

- 8) 森, 他: 鉄と鋼, 51 (1965), p. 1973
- 4) P. H. S. Cox, et al.: J. Iron & Steel Inst. (U. K.), 201 (1963), p. 863
- 5) C. WAGNER: Trans. Met. Soc. Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 200 (1954) p. 154
- 6) G. S. COLE and W. C. WINEGARD: J. Inst. Metals, 93 (1964~1965), p. 153

(78) キルド鋼の特殊凝固試験

八幡製鉄, 技術研究所

工博 一戸正良・〇平居正純・金丸和雄

〃 特殊鋼技術部 徳重 勝

Segregation in Some Experimentally Solidified Killed Steel Ingots.

Dr. Masayoshi ICHINOE, Masazumi HIRAI,
Kazuo KANAMARU and Masaru TOKUSHIGE.

1. 緒 言

キルド鋼の欠陥として指摘されているものの中に, 成分偏析およびインゴットパターンなどがあるが, その本質についてはまだ不明なところが多い。この問題は本質的には, 鋼塊の凝固に関するものであるが, 凝固機構の解明に対する一つのアプローチとして, 特殊凝固試験を行なったので, その結果について報告する。

2. 試験要領

2.1 凝固条件

- 1) 砂型鋼塊 (定盤はレンガで鑄型は砂型)
凝固速度を極端におそくする。
- 2) 銅製水冷定盤+鑄型下半分金型+鑄型上半分砂型
底部より冷却を進め, 縦方向の凝固を促進させる。
- 3) レンガ定盤+鑄型下半分砂型+鑄型上半分金型
凝固中の溶鋼に対流を促進せしめるがごとき条件を作り, それの鋼塊性状におよぼす影響を見る。
- 4) 傾斜凝固鋼塊 (鑄型は金型)
鋼塊注入後, 傾斜させたまま凝固させ, 鋼塊組織および偏析におよぼす重力の影響を調査する。

2.2 調査方法

20 t 塩基性平炉で出鋼した中炭素鋼を, 前記おのおのの凝固条件について 1 本ずつ上注造塊した約 2.6 t の角型鋼塊を切断後, S プリント, マクロ組織, 成分偏析調査を行なった。各試験鋼塊の注入条件および取鍋下分析値を Table 1 と Table 2 に示した。

3. 調査結果

切断鋼塊の S プリントの写真を Photo. 1 に, 同じく C の偏析曲線を Fig. 2, Fig. 3 に示した。Fig. 2 は鋼塊垂直方向および Fig. 3 は水平方向のそれぞれの偏析曲線である。また各鋼塊の C, P, S の最大偏析度を Fig. 4 に示した。

各鋼塊の S プリント, マクロ組織および成分偏析の調査結果をまとめると次のとおりである。

1) 砂型鋼塊

頭部の収縮パイプが本体内に深く入っている。柱状晶は頭部から底部まではほぼ一様に肌より約 30~40 mm 成長している。A 偏析線は柱状晶先端の肌近くより非常に多く発生し巾が広くまた濃い。V 偏析は鋼塊中央部に明確でないが巾の広いものが少し見られる。成分の負偏析は鋼塊中央を中心として下部側に巾広く現われ, 底部に向うほど大きい。頭部側でも肌側で負偏析を示す部分がある (A 偏析線と関係)。正偏析は鋼塊中央より上部側に大きく示す。

2) 上半部砂型鋼塊

押湯部下に小さいパイプが分散残存している。柱状晶

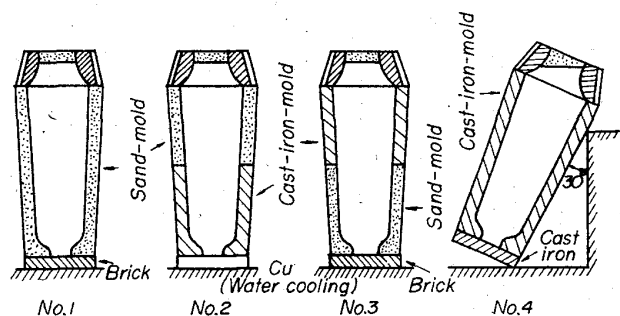


Fig. 1. Tested solidification conditions.

Table 1. Teeming condititons of tested ingots(2.6 t).

Ingot No.	2	3	4	5
Mould	Sand	Sand at upper half, cast-iron at lower parts	Cast-iron at upper half, sand at lower part	Cast-iron, inclined 30° after pouring
Tapping temperature °C	1600			
Pouring temperature (in ladle) °C	1545			
Pouring speed mm/min	805	870	1090	305
Feeder head	Exothermic hot top			

Table 2. Ladle analysis of tested ingots.

