

| | | |
|---------|-----------|-----------|
| 上部..... | 500 ♯ |25 ♯ |
| 下部..... | 1,120 ♯ |57 ♯ |
| 計 | 1,9751/hr | 100% |

3. 下部燃焼室のスラッグの堆積

下部燃焼室への通油量 1,200kg/hr の時、その熱負荷は約 220,000kcal/m³hr (25,000Btu/ft³hr) であり、そんなに大きな値でない。それにも拘らず下部燃焼室にスラッグが堆積する。それは鋼塊の両端面で表面が熔融して炉床に落下するからである。吾々は之を防止する為に、パーナーの位置及本数を変えること、又下部燃焼室を少し深くし傾斜部分を炉尻方向に尙後退させることを計画している。その他の問題としては、現在の炉線と炉尻温度では、430 角の鋼塊に対して 21,800Btu/ft²hr は少しく大に過ぎたと思われる。17,000Btu/ft²hr 位の値しかとれぬと思われる。

4. 鋼塊の加熱状況

鋼塊の温度上昇曲線は第 1 図の通りである。上下面の温度差は 60°C 位あることが往々ある。

IV. 結 言

大型鋼塊を加熱する連続加熱炉については前述の通りの種々の問題がある。併しこれらの問題は其の解決法が無い訳ではない。吾々は本報告にその一部を述べた。

(44) 連続鋼塊加熱爐の熱工學的計算方法及びその實例

(Thermal Calculations of a Continuous Reheating Furnace.)

東都製鋼 K.K. 工 山 口 道 夫
工 〇 豊 島 陽 三

I. 緒 言

一般に冶金用炉は、Unit Process の化学工学的見地より見直す必要があり、その熱精算も伝熱計算と表裏一体となり始めて完成される可きものである。此の見地より熱精算方法に対し考察を加えると共に伝熱計算を行い、冶金用炉の科学的設計方法に対する一考察を行つて見た。以下此の方法を実例に依つて述べる事にする。

II. 熱 精 算

熱精算の目的を一言にして云えば、設計及び操業を改善して、熱の有効利用を計る事であり、その目的に従つて熱精算も最も有効な方法を選ばなければならない。筆者は前者を精密熱精算、後者を簡易熱精算方法と云つて

區別して居る。以下此の方式及び実例に就いて述べる。尙実測せる炉は、重油焚きの公称能力 8t/h, top firing (上部加熱) の炉である。

II. 1. 精密熱精算

精密熱精算は、炉の設計改良を目的とするものであつて、炉の伝熱計算を容易に検討し得るものでなくてはならない。之が為入出熱の項目に従来と異なる所もあり、又数値にも異なる点があるが、実測値に就いて説明をする。熱精算結果は次の通りであつた。

| | | |
|-------------|---------------------------|--------|
| 燃料の発熱量 | $Q_{f1} = 342,200$ kcal/t | |
| 燃料の顯熱 | $Q_{f2} = 1,300$ " | |
| 燃料の所有熱量 | $Q_f = 343,500$ " | |
| 空気及水蒸気の顯熱 | $Q_w = 300$ " | |
| 入熱合計 | $Q_e = 343,800$ " | 100.0% |
| 鋼塊の持去る熱量 | $Q_m = 230,000$ kcal/t | |
| 鋼塊の持込んだ熱量 | $Q_i = -3,000$ " | |
| スケールの生成熱量 | $Q_c = -27,000$ " | |
| 炉床損失熱量 | $Q_{r2} = 6,000$ " | |
| 有効熱量 | $Q_n = 206,000$ " | 59.9% |
| 炉壁伝導損失熱量 | $Q_{r1} = 30,200$ " | |
| 炉開孔輻射放熱損失熱量 | $Q_s = 1,900$ " | |
| 炉壁損失熱量 | $Q_w = 38,100$ " | 11.1% |
| 廃ガス顯熱損失 | $Q_h = 94,500$ " | |
| 廃ガス潜熱損失 | $Q_l = 2,500$ " | |
| 廃ガス損失熱量 | $Q_g = 104,000$ " | 29.9% |
| 不明損失熱量 | $Q_x = 2,400$ " | 0.7% |

