

UDC 669.18.046.564-982 : 669.18.046.554-982 : 669.14.018.8 : 669.15'26-194.3 : 669.046.585.7

技術報告

VOD における溶融 18Cr 鋼の合成スラグ処理*

長谷川 守 弘**・丸 橋 茂 昭***

Synthetic Slag Refining of 18Cr Steel in VOD

Morihiro HASEGAWA and Shigeaki MARUHASHI

Synopsis:

Operation results of refining the stainless steel melt with synthetic slag in combination with vacuum treatment in VOD are presented. The final oxygen content decreased to lower level than that obtained with simple vacuum treatment, and was lowered by increasing slag basicity, depending on carbon content. The metallurgical factor that played the most important role in lowering oxygen level was the increased power of Si deoxidation that was resulted from the reduced silica activity in slag phase. The amount of extracted oxide inclusion was lowered by the synthetic slag refining in vacuum. As a result the surface quality of the sheet was fairly improved.

1. 緒 言

ステンレス鋼の精錬法は、近年におけるその用途の拡大、需要増を背景にし、従来の電気炉法にかわり、より原価の低廉化と生産性あるいは品質の向上を可能ならしめるプロセスにその主流が移行しつつある。

これらの具体例としてはガス希釈脱炭法である AOD 法、Uddeholm 法、あるいは真空脱炭法である VOD 法 (Witten 法)、ASEA-SKF 法、VAD 法、および RH-OB 法などがあげられる。後者はさらに鋼浴の加熱手段を持つ ASEA-SKF 法、VAD 法と持たない VOD 法、RH-OB 法とに分けられるが、VOD 法、RH-OB 法は、温度低下を保障する手段を持たないという点で ASEA-SKF 法などに比べ、還元精錬の実施において不利とされている。すなわち ASEA-SKF 法においては取鍋内での造滓が可能であり、これにより脱硫や非金属介在物の除去が効果的に行なえる点が強調されて来た。

しかしながら VOD においても、温度保障という点から時間的な制約はあるものの、スラグを使用する還元精錬が不可能というわけではなく、事実各社において現実に実施されており^{1)~3)}、おのおの好結果を得ているようである。

以下においては、スラグを用いた還元精錬を併用する VOD 法の実施例を紹介する。

2. 操 業 方 法

VOD における操業の概要を Fig. 1 に示す。前工程の 40 t 転炉より運ばれた取鍋 (40 t) は、真空容器内にセットされ、取鍋底部に装着したポーラス煉瓦より Ar ガスを導入し、溶鋼の攪拌を開始する。この際、サンプリング、測温を行なうとともに、所定量 (溶鋼重量の 1.0~1.5%) の造滓剤 (CaO) を添加する。ついで容器内の排気を開始し、雰囲気圧が低下したところで酸素吹精を開始する。酸素吹精の終了後、造滓剤 (CaF₂ または Al₂O₃、前者は CaO 量の 10%、後者は同 40~50%) を添加し、一定時間真空脱ガスを行なう。この時点でフェロシリコンなどの合金鉄を添加した後、さらに真空保持し、しかる後容器を開放する。サンプリングと測温を行なつた後、脱酸剤を添加し、また、必要ならば冷却材を投入して温度調整を行ない、VOD における作業を終了する。

3. 操 業 結 果

取鍋内におけるスラグ精錬の効果が評価されるゆえんは、言うまでもなく鋼中の S と O とを極めて低値としうる点にある。このうち脱硫に関しては既に数多くの報告がなされており^{4)~7)}、スラグの塩基度の重要性、MgO、FeO および MnO の影響、あるいは鋼浴酸素レベルの影響が明らかにされている。一方脱酸に関しては C 脱酸

* 昭和 52 年 2 月 28 日受付 (Received Feb. 28, 1977)

** 日新製鋼(株)周南製鋼所 (Syūnan Works, Nisshin Steel Co., Ltd., 4976 Tomita Shinnanyo 746)

*** 日新製鋼(株)周南製鋼所 工博 (Syūnan Works, Nisshin Steel Co., Ltd.)

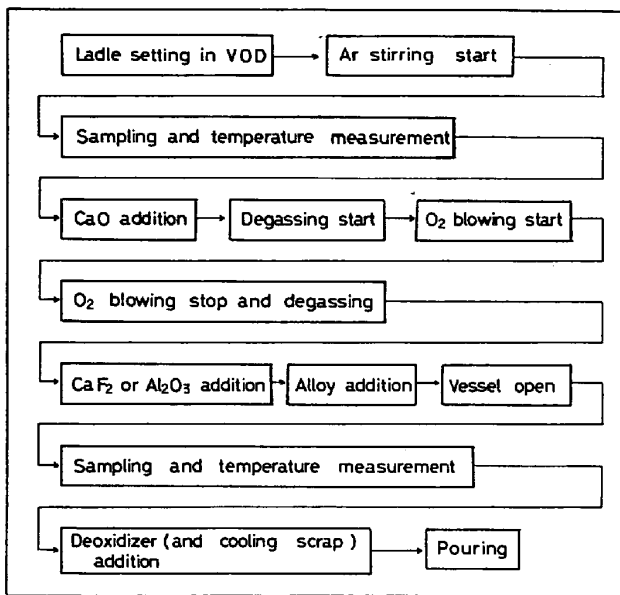


Fig. 1. Operation pattern in VOD.

