

小さい。この事からもスケールオフによる気泡露出のための気泡底の酸化は余り大きくない事が推察され、同時にスケールオフ後の2mm位の長さの気泡も縦庇の原因となる事が推察される。

IV. 考 察

前報で冷塊とする場合は肌から3~4mm附近にある気泡が縦庇の原因として最も問題となるとの結論を得たが、以上の検討によつてこれは焼減り厚さが大略3~4mmである事を示す事になる。この程度の鋼塊の冷塊加熱の例から見て略々妥当の数字である。熱塊の場合には焼減り量は実秤或はスケールの厚さから測定して大体2~3mmである。従つて肌から2~3mm辺の気泡が庇の原因として最も問題となる事になる。

この事からセミキルド鋼の3つの型の限界が明になる。第1は表面気泡を肌から2mm以内にすする型で、脱酸度を強くするものであり、この場合別報を参照すれば鑄型に於けるshot Alの使用は殆んど不要である。パイプは必然的に大きくなる。第2の型は表面気泡を肌から3mm(安全度を考えれば4mm)より奥に発生せしめるもので、脱酸度は遙に弱くせねばならず、管状気泡の甚しい発生を防止するために鑄型でshot Alを可成りの量用いる必要がある。この使用量を適正にすれば、パイプは小さく出来る。第3の型は兩者の間であつて、若干のshot Alを鑄型で使用して脱酸を調節するもので、鋼片には若干の縦庇を生ずるが、鋼片の手入れ、再熱、或は成品迄の圧下率等によつて鋼片の若干の縦庇は問題とならないものである。

夫々の場合の脱酸度、shot Alの必要量、第3の型の場合の鋼片の庇の深さ等は別報を参照すれば明らかであり、又別報で考察した表面気泡生成の機構から考えて、夫々の場合のより有利な注入法も明らかであり、又夫々の型のより有利な均熱法も明らかである。これ等によつて夫々の作業法を確立し、又成品の要求、その工程からどの型とすべきかを考慮すれば、セミキルド鋼の応用分野も確立されるであろう。

V. 結 論

スケールオフに伴う表面気泡の酸化状況を検討して前報で求めた冷塊の場合の問題となる気泡位置を熱塊送付の普通作業の場合に適用する際の疑義を解決し、普通作業では肌から2~3mmの位置の気泡が最も問題となる事を示し、これからセミキルド鋼の3つの型の限界を確立し、別報と併せて夫々の型の作業法を確立して成品の

要求、工程との関係を明にし、セミキルド鋼の応用分野の確立に資した。

(71) アルゴン及び酸素の吹込による 熔鋼中の水素及び窒素の除去に ついて (II)

Elimination of Hydrogen and Nitrogen
in Molten Steel with Argon and Oxygen
Flushing (II)

Tatsuo Nakayama, et alii.

川崎製鉄株式会社、茸合工場

下山田正俊・森田 健一・今井 光雄・

○中山 竜夫・大井 浩

前報¹⁾に於て電気炉還元期のAr吹込が熔鋼の脱Hに有効なる事を述べたが、今回更に塩基性平炉に於けるAr及び高純度、低純度の酸素吹込の実験を行い熔鋼中のガスの挙動を調べた所、平炉に於ては鋼中のH、N含有量が電気炉と全く異なる傾向を示し、特にAr及び高純度酸素吹込が鋼浴の脱窒に極めて有効である事が認められたので、ここにまとめて報告する。

I. 実 験 概 要

実験に使用せるAr及びOはTable 1の如き純度である。

製鋼は35t塩基性平炉により燃料は発生炉ガスを使用した。鋼種は低炭素鋼(C=0.06%)に限定し大気湿度の影響を考慮して雨天の際は実験を避けた。酸素吹込精錬には各溶解毎に高純度又は低純度酸素を単独に使用し、両種の酸素の混用は行わず、又鉄鉱石は全く使用しなかつた。一方Ar吹込は鉄鉱石により脱炭を行い、C=0.10%以下になつてから実施した。酸素吹込は圧力7~10kg/cm²、流量6~8m³/mnで数回に分けて行つた。Arはボンベ入りを使用し、ボンベより直接吹込用パイプに連結し、1回4本宛2回計8本を吹込み、1本当り平均流量2m³/mnで4本で8m³/mnであつた。

精錬各時期にガス分析試料を採取し、NはJ. I. S.法による酸分解蒸溜法、Hは熔鋼より試料を急冷して採取し、急冷試料を水銀中に3日間放置し此の間に拡散放出されたガスは水銀上面に捕集し、マイクロオルザック装置で分析し、試料は更に錫熔融真空抽出法で分析した。

II. 実 験 結 果

Table I. Specification of gas flushing.

