

日)の測定結果を Table 4 に示した. 11月末日現在この測定値は変っていない.

V. 結 言

この実験は初めての試みであるため, 埋め込み個所および1個所の埋め込み個数を少なくして測定結果の確実を期したが, これが成功すればさらに多数の試料を埋め込むことにより炉壁侵蝕の進行状態を正確に知ることができ, 炉命延長に大きな貢献をするものと思われる.

(10) 高炉における炭素および熱量の消費について

(高炉における炭素および熱量的検討—I)

Carbon and Heat Consumption in a Blast Furnace.

(Studies on the consumption of carbon and heat in a blast furnace—I)

Jyun Sawamura, et alii.

富士製鉄, 釜石製鉄所, 製鉄部

○沢村 惇・太田 奨・福田隆博

I. 結 言

最近の製鉄作業における品質管理の強化は, 作業設備および計測設備の強化と相まって, 作業成績の理論的評価を可能ならしめる段階にきたように思われる. これらの理論的評価を逆に製鉄作業に応用することにより熔鋳炉操業が大きく進歩し, これまでの永い間の経験による操業から完全に脱することも可能であろうと考えられる.

熔鋳炉における炭素熱量の消費は, 物質消費とともに製鉄作業の重要な点を占めることはここで強調するまでもないが, 本報告では熔鋳炉において炭素の消費はいかにしておこなわれ, その結果発生する熱量がいかに分配されているか, 装入物の熱量消費はどの程度であるかを

検討し, これらの結果の高炉操業への応用について理論と実際の面から考察した.

II. 高炉における炭素の消費について

(1) 高炉における炭素の消費について

高炉に装入された炭素がどのような経路をたどり, 消費されて行くかは熔鋳炉を考察する上で基礎となるものであることはいままでもない. ここではごく大略的ではあるが釜石製鉄所においておこなっている炭素精算の計算方法と方式とを示す.

Table 1 は炭素精算方式を簡略化したものである. なお Fig. 1 は当所第 10 高炉での最近の鑄物鉄吹製時の炭素精算結果の 1 例を流れ図として示したものである.

(2) 高炉ガス発生量とその成分について

炭素精算の面から高炉内各部におけるガス発生量とガス成分を求める理論式について種々検討した結果, 間接還元を推定するにはコークス比と $CO+CO_2\%$ から求める方法がもつとも簡単でありまた精度がよいことが明らかとなった. この関係をグラフ化しておけば従来おこなっていた複雑な計算をおこなわずに, 簡単に還元状況を把握して操業に利用できることになる. またこれらのガス発生量と成分を求める式は操業計画をたてたり, 炉内反応を考察する上に利用できる.

III. 高炉における熱量の消費について

従来から熱量精算の方法としては, コークスの全発熱量を基準とした第 1 法, および炭素の炉内燃焼熱を基準とした第 2 法の二つの方法がおこなわれてきたが, ここに炭素精算に基づいた熱量精算の方法 (第 3 法) を前二者と熱的な機構の上から比較検討し, さらに第 3 法の計算方法の方式を示した.

(1) 各種熱精算の機構とその比較について

高炉の熱精算の方法として, コークスの全発熱量を基準とした第 1 法は, 炉内に装入された C が全部 CO_2 まで酸化されると考えた熱精算方式で, 総発生熱量は 3 つの方法のうち最大となる. したがって第 1 法から高炉の熱効率を考える時高炉は多量の熱量を与えられながら, これを未消化のまま炉頂ガス中に放散のしている効率の悪い熱機関と見られる. また第 1 法からはコークスの高炉における熱的役割と他の熱源 (例えば熱風) の役割との量的関係を議論することは不可能である. それはコークスが実際には第 1 法で考えているほどの発熱をおこなっていないからである.

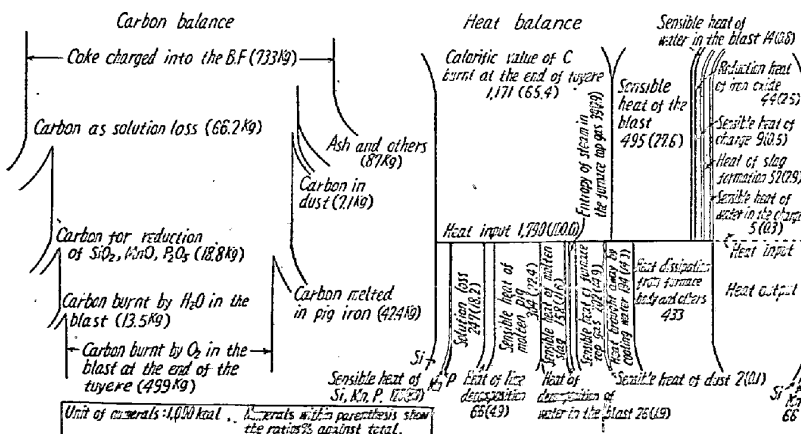


Fig. 1. Flow sheet of carbon and heat in blast furnace.

