

1 Die Feinstbearbeitung einer Heißkanal-Verschlussdüse in einem Spritzgieß-Formeinsatz (gelb markiert) ist ein typischer Anwendungsfall für das Microcut Bore Sizing. Kennwerte wie Rundheit, Zylindrizität und Oberflächenrauheit lassen sich damit deutlich verbessern (© Microcut)

Bohrungsfeinstbearbeitung

Hochgenau in Maß und Form

Microcut Bore Sizing heißt ein Verfahren, mit dem sich sehr präzise und wirtschaftlich Bohrungen endbearbeiten lassen. Die Anzahl der Applikationen steigt stetig und reicht vom Automobilbau über die Medizin- und die Luftfahrttechnik bis zur Uhrenindustrie.

PATRIC MIKHAIL

→ Für die Notwendigkeit der Feinstbearbeitung einer Bohrung kann es mehrere Gründe geben. Ein gewichtiger: Die Bohrung genügt im ›Rohzustand‹ vor allem bezüglich Form, Oberfläche und Maßhaltigkeit den Funktionsanforderungen nicht. Typische Formfehler sind dabei Unrundheit, Vorweite, Welligkeit, Konizität oder Bananenform. Hier setzt die Technologie des Microcut Bore Sizing (MBS) an. In der Regel wird mit dem Wechsel von einer konventionellen Nachbearbeitung wie dem Honen oder dem Schleifen auf dieses Feinstbearbeitungsverfahren ein Qualitätssprung realisiert. Zudem lassen sich direkte oder indirekte Kosten reduzieren.

Für Durchgangsbohrungen in sehr hartem Werkstoff geeignet

Das MBS kann als Weiterentwicklung des Dornhonens (Einhubhonens) verstanden werden. Mit diesem Entwicklungsschritt

steigt die Leistung und erweitert sich das Anwendungsgebiet stark. Das Verfahren ist eine wirtschaftliche Lösung zur Funktionsoptimierung von kleinen und unterbrochenen Durchgangsbohrungen, besonders in harten und schwer zerspanbaren Werkstoffen. Die Technologie erlaubt es, Form, Oberfläche und Durchmesser einer Bohrung prozesssicher in sehr engen Toleranzfeldern zu fertigen.

MBS-Werkzeuge sind einteilig und einlagig mit Diamant oder CBN belegt (undefinierte Schneide) und haben einen konischen und einen zylindrischen Abschnitt. Die Werkzeuge werden auf das Sollmaß abgerichtet. Während des Bearbeitungsprozesses wird das Werkzeug von der Maschine kraftgesteuert mit Rotations- und Translationsbewe-

gungen (Mehrhub) durch die zu bearbeitende Bohrung ›getrieben‹.

Das MBS-Verfahren ermöglicht neue Anwendungen oder substituiert typischerweise konventionelle Verfahren wie Honen mit aufweitbarem Werkzeug, Einhub-Honverfahren (Dornhonens, Supersizing, Singelstroke), Innenrundsleifen, manuelles Dornläppen (Rodieren) oder Drahhonens.

Das Verfahren hat zwar seine Wurzeln in der Mikrotechnik, es wird aufgrund der genannten Vorzüge aber immer öfter auch für größere Bohrungen angewendet, entwickelt sich also entgegen dem allgemeinen Trend von kleinen zu größeren Durchmesserwerten.

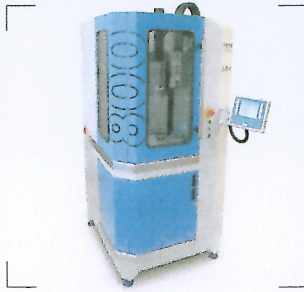
Das Prinzip ist einfach, die Prozesssicherheit hoch. Unter Berücksichtigung aller direkten und indirekten Aufwände stellt das MBS in der Regel ein überlegenes Kosten-/Nutzen-Verhältnis dar. Der Prozess verläuft stabil und kraftkontrolliert mit minimaler Streuung von Form, Oberfläche und Maß – auch in rauer

i HERSTELLER

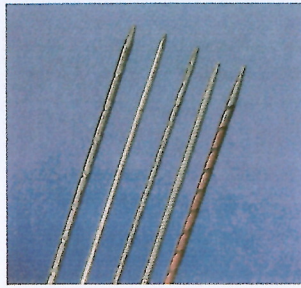
Microcut Ltd.
CH-2543 Lengnau
Tel. +41 32 654 15 15
www.microcut.ch