Gas	Gas composition			Gas Humidity H ₂ O(g/m ³)	Total flushing gas (m ³ /t)	Flushing time (mn)
	O (%)	Ar (%)	N (%)			
High purity oxygen	99.8	—	0.2	0.16	5~6	4~7
Low purity oxygen	90.2	—	9.8	2.8	"	"
Argon	—	99.98	0.02	0.11	0.7~1.4	2~3

(イ) Nの変化; Table 1 の 3 種のガス吹込による溶鋼中のNの変化の一例を Fig. 1-a に示す。精錬の進行と共に高純酸素によるものはNは漸減して0.002%に近づくのに比し、低純酸素によるものは減少せず、逆に出鋼前では0.0045%と増加の傾向を示し、両酸素間に顕著な差を示している。Ar吹込は0.7~1.4 m³/tの僅かの吹込量であったが0.0030より0.0023%と短時間に急速な減少を示している。

(ロ) Hの変化; Fig. 1-b に溶鋼中のHの変化の一例を示した。熔落時の0.0002~3%の低いH含有量より精

10 溶解平均H含有量 (低純酸素使用) 0.000443%
有意差の検定を行つて見ると、両種酸素間に95%の信頼度で有意差が認められ、湿分の低い高純酸素による方が鋼浴中のH含有量が低くなる事が示された。

III. 考 察

(イ) Nの溶解放出に就て; Nの溶鋼への溶解は一般に Sieverts によつて与えられた次式で示される。

$$1/2 N_2(\text{gas}) = [N] \dots\dots\dots (1)$$

$$K_N = [N]/P_N^{1/2} \dots\dots\dots (2)$$

(K_Nは1600°Cで0.04なる値が与えられている)

高純度酸素及び Ar による脱 N 機構として両者共に N₂ の含有量が極めて低いために吹込ガス気泡中に鋼浴に溶存するNが拡散放出されると考え、且つこの拡散が速かであつて溶存N濃度に対し上記平衡式で示された平衡に極めて近い値に迄気泡中のNが抽出増加してゆくと考えて気泡中に拡散されるN量を求めると次の微分方程式が得られた。

$$dx = (A - B/K_N^2 \cdot x^2) \times 10^{-4} dV \dots\dots\dots (3)$$

これを積分すれば

$$V = -1/\sqrt{AD} \coth^{-1}(\sqrt{D/A} \cdot x) + c' \dots\dots\dots (4)$$

但し x: 鋼浴N含有%, V: ガス吹込量 m³/t, A: 吹込ガス中の N₂ 含有量 g/m³, B: N₂ 標準状態 1 m³ の重量 g, D = B/K_N², c': 積分恒数

(4) 式を高純酸素吹込の時 A = 2.86, 初期条件 V = 0 のとき x = 0.0035 の場合に就き解けば

$$x = 0.00191 \coth(0.150 V + 0.615) \dots\dots\dots (5)$$

Ar 吹込の A = 0.286, 初期条件 V = 0 のとき x = 0.0030 の場合に就て解けば次の如くなる。

$$x = 0.000605 \coth(0.0474 V + 0.205) \dots\dots\dots (6)$$

高純酸素吹込の場合を図示すると Fig. 2-a の如き極限值 N = 0.00191% に無限に近づく双曲線函数で実際の精錬中のN含有量を酸素吹込量に対しプロットするとサンプリング・ガス分析によるデータのバラツキを考慮に入れると概ね良く一致している。図より 4~5 m³/t 迄の吹込がNの顕著な下降を示す事がわかり Fig. 1-a に

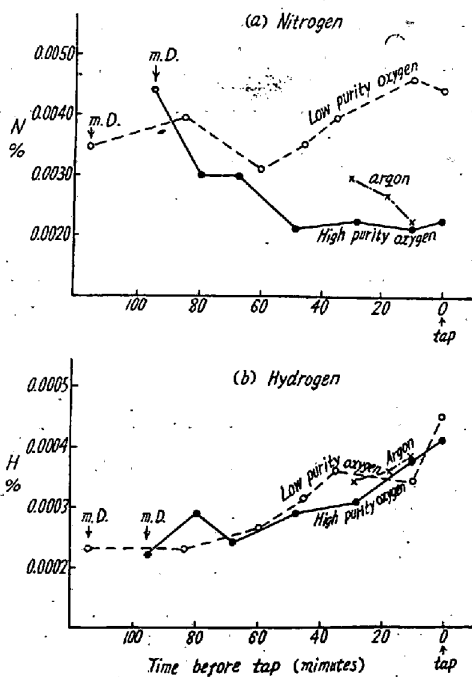


Fig. 1. Variation of nitrogen and hydrogen in molten steel during refining process.

錬の進行につれて 0.0004% 前後迄増加し湿分の極めて低い高純酸素及び Ar 吹込によるHの減少は認められなかつた。低純酸素と高純酸素の湿分は Table 1 の如く著しい差があり、両者の吹込により鋼浴のH含有量に影響がある事が予期されるので両酸素使用の各 10 溶解に就き精錬末期のH含有量の測定比較を行つた。

