

- (2) S. Marsh & A. E. Evance : Proc. Roy. Soc. 1922, 228 etc
 (3) G. Grube H. Gmeline : Zeit f. Elektrochem. 26, 153—61.
 (4) H. M. Goodwin & M. Knobel J. Am. Electrochem. Soc., 37, 617
 (5) S. A. Tucker H. Geroge Loesch : J. Ind & Eng. Chem., 9, (1917)
 (6) 神山 : 工業化学雑誌 321号 (大正11年)
 (7) 村上, 加藤 : 工業化学雑誌 360号 (昭和3年)
 (8) J. Tafel : Zeit physik. chem. 50 (1905) 641

再生銑鐵熔製に於ける珪素の導入に就いて

養 田 実

I 緒 言

再生銑鐵とは鋼屑を原料として製造した銑鐵の事であつて、一般製鋼法は鉄鉱石より先ず銑鐵を作り次いで之を脱炭する事によつて鋼を製造する所謂間接法であり、斯うして出來た鋼を再び加炭して元の銑鐵に戻したものが再生銑鐵である。現在のような銑鐵不足時代には 戦災地より多量に発生した鋼屑を銑鐵として再生させる事は極めて有意義であるばかりでなく 緊要な事でもある。而して此を冶金学的に見るならば鉄鉱石より銑鐵を作る熔銑爐精鍊と殆ど 同様に考える事が出来る。此方法は第一次世界大戦中ドイツ、フランス、スキス等に於て相当盛に行われたもので、当時旋屑のような安價な材料を利用して優秀な鑄物を製造しようとする研究が各所で試みられ、遂にスキス人 Dr. Steiger が始めてシャフト型の電氣爐を用いて之に成功し、1920年以來電氣爐再生鑄鐵の製造は相当多く行われるようになった。⁽¹⁾ Dr. Robert Durrer は之を Synthetisches Roheisen (合成銑)と呼んでいる。⁽²⁾ 我國では再製銑とも書いた。然し乍ら此方法は戦争等の産業界の変動に應じて断続的に採用された爲に其文献に乏しく特にキューボラによる再生銑の製造は殆ど我國独特とも云うべきもので、前大戦当時から相当行われたにも拘らず殆ど組織的研究は皆無と云つても宜しい状態にある。而もキューボラと云つても普通鑄鐵の場合は主として單純熔解であるのに反して再生銑は還元熔解を主体としているために羽口比等の爐の構造及び操業方法等に於て著しい相違がある。本文に於ては特に此の再生銑製造に際して製品銑鐵中に珪素が常に2%前後含有されている事実に対して、其導入の原因を考究したものである。装入原料は鋼屑と石灰石並に燃料のコークスだけであつて何れも珪素含有量は微量である。従つて製品銑鐵の分析結果珪素が2%も含有されると云う事は一應不可思議に感じられるが、著者は其主なる原因を操業中に侵蝕された爐壁耐火材料にあるものと推定して数次の概略的検討によつて略々其見当を得たが、今回更に新たな測定記録と計算とによつて之を究明する事にする。

元來一般鑄鐵の場合のキューボラ操業に於ては爐壁耐火材料の侵蝕程度は再生銑製造の場合と殆ど同様であるにも拘らず、装入原料銑鐵の珪素分より製品銑鐵中の珪素分は大略10~15%位逆に減少するのが通則であつて、茲に於ても再生銑製造は同じキューボラを使用するにしても一般鑄鐵の場合と爐内反應が根本的に相違している事が分るのである。記述に当り便宜上次の順序に従う事とする。

