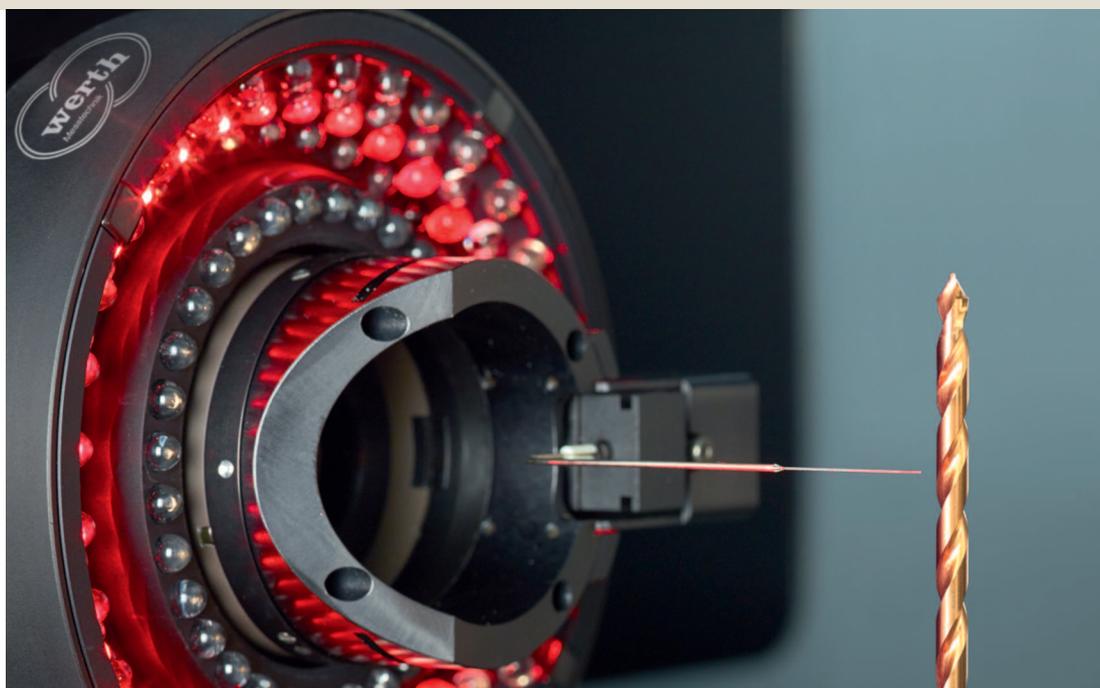


Mikrowerkzeuge und -topografien in allen Facetten

Mikrofräser und Sonderwerkzeuge aus Hartmetall oder Diamant sind teilweise nur einige zehntel Millimeter groß und verfügen über **SCHNEIDKANTEN** in perfekter Schärfe mit Radien von wenigen Mikrometern. Die Messung solcher Geometrien ist eine der größten Herausforderungen für die berührungslose und taktile Koordinatenmesstechnik.

Bild 1. Der Werth Fasertaster bietet sich zur Messung von Kantenverrundungen an



CHRISTOPHER MORCOM

Aufgrund der allgemeinen Miniaturisierung müssen auch Werkzeuge aus Hartmetall und Diamant immer kleiner und genauer hergestellt werden, um beispielsweise Mikrozahnräder für Getriebe produzieren zu können. Zusätzlich führt das Streben nach Ästhetik zu komplexeren und detailreichen Formen, zum Beispiel bei der Herstellung von Smartphones. Auch an relativ großen Werkzeugen werden häufig die Oberflächen mit Mikro-

topografien versehen, um das Schneidverhalten zu verbessern. So stellt beispielsweise die Bearbeitung von Titan und CFK hohe Anforderungen an die Werkzeuge, die oft eine Anpassung der Mikrotopografie der Schneidkanten verlangen.

Bei der Werkzeugmessung kann zwischen Außenkontur- und Querschnittsmessungen unterschieden werden. Außenkonturmessungen sind beispielsweise Messungen von Durchmesser, Rundlauf, Radien, Stufenwinkel und der Wirkkontur. Querschnittsmessungen betreffen den Span- und Freiwinkel sowie die Spanraum- und die Kantengeometrie (**Bild 1**).

