

2) 熔湯中活性元素の酸化開始温度: 熔湯中には鉄の随伴元素として Mn, Si, Cr, V, Ti, Al 等が含有される。かかる場合の計算の規準は皆無であるので之等の元素が又単独に 熔湯中に 存在する 場合の 酸化開始温度 (前述の湯面模様生成開始温度) を次に考察して見た。今 C : a%, X (ある活性元素) : b% の場合の温度と酸素含有量の関係は Fig. 3 (a), (b), (c) の如くなる。

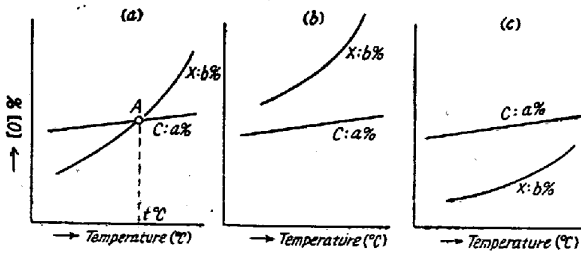
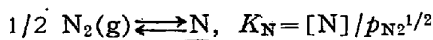


Fig. 3. Oxidation beginning temperature of active element in molten steel.

(a) の場合は両者の交点 A に相当する温度 t°C 以上では C の脱酸力が X の脱酸力に打克つ為 X は酸化しないが温度が t°C 以下となると逆に X の脱酸力が C の脱酸力に打克つ為 X が酸化し始める事となる。(b) の場合は温度が低下しても X の脱酸力が C の脱酸力より強力とならない為 X は酸化しない。又 (c) の場合は C の脱酸力が X の脱酸力より強力なる為高温時に X の酸化が開始するわけである。(a) の温度 t°C 以上の場合及び (b) の場合の如く X が C の上に来る場合は 熔湯中の C が X の酸化を防止する為窒素を使用しても X の酸化と云う点では普通法と何等差異が無い。逆に (a) の温度 t°C 以下の場合及び (c) の場合の如く X が C の下に来る場合は 熔湯中の C が X の酸化を防止しない為窒素を使用すると X の酸化が防止されるわけである。即ち窒素造塊法は低温鑄込の場合適用して有効な事が知られる。Fig. 4, 5, 6, 7, 8 (省略) の Mn, Si, Cr, V, Ti の酸化開始温度から脱酸力の強弱に従つて前記 Fig. 3 の各々の場合のあることが判らう。

3) 熔鉄の窒素吸収: 熔鉄の窒素吸収に就ては従来相当数のデータが文献に見られる。熔鉄の窒素吸収は次の平衡式によつて現わすことが出来る。



$$\therefore [N] = K_N p_{N_2}^{1/2} \dots \dots \dots (7)$$

斎藤, 川合, 栗野氏による熔鉄中窒素飽和値と温度との関係を引用すると (8) 式及び Table 6 の如くなる。

$$[N] = 1.4 \times 10^{-5} t + 1.66 \times 10^{-2} \dots \dots \dots (8)$$

(7) 式からも明らかなる如く普通造塊法を窒素造塊法としても窒素分圧の変化は大したものではないから (窒素

Table 6. Relation between nitrogen saturated value and temperature.

Temperature(°C)	1500°C	1550°C	1600°C
Nitrogen saturated value (%)	0.037 ₆	0.038 ₃	0.039 ₁

気流中 $p_{N_2} = 1 \text{ atm}$, 空气中 $p_{N_2} = 4/5 \text{ atm}$ 熔鉄中の窒素含有量はさして増加しないと想像されるが事実 Table 1 からも明らかなる如く窒素含有量は増加していない。

IV. 結 言

圧延後鋼塊表面状況, 表面下 (Sub-surface) 疵発生状況, 鋼塊内外部瓦斯分析 (酸素・窒素), 鋼塊内外部清浄度・結晶粒度, 鋼質に及ぼす窒素の影響の諸点に就て前報に引続き追加検討し窒素造塊法が普通造塊法に比し優れている事を知ると共に窒素造塊法を理論的に考察し鑄型内雰囲気による熔湯の酸化, 熔湯中活性元素の酸化開始温度, 熔鉄の窒素吸収の諸点を検討した。

(69) セミキルド鋼の脱酸と表面気泡とについて

Deoxidation of Semi-killed Steel and Sub-Surface Blow Holes of Ingots.

Takeshi Kato, et alii.

