

Koordinatenmesstechnik mit Röntgentomografie

Wie Sie für ihre Anwendung Röntgenquelle und Detektor richtig kombinieren

PRAXISTIPP Röntgenquellen und Detektoren existieren in einer Vielzahl von Varianten. Einige Eigenschaften sind besonders praxisrelevant. Entsprechend der jeweiligen Anwendung sind unterschiedliche Kombinationen sinnvoll.

BEI DER INDUSTRIELLEN Röntgen-Computertomografie wird das Werkstück im Kegelstrahl zwischen Röntgenröhre und Detektor gedreht. Aus den Durchstrahlungsbildern in verschiedenen Drehstellungen wird mit der Messsoftware ein digitales Volumen des Werkstücks berechnet. Das dreidimensionale Voxelraster (Volumetric Pixel) beschreibt die lokale Abschwächung der Röntgenstrahlung durch das Messobjekt.

Röntgenquelle: Fokussierung, Targettyp und Vakuumherzeugung

Röntgenquellen unterscheiden sich unter anderem in Bauweise, Art der Fokussierung des Elektronenstrahls und Targettyp. Bei der Bauweise ist zunächst die Art der Vakuumherzeugung zu berücksichtigen.

Geschlossene Röhren benötigen nach der Vakuumherzeugung keine laufende Wartung, verfügen aber über eine begrenzte Lebensdauer und müssen danach ausgetauscht werden. Insbesondere bei Mikrofokusröhren kommt es dadurch zu Stillstandszeiten und hohen Folgekosten.

Bei offenen Röhren wird das Vakuum während des Betriebs erzeugt, und das Öffnen der Röhre für Wartung und Reparatur ist möglich. Daraus ergibt sich eine theoretisch unbegrenzte Lebensdauer. Je nach Bauweise ist jedoch ein- oder mehrmals pro Jahr eine Wartung erforderlich. Bei der konventionellen Bauweise sind Röhre, Vakuumherzeugung und Hochspannungsgenerator getrennt. Regelmäßige Wartungen der Steckverbinder und anderer Komponenten sind deshalb nötig.

Dem gegenüber steht die nahezu wartungsfreie Monoblock-Bauweise, bei der

meist eine einmalige Wartung gemeinsam mit der jährlichen Kalibrierung des Koordinatenmessgeräts genügt.

Makrofokusröhren verfügen über eine hohe Leistung bis 6000 Watt und eine entsprechend hohe Messgeschwindigkeit bei Brennfleckgrößen von einigen Zehntelmillimetern und somit geringer Auflösung. Mikrofokusröhren erreichen durch Fokussieren des Elektronenstrahls einen kleinen Brennfleck in der Größe von wenigen Mikrometern, allerdings nur bei geringerer Leistung und Messgeschwindigkeit. Bei Sub-Mikrofokus-Röhren ergeben sich durch zusätzliche Nachfokussierung bei niedriger Leistung Brennfleckgrößen unter einem Mikrometer.

Mit einem Reflexionstarget kann eine

größere Wärmemenge abgeleitet und das Gerät mit entsprechend höherer Röhrenleistung betrieben werden. Daraus folgt eine hohe Messgeschwindigkeit. Die erzielbare Brennfleckgröße und Auflösung ist jedoch bei hohen Leistungen auch für Mikrofokusröhren ähnlich ungünstig wie bei Makrofokusröhren. Es ergibt sich eine relativ niedrige metrologische Strukturauflösung, die das Messen von Geometrien unterhalb des Millimeter-Bereichs nicht zulässt.

