

# Flocken in Stahl nach Entschwefelung und Vergießen im Strang Teil I

Roheisen enthält 3-4 % Kohlenstoff. Dieser sorgt für die Ausbildung eines Eutektikums und damit für einen niedrigen Schmelzpunkt (1153 °C). Durch Einblasen von Luft in das flüssige Roheisen wird der Kohlenstoff weitgehend verbrannt; es entsteht Stahl. Dieser Vorgang wird als Frischen bezeichnet und erfolgte traditionell im Bessemer- oder Thomas-Konverter („Birne“) und im Siemens-Martin-Ofen. Im ersteren Fall wird Luft über Düsen am Boden des Konverters eingeblasen, im letzteren Fall stammt der Sauerstoff aus dem zugegebenem Erz und der Heizflamme.

Beim Blasverfahren wird die Schmelze mit einer Temperatur von 1300 °C in den Konverter eingesetzt. Durch Verbrennen des Kohlenstoffs, wie auch von Phosphor und Silizium, wird Wärme frei gesetzt. Entsprechend heizt sich die Schmelze auf (bis auf 1600 °C, siehe Bild 1) und bleibt somit flüssig.

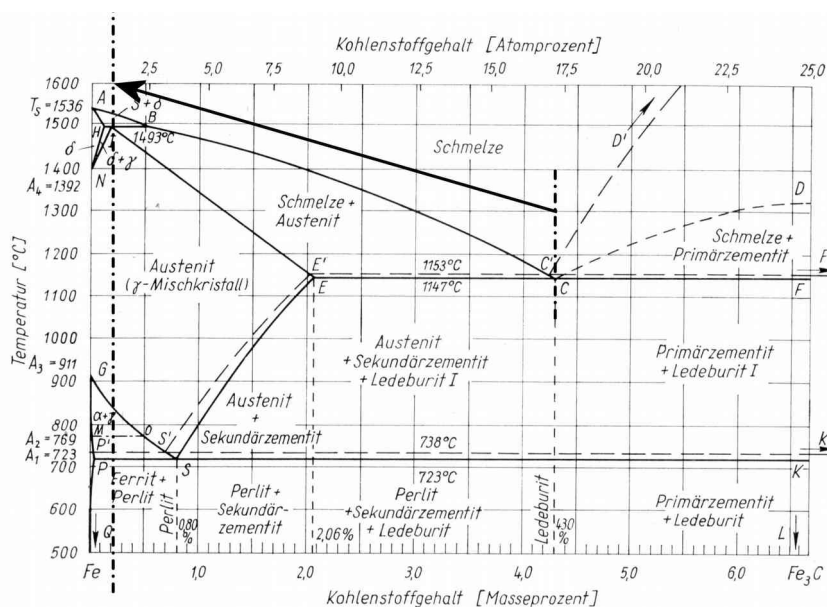


Bild 1: Temperaturverlauf der Eisenschmelze beim Frischen zu schweißbarem Stahl (0,2% C), als Pfeil eingetragen in das Eisenkohlenstoffdiagramm (dieses wurde entnommen aus [1])

Zu etwa 80% besteht die Luft aus Stickstoff, der zwangsläufig mit erwärmt werden muss. Der Stickstoff löst sich teilweise im Stahl und sorgt dort für die sogenannte Reckalterung. Durch Zugabe von Aluminium kann man den Stickstoff zwar chemisch abbinden, bei Thomasstahl ist dies jedoch nicht üblich.

Das Frischen läuft energetisch günstiger ab und der Stahl wird sauberer, wenn mit reinem Sauerstoff geblasen wird. Durchgesetzt hat sich das LD-Verfahren, welches 1949 von der Firma VÖEST in Linz-Donawitz entwickelt wurde. Der Sauerstoff wird von oben her mit einer Lanze eingebracht. Die Schmelze muss gekühlt werden, was durch Einsatz von Schrott in einem Mengenanteil von 25% erfolgt.

Mit der Inbetriebnahme eines Sauerstoffaufblaswerkes im Jahre 1984 begann für die DDR ein neues Kapitel der Eisenmetallurgie. Die Schmelze wurde nicht mehr in Blöcken, sondern im (durchlaufenden) Strang abgegossen. Die Pfannenmetallurgie war ausgebaut, das heißt, die Schmelze konnte sowohl tiefstentschwefelt als auch entgast werden.

Die Kapazität der Entgasungsanlage (Vakuum) war allerdings beschränkt. Man versuchte herauszufinden, ob und wie weit der Wasserstoffgehalt abgesenkt werden muss, um eine entsprechende Rissbildung (Flocken) zu vermeiden.

