

InSitu-Aspherometer

Frank Weidner, Jean-Michel Asfour, Gerrit Kocherscheidt, Matthias Schwab

DIOPTIC GmbH, Bergstraße 92a, 69469 Weinheim

[mailto: weidner@dioptic.de](mailto:weidner@dioptic.de)

Vorstellung des EUREKA-Kooperations-Projektes „InSitu-Aspherometer“ mit dem Ziel der Entwicklung einer Prüf- und Fertigungsverfahrenslösung zur interferometrisch gesteuerten Herstellung großflächiger Hochpräzisions-Asphären.

1 Einführung

Die DIOPTIC GmbH entwickelt in Zusammenarbeit mit der LT Ultra-Precision Technology GmbH und dem russischen Institut für Automation und Elektrometrie (IAE) im Rahmen eines EUREKA-Projekts eine neuartige interferometrische in-Prozeß-Meßlösung zur berührungslosen Geometrieprüfung an asphärischen Metalloptiken während des Ultrapräzisionsfertigungsprozesses. Herzstück ist die Entwicklung eines kompakten Fizeau-Interferometers, das direkt in die Maschine integriert wird. Dadurch entfallen zeitintensive Ein- und Ausspannvorgänge des Werkstücks zur Prüfung.

Zur Asphären-Prüfung kommen patentierte Diffraktive Fizeau Null-Linsen [1] zum Einsatz. Diese erlauben die einfache und präzise Prüfung vielfältiger Formen (Kegelschnitte, konkave und konvexe Asphären, sowie Freiformflächen) über einen weiten Bereich an F-Zahlen und Durchmessern.

2 Meßprinzip

Klassischerweise erfolgt die Prüfung asphärischer Optiken mit interferometrischem Nulltest. Dazu verwendet man ein Fizeau-Interferometer mit einem sphärischen Meßobjektiv, welches in Reflexion die ebene Referenzwelle und in Transmission eine sphärische Objektwelle erzeugt. Die asphärische Prüfwelle erzeugt man durch ein zusätzliches, in der Regel diffraktiv-optisches, Element (Diffraktive Null-Linse, DNL), das jedoch hinter der Fizeau-Fläche positioniert wird und damit die Meßpräzision verringert.

Bei den neuartigen Diffraktiven Fizeau Null-Linsen (DFNL) werden ebene Referenz- und asphärische Objektwellenfront an einundderselben, letzten Oberfläche erzeugt. Innerhalb der Fizeaukavität sind keine weiteren optischen Elemente notwendig. Dadurch wird die Prüfung asphärischer Oberflächen vom Prinzip her so einfach wie die Prüfung sphärischer Oberflächen.

Erreicht wird die Erzeugung zweier hochpräziser Wellenfronten auf einer Oberfläche durch die Kombination eines Amplitudenhologramms (linea-

res Gitter) und eines Phasenhologramms (s. Abb. 1). Das Verhältnis der Intensität von Objekt- und Referenzwelle läßt sich über das Verhältnis von Linienbreite b zu Strukturbreite S einstellen [2-4].

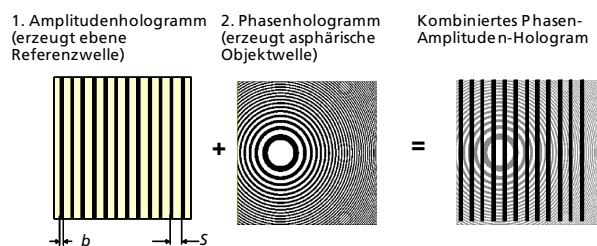


Abb. 1 Aufbau der Diffraktiven Fizeau Null-Linse (DFNL). Aus [2].

Die Meßunsicherheit liegt bei unter $\lambda/10$ (peak-to-valley) für Öffnungsverhältnisse mit $NA < 0.2$ (entspricht F-Zahl > 2.5).

3 Zu prüfende Werkstücke

Bei den zu prüfenden Werkstücken handelt es sich um spiegelnde Metalloptiken, hauptsächlich aus Aluminium und Kupfer.

Sie lassen sich aufteilen in on-axis und off-axis Geometrien. Erstere sind rotationssymmetrisch zur Spindelachse der Drehmaschine.

Bei den off-axis-Geometrien sind Kegelschnitte und darunter hauptsächlich Ellipsoide und Paraboloiden von besonderer Bedeutung. Bei diesen liegt fertigungsbedingt der Brennpunkt (bzw. die beiden Brennpunkte bei Ellipsoiden) auf der Spindelachse.

4 Prüfgeometrie

Zum in-situ-Test auf der Drehmaschine wird ein Fizeau-Interferometer fest auf dem luftgelagerten Granitblock der Maschine befestigt.

Das Meßobjektiv wird, räumlich getrennt vom eigentlichen Interferometer, auf einem verfahrbaren Schlitten der Maschine befestigt, so daß der Abstand Objektiv-Werkstück justierbar ist. Dieses Modul enthält auch die Piezophasenschieber.