但し熱精算は、加熱鋼塊 1t 当り、0°C、低発熱量を視準とせるものである。

上の熱精算結果より見られる如く熱精算項目は入熱 = 炉系に持込まれる熱量 (燃焼ガスのエンタルピーに含まれるもの

廃ガス損失熱量 = 煙道に入る熱量

炉壁損失熱量 = 炉の周囲を通して外部へ持出される熱量

有効熱量 = 炉の内部で消費された熱量

不明損失熱量 = 測定及計算誤差

と云う様に分類してある。

次に上の計算で従来の方法と異なる所及びその理由は、

1) 燃料の漏洩損失及び溢渣損失は負として入熱に入れる。

2) 装入鋼塊の顯熱 Q_i 、スケールの生成熱量 Q_c は負として有効熱量に入れる。

3) スケールの生成熱量は、従来スケールの酸化生

第1表 爐内電熱計算

| Section | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 計 |
|---|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| (1) 鋼塊平均溫度[°C] | 1,270 | 1,240 | 1,100 | 890 | 700 | 510 | 340 | 200 | 90 | |
| (2) 鋼塊含熱量 [kcal/kg] | 212 | 209 | 183 | 149 | 102 | 65 | 40 | 22 | 10 | |
| (3) 鋼塊含熱量の増加 [kcal/kg] | | 29 | 34 | 47 | 37 | 25 | 18 | 12 | 10 | 212 |
| (4) " (3)×8460 [kcal/h] | | 245,000 | 288,000 | 398,000 | 313,000 | 212,000 | 152,000 | 102,000 | 85,000 | 1,795,000 |
| (5) 鋼塊の持ち込んだ 熱量 [kcal/h] | | | | | | | | | -25,000 | -25,000 |
| (6) スケール生成熱量 [kcal/h] | | -50,000 | -50,000 | -50,000 | -50,000 | -28,000 | | | | -228,000 |
| (7) 爐壁損失熱量 [kcal/h] | 8,000 | 9,000 | 9,000 | 8,000 | 6,000 | 5,000 | 4,000 | 2,000 | 7,000 | 52,000 |
| (8) 鋼塊への傳熱量 [kcal/h] | 8,000 | 204,000 | 247,000 | 356,000 | 269,000 | 189,000 | 156,000 | 104,000 | 61,000 | 1,594,000 |
| (9) 爐内壁溫度 t_R [°C] | 1,420 | 1,410 | 1,400 | 1,310 | 1,170 | 970 | 780 | 580 | 480 | |
| (10) 同黑體輻射量 [kcal/hm ²] | 408,000 | 398,000 | 389,000 | 312,000 | 215,000 | 118,000 | 61,000 | 25,800 | 11,500 | |
| (11) 鋼塊表面溫度 t_c [°C] | | 1,380 | 1,335 | 1,175 | 965 | 755 | 545 | 335 | 125 | |
| (12) 同黑體輻射量 [kcal/hm ²] | | 370,000 | 330,000 | 218,000 | 116,000 | 55,000 | 22,000 | 6,900 | 1,300 | |
| (13) 輻射熱量(10)-(12) [kcal/hm ²] | | 18,000 | 59,000 | 94,000 | 99,000 | 63,000 | 39,000 | 18,900 | 10,200 | |
| (14) 鋼塊電熱表面積 [m ²] | | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 1.2 | 23.9 |
| (15) 鋼塊表面輻射熱量 [kcal/h] | | 56,000 | 183,000 | 251,000 | 307,000 | 195,000 | 121,000 | 56,000 | 20,000 | |
| (16) 爐斷面積 [m ²] | | 3.60 | 3.46 | 2.55 | 1.68 | 1.04 | 0.88 | 0.80 | 0.72 | |
