

小となる程，鋼塊頭部の偏析は大である。

実験Ⅱ：Fig. 3～6 に示す。(Fig. 3～5 は省略) Fig. 3～6 によれば，大きい鋼塊程，鋼塊頭部の偏析は大であり，鋼塊内部に入っている。そして，トラック・タイムの影響を受け易い。

実験Ⅳ：Fig. 7 に示す。

IV. 考 察

トラック・タイムが鋼塊頭部の偏析に影響を与えるのは，トラック・タイムが小なる時，鋼塊が不完全凝固状態にて，均熱炉へ装入されるため，鋼塊内部の末凝固部分は，均熱炉内で徐冷され，硫黄等の不純物が，鋼塊頭部へ浮上するためである。また，不完全凝固状態にての鋼塊の振動も幾分影響しているであろう。

ゆえに，鋼塊を完全に凝固させて後，均熱炉へ装入する必要があり，このことは換言すれば，凝固速度の速かなる状態にて凝固さす必要があることを意味する。

鋼塊頭部の偏析に対する鋼塊の大きさの影響も，同様に，凝固速度の相違から生ずるものと考えられ，このことは Table 1. V の鋼塊にては，鋼塊下半部にては，点々とした偏析が認められているが，逆に，鋼塊の頭部の偏析は，ほとんどなくなっていることから推察される。

なお，造塊時の膨脹の小なる鋼塊が鋼塊頭部の偏析の大きいのは，膨脹の小なる鋼塊は，大なる鋼塊に比し，リミングアクションは活潑にして，そのため鋼塊頭部コア部への偏析は大となるためと考える。

V. 結 論

以上の調査結果により次の結論を得た。

- i) リムド鋼塊頭部の偏析には，
 - a) トラック・タイム， b) 鋼塊の大きさ
 - c) 熔鋼中の FeO の大小，すなわち，現場的には，造塊時の膨脹の大小。
 等が大きい影響を与える。ただし，a)，b) は凝固速度とも言い得る。
- ii) トラック・タイムの小なる時，すなわち，鋼塊が不完全凝固状態にて均熱炉へ装入された時，鋼塊頭部の偏析は大となる。そして，その程度は造塊時の鋼塊の膨脹の小なる程大きくなる。
- iii) 鋼塊頭部の偏析は鋼塊の大となるにしたがい，いちじるしくなる。
- iv) 鋼塊頭部の偏析は鋼塊の大となる程相対的に内方へ入り込む傾向がある。
- v) コア層全域に点在するスポット状の偏析は，鋼塊の大なる程少くなり，鋼塊Ⅲ (Table 1) にては，トラ

ック・タイムの大なる時皆無となる。

vi) トラック・タイムの影響は，トラック・タイム55分程度にては，鋼塊Ⅳ迄の大きさにては，それ程表はれぬが，鋼塊Ⅲにては明瞭となる。

vii) 鋼塊Ⅲにては，トラック・タイムが短いと，鋼塊頭部の偏析は増大し，また，コア部に異常を起し，気泡および偏析が点在する。しかし鋼塊頭部の偏析の下方にては，硫黄等の偏析濃度は相対的に低い。

viii) 鋼塊Ⅲにては，トラック・タイム約2時間以上の時は，特に鋼塊頭部の偏析は大きくなる。

ix) 同じ5t鋼塊にては，鋼塊横断面積を小とするとすなわち，鋼塊ⅢからⅠあるいはⅡに変化させると，鋼塊頭部の偏析は，鋼塊Ⅳと同程度となる。

(30) リムド鋼塊の頭部偏析について Study on the Segregation in the Upper Parts of Rimmed Ingots.

