

INLINE-OBERFLÄCHENMESSUNG MIT STREULICHT

Gesamten Äquator erfassen

Das von der OptoSurf GmbH, Ettlingen, entwickelte Inline-Streulichtmesssystem erfasst Rauheit, Form und Welligkeit in rauer Fertigungsumgebung. Mit 1000 Messungen pro Sekunde werden Serienteile zu 100 % kontrolliert und Fertigungsprozesse optimiert.

In den letzten Jahren hat die Oberflächenmesstechnik enorme Fortschritte gemacht. Neben dem weltweit etablierten Tastschnittverfahren, das die Oberfläche linienhaft mit einer Diamantspitze abtastet [1], gewannen optische 3D-Verfahren zunehmend an Bedeutung. Vor allem die konfokale Messtechnik erlaubt es [2], relativ schnell die Mikrostruktur von technischen Oberflächen dreidimensional zu erfassen. Damit ist es möglich, komplexe Oberflächen wie strukturierte Bleche und gehonnte Motorzylinder flächenhaft zu messen und mit neuen 3D-Rauheitskennwerten zu beurteilen.

Für viele Produktionsprozesse ist es zusätzlich von großem Interesse, die erzeugten Oberflächen unmittelbar in der Fertigung möglichst inline zu erfassen. Maschinenbedingte Abweichungen, die sich auf die Rauheit und Welligkeit auswirken, können so frühzeitig erkannt werden und dem Maschinenbediener Hinweise für Korrekturmaßnahmen geben.

Die Anwendung der Streulichtmesstechnik auf technische Oberflächen wurde bereits in den 80er Jahren erfolgreich durchgeführt, u. a. bei der 100 %-Inline-Rauheitsmessung von Kolbenbolzen und Kugellagerringen [3]; bei der Erfassung der Rundheit von Ventilsitzen und bei der Rattermarkenerkennung an Kurbel- und Triebwellen [4].

Basierend auf diesen Anwendungen und der zunehmenden Nachfrage nach einem schnellen rechnergesteuerten Inline-

Oberflächenmesssystem entwickelte die OptoSurf GmbH, Ettlingen, eine neue Generation von Streulichtmesssystemen, die die Vorteile der bereits bekannten Technik mit den modernen Möglichkeiten der Hard- und Software verbindet.

Das System misst laut Hersteller eine ca. 1 mm² große Fläche bis zu 1000-mal schneller als herkömmliche Geräte und erfasst die Rauheit direkt hinter der Produktionsmaschine. Mit Hilfe einer präzi-



Bild 1. Streulichtmessgerät bei der Inline-Rauheitsmessung in einer Bandschleifmaschine

sen Rotationsvorrichtung ist es auch möglich zusätzlich die Rundheit und Welligkeit zu messen. Eine 100 %-Kontrolle von Serienteilen ist damit möglich.

Das Messsystem liefert für die Rauheitsüberwachung den optischen Rauheitskennwert S_o (Surface Optical), der für konstante Fertigungsverfahren auch mit den DIN EN ISO-Parametern durch Vergleichsmessungen korreliert werden kann. Die Ergebnisse der Rund- und Welligkeitsmessung sind nach Herstellerangaben identisch mit den Messungen auf einer präzisen Formmessmaschine. Das System ist besonders robust und lässt sich auch unter rauen Betriebsbedingungen einsetzen.

Streulichtmethode anwenden

Ein intensives rotes Lichtbündel wird senkrecht auf die zu messende Oberfläche gelenkt und beleuchtet dort, je nach Anwendung, einen 0,9 mm oder 0,3 mm Durchmesser großen Messfleck. Das zurückgestreute Licht wird mittels einer speziellen Optik aufgefangen und gelangt über einen Teilerspiegel auf eine lineare Diodenzeile. Da die einzelnen Dioden jeweils bestimmten Streuwinkeln φ entsprechen, wird diese Methode auch ARS (Angular Resolved Scattering)-Streulichtmethode genannt. Details zum Messverfahren sind in [3] beschrieben.

