

Fig. 3. Influence of double blow on furnace [N] %.

倒炉、排滓するとき、炉中に外気が侵入することにより P_{N_2} が増加し、[N] が増加している。低窒素鋼を望むときには（ことに終点附近での）二重吹練法は好ましくない。

炉体の寿命と[N]の関係は炉体回数が新しい間は[N]は大幅にバラついているが、炉体が古くなるにしたがいほとんど一定の値になっている。これは吹練条件のほか鋼浴の形状、炉体プロフィールなどとも関連があるものであろう。

IV. 出鋼から造塊にいたる窒素の挙動

リムド鋼について出鋼から造塊にいたる [N] の変化を Fig. 4 に示す。鋼AおよびEは出鋼から造塊までの間にほとんど [N] は変化していないが、鋼Bは出鋼時若干 [N] が増加し、さらに造塊にいたって増加している。出鋼作業は直径約 110~150mm の出鋼口を用いて約 2~6mm 間で 50 t の溶鋼を出鋼し、その際添加剤として Mn 剤のほか若干の Al および加炭剤を加えている。鋼AおよびCに比較すると鋼Bは造塊までの増加量 $\Delta[N]$ が大であるが、これは作業上の条件による差は見られず、両者のリミングアクションの状況の差によるのであろうと考えられる。終点 [C] は鋼B, A, Cの順に少なくなるので、鋼中 [O] はほぼこの逆の関係にあるといえる。このため溶鋼のポイリング、リミングアクションの driving force となる出鋼、造塊作業中の過剰 [O] の量が異なることになり、このため添加剤あるいは大気中よりの窒素吸収量が異なるものと考えられる。一般にリムド鋼では良好なリミングアクションによつて、純酸素転炉でえた低 [N] 値をそのまま鋼塊にまで受けつがせることができる。

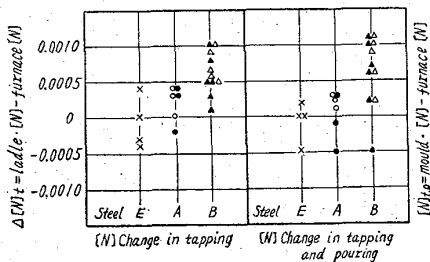


Fig. 4. [N] change from tapping to pouring. Mean ladle analysis; steel E, C 0.02 Mn 0.05, P 0.008; steel A, C 0.09 Mn 0.37, P 0.028 and steel B, C 0.17, Mn 0.41, P 0.024%.

キルド鋼においては添加剤と大気中から窒素を吸収し大幅に [N] が上昇する。添加剤について窒素含有量を調査したところ、中炭 Fe-Mn 0.01%, 低炭 Fe-Mn 0.005%, Fe-Si 0.004%, Si-Mn 0.006% 程度、これに対し加炭剤（石炭系、石油系とも）は約 1% 前後の値であつた。他の添加剤および大気中からの吸収は約 0.0015% であつたが、窒素が望ましくない材質においては大量加炭剤の使用は好ましくない。

V. 総 括

純酸素上吹き転炉において窒素は吹練中の激しい脱炭反応により、酸素中の P_{N_2} に対する平衡値以下にまで脱窒され、これは [O]、鋼浴温度、脱炭速度、炉体回数と密接な関係がある。リムド鋼は出鋼後もリミングアクションにより [N] はほとんどあるいは全然上昇しない。キルド鋼は添加剤および大気中から窒素を相当吸収する。

文 献

- 1) 三本木, 大谷: 学振19委, 6078 (1960)
- 2) H. SCHENCK, M. FROBERG u. H. GROF: Arch. Eisenhüttenw. 29 (1958) s. 673~676; Ibid. 30 (1959) s. 533~537
- 3) 的場, 笠松: 学振19委, 4510 (1957)

669,184,244.66 = 669,184,235.64 = 541,127

(91) 上吹転炉の脱炭速度に関する考察

62271 (脱炭反応の速度論的研究—VII)

住友金属工業和歌山製鉄所 1372~1374 理博○藤井 毅彦・浦 知

Rate of Decarbonization in the Oxygen Top-Blowing Process.

