

鐵 と 鋼 第二十二年 第三號

昭和十二年三月二十五日發行

論 說

I. 第十二第十三回 研究部會講演

A. 鋼材工場に於ける熱經濟に就て

(第十二回 研究部會)

海 野 三 朗*

ON THE HEAT DISTRIBUTIONS OF REHEATING FURNACES IN STEEL WORKS.

Saburo Umino

SYNOPSIS:—Temperature distributions in several heating furnaces in Yawata Steel Works, firing gases and airs supplied to them were measured. From these results, heat distributions of each furnace were calculated.

(1) In wire mill, distributions of supplied heat which consisted of those absorbed by billets, waste gases and transmitted by radiation and conduction become 48.5, 20.4 and 31.1 percents respectively. In this case, coal equivalent of billets in heating corresponds to 59 kilograms per ton. If we make the most of the waste heat by utilising the suitable insulating materials and consider the present actual work, the above heat distributions probably may be attained to the values of 75.4, 18.7 and 6.8 percents respectively. Then, coal equivalent will become 40 kilograms per ton of heated billets.

(2) In hot rolling furnace of tin plate mill, distributions of heat supplied to the sheet bars, waste gases and radiation and conduction become 44.75, 23.20 and 32.05 percents respectively. But, if we consider the actual heat emitted in the furnace, the heat contained in sheet bars amounts to 58.23 percents.

(3) In the case of soaking pit of the blooming mill, distributions of heat given to the blooms, waste gases and others become 40.45, 23.16 and 36.39 percents respectively.

緒 言

鋼材工場に於ける熱經濟に關しては既に報告¹⁾せるものあれども製品の種類、作業の狀況等千差萬別なり。著者は先づ夫れ等の代表的二三の工場の加熱爐として始めに線材工場の加熱爐、次に第一鋳力工場加熱爐及び第一分塊工場加熱爐につき熱量配布を追求し、更に各部門につき夫れ等の熱經濟に言及せるものなり。

I. 線材工場第1號加熱爐の熱經濟に就て

1. 測定狀況とその目的
2. 結論概要
3. 流量並に溫度測定 (1) 流量 (2) 溫度
4. 瓦斯 (1) 使用瓦斯の成分 (2) 廢棄瓦斯の成分 (3) 使用瓦斯量と加熱鋼片噸數 (4) 爐尻より浸入する空氣量

* 日本製鐵株式會社八幡製鐵所研究所

¹⁾ W. E. Groume, Grjmaillo, The Iron Age, Ang. 24 (1922), 465; R. T. Sarjant, Fuel in Sci. & Pract., 4(1925), 276; 328; 海野、製鐵所研究所、研究報告、7(1927), No. 9; 8 (1928) No. 6; No. 9, 9(1929), No. 4.

5. 熱量 (1) 鋼片が持ち去る熱量 (2) 廢棄瓦斯が持ち去る熱量 (3) 熱量配布
6. 熱經濟的考察 (1) 實績上の最高熱能率 (2) 熱經濟より見たる供給瓦斯量とが熱能力 (a) 保温材による節約熱量 (b) 空氣豫熱に依る節約熱量 (c) 節約熱量と加熱能力 (3) 節約熱量の經濟的價値。

1. 測定狀況とその目的 線材工場加熱爐に於てはその供給瓦斯量及び空氣量並に溫度等を測定し、又廢棄瓦斯等よりしてその熱量配布を計算し又作業の實績上に於ける最高の熱能率を求め、是よりして更に進みて到達可能なるべき最高の熱經濟に言及せるものなり。

2. 結論概要

瓦斯及び溫度

(1) 線材工場加熱爐へ供給せらるゝ混合瓦斯、空氣量を測定し又廢棄瓦斯の分析及び鋼片の溫度測定量を行ひて熱經濟を追求せるものなり。

(2) 混合瓦斯量は毎時 2,352 m³ 空氣は 4,670 m³ にし

て瓦斯對空氣量は約 1:2 の割合なり。

(3) 測定當時に於ける混合瓦斯の發熱量は $2,657 \times 10^6 \text{ cal}$ にして8月及び9月初めの平均値は $2,194 \times 10^6 \text{ cal}$ なり。

(4) 爐内燃焼に依りて生ずる廢棄瓦斯は供給瓦斯量の約 2.76 倍に達し、爐尻よりの浸入空氣量に依りて煙突へ運ばるゝ廢棄瓦斯量は供給瓦斯量の約 4.8 倍に達し、全廢棄瓦斯の約 42% の空氣が爐尻より浸入する事を知れり。