An die Hauptnutzer des höherfesten Baustahles HS 60-3 (St 450) wurden tiefstentschwefelte Bleche versendet. Von 4 Chargen war die eine Hälfte entgast worden, die andere nicht. Der Wasserstoffgehalt der Entgasungsvarianten betrug 2-4 ppm.

Aus den Blechen in der Stärke von 16-50 mm wurden Proben in Dickenrichtung (Z-Proben) entnommen und auf Zug belastet.

Die Proben, welche aus entgastem Stahl gefertigt worden waren, erbrachten das gewünschte Verformungsvermögen, festgelegt am Einschnürungswert. Bei den anderen Chargen schwankten die Ergebnisse.

Ein „Ausreißer“ wurde zur fraktographischen Untersuchung gebracht; die Probe war mittig gebrochen.

Es war ein Defekt freigelegt worden, der etwa ein Drittel des Querschnitts erfasste (Bild 2).

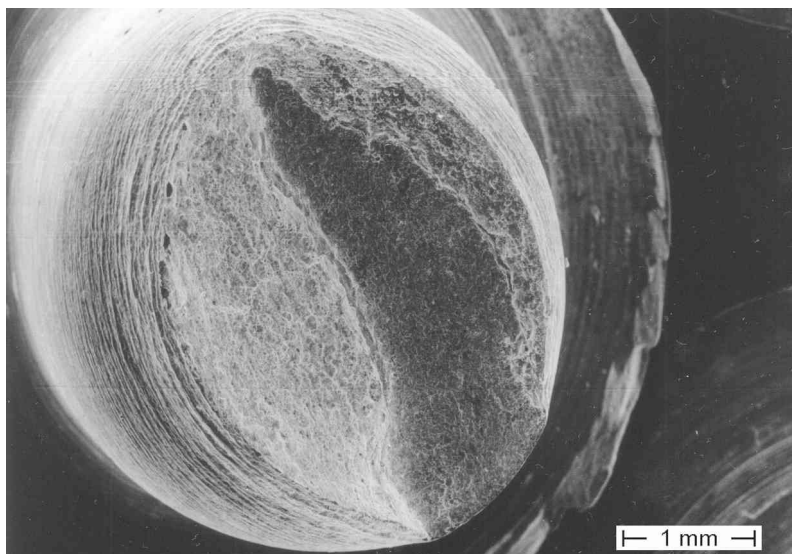


Bild 2:  
Übersichtaufnahme;  
nierenförmiger  
Defektbereich  
(dunkel)

Im Defektbereich war der Bruch spröd-transkristallin verlaufen unter Ausbildung feiner Facetten (Bild 3).

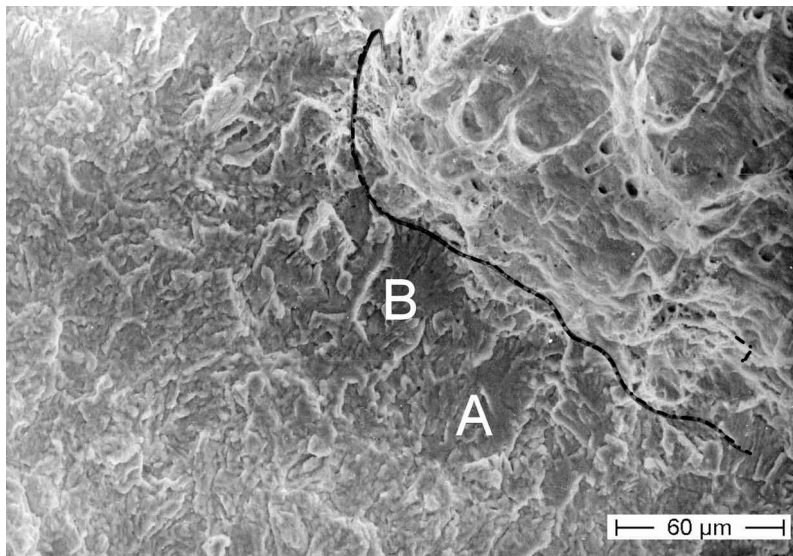


Bild 3:  
Übergang vom  
Defektbereich  
zum  
Gewaltbruch,  
Facetten A und  
B im Defekt,  
Gewaltbruch mit  
Wabenstruktur  
(Ausschnitt aus  
Bild 2)

Die Facetten erscheinen verflacht; ihre Abreißlinien sind verrundet (Bild 4).

