

Fig. 3. C, S segregation in central axis of feeder head of ingots and billets.

3.2 鋼片 (70φピレット) 調査

調査鋼片のマクロ組織の1例をPhoto. 2に示し、またそれぞれの鋼片中心軸のC偏析曲線をチャージ毎にまとめFig. 2に示した。

1チャージ目はいずれも押湯下中心が若干負偏析になっている。その中では電弧加熱 90 min および発熱剤保温の鋼塊に偏析が小さく安定しているようである。2チャージ目の結果はいずれもマクロ欠陥は見られず良好であり、3チャージ目も強いて比較すれば電弧加熱90 minの鋼塊が一番偏析が小さく安定しているようであるが、このチャージは各鋼塊共底部側の負偏析が大きくなっている。3チャージ目の負偏析が大きくなったのは注入温度が低かつたためと考えられる。

以上のように押湯法の違いによる鋼塊本体の偏析におよぼす影響は若干見られるが非常に小さく、各チャージ共鋼塊4本の比較では鋼塊調査結果と同様に押湯法の影響はあまり見られずむしろチャージ間の差のほうが大きいことが認められた。このことは押湯方式よりも、さらに重要な偏析におよぼす因子の存在を示すものである。

3.3 205φ鋼片 Top クロップ調査

調査した押湯部鋼片のCの偏析状況を先の切断鋼塊の押湯部の結果とともにFig. 3に示した。鋼塊本体の70φピレットの結果と同様チャージ間の差が大きい。しかし電弧加熱鋼塊はメカニカルパイプは小さく良好であるが、先の切断鋼塊の結果と同様いずれも逆3角形の異常偏析および偏析帯が存在したことが伺えた。発熱剤保温鋼塊および薬灰保温鋼塊ではメカニカルパイプ(一次パイプも含む)下に濃厚偏析が見られ、とくに薬灰保温鋼塊にメカニカルパイプも深く偏析も大きい傾向が見られ

た。総体的に完全凝固までの電弧加熱鋼塊が鋼片 Top 形状も良好であり偏析も小さいが、発熱剤保温鋼塊はメカニカルパイプは若干見られたけれども、押湯内偏析状況はより安定しており分塊鋼片歩留の点から一番有利といえるようである。

4. 結 言

2.6 t 角型鋼塊で押湯法を4種に変えて、押湯条件の鋼塊性状におよぼす影響について調査し次のような結果を得た。

1. 押湯保温を強化すれば頭部形状はフラットとなり良好である。
2. 押湯部および押湯直下に対しては押湯保温法の違いは大きく影響するが鋼塊本体にはあまり影響していない。

その中で比較すれば完全凝固まで電弧加熱をした鋼塊および発熱剤保温鋼塊が押湯本体共に偏析が小さく安定しているようである。

3. ピレットで調査した偏析傾向は押湯方式の差よりもむしろチャージ間の差が大きく、押湯法よりもさらに重要な偏析におよぼす因子のあることを示した。

チャージ間の差は精錬条件注入条件特に注入温度、注入速度が考えられるが今後これについて検討して行く予定である。

文 献

- 1) W. MARTIN and E. THON: Stahl u. Eisen, 75 (1955) 26, p. 1765
- 2) K. L. KIESEI, K. SKUIN and O. LIEBSCHER: Neue Hütte, 7 (1962) 2, p. 111
- 3) 小野寺, 他: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 447
- 4) 一戸, 広瀬, 平居: 鉄と鋼, 52 (1966) 9, p. 1541

(156) キルド鋼塊のマクロ組織および成分偏析におよぼす注入温度の影響

八幡製鉄, 技術研究所

工博 一戸 正良・広瀬 豊

○平居 正純・金丸 和雄

〃 八幡製造所 鈴木 康夫

Effects of Pouring Temperature on Macro-Structure and Segregation of Killed Steel Ingot.