- ①計算の基礎となる資料 ②侵蝕された爐壁部分の測定及計算 ③原料及爐材中の珪素分の総量 ④スラッグ生成量及珪素量の計算 ⑤銑鐵中に入るべき珪素の量

II 實 験 測 定 及 び 計 算

(1) 計算の基礎となる資料

装入した材料の重量、製品鉄銑の重量及び材料、熔剤、爐材、スラッグ、製品鉄銑の成分分析の結果を簡単のために第一表に表示する事とする。

(2) 侵蝕された爐壁部分の測定及び計算

(i) 操業開始前の爐内寸法

第一図に示した。爐内径は羽口 8 個の差渡し 4 個所を測定した平均値で出した。

(ii) 操業終了後の侵蝕部分の寸法

第一表

項目	装入重量	C	Si	水分	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	揮発分	発熱量	比重
地金	ブリキ屑	5,890	0.10	0.018							
	ドライ粉	8,700	0.53	0.011							
	鑄屑	2,060		0.20							
石灰石	1,875		0.42	0.39	0.90	0.67	14.95	52.36			
コークス	高岡ガスコークス	7,700	69.11		3.33	17.77	0.98	1.05	0.17	7.59	3,580
	京都ガスコークス	3,300	69.95		5.42	11.63	0.95	0.72	0.13	12.2	3,500
炉壁材料											
				37.24	79.8			0.34			1.94
スラッグ	No. 1			16.88		1.77	13.28	18.02			
	No. 2			15.12		1.45	14.38	16.39			
	No. 3			17.54		1.12	14.36	23.50			
製品	No. 1	12,750	2.94	3.41							
	No. 2		2.53	2.03							

第二図に示した。爐内径、高さ等は前同様数個所の測定寸法の平均値で出した。

(iii) 爐内の体積計算

a) 侵蝕最高位線以下の操業前爐内体積

第一図の ABC 三部分の和を出す訳であつて前二者を截頭直円錐 C を円筒体と見做して次のように計算した。

$$V_A = \pi/4 \times 850 \{ (1,000/2 + 1,149/2)^2 + \frac{1}{3} (1,149/2 - 1,000/2)^2 \}$$

$$= 772,342 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$V_B = \pi/4 \times 450 \{ (1,149/2 + 1,193/2)^2 + \frac{1}{3} (1,193/2 - 1,149/2)^2 \}$$

$$= 484,619 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$V_C = \pi/4 \times 1,193^2 \times 510 = 570,087 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$V = V_A + V_B + V_C = 1,827,048 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

b) 同上部の侵蝕後の爐内体積

同様第二図に従つて次のように計算する。

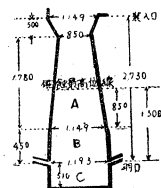
$$V'A' = \pi/4 \times 201 \{ (1,000/2 + 1,200/2)^2 + \frac{1}{3} (1,200/2 - 1,000/2)^2 \}$$

$$= 191,446 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$V'B' = \pi/4 \times 820 \{ (1,200/2 + 1,528/2)^2 + \frac{1}{3} (1,528/2 - 1,200/2)^2 \}$$

$$= 1,203,372 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

第一図



$$V'_{C'} = \pi/4 \times 279 \{ (1,528/2 + 1,490/2)^2 + 1/3 (1,528/2 - 1,490/2)^2 \}$$

$$= 498,741 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$V'_{D'} = \pi/4 \times 1,490^2 \times 510 = 889,267 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$V' = V'_{A'} + V'_{B'} + V'_{C'} + V'_{D'} = 2,782,825 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

c) 侵蝕された部分の体積

$$V - V' = 955,777 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

d) 侵蝕された部分を爐壁材料で充填した場合の重量

$$955,777 \times 10^3 \text{ mm}^3 \times 1,94 = 1,954 \text{ kg}$$

(3) 原料及び爐材中の珪素分の総量

(i) コークス中の珪素分

使用した二種類のコークスの装入量から水分を除いた実重量を出して、之より燃焼によつて生じた灰分の総量を第一表の分析値から算出する。次に此の生じた灰が一部爐外に飛散する場合について考えると、此の爐の構造は爐頂より出る廢ガスの熱を利用して送風を予熱する爲に、煙道が爐頂より直ちに横折して後降下し、予熱室を経て地上に達し更に地下を廻つて煙突に連絡している。而して廢ガスが降下して地上に達する際に相当量の灰を堆積する。此の場合一吹で6杯あつたが一吹約60kgであるから360kgになる。尙其他に途中の煙道や予熱室に堆積したり煙突外に飛出る量を考慮して大略600kgと推定してみると、此の600kgの内高岡ガスコークスから來たものと、京都ガスコークスから來たものと割合は、灰分の性質にも依るであろうが第一表の分析結果を見ると両者が大体類似しているから、夫々のコークスより発生した灰分量に比例していると見做してよいと考える。従つて600kgを其割合に分割して夫々の発生灰分から引いた差額が爐内に残つた灰と云ふ訳になる。此の爐内に残つた灰分中の珪素分を第一表の値より計算すればよい。茲には計算式を省略して以上の順に従つて出た結果だけを第二表として次に掲げる事とする。單位はkg