> KONTAKT

HERSTELLER
Werth Messtechnik GmbH
 35394 Gießen
 Tel. +49 641 7938-0
 Fax +49 641 7938-719
 mail@werth.de
www.werth.de

Messung der Außenkontur mit Bildverarbeitung

Für Außenkonturmessungen werden oft Koordinatenmessgeräte mit Bildverarbeitungssensor eingesetzt, um eine schnelle, reproduzierbare Messung aller Merkmale zu gewährleisten. Grundsätzlich kann zwischen zwei unterschiedlichen Bildverarbeitungsprinzipien unterschieden werden. Meist basiert die



Bild 2. Mikrofräser mit Durchmessern von unter 1 mm

Quelle: Zecha Hartmetall-Werkzeugfabrikation

Software auf einem sogenannten Edge Finder, der Kanten Punkt für Punkt erkennt. Diese Systeme sind anfällig für lokale Störungen, zum Beispiel Staub und Schleifspuren. Dagegen identifizieren Systeme mit Konturbildverarbeitung die aus den einzelnen Punkten gebildete Kontur, sodass zum Beispiel Staub und andere Störungen gezielt herausgefiltert werden können. Die Auswertung der Grauwertamplituden bei der Positionsbestimmung (Subpixeling) erhöht die Ortsauflösung und verringert so die Messunsicherheit. Diese Konturbildverarbeitung erlaubt auch eine automatische Konturverfolgung über das Sehfeld des Sensors hinaus.

Je enger die Toleranzen und je höher damit die Anforderungen an die Messunsicherheit sind, desto höher muss die optische Vergrößerung sein (**Bild 2**). Eine intensive Vergrößerung bedingt jedoch ein kleines Sehfeld mit geringer Schärfentiefe. Dies erschwert die Bedienung, da die Optik sehr genau positioniert werden muss. Aufgrund des kleinen Sehfelds ist die Messgeschwindigkeit geringer, und es dauert länger, die gesamte Außenkontur zu erfassen.

Um sowohl eine hohe Messgeschwindigkeit als auch eine geringe Messunsicherheit zu ermöglichen, werden entweder mehrere Objektive mit unterschiedlichen Vergrößerungen und Blickwinkeln oder eine einzelne Optik mit variabler Vergrößerung eingesetzt. Für mehrere Objektive ist der gemeinsame Messbereich jedoch aufgrund des Sensorversatzes eingeschränkt. Die temperaturabhängige Drift des Sensorversatzes verursacht zusätzliche Messabweichungen, sodass eine Zoomoptik mit variabler Vergrößerung eine deutlich bessere Lösung ist.

Der Werth Zoom ermöglicht eine hohe Reproduzierbarkeit der unterschiedlichen Vergrößerungen durch motorische Verschiebung der Linsenpakete. Neben der Vergrößerung kann auch der Arbeitsabstand variiert werden, sodass sonst unzugängliche Merkmale kollisionsfrei gemessen werden können. Das Multisensor-System von Werth erlaubt das vollautomatische Einwechseln diverser anderer Sensoren, zum Beispiel konventioneller Tastsysteme oder

des Werth-Fasertasters, ohne Sensorversatz direkt vor dem Bildverarbeitungs-Strahlengang.

Mithilfe der Zoomoptik kann die Ausrichtung in niedriger Vergrößerung und die anschließende Messung in hoher Vergrößerung durchgeführt werden (**Bild 3**). Telezentrische Objektive mit konstanter Bildgröße auch außerhalb der Fokusebene ermöglichen eine genaue Messung von Rundfasen und axialen Hinterschliffen. Der variable Arbeitsabstand erlaubt die Messung großer Werkzeuge, zum Beispiel von Diamant-Schleifscheiben. In Verbindung mit dem variablen Arbeitsabstand bietet der Werth-Multi-Ring, ein 8-Segment-Ringlicht mit einstellbarem Beleuchtungswinkel, eine hohe Flexibilität bei der Darstellung von Mikrofacetten und Mikroradien.

Rotationswerkzeuge werden durch die Aufnahme mehrerer Bilder der Außenkontur in unterschiedlichen Drehlagen gemessen. Die Bilder werden zusammengesetzt, um die Wirkkontur darzustellen. Auch das Hüllkonturscanning verfügt über eine integrierte 3D-Taumelkompensation, um Fehler des Spannmittels zu korrigieren. Sehr lange Mikrowerkzeuge sind oft nicht gerade und daher ohne taumelkorrigierte Positionierung der Kamera nicht messbar. Die hohe Vergrößerung der Zoomoptik erlaubt die Wirkkonturmessung kleinster Details, zum Beispiel von Hartmetall-Mikrofräsern mit 0,1 mm Durchmesser und 10 bis 20 µm Eckenradius (**Bild 4**).

