

Zur Interpretation von Gittereigendehnungsverteilungen verformter homogener Eisenwerkstoffe

G. HELLWIG, P. PRÜMMER, H. WOHLFAHRT
und E. MACHERAUCH

Institut für Werkstoffkunde I der Universität Karlsruhe
(Z. Naturforsch. 22 a, 2125—2126 [1967]; eingeg. am 28. Oktober 1967)

In verformten Vierkristallen lassen sich auf röntgenographischem Wege Gittereigendehnungen und deren Verteilungen mit Standardmethoden¹ messen. Nach Zugverformung werden diese Verteilungen meist in einer die Verformungsrichtung enthaltenden Probenlängsebene ermittelt. Übereinstimmend wird gefunden, daß diese Gitterdehnungsverteilungen bei plastisch zugverformten homogenen Eisenwerkstoffen stets nahezu linear von $\sin^2 \psi$ abhängig sind (ψ = Winkel zwischen Oberflächenlot und Meßrichtung). Über die Vorzeichen der Ansteige der Verteilungen sowie über die Beträge der Gittereigendehnungen in den verschiedenen ψ -Richtungen liegen dagegen sehr widersprüchliche Befunde vor^{2—9}. Diese Widersprüche ergeben sich sowohl bei der Vermessung von oberflächennahen Bereichen als auch von Bereichen im Probeninnern, die durch elektrolytisches Abtragen freigelegt werden. Ordnet man den Gittereigendehnungsverteilungen formal die Spannungen zu, die zu ihrer Erzeugung auf Grund der Elastizitätstheorie wirksam sein müßten, so ergeben sich bei einer Gruppe von Experimenten in den oberflächennahen Ferritkristallen bei Messungen mit Kobaltstrahlung hohe Druckeigenspannungen, mit Chromstrahlung kleine Druckeigenspannungen und mit Eisenstrahlung teilweise sogar geringe Zugeigenspannungen^{2, 5, 7, 8}. Abätzversuche zeigen, daß diese Unterschiede in den mit verschiedenen Wellenlängen bestimmten Eigenspannungen auch im Probeninnern vorliegen^{2, 5}. Andere, an sukzessive abgedünnten Proben durchgeführte Untersuchungen ergaben bei abnehmendem Probenquerschnitt mit Chromstrahlung einen stetigen Abfall der Eigenspannungen auf den Wert Null, mit Kobaltstrahlung dagegen einen Abfall auf einen endlichen Spannungswert^{7, 8}. Dem stehen eigene Untersuchungen gegenüber, die bei Berücksichtigung des Einflusses der elastischen Anisotropie auf die röntgenographischen Elastizitätskonstanten mit allen drei Strahlungen übereinstimmende Oberflächeneigenspannungen ergeben^{4, 6, 9}. Mit abnehmendem Probenquerschnitt gehen die mit Kobalt- und Chromstrahlung ermittelten Eigenspannungen darüber hinaus gegen Null³.

Da die röntgenographische Methode der Gitterdehnungsmessung ein strukturempfindliches Verfahren darstellt, liegt der Verdacht nahe, daß diese Diskrepanzen

im Werkstoffzustand zu suchen und daher von grundständlicher Bedeutung für die Interpretation von Gittereigendehnungsverteilungen sind. Wir haben deshalb ausgehend von Eisen mit 0,03% Kohlenstoff, 0,1% Silicium, 0,15% Mangan, 0,01% Blei und 0,01% Schwefel Zugproben unterschiedlichen Zustandes hergestellt. Ein Probentyp (A) wurde aus Rohlingen von 40 mm Ø herausgearbeitet, der andere Probentyp (B) wurde aus dem um 75% abgehämmerten Rohling hergestellt. Im ersten Fall zeigten die Rundproben nach zweistündiger Glühung bei 700 °C im Vakuumofen eine mittlere Korngröße von 40 µm, im zweiten Fall lag nach derselben Wärmebehandlung ein stark ausgeprägt faseriges Verformungsgefüge mit Textur vor.

