

Spannungsrissskorrosion an der Kapsel einer Kobalt-Strahlenquelle

In Rossendorf bei Dresden betrieb die DDR einen Forschungsreaktor. Dort wurden auch die Strahlenquellen für den praktischen Gebrauch gelagert.

In einen gestanzten Becher aus rostfreiem Stahl (X8CrNiTi18-10) wurde das Kobalt eingelegt, dann wurde ein Deckel aufgesetzt und dieser mit dem Becher verschweißt.

Im Frühjahr 1986 wurde eine Kobaltquelle aus dem Kühlbecken genommen und zerplatzte wenig später, das heißt, der angeschweißte Deckel flog ab.

Die Quellenkapsel hatte einen Durchmesser von 20 mm und eine Länge von etwa 30 mm.

Die Teile waren relativ hart aufgeschlagen, erkennbar an entsprechenden Verformungen von Deckelrand und Becherboden, siehe Bild 1 und Bild 2.

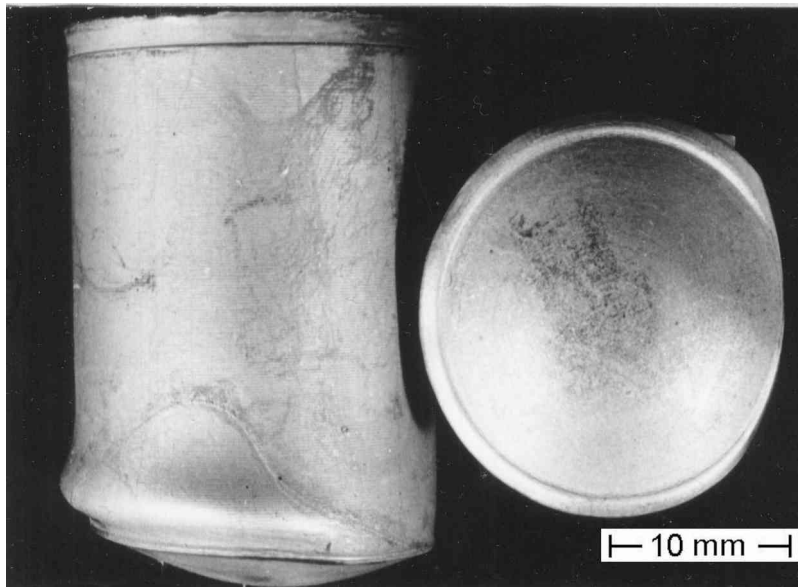


Bild 1:

Übersicht der geschädigten Kapsel, Verformung an Deckelrand und Becherboden

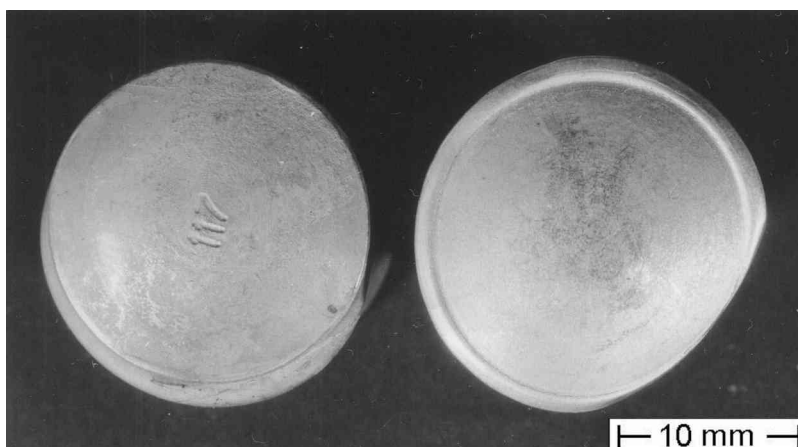


Bild 2:

Boden und Deckel neben einander, Nummer 117 im Boden einprägt

In der Schweißnaht hatte sich ein Anriss gebildet. Der Riss war quer zur Naht orientiert und erreichte in seinem Startgebiet eine Breite von etwa 3 mm (Bild 3).