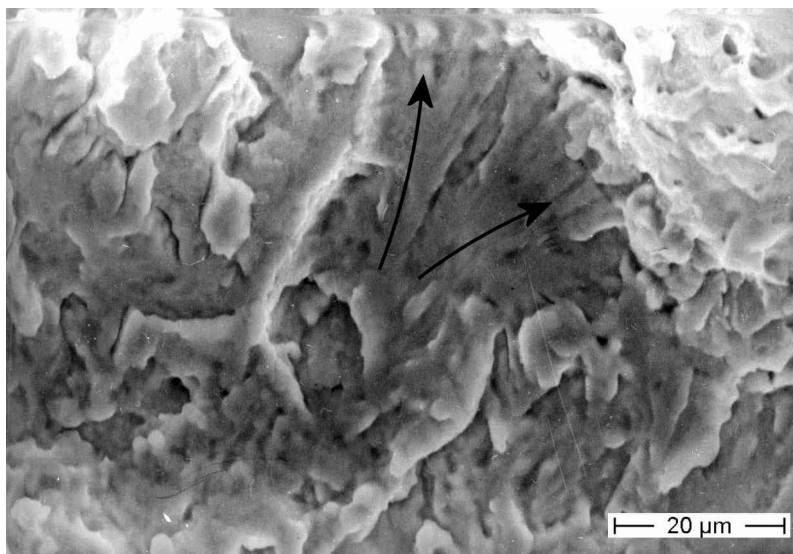


Bild 4:  
Facette B mit  
verrundeten  
Abreißkanten  
(Ausschnitt aus  
Bild 3)

Die metallographische Untersuchung ergab, dass sich in der Blechmitte eine Zone mit Zwischenstufengefüge ausgebildet hatte. Die Breite dieser Zone betrug etwa 100 µm (Bild 5). Die Mikrohärtete erreichte dort Werte von 462 HV<sub>m</sub>, im Perlit maß man dagegen nur 216 HV<sub>m</sub> (Verfahren nach Hanemann). Während der Erstarrung hatte sich dort offensichtlich Kohlenstoff angereichert, was als Mittenseigerung bezeichnet wird.

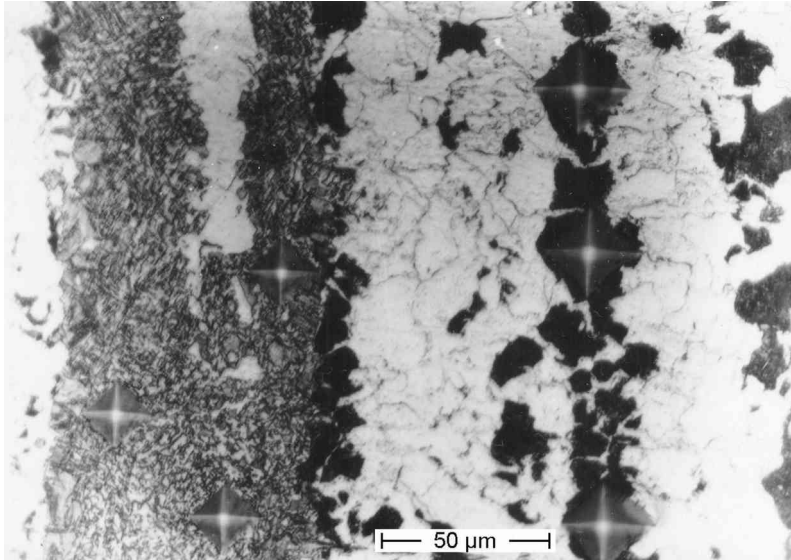


Bild 5:  
Schliffbild von der  
Blechmitte,  
Härteeindrücke in Streifen  
mit Zwischen-  
stufengefüge (links) und  
Perlit (rechts)

(Aufnahme: Henschel)

Bei einer weiteren Probe war der Auslauf eines mittig gelegenen Defektes erfasst worden, doch brach die Probe außermittig (Bild 6).

