

Methoden zur verbesserten Kalibrierung von 5-Achs-Maschinen

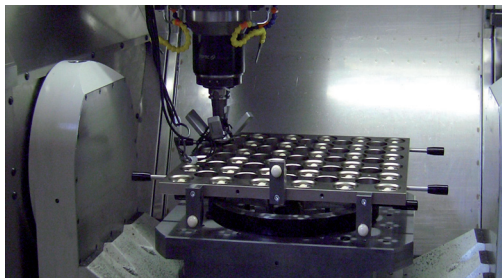
AUSGANGSLAGE

Seit vielen Jahren ist bei den spanenden und erosiven Bearbeitungsverfahren wie beispielsweise dem Fräsen, Schleifen oder Elektroerodieren ein Trend zu immer höheren Genauigkeitsanforderungen (Form-, Mass- und Lagetoleranzen am produzierten Bauteil) zu beobachten. Eine Werkzeugmaschine kann als geometrische Anordnung von Linear- und Rotationsachsen verstanden werden, welche die benötigte Schnittbewegung zwischen dem Werkstück und dem Werkzeug ausführen.

Der heutige Stand der Technik in der Kalibrierung von Werkzeugmaschinen umfasst viele Einzelmessungen mit unterschiedlichsten Messmitteln wie beispielsweise Laserinterferometer mit verschiedenen Optiken, Geradheits- und Rechtwinkligkeitsnormalen oder Neigungswaagen. Mit diesen Messungen werden zudem meistens nur einzelne Achsabweichungen überprüft.

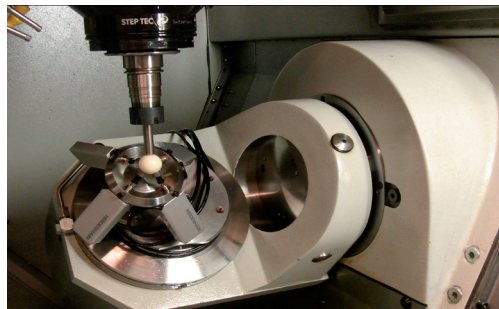
LÖSUNGSPROZESS

Durch die Entwicklung zweier neuartiger Messmittel – der ‚3D Kugelplatte‘ sowie dem ‚R-Test‘ – wird die Anzahl benötigter Messmittel stark reduziert, um fünfachsige Bearbeitungszentren vollständig zu kalibrieren.



Mit der ‚3D- Kugelplatte‘ werden die geometrischen Abweichungen der drei Linearachsen erfasst. Zudem können mit diesem Messverfahren die gegenseitigen Abhängigkeiten der einzelnen Achsabweichungen getrennt werden, indem Relativverlagerungen als Kombination der meisten Achsabweichungen der bewegten Achsen im ganzen Arbeitsraum erfasst werden. Ein Teil

der geometrischen Abweichungen wird als Parametersatz in einem Modell der Maschine hinterlegt. Durch Optimierung dieses Parametersatzes werden die gemessenen Relativverlagerungen bestmöglich nachgebildet.



Um die Rotationsachsen zu kalibrieren, wird der ‚R-Test‘ eingesetzt. Durch eine synchrone Bewegung von mindestens einer Rotationsachse und zwei Linearachsen werden wiederum Relativverlagerungen als Kombination der meisten Maschinenabweichungen gemessen. Wie bereits bei der ‚3D-Kugelplatte‘ werden die realen Achsabweichungen mittels einer Optimierung bestimmt und dann in der NC-Steuerung kompensiert.

Zudem kann mit dem entwickelten Verfahren die Messunsicherheit der einzelnen Abweichungen mit einer Monte-Carlo-Simulation abgeschätzt werden, sodass erstmals eine Evaluation des Kalibriervorgangs und eine Angabe der Unsicherheit des Kalibrierergebnisses möglich ist.

RESULTAT

Die vollständige Kalibrierung fünfachsiger Werkzeugmaschinen gelingt nun mit wesentlich reduzierter Messunsicherheit. Dies bedeutet, dass Werkstücke genauer und mit kleinerer Streuung produziert werden können. An einem gegebenen Prüfwerkstück können die Standardabweichungen definierter Toleranzen um bis zu 70% gegenüber einer herkömmlichen Kalibrierung reduziert werden.

Zudem gelingt die Kalibrierung in wesentlich kürzerer Zeit bei lediglich zwei benötigten Messmitteln.



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich