

Bruch von Glühfäden (Wolfram)

Glühlampen – das sagt der Name – beruhen darauf, dass der Stromleiter soweit erhitzt wird, dass er hell glüht. Als Material wird üblicherweise Wolframdraht eingesetzt, der zu Wendeln geformt wird. Das Wolfram dampft mit der Zeit ab (Sublimation) und schlägt sich auf dem Glaskolben nieder. Durch Zusatz von Jod wird der Wolframdampf chemisch gebunden und schlägt sich beim Abkühlen wieder auf dem Draht nieder (Halogenlampe). Die Lebensdauer beträgt etwa 1000 Stunden bei normalen Glühlampen und etwa 3000 Stunden bei Halogenlampen. Die Hauptbelastung tritt beim Einschalten auf.

Es sollte die Lebensdauer der Halogen-Glühlampen von zwei unterschiedlichen Herstellern (A und B) verglichen werden. Dazu unterwarf man beide Typen einem ständigen Ein- und Ausschalten. Lampe A versagte zuerst. Damit war der Test auch für Lampe B beendet. Der Glühfaden dieser Lampe wurde an der Stelle der höchsten thermischen Belastung gewaltsam gebrochen.

Bei Lampe A erzeugte man außerdem einen Gewaltbruch neben der Durchbrennstelle.

Draht A

Die eine Hälfte des Querschnittes zeigt sich völlig verrundet, die andere Hälfte körnig (Bild 1).

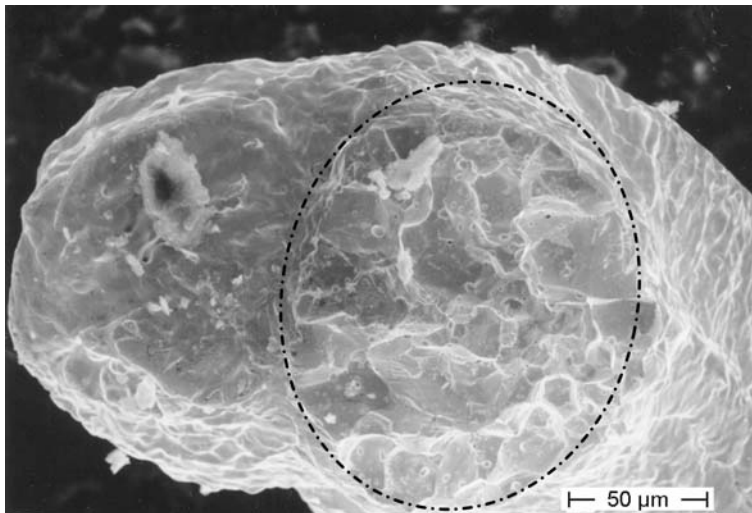


Bild 1:
Draht A,
Übersicht der
Bruchstelle,
körniger Bereich
markiert

Im körnigen Bereich hat die letzte Bindung bestanden. Die Körner erreichen eine Größe von etwa 20 μm . Der Bruch ist interkristallin verlaufen, siehe Bild 2.

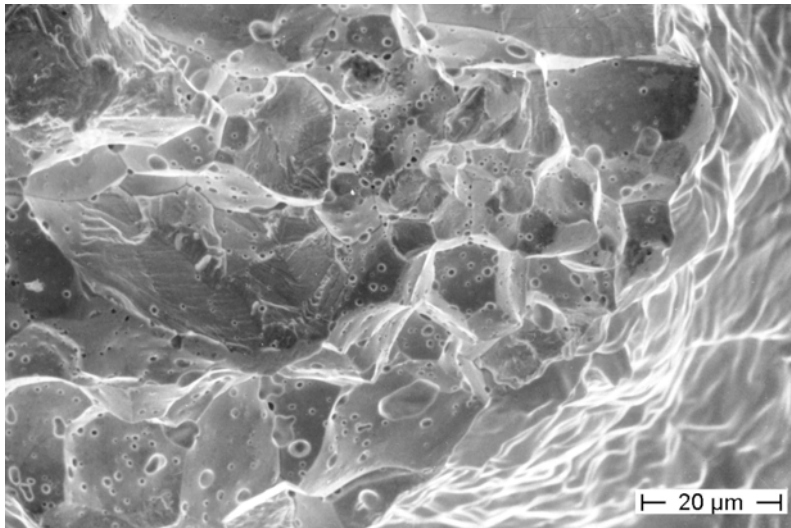


Bild 2:
freigelegte
Korngrenzflächen,
die Körner sind etwa
20 μm groß
(Ausschnitt aus
Bild 1, rechts)