| (17) ガス速度 | | 0.286 | 0.287 | 0.389 | 0.592 | 0.956 | 1.128 | 1.240 | 1.380 | |
| (18) ガス溫度 ($t_g = t_R + 200$) [°C] | | 1,610 | 1,500 | 1,510 | 1,370 | 1,170 | 980 | 780 | 620 | |
| (19) $t_c = (11)$ [°C] | | 1,380 | 1,335 | 1,175 | 965 | 755 | 545 | 335 | 125 | |
| (20) 溫度差 ($\Delta t = t_g - t_c$) (18)-(19) [°C] | | 230 | 265 | 335 | 405 | 415 | 435 | 445 | 495 | |
| (21) 對流電熱量 [kcal/hm ²] | | 3,500 | 3,300 | 4,100 | 5,700 | 6,200 | 6,700 | 6,200 | 6,800 | |
| (22) " [kcal/h] | | 11,000 | 10,000 | 13,000 | 18,000 | 19,000 | 21,000 | 19,000 | 15,000 | |
| (23) 天井面積 [m ²] | 1.9 | 4.9 | 4.9 | 4.5 | 4.1 | 4.1 | 4.1 | 4.1 | 2.9 | 33.5 |
| (24) 兩側壁面積 [m ²] | 前(4.1) 2.6 | 6.0 | 5.8 | 4.6 | 3.4 | 2.1 | 1.8 | 1.6 | 1.0 | 33.0 |
| (25) 爐床面積 [m ²] | 1.8 | 4.8 | 4.8 | 4.4 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 2.8 | 34.6 |
| (26) 爐内壁面積(23)+ (24)+(25) [m ²] | 10.4 | 15.7 | 15.5 | 13.5 | 11.5 | 10.2 | 9.9 | 9.7 | 6.7 | 103.1 |
| (27) 鋼塊表面積 A_c [m ²] | 0 | 2.1 | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 2.2 | |
| (28) 反射面表面積 $A_R(26)-(27)$ [m ²] | 10.4 | 12.6 | 12.4 | 10.4 | 8.4 | 7.1 | 6.8 | 6.6 | 4.5 | |
| (29) (4)- A_c/A_R [] | 0 | 0.246 | 0.250 | 0.298 | 0.369 | 0.437 | 0.456 | 0.470 | 0.490 | |
| (30) 平均爐高 a [m] | 1.70 | 1.50 | 1.44 | 1.16 | 0.84 | 0.52 | 0.44 | 0.40 | 0.36 | |
| (31) 爐幅 b [m] | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| (32) 爐長 c [m] | 0.77 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1.42 | |
| (33) $\frac{2}{3} \sqrt{abc} = s$ | 0.976 | 1.29 | 1.27 | 1.15 | 1.00 | 0.85 | 0.81 | 0.78 | 0.32 | |
| (34) ガス輻射電熱係數 α_g [kcal/hm ² °C] | | 56 | 55 | 46 | 40 | 30 | 22 | 15 | 6 | |
| (35) ガス輻射電熱量 [kcal/h] | | 35,000 | 34,000 | 29,000 | 25,000 | 19,000 | 14,000 | 9,000 | 2,000 | |
| (36) 理論電熱量 [kcal/h] | | 102,000 | 227,000 | 293,000 | 35,000 | 223,000 | 156,000 | 84,000 | 37,000 | |
| (37) (8)-(36)實際と 理論との差 [kcal/h] | | 102,000 | 20,000 | 63,000 | -81,000 | -34,000 | 0 | +20,000 | +14,000 | +104,000 |

