

STREULICHTSENSOR MISST OBERFLÄCHE KÜNSTLICHER HÜFTGELENKE

Hohe Lebensdauer

Boris Brodmann, Jochen Neubert
und Christoph Fröhlich, Ettlingen



Mit einem künstlichen Hüftgelenk wird dem Patienten die Fähigkeit zurückgegeben, sich fast wie ein gesunder Mensch zu bewegen. Allein in Deutschland werden nach Expertenangaben jährlich 150 000 künstliche Hüftgelenke beispielsweise aus Metall eingesetzt. Diese müssen heute über eine Lebensdauer von mehr als 15 Jahren verfügen und sind währenddessen unzähligen Bewegungszyklen unterworfen.

Somit werden an die tribologischen Eigenschaften der Reibflächen sehr hohe Anforderungen gestellt. Eine zu hohe Rauheit der polierten Kugel (> 10 Nanometer R_a) oder einzelne, mit dem Auge gerade noch sichtbare, feine Kratzer führen zu erhöhtem Abrieb. Diese in den Körper eindringenden Metalle können Krankheiten auslösen. Die Toleranzforderungen an die Makrogeometrie sind ebenfalls sehr hoch, da kleine Formfehler zu unsymmetrischen Punktbelastungen führen und erhöhten Abrieb zur Folge haben. Die zulässige Abweichung von der idealen Kugelform darf nicht mehr als $5 \mu\text{m}$ betragen.

Zur Rauheitsmessung setzt man üblicherweise Tastschnittgeräte oder mikros-

kopische Verfahren (Konfokalmikroskope, Weißlichtinterferometer) ein und für die Formmessung scannende Koordinatenmessmaschinen oder zunehmend Rundheitsmessmaschinen. Diese Messungen können nur stichprobenartig in klimatisierten Prüfräumen durchgeführt werden. Für die notwendige ganzflächige Oberflächendefektprüfung wird immer noch das menschliche Auge eingesetzt. Die visuelle Prüfung ist dabei abhängig von der Tagesform des Prüfers und liefert nur qualitative Werte. Die Gefahr, dass n.i.O.-Teile übersehen werden, ist erheblich.

Der Wunsch, diese visuelle Prüfung durch einen zuverlässigen optischen Sensor zu ersetzen, hat für die Hersteller von Hüftgelenkprothesen einen hohen Stellenwert. Die optischen Laborverfahren können zwar einzelne Defekte messtechnisch erfassen, sind aber für eine 100-Prozent-Oberflächenprüfung zu langsam. Die neuen chromatischen Punktsensoren sind aufgrund des kleinen Messflecks von wenigen Mikrometern ebenfalls für einen Fertigungseinsatz

nicht tauglich. Bildverarbeitungsverfahren haben an spiegelnden Oberflächen große Mühe und liefern keine zuverlässigen Signale.

Streulicht erfasst Rauheit, Form und Defekte

Mit dem seit Kurzem auf dem Markt erhältlichen Streulichtmessgerät des Ettlinger Unternehmens OptoSurf steht dem Messtechniker nun ein Sensor zur Verfügung, der sich besonders gut auf feinst bearbeiteten Oberflächen einsetzen lässt. Damit lassen sich die Mikrostruktur flächenhaft beurteilen und zusätzlich die Makrogeometrie messen.

Die Streulichtmethode ist ein indirektes Verfahren zur Charakterisierung der Oberflächenrauheit und Form. Fällt ein Lichtbündel auf die Oberfläche, wird es im Fall einer idealen Spiegeloberfläche ohne Streuverlust reflektiert, und ein Detektor im reflektierten Strahl, der die Winkelverteilung misst, gibt die Intensitätsverteilung des einfallenden Lichtbündels wieder. Ist die Oberfläche nicht mehr ideal, entsteht an den Flanken der gemessenen Winkelverteilungskurve Streulicht, das mithilfe eines speziellen Kennwerts (Varianz der Verteilung A_q) bewertet wird. Einfach gesagt: je rauer die Oberfläche, desto größer der A_q -Wert.

Das Messsignal kann Rauheitsunterschiede von wenigen Nanometern noch sicher erfassen und reagiert auch auf winzige Kratzer oder Defekte auf der Oberfläche. Die Defekterkennung macht sich

dadurch bemerkbar, dass sich beim dynamischen Überfahren der Oberfläche der Aq-Wert kurzzeitig erhöht. Diese maximalen Aq-Werte werden als Aqt bezeichnet. In der neuen VDA-Richtlinie werden das Streulichtverfahren und die Kennwerte genau beschrieben [1, 2].