Proben der Serie A wurden in einer Zugmaschine 6, 11 und 17%, Proben der Serie B 23% gereckt. Danach wurden in der Stablängsebene röntgenographische Gitterdehnungsmessungen an {211}-, {310}- und {220}-Ebenen des oberflächennahen Ferrits vorgenommen. Zur Bestimmung der Gittereigendehnungsverteilungen des Ferrits tiefer gelegener Werkstoffbereiche wurden diese durch elektrolytisches Abtragen freigelegt. Bei beiden Werkstoffzuständen A und B wurden innerhalb der Meßgenauigkeit stets lineare Gitterdehnungsverteilungen über $\sin^2 \psi$ gemessen. Aus den Gitterdehnungsanstiegen wurden Spannungen unter Verwendung der mechanischen Elastizitätskonstanten ($1/2 s_2 = 6,1 \cdot 10^{-5}$ mm²/kg) berechnet.

Die Ergebnisse, die an {211}-Ebenen des Ferrits der Probenserie A erhalten wurden, sind in Abb. 1 aufgezeichnet. Die Diagramme geben die an den jeweils frei gelegten Probenoberflächen ermittelten Spannungen als Funktion des Probenrestquerschnitts für die drei Deformationsgrade wieder. An {310}- und {220}-Ebenen wird qualitativ derselbe Befund erhalten. Wird bei der Berechnung der Eigenspannungen die Netzebenenabhängigkeit der röntgenographischen Elastizitätskonstanten berücksichtigt, so liefern die Messungen mit Chrom-, Kobalt- und Eisenstrahlung im Rahmen der Meßgenauigkeit übereinstimmende Spannungswerte.

Nach kleinen Verformungsgraden (vgl. Abb. 1) werden überwiegend Makroeigenspannungen beobachtet. Ihr Anteil an der gesamten Eigenspannung nimmt mit wachsender Deformation ab.

Eine völlig andere Eigenspannungsverteilung liegt über dem Probenquerschnitt der gehämmerten Probe vor. Nach Abb. 2 werden an {310}-Ebenen hohe Druckeigenspannungen ermittelt, während sich an {211}-Ebenen schwache Druck- und an {220}-Ebenen um den Wert Null streuende Eigenspannungswerte ergeben. Je nach vermessener Netzebene liegen ganz verschiedene Abhängigkeiten der Eigenspannungen vom Probenquerschnitt vor. Daß die effektive Eindringtiefe der

¹ E. MACHERAUCH u. P. MÜLLER, Z. angew. Phys. 13, 305 [1961].

² V. HAUK, Arch. Eisenhüttenwes. 25, 273 [1954].

³ K. KOLB u. E. MACHERAUCH, Arch. Eisenhüttenwes. 36, 9 [1965].

⁴ R. PRÜMMER u. E. MACHERAUCH, Z. Naturforsch. 20 a, 1367 [1965].

⁵ E. BOLLENRATH, V. HAUK u. W. OHLY, Z. Metallkde. 57, 464 [1966].

⁶ R. PRÜMMER u. E. MACHERAUCH, Z. Naturforsch. 21 a, 661 [1966].

⁷ G. FANINGER, Acta Phys. Austriaca 23, 272 [1966].

⁸ G. FANINGER, Z. Metallkde. 58, 201 [1967].

⁹ R. PRÜMMER, Dissertation, Universität Karlsruhe 1967.



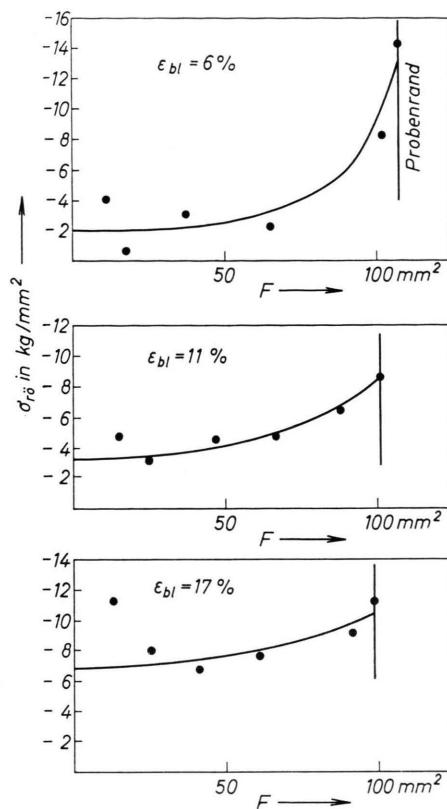


Abb. 1. Verformungseigenspannungen über dem Querschnitt verschieden stark zugverdeineter Armcoisenproben (Typ A).

