

出炭素量と関係があり、3~5mmの粒度の鉍石の場合には1.2~1.5g/10mn以上に炭素が析出すると鉍石粒の間が炭素でつまりガス圧は急上昇すると思われる。

鉍石粒度を3~5, 5~8, 8~11mmとした場合の析出炭素量と時間との関係を調べた。鉍石粒度によって析出炭素量には大きな差異はないが、ガス圧が急上昇する点は異なっている。ガス圧が上昇するには粒度が大きいほど多量の炭素析出を必要とする。すなわち粒度が大きいほどガス圧が上昇し難くなる。また炭素析出と鉍石の破砕との関係を調べてみた。炭素析出量が多いほど鉍石は多く破砕されており、鉍石破砕もガス圧上昇に寄与していると考えられる。

No. 62011

669, 162.26:669.295:669.496.582

(11) 高炉操業における Ti の影響

八幡製鉄所技術研究所
児玉惟孝・重見彰利・緒方年満・堀尾竹弘
Effect of Titanium on Blast Furnace Operation.

Koretaka KODAMA, Akitoshi SHIGEMI,
Toshimitsu OGATA and Takehiro HORIO.

I. 緒言

国内の鉄鉍資源開発の気運が高まり、わが国に多量埋蔵されている砂鉄が注目され、その利用法が検討されている。砂鉄を溶鉍炉製鉄に多量使用した場合は、炉床や炉壁に Ti 化合物の固結体を生成せしめ、溶鉍液面が上昇し、出滓口からの流鉍をまねくことはよく知られている。そして鉍滓羽口を破損せしめ、出滓することが出来ず、操業状態を正常に保つことは出来なくなり、操業能率を低下せしめる。そのため製鉄工場では経験的に TiO₂ 装入量を制限して操業している。TiO₂ 装入量は試験的には 28kg/t pig という高率に配合された報告もあるが、長期操業は困難で大体 10kg/t pig に制限されている。

そこでこの原因を追究するため、鉍鉄および鉍滓の粘性におよぼす Ti の影響について調査した。また Ti 化合物の形態別分析を行ない Ti の窒化物などの影響を調査した。

II. 実験装置

溶鉍炉炉床において溶融状態の鉍鉄および鉍滓について

てその影響を知るため、その目的に最も適した回転式粘度計を使用した。電気炉内の構造は Fig. 1 に示すごとくである。①は黒鉛ルツボ、②は黒鉛製回転体、③は保熱カバー、④は溶鉍あるいは溶滓⑤は測温用熱電対保護管である。はじめ炉底温度と溶鉍温度の補正線を作製しておき溶鉍温度を所定に保つた。また実際の溶鉍の温度分布を併記した。

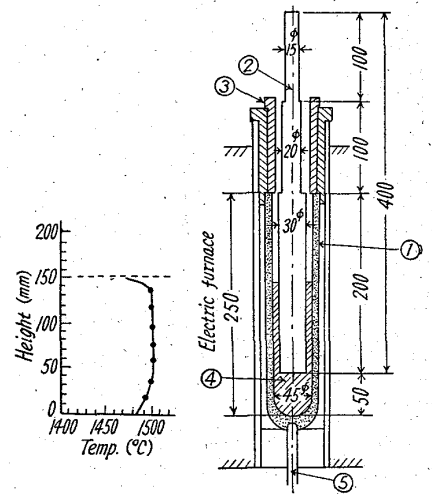


Fig. 1. Details of furnace and temperature distribution.

III. 実験試料

試料のベースとなる鉍鉄は Ti 含量の低いノジュラー用 A 鉍を使用した。また Ti 添加剤は 78% のフェロ Ti [フェロ Ti (A) とする] および 22% Ti のフェロ Ti [フェロ Ti (B) とする] を使用した。各原料の成分を Table 1 に示す。フェロ Ti (B) はフェロ Ti (A) に比べ Al が高い。

また鉍滓は戸畑第 1 高炉の塩基度 1.31 の鉍滓をベースとし、TiO₂ 添加剤として TiO₂ 99.2% の酸化チタンを使用した。各原料の成分を Table 2 に示す。

IV. 実験結果

フェロ Ti (A) を添加した試料について 1500°C の粘性を測定し、Fig. 2 (a) に示す結果を得た。縦軸は粘性に正比例する数値 (S 値) で横軸は Ti 含有量 (%) である。この図から明らかのように Ti% の増加に伴って約 2.3/0.1% Ti の勾配で直線的に粘性が上昇している。0.8% 以上の Ti を含有している鉍鉄は 1500°C の温度においてほとんど流動せず、測定は不可能となった。Fig. 2 (b) は溶鉍の粘性におよぼす温度の影響を示したものである。Ti 含有量が 0.033% (ベース鉍), 0.38%, 0.72% の三つの試料について 1500°C から漸次温度を低くして測定した結果 0.033% Ti のベース鉍は 1400°C までほとんど粘性は変わらないが 0.38% Ti の

Table 1. Chemical components of pig iron and ferro-Ti (%)

Chemical components		Ti	Mn	P	C	S	Si	Al
Base iron	Nodular pig iron	0.033	0.13	0.040	4.70	0.012	1.45	0.012
Ti source	Ferro-Ti (A)	77.9	0.03	0.003	0.04	0.032	0.01	0.06
Ti source	Ferro-Ti (B)	22.0	0.26	0.016	0.10	0.023	1.22	3.90

Table 2. Chemical components of slag and Ti oxide.

Chemical components		SiO ₂	CaO	MnO	MgO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO/SiO ₂
Base slag	Slag of Tobata B.F	30.96	40.57	0.78	5.78	18.83	1.32	1.31
TiO ₂ source	Ti oxide	0.31	tr	tr	tr	tr	99.2	~

Table 3. Chemical compound of titanium.

