

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 $p_{\text{OS}_{\text{ab-40.smu}}}$)

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 | 250.0·10 ⁻⁶ mm | Normal | 1.0 | 250·10 ⁻⁶ mm | 50.9 % |
| Dq | 950.0·10 ⁻⁶ mm | 150.0·10 ⁻⁶ mm | Normal | 1.0 | 150·10 ⁻⁶ mm | 18.3 % |
| Summe K | 115.0·10 ⁻⁶ mm | 194.3·10 ⁻⁶ mm | | | | |
| Umin | 0.0 mm | 28.87·10 ⁻⁶ mm | Rechteck | 2.0 | 58·10 ⁻⁶ mm | 2.7 % |
| Utsp | 115.00·10 ⁻⁶ mm | 66.49·10 ⁻⁶ mm | | | | |
| Utsb | 0.0 mm | 3.367·10 ⁻⁶ mm | | | | |
| Um | 0.0 mm | 173.2·10 ⁻⁶ mm | | | | |
| Utm | -570.0·10 ⁻¹² mm | 323.1·10 ⁻¹² mm | | | | |
| ap | 11.5000·10 ⁻⁶ mm/°C | 346.4·10 ⁻⁹ mm/°C | Rechteck | 5.0 | 1.7·10 ⁻⁶ mm | 0.0 % |
| tp | 20.2000 °C | 0.1155 °C | Rechteck | 570·10 ⁻⁶ | 66·10 ⁻⁶ mm | 3.6 % |
| as | 11.5000·10 ⁻⁶ mm/°C | 577.4·10 ⁻⁹ mm/°C | Rechteck | 5.0 | 2.9·10 ⁻⁶ mm | 0.0 % |
| ts | 19.9000 °C | 0.1155 °C | Rechteck | 0.0 | 0.0 mm | 0.0 % |
| Uks | 0.0 mm | 173.2·10 ⁻⁶ mm | Rechteck | 1.0 | 170·10 ⁻⁶ mm | 24.4 % |
| Ukm | 3.995·10 ⁻⁹ mm | 1.711·10 ⁻⁹ mm | | | | |
| a | 2.9000·10 ⁻³ rad | 577.4·10 ⁻⁶ rad | Rechteck | ungültig! | 1.6·10 ⁻⁹ mm | 0.0 % |
| am | 10.0000·10 ⁻⁶ mm/°C | 577.4·10 ⁻⁹ mm/°C | Rechteck | 380·10 ⁻⁶ | 220·10 ⁻¹² mm | 0.0 % |
| Dt | 0.4 °C | 0.0 °C | Rechteck | 0.0 | 0.0 mm | 0.0 % |
| Dp | 50.0010650 mm | 350.4·10 ⁻⁶ mm | | | | |

Ergebnisse:

| Größe | Wert | Erw.-Mess-unsicherheit | Erweiterungsfaktor | Überdeckungswahrscheinlichkeit |
|-------|-------------|-------------------------|--------------------|--------------------------------|
| Dp | 50.00107 mm | 740·10 ⁻⁶ mm | 2.11 | 95% (t-Tabelle 95.45%) |