

Definition Eigenspannung

Eigenspannungen sind mechanische Spannungen, die in einem Körper ohne Einwirkung äußerer Kräfte oder Momente auftreten und sich im thermischen Gleichgewicht befinden. Die mit diesen Spannungen verbundenen inneren Kräfte und Momente befinden sich im Gleichgewicht.

Zugeigenspannungen werden normalerweise mit positiven Vorzeichen dargestellt, Druckeigenspannungen mit negativen Vorzeichen.

Eigenspannungen in der Anwendung

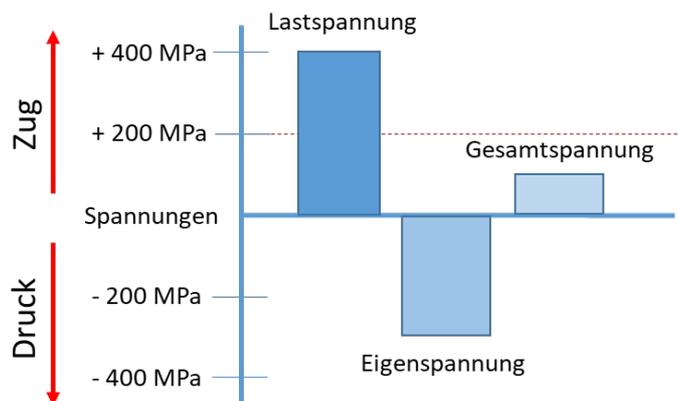


Abbildung 1: Beispiel für Eigenspannungen in der Anwendung

- Bauteil ist in der Anwendung einer Lastspannung (Zug) von + 400 MPa ausgesetzt
- Konstruktiv soll das Bauteil (z.B. zum Erreichen einer gewissen Lebenszeit) aber maximal + 200 MPa erleben
- Verringerung der Belastung durch Eigenspannungen von – 300 MPa

→ Gesamtspannung auf + 100 MPa reduziert

Entstehung von Eigenspannungen durch den Kugelstrahlprozess und Messprinzip

Durch das beschleunigte Strahlmittel wirkt eine Kraft auf das Kristallgitter und staucht es. Dadurch verringert sich der Atomabstand D_0 zu D und es entstehen Druckspannungen auf atomarer Ebene.

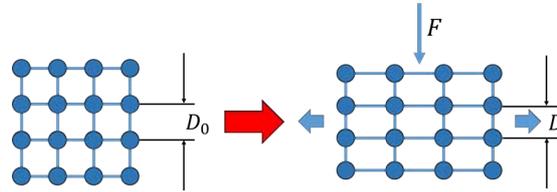


Abbildung 2: Entspannte Gitterstruktur und Gitterstruktur unter Belastung

Druckeigenspannungen wirken einer Belastung des Bauteils auf Zug entgegen.

Durch Änderung des Gitterabstands verändert sich der Beugungswinkel der Röntgenstrahlung, woraus sich die entsprechenden Eigenspannungen berechnen lassen.

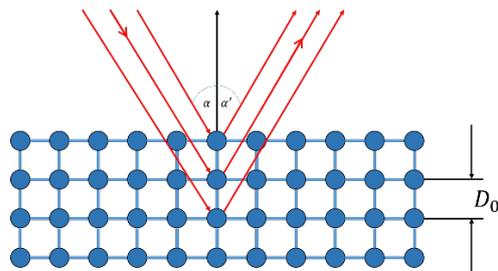


Abbildung 3: Gitterstruktur einer ungestrahlten Oberfläche

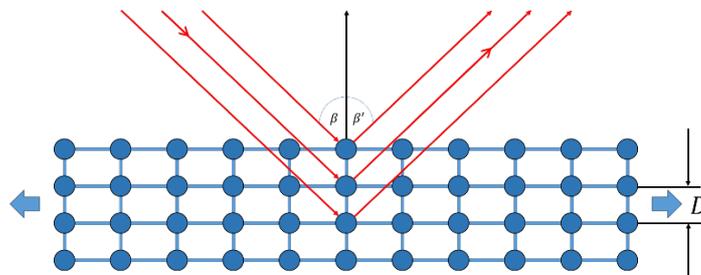


Abbildung 4: Gitterstruktur einer gestrahlten Oberfläche

Grundsätzliches zur röntgenografischen Eigenspannungsmessung:

Eigenspannungen sind richtungsabhängig. Es lassen sich mittels Röntgenbeugung gezielt einzelne, relevante Richtungen messen.