Element	C	Si	Mn	P	S
%	0.49	0.24	0.56	0.016	0.016

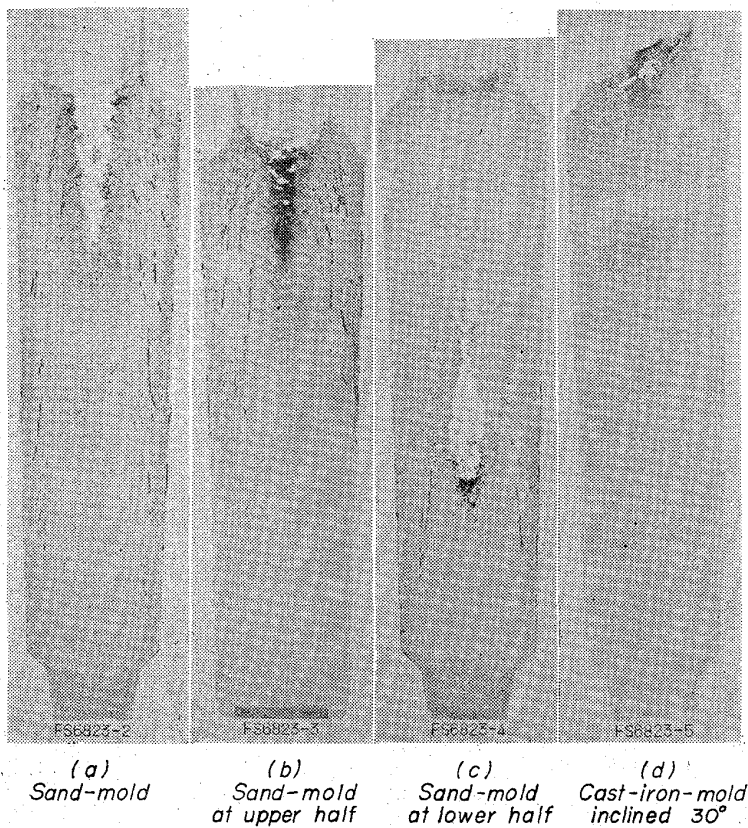


Photo. 1. Sulphur print of tested ingots.

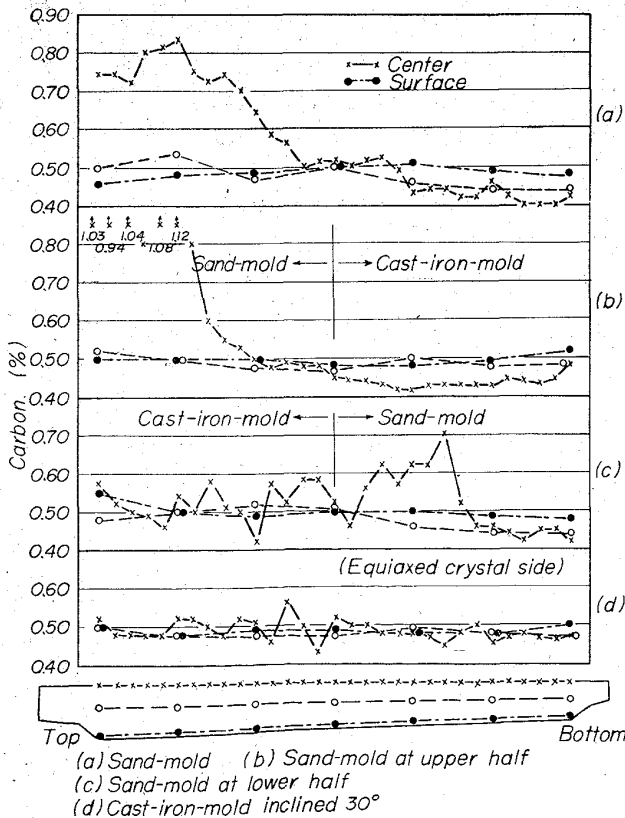


Fig. 2. Longitudinal segregation of C on ingot sections.

は上部砂型部で 40~50 mm, 下部金型部で約 100 mm 成長している. A 偏析線は砂型部では砂型鋼塊の頭部側と同様はげしく発生しているが, 金型部では全く発生していない. V 偏析は砂型部には全く見られないが, 金型部分では中央に巾の細い小さいものが見られる. 成分の負偏析は金型部の中心軸に一樣に大きい. 頭部側にも砂型鋼塊と同様肌側で負偏析を示す部分がある. 正偏析は頭部側に向つて非常に大きく砂型鋼塊よりもはげしい.

