

Table 2. Relation between flushing rate of slag, iron rate from cinder notch and probability of iron flushing,

Flushing rate of slag (t/min)	No.1 Blast furnace		No.2 Blast furnace	
	Iron from cinder notch (kg/time)	Probability of iron flushing (%)	Iron from cinder notch (kg/time)	Probability of iron flushing (%)
<0.5	—	—	310	100
0.5~0.6	500	67	230	90
0.6~0.7	240	57	310	89
0.7~0.8	500	57	220	100
0.8~0.9	240	62	290	94
0.9~1.0	—	—	—	—
1.0~1.1	300	57	180	74
1.1~1.2	140	58	120	62
1.2~1.3	180	48	180	65
1.3~1.4	290	44	140	67
1.4~1.5	70	14	130	37
1.5~1.6	130	25	80	50
1.6~1.7	400	13	120	31
1.7~1.8	120	21	—	—
1.8~1.9	70	40	50	14
1.9~2.0	50	21	—	—
2.0<	250	20	40	14

さらに第 1, 2 高炉について, 出滓速度と平均の流銚量 (kg/回), 流銚の起る割合を Table 2 に示す. 同じ昭和 38 年 5 月~6 月の記録である.

Si が高く, 出滓速度が小さく, 流銚の起りやすい A グループと, Si が低く, 出滓速度が大きく, 流銚の起りにくい D グループに分けられることが分る. なお, A グループは出滓の初期中期に, D グループは中期終期に比較的多い.

V. 考 察

A グループの流銚は, 熔融滴下してくる粒鉄が, 流動性の悪い銚滓に巻き込まれて, 炉床に溜らないで, したがって銚滓と十分接触して Si が落ちることなく, Si が高いままで排出されたものであり, D グループの流銚は, 銚滓の流動性は全体としてはよいが, 流銚のでたところは局部的に酸化性で流動性も悪く塊になつていて, Si の低い流銚として排出されたものと考えられる. 出滓口付近にある壁のようなものは D グループの流銚の原因と思われる.

VI. 結 言

溶銚炉の流銚現象と通気性の間には関係があり, 通気性が悪くなると流銚が起りやすい. 流銚は出銚口から出る普通の熔銚と成分がかなり異なり, 且つばらつきが大きい. 出滓速度と流銚の Si の間には関係があり, 流銚現象は 2 つの異なつた現象に分けられる.

文 献

- 1) 森永孝三ら: 鉄と鋼, 49(1963), 10, p. 1289~1292
- 2) J. J. BOSLEY et al.: Journal of Metals, (1959), p. 610~615

(26) 含 Ti 高炉滓の粘性におよぼす 雰囲気の影響について

富士製鉄, 室蘭製鉄所

工博 城本義光・恵藤文二・奥野嘉雄

Effect of Atmosphere on the Viscosity of Ti Bearing Slag.

Dr. Yoshimitsu JŌMOTO, Bunji ETŌ and Yoshio OKUNO.

I. 緒 言

銚滓中において Ti 化合物が TiO<sub>2</sub> の形でその含有量を増加すれば銚滓粘度は低下して非常に流動性をよくする. しかし一度 Ti を含む銚石が多く高炉内に入れば, 銚滓粘度は非常に高くなつて羽口からの流銚を起し, さらにこれが炉床で Ti ベアを形成して炉床隆起をこすので高炉操業上重要問題となる.

現在, Ti 化合物の銚滓粘度におよぼす影響については形態別分析が非常に困難であるためほとんど明らかにされていないが, 含 Ti 銚滓の粘度が高炉内でかなり異なつた値を示していることから銚滓粘度はそれと接する雰囲気によつて大きな影響を受けるものと考えられる. したがつてこれらの点を確かめるため含 Ti 銚滓が酸化, 還元雰囲気においてごとなる粘度を示し, これが銚滓塩基度, 還元時間, さらには溶銚の共存などによつてどのような変化を受けるかを種々検討してみた.

