

gemeinen bis auf einen Bereich in der Umgebung von $\alpha=0$ und $\alpha=\pi$ erfüllt ist (in der Nähe von $\alpha=0$ und $\alpha=\pi$ versagen die Methoden unter Ausnutzung der anomalen Dispersion ohnehin, weil dann der Effekt zu klein wird), so ergibt sich durch Reihenentwicklung in erster Näherung

$$v = \frac{-1}{a_m \eta_m \sin \alpha + b_m \cos \alpha}.$$

Die Lösung mit dem positiven Wurzelvorzeichen kann in den meisten Fällen durch eine Nebenbetrachtung ausgeschlossen werden; es ergeben sich für v viel zu große, physikalisch sinnlose Werte.

Zur Frage des Wellenlängeneinflusses auf die röntgenographische Eigenspannungsbestimmung

R. PRÜMMER und E. MACHERAUCH

Max-Planck-Institut für Metallforschung, Stuttgart

(Z. Naturforschg. 20 a, 1369—1370 [1965]; eingeg. am 24. August 1965)

Es ist seit langem bekannt, daß bei der Ermittlung von Gittereigendehnungen mit RÖNTGEN-Strahlen verschiedener Wellenlänge an der gleichen Meßstelle unterschiedliche Dehnungsverteilungen erhalten werden, aus deren Anstiegen sich auch bei Berücksichtigung der elastischen Anisotropie keine übereinstimmenden Eigenspannungen ergeben¹. Es wurde versucht, diese Erscheinung auf die Verfestigungsanisotropie der erfaßten Kristallitorientierungen zurückzuführen. Während bei den kfz. reinen Metallen auf diese Weise eine einigermaßen befriedigende Erklärung² gelang, sind bei Stählen bei Vermessung des krz. Ferrits die auftretenden Unterschiede so groß, daß noch andere Ursachen vorliegen müssen. Die Beobachtung³, daß der Eigenspannungsunterschied — ermittelt mit CrK α - und CoK α -Strahlung — sich in einem bestimmten Temperaturintervall erholt, schien einen neuen Weg der Interpretation aufzuweisen. Ergänzende Untersuchungen zeigten jedoch, daß diesem Befund offenbar keine allgemeine Bedeutung zukommt. Ein weiterer Unterschied zwischen beiden Metalltypen besteht darin, daß sich bei den kfz. Metallen die Eigenspannungen

Durch Messung bei zwei Wellenlängen im Bereich anomaler Dispersion ist nun mit der Nebenbedingung $v > 0$ [Gleichung (1)] eine eindeutige Lösung für den Phasenwinkel α zwischen dem „normalen Strukturfaktor“ F_N^0 und dem „normalen Vektor“ F_P^0 (Abb. 1) möglich. Es ergibt sich durch Umformung:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{r(\lambda_n) - r(\lambda_m)}{i(\lambda_m) \eta_m - i(\lambda_n) \eta_n}.$$

Die Bestimmung der Phasen spezieller Strukturfaktoren einer bekannten Struktur (hexagonales CdS) ergab zufriedenstellende Ergebnisse. Weitere Untersuchungen sind im Gange.

als die Differenz der an der Probenoberfläche im Zugversuch röntgenographisch gemessenen Fließspannung und der mittleren Fließspannung der Gesamtprobe ergeben⁴. Bei den krz. Metallen konnte dieser Zusammenhang dagegen nicht gefunden werden⁵. Es lag daher nahe, weitere Gesichtspunkte experimentell zu überprüfen, die zur aufgeworfenen Frage beitragen können.

Eine bisher stets gemachte Annahme bei der Beurteilung gemessener Gittereigendehnungsverteilungen besteht darin, daß der Zusammenhang zwischen Gittereigendehnungen und Eigenspannungen nicht durch den Probenzustand beeinflusst wird. Der Einfluß der elastischen Anisotropie auf die röntgenographisch ermittelten Gitterdehnungswerte wurde daher z. B. bei unlegierten Stählen als unabhängig vom Kohlenstoffgehalt und Deformationszustand der untersuchten Vielkristalle angesehen. Dementsprechend wurde bei der Umrechnung von röntgenographisch ermittelten Gitterdehnungen in Spannungen meistens von den gewöhnlichen Werten von Elastizitätsmodul und Querkontraktionszahl Gebrauch gemacht. Seltener wurden die röntgenographischen elastischen Konstanten verwendet, die an rekristallisierten Proben ermittelt, oder nach den VOIGT- und REUSSschen Grenzzannahmen aus den elastischen Daten von Einkristallen berechnet wurden¹.

¹ Vgl. z. B. E. MACHERAUCH, Materialprüf. 5, 14 [1963]. — V. HAUK, Z. Metallk. 55, 626 [1964].

² E. MACHERAUCH u. P. MÜLLER, Z. Metallk. 51, 514 [1960].

³ E. KOLB u. E. MACHERAUCH, Z. Naturforschg. 18 a, 880 [1963].

