

Gewindemessung nach der Dreidrahtmethode

Autor: Fritz Schwingenschlögl (Fachhochschule Ulm)

Hilfsmittel: Abbekomparator Ident Nr.: 300.01 / ZEISS - Meßdrähte /

Meßprinzip: Das Meßgerät wird durch zusammenfahren der Pinolen "Genullt". Anschließend werden zwei zylindrische Prüfdrähte in der einen und ein Prüfdrahte auf der gegenüberliegende Seite eines fortlaufenden Gewindeganges eingelegt. Mit einem Längenmeßgerät wird das kleinste Abstandsmaß über die Meßdrähte ermittelt. Dieses Prüfmaß dient zum Berechnen des Flankendurchmessers.

Unsicherheitsquellen, basierend auf

Normal: Fehlergrenzen der Maßverkörperung /

Verfahren : Abweichung der Ist-Kenngrößen von den Rechenwerten in der Gleichung / Maßverkörperung / Drahtdurchmesser und dessen Unrundheit / Abplattung / Schräglage der Prüfdrähte/

Meßgerät : / Meßkraft /

Bsp.: Werkstattblatt 667 / Verfahren der Gewindeprüfung

Literatur : Schaller, Tischler, Bestenreiner : Eindimensionale Längenprüftechnik- ein Baustein zur Qualitätssicherung Beuth 1993 / ISBN 3-410-12766-6 Seite 379 Leinweber : Taschenbuch der Längenmeßtechnik

Modellgleichung:

$$d_{2_{\text{Ist}}} = \text{Pruefmass} + d_{\text{masstab}} + d_{\text{geo}} + \text{abplattung} + d_{\text{temperatur}} - d_{\text{schraeg}};$$

$$d_{\text{geo}} = -d_{\text{draht}} \cdot (1 + 1/\sin(\alpha)) + p/2 \cdot \cot(\alpha);$$

$$d_{\text{draht}} = ((d_1 + d_2)/2 + d_3)/2;$$

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

$$\text{abplattung} = (5.85 \cdot \exp(1/3 \cdot \ln(\sqrt{\text{kraft}} / (9.81 \cdot 9.81 \cdot d_{\text{draht}}))) \cdot \exp(1/4 \cdot \ln(d_{\text{draht}} / (m - 0.64952 \cdot p)))) / 1000;$$

$$d_{\text{schraeg}} = k_1 \cdot \cos(\alpha) \cdot k_2;$$

$$k_1 = d_{\text{draht}} / (2 \cdot \sqrt{p/k_3/\pi});$$

$$k_2 = \cot(\alpha) \cdot 1 / (1 - k_4);$$

$$k_4 = d_{\text{draht}} \cdot \sin(\alpha) / (k_3);$$

$$k_3 = \text{Pruefmass} - d_{\text{draht}};$$

Liste der Größen:

Größe	Einheit	Definition
$d_{2_{\text{Ist}}}$	mm	Istmaß des Flankendurchmessers
Pruefmass	mm	Ablesewerte am Meßgerät
d_{masstab}	mm	Korrekturglied für die systematische Abweichung der Maßverkörperung
d_{geo}	mm	Korrekturglied für idealen Achsschnitt
abplattung	mm	Korrekturglied zur Berücksichtigung der Abplattung
$d_{\text{temperatur}}$	mm	Korrekturglied zur Berücksichtigung der Temperaturabweichung von der Bezugstemperatur (20°C)
d_{schraeg}	mm	Korrekturglied für Schräglage der Meßdrähte
d_{draht}	mm	mittlerer Drahtdurchmesser der 3 Prüfdrähte
alpha	rad	Teilflankenwinkel

Größe	Einheit	Definition
p	mm	Steigung
d1	mm	Durchmesser des ersten Zwillingsdrahtes
d2	mm	Durchmesser des zweiten Zwillingsdrahtes
d3	mm	Durchmesser des Einzeldrahtes
ap	mm/°C	Längenausdehnungskoeffizient des Prüflings
tp	°C	Temperatur des Prüflings
ag	mm/°C	Längenausdehnungskoeffizient des Geräts
tg	°C	Temperatur des Meßgerätes
kraft	N	aktuelle Meßkraft
m	mm	Nominaldurchmesser des Gewindes
k1		Hilfsgröße zum Vereinfachen der Gleichung der Schräglagenkorrektur
k2		Hilfsgröße zum Vereinfachen der Gleichung der Schräglagenkorrektur
k3		Hilfsgröße zum Vereinfachen der Gleichung der Schräglagenkorrektur
pi		Konstante
k4		Hilfsgröße zum Vereinfachen der Gleichung der Schräglagenkorrektur