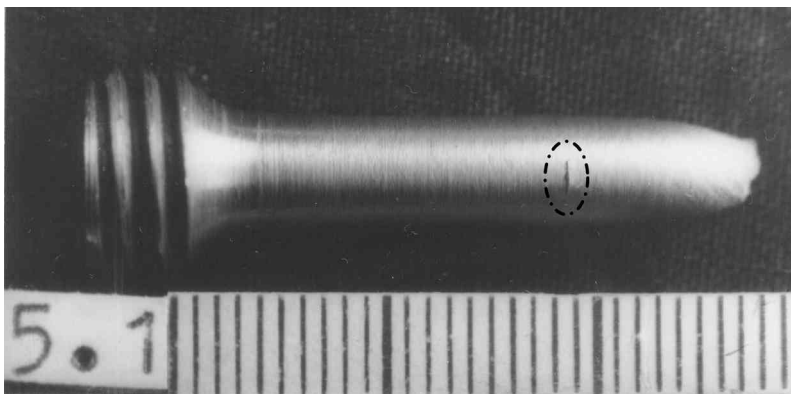


Bild 6:  
Seitenansicht einer  
gebrochenen  
Z-Probe;  
ein Risskeim  
markiert die  
Probenmitte

(Aufnahme:  
Henschel)

Nach dem Aufbrechen zeigte sich, dass dieser Defekt nur mit einer Tiefe von etwa 0,3 mm erfasst worden war (Bild 7). Die Aufhärtung der Probenmitte hat die Materialschwächung durch den Anriss kompensiert.

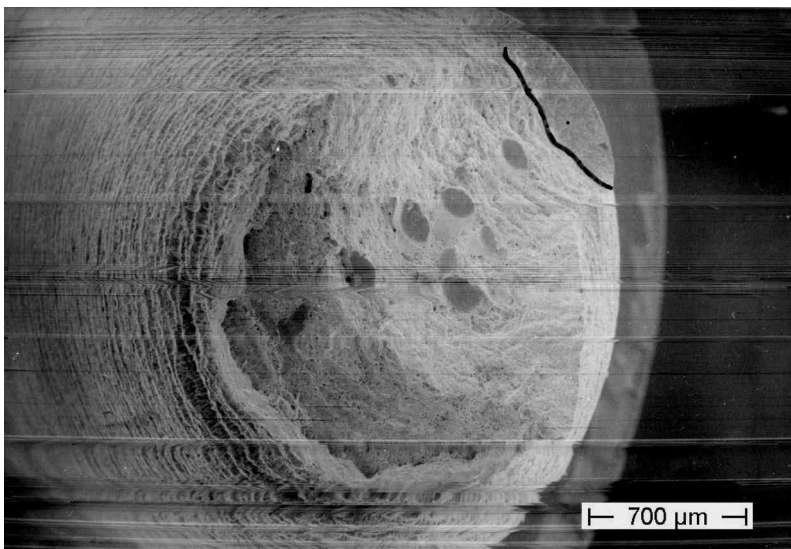


Bild 7:  
Probe von Bild 6  
aufgebrochen;  
Defekt 0,3 mm tief  
(rechts oben),  
einige Gasporen frei  
gelegt

## **Diskussion:**

Nur die Proben derjenigen Chargen, die entgast wurden, erwiesen sich durchgehend als frei von Defekten.

Die Defektflächen waren transkristallin und feinfacettiert ausgebildet, wie es allgemein die Wasserstoffversprödung wenig fester Stähle kennzeichnet. Die Facetten erschienen verflacht bzw. verrundet. Die Risse sind also nicht während des Zugversuches entstanden, sondern noch während des technologischen Ablaufs, während einer Auskühlungsphase.

Als kritischer Faktor hatte sich eine Mittenseigerung erwiesen, die zur Ausbildung von Härtinggefüge führte. Außer Kohlenstoff reichern sich dort auch die Legierungselemente an, insbesondere das Mangan.

Die Mittenseigerung stellt ein Grundproblem des Stranggießens dar.

Vor der Inbetriebnahme des Sauerstoffaufblaswerkes hatte man beim Stahl H 60-3 schon einen Versuch der Tiefstentschwefelung unternommen, und zwar mit Stahl aus dem Siemens-Martin-Ofen, der im Block abgegossen wurde, ohne ihn vorher zu entgasen. Der Versuch war ebenfalls an der Ausbildung von Flocken gescheitert, obwohl sich hier keine Mittenseigerung ausbildet, siehe die Ausarbeitung „Flocken in Stahl nach Entschwefelung und Vergießen im Block“ in dieser Homepage.

## Literatur

- [1] Schumann, H.: Metallographie. 10. Auflage, Leipzig, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, S. 297

Martin Möser, 30. August 2011

Die Mittenseigerung begünstigt auch die Wasserstoffversprödung beim Schweißen (Kaltrissigkeit). Als Beispiel findet sich in dieser Homepage die Ausarbeitung „Wasserstoffbedingte Kaltrissigkeit an Schweißnähten“, dort Fall „Querrisse in den Schweißnähten einer Großraumflasche“.