

## AUTOMATISIERTE 3D-FORMMESSUNG IM FERTIGUNGSTAKT

# Unabhängig vom Robotertyp

Systeme für die 3D-Formmessung liefern oft nicht die für viele Fertigungsprozesse benötigten Wiederholgenauigkeiten. Dieses Problem soll ein vom Bremer Werk für Montagesysteme (bwm) entwickeltes Messsystem lösen, das Sensorik mit Robotertechnik kombiniert. Damit lassen sich beispielsweise Scheinwerfermodule im Fertigungstakt kontrollieren.

Für das Vermessen von komplexen Bauteilen ist die Erreichbarkeit der Messpunkte eine grundlegende Forderung. Moderne 6-Achs-Industrieroboter sind hier meist Portalsystemen deutlich überlegen. Außerdem sind Industrieroboter äußerst flexibel konfigurierbar und werden in vielen Fertigungslinien eingesetzt, so dass eine entsprechende Infrastruktur hinsichtlich Programmierung und Wartung in vielen Unternehmen vorhanden ist.

Der Nachteil von Industrierobotern ist die für eine 3D-Messtechnik häufig unzu-

reichende absolute Positioniergenauigkeit. Zwar besitzen viele Roboter eine Wiederholgenauigkeit in der Positionierung im Bereich von 0,05 mm, diese gilt jedoch nur bei konstanten Umgebungsbedingungen und keinesfalls für die absolute Positioniergenauigkeit im Arbeitsraum.

Aus diesem Grund eignet sich ein solcher Roboter nur für messtechnische Aufgaben, wenn diese Ungenauigkeiten kompensiert werden. Eine Möglichkeit besteht in der regelmäßigen Kalibrierung des Robotersystems über geeignete Kalibrierkörper. In einem solchen Kalibriervorgang werden die für die Bewegung relevanten Parameter des Robotermodells bestimmt und in die Robotersteuerung übertragen. Nachteil dieses Ansatzes ist zum einen die regelmäßige Kalibrierung des Systems, die oft mehrfach am Tag durchgeführt werden muss. Zum anderen ist die Grundlage der Kalibrierung ein komplexes mathematisches Robotermodell, das den tatsächlich verwendeten Roboter mehr oder weniger gut beschreibt.

## Roboter positioniert Messsystem

Ein vom Bremer Werk für Montagesysteme (bwm) entwickeltes Messsystem verfolgt einen anderen Ansatz. Um unabhängig von den Positionsdaten des Roboters zu sein, die von der Robotersteuerung geliefert werden, wird während des Messvorgangs die Position des Roboterkopfes im Messraum permanent von einem externen Kamerasystem bestimmt. Dieses System liefert neben den 3D-Positionsdaten auch die Orientierung des Kopfes im Raum. Somit wird der Roboter lediglich zur Positionierung des Messsystems verwendet, er ist kein Bestandteil des Messsystems. Für diese Positionierung ist nach Firmenangaben die Genauigkeit der gängigen Roboter ausreichend.

Dieser Ansatz ermöglicht den Einsatz von unterschiedlichen Robotertypen für das Messsystem, da dieses nicht auf eine bestimmte Robotersteuerung abgestimmt sein muss. Für die Bestimmung von 3D-

Koordinaten eines zu vermessenden Bauteils werden die 6D-Koordinaten des Roboterkopfes, die vom externen Kamerasystem bestimmt werden, mit einem am Roboter befestigten Abstandssensor kombiniert.

Die Messdaten werden dann über ein Modell in die gesuchten Koordinaten überführt. Die Parameter des Modells müssen nur einmalig über eine einfache Kalibrierung bestimmt werden. Diese muss lediglich nach einer Kollision oder nach einer Demontage des Sensors vom Roboterkopf wiederholt werden.

## Sensor ermöglicht Abstandsmessung

Für die Abstandsmessung zwischen Roboter und Messobjekt werden zum einen häufig taktile Messtaster und zum anderen laserbasierte Systeme verwendet. Messtaster besitzen den Nachteil, dass sie nicht während der Roboterbewegung messen können, und somit vergleichsweise langsam sind. Außerdem ist die Berührung von sensiblen Oberflächen problematisch hinsichtlich möglicher Beschädigungen. Laserbasierte Systeme, die nach dem Triangulationsprinzip arbeiten, können zwar bedingt durch eine hohe Messfrequenz während der Roboterbewegung „on-the-fly“ berührungslos messen, eignen sich nicht für die Vermessung von transparenten oder spiegelnden Oberflächen. Auch wechselnde Oberflächenfarben oder Reflexionsgrade, insbesondere bei Schweißbaugruppen, können zu Messfehlern führen.

