

So genau messen wie mit Taster oder Optik

Computertomografie in der Koordinatenmesstechnik

PRAXISTIPP Für präzise Messungen mit Röntgen-Computertomografie (CT) war zunächst die Autokorrektur basierend auf einer Referenzmessung mit einem anderen Sensor notwendig. In den letzten Jahren wurde die Messunsicherheit durch Verbesserung der Gerätekomponenten und der Software erheblich verringert. Heute ist die Messgenauigkeit auch von kompakten Koordinatenmessgeräten mit CT ähnlich der von Geräten mit konventioneller Sensorik.

Raoul Christoph

FÜR DIE MESSUNG mit Computertomografie werden Durchstrahlungsbilder in verschiedenen Drehlagen des Werkstücks aufgenommen und daraus das vollständige Werkstückvolumen rekonstruiert. Bis Anfang des Jahrtausends war der Einsatzbereich der CT auf die Medizin und die Materialinspektion beschränkt, die Messabweichungen lagen noch im Zehntel-Millimeter-Bereich. Mit dem Werth TomoScope wurde 2005 das erste Koordinatenmessgerät mit CT-Sensor, optional mit weiteren Sensoren vorgestellt, dessen Spezifikation der von konventionellen Koordinatenmessgeräten entsprach.

Lösungen aus der Koordinatenmesstechnik

Bewährte Komponenten und Prinzipien aus der Koordinatenmesstechnik wie der mechanische Aufbau, hochgenaue Koordinatenachsen, Luftlagertechnik zumindest für die Drehachse, die Korrektur der Gerätegeometrie, die Messsoftware und die Konzepte zur Rückführung führten zu einer neuen Gerätegeneration. Um die Position der Messpunkte an den Materialübergängen mit höherer Ortsauflösung zu bestimmen, werden mit einem für Werth patentierten Subvoxeling-Verfahren die Amplituden der in der Umgebung befindlichen Voxel berücksichtigt.

In den Anfangsjahren war die patentierte Werth Autokorrektur, bei der man ein Meisterteil mit einem genaueren Sensor misst, um die Abweichungen zur CT-Mes-

sung dann zur Korrektur der CT-Serienmessung an weiteren Werkstücken einzusetzen, essentiell, um ein ausreichendes Verhältnis zwischen Messunsicherheit und Werkstücktoleranz zu erreichen. Damit war auch schon 2005 die Messung von Werkstücken mit Toleranzen im einstelligen Mikrometerbereich sinnvoll möglich. CT-Geräte erreichten ähnlich wie konventionelle Ko-

ordinatenmessgeräte eine Spezifikation und Messunsicherheit von wenigen Mikrometern.

Steigerung der Genauigkeit durch Röntgenkomponenten und Software

Heute werden fast alle Werkstücke ohne weitere Sensoren mit ausreichender Genauigkeit gemessen. Moderne Transmissi-



Bild 1. Heute erreichen auch Kompaktgeräte mit Computertomografie ebenso hohe Genauigkeiten wie konventionelle Koordinatenmessgeräte. (© Werth Messtechnik)

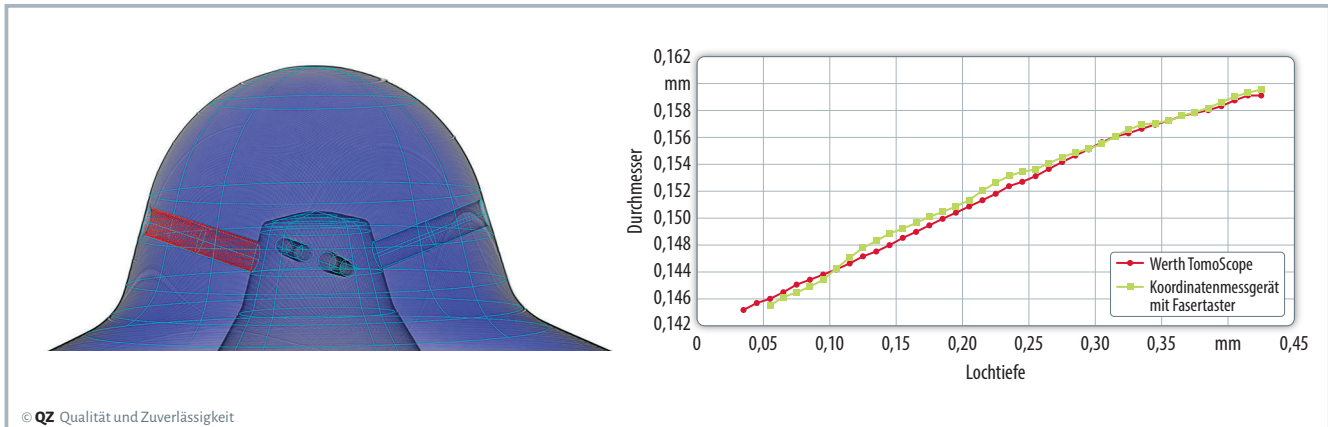


Bild 2. Darstellung von gemessenem Volumen einer Kraftstoff-Einspritzdüse und Messpunktewolke im Bereich des Spritzlochs (links); Vergleichsmessung des Spritzlochdurchmessers mit Computertomografie und hochgenauem Fasertaster (rechts). (© Werth Messtechnik)

