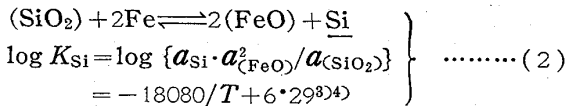


Fig. 5. Behavior of oxygen. (95% fiducial limit)

と溶解後のスラグ中の MnO の濃度から $K'_{Mn} = N_{(MnO)} / N_{(FeO)} \cdot [\%Mn]$ を算出すると、(1) 式の 2100°K から 1900°K における K_{Mn} の値にかなり近い。

3.3 Si の挙動

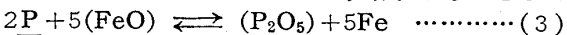
Si も Mn と同様に次式にしたがつて挙動すると考えられるが、



スラグ中の SiO₂ の活量の評価が難しく、Si の挙動を (2) 式からだけで論ずることは難しい。しかし塩基度が高い程 Si の減少量は多い。

3.4 P の挙動

溶鋼中の P は次式にしたがつて挙動するものとして、



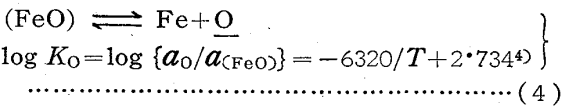
$N_{(P_2O_5)} / N_{(FeO)}^5 \cdot [\%P]^2$ を算出してみると、塩基度の高いほどこの値は大きくなり、従来の製鋼反応における概念と一致した。

3.5 S の挙動

S の分配比 $(\%S) / \%S$ と塩基度の関係を求めると、塩基度の高いほど分配比は大であつて、やはり脱硫には塩基度の高い方が有利である。

3.6 O の挙動

溶鋼中の O は次式にしたがつて挙動すると考えられる。



スラグ中の FeO の活量を等活量図⁵⁾から概算すると、いずれも 0.05~0.15 の範囲であり、溶鋼中の O の活量係数は 0.65~0.75 である。1873°K における飽和酸素量を (4) 式から求めると 0.015~0.052% となり、本溶解では飽和に達していない。しかしながら溶解後のスラグ中の FeO の増加量は Mn および Si の挙動からはバランスがとれず、空気中の O の拡散も考慮に入れないとならぬようである。なお O と Si および Mn の間には次のような重回帰関係がみとめられた。

$$[\%O] = -0.0415[\%Si] - 0.00634[\%Mn] + 0.0256 \dots\dots\dots (5)$$

3.7 N の挙動

N の増加はもちろん空気中の N の拡散によるものであるが、チタニア系による N の減少は生成した TiN がスラグに吸収されるためと考えられる。

5. 結 言

4 種類のスラグを用いて直流で ESR の予備的試験を行ない、各元素の挙動を検討したが、各元素の挙動はスラグの種類によつていちじるしい影響をうけ、ESR においては適正なるスラグの選定が極めて重要であることが判つた。本研究には直流を用いたが、交流を用いた場合、スラグの電気化学的な特性の違いによつて、各元素の挙動が変わることも考えられる。この程度の実験結果からだけでは ESR の本質は云々できるものでなく、今後の研究にまつべき点が多い。

文 献

- 1) B. E. PATON, B. I. MEDOVAR: Engineering Materials and Design, 10 (1962), p. 718.
- 2) J. CHIPMAN, J. B. GERO, T. B. WINKLER: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 188 (1950), p. 341.
- 3) S. MATOBA, K. GUNJI: Trans. National Research Inst. for Metals, 3 (1961) 2, p.81.
- 4) Electric Furnace Steelmaking, 2 (1963), p. 106.
- 5) J. CHIPMAN et al: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 154 (1943), p. 228.
- 6) E. T. TURKDOGAN et al: J. Iron & Steel Inst. (U. K.), 173 (1953), p. 217.

(88) リムド鋼塊底部の大型スラグ介在物に対するリミング・アクションの影響

富士製鉄、室蘭製鉄所研究所

北川 一智・○伊藤 幸良

Influence of Rimming Action Upon Large Slag Inclusions at Bottom of Rimming Steel Ingot.

