

Multisensorik oder Röntgentomografie?

Die Messaufgabe bestimmt die Wahl des Koordinatenmessgeräts

Für eine effiziente Nutzung der Koordinatenmesstechnik in der Qualitätssicherung muss das Messgerät der richtigen Genauigkeitsklasse und Größe mit dem geeigneten Sensor bzw. der geeigneten Multisensorik ausgestattet werden. Dabei ist es oft sinnvoll, berührungslose mit taktilen Sensoren zu kombinieren. Die Eignung des Sensors für die Lösung der Messaufgaben hängt jedoch von verschiedenen Kriterien ab.

Schirin Heidari Batani

Beim Einsatz von Multisensorik werden verschiedene Messprinzipien kombiniert. Man unterscheidet im Wesentlichen zwischen optischen Sensoren, die das Licht zur primären Signalüber-

tragung nutzen, und taktilen Sensoren, bei denen das Signal durch eine Berührung zwischen Werkstück und Sensor entsteht und durch den Taststift mechanisch auf einen Wandler übertragen wird. Die weitere

Signalverarbeitung erfolgt dann elektronisch. Ein Sonderfall sind die taktil-optischen Sensoren, bei denen die Information zum Berührungspunkt zunächst direkt oder zumindest nahezu direkt durch ein

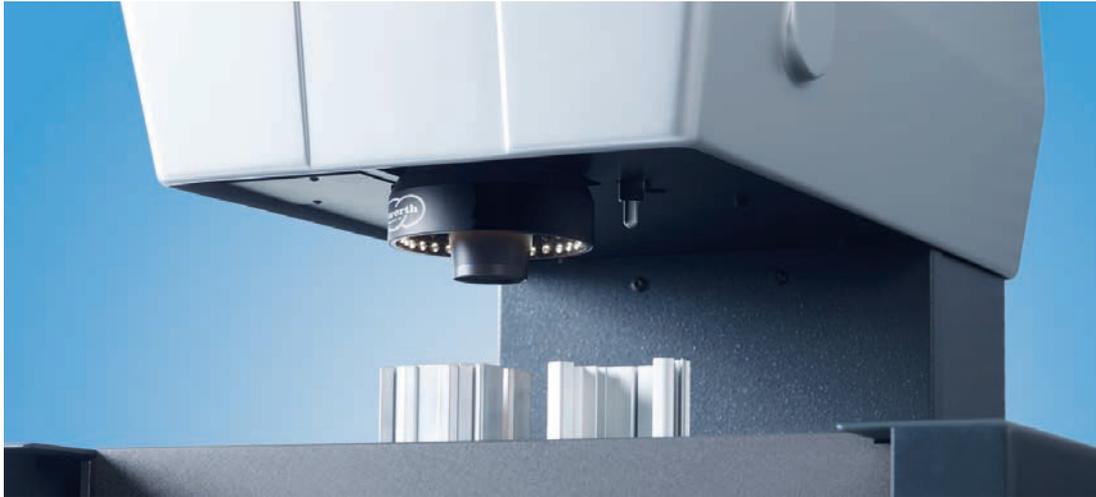


Bild 1. Optisches 2D-Koordinatenmessgerät mit Rasterscanning für eine schnelle „Im Bild“-Auswertung
(© Werth Messtechnik)

optisches Signal übertragen wird. Beispiele sind der patentierte Werth Fasertaster (Werth Fiber Probe, WFP) und der Werth Contour Probe (WCP).

Die Integration mehrerer Sensorprinzipien in einen „Multisensor“ schafft eine Reihe von Vorteilen. Beim ebenfalls patentierten Werth Zoom beispielsweise ist ein Laserabstandssensor in den Strahlengang des Bildverarbeitungssensors integriert. Mit dem Werth-Multisensor-System lassen sich weitere Sensoren versatzfrei vor dem Strahlengang anbringen. Alle wirken an nahezu demselben Punkt im Koordinatenmessgerät. Hierdurch wird der Messbereich besser genutzt, da Multisensor-Messungen nicht durch Versatz zwischen den Sensoren eingeschränkt sind. Außerdem wird die Multisensor-Messung genauer, da zum Beispiel die Drift des Sensorversatzes entfällt.