3) 下半部砂型鋼塊

鋼塊中心の金型-砂型境界部に大きな収縮パイプが発生している. 柱状晶は上部金型部で 50~60 mm, 下部砂型部で 30~40 mm で金型, 砂型部の差が小さい. A 偏析線は金型部では肌より深い自由晶部内に非常にうすく存在し, 数も少ないが, 砂型部では砂型鋼塊の下部側と同様に太いものが発生している. V 偏析は金型部に巾, 深さ, 程度ともに大きいものが発生しているが砂型部では全く見られない. 成分の負偏析は砂型部底部の一部に巾広く現われ, 中心パイプ周辺にも A 型に負偏析を示す. また金型部中心 V 偏析部にも見られる. 正偏析は砂型部頭部パイプ下に大きく, また金型部 V 偏析部および頭部にも現われているが小さい.

4) 傾斜凝固鋼塊

押湯部湯面が傾斜し押湯部に 1 次パイプが少し残存している. 柱状晶は右側 (上) 半面では鋼塊中心近くまで成長しているが, 左側 (下) 半面では 40~50 mm のみである. A 偏析線は自由晶発生側 (下) に 1 本のみ見られる. V 偏析は中心軸に沿つて頭部より深くまで, 巾は狭いが鮮明に見られる. 成分の正, 負偏析は中心軸の V 偏析部に見られるが小さい. また鋼塊左右 (上, 下) 両面の組織差による差は大きくないが, 若干柱状晶側で正偏析, 自由側で負偏析を示している.

4. 総 括

以上のマクロ調査結果を総括すると次のとおりである.

1) A 偏析線は徐冷された部分に強く, 凝固速度と深い関係があることがわかつた. 鋼塊断面が大きくなれば多くなることが推定される.

砂型鋼塊では肌下より A 偏析線が数多く, かつ鮮明に現われる. 上下の各半分を砂型とした場合の砂型部分にも同様な A 偏析線が見られる. これに反し金型部分には A 偏析線は少ない. ここでいう A 偏析線は鋼塊横断面で見ると点に近く鋼塊縦方向に線状に走っている.

2) V 偏析は砂型鋼塊には少なく上または下半分を金型にした鋼塊の砂型部には V 偏析は見られない. これに反して金型鋼塊 (傾斜鋼塊) の中心には深くまで V 偏析があり, また 2 次パイプの見られた下半分砂型鋼塊のパイプ上の金型部には強い V 偏析が見られた.

凝固末期の鋼塊中心の最終凝固部が細長く深く残つたとき, あるいは凝固収縮による下からの吸引力が大きいとき V 偏析がはげしくなることが推定される.

3) 成分偏析は当然ながら押湯部分のパイプ下に正偏

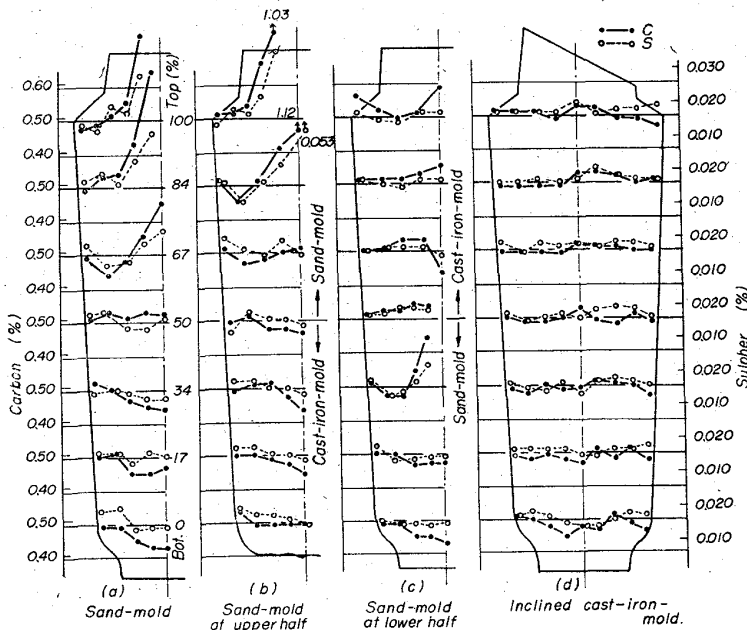


Fig. 3. Transverse segregation of C and S on ingot sections.