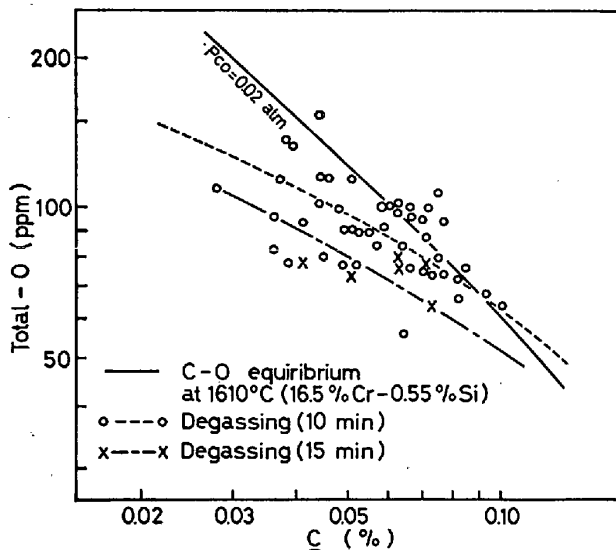


Fig. 2. Relation between carbon and oxygen contents after degassing.

後における C-O の関係⁸⁾, あるいは強制脱酸素速度に対する攪拌強度の重要性⁹⁾¹⁰⁾ についての報告はあるものの, C 脱酸素と強制脱酸素をどのように組み合わせるのが最も有利か (特に VOD のように温度低下と操業効率の点より処理時間に制約を受ける場合における上記の問題) に関して言及した報告は極めて少ないようである. 従つて, ここでは VOD におけるスラグ精錬の結果のうち, 脱酸素に関する結果を報告することにする. なお以下の報告は 18%Cr 級のフェライト系ステンレス鋼に限つた.

3.1 真空脱ガスの場合の到達酸素値

スラグ処理の場合における結果を述べる前に比較として, 造滓剤を添加せず真空脱ガスのみを行なつた場合に

おける到達酸素値を, Fig. 2 に示す. 酸素値が鋼浴温度に依存することが考えられるので, データは試料採取時の温度が $1610 \pm 10^\circ\text{C}$ のものに限つた. また, 図中の C-O 平衡の計算は, 下記の式および数値によつた.

$$\log K = \log P_{\text{CO}}/a_{\text{C}} \cdot a_{\text{O}} = 1160/T + 2.003 \dots\dots\dots (1)$$

$$e_{\text{C}}^{\text{O}} = -0.024^{12)}, e_{\text{O}}^{\text{C}} = 0.298^{11)}, e_{\text{O}}^{\text{O}} = -0.097^{12)},$$

$$e_{\text{O}}^{\text{Si}} = 0.10^{12)}, e_{\text{O}}^{\text{Cr}} = -0.421^{11)}, e_{\text{O}}^{\text{Fe}} = -0.17^{11)}$$

$$e_{\text{O}}^{\text{Si}} = -0.137^{11)}$$

$$\log f_{\text{O}}^{\text{O}} = (-200/T + 0.064 + 0.0003[\% \text{Cr}]) \cdot [\% \text{Cr}]^{13)}$$

図によれば, 脱ガス時間が 10 min, 15 min の場合とも, 到達酸素値は C に依存する傾向が認められる. しかしながら, 低 C 域においては C-O 平衡関係よりも, 低酸素側にずれてくる. また, 同一 C レベルで見ると, 酸素値のバラツキは大きい. これらの主たる原因は, 転炉スラグが不可避免的に混入することにあると思われる.

3.2 CaO-CaF₂ 系および CaO-Al₂O₃ 系のスラグ処理における到達酸素値の比較

Fig. 3, 4 に CaO-CaF₂ 系および CaO-Al₂O₃ 系の造滓剤を添加し, 減圧下で溶鋼を処理した場合の到達酸素値を示す.

これらの図によれば, 前者のスラグによる処理の場合には, 到達酸素値の C に対する依存性が, 真空脱ガスと比較し不明瞭となつている. しかし, 平均的には, 両スラグ処理における到達酸素値はほぼ同じであるといえる. また, 到達酸素値は, 真空脱ガスと比べ C=0.04~0.10% の範囲で平均して 20~35 ppm 低くなり, その