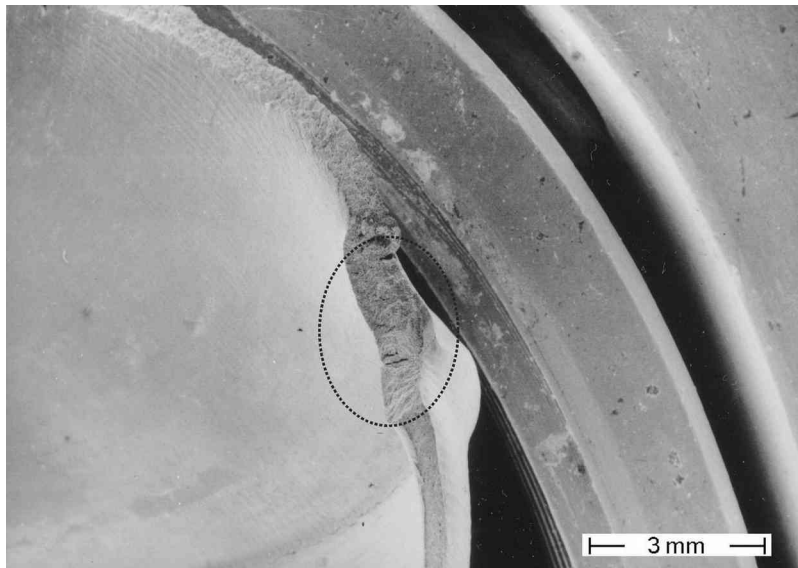


Bild 3:
Übersicht von
der Schadstelle
(markiert),
Nahtwulst
erkennbar

Der Riss ist an der Innenwand gestartet, war aber noch nicht zur Außenwand durch getreten (Bild 4).

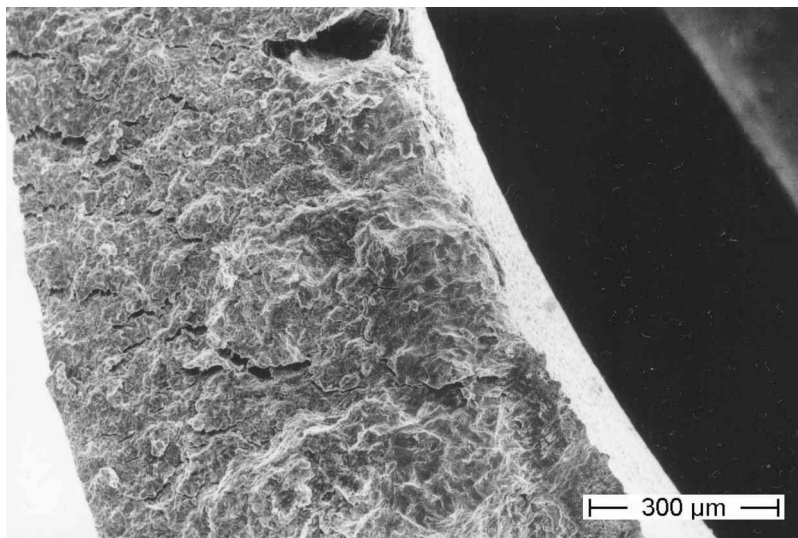


Bild 4:
Risslauf von
links nach rechts
(Ausschnitt aus
Bild 3, oberer
Rissbereich)

Bei höherer Vergrößerung werden vorwiegend transkristalline Facetten sichtbar (Bild 5 und Bild 6).

