

Wasserstoffversprödung eines Sägeblattes (Herzsäge)

Martin Möser, August 2008

Die Spitze eines Herzkatheters bestand aus einem gebogenen Halbrohr, in welches ein Sägeblatt eingelegt werden konnte. Dieses wurde mit jeweils einem Zuganker verlötet, der in sich ein Gelenk enthielt. Über einen Draht konnte dieses System derart aus dem Halbrohr gezogen werden, dass das Blatt eine Sekante bildete. Damit wurden Ablagerungen an den Herzklappen abgeschabt.

Beim Sägeblatt handelt es sich um einen Typ mit Rundumzahnung, wie er in Laubsägen eingesetzt wird. Gelötet wurde mit Silberlot.

Während einer Behandlung brach das Sägeblatt im Bereich einer Lötung. Das im Herzen verbliebene Stück (fast das gesamte Blatt) verhakte sich. Man musste den Brustkorb öffnen und eine Hülse über Rohr und Sägeblatt schieben, um beides aus dem Herz ziehen zu können.

Für die Untersuchung im REM wurde das Blatt noch einmal in der Mitte gebrochen. Die Bestandteile der Säge sind in Bild 1 zu sehen.



Bild 1. Die Bestandteile der Herzkatheterspitze: Sägeblatt (noch einmal nachträglich gebrochen). Das Halbrohr (bei der Rettungsoperation zerschnitten) und die beiden Zuganker für das Sägeblatt

Bild 2 zeigt eine der beiden Bruchhälften als REM-Abbildung. Die Bruchstelle liegt im Bereich der Lötung.

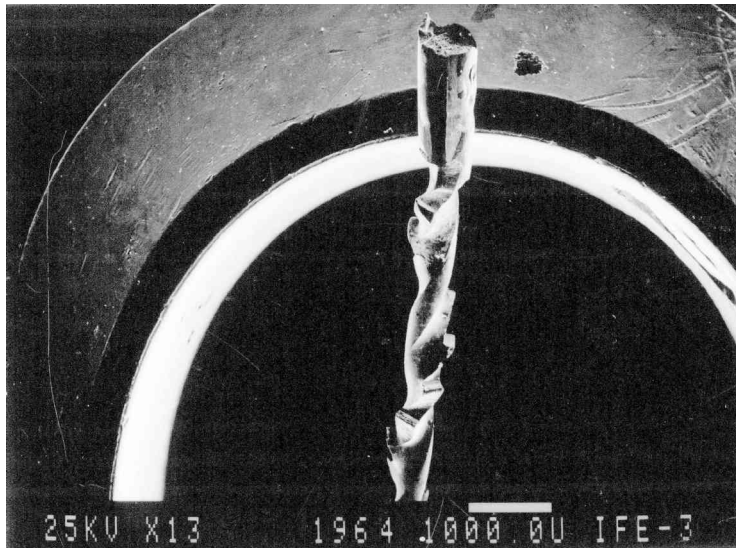


Bild 2
REM-Übersichtsaufnahme;
Bruch im Lotbereich (im Bild ganz oben)

An der Bruchstelle hatte das Lot eine Kaverne ausgebildet, so dass das Sägeblatt frei lag. Dort nahm der Riss seinen Ausgang (Bild 3).

Auf der Bruchfläche sind die Korngrenzflächen zu sehen. In den älteren Rissbereichen wurden die Körner verätzt, am Auslauf sind die Strukturen noch bestens erhalten (Bild 4 und 5).

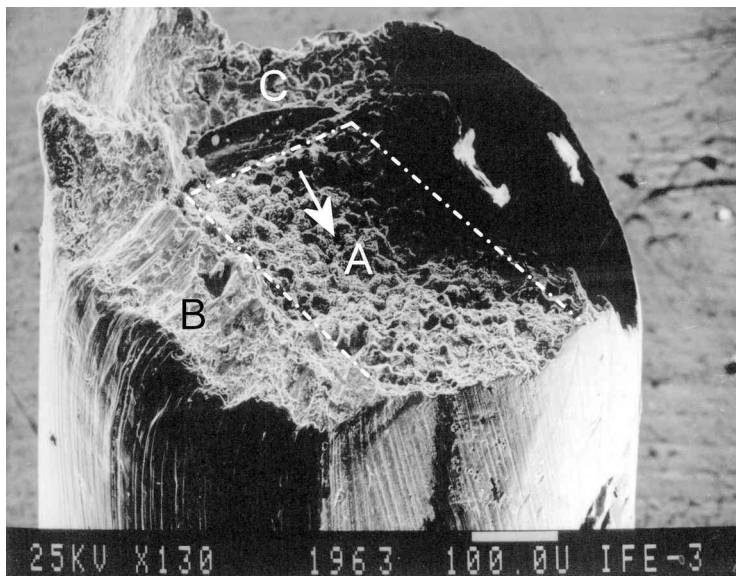


Bild 3
Bruchfläche in der Übersicht
A: Bruchbereich des Sägeblasses
B: Lotbereich, duktil gebrochen
C: Kaverne im Lot, dort Riss-Start

(Ausschnitt aus Bild 2, oben)

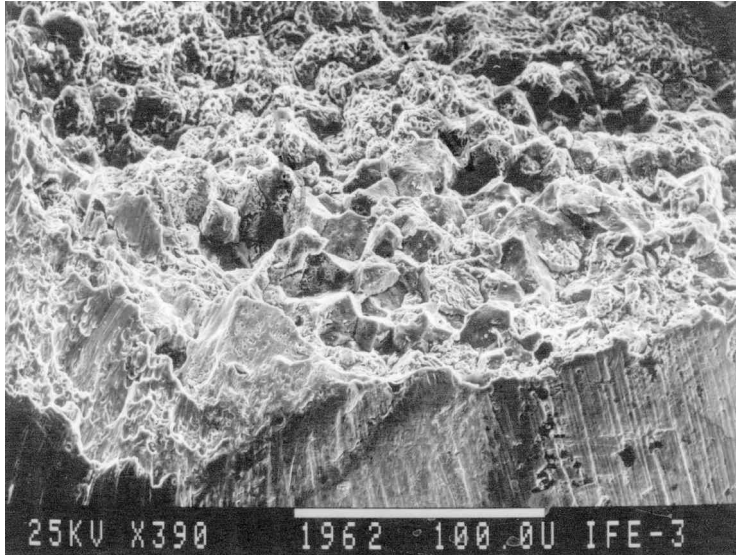


Bild 4
Bruchbereich des
Sägeblattes:
körniges Bruchgefüge, links
oben teilweise eingebnet,
rechts unten unbeschädigt
(Ausschnitt aus Bild 3)

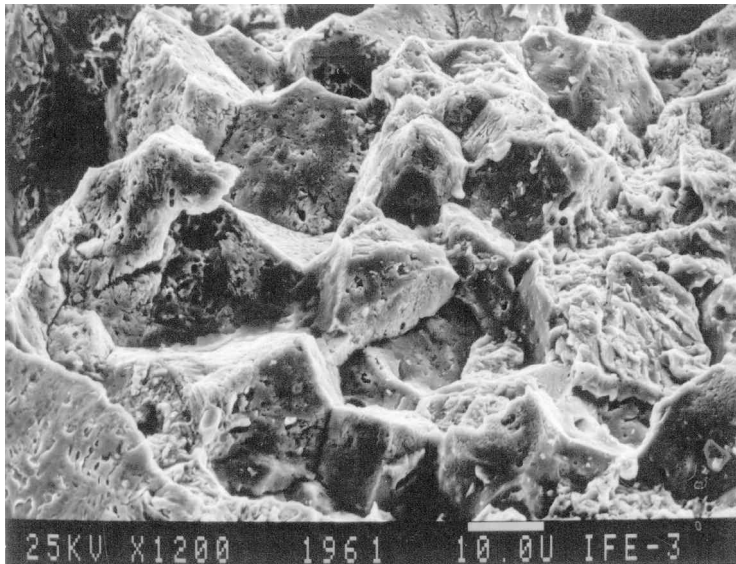


Bild 5
freiliegende
Korngrenzflächen
(Ausschnitt aus Bild 4)

Um einen Vergleich mit dem sonstigen Bruchverhalten zu haben, wurde die neugeschaffene Bruchfläche untersucht. Es findet sich eine extrem feine Wabenstruktur, wie es für einen unlegierten hochkohlenstoffhaltigen Stahl typisch ist (Bild 6).