Obwohl die Intensitätsverteilungskurve alle topografischen Informationen der Oberfläche enthält, ist es für den technisch relevanten Rauheitsbereich von R_a 0,01 μm bis ca. 1 μm physikalisch nicht möglich, Oberflächenparameter aus der Verteilungskurve direkt zu ermitteln. Einzig aus der Lager der Verteilung auf der Diodenzeile lässt sich die lokale Steigung Δ der Oberflächenform exakt berechnen. Dies wird auch bei der Rundheits- und Welligkeitsmessung genutzt.

Für die Rauheitsbeurteilung aus der Streulichtkurve wird der statistische Kennwert S_o gebildet, der der Varianz der Kurve entspricht.

$$S_o \sim \sum (\varphi_i - M)^2 \cdot P(\varphi)$$

(φ_i : Streuwinkel, M : Mittelwert, P : normierte Verteilungskurve)

Der S_o -Kennwert kann über Vergleichsmessungen mit einem absolut messenden taktilen oder optischen Rauheitsmessgerät korreliert werden. Dazu wird aus einer Serienfertigung eine größere Anzahl von Stichproben entnommen und mit beiden Geräten gemessen. Ist \triangleright

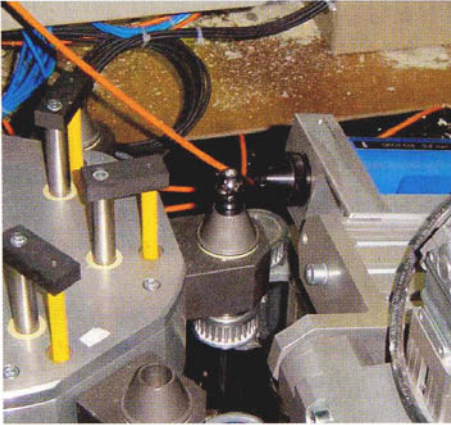


Bild 2. 100 %-Kontrolle von nitrokarburisierten Kugelpfählen nach dem Polierprozess

für den Prozess z. B. der Ra oder Rz-Kennwert von Bedeutung, werden diese Werte mit So korreliert. Die Korrelationskoeffizienten können dann den So-Wert entsprechend für diesen Prozess umrechnen.

Allerdings ist bei dieser Methode darauf zu achten, dass sich die Oberflächenprofilform nicht stark ändert. Da Ra und Rz nur die vertikale Rauheit beschreiben, werden bei diesen Parametern horizontale Änderungen im Profil nicht erfasst. Das Streulicht reagiert sehr empfindlich auf solche Änderungen.

Ein besserer Vergleich liefert der Profilwinkelwert Rdq, da die Verteilungskurven der Profil- und Streulichtwinkel eng verwandt sind (Reflexion an den Mikrofacetten des Profils) und der Rdq-Wert auch statistisch aus der Profilwinkelverteilungskurve berechnet wird.

$$(Rdq)^2 \sim \sum (\delta_i - \bar{\delta})^2 \cdot P(\delta)$$

(δ : Mikroprofilwinkel, $\bar{\delta}$: Mittelwert, P: Häufigkeitsverteilungskurve)

Der Rdq-Wert eignet sich für viele Funktionsflächen besser als Ra oder Rz, da z. B. das Reibverhalten oder der Glanzgrad von Oberflächen besser beschrieben werden kann.

Rauheit ermitteln

Ideal sind Anwendungen, die eine schnelle fertigungsnahe Oberflächenmesstechnik fordern und für die Tastschnittgeräte zu langsam sind oder keine guten Ergebnisse liefern.

Das Streulichtmessgerät wird beispielsweise zur Inline-Rauheitsmessung in einer Bandschleifmaschine eingesetzt

