

- 266
W. O. PHILBROOK: J. Metals. (1954) Dec.
p. 1396~1404
- 2) P. E. CAVENAGH: Metals Progress, 57(1950)
Apr. p. 463~467
- 3) 内田俊一, 藤田重文: 工化, 37(1934), 39(1936)
41(1938), 化学機械年報 p. 1, 38, 1938
- 4) T. K. SHERWOOD, G. H. SHIPLEY and F.A.L.
HOLLOWAY: Industrial and Engineering
Chemistry, 30 (1938)

リムド鋼の S 偏析におよぼす鋼塊形状の影響*

加藤 健**・松田亀松***・徳重 勝***

Influence of Ingot Shape on Sulphur Segregation of Rimmed Steel Ingots.

Takeshi KATO, Kamematsu MATSUDA and Masaru TOKUSHIGE

Synopsis:

Ingot weight of steel has increased as a result of recent mass-production and modernization of the steel plant, with such progress, that the reducing of sulphur segregation in the ingot of rimmed steel became an important problem for maintenance of the quality of steel product.

We considered that the segregation of sulphur in the ingot was influenced remarkably by the shape of the ingot, and studied many rimmed steel ingots with different shapes, with the following results:

1) Degree of maximum segregation of sulphur increases with an increasing of the ingot weight, therefore it is necessary to consider the shape of the ingot and pouring pit practices for a large ingot.

2) Increasing of ingot thickness widens the heavy segregation range of sulphur more than the proportional ratio of ingot shape.

3) Maximum segregation of sulphur is shifted to ingot top direction by the decreasing of ingot thickness or increasing of the ratio of width to thickness.

4) It is considered that the heavy segregation of sulphur in rimmed steel ingot results from the rising and coagulation of sulphide during the solidification of molten steel, and that the position and shape of the heavy segregation zone are mainly influenced by the solidifying speed of ingot from top and side to center.

(Received 12 January 1963)

I. 緒 言

リムド鋼塊は分塊歩留がよく安価であり, また清浄な外殻をもち表面性状がよいなどの利点を有している反面鋼塊内質部の偏析が大きく, 特に頭部近くに濃厚な偏析を伴うため局部的には著しく不均質な成品を得るおそれがある. 最近設備の近代化に伴って鋼塊が大型化する傾向にある現在では, これらの偏析の軽減が特に重要な問題となつてきている. しかしリムド鋼塊の大型化による鋼塊性状の変化についての研究調査は本邦はもとより海外においてもその例が少く, この問題に関しては明らかでない点が多い. 米国において最近 Inland steel (J.

F. ELLIOTT¹⁾ C. F. SCHRADER²⁾ U.S. Steel Corp. (W. H. MAYO³⁾ Ford Motor Co. (J. S. MCNAIRN⁴⁾) などの大型リムド鋼塊の S 含有量などの鋼塊性状におよぼす鋼塊形状の影響が報告されているが, 何れも圧延されたスラブ或いは薄板成品について行われた調査であつて, 鋼塊を切断して行う詳細な偏析分布の調査でなく, 鋼塊形状の範囲も狭い. とくに高さについては極く限られた範囲に止まつている. W. H. MAYO³⁾は 10 t~14 t 巾 56", 厚さ 22"~29" の範囲の鋼塊について鋼塊形状の S 偏析におよぼす影響を述べているが厚さが小さい場合には鋼塊内質部の濃厚な S 偏析は 1 カ所であるが 29" となると 2 カ所に分散存在することおよび偏析値はこの範囲でも変化しないことが示されている. また J.F. ELLIOTT¹⁾ の調査結果もほぼ同様な結果を得ている. また注入高さが 1900 mm~2050 mm の範囲ではほとんど

† 推定重量

* 昭和37年4, 10月本会講演大会にて発表
昭和38年1月受付

** 八幡製鉄株式会社本社技術開発部, 工博

*** 八幡製鉄株式会社八幡製鉄所技術研究所

偏析状況に変化がないと述べている。ELLIOTTの報告につづく Discussion において B. W. BOWEN (Republic Steel) が 2340mm の高さに注入した鋼塊の最大偏析位置は鋼塊底部より 87% 以上の高さにあり 0.180~0.200% の S 偏析, C は約 2 倍を示したと述べているが詳細は明らかにされていない。

