

Fig. 3. Influence of mould flatness on the degree of maximum segregation of [S] in ingot.

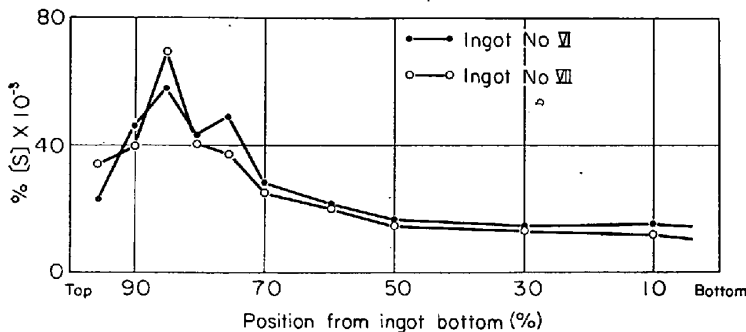


Fig. 4. [S] distribution in vertical center line of VI and VII ingots.

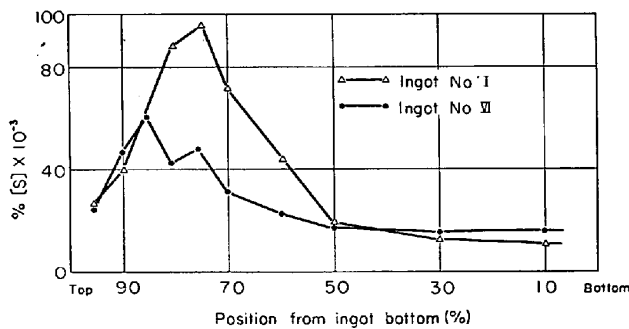


Fig. 5. [S] distribution in vertical center line of I and VI ingots.

めであると考えられる。

従来、単一な鑄型諸元の偏析パターンにおよぼす影響についてはかなりの報告があるが、多くの場合その結果に不連続点、遷移点が存在している^{1)~3)}。たとえば、鋼塊長辺長さの影響を扱った森永¹⁾らの報告にもこの遷移点の存在することが述べられており、これは上述の理由によるもので、鋼塊長辺長さ以外の影響が加味されているものと解釈できる。したがって鑄型形状と偏析パターンの関係を取り扱う際には何か独立な変数を選ぶ必要があるものと思われる。

5. 結 言

扁平比、重量、長辺長さおよび高さの異なる種々のリムド鋼塊の偏析パターンを調査した結果、偏析パターンを単一な鑄型諸元で説明することはきわめて困難である

ことが判明した。

鑄型形状と偏析パターンとの関係を説明するためには鑄型形状に関して独立な変数を見つけることが必要である。

文 献

- 1) 森永, 北川, 他: 鉄と鋼, 50 (1964), p.166
- 2) H. W. MAYO: Proc. Open-Hearth, 39 (1956), p. 146
- 3) 加藤, 松田: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 888

(148) リムド鋼塊の偏析におよぼす鑄型形状の影響について

(大型リムド鋼塊の偏析に関する研究—II)

富士製鉄, 広畑製鉄所

浅野 鋼一・○大橋 徹郎

Influences of Mould Shape on Segregation of Rimming Steel Ingot.

(Study on segregation of large rimming steel ingot—II)

Koichi ASANO and Tetsuro OHASHI.

1. 緒 言

前報で述べたごとく、リムド鋼塊の偏析パターンを単一な鑄型諸元によつて表現することは困難である。

筆者らは前報の結果および過去多くの研究者が報告している偏析パターンに関するデータを種々検討した結果、凝固所要時間に関するある変数を用いることにより、偏析パターンをきわめて明瞭に説明できたので、以下その結果について報告する。

2. 調査方法

前報の結果および他の研究者のデータをもとにして、鑄型形状と偏析パターンの関係を調べ、種々の変数を用いてそれらの間の関係を解析し、偏析現象を最も合理的に説明しうる変数を検討した。

3. 調査結果

3.1 鑄型形状変数の選定

従来の偏析パターンに関する諸結果および前報の結果から溶鋼成分が同一の場合、偏析パターンは凝固様式とくに凝固所要時間に大きく依存していることが推定される。このことはすでに森永¹⁾によつても指摘されているところであり、またリムド鋼塊の偏析が溶質の拡散と溶鋼の運動により支配されていることから予想されることである。

一般に鋼塊の凝固完了までに要する時間はごく簡単に考えて、同一重量同一高さならば扁平比が小なるほど、また同一扁平比同一重量ならば高さが小なるほど、さらに同一扁平比、同一高さならば重量が大なるほど長くなる。したがって、凝固所要時間に関して、以下の関係が予想される。

$$T \propto k \cdot W/B \cdot H \quad k' \cdot W/nB + mH \dots (1)$$

ここで、T: 凝固所要時間, W: 鋼塊重量 (t), B: 扁

Table 1. Segregation data of various authors.