Maschinen



Werkzeuge



Dienstleistungen

- ▶ Beratung
- ▶ Kundenversuche
- ▶ Prozesserarbeitung
- ▶ Lohnfertigung
- ▶ Service

2 Die drei »Pfeiler« eines effektiven MBS-Systems: Maschinen, Werkzeuge und Dienstleistungen

(© Microcut)

Umgebung. Das Gesamtsystem ist einfach einstellbar, weil die Form (Zylinder) und die Maßhaltigkeit des Durchmessers nicht mittels Messen und Regeln eingestellt und erhalten werden müssen.

Man erhält grundsätzlich bessere Formgenauigkeiten (Lehrenqualität) als mit konventionellen Verfahren, besonders bei Bohrungen mit Freistellungen sowie extrem kurzen oder langen Bohrungen. Die entsprechenden Maschinen arbeiten nicht nur energieeffizient, sondern sind auch einfach bedienbar mit minimalem Abstimmungsaufwand, sodass sie sich auch für »Nicht-Spezialis-

ten« eignen. Außerdem sind auch sehr kleine Durchmesser bearbeitbar.

Das einteilige Werkzeug bestimmt den Enddurchmesser

Die Formgenauigkeit (Zylinderform) stellt sich automatisch, prozessbedingt ohne Messsteuerung ein, ähnlich wie beim Dornhonen. Den Enddurchmesser bestimmt das einteilige Werkzeug. Die einteiligen und somit maximal steifen Werkzeuge mit präzise abgerichtetem Maß definieren den Enddurchmesser praktisch unabhängig von den Umgebungsbedingungen (zum Beispiel Wär-

me). Im Verhältnis zum Durchmesser sind die MBS-Werkzeuge sehr lang; ihre beschichtete Länge beträgt typischerweise 350 mm. So kann auch ein relativ großes Aufmaß abgetragen werden (konischer Werkzeugabschnitt), und der Verschleiß pro Teil ist minimal (zylindrischer Werkzeugabschnitt). An dem einlagig beschichteten Werkzeug treten keine spontanen Veränderungen wie Kornausbruch auf. Man nutzt es auch gern manuell, etwa auf einer Drehbank, beispielsweise im Werkzeugbau. Der Werker übernimmt in diesem Fall die kraftkontrollierte Führung. »

Der Vorschub des Werkzeugs geschieht kraftkontrolliert. So wird beispielsweise eine elastische Aufweitung eines dünnwandigen Bauteils vermieden. Das Werkzeug wird nicht unter- oder überfordert; unproduktives ›Luftschleifen‹ gibt es nicht. Zu kleine oder zu große Roh-Bohrungsdurchmesser werden erkannt und abgefangen, Werkzeugbrüche verhindert.

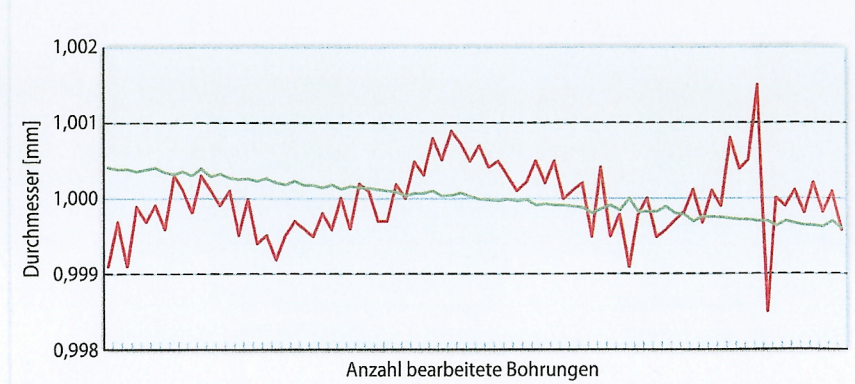
Eine wichtige Komponente ist die Werkstückaufnahme. Schließlich darf das Werkstück beim Fixieren nicht verformt werden. Die Werkstücklage wird in der Regel von der Werkzeugachse bestimmt.