Das Messsystem verwendet einen Sensor, der nach dem konfokal-chromatischen Prinzip arbeitet. Dieser ermöglicht eine Abstandsmessung sowohl auf diffus streuenden als auch auf spiegelnden und transparenten Materialien mit einer Messfrequenz von bis zu 4000 Messpunkten pro Sekunde. Zusätzlich zur Abstandsinformation kann bei transparenten Materialien auch die Schichtdicke bestimmt werden.



**Bild 1.** 3D-Formmessung von Scheinwerfern: Das Roboter messsystem erreicht Wiederholgenauigkeiten von bis zu 20 Mikrometern.



Bei diesem Messprinzip wird das Licht einer Weißlichtquelle von einer geeigneten Optik derart auf die Messoberfläche fokussiert, dass die unterschiedlichen Farbanteile des weißen Lichts in unterschiedlichen Tiefen fokussiert werden. Das reflektierte Licht wird dann von der gleichen Optik aufgefangen und hinsichtlich seiner Farbe analysiert. Die Abstandsinformation ist über eine Kalibrierung in der zurückgestreuten Lichtfarbe kodiert. Mit diesem Sensorprinzip können bei Messbereichen bis zu 25 mm Messgenauigkeiten von wenigen Mikrometern erreicht werden.

Nach der Aufnahme der Rohdaten der verschiedenen Sensoren müssen diese geeignet kombiniert werden, um 3D-Koordinaten des Messobjekts zu erhalten. Diese müssen wiederum mit den Sollwerten in einem geeigneten Koordinatensystem verglichen werden, um dem Anwender die relevanten Informationen zur Verfügung zu stellen. Auch hier muss besonderes Augenmerk auf die Randbedingung einer 100-Prozent-Prüfung in der Fertigungslinie gelegt werden.

Da das zu vermessende Objekt in diesem Fall aus Taktzeitgründen nicht in eine hochgenaue Bauteilaufnahme eingelegt werden kann, die als Referenzsystem dienen würde, muss dieses Referenzsystem bei jeder Messung neu bestimmt werden. Dies geschieht, indem am Messobjekt mindestens drei Referenzpunkte vermessen werden, an denen das entsprechende

Koordinatensystem erzeugt wird. In der Auswertung werden dann die Messpunkte anhand dieses Koordinatensystems ausgerichtet und mit dem CAD-Modell verglichen.

### Vermessung von Scheinwerfermodulen

Bei der Herstellung von Scheinwerfermodulen für Automobile wird in einem vollautomatischen Arbeitsschritt die Scheibe mit dem Grundkörper verklebt. In einer anschließenden Qualitätskontrolle müssen diverse Messpunkte auf dem schwarzen Grundkörper und der Scheibe hinsichtlich ihrer 3D-Koordinaten überprüft werden.

Dies geschah bisher außerhalb der Fertigungslinie mit einer Koordinatensystemmessmaschine. Mithilfe des Roboter-messsystems wird diese Aufgabe im Takt der Fertigungslinie gelöst. In der Klebezelle werden sowohl linke als auch rechte Scheinwerfer gefertigt, die auf zwei Transportbändern dem Messsystem zugeführt werden. Somit musste der Arbeitsbereich des Roboters sowie des externen Kamerasystems so gewählt werden, dass beide Bänder abgedeckt werden. Dies wurde anhand einer Robotersimulation verifiziert.

Ein Mitsubishi-Roboter ist unter 45 Grad hängend an einer Schweißbaukonstruktion befestigt. Um eine permanente Sichtbarkeit des Roboterkopfes für das externe Kamerasystem zu gewährleisten,

wurde ein kombiniertes System bestehend aus zwei Kameraeinheiten verwendet. Für die Messung wird der zu vermessende Scheinwerfer, der auf einem Waren-träger gespannt ist, mit einer Hubeinheit vom Band angehoben, um Schwingungen durch das Transportsystem auszuschließen. Zuvor werden die Spanner gelöst, um die Messung nicht durch das Spannen zu verfälschen. Die gesamte Messzeit beträgt für sechs Messpunkte und sechs Referenzpunkte weniger als 23 s.

Die Wiederholgenauigkeit der Messungen hängt von dem zu vermessenden Merkmal ab und variiert zwischen 20 und 50  $\mu$  (Bild 1). Das System kann die 3D-Position sowohl von geometrischen Formen wie Löchern, Langlöchern, Zylindern und Kanten als auch von Punkten auf Freiformflächen bestimmen. Inzwischen sind zwei Messsysteme zur Scheinwerferprüfung im Einsatz. Jedes System ist in der Lage, ohne Umrüstaufwand unterschiedliche Scheinwerfertypen zu vermessen.

► **Bremer Werk für Montagesysteme GmbH**  
T 04298 9067-0  
bwm@bwm-gmbh.de  
www.bwm-gmbh.de

**www.qz-online.de**

Diesen Beitrag finden Sie online unter der Dokumentennummer: **470012**