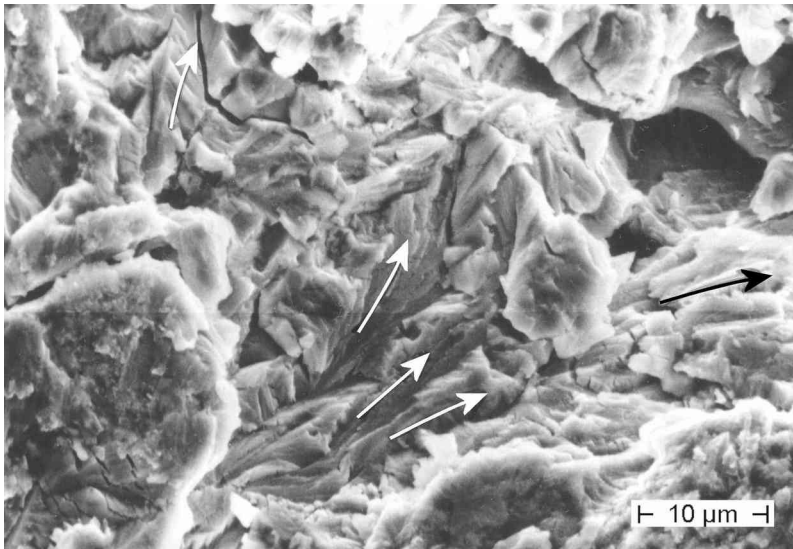


Bild 5:
Transkristalline
Facetten als
Bruchbahnen
(Ausschnitt aus
Bild 4)

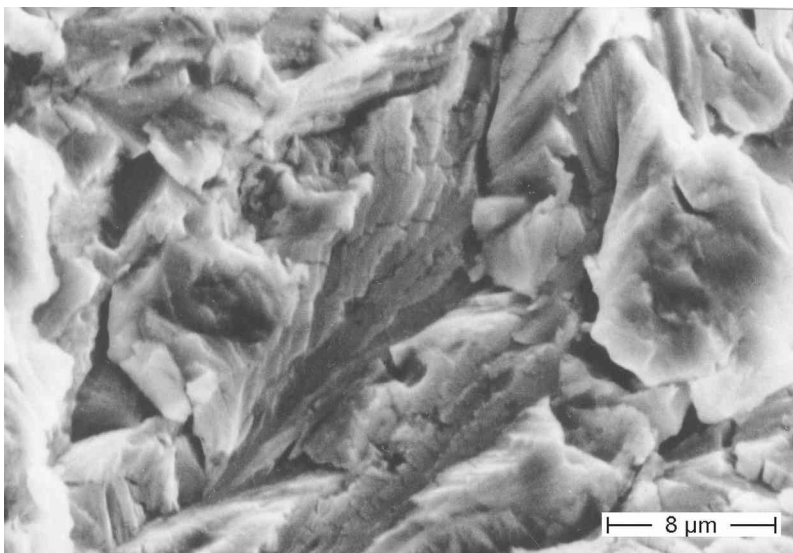


Bild 6:
Quasispaltfacetten
(Ausschnitt aus
Bild 5)

Ein Ausschnitt von der unmittelbaren Riss-Spitze ist in Bild 7 zu sehen. Infolge Serpentinengleiten erscheint der Restbruch hier strukturlos.

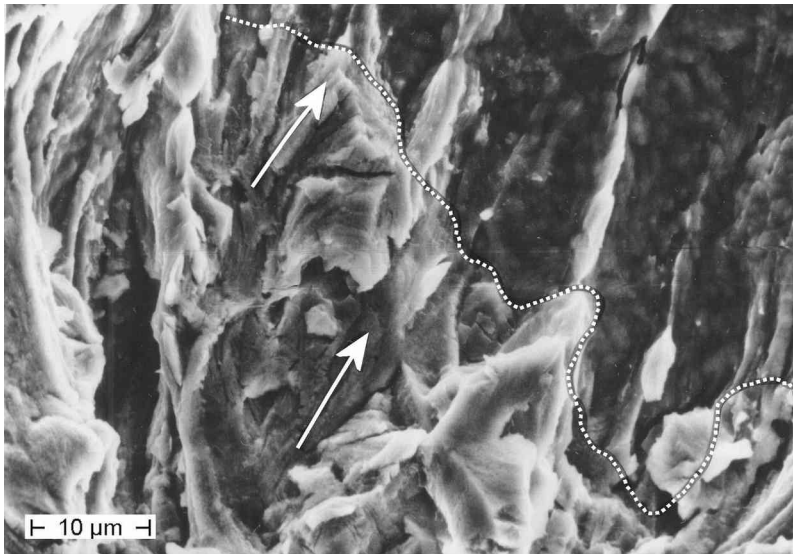


Bild 7:
Übergang zum
Gewaltbruch,
dort strukturlose
Bereiche

Weiterhin fanden sich Inseln mit freiliegenden Korngrenzen im Übergang zum Restbruch. Dieser weist eine flache Wabenstruktur auf (Bild 8 und Bild 9).

