

Fig. 4. Segregation of C in longitudinal direction in a 3.5t killed-steel ingot.

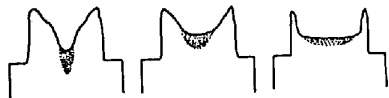


Fig. 5. Tendency of segregation in feeder heads under primary pipes.

を考察したのである。このように保温剤を使用しても押湯附近における鋼塊内外の偏析を皆無にすることは不可能である。しかし使用しない場合は収縮孔の深さが深くなり Fig. 4 に示すごとく偏析傾向が強くなるので保温剤の使用効果は大きいと考えられるわけである。収縮孔形状と押湯部偏析との定性的な関係は Fig. 5 のようになると考えられるので鋼塊頭部状況よりある程度保温剤の性能を推定することができよう。

(3) 保温機構

Fe-Si および Fe-Mn 二元状態図から押湯最上部に生成した合金の融点は約 1430~1400°C と推定される。したがって Ca-Si 系保温剤による保温機構は、その燃焼熱および生成溶滓の断熱性以外に還元生成された低融点合金が収縮孔を充填し押湯形状を改善しているものと考えられる。

(4) 保温剤の発熱温度測定結果

この系保温剤の燃焼速度は市販品に比しはるかに早い。マグネシア坩堝内 (30 mm ϕ \times 40 mm ϕ \times 150 mm) に充填した保温剤 (50 g) の燃焼温度を二重石英保護管を附し、白金熱電対を用い計器に現われた最高温度を記録してみたが比較に用いた市販品が 1300°C であるに比しこの系保温剤は 1500°C 以上であつた。検討結果につき説明する。

(55) キルド鋼々塊割れの研究 (I)

(主として縦割れについて)

Study on Cracks in the Killed Steel Ingot (I)

(Specially on the Longitudinal Crack)

N. Sugiyama, et alius.

山陽製鋼

工博 上杉 年一・工〇杉山 信明

I. 緒 言

A1 キルド鋼々塊に発生する割れには縦割れと横割れとがあり、これらはそれぞれ“Hot-tearing”すなわち高温割れと呼称されるものと H. O. Howson 等¹⁾が“Clinks”と呼称する割れすなわち変態割れとに大別出来るであろう。

われわれは、中炭素鋼々塊を熱塊抜後接地空冷すれば 600°C ~ 500°C にてその接地面側に電光形の縦割れが発生する事実を認めた。しかもその割れは深く、かつミクロ的に観察すれば割れはフェライト粒界にそつていることを見出した。

一方低炭素鋼の鋼塊は如上の接地空冷を行つてもかかる割れを発生しないが、他方浅くかつミクロ的に見れば周辺部に脱炭を生じているごとき割れが発生することを認めた。この種の割れは熱塊抜直後の 800°C ~ 950°C の A₃₋₁ 変態点以上にてしばしば発見されるものである。筆者らは種々の実験および調査結果から、前者の縦割れを偏熱変態割れの一種であるとし、後者を高温割れあるいは凝固割れに属するものと推察した。以上についてその実験調査結果を報告する。

II. 調査経過

(1) 熱塊の接地空冷実験

実験に供した鋼塊は塩基性電弧炉または高周波炉にて熔製された 150 kg 型、250 kg 型であり、主なる化学成分は C 0.45~0.52%, Si 0.25~0.35%, Mn 0.50~0.60%, P, S < 0.025%, Cu 0.10~0.25% の範囲である。これらの熔鋼を鑄型に注入後 30 分~1 時間して熱塊抜を行い、Table 1, 2, 3 (会場掲示) に示すごとく種々の条件 (鑄込方法別、定盤位置別、冷却条件別) で縦割れ発生の有無を調査したが大要はつぎの通りである。

- (イ) 接地空冷 1 時間後約 600°C ~ 500°C にて縦割れ発生。
- (ロ) 接地空冷 12 分~15 分後均一空冷、約 600°C ~ 500°C にて縦割れ発生。
- (ハ) 接地空冷 12 分~15 分後ピット内徐冷、縦割れなし。
- (ニ) 均一空冷、縦割れなし。
- (ホ) ピット内徐冷、縦割れなし。

しかして縦割れは全て接地面側に発生し、また現場観察よりすれば、接地面側の冷却は他の空冷部分より遅い。すなわちまず空冷部分が暗赤色から黒色となり、つ

いで接地面側が黒色になる。縦割れを発生した鋼塊の横断面の as cast マクロおよびミクロ組織は Photo. 1 (a), (b) (一例) のごとし。

(イ) 割れは縦方向に長くかつ電光形に出ているが、割れ口は一般に鋭い線状を示す。

(ロ) 割れが深く、鋼塊半径の 1/2 あるいはそれ以上に及ぶ。しかしてその方向は中心に向つている。

(ハ) 割れの周辺を $\times 100 \sim \times 1200$ で詳細に観察すれば割れはパーライトまたはソルバイト地に紐状に析出したフェライト粒界にそつている。

