

Einstellring

Autor: Fritz Schwingenschlögl (Fachhochschule Ulm)

Hilfsmittel: Abbe waagrecht / Aufsatzbügel für Pinolen zru Bohrungsmessung / Einstellring als Normal / Schwimmtisch mit Höhenverstellung

Meßprinzip : Das Meßgerät wird mit dem im Kalibrierschein ausgewiesenen Istwerte des Normals gepreset, nachdem der Minimaldurchmesser gesucht wurde. Damit ist das Meßverfahren auf einen bekannten Durchmesserwert zurückgeführt. Abweichungen zu diesem Einstellwerte können an der Meßwertanzeige abgelesen werden. Die Prüflinge werden in gleicher Weise vermessen.

Unsicherheit durch Normal : Temperatur / Längenausdehnungskoeffizient / Reinigung / Istmaß des Normals

Unsicherheit durch Verfahren : Reinigung / Temperaturmessung / Längenausdehnungskoeffizient des Prüflings / Temperatur des Prüflings / Abweichung von der Bezugstemperatur

Unsicherheit durch Prüfgerät : Wiederholstreuung / nicht korrigierte, systematische Abweichungen / Auffinden des Minimaldurchmessers beim Preset / Auffinden des Minimaldurchmessers beim Prüfling / Unzulänglichkeiten in der Maßverkörperung des Komparators /

Modellgleichung:

$$D_p = D_s + D_q + \text{Summe}_K;$$

$$\text{Summe}_K = 2 \cdot U_{\min} + U_{\text{tsp}} - U_{\text{tsb}} + U_m + U_{\text{tm}};$$

$$U_{\text{tsp}} = D_s \cdot \alpha_p \cdot (t_p - 20);$$

$$U_{\text{tsb}} = D_s \cdot (\alpha_s - \alpha_p) \cdot (t_s - 20);$$

$$U_m = U_{\text{ks}} + U_{\text{km}};$$

$$U_{\text{km}} = D_q \cdot (1/\cos(\alpha) - 1);$$

$$U_{\text{tm}} = D_q \cdot (\alpha_m - \alpha_s) \cdot D_t;$$

Liste der Größen:

Größe	Einheit	Definition
D_p	mm	Durchmesser des Prüflings
D_s	mm	Istdurchmesser des Standards
D_q	mm	mittlere Differenz Prüfling - Standard
Summe K	mm	additiver Korrekturterm mit Erwartungswert "NULL"
U_{\min}	mm	Unsicherheit beim Auffinden des Minimaldurchmesseres
U_{tsp}	mm	Unsicherheitsanteil auf Grund der Temperaturdifferenz Normal - Prüfling
U_{tsb}	mm	Unsicherheitsanteil durch Abweichung von der Bezugstemperatur
U_m	mm	Unsicherheitsanteil durch Abweichung des Maßstabes
U_{tm}	mm	Maßstabsänderung durch Temperaturschwankungen
α_p	mm/°C	Längenausdehnungskoeffizient des Prüflings
t_p	°C	Temperatur des Prüflings
α_s	mm/°C	Längenausdehnungskoeffizient des Standards
t_s	°C	Temperatur des Standards
U_{ks}	mm	systematischer Komparatoranteil
U_{km}	mm	Montagebedingter Anteil

Größe	Einheit	Definition
a	rad	Winkelabweichung des Maßstabes von der Pinolenachse
am	mm/°C	Längenausdehnungskoeffizient des Maßstabes
Dt	°C	Temperaturschwankungen des Meßgerätes

Ds: Typ B Normalverteilung
Wert: 50 mm
Erweiterte Messunsicherheit: 0.0005 mm
Erweiterungsfaktor: 2

Die erweiterte Meßunsicherheit wurde dem DKD Protokoll 30-DKD-K-02501 /93-06 entnommen.

Dq: Typ A
Methode der Beobachtung: Indirekt SU
Anzahl der Beobachtungen: 2

Nr.	Hinweis	Ablesung	Beobachtung
1	Standard	50.0000 mm	
	Unbekannte	50.0011 mm	$1.100 \cdot 10^{-3}$ mm
2	Standard	50.0002 mm	
	Unbekannte	50.0010 mm	$800 \cdot 10^{-6}$ mm

Arithmetischer Mittelwert: $950.0 \cdot 10^{-6}$ mm
Standardabweichung der Einzelbeobachtung: $210 \cdot 10^{-6}$ mm
Standardabweichung des Mittelwerts: $150.0 \cdot 10^{-6}$ mm
Freiheitsgrad: 1

Summe_K: Zwischenergebnis

additiver Korrekturterm mit Erwartungswert "NULL"

Umin: Typ B Rechteckverteilung
Wert: 0 mm
Halbbreite der Grenzen: 0.00005 mm

Die Streuung kleiner 0,5 SkT kann nichtmehr beobachtet werden, muß also als Grundrauschen angenommen werden. Implizite Meßunsicherheit durch digitale Begrenzung der Auflösung auf 0,1 µm.