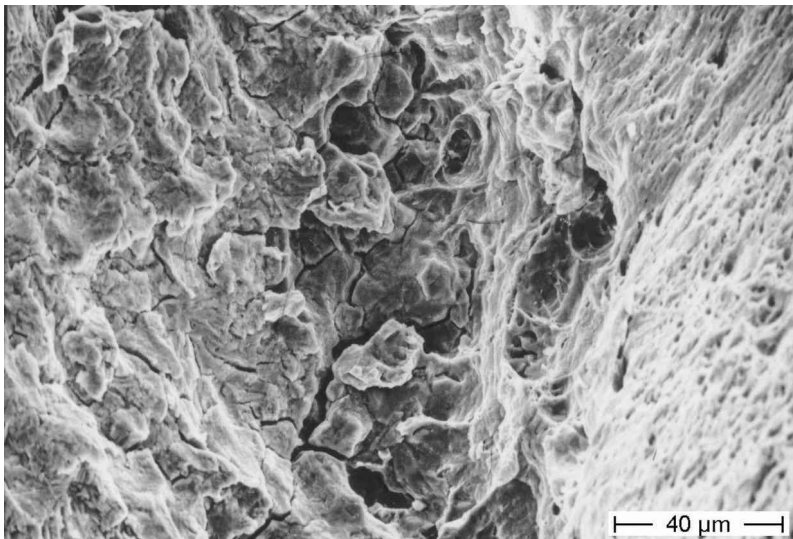


Bild 8:
Inseln mit
freiliegenden
Korngrenzen im
Übergang zum
Restbruch, dort
Wabenstruktur

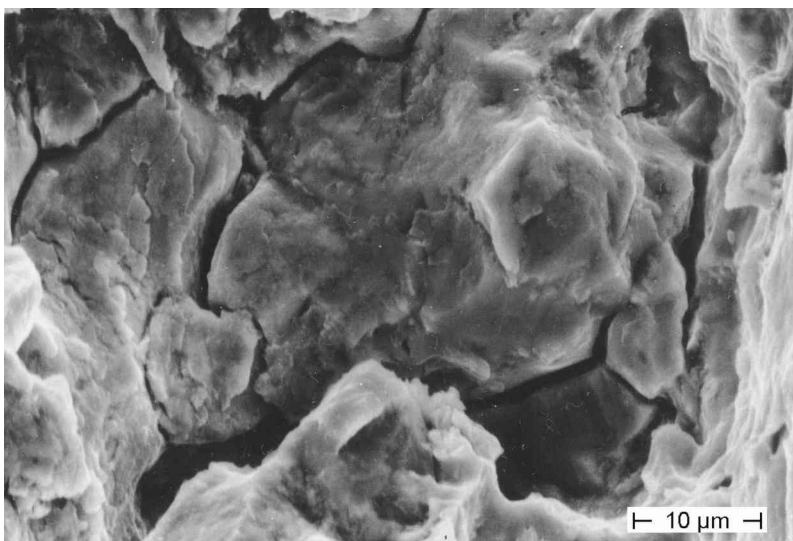


Bild 9:
Korngrenzflächen
(Ausschnitt aus
Bild 8)

Die Probe wurde um 180° gedreht und gekippt, so dass die die Nahtwurzel zu sehen ist. Dort hatten sich weitere Risse ausgebildet, welche längs zur Naht orientiert sind (Bild 10 und Bild 11).

