

$$ab = 2000 \sim 10000 \text{ cm}^2$$

$$v = 10000 \sim 30000 \text{ cc/sec}$$

$$t = 1 \sim 10 \text{ sec}$$

であるので

$$\frac{0.0017}{2ab} vt \text{ は } 0.001 \sim 0.1 \text{ 位になり}$$

近似式として

$$P = 1 + \frac{0.0017}{ab} vt$$

を十分もちうると考える。

3) われわれは、 O_L とはいっているが、本文にものべたように、 O_L としては、固相-溶鋼界面で濃化した $[O]$ 、あるいは、ガス-溶鋼界面での酸素分布、バルクの酸素などをふくめて、簡便法によりもとめたものである。

したがってこの値は、バルクの酸素よりも高目になっているから当然、凝固界面に濃化した酸素も、気泡生成の driving force になっていることは、否定できない。

なお、指摘のごとく凝固の進行中のバルクの酸素濃度の変化は鋼塊頭部が凝固してしまうので試料採取ができず分析調査していないが、参考までに、セミキルド鋼よりもバルクの酸素の高いリムド鋼の場合でバルクの酸素が CO 気泡発生 of driving force になる場合と逆に、濃化した酸素が、driving force になる場合とがあることをみとめている。

講演：リムド鋼の凝固に関する 2, 3 の考察*

神鋼中研 菅野五郎・理博工博 成田貴一
富田昭津・工博 森 隆資

【質問】 富士広畑 浅野 鋼一

(10)式にしたがつて、 MnO になる Mn 量を計算される訳であるがその場合左辺の $C_{(Mn)S}$ は実測値をそのまま用いて計算されるものと解釈したが、リムド鋼のボトム部では、 MnO 濃度が 0.05% にも達することがある。 $C_{(Mn)S}$ に測定値を用いることはこの MnO も固体中の Mn として(10)式に入る可能性があり、したがって MnO になる Mn の濃度に誤差が生ずるものと思われる。やはり、NILLES, 松野, 大久保らが発表しているように酸素の濃化も併せて考え、凝固前面ではこれらの間に平衡関係が成立するとして、式を連立させて解くべきかと考えるが、この点については、いかがであろうか。

【回答】

指摘されたように一般的には MnO 量に対する補正が必要である。ところが本実験鋼塊の場合、ヨウ素・アルコール法によつて定量したスキンおよびリム層中の MnO 量は $0.0055 \sim 0.0178\%$ の範囲であり、 Mn 量に換算しても 0.0138% 以下である。なお本研究における凝固ならびに偏析現象の計算に使用した鋼塊の各位置における MnO 量の Mn 換算値はいずれも 0.01% 以下であり、

* 昭和42年10月本会講演大会討論会にて発表
鉄と鋼: 53 (1967) 10, S 507~510
鉄と鋼: 54 (1968) 8, p. 876~897

一方本鋼塊の Mn 量 (Σ) は K1, K2 および K3 鋼塊では $0.25 \sim 0.26$, K4, K5 および K6 鋼塊では $0.37 \sim 0.39\%$ であり、この Mn 量に比べて MnO 量の Mn 換算値は非常に小さく、 Mn 分析の誤差範囲に入るので無視することにした。

また一般にリムド鋼のリム層中における MnO 量は NILLES の論文¹⁾の Fig. 7 の説明にもあるように、スキンからリム層にかけて凝固速度がおそくなつてくると、溶鋼のリミングによつて MnO などの酸化物が洗い流されるため、 Mn 分析値も若干低くなっている。事実基礎共用研究²⁾における各社の実験結果をみても、リム層中の MnO 量は鋼塊内の他のどの部分よりも低くなっている。なお本研究では本文中に述べたように、リミング作用の比較的弱い鋼塊の最低部は凝固面の位置を正確に決定しがたいという理由で計算の対象にとりあげていないので(この場合でも上記のように Mn 補正値は約 0.014% 以下である)、本研究の結論には大きな誤りはないと考えられる。