これらの報告から鋼塊厚さの S 偏析におよぼす影響を或る程度うかがい知ることができ, また鋼塊高さの増加は偏析位置が上方に向うことを知ることができるが調査範囲, 偏析分布状況の調査において不十分である。

本報告は最近の設備合理化に伴って簿板用鋼塊を大型化するに当り, 鋼塊重量の増加の S 偏析におよぼす影響, 更に簿板を対象とする場合鋼塊巾が成品巾および圧延能率などからほぼ限定されるので鋼塊重量の増加は厚さおよび高さの増加を必要とすることから鋼塊厚さおよび高さの変化の S 偏析におよぼす影響を広範囲に鋼塊を切断して調査した結果である。

II. 実験方法

調査鋼塊は Table 1 に示したような成分組成の極軟リムド鋼で鋼塊形状は Table 2 に示したように鋼塊重量 10 t~23 t, 鋼塊巾 1115mm~2190mm, 厚さ 580mm~805mm, 鋼塊高さ 1500mm~3000mm におよんでいる。

鋼塊は Fig. 1 に示したように切断し, それぞれの切断面について S プリントをとり図上の各点から直径 30mm のドリルで分析試料を採取した。また S プリントで明らかになった濃厚偏析位置については直径 10mm の

Table 1. Ladle analysis of test ingots.

Elements	C	Si	Mn	P	S
Range %	0.05 ~0.30	0.005 ~0.015	0.25 ~0.45	0.005 ~0.020	0.012 ~0.035

Table 2. Dimensions of test ingot molds.

Ingot	Dimension (mm)			Flatness (ratio of width to thickness)	Ingot weight (t)
	Thickness	Width	Height		
a	580	1,390	2,000	2.40	10.000
b	750	1,240	2,300	1.65	13.000
c	610	1,115	3,350	1.83	13.000
d	715	1,540	2,150	2.15	14.000
e	640	1,305	2,700	2.04	14.000
f	740	1,150	2,700	1.55	14.000
g	740	1,590	2,300	2.15	16.000
h	700	1,775	2,250	2.54	18.000
i	600	2,190	2,300	3.65	18.000
j	730	1,790	2,300	2.45	18.000
k	805	1,730	2,200	2.15	18.000
l	585	2,035	3,200	3.48	23.000

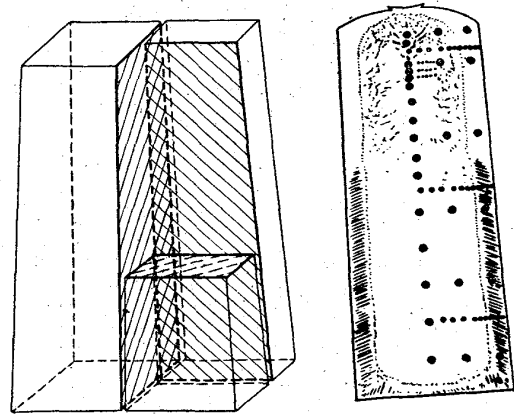


Fig. 1. Investigated section of test ingot and sampling practices.

ドリルで小部分の試料を採取し詳細な偏析分布調査を行った。

またこれらの鑄型に注入された鋼塊については注入後リクイド・コアより時間の経過と共に逐次分析試料を採取してリミングアクション継続中の鋼塊内質部の S の変化を求めた。

III. 実験結果

1. リムの増加による鋼塊コア部の偏析

リムド鋼塊のコア部は清浄なリム部の占める容積の大きい程偏析が増加するので蓋を早期に置きリムの厚さを小さくすることが有利であると考えられ, この考えを推し進めたものとしてキャップド鋼があるがメカニカルキャップド鋼は鑄型により鋼塊重量が限定され, 良好な鋼塊を安定して生産するための脱酸, 注入条件を安定することに技術的な難点があるばかりでなく表面状況はリムド鋼に比し不利となり易い。

