

鐵 と 鋼

第八年 第十二號

大正十一年十二月二十五日發行

平爐に於ける餘熱の利用に就て

嘉 村 平 八

近時燃料價格の騰貴に従ひ之を採掘する炭坑に於ては撰炭

水洗等に關する研究漸く盛にして、採掘後石炭の捨石中に入りて空しく廢物たるべき量を最少ならしめ、且つ其の炭山の經濟的能率をして最大ならしめんとせり。又此の燃料使用者に於ては消費石炭の發熱量の利用能率をして最大ならしめ、燃料費に依る生産費の負擔を輕減せんとし、動力發電所の如きに於ける新式蒸氣汽罐に於ては優に使用石炭の發熱量の七五%以上を蒸氣の形に變化せるは普通の例とせらる、獨り此の燃料の消費量大なる製鍊製鐵業に於て未だ其の高價なる燃料の能率をして充分發揮せしむる能はず、空しく放置せる例少からず。

凡そ製鐵業に於て熔解製鍊又は加熱等の操業は極めて高温にて行はれ此の爐内より出づる瓦斯の温度は未だ頗る高温にして、其の空しく煙突を通りて空中に放出せらるゝ熱量は極めて莫大なるものにして、最近歐米に於ては平爐又は加熱爐の餘熱を蒸氣汽罐に導き蒸氣發生に利用の道を講ぜる工場

少からず。

余は歐米製鐵工場見學中屢々此等の工場を見たるが、茲に英國に於て目下最も新しき製鋼工場と稱せらるゝミッドルスポロー地方に於けるドーマン・ロング・レツドカー製鋼會社ワーレンバイ工場(Warrenby Works)に於ける平爐製鋼に於ける餘熱の利用狀況を見て比較的正確なる材料を得たるを以て是等の數字に依て平爐操業に於ける蓄熱爐通過後の瓦斯中の餘熱を蒸氣汽罐に利用せる状態を數字的に計算せんとす。

操業平爐は七十噸爐にして、余の見學は本年一月にして、同國に於ける製鐵事業最も不振の際にして、熔鑛爐の作業を中止せる時なりしを以て、全部平爐には冷銑鐵を用ひ銑鐵及び屑鐵を各五〇%の割合に裝入し、主として建築材料又は鐵板用材料にして炭素の含有は〇・二——〇・三%なりき。

1. 銑鐵の成分

| | | | | |
|------|------|------|-----------|------|
| 炭素 | 珪素 | 硫黃 | 磷 | 錳 |
| 3.50 | 1.75 | 0.08 | 1.30—1.50 | 1.00 |

2. 使用石炭の成分(一週間平均)

| | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|---|---|------|
| 固定炭素 | 全炭素 | 揮發分 | 硫 | 黄 | 灰 | 分 | 發熱 |
| 52.6 | 79.3 | 34.2 | 1.65 | 11.5 | | | 6248 |

3. 發生爐瓦斯の分析(一週間平均)

| | | | | | | | |
|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|------|
| 窒素 | 二酸化炭素 | 酸素 | 一酸化炭素 | 水素 | メタン | 燃燒瓦斯 | 水 |
| 56.83 | 9.4 | 0.17 | 18.24 | 11.04 | 3.31 | 33.59 | 2.26 |

4. 平爐蓄熱爐通過後の燃燒瓦斯中の二酸化炭素... 9—13%

5. 平爐蓄熱爐通過後の瓦斯の温度 580°—600°C

6. 汽鐘通過後煙道に於ける瓦斯の温度 30°—260°C

7. 製出鋼塊一噸に對する石灰石の使用量 140封度 = 62.5吨

8. 同 同 石灰の使用量 600封度 = 272吨

鋼塊歩止りの一ヶ月平均は装入銑鐵及び屑鐵の合計量に對し九割三分にして、屑鐵の平均分析は不明なるも製出鋼塊と大差なるものとする。

然るときは前記發生瓦斯の分析より一立方米突の瓦斯中に於ける炭素の重量を計算すれば

$$\text{二酸化炭素中に於ける炭素} \quad 0.094 \times 1.98 \times \frac{12}{44} = 0.0508 \text{ 吨}$$

$$\text{一酸化炭素中に於ける炭素} \quad 0.1824 \times 1.26 \times \frac{12}{28} = 0.0985 //$$

