

Fig. 4. Relation between the yield of hydrogen and CO₂ from limestone /H₂ at the furnace top.

困難である。

また炉内での H₂ 還元は高温側で活発であつて間接還元帯を高温部まで延長する効果があり CO 還元に見られない長所であるが吸熱反応であるため炉全体としての熱的レベルは低下する。したがつてこの点でもつとも効果的に行なわれるようなボッシュガス組成 (CO, H₂) を見出して操業することが肝要である。

さらに炉頂ガスの分析値から算出するガス利用率も η_{CO} , η_{H_2} を別個に取扱わず $\eta_{(CO+H_2)}$ という形で考慮すべきと考える。

V. 結 言

以上の結果を取纏めると、

(1) 還元試験の結果より炉内のガス反応、とくに H₂ の挙動について考察したが、

a) 炉頂ガス組成は還元反応およびこれに付随する複雑な反応の集積されたもので分析値から諸反応の過程を推定できない。

b) 炉内における H₂ の挙動とくに還元に対する利用率 η_{H_2} は水性ガス反応の進行と密接な関係にある。

(2) a) 高炉におけるガス還元に対する考え方としては H₂ による還元があらゆる点で効果的に行なわれる条件 (ボッシュガス組成) で操業すべきである。

b) ガス利用率は η_{CO} , η_{H_2} を区別せず $\eta_{(CO+H_2)}$ として考慮すべきと結論される。

(8) 還元ガス中の一酸化炭素、水素の還元利用率について

(高炉燃料吹込みに関する基礎的研究—Ⅲ)

神戸製鋼所神戸工場

杉沢英男・松尾英一・小島勢一

〃 中央研究所

国井和扶・〇喜多島正治

Degree of Utilization of Carbon Monoxide and Hydrogen in Reducing Gas. (Fundamental study on fuel injection into blast furnaces—Ⅲ)

Hideo SUGIZAWA, Eiichi MATSUO,

Seiichi KOJIMA, Kazuo KUNII

and Masaharu KITAJIMA

I. 緒 言

前報 (第Ⅱ報) において述べたように高炉へ燃料を吹込む場合の問題点の1つはボッシュガス中の CO および H₂ の還元に対する利用率がいかなる変化を示すかということである。

とくに我国のように利用率が限界に近い状態で操業を行なっている高炉に燃料を吹込んだ場合には吹込み量如何では CO ならびに H₂ の還元利用率が低下する恐れがある。

そこで燃料吹込みを想定して CO および H₂ 含有量の異なる還元ガスによつて還元試験を行ないこれらの含有量と還元利用率との関係を調べた。

II. 試 験 方 法

還元試験方法は第Ⅰ報に示した方法によつて行なつたが還元ガスの組成は燃料吹込みを想定して CO; 35~45%, H₂ 0~15% (残り N₂) に変化せしめた。なお試験に用いた鉄鉱石は第Ⅰ報同様韓国鉄で 10mm ± 1mm に整粒し 30g ずつ用いた。

III. 試 験 結 果

(1) 還元ガス中の CO, H₂ の還元利用率

Table 1 および Fig. 1 に示すように CO による還元量 (γ_{CO} , CO によつて除去された鉱石中の O₂ 量) および H₂ による還元量 (γ_{H_2} , H₂ によつて除去された鉱石中の O₂ 量) は還元ガス中の CO, H₂ 含有量の増加とともに上昇するが γ_{CO} は Table 1 に示すように CO 含有量の上昇とともにほぼ直線的に増加するが Fig. 1 に見られるように H₂ 含有量の増加によつてもわずかながら増加する。

一方 γ_{H_2} は Fig. 1 のごとく CO 含有量にかかわら

Table 1. Relation between reducing gas composition and reducing rate.

