

Flankendurchmesser / Dreikugelverfahren (Hanteltaster)

Autor: Fritz Schwingenschlögl (Fachhochschule Ulm)

Hilfsmittel: Universal-Meßmikroskop (Ident.Nr. 310.01) / Hanteltaster / Einstellring / Höhenmeßeinrichtung/ QMSOFT

Meßprinzip: Zuerst wird die Hantelkonstante durch Vermessen eines Einstellringes bestimmt. Das Maß M von Kugelscheitel bis Kugelscheitel berechnet sich aus der Ablesedifferenz und dem Durchmesser des Einstellringes. Anschließend wird an zwei übereinanderliegenden Gewindegängen die Schief lagenkorrektur für das Prüfmaß Mp ermittelt. Aus der gegenüberliegenden Antastung wird das Prüfmaß gebildet. Dazu muß der Umkehrpunkt gesucht werden. Das Prüfmaß gestattet die Berechnung des Flankendurchmessers d2.

Unsicherheitsquellen basierend auf

Normal : nicht korrigierte system. Komponente und Unsicherheit des Einstellringes /

Verfahren : Suchen des Größtmaßes / Umrechnung mit Unsicherheit Steigung, Teilflankenwinkel, Meßkugeldurchmesser

Meßgerät : Abweichung des Maßstabes / Temperaturabweichungen vom Bezug / Meßkraft

Bsp : Eigenmessung

Modellgleichung:

$$D2 = M_p + H1 + \text{abplattung} + d_{\text{temperatur}}$$

$$M_p = \sqrt{\frac{(A1 + A2) - A3}{2}}$$

$$\alpha_1 = \alpha \cdot \frac{\pi}{180}$$

$$H1 = ca - p / (2 \cdot \tan(\alpha_1))$$

$$ca = M - dk \cdot (1 - 1/\sin(\alpha_1))$$

$$M = D_o - \sqrt{\frac{E1 - E2}{2}}$$

$$\text{abplattung} = (1.9123 \cdot \exp(1/3 \cdot \ln(\text{kraft}/10 / \sin(2 \cdot \alpha_1) \cdot \cos(\alpha_1)))) / 1000$$

$$d_{\text{temperatur}} = M_p \cdot (a_p \cdot (t_p - 20) - a_g \cdot (t_g - 20))$$

Liste der Größen:

Größe	Einheit	Definition
D2	mm	Ergebnis
Mp	mm	Prüfmaß
H1	mm	Hilfsgröße 1
abplattung	mm	Abplattung
d _{temperatur}	mm	Temperatur bedingte Abweichung
A1	mm	Ablesung1
A2	mm	Ablesung2
A3	mm	Ablesung an der gegenüberliegenden Seite
alpha1	rad	Teilflankenwinkel
alpha	deg	Teilflankenwinkel
pi		
ca	mm	Tasterkonstante
p	mm	Steigung
M	mm	Nennmaß des Gewindes

Größe	Einheit	Definition
dk	mm	Tastkugel-Istdurchmesser
Do	mm	Durchmesser des Einstellringes
E1	mm	linke Ablesung Einstellring
E2	mm	rechte Ablesung Einstellring
kraft	N	Meßkraft
ap	mm/°C	Ausdehnungskoeffizient für den Prüfling
tp	°C	Temperatur des Prüflings
ag	mm/°C	Ausdehnungskoeffizient für den Maßstabs
tg	°C	Temperatur des Maßstabes

Mp: Zwischenergebnis

Prüfmaß, gebildet aus einer Dreipunkt-Antastung

abplattung: Zwischenergebnis

Die Abplattungsformel stammt aus : Zs f. Instrumentenkunde Wilhelm J. : Korrekturen bei der Messung von Innengewinden

A1: Typ B Rechteckverteilung
Wert: 0 mm
Halbbreite der Grenzen: 0.001 mm

Ablesung am Durchmesserscheitel im Gewindegang +P/2

A2: Typ B Rechteckverteilung
Wert: 0.001 mm
Halbbreite der Grenzen: 0.001 mm

Ablesung am Durchmesserscheitel im Gewindegang -P/2

A3: Typ B Rechteckverteilung
Wert: 13.1403 mm
Halbbreite der Grenzen: 0.001 mm

Ablesung am gegenüberliegenden Durchmesserscheitel des Gewindeganges

alpha: Typ B Rechteckverteilung
Wert: 30 deg
Halbbreite der Grenzen: 0.0029 deg

pi: Konstante
Wert: 3.14159265358979323846

ca: Zwischenergebnis
Tasterkonstante C(alpha), die zum Prüfmaß addiert werden muß.

p: Typ B Rechteckverteilung
Wert: 2.9998 mm
Halbbreite der Grenzen: 0.002 mm

Steigung des Prüflings

dk: Typ B Rechteckverteilung
 Wert: 1.7498 mm
 Halbbreite der Grenzen: 0.0026 mm

Istdurchmesser des Tastelementes wurde aus den ZEISS - Kalibrierdaten berechnet. Siehe dazu
 $h_{4426.smu}$