Ingot dimensions (mm)			Ingot weight (t)	Segregation pattern			Parameter X	Reference
Width	Thickness	Height		Degree of max. seg.	Position of max. seg. from ingot top (%)	Heavy seg. zone (%)		
1030	885	2250	13.0	6.5	22	43	5.0	Our data
1200	880	2200	15.0	8.3	25, 40	40	5.8	
1430	880	2200	17.0	3.6	23, 42	45	6.6	
1680	770	2200	18.0	4.7	21, 41	47	6.8	
1860	850	2200	22.0	5.3	25, 47	50	7.9	
1030	875	2250	13.0	9.8	25	39	4.8	
1032	780	2700	13.0	6.0	15, 25	38	4.4	
1032	780	2300	11.0	6.6	15	40	4.5	
1430	825	1850	16.0	5.0	15, 30	29	7.0	
1675	705	1850	16.0	5.5	23, 40	35	6.4	
2190	600	2300	18.0	6.8	8	22	5.6	KATO ⁴⁾⁵⁾
1780	720	2250	18.0	7.4	15, 40	28	6.2	
1730	800	2200	18.0	7.8	18, 40	28	6.4	
2000	500	3000	23.0	5.5	8, 18	37	5.8	
1360	600	1600	8.7	8.0	22	20	4.0	MORINAGA, KITAGAWA ²⁾
1430	720	2150	15.0	9.0	15		5.5	
1215	750	2300	14.3	7.0	10, 18		5.3	
1375	775	2000	14.5	7.3			5.8	
1570	790	1800	15.0	6.0	15, 25		6.5	
614	614	1930	5.4	5.5	10	25	2.5	ASCHEENDORFF ⁶⁾
800	600	2500	8.6	6.5	15	32	3.1	
800	700	2400	1.00	7.5	15	35	3.7	
670	765	1940	6.6	5.5	12	20	3.0	RELLEMEYER ⁷⁾
615	685	1930	5.6	4.5	10	20	2.5	
605	605	1920	4.9	4.0	8	15	2.2	

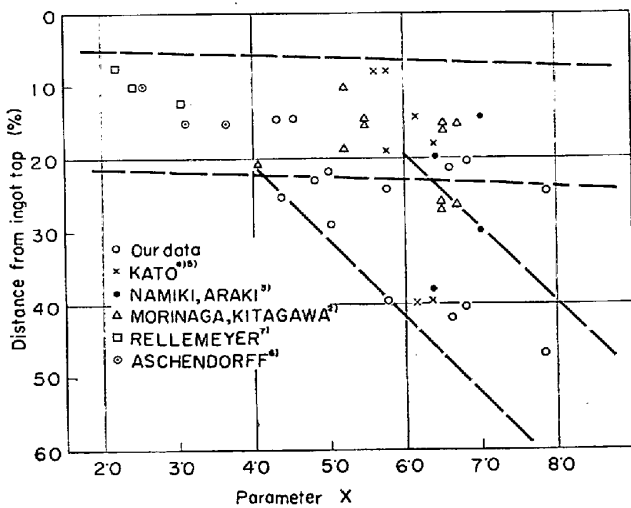


Fig. 1. Effect of parameter X on the position of maximum segregation of [S] in ingot.

平比, H: 鋼塊高さ (cm), K, K', n, m: 定数.

過去の諸結果および前報の結果について, 上記K, K', n, m の値を種々検討した結果, 以下に示すようなXなる変数を用いると最も効果的に偏析パターンを説明しうることがわかった.

$$X = W / (0.25 \times B + 0.01 \times H) \dots \dots \dots (2)$$

このXはあきらかに, 鑄型形状に関して独立な変数であるので, これを鑄型形状変数とよぶことにする.

過去の諸結果^{2)~7)}および前報の結果について, 鑄型諸元, 偏析パターンおよび鑄型形状変数Xの値を示すとTable 1のようになる. ただしここに用いたデータの取鍋[S]の値は0.015~0.025%の範囲内にある.

3.2 最大偏析点の位置におよぼす鑄型形状の影響

最大偏析点の位置と鑄型形状変数Xとの関係をFig. 1に示す. 変数Xが5.0~6.0以上になると, 最大偏析点は2カ所に分離して現われるようになる. 鋼塊頭部寄りの第1のピークはXが増大すると若干鋼塊内部寄りになるが, 第2のピークはXの増大とともに急激に鋼塊内部よりに移行する. ピークが2カ所に分離しはじめるのはXが4.5~5.5の間である.