Die Integration des Laserabstandssensors in den Bildverarbeitungs-Strahlengang erhöht die Messgeschwindigkeit, da beim Umschalten keine bzw. nur eine geringe Positionierbewegung notwendig ist. Mit der Bildverarbeitungskamera lässt sich außerdem die Position des Laserspots auf der Werkstückoberfläche verfolgen, sodass die Ergonomie verbessert wird.

Alternativ können die unterschiedlichen Sensoren auf zwei unabhängige Sensorachsen verteilt werden, von denen sich immer nur eine im Messbereich befindet. Hierdurch wird verhindert, dass die Sensoren sich beim Messen gegenseitig behindern (zum Beispiel Sterntaster und Bildverarbeitungs-Messkopf).

Mit dem ScopeCheck FB DZ steht beispielsweise ein Multisensor-Koordinatenmessgerät mit zwei unabhängigen Sensor-

achsen für optimales Messen mit jedem Sensor zur Verfügung.

Flexible Messung mit Multisensorik

Abhängig von der Werkstückgeometrie sind die verschiedenen Sensoren unterschiedlich gut für die Messung geeignet (Tabelle 1). Für die schnelle und einfache Messung von Kanten, Bohrungen und Oberflächenstrukturen bietet sich der Bildverarbeitungssensor an. Mit dem Rasterscanning HD lassen sich große Bereiche automatisch, schnell und in hoher Auflösung erfassen. Während der Bewegung des Sensors werden nach einem patentierten Verfahren mit maximaler Kamerafrequenz Bilder des Werkstücks aufgenommen und anschließend zu einem Gesamtbild überlagert. Dies erlaubt eine „Im Bild“-Auswertung mit reduzierter Messzeit und Messunsicherheit. Optische Koordinatenmessge-

räte für 2D-Messaufgaben wie der QuickInspect MT mit Rasterscanning HD ermöglichen außerdem eine einfache und funktionsgerechte Prüfung durch Konturvergleich (Bild 1).

Eine schnelle und genaue Erfassung der Oberflächentopografie ist beispielsweise mit dem neuen Chromatic Focus Line Sensor (CFL) möglich. Dieser Liniensensor projiziert eine Reihe aus etwa 200 weißen Lichtpunkten auf die Werkstückoberfläche. Anhand der unterschiedlichen Fokusebenen für die verschiedenen Wellenlängen wird der Abstand zwischen Sensor und Werkstück bestimmt. Der CFL erfasst so etwa eine Million Messpunkte in drei Sekunden. Topografiemessungen können alternativ auch mit Fokusvariationsensoren und konfokalen Sensoren durchgeführt werden.

Neben chromatischen Fokus-Sensoren werden Konturen und Ebenheit häufig mit



Bild 2. Moderne Geräte mit Röntgentomografie-Sensor ermöglichen fertigungsbegleitende Messungen von Werkstücken unterschiedlicher Größen und Toleranzklassen – links CT-Gerät für die Messung großer Werkstücke mit Röntgenspannungen bis 450 kV, rechts kompaktes, wartungsarmes Messgerät mit 160 kV Röntgenspannung für kleinere Kunststoff- und Metallteile (© Werth Messtechnik)

Laserabstandssensoren gemessen. Nach dem Foucault-Prinzip wird der Laserstrahl auf einer Seite beschnitten. Die Apertur der Optik wirkt als Triangulationsdreieck. Bei Variation des Abstands zur Fokusebene variiert auch die Position des Fokuspunkts auf der Werkstückoberfläche. Damit ändert sich die Position des reflektierten Signals auf der fotoelektrischen Sensorik. Hieraus lässt sich der Abstand zwischen Sensor und Werkstückoberfläche ermitteln.