Dr. Masayoshi ICHINOE, Yutaka HIROSE, Masazumi HIRAI, Kazuo KANAMARU and Yasuo SUZUKI.

1. 結 言

キルド鋼塊における成分偏析やマクロ組織はその精錬条件および注入温度、注入速度や鑄型形状などの注入造塊条件によって非常に影響されることは、従来よりいわれており、また前報¹⁾で指摘したところであるが、これについては定量的に示された報告はあまりない。ここで

は、1 t 角型鋼塊を使用して注入温度が成分偏析やマクロ組織におよぼす影響について調査し、成分偏析とマクロ組織の関係について検討を行なった。

2. 実験方法

1 t 電炉で注入温度(出鋼温度によつて調整)を変えた以外はできるだけ同一条件として溶製したキルド鋼(中炭素鋼と 18%Cr ステンレス鋼)を 1t 鋼塊に上注造塊し、各鋼塊を切断後 S プリント、マクロ組織および成分偏析について調査した。1 t 鋼塊の主な形状は 400φ × 890 の上広角型である。中炭素鋼については注入速度を 2 水準に変えた。試験鋼種の成分は Table 1 に示す。ここに 18%Cr ステンレス鋼を試験したのは铸造組織が室温までの冷却中に変態がなくそのまま室温にもたらされ組織が明確に見られる点に着目したものである。また注入温度の凝固状況におよぼす影響を見るため、中炭素鋼 1 t 鋼塊の凝固中の鋼塊内の温度分布について調査した。

3. 実験結果と考察

3.1 マクロ組織

試験鋼塊のマクロ組織結果の 1 例として 18%Cr ステンレス鋼のマクロ組織を Photo. 1 に示した。中炭素鋼のマクロ組織ではデンドライト組織は比較的明瞭に見られるが一次結晶粒界は不明確であるのに対して、ステンレス鋼ではデンドライト組織は不明確であるが結晶粒界は明確に見られる。

柱状晶(または柱状デンドライト)の長さや注入温度の関係を Fig. 1 に示したが、中炭素鋼、ステンレス鋼共に注入温度が高いほど柱状晶がよく発達しているのがわかる。また鋼塊中心自由晶(または等軸デンドライト組織)についても Fig. 1 に示したように柱状晶と同様に注入温度が高い方が大きく成長して粗くなつており、その傾向は鋼塊の底部負偏析部(沈澱晶部)において著しい。

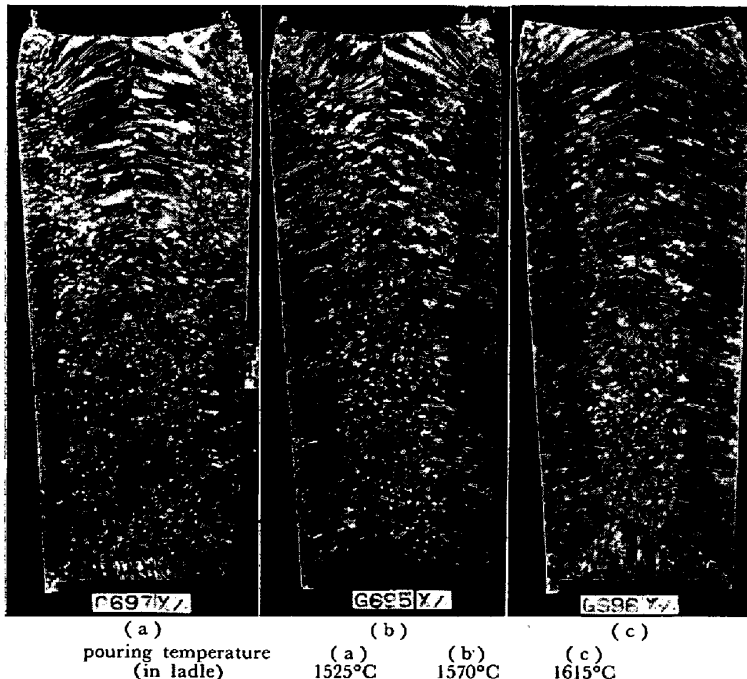
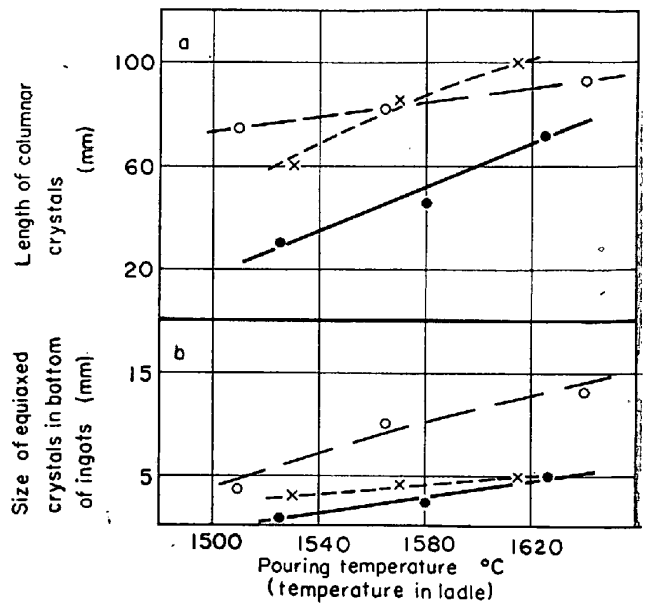