Die Korngrenzflächen sind mit Poren belegt. In den Kornwickeln wuchsen die Poren bis zu einer Größe von 1,5 μm , auf den Korngrenzflächen sind sie nur max. 0,5 μm groß. Ansatzweise finden sich auch Spaltflächen; hier ist der Bruch transkristallin verlaufen (Bild 3).

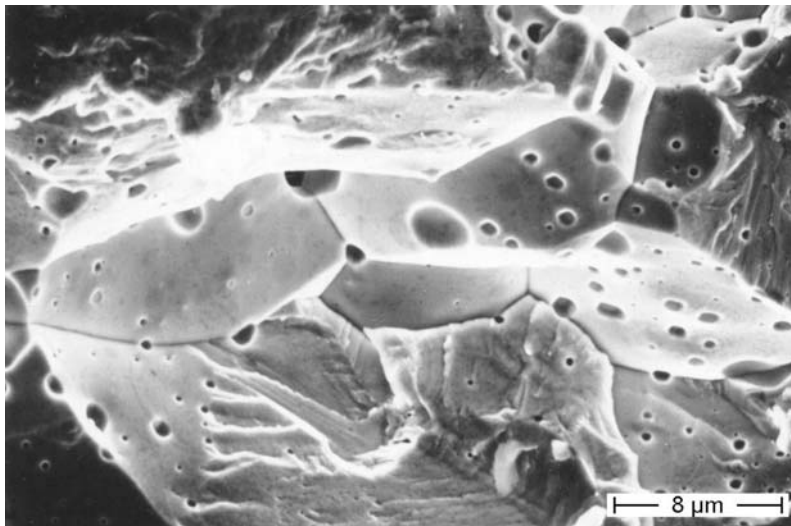


Bild 3:
größere Poren in den
Kornwickeln,
feinere auf den
Kornflächen;
transkristalline
Bereiche unten
(Ausschnitt aus
Bild 2, links)

Betrachtet wird ein weiterer Bereich aus dem Bruchgebiet; die Poren sind bestens ausgeprägt (Bild 4 und Bild 5).

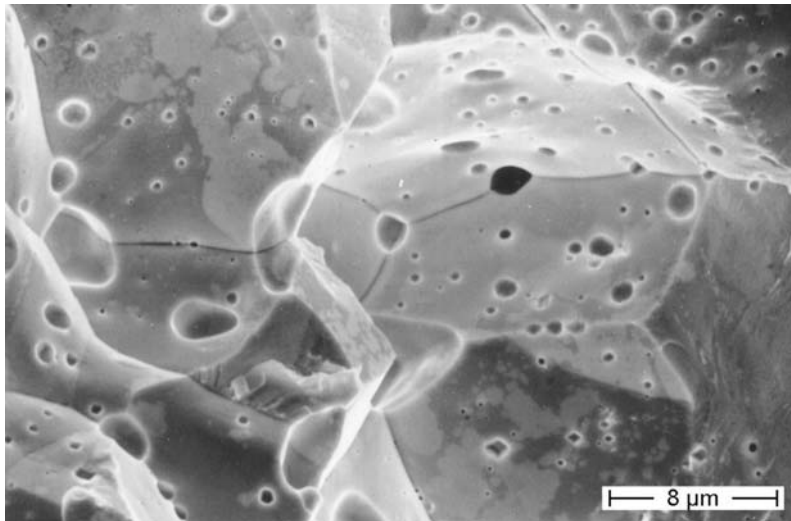


Bild 4:
gut entwickelte
Kornstruktur
(Ausschnitt aus
Bild 1, oben)

