

Ermüdungsbruch an Schrauben infolge Grobspanens

Martin Möser

Deutschland ist reich mit Vorkommen an Braunkohle gesegnet; besonders gilt das für seinen Osten. Der Brennwert dieser Art von Kohle ist gering. Um ihn anzuheben, verpresst man Braunkohle unter hohem Druck zu sogenannten Briketts und trocknet sie dann. In der DDR stellten die Briketts den Hauptbrennstoff für private Haushalte dar („Hausbrand“). Das galt auch für die meisten gesellschaftlichen Einrichtungen. Neubaugebiete wurden durch Fernheizwerke versorgt, welche den Dampf zunächst über eine Turbine schickten. Die Fernheizwerke erhielten die Braunkohle direkt aus dem nächsten Tagebau. In den Neubaugebieten war die Güte der Luft einigermaßen erträglich.

Zum Schaden

Den Schrauben, welche eine Brikettpresse zusammenhielten, war nur ein kurzes Leben beschieden. Verwendet wurde der Stahl C35; die Festigkeit betrug etwa 600 MPa.

Untersuchung

Die Gewindefläche erscheint schon in der Übersichtsaufnahme (Bild 1) als rau. Ein ebener Bruchbereich (Anriss) nimmt etwa die Hälfte des Querschnittes ein. Sein Zentrum wird durch zwei größere Startgebiete (A und B) gebildet. Der restliche Bruchbereich (Gewaltbruch) ist grob-samtig ausgebildet. Er teilt sich in eine vorläufige und eine endgültige Zone auf (R1 bzw. R2). Der Riss ist also schon einmal kurzzeitig instabil geworden.

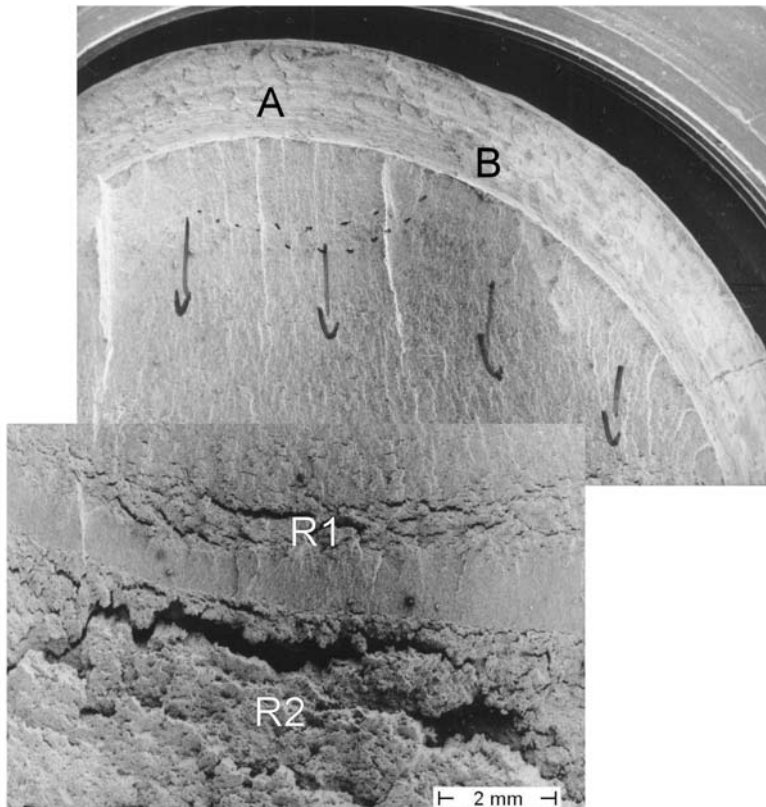


Bild 1:
raue Gewindefläche,
zwei größere Riss-
Startgebiete (A und
B),
Gewaltbruchgebiete
R1 und R2 als
grob-samtige Bereiche

Das Riss-Startgebiet A hat sich unter einer Materialüberschiebung gebildet, deren Stärke etwa $40\ \mu\text{m}$ beträgt. Das Rissgebiet unterteilt sich hier in zwei Einzelfronten, die deutlich in der Höhe versetzt sind (Bild 2).

