

(79) 大型鋼塊の凝固および偏析に関する研究 (III)

(主要3偏析成因の総合的説明)

Studies on the Solidification and Segregation of Larger Steel Ingots (III)  
(An Unified and Systematic Interpretation for the Mechanism of Formation of the Three Major Segregations)

S. Onodera, et alius.

日本製鋼所室蘭製作所

工〇小野寺真作・理 荒木田 豊

I. 緒 言

大型鋼塊の三つの主要マクロ偏析、逆V偏析、V偏析および逆偏析の成因については、従来相互に独立に、個別的に説明されてきたが、凝固は鋼塊の外面から軸心部へと連続的に進むのであるから、これらの偏析の形成過程も相互に有機的関連の下に説明されねばならない。

第2報で筆者らは、凝固中の鋼塊軸心部のメルトの中で偏析の進行する過程を明らかにし、これによつて逆偏析の成因に関する新しい解釈を提唱したが、この報告では更に進んで逆偏析とV偏析との相互関係を論じ、これに逆V偏析を加えて、主要3偏析の成因を総合的に、统一的に説明することを試みた。

II. 偏析の物理的素因

偏析の物理的素因を列举すれば

1. liquidus と solidus の関係位置による。固液界面における合金元素の濃縮。
2. 重力の影響
  - イ) 重力場における熱力学的平衡への接近作用による合金元素の垂直方向移動。
  - ロ) 対 流
3. ludwig-soret effect.
4. メルトの中で結晶核の発生、成長、沈澱。

などである。この報告では 1., 2. イ), および 3. を主として考え、2. ロ) および 4 は一応不問に附して進むこととする。

III. 垂直方向偏析作用と逆偏析およびV偏析

前報では、凝固しつつある鋼塊軸心部では Fig. 1(a)の如くに偏析が進行し、従来鋼塊の軸心部について知られていた縦方向偏析は、各時刻におけるメルトの組成曲線の先端を連ねるものであることを述べた。

今、Fig. 1 (b) の如く凝固が底部AよりB迄進んだ時刻を考えると、固液界面には上向きに BCD の如き

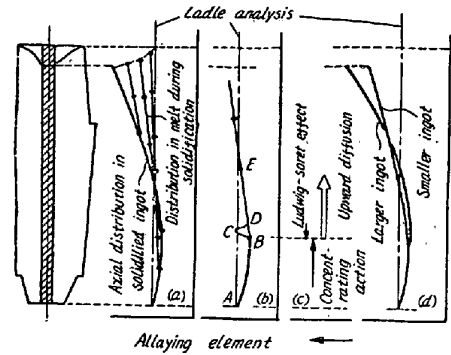


Fig. 1. Mechanism of vertical segregation.

濃縮作用がある筈であり、逆偏析の部分では、これが完全に上方へ拡散移動することによつて [Fig. 1(c)]この如き peak は現われずにABDと滑かに進むが、メルトの中の濃度勾配BDEがある値よりも大きくなると、上方への拡散移動は濃縮作用と釣合わなくなり、つい所所にCの如き痕跡を残すことになる。

従つてV偏析の下端は、合金元素の上方拡散移動速度と垂直方向凝固速度との関係によつて位置が異なることになる。周知の如く極めて大型の鋼塊ではV偏析の下端が押湯側へ移動するが、以上の解釈はこの事実と良く合致する [Fig. 1(d)].

IV. 主要3偏析の総合的説明

逆V偏析は前述IIの素因1を中心として説明されるから、これと前節とを組合せて見る。Fig. 2において

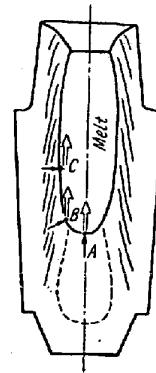


Fig. 2. Segregating procedure at liquid-solid interface.

