

## Versprödung von Ösenklöppeln

Die Ösenklöppel dienen dazu, Hochspannungsisolatoren zu tragen. In einem Fall war es nach der Montage zum Absturz einiger solcher Teile gekommen.

Die Teile waren etwa 18 cm lang und wurden im Gesenk geschmiedet. Die Teile mussten eine Kraft von 40 kN übertragen. Das erforderte eine Streckgrenze/Festigkeit von mindesten 380/600 MPa. Als Werkstoff wurde der unlegierte Stahl C35 vorgesehen, der zu vergüten war (nach TGL 6547 bzw. DIN EN 10083). Um die Oberfläche gegen gegen Korrosion zu schützen, verzinkte man die Teile im Schmelzbad (Feuerverzinken).

Gebrochen war der übergebene Havarieklöppel an zwei Stellen, und zwar sowohl im Bereich der Öse als auch am Ansatz der Knaufes. Als Ursache war Wasserstoffversprödung (durch Restwasserstoff bzw. Beizwasserstoff) festgestellt worden, vgl. [1].

Aus Gründen der besseren Orientierung wird der Havarieklöppel hier noch einmal gezeigt (Bild 1).

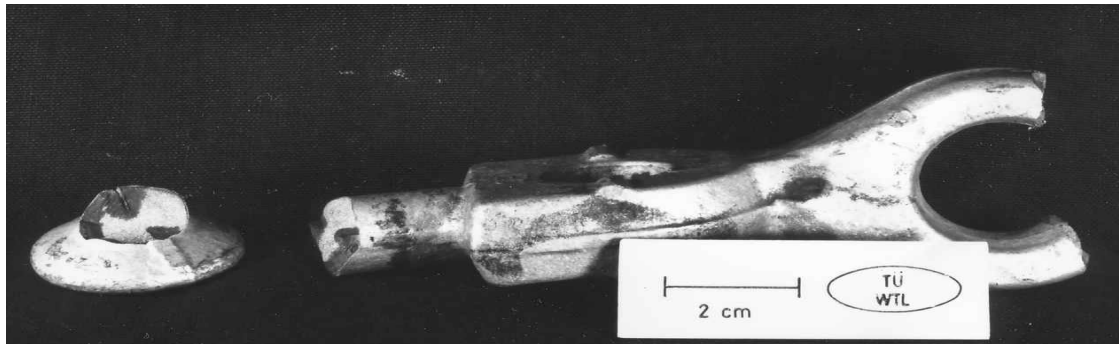


Bild 1: Ösenklöppel aus Havarie; Bruch im Knaufansatz (links) und in den Schenkeln der Öse (rechts), Schmielegebiet auffällig

Es wurde angeordnet, die Festigkeit der Klöppel stichprobenartig bei Eingang zu prüfen („Stückprüfung“). Man stellte fest, dass die geforderte Last ertragen wurde (Ausnahme in [2], Restwasserstoff), die Einschnürung jedoch unterschiedlich ausfiel. Die Bruchstelle war immer durch den eingezogene Querschnittsbereich oberhalb des Knaufes gegeben.

Angeliefert wurden zwei abgebrochene Knaufe. In Bild 2 sind links ein spröde gebrochener, rechts ein duktil gebrochener Knauf dargestellt.