⁴ Vgl. z. B. K. KOLB u. E. MACHERAUCH, Z. Metallk. 53, 108 [1962]. — C. O. LEIBER u. E. MACHERAUCH, Z. Metallk. 52, 196 [1961].

⁵ K. KOLB u. E. MACHERAUCH, Arch. Eisenhüttenwes. 36, 9 [1965].



Wir haben in einer ausführlichen Untersuchung gezeigt, daß die röntgenographischen elastischen Konstanten unlegierter Stähle in gesetzmäßiger Weise vom Heterogenitätsgrad abhängig sind⁶. Eine Überprüfung der Verformungsabhängigkeit dieser Größen schien uns beim gegenwärtigen Stand der Diskussion des Wellenlängeneinflusses auf die röntgenographische Eigenspannungsbestimmung sehr erwünscht. Wir haben dazu an einem nahezu eutektoiden Kohlenstoffstahl mit 0,86% C die röntgenographischen elastischen Konstanten in Abhängigkeit vom Verformungsgrad gemessen und gleichzeitig röntgenographische Fließ- und Eigenspannungsmessungen vorgenommen. Die Messungen der elastischen Konstanten, die mit Chromstrahlung an {211}-Netzebenen und mit Kobaltstrahlung an {310}-Netzebenen des Ferrits vorgenommen wurden, sind in Abb. 1 a und b wiedergegeben. Während die Mes-

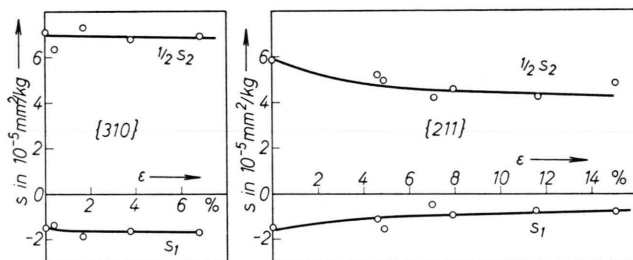


Abb. 1. Röntgenographische elastische Konstanten in Abhängigkeit vom Deformationsgrad. a) Messung an {310}-Ebenen (Kobaltstrahlung); b) Messung an {211}-Ebenen (Chromstrahlung).

sungen an {310}-Ebenen ergeben, daß die röntgenographischen elastischen Konstanten im Rahmen der Meßgenauigkeit sich nicht ändern (Abb. 1 a), nehmen die an den {211}-Ebenen mit Chrom-Strahlung ermittelten röntgenographischen elastischen Konstanten $\frac{1}{2}s_2$ und s_1 beide mit wachsender Verformung im Betrage ab. Berücksichtigt man die Änderungen der röntgenographischen elastischen Konstanten bei der Berechnung der Fließ- und Eigen-

spannungen, so ergeben sich beispielsweise bei Messungen mit Chromstrahlung die in Abb. 2 gezeigten Verhältnisse. Wie man sieht, ist die Eigenspannung in erster Näherung bestimmt durch die Differenz aus makroskopischer Fließspannung und der Fließspannung der in den Oberflächenschichten vermessenen Kristallite.

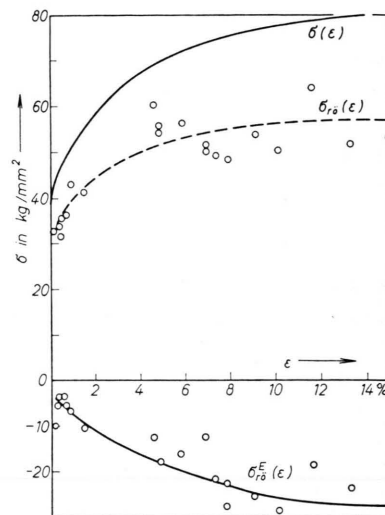


Abb. 2. Mit Chromstrahlung gemessene Fließ- und Eigenspannungen. $\sigma(\epsilon)$ = mittlere Fließspannung, $\sigma_{r\sigma}(\epsilon)$ = Oberflächenfließspannung, $\sigma_{r\sigma}^E(\epsilon)$ = Oberflächeneigenspannung.

Die Sonderstellung der {211}-Netzebenen hinsichtlich des Anisotropieeinflusses auf die Gitterdehnungsmessungen an Eisenwerkstoffen dürfte mit der Tatsache zusammenhängen, daß die {211}-Ebenen Gleitebenen des Ferrits sind, die {310}-Ebenen dagegen nicht. Diese Folgerung wird untermauert durch inzwischen abgeschlossene Messungen an {220}-Ebenen mit FeK α -Strahlung, die ähnliche Veränderungen der röntgenographischen elastischen Konstanten mit dem Deformationsgrad zeigen, wie sie bei der Vermessung von {211}-Ebenen mit Chromstrahlung beobachtet wurden.

⁶ R. PRÜMMER, Diplomarbeit, Technische Hochschule Stuttgart 1963.