

Rissbildung an einem Rohrbogen durch Schwefelwasserstoff – Wasserstoffversprödung

Martin Möser, September 2008

Der Rohrbogen war Teil einer Verbindungsleitung zwischen Gaskühler und Abstreiferflasche in einer Hochdruckhydrierungsanlage.

Bei einem Kontrollgang wurde ein Abnebeln des Förderproduktes bemerkt. Als Ursache dafür fanden sich Risse im Scheitelpunkt des Rohrbogens.

Technische Einzelheiten:

Stahl St 60/45 (entspricht StE 460), **normalisiert**, Nennweite 80 mm, Wandstärke ca. 24 mm, Druck 32,5 MPa, Betriebstemperatur 40 °C, Laufzeit 6 Jahre.

Der Rohrbogen ist als Ganzes in Bild 1 zu sehen. Ein Blick auf seine Scheitelfläche offenbart das Vorliegen von zwei Lecks in der Länge von etwa 25 bzw. 50 mm (Bild 2).



Bild 1
Rohrbogen, Risse im
Scheitelpunkt

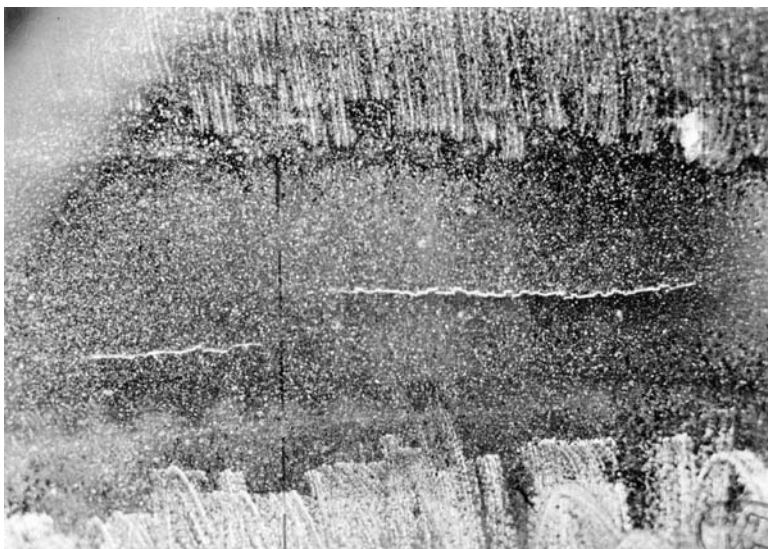


Bild 2
zwei Risse im
Bogenscheitel,
Länge ca. 25 mm bzw.
50 mm

Der größere der beiden Risse wurde umschnitten und aufgebrochen. Die Rissbildung hat an der Innenwand eingesetzt. Die Bruchfläche ist faserig strukturiert, was auf eine Beteiligung der Einschlüsse verweist (Bild 3).

Weiterhin trug die Bruchfläche einen dunklen Belag von unterschiedlicher Stärke, der mit EDX analysiert wurde. Es hatte sich Schwefel angereichert (als Eisensulfid).

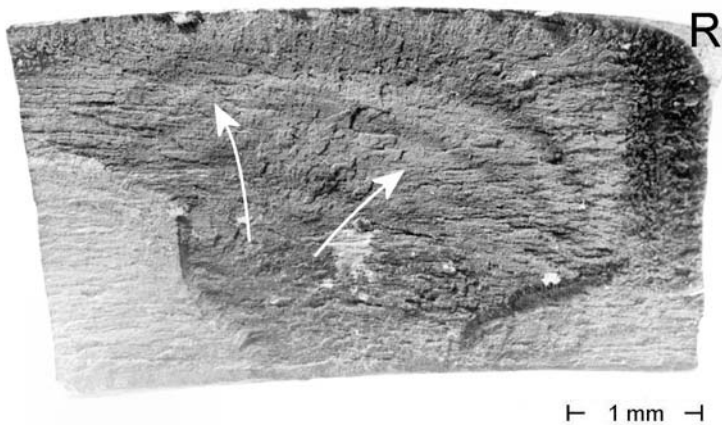


Bild 3
Leckbereich geöffnet,
Risseinlauf an der
Innenwand,
faserige
Bruchstruktur,
kleines Restbruch-
gebiet R als
Scherlippe

Für die mikrofraktographische Untersuchung wurde ein Nebenriss mit der Tiefe von 5 mm aufgebrochen. Der Stahl hat dabei spröde versagt (Spaltbruch), siehe Bild 4.

