

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)”

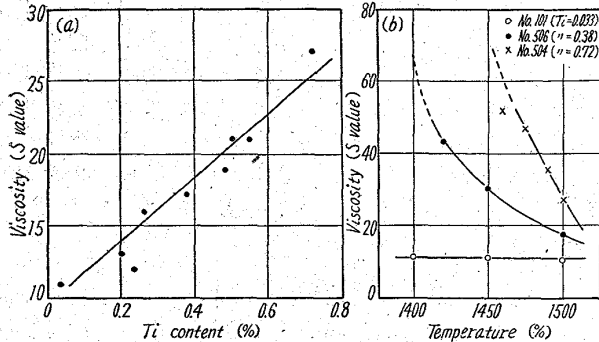


Fig. 2. Relation between Ti contents and viscosity (a), and between temperature of molten pig iron and viscosity. (b).

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 含有量の高い銑鉄はわずかな温度降下でも急激に粘性が上昇し、銑鉄の流動性を害し、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) を添加した試料に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銑を除き、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銑中に混入することは、溶銑の粘性を極度に悪化せしめることは明らかである。溶銑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。

つぎに銑滓の粘性におよぼす 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

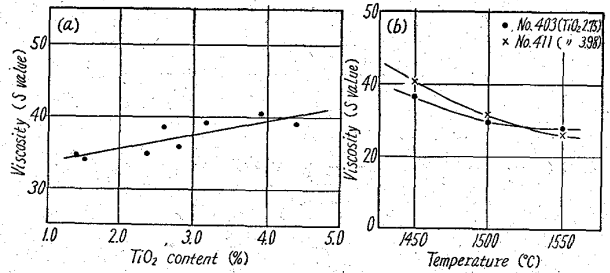


Fig. 3. Relation between TiO₂ content and viscosity (a), and between temperature of molten slag and viscosity (b).

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。銑滓中における TiO₂ の影響は従来にも実験され、酸性銑滓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。

銑滓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、どの銑滓もほぼ同程度の粘性を示す。ゆえに銑滓が実際に溶銑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銑および銑滓の粘性を測定した結果、溶銑中の Ti はいちじるしく粘性を上昇せしめるが銑滓にはほとんど影響がないことが明らかとなった。また溶銑中の Ti の形態は TiC が最も多い。

(12) 燃料吹込み試験溶銑炉操業

八幡製鉄所技術研究所 7348, 3.50
児玉惟孝・〇重見彰利・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

試験溶銑炉を使用して、数次にわたり、燃料添加高炉

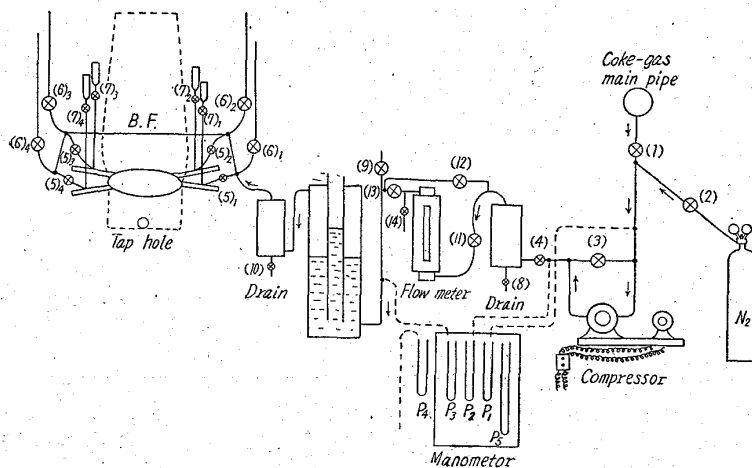


Fig. 1. Method of the cokes gas addition into the blast.

操業法を検討した。先ず昭和 34 年 8 月 30 日より 3 週間の間、コークス・ガス添加高炉操業を行なった。当時は、液体燃料添加については、好結果を得た報告は見られず、ガス添加についても、なお理論的な検討の段階にすぎず¹⁾²⁾、僅かに HANGARIAN³⁾ および BUREAU of MINES⁴⁾ における実験結果が報告されていた。しかしこれも実際の実験結果は、ほんの一部にすぎず種々不明の点が多かった。このため最初の実験は兎に角一度添加して、その添加作業に危険や問題点はないか、また停電、断水、ガス中断、棚、休風等の事故の場合にも大丈夫か実験の炉内現象は、理論的な考察と一致するの否かを検討することにした。

次の実験は昭和 35 年 3 月 15 日より約 6 週間の間比較的還元性の良くない磁鉄鉱を使用し、かつ羽口先の燃焼温度の補償を、送風温度によつて行なうことの検討、およびこの頃にはすでに液体燃料添加についても、かなりの関心をもたれ始めた頃で⁵⁾ この検討も行なつた。

