

1

1 *Bearbeitung mit
Diamantwerkzeugen*

MIKROKOMP

WERKZEUGVERMESSUNG UND ERWEITERTE SCHNEIDENFORMKOMPENSATION

ANSPRECHPARTNER

**Fraunhofer-Institut für
Produktionsanlagen
und Konstruktionstechnik IPK**

Institutsleitung

Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann
Pascalstraße 8-9
10587 Berlin

Ansprechpartner

Eckhard Hohwieler
Tel.: +49 30 39006-121
Fax: +49 30 39110-37
eckhard.hohwieler@ipk.fraunhofer.de

<http://www.ipk.fraunhofer.de>

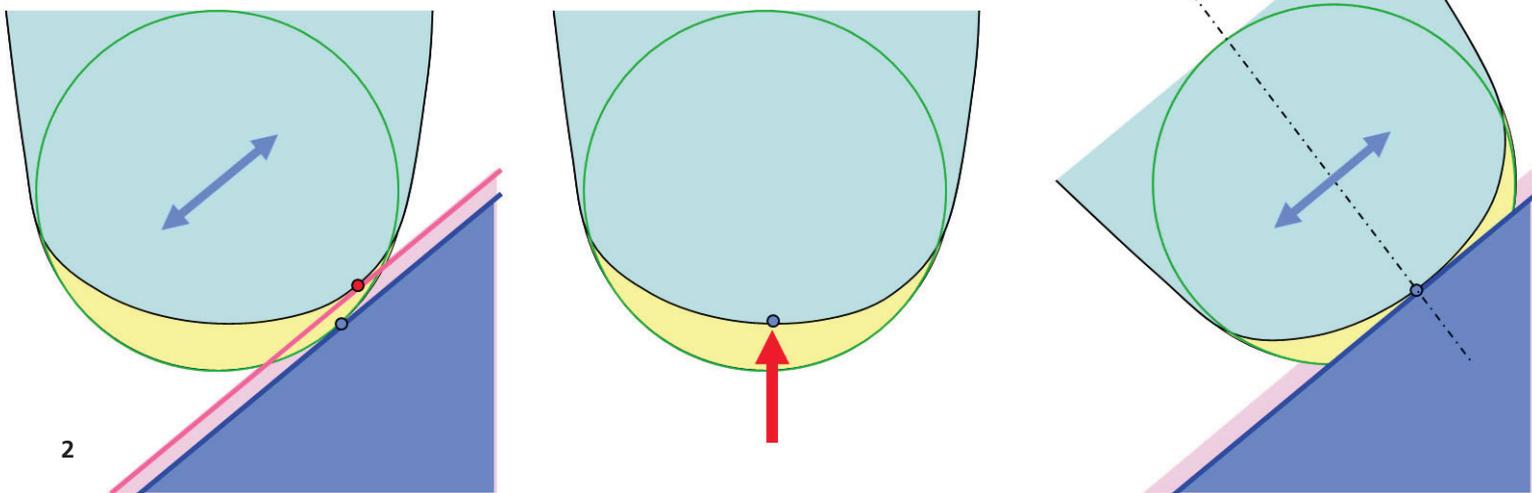
Zielsetzung

Diamantwerkzeuge werden in Werkzeugmaschinen vorwiegend bei der hochpräzisen Drehbearbeitung und beim Abrichten von Schleifscheiben in Schleifmaschinen eingesetzt. Beide Bearbeitungsverfahren zielen auf Fertigungstoleranzen des gesamten Prozesses kleiner als 1 µm. Formfehler des Werkzeugs können in diesem Genauigkeitsbereich nicht mehr vernachlässigt werden. Der bisherige Ansatz der Annäherung der Geometrie der Schneidenspitze durch einen einfachen Radius ist für diese gestiegenen Ansprüche an die Fertigungsgenauigkeit unzureichend. So wandert die Position des Arbeitspunktes während der Bearbeitung innerhalb eines Schneidenabschnittes. Abweichungen der aktuellen Schneidenform von der idealen Radiusform bilden sich als Formfehler im Werkstück ab.

Bestehende und die in Steuerungen implementierte Verfahren zur Schneidenradiuskompensation stoßen hier an ihre Grenzen.