Kazutomo KITAGAWA and Yukiyoishi ITOH

1. 緒 言

リムド鋼は脱酸度が低いため铸型に注入後溶鋼の凝固前面において活発な CO 反応が進行し、生成 CO の浮上に伴つてリミングアクションがおこる。このリミングアクションが継続している間に形成される清浄な凝固層すなわちリム層がリムド鋼塊の特徴になつている。リム層厚さはリミングアクションの継続時間によつて影響されこのリム層厚さが転じてコア層の偏析を支配する。リム層自身の清浄性はリミングアクションの強さによつて左右される。

このようにリミングアクションはリムド鋼塊の性状に対して決定的な要因であり、これをいかにコントロール

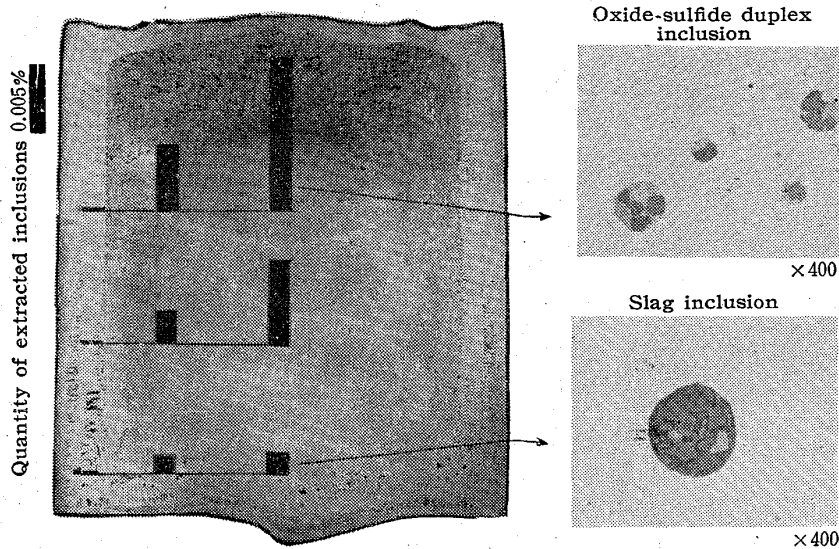


Photo. 1. Distribution of large inclusions in rimming steel ingot.

するかはリムド鋼製造上の重大関心事で今までに多数の研究がなされている。現場的にもいろいろの手段がとられてきたがリミングアクションの定量的把握が困難であるため、きめの細かい研究が少ない。

本報告はリムド鋼塊の性状とりわけその欠陥とリミングアクションとの関係の調査の第一段階としておこなったリムド鋼塊底部の大型スラグ介在物に対するリミングアクションの影響についての研究結果である。

2. リムド鋼塊中の大型介在物の分布

リムド鋼塊中の介在物の分布に関する研究は多いが、鋼材の材質に対する影響の大きい大型介在物に重点をおいた定量的な研究は H. HOFF らのものが^{1),2)}はじめてであろう。著者らもリムド鋼塊の一欠陥とみなすべきこれら大型介在物の調査の必要性を認め、H. HOFF らの採用したスライム法を改良して一連の研究をおこなってきた³⁻⁵⁾。

極軟リムド鋼塊からスライム法によつて抽出した 30 μ 以上の大型介在物の分布の一例は Photo. 1 のとおりで、鋼塊のコア部に介在物が多いがほとんどが 30~50 μ 程度の酸化物-硫化物二相介在物でその分布もリミングアクションによつて影響されるが、これら二相介在物は溶鋼が最終的に凝固する過程で生成するもので^{3),6)}、むしろ O および S の偏析の問題として扱うべきである。

鋼塊底部の介在物はコア部ほど多くないが 50 μ 以上の大型のものでまれには数 mm に達する超大型のものもある。その組成は FeO, MnO, SiO₂, Al₂O₃ からなる多相スラグ介在物でコア部の介在物とは生因が全く異なっている。以下これら鋼塊底部の大型スラグ介在物の生因およびその分布に対するリミングアクションの影響について述べる。

3. 鋼塊底部の大型スラグ介在物の生因

これらスラグ介在物の生因を検討するために、まず浮上スカムの調査をおこなった。転炉で吹錬した極軟リムド鋼 5 チャージを扁平鋼塊に造塊する際に、各チャージの注入 No. 3 の鋼塊について注入終了後の各時間ごとに浮上するスカムを採取し化学分析をおこなった。結果

は Fig. 1 に示すとおりで、スカムの主成分は FeO, MnO であるがその含有量はチャージ間の変動が大きく時間的変化も一様でない。しかし各チャージでは注入終了後 15min 以降ではほぼ安定した値に落ち着いている。これらスカムの FeO, MnO の大部分は注入後溶鋼の凝固前面での Mn 脱酸反応によつて生成したものである。