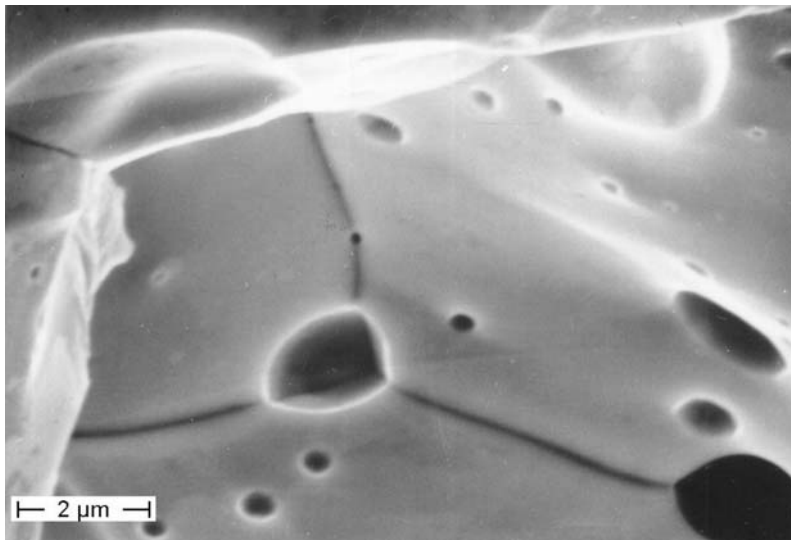


Bild 5:
Porendurch-
messer auf den
Korngrenzen
etwa 1,5 μm,
auf den
Kornflächen
max. 0,5 μm
(Ausschnitt aus
Bild 4)

Die Oberfläche des Drahtes hat sich eingeformt, das heißt, die Kornstruktur bildet sich als Relief ab (Bild 6).

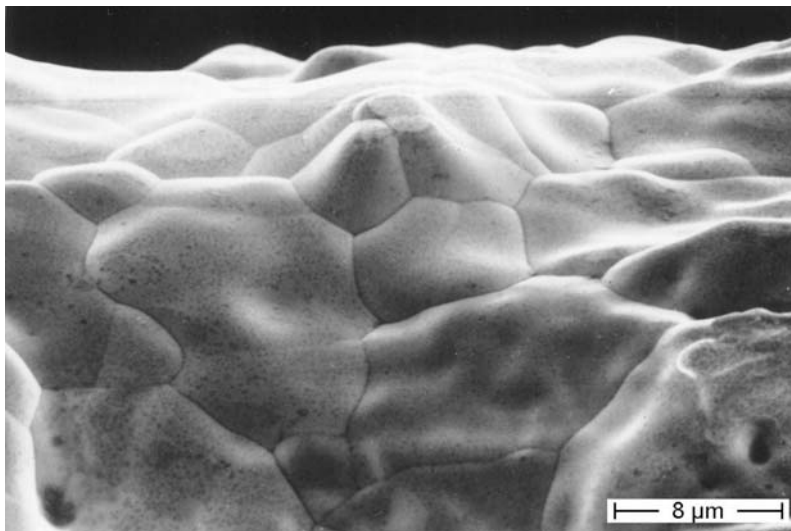


Bild 6:
Drahtoberfläche
Kornrelief

Beim (gewaltsamen) Brechen des Drahtes neben der Schadensstelle hat sich der Bruch vorzugsweise an der Längsachse orientiert. Die Körner wurden gespalten; sie erreichen Größen bis 60 μm (Bild 7 und Bild 8).