Sample No.	Total Ti	Rate of each compound (%)					Note
		Ti-carbide	Ti-nitride	Ti-sulphide	Ti-oxide	Metallic Ti	
101	0.033	26.4	35.8	32.1	1.9	3.8	Base iron
103	0.203	74.4	8.6	9.4	0.5	7.1	Added ferro-Ti(A)
104	0.239	75.2	8.0	9.1	3.7	4.0	“(A)”
303	0.490	77.3	0.9	6.5	0.3	15.0	“(B)”
304	1.667	81.7	11.0	2.1	0.1	5.1	“(B)”

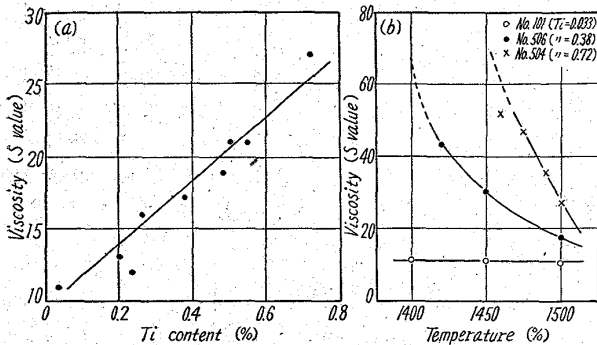


Fig. 2. Relation between Ti contents and viscosity (a), and between temperature of molten pig iron and viscosity. (b).

試料は温度の低下と共に粘性は上昇し、1400°C では S 値は 60 以上で測定が不可能であった。また 0.72% Ti の試料はさらに急激に上昇し、1450°C ですでに粘性は上昇し、測定が不可能であった。これから明らかなように Ti 含有量の高い鉄はわずかな温度降下でも急激に粘性が上昇し、鉄の流動性を害し、炉内よりの排出を困難にし、炉内に滞留する可能性が大きい。

フェロ Ti (B) を添加した試料について粘性を測定した結果は Ti 添加剤中の Al の影響があり、フェロ Ti (A) を添加した試料と比較して粘性が低かった。

Table 3 は上記実験試料の代表的なものの Ti の形態別分析を行なった結果である。これから明らかなようにベース鉄を除き、Ti の多い試料中の Ti は炭化物が 75% を占めており、窒化物、硫化物は 10% 以下、また酸化物は 4% 以下である。Ti の炭化物の融点は 3150°C といわれ、また TiN は 2950°C といわれている。かくのごとき融点の高い化合物が溶鉄中に混入することは、溶鉄の粘性を極度に悪化せしめることは明らかである。溶鉄中の酸化物はごく少なくその影響はほとんどないと思われる。

また粘性を測定した黒鉛ルツボ中の Ti の偏析はいちじるしく拡散による均一化はほとんど考えられない。その一例をあげるとフェロ Ti (B) を 4% Ti となるように添加した場合、最初のうちは円滑に回転体が回転していたが、次第に粘性が高くなりついには測定不可能になった。この試料を冷却凝固後各部分の Ti を分析した所、浴の上部では 10.584% Ti また底部では 0.962% Ti であった。

つぎに鉄の粘性におよぼす TiO₂ の影響について述べる。その結果を Fig. 3 (a) に示す。これらの試料の塩基度は 1.31~1.35 である。この結果から明らかなように

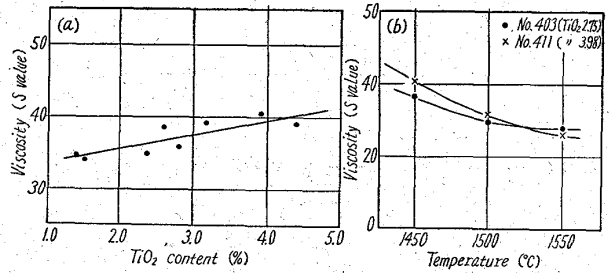


Fig. 3. Relation between TiO₂ content and viscosity (a), and between temperature of molten slag and viscosity (b).

TiO₂ 含量の増加に伴ない、わずかに粘性は上昇しているが、その割合は S 値で 2/1% Ti で、ほとんど影響はない。鉄中における TiO₂ の影響は従来にも実験され、酸性鉄中では粘性はほとんど変わらず、それより塩基度が高い場合は粘性が悪化すると報告されている。塩基度 1.30 程度では TiO₂ 40% まで溶融温度はほとんど変化しないといわれ、本実験でも粘性はあまり変化しないことが明らかとなった。

鉄の粘性におよぼす温度の影響は Fig. 3 (b) に示すごとくで、温度上昇に伴ない粘性は徐々に低下し、TiO₂ の影響は少なくなり、どの鉄もほぼ同程度の粘性を示す。ゆえに鉄が実際に溶鉄炉内にたまっている時の温度、すなわち 1550°C 前後においては TiO₂ 含量の多少にかかわらずほとんど一定で粘性におよぼす影響は少ないものと考えられる。

V. 結 言

回転式粘度計にて溶鉄および鉄の粘性を測定した結果、溶鉄中の Ti はいちじるしく粘性を上昇せしめるが鉄にはほとんど影響がないことが明らかとなった。また溶鉄中の Ti の形態は TiC が最も多い。

(12) 燃料吹込み試験溶鉄炉操業

八幡製鉄所技術研究所 7348, 3.50
児玉惟孝・○重見彰利・緒方年満・堀尾竹弘
Operation of an Experimental Blast Furnace with Fuel-Added Blast.

Koretaka KODAMA, Akitoshi SHIGEMI, Toshimitsu OGATA and Takehiro HORIO.

I. 緒 言

試験溶鉄炉を使用して、数次にわたり、燃料添加高炉