Photo. 1. Macro-structure of 1 t ingot section of 18% Cr steel.



○ Middle carbon steel (Pouring rate 850±130mm/min)
● " (" 500±140mm/min)
× 18 % Cr steel (" 700±50mm/min)

Fig. 1. Relation between pouring temperature and length of columnar crystals, or size of equiaxed crystals.

この注入温度とマクロ組織の関係は文献²⁾に見られる Al-Cu 合金の傾向とも一致している。また中炭素鋼の結果から、その程度は注入速度によつて変わるといえる。V 偏析は S プリントにおいてステンレス鋼では不明瞭であったが、中炭素鋼において低温注入の場合にはうすく点状に分散し、高温注入の場合には塊状濃厚偏析になる傾向があつたが、これは結晶片の生成状況によつて影響されるものといえる。すなわちデンドライトが発達せず細かな組織の場合には V 偏析はうすく点状に分散されデンドライトの発達した組織を示すときは塊状濃厚 V 偏析に成長しており、注入温度の高低により最終凝固時期の残溶鋼(結晶片がサスペンドした状態での)の粘度に差異を生ずるためと想像される。Δ 偏析線は鋼塊が小さいため現われていなかったが、注入温度の低い鋼塊の底部に輪郭の不明な帯状の Δ 偏析帯が現われていた。

3.2 成分偏析

各試験鋼塊の成分偏析結果のうち C の最大分析値と最小分析値の差または負偏析量(平均分析値-最小分析値)と注入温度との関係を Fig. 2 に示した。中炭素鋼とステンレス鋼は成分的にはかなり異なつてはいるが、ともに同じ偏析傾向を示し、C 偏析度もほぼ同じ値を示している。注入温度が低い場合は C 偏析が大きくなつてはいる。また注入速度も影響するのが認められる。中炭素鋼において 1 t 鋼塊でも注入温度が低く、注入速度がおそいとき C 偏析(最大分析値-最小分析値%)は 0.08% となり大きな偏析が生じているが、注入温度が高い鋼塊では C 偏析は 0.03% と小さくなつてはいる。注入速度もおそいと悪くなつてはいるが、この場合は注入中の温度低下が大きくなることも考慮