Do: Typ A zusammengefasst
 Mittelwert: 24.9988 mm
 Standardmessunsicherheit: 0.00065 mm
 Freiheitsgrad: 1000

Verwendung findet ein DKD-kalibrierter Einstellring

E1: Typ B Rechteckverteilung
 Wert: 0 mm
 Halbbreite der Grenzen: 0.0005 mm

1. Ablesung am linken Bohrungscheitel

E2: Typ B Rechteckverteilung
 Wert: 15.292 mm
 Halbbreite der Grenzen: 0.0005 mm

2. Ablesung am rechten Bohrungscheitel. Die Tasterkonstante M über beide Kugel wird Vorzeichenfrei berechnet.

kraft: Typ B Rechteckverteilung
 Wert: 0.1 N
 Halbbreite der Grenzen: 0.05 N

Antastkraft des Hanteltasters.

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

tp: Typ B Rechteckverteilung
 Wert: 20 °C
 Halbbreite der Grenzen: 0.2 °C

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

Angabe der Firma Heidenhain

tg: Typ B Rechteckverteilung
 Wert: 20 °C
 Halbbreite der Grenzen: 0.2 °C

Zwischenergebnisse:

Größe	Wert	Std.-Mess-unsicherheit
Mp	13.1398000 mm	707.1·10 ⁻⁶ mm
H1	8.858697 mm	1.960·10 ⁻³ mm
abplattung	411.99·10 ⁻⁶ mm	40.28·10 ⁻⁶ mm
d _{temperatur}	0.0 mm	23.12·10 ⁻⁶ mm
alpha1	0.52359878 rad	29.22·10 ⁻⁶ rad
ca	11.456600 mm	1.695·10 ⁻³ mm
M	9.7068000 mm	767.6·10 ⁻⁶ mm

Messunsicherheits-Budgets:

D2: Ergebnis

Größe	Wert	Std.-Mess-unsicherheit	Verteilung	Sensitivitätskoeffizient	Unsicherheitsbeitrag	Index
Mp	13.1398000 mm	707.1·10 ⁻⁶ mm				
H1	8.858697 mm	1.960·10 ⁻³ mm				
abplattung	411.99·10 ⁻⁶ mm	40.28·10 ⁻⁶ mm				
d _{temperatur}	0.0 mm	23.12·10 ⁻⁶ mm				
A1	0.0 mm	577.4·10 ⁻⁶ mm	Rechteck	-0.50	-290·10 ⁻⁶ mm	1.9 %
A2	1.0000·10 ⁻³ mm	577.4·10 ⁻⁶ mm	Rechteck	-0.50	-290·10 ⁻⁶ mm	1.9 %
A3	13.1403000 mm	577.4·10 ⁻⁶ mm	Rechteck	1.0	580·10 ⁻⁶ mm	7.7 %
alpha1	0.52359878 rad	29.22·10 ⁻⁶ rad				
alpha	30.000000 deg	1.674·10 ⁻³ deg	Rechteck	-1.1·10 ⁻³	-1.8·10 ⁻⁶ mm	0.0 %
pi	3.1415926535898					
ca	11.456600 mm	1.695·10 ⁻³ mm				
p	2.999800 mm	1.155·10 ⁻³ mm	Rechteck	-0.87	-1.0·10 ⁻³ mm	23.0 %
M	9.7068000 mm	767.6·10 ⁻⁶ mm				
dk	1.749800 mm	1.501·10 ⁻³ mm	Rechteck	1.0	1.5·10 ⁻³ mm	51.9 %
Do	24.9988000 mm	650.0·10 ⁻⁶ mm	Normal	1.0	650·10 ⁻⁶ mm	9.7 %
E1	0.0 mm	288.7·10 ⁻⁶ mm	Rechteck	1.0	290·10 ⁻⁶ mm	1.9 %
E2	15.2920000 mm	288.7·10 ⁻⁶ mm	Rechteck	-1.0	-290·10 ⁻⁶ mm	1.9 %
kraft	0.10000 N	0.02887 N	Rechteck	ungültig!	40·10 ⁻⁶ mm	0.0 %
ap	11.5000·10 ⁻⁶ mm/°C	577.4·10 ⁻⁹ mm/°C	Rechteck	0.0	0.0 mm	0.0 %
tp	20.0000 °C	0.1155 °C	Rechteck	150·10 ⁻⁶	17·10 ⁻⁶ mm	0.0 %
ag	10.0000·10 ⁻⁶ mm/°C	577.4·10 ⁻⁹ mm/°C	Rechteck	0.0	0.0 mm	0.0 %
tg	20.0000 °C	0.1155 °C	Rechteck	-130·10 ⁻⁶	-15·10 ⁻⁶ mm	0.0 %
D2	21.998909 mm	2.084·10 ⁻³ mm				

Flankendurchmesser des Prüflings

Ergebnisse:

Größe	Wert	Erw.-Mess- unsicherheit	Erweiter- ungsfaktor	Überdeckungs- wahrscheinlichkeit
D2	21.9989 mm	$4.2 \cdot 10^{-3}$ mm	2.00	95% (t-Tabelle 95.45%)