

再生鉄の研究(第IV報)^①

(熱量計算に依る検討)

養 田 実

Studies on the Regenerated Pig Iron :

—IV、 On the Heat Balance in the Regenerating Cupola^①

Minoru YOHDA

From the calorific calculation regarding the regenerating cupola operation, the author obtained the following result. The heat consumption per ton of regenerated iron is nearly equal to that in the blast furnace. The heat necessary for the reducing, the melting and other reactions is rather small, because the main material used in this case is steel scrap instead of iron ores in the blast furnace, however, the heat lost with the waste gases and by the conduction and the radiation is larger than that in blast furnace. Therefore, to increase the thermal efficiency, the economical utilization of the waste gases and the reduction of the radiation loss by the protection of the furnace are thought to be important in the present case.

〔I〕 緒 言

鋼屑を原料として鉄鉄を製造する所謂再生炉の操業に関して、実験によつて得られたデータの中から一、二の例をとつて熱量計算を試みこの面からの検討を行つてみたい。鉄鉱石を主体とする熔鉱炉の場合とも比較してみる事とする。

〔II〕 実験方法及び結果

炉の構造は羽口面炉内径1,250mm, 有効高さ3,250mm羽口比64.8である。装入原料はブリキ屑, 鉄鋸屑及び旋盤屑などであつて, データとしては次②の二例を採用する事にした。この実験結果の数値を纏めると第1表の如くなる。

第1表 実 験 結 果

項 目	操業 時間 時	風 量 m ³ /min	コーク ス比 %	石灰石比 %	熱風温度 (平均) °C	1回装入 鉄原料 kg	鉄原料 総装入量 kg	出鉄量 kg	歩 留 %	コークス 中炭素量 %
実験①	2	55	60	20	348	75	2,196	1,950	89	80
実験②	17	55	70	20	381	75	16,800	13,500	80	80

項目	出銑屯当使用量 kg			出銑屯当風量 m ³	出銑化学成分 (平均) %		スラッグ化学成分 (平均) %		出銑屯当スラッグ量 kg
	鉄屑料	コークス量	石灰石量		C	Si	SiO ₂	Al ₂ O ₃	
実験①	1,126	669	223	3,385	3.78	1.11	35.70	14.55	320
実験②	1,214	863	247	4,156	4.11	1.48	36.45	12.25	306

〔Ⅱ〕 熱 勘 定

(A) 実験①の場合

(a) 発生熱量計算

(i) 炭素の燃焼による熱量

Clkg の完全燃焼には O₂2.66kg を要し、その結果 8,100Kcal の熱を発生する。CO₂ は更に上昇し高熱コークスに作用してその一部は吸熱反応を示す。燃焼に関して Campbell & grennan による表を適用して計算を行い Clkg より 5,830kcal 従てコークス 1kg では 4,664kcal とすれば銑屯当りでは

$$4,664 \times 669.2 = 3,121,149 \dots \dots \dots (1)$$

(ii) スラッグの珪酸化物生成熱

スラッグ 320kg 中の (SiO₂ + Al₂O₃) 量は

$$320 \times (35.70 + 14.55) / 100 = 160.8 \text{kg}$$

Richards によりスラッグ中の (SiO₂ + Al₂O₃) 1kg 当りの生成熱は 150kcal

$$\therefore 160.8 \times 150 = 24,120 \text{kcal} \dots \dots \dots (2)$$

(iii) [Fe₃C 生成熱]

銑屯当りの炭素量は

$$1,000 \times 3.78 / 100 = 37.8 \text{kg}$$

Richards によれば Fe₃C となるための発生量は 705Cal/kgC

$$\therefore 705 \times 37.8 = 26,649 \text{kcal} \dots \dots \dots (3)$$

(iii) 送風温度より得られる熱量

空気 1m³ の平均比熱 0.318(0~600°C) として屯当風量の熱は

$$3,385 \times 0.318(348 - 15) = 358,451 \text{kcal} \dots \dots \dots (4)$$

(b) 消費熱量計算

(i) 炉頂ガスの顕熱量

$$Q = \frac{K(FC_1 + LC_2) - C_3}{0.00053542(C_4 + C_5 + C_6)}$$

上式に於て

Q : 銑屯当標準状態に於けるガス発生量 m³

K : 装入物歩留 C₁ : コークス中のC% (重量)

F : 銑屯当コークス装入量 t C₂ : 石灰石中のC% (〃〃)

L : 銑屯当石灰石装入量 t C₃ : 銑鉄中のC% (〃〃)

C₄, C₅, C₆ : 発生ガス中の CO₂, CO, CH₄% (容積)

