

Flocken in der Welle eines Turbosatzes (Wasserstoffversprödung)

Martin Möser, 09.11.2009

Als Flocken bezeichnet man wasserstoffinduzierte Risse an großen Schmiedestücken. Die Bezeichnung ergibt sich daraus, dass sie sich durch ihre feinkristalline Struktur vom Restbruch abheben. Der Wasserstoffeintrag erfolgt über die Zuschlagstoffe beim Schmelzen.

Die Kraftwerke Lübbenau und Vetschau wurden Anfang der sechziger Jahre errichtet und galten als Symbole des sozialistischen Aufbaus. 6 Blöcke leisteten je 50 MW und 22 Blöcke je 100 MW, und so wurde die Republik für eine Weile ordentlich beleuchtet.

In den achtziger Jahren erfolgte eine Grundüberholung, bei der auch die Niederdruckläufer gewechselt werden sollten. Es handelt sich hierbei um eine Art von Welle, die im Querschnitt stark gestuft ist.

Das Rohstück des Niederdruckläufers für den 100-MW-Turbosatz wog etwa 30 t, das Stahlwerk verfügte allerdings nur über eine Entgasungskapazität von 15 t. Man kippte also eine entgaste und eine unbehandelte Schmelzcharge zusammen und hoffte, den restlichen Wasserstoff dadurch austreiben zu können, dass man die Abkühlung stark verzögerte.

Als die Temperatur des Läufers auf 80 °C gesunken war, prüfte man mit Ultraschall. Der Läufer erwies sich als frei von Defekten. Mit der weiteren Abkühlung stellten sich dann allerdings Anzeigen ein. Man schnitt einen Defekt heraus und brach ihn auf.

Die Bruchfläche unterteilt sich makroskopisch in einen körnigen und einen (grob-)facettierten Bereich. Im ersteren Fall handelt es sich um den Defekt, im anderen Fall um den nachträglich erzeugten Gewaltbruch (Bild 1).

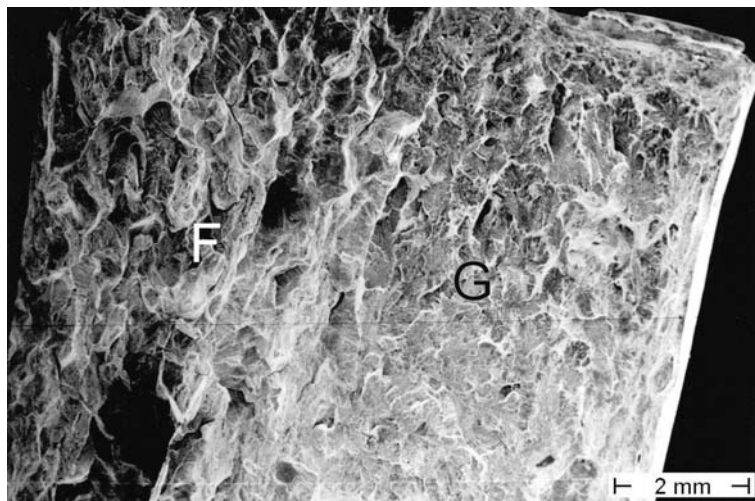


Bild 1:
aufgebrochener Riss,
Bereich des Defektes F mit körniger
Struktur,
rechts Gewaltbruch G mit
Facettenstruktur

Betrachtet wird der Übergangsbereich. Das Bruchgefüge des Defektes zeigt sich bei hoher Vergrößerung als transkristallin-feinfacettiert, siehe Bild 2-Bild 5. Eine kleine Spalte dient als Zentrum einer Rosette (Bild 6).

Die Spaltflächen des Gewaltbruches erreichen eine Größe von etwa 400 μm , wie es für ein schweres Schmiedestück typisch ist, siehe Bild 3, sowie Bild 7 und Bild 8.