八幡製鉄所

工〇加藤 健・工今井 純一
木下 孝之・清水 正晴

I. 序 言

前大会に於て, セミキルド鋼に関する研究の一部として, 鋼塊の表面気泡の状況と鋼片の縦疵との関係について報告した。その際, 種々の気泡状況を得るべく, 脱酸度を広く変えた試験鋼塊を作つたわけであるが, 今回はこれ等の鋼塊の表面気泡の状況と脱酸度との関係について報告する。

II. 実験の範囲

対象とした鋼塊は 60 t 塩基性平炉で熔製された C = 0.16~0.25%, Mn = 0.37~0.54% の下広角型 4 t 鋼塊で, 取鍋においては Si のみ或は Al を併用して種々の程度の脱酸を行い, 鑄型に於ては試験鋼塊のみは全然 shot Al を加えていない。但しこの試験鋼塊と隣接する鑄型に注入され, shot Al によつて脱酸を調整した鋼塊

も比較のため一部調査対象とした。

これ等の鋼塊の一隅からコーナーサンプルを採取し、これを横断或は縦断して表面気泡状況を調査し、脱酸度との関連を検討した。

III. 実験結果とその検討

(1) 気泡発生に及ぼす脱酸度の影響

セミキルド鋼塊の上部には一般に表面近くに管状気泡が発生し勝ちであるが、脱酸度の弱い程その発生範囲は広く下部に及ぶ。(Fig. 1) この管状気泡の発生圏の高さ

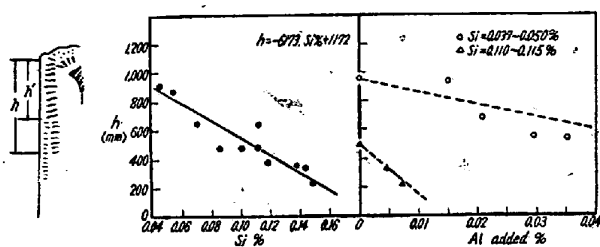


Fig. 1. Relation between the existence range of longitudinal blow holes and degree of deoxidation.

に相当する熔鋼の静圧に 1 atm を加えたものが、凝固時のガス発生圧であると考えられるから、これからガス発生圧に及ぼす脱酸度即ち CO 発生圧の影響する程度を知る事が出来る。それによれば、ガスを殆んど発生せぬ位の脱酸度に於ては CO 発生圧は全ガス発生圧の約 30% 位になる。

我々は以前にリムド鋼に関する実験で、成分を変化させて凝固時のガス発生量が少くなるにつれて、そのガス中の (CO+CO₂) % が減少する事を認めたが、その結果から殆んどガスを発生しなくなる場合を推定すると、全ガス中の (CO+CO₂) % は約 30% 位となり、上記の結果とよく一致する。又既知のデータから H₂, N₂ の発生圧を考えてもこの結果は首肯出来るものであると思われる。

(2) 脱酸度と表面気泡の数、大き及び位置との関係

セミキルド鋼塊には上記の管状気泡の他に、全面的に小さな表面気泡が発生し勝ちである。中央高さのコーナーサンプルによつて単位辺長当りの表面気泡数を調査した結果、脱酸度と極めて明確な関係が求められたが、(Fig. 2) この表面気泡を前回報告した如く分類して、肌より気泡迄の距離、気泡の平均長さ等を求めると、これ等も脱酸度との関係が認められ、脱酸度の強い程、表面気泡は小さく、少く、肌になくなる。

(3) 表面気泡生成の機構に関する若干の考察

脱酸度が弱く、従つてガス発生圧の大きい熔鋼が注入

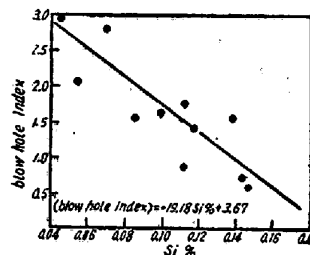


Fig. 2. Relation between degree of deoxidation and number of sub-surface blow holes.

され鑄型内壁に接触して凝固が始るとリミングアクションを生ずるために、ガスは逸散せしめられ、表面気泡は肌近くには現われない。しかし今の場合脱酸度が弱目といつても可成り脱酸されているので、注入が進んで湯面の高さが或程度高くなると、その静圧によつてリミングアクションは弱り、ガスは逸散せしめられずに気泡として残り、更に湯面が高くなると、ガスの発生が抑えられて気泡の生成も止む。この様にして表面気泡の位置が定るとすれば、脱酸度の弱いもの程気泡は肌から遠くなり、且つ長くなると考えられる。

この考えによれば、気泡の生成を抑制する静圧に相当する熔鋼の高さを注入するに要する時間内に凝固する厚さが、肌から気泡終点迄の距離となる事になる。気泡の生成が止まらずに管状気泡として引続き成長しておる範囲はコーナーサンプルによつて求められるから、これをもとにして計算によつて肌から気泡終点迄の距離を求める事が出来る。かくて求めた結果は実測値と直線関係を示すが実測値の方が小さい。凝固厚さの計算式そのものにも問題はあろうが、下注の場合には可成りよく一致するので、注入流の影響をも考えねばならぬようである。

(4) 鑄型に於ける脱酸の調整

セミキルド鋼では取鍋に於ける脱酸度が弱いと判定された時には、鑄型に於て注入末期に若干の shot Al が投入されるのが普通である。その量は最初に注入された一、二本の鋼塊の頭部状況を観察して定めておる。本試験では試験鋼塊以外の鋼塊は鑄型で shot Al によつて脱酸が調整されておるが、その使用された量は脱酸度(Si%), 或は管状気泡発生圏の高さと直線関係が認められる。(Fig. 3) 前回にも述べたように、この鑄型に於ける shot Al の使用によつて管状気泡の生成を防止する事は出来るが、表面気泡の生成をも防止せんとすれば、注入初期から shot Al を投入する必要がある。