この種の縦割れは中炭素鋼 (合金鋼を含む) の 750 kg (丸型), 1 t, 2.5 t (菊型) 鋼塊にも同様に認められるが, 如上の冷却操作を S 15 CK, SCM-21, SNC-21, などに行つてみたが, 全然かゝる割れは発生しなかつた。

(2) 主として低炭素鋼に発生する縦割れの調査

造塊現場において, 以上述べてきた縦割れ以外に, 熱塊抜後 $800^{\circ}\text{C} \sim 950^{\circ}\text{C}$ にて発見し得る縦割れがあるが, この割れは浅く, ターニングまたはグラインダーなどで除去可能である。また顕微鏡で観察すると明らかに脱炭を示している。一例を示すと Photo. 2 (a) (b) の如し。この種の縦割れが発生するのはつぎの鋼種である。

① C 0.25% 以下の炭素鋼, ② 合金肌焼鋼, ③ 低炭素ステンレス鋼, ④ 耐熱鋼 (C 0.40% ~ 0.50%)。これらの中以下の鋼種の鋼塊について, 主として鑄込温度と縦割れ発生率との関係を調査した。

- (a) C 0.25% 以下の 250 kg 低炭素鋼々塊
- (b) 肌焼 Ni-Cr 鋼 (SNC-21, 22) 250 kg 鋼塊
- (c) 750 kg 低炭素鋼々塊

ただし鑄込速度はそれぞれその頻度曲線をもとめ一定範囲のもののみを用いた。調査結果は Table 4, 5, 6 (会場掲示) に示すが大要は Fig. 1 の通りである。すなわち

(イ) いずれの鋼種, 鋼塊共鑄込温度が高いほど, 縦割れの発生率が高い。

(ロ) Ni-Cr 肌焼鋼は炭素鋼に比すと, この種の縦割れに関し, いちじるしく敏感である。すなわち鑄込温度が比較的低い範囲まで, 割れの発生率が高い。

(ハ) 同じ低炭素鋼においては, 中型の 750 kg 鋼塊は小型の 250 kg 鋼塊より敏感である。

III. 考 察

以上 2 種類の縦割れは, 実体観察, 割れの深さ, 顕微鏡組織などの諸点より明らかに性格を異にするものと考え得るが, 以下に多少の考察を加える。

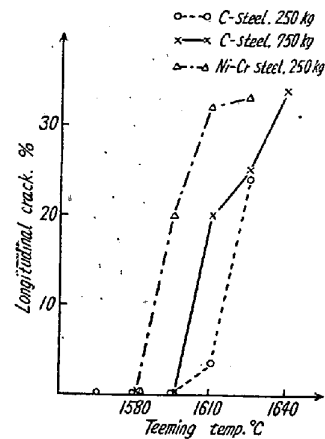


Fig. 1. Relation between longitudinal cracks (%) and teeming temperature.

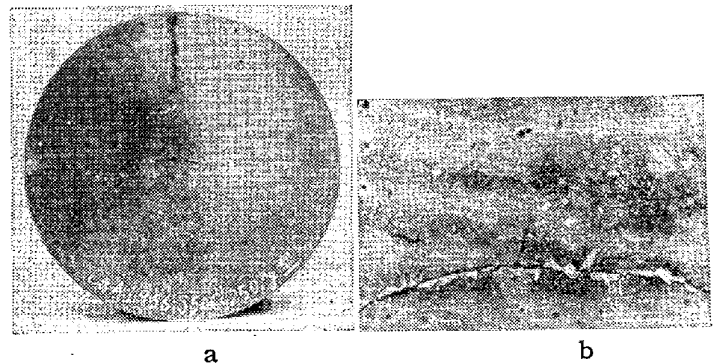


Photo. 1. The as-cast macrostructure and the microstructure of a longitudinal crack occurring at $600^{\circ}\text{C} \sim 500^{\circ}\text{C}$.

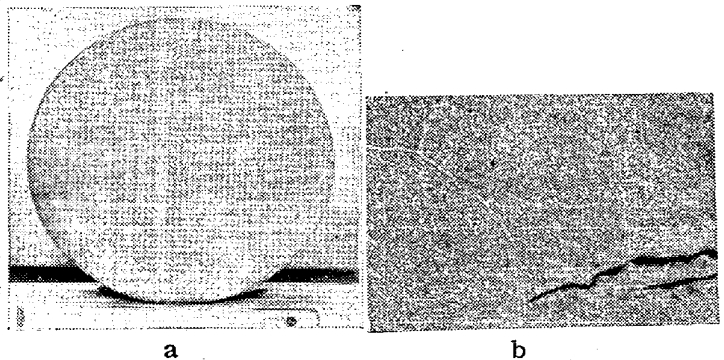


Photo. 2. The as-cast macrostructure and the microstructure of a longitudinal crack occurring at 900°C up.