(Kinetics of decarbonization in molten steel—VII)

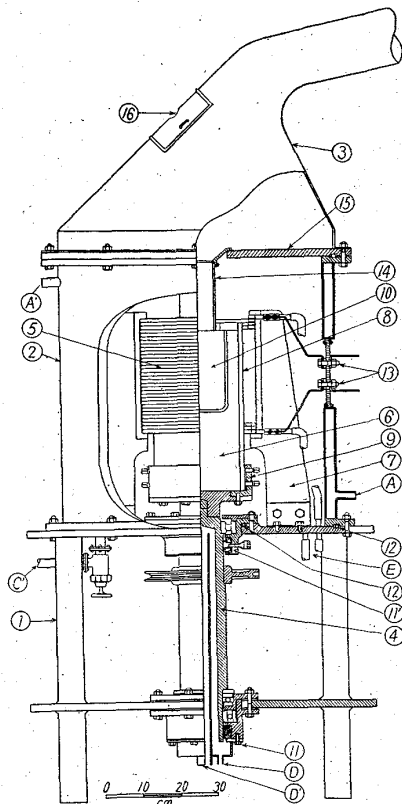
Dr. Takehiko FUJII and Shatoru URA.

I. 緒 言

上吹転炉の脱炭反応の解析は、その構造上直接脱炭反応を観察し、また精錬中連続的に試料を採取して検討することが不可能であるので極めて困難である。しかし、この機構を明らかにすることは上吹転炉の精錬においては最も重要なことであり、ことに脱炭反応と脱磷反応の関係を明らかにする上に最も必要なことである。従来 R. HAMMER, T. KOOTZ & J. SITTARD¹⁾; E. PLÖCKINGER, M. WAHLSTER, K. BOROWSKI & J. MAATSH²⁾ などにより定性的な研究が発表されているが、詳細な実験的研究は見あたらない。著者はさきに気相中に含有されている酸素と溶鋼中の炭素との脱炭反応の機構を解明したがその研究の一環として、純酸素の上吹吹精の実験を行なつて脱炭反応を速度論的に解析した。

II. 実験方法

溶解炉は Fig. 1 に示すように前報と同じ炉を使用した。すなわち水銀火花式 50kW 高周波発振機（周波数 15~30 kc）を使用した溶解重量最大約 20 kg の実験用高周波溶解炉である。



- | | |
|-----|-------------------------------------|
| No. | Part names |
| 16 | Window |
| 15 | Asbest sheet |
| 14 | Al ₂ O ₃ tube |
| 13 | Power joint |
| 12 | "Q" ring (rubber packing) |
| 11 | Oil seal |
| 11' | Oil seal (grease pressure) |
| 10 | MgO crucible |
| 9 | Bakelite disc |
| 8 | SiO ₂ tube |
| 7 | Coil supporter |
| 6 | MgO powder |
| 5 | Induction coil |
| 4 | Cooled driving steel shaft |
| 3 | Flue |
| 2 | Gas tighting steel shell |
| 1 | Steel frame |
| E | Water inlet and outlet for coil |
| D | Water inlet for the driving shaft |
| D' | Water outlet for the driving shaft |
| A | Water inlet for shell cooling |
| A' | Water outlet for shell cooling |

Fig. 1. High-frequency induction furnace.

坩堝は電融マグネシア坩堝 (外径 170φ, 内径 150φ, 内高 250) (10) を使用し, 加炭電解鉄 14 kg を溶解する。溶解後上方の窓 (16) より内径 20mmφ の銅製水冷ランスを突込んで純酸素を吹き込む。この純酸素は工業用のボンベから流量計, 圧力計を通して流量, 圧力一定の下に吹き込んだ。

最初の酸素吹込前に溶鋼試料を採取し, 温度の測定を行なつてから, 酸素をそれぞれの流量で 4mn 吹き込む。そしてさらにつぎの 1mn の間に試料採取と温度の測定を行なう。これを交互に繰返して合計 70~80mn の吹精を行なつた。その間酸素の吹込によつて溶銑の温度は上昇するが, 溶解量は 14 kg の少量で周囲よりの冷却の方が速みやかであるので, 高周波の電力はかけたまま実験を行なつた。ただ温度の上昇速度が異ると脱炭反応も異なるので, 各溶解とも吹精始めの温度を 1450°C とし温度の上昇速度を 10°C /mn に一定するように電力を調節して溶解を行なつた。

