

25 MACHINE TOOLS / ANGULAR POSITIONING ERROR OF A- AND C-AXIS / Part 1
25 WERKZEUGMASCHINEN / WINKELPOSITIONIERFEHLER VON A- UND C-Achsen / Teil 1



Subject:

Machine centres capable of machining freely designed shapes require, next to the linear axis X/Y/Z, rotary movements as well. In order to manufacture work pieces with adequate precision, linear positioning accuracy must be adequate and the axis A and C must provide a corresponding angular positioning accuracy.

Measuring task / Goal:

Measure deviation from anticipated angle on different angular positions. As the centre of the axis of rotation is often not accessible, an additional challenge is added to the task. In many cases the measured values are entered in the CNC controller for corrective action. In order to include errors due to mass of the machine components, the measurement should therefore be collected near by the cutting position. Uncertainty of measurement should not be greater than 1 to max. 2 Arcsec.

Solution:

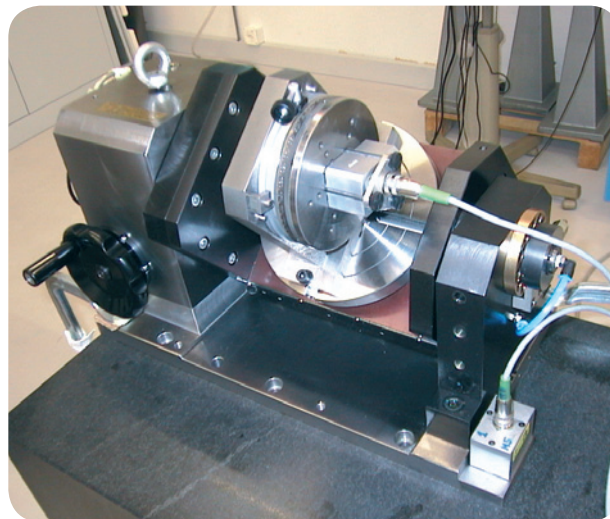
Two different approaches, both successful are described:

I) Older approach 1:

Scope of Delivery:

- 2 LEVELMATIC A31; Measuring range ± 2 mRad
- 1 LEVELMETER C25
- 1 Horizontal measuring base
- 1 Adapter for A31
- 1 Mechanical polygon (Procured from AA Gage)

Using a dial indicator, the rotational axis of the mechanical polygon, mounted to a precise knee, is aligned parallel to the respective linear axis. The inclination sensor (LEVELMATIC A31) is mounted to the mobile plate of the mechanical polygon. A second inclination sensor (LEVELMATIC A31), mounted on a horizontal base is placed on the machines base. This sensor monitors possible angular changes of the entire machine and serves as reference. For the purpose of correcting the displayed value for such angular changes, the two sensors are connected differentially in the LEVELMETER C25.



Measuring procedure:

The rotational axis of the machine tool is set to 0° position. The mechanical polygon is set to 0° and the LEVELMETER display is adjusted to 000 mm/m. For the first measurement the mechanical polygon is set to the desired angle (1° -increments are possible). Thereafter, the machines rotary axis is driven to the desired position. The angular deviation can now directly be read from the display on the LEVELMETER C25. This system is used as master within an SCS accreditation for measurements with uncertainty of 1.2 Arcsec. and is in service for more than 15 years already.

Ausgangslage:

Bearbeitungszentren für Freiformbearbeitung benötigen neben den linearen Achsen X/Y/Z auch rotierende Achsen A/C. Voraussetzung, dass Werkstücke in entsprechender Präzision hergestellt werden können, ist neben der linearen Positioniergenauigkeit selbstverständlich auch eine präzise Winkelpositioniergenauigkeit.

Messaufgabe / Zielsetzung:

Vermessen der Abweichung vom Soll-Winkel in mehreren Winkel-Positionen. Dabei wird die Messaufgabe erschwert, weil die Mittelachse der Drehbewegung oft nicht zugänglich ist. Die gemessenen Werte werden oft zur Korrektur im CNC-Rechner abgelegt, deshalb sollten diese möglichst nahe am Bearbeitungspunkt ermittelt werden, damit Fehler, welche durch das Gewicht des Maschinenelementes entstehen, in den gemessenen Werten enthalten sind. Die Messunsicherheit soll 1 bis max. 2 Arcsec nicht überschreiten.