(5) 加熱鋼片の抽出平均温度は $1,250^\circ\text{C}$ なり。

(6) 爐壁最高温度は平均 $1,360^\circ\text{C}$ にして爐尻の温度は平均 $521 \sim 700^\circ\text{C}$ なり。

(7) 混合瓦斯對空氣量の實測値は約 1:2 にして完全燃焼せしむる爲めには約 1:2.32 なるを要す。

熱量配布

(1) 連續壓延時に於ては鋼片、廢棄瓦斯及び輻射傳導等による熱量配布は供給熱量に對し夫々 38.8, 38.9 及び 22.3% となる。此際の加熱鋼片噸當りの石炭當量は $0.077t$ なり。

(2) 故障時、壓延時 等を平均すれば鋼片、廢棄瓦斯及び輻射傳導 等に依る熱量配布は供給熱量に對し夫々 23.65 44.51 及び 31.84% となり、加熱鋼片噸當りの石炭當量は約 $0.127t$ となる。

(3) 實績上最高熱能率と考へられたる際の同上配布は供給熱量に對し夫々 48.5, 20.4 及び 31.1% にして鋼片噸當りの石炭當量は $0.059t$ となる。

(4) 適當なる保温材及び豫熱回収に依りては實績上の最高能率の場合より起算すれば、同上配布をして夫々 74.5, 18.7 及び 6.8% ならしむる事を得べきを知れり。此際の鋼片加熱の石炭當量は $0.04t$ となる。

(5) 常時平均として加熱鋼片噸當り $850 \times 10^6 \text{ cal}$ の熱を要し、實績上 $412 \times 10^6 \text{ cal}$ なる場合あるも同上の如き適當なる施設に依りては $288 \times 10^6 \text{ cal}$ にて足る事となる。

(6) 常時平均として加熱鋼片噸當り 384 m^3 の混合瓦斯を要し實績上 176 m^3 なる場合あるも適當なる施設に依りては 130 m^3 にて足る事となる。

經濟的考察

(1) 適當なる保温材及び豫熱回収装置を施す事に依りて常時供給の瓦斯にて毎時約 4t の加熱鋼片の増加をなす事を得。従て此際の加熱鋼片噸數は毎時約 $11.52t$ となり、毎日 96t の加熱増加となる。

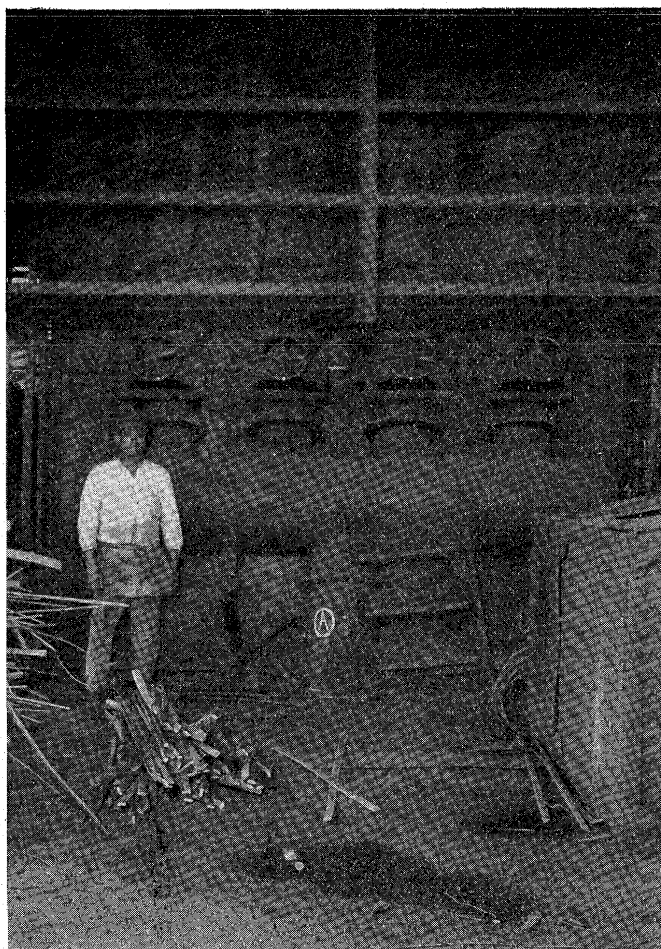
(2) 同上の装置をなす事に依りて平均噸當り 1.983 圓の瓦斯代より 0.636 圓に縮少する事を得。