またケミカルキャップド鋼はその脱酸の程度によつて内質部の性状が著しく変化するので安定した性状の鋼塊を得ることが困難であり, かつ脱酸生成物による鋼塊内質

の汚れも問題となる。そこでむしろリムド鋼塊として比較的重い蓋を早期に置くほうが有利であるとの考えがある。鋼塊注入後のリキッド・コアから逐次採取した試料についてSの変化を求めると Fig. 2 に示した如くりムの増加に伴って内質部の偏析が急速に増加してくる傾向がわかり、また各種のリムド鋼塊について鋼塊の中央高さ位置の水平断面におけるリム部の占める面積の鋼塊断面積に対する比(リム部面積率)と濃厚偏析部を除いた内質部のS偏析度(S平均分析値/取鍋分析値)との関係を示しても Fig. 3 に示した如くこの関係が明瞭に認められこの考えが妥当であるように思える。

しかし濃厚偏析部の局所的な最大偏析度についてみると必ずしもコア部の平均偏析度とは比例しない。従って濃厚偏析部の偏析軽減に早期蓋置が有利であるとは云いきれない。濃厚偏析部の偏析は更に多くの因子に支配されるものと考えられる。

2. 鋼塊重量と濃厚偏析

リムド鋼塊頭部の濃厚なSの偏析は鋼塊重量によつて著しい影響をうける。鋼塊中心軸に沿つて Fig. 1 に示したように採取した試料についてその鋼塊の最大偏析度を求め鋼塊重量との関係を示すと Fig. 4 のようになる。

図には今回の調査鋼塊以外の小鋼塊の例および U. S.

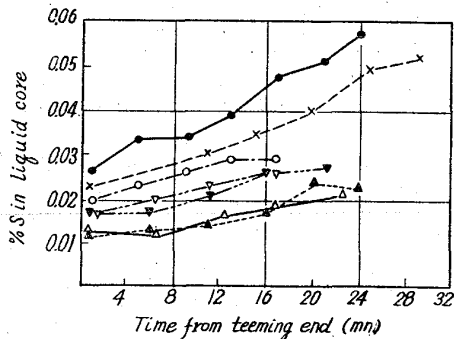


Fig. 2. Variation of %S in liquid core.

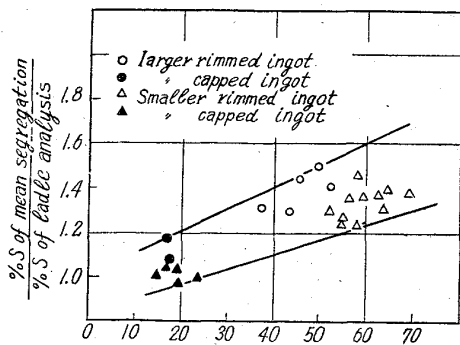


Fig. 3. Relation between ingot-core segregation and the rim zone.

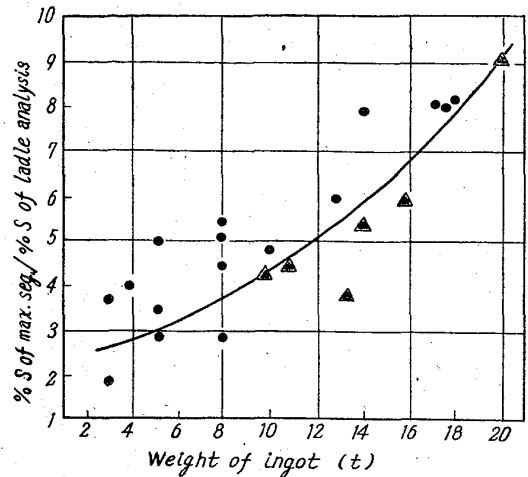


Fig. 4. Degree of mix. segregation at the top centre of ingots.