従来, 鋼塊重量が大になつたり, 鋼塊高さが高くなつた場合に偏析のピークが2カ所に現われると報告されているが¹⁾⁸⁾, 今回の結果も同様のことを示している. ただし, 鋼塊重量が大であつても, きわめて扁平比の大なる鋼塊ではこの現象が生じないこともこの結果から推定され, このことは加藤らの実験結果においても示されているところである.

3.3 最大偏析率におよぼす鑄型形状の影響

最大偏析率と鑄型形状変数Xとの関係を Fig. 2 に示す. Xが4.5~5.5で最大偏析率が極大値を持つような変化をする. Xがこの値以上になつても, 以下になつて

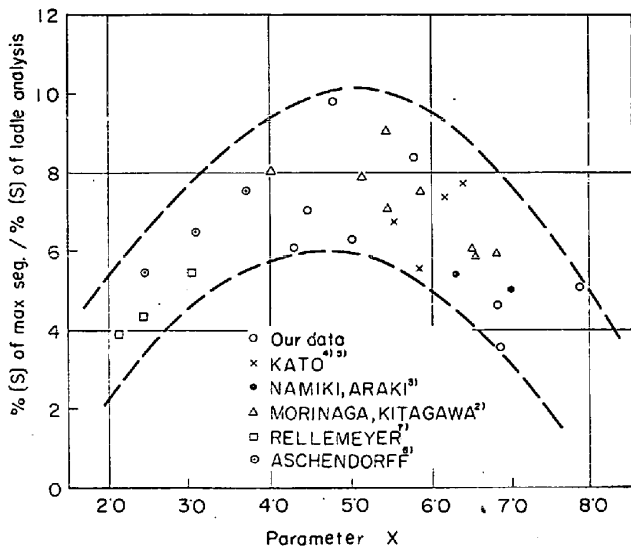


Fig. 2. Effect of parameter X on the degree of maximum segregation of [S] in ingot.

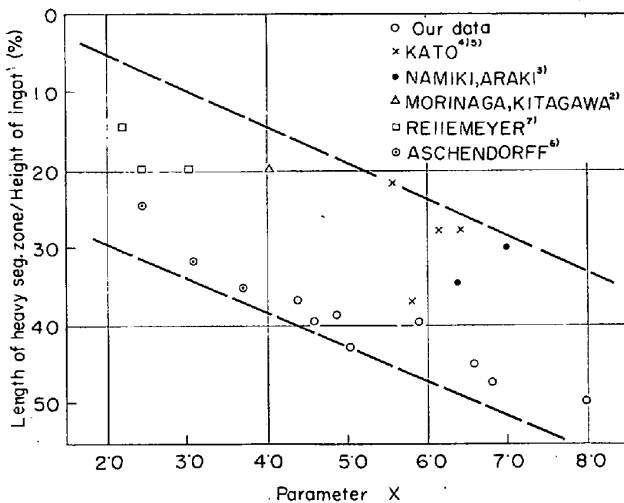


Fig. 3. Effect of parameter X on the region of heavy segregation zone.

も、最大偏析率は小さくなる。この変曲域の X の値は上に述べた偏析ピークが 2 カ所に分離するときの X の値と一致しており、これは偏析のピークが 2 カ所に分離する直前の最大偏析率が最も大で、ピークが 2 カ所に分離しはじめると、しだいに最大偏析率が小さくなることを示している。

3.4 濃厚偏析帯の範囲におよぼす鑄型形状の影響

いま便宜上、[S] 0.035% 以上を濃厚偏析帯と名づけると、この濃厚偏析帯の長さの鋼塊中心軸長さに対する比と鑄型形状変数 X との関係は Fig. 3 に示すようになり X の増加と共に濃厚偏析帯の範囲はほぼ直線的に増加してゆく傾向が見られる、

なお、Fig. 1 ~ Fig. 3 の結果において、いずれもその値はかなりばらついている。これは取鍋 [S] % の異なるデータを同一に取り扱ったためで、これらのデータを取鍋 [S] % 別に層別すれば、さらに精密な結果が得られるものと推定される。

4. 考 察

鑄型形状変数 X を設定することにより、偏析パターンに関する明瞭な関係が得られたが、ここに用いた変数 X はすでに述べたように、ほぼ鋼塊の凝固所要時間に比例すると考えられる。したがって、完全凝固に要する時間が長くなるにつれて、濃厚偏析のピークは 2 カ所に分離するようになる。これに関しては森永ら⁹がすでに述べているところであり、鋼塊頭部よりの第 1 のピークはリングアクション時に洗い出された偏析元素が比重差により鋼塊頭部に移動し、そこに集積して形成されたものであり、第 2 のピークは鋼塊の最終凝固位置に相当する部分であり、キルド鋼塊と同様の溶質の析出、濃化現象によるものと考えられる。