- A: 鋼塊軸心部, B: 逆V偏析の直ぐ内側の部分, C: 逆V偏析部  
とし、また  
↑: 固液界面の濃縮作用から Ludwig-Soret effect を差引いたもの (等凝固面に垂直)  
↑: 合金元素の上方拡散移動作用  
とすれば、

1. A部: 前節の如く高さにより逆偏析またはV偏析を生ずる。
2. B部: 水平よりもやや上向きの凝固に上方への拡散移動を組合せると、凝固先端の濃縮痕跡は逆V偏析またはV偏析の如く明確にはならず、ある巾に散布される。
3. C部: 略々従来の説明の如くにして逆V偏析を生ずる。

かくして時刻  $t_1$  から  $t_2$  へと凝固が進むと、Fig. 3

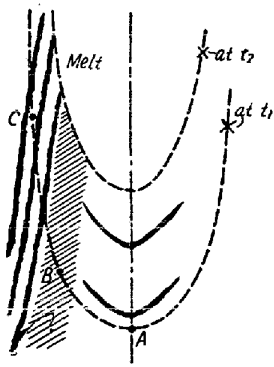


Fig. 3. Segregations formed: Time interval  $t_1-t_2$ .

(80) 鑄型形状が鋼塊の隅角割れ疵におよぼす影響

The Effect of Mold Design on the Corner Crack in Ingot

S. Qgawa, et alii.

富士製鉄 釜石製鉄所 工成広清士  
 工武林英夫  
 工〇小川清一郎  
 工戸田陽一

I. 緒言

従来当所で使用しているA鑄型(下広6t型)は鋼塊の隈角に縦割れが発生しやすくこれが圧延された鋼片にも欠陥を残すので、この疵を防止するため鑄型の設計変更を行う目的で当所のA型に類似の鑄型を比較試験しこの中で最も良好な成績をあげたC型に近似のcorner RをもつてA型を改造しA-1をつくつて使用したがこれは縦割れ疵の減少とならずかえつて小さい割れ疵が増加した。さらにA-1型のcorner部分の肉厚を厚くし

の如くに各偏析も逐次形成される。

V. 結言

前報で述べた観察結果にもとづいて大型鋼塊の主要3偏析の成因を、凝固の進行に合せて総合的に説明することを試みた。

たA-2型を製作使用した結果割れ疵は前2者に比較して激減した。

鑄型の設計は優良鋼塊製造上非常に大切なことであるが造塊作業における各種因子に影響されるため理論的な鑄型設計の基準となるものはなく主として過去の経験によつて行われている状態である。

本報告はA, A-1, A-2鑄型のcornerの小さいな差異が縦割れ疵発生率を何故変化させたかを確認今後鑄型設計の参考とするためにdumping testを行い注入初期の鋼塊凝固状況を比較調査した結果をまとめたものである。

II. 縦割れ発生率と鑄型の形状

各所で使用されている mold 中 corner R の異なるもの3種を semi-killed 鋼 SS 材について注入順序, mold 別に 30 回の繰返し実験を行つた。この結果を Table 1 に示す。注入順序は 5% で有意, mold 間は 1% で高度に有意であつた。なお注入順序と mold との間には交互作用はない。[註] 分散分析に際しては元の data を  $\sqrt{X+1}-2$  の変換を行い分布を正規に直して行つた。

以上の結果よりC型が最も良好であつたのでC型のcorner Rに近似の値を当所 mold A に取入れることにした。所で mold 製作上外側の形状をそのままとし内部だけを変更することは非常に簡単にできるので先づA-1型を試作し使用、ついで外側端部も一部改造したA-2型を作つた。この形状比較を Fig. 1 に示す。これ等3種の鑄型を前例の様に調査した結果は Table 2 の如くである。なおこの実験迄に各種解析を行いその中で特に大きかつた鋼中Sについて2つに層別して検討した。Aに比較しA-1型は殆ど差異なく疵点数はやゝ減

Table 1. Evaluation of corner crack and its statistical analysis.

Ingot mold	Corner R mm		Evaluation of corner crack			Factor	S.S.	φ	V	F <sub>0</sub>	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>	
	Top	Bottom	Mean	Upper limit	Lower limit								
A	70	110	5.81	7.24	4.52	Pouring order mold	16.0	8	2.00	2.25*	1.98		
B	50	85	2.03	3.00	1.19		83.5	2	41.75	46.91**	3.04	4.71	
C	55	65	0.67	1.43	0.08	Interaction	5.3	16	0.33	0.37	1.69		
Pouring order	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Between-class (Variation)	104.8	26	
Mean	3.28	4.15	3.54	3.12	2.24	2.50	1.89	1.54	1.56		Error V	217.1	243
Upper limit	5.35	6.40	5.66	5.15	4.06	4.38	3.62	3.24	3.20	Total	321.9	269	
Lower limit	1.62	2.31	1.81	1.49	0.85	1.01	0.64	0.35	0.32				