Messungen direkt an der Bauteiloberfläche können teilweise komplett zerstörungsfrei durchgeführt werden. Für ein aussagekräftiges Tiefenprofil der Eigenspannungen, ist ein elektrochemischer Abtrag und oft ein Trennen der Probe notwendig, womit die Messung zerstörend wird.

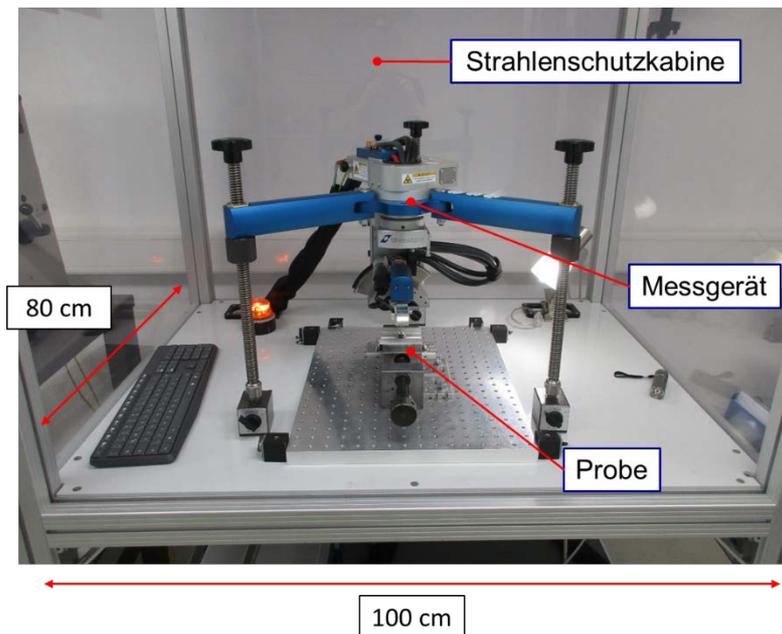


Abbildung 5: Messgerät in Strahlenschutzkabine

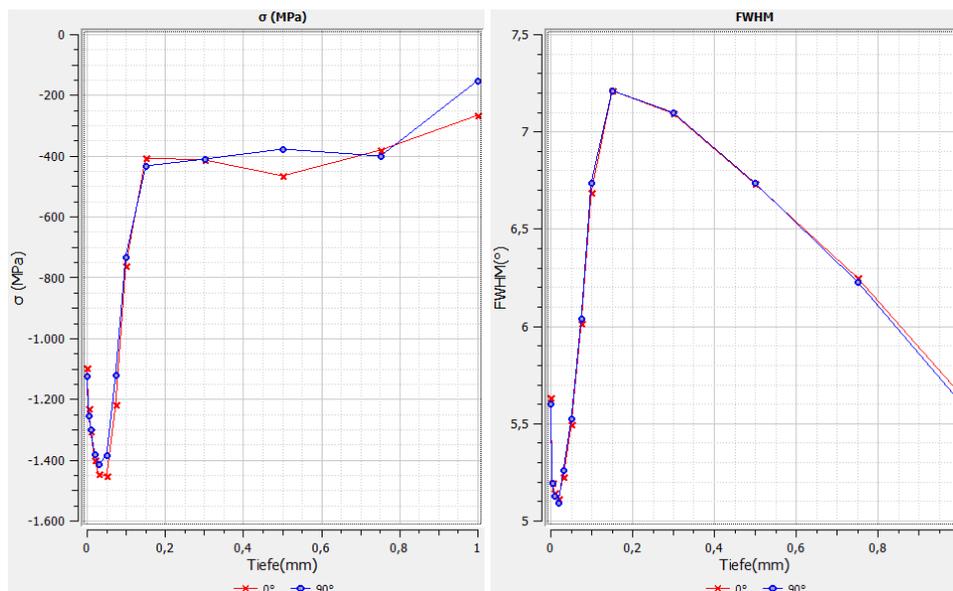


Abbildung 6: Beispiel für Tiefenverlauf in zwei unterschiedlichen Messrichtungen (0° und 90°), Eigenspannungen (links) und Halbwertsbreite (rechts)

Neben den Eigenspannungen liefern die Messungen als Ergebnis auch die sogenannte Halbwertsbreite (FWHM, Abbildung 6 rechts). Gitterfehler, die zu einer Steigerung der Härte führen (Versetzungen, Fremdatome, Korngrenzen...), führen auch zu einer Verbreiterung des Röntgenpeaks und damit einer höheren Halbwertsbreite. Die Halbwertsbreite ist somit ein indirekter Messwert für den Verlauf der Härte. Allerdings lässt sie sich nicht 1 zu 1 in gängige Härteskalen wie HV und HB übertragen.

Das Ergebnis der Eigenspannungsmessung bildet einen Mittelwert für die gesamte belichtete Fläche. Diese Fläche hängt von der verwendeten Blende (=Kollimator) ab:

Eine große Blende:

- + kurze Messzeit (günstiger)
- + grobe Kornstruktur/Kornorientierung kann gut ausgeglichen werden
- nur an relativ flachen Oberflächen zu verwenden

Eine kleine Blende:

- + sehr lokale Messungen möglich
- + auch gekrümmte Oberflächen und Radien lassen sich messen
- grobe Kornstruktur und Kornorientierung können zu Problemen führen
- lange Messzeit (zum Teil erheblich teurer)