SiO₂, Al₂O₃ の含有量もチャージによつて大巾に変動しているが、いずれの場合にもこれらの含有量が時間の経過とともに減少している。Al₂O₃ は取鍋および鑄型で添加した Al の脱酸反応生成物と考えるのが妥当である。SiO₂ は溶鋼の Si 濃度 (0.01% 以下) から推定すると Si 脱酸反応生成物とみるよりは造塊用耐火物の溶損物とみなすべきで、もちろん Al₂O₃ の一部についても同様である。このようにスカム中の SiO₂, Al₂O₃ は溶鋼が注入された

瞬間にすでに異相として存在するもので、凝固の進行につれて生成する FeO, MnO と集合しリミングアクションによつてスカムとして浮上する。

これらスカムの調査をおこなった鋼塊をスラブに分塊圧延後鋼塊底部からスライム法によつて大型スラグ介在物を抽出した。抽出されたスラグ介在物は FeO, MnO, SiO₂, Al₂O₃ からなっており顕微鏡組織などでも初期スカムに類似している。またスラグ介在物がリミングアクションによる溶鋼の流れの弱い鋼塊底部に集まっていることを考えあわせると、これら大型スラグ介在物はリミングアクションによつてスカムとして浮上される成分の一部が鋼塊底部にトラップされたものとみなされる。

R. D. BAARE ら⁷⁾は鋼塊底部の大型介在物の化学組

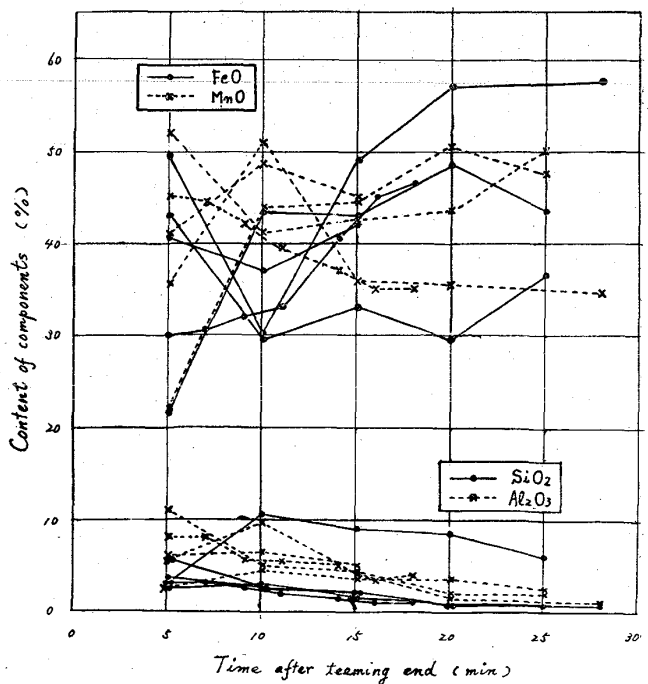


Fig. 1. Chemical composition of scums at various periods after teeming end.

Table 1. Chemical composition of liquid steel in ladle and quantity of extracted large inclusions at bottom of ingot.

Charge number	Chemical composition (%)				Al addition (g/t)	Remark	Quantity of large inclusions at bottom (%)
	C	Mn	Si	S			
1 (LD)	0.05	0.25	0.01>	0.017	132		0.0128
2 (LD)	0.08	0.28	0.01>	0.015	43	Rimming action strong	0.0014
					43	Rimming action weak	0.0092
3 (LD)	0.07	0.30	0.01>	0.013	28		0.0004
4 (LD)	0.06	0.28	0.01>	0.013	78	Capping time 20min	0.0020
					78	Capping time 40min	0.0008
5 (LD)	0.05	0.25	0.01>	0.021	81		0.0062
					66		0.0063
6 (LD)	0.07	0.29	0.01>	0.020	59		0.0027
					186	Mechanical cap	0.0825
7 (OH)	0.07	0.28	0.005	0.031	153		0.0022
					208		0.0038

成がむしろリミングアクション終期のスカムに近いことから、一たん浮上したスカムが強いリミングアクションによつて再度鋼塊底部に巻き込まれ大型介在物になると結論し、さらに $\text{La}^{140}\text{-Oxide}$ をトレーサーとして使用した実験によつて実証している。しかし R. D. BAARE らの研究におけるリムド鋼は下注ぎ造塊されたもので、本報で述べる上注ぎ鋼塊とはリミングアクションの強さなども異なつていゝと考えられる。森ら⁸⁾も上注ぎリムド鋼塊について $\text{La}^{140}\text{-Oxide}$ をトレーサーとしてスカムの巻き込みを検討し、巻き込み量は全スカムの 0.7% で鋼塊底部の酸化系介在物の 3% 以下に過ぎないと報告している。