Composition of reducing gas (%)			Amount of reduction (g)			Reduction rate (%)		
CO	H ₂	N ₂	γ_{CO}	γ_{H_2}	$\gamma_{(CO+H_2)}$	R _{CO}	R _{H₂}	R _{(CO+H₂)}}
35	0	65	2.99	0	2.99	49.4	0	49.4
//	2	63	3.13	0.10	3.23	51.6	1.6	53.2
//	5	60	3.13	0.60	3.73	51.7	9.8	61.5
//	10	55	3.26	1.13	4.39	53.9	18.6	72.5
//	15	50	3.34	1.15	4.49	55.1	18.9	74.0
40	0	60	3.25	0	3.25	53.7	0	53.7
//	2	58	3.26	0.21	3.47	53.8	3.5	57.3
//	5	55	3.42	0.51	3.93	56.4	8.4	64.8
//	10	50	3.54	1.14	4.68	58.4	18.9	77.3
//	15	45	3.58	1.27	4.85	59.1	20.9	80.0
45	0	55	3.65	0	3.65	60.3	0	60.3
//	2	53	3.67	0.21	3.88	60.6	3.4	64.0
//	5	50	3.83	0.67	4.50	63.3	11.0	74.3
//	10	45	3.85	1.13	4.98	63.6	18.7	82.3
//	15	40	3.86	1.23	5.09	63.8	20.3	84.1

Note: $R_{CO} = \gamma_{CO} / \Sigma O_2 \text{ in ore} \times 100$, $R_{H_2} = \gamma_{H_2} / \Sigma O_2 \text{ in ore} \times 100$.

Table 2. Utilization rate of carbon monoxide and hydrogen in reducing gas.

Composition of reducing gas (%)			CO ₂ ^R	H ₂ ^R	ΣCO	ΣH_2	η_{CO}	η_{H_2}
CO	H ₂	N ₂	(Ncm ³)	(Ncm ³)	(Ncm ³)	(Ncm ³)	(%)	(%)
35	0	65	4182	0	19688	0	21.2	—
//	2	63	4378	140	//	1125	22.2	12.4
//	5	60	4378	839	//	2813	22.2	29.8
//	10	55	4559	1580	//	5625	23.2	28.1
//	15	50	4671	1684	//	8438	23.7	20.0
40	0	60	4545	0	22500	0	20.2	—
//	2	58	4559	294	//	1125	20.3	26.1
//	5	55	4783	713	//	2813	21.3	25.3
//	10	50	4951	1594	//	5625	22.0	28.3
//	15	45	5007	1776	//	8438	22.3	21.0
45	0	55	5149	0	25313	0	20.3	—
//	2	53	5133	294	//	1125	20.3	26.1
//	5	50	5357	937	//	2813	21.2	33.3
//	10	45	5386	1580	//	5625	21.2	28.1
//	15	40	5397	1722	//	8438	21.3	20.4

Note: CO₂^R = Reduction products of CO reduction.
 ΣCO = Total volume of CO used for reduction.
H₂^R = Reduction products of H₂ reduction.
 ΣH_2 = Total volume of H₂ used for reduction.

ず H₂ 含有量 0~10% の範囲ではその上昇とともにほぼ直線的に増加するが 10% から 15% に上昇しても γ_{H_2} はほとんど増加しない。

また全還元量 ($\gamma_{(CO+H_2)}$) も Fig. 1 のように H₂ 含有量に対しては 10% までは直線的に増加するが 10% から 15% に上昇しても $\gamma_{(CO+H_2)}$ はあまり増加しない。

次に還元ガス中の CO および H₂ の還元に対する利用率を調べた結果を Table 2 および Fig. 2 に示す。還

元利用率は還元を使用した全量に対する還元に使った量の割合を百分率で示したもので CO に対しては η_{CO} , H₂ に対しては η_{H_2} なる記号を用いた。

これらによれば η_{CO} は CO および H₂ 含有量のいかにかわらずほとんど一定で平均 21.5% である。

一方 η_{H_2} は H₂ 含有量 0~10% の範囲では平均 28.2% で η_{CO} の約 1.3 倍に達するが 10~15% の範囲では平均 20.4% に低下する。