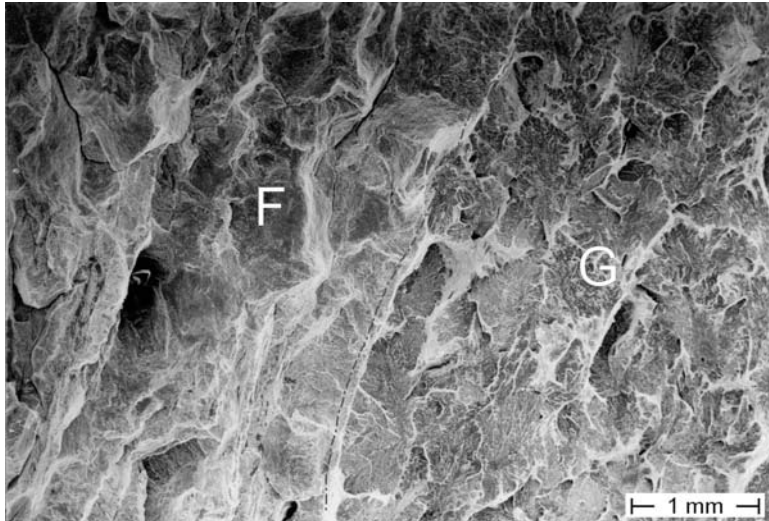


Bild 2:
Übergang vom
Defekt F zum
Gewaltbruch G
(Ausschnitt aus
Bild 1)

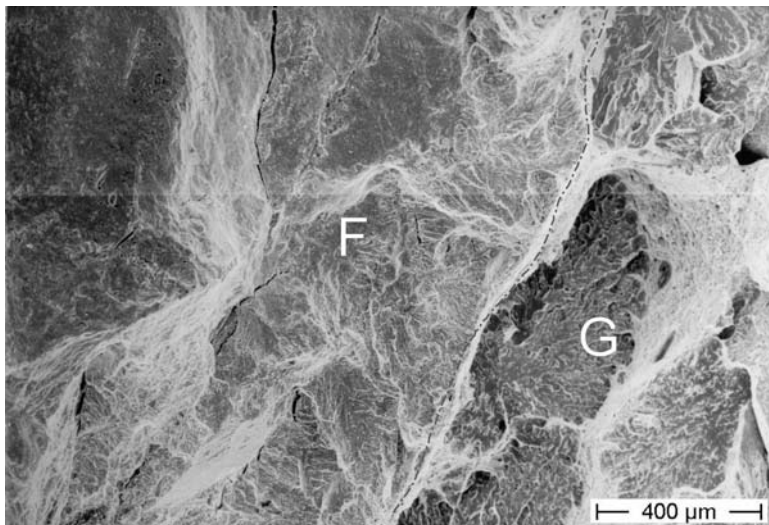


Bild 3:
Übergangsbereich
(Ausschnitt aus
Bild 2)

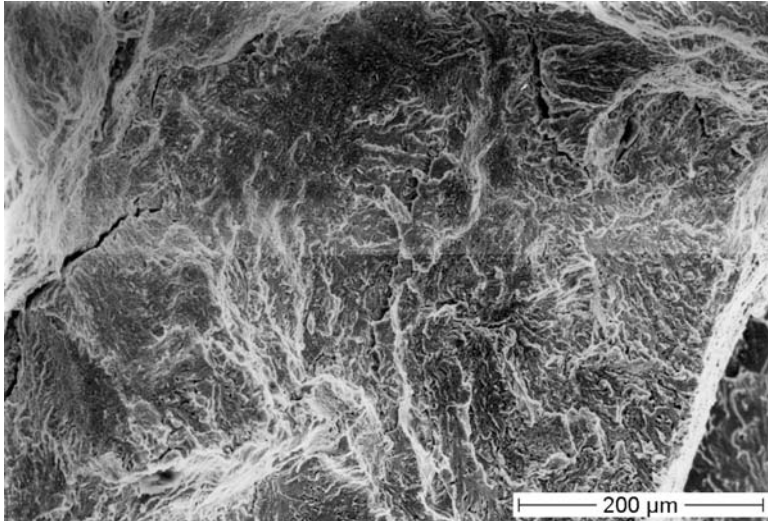


Bild 4:
Bereich des Defektes
(Ausschnitt aus
Bild 3)