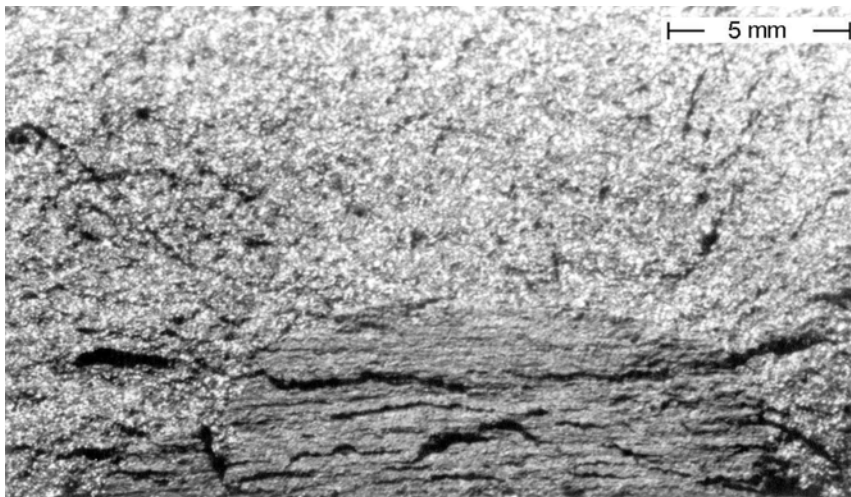


Bild 4
Nebenriss geöffnet,
faserige
Bruchstruktur,
Gewaltbruch spröde
(kristallin)

Vor der Rissfront finden sich jedoch einzelne Höfe, in denen feine Facetten vorliegen. Ihren Ausgang haben sie jeweils an einem Einschlusshohlraum genommen (Bild 5).

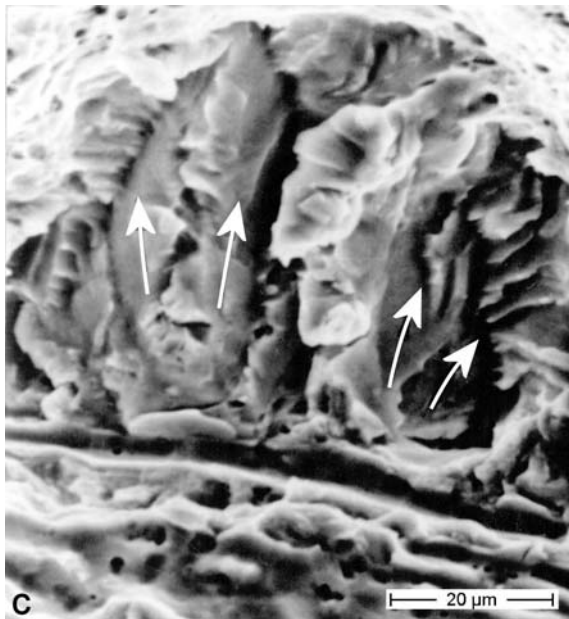
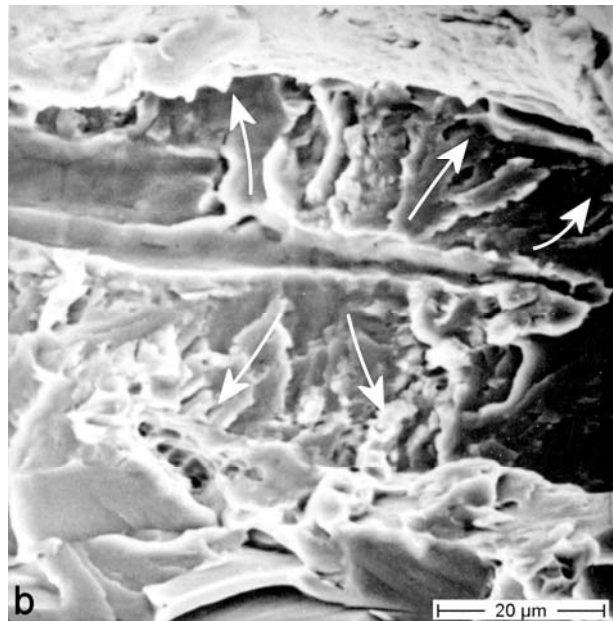
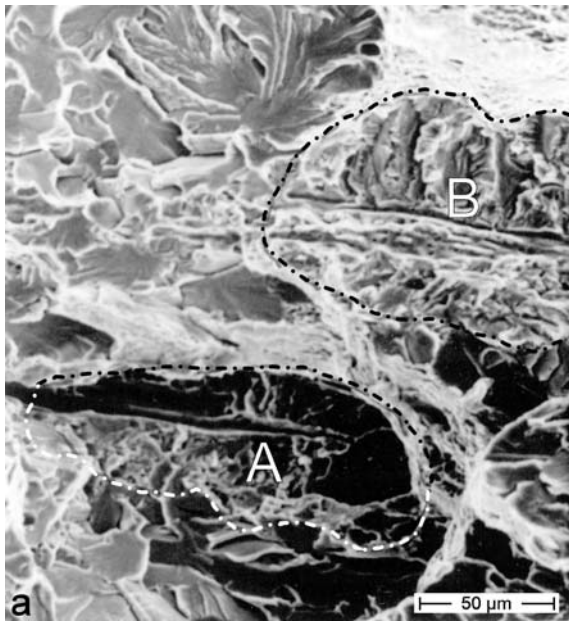