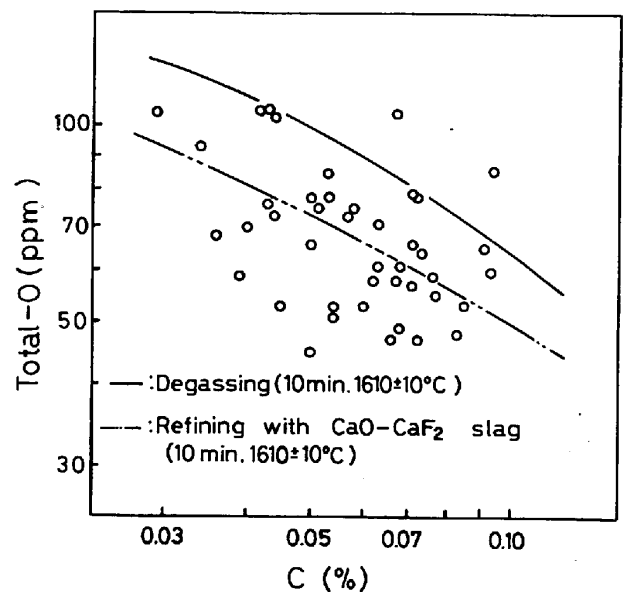


Fig. 3. Relation between carbon and oxygen contents after refining with CaO-CaF₂ slag.

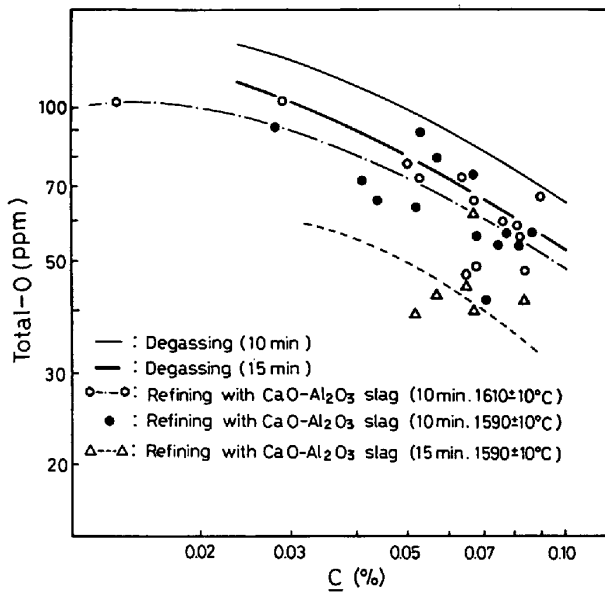


Fig. 4. Relation between carbon and oxygen contents after refining with CaO-Al₂O₃ slag.

差は低C域ほど大きくなるようである。さらに Fig. 4 によれば、スラグ処理のほうが処理時間延長の効果が著しい。

4. 考 察

Fig. 3, 4 に示したごとく、スラグ処理の場合の到達酸素値は真空脱ガスと比較的低値となるが、C に対する依存性はやや不明瞭となる。また、同一 C に対応する到達酸素値のバラツキは大きい。これらの理由につき考察する。

4.1 到達酸素値に影響する要因

酸素吹精後、取鍋内において生じていると考えられる脱酸に関連した現象は、次のとおりである。

- 1) 酸素吹精後の雰囲気圧の減少に伴う C 脱酸反応
- 2) 添加した Si と O との反応
- 3) 溶鋼中に懸濁している Cr 酸化物、FeO、MnO (以下、易還元性の酸化物と称する。) と C との反応
- 4) 懸濁易還元性酸化物と Si との反応
- 5) 酸素吹精時に懸濁していたスラグおよび易還元性酸化物の浮上、それらのスラグによる吸収・分離
- 6) ライニングの浸食と解離による酸素の侵入
- 7) スラグ中の易還元性酸化物と Si、C との反応
- 8) スラグの溶鋼への巻き込みと再浮上

ただし、3)、4)、7) 項の易還元性酸化物は、酸素吹精時に生成したもののみでなく、混入した転炉スラグ中のそれらも含むものである。

上記の各現象のうち、まず検討すべきは、Si の溶鋼中での均一溶解を前提とした 2) の反応の可能性、と思

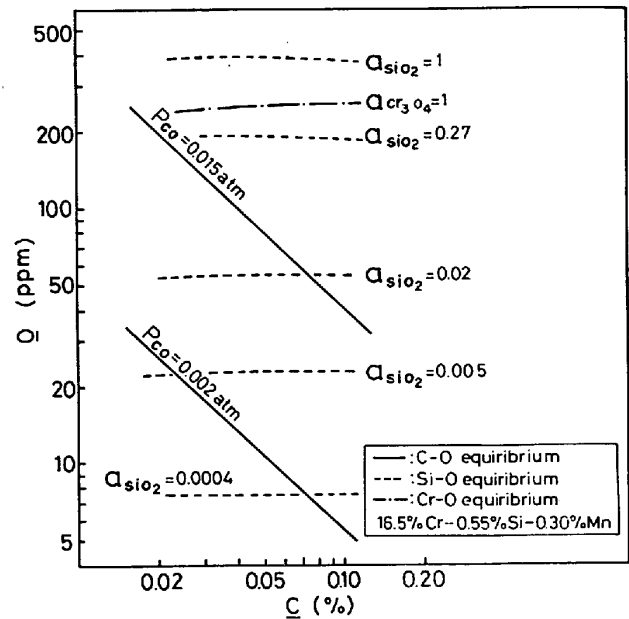


Fig. 5. Comparison of deoxidizing powers at 1610°C.