Table 1. Method of carbon balance.

No.	項 目	計 算 方 法
1.	銑鉄 t 当り コークス kg	Coke ratio × 1000
2	〃 〃 C	(1) × Coke 中 F.C × 1/100
3	高炉灰に行く C	dust 中 C% × 銑 t 当り 発生量 kg / ガス利用率
4	高炉に入った D	(2) - (3)
5	高炉送風量 Nm ³ /t. pig	
6	羽口先で衝風中 O ₂ で燃える C kg	0.225 × (5)
7	送風中湿分 g/Nm ³	
8	羽口先で衝風中 H ₂ O で燃える C kg	(5) × (7) × 0.007
9	羽口先で気化する全炭素量 kg	(6) × (8)
10	銑鉄中に溶解する C	10 × 銑鉄中 C%
11	P ₂ O ₅ の還元に必要な C	9.687 × P%
12	SiO ₂ 〃 〃	8.544 × Si%
13	MnO 〃 〃	2.185 × Mn%
14	P, Si, Mn 〃 〃	(11) + (12) + (13)
15	炉内で気化する C	(4) - (10)
16	羽口より上部で気化する C	(15) - (9)
17	Solution loss	(16) - (14)
18	炉頂ガス中の CO ₂ 中の O ₂ Nm ³ /t. pig	炉頂ガス量 (Nm ³ /t. pig) × CO ₂ % / 100
19	石灰石からくる CO ₂ 中の O ₂	石灰石 CO% / 100 × 22.4 / 44 × 石灰石使用量 kg / t. pig
20	間接還元により奪われた O ₂	{(18) - (19)} / 2
21	直接 〃 〃	(16) × 0.9333
22	間接還元率 %	{(20) / (20) + (21)} × 100
23	直接 〃 %	{(21) / (20) + (21)} × 100

Table 2. Method of heat balance.

No.	項 目	計 算 方 式
(1)	衝風中 O ₂ により羽口先で燃える C の発熱量	高炉送風量 (Nm ³ /t. pig) × 0.225 × 2428
(2)	Fe oxide の還元熱	装入物 T.Fe (kg / t. pig) × 43.7
(3)	熱風の顕熱	送風量 (Nm ³ /t. pig) × 送風温度 (°C) × 比熱
(4)	熱風中湿分の顕熱	送風量 (Nm ³ /t. pig) × 水分 (kg / Nm ³) × 送風温度 (°C) × 比熱
(5)	装入物の顕熱	総装入量 (kg / t. pig) × 平均比熱 (0.18) × 平均気温 (°C)
(6)	銑滓生成熱	銑滓量 (kg / t. pig) × 140 (kcal / kg)
(7)	装入物中水分の顕熱	製銑第 54 委員会, 第 37 回会議資料 (熔銑炉熱精算方式の検討) (別表) A の口

入 熱 合 計

(1)'	Mn の還元熱	Mn の還元に必要な C (kg / t. pig) × 5742
(2)'	Si の 〃	Si の 〃 〃 × 6333
(3)'	P の 〃	P の 〃 〃 × 3673
(4)'	Solution loss	Solution loss となつた C (kg / t. pig) × 3239
(5)'	石灰石の分解熱	石灰石使用量 (kg / t. pig) × 石灰石 CaO% / 100 × 760
(6)'	熔銑の持つ去る熱量	熔銑温度 [B. Y = 67.3 x + 1300] + 70°C) × 0.21 × 1000 kg F. Y = 11.7 x + 1355.2 x = Si
(7)'	銑滓の 〃	銑滓比 (kg / t. pig) × 熔銑温度 (+30°C) × 0.287
(8)'	送風中湿分の分解熱	送風中湿分で燃える C (kg / t. pig) × 2389
(9)'	炉頂ガス中水蒸気のエンタルピー	装入物中総水分量 (kg / t. pig) × 炉頂温度 × 当該温度でのエンタルピー
(10)'	炉頂ガス顕熱	炉頂ガス量 × 炉頂温度 × 当該温度での比熱
(11)'	冷却水の持つ去る熱	冷却水量 (kg / t. pig) × (排水温度 - 給水温度) °C
(12)'	dust 顕熱	dust 量 (kg / t. pig) × 0.18 × 炉頂温度

出 熱 合 計

炭素の炉内燃焼熱を基準とした第 2 法は、第 1 法に比してコークス発熱量を少なく評価しているが、CO₂ まで酸化される時の炭素の発熱量 8100 kcal / kg. C は酸素で燃焼された時に発生するものであり、実際は酸化鉄中の酸素で酸化されるものであるから 8100 kcal は発生しない。したがって第 2 法は第 1 法、第 3 法の間間的な

方式であり、第 2 法も種々の熱量的検討をする上には不適である。炭素精算に基づいた第 3 法はもつとも良く炉内反応に即応したものであるから、この方式による熱精算はコークスの高炉における熱的役割と他の熱源との量的関係をも、もつとも正確に示しているものである。