Grundsätzlich eignet sich das Verfahren für kleine Losgrößen, wie sie im Formenbau üblich sind, aber auch für Großserien. Ist einmal ein Werkzeug definiert und verfügbar, lässt sich dieser Durchmesser sehr schnell und sicher reproduzieren.

Wegen des einfachen, stabilen Prozesses, der gut ohne Messsteuerung funktioniert, rentieren sich auch einfache Automatisationslösungen, die direkt mit der Maschinensteuerung kontrolliert werden können. Der Hersteller bietet entsprechende skalierbare Lösungen an.



4 Die hohen Genauigkeitsanforderungen beim Bearbeiten dieser Schieberhülse mit Querbohrungen für hydraulische Anwendungen erfüllte das MBS problemlos (© Microcut)



© Schweizer Präzisions-Fertigungstechnik

3 Präzisionsvergleich von MBS und herkömmlicher Bearbeitung. Grün: MBS, Rot: Verfahren wie Honen oder Innenschleifen mit Messsteuerung (© Microcut)

Eine zentrale Eigenschaft des MBS ist die minimale Streuung der Bearbeitungsergebnisse, sodass keine Teile aufgrund einer Streuung außerhalb der Toleranz liegen. Beim üblichen Honen oder Innenschleifen müssen über einen Mess-Regelkreis die Form durch die Hublage und -länge und das Maß über die Zustellung des Werkzeugs permanent gesteuert werden. Es gilt auch zu beachten, dass die Unsicherheit einer bearbeitungsnahen Messung, vor allem der Form, beachtlich ist. Des Weiteren müssen die Werkzeuge gegebenenfalls abgerichtet werden oder erneuern sich spontan selbstständig, was sich wiederum negativ auf die Streuung auswirkt.

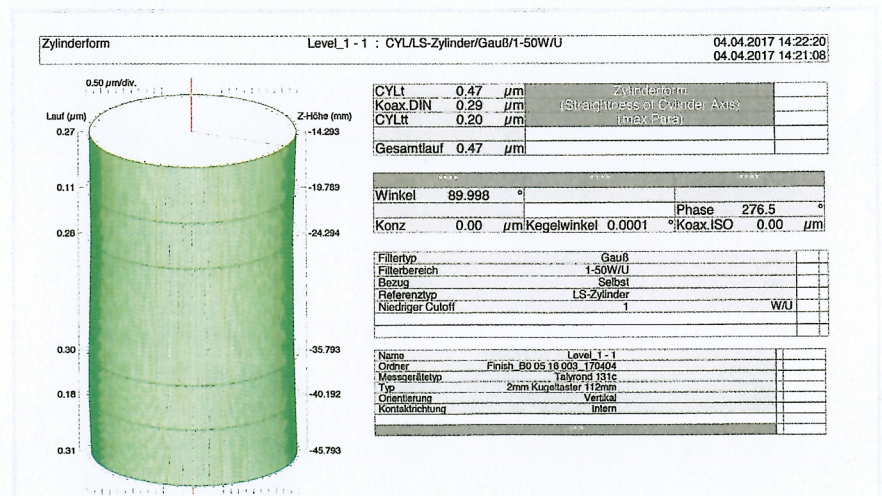
Merkmale: Minimale Streuung der Bearbeitungsergebnisse

Der MBS-Prozess verläuft stetig und nicht sprunghaft innerhalb einer Durchmesser-Toleranz von beispielsweise $\pm 0,001$ mm. In Bild 3 zeigt die grüne

Kurve für MBS einen kontinuierlichen minimalen Verschleiß des Werkzeugs und somit eine kleiner werdende Bohrung.

Der Werkzeugverschleiß und somit die Anzahl der Teile in der Durchmessertoleranz ist abhängig vom Werkstoff, von der Bohrungslänge, vom Aufmaß und von der Werkzeuggeometrie. Das kann von weniger als 100 bis zu mehreren Tausend Teilen bei einem Toleranzfenster von $1 \mu\text{m}$ variieren. Systembedingt ist der Prozess nicht temperatursensitiv, das heißt, auch größere Temperaturschwankungen oder das Aufstarten der Produktion haben auf die Maßhaltigkeit des Bohrungsdurchmessers praktisch keinen negativen Einfluss.

