

Schäden durch Sprödbbruch

Martin Möser, September 2008

Als direkte Schadensursache ist der Sprödbbruch bei Stahl heutzutage die Ausnahme geworden.

Zwei Fälle werden vorgestellt:

- Bruch einer Achse durch schlagartige Belastung
- Schrumpfriss bei der Erstarrung eines dickwandigen Behälters

1. Bruch der Achse eines Personenkraftwagens

Ein PKW fuhr gegen einen Baum. Es stellte sich heraus, dass der Achsschenkel eines Vorderrades gebrochen war. Der Fahrer behauptete, er habe zuerst das Rad verloren und dann die Gewalt über das Auto.

Das makroskopische Aussehen der Bruchfläche ließ jedoch keine Anzeichen von Ermüdung erkennen. Endgültige Gewissheit sollte deshalb eine mikrofraktographische Untersuchung bringen.

Im Randbereich der Probe fand sich auf einer Breite von etwa 300 μm körniges Gefüge, das heißt, die Primärkorngrenzen sind frei gelegt worden. Von der Bauteiloberfläche ist dieser Bereich durch eine Scherlippe in der Breite von 50 μm getrennt (Bilder 1-3).

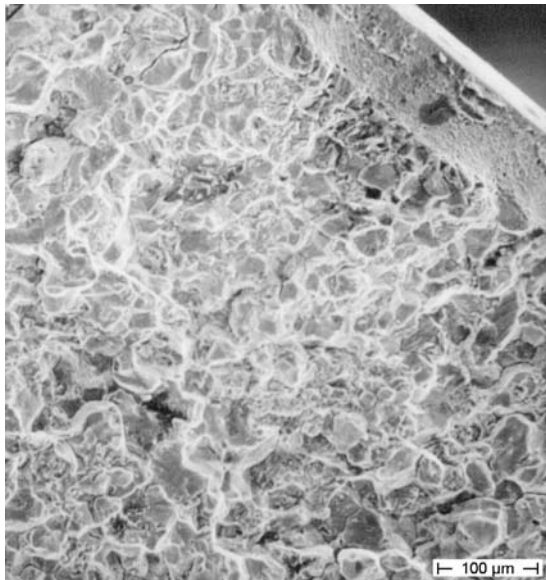


Bild 1: Randzone; körniges Gefüge, im unmittelbaren Randbereich Scherlippe

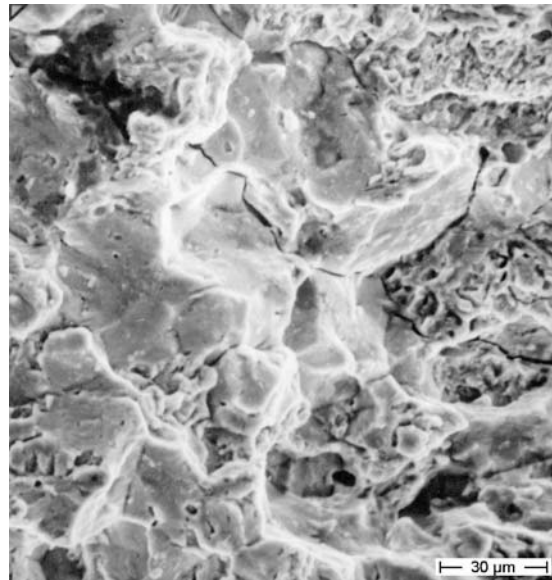


Bild 2: freigelegte Primärkorngrenzen (Ausschnitt aus Bild 1, Zentrum)