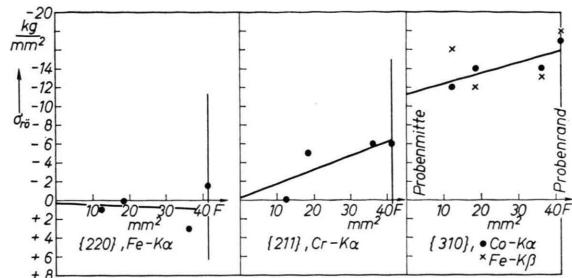


Abb. 2. Mit Fe-K α , Cr-K α , Co-K α und Fe-K β gemessene Verformungseigenspannungen über dem Querschnitt einer 23% zugverdeinerten Armcoisenprobe (Typ B).

verwendeten RÖNTGEN-Strahlung die grundsätzlichen Befunde nicht beeinflußt, geht daraus hervor, daß mit Kobalt- und Eisenstrahlung an {310}-Ebenen dieselben Spannungswerte erhalten werden. Nach der üblichen Betrachtungsweise wären die Meßergebnisse an {310}-Ebenen überwiegend als Mikroeigenspannungen, die Ergebnisse an {220}- und {211}-Ebenen dagegen als reine Makroeigenspannungen anzusprechen. Ein solches Vorgehen entspricht offenbar nicht den physikalischen Gegebenheiten.

Die Untersuchungen zeigen insgesamt, daß die von verschiedenen Autoren an plastisch verformten homogenen Eisenwerkstoffen auf röntgenographischem Wege gefundenen unterschiedlichen Eigenspannungszustände an ein und demselben Werkstoff nach entsprechender Vorbehandlung reproduziert werden können. Eine ausgeprägte Netzebenenabhängigkeit des Eigenspannungszustandes tritt im Sonderfall auf, daß der für die Verformungsversuche verwendete Werkstoff eine stark anisotrope Gefügeausbildung und Textur aufweist.

Lebensdauerbestimmung des He 3¹P₁-Zustandes aus dem Hanle-Effekt bei Ionenstoßanregung

K. BUCHHAUPT und W. DRTIL

I. Physikalisches Institut der Justus-Liebig-Universität Gießen
Direktor: Prof. Dr. W. HANLE

(Z. Naturforsch. 22 a, 2126—2127 [1967]; eingeg. am 16. November 1967)

Unter bestimmten Anregungs- und Beobachtungsbedingungen ist das Ionenstoßbleuchten atomarer Gase durch die Vorzugsrichtung der Anregung teilweise polarisiert¹. Die Anwesenheit eines magnetischen Feldes führt zu einer Depolarisation des Stoßbleuchtens, aus der die Lebensdauer des angeregten Zustandes bestimmbar ist (HANLE-Effekt, zero-field level-crossing)².

¹ J. STARK, Verh. d. D. Phys. Ges. **8**, 104 [1906]. — W. MAURER, Phys. Z. **40**, 161 [1939]. — F. J. DE HEER, Advances in Atomic and Molecular Physics, Vol. 2, Academic Press Inc., New York 1966, S. 327; van den Bos, Theses, Amsterdam.

² W. HANLE, Z. Phys. **30**, 93 [1924]. — A. C. MITCHELL u. M. W. ZEMANSKY, Resonance Radiation and Excited Atoms, Cambridge University Press 1934, Capt. V.

Diese Methode wurde bisher bei Untersuchungen der Lebensdauer angeregter Atomzustände bei optischer Anregung und Elektronenstoßanregung³ verwandt. Die meisten angeregten Zustände können mit optischer Anregung, bedingt durch die Auswahlregeln, nicht erreicht werden. Die Stoßanregung, die an diese Auswahlregel nicht gebunden ist, ermöglicht es, solche Übergänge zu untersuchen. Größere magnetische Feldstärken, wie sie beim HANLE-Effekt zur Messung besonders kleiner Lebensdauern benötigt werden, schränken die Anwendung der Elektronenstoßanregung ein, weil durch die unerwünscht starke Krümmung des anregenden Elektronenstrahls im Magnetfeld die notwendige Vorzugsrichtung der Anregung verlorengeht. Dies wird bei Anregung durch Ionenstoß vermieden.

³ J. C. PEBAY-PYRÉ et al., Excitation Electronique d'une Vapeur Atomique, Centre National de la Recherche Scientifique 23.—26. Mai 1966, S. 71.