Bei der Formmessung mit Streulicht nutzt man das optische Reflexionsgesetz aus. Ein Formfehler auf der Oberfläche „kippt“ die Streulichtverteilung exakt um den doppelten lokalen Formfehlerwinkel. Wenn also der Sensor entlang der zu messenden Oberfläche äquidistant die Formwinkel misst, kann man daraus durch Integration über die Abtastlänge das genaue Formprofil berechnen. Da der Sensor die Winkel mit hoher Genauigkeit erfasst, können bei typischen Kugeldurchmessern von zum Beispiel 30 mm Formfehler im Bereich von 0,2 µm noch sicher gemessen werden.

Messmaschine arbeitet vollautomatisch

Die Prothesenkopfmessmaschine besteht aus einem Schwenk- und Rotationsmodul sowie einem Sensor (Bilder 1 und 2).

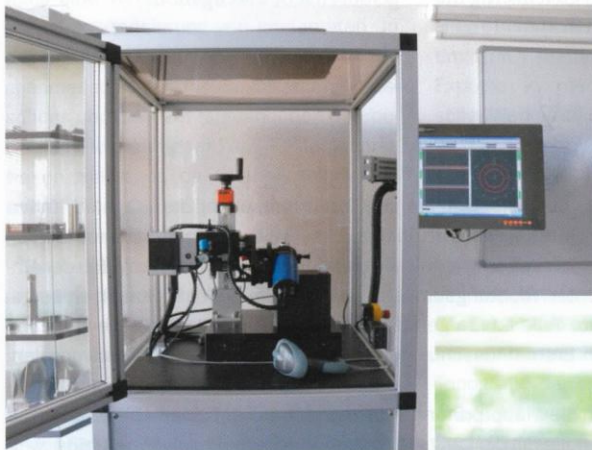


Bild 1. Die Prothesenkopfmessmaschine besteht aus einem Schwenk- und Rotationsmodul sowie einem Sensor.

Der Streulichtsensor mit 0,9 mm Messfleck ist so auf einem genauen Rotationsmodul positioniert, dass beim Schwenken des Sensors die Kugeloberfläche entlang der Längengrade gescannt werden kann. Die Hüftgelenkkugel selbst dreht sich mithilfe eines zweiten genauen Rotationsmoduls, damit der Messfleck schraubenförmig über die gesamte Oberfläche gleitet.

Die Rotations- und Schwenkgeschwindigkeit sind dabei so aufeinander abgestimmt, dass ein Überlappen der aufeinanderfolgenden Messungen von mindestens 70 Prozent erreicht wird. Bei einem Kugeldurchmesser von 30 mm werden circa 16 000 Einzelmessungen durchgeführt, um die ganze Oberfläche zu erfassen. Was bei einer Messgeschwindigkeit von 2 000/s nur 8 s dauert. Um die dimensionellen Messaufgaben noch zu vervollständigen, wurde zusätzlich ein taktiler Taster integriert, der bei ruhender Kugel den Durchmesser misst.

Durch Vergleichsmessungen mit einem Konfokalmikroskop [3] konnte gezeigt werden, dass die Messmaschine mit dem Streulichtsensor feinste Polierqualitätsunterschiede noch sicher erfasst. ▷