われる。

本操業において、Si は合金鉄として添加するが、(添加 Si 値=0.55~0.60%)、この合金鉄中には微量の Al と Ti が含まれており、それらが全量溶鋼中に入るとすると、それぞれ約 0.002%、0.001% となる。さらに溶鋼中にはスクラップからくる Mn が、約 0.30% 存在する。従つてこの場合の平衡脱酸生成物の a_{SiO_2} を、必ずしも 1 とすることはできないと考えられる。そこで、ここでは RAMACHANDRAN ら¹⁴⁾ の提案した方法により、 a_{SiO_2} の推定を行なつた。計算に用いた数値は下記のとおりである。

$$e_{Si}^O = 0.24^{12)}, e_{Si}^{Al} = 0.063^{12)}, e_{Al}^O = -1.81^{11)}, \\ e_{Ti}^O = -0.56^{12)}$$

計算結果は $a_{SiO_2} = 0.27$ となり、この場合、 $Si = 0.55\%$ と平衡する O は Fig. 5 に示すごとく約 200 ppm となる。ただし、Si-O 平衡の計算には次式を、また、 $a_{O \rightarrow Q}$ の計算には前述の数値を用いた。

$$\log K = \log a_{Si} \cdot a_{Si}^O / a_{SiO_2} = -30720/T + 11.76^{11)} \\ \dots\dots\dots (2)$$

この値は Si 添加前における全酸素の平均的なレベル (Fig. 6 参照) よりもやや高い。また、上記の a_{SiO_2} の計算では、Al と Ti の歩留を 100% とみなしたが、実際にはスラグとの反応により、歩留は悪くなると考えられる。これらのことより考え、溶鋼バルク内においては、その溶解時を除いて Si による脱酸反応は生じないと考えざるをえず、それゆえ、Si による脱酸は a_{SiO_2} の低いスラグの存在により、Si の脱酸能力が増大すること

Table 1. Slag composition (wt%)

		CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	MnO	FeO
A	(1)	19.0	8.8	15.9	1.9	34.0	3.2	12.7
	(2)	50.1	5.0	17.7	19.6	1.8	0.2	0.6
B	(1)	30.0	1.7	22.0	1.5	34.2	2.9	7.2
	(2)	46.4	5.7	18.8	16.7	2.5	0.2	1.0
C	(1)	28.9	2.5	19.0	1.9	34.5	2.5	6.7
	(2)	45.2	11.5	26.5	17.8	0.1	0.1	0.8
D	(1)	27.9	3.5	23.6	1.1	31.8	2.3	5.9
	(2)	36.6	7.5	16.6	20.5	1.9	0.1	0.6

(1) before VOD (2) after slag-refining

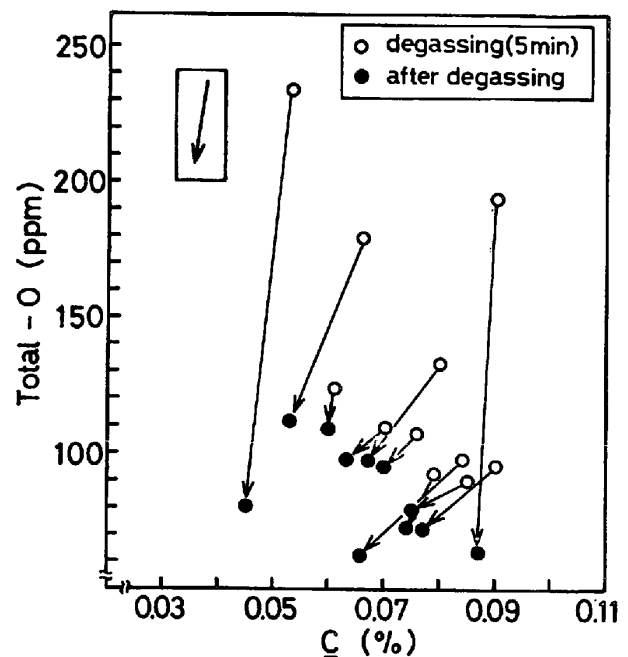
により進行するものと思われる。ちなみに、 a_{SiO_2} が異なる場合における Si-O の平衡関係の計算結果を Fig. 5 に示す。

本操業におけるスラグの組成はさまざまであるが、CHIPMAN らの研究結果¹⁵⁾から推定される a_{SiO_2} は 0.02 以下の場合が大部分であり、従つて、上記の機構による脱酸の可能性は十分に考えられる。

さらに、懸濁易還元性酸化物の Si による還元に関しては、FeO, MnO は容易に還元されると考えられ¹¹⁾、また、Cr 酸化物も、Fig. 5 に示した平衡 \bar{Q} 値より考え¹¹⁾¹²⁾、還元の可能性はあると思われる。

Fig. 5 に、酸素吹精終了時およびスラグ処理開始後 10 min の時点における雰囲気圧 (おのおの、約 0.015, 0.002 atm) に P_{CO} が等しいとした場合の C-O の関係を示す。 $P_{\text{CO}}=0.002$ atm の場合の平衡 \bar{Q} 値は、Fig. 3, 4 に示した実操業における到達酸素値より格段に低く、従つて、Si 添加後も含め C 脱酸は常に生じうるものと考えられる。また、Fig. 5 中の Cr-O 平衡との比較により明らかなごとく、懸濁した易還元性の酸化物も還元されるであろう。