Eine Außenkonturmessung ist auch für feststehende Drehwerkzeuge und Wendeschneidplatten sehr wichtig. Deutliche Vorteile in Bezug auf Messgeschwindigkeit und Auflösung werden mit dem patentierten Rasterscanning erzielt. Viele überlappende Bilder werden in der Bewegung sehr schnell aufgenommen und die Bilder zu einem Gesamtbild zusammengesetzt. So wird zum Beispiel die komplette Außenkontur gescannt. Es können große

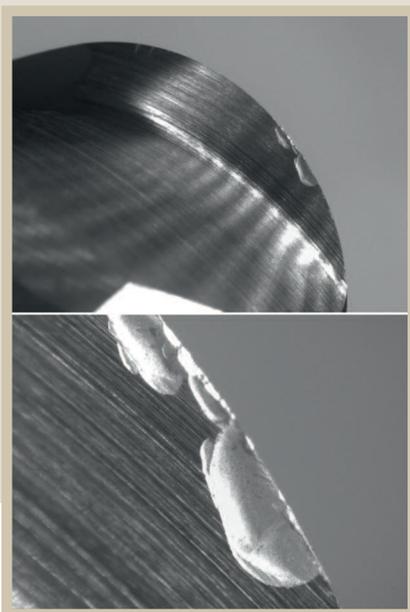


Bild 3. Schnelle Ausrichtung mit dem Werth Zoom in niedriger Vergrößerung (oben), hochgenaue Messung mit hoher Vergrößerung (unten)

führt zu einer Verbesserung der Messunsicherheit. In dem Gesamtbild kann die Bestimmung der Maße so einfach wie bei der Messung ›im Bild‹ erfolgen. Auch die Offline-Auswertung gespeicherter Bilder ist möglich, um zum Beispiel nachträglich Maße zu ergänzen. Da keine Positionierung des Sensors auf jedes einzelne Merkmal notwendig ist, wird die Messzeit vor allem bei vielen Maßen stark reduziert. Das Messgerät ›QuickInspect MT‹ von Werth nutzt Raster-scanning, um Wendeschneidplatten fertigungsnah mit hoher Genauigkeit und Messgeschwindigkeit zu messen.

Messung des Querschnitts mit Multisensorik

Messungen des Querschnitts liefern viele Parameter, die für die Werkzeugleistung entscheidend sind, unter anderem Spanraumform, Rauheit, Spanwinkel, Kantenpräparation und Hinterschliff. Die meisten Werkzeugmessgeräte messen nur Schnitte orthogonal zur Werkzeugachse. Schnitte orthogonal zur Schneide sind jedoch oft auch von Interesse, da sie dem Verlauf der Spanbildung und Abfuhr folgen. Für die Messungen werden unterschiedliche berührungslose Verfahren eingesetzt, zum Beispiel Fokusvariation, Laserabstandssensoren und chromatische Fokussensoren. Diese liefern häufig gute Ergebnisse, stoßen aber bei hochglänzenden beziehungsweise transparenten Werkstoffen, zum Beispiel Diamant, an ihre Grenzen.

Fokusvariationsverfahren sind aufgrund des Messprinzips vom Oberflächenkontrast abhängig, sodass Messungen an stark reflektierenden Oberflächen (polierte oder beschichtete Hartmetallwerkzeuge) und transparenten Materialien (Diamantwerkzeuge) schwierig oder unmöglich sind. Aufgrund des geringen Kontrasts können lokale Reflektionen als Oberflächenstrukturen ausgewertet und die Messpunkte verfälscht werden.



Bild 4. Mikrofäser mit einem Eckenradius von 0,02 mm

Quelle: Karnasch Professional Tools

Der ›Werth Laser Probe‹ (WLP) nutzt nach dem Foucault-Prinzip den Öffnungswinkel des telezentrischen Zoom-Objektivs als Triangulationswinkel, um den Abstand zur Werkzeugoberfläche zu bestimmen. Mit diesem Sensor ist die Messung auch kontrastarmer Oberflächen möglich. Der WLP ist ohne Sensorversatz in den Strahlengang der Optik integriert und der gemeinsame Messbereich daher uneingeschränkt. Durch Beobachten des Laserspots mithilfe des Bildverarbeitungssensors wird die Bedienung vereinfacht. In Verbindung mit einer hochvergrößernden telezentrischen Optik lassen sich mit dem WLP kleinste Details messen, zum Beispiel Nutparameter an Mikrobohrern.