T. Ooka, et alii.

八幡製鉄所，技術研究所

工 加藤 健・松田亀松・工〇大岡耕之

I. 緒 言

リムド鋼塊の良材歩留を向上させることを目的として鋼塊の頭部中央の濃厚偏析を軽減しあるいはその位置を調節するため種々の角度から実験研究を行つてはいるが，その一部としてリムド鋼塊への半球形の窪みをもつ蓋の使用はこの目的のため有効であると推察されるに到つたので4～8t級のリムド鋼塊に対してこのような半球形の蓋の適正使用法の確立と併せて現在の標準リムド鋼塊の頭部欠陥を明らかにするため一連の実験を行い，これに対して若干の考察を加えたので取纏め報告する。

なおこの半球形の窪みをもつ蓋は便宜上 Bulb-cap (B. cap) と呼ぶことにする。

II. 試験要領およびその結果

リムド鋼塊の頭部形状は原則としてリミングアクションの強さ，従つて熔鋼のC含有量，あるいは脱酸の程度によつて定り，蓋置時間の影響も無視されないと考えられるので実験はこれらの要因が鋼塊頭部の欠陥におよぼす影響を確かめるため Table 1 の要領にしたがつて実施した。

試験対象鋼塊はB8型，上注，単重8,050kg。S P材 (目標成分 C 0.10%以下，Mn 0.25～0.50%，S 0.035%以下) であり，Table 1 の要領にしたがつて塩基性固定式120t炉 (全装入量137t) で各取鍋 Al 投入量に

Table 1. Degree of deoxidation and casting condition of ingots tested.

Al added in ladle (kg /ladle)	18, 22, 26				
Test ingots in heat (No.)	5	6	7	8	9
Capping time (mn)	10	15	13	20	16

Ingots No. 5, 7, 9: B. cap.
Ingots No. 6, 8: Normal cap.

ついて 2 charge 宛試験した。

調査は 940×110mm 断面スラブの頭部 87~88% 以上を対象とし各スラブの中心縦断面, 中間部縦断面, 横断面についてマクロエッチ, S プリント, 分析 (試料採取位置, 鋼塊高さ 89, 91, 93, 95, 97% 相当位置のリム部, リム, コア, 中間部中心軸部) を行い諸欠陥を明らかにした。また試験鋼塊の注入に当って浮遊スラッグの除去は出来るだけ完全に行い, かつ試験鋼塊のトラック・タイムは 2 時間と均熱条件を極力一定ならしめた。

このようなスラブ各断面の S プリント, マクロエッチによる調査にしたがって調査スラブの頭部欠陥を分類すると次の通りである。

- 1) mechanical pipe および mechanical pipe 周辺ならびに鋼塊頭頂部粒状気泡を通じての均熱炉内雰囲気による酸化侵蝕帯
- 2) コア部周辺およびコア部に存在する炉内雰囲気の影響を受けていない層状スカム
- 3) 粒状気泡性偏析部およびパイプ周辺の濃厚偏析
- 4) 濃厚偏析を伴う未圧着パイプ

実験の範囲 (熔鋼の脱酸度およびスラブ断面) では欠陥, 4) の未圧着パイプの痕跡は認められなかつたので欠陥, 1), 2), 3) について順次検討するが今回の調査により欠陥, 1) および欠陥, 2) のスラブ内層状スカムが分塊剪断時におけるスラブの支配的欠陥であることが明らかになった。

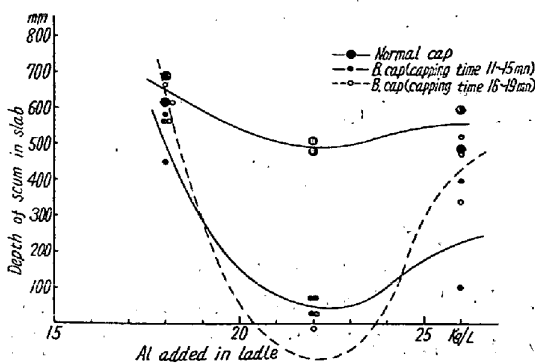


Fig. 1. Relation between depth of laminar scum in slab and Al added in ladle.