Table 1 に、混入した転炉スラグ、およびスラグ処理開始後 10 min の時点におけるスラグ組成の一例を示す。この表により明らかなごとく、造滓剤の投入による希釈を考慮するまでもなく、スラグ中の易還元性酸化物の量は、後者においてきわめて低値となつている。このことは、スラグ中の易還元性酸化物と \bar{C} , $\bar{\text{Si}}$ との反応が生じていることを示すものである。さらに、スラグ中の MgO 量、は造滓剤による希釈を考慮するならば、明らかに増加しており、ライニングの浸食、あるいは解離による酸素の侵入のあることが推察される。Fig. 6 に、真空脱ガスの場合における \bar{C} と全酸素の挙動を示す。もし溶鋼への酸素の侵入がないならば、 \bar{C} と \bar{O} は化学量論的關係から、図中左上に記した方向へ向うべきであるが、

Fig. 6. Variation of \bar{C} and Total-O in degassing.

実際には化学量論的關係ほど、全酸素値が低下していない場合が多い。このことは、上記 6) 7) 項による酸素の侵入、あるいはスラグの巻き込みが生じていることを示すものと思われる。

最後に懸濁介在物あるいはスラグの浮上という点に関しては、実証は困難であるが、この現象が生じていることは疑いの余地はないであろう。

以上の検討により、この節の冒頭に記した 8 つの現象は、少なくともいずれもその可能性を否定しえないという結果になつた。

4.2 到達酸素値を支配する要因

前節の検討結果より、スラグ処理における全酸素の挙動に関しては、次のごとく考えることができる。

全酸素の除去量 = {(C 脱酸により除去された酸素量) + (Si 脱酸により除去された酸素量) + (懸濁介在物など

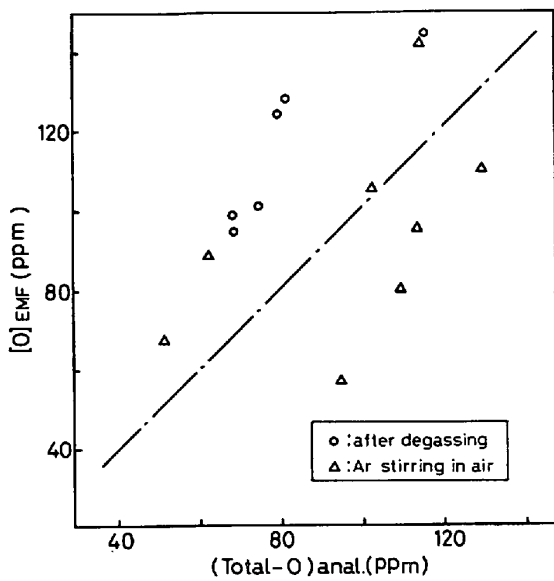


Fig. 7. Comparison of Total-O and desolved O after degassing.

の浮上による除去酸素量} - {(ライニングからの侵入酸素量) + (スラグからの侵入酸素量) + (スラグの巻き込みによる持込み酸素量)} …………… (3)

(3)式にもとづきスラグ処理と真空脱ガスとにおける到達酸素値の差違の理由を考えるならば、次の2点が指摘しうる。

A) 塩基度の高いスラグの存在が Si の脱酸力を増加せしめた。

B) 同じく、高塩基性スラグの存在が懸濁介在物の吸収・分離に効果があつた。

また、スラグ処理の場合における到達酸素値のバラツキの理由としては、Cr 含有量の相違のほかに(3)式右辺の各項がチャージにより異なることが考えられる。

Fig. 7 に真空脱ガス 10 min 後の溶解酸素値 (以下 $[O]_{EMF}$ と称する) を酸素濃淡電池 (商品名 Celox-Lo-Sonde) により測定した結果を示す。図中には大気中で Ar 攪拌を行なつた場合の $[O]_{EMF}$ と全酸素値の関係も並記した。なお、 $[O]_{EMF}$ は起電力の測定により求められる a_{O} より、前述の相互作用助係数を用い算出した。図によれば、真空脱ガス 10 min 後においては、 $[O]_{EMF}$ は全酸素値と良好に対応するが、 $[O]_{EMF}$ の方が全酸素値よりも高い。この理由は、酸素濃淡電池の固体電解質素子が装着されているシリカ管より、シリカが分解して Si 、 O の形で溶鋼中へ入り、この O が固体電解質付近の O に一部加算された結果と考えられる¹⁶⁾¹⁷⁾。いずれにせよ、 $[O]_{EMF}$ が全酸素値と良好に対応するという事は、少なくとも鋼浴中に介在物が少ないかもしくは一定の比率で存在することを意味するといえる。しかし、大気中