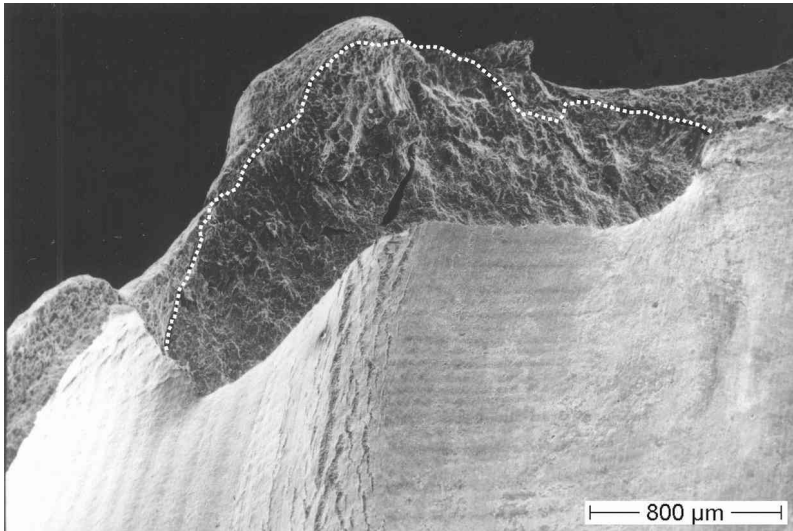


Bild 10:

Blick auf die Nahtwurzel unterhalb der Bruchstelle

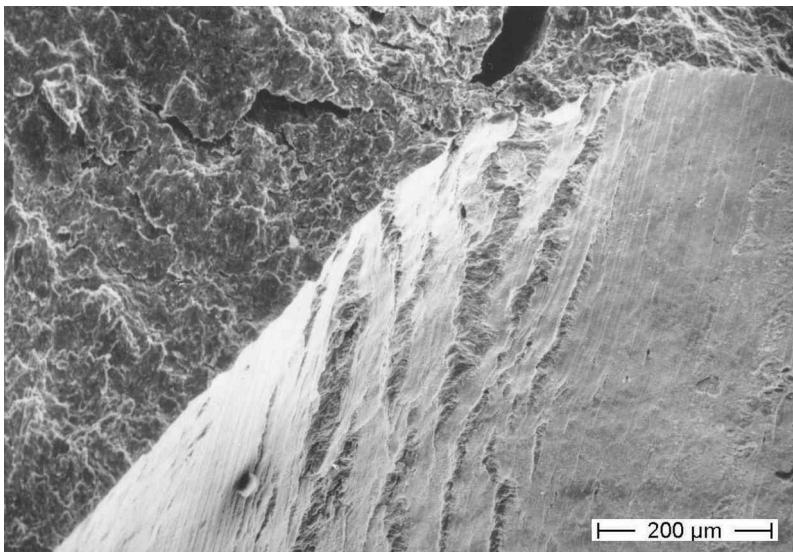


Bild 11:

Risse in der Nahtwurzel (Ausschnitt aus Bild 10)

Abschließend soll noch ein Bereich der Becherwand betrachtet werden, der ausschließlich gewaltsam aufgetrennt wurde. Die Wand wurde scharf ausgezogen unter Ausbildung einer verstreckten Wabenstruktur, also von Scherwaben (Bild 12 und Bild 13), wie es ansatzweise auch schon in Bild 8 zu sehen war.