Utsp: Zwischenergebnis

Unsicherheitsanteil auf Grund der Temperaturdifferenz Normal - Prüfling

ap: Typ B Rechteckverteilung
Wert: $11.5 \cdot 10^{-6}$ mm/°C
Halbbreite der Grenzen: $0.6 \cdot 10^{-6}$ mm/°C

tp: Typ B Rechteckverteilung
Wert: 20.2 °C
Halbbreite der Grenzen: 0.2 °C

as: Typ B Rechteckverteilung
Wert: $11.5 \cdot 10^{-6}$ mm/°C
Halbbreite der Grenzen: $1 \cdot 10^{-6}$ mm/°C

ts: Typ B Rechteckverteilung
Wert: 19.9 °C
Halbbreite der Grenzen: 0.2 °C

Uks: Typ B Rechteckverteilung
Wert: 0 mm
Halbbreite der Grenzen: 0.0003 mm

Dieser Anteil beruht in erster Linie auf den nicht korrigierten, systematischen Abweichungen der Maßverkörperung. Die Unsichereheit resultiert aus einer Untersuchung vom 16. Nov. 98. (siehe $POS_{ab-40.smu}$)

Ukm: Zwischenergebnis

Wird der Maßstab nicht fluchtend zur Pinolenführung eingebaut, verursacht dies einen cos-Fehler.

a: Typ B Rechteckverteilung
Wert: $29 \cdot 10^{-4}$ rad
Halbbreite der Grenzen: $10 \cdot 10^{-4}$ rad

Hier wurden ca 10 Winkelminuten geschätzt.

am: Typ B Rechteckverteilung
Wert: $10 \cdot 10^{-6}$ mm/°C
Halbbreite der Grenzen: $1 \cdot 10^{-6}$ mm/°C

Dt: Typ B Rechteckverteilung
Wert: 0.4 °C
Halbbreite der Grenzen: 0 °C

Zwischenergebnisse:

Größe	Wert	Std.-Mess-unsicherheit
Summe K	$115.0 \cdot 10^{-6}$ mm	$194.3 \cdot 10^{-6}$ mm
Utsp	$115.00 \cdot 10^{-6}$ mm	$66.49 \cdot 10^{-6}$ mm
Utsb	0.0 mm	$3.367 \cdot 10^{-6}$ mm
Um	0.0 mm	$173.2 \cdot 10^{-6}$ mm
Utm	$-570.0 \cdot 10^{-12}$ mm	$323.1 \cdot 10^{-12}$ mm
Ukm	$3.995 \cdot 10^{-9}$ mm	$1.711 \cdot 10^{-9}$ mm

Messunsicherheits-Budgets:**Dp: Durchmesser des Prüflings**

Größe	Wert	Std.-Mess-unsicherheit	Verteilung	Sensitivitätskoeffizient	Unsicherheitsbeitrag	Index
Ds	50.0000000 mm	$250.0 \cdot 10^{-6}$ mm	Normal	1.0	$250 \cdot 10^{-6}$ mm	50.9 %
Dq	$950.0 \cdot 10^{-6}$ mm	$150.0 \cdot 10^{-6}$ mm	Normal	1.0	$150 \cdot 10^{-6}$ mm	18.3 %
Summe K	$115.0 \cdot 10^{-6}$ mm	$194.3 \cdot 10^{-6}$ mm				
Umin	0.0 mm	$28.87 \cdot 10^{-6}$ mm	Rechteck	2.0	$58 \cdot 10^{-6}$ mm	2.7 %
Utsp	$115.00 \cdot 10^{-6}$ mm	$66.49 \cdot 10^{-6}$ mm				
Utsb	0.0 mm	$3.367 \cdot 10^{-6}$ mm				
Um	0.0 mm	$173.2 \cdot 10^{-6}$ mm				
Utm	$-570.0 \cdot 10^{-12}$ mm	$323.1 \cdot 10^{-12}$ mm				
ap	$11.5000 \cdot 10^{-6}$ mm/°C	$346.4 \cdot 10^{-9}$ mm/°C	Rechteck	5.0	$1.7 \cdot 10^{-6}$ mm	0.0 %
tp	20.2000 °C	0.1155 °C	Rechteck	$570 \cdot 10^{-6}$	$66 \cdot 10^{-6}$ mm	3.6 %
as	$11.5000 \cdot 10^{-6}$ mm/°C	$577.4 \cdot 10^{-9}$ mm/°C	Rechteck	5.0	$2.9 \cdot 10^{-6}$ mm	0.0 %
ts	19.9000 °C	0.1155 °C	Rechteck	0.0	0.0 mm	0.0 %
Uks	0.0 mm	$173.2 \cdot 10^{-6}$ mm	Rechteck	1.0	$170 \cdot 10^{-6}$ mm	24.4 %
Ukm	$3.995 \cdot 10^{-9}$ mm	$1.711 \cdot 10^{-9}$ mm				
a	$2.9000 \cdot 10^{-3}$ rad	$577.4 \cdot 10^{-6}$ rad	Rechteck	ungültig!	$1.6 \cdot 10^{-9}$ mm	0.0 %
am	$10.0000 \cdot 10^{-6}$ mm/°C	$577.4 \cdot 10^{-9}$ mm/°C	Rechteck	$380 \cdot 10^{-6}$	$220 \cdot 10^{-12}$ mm	0.0 %
Dt	0.4 °C	0.0 °C	Rechteck	0.0	0.0 mm	0.0 %
Dp	50.0010650 mm	$350.4 \cdot 10^{-6}$ mm				

Ergebnisse:

Größe	Wert	Erw.-Mess-unsicherheit	Erweiterungsfaktor	Überdeckungswahrscheinlichkeit
Dp	50.00107 mm	$740 \cdot 10^{-6}$ mm	2.11	95% (t-Tabelle 95.45%)