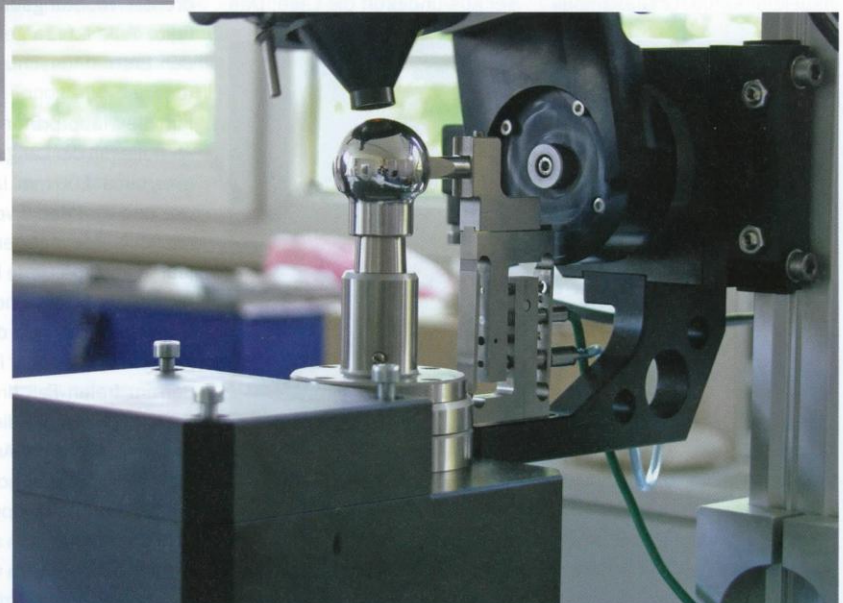


Bild 2. Prothesenkopf auf dem Rotationsmodul

Literatur

- 1 VDA 2009 „Streulichtmesstechnik“, im Druck, Beuth Verlag
- 2 Brodmann, R. et al.: VDA-Richtlinie für die Messung mit Streulicht, QZ 53 (2008), 7, Carl Hanser Verlag München
- 3 Valentin, J. et al.: Optische 3D-Charakterisierung technischer Oberflächen mittels konfokler Mikroskopie, Spanende Fertigung, 4. Auflage, S. 33, Vulkan Verlag 2005
- 4 Böhm, J. et al.: Analysis of NM-Scale Scratches on High-Gloss Tribological Surfaces by Using an Angle-Resolved Light Scattering Method, Tribology Letters

Autoren

Boris Brodmann, geb. 1972, verantwortlich bei der OptoSurf GmbH, Ettlingen, die Applikation und den Vertrieb.

Jochen Neubert, geb. 1976, verantwortlich bei der OptoSurf GmbH, Ettlingen, die Hardwareentwicklung

Christoph Fröhlich, geb. 1961, verantwortlich bei der OptoSurf GmbH, Ettlingen, die Softwareentwicklung.

Kontakt

Boris Brodmann
T 07243 766013
info@optosurf.com

www.qm-infocenter.de

Diesen Beitrag finden Sie online unter der Dokumentennummer: **QZ110181**

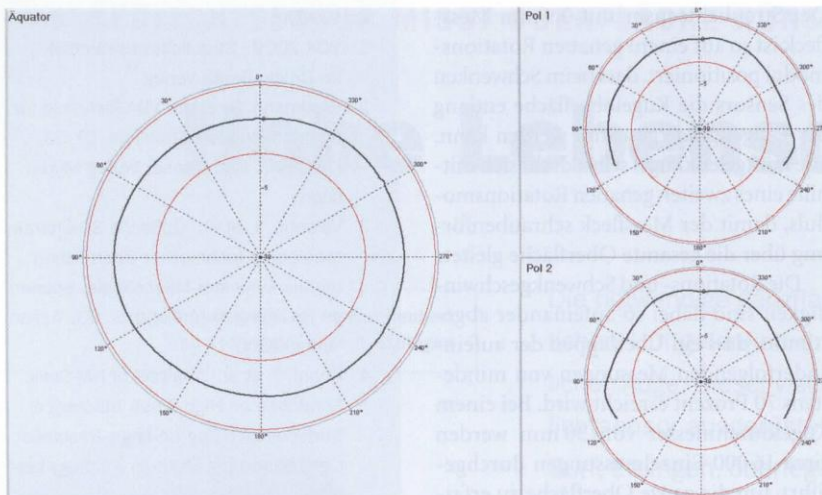


Bild 3. Rundheitsmessung: Äquator 0,35 Mikrometer (links) und Pol 1,34 Mikrometer (rechts)

sen kann. Anhand von Labormessungen wurde auch die Empfindlichkeit des Streulichtensors auf feine Kratzer nachgewiesen. Selbst Kratzer von wenigen Mikrometern Breite und mit einer Tiefe von $1/10 \mu\text{m}$ können noch als Störsignal erkannt werden. Als grober Richtwert gilt dabei, dass mit zunehmender Kratzergröße der Aqt-Wert ebenfalls steigt. Dies de-

ckt sich mit den Untersuchungen von Böhm et al. [4], der ähnliche Messungen an polierten Stahlblechen durchgeführt hat. Die Schwankungen des Messwerts bei Wiederholungsmessungen betragen dabei weniger als 1 Prozent.

