



WIAP®

MEMV®



Metall entspannen mit Vibration

BERICHT WM 886 SPANNUNGEN MESSEN

Bohrlochmethode

1 SPANNUNGSMESSUNG MITTELS BOHRLOCHMETHODE

Die Bohrlochmethode gehört zu den am häufigsten eingesetzten mechanischen teilzerstörenden Verfahren mit einer international anerkannten Norm (AST E 837-99). Bei der Bohrlochmethode erfolgt die Bestimmung der inneren Spannungen eines Werkstoffes durch die Verformungsänderung beim Werkstoffabtrag. Durch die Bohrung entstehen freie Oberflächen, was zur Auslösung der Eigenspannungen und damit zur Verformungsänderung führt. Die Verformung wird mit Hilfe von Dehnmessstreifen, so genannten DMS-Rosetten registriert (Bild 4.13).

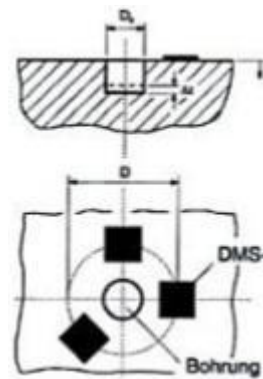


Bild 4.13: Messanordnung bei der Bohrlochmethode, schematische Darstellung Beobachtung des Bohrvorgangs mit dem Videomikroskop

Bei einer schrittweisen Einbringung der Bohrung stellt sich bei jedem Tiefenschritt in der Umgebung der Bohrung ein neuer Gleichgewichtszustand ein, da die Spannungen senkrecht zu der erzeugten lastfreien Bohrungszylinderfläche verschwinden müssen. Für jeden Tiefenschnitt Δz werden die Dehnungen auf der Bauteiloberfläche in radialer Richtung registriert und als Funktion der Tiefe z aufgetragen. Um einen Zusammenhang zwischen der in der Tiefe ausgelösten Eigenspannung R und den an der Oberfläche registrierten Änderung in den Dehnungssignalen $\Delta \epsilon$ zu erhalten, ist eine Kalibrierung an einem bekannten, meist homogenen Spannungszustand mit Hilfe eines Standards notwendig.

Zur Auswertung der Eigenspannungen stellen sich verschiedene Verfahren dar, wobei das wohl gebräuchlichste die Eigenspannungsermittlung über eine Eigenspannungstiefenverteilung ist, da hier die Gradienten der Eigenspannungsverteilung über die Tiefe betrachtet werden. In der Praxis haben sich hierfür mehrere Verfahren durchgesetzt, wobei im folgenden nur kurz auf das Verfahren nach Kelsey eingegangen werden soll.

Kelsey führt zur Eigenspannungsberechnung einen Proportionalitätsfaktor K (Gl. (4.11)) ein, da bei der Bohrlochmethode die gemessenen Dehnungsänderungen $\Delta \epsilon$ nicht direkt über das Hooke'sche Gesetz in Spannungen umgerechnet werden dürfen. Dies ergibt sich, da die Spannungen in einem Tiefeninkrement Δz beim Bohren nur teilweise ausgelöst werden:

$$\Delta \epsilon_{z_i} = K \cdot \frac{R_{z_i}}{E}$$

Mit

$\Delta \epsilon$ Dehnungsänderung

©

K Proportionalitätsfaktor = f

(Bohrungsdurchmesser D_0 ,

Geometrie und Anordnung der

DMS, Bohrungstiefe z.

Für die Berechnung der Eigenspannungen nach Kelsey für den zweiachsigen Fall ergibt sich unter Betrachtung der bei einem Bohrschritt Δz in einer Tiefe z_i an der Oberfläche gemessenen Dehnungssinkremente $\Delta \epsilon$ folgende Beziehung (Gl. (4.12) und (4.13)):

$$R_x = \frac{E}{K_x^2 - \mu^2 \cdot K_y^2} \cdot [K_x \cdot (\Delta \epsilon_x) + \mu \cdot K_y \cdot (\Delta \epsilon_y)]$$

$$R_y = \frac{E}{K_y^2 - \mu^2 \cdot K_x^2} \cdot [K_y \cdot (\Delta \epsilon_y) + \mu \cdot K_x \cdot (\Delta \epsilon_x)]$$

Darin bedeuten:

μ Querkontraktionszahl vom

Werkstoff

K Proportionalitätsfaktor

Im Bild 4.14 ist der experimentelle Aufbau einer zur Bohrlochuntersuchung dargestellt.