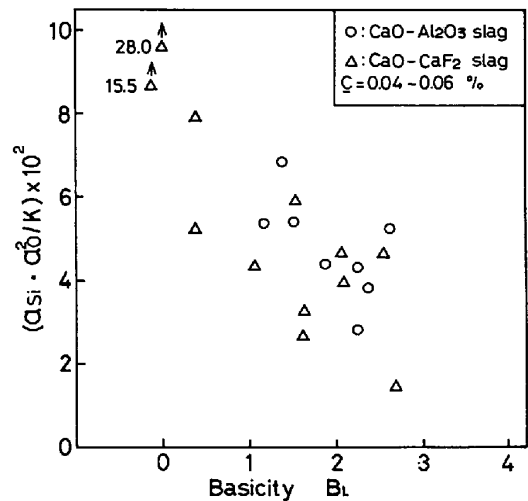


Fig. 8. Influence of slag basicity on solubility product of Si and O (in case of lower C content).

で Ar 攪拌を行なつた場合には $[O]_{EMF}$ と全酸素値の対応性が悪いことも考え合せると、後者の点は考えにくい。従つて脱ガス 10 min 後においては、介在物の浮上は十分に進行しているものと思われる。それゆえ、スラグ処理の効果の理由は前述の A) 項に帰しようといえる。

スラグ処理 10 min 後の Si と酸素の溶解度積とスラグの塩基度 B_L との関係を Fig. 8 に示す。横軸の塩基度 B_L は、 Al_2O_3 の両性酸化物的挙動を考慮し、森¹⁸⁾により提案されたものである。また縦軸は溶解度積に及ぼす鋼浴温度の影響を考え、 $Si-O$ 平衡定数 K を用いて補正した。図によれば、溶解度積がスラグの塩基度に依存する傾向が認められる。この結果はスラグ処理の効果の理由に関する前述の結論をさらに裏づけるものであるといえる。また到達酸素値のバラツキがスラグの塩基度の相違に起因することを示している。

さらに到達酸素値をばらつかせる要因として、スラグ中の易還元性酸化物の影響が考えられる。

Si 添加後における鋼浴酸素の挙動について平衡論的に考えるならば、スラグ中の SiO_2 および鋼浴中の Si 、 Mn 、および Cr の活量が一定とすると、スラグ中の易還元性酸化物の活量が大きなるほど、 O は低下しにくいと考えられる。そこで、易還元性酸化物の代表として (FeO) を選び、処理 10 min 後のスラグの N_{FeO} と a_{O} との間に対応があるかを調べた。ただし、本操業例のスラグ中の Fe の量が、 N_{FeO} に換算して、たかだか 0.04 と小さいゆえ、この範囲では $\gamma_{FeO} = \text{const.}$ とみなし、 a_{FeO} のかわりに N_{FeO} を用いた。結果を Fig. 9 に示す。図によれば a_{O} の N_{FeO} に対する依存性は認められない。

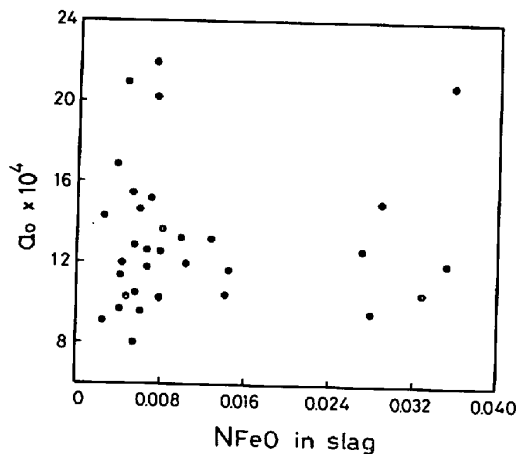


Fig. 9. Relation between a_3 and (N_{FeO}) in slag.

さらに、スラグからの酸素の侵入に関し、反応速度論的に考えてみる。今、鋼浴中の酸素と Si との反応を無視し、スラグおよび溶損ライニング中の易還元性酸化物の還元が、すべて Si により行なわれると仮定すると、鋼浴の Si 値 ($[\%Si]_{calc.}$) およびスラグ中の SiO_2 量 ($(\%SiO_2)_{calc.}$) は、次式により与えられる。

$$[\%Si]_{calc.} = 100(W_{SA} - W_{SL}) / W_M + [\%Si]_{BVD} \dots\dots\dots (4)$$

$$(\%SiO_2)_{calc.} = 100(W_{CN} \cdot X_{SO} + W_{LN} \cdot X_{SOL} + W_{SR}) / W_{LD} \dots\dots\dots (5)$$

ただし、 $[\%Si]_{BVD}$: 酸素吹精前の鋼浴の Si 値, W_{SA} : 添加 Si 量, W_{SL} : スラグおよび溶損ライニング中の易還元性酸化物の還元消費された Si 量, W_M : 溶鋼重量, W_{CN} : 混入した転炉スラグ量, W_{LN} : 溶損したライニングの量, W_{SR} : 生成した SiO_2 量, W_{LD} : スラグ処理 10 min 後のスラグ量, X_{SO} , X_{SOL} : 混入転炉スラグおよびライニングの SiO_2 分率

