

Fig. 5. Variation of boundary layer thickness vs x.

(2) k の値については、実験に用いた凹面とほぼ同じ凹み形状となる操作条件での計算値と比較した所 0.9 前後の値となる。また放物面の仮定は、実験誤差を考慮してかなり妥当なものと思われる。

4. 計算結果と考察

$D=0.07$ [m] の場合の計算例を Fig. 3, 4, 5 に示す。Fig. 3 によれば、鋼浴の凹み全面積はランス高さを低くするほど、大となる傾向を示し、一方 P_0 の効果は非常に大きいことを示している。浸入深さも同様のことがいえ、タンク圧の変化は鋼浴の凹みの物理的形状に対して支配的な要素といえる。Fig. 4 は気液界面での乱れや鋼浴側の運動などの問題点を含むが、ランス高さに対してある一定の傾向が見られ、タンク圧により最適の高さが現われ、このことは最適操業への目安となる。またスピッチング現象などの鍵ともなる。Fig. 5 は境界層の厚さの変化を示した例であるが、 δ は凹みの最深部より吹き出されるにしたがい発達している。これは気液界面での熱および物質移動の解明の基礎となり、凹み周辺での温度分布、ガス流にそつての酸素濃度変化を知る手がかりとなるとと思われる。

文 献

- 1) G. C. SMITH: J. Metals, 18 (1966) 7, p. 846
- 2) 川上: 鉄と鋼, 51 (1965) 4, p. 706
- 3) 下間, 佐野: 鉄と鋼, 51 (1965) 10, p. 1909
- 4) 玉木: 流体力学, (1960), p. 40 [共立出版]
- 5) H. SCHLICHTING: Boundary Layer Theory (1955) p. 571 [McGraw hill Book Co.]

一 討 論

[質問] 住金和歌山 藤井毅彦

実際の転炉の場合には酸素流と鋼浴中の炭素の反応がおこり、その反応のために高温の反応熱が生成するわけであるが、これらをどのように計算にとり入れているか。

[回答]

今回の報告では噴流の作る鋼浴の凹み周辺での物理的なガスの挙動に着目し、界面で発生する反応熱については考慮していない。

[質問] 住金中技研 赤松経一

凹み形状の算出の場合

a) ガス吸収

b) 合成ガスの容量変化

の影響はどのような形で考えているか。

[回答]

ご指摘のように界面にそつたガスの流れは、反応吸収によつて、その流量や組成が変化していくが、この計算ではその変化をパラメータ α (α = ガス流の周囲ガスの巻込み + 反応による流量変化) に含めてあるが、実際の計算に当たつては反応による流量変化の効果は無視している。これらの計算は界面周辺での物質移動、熱移動現象の基礎となるもので、1での反応熱の移動現象、界面温度、2でのガス流量変化、ガス温度の変化、流量変化による凹み形状の変化については、第73回講演会の討論会にて発表する予定になつている。

669.189, 225, 666.763, 42
(129) マグドロクリンカーを原料とした
転炉用レンガについて

黒崎窯業

宮武和海・〇八木 琢夫

B.O.F. Lining Bricks Used of Mag-dolo
Clinker

Kazumi MIYATAKE and Takuo YAGI

1. 緒 言

転炉用炉材の損耗は、炉内における使用個所によつて若干その状態を異にするが、損耗の激しい部分ではスラグの侵食による溶損が大きな割合を占めている。転炉用炉材としてはドロマイトクリンカーとマグネシアクリンカーとを併用したタールボンドあるいはタール浸漬レンガが非常に多く使用されている。そしてスラグ侵食による溶損の激しい部分に対しては、マグネシアクリンカーの配合量を増すことによつて耐食性を向上させるといつた方法がとられており、かなりの効果もあげている。