Steel における例³⁾をも併せて示した。U. S. Steel の例はスラブについての調査結果であり試料採取方法にもよるが鋼塊における値よりも低い偏析度を示すのが普通なので鋼塊については図示した値よりも更に高い値をとるものと考えられる。

図の各点はかなり分散しているとは云へ、鋼塊の最大偏析度が鋼塊重量の増加によつて急激に増加する傾向は明瞭に認められ鋼塊重量がリムド鋼塊のS最大偏析度を支配する大きな因子であることは明らかである。

これらの調査鋼塊はそれぞれ鋼塊形状が相似でなく、またリミングアクション、蓋置など造塊状況を異にしており、これが Fig. 4 の偏析値を分散させた原因と考えられるが偏析状況を支配すると考えられる要因のうち鋼塊形状に関するものを取りあげてその影響を明らかにしてみよう。

3. 鋼塊厚さおよび偏平度の影響

鋼塊重量の増加は最大偏析部の偏析度を著しく増加させるので、鋼塊の大型化はその成品の加工性におよぼす影響を考慮しつつ行われなければならない。一方鋼塊巾は成品寸法および圧延能率に制約されて広い範囲で選ぶことができない。従つて鋼塊を大型化するに当つては鋼塊厚さ或いは高さの増加によつて行うことになるので、鋼塊厚さ或いは偏平度、注入高さとりムド鋼塊の濃厚偏析状況との関係を明らかにする必要がある。これについては前述したように W. H. MAYO は巾 56''~57'', 厚さ 22''~29'' の範囲の鋼塊から圧延されたスラブの調査により、厚さの増加はS濃厚偏析位置を低め、またそれが2~3カ所に分散して存在するようになり最大偏析値には大きな差がないことを報告しており C. F. SCHRAMMER²⁾は 400 枚の薄板成品について 22''~28 1/2'' の鋼塊

厚さの影響を調査し、鋼塊厚さの増加によつて偏析領域が広範囲となり、成品中心線上の最大偏析が若干低下するようなデータを示しているが差がないと述べている。ELLIOTTのスラブによる調査も同様な結果を述べているが、これらの調査は何れもスラブおよび製品について行なわれているため試料採取位置は極限され濃厚偏析位置の正確な把握は不完全であり、また偏析部の厚さの調査は行われていない。成品の加工性について考えると成品板において占める偏析部の厚さはその偏析の程度と同様に重要であり、しかも偏析の厚さは圧延成品を考へる場合鋼塊における絶対値でなく鋼塊厚みに対する偏析厚みの割合が重要である。

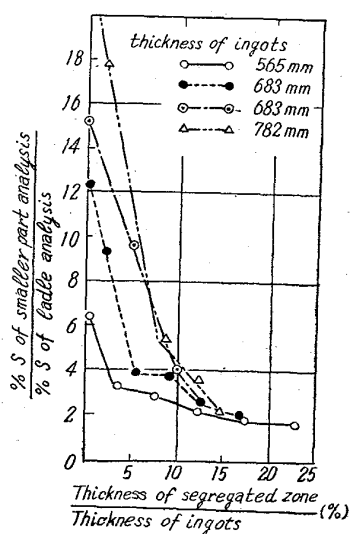
今回の調査では鋼塊について行なうことによつて鋼塊全域の調査を行い、Sプリントによつて濃厚偏析位置を確め、その領域のS偏析の厚みと鋼塊厚さ或いは扁平度との関係を求めてみた。

調査鋼塊は鋼塊重量のほぼ等しい18t鋼塊で造塊条件はTable 3に示した。それぞれの鋼塊の偏析厚さ調

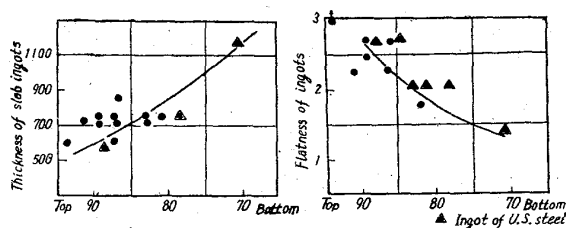
Table 3. Data on teeming practice of 18 t ingots.

