

▼ Inhalt

Auswirkung von Messfehlern auf die berechnete Sinterschrumpfung.

▼ Fehler in Schrumpfung durch Fehler in Längenmessung

Die Schrumpfung S wird berechnet aus einer Länge vor dem Sintern L_{vor} und nach dem Sintern L_{nach}

$$S = \frac{L_{vor} - L_{nach}}{L_{vor}} \quad (1)$$

Die beiden Längen werden gemessen. Damit ist jede Länge mit einer Messunsicherheit behaftet.

Absolute Messunsicherheit der Länge vor dem Sintern: Δ_{vor}

Absolute Messunsicherheit der Länge nach dem Sintern: Δ_{nach}

Sind die beiden Messfehler statistisch unabhängig und normalverteilt, dann kann die Unsicherheit des Schrumpfung über die Gauß Fehlerrechnung bestimmt werden.

Die statistische Unabhängigkeit und die Normalverteilung werden ohne weitere Kontrolle angenommen.

$$\Delta_S = \sqrt{\left(\frac{\partial}{\partial L_{vor}} S\right)^2 \Delta_{vor}^2 + \left(\frac{\partial}{\partial L_{nach}} S\right)^2 \Delta_{nach}^2} \quad (2)$$

Die Ableitungen ausrechnen.

$$\frac{\partial}{\partial L_{vor}} S = \frac{L_{nach}}{L_{vor}^2} \quad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial L_{nach}} S = -\frac{1}{L_{vor}} \quad (4)$$

Ableitungen einsetzen in (2).

$$\Delta_S = \sqrt{\frac{L_{nach}^2 \Delta_{vor}^2}{L_{vor}^4} + \frac{\Delta_{nach}^2}{L_{vor}^2}} \quad (5)$$

▼ Fehlergrenze der Messuhr

Die Längen (jeweils eine Höhe durch Drehen des Prüfkörpers) werden mit einer Messuhr Sylvac $\mu S229$ gemessen. Die Fehlergrenze ist im Handbuch angegeben.

$$\Delta_U = 5 \text{ } [\mu m] \quad (6)$$

▼ Messunsicherheit durch Positionierung

Nach dem Sintern müssen die Längen des Prüfkörpers an den gleichen Positionen gemessen werden. Bei der Positionierung tritt eine Abweichung auf, die abhängig von der Oberflächenrauigkeit zu einem Längenfehler führt.

Die Abweichung in der Position geschätzt: 0,5 mm.

Die Oberflächenrauigkeit geschätzt aus einem vorliegenden Prüfprotokoll: 0,08 mm

Höhenänderung bei zwei Messpunkten im Abstand von rund 15 mm.

Geschätzte Unsicherheit in der Länge durch eine Abweichung in der Position:

$$\Delta_p = 2.66666667 \text{ } [\mu\text{m}] \quad (7)$$

Genauer kann diese Messunsicherheit aus einer Messreihe gewonnen werden, wobei die Längen eines Prüfkörpers mehrfach gemessen und statistisch ausgewertet werden.

▼ Messunsicherheit durch Temperaturänderung

Bei der Messung der Längen nach dem Sintern kann die Temperatur des Prüfkörpers gering anders sein als bei der ersten Messung. Durch die thermische Ausdehnung des Prüfkörpers ergibt sich ein möglicher Längenfehler.

thermischer Ausdehnungskoeffizient von Crypton: 14,7 $\mu\text{m}/(\text{m K})$.

geschätzte maximale Temperaturdifferenz: 5 K.

typische Länge des Prüfkörpers: 15 mm.

Längenänderung

$$\Delta_T = 1.10250000 \text{ } [\mu\text{m}] \quad (8)$$

Diese Messunsicherheit beträgt 1/5 der Messuhrfehlergrenze. Die Unsicherheit durch Temperaturänderung könnte verkleinert werden. Durch Temperaturmessung könnte die thermische Ausdehnung in der Berechnung der Schrumpfung berücksichtigt werden. Alternativ kann eine konstante Temperatur in der Prüfvorschrift verlangt werden.

▼ Typischer Wert der Unsicherheit der Schrumpfung

Die bei der Prüfung verwendeten Längen liegen alle in der gleichen Größenordnung. Daher kann aus einem Längenwertepaar eine typische Unsicherheit der Schrumpfung berechnet werden.

Zwei gemessene Längen aus einem Prüfprotokoll (Charge 10046004, Block MS1V1-4, y-Richtung):

$$L_{\text{vor}} = 15.66000000 \text{ } [\text{mm}] \quad (9)$$

$$L_{\text{nach}} = 14.25200000 \text{ } [\text{mm}] \quad (10)$$

Die Unsicherheit der Länge vor dem Sintern ist alleine durch die Fehlergrenze der Messuhr gegeben.

$$\Delta_{\text{vor}} = \Delta_U \quad (11)$$

Der Zahlenwert aus Gleichung (6).

$$\Delta_{\text{vor}} = 5 \text{ } [\mu\text{m}] \quad (12)$$

Die Unsicherheit der Länge nach dem Sintern ist durch Messuhr gegeben und die Unsicherheiten aus der Positionswiederholung und der möglichen Temperaturänderung.

$$\Delta_{\text{nach}} = \Delta_U + \Delta_p + \Delta_T \quad (13)$$

Die Zahlenwerte aus den Gleichungen (6), (7) und (8) einsetzen.

$$\Delta_{\text{nach}} = 8.76916667 \text{ } [\mu\text{m}] \quad (14)$$

Die zusammengestellten Zahlenwerte in die Formel (5) eingesetzt liefert die absolute Unsicherheit für

Schrumpfung.

$$\Delta_S = 0.00063088$$

(15)

Die typische Unsicherheit der Schrumpfung aus den Messunsicherheiten beträgt 0,0006 oder 0,06 %-Punkte.