しかしスラグの侵食についてさらに掘り下げて考えてみると、上記のようなレンガでは一個のレンガの中でドロマイトクリンカーの部分とマグネシアクリンカーの部分とでは、組成の違いにより損耗速度が異なると考えられる。すなわち大半が CaO であるドロマイトクリンカーの方がスラグと反応した場合には低融液の生成量が多く、溶損されやすいと考えられ、かつわが国のドロマイトは CaO 含有量が多いので一層不利である。このように考えると耐食性向上のためにマグネシアクリンカーの配合量を増しても、その効果が十分に発揮されているとはいえない。

そこでこのたびは水マグとドロマイトからマグドロクリンカーを合成し、転炉用炉材への使用をこころみた。マグドロクリンカーはマグネシア含有量を多くするとともに組織を均一にして耐食性を向上させることを第一の目的としたものであるが、さらに CaO が少なくしかも均一に分布していることから耐消化性の向上、および酸化鉄などが内部まで均一に分布していることから破碎使用の可能性も期待された。このような合成クリンカーは転炉用炉材の新しい原料として有望であると述べている文献もあり¹⁾、本試作においてはまだ製造コストが高く、その点が使用上の難点であるが、本試験結果からみても材質的にはすぐれていると考えられる。以下にマグドロク

Table 1. Illustration of properties of mag-dolo clinker.

MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃
64.96	30.90	1.81	1.06	0.41
Apparent density		Bulk density		Apparent porosity
3.31 gr/cm ³		3.22 gr/cm ³		2.6 %
Slaking tendency (after autoclave test-1 kg/cm ² × 2 hrs)				
Percentage of weight increase			Percentage of dusting	
0.38 %			4.47 %	

Table 2. Chemical composition of materials used for drain test

	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	P ₂ O ₅
Dolomite clinker	28.76	60.25	4.69	3.17	1.48	0.91	0.73
Magnesia clinker	99.69	0.81	0.34	2.29	0.83	0.04	—
LD converter slag	2.47	43.17	32.11	14.21	3.46	2.52	2.94

リンカーおよびそれを用いて製造したレンガの試用結果について報告する。

2. マグドロクリンカーの性状

マグドロクリンカーの性質の一例をTable 1に示す。

MgO/CaOは60/40位でドロマイトクリンカーとはほぼ逆であり、MgOが多い。Fe₂O₃+SiO₂+Al₂O₃は3.28%でかなり少ない。組織はMgO, CaOの結晶は小さく(φ0.01~0.03mm程度)均一に分布しており、少量のダイカルシウムフェライトがこれらの結晶間を充填しているが、シリケートは少ない。また高温焼成しているのでかなり緻密である。低融成分が少ないにもかかわらず耐消化性が従来のドロマイトクリンカーの3倍程度に向上しているのはCaOが少ない上に上記のごとく組織が均一でしかも緻密になつてゐるためである。

3. マグドロクリンカーのドレイン試験

マグドロクリンカーの耐スラグ性を調べるための一方法としてドレイン試験を行なつた。

3.1 試験方法

この試験はレンガ材質がスラグと接触した時に反応して生成する低融液の量を求め、その量からレンガ材質の耐スラグ性を判定しようとする方法である。あらかじめレンガ材質とスラグとを混合して試料を作り適当な試料台の上のせて加熱する。この時試料中に生じた低融液は下方に滲出し(ドレイン現象)²⁾、試料台中に吸収されるので加熱前後の試料の重量からドレインの量を求める。

本実験ではマグドロクリンカーのほかに、それと比較するために従来のドロマイトクリンカーとシリケートボンドのマグネシアクリンカーとをMgO:CaOがほぼマグドロクリンカーと等しくなるように1:1に混合した試料についても同時に試験を行なつた。なお転炉スラグ

の混合量はそれぞれ25, 50%とした。使用したドロマイトクリンカー、マグネシアクリンカー、転炉スラグの化学組成をTable 2に、また試料の調合割合をTable 3に示す。

各原料およびスラグは0.2mm以下に粉碎して所定の割合で混合し、タールで練つて重さ25g、径20mmの円柱形の試料を200kg/cm²の圧力で成形した。最初に加えたタールは1100°Cで予備処理を行なつて除去した。試験条件は酸化雰囲気(重油炉)で1600°C×2hrとし、試験前後の試料の秤量および試験後の試料の化学分析を行なつた。なお試料台には焼成マグネシアレンガを使用したので、その比重気孔率をTable 4に示す。

