

## Beispiele anomaler Eigenspannungsbildung bei der Zugverformung von Chrom-Stählen

Von GERHARD FANINGER und ARNO W. REITZ

Physikalisches Institut der Montanistischen Hochschule  
Loeben und

WALTER GÄRTNER, KLAUS KOLB und ECKARD MACHERAUCH

Max-Planck-Institut für Metallforschung, Stuttgart

(Z. Naturforsch. **19 a**, 1239 [1964]; eingegangen am 27. Juli 1964)

An Chromstählen mit 0,02% Kohlenstoff und Chromgehalten zwischen 0,17% und 9,21% wurden grundsätzliche Untersuchungen über den Einfluß des Probenzustandes auf die Eigenspannungsbildung nach Zugverformung durchgeführt. Bei Proben, die aus dem vom Hersteller gelieferten und 5 Stunden bei 400 °C geglühten Stangenmaterial herausgearbeitet und danach nochmals 2 Stunden bei 520 °C geglüht worden waren, ergaben sich beim Zugversuch z. B. die in Abb. 1 sche-

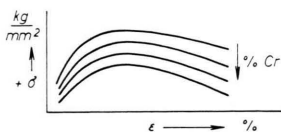


Abb. 1. Zugeigenspannungsbildung nach Zugverformung teilweise weichgeglühter Cr-Stähle (schematisch).

matisch wiedergegebenen Abhängigkeiten der Oberflächeneigenspannungen vom Verformungsgrad<sup>1</sup>. Die mit Cr-K $\alpha$ -Strahlung nach dem  $\sin^2 \psi$ -Verfahren<sup>2</sup> der röntgenographischen Spannungsmessung erhaltenen Meßwerte nehmen bei allen Stählen der untersuchten 11 Chargen zunächst mit wachsender Deformation zu, durchlaufen ein Maximum und fallen bei höheren Verformungsgraden wieder ab. In allen Fällen wurden Zugeigenspannungen in den Oberflächenschichten der Zugproben gemessen. Die Eigenspannungen bei kleinen Verformungsgraden sind um so ausgeprägter, je kleiner der Chromgehalt der Proben ist.

Verformungseigenspannungen gleichen Vorzeichens wie die Belastungsspannung wurden bisher nur vereinzelt<sup>3, 4, 5</sup> in den Oberflächenschichten zugverformter Vielkristalle beobachtet. Im Normalfall<sup>6</sup> treten mit wachsender Zugverformung zunehmende Druckeigenspannungen auf. Die in Abb. 1 skizzierte anomale Eigenspannungsbildung hat folgende Ursache:

Nach der angegebenen Glühbehandlung ist die durch die Vorgeschichte bedingte Verfestigung der Zugpro-

ben, wie aus der Erholung der Härte in Abb. 2 a zu sehen ist, noch nicht völlig abgebaut. Dementsprechend treten nach Glühbehandlung bei den in Abb. 2 a angegebenen Temperaturen noch Eigenspannungen auf. Sie

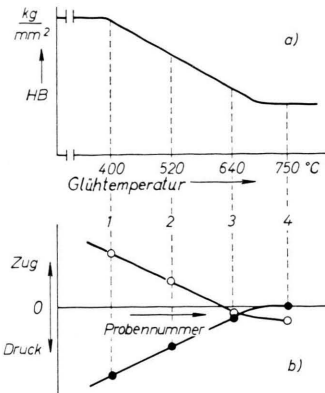


Abb. 2 a. Erholung der Härte eines verformten Cr-Stahles (0,8% Cr) (schematisch).

Abb. 2 b. Oberflächeneigenspannungen nach verschiedener Glühbehandlung (●●●●) und Oberflächeneigenspannungen nach darauffolgender Zugverformung von ca. 2,5% (○○○○) (schematisch).

sind zusammen mit den nach anschließender Zugverformung von ca. 2,5% auftretenden Oberflächeneigenspannungen in Abb. 2 b eingetragen und zeigen, daß mit einer anomalen Eigenspannungsbildung zu rechnen ist, solange die Proben noch nicht völlig weichgeglüht sind. Diese Aussage kann jedoch noch präzisiert werden: Trägt man nämlich nach nicht vollständiger Weichglühung eine hinreichend dicke Oberflächenschicht der Proben elektrolytisch ab, so wird stets eine normale Eigenspannungsbildung beobachtet. Die Ursache der Zugeigenspannungen liegt also in der durch die Bearbeitung der Proben bedingten, zusätzlichen Verfestigung der Oberflächenschichten. Die absolute Größe der Eigenspannungen wird durch den Legierungszustand und das Ausmaß der Oberflächenverfestigung beeinflusst. Der aus Abb. 1 ersichtliche Abfall der Eigenspannungen bei höheren Verformungsgraden ist auf eine Konkurrenz zwischen der durch die Zugverformung verursachten Verfestigung im Probeninneren und in den Probenoberflächen zurückzuführen.