凝固所要時間が小なる場合、いいかえれば変数 X が小ということは、鋼塊重量が小か、もしくは扁平比、高さが大きくなることであり、当然鋼塊頭部からの冷却に比べて鑄型側面および底部からの冷却のほうが大きくなると考えられ、最終凝固位置は鋼塊頭部側に移行し、第 1 のピークと第 2 のピークが重なりあう可能性が大きい。 X が大になると、これと逆の現象が考えられ、2 つのピークは分離するようになる。

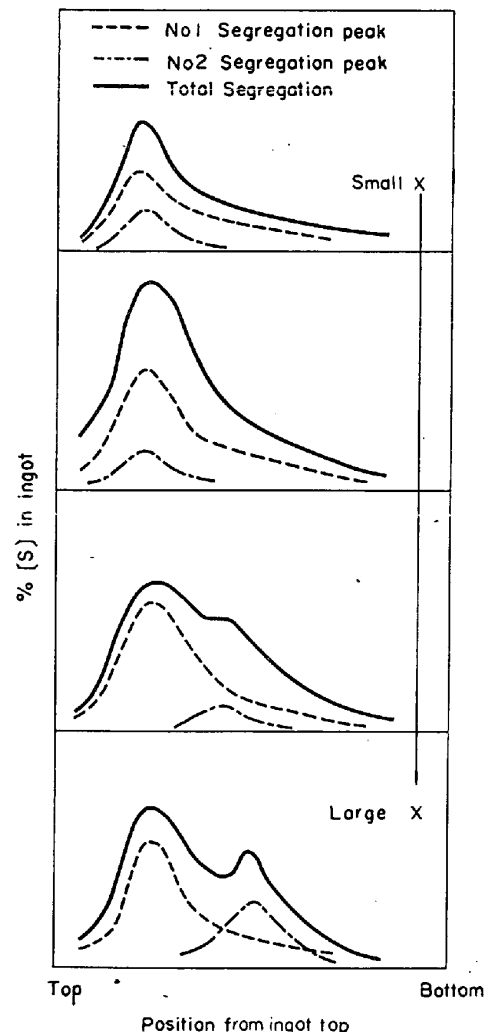


Fig. 4. Relation between parameter X and segregation curve of ingot center line.

以上の結果を集約すると、変数 X が小なる場合は、偏析ピークは 1 カ所に現われ、ある X の値までは X が大になるにつれて、溶質の濃化凝集が著しくなり、ピークはしだいに高くなる。しかし、ある X の値 (4.5~5.5) になると、最終凝固位置が第 1 のピークから離れて鋼塊内部に移行するため、第 1 のピークは低くなりはじめ、かわつて第 2 のピークが現われる。それからのちは、 X の増加とともにしだいにこの第 2 のピークが高くなる。したがつて、濃厚偏析帯の範囲も X の増加とともに増加していく。この関係を模式的に Fig. 4 に示す。この結果、 X を変化することにより、任意な偏析パターンを得ることが可能となり、鑄型設計の一助となる。

5. 結 言

鋼塊の凝固所要時間に相当する独立な鑄型形状変数 X を用いて、リムド鋼塊の偏析パターンに関する諸データを解析した結果、以下の関係が判明した。

- 1) 最大偏析ピークは X が 4.5~5.5 までの間は 1 カ所に現われ、その値は X の増加とともに大きくなるが、 X が上記の値をこえると 2 カ所に分離しはじめ、しかもその値は低下していく。
- 2) 濃厚偏析帯の範囲は X の増加とともに直線的に増加する。
- 3) 以上の結果をもとにして任意の偏析パターンを得べき鑄型設計が可能となつた。

文 献

- 1) 森永, 北川, 他: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 894
- 2) 森永, 北川, 他: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 166
- 3) 波木, 荒木, 他: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 452
- 4) 加藤, 他: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 454
- 5) 加藤, 他: 鉄と鋼, 48 (1962), p.1344
- 6) K. K. ASCHENDORFF and K. KÖHEER: Stahl u. Eisen, 82 (1962), p.1356
- 7) H. RELLERMAYER and R. HAMMER: Stahl u. Eisen, 78 (1958), p.1505
- 8) 加藤, 松田, 他: 鉄と鋼, 49 (1963), p.888

(149) リムド鋼塊凝固時の反応に関する考察

川崎製鉄, 千葉研究部

○松野 淳一・岡野 忍

Reactions in Solidifying Rimming Steel Ingots.