第 二 表

	装 入 量	除 水 分	灰 分	割 合 %	煙道灰	炉内に残る灰	炉内灰中 SiO ₂	同前 Si
高岡ガスコークス	7,700	7,444	1,487	78	468	1,019	905.891	422.8
京都ガスコークス	3,300	3,121	419	22	132	287	248.500	116.2

(ii) 其他の珪素分

第一表の値より計算して出した結果を取纏めて第三表に示す事にする。前記コークスの分も併せ記載しておく。

(4) スラッグ生成量並にスラッグ中の珪素分の計算スラッグ生成量は実測し難いので之を計算によつて出す事にした。⁽³⁾

(i) 装入石灰石中の C_aO

$$1,875 \times (1 - 0.0039) \times 0.5236 = 978,085 \text{ kg}$$

(ii) コークス中の C_aO

$$\text{高岡ガスコークス} \dots\dots 7,444 \times 0.0017 = 12,655 \text{ kg}$$

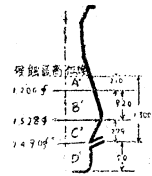
$$\text{京都ガスコークス} \dots\dots 3,121 \times 0.0013 = 4,057 \text{ kg}$$

$$\text{合 計} \quad 16,712 \text{ kg}$$

(iii) 爐壁材料中の C_aO

$$1,854 \times 0.0034 = 6,304 \text{ kg}$$

第 二 図



(iv) 以上により C_aO の総量は

$$C_aO \text{ 総計} = 978.085 + 16.712 + 6.304 = 1,001.101 \text{ kg}$$

(v) スラッグ中の C_aO ……平均 19.3%

(vi) 故にスラッグの生成量は

$$1,001.101 \div 19.3 \times 100 = 5,187 \text{ kg}$$

(vii) スラッグ中の珪素量

$$\text{第一表より珪素分平均 } 16.51 \% \text{ を得る故に } 5,187 \times 0.1651 = 856.382 \text{ kg}$$

(5) 銑鉄中に入るべき珪素量

前二項の計算結果の差をとつて

$$1,280.493 - 856.382 = 424.111 \text{ kg}$$

(6) 故に理論上入るべき製品銑鉄中の珪素量は

$$424.111 \div 1,2750 \times 100 = 3.3\%$$

Ⅲ 結 言

第 三 表

以上の計算から出た製品銑鉄中の珪素量 3.3 % は、第一表にある実際試料を採つて分析した結果と略近似の値を示している。而して其珪素含有量の根源は第三表に見る通り、特に其の中でも操業中爐内反應によつて侵蝕された爐壁材料に因つて來るのが主要因を爲している事が分る。即ち装入原料として特別珪素分の多いものを入れないのに製品に原料以上の珪素分を含有する原因が此所に存する。熔銑爐でも多少珪素は還元されて銑に入るが然し此の場合の珪素は原料である鉄銑石中に含まれているものを考える事が出来る。此の点で再生銑とは導入経路を異にする。又

		装入重量	Si %	Si 量 kg
地	ブリキ屑	5,890	0.018	1.060
	ドライ粉	8,700	0.011	0.957
	鑄屑	2,060	2.0	41.200
石	灰石	1,868	0.42	7.846
コークス	高岡ガス	7,444		422.800
	京都ガス	3,121		116.200
炉壁材料		1,854	37.24	690.430
合 計				1,280.493

一般キュボラによる熔解操業とは反対の傾向を示している訳である。尙茲に注意すべき点は第三表で見ると燃料コークスより入る珪素が意外に多い事である。此のコークス中の珪素の還元には其量が極めて僅かであるとする者⁽⁴⁾と相当程度の影響を認めている者⁽⁵⁾とがあるようであるが、此は云う迄もなく珪素の含有されているコークスの灰分自体の性質にもよる。⁽⁶⁾特に長時間コークスが高熱される時は灰分が集塊する事もあろうし、又灰分中の鉄と化合して珪素鉄に還元される事もあり得る訳である。然しキュボラ操業の一般では容量も小さいので送風のため飛散する方が大部分で其影響は殆ど僅少ではないかと思われる。唯再生銑の場合はコークスを非常に多量に使用する事と爐内紛囂氣の関係で或程度の還元導入は考えられる。然し本文に於けるコークスは第一表に見る如く SiO_2 が灰分中の約90%を占めているような場合であつた爲めに特に多く現れたものと考えられる。要するに再生銑熔製に於ける珪素は侵蝕された爐壁材料中の珪素分とコークス灰分中の珪素分等が導入因子をなしていると云う事が言えると思う。云う迄もなく珪素は銑鉄にとつて炭素に次ぐ重要な元素であつて、物理的、化学的、機械的の諸性質に頗る大きな影響を及ぼすものである。