3.2 試験結果および検討

Table 5に各試料のドレイン量と試験後の試料の化学組成を示す。

Table 3. Preparation of test piece

	S-1	DM-1	S-2	DM-2
Mag-dolo clinker	75		50	
Dolomite clinker		37.5		25
Magnesia clinker		37.5		25
LD converter slag	25	25	50	50

Table 4. Properties of magnesia brick used for drain test

Apparent density	Bulk density	Apparent porosity
3.46 gr/cm ³	2.79 gr/cm ³	19.3 %

Table 5. Wt. % of drain and chemical composition of test piece after heat (1600°C × 2hr)

	S-1	DM-1	S-2	DM-2	
Wt. % of drain	27.04	29.21	36.62	45.24	
Chemical composition of test piece after heat	MgO	65.92	66.92	57.55	58.65
	CaO	24.43	18.91	25.80	21.27
	Fe ₂ O ₃	4.73	5.61	4.84	5.83
	SiO ₂	2.62	5.38	8.10	10.11
	Al ₂ O ₃	0.76	0.59	0.78	0.25
	MnO	0.84	1.08	1.40	0.84
P ₂ O ₅	0.31	0.79	0.76	2.28	

Table 6. Chemical composition of drain(calculated)

	S-1	DM-1	S-2	DM-2
MgO	5.7	3.2	3.8	2.0
CaO	59.3	63.4	50.2	53.1
Fe ₂ O ₃	21.6	21.5	33.6	31.5
SiO ₂	8.9	5.9	6.0	6.4
Al ₂ O ₃	2.3	3.3	3.5	4.3
MnO	0.1	0.3	0.9	2.1
P ₂ O ₅	1.8	1.4	1.2	0.9

Table 7. Properties of tar-bonded brick used of mag-dolo clinker.

Apparent density	3.00 gr/cm ³
Bulk density	2.79 gr/cm ³
Apparent porosity	7.2 %
Crushing strength	195 kg/cm ²
Refractriness under load test T ₂ *1	1700 °C
Deformation after slagging-under-load test (120min) *2	2.4 %

*1 : Specimen was heated under 2 kg/cm² load
 *2 : Specimen was kept at 1600°C, under 2kg/cm² load, with 15 gr of L.D. converter slag

このドレイン量と試験前後の試料の化学組成とからドレインの化学組成を算出した。それをTable 6に示す。

ドレインの量は転炉スラグ 25%, 50% いずれの場合もマグドロクリンカーを用いたSが少ない。ドレインの化学組成では4種とも最も多いのはCaOで50%を越えている。次いで酸化鉄が多く、この2成分でドレインの80~85%を占めている。そしてこの場合のドレイン量は酸化鉄の量に最も関係が深く、ある程度比例関係にあることがわかる。そのほかの成分ではMgO, SiO₂, Al₂O₃がやや多い。SとDMのドレインの化学組成を比較すると、SではMgOが若干多く、DMではCaO, Al₂O₃, MnOが多い。生成し移動した低融液の大部分はCaO-Fe₂O₃系のものと考えられるが、SではDMに比べてCaO-MgO-SiO₂系での移動がやや多く、DMではAl₂O₃あるいはMnOを含む融液の移動が多かつたものと考えられる。移動成分がこのような異なるのはもちろん原クリンカー中に存在するこれらの成分の量にも深く関係しているものと思われるが、S, DM両試料に用いたクリンカーの違いも考慮すべきである。すなわちSではMgO, CaOが均一な組織を作っているのに対し、DMではドロマイトクリンカーとマグネシアクリンカーが別々に存在しているので、DMにおける方がCaOが酸化鉄そのほかのスラグ成分と反応し易い状態にあるということは考えられる。