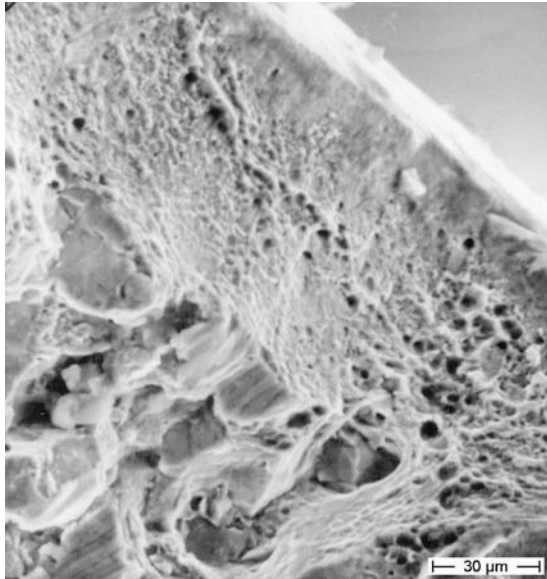


Bild 3:
 Scherwaben auf
 einer Breite von
 50 μm
 (Ausschnitt aus
 Bild 1, oben)

Das Zentrum der Bruchfläche wurde durch transkristallinen Sprödbruch gebildet, siehe die Bilder 4 und 5. Die Körner des Eisens spalten entlang der {100}-Ebene.

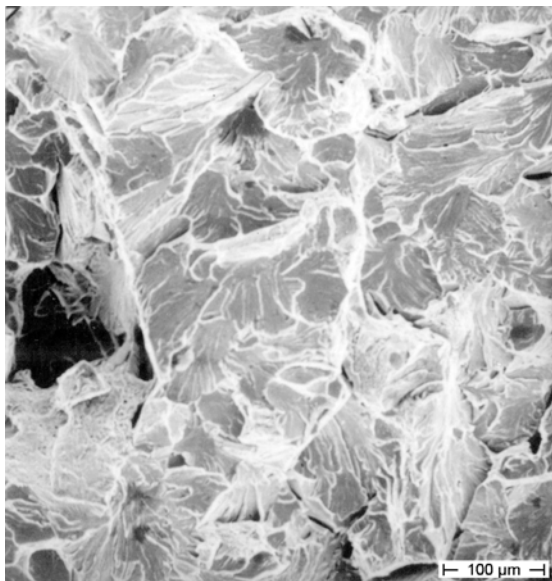


Bild 4: Zentrum der Bruchfläche: transkristalliner Sprödbruch

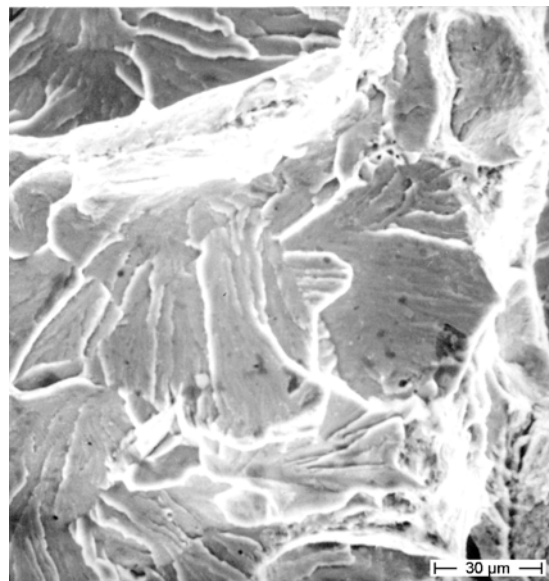


Bild 5: einzelne Spaltflächen (Ausschnitt aus Bild 4)

Teildiskussion:

Der Achsschenkel weist eine Randzone auf, in welcher die Primärkorngrenzen frei liegen; dies ist das Merkmal einer Einsatzhärtung. Im unmittelbaren Randbereich war die Oberfläche etwas erweicht und konnte somit durch Scherung versagen.

Es liegt ausschließlich Gewaltbruch vor. Der Bruch des Achsschenkels stellt somit nicht die Ursache sondern die Folge des Unfalls dar.

2. Risse in einem Autoklaven

Porenbeton (Gasbeton) wird in Dampfdruckkesseln bei Temperaturen von 180 bis 200 °C ausgehärtet.