しかしながら実用鋼では MnO 量が 0.05% 以上にも達する場合もあるといわれており、したがってこのような場合には当然熱力学的計算³⁾⁴⁾あるいは介在物分析によつて MnO 量の補正をおこなうことが必要である。ただ前者の補正法では凝固面付近で生成された MnO が完全に捕捉されるということが前提条件であるが、実際にはその何割が捕捉されるかが問題であり、後者の補正法では介在物分析法自体がまだ標準化されておらず、分析値に対する理論的な意義ならびに精度が問題となるであろう。

文 献

- 1) P. NILLES: J. Iron Steel Inst. 202 (1964), p. 601
- 2) 鉄鋼基礎共同研究会, 非金属介在物部会資料, (1966/1967)
- 3) 松野淳一, 岡野 忍: 鉄と鋼, 52 (1966), p. 1522
- 4) 大久保益太, 榎井 明, 佐藤秀樹, 三好俊吉: 学振 19 委資料 8352, (1965)

【質問】 八幡技研 谷沢 清人

1. リミングどきの反応量などを計算するためのデータとして、リミング中の残溶鋼の $C \cdot Mn \cdot O$ の分析を行なつたことと思うが、データがあれば提示願いたい。

貴データをみると、リミング中に残溶鋼中の C, O がともに減少する傾向のものも見受けられる。このことは $C-O$ 反応が凝固前面の C, O の濃化によつておこるとして、BURTON 式を用いて解析するには問題がある。筆者らも BURTON 式を用いて解析を行なつたが、この点についてその適用に疑問を持っている。何か考えがあれば教示いただきたい。

【回答】

リミング過程中における鋳型内溶鋼成分の分析値は示掲の Fig. 2(本誌 881 ページ参照) のとおりである。これらの分析値を用い、1 例として C の場合について凝固の進行に伴う溶鋼成分の濃度のとり方を説明する。Fig. 1 は Fig. 2 における C の分析値の 1 部 (K 5 鋼塊) を転載したものであり、鋳込完了後、一定時間ごとに鋳型内より溶鋼試料を採取して求めた分析値である。横軸の

下の尺度は計算に供した鋼塊の各位置について、凝固開始後の時間的経過に対応する各時点の凝固層の厚さを $x = K\sqrt{t} - C$ 式より計算してふりあてた尺度である。いま K 鋼塊の頭部から底部にかけてとつた高さの尺度 (図では A, B, C および D 部の中央部に相当する高さ) 上に、たとえば矢印で示したようにリム層の中心をとり、それより垂線を立てて溶鋼中の C 量を示す曲線との交点をとれば、リム層の中心部が凝固しつつある場合の溶鋼中の C の濃度を知ることができる。このような方法によって凝固の進行に対応する各時点の溶鋼成分 (C, Mn, O) の濃度を求めて計算に供した。

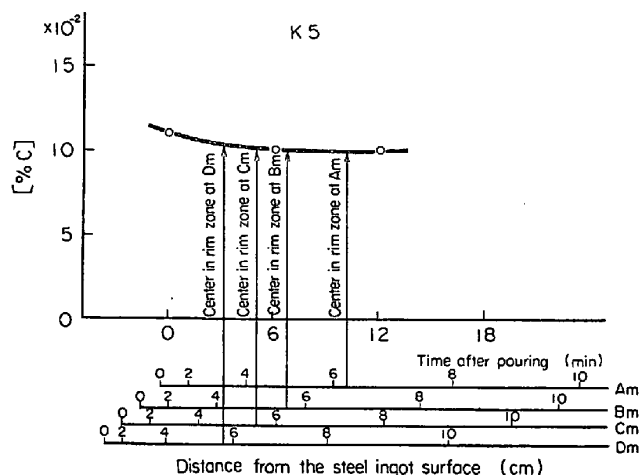


Fig. 1. Calibration diagram for carbon concentration in liquid steel in mould.