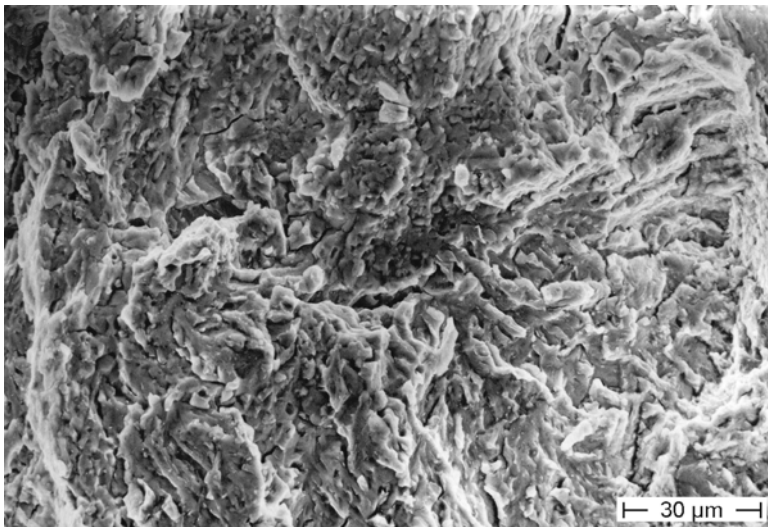


Bild 5
transkristallin-
feinfacettierte
Bruchgefüge
(Ausschnitt aus
Bild 4)

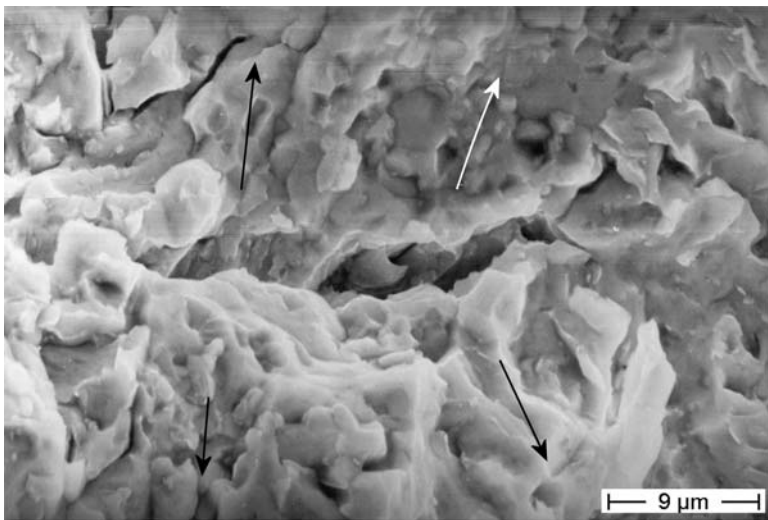


Bild 6
kleine Spalte als
Zentrum einer
Bruchrosette
(Ausschnitt aus
Bild 5)

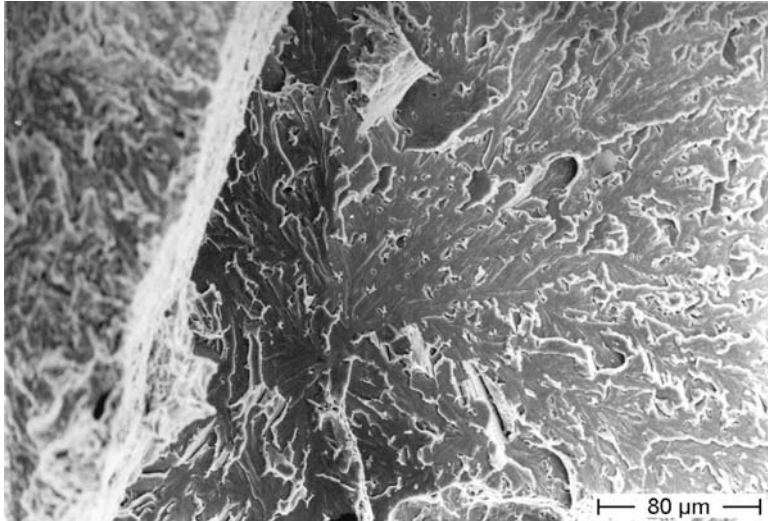


Bild 7
Gebiet des
Gewaltbruches
(Ausschnitt aus
Bild 2, rechts)