$$\text{メタン中に於ける炭素} \quad 0.0331 \times 0.72 \times \frac{12}{16} = 0.0159 //$$

$$\text{合計炭素量} \quad 0.1672 //$$

故に一噸の石炭に依て發生する瓦斯の容量は一噸の石炭中に於ける全炭素の量は 0.793 吨なるが故に

$$0.793 \div 0.1672 = 4.743 \text{ m}^3$$

而して鋼塊一噸に消費せらるる石炭の量は 272 吨なるが故に鋼塊一噸に對し使用せらるる瓦斯の全容量は

$$4.743 \times 272 = 1290 \text{ m}^3$$

次に平爐に於て燃燒後蒸氣汽鐘を通過する瓦斯の全容量を知る事必要なるも、完全なる燃燒瓦斯の分析を有せず、又平爐に於ては燃燒に使用せられたる空氣の量を測定する事不可能なるが故に、其の正確なる計算は不可能なるも燃燒瓦斯中に於て炭酸瓦斯の量は、普通九乃至一三%なるが故に、假に平均一%として瓦斯中に於ける炭素量より其の容量を計算すれば、略ぼ確なる容量を得べし、故に先づ發生爐以外より來る炭素の量を知る事必要なるが今鋼中に於ける炭素の量を 0.2%とし銑鐵中より瓦斯中に入る炭素量を計算すべし。

$$\text{一噸の鋼塊に必要な銑鐵の量} \quad 1.00 \div 0.93 \times \frac{1}{2} = 358 \text{ 吨}$$

$$\text{瓦斯中に入る炭素の量} \quad (0.035 - 0.002) \times 538 = 17.75 \text{ 吨}$$

$$\text{銑鐵中のOより來るCO}_2\text{の容量} \quad 17.75 \div 0.54 = 32.9 \text{ m}^3$$

$$\text{石灰石より瓦斯中に入る炭素の量} \quad 6.5 \times \frac{12}{100} = 8.5 \text{ 吨}$$

$$\text{鋼塊一噸に對する使用瓦斯} \quad 1290 \text{ m}^3 \text{ 中に於ける炭素量}$$

$$0.1672 \times 1290 = 225.69 \text{ 吨}$$

故に鋼塊一噸に對し燃燒瓦斯中に於ける全炭素量

$$225.69 + 17.75 + 8.5 = 251.64$$

次に燃燒瓦斯一立方米中に於ける炭素の重量は

$$0.54 \times 0.11 = 0.0594 \text{ 吨}$$

故に鋼塊一噸に對する燃燒瓦斯の容量は

$$251.64 \div 0.0594 = 241$$

此の燃燒瓦斯の成分は不明なるが故に發生機より出でたる瓦斯の分析並に装入銑鐵中の炭素の量に基き計算するを要す先づ瓦斯の燃燒に必要な酸素の容量は次の化學方程式に依り各一容量に對し

可燃瓦斯

必要な酸素

| | | |
|-----------------|------------------------------|------|
| CO | $200 + O_2 = 200$ | 1 容量 |
| CH ₄ | $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$ | 2 // |
| H ₂ | $2H_2 + O_2 = 2H_2O$ | 3 // |

故に各成分瓦斯に對し必要なる酸素の容量は

| | |
|-----------------|---|
| CO | $1290 \times 0.1821 \times \frac{1}{2} = 117.6 \text{ m}^3$ |
| CH ₄ | $1290 \times 0.0331 \times 2 = 85.4 //$ |
| H ₂ | $1290 \times 0.1104 \times \frac{1}{2} = 71.2 //$ |

銑鐵中の炭素の燃焼に必要な酸素

$$17.74 + 0.054 = 33.9$$

$$\underline{\underline{307.1 \text{ m}^3}}$$

合計酸素
以上の酸素より瓦斯中に存在せる酸素量2.2mを減ずれば爐内に於て

瓦斯の燃焼に必要な酸素量は鋼塊一噸に對し304.9mとなる

以上の酸素に附隨する窒素は $304.9 \times \frac{80}{21} = 1161 \text{ m}^3$

發生機より來る瓦斯中に於ける窒素量

$$1290 \times 0.5683 = 733.1 \text{ m}^3$$

瓦斯中のH₂より生ずるH₂O

$$1290 \times 0.1104 = 142.4 //$$

// CH₄ // $1290 \times 0.0331 \times 2 = 85.01 //$

// に於けるH₂O $1290 \times 0.0226 = 29.3 //$

燃焼瓦斯中に於けるCO₂

$$4211 \times 0.11 = 466.5 //$$

合計 261.76 //

故に發生機瓦斯の成分よりして、理論的に燃焼に必要な

空氣の供給を受けたりとすれば、生成燃焼瓦斯の量は装入物

中より來る炭素及び、石灰石の分解に依て生ずる炭酸を加へ

二六一七・六立方米なるべきも實際生ぜる燃焼瓦斯の容量之

より大なるは平爐操業戸口の間隙又は空氣供給口より入りたる過剰の空氣に依るものなり。

燃焼後瓦斯中に於ける過剰なる空氣

$$4237 - 26176 = 1619.4 \text{ m}^3$$

過剰空氣中のO₂ $1619.4 \times 0.203 = 336.8 //$

// のN₂ $1619.4 \times 0.792 = 1282.6 //$

燃焼瓦斯中に於けるN₂の合計

$$1161 + 733.1 + 1282.9 = 3172.7 \text{ m}^3$$

// H₂Oの合計

$$142.4 + 85.4 + 29.2 + 257.0 \text{ m}^3$$

以上の計算に依て燃焼瓦斯の成分は次の如し

| 成分 | 窒素 | 二酸化炭素 | 水 | 酸素 | 合計 |
|----|--------|-------|-------|-------|-----------------------|
| 容量 | 3176.7 | 466.5 | 257.0 | 336.8 | 4237.0 m ³ |
| 割合 | 75.0% | 11.0% | 6.1% | 8.0% | |