【座長】 なお δ と f との関係について、森氏、大久保氏の質問があるが、後に出てくる問題と関連して質問していただくこととする。

講演：大型鋼塊の横倒し凝固について*

川鉄千葉研 岡部俠児・小川治夫
松野淳一・岡野 忍

【質問】 富士広畑 浅野 鋼一

1) 逆V偏析線の生成原因の1つとして、側面から鋼塊内部に向かって成長する凝固殻先端の濃化層と底部に沈殿して生じた mushy zone 上面の交線を考えているが、一般に逆V偏析は鎮静鋼に特有の現象で未鎮静鋼、とくにリム鋼には認められない。未鎮静鋼塊にも、当然凝固殻先端濃化層と沈殿晶部との交線は存在するはずであるが、この点については、どのようにお考えか。

2) 逆V偏析線は1本の線ではなく、通常数本の線になって現われる。この現象についてはどのようにお考えか。

【回答】

1) 蓋打ちの前と後に分けて考えると、まず蓋打ち前では活発なリミングアクションにより凝固殻先端は絶え

ず洗われており、濃化層が存在しないので逆V偏析は発生しえない。次に蓋打ち後では、ガス発生がおさえられるにつれて残溶鋼の動きが弱まり、今まで残溶鋼中にサスペンドしていた自由品の沈降が促進されて mushy zone が急速に成長すると考えられる。このリム鋼での mushy zone の成長については、蓋打ち前でも大型鋼塊で注入後約 17 min 頃には mushy zone の高さが鋼塊高さの 30% 近くにも達するものがあるという報告¹⁾もあり、蓋打ち前にすでにかなりの量の mushy zone が形成されていると考えられるが、蓋打ち後に沈降する自由晶はこの既存の mushy zone の上にさらに積み重ねられることになり、結局、蓋打ちによって湯動きの衰えが始まると短時間の中に未凝固部分の大半が mushy zone によって占められるものと考えられる。この間にも凝固殻の成長は行なわれるが、初期にはまだ若干の湯動きが残り、かつ mushy zone の成長が非常に速いために、濃化層の発達が不十分であり、明りような逆V偏析はまだ現われないものと考えられる。最後に残されたのは上部の残溶鋼の部分であるが、この部分は範囲も狭く、普通の場合のような明確な形での沈殿現象による mushy zone の成長が行なわれるかどうか疑問であるが、一部にそのような Mushy zone の成長が行なわれて、凝固殻先端との間に濃化層が捕えられても、この部分の凝固殻先端では溶鋼内圧の変化に応じて、気泡の発生と変形とが随時繰り返されており、それにとらなつてその付近の濃化層は種々の気泡性偏析の形態をとって複雑に変化するために、単純な形での逆V偏析としては残らないものとする。

2) 一般にセミキルド鋼塊で逆V偏析線が1本しか現われない場合はよいとして、キルド鋼塊で多数の逆V偏析線が現われる場合にもその全部を1つの生成機構によって説明しようとは考えていない。その中には、セミキルド鋼塊について述べたのと同じ生成機構によるものが少なくとも1本は含まれているが、残りはその他の生成機構によるものであると考えてよいと思う。セミキルド鋼塊について述べたのと同様の生成機構によって2本以上の逆V偏析線が現われる可能性は次の2つの場合に対応考えられる。すなわち、(1) mushy zone の上面が曲面であり、この曲面の勾配が時間とともに変化し、ある限界を越えるとその部分に滑りが起こり、mushy zone 上面と凝固殻先端との交線が不連続的に縦方向に移動し、この移動後の交線が新しい逆V偏析線の起点となる場合と、(2) 凝固殻先端には凹凸があり、その一部の凸部の上に自由品の小堆積が生じ、これとここまで進んできた凝固殻先端との間に新しい交線が作られて逆V偏析線となる場合とである。しかし、(1)の場合によるとすれば、鋼塊の横断面では新しい逆V偏析線が元の偏析線と同心の輪の上に並ぶはずであるのに、実際には単なるスポット状に散在して現われるものが多いのはなぜかとか、また、(1)あるいは(2)のいずれの場合によるとしても、このようなことがセミキルド鋼ではなぜ起こらないかなどの疑問が残るわけで、結局、このような生成機構だけで多数の逆V偏析線を説明することには無理があると考えられる。同じ逆V偏析といても、その形態がいろいろ違っているように、その生成機構もそれぞれ違うのではないかと思う。

* 昭和42年10月本会講演大会討論会にて発表
鉄と鋼: 53 (1967) 10, S 511~514