4. タールボンドレンガへの使用

このクリンカーとシリケートボンドのマグネシアクリンカーを併用して、タールボンドレンガを製造した。そのレンガの品質の一例をTable 7に示す。

このレンガを60t転炉のトラニオン側に3回にわたって試用した。ライフはいずれも500回以上であったが、残存寸法においては従来のドロマイトクリンカーとマグネシアクリンカーとを組合わせたレンガ(レンガ中のMgO/CaOはマグドロクリンカー使用レンガとほぼ等しい)に比べて顕著な差はみられなかった。

使用後のレンガは通常のタールボンドレンガにみられるように、稼動面に黒~黒褐色層、淡褐色層および白色の脱炭層からなる変質部がみられたが、厚さは2mm位で比較的薄い。この変質部について化学組成および鉱物組成を調べた結果、大量の酸化鉄が浸透しており、そのほかAl₂O₃, SiO₂の浸透もみられ、MgOがかなり減少している。また鉱物組成はペリクレスのほかにダイカルシウムフェライト(2CaO·Fe₂O₃)、メルピナイト(3CaO·MgO·2SiO₂)、スピネル(MgO·Al₂O₃)、マグネシオウスタイト(MgO·FeO)などが若干認められた。

この部分の変質状態をさらに詳しく調べるために顕微鏡観察を行なった。鏡下における変質層付近の状態をFig. 1に示す。

変質部は組織が完全に崩壊している反応層と、レンガ組織が残っている脱炭層とにわけることができる。さらに反応層は黒色層と淡褐色のシリケート浸透層に区分され、黒色層はほとんど鉄化合物でシリケートは微量であるが、シリケート浸透層ではメルピナイト(3CaO·MgO·2SiO₂)系の鉱物が多く、またここには微細なMgO(またはMgO·Fe₂O₃)粒がかなり含まれている。

脱炭層では上記のごとくレンガ組織が残留しているが粗粒とマトリックスとでは変質状態が異なる。すなわち粗粒(マグドロクリンカー)では多量の酸化鉄が浸透しており、それが稼動面側ではマグネシオフェライト(MgO·Fe₂O₃)として存在しているが、未変質部近くではダイカルシウムフェライト(2CaO·Fe₂O₃)の形で集積し、未変質部との間に明確な境界線を形成している。マトリックスでは上記のシリケート浸透層との境界は明瞭でなく、多量の酸化鉄とシリケートが浸透しており、MgOは酸化鉄のために黒褐色を呈している。そしてこの層の厚さはマトリックスにおいて粗粒の約2倍になつてい

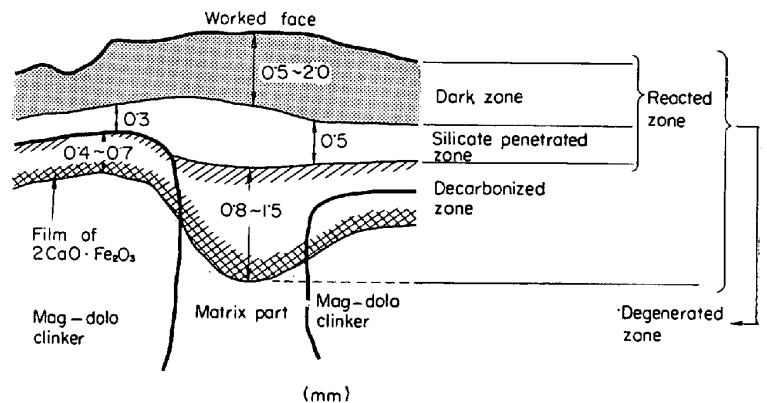


Fig. 1. Situation of degenerated zone of tar-bonded brick.

669.183.44-041.222

Table 8. Properties of fired brick used of may-dolo clinker.