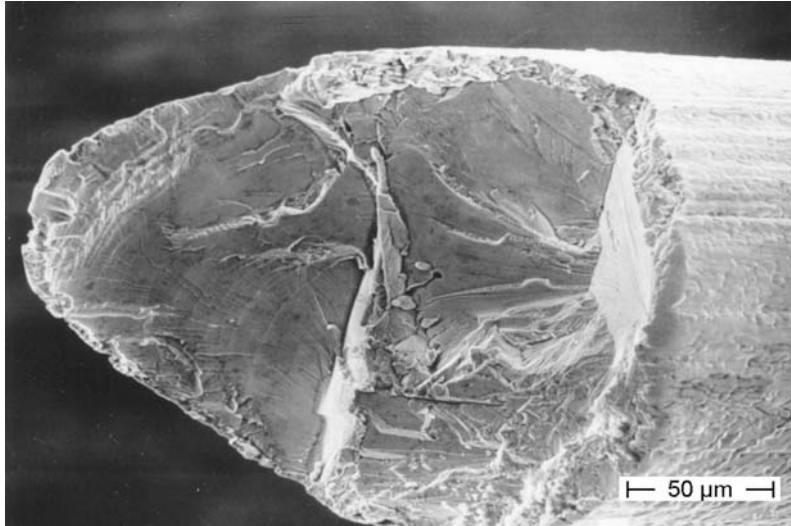


Bild 7:
Spaltflächen in
Drahtlängsrichtung

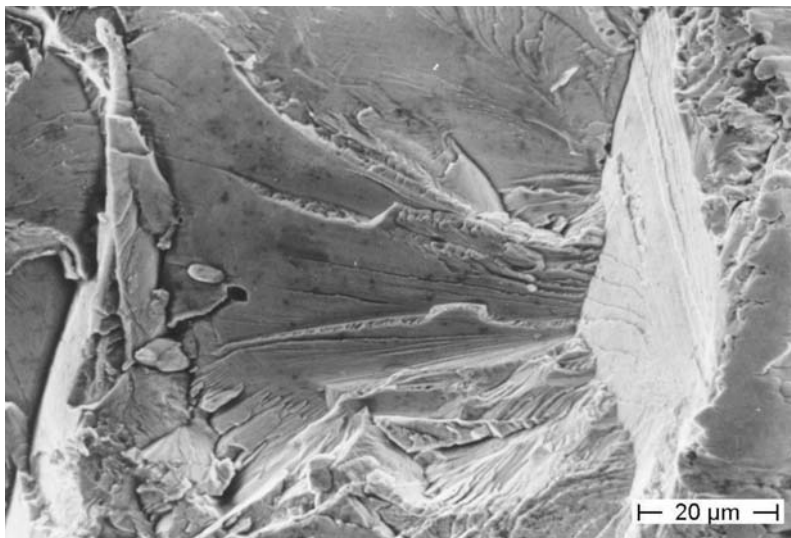


Bild 8:
Spaltflächen etwa
60 μm groß
(Ausschnitt aus
Bild 7)

Draht B

Die Bruchfläche erscheint feinstrukturiert. Der Bruch ist transkristallin verlaufen. Die Größe der Spaltfacetten liegt im Bereich von etwa 2 μm . Ausnahmsweise findet sich auch eine größere Spaltfläche (Bild 9 - Bild 11).