Ingot	i	h (1)	h (2)	k
Teeming height (mm)	2,150	2,100	2,075	2,050
Teeming time (s)	176	170	155	170
Teeming speed (mm/s)	12.2	12.9	13.6	12.1
Capping time (mn)	12	16	18	17

査面はFig. 1に示した短辺面について行い、同一の偏析度を示す部分の厚さを鋼塊厚さに対する比として求めFig. 5に示した。鋼塊厚さが小さい場合は同一の偏析度を示す部分の位置が鋼塊中心軸に近ずき偏析厚さが減少しており、それが鋼塊厚さに比例せず鋼塊厚さの減少以上に偏析厚さが小となることを示しており鋼塊重量、巾、圧延能率などの制限がなければ注入



Thickness of segregated zone / Thickness of ingots (%)
Fig. 5. Thickness of heavy segregated zone.



Height from the bottom of ingots in %
△ Ingot of U. S. steel
Fig. 6. Position of the maximum segregation zone.

可能な限り鋼塊厚さを減少することが偏析に対して有利であることを示している。

前述したように鋼塊の大型化に伴つて鋼塊頭部の最大偏析度が増加するのであるが、この場合の異常に高い偏析を示す部分を内蔵する成品はその加工性などにおよぼす影響を考えると部分的に等級をおとすか、あるいは偏析部が問題とならない品種への振替えなどの対策が必要となる。従つてこのような最大偏析部の範囲あるいは頭部からの距離が重要となる。鋼塊の扁平度および鋼塊厚さと鋼塊における最大偏析位置との関係をFig. 6に示した。扁平度の増加あるいは鋼塊厚さの減少は偏析位置を頭部に移行させる傾向があることが明瞭に認められる。

4. 鋼塊高さ と 濃厚偏析

鋼塊厚さは小さい程濃厚偏析の厚さを減少し、また偏析位置を高く頭部よりにする傾向のあることを明らかにしたが扁平度の増加はリミングアクションの調整に難があり、また上注注入を行うことを考えると厚さの減少に限度がある。また必要な鋼塊単重を得るためには厚さの減少は鋼塊巾または高さの増加を必要とするが鋼塊巾が成品巾に対して大きくなり過ぎると圧延能率が阻害されると共にメカニカルパイプが増加し歩留の低下を招くことになるので上述の見地からリムド鋼塊の大型化を考えると巾、厚さの制限から勢い高さの増加が必要となつてくる。

鋼塊高さの増加は同一水平断面形状の鋼塊の場合には鋼塊重量の増加により普通の2000mmの高さの場合より分塊圧延能率の向上が見込まれるし、また同じ鋼塊重量の場合には水平断面積を小さくすることができるので圧延時のパス回数の減少により圧延能率が向上する。リムド鋼塊の高さは良好なりミングアクションを得るためにその増加に制限があり、その程度は1800mm程度と考えられてきたが近年リミングアクション改善のための操業或いはNaF、ミルスケールなどの適正な鑄型添加剤が導入されてから比較的高炭素領域でも2000mmある

いは若干これを上回る高さまで注入される例がでてきた。J. F. ELLIOTT および W. H. MAYO は 72"~80" の高さに注入して鋼塊中心軸の S 偏析に影響がないことを報告しており、また B. W. BOWEN は 92" (2340 mm) の高さのリム鋼について底部より 87% 位置で S 含有量 0.18~0.20% であつたと報告しているが詳細は不明である。われわれは高さを高くしても注入速度を遅くすることにより、注入中の溶鋼の静圧が余り大きくならない間に凝固厚さを厚くしてリム部の健全性を確保し、表面欠陥の発生を防止できるのではないかとの考えのもとに鋼塊の大型化と圧延能率の向上を計るため特に高さを増加した鑄型を製作し、高さの増加が偏析状況におよぼす影響を調査した。

調査鋼塊の高さは Table 2 に示したように最大 3 m のものまでおよんでいる。高い鋼塊の造塊条件を Table 4 に示した。

高さ約 3 m の鋼塊は通常の鋼塊の膨脹が 0~100mm 程度であるのに対し、100~300mm と大きな値を示し、高さの増加により膨脹が大きくなる。リム部性状を示す代表的データを Table 5 に示したが管状気泡の発生しない部分の鋼塊頭部からの長さは変わらないので管状気泡の発生範囲は鋼塊高さの増加と共に大きくなりこれが膨脹を大きくした原因である。高さ 3 m のリム鋼塊では鋼塊底部のリム部は溶鋼の静圧をうけてリミングアクションが弱くなり、リムの形成がほとんどないのではないかと考えられたが Photo. 1 に示した S プリントから明らかかなようにかなり明瞭にリム部が認められる。これらの鋼塊の高さ方向鋼塊中心軸に沿って求めた S の偏析度曲線を 2150mm の高さの鋼塊と比較して Fig. 7 に示

Table 4. Data on teeming practice of higher ingots.