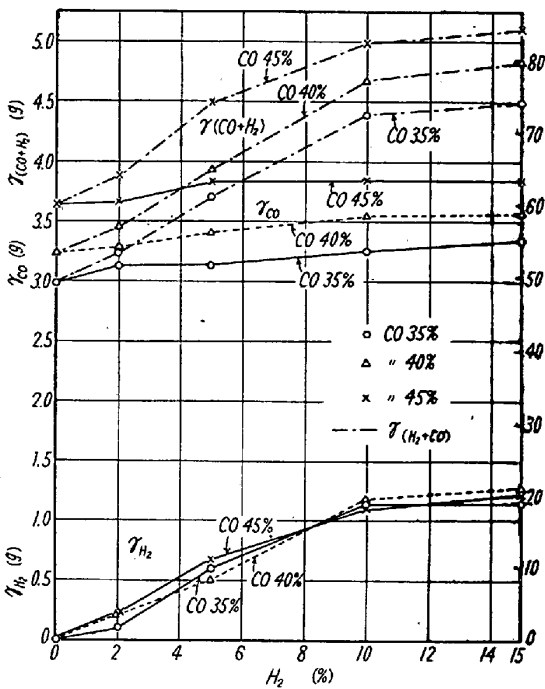


Fig. 1. Relation between the amount of reduction and CO and H₂ contents in reducing gas.

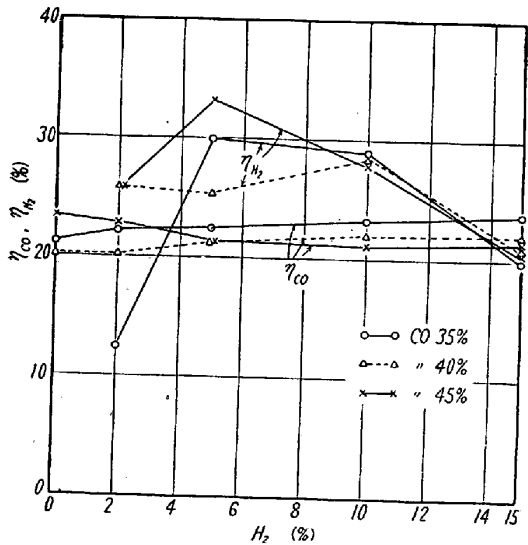


Fig. 2. Relation between utilization rate of reduction by CO, H₂, and CO, H₂ contents in reducing gas.

(2) Boudouard 反応および水性ガス反応

これらの反応の進行状況も還元ガス中の CO および H₂ 含有量の影響を受ける。

すなわち CO 含有量の上昇とともに Boudouard 反応が進行し、また H₂ 含有量の上昇とともに水性ガス反応が抑制されることが認められる。

IV. 結 言

高炉に燃料を吹込む場合を想定して還元ガス中の CO

および H₂ の還元に対する利用率について調べたところ本実験の条件 (ガス流量 250 N cm³/mn, 鉱石 10mm ±1mm 30g) 下では CO の還元利用率は CO 含有量 35~45% の範囲では一定で約 22% であるが H₂ の還元利用率は H₂ 含有量 0~10% の範囲では約 28% で CO のそれより高いが H₂ 含有量 0~15% になると約 20% に低下する。

したがって高炉シャフト部のガス還元について考えると熱的バランスは別として H₂ 10% までは CO より H₂ の方が還元ガスとしては有利であることがわかる。

また還元効率のよいガス成分としては CO 45%, H₂ 10% (シャフト部における成分) であると推察される。

(9) 水蒸気, 酸素および燃料添加時の羽口前理論燃焼温度について

八幡製鉄所製鉄部

○嶋田正利・加藤孝五・阿由葉善作

On the Theoretical Combustion Temperature in the Tuyere Combustion Zone when H₂O, O₂ and Fuel are Injected into Blast.

Masatoshi SHIMADA, Kōgo KATŌ and Zensaku AYUHA

I. 緒 言

今日の高炉操業においては送風中に水蒸気を添加することは炉況調整および高温送風に当って効果的であるゆえに一般化している。同時に高炉の出鉄比増加ならびにコークス比低下の手段として、酸素および燃料添加送風の意義も認められている。これらの添加送風操業の基準としては、主として羽口前燃焼温度を用いている。そのために、燃焼温度を計算した例も多少あるが連続的な数式として算出したものがないので本文においてはその数式を導きさらに、送風温度、送風湿度、送風酸素濃度および送風中燃料 (例として C. O. G) 濃度変化の羽口前理論燃焼温度におよぼす影響を調べ、操業の方針の検討を行なった。

II. 方 法

燃焼温度の算出にあたって化学および物理定数を以下のごとく定めた。

(i) 比熱¹⁾ (t の単位は °C)

N₂, O₂, CO の比熱

$$C_{P1} = 0.302 + 2 \times 2.23 \times 10^{-5} t \quad \text{kcal/Nm}^3\text{°C}$$

H₂ の比熱