Lösung:

Zwei erfolgreiche Lösungen werden beschrieben:

I) Ältere Lösung 1:

Lieferumfang:

- 2 LEVELMATIC A31; Messbereich ± 2 mRad
- 1 LEVELMETER C25
- 1 Horizontalmessbasis
- 1 Adapter zu A31
- 1 Mechanisches Polygon (Zukauf AA Gage)

Das mechanische Polygon, verbunden mit einem Aufspannwinkel kann mittels Messuhr so auf der Werkstückaufnahme ausgerichtet werden, dass die Rotationsachse präzise parallel zu einer linearen Bewegungsachse ausgerichtet ist. Die bewegliche Platte des mechanischen Polygons trägt den Neigungsmesser (LEVELMATIC A31.) Ein zweiter Neigungsmesser (LEVELMATIC A31) welcher auf einer Horizontalmessbasis montiert ist, wird auf dem Maschinenständer aufgestellt. Dieser dient als Referenzsensor indem dieser mögliche Winkeländerungen der gesamten Maschine registriert. Damit die Anzeige um solche Winkeländerungen korrigiert ist, sind im LEVELMETER C25 beide Neigungsmesser in Differenz geschaltet.

Messvorgang:

Die Rotationsachse der Werkzeugmaschine wird in die Nullposition gefahren. Das mechanische Polygon wird auf 0° eingestellt. Die Anzeige am LEVELMETER C25 wird auf 0.000 mm/m eingestellt. Für die erste Messung wird am mechanischen Polygon der Sollwinkel eingestellt (1° -Schritte sind möglich). Danach wird der Prüfwinkel mittels CNC angefahren. Am LEVELMETER C25 kann nun die Abweichung vom Sollwinkel abgelesen werden. Dieses system wird im Rahmen einer SCS Akkreditierung mit Messunsicherheit 1.2 Arcsec als Normal verwendet ist seit mehr als 15 Jahren im Einsatz.

25 MACHINE TOOLS / ANGULAR POSITIONING ERROR OF A- AND C-AXIS / Part 2
 25 WERKZEUGMASCHINEN / WINKELPOSITIONIERFEHLER VON A- UND C-Achsen / Teil 2



II) Modern approach 2:

Scope of Delivery:

- 2 ZEROTRONIC sensors $\pm 1^\circ$
- 1 LEVELMETER 2000
- Rotary incremental resolver (Procured by customer)

A ZEROTRONIC sensor ($\pm 1^\circ$) is mounted perpendicular to the axis of an incremental resolver (ROD 800). The assembly is mounted in a precisely squared knee and features a manual adjustment with micro adjustment. Reference surfaces on the knee allow the precise alignment of the devices rotating axis with the machines coordinate system by using a dial indicator. A second inclination sensor, equipped with a measuring base, is aligned on the machines main body. This sensor monitors possible angular changes of the entire machine as they may occur due to displacement of mass when elements are moving.

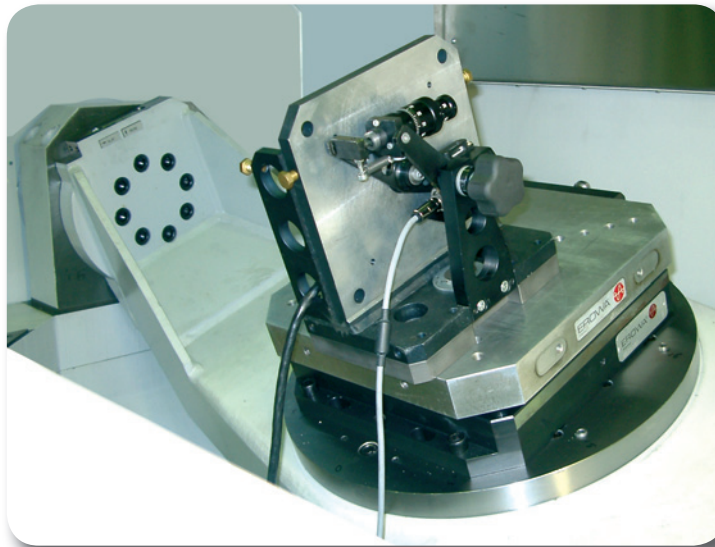
In order to correct for such errors both sensors are connected to a LEVELMETER 2000, which continuously calculates the difference between the two sensors.

