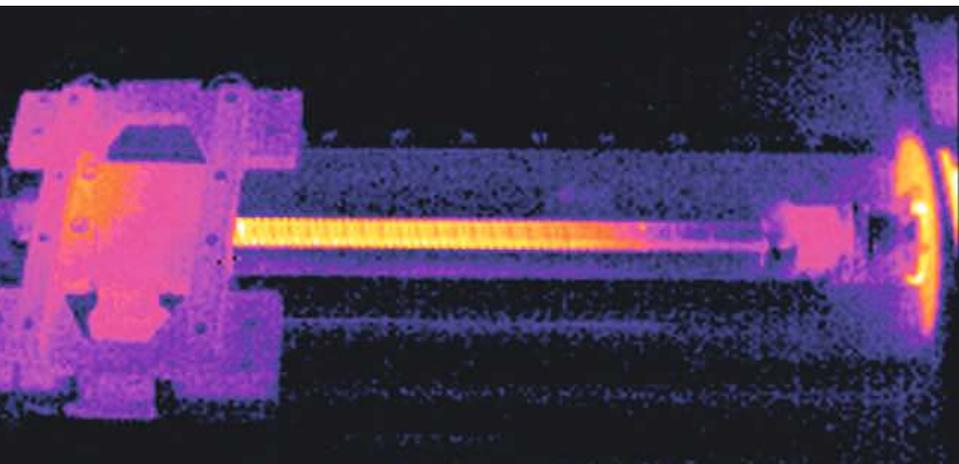


Closed-Loop-Regelung mit Längenmessgeräten

Genauigkeit ab dem ersten Teil

Nicht nur beim Zerspanen ist Schnelligkeit das A und O. Kleine Lose und rasche Auftragswechsel erfordern auch, dass Maschinen schnell maß- und konturgetreu fertigen – also die Toleranzen am besten direkt ab dem ersten Bauteil einhalten.



1 Erwärmung eines Kugelgewindetriebs beim Abzeilen mit einem mittleren Vorschub von 10 m/min. Die Thermografie-Aufnahme zeigt Temperaturen von 25 °C bis 40 °C

VON HELMUT KÜGEL

→ Ursache Nummer eins für Positionsfehler an modernen Werkzeugmaschinen sind thermische Fehler, ganz wesentlich beeinflusst durch den Bearbeitungsvorgang selbst. Untersuchungen des Kugelgewindetriebs zeigen zum Beispiel, wie sich bei höheren Verfahrensgeschwindigkeiten die Temperatur der Kugelumlaufspindel deutlich und sehr inhomogen auf stellenweise über 50 °C erhöht (Bild 1).

Triviale Ursache, große Wirkung

Der triviale Zusammenhang, dass sich Maschinenkomponenten temperaturabhängig ausdehnen oder zusammenziehen, kann ohne entsprechende Fehlerkompen-

sation zu erstaunlichen Abweichungen führen. Denn diese thermisch bedingten Veränderungen in der Vorschubmechanik sind für herkömmliche Regelkreise in der Maschine nicht sichtbar. Das zeigte zum Beispiel ein kombinierter Bohr-Fräsversuch, bei dem die Tischposition klassisch anhand der Steigung des Kugelgewindetriebs und der Winkelposition des Motordrehgebers ermittelt wurde.

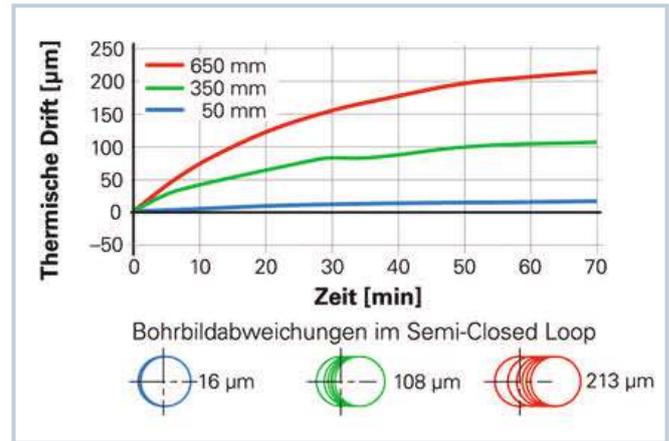
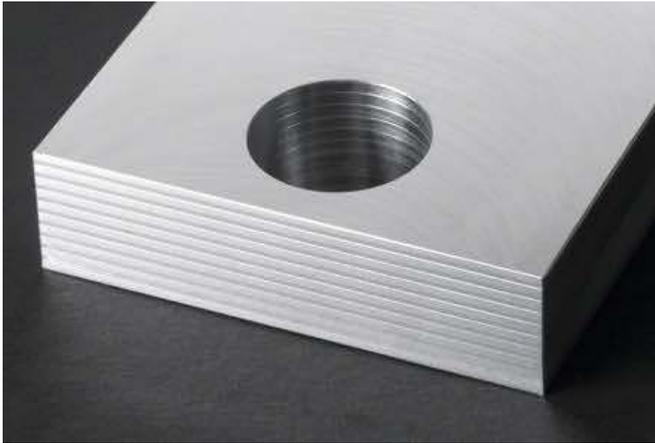
In diesem Bohr-Fräsversuch wurde die Fertigung mehrerer Bauteile aus einer Serienproduktion an einem einzigen Rohteil simuliert. Im ersten Schritt galt es, zwei Stirnflächen und drei Bohrungen zu bearbeiten. Die Fertigung weiterer Werkstücke wurde anschließend simuliert, indem diese Bearbeitungsschritte ohne Werkzeugeingriff 30-mal wiederholt wurden. Nach