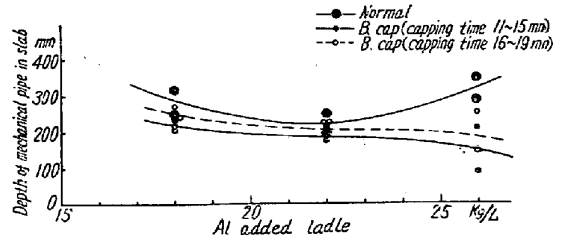


Fig. 2. Relation between depth of mechanical pipe in slabs and Al added in ladle.

すなわち Fig. 1 は取鍋脱酸 Al 投入量 (kg/L) とスラブ内層状スカムの深さとの関係を標準作業鋼塊 B. cap 使用鋼塊について明らかにし, Fig. 2 は同じくスラブ内 mechanical pipe の深さとの関係を示したものであるがこれらを総括すると, 1) 標準作業鋼塊 (蓋置時間を 20 分前後とした鋼塊を指す) ではスラブ内層状スカムはスラブ頭頂部より 500~700mm の範囲まで存在しており, 脱酸の弱い charge が最も深く脱酸の強化により減少しているがさらに脱酸を強めるとふたたび深くなる傾向を示している。また各脱酸グループともスラブ内欠陥として層状スカムが mechanical pipe よりも深い。2) B. cap 使用鋼塊のスラブ内層状スカムの分布は標準作業鋼塊とおおむね同一傾向を示しているが 22 kg/L の脱酸 charge ではスカムの浮上はほとんど完了しており mechanical pipe による欠陥がむしろ深くなっているがこの種の欠陥が除去され, 総合して歩留の向上が期待される。3) 鋼塊およびスラブ切断調査の結果によると B. cap 使用鋼塊はリム部の厚さが同時期に cap した普通 cap 使用鋼塊に比して 15~20mm 厚く, 普通 cap 使用鋼塊に比して蓋置後のリミングアクションの持続が特に鋼塊頭部においていちじるしく長く鋼塊のリム部面積比が増大し, 鋼塊中心軸における S 偏析曲線を上部に移行させることが確められた。(関係図表省略) このような傾向は直接分塊歩留に影響しないようであり従来のリムド鋼塊が最大偏析部を多く成品内に内ぞうすることに比しむしろ好ましい傾向ともいえる。

III. スラブ内層状スカムの生成と分布を支配する因子

リムド鋼塊の分塊圧延時におけるスラブ頭部の支配的欠陥が層状スカムであることが明らかになったが, このような層状スカムは鋼塊頭部粒状気泡壁およびその周辺に存在している ingot scum に起因するものであり頭部浮遊スラッグと類似成分である。さきに加藤は低炭素リムド鋼塊の浮遊スラッグの生成を煉瓦の溶蝕と微量の Si の存在のもとにおけるリミング中の Mn 反応生成物と大気による酸化にもとづいて説明したが, リムド鋼塊の内

ingot scumはこのような凝固面における Mn 反応生成物を主体とする浮遊スラグのリミングアクションによる捲込みに起因するものと考えられる。したがってかかる残存熔鋼内のスカム粒子の浮上はリミングアクションの強弱とその持続時間に関係し、リム完成、頭部閉塞による頭部からの凝固の進行によつて妨げられるが、これらの関係を Fig. 3 にスラブ内層状スカムの深さを鋼塊に換算して各鋼塊の 90% 高さにおけるリミングアクションの継続時間との関係を示した。ここにリミングアクションの継続時間は次式で示される蓋置後のリミング持続時間である。

$$\text{蓋置後のリミング持続時間(sec)} = \left(\frac{\text{鋼塊 90\%位置でのリムの厚さcm}}{K} \right) - \text{蓋置時間 (sec)}$$

K: 凝固係数であり 0.27 として計算した。

このように蓋置後のリミングの持続とともに徐々にスカムの浮上は完成し、18~20 分を過ぎると急速にスカムの浮上が完成しているが、これはリミングアクションのきわめて長い場合に起ると考えられるスカム粒子の凝集による浮上速度増大によつて説明される。すなわち、Stokes の法則にもとづいて計算するとこの領域のスカム粒子の平均径は 30 μ であり、初期領域のスカム粒子の平均径の 5 倍に相当する。