Das Werkstück selbst befindet sich auf einem dazu senkrecht justierbaren Schlitten, so daß die Spindelachse auf die optische Achse des Werkstücks justiert werden kann (s. Abb. 2).

Die Ultrapräzisionsmaschine erlaubt eine Positionierung mit einer Genauigkeit von 10nm bei einer Reproduzierbarkeit (incl. aller Temperatureffekte) von 100nm.

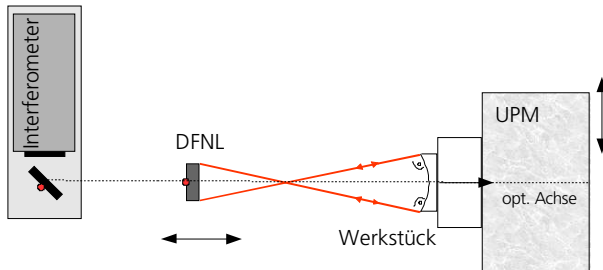


Abb. 2 Meßgeometrie zur Prüfung von on-axis Asphären.

Bei Verwendung einer DFNL als Meßobjektiv lassen sich mit diesem Aufbau konvexe und konkave asphärische Oberflächen über einen weiten Bereich an Öffnungswinkeln, Brennweiten und Durchmessern direkt nach der Bearbeitung prüfen.

Bei den sehr häufig produzierten off-axis-Kegelschnitten gibt es zusätzlich die Möglichkeit der Prüfung im double-pass (s. Abb. 3).

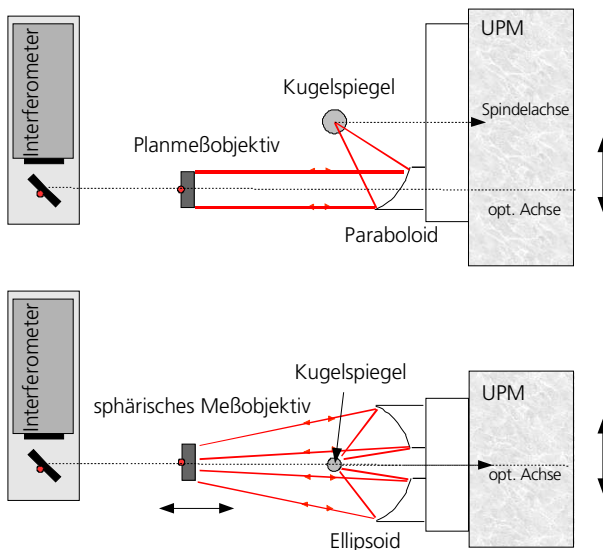


Abb. 3 Meßgeometrie zur Prüfung von off-axis Kegelschnitten (oben: Paraboide, unten: Ellipsoide)

Dazu wird ein Kugelspiegel in den Brennpunkt auf der Spindelachse justiert. Geprüft wird im Falle von Paraboloiden mit einer ebenen Welle. Zur Prüfung von Ellipsoiden wird mit einem sphärischen Meßobjektiv eine vom zweiten Brennpunkt ausgehende Kugelwelle erzeugt.

Diese Prüfgeometrie hat den Vorteil, daß nicht für jedes Werkstück ein speziell angepaßtes Meßobjektiv nötig ist. Mit den erreichbaren lateralen Posi-

tioniergenauigkeiten der Kugel von 100nm läßt sich auch in dieser Geometrie eine Präzision von $\lambda/10$ erreichen.

5 Danksagung

Die Entwicklung wird gefördert durch das Programm "Förderung der Erhöhung der INNOVationskompetenz mittelständischer Unternehmen" (PRO INNO II), Förderkennzeichen KF 0257801FK5.

Desweiteren bedanken wir uns für die Unterstützung durch EUREKA, Projektnummer Σ! 3754.

Ein besonderer Dank geht an die Kooperationspartner des EUREKA-Projektes:

- LT Ultra-Precision Technology GmbH, Herdangen-Schönach
- Institut für Automation und Elektrometrie, Sibirischer Zweig der Russischen Akademie der Wissenschaft, Novosibirsk, Rußland
- Wissenschaftliche und Produktions-Kooperative Mikron, Novosibirsk, Rußland

Literatur

- [1] J.M. Asfour, „System zur interferometrischen Prüfung gekrümmter Oberflächen“, *Patentschrift*, DE 102 23 581 B4, Erteilung 03.06.2004
- [2] J.-M. Asfour, A.G. Poleshchuk, „Asphere testing with a Fizeau interferometer based on a combined computer-generated hologram“, *Journal of the Optical Society of America A* **23**(1), pp. 172-178 (2006).
- [3] A.G. Poleshchuk, V. Cherkashin, J.-M. Asfour, „Testing optical surfaces by high-precision diffractive null lenses with integrated reference surface“, in „Microsystems Engineering: Metrology and Inspection III.“, edited by C. Gorecki, *Proceedings of the SPIE*, **5145**, pp. 202-208 (2003).
- [4] J.-M. Asfour, A.G. Poleshchuk: „Asphere testing with a Fizeau interferometer based on a combined computer generated hologram“, *DGaO 2006*, P29.