Mit einem Transmissionstarget erreicht man auch bei hoher Leistung geringe Brennfleckgrößen. Dies ermöglicht ungefähr um den Faktor Fünfschnellere Messungen im Vergleich zum Reflexionstarget. Die Brennfleckgrößen liegen zwischen 2 und

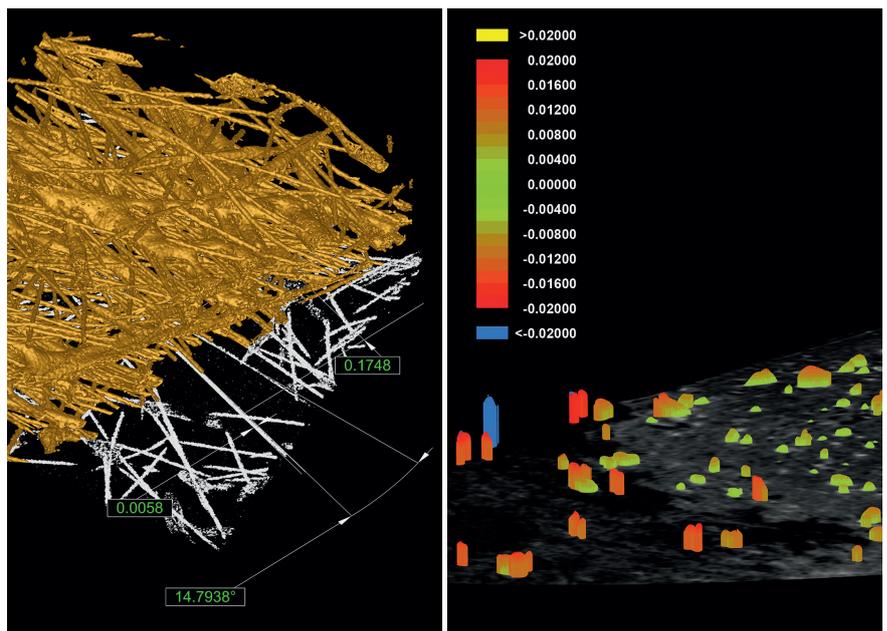


Bild 1. Faserstruktur eines Filters (links) und Eindringtiefe von Partikeln (rechts, Blick aus dem Werkstückinneren auf die Oberfläche) mit Dimensionen im einstelligen Mikrometerbereich. © Werth Messtechnik

20 Mikrometern und sichern höhere metrologische Strukturauflösungen für das Messen auch kleiner Geometrien im Zehntel- oder Hundertstel-Millimeter-Bereich.

Für die Messung unterschiedlich großer Werkstücke von Steckkontakten bis zu kompletten Autoscheinwerfern mit möglichst hoher Auflösung sind offene Mikrofokusröhren mit Reflexions- oder Transmissionstarget und Röhrenspannungen von 160 kV bis 300 kV geeignet. 300-kV-Transmissionstargetröhren ermöglichen auch die Messung stark abschwächender Werkstücke bei hoher Auflösung.

Detektor: Pixelanzahl, Pixelgröße und Integrationszeit

Es steht eine Vielzahl verschiedener Detektoren mit 1000 bis 6000 Pixeln pro Zeile und einer Pixelgröße von 50 µm bis 400 µm zur Verfügung. Detektoren mit geringen Integrationszeiten ermöglichen hohe Röhrenleistungen und in Verbindung mit On The Fly-Tomografie hohe Messgeschwindigkeiten.

Messbereich und Auflösung ergeben sich aus der Kombination von Pixelanzahl und Pixelgröße. Detektoren mit vielen Pixeln erlauben Messungen mit hoher Strukturauflösung. Ist eine hohe Messgeschwindigkeit gefragt, kann die Pixelanzahl softwareseitig verringert werden (Binning). Da hochauflösende Detektoren teuer sind, ist ihr Einsatz nicht bei jeder Anwendung sinnvoll. Auch die maximal zulässige Röntgenspannung ist zu beachten.

Ein Detektor sollte einen großen Messbereich bei gleichzeitig hoher Auflösung bieten, außerdem ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis und wahlweise auch kurze Integrationszeiten. Beispielsweise wird bei einem kleinen Gerät und einer Röhrenspannung von maximal 225 kV ein Detektor mit 3000 Pixeln und einer Pixelgröße von 100 µm verwendet, bei einem großen Gerät mit bis zu 300 kV ein Detektor mit 2000 Pixeln und 200 µm Pixelgröße.