Da die Prothesenkopfmessmaschine mit zwei hochgenauen Rotationsachsen ausgerüstet ist, kann man gleichzeitig die

Form messen. Steht der Sensor in der Äquatorebene fest und wird die Kugel um 360° gedreht, führt der von einem Drehgeber getriggerte Sensor äquidistante lokale Winkelmessungen am Äquator durch, woraus die Rundheit berechnet wird. Steht die Kugel und fährt der Sensor entlang eines Längengrads über den Pol, wird die Form der Kugel über den Pol bestimmt (Bild 3). Die Wiederholbarkeit der Rundheitsmessung liegt bei $0,2 \mu\text{m}$.

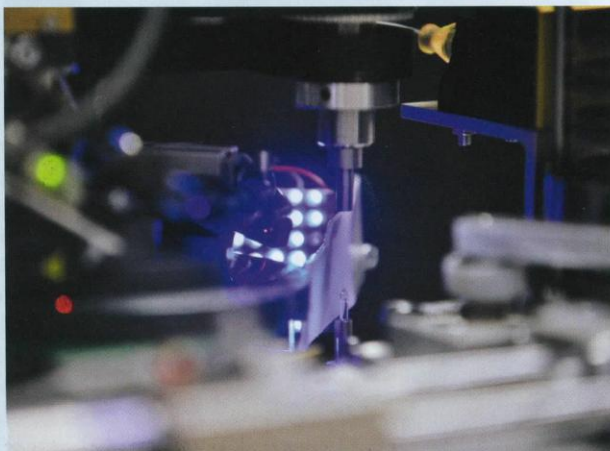
Durch Vergleichsmessungen mit genauen Rundheitsmessgeräten konnte gezeigt werden, dass die Formmessung mit Streulicht der Messung mit dem präzisen taktilen Rundheitsmessgerät ebenbürtig ist. Im Vergleich mit den Ergebnissen von einer Koordinatenmessmaschine schneidet die Streulichtmessung deutlich besser ab, da diese im Bereich von $1 \mu\text{m}$ ihre Auflösungsgrenze erreicht.

Die Messmaschine arbeitet nach dem manuellen Beladen mit einem Prothesenkopf vollautomatisch. Alle Messwerte werden in einer Datenbank gespeichert, womit sich jeder Messkopf identifizieren lässt. Da alle Einzelmesswerte von der Oberfläche verfügbar sind, lassen sich auch anschauliche 3D-Grafiken der Kugeloberfläche erzeugen. □

Inspektion im freien Fall

Inspektionszelle für Glasampullen. Das Hamburger Unternehmen Ibea entwickelte eine Inspektionszelle für Glasampul-

len mittels Kamera geprüft werden. Diese Inspektion sortiert falsche Längen und Durchmesser aus und prüft die Lage. Das



len. Diese gelangen über einen Stufenförderer auf ein Prismenförderband, wo sie das erste

Lageergebnis wird in der nachfolgenden Vereinzelungsstation verwendet, um die Ampullen

über eine Wippe zu drehen. Die Vereinzelung erfolgt über zwei Ausschleuser mit jeweils verdrehter Richtungsumkehr. Defekte Teile fahren geradeaus in den ersten Ausschusstopf weiter.

Für die Hauptprüfung fällt die Ampulle mit der Längsseite über eine circa 100 mm lange Strecke und wird dabei von drei Kameras aufgenommen. Zur Beleuchtung erhält jede Kamera eine gegenüberliegende diffuse Hintergrundlampe, die in der Helligkeit einstellbar ist. So werden im freien Fall drei Aufnahmen generiert, die die komplette Mantelfläche der Ampulle zeigen. Unmittelbar nach der Aufnahme fällt die Ampulle in ein Führungsrohr, in dem sie im oberen Teil ausgeblasen wird, wenn sie als N.I.O. identifiziert wurde.

Ampullen, die I.O. sind, fallen weiter in einen Sammelrevolver, der nach dem Eintreffen der Ampulle um eine Station weitergedreht wird, bis der Revolver voll ist. Die gefüllten Revolver gelangen über ein Doppelgurtförderband auf einen Ablagetisch. Die leeren Revolvermagazine werden manuell über einen Stapelschacht nachgefüllt, der bis zu 25 Magazine aufnehmen kann. Die ursprüngliche Aufgabe wurde bei Sprinklergläsern für Brandlöschgeräte appliziert. Dabei werden die Spitzen- und Bodenformen vermessen und die Wandungsdicke bestimmt. Zudem werden Fehler wie zum Beispiel Risse, Kontaminationen und Fremdkörperinhalte inspiert.

► **ibea GmbH**
www.ibea.de