Limitierungen der Messmethode:

Um gute Messergebnisse zu erhalten und um überhaupt eine Messung sinnvoll durchführen zu können gibt es einige Limitierungen, die beachtet werden sollten:

- Messbarkeit des Materials mit der passenden Wellenlänge
 - > Bei OSK-Kiefer möglich: quasi alle Stähle und Eisenwerkstoffe (Ferrit und Austenit), Aluminium. Nickel mit Einschränkungen.
- Zugänglichkeit der Messstelle
- Bauteilgröße durch Strahlenschutzkabine, Messgeräteeöhe und Messposition limitiert
 - > notfalls muss das Bauteil getrennt werden
- Radius an Messstelle ($r \cdot 0,4$ muss größer als der Blendendurchmesser sein). Die kleinste Blende hat einen Durchmesser von 0,5 mm
 - > notfalls muss die Messstelle verschoben werden

Die meisten Proben müssen zum Erstellen eines Tiefenprofils und/oder um die Messstelle zugänglich zu machen getrennt werden. Hierzu wird durch geeignete Kühlung ein Erwärmen der Probe und damit ein unerwünschter Abbau der Eigenspannungen verhindert.

Wir sind nach ISO 9100:2018 sowie ISO 9001:2015 als Röntgenlabor zur Eigenspannungsmessung zertifiziert. Die aktuellen Versionen der Zertifikate finden Sie unter:

www.osk-kiefer.de/wp-content/uploads/Zertifikat-EN-9100_2018.pdf

www.osk-kiefer.de/wp-content/uploads/Zertifikat-ISO-9001_2015_DE042021.pdf

Sollten Sie Fragen zum Thema Eigenspannungsmessung haben oder ein unverbindliches Angebot für eine Messung wünschen, wenden Sie sich gerne direkt an:

Röntgenlabor:

Hr. Thomas Schieß

M.Sc. Materialwissenschaften und Werkstofftechnik

Telefon: 08137/9316-24

E-Mail: Thomas.Schiess@osk-kiefer.com