Jun-ichi MATSUNO and Shinobu OKANO.

1. 緒 言

リムド鋼塊凝固時に特有の現象であるリミングアクションについては鋼塊の性状を決定する重要な要因として古くから多くの研究^{1)~5)}が重ねられている。しかしその多くは C-O 反応の平衡条件をもとに定性的な検討をおこなっているのみであり、C-O 反応量の計算をおこなっている場合⁶⁾でも Mn-O の反応を考慮していない。最近になつて Mn-O 反応をも考慮して反応量の計算がおこなわれている^{6,7)}がこれも問題があつて完全な理論とはいいがたい。

そこで著者らは凝固中の溶鋼試料および凝固後の鋼塊試料の分析値をもとに低炭素リムド鋼塊凝固中に起こる反応について検討を加えてみた。

2. 溶鋼中 C, Mn, O の変化からの推論

HULTGREN⁸⁾によればリミング中における溶鋼中 \underline{C} , \underline{O} は C-O 平衡曲線に沿つて変化し、 \underline{O} が balanced composition 以上では \underline{C} が増して \underline{O} が減少し、以下では逆になるとされている。しかし著者らの得ている結果では、Fig. 1 に示すように \underline{C} が 0.05% 以下では \underline{C} の低下とともに \underline{O} が増加する傾向が認められ、HULTGREN らの理論と合致しているが、 \underline{C} が 0.05% 以上では \underline{C} , \underline{O} 共に減少して \underline{O} は \underline{C} との平衡値以下にまで下がっている。 \underline{Mn} もまた同時に低下しているから \underline{O} の低下は \underline{Mn} との平衡関係によるものではない。

このように \underline{O} が \underline{C} との平衡値以下に下がった場合、C-O 反応が bulk の溶鋼内で起り得ないことは当然で凝固面における各成分の濃化を考慮しなければならないことが明らかである。しかし反応が凝固面でのみ起こるのであれば \underline{C} , \underline{Mn} , \underline{O} が同時に減少するということはある得ない。なぜならばその場合 bulk の溶鋼から凝固面への各成分の拡散が起こつていことになるが、それは各成分共に凝固面付近で bulk の溶鋼よりも濃度が低いことを意味し当然平衡関係は達せられず反応が起り得ないことになるからである。したがつて \underline{C} , \underline{Mn} , \underline{O} のいずれかは凝固面から bulk の溶鋼へと拡散し、それが他の場所における反応によつて失なわれるということになる。凝固面以外での反応の起り得る場所としては溶鋼の表面以外にないが、ここでは \underline{C} , \underline{Mn} の酸化、 \underline{O} の吸収反応が考えられる。Fig. 1 中に示した溶鋼表面を A ガスでシールした場合の結果では \underline{C} が増加し、 \underline{Mn} が若干増加あるいはほとんど変化せず溶鋼表面での反応が溶鋼成分の変化を考える場合に無視できないことを裏付

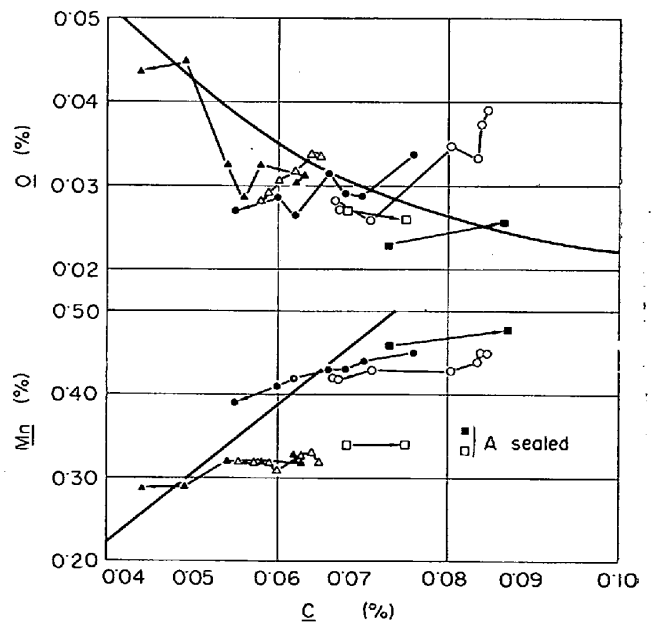


Fig. 1. Relationships between \underline{C} and \underline{Mn} , and \underline{C} and \underline{O} in molten steel of solidifying rimming ingots.