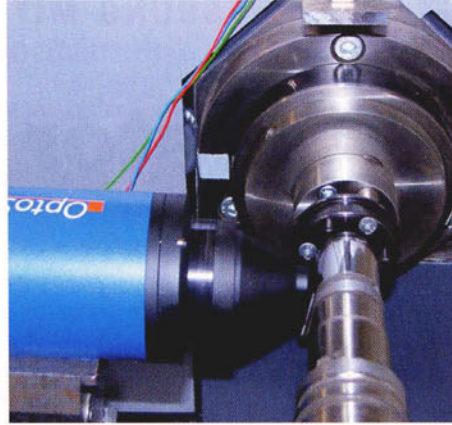


Bild 3. Rattermarkenmessung eines Getriebeteils

(Bild 1). Dabei überwacht das Messsystem kontinuierlich die Rauheit, die Prozessdaten-Software visualisiert die Zu- oder Abnahme des So-Wertes. Werden vorher definierte untere oder obere Grenzwerte erreicht, wird ein Alarm ausgelöst, und der Bediener kann einen Bandwechsel vornehmen oder die Maschinenparameter verändern. Die Justage des Sensors ist unkritisch, da der Abstand nur auf ca. 1 mm genau eingehalten werden muss. Auch Umgebungsschwingungen und Staub stören das Ergebnis kaum.

Bei der 100 %-Kontrolle von nitrokarburisierten Kugelpfählen nach dem Polierprozess liegt der Rauheitsbereich Rz bei 1 μm (Bild 2). Für die Funktion der Zapfen in Automobillensystemen soll der Rdq-Wert überwacht werden. Aus der Maschine kommt alle 2 s ein neuer Zapfen, der einer Prüfstation zugeführt wird. Die Zapfen werden während der Messung gedreht, sodass der Streulichtsensor bei fester Sensorstellung den gesamten Äquator erfasst.

Nach vorheriger Korrelationsmessung mit einem taktilen Messsystem werden von den jeweils 100 Messungen auf dem Umfang der mittlere Rdq-Wert angezeigt und die Standardabweichung sowie die maximale Streuung berechnet. Damit ist es zusätzlich möglich, die Homogenität wie auch Defekte auf der Oberfläche nachzuweisen. N.i.O.-Teile werden aus dem Prozess automatisch ausgeschleust.

Rundheit und Welligkeit messen

Das Messen des lokalen Steigungswinkels lässt sich zudem für Formmessungen nutzen (Bild 3). So erfasst beispielsweise der Streulichtsensor auf dem gesamten Umfang eines Lagersitzes 512 Messungen.

Literatur

- 1 Bodschnwinna, H.: Oberflächenmesstechnik zur Beurteilung und Optimierung technischer Funktionsflächen, Habilitationsschrift TU Hannover, 13.2.1998
- 2 Weber, M. A. et al.: Konfokale Mikroskopie zur Oberflächenuntersuchung mikrostrukturierter Materialien, Tagungsband „Funkenerosion 2002“, WZL RWTH Aachen
- 3 Pfeifer, T.: Optoelektronische Verfahren zur Messung geometrischer Größen in der Fertigung, Kap 5. Brodmann, R.: Streulichtsensor, S. 96-116, Kontakt und Studium 405, Expert Verlag, Renningen
- 4 Brodmann, R. et al.: Rauheit und Welligkeit feinbearbeiteter Oberflächen optisch messen, Werkstatt und Betrieb 119 (1986) 10, Carl Hanser Verlag, München

QM-Infocenter.de ▶ QZ301818

Ausgewertet wird die Lage der Verteilungskurve (M-Wert), mittels einer Integration über die Umfangslänge erhält man die Rundheit und Welligkeit des Lagers.

$$y_i = k \sum \Delta_i$$

(y: Profilhöhe (μm), k: Systemkonstante, Δ : Makroprofilwinkel)

Die berechneten Profilwerte werden einer LSC (Least Square Circle)-Berechnung unterzogen und sind dann absolut mit einer Messung auf einer taktilen Formmessmaschine identisch. Die Vorteile sind die Unempfindlichkeit gegenüber störenden Schwingungen und die Messgeschwindigkeit. Je nach Rotationstisch kann eine Messung in 1 s durchgeführt werden. Eine FFT-Analyse ermöglicht auch das Messen von Rattermarken bis zu einer minimalen Amplitude von 0,02 μm . □

Dr. Rainer Brodmann und Jochen Neubert, OptoSurf GmbH, Ettlingen;
Rüdiger Heine, Gruppe Heat GmbH, Herzberg

▶ OptoSurf GmbH
T 0 72 46/65 39
info@optosurf.com
www.optosurf.com