

Ein gefügebedingter Oberflächeneffekt bei der Zugverformung dünner Vielkristallproben

VON KLAUS KOLB UND ECKARD MACHERAUCH

Institut für Metallphysik am Max-Planck-Institut
für Metallforschung, Stuttgart

(Z. Naturforschg. 16 a, 218 [1961]; eingegangen am 13. Dezember 1960)

Der Begriff Oberflächeneffekt^{1, 2} faßt Ursachen und Folgen der Sonderstellung zusammen, die den oberflächennahen Kristalliten vielkristalliner Metallproben bei einachsiger Zugverformung zukommt. Bei kubisch-flächenzentrierten Vielkristallen²⁻⁵ mit statistisch regelloser Orientierungsverteilung und gleicher mittlerer Abmessung der Kristallite bildet sich bekanntlich nach Überschreiten der Streckgrenze eine Verfestigungs-inhomogenität zwischen den Rand- und Kernbereichen aus, die nach Entlastung zum Aufbau eines Eigenspannungszustandes I. Art führt: Druckeigenspannungen in den Oberflächenschichten halten Zugeigenspannungen im Probeninneren das Gleichgewicht. Diese Eigenspannungen nehmen proportional zur auftretenden Verfestigungs-inhomogenität mit wachsendem Verformungsgrad zu.

Es liegt die Frage nahe, ob die oberflächennahen Kristallite reiner Metallproben nach Zugverformung stets Druckeigenspannungen aufnehmen oder ob auch andere Fälle möglich sind. Wie bereits früher bemerkt (vgl. Anm.^{6, 7}), sind Abweichungen vom erörterten Normalfall dann nicht auszuschließen, wenn die Kristallitgröße der Vielkristallproben den Querschnittsabmessungen vergleichbar wird oder bzw. und wenn ausgeprägte Gefügeinhomogenitäten auftreten. Experimentelle Belege dafür fehlen bisher gänzlich. Nachfolgend wird deshalb über ein entsprechendes, recht eindrückliches Beispiel berichtet.

Aus reinem Nickel (99,8% Ni) wurden schlanke Rundproben von 0,9–0,3 mm ϕ mit einer extremen Gefügeinhomogenität derart hergestellt, daß viele kleine Kristallite in den Oberflächenschichten wenige große im Probeninneren umgaben. Charakteristisch für die Kristallitverteilung über dem Querschnitt der untersuchten Nickeldrähte ist der in Abb. 1 * gezeigte Querschliff. Die Versuchsproben wurden unter Vermeidung unerwünschter Verformungen in eine speziell für röntgenographische Gitterdehnungsmessungen an Rundproben kleiner Querschnittsabmessungen entwickelte Transla-

tions—Pendel—Vorrichtung, die gleichzeitig als Zugmaschine ausgebildet ist, eingesetzt. Die Verformungsversuche wurden nur mit solchen Vielkristalldrähten durchgeführt, die im Ausgangszustand kleinere Gitterdehnungen als $\pm 3 \cdot 10^{-5}$ hatten. Mit dem $\sin^2 \psi$ -Verfahren der röntgenographischen Spannungsmessung wurde dann die Eigenspannungsbildung in den Oberflächenschichten dieser Proben in Abhängigkeit vom Verformungsgrad näher untersucht. Abb. 2 zeigt

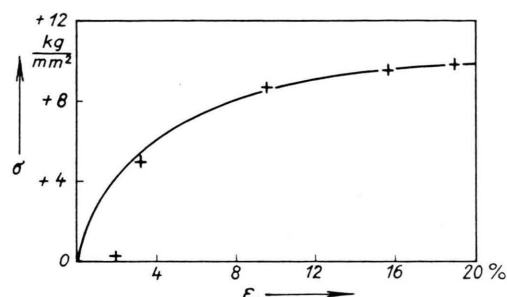


Abb. 2. Abhängigkeit der Oberflächenlängseigenspannungen vom Verformungsgrad der Nickelprobe, deren Querschliff in Abb. 1 gezeigt ist.

eine Meßserie. Daraus ist ersichtlich, daß nach Zugverformung die Oberflächenbereiche der gefügemäßig inhomogenen Vielkristallprobe mit zunehmender plastischer Dehnung anwachsende Zugeigenspannungen aufnehmen und damit eine gegenüber dem eingangs erwähnten Normalfall umgekehrte Eigenspannungsbildung zeigen. Die oben beschriebene Kristallitgrößenverteilung hat offenbar zur Folge, daß hier die Randbereiche während der Zugverformung höhere Spannungen aufnehmen als der Probenkern. Die gegenüber den Oberflächenschichten verminderte Streckgrenze und Verfestigung des nur wenige Kristallite enthaltenden Probeninneren dürfte die Ursache der mitgeteilten, an mehreren Proben bestätigten Beobachtung sein.

Es ist möglich, daß die systematische Untersuchung der Auswirkung verschiedenartiger Gefügeinhomogenitäten auf die Ausbildung von Gittereigendehnungen in den Oberflächenschichten zugverformter Vielkristallproben den Schlüssel zum Verständnis bisher miteinander unvereinbarer Meßresultate (siehe z. B. Anm.²⁻⁵ und Anm.^{8, 9}) liefern kann.

¹ T. NISHIHARA u. S. TAIRA, Mem. Fac. Eng. Kyoto Univ. **12**, 90 [1950].

² E. MACHERAUCH u. P. MÜLLER, Z. Metallkde. **49**, 324 [1958].

³ E. MACHERAUCH u. P. MÜLLER, Z. Metallkde. **51**, 514 [1960].

⁴ C. O. LEIBER u. E. MACHERAUCH, Naturwiss. **45**, 53 [1958].

⁵ K. KOLB u. E. MACHERAUCH, Naturwiss. **46**, 624 [1959].

⁶ E. MACHERAUCH, Habil.-Schrift, T.H. Stuttgart 1959.

⁷ E. MACHERAUCH, Tag.-Ber. III. Int. Koll. Hochsch. ET, II, menau 1958, S. 359.

* Abb. 1 auf Tafel S. 204 b.

⁸ G. B. GREENOUGH, Nature, Lond. **160**, 258 [1947].

⁹ G. B. GREENOUGH, Proc. Roy. Soc., Lond. A **197**, 556 [1949].