Mit einer kleinen Zuhilfenahme am Werth-Multisensor-System kann das Koordinatenmessgerät zum Kontur- bzw. Rauheitsmessgerät erweitert werden: Beim Werth Contour Probe wird die Auslenkung der Tastschnittnadel mit dem Laserabstandssensor bestimmt. Weitere für die Rauheitsmessung geeignete Sensoren sind der Werth Fasertaster sowie interferometrische oder chromatische Punktsensoren.

Für Messungen mit engen Toleranzen und von Mikrogeometrien ist der 3D-Fasertaster besonders geeignet. Bei diesem taktil-optischen Mikrotaster wird die Auslenkung der Tastkugel (bis 20 µm klein) hochgenau mit dem Bildverarbeitungssensor und einem integrierten Abstandssensor bestimmt. Da der biegsame Schaft nur zur Po-

sitionierung dient, kann er theoretisch beliebig klein ausgeführt werden und die Anstastkräfte sind bis zu hundertfach geringer als bei konventionellen taktil-elektrischen Tastsystemen.

Auch der Werth Interferometer Probe (WIP) bietet sich zur hochgenauen Messung von Mikrogeometrien an, beispielsweise in sonst unzugänglichen tiefen Bohrungen. Hier wird das Interferenzsignal eines an der Werkstückoberfläche reflektierten Lichtstrahls und eines Referenzstrahls zur Bestimmung des Abstands zur Werkstückoberfläche verwendet. Je nach Beschaffenheit der Werkstückoberfläche können andere optische Sensoren eingesetzt werden, zum Beispiel der Bildverarbeitungssensor, chromatische Fokussensoren oder konfokale Sensoren.

Senkrechte Flächen und Hinterschnitte sind für optische Sensoren unzugänglich. Hier werden konventionelle taktile Sensoren eingesetzt, bei Mikrogeometrien und empfindlichen Oberflächen oder extremen Genauigkeitsanforderungen auch der Fasertaster. So können durch Kombination der verschiedenen Sensoren alle Geometrien ohne Umspannen gemessen werden.

Die Eignung der unterschiedlichen Sensoren hängt auch von der Beschaffenheit des Werkstücks ab, beispielsweise von der Größe der zu messenden Geometrien, den Flächeneigenschaften und der Empfindlichkeit des Werkstücks. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die verschiedenen Einflussfaktoren. Durch die Flexibilität der Multisensorik sind fast alle Werkstücke messbar.

Vollständig und genau messen mit Röntgentomografie

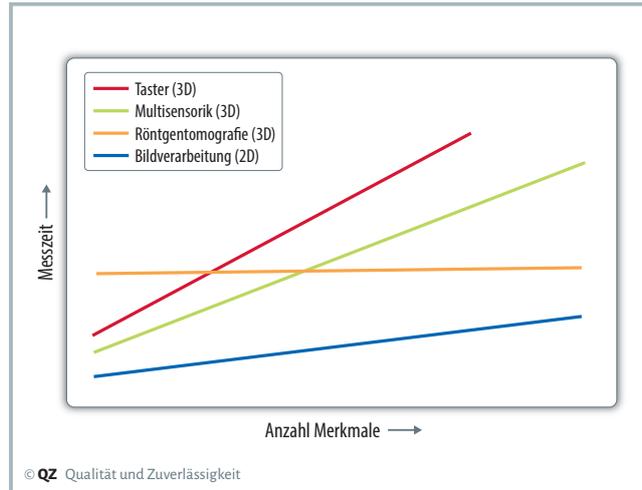
Bei der Röntgentomografie oder auch vereinfacht Computertomografie (CT) werden durch Drehung des zwischen Röntgenquelle und -detektor angeordneten Werkstücks Durchstrahlungsbilder in vielen unterschiedlichen Drehlagen aufgenommen. Daraus wird ein vollständiges Volumenmodell des Werkstücks berechnet (rekonstruiert). Mit einem patentierten Subvoxeling-Verfahren bestimmt die Messsoftware WinWerth hieraus die Messpunkte an den Materialübergängen.