(3) 同上の装置をなす事に依りて常時の加熱鋼片を得るに當りては毎時 344 m^3 の混合瓦斯量を節約する事を得。此代價約 1.709 圓となり 1 箇月には 1,230.48 圓の節約可能となる。

3. 流量並に温度測定

(1) 流量:— 加熱爐に使用せらるゝ混合瓦斯及び空氣量

第 1 圖



は第 1 圖に示せる如く爐の前面に設けられたる各管につきピットトチューブに依り約 3 時間に亙りて測定を行へり

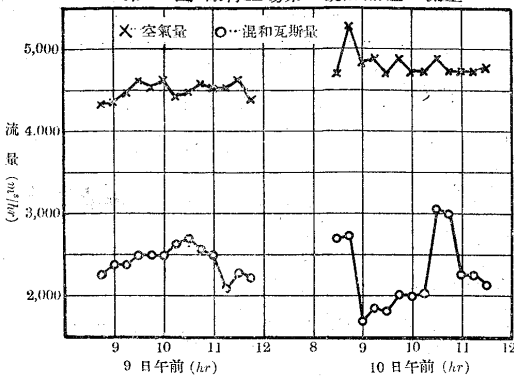
第 1 表 線材工場第 1 號加熱爐の流量 (毎時 m^3)

年月日	混合瓦斯	空氣	散炭瓦斯對高爐瓦斯	混合瓦斯對空氣
10. 9. 9.	2,437	4,514	1:0.64	1:1.85
〃 10.	2,267	4,825	1:0.91	1:2.13
平均	2,352	4,670	1:0.78	1:1.99

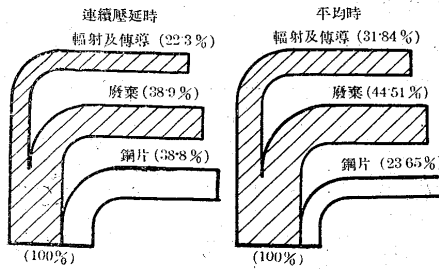
今その結果を圖示すれば第 2 圖の如し。是に依れば瓦斯及び空氣共に時間に依りて常に移動するを知る。