Die Drücke liegen bei 10 bis 12 bar. Entsprechend dickwandig werden die Autoklaven ausgelegt. Im vorliegenden Fall erreichten die Wandstärken etwa 10 Zentimeter.

Die Kessel werden aus Stahl gegossen (C-Gehalt: 0,25 %).

Nach einer Betriebszeit von 3 Jahren fand man Risse. Für weitere 5 Jahre hielt man die Risse unter Beobachtung, bis der Prüfer zu dem Schluss kam, die Risse seien gewachsen.

Ein betroffener Bereich wurde heraus geschnitten. Der Riss liegt in einer Ecke; die Risstiefe beträgt 15 mm. Weiterhin finden sich einige Lunker (Bilder 6 und 7).

Im Schlibfbild wirkte die Riss-Spitze ausgerundet (Bild 8).



Bild 6: Risslage in einer Ecke, rechts Lunker

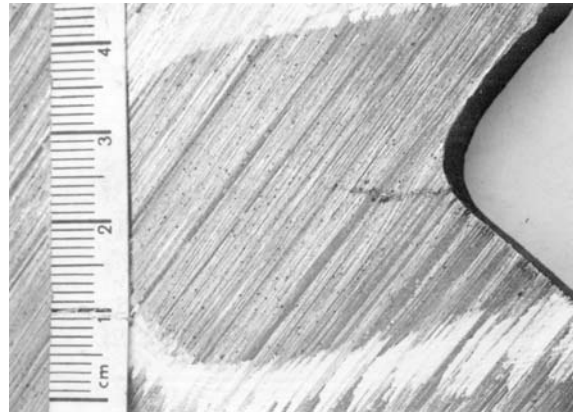


Bild 7: Riss 15 mm tief



Bild 8:
Riss-Spitze
ausgerundet

Der Bereich wurde hinterschnitten und aufgebrochen. Die Bruchfläche wurde mit inhibierter Salzsäure gereinigt. Die Bruchfläche erwies sich als oxidiert; die Facetten des Spaltbruches wurden aber gut nachgebildet (Bilder 9 und 10 bzw. Bilder 11 und 12).

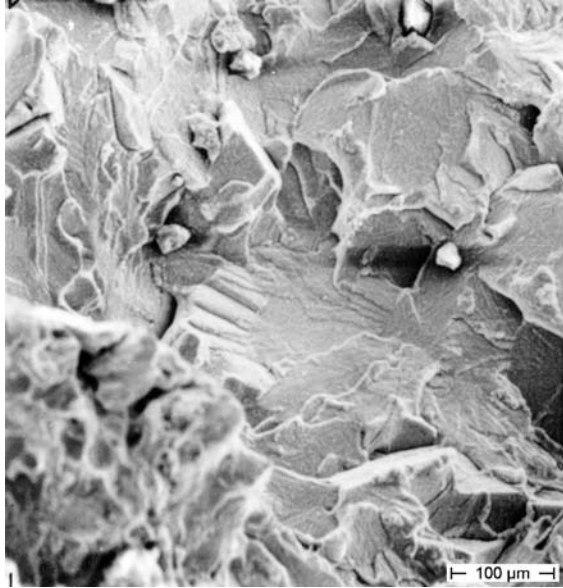


Bild 9: transkristalliner Sprödbruch; Überstrahlung durch einzelne Oxidteilchen



Bild 10: Spaltflächen durch Oxidschicht nachgebildet (Ausschnitt aus Bild 9)