Apparent density	3.44 gr/cm ³
Bulk density	2.90 gr/cm ³
Apparent porosity	15.8 %
Crushing strength	701 kg/cm ²
Refractriness undes load test T ₂	> 1700°C
Deformation after slagging-under-load test (120 min)	2.6 %

この被蝕状態から考えると、粗粒（マグドロクリンカー）とマトリックスの損耗速度にかなり差があり、マグドロクリンカーの粗粒が比較的溶損が少ないうちに周囲のマトリックスが溶損し、そのまま溶流されるという状態があつたものと想像される。したがつてこのレンガの使用結果が従来品に比して顕著な差を示しえなかつたのは、マトリックス内部およびマトリックス-粗粒間の結合状態が十分でなかつたために、マグドロクリンカーの長所が完全に発揮されなかつたことによると考えられる。

5. 焼成レンガへの使用

マグドロクリンカーを使用して製造した焼成レンガの品質例を Table 8 に示す。

上記の品質においては特に目だつた変化はないが、かさ比重、圧縮強さ、荷重軟化点がやや高く、スラグ吸収軟化変形率 (Deformation after slagging-under-load test) も小さい。

このレンガは 60 t 転炉および 70 t 転炉の装入側に使用して比較的良い実績を収めた。損耗状態にみられる特徴は、変質層が薄くスラグ成分の浸透はそれ程深くまでおよんでおらず、組織の崩壊も少ない。原クリンカー中に不純成分が少ないので炉内からのフラックス成分が浸入しにくいものと思われる。また粗粒とマトリックスの被蝕程度の差が少ないのもこのレンガの特徴の一つである。

6. 結 言

マグドロクリンカーは上記のごとく均一な組織を有し、かつ不純成分が少なく緻密で、転炉用炉材の原料としてかなりすぐれたものと考えられる。ただしこのクリンカーをタールポンドレンガに使用した場合には組織が十分に強固にならないので、長所を生かしきれない感があるが、焼成レンガに使用した場合には耐蝕性の向上が期待できる。しかしこのクリンカーはまだ製造コストが高く、その点が目下のところ使用上の難点である。

文 献

- 1) Rechar N. AMES: Iron and Steel Engineer, 40 (1963) 9, p. 149
- 2) 林, 田畑: 耐火物, 80 (1964), p. 116

(133) 平炉における炉内雰囲気管理

日本鋼管川崎製鉄所

長 昭二・坂井茂敏・○横山元一

福山製鉄所

楯 昌久

Influence of Combustion Control upon the Atmosphere of Open Hearth Furnace

Akiji CHŌ, Shigetoshi SAKAI

Genich YOKOYAMA and Masahisa TATE

1. 緒 言

平炉における炉内雰囲気管理は、熱経済面および鋼質面より、不可欠なことである。当所における炉内雰囲気管理は、空燃比 (空気使用量 / 燃料使用量) および炉圧の制御により行なつていけるが、今回精錬期における最適炉内雰囲気を得るために、空燃比が鋼浴および鋼滓に与える影響を、排ガス組成、炉内ガス組成、鋼滓中の酸化鉄、鋼中酸素より調査し、実操業に適した空燃比基準を定めた。以下に調査概要を報告する。

2. 溶製条件の概要

溶製条件の概要を Table 1 に示す。

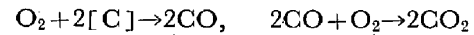
空燃比の設定方法: 重油燃焼および酸素吹込により発生する CO の燃焼に要する空気量を求めた。すなわち、

a) 重油燃焼に要する空気量: A₀

$$A_0 = 1/0.21(22.4/12C + 11.2/2H + 22.4/32S - 22.4/32O)$$

これより重油 1 kg を燃焼するに必要な空気量は 10.5 Nm³/kg となる。

b) 酸素吹込により発生する CO の燃焼に要する空気量: A₁



$$\text{ゆえに } A_1 = 1/0.21 = 5 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$$

したがつて平炉精錬期の燃焼に要する空気量 A は次のようになる。

Table 1. Experimental conditions.

Furnace	150t O.H.F	
Kind of steel	Killed steel	
Pig ratio	70% (hot metal: 40~60%)	
Oxygen consumption	Cutting = 7~10 Nm ³ /t Bessemerizing = 20~24 Nm ³ /t	
Furnace Conditions	No heats on Roofs	60~250 heats
	No heats on checkers	60~250 heats
Tapping temperature	1630~1640°C	