測定中の平均値を求めれば第 1 表の如し、茲に m^3 とし

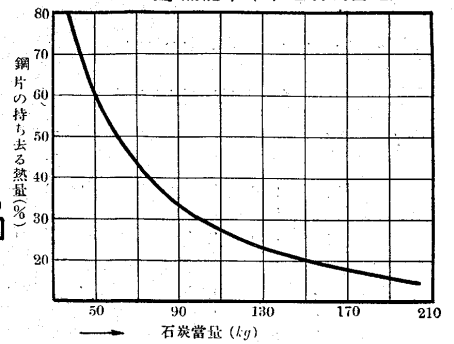
第2圖 線材工場1號加熱爐の流量



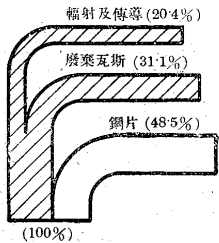
第4圖



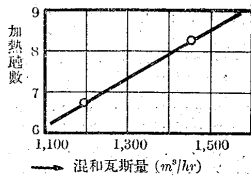
第7圖 熱能率 (%) と石炭當量



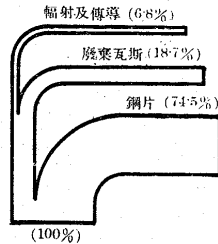
第5圖 最優れたる場合の實績



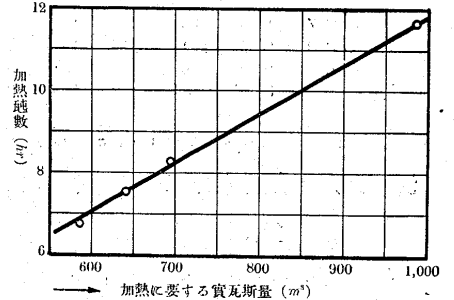
第6圖 加熱噸數と瓦斯量



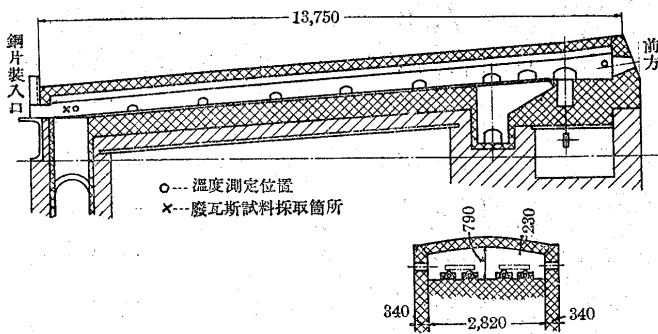
第8圖 熱經濟より見たる熱量配布



第9圖 加熱噸數と實瓦斯量



第3圖 線材工場1號加熱爐斷面圖



0.46 なるが故に 1,200°C に於て約 80°C の補正を行へり鋼片の大きさは 9.7~9.8cm 角、長さ 116~117cm にして單重約 85~87kg なりとす。而して鋼片を排到し得る爐長は約 12.14m なりき。

第2表 線材1號加熱爐と鋼片の溫度 (°C)

測定時刻	爐壁最高	爐底	爐出鋼片	測定時刻	爐壁最高	爐底	爐出鋼片	
9月9日				9月10日				
午前8.45	1,378	547	1,308	午前8.30	1,325	696	1,195	
9. 9	1,355	692	1,274	8. 45	1,310	536	1,190	
9. 15	1,370	587	1,320	9. 15	1,365	507	1,190	
9. 30	1,360	729	1,260	9. 30	1,370	398	1,215	
9. 45	1,350	717	1,290	9. 45	1,380	541	1,200	
10. 15	1,340	723	—	10. 15	1,390	446	1,240	
10. 30	1,345	744	—	10. 30	1,360	347	1,270	
10. 45	1,350	752	—	10. 45	1,330	448	1,220	
11. 15	1,350	759	—	11. 15	1,335	530	1,200	
11. 30	1,370	684	—	11. 30	1,370	646	1,250	
11. 37	1,390	709	—	11. 37	1,385	595	—	
平均	1,358	700	1,282	平均	1,380	549	—	
					1,380	532	—	
					平均	1,358	521	1,217

爐内鋼片最高溫度 1,250°

て示せる數値は標準狀況下に於ける値にして以下凡て同様なりとす。

高爐及び骸炭瓦斯の發熱量は在來の報告¹⁾に依り平均として夫々 900 及び 4,000 cal を採用し、混合瓦斯成分表よりしてその混合の割合を求むるに今高爐瓦斯を x とすれば骸炭瓦斯は (1-x) なり、由て

$$900x + 4,000(1-x) = 2,790$$

$$\therefore x = 0.39, \quad (1-x) = 0.61$$

同様にして是等より高爐瓦斯對骸炭瓦斯の割合は夫々 1:1.56 及び 1:1.08 となる。此結果を併せて第1表に列記する事とせり。

2. 溫度 爐内壁及び鋼片の溫度は光學高溫計に依り又爐底廢棄瓦斯の溫度は卑金屬熱電對に依り第3圖に示せる位置につきて測定を行へり。今その結果を示せば第2表の如し。此際爐出鋼片の抽出溫度に補正を行へる事は勿論なりとす。尙此際のエミッシビチーとしては實測の結果

4. 瓦斯

(1) 使用瓦斯の成分:— 使用瓦斯は高爐瓦斯及び骸炭瓦斯の混合なるも供給源の狀況により又他工場への供給狀況に依りてその割合、總てその成分一樣ならず、測定當日午前8時半より 11 時半に至る平均試料につきその成分を示せば第3表の如し。

第3表 混合瓦斯の成分 (研究所分析)

採年月日	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	C ₂ H ₄ (%)	CO (%)	CH ₄ (%)	H ₂ (%)	N ₂ (%)	發熱量 (kcal)
10. 9. 9	6.0	1.2	2.6	14.6	15.12	26.21	34.27	2,790
10. // 10	6.8	1.0	2.0	16.4	12.55	25.58	35.67	2,523
平均	6.4	1.1	2.3	15.5	13.84	25.89	34.97	2,657

1) 海野、製鐵研究 119(1931), 51; 伊能、同、122 (1931), 263,

尙瓦斯の成分に相當の變化あるが故に同年8月中に於ける成分を參考として第4表に示す事とせり。

第4表 混合瓦斯の成分 (瓦斯係分析)