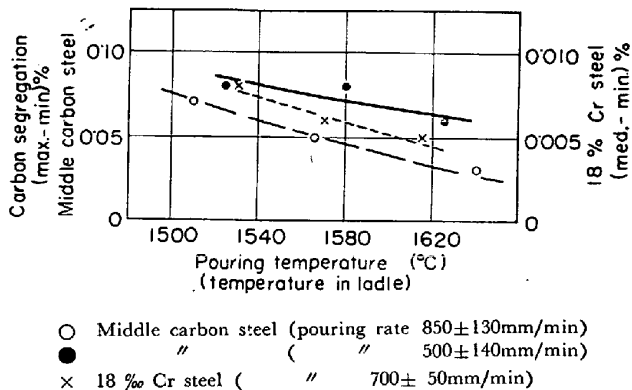


Fig. 2. Relation between pouring temperature and carbon segregation.

する必要があろう。

3.3 注入温度と凝固中鋼塊内温度分布の関係

中炭素鋼 1t 鋼塊で調査した注入後の時間経過と鋼塊内温度分布状況の関係を Fig. 3 に示した。これは鋼塊頭部 (肩より 200mm 下) における肌から中心までの間に 4 点の温度測定による冷却曲線から求めた結果である。注入温度が高い場合は低い場合にくらべ、凝固中の鋼塊内溶鋼の温度勾配が大きくなり、凝固進行領域 (固液共存域) が狭く結晶片の発生が少なく結晶が成長しやすいが、低温注入では固液共存域が広くなり、場合によっては鑄型内中心まで固液共存域となつて残溶鋼全体から凝固が始まり結晶片の発生が多く結晶は成長しがたくなるものと考えられる。

3.4 マクロ組織と偏析結果の関係

柱状晶の長さまたは鋼塊底部中央の負偏析部 (沈降晶影響部) の自由晶 (または等軸デンドライト結晶) の大きさ C と偏析の関係を Fig. 4 に示した。マクロ組織の成長程度と C 偏析の間にきれいな関係が見られる。C 偏析は偏析結果からおもに鋼塊底部側中心部の負偏析によつて影響されると考えてよい。偏析が大きい場合すなわち底部の負偏析が大きい場合はマクロ組織では自由晶または等軸デンドライト結晶の大きさが小さく、また柱状晶の発達が小さい。特に鋼塊底部中心で細かい組織となつている。すなわちこの場合は先の凝固中の鋼塊内温度分布調査結果からも、凝固中の結晶核または結晶片の発生が多いと考えられ、同時に沈降結晶片も多いと考えられる。鋼塊底部中心の負偏析の発生原因にたいし、偏析層の浮上も考えられるが、その結晶片の沈降も一つの大きな要因であることを示しているのではなからうか。しかしこのような現象は鑄型の種類、大きさやその熱特性および鋼種などによつても大きく影響されるであらう。

4. 結 言

1t 上注キルド鋼塊で、注入温度とマクロ組織の関係成分偏析とマクロ組織の関係を調査し

た結果、注入温度が高いほど柱状晶は長く、デンドライト組織がよく発達し粗くなり、また中心 V 偏析は塊状濃厚 V 型になるが鋼塊中心底部側の負偏析は小さくなる。

Table 1. Chemical composition of tested ingots.

	C	Si	Mn	P	S	Cr
Middle carbon steel	0.45	0.25	0.75	<0.02	<0.02	—
18% Cr stainless steel	0.04/0.05	<1.0	<1.0	<0.05	<0.02	16/18