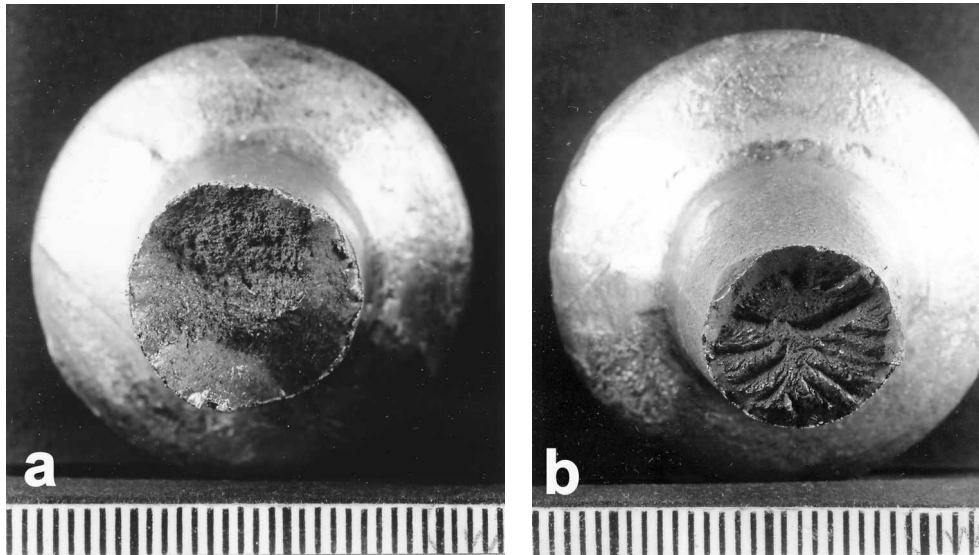


Bild 2: gebrochene Knaufe im Vergleich: spröd (a), duktil (b)

Der Bruchbereich wurde bei beiden Proben längs angeschliffen. Das Grundgefüge ist in beiden Fällen feinnadelig ausgebildet (Vergütungsgefüge).

Bei der Sprödbbruchvariante sind Einschlüsse zu sehen. Auf Grund ihrer Verstreckung kann man sie als Sulfide einordnen. Weiterhin bildet sich der Primäraustenit ab; die Körner sind etwa 100  $\mu\text{m}$  groß. Die Fließbruchprobe war dagegen frei von solchen Auffälligkeiten.

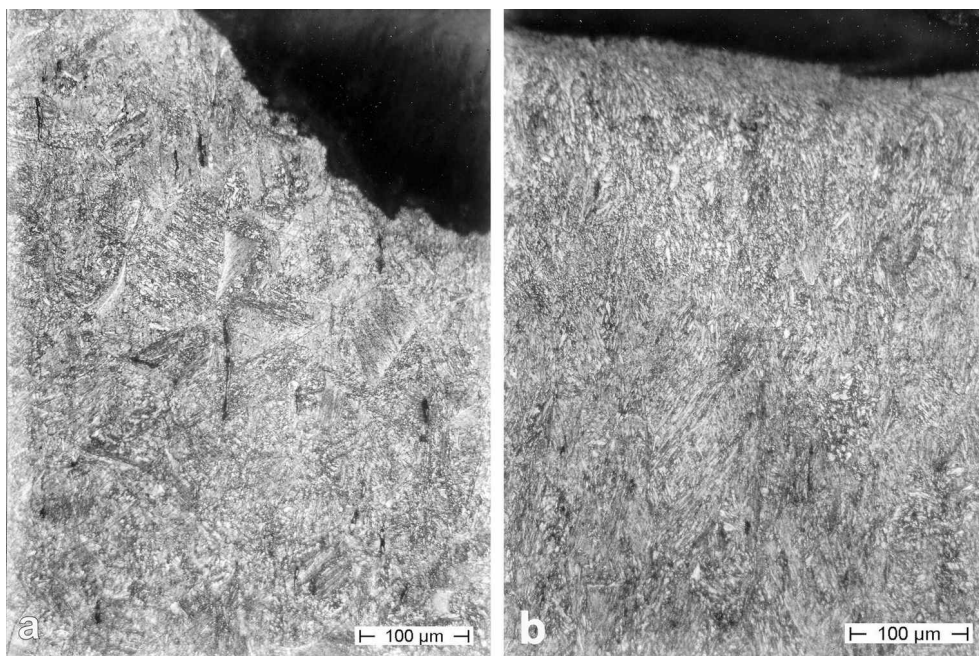


Bild 3: Längsschnitt: Einschlüsse und Primärkorngrenzen in der Sprödbbruchprobe (a), Fließbruchprobe (b) einwandfrei

## Fraktographie (nur Sprödbbruchprobe)

Bei mäßiger Vergrößerung deutet sich an, dass die Korngrenzen freigelegt wurden. Deren Flächen sind mit Waben bedeckt (Bild 4).