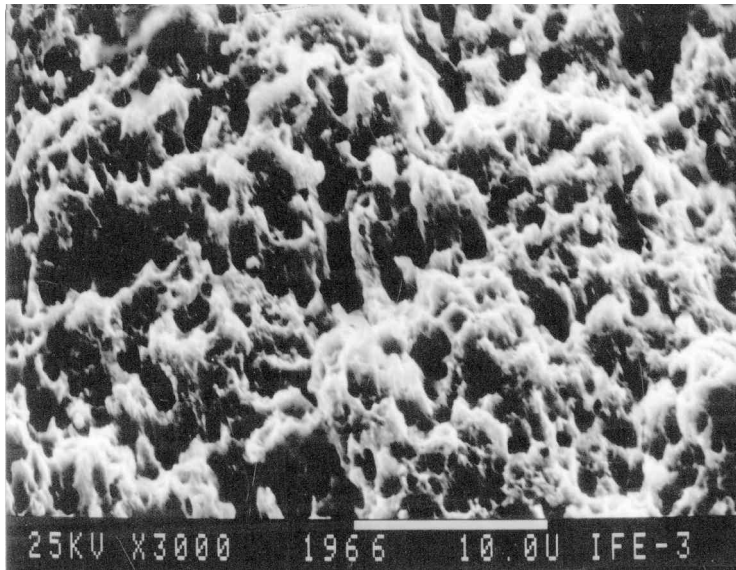


Bild 6
Neubuch:
Ausbildung einer feinen
Wabenstruktur

Betrachtet wird nun die Gegenbruchfläche mit dem Reststück des Sägeblattes. Da im Lot eine Kaverne vorliegt, hebt sich das Profil des Sägeblattes gut ab. Das Riss-Startgebiet ist stark verätzt und lässt die Korngrenzflächen nur noch erahnen (Bilder 7 und 8).

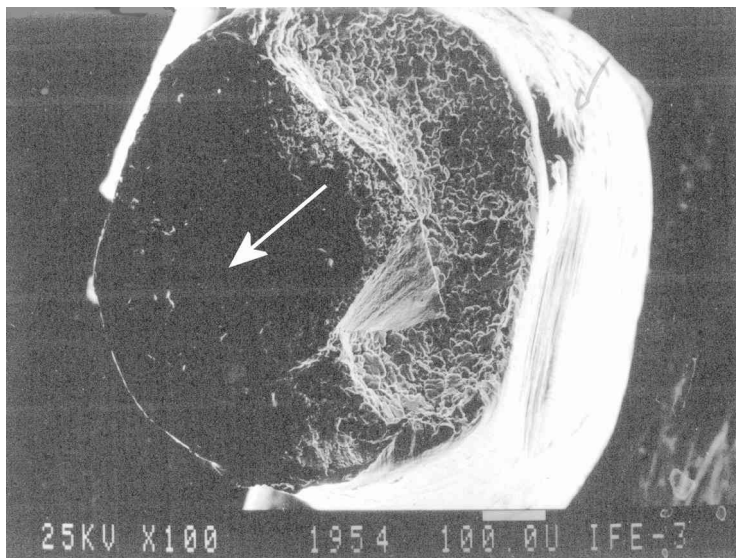


Bild 7
Gegenbruchfläche;
Sägeblatt liegt teilweise frei,
Rissausbreitungsrichtung
ingezeichnet

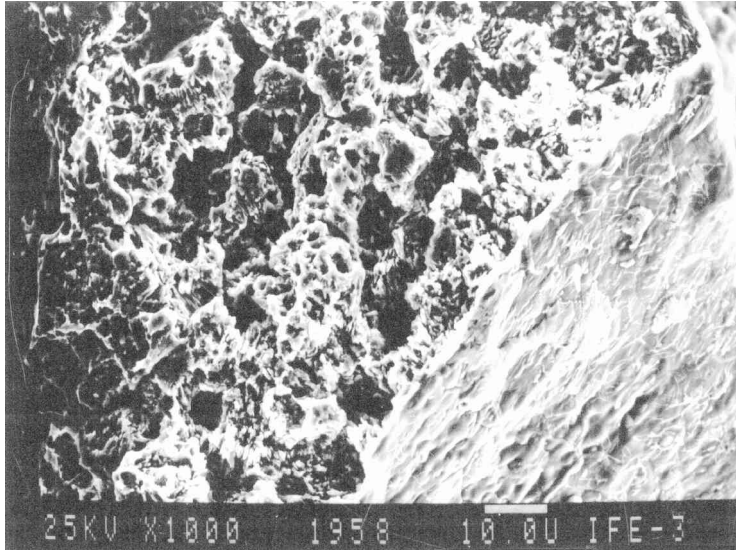


Bild 8
Riss-Startgebiet
Bruchgefüge noch körnig
aber stark verätzt
(Ausschnitt aus Bild 7)

Die Probe wird zur Seite gelegt und der Bereich unter dem Rissauslauf betrachtet. Die Lotbedeckung fehlt stellenweise. Der Stahl zeigt sich dort verätzt (Bild 9 und 10).