茲で CO₂ 15% CO 26% H₂ 2.5% N₂ 56.4% CH₄ 0.1% とすれば

$$Q = \frac{0.89(0.67 \times 80 + 0.22 \times 12) - 3.78}{0.00053542 \times 41} = 2,108 \text{ m}^3$$

比熱を $\text{CO}_2 = 0.426$ $\text{CO} = \text{H}_2 = \text{N}_2 = 0.316$ 炉頂ガス温度を $1,000^\circ\text{C}$ とすれば

$$\text{CO}_2 \dots\dots 2,108 \times 0.15 \times 0.426 \times 1,000 = 134,695$$

$$\text{CO} \dots\dots 2,108 \times 0.26 \times 0.316 \times 1,000 = 173,185$$

$$\text{H}_2 \dots\dots 2,108 \times 0.025 \times 0.316 \times 1,000 = 16,652$$

$$\text{N}_2 \dots\dots 2,108 \times 0.564 \times 0.316 \times 1,000 = 375,678$$

$$\text{合計} \quad 700,211 \text{ kcal} \dots\dots\dots (1)$$

(ii) 熔鉄の保有熱量

海野氏によれば銑鉄中の C 3.5% の場合温度 $1,400^\circ\text{C}$ に於ては保有熱量は尙当 285.310 kcal 比熱 0.2038 又 C 4.3% では 287.434 kcal 比熱 0.2053 である。C 3.8% では一応比例的中間値をとつてみると、

$$286.1065 \times 1,000 = 286,107 \text{ kcal} \dots\dots\dots (2)$$

(iii) 熔滓の保有熱量

海野氏によれば $1,400^\circ\text{C}$ に於けるスラッグの保有熱量 394 kcal , 屯当スラッグ量では

$$320 \text{ kg} \times 394 = 126,080 \text{ kcal} \dots\dots\dots (3)$$

(iii) 装入物中水分の蒸発に要する熱量

屯当装入物中の水分を 150 kg と仮定すれば、これが 100°C に加熱されるに要する熱量は $13,700 \text{ kcal}$ その潜熱は

$$150 \times 536 \text{ kcal} = 80,400 \text{ kcal}$$

蒸気の比熱は $100 \sim 200^\circ\text{C}$ 間では 0.376 故に炉頂温度に達する迄に

$$150 \times (1,000 - 100) \times 0.376 = 50,760 \text{ kcal}$$

を要する。従て装入物中の水分が蒸発して $1,000^\circ\text{C}$ の蒸気となる迄に必要な熱量は

$$13,700 + 80,400 + 50,760 = 144,860 \text{ kcal} \dots\dots\dots (4)$$

(V) 炭酸塩の分解熱

屯当石灰石中の CO_2

$$223 \times 0.44 = 98.12 \text{ kg}$$

その分解熱

$$98.12 \times 1,026 = 100,671 \text{ kcal} \dots\dots\dots (5)$$

(Vi) 酸化鉄の還元熱

鋼屑中の 30% が銹であつて而も一応 Fe_2O_3 の形であつたとすれば、銑屯当鋼屑使用量に対しては

$$1,747 \times 1,126 \times 0.3 = 590,136.6 \text{ kcal} \dots\dots\dots (6)$$

(Vii) 鋼の溶解熱

鋼 1 kg の溶解熱は地金の比重、熔融温度、熱解潜熱、熔湯比熱などより一般に $275 \sim 350 \text{ cal}$ (Richards) をとるが茲では比熱を 0.21 (海野) として計算した 717 cal をとつてみると

$$717 \times 1,126 \times 0.7 = 565,139 \text{ kcal} \dots\dots\dots (7)$$

(Viii) 珪素の還元熱

銑屯中の珪素量に対して

$$6,413 \text{ kcal} \times 1.11/100 \times 1,000 = 71,184 \text{ kcal} \dots\dots\dots (8)$$

(ix) 送風中の水分の分解熱

水の分解熱は $3,226 \text{ kcal/kg H}_2\text{O}$ 空気 1 Nm^3 当りに 5 gr の水分に相当する量が 15°C の空気に伴

うものと仮定すれば、銑屯当の送風に伴う水分は

$$5 \times 3,384.6 = 16,923\text{gr}$$

分解熱は

$$3,226\text{kcal} \times 16.9 = 54,519\text{kcal} \dots \dots \dots (9)$$

〔IV〕 考 察

第2表はこれらの熱量計算、並びに同様にして得た実験②に対する熱勘定の結果と、更に参考のために熔鉱炉の場合の実例③とを-括したものである。実験①と②では後者のコークス比が大であるために発生熱量は大きい。これに反して出熱の方では輻射熱などで放出される量は大きい。熔鉱炉と比較してみると1屯小型高炉とは近似しているが、400屯高炉に較べると炭素の熱量が大きい。これは屯当コークス使用量が大きい事になる。送風の顕熱が熔鉱炉より相当低いのはこの実験に於ては特に熱風温度が平常より低かつた為めである。出熱に就いて再生炉と高炉をみると装入鉄原料の還元及び熔解に要する熱量は原料に於て鉱石と鋼屑との相違に相応する差を認められる。