試料の採取は内径 8mmφ の silica tube の途中に穴をあけ, そこから溶鋼を入れて Al でキルして採取した。採取した試料は徐冷したのち分析試料を採取し, C の分析を行なつた。また温度の測定は Pt-Pr の熱電対を使用し, 電子管式自動温度記録計で記録した。

III. 吹精条件

ノズル径 20mmφ の銅製水冷ランスを使用して溶銑面より 20mm; 90mm の位置より上吹吹精を行ない, さらに内径 3mmφ の石英管を使用して溶銑内へ約 20mm 突込んで吹精を行なつた。吹精の際の酸素ガス流量は 5, 10, 20 l /mn である。本実験の上吹吹精の際の条件を明らかにするために水を使用した模型実験を行い, 計算式³⁾より羽口での噴出圧力, jet 先端の浴面に与える圧力, 羽口での噴出速度を計算した。その結果は Table 1 に示すとおりである。

IV. 実験結果

Fig. 2 に羽口を溶銑内へ 20mm 突込んで吹精を行なつた場合, 羽口を溶銑面より 20, 90mm の距離において上吹吹精を行つた場合の脱炭曲線を示す。実験に使用した溶銑はまず電解鉄を 14 kg 溶解し, それに加炭を行なつて吹精始めの C 量を約 2.5% に調節したものであり, また吹精始めの温度は 1450°C に, 溶銑温度の上昇速度は 10°C /mn にほぼ一定して実験を行なつた。なお吹精最初の溶銑重量は 14 kg であるが吹精につれて重量が減少するから, Fig. 2 の Total C 量は重量減を補正して計算したものである。この脱炭曲線より脱炭速度を

Table 1. Conditions of oxygen top-blowing.

		O ₂ flow l /mn			5		10		20	
		h mm		20	90	20	90	20	90	
P	mmHg			762.5	762.5	768.5	768.5	800.0	800.0	
L	mm			7	0	11	1.5	26	7	
Jet pressure at the nozzle	kg/cm ²			1.036	1.036	1.045	1.045	1.088	1.088	
Jet pressure on the metal surface	kg/cm ²			0.465	0.033	0.495	0.034	0.515	0.035	
Jet velocity at the nozzle	m/sec.			21.431	19.198	32.834	33.599	70.366	76.993	

h : Distance from the nozzle to the metal surface P : Pressure at the gauge
L : Depth of cavity at the metal surface

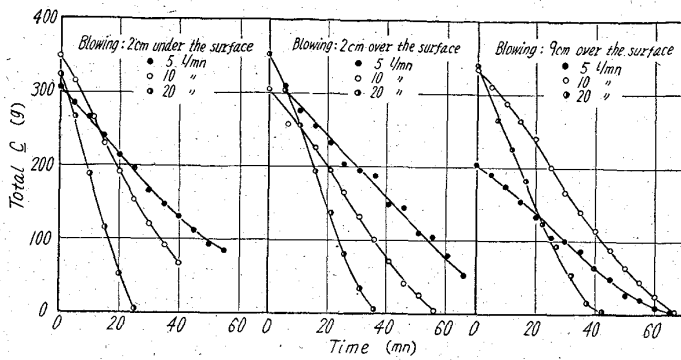


Fig. 2. Change of total carbon removal under various blowing conditions in a high-frequency induction furnace.

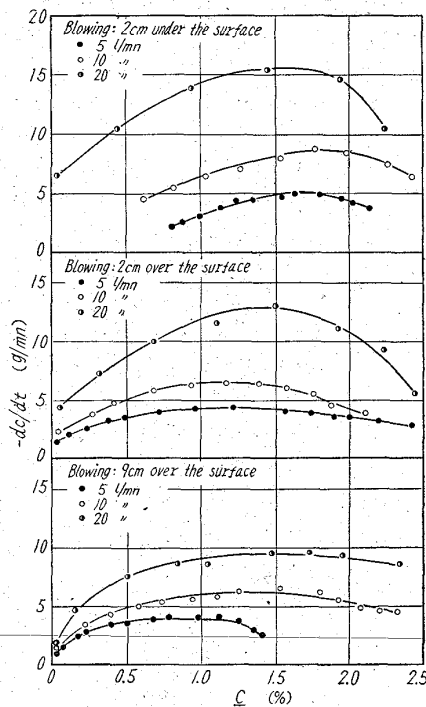


Fig. 3. Relation between the total rates of decarbonization and the carbon contents under various blowing conditions in a high-frequency induction furnace.