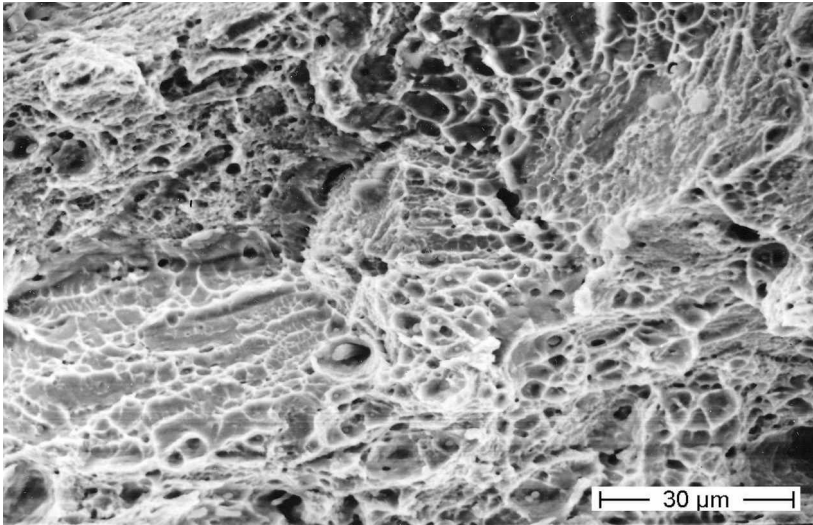


Bild 4:  
Kornstruktur  
angedeutet,  
Waben auf den  
Korngrenzflächen

Der Durchmesser der Waben beträgt 1-2 µm. Die Keime der Waben sind locker an die Matrix gebunden und ließen sich als Sulfide identifizieren (Bild 5).

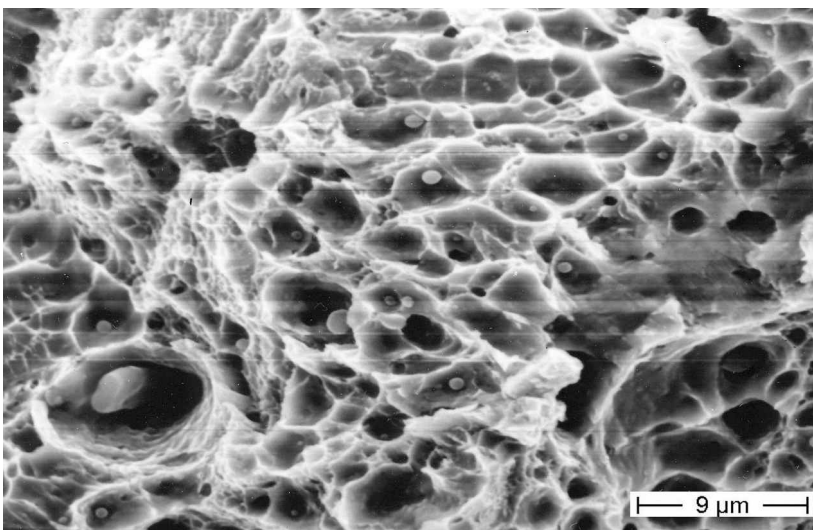


Bild 5:  
Sulfide als  
Wabenkeime,  
großer  
Sulfideinschluss  
links unten  
(Ausschnitt aus  
Bild 4)

Ein weiterer Ausschnitt mit Andeutung von Korngrenzenbruch ist in Bild 6 zu sehen.