Das erste speziell für die Koordinatenmesstechnik entwickelte Messgerät mit CT, optional mit Multisensorik, stellte Werth Messtechnik anlässlich der Control 2005 in Sinsheim vor. Hierfür wurden bewährte

	Bildverarbeitung	Fokusvariations-sensor	Laser	Chromatischer Fokussensor	Interferometrischer Punktsensor	Konfokaler Sensor	Konventioneller Taster	Fasertaster	Konturtaster	Röntgentomografie
Geometrien										
Kanten und 2D-Konturen	X	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	0	(X)	0	0
3D-Konturen und Ebenheit	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Oberflächentopografie	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mikrogeometrien	X	X	X	X	X	X	0	X	(X)	X
senkrechte Flächen/Hinterschnitte	0	0	0	0	X	0	X	X	0	X
Innengeometrien	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X
Oberfläche										
empfindlich/verformbar	X	X	X	X	X	X	0	X	0	X
kontrastreich	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
kontrastarm	0	0	X	X	X	X	X	X	X	X
spiegelnd	0	0	(X)	X	X	X	X	X	X	X
transparent	0	0	0	X	0	X	X	X	X	X
Besonderheiten										
hochgenaue Messung	X	(X)	(X)	X	X	X	X	X	X	(X)
Rauheitsmessung	0	(X)	(X)	(X)	X	X	0	(X)	X	(X)

Tabelle 1. Eignung unterschiedlicher Sensoren in Abhängigkeit von der Messaufgabe und der Beschaffenheit des Werkstücks, X: geeignet, (X): bedingt geeignet, 0: nicht geeignet (© Werth Messtechnik)

Bild 3. Messzeit in Abhängigkeit von der Merkmalsanzahl – prinzipielle Darstellung für unterschiedliche Arten von Sensoren (© Werth Messtechnik)



Technologien aus der Koordinatenmesstechnik genutzt, um die erforderliche Genauigkeit zu gewährleisten. In den folgenden Jahren fand eine rasante Entwicklung im Bereich der Röntgenkomponenten, Software-Korrekturverfahren und speziellen Messmethoden statt.

Mit Computertomografie können alle Geometrien inklusive Hinterschnitten und Innengeometrien auf einige Mikrometer genau gemessen werden. Die Werth Auto-korrektur – durch Referenzmessung mit einem hochgenauen Sensor wie dem Werth Fasertaster – ermöglicht im Bedarfsfall geringste Messabweichungen von etwa 0,5 µm, zum Beispiel zur Gewährleistung der Messprozesseignung für das Messen von Kraftfahrzeug-Einspritzdüsen mit Toleranzen von 5 µm.

Voraussetzung für den Einsatz der CT ist die Durchstrahlbarkeit des Werkstücks. Dies wird durch stark absorbierende Materialien und hohe Durchstrahlungslängen erschwert. Voraussetzung für gute Messergebnisse bei vertretbaren Messzeiten ist deshalb eine ausreichende Röhrenspannung sowie eine hohe Auflösung bei hoher Leistung. Die Auflösung wird wesentlich durch die Brennfleckgröße der Röntgenröhre bestimmt.

Man unterscheidet zwischen Röntgenröhren mit Reflexionstarget und solchen mit Transmissionstarget. Bei den einen werden die Röntgenstrahlen vom Target reflektiert, bei den anderen wird das Target durchdrungen. Bei Transmissionstarget-Röhren moderner Bauart nimmt die Brennfleckgröße mit steigender Leistung in geringerem Maß zu als bei Reflexionstarget-

get-Röhren, sodass bei gleicher Leistung ein kleinerer Brennfleck verfügbar ist. Transmissionstarget-Röhren sind daher für die meisten messtechnischen Anwendungen besser geeignet. Reflexionstarget-Röhren werden für die schnelle Messung relativ grob tolerierter Werkstücke eingesetzt.