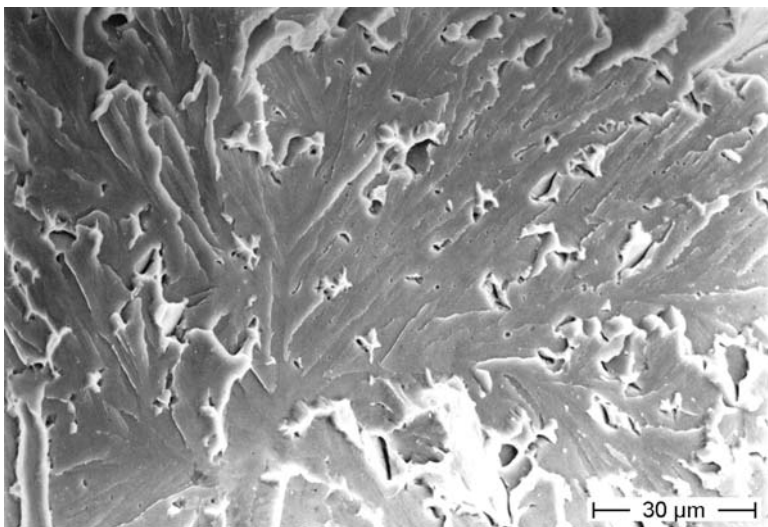


Bild 8
Startbereich einer
Spaltfläche
(Ausschnitt aus
Bild 7)

Im Weiteren sollen noch einige Bereiche der Defektoberfläche abgebildet werden. Sie erscheint stark zerklüftet (Bild 9). Dies ergibt sich daraus, dass hier einige Sulfide vorliegen, die äußerst kompakt geformt sind und entsprechend große Bruchhöfe ausgebildet haben (Bild 10 und Bild 11).

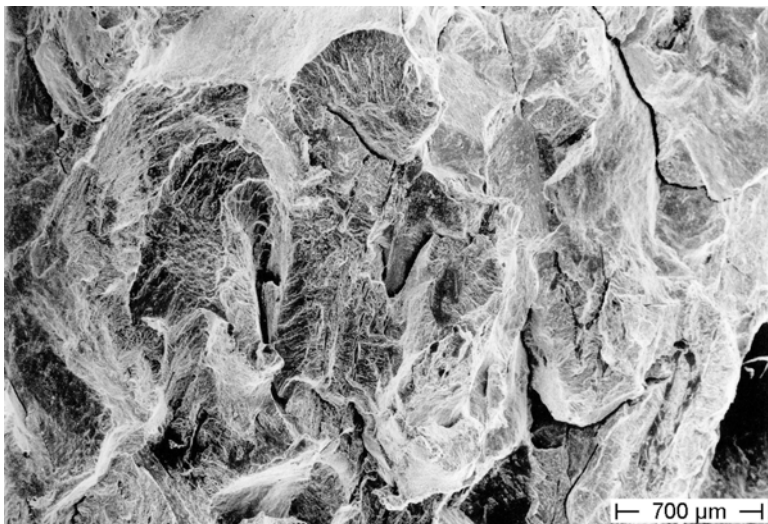


Bild 9
Defektfläche;
Bruchgefüge
zerklüftet
(Anschluss zu Bild 2
nach links)

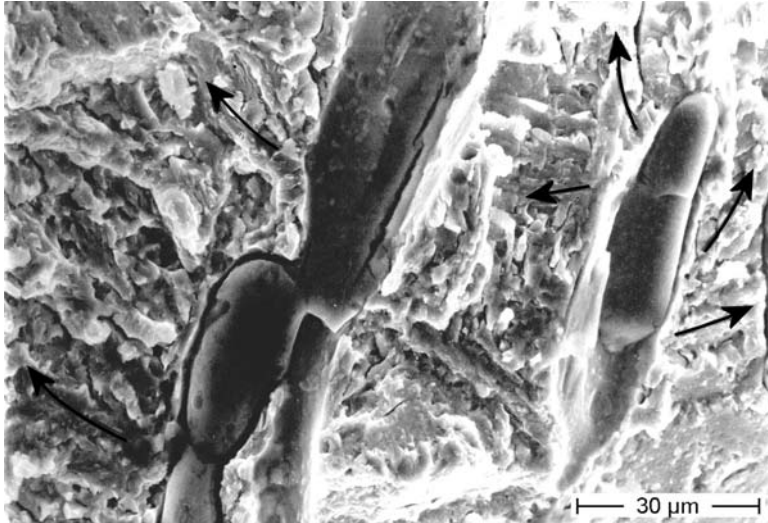


Bild 10
zwei kompakte
Sulfide als Riss-
Starter (Ausschnitt
aus Bild 9)