(1) 中炭素鋼々塊を熱塊抜後接地空冷すれば, その接地面側に縦割れが発生する事実は中野, 柿本両氏²⁾も認めている。しかして (イ) 均一空冷すれば割れない, (ロ) 接地空冷すれば接地面側に割れが発生する, (ハ) 実体観察によれば $600^{\circ}\text{C} \sim 500^{\circ}\text{C}$ にて割れが発生する。 (ニ) 接地面の冷却速度は他の空冷面より遅いなどのことから如上の割れは偏熱歪および変態応力によるものと考える。

(2) 上の割れはフェライト粒界にそつて発生しているが, 結晶組織の上から, その最脆弱面である粒界に割

れが発生すると考えて差支えないであろう。

(3) 主として低炭素鋼に発生する縦割れは、実体観察、統計的調査の結果、および顕微鏡組織において割れ周辺部が脱炭しているなどの事実から、従来 Hot-tearing として取扱われている高温割れの一種であると考ええる。

(4) 共析点以上の高炭素鋼には以上2種類のいずれの割れも発生しない。しかして変態割れを発生するのは C 0.40~0.55% 程度の範囲であり、組織的にはパーライトまたはソルバイト地中に紐状にフェライトが析出しているもののみである。これが原因については目下調査中である。

文 献

- 1) H. O. Howson, The Iron & Coal Trade Review, vol. 16, 1953, No. 1
- 2) 中野, 柿本: 日本鉄板, vol. 6, 1956, No. 12

(56) キルド鋼々塊割れの研究 (II)

(主として横割れに関する考察)

Study on Cracks in the Killed Steel Ingot (II)

(Especially some consideration on the transverse cracks)

N. Sugiyama, et alius.

山陽製鋼

工博 上杉 年一・工〇杉山 信明

I. 緒 言

従来キルド鋼々塊の横割れの大部分は明らかに hot-tearing により発生するとされ、種々の原因があげられている。筆者らは低炭素鋼、合金肌焼鋼、中炭素鋼および中炭素 Ni-Cr 鋼などの 150 kg 型、250 kg 型鋼塊の中部側に発生する横割れと、中炭素 Ni-Cr 強靱鋼 1 トン、2.5 トン鋼塊 (菊型) の底部側に発生する横割れとについて調査した。その結果、前者の割れは浅く、かつ 100 倍で観察すると明らかに脱炭を示し、後者の割れは外観的には一般に非常に小さいが、深く鋼塊の致命的欠陥となり、しかも顕微鏡組織においては前者のごとき脱炭は生じていないことを認めた。

II. 調 査 結 果

(1) 150 kg, 250 kg 小型鋼塊の横割れについて。

中炭素 Ni-Cr 鋼 250 kg 鋼塊 (上注) ぎの中部に発生した横割れの縦断面マクロの一例を Photo. 1 にそのミクロ組織を Photo. 2 に示す。すなわちつぎのことが分

る。

(イ) 割れが浅くほぼ 15 mm であり、グラインダーなどで除去可能である。

(ロ) 割れの周辺部はフェライト粒が異状に多く、明らかに脱炭組織を示す。

この種の割れはほとんど上注ぎ鋼塊に発生し、その頻度は低い。また発生鋼種は主として低炭素鋼、合金肌焼鋼、中炭素鋼、および中炭素 Ni-Cr 鋼などである。

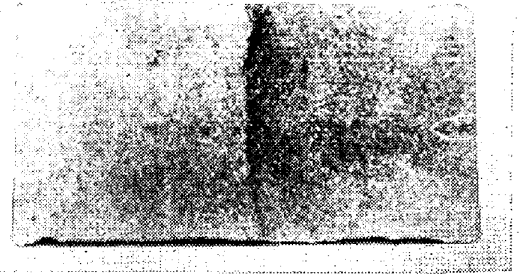


Photo. 1. The as-cast macrostructure of a transverse crack at middle of a 250kg ingot (medium-carbon Ni-Cr steel)

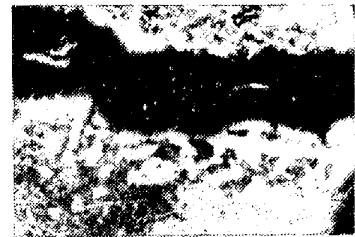


Photo. 2. The as-cast microstructure of a transverse crack (taken from the sample of Photo. 1.)

(2) 中炭素 Ni-Cr 強靱鋼 1 トン、2.5 トン鋼塊 (菊型) の横割れについて。

鋼塊の底部より約 300 mm の個所で、コーナーおよび面に一見 hair cracks の非常に深い横割れが発生する。この種の横割れはしばしば縦割れにともなうて発生するが、(該鋼種の鋼塊は徐冷を行わないと非常に縦割れが発生し易い。) また単独に発生する場合もある。これらについて種々の調査を行ったので、以下に主要な点を列挙する。

(イ) 割れの顕微鏡組織 Photo. 3 に見るごとく割れは、Photo. 2 と異り脱炭層を生じていない。しかもこれは中炭素 Ni-Cr 鋼 250 kg 鋼塊を接地空冷した場合に発生する縦割れの顕微鏡組織と同一と考えられる組織を示す。

(ロ) 冷却条件および铸込温度、铸込速度と割れの関係調査結果は Table 1 に示す。ただし铸込温度はイマージョン・パイロメーターにて 1480°C ~ 1505°C (铸込時