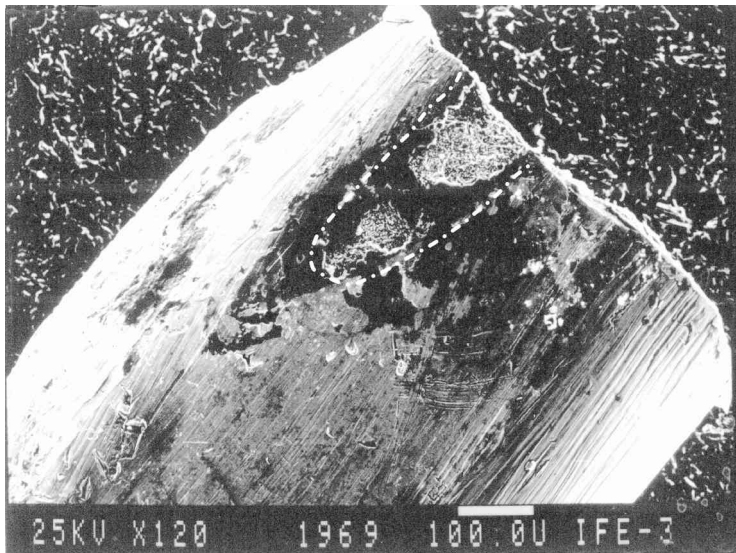


Bild 9
Seitenansicht, Bereiche
markiert, in denen das Lot
fehlt

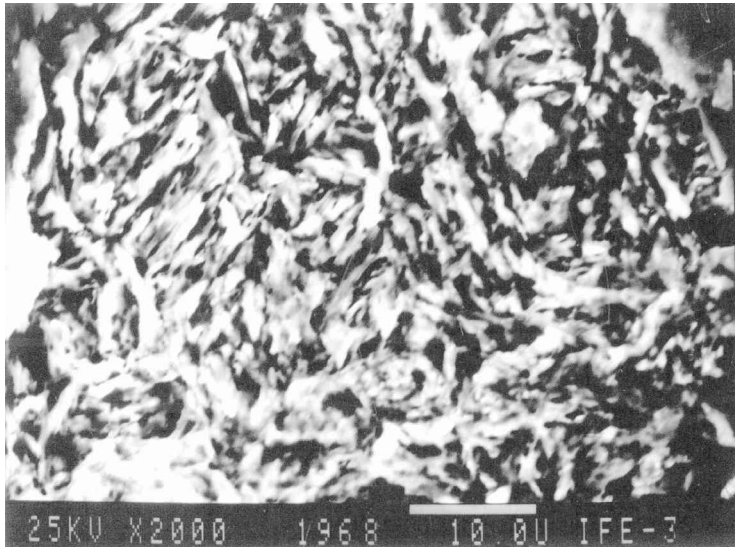


Bild 10
Ätzstrukturen
(Ausschnitt aus Bild 9)

Mit freiliegenden Korngrenzflächen bietet sich das Bild einer Versprödung durch Wasserstoff, wie es für hochfeste Stähle üblich ist. Der Stahl ist verätzt.

Auf Nachfrage wurde mitgeteilt, dass die Katheter nach jedem Einsatz recht lange in der Desinfektionslösung liegen (Wasserstoffperoxid und Kochsalzlösung).

Zwischen dem Lot und dem Stahl bildete sich ein Lokalelement aus. Der Stahl als die unedlere Komponente wurde lokal angeätzt. Als Teilreaktion entstand Wasserstoff, der in den Stahl eindrang und die Rissbildung auslöste. Der Riss wuchs etappenweise, wobei ältere Rissbereiche der verstärkten Auflösung unterlagen („wasserstoffinduzierte Spannungsrisskorrosion“).