II. 含 Ti 銚滓粘度の測定方法

銚滓の粘度測定はタンマン炉中黒鉛坩堝内において銚滓試料を 1500°C 程度まで温度を上げて溶解したのち, 1400, 1450, 1500°C の各温度で行なつた. 溶滓と接する雰囲気は高炉々床雰囲気に近い強還元雰囲気および銚滓中の Ti 化合物を酸化させる意味での酸化雰囲気, さらにこれらの雰囲気による影響を比較するためのアルゴン雰囲気について行ない, いずれの雰囲気ガスの場合も Fig. 1 に示すように試料を溶解し始めるときから毎分 0.5 l の割合で予熱しながら吹込んだ.

ただし, 酸化雰囲気で測定する場合, 溶滓の還元を防ぐために測定前に高アルミナパイプで 10 分間溶滓中に 2 l/min の割合で空気を吹込みその後で測定坩堝にうつし粘度の測定を行なつた. いずれにしても溶滓が黒鉛ローターに接触しているかぎり局部的な還元は免れるこ

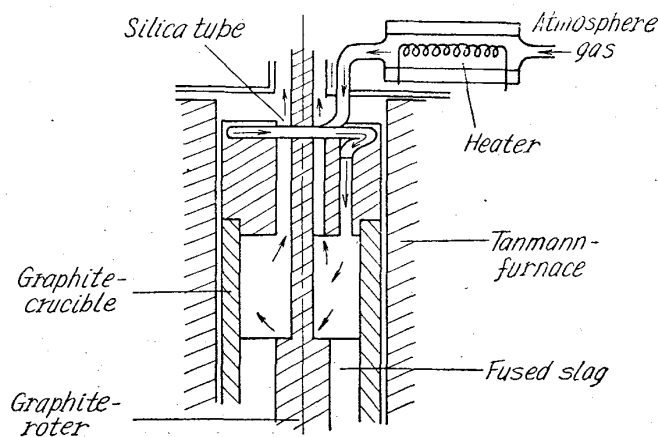


Fig. 1. Rotaviscometer.

とはできないが、鉬滓試料の全重量 (約 1.2 kg) からみてほぼ無視できると考えた。

III. 各種雰囲気中に於ける鉬滓粘度と塩基度との関係

鉬滓粘度に対する二酸化チタン (TiO<sub>2</sub>) の影響についての文献はかなり多くあり、特に高炉滓組成範囲のものであれば酸性、塩基性鉬滓にかかわらず、いずれのデータも鉬滓中の TiO<sub>2</sub> 全量が増加すれば鉬滓粘度は低下することを明らかにしている。しかし鉬滓中に含まれる TiO<sub>2</sub> が還元されて Ti<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO さらに TiN, TiC となると鉬滓粘度がいかなる値を示すかについてはほとんど明らかにされていない。

現在 Ti 化合物の形態別分析が困難であるため具体的に鉬滓粘度との関係を求めることができないが、チタンを含む溶液はそれと接する雰囲気によつて大きく影響を受けるものと考えられるので、合成含 Ti 鉬滓について酸化・還元およびアルゴンガス雰囲気中においてそれぞれの粘度測定を行なつた。各種雰囲気中で測定する合成鉬滓の組成は高炉滓組成に近い範囲のもので CaO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO-TiO<sub>2</sub> の 5 成分からなるものを選んだ。具体的には (CaO+MgO/SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) の塩基度で 0.66, 0.80, 1.00, 1.08 の値になる組成のものでこれらの鉬滓試料について各々 1, 5, 10% の TiO<sub>2</sub> 配合を行ない粘度測定を行なつた。その結果, Fig. 2 (TiO<sub>2</sub> 配合 1% の場合) に示すように還元雰囲気での鉬滓粘度はアルゴンおよび酸化雰囲気の場合よりいずれも高い値を示し、特に鉬滓組成が塩基性側によるにつれてこの還元雰囲気による影響が強く出ている。