einer Zustellung um 2 mm erfolgte eine Wiederholung des ersten Schritts mit Werkzeugeingriff. Die Bearbeitung endete nach 10 Durchläufen, also 10 Bearbeitungen mit Werkzeugeingriff und insgesamt 270 Wiederholungen ohne Werkzeugeingriff. Die Bearbeitungszeit betrug 70 min. Nachweisbar war nun eine thermisch bedingte Positionsabweichung von 213 µm zwischen erstem und letztem Bearbeitungsschritt bei der am weitesten entfernt vom Festlager der Kugelgewindespindel gefertigten Bohrung. Bohrung und Stirnfläche zeigten außerdem deutlich sichtbaren Versatz zwischen den einzelnen Bearbeitungen mit Werkzeugeingriff (Bild 2).

In der Massenproduktion identischer Teile können solche thermischen Fehler sehr einfach kompensiert werden. Hier wird die Maschine einmal auf Betriebstemperatur gebracht, die sie dann während ihres Dauerbetriebs auch recht konstant beibehält. Die Genauigkeit der Positionsermittlung und damit der Produkte wird erst nach Erreichen der Betriebstemperatur überprüft und justiert. Damit ist sie – entsprechend der Temperatur – auch relativ konstant im Rahmen üblicher Toleranzen. Der Zeitfaktor für das Warmlaufenlassen fällt angesichts des an-

i HERSTELLER

Dr. Johannes Heidenhain GmbH
83301 Traunreut
Tel. +49 8669 31-3132
www.heidenhain.de



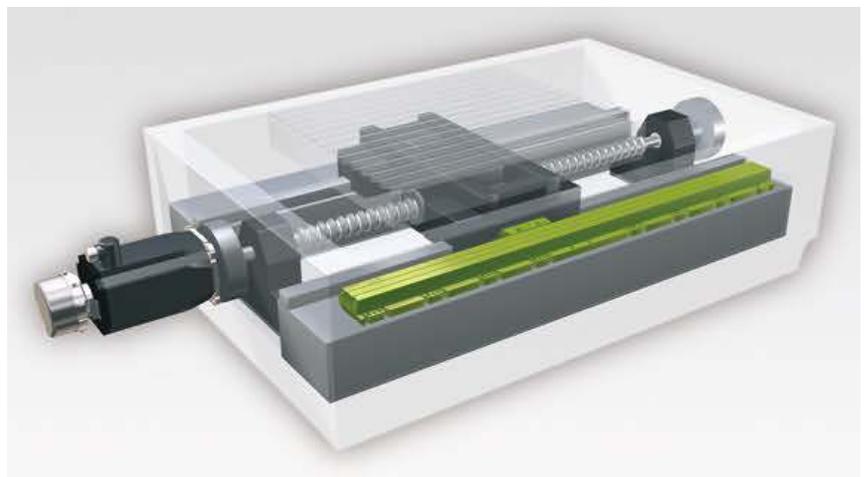
2 Drift der drei Positionen im Bohrversuch mit klassischer Positionsbestimmung des Maschinentisches. Insbesondere die dritte Bohrung mit der weitesten Entfernung zum Festlager der Kugelgewindespindel zeigt deutlich sichtbar die Abweichungen

schließenden langfristigen Produktionsprozesses nicht ins Gewicht.

Allerdings kann es durch unerwartete Stopps – zum Beispiel bei einem Werkzeugbruch – auch in der Massenproduktion zu thermischen Schwankungen und Fehlern kommen. Deshalb setzen viele Anwender auch hier auf ein Längenmessgerät und Closed-Loop-Regelung, um die Fertigungsgenauigkeit und Prozesssicherheit in jedem Fall sicherzustellen.