本研究の上注ぎリムド鋼塊においても浮上スカムの巻き込みがあるかどうかを検討するために、注入終了 10 min 後に鋼塊頭部へトレーサーとして ZrO_2 (20~40%) を含む合成スカムを 500~750 g 添加し、スラブの底部から抽出した大型スラグ介在物中の ZrO_2 を分析した。抽出介在物の ZrO_2 含有量は分析精度以下であり、リミングアクションによる浮上スカムの巻き込みは無視できる。すなわち、鋼塊底部の大型スラグ介在物は浮上スカムの巻き込みによるのではなく、むしろスカム成分が浮上しきれずに鋼塊底部に残留したものである。

4. 大型介在物の分布に対するリミングアクションの影響

リムド鋼塊底部の大型スラグ介在物はスカムとして浮上する成分の一部が溶鋼流の弱い底部にトラップされたものであり、これら介在物の分布は当然リミングアクションによつて影響されると考えられるので、出鋼Cの異なる極軟リムド鋼 6 チャージからリミングアクションを

変えて造塊した 10 本の 14 t 鋼塊について底部のスラグ介在物の分布を調べた。

これら 10 本の鋼塊をスラブに分塊圧延後、スラブ巾の中心で鋼塊底部から 10% および 15% の位置から試料を切り出しスライム法によつて大型スラグ介在物を抽出した。Table 1 に供試鋼の組成、造塊条件および介在物抽出量を示す。なお Table 1-7 には平炉リムド鋼塊についての調査結果³⁾⁴⁾をもあげた。

介在物量を比べると出鋼C量がこれら大型介在物の分布に対して影響が大きいのが目立っており、0.05% の 2 チャージの鋼塊はいずれも介在物量が多い。同一チャ

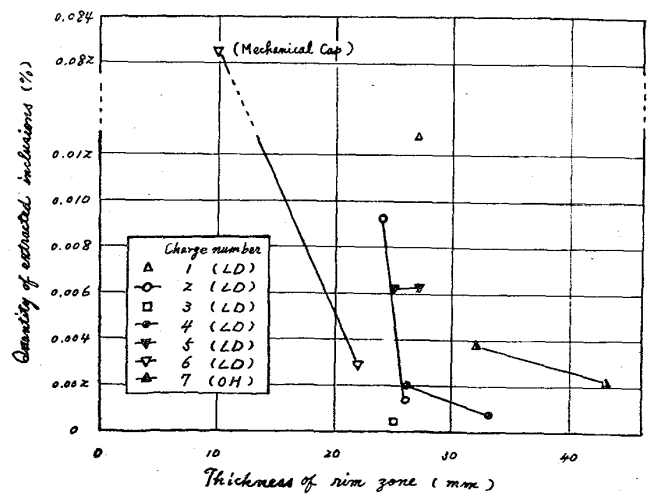


Fig. 2. Correlation between quantity of large inclusions and thickness of rim zone.

ージから造塊された鋼塊間ではリミングアクションの強目な鋼塊、蓋置きが遅くりミングアクション継続時間の長い鋼塊の介在物量が少なく、蓋打ちによつてリミングアクションが強制的に抑制されるメカニカルキャップド鋼塊の介在物量は著るしく多い。

このようにリムド鋼塊底部の大型スラグ介在物量がリミングアクションによつて影響されることが明らかとなったが、リミングアクションの強さを定量的に把握することが困難であるため大型介在物量とリミングアクションとの関係を正確に論ずることはできない。

しかし、リミングアクションの継続時間はリム層の厚さと対応すると考えられるので、供試鋼の底部15%の試料のリム層厚さを測定し、底部のスラグ介在物量との関係を求めた。結果は Fig. 2 に図示するとおりで、全供試鋼塊を通じて一義的な関係はないが、同一チャージの鋼塊間(実線で結んでいる)ではリム層厚さが増すと介在物量が低下している。

5. 結 言

リムド鋼塊の性状とリミングアクションとの関係を系統的に把握するための第一段階として、鋼塊底部の大型スラグ介在物に対するリミングアクションの影響を調べた。

注入終了後の各時間ごとの浮上スカムおよび鋼塊底部の大型介在物を比較すると、(i) スカムおよび介在物はともに FeO , MnO , SiO_2 , Al_2O_3 からなっておりとくに初期スカムと介在物が極めてよく類似している。(ii) スラグ介在物がリミングアクションによる溶鋼流の弱い鋼塊底部に集積している、などの点からこれら大型介在物はスカム成分の一部が浮上しきれずに底部にトラップされたものであると結論された。 ZrO_2 トレーサーによる試験では一たん浮上したスカムの巻き込みは無視できる。