Ingot	c	1
Teeming height (mm)	3,000	3,000
Teeming time (s)	244	202
Teeming speed	12.3	14.8
Capping time (mn)	27	17

Table 5. Data of the rim zone.

Ingot		1	c	b	h	k
Ingot height	(mm)	3,000	3,000	2,500	2,150	2,050
Thickness of solid skin	(mm)	19	29	18	24	16
Thickness of rim zone	(mm)	118	144	144	135	138
Ratio of rim zone to the cross sectional area	(%)	46	62	55	49	45
Length of rise	(mm)	100	300	100	50	70
Height without blowhole zone	(mm)	920	820	700	850	745
Height of elongated blowhole zone	(mm)	2,130	2,415	1,850	1,325	1,330

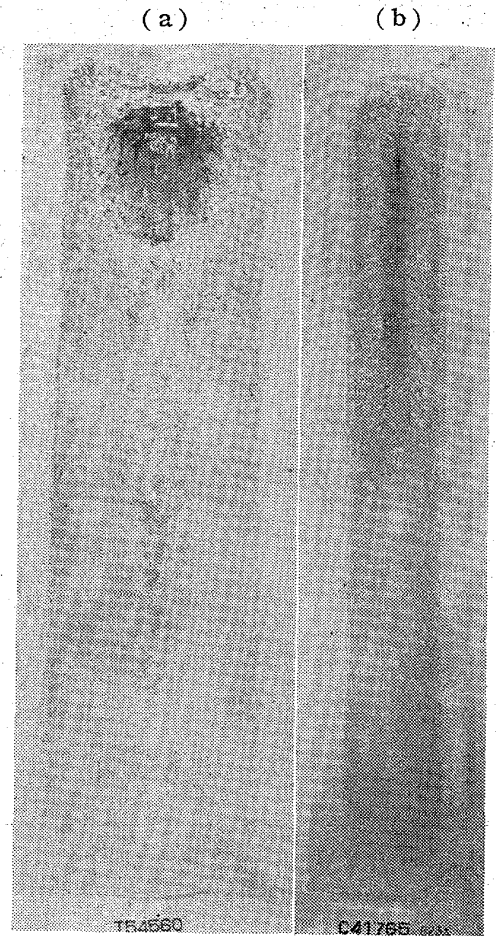


Photo. 1. Sulphur print of higher ingots ingot weight (t) ingot height (mm)

- a) 13 3000
- b) 23 3000

した。高さ 3 m の鋼塊の偏析度は通常の鋼塊より若干減少し、好ましい結果を示しているが特にその位置が膨脹部分に含まれ、これまでの 2 m 前後の鋼塊に比し著しく頭部に移行しているのが特徴である。注入高さを高くした鋼塊重量 13 t ~ 23 t の大型鋼塊について偏析度 5.0 以上の部分の頭部から占める割合を普通鋼塊と比較して Fig. 8 に示したが通常の 2100mm~2200mm の高さの鋼塊が頭部から 16%~22% の位置にあるのに対し、高さ 3 m の鋼塊は僅かに 9% 程度であつてこの程度の量であれば分塊において偏析度 5.0 以上の濃厚偏析部を

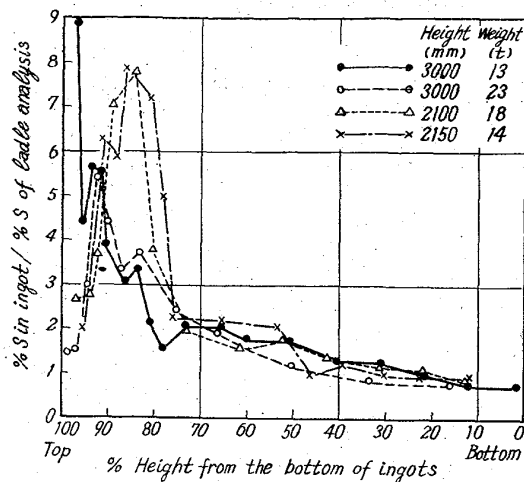


Fig. 7. Sulphur segregation in the center line of ingots.