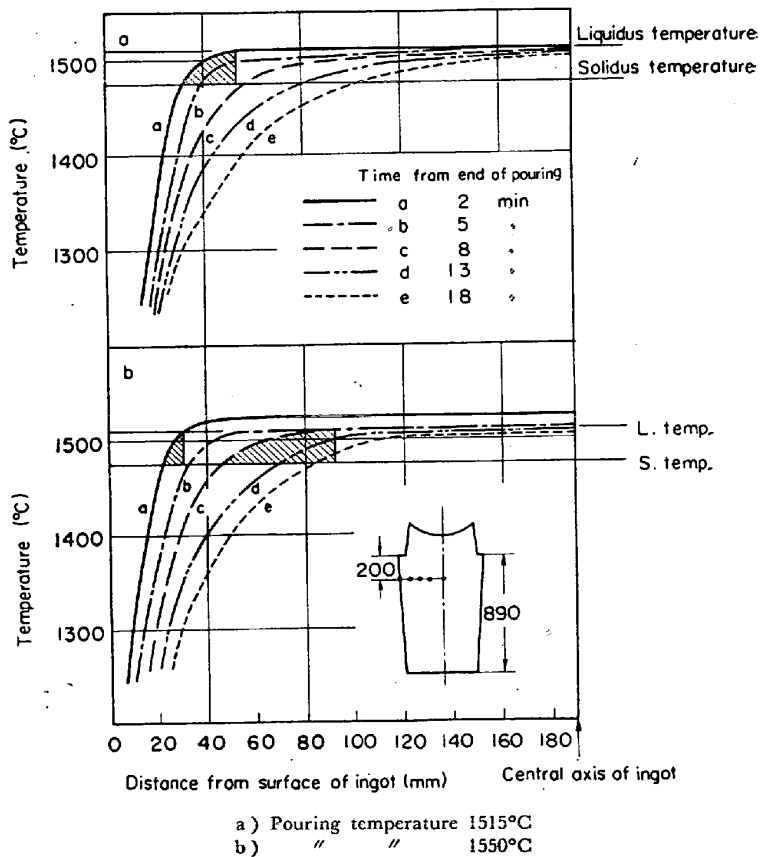


Fig. 3. Temperature gradient in 1t ingot during solidification.

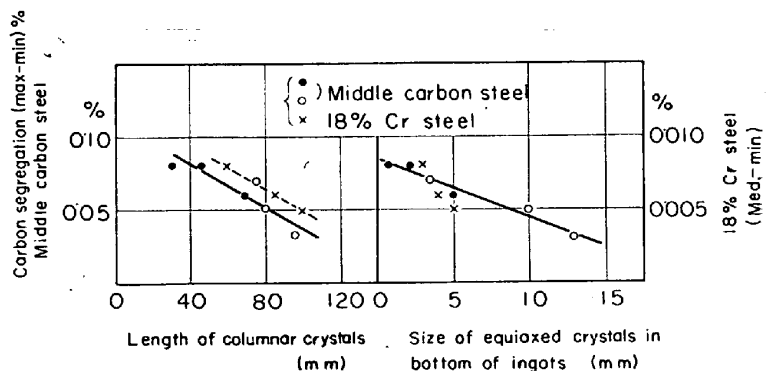


Fig. 4. Relation between macro-structure and carbon segregation in killed steel ingots.

この傾向は中炭素鋼, 18%Cr ステンレス鋼共に同じであつた。中心偏析は鋼塊の注入条件, 凝固組織と大きな関係のあることがわかつた。

文 献

- 1) 一戸, 広瀬, 平居: 鉄と鋼, 52(1966) 9, p. 1539
- 2) B. CHALMERS: Principles of Solidification, (1964) John Wiley & Sons. Inc.

(157) 黒鉛定盤起源介在物に関する研究
(耐火物起源非金属介在物に関する研究—Ⅲ)

八幡製鉄, 技術研究所

工博 大庭 宏・平櫛敬資・○山本弘美

Investigation on Non Metallic Inclusions

Originated from Graphite Mold Stool.

(Study of non metallic inclusions from casting pit refractories—Ⅲ)

Dr. Hiroshi OHBA, Keisuke HIRAGUSHI and Hiromi YAMAMOTO.