W_{CN} , W_{LD} , W_{LN} の推定は下記の方法によつた。

$$W_{CN} = (W_{LD} \cdot X_{CAL} - W_{CA} \cdot Y_{CA}) / X_{CA} \dots\dots\dots (6)$$

$$W_{LD} = W_{AL} \cdot Y_{AL} / X_{AL} \dots\dots\dots (7)$$

$$W_{LN} = (W_{LD} \cdot X_{MGL} - W_{CN} \cdot X_{MG}) / X_{MGLN} \dots\dots\dots (8)$$

ここに、 W_{AL} , W_{CA} : Al_2O_3 , CaO の添加量, X_{AL} , X_{CAL} , X_{MGL} : 処理 10 min 後のスラグの Al_2O_3 , CaO , および MgO 分率, X_{CA} , X_{MG} : 混入転炉スラグの CaO および MgO 分率, X_{MGLN} : ライニングの MgO 分率, Y_{AL} , Y_{CA} : Al_2O_3 , CaO の添加歩留。

Table 1 に示したスラグ組成を用い、計算した結果を分析値とともに、Table 2 に示す。ただし、 Al_2O_3 の添加歩留はその形状が粒状ゆえ、100% とし、 CaO の歩留は水分の存在や粉末のエジェクターによる吸引を考慮し、90% とした。計算 Si 値は、溶鋼重量やスラグ分析の誤差を考えると、分析値と比較的よい一致を示してお

Table 2. Calculation of $[\%Si]$ and $(\%SiO_2)$

	[% Si]		(% SiO ₂)	
	Calculated	Analysed	Calculated	Analysed
A	0.32	0.35	15.9	17.7
B	0.50	0.47	14.4	18.8
C	0.28	0.29	17.3	26.5
D	0.47	0.42	16.9	16.6

り、この結果より、スラグ中の易還元性酸化物の還元は大部分 Si により行なわれていることがいえる。

Si によるスラグ中の FeO , MnO , あるいは Cr 酸化物の還元に関しては、WAHLSTER ら¹⁹⁾, PEHLKE ら²⁰⁾²¹⁾, の研究がある。これらによれば、 FeO , MnO の還元はそれぞれメタル中の Si, Mn の拡散律速であり、また、 Cr 酸化物に関しては、 Cr^{+3} の還元はスラグ中の Cr^{+3} の拡散律速、 Cr^{+2} の還元は化学反応律速であるとしている。いずれにせよ、本操業条件のごとく、鋼浴の攪拌が比較的激しく行なわれている場合には、メタル側の拡散律速の場合でも、反応はスラグ-メタル界面近傍において生じていると考えられる。Fig. 9 の結果と上述の点を考えあわせると、スラグからの酸素の侵入は、到達酸素値を支配する主要な要因とはなっていないと考えられる。

さらに、ライニングからの酸素の侵入、あるいはスラグの巻き込みに関しては、主たる要因でないにせよ、それらがバラツキの原因となつていることは十分に考えられるものの、それを量的に評価することはできなかつた。この点は、今後の課題と考えている。

4.3 Si と C の脱酸力の比較

前述の Fig. 8 では、 $C = 0.04 \sim 0.06\%$ のチャージにつき、温度差違を考慮した、Si と酸素の溶解度積とスラグの塩基度との関係を調べ、前者の後者に対する依存性を認めた。一方、Fig. 10-(A), (B) は、 $C = 0.06 \sim 0.08\%$ のチャージに対し、同様の関係を調べた結果である。ただし、(A) は Fig. 8 と同様、チャージ間の温度の差違を考慮した場合、(B) は考慮しない場合である。

(A) の場合には、スラグの塩基度に対する依存性が認められないのに対し、(B) の場合には、やや不明瞭であるが依存性が現われてくる。この理由は、次のごとく理解される。前述の(1)および(2)式によれば、C-O 平衡の温度依存性は小さく、一方、Si-O 平衡のそれは大きい。しかるに、Fig. 5 により明らかなごとく、C が高いほど、Si に対する C の脱酸力は、相対的に大となる。従つて、両者による脱酸が同時に進行する場合、C が高