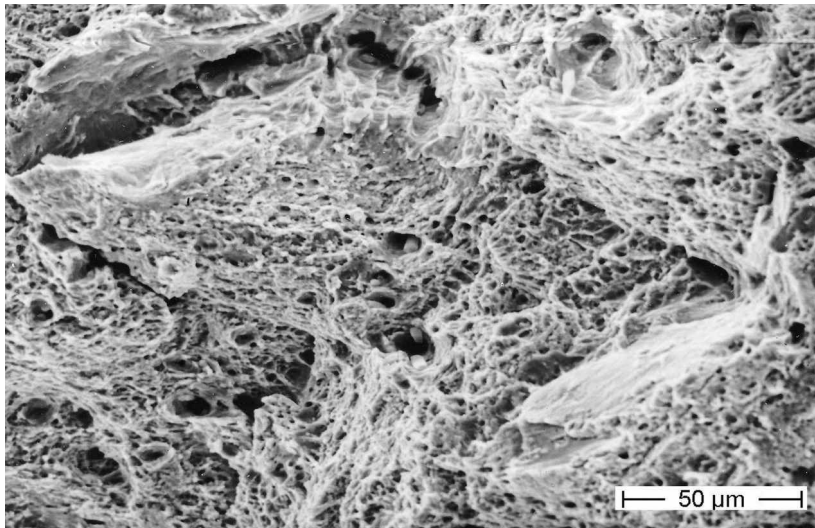


Bild 6:  
andeutungsweise  
Kornstruktur  
(andere Stelle als  
Bild 4)

Als Ausnahme fand sich auch transkristalliner Sprödbbruch. Der Durchmesser der abgebildeten Rosette beträgt ungefähr 100  $\mu\text{m}$  und entspricht damit dem des Primärkornes (Bild 7).

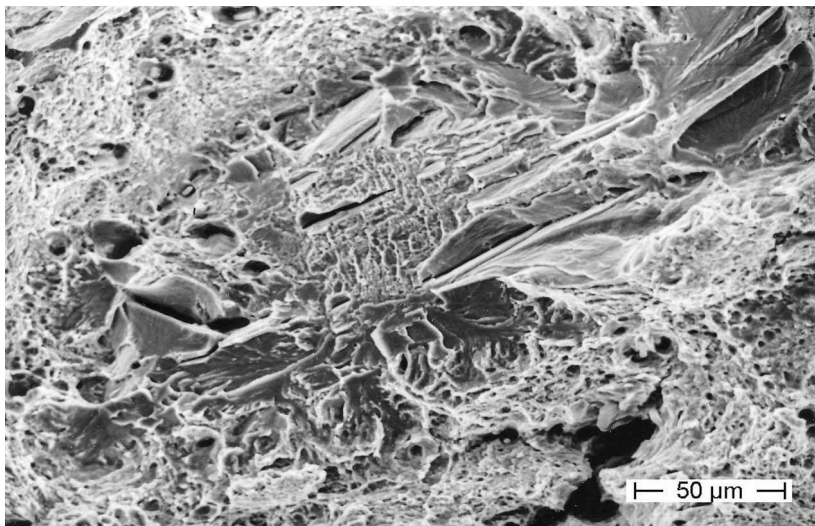


Bild 7:  
Spaltfacetten,  
Durchmesser der  
Rosette etwa 100  $\mu\text{m}$

## Diskussion

Als Ungewöhnlichkeiten konnten aufgefunden werden:

- Hohe Dichte der Sulfideinschlüsse
- Primargefüge erkennbar, im Schliff wie auch auf der Bruchfläche
- Korngrenzflächen mit Waben belegt, Mikrosulfide als Keime
- Vereinzelt Spaltfacetten

Wesentlich ist die Markierung der Korngrenzen mit Sulfiden. Diese Erscheinung stellt eine unterschwellige Heißrissigkeit dar. Die Ursache ergibt sich daraus, dass bei überhöhten Temperaturen geschmiedet wurde. Insofern ist auch die Primärstruktur grob ausgebildet und somit gut erhalten geblieben; siehe auch [3].

## Quellen

- [1] Wasserstoffversprödung an Aufhängungen für Isolatoren als Folge einer Materialverwechslung
- [2] Mangelnde Tragfähigkeit von Ösenklöppeln
- [3] Moeser, M.: Fraktographie und Mechanismus der Heißrissigkeit. In: 15. Vortragsveranstaltung des Arbeitskreises „Rasterelektronenmikroskopie in der Materialprüfung“, Dt. Verband für Materialforschung und -prüfung, 1992, S. 323-335

(alle Nachweise in dieser Homepage)

Die Aufnahmen der Bilder 1-3 entstammen Berichten des Staatlichen Amtes für Technische Überwachung der DDR (Satü).

Zum Problem der Überhitzung beim Schmieden siehe in dieser Homepage auch die beiden Ausarbeitungen: „Heißrissigkeit an einem Spurstangenkopf“ und „Bruch von Federplatten“.

Martin Möser, 05. Dezember 2015