1. 緒 言

黒鉛定盤は, 従来の鑄物定盤にくらべて, 鋼塊底部形状, 鋼塊の肌離れ, 定盤原単位などにおいて効果的で, すでにリムド鋼, セミ・キルド鋼には使用されているがキルド鋼の場合, 湯動きが少ないため介在物の浮上分離が少なく, 介在物増加が懸念される。介在物の起源および生成量に関する研究は, RI トレーサーを使用するのが一般的であるが, 耐火レンガの場合, 製造から使用まで約1カ月を要し, かつ適当な RI の入手が難しく, 人体に対する影響も考慮しなければならないため, 当所では, 溶鋼中における解離性が小さく, 通常の耐火物にはほとんど含まれていないジルコニウム酸化物を一定量添加して, 鋼中介在物のジルコニウムを分析する方法によつて, 介在物のしめるレンガ起源の割合を推定してきた^{1), 2)}。黒鉛定盤起源介在物についても, この方法を適用して研究を進めた。

2. 黒鉛定盤および補修材の品質

供試黒鉛定盤および補修材は, とともに黒鉛および炭化珪素を主体として, ジルコン ($ZrO_2 \cdot SiO_2$) を5%添加したものである。黒鉛定盤は取鍋レンガ, 湯道レンガなどの造塊レンガにくらべて気孔率が大きく, 圧縮強度がやや小さいが, ジルコンを5%添加してもレンガ組織が変化することはなかつた, Table 1 に品質試験結果を示した。

試験レンガの構成鉱物は 0.5~1.5 mm の炭化珪素, 鱗状黒鉛からなり, ジルコンは 50 μ 前後の微粒子である。

3. 試 験 材

介在物調査を行なつたのは, キルド鋼硬線材である。100 t 平炉で溶製し, 70 t 取鍋で受鋼した第一鍋の溶鋼を 5t 鋼塊に鑄造するときの定盤に黒鉛定盤を使用した。黒鉛定盤を使用したのは, 鋼塊 6 本で, そのうち 4 本に

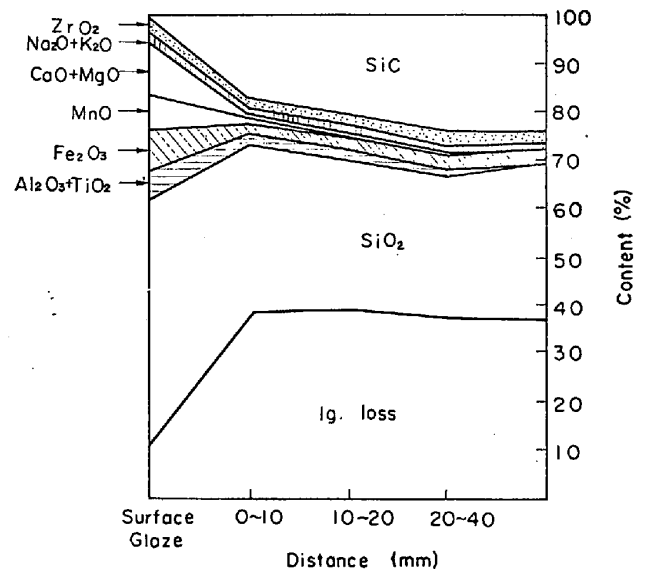


Fig. 1. Chemical composition of graphite stool after use.



a) Macro inclusions in steel plate (transmitted $\times 40$)
F : Fe
Matr : Carbon+SiC
P : Pore
b) Macro inclusions in steel plate (transmitted $\times 130$)
SiC : Silicon carbide
ZS : Zircon

Photo. 1. Micro structure of a macro inclusion.

Table 1. Properties of graphite stool and repairing materials.

Property	Bulk Sp. gr.	Apparent porosity (%)	Water absorption (%)	Compressive strength (kg/cm ²)	Abrasion n=3 (%)	Chemical composition (%)					
						Ig. loss	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Alkalies	ZrO ₂	SiC
Refractories											
Graphite stool	1.87	24.1	12.9	138	2.76	37.27	31.68	2.88	1.03	2.95	23.65
Repair materials	—	—	—	—	—	35.78	6.30	2.70	—	9.31	44.85