従つて炭酸塩の分解、熔滓の保有熱その他の反応熱も若干少い。著しい相違は炉頂ガスの顕熱である。これは再生炉の有効高さが低いために炉頂で1,000°C 或はそれ以上もの高温のままガスを放出している事による。然しこの熱量は直ちに送風予熱に用いられ、このガス中のCOの燃焼と共に或程度有効に消費される。

輻射熱その他の出熱量は1屯高炉の場合と同様であるが400屯炉に較べると著しく高い。これは炉の容量が小さい程熱効率が低下する事を裏書している訳でもある。尤も炭素の燃焼熱計算の数値はガス量から入っていないので多少大きく取る事になり従つて放出熱量が著しく大となつたことも

第2表 熱 勘 定 表

		再生炉実験①		再生炉実験②		1屯熔鉱炉		400屯熔鉱炉	
		kcal	%	kcal	%	kcal	%	kcal	%
入 熱	1. 炭素の燃焼による熱量	3,121,149	88.4	4,418,369	89.2	4,129,000	84.5	2,717,000	78.4
	2. スラッグの生成熱	24,120	0.7	22,353	0.4	99,000	2.0	95,000	2.7
	3. 銑鉄の生成熱	26,649	0.8	28,976	0.6				
	4. 送風の顕熱	358,451	10.1	483,650	9.8	658,000	13.5	653,000	18.9
	合 計	3,530,369	100	4,953,348	100	4,886,000	100	3,465,000	100
出 熱	1. 炉頂ガスの顕熱	700,211	19.8	806,410	16.3	433,000	8.9	192,000	5.5
	2. 熔銑の保有熱量	286,107	8.1	286,903	5.8	300,000	6.2	300,000	8.6
	3. 熔滓の保有熱量	126,080	3.6	120,564	2.4	337,000	7.0	312,000	9.0
	4. 装入物中の水分の蒸発熱	144,860	4.1	144,860	2.9	229,000	4.7	176,000	5.1
	5. 炭酸塩の分解熱	100,671	2.9	111,054	2.2	226,000	4.7	193,000	5.6
	6. 酸化鉄の還元熱	590,137	16.7	651,980	13.2	1,645,000	33.9	1,594,000	46.0
	7. 鋼の熔解熱	565,139	16.0	624,364	12.6				
	8. 珪素の還元熱	71,184	2.0	94,912	1.9	125,000	2.6	152,000	4.4
	9. 送風中の水分の分解熱	54,519	1.5	67,101	1.4	105,000	2.2	61,000	1.8
	10. 輻射熱、伝導熱其他	891,461	25.3	2,045,200	41.3	1,446,000	29.8	485,000	14.0
合 計	3,530,369	100	4,953,348	100	4,846,000	100	3,465,000	100	

※ Mn.Pの還元を含む

考えられるが、とも角一般に再生炉の放出熱量の%は高い。

〔V〕 総 括

以上によつて再生炉操業に関する内容を熱量計算の面から究明した結果を示した。その結果は上述の如く大体熔鉱炉の場合と近似しているが、炉の構造上の相違及び装入原料の相違並びに操業法の相違に基く差が認められる。唯炉頂ガスの顕熱及び輻射熱その他の消費熱量の過大は再生炉の特殊構造上当然生ずる事柄であるが、炉頂ガスは送風の予熱に利用されるにしても、装入鉄原料の熔解還元消費される熱量が全体の30%台であることは合理的な再生鉄製造用の炉として検当を加える場合一考を要する事柄である。即ち廃ガスの利用と輻射熱量の防止と云う事が熱効率の向上の爲めに最も取挙げらるべき問題であると思われる。

終りに原稿の御校閲を頂いた学部長石原先生に感謝の意を表したい。

- ① 再生鉄の研究（第Ⅰ報）—再生鉄熔製に於ける珪素の導入に就いて—（富山大学工学部紀要，第1巻，第1号）
 再生鉄の研究（第Ⅱ報）—特に操業法と顯微鏡組織に就いて—（富山大学工学部紀要，第3巻，第1号）
 再生鉄の研究（第Ⅲ報）—風量，風圧及び熱風温度と炭素量との関係—（富山大学工学部紀要，第4巻，第1号）
- ② 著者：再生鉄の研究（第4報）日本金属学会誌 第16巻，第9号
- ③ 八木貞之助：熔鉱炉による特殊製鉄法の研究（八幡製鉄所技術研究所報告 Vol. 24 No. 1）