Ausführliche Veröffentlichungen dieser Ergebnisse werden vorbereitet<sup>7, 8</sup>.

<sup>1</sup> G. FANINGER u. A. W. REITZ, unveröffentlicht.

<sup>2</sup> E. MACHERAUCH u. P. MÜLLER, Z. Phys. **13**, 305 [1961].

<sup>3</sup> K. KOLB u. E. MACHERAUCH, Z. Naturforsch. **16 a**, 218 [1961].

<sup>4</sup> F. BOLLENRATH, V. HAUK u. W. OHLY, Naturwiss. **51**, 259 [1964].

<sup>5</sup> K. KOLB, unveröffentlicht.

<sup>6</sup> E. MACHERAUCH, Metall **16**, 23 [1962]; **17**, 887 [1963].

<sup>7</sup> G. FANINGER u. A. W. REITZ, Berg- und hüttenm. Mh., in Vorbereitung.

<sup>8</sup> W. GÄRTNER, K. KOLB u. E. MACHERAUCH, in Vorbereitung.



Dieses Werk wurde im Jahr 2013 vom Verlag Zeitschrift für Naturforschung in Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. digitalisiert und unter folgender Lizenz veröffentlicht: Creative Commons Namensnennung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz.

Zum 01.01.2015 ist eine Anpassung der Lizenzbedingungen (Entfall der Creative Commons Lizenzbedingung „Keine Bearbeitung“) beabsichtigt, um eine Nachnutzung auch im Rahmen zukünftiger wissenschaftlicher Nutzungsformen zu ermöglichen.

This work has been digitalized and published in 2013 by Verlag Zeitschrift für Naturforschung in cooperation with the Max Planck Society for the Advancement of Science under a Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Germany License.

On 01.01.2015 it is planned to change the License Conditions (the removal of the Creative Commons License condition "no derivative works"). This is to allow reuse in the area of future scientific usage.