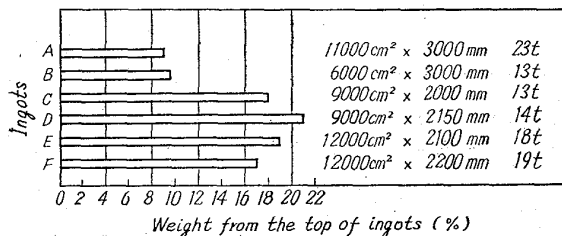


Fig. 8. Top discards due to heavy segregation. (degree of segregation 5)

切捨てるとしても歩留をほとんど低下させることがない。特に内質の健全性を要求されるような鋼種で鋼塊頭部の濃厚偏析を切捨てて使用しなければならない場合には一同断面形状であれば高さ 2000mm の鋼塊に比し高さ 3000mm の鋼塊は約10%の歩留向上が見込まれる。

このような特徴は圧延能率の向上と相まって今後の鋼塊の大型化の方向をきめるものと云えよう。

IV. 考 察

以上リムド鋼塊の濃厚偏析部におよぼす鋼塊重量および形状の影響を述べたが、調査鋼塊はかなりの分散を示し鋼塊重量あるいは形状以外に最大偏析度および位置を支配する因子の存在することがうかがわれ、造塊条件などを検討する必要があるが、まずリムド鋼の濃厚偏析形成機構について考察してみることにする。

リムド鋼の濃厚偏析部の形成は蓋置によるリミングアクション終了後の頭部からの凝固の進行が頭部に存在する気泡によつて妨げられ、凝固が遅延する一方リミングアクション終了後も引続いている溶鋼の移動が不純物の浮上を促進し、頭部に偏析元素を増加せしめ、これが凝固温度の低下をもたらし、その結果として濃厚偏析部が形成されるものと考えられる。ソ連の A. M. UZIENKO

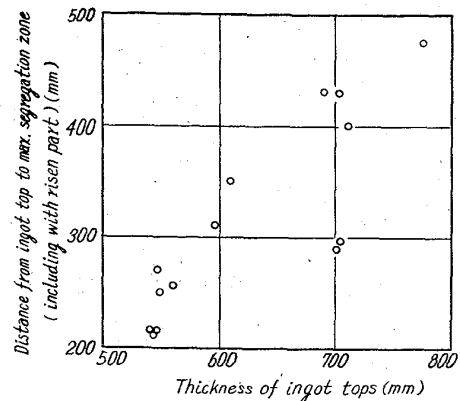


Fig. 9. Relation between ingot thickness and position of heavy segregated zones.

らも同様な考えによつて説明を行つている。

膨脹部分を含めた頭部から濃厚偏析位置までの距離と凝固終了までの時間を決定する鋼塊頭部における側面から中心部までの距離との関係を Fig. 9 に示したが、このような考察を裏づける明瞭な傾向が認められる。

前述の鋼塊厚さおよび高さの濃厚偏析位置におよぼす影響がこのような考察から説明できる。すなわち鋼塊厚さが大きい場合には凝固終了時期が長く、それだけ頭部からの凝固が進むために最終凝固位置が低下する結果最大偏析部が下降するものと考えられ、また高さの増加は頭部から最大偏析位置までの距離に影響を与えないためにその位置は鋼塊高さに対する割合として頭部に移行したものと考えられる。偏析厚さについても側面からの凝固進行の速さの相違から鋼塊厚さの影響が現われたものと考えられる。