onstarget-Röhren ermöglichen eine hohe Leistung bei guter Auflösung. So können auch Mikrogeometrien in kurzer Zeit mit guter Reproduzierbarkeit gemessen werden. Mit den Werth 300-kV-Transmissionsröhren mit 80 W Maximalleistung lassen sich aufgrund der hohen Röntgenspannung sogar dickwandige Metallteile oder Baugruppen aus stark absorbierenden Materialien durchstrahlen. Selbst bei 80 W Leistung sind die Brennflecken wenige 10 Mikrometer klein. In Kombination mit modernen Detektoren, die über eine hohe Pixelanzahl verfügen und deshalb ein feineres 3D-Voxelraster ermöglichen, erreicht man hohe Strukturauflösungen.

Software-Korrekturverfahren, beispielsweise zur Artefaktkorrektur und Temperaturkompensation sowie zur Geometrie- und Driftkorrektur, erlauben eine weitere Erhöhung der Genauigkeit. Bei der Empirischen Artefaktkorrektur (EAK) verwendet man eine Referenzmessung und bestimmt hieraus eine materialabhängige Korrektur der Messung. Diese kann auch zur Korrektur weiterer Messungen, beispielsweise in der Serie, verwendet werden.

Für die Streustrahl-Artefakt-Reduzierung wird die Virtuelle Autokorrektur (VAK) eingesetzt. Durch Simulation am CAD-Modell oder dem Messergebnis eines Werkstücks lässt sich die entstehende Streustrahlung ermitteln und die Messungen korrigieren. Abweichungen von der idealen Gerätegeometrie und vom Einmesszustand werden ebenfalls erfasst und bei jeder Messung automatisch korrigiert.

Bei modernen Geräten sollte die Temperaturkorrektur der Maßstäbe und des Werkstücks zum Standard gehören. Mithil-

fe der Werkstücktemperatur und des entsprechenden thermischen Ausdehnungskoeffizienten werden die Messergebnisse für eine Referenztemperatur von üblicherweise 20 °C berechnet. Einige Geräte lassen sich zusätzlich mit einer aktiven Geräteklimatisierung ausrüsten, sodass im Messvolumen Abweichungen von höchstens ± 1 K zur Referenztemperatur auftreten.

Messung mit Auflösung und Messbereich nach Wunsch

Neben den Korrekturverfahren stehen intelligente Verfahren zur Steigerung der Auflösung und Erweiterung des Messbereichs zur Verfügung: Bei der Raster-CT werden nacheinander Durchstrahlungsbilder verschiedener Bereiche des Werkstücks aufgenommen und zur Auswertung zusammengesetzt.

Die Exzentrische Tomografie erlaubt es, das Werkstück beliebig auf dem Drehtisch zu platzieren. Tomografiert wird anschließend um eine virtuelle Drehachse im Mittelpunkt der interessierenden Zone (ROI – Region of Interest). Auf Basis dieses Verfahrens können ausgewählte Teilbereiche des Werkstücks in hoher Auflösung gemessen und eine Gesamtpunktewolke mit unterschiedlichen Strukturauflösungen berechnet werden (Multi-ROI-CT).

Eine Verringerung der Messzeit bzw. Erhöhung der Reproduzierbarkeit erreicht man mit OnTheFly-CT, indem die Totzeiten zum Positionieren des Werkstücks durch kontinuierliches Drehen der Drehachse eingespart werden. Voraussetzung für ausreichend scharfe Bilder sind hierbei sehr kurze Belichtungszeiten. Es müssen viele Durchstrahlungsbilder aufgenommen

werden. Eine sehr schnelle Rekonstruktionssoftware ist für Echtzeit-Betrieb zwingend notwendig.

Anwendungen vom Kraftfahrzeug bis zum medizinischen Implantat

Aus der Möglichkeit das Werkstück komplett, Außengeometrien und Innengeometrien, mit guter Genauigkeit zu messen ergeben sich viele Anwendungsmöglichkeiten für die Koordinatenmesstechnik mit Röntgentomografie. Werkstücke aus Kunststoffspritzguss, Mikrozahnräder für die Automobil- und Luftfahrtbranche, Mikrolinsen mit Toleranzen bis zu 10 μm , Stents zur Herz- und Gefäßtherapie sind nur einige Beispiele. Solche Messungen können auch mit kompakten Geräten wie dem TomoScope XS Plus durchgeführt werden (Bild 1). Seit einigen Jahren lassen sich mit Beschleunigungsspannungen bis 300 kV auch große Metallteile wie Wasserstrahldüsen bei Toleranzen bis zu einigen 10 μm messen. Auch die Werth Autokorrektur wird heute noch genutzt, um bei Toleranzen im einstelligen Mikrometerbereich wie bei Kraftstoff-Einspritzdüsen systematische Messabweichungen bis auf Bruchteile eines Mikrometers zu reduzieren, beispielsweise mit einem Fasertaster (Bild 2). ■

INFORMATION & SERVICE

KONTAKT

Werth Messtechnik GmbH
Dipl.-Ing. Raoul Christoph
T 0641 7938-0
mail@werth.de
www.werth.de