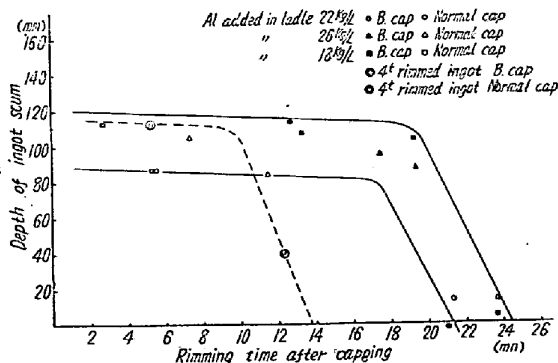


Fig. 3. Relation between depth of ingot scum and rimming time after capping.

IV. 総 括

1) リムド鋼のスラブ頭部の支配的欠陥は頭部 500~700 mm にわたつて存在する層状を呈するスカムと 250~500 mm に存在する mechanical pipe でありその分布は熔鋼の脱酸度に支配されることが確認された。

2) 半球形の窪みのある蓋はその適正なる使用により Ingot scum の浮上に有効であり、これに伴うコア部偏析状況の変化も必ずしも有害でないことが確認された。

3) リムド鋼塊内に存在するかかるスカムの生成とその浮上を支配する因子を明らかにした。すなわちスカム

の粒子の浮上は蓋置後のリミングアクションの持続時間に関係し、それを支配する熔鋼の性状およびスカム粒子の凝集によつて支配されると考えられる。

(31) 鋼塊の異常偏析について

On the Abnormal Segregation of Steel Ingots.

Y. Abe, et alii.

富士製鉄, 釜石製鉄所

工 小池与作・工 武林英夫・工〇阿部泰久

I. 緒 言

灼熱炉内において鋼塊を倒立装入し灼熱炉内でのパイプ内面の酸化を出来るだけ防止すればパイプの圧着は容易となり鋼塊の圧延歩留りが向上する。また鋼塊のホールディングタイム, トラックタイムを出来るだけ短縮すれば熱経済の点より有利である。一方鋼塊の完全凝固前に鋼塊を転倒すると鋼塊内のパイプが移動し成品に悪影響をおよぼすことが知られている。鋼塊の早期動揺は異常な位置にパイプを移動させるだけの問題であるか, また他の悪影響をおよぼすか, これらの点について不明な点がある。鋼塊の早期動揺について 2, 3 の結果をえたのでここに報告する。

II. 実験方法

試験鋼塊は重量約 500 kg (頭部径 240 mm, 底部径 290 mm, 高さ 800 mm) の下広鋼塊であり実験に際しては同一チャージの熔鋼を 3 本ないし 4 本試験鑄型に上注し注入後完全凝固まで静置したものを標準に, 他の鋼塊は完全凝固前に早期動揺を行い鋼塊内部の偏析状況を調査した。実験は 3 回, 11 本の試験鋼塊につき行い鑄込条件は出来るだけ同一条件におさえた。熔鋼の化学成分はほゞ次のとおりである。C: 0.17~0.24%, Mn: 0.41~0.52%, Si: 0.08~0.12%, P: 0.09~0.12%, S: 0.030~0.032%, 試験鋼塊は完全凝固後垂直方向に切断し切断面をシーパーにて仕上げ研磨後サルファー・プリントおよび偏析部の顕微鏡検査を行つた。試験鋼塊の早期動揺は次のとおりである。

- (1) 垂直捲込み, 垂直凝固 (標準鋼塊)
- (2) 注入終了後 9 分にて転倒そのまま凝固
- (3) 注入終了後 12 分にて転倒そのまま凝固
- (4) 注入終了後 15 分にて転倒そのまま凝固
- (5) 注入終了 5 分後水平面に 5 回廻転, 垂直凝固
- (6) 注入終了 10 分後約 20°~30° に 5 回傾斜し垂直凝固鋼塊転倒に際し鋼塊頭部の外殻は完全に凝固して