Pruefmass: Typ B Normalverteilung
Wert: 30.4171 mm
Erweiterte Messunsicherheit: 0.002 mm
Erweiterungsfaktor: 2

d_{masstab}: Typ B Rechteckverteilung
Wert: 0 mm
Halbbreite der Grenzen: 0.0012 mm

Siehe hierzu die Untersuchung vom 26. Nov. 1998 am ABBE - waagrecht und die Auswertung der Positionsstreuung $ABBE_{W,XLS}$. Dabei ergab sich für den Gesamtmeßbereich ein $u=1,2$ μ_{ue}

d_{geo}: Zwischenergebnis

In erster Näherung (Annahme, die Prüfdrähte liegen im Achsschnitt an) kann der Flankendurchmesser aus der Differenz von Prüfmaß und diesem Korrekturglied berechnet werden.

abplattung: Zwischenergebnis

Bei der Berührung der Gewindeflanken mit den Meßdrähten tritt unter Einwirkung der Meßkraft eine Abplattung auf, die Werkstoff und meßkraftabhängig ist. Der Zusammenhang zwischen Meßkraft und Abplattung wurde für die Werkstoffkombination Stahl / Stahl Literatur : Schaller,Tischler,Bestenreiner : Eindimensionale Längenprüftechnik- ein Baustein zur Qualitätssicherung Beuth 1993 / ISBN 3-410-12766-6 Seite 379 entnommen. Vereinfachte Darlegungen finden sich auch in Werkstattblatt 667 / Verfahren der Gewindeprüfung

d_{temperatur}: Zwischenergebnis

Bei technischen Messungen spielt der Temperatureinfluß eine große Rolle. Daher muß die unterschiedliche Längenausdehnung, basierend auf unterschiedlichem Ausdehnungskoeffizient bzw Temperatur zwischen Prüfling und Meßgerät, korrigiert werden. Weicht die Isttemperatur von der Bezugstemperatur 20°C ab, so ist das Meßergebnis noch entsprechend umzurechnen.

d_{schraeg}: Zwischenergebnis

Wird das Prüfmaß nur um das Korrekturglied d_{geo} berichtigt, so wird vereinfacht angenommen, daß die Prüfdrähte das Gewinde genau im Achsschnitt berühren. Dies ist aber nur in grober Näherung richtig. Für genaue Messungen muß die Abweichung der Anlagepunkte vom Achsschnitt korrigiert werden. Die mathematische Beziehung ist in Schaller, Tischler, Bestenreiner : Eindimensionale Längenprüftechnik- ein Baustein zur Qualitätssicherung Beuth 1993 / ISBN 3-410-12766-6 Seite 379 nachzulesen.

alpha: Typ B Rechteckverteilung
Wert: 0.5235987 rad
Halbbreite der Grenzen: 0.0035 rad

Grundabweichung für den Teilflankenwinkel kann aus DIN ISO 1502 : 1996-12/ Seite 20 entnommen werden. Für die Steigung $p=1.5$ mm und Aussengewinde beträgt die Toleranz $T = 12$ [rad] ; $1'' = 1'' \cdot \Phi / (180 \cdot 60 \cdot 60)$ [rad];

p: Typ B Rechteckverteilung
Wert: 1.5 mm
Halbbreite der Grenzen: 0.0025 mm

Steigungstoleranz für Gewindelehndornen nach DIN ISO 1502 : 1996-12 = 5 μm .

d1: Typ B Rechteckverteilung
Wert: 0.895 mm
Halbbreite der Grenzen: 0.0005 mm

d2: Typ B Rechteckverteilung
Wert: 0.895 mm
Halbbreite der Grenzen: 0.0005 mm

d3: Typ B Rechteckverteilung
Wert: 0.895 mm
Halbbreite der Grenzen: 0.0005 mm

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

tp: Typ B Rechteckverteilung
Wert: 20.1 °C
Halbbreite der Grenzen: 0.2 °C

ag: Typ B Rechteckverteilung
Wert: $11.5 \cdot 10^{-6}$ mm/°C
Halbbreite der Grenzen: $3 \cdot 10^{-6}$ mm/°C

tg: Typ B Rechteckverteilung
Wert: 20.3 °C
Halbbreite der Grenzen: 0.2 °C

kraft: Typ B Rechteckverteilung
Wert: 2 N
Halbbreite der Grenzen: 0.1 N

Meßkraft des ABBE-Komparators

m: Konstante
Wert: 30 mm

pi: Konstante
Wert: 3.14159265358979323846

Zwischenergebnisse:

Größe	Wert	Std.-Mess- unsicherheit
d_{geo}	-1.385962 mm	$1.373 \cdot 10^{-3}$ mm
abplattung	$881.15 \cdot 10^{-6}$ mm	$16.96 \cdot 10^{-6}$ mm
$d_{\text{temperatur}}$	$-69.96 \cdot 10^{-6}$ mm	$59.29 \cdot 10^{-6}$ mm
d_{schraeg}	$178.281 \cdot 10^{-6}$ mm	$1.087 \cdot 10^{-6}$ mm
d_{draht}	0.8950000 mm	$176.8 \cdot 10^{-6}$ mm
k1	$117.0527 \cdot 10^{-6}$	$226.7 \cdot 10^{-9}$
k2	1.758710	$8.113 \cdot 10^{-3}$
k3	29.522100	$1.016 \cdot 10^{-3}$
k4	0.01515813	$53.15 \cdot 10^{-6}$

Messunsicherheits-Budgets:**d_{2_ist}: Istmaß des Flankendurchmesseres**

Größe	Wert	Std.-Mess-unsicherheit	Verteilung	Sensitivitäts-koeffizient	Unsicherheitsbeitrag	Index
Pruefmass	30.417100 mm	$1.000 \cdot 10^{-3}$ mm	Normal	1.0	$1.0 \cdot 10^{-3}$ mm	29.7 %
d _{masstab}	0.0 mm	$692.8 \cdot 10^{-6}$ mm	Rechteck	1.0	$690 \cdot 10^{-6}$ mm	14.2 %
d _{geo}	-1.385962 mm	$1.373 \cdot 10^{-3}$ mm				
abplattung	$881.15 \cdot 10^{-6}$ mm	$16.96 \cdot 10^{-6}$ mm				
d _{temperatur}	$-69.96 \cdot 10^{-6}$ mm	$59.29 \cdot 10^{-6}$ mm				
d _{schraeg}	$178.281 \cdot 10^{-6}$ mm	$1.087 \cdot 10^{-6}$ mm				
d _{draht}	0.8950000 mm	$176.8 \cdot 10^{-6}$ mm				
alpha	0.523599 rad	$2.021 \cdot 10^{-3}$ rad	Rechteck	0.10	$200 \cdot 10^{-6}$ mm	1.2 %
p	1.500000 mm	$1.443 \cdot 10^{-3}$ mm	Rechteck	0.87	$1.2 \cdot 10^{-3}$ mm	46.4 %
d1	0.8950000 mm	$288.7 \cdot 10^{-6}$ mm	Rechteck	-0.75	$-220 \cdot 10^{-6}$ mm	1.4 %
d2	0.8950000 mm	$288.7 \cdot 10^{-6}$ mm	Rechteck	-0.75	$-220 \cdot 10^{-6}$ mm	1.4 %
d3	0.8950000 mm	$288.7 \cdot 10^{-6}$ mm	Rechteck	-1.5	$-430 \cdot 10^{-6}$ mm	5.6 %
ap	$11.5000 \cdot 10^{-6}$ mm/°C	$577.4 \cdot 10^{-9}$ mm/°C	Rechteck	3.0	$1.8 \cdot 10^{-6}$ mm	0.0 %
tp	20.1000 °C	0.1155 °C	Rechteck	$350 \cdot 10^{-6}$	$40 \cdot 10^{-6}$ mm	0.0 %
ag	$11.500 \cdot 10^{-6}$ mm/°C	$1.732 \cdot 10^{-6}$ mm/°C	Rechteck	-9.1	$-16 \cdot 10^{-6}$ mm	0.0 %
tg	20.3000 °C	0.1155 °C	Rechteck	$-350 \cdot 10^{-6}$	$-40 \cdot 10^{-6}$ mm	0.0 %
kraft	2.00000 N	0.05774 N	Rechteck	$290 \cdot 10^{-6}$	$17 \cdot 10^{-6}$ mm	0.0 %
m	30.0 mm					
k1	$117.0527 \cdot 10^{-6}$	$226.7 \cdot 10^{-9}$				
k2	1.758710	$8.113 \cdot 10^{-3}$				
k3	29.522100	$1.016 \cdot 10^{-3}$				
pi	3.1415926535898					
k4	0.01515813	$53.15 \cdot 10^{-6}$				
d _{2_ist}	29.031771 mm	$1.835 \cdot 10^{-3}$ mm				

Ergebnisse:

Größe	Wert	Erw.-Mess-unsicherheit	Erweiterungsfaktor	Überdeckungswahrscheinlichkeit
d _{2_ist}	29.0318 mm	$3.7 \cdot 10^{-3}$ mm	2.00	95% (t-Tabelle 95.45%)