herz



wird. Mittels Micro Bore Sizing wird hier die Bohrung auf das Endmaß 1,296 mm gebracht (größte Bohrung im Bauteil). Eingesetzt wird das Herz im Pellaton-Aufzug des Uhrenmodells Ingenieur der Uhrenmanufaktur IWC aus Schaffhausen in der Schweiz (Bild 4, rechts). Der Pellaton-Aufzug gilt weithin als eines der effektivsten und zuverlässigsten bidirektionalen Systeme zum Aufziehen einer mechanischen Uhr. Der Passungssitz für den Lagerstein wird mit dem MBS-Verfahren in einer Genauigkeit von 2 µm bearbeitet. So lässt sich ein optimaler Presssitz des Uhrensteins gewährleisten. Defekte an Herz oder Stein beim Einpressen des Steins werden verhindert. Durch den schonenden

eingesetzt werden. Die gängigsten Ritzwerkzeuge, auch Scriber Wheels oder Schneidrädchen genannt, haben einen Außendurchmesser von 2 bis 3 mm und weisen als Hauptqualitätsfaktor einen maximalen Rundlauffehler von 0,002 mm auf. Dabei stellt die Qualität der Bohrung mit einem Durchmesser beispielsweise von 0,815 mm ($\pm 0,002$ mm) die Basis für die anschließende Schneidenbearbeitung und einen präzisen Ritzprozess dar. Weitere Kriterien sind die Oberfläche, Rundheit und Zylindrizität der Bohrung, die einen langlebigen, verschleißarmen Einsatz gewährleisten. Glasschneidrädchen bestehen vorrangig aus Hartmetall, wobei die Nachfrage zunehmend in Richtung >>>

| A Kennwerte bei der MBS-Bearbeitung | |
|-------------------------------------|--|
| Kriterium | Erreichbare Werte mit MBS |
| Durchmesserbereich | ab 0,015 mm loses Korn, 0,25 bis 2,50 mm gebundenes Korn |
| Durchmessertoleranz | +/- 0,5 µm |
| Aspektverhältnis | 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 etc. |
| Teilgeometrie | rotations- und nicht rotations-symmetrisch |
| Material | PKD, Saphir, Keramik, Hartmetall, Stahl, Metall-Legierungen, Glas, Kunststoffe |

Ab Durchmesser 0,015 mm können Bohrungen in hoher Qualität gefertigt werden

»» PKD geht (Bild 5), mit dem die Standzeiten wesentlich verlängert und die Rüstzeiten minimiert werden können.

Auf der UniBore 800 (Bild 1) werden PKD-Glasschneidradchen im vollautomatischen Prozess von einem Startdurchmesser mit circa 0,770 mm auf den Enddurchmesser 0,815 ± 0,002 mm gebracht. Die Fertigung findet über drei Bearbeitungsstationen statt. Dabei kommt – abhängig von der Härte (Korngröße) des PKD-Materials – alle ein bis vier Minuten ein PKD-Rädchen fertig bearbeitet von der Maschine. Der Rundteller auf der UniBore 800 kann mit 128 Teilen bestückt werden und bietet dadurch eine Autonomie der Maschine von mindestens zwei Stunden. Zusätzlich bietet Microcut auch eine Maschine (Center 31) für das Außenschleifen der Schneide an [3].

Die Bearbeitungsschritte auf einer UniBore 800 lassen sich verketteten

Bei duktileren Werkstoffen ist selbst bei schonender Bearbeitung mit einer Gratbildung zu rechnen. Im Praxiseinsatz von Düsen, Werkzeugen und vielen anderen Bauteilen spielt die Kanten-geometrie eine wichtige Rolle, denkt man an Durchflussmengen, Dichtflächen oder sich unzulässig lösende Späne. Deshalb ist es ausgesprochen wichtig, solche Kanten gratfrei auszubilden. Um dies zu erreichen, kann auf der UniBore 800 eine Bürststation in den Bohrungsbearbeitungsprozess integriert werden. Ein typischer Ablauf ist

demzufolge die Verkettung aus Vorhonen, Finish-Honen und Entgraten.

Ursprünglich für Kleinbohrungen entwickelt, zeigt das Micro Bore Sizing längst auch bei größeren Durchmessern seine Vorteile gegenüber etablierten Verfahren wie dem Honen. Auch bei Bohrungen mit Querlöchern oder Freistellungen bietet das MBS-Verfahren systembedingte Vorteile. Nicht zuletzt können mit der UniBore 800 kleine Bohrungen in großen nicht rotations-symmetrischen Werkstücken bearbeitet werden, wie sie zum Beispiel in Einsätzen im Stanz- und Spritzguss-Werkzeugbau Verwendung finden. ■

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, Vulkan-Verlag, Essen 2007, S. 362-370

2 Mikhail, P.: Micro Bore Sizing von Bohrungen ab einem minimalen Durchmesser von 0,015 mm. In: Schweizer Präzisions-Fertigungstechnik (2009), S. 33-35

3 Mikhail, P.: Bearbeitungsmaschinen für PKD-Ritzwerkzeuge für die Wachstumsbranche der Flachbildschirme. In: Industrie Diamanten Rundschau 38(2004), S. 412-413

Dr. Patric Mikhail ist CEO bei Microcut in Lengnau/Schweiz
 → patric.mikhail@microcut.ch