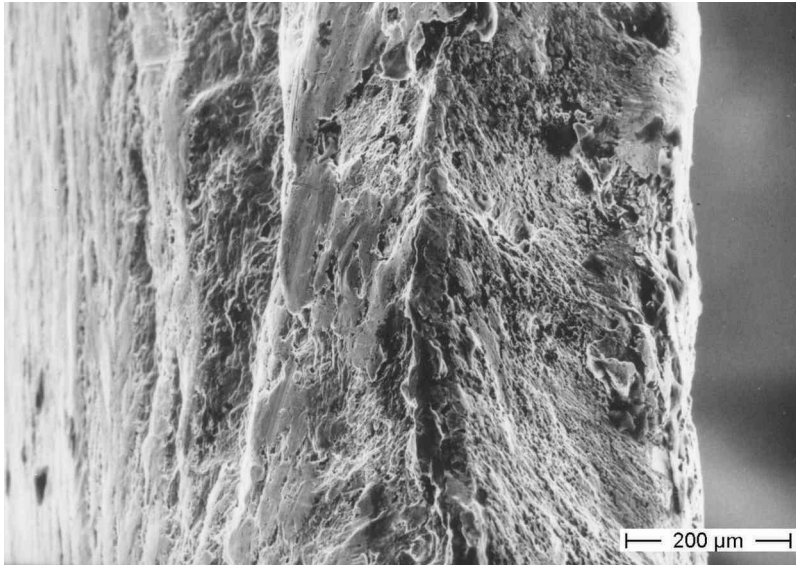


Bild 12:
Bereich des
Gewaltbruches;
scharf
ausgezogener
Schergrat

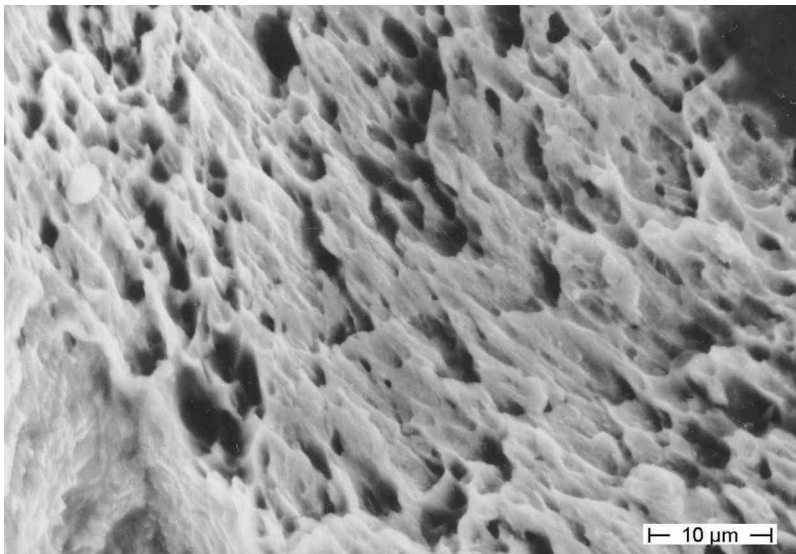


Bild 13:
einseitig
verstreckte
Waben
(Ausschnitt aus
Bild 12)

Diskussion:

Das Bruchgefüge im Anriss ist vorwiegend durch transkristalline Facetten und zu einem geringeren Anteil durch freigelegte Korngrenzen gekennzeichnet. Für den Restbruch fanden sich verstreckte Waben, wie sie sich üblicherweise bei einem duktilen Stahl unter Scherbelastung ausbilden.

Die Facettenstruktur ist im gegebenen Fall typisch für eine Spannungsrisskorrosion. Der interkristalline Anteil ergibt sich aus einer „Sensibilisierung“, die auf der Auflösung von Primärkarbiden beruht, die ihrerseits eine Folge der Stabilisierung des Stahles sind (hier mit

Titan). Diese Art von Karbiden wird bereits aus der Schmelze abgeschieden. Sie sind daher so stabil, dass sie von der normalen Lösungsglühung nicht erfasst werden. Beim Schweißen werden sie in der unmittelbaren Nähe der Naht (Grobkornzone) doch aufgelöst und bedingen damit die sogenannte Messerlinienkorrosion, vgl. [1].

Treibende Kraft bei der transkristallinen Spannungsrisskorrosion sind Chloride, der interkristalline Anteil ist dagegen weniger ionenspezifisch. In jedem Fall muss eine wässrige Lösung vorliegen.

Daraus kann gefolgert werden, dass beim Schweißen verunreinigtes Wasser eingeschlossen wurde. Unter Ausnutzung von Eigenspannungen hat das Medium Risse quer und längs in die Naht eingetrieben. Nachdem man die Quelle aus dem Kühlwasser genommen hatte, heizte sich das Wasser auf und entwickelte Dampf. Der zunehmende Druck brachte den Restquerschnitt zum Versagen.

Martin Möser, 30. April 2012

- [1] Herbsleb, G.; Schüller, H.-J.; Schwaab, P.: Ausscheidungs- und Korrosionsverhalten unstabilisierter und stabilisierter 18/10 Chrom-Nickel-Stähle nach kurzzeitigem sensibilisierendem Glühen. Werkstoffe und Korrosion 17 (1976) S. 560-568

Siehe auch die Ausarbeitungen „Lochfraß an Kobaltquellen aus Chrom-Nickel-Stahl“ und „Interkristalline Spannungsrisskorrosion an der Kapsel einer Kobalt-Strahlenquelle infolge Elektrogravur“ in dieser Homepage