Genauigkeitsauswahl von KMG nach Kosten mit Hilfe von Messunsicherheitsberechnungen

Wirtschaftlich messen

Die Messgenauigkeit von Koordinatenmessgeräten (KMG) wird hauptsächlich von der Genauigkeit des KMG selbst, der Temperatur und der Antastung der Werkstückoberfläche bestimmt. Für wirtschaftlich optimale Messungen sollten diese drei Einflüsse in einem vernünftigen Verhältnis zueinander stehen. Zur Ermittlung der einzelnen Unsicherheitsbeiträge kann das Berechnungsverfahren herangezogen werden (vergl. QE Heft 9/2006, S. 20–22). Das Vorgehen wird am Beispiel eines Bohrungsabstandes demonstriert.

Ein Unternehmen produziert Zulieferteile mit dem kritischen Bohrungsabstand 100 ± 0,005. Der Kunde fordert den Nachweis der Prüfprozesseignung nach VDA Band 5 mit der Forderung

$$g_{PP} = \frac{2*U}{T} \leq 0,4$$

Für die Toleranz T=10 µm des Prüfmerkmals darf die erweiterte Messunsicherheit U also nicht größer als 2 µm werden (Vertrauensniveau 95%). Für das kritische Merkmal soll ein Koordinatenmessgerät beschafft und in einem Messraum der passenden Güteklasse nach VDI/VDE 2627 Blatt 1 aufgestellt werden.

Vorgehen

Zunächst wird das allgemeine mathematische Modell der Messaufgabe formuliert. Es ist in der Tabelle in vereinfachter Form angegeben. Dann sind die Unsicherheitsbeiträge der einzelnen Einflussgrößen für verschiedene mögliche Messbedingungen zu ermitteln. Dabei werden z.B. die Temperaturbedingungen, die Genauigkeit des KMG und die Messpunktanzahl bei den Kreismessungen variiert, bis ein Optimum gefunden ist. Dieses wird wesentlich von den Kosten beeinflusst, die die jeweiligen Messbedingungen verursachen. Es ist also abzuwägen, ob mehr Aufwand in die Genauigkeit des Messgerätes selbst oder in die Umgebungsbedingungen investiert wird – je nachdem, wo der Genauigkeitsgewinn größer ist.

Beispiel Bohrungsabstand

Die Genauigkeit des KMG wird durch den Grenzwert der Längenmessabweichung in der Form MPE_E=(A+L/K) spezifiziert. Mit dem längenabhängigen Anteil L/K lassen sich die Geometrieabweichungen ΔL_{KMG} nach oben abschätzen, wenn für L das Nennmaß des Bohrungsabstandes eingesetzt wird. Um die oben genannte Forderung zu erfüllen, sollte nicht mehr als die Hälfte der Messunsicherheit vom KMG ausgenutzt werden, d.h. der Unsicherheitsbeitrag sollte nicht größer als $u_i(y)$=0,5 µm werden. Diesen Wert erhält man, wenn im Nenner des längenabhängigen Anteils der Faktor K=100 ist, siehe Tabelle. Anhand dieses Wertes sollte das KMG ausgesucht werden.
Den Messraum-Güteklassen nach VDI/VDE 2627 Blatt 1 sind Temperaturklassen zugeordnet. In der Güteklasse 3 (Standardmessraum) dürfen die räumlichen Temperaturunterschiede z.B. nicht größer als 0,5 K, die zeitlichen nicht größer als 2 K innerhalb einer Woche sein. Mit dem kleineren Wert ergibt sich ein Unsicherheitsbeitrag für die temperaturbedingte Längenmessabweichung ΔL_T von $u_i(y)$=0,5 µm (Tabelle), wenn das Werkstück und die Maßstäbe des KMG aus Stahl sind. Das setzt aber voraus, dass die Temperaturen von Maßstab und Werkstück erfaßt werden, und dass die gemessene Länge rechnerisch auf die Bezugstemperatur 20°C korrigiert wird.
Schließlich sind noch die Unsicherheitsbeiträge für die Kreismessungen zu bestimmen. Dazu wird der konstante Anteil A aus dem Grenzwert MPE_E der Längenmessabweichung herangezogen. Er gilt aber nur für die Messung am Endmaß bei der Annahmeprüfung nach DIN EN ISO 10360–2, wenn auf jeder Messfläche genau ein Punkt angetastet wird. Bei praktischen Messungen werden aber in der Regel mehr Punkte n gemessen, und durch die Mittelwertbildung verringert sich die Messunsicherheit deutlich. Die Standardabweichung am Ausgleichskreis beträgt dann mindestens s=A/3 und der Unsicherheitsbeitrag für beide Mittelpunktkoordinaten X_1 und X_2 jeweils $ui(y)=s*(2/n)^{0,5}$.
Ist für das ausgewählte KMG der konstante Anteil z.B. A=10 µm, so müssen beide Kreise mit jeweils 100 Punkten gemessen werden, damit ihre Unsicherheitsbeiträge nicht größer als $u_i(y)$=0,5 µm werden (Tabelle). Ist z.B. A=5 µm, genügen schon 20 Punkte.