Vorgehensweise

Im Projekt MikroKomp entwickelten Wissenschaftler des Fraunhofer IPK eine Lösung für die Erfassung und steuerungstechnische Kompensation verschleißbedingter geometrischer Fehler an Werkzeugschneiden. Die Besonderheit liegt darin, dass gegenüber der bisherigen Lösung die Schneidenspitze nicht vereinfacht als Radius angenähert, sondern die tatsächliche Geometrie der Schneide einschließlich verschleißbedingter Formabweichungen im Algorithmus berücksichtigt wird. Dazu wird die Schneidenform berührungslos erfasst



2

und eine geometrische Beschreibung der Randkontur des Werkzeugs generiert. Diese wird dann zur Berechnung der Bahnbewegungen für die Steuerung genutzt. Statt der bisher üblichen einfachen Äquidistantenbildung wird die Schneiden-Randkontur entlang der Werkstückkontur abgerollt und eine »Pseudo-Äquidistante« als Bahn gebildet. Dabei stößt man beim bildgestützten Vermessen an die Grenzen, die durch die Wellenlänge des Lichts gesetzt sind, und die nur durch speziell ausgelegte Objektive und speziell darauf ausgelegte bildverarbeitende Algorithmen beherrscht werden können. Im Rahmen des Forschungsvorhabens werden Lösungen folgenden drei Kernbereichen entwickelt.

Erfassungssystem für Schneidenform

Ausgehend von der Analyse der Anforderungen in Dreh- und Schleifmaschinen wurde das optische System realisiert. Ziel war es, ein robustes und einfach in den Arbeitsraum von Maschinen zu installierendes System mit entsprechenden mechanischen und elektrischen Schnittstellen zu schaffen. Als besonders problematisch in der Umsetzung erwiesen sich die teilweise entgegengesetzt wirkenden Forderungen nach einem kleinen Durchmesser des Objektivs ($< 20 \text{ mm}$), einem großen Objektstand zur Erfassung von Profilrollen ($> 80 \text{ mm}$) sowie der optischen Auflösung ($< 1 \mu\text{m}$). Das Fraunhofer-Institut für Optik und angewandte Feinmechanik (IOF) in Jena hat auf Grundlage dieser Anforderungen ein

optisches System, bestehend aus Objektiv, Beleuchtung und Kamera, entwickelt, das einen vernünftigen Kompromiss aus der Breite der Anwendungen versus kommerziellen Überlegungen darstellt. Mit diesem optischen System kann ein Objekt von $1,5 \text{ mm}$ Kantenlänge in einem Abstand von 10 mm zum Objektiv vermessen werden.

Approximation der Schneidenkontur

Für die Schneidenapproximation wurden unterschiedliche Algorithmen identifiziert und anhand einer prototypischen Implementierung untersucht. Es wurden Verfahren zur Abbildung der Schneidenkontur durch Kreisbögen mit tangentialen Übergängen und durch Splines analysiert. Die Ergebnisse zeigen, dass beide Beschreibungsformen zu stark zum Schwingen neigen. Daher wurde eine spezielle, konvexe Gerade-Kreisbogen-Interpolation für die Schneidengeometrie entwickelt, die zu stetig differenzierbaren Übergängen und gleichzeitig zu konvexen Konturverläufen der Approximation der realen Schneidenform führt.

Schneidenformkompensation

Statt der bisher üblichen einfachen Äquidistantenbildung durch Abwicklung eines Kreises wird dann die generierte Schneiden-Randkontur entlang der Werkstückkontur abgerollt. Die gebräuchlichen Verfahren zur Kollisionsvermeidung an Innen- und Außenbecken werden entsprechend angepasst.

Ergebnisse

Anwender können mit geringerem Einfahraufwand höhere Fertigungsgenauigkeiten erzielen. Ebenso wird durch dieses Kompensationsverfahren eine gleich bleibende Genauigkeit bei einer Formveränderung durch Verschleiß am Werkzeug sichergestellt. Dies bringt zusätzliche Kosteneinsparungen durch eine Standzeitverlängerung von Werkzeugen.

2 Fehler mit konventioneller Radiuskompensation:
Fehler am Werkstück (links)
Messtaster (mitte)
zusätzliches Schwänken (rechts)