しかしこの実験によつて shot Al 使用量と脱酸度、脱酸度と表面気泡位置、表面気泡位置と縦疵等々の関係が

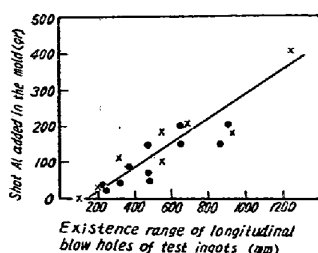


Fig. 3. Relation between the amount of shot Al added in the mold and the existence range of longitudinal blow holes of test ingots, no Al added in the mold.

明らかにされたので、実際に使用した shot Al の量から、爾後の均熱、圧延、手入れ作業の際の参考データが得られる。

(5) 表面気泡生成に及ぼす脱酸度以外の因子の影響

(i) 気泡発生に関して脱酸度の影響する度合から明らかのようにセミキルド鋼では脱酸度の他に H_2 , N_2 特に H_2 の気泡生成に關与する度合が大きい事を考えねばならない。

(ii) 一旦表面気泡の成長が止つてから再び管状気泡が発生する範囲が認められるが、これは偏析によつてガス発生圧が高まるためと考えられる。従つて管状気泡の発生を防止すべき脱酸度の方が表面気泡の発生を防止すべき脱酸度よりも若干強くあつて然るべきである。しかし本試験結果では殆んど大差ないので、表面気泡の発生には熔鋼のガス発生以外に何等かの要因が加わつていて考えられる。我々はそれは鑄型内壁の状況（主として塗料）であろうと推察している。

(iii) 表面気泡生成の機構に関する考察の結果から、表面気泡の生成には鑄型内における熔鋼の上昇速度も大きな影響を持つと共に鑄型温度、熔鋼温度も初期の凝固速度を通じて表面気泡の生成に影響する事が推察された。

(iv) 更に上注と下注の場合の表面気泡状況の差は熔鋼の鑄型内における上昇速度の相異のみならず、前者は注入流による攪拌があるに対し、後者は静かに熔鋼が上昇すると言う相違も影響を与えているのではないかと推察される。

(v) 鋼塊の底部のコーナーサンプルの表面気泡状況と脱酸度との関係は中央高さのそれに比して極めて不明確である。底部のコーナーサンプルでは splash による box の形成が認められ、これが表面気泡の生成に大きく影響しているためであると思われた。

IV. 結 論

(1) 表面気泡の発生、成長を熔鋼のガス発生圧と注入中の湯面上昇速度による熔鋼の静圧増加速度及び凝固速度等によつて説明し、定量的な検討によつて、その説明の正しい事を示した。

(2) 表面気泡の生成には脱酸度以外に影響する因子が多いが、注入の際の諸条件を一定とすれば、脱酸度の強い程表面気泡は小さく、少く肌になる事を示し、脱酸度との関係を定量的に示した。

(3) セミキルド鋼塊の凝固の際に発生するガス組成は脱酸度によつて異なるが、殆んどガスを発生しない位の脱酸度では CO 約 30%, H_2 約 60%, N_2 約 10% と推察した。

(4) 鑄型における脱酸調整のために使用された shot Al の量から表面気泡の状況を知り、爾後の工程の参考に供する事が出来る事を示した。

(5) 表面気泡の生成に及ぼす脱酸度以外の因子を明らかにした。

(70) セミキルド鋼の表面気泡と縦疵とについて (II)

(Sub-Surface Blow Holes of Semi-killed Steel Ingots and Seams of Products. (II))

Takeshi Kato, et alius

八幡製鉄所 工〇加藤 健・理修 森 久

I. 序 言

前大会に於て、セミキルド鋼塊の表面気泡と鋼片の縦疵との関係についての検討結果を報告したが、表面気泡状況調査のために試験鋼塊は必然的に冷塊とされる故、熱塊で送付する普通の作業の場合への適用に若干の疑義があつたので、気泡の酸化状況に関する実験を補足してその問題を解決し、更に縦疵の深さと気泡の大きさとの関係をも検討して、別報の脱酸度と表面気泡との関係と併せて縦疵調節のための脱酸度を明かにした。

II. 実 験

セミキルド鋼のビレットに径 2mm、深さ 2~8mm の人工気泡を穿孔して 0~6mm の径をしたもの及び鋼塊より採取したコーナーサンプルを鍛造用加熱炉 (C ガス) に入れ、 $1300^{\circ}C$ 、空気率 1.3 程度で 1.5~10 時間加熱し、スケールの出来方と気泡内の酸化状況を調べた。手動調節のため温度は $1300 \pm 20^{\circ}C$ 、空気率は $1.3 \pm$