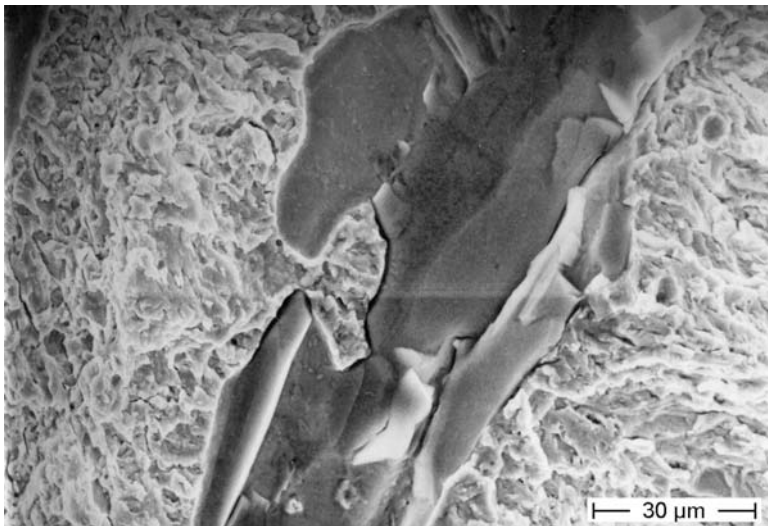


Bild 11
ein weiteres
Supersulfid als
Zentrum einer
Rosette

Ausnahmsweise wirken auch aufgebrochene Korngrenzen als Rosettenzentrum (Bild 12).

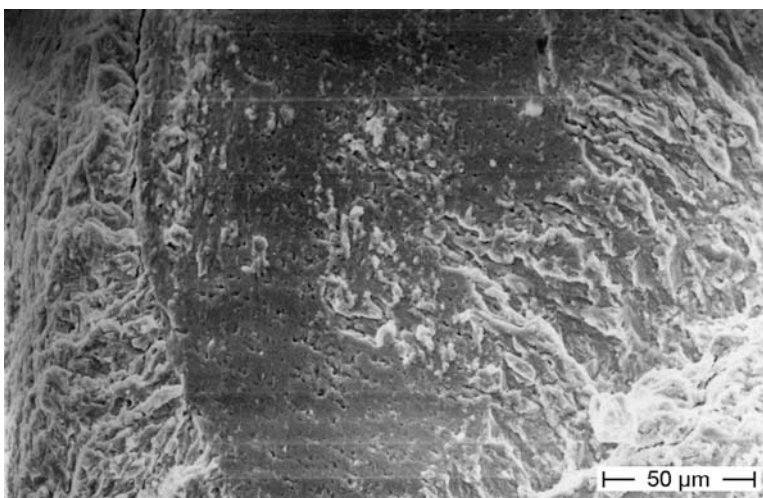


Bild 12
Korngrenzfläche als
lokales Riss-Zentrum

Diskussion

Mit der Bildung von feinfacettierten Bruchhöfen an Spalten, Einschlüssen und Korngrenzen, also „Fischaugen“, fanden sich die üblichen Erscheinungen der Wasserstoffversprödung weicher Stähle (Fließgrenze unterhalb 1000 MPa). Damit war die Befürchtung bestätigt, dass es sich um Flocken handelt. Die Rissbildung findet nicht schon im Gusszustand statt, sondern erst nach dem Schmieden, wenn die Speicherhohlräume verflacht wurden.

Man goss nun den Läufer in fünf getrennten Portionen ab, schmiedete sie und schweißte sie dann zusammen. So haben beide Kraftwerke noch bis 1996 ihren Dienst getan.

Eine Arbeit zur Topographie von Flocken ist in [1] gegeben.

Im November 1994 sollte in Leipzig ein neues Heizkraftwerk in Betrieb gehen. Es war mit einer Gasturbine in der Leistung von 72,5 MW ausgerüstet. Beim Anfahren zerbarst die Radwelle des Turbogetriebes der Länge nach in zwei Teile. Vier Arbeiter wurden tödlich verletzt. Als Ursache wurde die Existenz von zwei benachbarten Flocken angesehen [2].

Literatur

- [1] Pursian, G.; Wagner, I.; Orosz, M.: Mikrofraktographische Untersuchungen der Bruchtopographie von Fischaugen und Flocken in Schmiedestücken. Stahl und Eisen (1990) Nr. 9, S. 77-82
- [2] Jansen, M.; Wrede, U.; Bauer, E.: Getriebeschaden HKW Leipzig, Erfahrungen und abgeleitete Maßnahmen. VGB-Konferenz „Werkstoffe und Schweißtechnik im Kraftwerk 1996“, Cottbus, Vortrag 25