(2) 炭素精算に基づく熱量精算の計算方式について以上の三通りの熱精算の方法について比較検討したが炭素精算に基づく熱量精算が炉内反応ともつともよく即応していること、したがって高炉の熱的諸検討をこの方法でおこなうと熱量精算結果がより有効な資料となると考えられる。釜石製鉄所では昭和33年4月からこの方式による熱量精算をおこなっているためその計算方式について報告する。

Table 2 はその計算方式を簡略化して示したものであり Fig. 1 には carbon balance の流れ図と対比せしめて熱量の流れ図を示した。

IV. 結 言

以上高炉における炭素および熱量の消費について考察してきたが、高炉内でいかにコークスが消費され熱量がいかに分配されているかが定量的に把握できた。第2報ではひきつづいて種々の装入物の所要熱量について検討し、これらの熱量的検討の実際操業への応用について考察をすゝめる。

(11) 炭素—熱量的検討結果の高炉操業への応用

(高炉における炭素および熱量的検討—II)

Application of Results Analyzed from Carbon and Heat Consumption to Blast Furnace Operation.

Table 1. Method for calculating heat consumption of various kinds of burdens

No.	項 目	計 算 方 式 (F 銑)	備 考
(1)	鉄中に溶解するC	$0.0449 \times (\text{Fe} \%)$	
(2)	Si, Mn, p 還元用C	$0.01932 \times (\text{Fe}\%) + 0.1311 \times (\text{Mn}\%)$	
(3)	酸化鉄直接還元用C	$\{0.167(\text{FeO}\%) + 0.225(\text{Fe}_2\text{O}_3 \%) \} \times 0.303$	$\eta \text{ D. R} = 0.303(\text{F})$
(4)	最低所要固定C	(1) + (2) + (3)	
(5)	酸化鉄間接還元用C	$\{0.167(\text{FeO}\%) + 0.225(\text{Fe}_2\text{O}_3 \%) \} \times 0.697$	$\eta \text{ I. R} = 0.697(\text{F})$
(6)	最低所要C	(4) + (5)	
(7)	Si, Mn, Pの還元熱	$119.6 \times (\text{Fe}\%) + 752 \text{ g} \times (\text{Mn}\%)$	
(8)	Solution lossの熱	$3.239 \times (3)$	
(9)	Ca CO ₃ の燃焼熱	$760 \times \text{CaO} (\text{kg} / 100 \text{ kg ore})$	
(10)	熔銑の頭熱	$y \times 0.2247 \times (\text{Fe}\%)$	$y = 0.80x + 375.2$
(11)	熔滓の〃	$(y + 100) \times 0.287 \times \text{銑滓生成量} (\text{kg} / 100 \text{ kg ore})$	(x: pyrometer による) 熔銑温度(°C)
(12)	装入物中の水分蒸発熱	水分(kg/100kg ore) × 620	熔滓温度 = y + 100(°C)
(13)	最低消費熱量	(7) + (8) + (9) + (10) + (11) + (12)	
(14)	酸化鉄間接還元熱 (Fe ₂ O ₃)	$50 \times (\text{Fe}_2\text{O}_3 \%)$	
(15)	Ditto " (FeO)	$19 \times (\text{FeO}\%)$	
(16)	銑滓生成熱	$140 \times \text{銑滓生成量} (\text{kg} / 100 \text{ kg ore})$	
(17)	装入物頭熱	$17 \times \text{平均気温} (^\circ\text{C})$	
(18)	入 熱 計	(14) + (15) + (16) + (17)	
(19)	所要固体炭素発熱量	$2428 \times (4)$	
(20)	湿 100 kg 当り所要熱量	$\{(13) + (19) - (18)\} \times 100 / 100 - (\text{H}_2\text{O}\%)$	

(Studies on the consumption of carbon and heat in a blast furnace—I)

Jyun Sawamura, et alii.

富士製鉄, 釜石製鉄所, 製鉄部

○沢村 惇・太田 奨・福田隆博

I. 緒 言

第1報では高炉における炭素精算および熱量精算の機構とその方式について種々考察し、その結果炭素および熱量の炉内における消費とその分配がいかにおこなわれているかがほぼ定量的に明らかになったが、つぎに装入物の所要熱量を計算し、これらの諸検討の高炉操業への応用について考察をおこなった。

II. 装入物の所要熱量の計算について

熔銑炉に装入される各原料の所要熱量をすることは高炉操業上はもちろんのこと、種々の熱量的検討をおこなう上に不可欠のことであるといつてよい。

現在釜石製鉄所では個々の装入原料の化学的性質から各原料の100kg当りの消費熱量をカーボンバランス、ヒートバランスに基づいた方法でおこなっているが、Table 1. に銑物銑用原料100kg当りの所要熱量の計算方式を示した。

III. 炭素—熱量的検討結果の高炉操業への応用

以上の carbon balance, heat balance 装入物所要熱量の資料から操業上便利と考えられる諸関係式、およびコークス比低下のための理論的考察をおこなつて見よう。