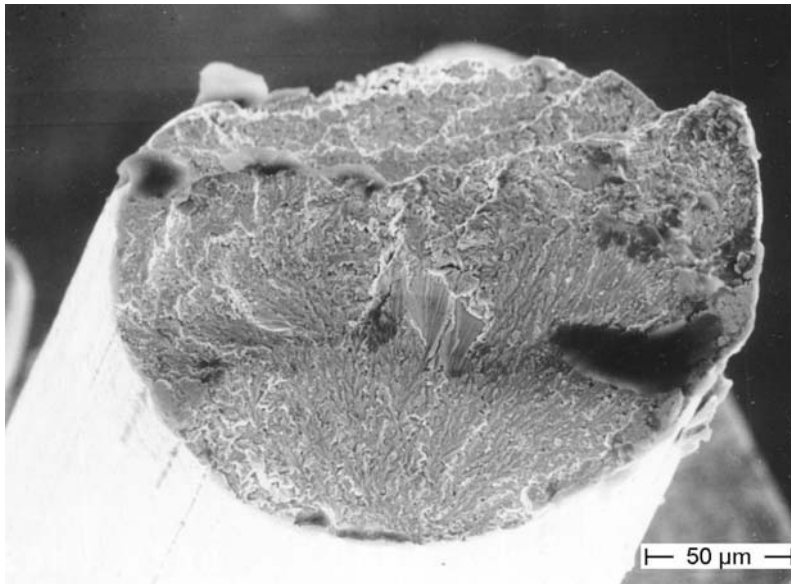


Bild 9:
Draht B,
Übersichtsaufnahme,
feinfacettiertes
Bruchgefüge

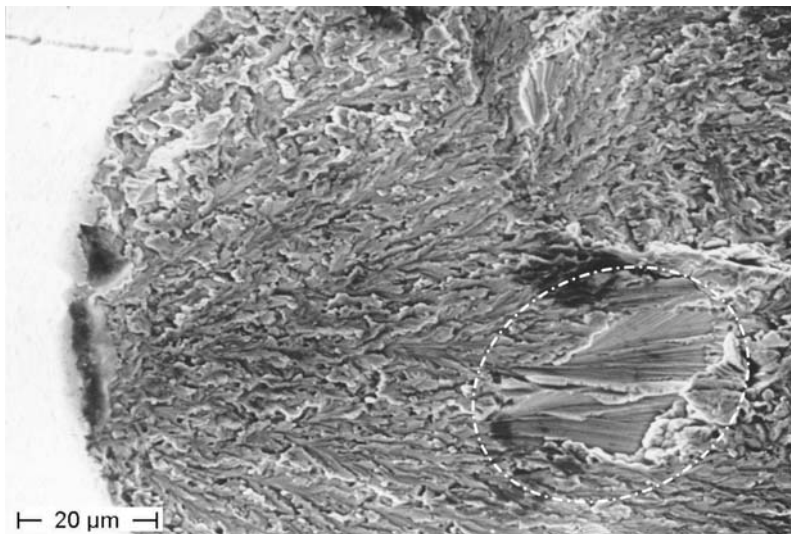


Bild 10:
einzelne größere
Spaltfacette
(Ausschnitt aus
Bild 9, Probe nach
rechts gedreht)

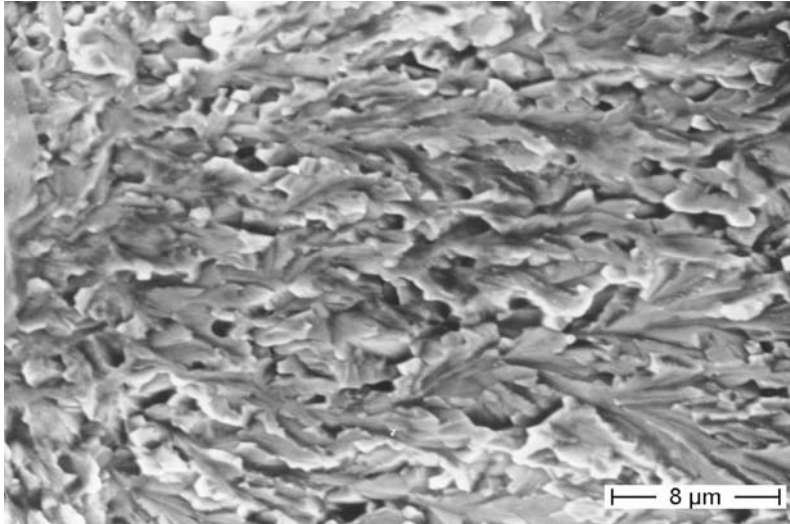


Bild 11:
Größe der Facetten
etwa 2 μm
(Ausschnitt aus
Bild 10)

Diskussion

Beim Glühdraht der Lampe A hat sich die Kornstruktur eingeformt und vergrößert (Rekristallisation). Auf den Korngrenzen haben sich dann Kriechporen ausgebildet. Im kalten Zustand spalteten sich die Körner.

Bei Draht B fand sich ebenfalls Spaltbruch, doch war die Kornstruktur weitgehend fein geblieben. Es lag noch die Faserstruktur von der Herstellung vor. Man hatte also einen Weg gefunden, die Rekristallisation zu verzögern.

Zusammenfassung: Bei Halogenlampen läuft die Schädigung dadurch ab, dass der Draht kriecht. Als Voraussetzung dafür muss sich das Gefüge zunächst rekristallisieren.

Martin Möser, 18.04 2011

siehe in dieser Homepage auch „Versagen eines Thermoelements durch Kriechen“