Jederzeit die richtige Position

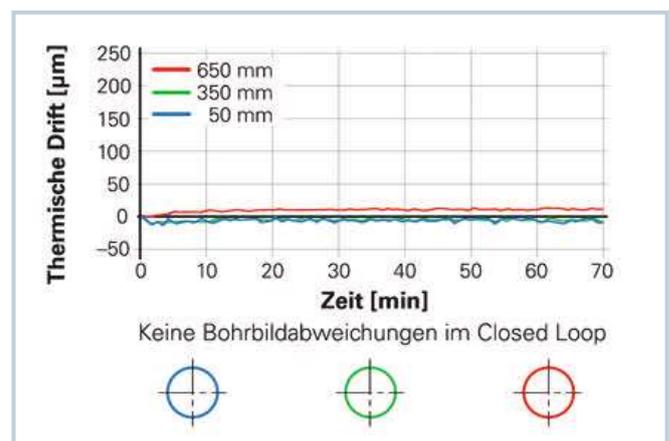
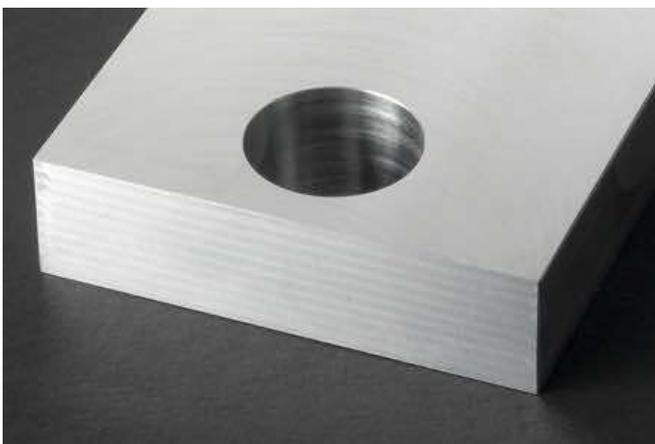
In einer flexiblen Fertigung mit ständig wechselnden Aufträgen für kleine Lose oder gar für Unikate ist diese Vorgehensweise aber keine Option. Die Maschine unterliegt ständigen Temperaturschwankungen durch den permanenten Wechsel von Ruhe-, Einrichte- und Produktionsphasen. Warmlaufphasen würden angesichts der kurzen Fertigungsphasen unverhältnismäßig zu Buche schlagen. Hier



3 Closed-Loop-Regelung in einer Werkzeugmaschine mit Heidenhain-Längenmessgerät

muss eine technische Lösung die thermischen Fehler kompensieren. Zuverlässig und besonders effektiv ist die Closed-Loop-Regelung mithilfe hochgenauer Längenmessgeräte von Heidenhain.

Der Einsatz hochgenauer Längenmessgeräte in einer Closed-Loop-Regelung ändert natürlich nichts an der Erwärmung und damit an der Ausdehnung der Vor-schubmechanik. Das Längenmessgerät er- >>>



4 Das Heidenhain-Längenmessgerät in Closed-Loop-Regelung reduziert die Drift auf wenige Mikrometer



5 Gekapselte Längenmessgeräte mit absoluter Positionserfassung von Heidenhain sind eine zuverlässige Lösung für die genaue Positionsmessung in der Werkzeugmaschine

»»» mittelt die Position der Achse aber nicht auf Basis von Faktoren, die durch die thermische Ausdehnung verfälscht werden. Es misst stattdessen immer ganz genau die tatsächliche Achsposition (Bild 3). Thermische Fehler werden auf diese Weise komplett kompensiert, ebenso wie auch andere Einflüsse der Vorschubmechanik wie zum Beispiel wechselnde Werkstückgewichte. Für den oben beschriebenen

Bohrversuch führt das – völlig unabhängig von der Temperatur der Gewindespindel und damit von der ersten bis zur letzten Bohrung – zu kontinuierlich eingehaltenen Toleranzen von wenigen Mikrometern (Bild 4).

In Werkzeugmaschinen werden in der Regel gekapselte Längenmessgeräte mit absoluter Positionserfassung eingesetzt (Bild 5). Sie liefern sofort genaue Posi-

tionswerte ohne eine vorherige Referenzierungsfahrt. Neben der Messgenauigkeit ist vor allem ihre Zuverlässigkeit im rauen Alltag einer spanenden Fertigung gefragt. Ihr Gehäuse schützt die hochgenaue Messtechnik wirkungsvoll vor Staub, Spänen und Spritzwasser.

Closed-Loop-Regelung auch für Rundachsen

Diese grundlegende Betrachtung für Linearachsen gilt gleichermaßen für Rundachsen. Auch hier lässt sich die klassische Positionsermittlung über die Getriebeuntersetzung in Verbindung mit einem Drehgeber am Motor durch eine hochgenaue, thermisch unbeeinflusste Positionsmessung mithilfe eines Winkelmessgeräts an der Maschinenachse ersetzen. Die Verwendung von Winkelmessgeräten in Verbindung mit einer Closed-Loop-Regelung führt auch an Rundachsen zu deutlich höherer Genauigkeit und Reproduzierbarkeit. ■ → **WB111067**

Helmut Kügel ist im Produktmarketing Messgeräte der Dr. Johannes Heidenhain GmbH in Traunreut tätig
info@heidenhain.de