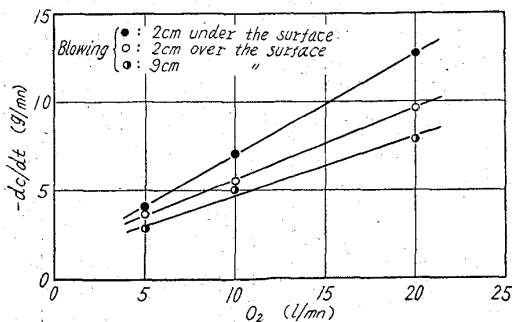


Fig. 4. Relation between the average rates of decarbonization and oxygen flows under various blowing conditions in a high-frequency induction furnace.

計算し、 $C\%$ と脱炭速度の関係を示すと Fig. 3のとおりである。すなわち酸素流量が 5, 10, 20 l/mn と増加するにつれて、脱炭速度が上昇するのは勿論であるが、羽口が溶鋼面に近づくにつれて脱炭速度は大きくなり、ランスを溶鋼内へ突込むことによりさらに脱炭速度は上昇する。このことは全溶解時間の平均脱炭速度と酸素流量との関係を示した Fig. 4 にも明らかに示されている。

つぎに注目すべきことは、Fig. 3 において $C\%$ と脱炭速度との関係を示す曲線の彎曲度が、羽口が溶鋼面に近づくにつれて大きくなり、突込み吹精によつて最も大きくなることである。さきに報告した気相酸素と溶鋼中の炭素との反応においては、脱炭反応は主として自由表面において、気相から侵入した酸素が C と反応して、直ちに CO として再び気相に帰ることにあり、 C の到達速度が大なるときは、脱炭反応は気相酸素の到達速度で決まり、 C の到達速度が小なるときは、速度は C の到達速度で決まることが判明した。そして $C:0.15\%$ を境としてそれ以上では脱炭速度は C 濃度に無関係に一定であり、それ以下では C 濃度に比例して減少した。上吹吹精の場合は気相に酸素が含有されている場合に比較して酸素の到達速度は極めて大であるから、 C 濃度に無関係に脱炭速度が一定である領域は存在しない。ただ羽口から溶鋼面までの距離が大きくなり、酸素流量が小さくなると、比較的気相酸素との反応に近ずき、 $-dc/dt-C$ の関係は直線に近づく。しかし酸素流量が多くなると曲線の彎曲度は大きくなり、また同一流量でも羽口が溶鋼に近づくにつれて彎曲度は上昇する。なおこの曲線の高炭素領域における下降は、溶鋼温度の不足による C 到達速度の不足に原因するものと考えられる。

なお上吹吹精の脱炭反応の機構では吹精により鉄の jet が生成され、それが直接酸素と結合して FeO 滴を生成し、この FeO 滴が溶鋼への酸素運搬の役をするなどのことが考えられるが、これらの詳細な考察は後にゆずることとする。

V. 結 言

上吹吹精の脱炭反応を実験炉により検討した結果つぎのことが判明した。

1) 上吹吹精の脱炭反応は気相酸素との反応の場合と異なり、 C 濃度にかかわらず脱炭速度が一定である領域は存在しない。これは吹精により酸素の溶鋼への到達速度が増大することによるものである。

2) したがつて $-dc/dt-C$ 曲線は彎曲を示すが、この彎曲度は酸素流量が大きくなり、羽口が溶鋼面に近づくにつれて増大し、突込みの場合最大となる。そして脱炭速度がこれらの条件とともに増大することは勿論である。

文 献

- 1) R. HAMMER, T. KOOTZ u. J. SITTARD: Stahl u Eisen, 77 (1957), P. 1303
- 2) E. PLÖCKINGER, M. WAHLSTER u. K. BOROWSKI u. J. MAATSCH: Stahl u Eisen, 80 (1960), P. 1477
- 3) 武田喜三: 純酸素転炉法の研究, 京都大学学位論文