次に此の燃焼瓦斯の汽罐爐に入る際に於ける平均温度を攝氏六〇〇度とし汽罐爐通過後の温度は攝氏二三〇度乃至二六〇度なるが故に今此の平均温度を二五〇度とすれば次の如き各瓦斯の比熱に依り、ボイラーの加熱に使用せられたる熱量を計算し得べし。

各瓦斯の攝氏零度より(t)度に至る平均比熱

| | | |
|---------------------------------|----|--------------------|
| N ₂ , O ₂ | Sm | 0.303 + 0.000027 t |
| CO ₂ | // | 0.37 + 0.00022 t |
| H ₂ O | // | 0.34 + 0.00015 t |

以上Smは各瓦斯一立方米に對し攝氏零度より(t)度に於ける

各一度に對する平均比熱なるが故に次の式に依て各成分瓦斯の容量を攝氏二五〇度より六〇〇度に至る熱量に乘ずれば

$$N_2 \text{ 及 } CO_2 \quad (3176.7 + 336.8) \times \{600 \times (0.303 + 0.000027 \times 600) - 250\} - 250$$

$$\times (0.303 + 0.000027 \times 250) \} = 400,820 \text{ カロリ}$$

$$CO_2 \quad 466.5 \times \{600 \times (0.37 + 0.00022 \times 600) - 250 \times (0.37 + 0.00022$$

$$\times 250) \} = 90,944 \text{ カロリ}$$

$$H_2O \quad 257 \times \{600 \times (0.34 + 0.00015 \times 600) - 250 \times (0.34 +$$

$$0.00015 \times 250) \} = 42,045 \text{ カロリ}$$

即ち總計熱量は

$$533,809 \text{ カロリ}$$

此の五三三、八〇九キログラム、カロリーの熱量は平爐蓄熱爐を経てボイラー通過の際利用せられたる熱量にして實際蒸氣汽罐に於て蒸氣發生に使用せられたる熱量は以上より汽罐に於ける輻射、傳導、其他に依て消失する約一〇%を減じたる四八〇、四二八キログラム、カロリーの汽罐中に於て蒸氣に變化するに使用せられたる熱量なり、本工場に於てはB及Wボイラーを使用し其の實際の能率等を研究し得ざりき而して以上計算せる熱量が瓦斯發生爐に使用せられたる石炭の發熱量に對し幾何に相當するかを計算せしに、發生爐に使用せる石炭の發熱量は一坩に就て六、二四八キログラム、カロリーなるが故に

$$480128 \div 6248 = 76.9 \text{ 坩}$$

即ち七六・九坩の石炭に相當する事を知るべし、即ち産出鋼塊一噸に對する石炭消費量二七二坩の約二八・二%にして以上の石炭量は實際蒸氣に變化するに使用せられたるものな

るが故に同量の蒸氣を發生するに必要な石炭は蒸氣汽罐の能率を七〇%とすれば以上計算せる石炭量の約一・四倍即ち一〇七坩の石炭を要する事となる。

以上の計算に依て見るに其の利用せられたる石炭の量は極めて僅少なるが如きも、今一ヶ年五萬噸の鋼塊を製出する工場に於ては一年三、八〇〇噸の石炭の節約即ち五、〇〇〇噸の石炭を使用せるに相當する蒸氣を發生し得、其の金額僅少ならず、尙一國又は世界に於ける場合を考ふれば餘熱の利用に依り得らるゝ利益は大なるものなり。又此の他加熱爐、ソーキングピット等に於ける熱量の利用を試みるに至らば此等の餘熱の利用に依て生ずる燃料の節約は引いては其の生産費の輕減に及ぼす影響決して少からざるべし。

此の平爐に於ける餘熱の利用は一九一〇年米國に於けるユー、エス、スチール、コーポレーションのサウス、シカゴに在るイリノイス製鋼工場に於て始めて試験的に行はれ其の結果極めて良好なりしを以て其後同工場に於ては殆ど總ての平爐に蒸氣汽罐の設置を行ひ、其の餘熱を利用する様にし漸次米國に於ける各所の製鋼工場に於ても試みらるゝに至り何れも平爐製鋼に使用せる燃料の二〇——三〇%を利用し其他加熱爐又はソーキングピット等に於て空しく空氣中に飛散せる熱量を有効に利用する方法を講ぜる所少からず、故に比較的燃料の高價なる本邦に於ては斯業に従事せる技術者は一層是等の點に留意する事肝要なるべし。(完)