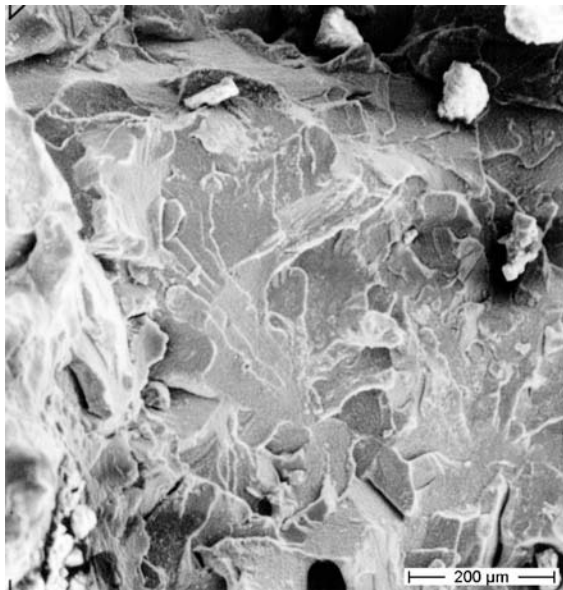


Bild 11: transkristalliner Sprödbruch (andere Stelle)



Bild 12: Spaltflächen durch Oxidschicht nachgebildet (Ausschnitt aus Bild 11)

Da einige größere Oxidteilchen den Bildeindruck störten, wurde eine weitere Reinigung mit derselben Zeitdauer vorgenommen. Die Bruchfläche war nun tatsächlich sauberer. Durch Abtragen der Oxidschicht kommt aber stellenweise die unstrukturierte Unterlage zum Vorschein (Bilder 13 und 14).

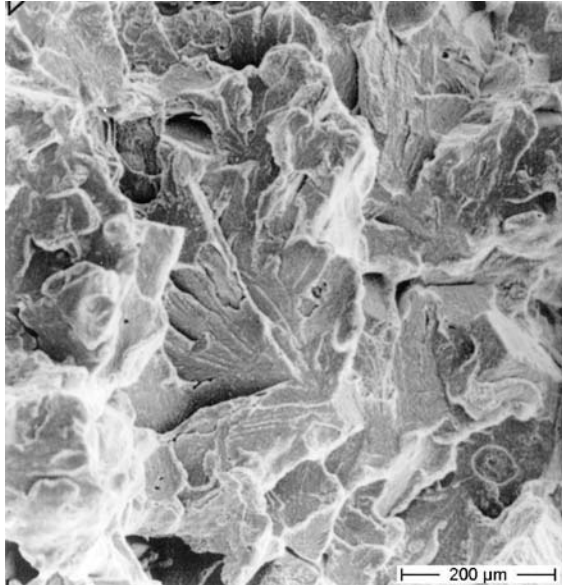


Bild 13: nach erneuter Reinigung keine Überstrahlungen mehr

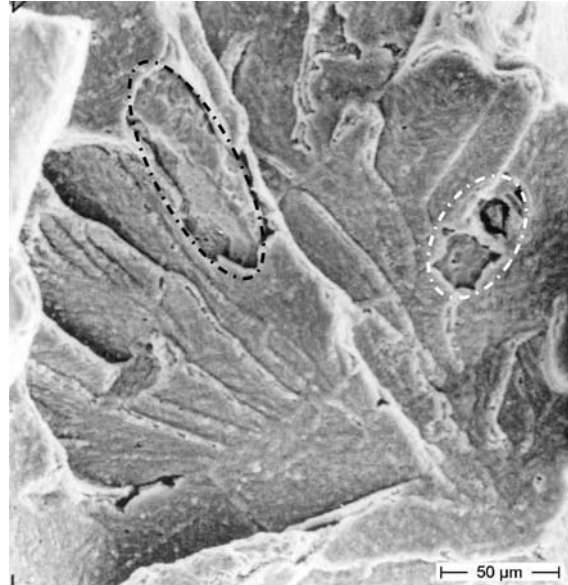


Bild 14: konturgebende Oxidschicht stellenweise abgetragen (Ausschnitt aus Bild 13)

Das Bruchgefüge des Restbruches ist in den Bilder 15 und 16 zu sehen. Es besteht kein prinzipieller Unterschied zum Anriss.