このような結果は TiO<sub>2</sub> 配合割合 5, 10% の場合でもほぼ同じような傾向をみせている。

強還元雰囲気中での鉬滓粘度がアルゴンおよび酸化雰囲気の場合に比べていずれも高い粘度を示したのは鉬滓中に配合された TiO<sub>2</sub> が還元されて低級酸化物 (Ti<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO), あるいは TiN, TiC などに变化したためで、塩基性側でより高い粘度を示したのは鉬滓中チタンの還元がより多く進んだためと思われる。

高炉滓中 TiO<sub>2</sub> の鉄中への還元におよぼす鉬滓塩基度の影響について実際に室蘭の高炉操業データから解析した結果をみると Fig. 3 のようになり、TiO<sub>2</sub> の鉄中への還元は高炉滓塩基度が大きくなるにつれて容易に進行しているのがわかる。このことは含 Ti 鉬滓の粘度が還元雰囲気中で塩基性側においてより高くなる理由、すなわち鉬滓中に含まれるチタンが塩基性側においてより多く還元されるためであるという考えがほぼ妥当であることを示しているものと思われる。

IV. 鉬滓粘度に対する還元時間の影響

還元雰囲気中における含 Ti 鉬滓の粘度は酸化雰囲気の場合に比べてかなり高くなつたが、しかし鉬滓中に添加する TiO<sub>2</sub> の配合量が増加するとこれらの影響は次第に少なくなる傾向にあつた。したがつて、これらの鉬滓をさらに長時間還元雰囲気にさらせば鉬滓粘度はかなり高くなるものと予想されるので、合成含 Ti 鉬滓について CO ガスを黒鉛パイプで 10, 20, 30 分間吹込んで還元時間の影響を調べた。

その結果, Fig. 4 に示すように始めの 10 分間の CO ガス吹込みでかなり高くなつたが 20, 30 分の場合には

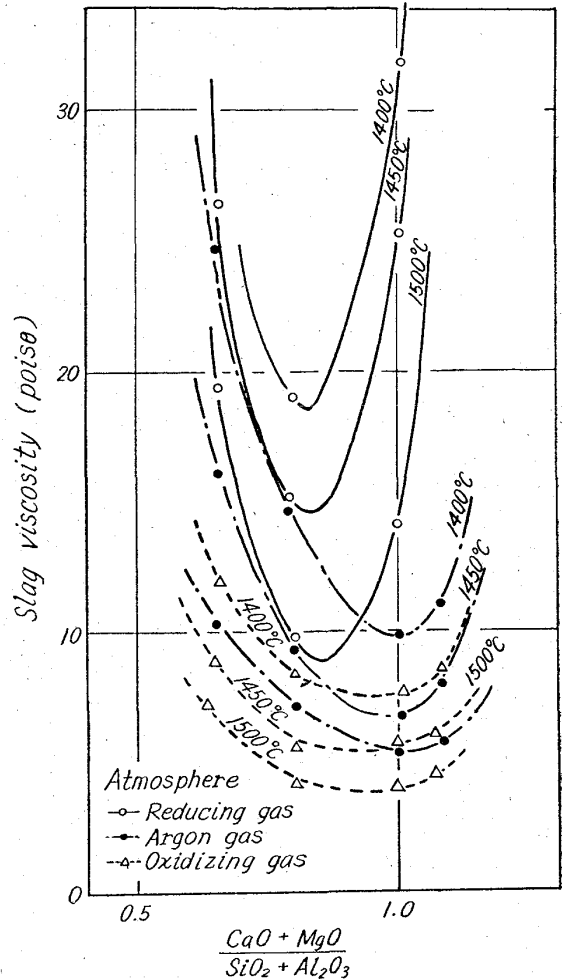


Fig. 2. Relation between slag viscosity [and basicity (with TiO<sub>2</sub>·1%)].