Wegen der ›kalten‹ mikrospanenden Bearbeitung werden beschädigte Randstrukturen abgetragen, und die Bohrungsrandschicht wird zusätzlich verdichtet (Druckeigenspannungen). Die Oberflächenstruktur lässt sich definieren und beliebig oft reproduzieren; typischer-



5 Der Messschieber der Schieberhülse aus Bild 4 belegte folgende erzielte Werte: Zylinderform CYLT = $0,47 \mu\text{m}$, Geradheit der Zylinderachse Koax. Din = $0,29 \mu\text{m}$ und Rundheit auf einer Ebene RONT = $0,06 \mu\text{m}$ (© Microcut)



weise wird eine Rauheit R_a von $0,05 \mu\text{m}$ (N_2) mit Werkzeugen mit gebundenem Korn erreicht. In harten Werkstoffen wie Hartmetall lässt sich mithilfe von losem Korn und Spezialwerkzeugen eine spiegelglatte Oberfläche erzeugen.

Anwendungsbeispiele belegen die Leistungsfähigkeit

Zu den Anwendungsbeispielen, die die Leistungsfähigkeit des Verfahrens belegen, gehört das eines hydraulischen Steuerventils. Bei solchen Steuerventilen oder Schieberhülsen mit Querbohrungen (Bild 4) werden in diversen Industriezweigen wie der Luftfahrtbranche oder dem Automobilbau sehr hohe Anforderungen an die Zylinderform (Rundheit und Geradheit) der Bohrung und an die Oberfläche gestellt (Bild 5).

Da die MBS-Werkzeuge einteilig sind und auf einer Länge von 350 mm beschichtet, liegt das Werkzeug im Umfang der Bohrung und auf der vollen Länge überall an. Das führt dazu, dass

die Bohrung bestmöglich in der Geradheit korrigiert werden kann. Zudem kommt der Vorteil auch in der Rundheit zum Tragen, da die Flächenpressung zwischen Werkzeug und Bohrungswand sehr homogen verteilt ist. Bei einem Werkzeug wie einer kurzen Honahle oder einem Schleifstift, das kürzer ist als die Bohrungslänge, ändern sich die Kräfte aufgrund der Querbohrung viel stärker, was sich in der Form der gefertigten Bohrung widerspiegelt.

In einem zweiten Praxisbeispiel spielt eine Rolle, dass mit MBS alle Bewegungen und Kraftmessungen vom Werkzeug bewerkstelligt werden. So lassen sich auch kleine, sehr kurze, abgesetzte Bohrungen in relativ großen Einsätzen bearbeiten. Die Lage der Bohrung im Werkstück wird dabei nicht verändert.

Ein zweites Beispiel betrifft eine zentrale Anwendung im Spritzwerkzeugbau: Verschlussdüsen (Bild 1). Hier ist es wichtig, dass die Nadel sehr exakt dichtet, was eine bestmögliche Form und

Oberfläche sowie ein exaktes Maß der Bohrung voraussetzt. So wird eine minimale Gratbildung am Spritzteil erreicht.

Aufgrund der nun geometrisch viel präziseren Bohrung kann der Durchmesser der Nadel genauer definiert werden, was zu einem minimalen Paarungsspiel führt. So vermeidet man die Gratbildung am Spritzteil vom ersten Schuss an, denn kein Material ist zwischen Bohrungswand und Nadel. Die Vorteile einer sehr zylindrischen Bohrung mit optimierter Oberfläche zeigen sich vor allem bei Nadelführungen über die Zeit der Produktionsphase: Die Heißkanalsysteme können länger auf der Maschine genutzt werden, weil der Verschleiß an Nadel und Bohrung viel kleiner als bisher ausfällt. Das steigert die Verfügbarkeit und reduziert Wartungsarbeiten am Werkzeug erheblich. ■

Dr. Patric Mikhail ist Geschäftsführer von Microcut in Lengnau/Schweiz
patric.mikhail@microcut.ch