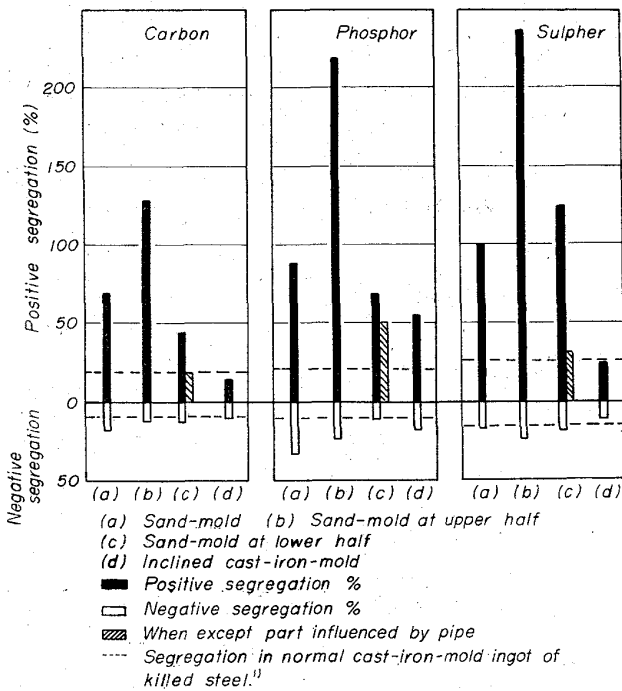


Fig. 4. Maximum segregation in tested ingots.

析があるほかに、砂型鋼塊にその例が見られるごとく鋼塊中心軸上において鋼塊中央より上部で正偏析が、底部で負偏析が存在するが鋼塊肌下は偏析が少ない。これらの偏析程度は凝固条件によつて異なる。

頭部中心の正偏析は上半分砂型鋼塊の頭部に特に著しい。また下半分砂型鋼塊のパイプの周辺にも正偏析がある。負偏析は砂型鋼塊および上半分砂型鋼塊の下部中心に大きく認められるほか、下半分砂型鋼塊の最下部にも認められる。これらの部分はいずれもV偏析の顕著でないところであり、マクロ組織は細かく沈澱晶と関係が深い。

傾斜鋼塊は鋼塊左右半分の組織が一方は柱状デンドライト、他方は粒状の沈澱晶であつたが、C, S等の偏析についても柱状デンドライト側で若干正偏析、沈澱晶側で若干負偏析が見られたが大きな差がなかつた点は注目される。傾斜鋼塊の正負偏析はともに著しく少ないが、これは金型鋼塊であると同時に鋼塊の傾斜によつて凝固機構が変わつたためと考えられる。

4) その他の成分偏析はVおよびA偏析に付随しても認められる。すなわちマクロ組織でVまたはA偏析線に沿つて白く見えるところは、負偏析を、また黒く見えるところは概ね強い正偏析を示した。

5) 押湯について

金型鋼塊では発熱性押湯スリーブと発熱性保温剤を使用して頭部形状は良好であるが、砂型鋼塊では大きなパイプが本体に深く入つた。砂型鋼塊のごとく凝固時間が長い鋼塊では、押湯保温を長く持続させる必要があることがわかる。またその場合押湯の形状も問題になる。

上半分砂型鋼塊は砂型部分が下半分の金型部分に対する極端に大きな押湯とも考えられるが、その性状は成分偏析が助長され、金型部の中心負偏析が大きく砂型部頭部の正偏析が非常に大きくなつていた。このことからみて押湯量が多過ぎた場合マクロ偏析に対しあまり良くないようである。

5. 結 言

以上の実験結果から鋼塊内の成分偏析は凝固時の冷却条件に強く影響されるということができよう。

成品あるいは半成品について指摘される成分偏析については、上記のごとく注入条件以外にも考慮の余地のあることがわかつたが、鋼塊の品質の向上のためには、今後さらに凝固と偏析の関係についての研究の必要性が認められる。

なお、本調査にたいし御援助いただいた広瀬豊、鈴木康夫両氏に深謝いたします。

文 献

- 1) James W. HALLEY: Basic Open Hearth Steel-making (1964), p. 445 (A. I. M. E.)

(79) キルド鋼凝固に関する 2, 3 の 実験

日本鋼管、技術研究所

工博 飯島 弘・○稲本 金也

Some Experiments on the Solidification of Killed Steels.

Dr. Hiroshi IJIMA and Kinya INAMOTO.

1. 緒 言

キルド鋼塊の凝固時における偏析は、凝固過程中的に残存溶鋼に溶質が濃化または稀釈するために生ずるものであつて、その機構は実効分配係数と凝固速度の関係によつて説明されている。しかしそれだけで全部が説明され