Die Höhenunterschiede zwischen den einzelnen Rissfronten resultieren bei Schrauben allgemein daraus, dass die Gewindeebene zur Normalspannungsebene geneigt ist; hier sind sie aber eher durch die Beschaffenheit der Kerbe bedingt.

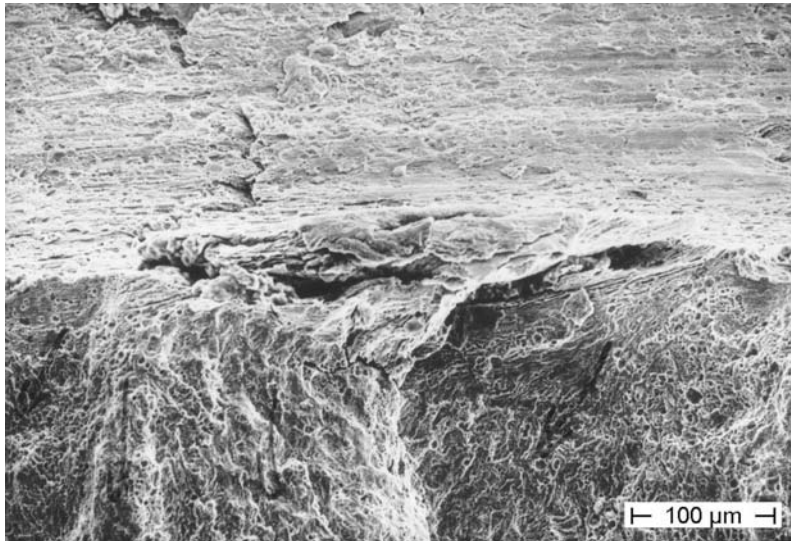


Bild 2:
Bereich A;
Überschiebung in der
Stärke von ca. $40\ \mu\text{m}$
als Rissausgangs-
gebiet;
Höhenversatz der
Einzelfronten
(Ausschnitt aus
Bild 1)

Im Startgebiet B war die Überschiebung mit ca. $25\ \mu\text{m}$ etwas dünner, dafür aber ausgedehnter als im ersten Fall. Der Riss hat sich aus einer einzelnen Front entwickelt. Auf einer Strecke von etwa $100\ \mu\text{m}$ zeigen sich Ätzspuren (Bild 3). Hier handelt es sich wahrscheinlich um den ältesten Bereich der Bruchfläche.

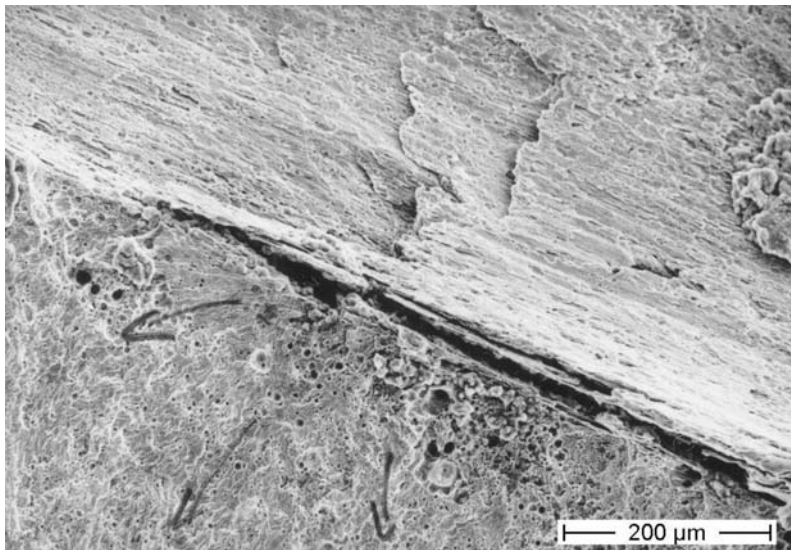


Bild 3:
Startgebiet B;
dünnere (ca. $25\ \mu\text{m}$),
aber ausgedehnte
Materialüberschiebung,
leichte Verätzung des
unmittelbaren Einlaufs
(Ausschnitt aus Bild 1)

Eine Brikettpresse wird zyklisch beansprucht, insofern ergeben sich Brüche in erster Näherung durch Ermüdung. Im konkreten Fall sollte dies zweifelsfrei dargestellt werden.