このような考察はリムド鋼塊頭部の凝固を遅らせることによつて濃厚偏析位置を上昇せしめることの可能性を示すものである。しかしリムド鋼塊の頭部の加熱は作業的に多くの問題を残しており、先づリムド鋼塊の頭部の閉塞時期を若干遅延させることによる頭部からの凝固遅延をとりあげてゆくべきであろう。しかしリクイド・コアのSは前述のように時間の経過、リムの増加につれて増加するので、早期にリミングアクションを終了させるほうが偏析軽減の面からは有利であるとも考えられるので更に研究を要する問題である。

鋼塊形状は圧延能率、成品寸法、圧延ロールの特性などを考え生産性の大きいものが望まれる。従つて鋼塊の偏析軽減の面からのみ鋼塊形状を決定することができないのであり、これらの制限のもとにおいて形状を考える必要がある。従つてリムド鋼塊の偏析特に頭部の濃厚偏析については前述の鋼塊形状のみならず造塊作業条件の影響も大きいので、その面から限られた形状の鋼塊の偏

析軽減を計る必要がある。

V. 結 言

鋼塊形状を異にする多数のリムド鋼塊のSの偏析特に濃厚偏析部の偏析度およびその鋼塊内に占める位置形状について鋼塊形状のおよぼす影響を調査し次の点を明らかにした。

1. リムド鋼塊頭部の最大偏析度は鋼塊重量の増加に伴って著しく増加するので鋼塊の大型化に当っては成品品質におよぼす影響を考慮して偏析範囲および位置が有利となるように形状および造塊作業を考える必要がある。

2. 濃厚偏析部の厚さは鋼塊厚さによつて著しく変わり鋼塊厚さが小となると相似する以上に極度に偏析部の厚さが小となる。

3. 濃厚偏析部の位置は鋼塊厚さが小である程、また扁平度が大きい程鋼塊頭部に移行する。

4. 濃厚偏析は凝固末期の硫化物の浮上凝集によつて形成されると考えられ、その位置および形状は主として鋼塊頭部と側壁からの凝固の速さに支配されるものと考えられる。

文 献

- 1) J. F. ELLIOTT: A.I.M.E. Open Hearth Proceeding, 38 (1955), p. 142~160
- 2) C. F. SCHRADER: A.I.M.E. Open Hearth Proceedings, 39 (1956), p. 170~173
- 3) H. W. MAYO: A.I.M.E. Open Hearth Proceedings, 39 (1956), p. 146~166
- 4) J. S. McNAIRN: A.I.M.E. Open Hearth Proceedings, 39 (1956), p. 142~146
- 5) A. M. UZIENKO et al.: Stal, (1958) No. 10 p. 899~905

オーステナイト結晶粒度粗大化温度におよぼす

添加元素, 特にチタニウムの影響*

(高温浸炭に関する研究—I)

足立 彰**・水川 清**・菅田角夫***

Effect of Added Elements, Especially Titanium, on the Coarsening Temperature of Austenitic Grain Size.

(Study on the high-temperature carburizing—I)

Akira ADACHI, Kiyoshi MIZUKAWA and Kakuo KANDA

Synopsis:

Theoretically, there is nothing particularly unusual about the fact that steel carburizes more rapidly at higher temperatures. Higher production rate is obviously possible. With higher temperatures all reaction rates increase but furnace parts erode more rapidly and the grain-size of the steel being treated increases with temperature. The authors experimented on the effect of additional elements especially titanium in carburizing steel on the coarsening temperature of austenitic grain size. The results are as follows:

(1) Relation between nitrogen and titanium in iron.

The behavior of titanium nitride in titanium-iron alloys with up to 0.2% titanium was observed on the quenched specimens after equilibrated with the controlled atmosphere at 1560, 1600 and 1650°C. The equilibrium constant in the reaction was determined.

(2) Effect of titanium on austenitic grain size.

The effect of titanium compounds on the grain coarsening temperature was studied with titanium-iron alloys containing oxygen, nitrogen or carbon respectively. The results are as follows:

(A) The grain size was reduced and its coarsening temperature increased by the presence

* 昭和37年10月本会講演大会にて発表 昭和38年1月受付

** 大阪大学工学部, 工博 *** 大阪大学工学部