Bild 5(a-c): Höfe mit feinfacettiertem Bruchgefüge an Einschlusshohlräumen im größeren Spaltbruch

- a) isolierte Bruchhöfe A und B (Überblick)
- b) Bruchhof A; flache Facette verlaufen diametral
- c) Bruchhof B; Facetten geneigt

Aus einem Schliff wird ersichtlich, dass Inseln mit Zwischenstufengefüge in das ferritisch-perlitische Grundgefüge eingebettet sind. Die Rissbildung lief bevorzugt in Bereichen des Zwischenstufengefüges ab (Bild 6).

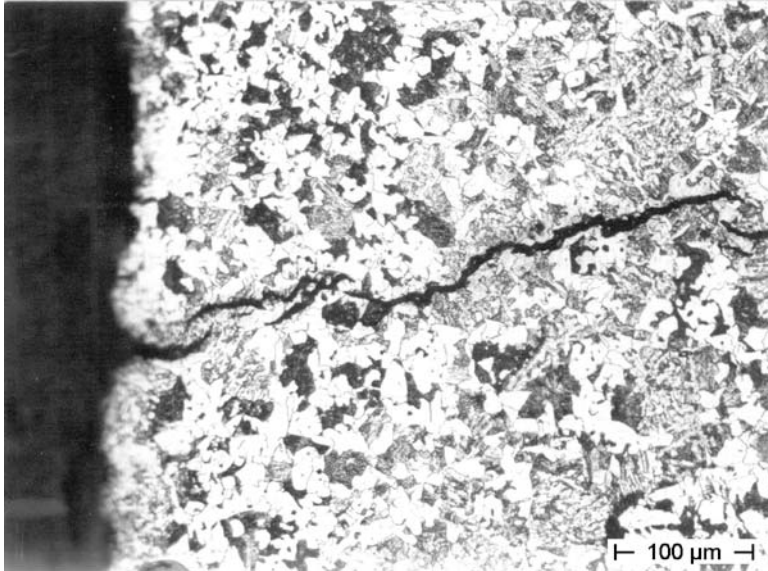


Bild 6
Bereiche von
Zwischenstufe im
ferritisch-perlitischen
Grundgefüge,
dort Risse

Diskussion

Es fanden sich feinfacettierte Bruchhöfe, die sich jeweils um einen Einschlusshohlraum gelagert hatten. Im Schliffbild stellten härtere Bereiche (Zwischenstufe) den Ort der Rissbildung dar. Auf der Bruchfläche hatte sich schwefelhaltiger Belag gebildet.

Der Rohrbogen war einem Medium ausgesetzt, das Schwefelwasserstoff enthielt. Dieser griff den Stahl unter der Freisetzung von Wasserstoff an. Schwefelwasserstoff verhindert zugleich, dass sich die Atome des Wasserstoffes zum Molekül vereinigen (Rekombinationsgift).

Der Anteil des Wasserstoffes, der in den Stahl eindrang, sammelte sich in Einschluss-hohlräumen. Soweit diese in aufgehärteten Gebieten lagen, konnte die Bildung von „Fischaugen“ ablaufen. Es handelt sich somit eine wasserstoffinduzierte Rissbildung (Wasserstoffversprödung).

Die Hauptursache für den Schaden liegt darin, dass nicht genau der vorgesehene Wärmebehandlungszustand (ferritisch-perlitisch) vorlag, sondern dass sich anteilig Zwischenstufengefüge eingestellt hatte. Der Stahl war also im Durchschnitt zu hart.

Anmerkung: Die Bilder 1, 2 und 6 wurden vom Staatlichen Amt für Technische Überwachung der DDR erstellt (Bericht vom 17.06.1980), eigener Bericht als Zuarbeit