Typische Strukturen (Ermüdungsstreifen) bilden sich, wenn der Rissfortschritt einen bestimmten Schwellenwert überschreitet (etwa $0,5\ \mu\text{m}$ / Lastwechsel). Das ist gewöhnlich erst in der letzten Phase der Fall. Betrachtet werden soll deshalb der Übergang zum endgültigen Gewaltbruchgebiet (R2), siehe Bild 4 als Teilübersicht.

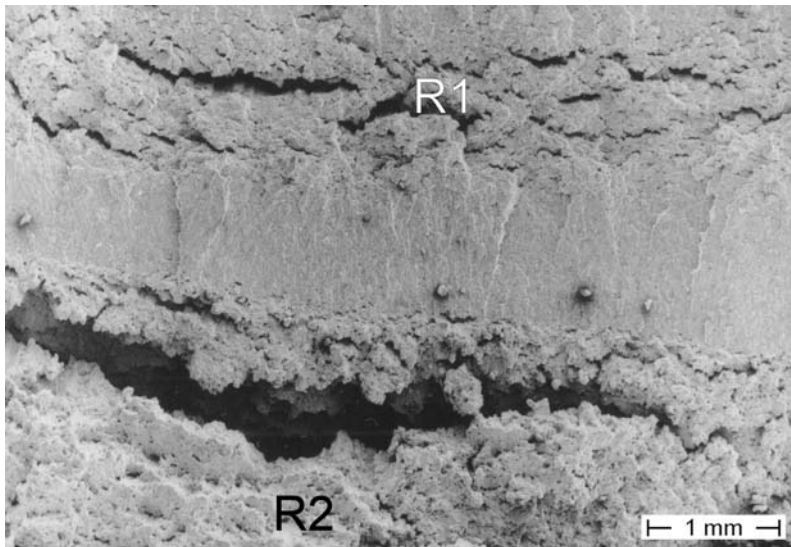


Bild 4:
Teilübersicht:
vorläufiger und
endgültiger
Gewaltbruch R1
bzw. R2
(Ausschnitt aus
Bild 1, unten)

Bei mäßiger Vergrößerung werden zunächst Bruchbahnen sichtbar, welche die Richtung des Rissverlaufes angeben. Der Restbruch ist wabig ausgebildet (Bild 5 und Bild 6).

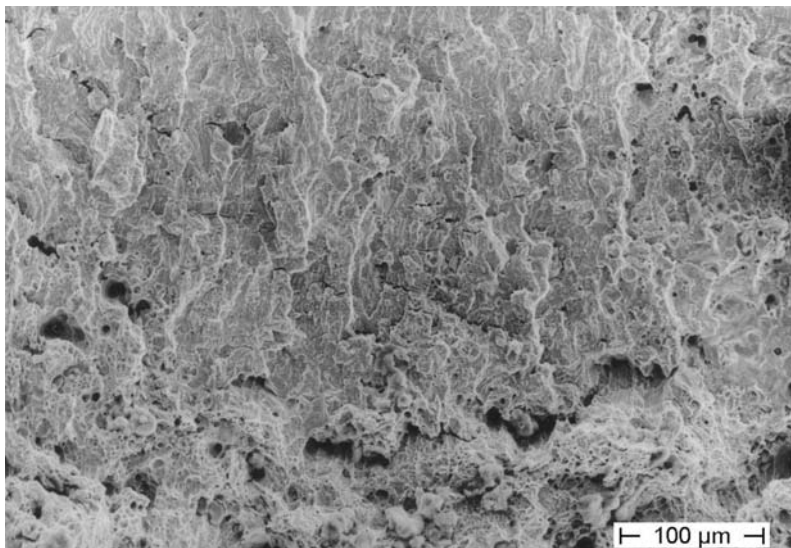


Bild 5:
Übergang zum
endgültigen
Gewaltbruchbereich,
Andeutung von
Bruchbahnen,
Waben im
Restbruch
(Ausschnitt aus
Bild 4)