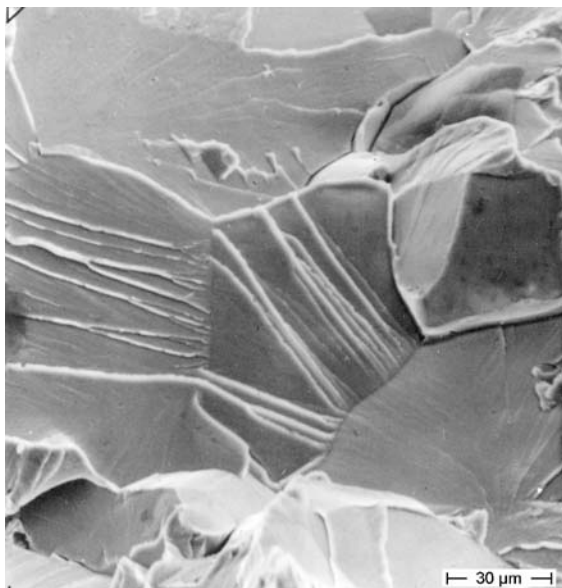


Bild 15: Restgewaltbruch, Spaltstrukturen mit gut ausgeprägten Flusslinien

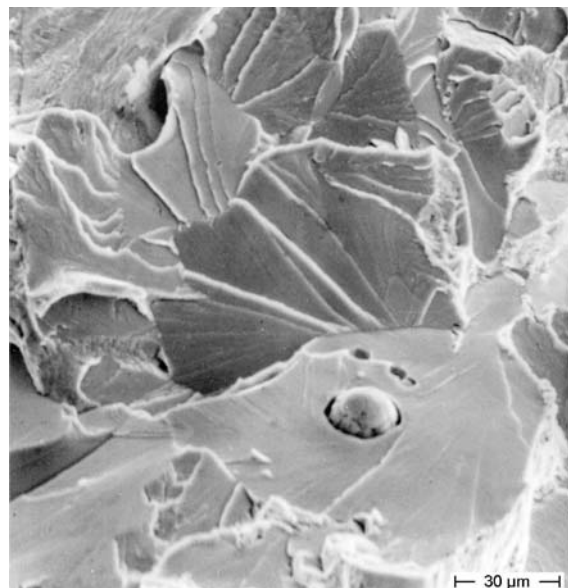


Bild 16: Restgewaltbruch; Einschluss beim Spalten angeschnitten

Teildiskussion:

Im Anriss konnte das Bruchgefüge des transkristallinen Sprödbruchs (Spaltbruch) freigelegt werden. Tatsächlich wurden die Strukturen durch die Oxidschicht nachgebildet. Begünstigend wirkte die Tatsache, dass das Gefüge herstellungsbedingt recht grob ausgebildet war.

Die Risse sind demnach entstanden, als der Kessel vom Gießen her abkühlte. Nur bei stark dickwandigen Teilen können Schrumpfspannungen direkt rissauslösend sein.

Da die Risslänge immer konstant geblieben war, durften die Kessel weiter betrieben werden.

Diskussion

Der Sprödbruch bei Stahl ist auch in unserer Zeit als Primärschaden nicht auszuschließen. Es müssen jedoch immer verschärfende Bedingungen vorliegen. Im ersten Fall (Achse) ergaben sich diese aus Überlagerung von hoher Beanspruchungsgeschwindigkeit und einer Verminderung der Zähigkeit durch das Einsatzhärten. Im zweiten Fall trafen Dickwandigkeit und Grobkorn zusammen.

Anmerkung: Die Aufnahmen 6-8 wurden durch das Zentralinstitut für Schweißtechnik in Halle erstellt (im Jahre 1978).

Sprödbruch von Stahl kann sich auch durch eine Wanderung des Stickstoffes im Zusammenhang mit einer Kaltverformung ergeben, siehe Fall „Reckalterung an kaltverformtem Stahl infolge Feuerverzinkung“ in dieser Homepage.