一般に再生銑は低珪素銑として余り珪素に注意しないようであるが、第一表に見る製品は決して低珪素銑とは云えない。聊か蛇道かも知れないが此等の原因を考慮した適当な操業法によつて

製品銑中の珪素量の計画的導入を行う事も考え得ると思う。本文に於ては 爐の構成形状、操業方法、爐内反應等の詳細を凡て省略した。

尙斯の小実験ではあつたが、測定や試料採取等に便宜を與えて頂いた 喜多喜鑄造所、並に分析を担当して頂いた工業試験所の各位に対して感謝の意を表し度い。

〔註〕

- ① Dr. long. Nathusis. Die Giesserei 1929
- ② Dr. R. Durrer, Z. Elektrochem. angew. physik 1936
- ③ Gay Nenon. Fou. Tra. Jou. Sept. 1935
- ④ Kinney, Tech. Paper, Bureau of Mines. 1926, 田中清治, 鉄と鋼 昭—4—3
- ⑤ Royster and Joseph, Trans. of Amer. Inst. of Min. and Met. Eng. 1925
- ⑥ 倭國一, 鉄と鋼 昭—6—1

單葉函數の係數問題について

山口 國 夫

1. Bieberbach¹⁾が單位円内に於いて正則單葉なる函數

$$f(z) = z + a_2 z^2 + a_3 z^3 + \dots + a_n z^n + \dots$$

の係數には $|a_n| \leq n$ なる限界が存在するであろうとの予想を発表して以來、係數問題は函數論に於ける重大課題となつている。今

$$f_k(z) = z + a_1^{(k)} z^{k+1} + a_2^{(k)} z^{2k+1} + \dots \quad (k=1, 2, 3, \dots)$$

を $|z| < 1$ に於いて正則單葉なる函數とするとき、 $k=1$ なる場合は

$$|a_1^{(1)}| \leq 2, \quad |a_2^{(1)}| \leq 3$$

まで証明せられ、一般項に対しては Littlewood²⁾ に依り

$$|a_n^{(1)}| < e(n+1), \quad (n=3, 4, \dots)$$

なることが証明せられている。 $k=2$ なる場合に対しては Levin³⁾ に依り

$$|a_n^{(2)}| < 3.39 \dots$$

なる事が証明せられているが、更に $k \geq 3$ なる場合に於ける $a_n^{(k)}$ の限界に就いては未だ満足すべき結果は得られていない。

2. 先ず $a_n^{(3)}$ の數值的限界を求める。今 $z = re^{i\varphi}$, $0 < r < 1$ とするとき

$$\text{補助定理 1.}^{4)} \quad \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} |f_1(z)|^\lambda d\varphi \leq \lambda \int_0^r t^{\lambda-1} (1-t)^{-2\lambda} dt, \quad \lambda > 0$$

$$\text{補助定理 2.} \quad \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} |f_k'(z)|^2 d\varphi < e^{-1} r^{-1} (1-r)^{-1} (1-r^{\frac{1}{2}k})^{-\frac{4}{k}}$$

を用いて次の定理が得られることを証明する。

$$\text{定理 1.} \quad f_k(z) = z + a_1^{(k)} z^{k+1} + a_2^{(k)} z^{2k+1} + \dots$$

を $|z| < 1$ に於いて正則單葉であるとすれば $k=3$ に対しては

$$(3n+1)^{\frac{1}{3}} |a_n^{(3)}| < 4^2 \cdot 3^{-\frac{1}{2}} \cdot e^{\frac{1}{3}} = 15.23 \dots$$

証明. 対称函數の性質より

$$f_3(z) = f_{3i}(z^{\frac{1}{i}})$$