さらに昭和 36 年 4 月 22 日より約 2 週間の間、液体燃料添加高炉操業の検討を行なつた。

II. 実験・経過

i) 第 n_1 回実験

使用した鉄石はゴア鉄石単味でこれに石灰石および内地マンガン鉄を配合した。Fig. 1 にコークス・ガス添加要領を示したが、先ず C ガスを本管より取り出してコンプレッサーで加圧し流量および圧力を調整した後、逆火防止弁を通して羽口より熱風とともに炉内におくり込んだ。

なお今回は安全性を十二分に考慮して Fig. 1 のごとくきわめて複雑な装置となつたが、今回の経験により第 2 回以後の実験設備は、水封弁その他を可なり省略することが出来た。吹込の際のガス圧は環状管中の熱風圧力よりも常に 20 g/cm^2 程度高くなるように調節した。試験期間中におけるコークス・ガスの平均成分は H_2 : $50.8 \sim 53.3\%$, CO : $7.5 \sim 8.0\%$, CH_4 : $30.1 \sim 31.3\%$, であつた。

操業条件を一定として、コークス・ガスだけを添加した場合には、理論的に考察される通りに炉床温度は低下し、鉄成分は悪化した。この炉床温度の低下を補償する方法として送風温度の上昇、酸素富化、etc の手段が

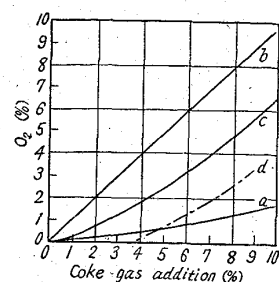


Fig. 2. Relation between the coke gas addition and the requisite oxygen.

考えられるが、今回は設備の都合により酸素を使用して炉床温度を補償した。その結果を Fig. 2 に示した。

同図において曲線 a は炉内に吹き込まれたコークス・ガスが、燃焼帯で消費する酸素量を示し、曲線 b は理論燃焼温度を普通操業の場合と同一にするために必要な酸素量

曲線 c は当実験結果から求めた目標酸素富化量であり、曲線 d は実際の高炉では調湿操業を行なっている場合が少くない点を考慮して求めた目標酸素富化量である。

ii) 第 n_2 回実験

前回の実験で炉床部における温度補償の必要程度が明らかとなつたが、今回の実験ではこの必要な温度補償を送風温度で行なうことを検討した。今回はゴア鉄石よりも被還元性の悪いカッチーノ鉄石を使用して、そのボッシュ・ガスの還元性向上による効果を検討した。その結果送風温度の上昇による炉床温度の補償量も、理論燃焼温度一定として求めた必要温度上昇度よりも可成り低くて良いことがわかつた。

Fig. 3 はコークス・ガス添加量に伴う羽口前の理論燃焼温度の変化を示したもので、太線は本試験における実績である。鎖線 A—B および C—D は、それぞれコークス・ガス 0% および 1.75% 添加した場合の羽口前燃焼温度を一定に保つために必要な送風温度上昇の計算結果である。この図から実際の温度補償は計算結果よりも、かなり低くてよいことがわかる。なお出鉄量およびコークス比は Table 1 に示すごとく成績が良くなつた。次に約 2 週間の間、液体燃料の添加操業を検討した。この場合次の様な問題を生ずることが明らかとなつた。すなわち液体燃料の分配はガス燃料を添加した場合と異なり、各羽口の送風流量にインディペンデントであ

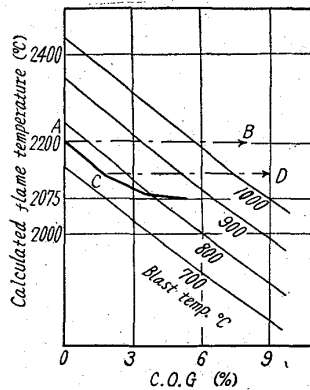


Fig. 3. Variation of calculated flame temperatures vs. CO gas %.

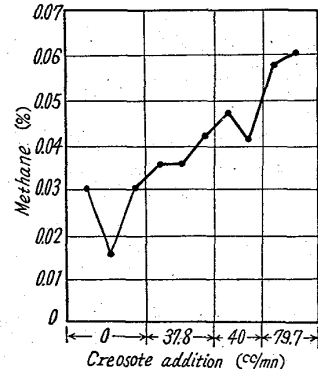


Fig. 4. Change of methane content in top gas.