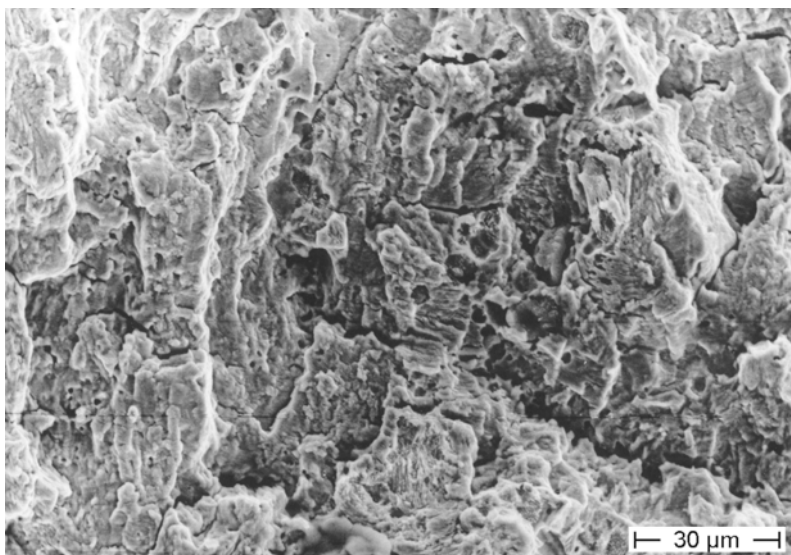


Bild 6:
Bruchbahnen in der
Breite von 30 µm
(Ausschnitt aus
Bild 5)

Bei höherer Vergrößerung werden Streifen sichtbar. Ihre Breite beträgt etwa 1 µm.

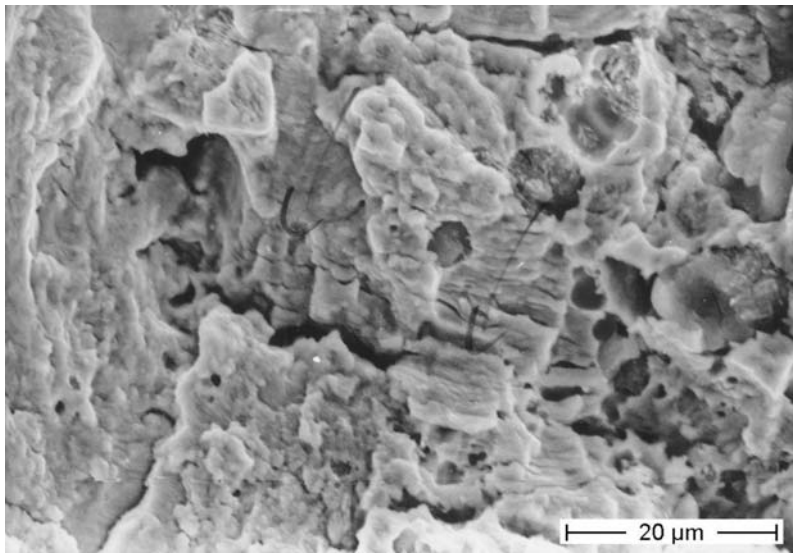


Bild 7:
Streifen in der
Breite von etwa
1 µm
(Ausschnitt aus
Bild 6)

Diskussion

Die einzelnen Anrisse waren von Materialüberschiebungen ausgegangen. In den tieferen Rissbereichen fanden sich mit Bruchbahnen und entsprechender Querstreifung die bekannten Merkmale des Ermüdungsbruches.

In den Restbruchbereichen hatte sich eine Wabenstruktur ausgebildet, was die Fließfähigkeit des Werkstoffes kennzeichnet (Verformungsbruch).

Die Materialüberschiebungen („Rattermarken“) haben sich dadurch ergeben, dass grob gearbeitet wurde, das heißt, der Drehmeißel war stumpf und/oder der Vorschub groß.

Grob ausgeführtes Spanen stellt die Hauptursache für Ermüdungsbrüche dar.

27. Januar 2011

Weitere Beispiele für die Folgen eines Grobspanens finden sich unter „Bruch des Pleuels eines Schiffsmotors“ und „Bruch der Achse eines Sattelschleppers“ in dieser Homepage.