CT-Geräte für unterschiedliche Anforderungen

Für unterschiedliche Anforderungen an Messbereich, Auflösung, Messunsicherheit und Messzeit stehen verschiedene Geräteklassen zur Verfügung. Die Spanne reicht von Geräten für die Messung großer Motorblöcke mit einer Röhrenspannung von 450 kV über solche für die Inline-Messung von Alu-Werkstücken im 30-Sekunden-Takt mit einer Röhrenleistung von über 1,5 kW bis zu Kompaktgeräten wie dem TomoScopeXS mit leistungsstarker und langlebiger, wartungsarmer Röntgenröhre (Bild 2). Die Kombination mit der On-the-fly-Technik erlaubt fertigungsbegleitende Messungen mit kurzer Messzeit. Durch kontinuierliches Drehen der Geräteachse erfolgt die Einsparung von Totzeiten zum Positionieren des Werkstücks.

Eine Besonderheit der Röntgentomografie ist die Möglichkeit, die Einbaulage der Einzelteile montierter Baugruppen und die Maße kompletter Mehr-Material-Werkstücke zu erfassen. Verschiedene Software-Verfahren erlauben beispielsweise eine Steigerung der Auflösung oder eine Erweiterung des Messbereichs. So werden bei der Multi-ROI-CT nur die interessierenden Bereiche in hoher Auflösung gemessen, um Messzeit und Datenvolumen einzusparen.

Eine effiziente Werkzeugkorrektur im Kunststoffspritzprozess verkürzt die Produktentwicklungszeiten.

Die Messaufgabe bestimmt die Sensorik

Die Wahl der geeigneten Sensorik muss ausgehend von der Messaufgabe unter Berücksichtigung der Einordnung in das Qualitätssicherungskonzept erfolgen. Bei Multisensorik nimmt mit der Anzahl der zu messenden Geometrien die Gesamtmesszeit zu. Der Bildverarbeitungssensor benötigt jedoch nur wenige Sekunden für die Messung vieler Maße. Auch mehrdimensionale Abstandssensoren erfassen in kurzer Zeit viele Punkte. Zur Messung des gesamten Werkstücks sind jedoch oft auch langsame taktile Sensoren nötig. Dadurch ergibt sich oft eine relativ lange Gesamtmesszeit (Bild 3). Multisensor-Messungen sind deshalb besonders zur statistischen Prozesskontrolle (SPC) relativ weniger Maße und zur Erstbemusterung bei hohen Genauigkeitsanforderungen geeignet.

Die Röntgentomografie ermöglicht ein vollständiges Erfassen des Werkstücks auf Knopfdruck mit nahezu beliebig vielen geometrischen Eigenschaften, sodass die Messzeit von der Anzahl der zu messenden Geometrien nahezu unabhängig ist (Bild 3). Der CT-Sensor ist daher ideal für die Erstbemusterung oder Werkzeugkorrektur. Durch schnelle Tomografie-Verfahren wird diese Sensorik auch für fertigungsbegleitende Messungen einsetzbar. ■

INFORMATION & SERVICE

LITERATUR

Christoph, R.; Neumann, H. J.: Multisensor-Koordinatenmesstechnik. Die Bibliothek der Technik, Band 352. Süddeutscher Verlag onpact 2013, München

KONTAKT

Werth Messtechnik GmbH
Dr.-Ing. Schirin Heidari Bateni
T 0641 7938-0
mail@werth.de
www.werth.de

QZ-ARCHIV

Diesen Beitrag finden Sie online:
www.qz-online.de/528635

Impressum

Verlag: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, Kolbergerstr. 22, 81679 München; Druck: alpha-teamDRUCK GmbH, Haager Str. 9, 81671 München
© Carl Hanser Verlag, München. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks, der photomechanischen und der elektronischen Wiedergabe sowie der Übersetzung dieses Sonderdrucks behält sich der Verlag vor.
© Carl Hanser Verlag, München. Vervielfältigungen, auch auszugsweise, sind ohne Lizenzierung durch den Verlag nicht gestattet.