Table 1

Exp. No. date	Condi- tions	Coke gas %	Oxygen %	Blast Nm ³ /mn	Blast temp. °C	Ore/ coke	Pig prod. kg/day	Coke ratio	Pig iron	
									Si	S
n ₁ 34.9	Standard C.G. add	0	0	3.4	500	0.54	398	3.08	1.76	0.044
		9	6.8	3.4	500	0.78	780	2.02	1.80	0.035
n ₂ 35.3	Standard C.G. add	0	0	3.4	750	0.46	430	3.28	0.87	0.036
		3.57	0	3.4	831	0.53	491	2.88	0.66	0.052
n ₃ 36.4	Standard Creosote	0	0	4.3	1000	0.56	398	3.08	1.26	0.054
		135 kg/tpig	0	4.3	1000	0.59	445	2.71	0.95	0.058

るために各羽口ごとの流量調整はガス燃料を添加する場合よりも、よく厳密に行なわなければならない。また添加量が増すにつれて Fig. 4 に示すごとく炉頂ガス中のメタン量が増加し炉頂ガスが黒味を帯びて来る。

iii) 第 n₃ 回実験

前述のごとく液体燃料を添加する際には各羽口ごとの流量調整が重要であることが明らかとなり、この点の設備を改良工夫して今回の実験を行なったが、その結果炉頂ガスが黒味を帯びることもなくその操業成績も向上した。次表に各回の実験結果を示す。また以上3回の実験を通じて、停電、断水、ガス中断、棚吊、休風等のような、普通操業の場合に発生する事故は一通り発生した。これらの事故に対しては、普通操業の場合と同様、それぞれの現象に応じて適切な処置をとれば、危険性に対する危懼は全く不必要であることがわかった。

III. 結 言

500 kg/day 小型試験溶鉄炉の第8次、9次、11次操業で燃料添加高炉操業を検討したが、炉床温度の補償は、理論燃焼温度を一定として求めた値よりも小さくてよく、また高炉操業成績は向上し、かつ炉況が安定する傾向を認めた。

文 献

- 1) M. A. SHAPOVALOV: Stal, 385 (1958)
- 2) M. L. NASZALYI: Iron & Coal Trades Review, (1959) 329
- 3) M. L. NASZALYI: Iron & Coal Trades Review, (1957) 930
- 4) T. F. BAILY: The Iron Age, (1959) 104
- 5) E. BONNAURE: Stahl und Eisen (1959) 1105

(13) 高炉の燃料吹込み操業における効果の推定方法について

八幡製鉄所戸畑製造所 P350 ~ 352
中村直人・都留 隆・山本崇夫

On a Method of Estimating the Effect of Fuel Injection into a Blast Furnace.

Naoto NAKAMURA, Takashi TSURU and Takao YAMAMOTO.

I. 緒 言

高炉へコークス炉ガス、天然ガス、重油などの燃料を

羽口より吹込んで、生産性、コークス比等の改善を計ろうとする方法が、現在の製鉄新技術の焦点となつている。この際、何を使用すれば最も効果的であるかを充分検討して、設備計画などに反映させることが必要である。本報告は、燃料選択の根拠となるべき、各種燃料の吹込時における操業条件、コークス比の低下、出鉄量の増加率などを推定する一方法を提示せんとするものである。

II. 燃料添加量と操業条件

燃料吹込みにおいて、羽口前の理論燃焼温度が通常操業時と等しく保たれるように送風温度、送風湿度の補償をなし、熱風炉の能力限界に達すれば、酸素富化などによつて補償を行なうものとすれば、自づから燃料添加量は送風温度、送風湿度あるいは酸素富化量との関連において定まつてくる。以下、羽口前で焼燃するコークス中の C 1 kg (kg-C_T と表示) について計算して行く。

i 理論空気量 V Nm³/kg-C_T

a ガスの場合

$$V \text{ Nm}^3/\text{kg-C}_T = \frac{4.4443 - 2.3808ax - 4.7619(cx + y) - 2.9630h_1x + 4.7619bx + 2.3808fx}{1 + 2.9630h_2}$$

- ただし x: ガス添加量 Nm³/kg-C_T
 y: 純酸素添加量 Nm³/kg-C_T
 h₁: ガス中水分 kg/Nm³-gas
 h₂: 空気中水分 kg/Nm³-air(D)
 a: ガス中の CO₂ Nm³/Nm³-gas
 b: ガス中の C₂H₄ Nm³/Nm³-gas
 c: ガス中の O₂ Nm³/Nm³-gas
 d: ガス中の CO Nm³/Nm³-gas
 e: ガス中の H₂ Nm³/Nm³-gas
 f: ガス中の CH₄ Nm³/Nm³-gas

b 油の場合

$$V \text{ Nm}^3/\text{kg-C}_T = \frac{0.9333(1 + \alpha x) - y}{0.21 + 0.6222h_2}$$

- ただし x: 油添加量 kg/kg-C_T
 α: 油中の C kg/kg-oil

ii Bohs gas 量

a ガスの場合

$$G_{N_2} \text{ Nm}^3/\text{kg-C}_T = 0.79V + g x$$

- ただし g: ガス中の N₂ Nm³/Nm³-gas

$$G_{CO} \text{ Nm}^3/\text{kg-C}_T = 1.8667 + (a + 2b + d + f)x$$

$$G_{H_2} \text{ Nm}^3/\text{kg-C}_T = (2b + e + 2f)x$$