Diskussion

Bemerkenswert und für die betriebliche Praxis interessant ist der Umstand, dass die erweiterte Messunsicherheit U=2 µm in der Tabelle deutlich kleiner als der Grenzwert der Längenmessabweichung des KMG mit MPE_E=(10+L/100) µm ist. Für L=100 ergibt sich hier 11 µm. Nach der klassischen Betrachtungsweise müsste z.B. ein KMG mit dem Grenzwert MPE_E=(1,5+L/200) µm beschafft werden, das entsprechend viel teurer ist.
Durch die Mittelwertbildung über viele Messpunkte kann mit Koordinatenmessgeräten viel genauer gemessen werden, als allein anhand des Grenzwertes MPE_E zu vermuten wäre. Das bedeutet aber auch, dass häufig zuviel Geld in die Genauigkeit des KMG investiert wird, ohne die wesentlichen Unsicherheitsbeiträge aus der Temperatur zu beachten. Die Kosten sollten in einem ähnlichen Verhältnis zueinander stehen wie die Unsicherheitsbeiträge.

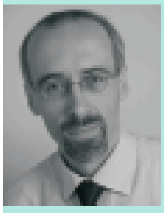
dr. hernla, Dortmund

Online-Info

QE ###

www.dr-hernla.de

DER AUTOR



Dr.-Ing. Michael Hernla, Dortmund

Tabelle: Messunsicherheit des Bohrungsabstands

Messgröße	L	Länge, korrigiert auf die Bezugstemperatur 20°C
Funktion	$L=\lvert X_1-X_2\rvert+\Delta L_{KMG}+\Delta L_T$	mit $\Delta L_T=L*[\alpha_M*(t_M-20°C)-\alpha_W*(t_W-20°C)]$

Messbedingungen

L=	100	Nennmaß des Abstandes
A=	10	Konstanter Anteil A des Grenzwertes MPE_E der Längenmessabweichung
K=	100	Faktor K des Grenzwertes der Längenmessabweichung $MPE_E=(A+L/K)$ µm
α_M=	11,5	Ausdehnungskoeffizient der KMG-Maßstäbe (°C)
t_M=	20	Mittlere Temperatur der Maßstäbe(°C)
δt_M=	0,5	Maximale Abweichung von der mittleren Temperatur (K)
α_W	11,5	Ausdehnungskoeffizient des Werkstücks (10^{-6}/K)
t_W	20	Mittlere Temperatur des Werkstücks (°C)
δt_W	0,5	Maximale Abweichung von der mittleren Termperatur (K)

Einflussgröße X_i	Methode m_i	Messpunktanzahl bzw. Verteilung n_i	Standardabweichung bzw. Grenze s_i bzw. a_i	Faktor für Punktzahl / Verteilung b_i	Sensitivitäts-koeffizient c_i	Unsicherheits-beitrag (µm) $u_i(y)$
X_1	B	100	3,3	0,14	1	0,5
X_2	B	100	3,3	0,14	1	0,5
ΔL_{KMG}	B	Normal	1,0	0,50	1	0,5
ΔL_T	B	Rechteck	0,8	0,58	1	0,5
					Standarunsicherheit der Meßgröße *u* (y) =	**1,0**
					Erweiterungsfaktor *k* =	**2,0**
					Erweiterte Meßunsicherheit (*P=95%*) U =	**2,0**