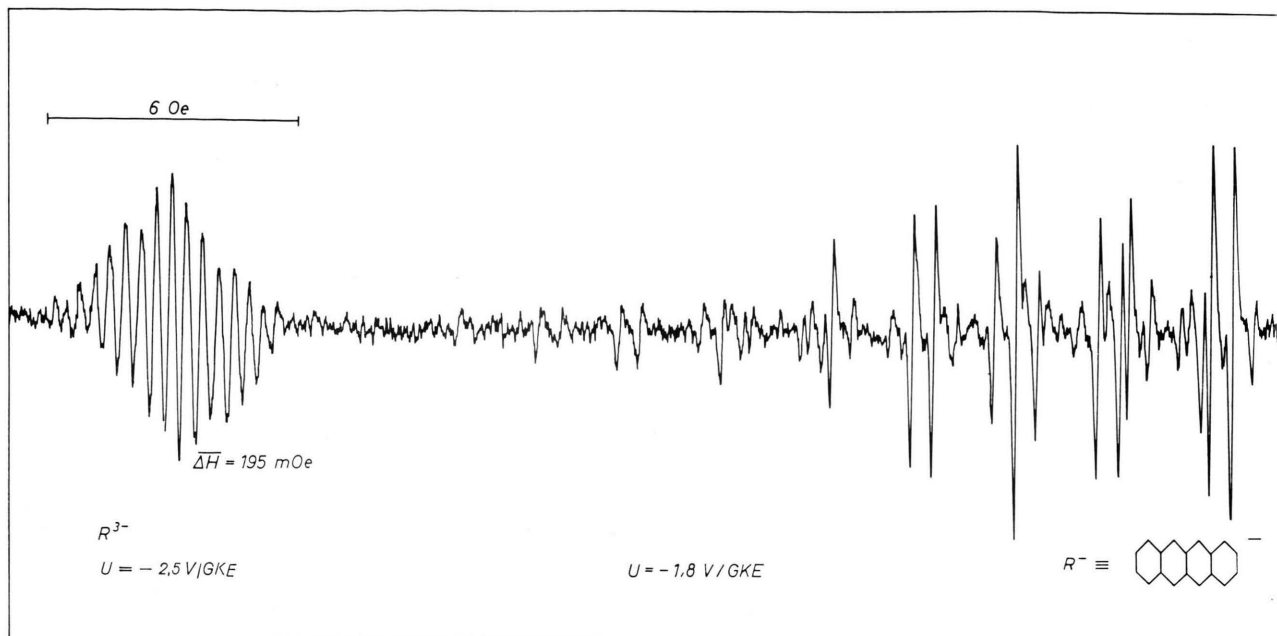


Abb. 1. Reversibel ineinander überführbare EPR-Spektren

### Über die EPR-Spektren des ein- und dreifach ionisierten Tetracenmoleküls \*

Von K. MÖBIUS und M. PLATO

AEG Forschungsinstitut Reinickendorf, Berlin

(Z. Naturforsch. **19 a**, 1240—1242 [1964]; eingegangen am 30. Juli 1964)

Im Verlauf einer eingehenden Untersuchung der Elektronenspinresonanz von elektrolytisch erzeugten Radikationen aromatischer Kohlenwasserstoffe  $R$  ( $R$  = Naphthalin, Anthracen, Tetracen, Pentacen, Phenanthren, Pyren, Perylen, Biphenyl), über die in Kürze noch ausführlich berichtet wird<sup>1</sup>, konnten nicht nur die einfach negativen Radikalstufen  $R^-$  hergestellt werden, sondern am Beispiel des Tetracens ist es erstmalig auch gelungen, die paramagnetische dreifach negative Ionisierungsstufe  $R^{3-}$  eines Kohlenwasserstoffs zu erzeugen und mit der EPR nachzuweisen.

$R^-$  und  $R^{3-}$  wurden elektrochemisch in einem Gebiet hoher elektrischer Feldstärke erzeugt, wie sie sich an der Arbeitselektrode einer elektrolytischen Zelle erzielen läßt. Als aprotisches Lösungsmittel wurde sorgfältig getrocknetes, sauerstofffreies Acetonitril benutzt<sup>2</sup>, das als Leitsalz Tetrapropylammoniumperchlorat enthält. Die Einwaagekonzentration des Tetracens betrug  $1 \cdot 10^{-4}$  molar, die des Leitsalzes 0,1 molar. Die Radikale wurden innerhalb des Resonators er-

zeugt<sup>3</sup>, als Arbeitselektrode diente ein Quecksilberspiegel, als Gegenelektrode eine gesättigte Kalomel-Elektrode (GKE). Gemessen wurde mit einem EPR-Spektrometer vom Typ 12 X der Firma AEG. Wie Abb. 1 zeigt, konnte neben dem im Mittelteil wiedergegebenen EPR-Spektrum des mononegativen Tetracenions  $R^-$  ( $U = -1,8$  V/GKE) bei Erhöhung der Zellspannung ein völlig andersartiges Spektrum beobachtet werden, das sich allein durch Spannungsänderung reversibel in das Spektrum des  $R^-$  überführen läßt.

Besonders auffallend an dem neuen Spektrum, das nur in einem kleinen Spannungsbereich von  $\pm 0,1$  Volt um  $-2,5$  V/GKE registriert werden konnte, sind die geringe Gesamtaufspaltung von etwa 5 Oe, die Äquidistanz der nur 15 Linien sowie die für eine Tetracenkonzentration von  $10^{-4}$  molar auffallend große Einzellinienbreite von 195 mOe, während im  $R^-$ -Spektrum Linienbreiten von nur 50 mOe erreicht werden konnten.

Folgende Überlegungen sprechen dafür, daß das Spektrum bei  $U = -2,5$  V/GKE dem dreifach negativen Tetracenion zuzuschreiben ist:

I. Die Bildungswahrscheinlichkeit von  $R^{3-}$  und damit sein Halbwellenpotential ist bestimmt durch die Energie des in die tiefste unbesetzte antibindende Molekülbahn eingefügten  $\pi$ -Elektrons. Um zu entscheiden, ob die Spannung von  $-2,5$  V/GKE überhaupt zur Bildung von  $R^{3-}$  ausreicht, wurde das Halbwellenpotential

\* Vorgetragen von K. Möbius vor dem Fachauschuß „Hochfrequenzphysik“ anlässlich der Frühjahrstagung der Deutschen Physikal. Gesellschaft in Karlsruhe vom 18.—21. 3. 1964, Auszug in Phys. Verh. **6/7**, 241 [1964].

<sup>1</sup> K. Möbius, Z. Naturforsch. (in Vorbereitung).

<sup>2</sup> Über die Technik der Probenvorbereitung siehe K. Möbius, Z. Angew. Phys. (im Druck).

<sup>3</sup> D. H. GESKE u. A. H. MAKI, J. Amer. Chem. Soc. **82**, 2671 [1960].