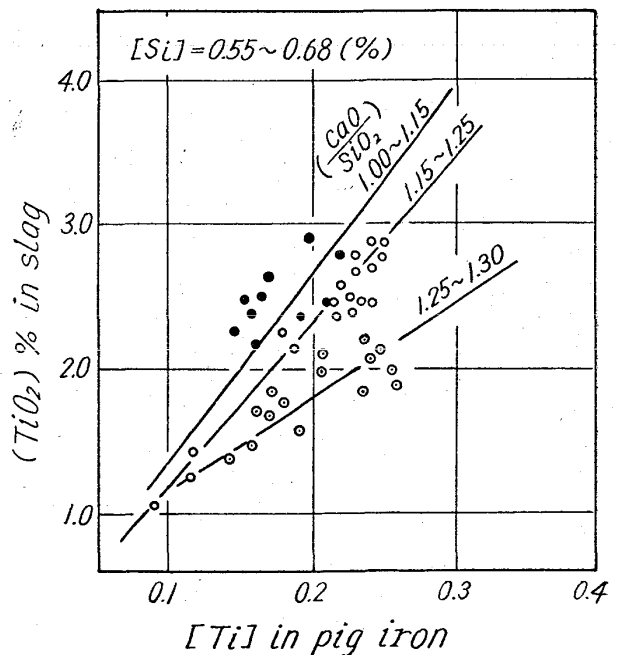


Fig. 3. Reduction rate of TiO<sub>2</sub> in slag to pig iron.

	CaO	SiO <sub>2</sub>	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>
—○—	38	47	5	10	(10)
—○—	41	42	5	10	(10)
—○—	46	39	5	10	(10)

—○— 1400°C    —x— 1450°C    —●— 1500°C

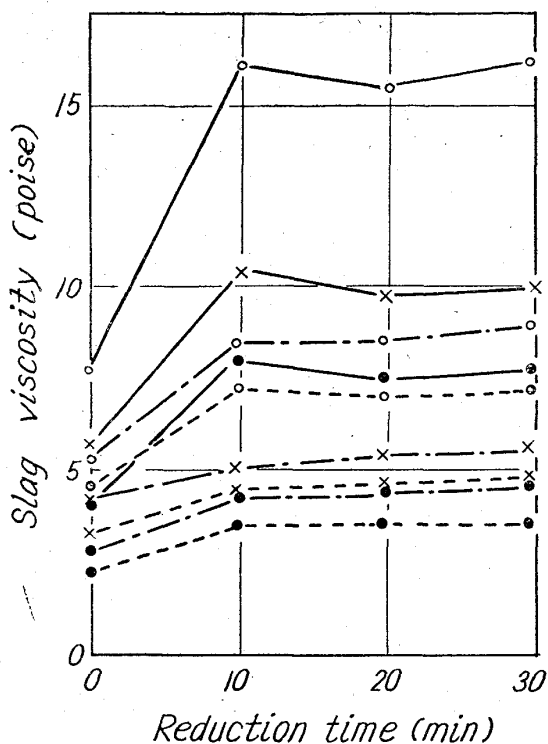


Fig. 4. Relation between slag viscosity and reduction time.

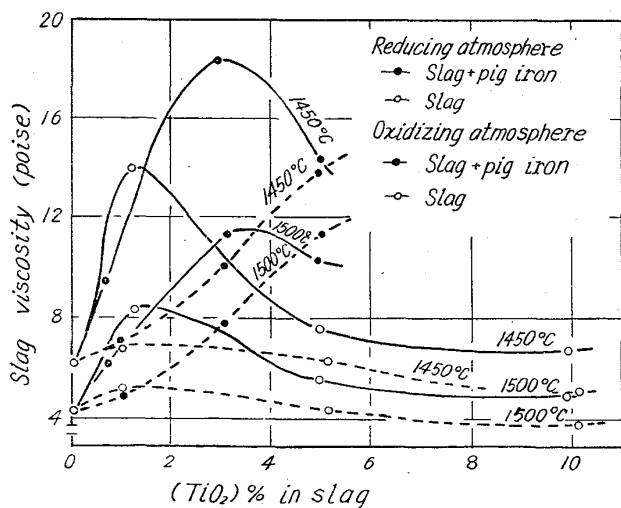


Fig. 5. Viscosity of Ti bearing slag with existance of molton pig iron.