Optimale Kombinationen für verschiedene Anwendungsfälle

Für eine schnelle Messung kleiner und mittelgroßer Kunststoff- oder Metallteile mit nicht zu hohen Anforderungen an die Auflösung bieten sich Kompaktgeräte wie das Werth TomoScope XS FOV 500 mit einer Makrofokusröhre und maximal 500 W Leis-



Bild 2. Dieses Koordinatenmessgerät mit Computertomografie verfügt über einen Hochleistungsdetektor mit 4000 × 4000 Bildpunkten (links) und eine Zwei-Röntgenquellen-Anordnung bestehend aus einer Hochleistungs-Makrofokus-Röntgenröhre (rechts oben) und einer hochauflösenden Mikrofokus-Röntgenröhre (rechts unten).

© Werth Messtechnik

tung an. Mehrere kleine Werkstücke, wie z. B. 80 Flaschenverschlüsse, können gemeinsam gemessen werden. Die geschlossene Quelle in Monoblock-Bauweise kann wartungsfrei mit zwei Jahren Gewährleistung ohne Schichtbegrenzung eingesetzt und somit ein wirtschaftlicher Betrieb sichergestellt werden. Aufgrund des großen Brennflecks ist meist ein Detektor mit kleinen Pixelgrößen von 50 µm notwendig, um eine ausreichende Auflösung zu erzielen.

Auch die 100-Prozent-Kontrolle von größeren und dichteren Werkstücken wie Aluminium-Ventilblöcken kann mit Makrofokusröhren im Fertigungstakt erfolgen. Eine Röhrenleistung von 1500 W, kombiniert mit einem Detektor mit 2000 Pixeln, einer Pixelgröße von 130 µm und einer kurzen Integrationszeit, erlaubt Messzeiten von einigen 10 Sekunden. Das Messgerät TomoScope FQ wird mit Roboterbeladung und parallel arbeitenden Auswerterechnern als Inline-Lösung direkt in die Fertigungsstraße integriert. Mit WinWerth Scout erfolgt die übersichtliche Darstellung aller Messprozesse und -ergebnisse.

Offene Mikrofokusröhren im Monoblock-Design erreichen selbst bei 80 W Leistung die notwendige hohe Auflösung von wenigen 10 bis 20 µm für schnelle, auch prozessbegleitende Messungen von Kunst-

stoff-Spritzgussteilen. Ein weiterer Vorteil der offenen Monoblock-Bauweise sind die großen Wartungsintervalle bei nahezu unbegrenzter Lebensdauer, aus denen sich eine hohe Verfügbarkeit und geringe Betriebskosten ergeben. In den so ausgestatteten Kompaktgeräten TomoScope XS oder XS Plus werden häufig Detektoren mit 3000 Pixeln mit einer Größe von 50 µm für eine hohe Auflösung bei der Messung möglichst großer oder vieler kleiner Werkstücke eingesetzt.

Zum Beispiel für Messungen der Faserstruktur von Filtermaterialien und den Nachweis von gefilterten Partikeln ist eine offene Sub-Mikrofokus-Röhre notwendig (Bild 1). Diese erreicht durch Nachfokussieren des Elektronenstrahls eine minimale Brennfleckgröße von 0,5 µm und in Verbindung mit einer hochpräzisen Drehachse eine Strukturauflösung im Volumen von 1 µm.

Für eine Kombination aus der Messung großer und dichter Werkstücke und gleichzeitig hochauflösenden Messungen stehen Zwei-Röhren-Messsysteme zur Verfügung. Dabei kann eine Makro- mit einer Mikrofokusröhre oder eine Mikro- mit einer Sub-Mikrofokus-Röhre kombiniert werden (Bild 2). Entsprechend den Anforderungen an Auflösung und Messgeschwindigkeit wird ein Detektor mit ausreichend kleinen Pixeln und möglichst kurzer Integrationszeit eingesetzt. ■

INFORMATION & SERVICE

KONTAKT

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