Die meisten Messeinrichtungen zur Bohrlochmessung ermöglichen es, Bauteile mit sehr komplexen Geometrien und in verschiedensten Größen zu untersuchen.

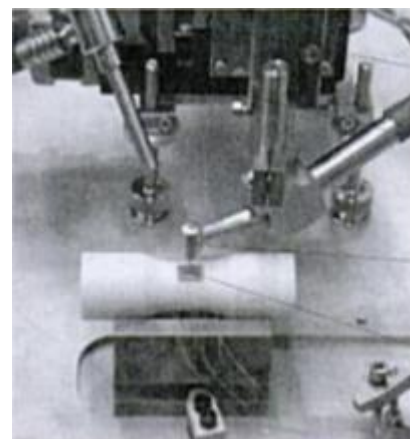


Bild 4.14: Bohrlochverfahren im Labor

Die Ergebnisse einer Bohrlochuntersuchung mit einem Eigenspannungstiefenverlauf an einer 300 µm dicken Hartchromschicht auf einem Kupfergrundkörper sind in Bild 4.15 dargestellt. Bei diesem Messprinzip muss beachtet werden, dass die optimale Eindringtiefe vom Durchmesser des verwendeten Bohrers abhängig ist, wobei ab einer Eindringtiefe von ca. 1 mm keine verlässliche Auswertung der Ergebnisse mehr möglich ist.

Cu mit Hartchromschicht

Pos. Mitte

□ Sigma X

◇ Sigma Y

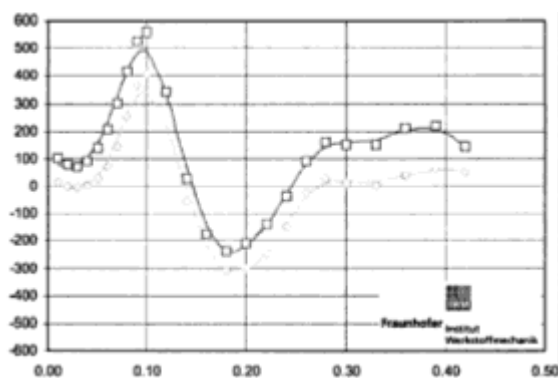


Bild 4.15: Eigenspannungstiefenverteilung am Beispiel einer Hartchromschicht bestimmt mittels der inkrementellen Bohrlochmethode

Ein wesentlicher Vorteil der Bohrlochmethode steht in einer relativ einfachen Messdurchführung. Die Messungen erfolgen lokal mit einer sehr hohen räumlichen Auflösung. Mit Hilfe des inkrementellen Bohrlochverfahrens ist es möglich, Tiefenverteilungen der Eigenspannungen zu messen.

Der Nachteil dieser Methode liegt in dem teilzerstörenden Messprinzip, wobei dies in Abhängigkeit vom Einsatz des Bauteils betrachtet werden muss, da es sich lediglich um sehr kleine Bohrungen handelt.

2 QUELLENVERZEICHNIS

<http://de.stresstechgroup.com/content/de/1041/1671/Barkhausenrauschen%20Analyse.html>

[Praktikumsanleitung Versuch - Lehrstuhl Metallische Werkstoffe](#)

<http://www.mat-tec.ch/de/services/eigenspannungen.html>

<https://www.psi.ch/sing/poldi/>

<http://wiap.ch/Diverse%20Sprachen/Deutsch/1.%20Ingalt%2000/Inhalt%2000.htm>

Wikipedia NDE

<http://stressvision.com/>