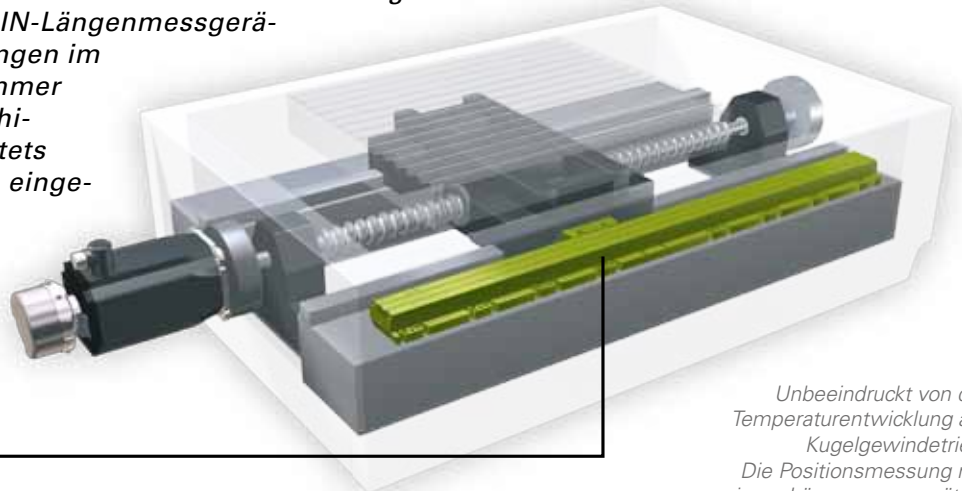


GENAUIGKEIT

Egal, was passiert – Sie fertigen genau

Die Positionsmessung im Closed Loop sorgt bei flexiblen Kleinserien für hohe Genauigkeit in jeder Situation

In der Kleinserienfertigung leidet die Genauigkeit oft unter den ständig wechselnden Aufgabenstellungen und Fertigungsbedingungen. Ursache sind in vielen Fällen die sich permanent und unkalkulierbar verändernden Temperaturverhältnisse in der Maschine und den Antrieben, die zu einer thermischen Ausdehnung des Kugelgewindetriebs führen. Eine Positionsmessung im Closed Loop mit HEIDENHAIN-Längenmessgeräten eliminiert diese Schwankungen im Antriebsstrang. Sie ermittelt immer die genaue Position des Maschinentischs. Die Resultate sind stets genaue Werkstücke und streng eingehaltene Toleranzen.



Erfassung der Position ←

Unbeeindruckt von der Temperaturentwicklung am Kugelgewindetrieb: Die Positionsmessung mit einem Längenmessgerät im Closed Loop

Flexible Kleinserien verlangen auch modernsten Betrieben immer noch einiges ab, wenn sie wirtschaftlich und genau ablaufen sollen. Vor allem Organisation und Logistik nehmen viel Zeit und Personal in Anspruch. Schließlich müssen alle Vorbereitungen, Produktions- und Weiterverarbeitungsschritte genauestens aufeinander abgestimmt sein. Wenn die eigentliche Bearbeitung schneller als das Einrichten der Maschinen und Anlagen geht, haben Verzögerungen nämlich erhebliche Auswirkungen. Die Kalkulation wird ebenso ausgehebelt wie die aufwendige und engmaschige Planung für die weitere Maschinenbelegung.

Kein Wunder, dass bei all diesem organisatorischen und planerischen Aufwand das Thema Genauigkeit in der flexiblen Kleinserienfertigung keine vorrangige

Aufmerksamkeit genießt. Schließlich bringen moderne Maschinen in der Regel eine vernünftige Grundgenauigkeit mit. Doch die Tücken liegen – wie so oft – im Detail, in diesem Fall in der thermischen Ausdehnung durch interne Wärmequellen in der Maschine und damit durch die Bearbeitung selbst.

Thermische Ausdehnung hat erstaunliche Auswirkungen

Dass sich Materialien durch Erwärmung ausdehnen, ist eine Selbstverständlichkeit. Bei Linearachsen betrifft das vor allem den Kugelgewindetrieb. Er erwärmt sich während der Bearbeitung bei jedem Verfahren des Maschinentischs durch die Vorspannung und die damit

verbundene Reibung zwischen Kugelumlaufspindel und Mutter. Die sogenannte Fest-Lose-Lagerung des Kugelgewindetriebs ermöglicht ihm die damit verbundene Ausdehnung, um Schäden an der Lagerung zu vermeiden.

Für einen Kugelgewindetrieb aus Stahl lässt sich diese Ausdehnung angesichts des thermischen Ausdehnungskoeffizienten für Stahl von 10 µm pro Meter Länge und Grad Temperaturunterschied ganz einfach berechnen. Bei einem Kugelgewindetrieb von 1 m Länge führt ein Temperaturanstieg um 1 °C also zu einer Abweichung von 10 µm. Da Temperaturen von 45 °C am Kugelgewindetrieb durchaus üblich sind – ein Temperaturanstieg von 25 °C gegenüber der optimalen Temperatur von 20 °C –, lassen sich die tatsächlichen Dimensionen der Abweichungen leicht erahnen.

Ausschuss durch Erwärmung

Am Montagmorgen ist die Maschine nach einem Wochenende im Ruhezustand auf ideale 20 °C temperiert. Nun beginnt das Einrichten und Vorbereiten, eine Kleinserie von 40 Teilen soll laufen. Es ist eine durchschnittlich anspruchsvolle Bearbeitung ohne besonders hohe Verfahrgeschwindigkeiten für den Maschinentisch, der maximale Vorschub liegt bei 3,5 m/min. In den Teilen sollen jeweils zwei Bohrungen mit einem Abstand von 350 mm gesetzt und die Kontur gefräst werden. Die Bearbeitung dauert fünfeinhalb Minuten, die Toleranz für den Abstand der Bohrungen ist mit $\pm 0,02$ mm festgelegt.