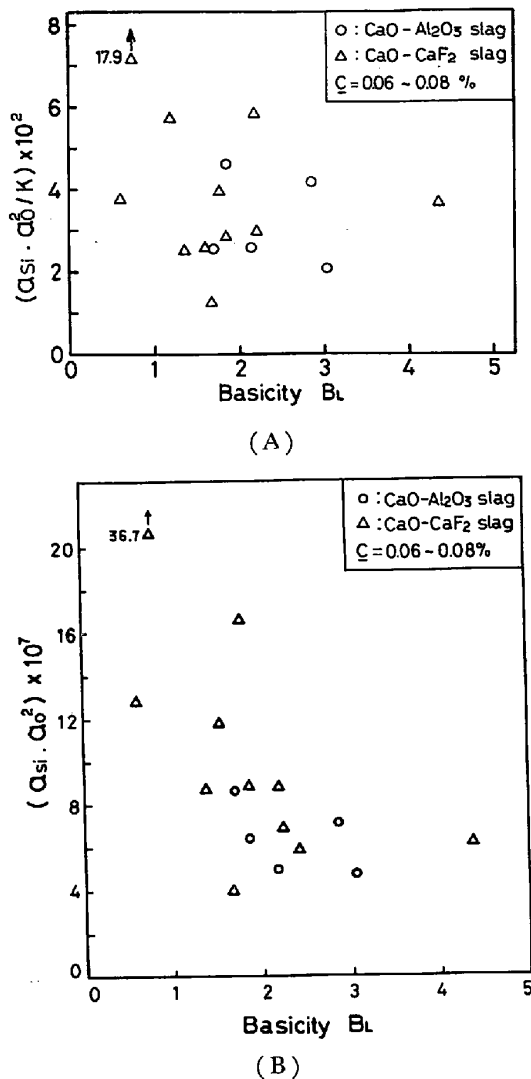


Fig. 10. Influence of slag basicity on solubility product of \underline{Si} and \underline{O} (in case of higher C content).

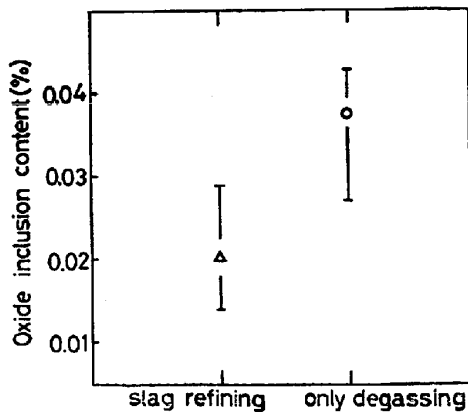


Fig. 11. Effect of deoxidation practice on amount of extracted inclusions.

いほど、鋼浴酸素値の温度依存性は不明瞭になると考えられる。さらに、Fig. 3, 4 において、全酸素値と C との関係が、高 C 域では比較的 C-O 平衡に近い傾向をと

る点も、上記の考え方により、説明しうる。

5. スラグ処理材の品質

Fig. 11 に、製品板のサンド分析の結果を示す。スラグ処理材のサンド量は、真空脱ガス材に比べ格段に低い。この結果と対応し、製品の品質の向上も著しい。例えば、鋼板における製鋼原因の表面疵による欠陥率は、従来と比較し、約 1/4 に低下している。

6. 結 言

VOD におけるステンレス溶鋼のスラグ処理について、脱酸に関する操業例を報告するとともに、操業結果について検討を加えた。さらに、製品の品質状況を紹介した。スラグ処理による製品品質の向上は著しいが、今後さらに、いつそうの品質向上に努める所存である。

文 献

- 1) 小谷良男, 池田隆果, 石原和雄, 阪根武良: 鉄と鋼, 61(1975)15, p. 3149
- 2) C. J. BINGEL and C. B. GRIFFITH: Elect. Furn. Proc., 30(1972), p. 51
- 3) H. G. BAUER and H. J. FLEISCHER: Int. Con. Metall., 4th (1974), p. 95
- 4) S. SATÉN and B. ÖHMAN: Clean steel, vol 1, p. 7 [材料技術資料センター]
- 5) 梶岡博幸, 梅沢一誠: 学振19委 9975(1976)
- 6) R. ROCCA, N. J. GRANT and J. CHIPMAN: Trans. Met. Soc. AIME, 191(1951), p. 319
- 7) 垣内博之, 広瀬充郎, 岩岡昭二: 鉄と鋼, 58(1972)11, S 411
- 8) 西岡武三郎, 江本寛治: 鉄と鋼, 60(1974)12, p. 1661
- 9) 中西恭二, 藤井徹也, 三原康雄, 岩岡昭二: 鉄と鋼, 59(1973)11, S 456
- 10) R. OLSSON: Clean steel, vol 1, p. 29 [材料技術資料センター]
- 11) 学振製鋼第19委員会編: 製鋼反応の推奨平衡値 (1968) [日刊工業新聞社]
- 12) J. F. ELIOTT and M. GLEISER: Thermochem. for steelmaking vol 2, p. 556
- 13) 坂尾 弘, 佐野幸吉: 学振19委 8357(1967)
- 14) R. A. WALSH, S. RAMACHANDRAN, and J. C. FULTON: Trans. Met. Soc. AIME, 227(1963), p. 1380
- 15) R. H. REIN and J. CHIPMAN: Trans. Met. Soc. AIME, 233(1965), p. 425
- 16) 山内 隆, 丸橋茂昭: 学振19委 9867(1975)
- 17) H. W. den HARTOG and B. SLANGEN: Ironmaking and Steelmaking, 3(1976)2, p. 64
- 18) 森 一美: 鉄と鋼, 46(1960)4, p. 446
- 19) K. KARL-HEINZ, H. ABRITS, H. MAAS, and M. WAHLSTER: Arch. Eisenhüttenw., 45(1974), p. 9
- 20) W. L. DAINES and R. D. PEHLKE: Trans. Met. Soc. AIME, 242(1968), p. 565
- 21) J. W. ROBISON and R. D. PEHLKE: Met. Trans., 5(1974), p. 1041