Der ebenfalls berührungslose Sensor ›Chromatic Focus Point‹ (CFP) nutzt mit einer speziellen Optik den Effekt, dass das Spektrum des weißen Lichts mit unterschiedlichem Abstand scharf abgebildet wird, und verfügt über einen größeren Messbereich als der WLP. Dadurch ist bei kleinen Werkzeugen ein schnelles Scanning des Nutenprofils innerhalb des Messbereichs ohne zeitaufwendiges Nachregeln entlang der optischen Achse möglich. Der CFP ist weitgehend oberflächenunabhängig und eignet sich auch für die Messung von hochreflektierenden oder transparenten Werkzeugen.

Trotz aller Vorteile berührungsloser Sensoren sind in vielen Fällen zusätzliche taktile Messungen notwendig. Kleine oder empfindliche Werkzeuge aus Hartmetall oder Diamant können jedoch mit konventionellen Tastsystemen oft nicht gemessen werden. Die kleinsten industriell anwendbaren konventionellen Taster haben Tastkugeln mit etwa 0,3 mm Durchmesser und sind somit für viele Anwendungen zu groß. Kleinere Kugeln würden einen dünneren Taster nachschaffen notwendig machen, was die Bruchgefahr unzumutbar erhöhen würde. Die Antastkraft konventioneller Taster beträgt circa 100 mN, sodass die Schneidkanten unter Umständen beschädigt würden.

Eine Lösung steht mit dem Werth-Fasertaster (›Werth Fiber Probe‹, WFP) zur Verfügung. Der WFP ist als 2D- und 3D-Taster verfügbar und seit mehr



Bild 5. Mikrowälzfräser mit einem Modul von weniger als 0,05 mm Quelle: Schnyder

als 15 Jahren industriell erprobt. Er besteht aus einer Glasfaser, an deren Ende sich eine beleuchtete Glaskugel mit einem Durchmesser von 20 µm bis circa 200 µm befindet. Der Fasertaster wird mithilfe des Werth-Multisensorsystems direkt vor den Bildverarbeitungssensor eingewechselt. Die Tastkugel befindet sich dann in der Fokusebene des Objektivs. Die Auslenkung der Kugel beim Kontakt mit der Werkstückoberfläche wird optisch erfasst. Wie bei konventionellen messenden Tastern ist auch mit dem WFP ein geregeltes Scanning mit automatischer Verfolgung der Werkstückoberfläche möglich. Der Mikrotaster erreicht mit geeigneten Geräten eine sehr geringe Antastabweichung von unter 0,25 µm. Die sehr geringe Antastkraft von etwa 1 mN erlaubt zuverlässig beschädigungsfreies Messen.

Mit dem WFP können auch spiegelnde und transparente Flächen gemessen werden, sodass er besonders zur Messung von Kantenverrundungen an Hartmetall- und Diamantwerkzeugen geeignet ist. Radien unter 5 µm können prozesssicher erfasst werden. Auch die Schärfe einer perfekten Kante (Radius 0 µm) lässt sich mit dem Fasertaster messen. Eine weitere Anwendung ist die Messung von Hinterschliffprofilen an Mikrowälzfräsern, Schneid- und Schälrädern (Bild 5).

Vorstoß in neue Dimensionen

Für die Außenkonturmessung bieten sich flexible Bildverarbeitungssensoren wie der Werth Zoom mit Hüllkontur- und Raster-scanning an.

Durch die Integration eines Laserabstandssensors und des Fasertasters erhält man ein leistungsfähiges Multi-sensor-Koordinatenmessgerät, mit dem alle gewünschten Merkmale erfasst werden können. Mit dem Laserabstandssensor werden Querschnittsmessungen durchgeführt, beispielsweise von Span- und Freiwinkel sowie Spanraumform. Mit dem WFP können zusätzlich die Kantenverrundung und Hinterschnitte gemessen werden.

Eine vollständige dreidimensionale Erfassung war bis vor Kurzem für die Werkzeugindustrie nicht ausreichend genau möglich. Seit Neuestem steht mit dem »Chromatic Focus Line« (CFL) ein Liniensensor für die Messung hochgenauer Hartmetall- und Diamantwerkzeuge zur Verfügung. Mit dem neuen Sensor kann die gesamte 3D-Außengeometrie inklusive Mikrotopografie der Kanten sehr schnell und mit geringer Messunsicherheit erfasst werden (Bild 6). ■ MI110478

AUTOR

CHRISTOPHER MORCOM ist Geschäftsführer der Tool MT GmbH, eines Unternehmens der Werth Gruppe.

Bild 6. Ergebnis aus CFL-Messung der Spitzengeometrie eines Bohrers: STL mit hoher Detailauflösung