Die abschließende Qualitätsprüfung ergibt, dass von den 40 zu fertigenden Teilen nur die ersten 25 innerhalb der Toleranzen liegen. Rund 40 Prozent der Produktion sind Ausschuss – ein katastrophales Ergebnis! Was ist passiert?

Während der Bearbeitung hat sich der Kugelgewindetrieb kontinuierlich erwärmt. Nach dem 25. Teil hat die Erwärmung den kritischen Punkt erreicht, an dem die thermische Ausdehnung des Kugelgewindetriebs den Toleranzrahmen von $\pm 0,02$ mm überschreitet. Beim letzten Teil beträgt die Abweichung sogar 70 μm .

Deutlich sichtbar macht diese Abweichung ein simpler Trick: Nach der Bearbeitung des 40. Teils geht das erste Bauteil nochmals auf die Maschine, die Zustellung in Z-Richtung wird halbiert.



Deutlich sichtbar durch die Doppelbearbeitung: Die aus der Erwärmung des Kugelgewindetriebs resultierende Abweichung von 70 μm

Die auf diese Weise in das fertige Bauteil gesetzten Zweitbohrungen hinterlassen eine deutlich sichtbare Kante in den bestehenden Bohrungen, ebenso die zweite Fräsbearbeitung auf der Kontur – das Ergebnis von 70 μm thermischer Ausdehnung des Kugelgewindetriebs.

Ständiger Wechsel macht Ausdehnung unberechenbar

Doch das Problem in der Kleinserienfertigung ist nicht die recht leicht zu berechnende Längenausdehnung. Das Problem sind die permanent wechselnden Voraussetzungen und Rahmenbedingungen, die die Temperaturentwicklung in der Maschine unkalkulierbar machen. Denn nach der ersten Kleinserie vom Montagmorgen wird am Nachmittag in Windeseile umgerüstet für die nächste Bearbeitung. Doch welche Temperaturbedingungen herrschen jetzt in der Maschine? Ist während der Umrüstung alles wieder auf 20 °C abgekühlt oder sitzt noch Restwärme im Kugelgewindetrieb?



Unsichtbare zweite Bohrung bei Closed Loop: Ein doppelt bearbeitetes Bauteil ohne Ecken und Kanten

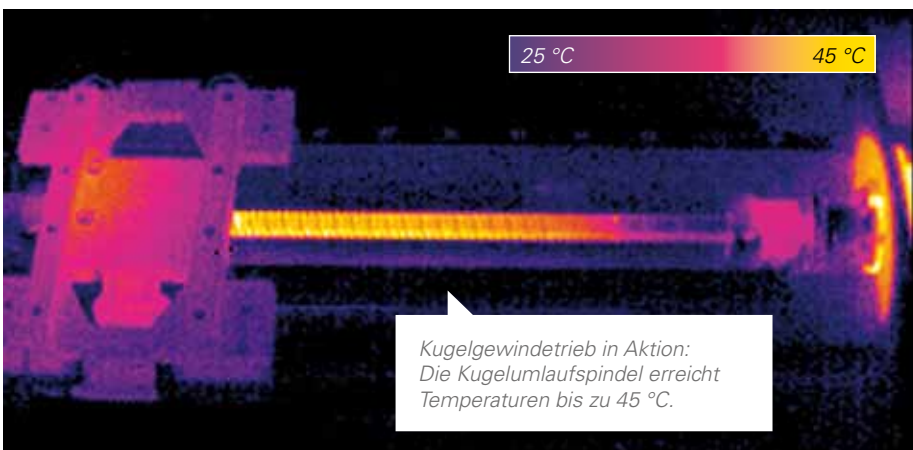
Niemand weiß das, und mit jeder folgenden Kleinserie werden die Bedingungen immer unwägbarer. Erfahrungswerte für zukünftige Bearbeitungen lassen sich nicht ableiten. Dieselbe Bearbeitung könnte beim nächsten Mal mehr oder weniger Ausschuss liefern, je nach dem bei welcher Ausgangstemperatur des Kugelgewindetriebs die Bearbeitung gestartet wird und wie sich die Temperatur am Kugelgewindetrieb entwickelt.

Alles im Griff mit exakter Positionsmessung

Unabhängig von der thermischen Ausdehnung des Kugelgewindetriebs – und von seinen sonstigen Einflüssen – ist dagegen eine Positionsmessung mit einem Längenmessgerät. Diese sogenannte Regelung im Closed Loop ermittelt die Position des Maschinentischs immer exakt. Ergebnis ist eine stabile Produktion mit konstant hoher Werkstückqualität.

Das zeigt eine Vergleichsbearbeitung zum oben bereits beschriebenen Beispiel. Auf einer Maschine mit Regelung im Closed Loop entsteht kein Ausschuss, alle Teile liegen innerhalb der vorgegebenen Toleranz. Eine nochmalige Bearbeitung des ersten Bauteils nach der Bearbeitung des 40. Bauteils mit halber Zustellung in Z-Richtung hinterlässt keine sichtbare Kante.

Gerade für Betriebe, die sich auf die Herstellung von Kleinserien spezialisiert haben, ist der Einsatz einer Maschine mit Positionsmessung im Closed Loop über Längenmessgeräte also eine lohnende Investition.



Kugelgewindetrieb in Aktion: Die Kugelumlaufspindel erreicht Temperaturen bis zu 45 °C.