成熱量 q_{c1} の他に、スケール生成に使用された空気中の窒素を加熱する熱損失 q_{c2} 、スケールの含熱量 q_{c3} と鋼の含熱量 q_{c4} との差を考えて

$$q_c = q_{c1} - q_{c2} - (q_{c3} - q_{c4}) \\ = 1,334 - 195 - (360 - 206) = 1,000 \text{ kcal/kg Fe}$$

として計算する。従つて、加熱鋼塊は 1t そのまま抽出されるものとし、又スケールの顕熱は熱精算項目に入れない。

4) 本実測炉の如く炉床放散熱量は、鋼塊を通じて伝熱されると考えられるものに就いては、有効熱量中に入れて計算されるが、下部加熱式、火焰分割式に於いては炉壁損失熱量と考える。

5) 炉壁放散熱量は必ず計算する。

6) 不明損失熱の原因を追求する。本実測値に於いては、不明損失熱 Q_u は 0.7% で偶然低く過ぎる値となつて居る。本実測の際は天井に煉瓦亀裂放焰があつたがそれは算入されて居ない。又煉瓦目地を通じての、炉内ガス漏洩も考えられて居ない事を考え Q_u はもう少し大きく出なくてはならぬ筈である。此の Q_u の追求が熱精算技術向上に最も必要である。

II. 2. 簡易熱精算

簡易熱精算は、操業を改善し、又大きく熱の流れを求める為のもので、連続式鋼塊加熱炉に於いては次の如くして、廃ガス温度と分析より簡単に求める。

$$\text{入熱 } Q_c = \text{燃料の燃焼熱} + (\text{予熱空気顕熱}) \\ = 342,000 \text{ kcal/t}$$

$$\text{有効熱量} = 200,000 \text{ kcal/t}$$

$$\text{排ガス損失熱量} = \text{計算図表より } 28\% = 96,000 \text{ kcal/t}$$

$$\text{炉壁損失熱量} = \text{残差} = 46,000 \text{ kcal/t}$$

III. 傳熱計算

熱精算と炉内伝熱計算との比較は第 1 表の如くであるが、全体としては良く一致して居るが、個々の値は研究の余地がある。

IV. 結 言

以上連続鋼塊加熱炉の熱精算と伝熱計算に就いて述べたが、今後此の方法に依り多くのデータを集める事に依り、適正な設計方法が解決されるであろう。

但し今後尙研究を要する項目としては、

- 1) 各 Section は独立と考えてあるが、その補正
- 2) 各 Section 内に於ける温度の不均一の影響
- 3) 炉内ガス温度の正確な測定

4) 輝焰の影響

であるが、之等も多くのデータを解折する事に依り解決し得るものと思ふものである。

(45) 歩留り向上対策としての鋼材加熱炉の改造について

(On the Reconstruction of Billet-Heating Furnace for Increase of the Yield.)

八幡製鐵所熱管理課 工博 設 樂 正 雄

同 上 岡 田 芳 太 郎

同 上 ○岡 田 小 一

I. 緒 言

三小形工場の丸鋼圧延作業に於いて、仕上ロールを付した丸鋼製品は回転切断機(R.S.)に入り、此処で要求される注文尺の倍数に切断されるが、従来の R.S. は 50m 及び 55m の二段にしか切断されず、最近の如く多種寸法の異なる注文に應ずる場合は、上記の如き二段変速位では切断に際し端数を生じ、注文尺外の切捨部の増加と短尺の発生が多くなり歩留りが低下する。よつてこれが歩留り向上の目的で R.S. の多段式変速装置の設置と共に、適正鋼材の加熱が要望されるに至つた。前者については 12 段階変速装置が考察され、後者については従来 100kg 鋼材しか加熱出来なかつたものを 110kg 鋼材加熱を可能にするため、加熱炉の加熱能力を増加せしめた。即ち従来の 100kg 鋼材でも圧延側に追はれ加熱待ちが多く、能力不足を生じていたので、炉巾を 500mm 拡げ、天井を 150mm 上げ、加熱帯を 1.3m 延長し、不要のスキッド冷却を省き、炉体の要所にイソライト煉瓦を張り、更に従来のモル型バーナーを長焰式バーナーに変え、フレームを延ばす方式をとり、従来の 15t/h の能力のものを 18t/h になるように改造を行つた。(第 1, 2 図参照) 加熱炉の改造及び R.S. 多段式変速装置の考察により次の如く歩留りが向上すると共に短尺が減少した。

| 成 品 | 理論向上歩留 | 実績向上歩留 | 短 尺 物 | |
|------------|--------|--------|-------|------|
| | | | 従来 | 最近 |
| 9mmφ, 5.5m | 3.7% | 3.1% | 4.9% | 1.0% |
| 13 " " | 2.1 | 1.9 | 3.7 | 1.2 |
| 9 " 30呎 | 3.7 | ~ | ~ | ~ |
| 13 " " | 4.8 | ~ | ~ | ~ |

今回この改造炉の熱診断を行い、改造前と比較し改造による熱能率の向上を確認すると共に、従来行われなかつた