スカムおよび介在物中の FeO , MnO の大部分は溶鋼の凝固前面での Mn 脱酸生成物であり、 Al_2O_3 は脱酸剤として投入した Al の反応生成物である。 SiO_2 および Al_2O_3 の一部は溶鋼による造塊用耐火物の溶損物とみなされる。

このように上注ぎリムド鋼塊底部の大型スラグ介在物はスカム成分が浮上しきれないで残留したものであるから、その分布はリミングアクションによつて影響される。

転炉リムド鋼6チャージ10鋼塊および平炉リムド鋼1チャージ2鋼塊について底部大型介在物を調べた結果によると、0.05% C のチャージの鋼塊では、0.06~0.08% C のチャージの鋼塊に比べて、リミングアクションが弱いために大型介在物が多い。同一チャージの鋼塊を比較するとリミングアクションの強目な鋼塊、蓋置きが遅く、リミングアクションの継続の長い鋼塊の方が大型介在物量が少ない。

文 献

- 1) H. HOFF, H. LESSIG, G. MASING: Stahl u. Eisen, 76 (1956), p. 1442.
- 2) H. HOFF, G. v. d. DUNK, H. LESSIG: Stahl u. Eisen, 77 (1957), p. 1290.
- 3) 森永, 大庭, 伊藤: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1663.
- 4) K. MORINAGA, S. IZUMI, H. HIROTANI, Y.

Ito: Tetsu-to-Hagané Overseas, 4 (1964), No. 1.

- 5) 森永, 大庭, 伊藤: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1423.
- 6) W. CRAFTS, D. C. HILTY: Proceedings of Electric Furnace Steel Conference, (1953), p. 121.
- 7) R.-D. BAARE, E. BOECKERS, W. SPIEKER, H. BECK: Stahl u. Eisen, 82 (1962), p. 1500.
- 8) 森, 松尾, 縄田, 柳原, 増本: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 1848.

(89) 出鋼前溶鋼の巨大介在物および酸素含有量

(地疵の研究—Ⅳ)

愛知製鋼, 研究開発部

小田昭午・堀 英世・○久利登一

Large Inclusions and Oxygen Contents in Molten Steel before Tapping.

(Study on the streak flaw—Ⅳ)

Syōgo ODA, Hideyo HORI and Norikazu KURI

1. 緒 言

地疵の生成原因については、従来幾多の研究が行なわれているにもかかわらず、その生成原因は明確となっていない。当社においても地疵の研究の一環として、取鍋耐火煉瓦をロウ石質、シャモット質、アルミナ質などとして、地疵におよぼす影響を調査した結果、これら耐火煉瓦が地疵におよぼす影響は認められなかつた¹⁾。また、溶鋼の空気酸化の影響については、真空脱ガス用タンクを用いて N_2 ガス雰囲気中にて造塊した結果、空気酸化の地疵生成におよぼす影響は認められなかつた²⁾。したがって地疵生成原因として脱酸生成物があげられるが、一方特殊鋼部会第2小委員会において、肌焼鋼製鋼時の出鋼前、取鍋中、注入各期に3kg鋼塊を採取し、加工比4に鍛造後地疵試験を行なった結果、炉中、取鍋中では地疵は少なく、鑄型に注入すると大きな地疵が生成することから、炉内の溶鋼は清浄であると報告している³⁾。この場合の清浄とは、3kgの鑄型にスプーンで汲み取り、鑄込んだ後鍛圧比4に鍛造して、地疵が発生しなかつたと云うことであり、出鋼および鑄造時の攪拌による介在物の凝集肥大および浮上分離なども考慮に入れた実験ではない。一方地疵にチャージ性の存在することは明らかであり、チャージ単位で操業し得るどこかに大きな要因があることは間違いない。この点に着目し、出鋼前溶鋼の性状を調査し、あわせて、圧延材の地疵との相関々係を調べた。

2. 実験要領

10t塩基性電気炉を使用し、肌焼鋼の出鋼前、Al投入直前の鋼浴よりNo.1電極およびNo.2電極の間、操業口より約50cm、鋼浴下約15cm附近の溶鋼を真空採取法⁴⁾により採取し、また同位置にバールを挿入し、溶鋼をバール先端に付着させ採取した⁵⁾。さらに、同位置からスプーンで溶鋼を汲み出し5mmφの石英管でスポイド吸上を行なった⁶⁾。各試料について以下の調