10 溶解平均H含有量 (高純酸素使用) 0.000389%

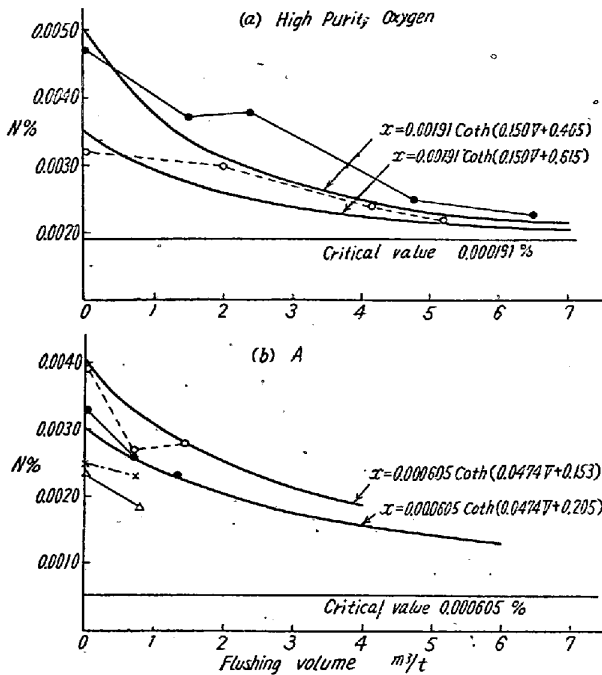


Fig. 2. Relations between flushing volume and nitrogen content in molten steel.

も良く合っている。又脱N限界線が吹込酸素中の0.2%の N_2 によって決定づけられる事が示されている。Ar吹込の場合はFig. 2-bに曲線及び実際のデータをプロットしたが、前図と比較して曲線の著しい下降、低い脱N限界及び分析値と計算の曲線がほぼ一致している事が認められAr吹込が吹込量の少いに不拘有効なる点をよく示している。以上の両ガス吹込実験の成績より前述の脱N機構が概ね妥当な如く判断される。

(ii) Hの溶解放出に就て；前報の経験よりH溶存量はガス吹込の激しい沸騰による減少を期待したがFig. 1-bに示す如く精錬の進行と共に漸次増加を示し、減少は認められなかつた。しかし精錬状況を観察するに鋼浴の沸騰は脱炭の激しいときは活潑であるがCが低くなれば漸次弱くなる。鋼浴の沸騰の強弱は脱炭速度で表現出来ると考えらるので、H含有量と脱炭速度の関係を求めるとFig. 3の如く明かな直線関係を示し、相関係数を求めると信頼度99%の高い相関性が得られ、Hの増加は脱炭速度の減少と共に起る事が解る。平炉に於ては電気炉と異り熱料ガス中の H_2 、 CH_4 の燃焼のため雰囲気中の H_2 分圧が約0.1 atmで大気温度より可成り高くこれが沸騰の減少と共にHの増加を示す原因であろう。

IV. 結 語

塩基性平炉の鋼浴にAr、高純酸素及び低純酸素を吹込みN及びHの溶解量の変化を調べた所次の如き結果が得られた。

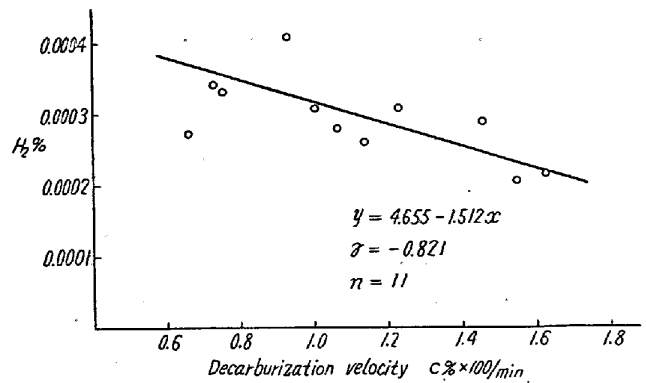


Fig. 3. Relations between decarburization velocity and hydrogen content in molten steel.

i) Nの溶解放出に就て

① $N=0.003\sim 4\%$ の鋼浴に $5.4\text{ m}^3/\text{t}$ の酸素吹込により高純酸素は $N=0.002\%$ 迄減少し、低純酸素は $N=0.0045\%$ に増加した。

② Arは $2\text{ m}^3/\text{t}$ の吹込で $N=0.0030\%$ より 0.0023% 迄減少した。

③ 脱N機構を吹込気泡中の N_2 分圧と鋼浴中に溶存するN濃度との間の平衡成立による気泡への拡散抽出によると考えて、Ar、高純酸素吹込による脱N量がガス吹込量に対し双曲線函数で示される事を示し、実測値と良好な一致が認められた。

ii) Hの溶解放出に就いて

④ 鋼浴H含有量は何れのガスを吹込んで精錬の進行と共に増加し $H=0.00023\%$ より 0.0004% に達している。

⑤ H含有量の増加は脱炭速度と明らかな相関を有し脱炭速度の減少と共にH含有量は増加し、これは鋼浴の沸騰の減少のためと考えられる。

⑥ 湿分の少い高純酸素吹込の方が湿分の多い低純酸素吹込より精錬末期のH溶解量は低い値が得られた。

以上の結果より合理的に気泡の少い鎮静良好な健全なる鋼塊を製造出来る事が期待される。

文 献

- 1) 今井, 中山, 大井: 鉄と鋼 41 (1955) 9, 1033~34