予想に反してほとんど変化を示さなかつた。還元時間を長くしても期待したほど鉍滓粘度が高くならなかつた原因は多分鉍滓中に含まれる TiO<sub>2</sub> と吹込まれる CO ガスとの接触あるいは反応温度が不完全であつたために還元

がよく進まなかつたものと想像される。

V. 鉍滓粘度におよぼす溶銑の影響

高炉内において鉍石中に含まれる Ti 化合物が TiN, または TiC にまで容易に還元されて Ti ベアを形成するのは長時間高温の還元ガスにさらされるためであるが同時に鉍滓と接している溶銑も何らかの作用をしているものと考えられる。

これらの点を確かめるために粉碎した鉍滓と銑鉄試料をアルゴンおよび還元雰囲気中で同時に溶解し、溶銑と溶滓とが分離したのち鉍滓粘度の測定を行なつた。

その結果、Fig. 5 に示すようにアルゴン雰囲気でも鉍滓粘度は TiO<sub>2</sub> 配合量の増加によつて次第に高くなるが CO ガスによる還元雰囲気中ではさらに大きく急激に粘度が高くなることがわかつた。しかしこの還元雰囲気の場合、TiO<sub>2</sub> 5% 配合の粘度が 3% の場合より低い値を示したがこれはやはり還元条件にある程度限界があつたものと考えられる。

溶銑の共存によつて鉍滓粘度がさらに高くなつたがこれは鉍滓中に含まれる TiO<sub>2</sub> の還元が溶銑の共存によつて促進され滓中の低級酸化物 (Ti<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO) がより多くなつたためとも、またさらにこれらの Ti 化合物の一部が溶銑中で TiC, TiN にまで還元され、これが再び鉍滓中に入つて粘度を高くしたとも考えられる。

したがつて、これから鉍滓粘度は還元雰囲気によつて高くなるとともに、それらと接している溶銑によつても大きな影響を受けていることが明らかとなつた。

VI. 結 言

高炉々内での含 Ti 鉍滓の粘度を把握するという目的から酸化・還元雰囲気中での合成含 Ti 鉍滓について検討した結果、ほぼ次のようなことを明らかにすることができた。

(1) 還元雰囲気中における含 Ti 鉍滓の粘度は明らかに酸化雰囲気中での場合より高い値を示した。還元雰囲気中において鉍滓粘度が高くなるのは鉍滓中に含まれる TiO<sub>2</sub> が還元されて高粘度な低級酸化物 (Ti<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO) あるいは、TiN, TiC などに变化するためであると考えられる。

(2) 還元雰囲気中での鉍滓粘度が高くなる割合は塩基度 (CaO/SiO<sub>2</sub>) が 1.0 以下の酸性領域では比較的小さく、1.0 以上の塩基性領域では大きくなる傾向を示した。

(3) 鉍滓粘度におよぼす還元時間の影響はここで行なつた実験の還元条件が弱かつたためかあまり顕著に見られなかつた。

(4) 溶銑が共存する場合の鉍滓粘度は鉍滓のみの場合の粘度に比べてかなり高い値を示した。

したがつて、これらの結果からみて砂鉄などの含 Ti 鉍石を高炉装入原料として多量使用するためには、還元されて鉍滓中に入つてくる Ti 化合物を再び二酸化チタンに酸化して鉍滓の流動性を増す必要がある。

このためには鉍滓中に酸素ガスあるいは酸化物を添加するのが効果的であると考えられる。