Measuring procedure:

The respective, rotational axis of the machine tool is driven to zero position. Manually rotate the resolvers axis with the mounted sensor, until the LEVELMETER 2000, which is adjusted to read channel A only, shows zero. The sensor is thereafter precisely horizontal. The LEVELMETER 2000 is now set to differential measurement (A-B) and by using the Rel.Zero option the display is made to read zero. At the same time the counter of the incremental resolver is reset to read zero. The machine's element can now be driven to a desired angular measuring position. In the new position the axis of the measuring device is again adjusted until the LEVELMETER 2000 shows zero. The counter of the incremental resolver is now showing the effective angle moved. Time consumed for a row of measurements may be reduced substantially by software, reading both, the counter value and the inclination, thereby compensating remaining errors of manual adjustment.

An important advantage of this system is the possibility to measure intermediate angles, which don't correspond with 1 degree-divisions.

Also this equipment is in service for several years already.



II) Moderne Lösung 2:

Lieferumfang:

- 2 ZEROTRONIC-Sensoren $\pm 1^\circ$
- 1 LEVELMETER 2000
- Inkrementalgeber (durch Kunden zu beschaffen)

Ein ZEROTRONIC-Sensor ($\pm 1^\circ$) ist rechtwinklig auf der Achse eines Inkrementalgebers (ROD 800) montiert. Die Einheit ist in eine Winkelplatte integriert und mit einem manuellen Verstellmechanismus sowie entsprechendem Feintrieb versehen. Präzise Referenzkanten an der Winkelplatte erlauben, mittels Messuhr, das genaue Ausrichten der Rotationsachse zu den Bewegungsachsen der Werkzeugmaschine. Ein zweiter Neigungssensor, welcher mit einer Messbasis ausgerüstet ist, wird auf dem Maschinenständer ausgerichtet. Dieser Sensor misst allfällige Lageveränderungen der gesamten Maschine, welche beispielsweise durch die Gewichtsverlagerung der bewegten Maschinenkomponente entstehen können.

Damit solche Fehler korrigiert werden, sind beide ZEROTRONIC-Sensoren an einem LEVELMETER 2000 angeschlossen, welcher so eingestellt ist, dass laufend die Differenz zwischen den beiden Sensoren berechnet, respektive weitergegeben wird.

Messvorgang:

Die Rotationsachse der Werkzeugmaschine wird auf die Nullstellung gefahren. Mittels manueller Verstellung und Feintrieb wird die Achse des Inkrementalgebers so lange gedreht, bis der damit verbundene Neigungssensor die Nulllage erreicht und somit genau horizontal ausgerichtet ist. Für diese Ausrichtung wird nur Kanal A am LEVELMETER angezeigt. Nachdem diese Grundeinstellung erfolgt ist, werden am LEVELMETER 2000 die beiden Kanäle in Differenz geschaltet (A-B). Mit der Funktion Rel.Zero wird die Anzeige auf Null gestellt. Gleichzeitig wird der Zählerstand des Inkrementalgebers auf Null gestellt. Das Maschinenteil kann nun auf eine beliebige Winkelposition gefahren werden. In der neuen Position wird die Achse des Inkrementalgebers so lange nachgeführt bis der LEVELMETER 2000 erneut Null angezeigt. Nun zeigt der Zähler des Inkrementalgebers den tatsächlich verstellten Winkel an. Wenn Zählerstand und Neigungswert einem Messprogramm, welches diese verrechnet, zugeführt werden, kann der Zeitaufwand wesentlich verringert werden, weil die Notwendigkeit des genauen Null Einstellens entfällt.

Ein wichtiger Vorteil dieser Ausrüstung ist die Möglichkeit, Messungen welche nicht mit ganzen Grad-Schritten übereinstimmen, durchführen zu können.

Diese Einrichtung ist seit mehreren Jahren in Betrieb.