採年月日	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	C ₂ H ₄ (%)	CO (%)	CH ₄ (%)	H ₂ (%)	N ₂ (%)	發熱量 (kcal)
10.8.5	9.6	1.4	1.2	20.0	6.8	9.9	51.1	1,616
7	8.0	0.8	1.5	19.7	12.6	16.1	41.3	2,306
9	8.8	0.2	1.8	20.6	11.7	16.0	40.9	2,296
13	9.2	0.8	1.6	21.0	10.1	13.5	43.8	2,078
15	9.8	0.8	1.4	21.0	9.0	12.7	45.3	1,935
17	8.8	0.4	2.0	20.0	12.4	16.5	39.9	2,379
21	8.6	1.0	1.4	21.0	8.8	13.1	46.1	1,929
24	9.0	0.4	1.6	21.0	11.6	16.8	39.6	2,292
27	8.6	1.0	1.4	20.0	11.0	15.6	42.4	2,151
29	9.2	1.0	1.2	20.4	10.9	15.5	41.8	2,124
30	9.2	0.2	1.8	20.2	11.7	16.9	40.0	2,307
平均	8.98	0.73	1.54	20.44	10.60	14.78	42.92	2,128

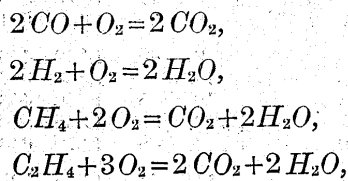
尙瓦斯係にて9月9日午前8時35分採集して分析せる混合瓦斯の成分を示せば第5表の如し。

第5表 混合瓦斯の成分 (瓦斯係分析)

採年月日	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	C ₂ H ₄ (%)	CO (%)	CH ₄ (%)	H ₂ (%)	N ₂ (%)	發熱量 (kcal)
10.9.9	8.8	0.2	1.8	20.6	11.7	16.0	40.9	2,296

試料採集箇所は第3表及び第5表共に同一箇所なるにその結果に於ては相當の差ある事を知る。後者は短時間の採集なるも前者は3時間に亙りての平均試料なるが故に是より考ふれば混合の割合は時々刻々變化しつゝあるものと考へざるべからず。

(2) 廢棄瓦斯の成分:— 第3表に示せる混合瓦斯の成分よりして此混合瓦斯が完全に燃焼する爲めに要する空氣量を求めんに、今完全燃焼に際しては



の反應を要す。故に

$$CO \text{ に必要なる } O_2 \text{ は } \dots\dots\dots 0.155 \times 1/2 = 0.0775$$

$$H_2 \dots\dots\dots 0.1589 \times 1/2 = 0.0745$$

$$CH_4 \dots\dots\dots 0.1384 \times 2 = 0.2768$$

$$C_2H_4 \dots\dots\dots 0.023 \times 3 = 0.069$$

$$\text{合計} \dots\dots\dots = 0.4978$$

然るに混合瓦斯中には1.1%のO₂を含む、由て0.011完全燃焼に必要なO₂の割合は\dots\dots\dots 0.4868

從て $0.4868 \times 100/21 = 2.32$

即ち2.32倍の空氣を必要とす。從て供給せらるゝ混合瓦斯2,352m³に對しては

$$2,352 \times 2.32 = 5,457$$

5,457m³の空氣を必要とす。然るに實測に依るに第1表

に示す如く毎時4,670m³の空氣量なり。されど此空氣中には相當の水分を含有す。測定當時の外氣の溫度は29°Cなりしを以て1m³中には約28.74g¹⁾の水分を含む。從て

$$18:28.74 = 22.4:x \quad \therefore x = 35.8$$

1m³の空氣中には35.8lの水蒸氣を含める割合となる。

故に4,670m³中の純空氣量は

$$4,670 \times (1 - 0.0358) = 4,503$$

4,503m³となるが故に燃焼に與からざる混合瓦斯量は

$$2,352:5,457 = x:4,503 \quad \therefore x = 1,942$$

$$\therefore 2,352 - 1,942 = 410$$

毎時410m³となる。從て完全に燃焼せらるゝ混合瓦斯の量は1,942m³なるべきなり。由て次に此際に於ける廢棄瓦斯量を計算せんとす。此際燃焼に依りて生ずるCO₂と始めより存在せるCO₂及びその他は

$$CO_2 \dots\dots\dots 1,942 \times \{(2.3 \times 2)/100 + 15.5/100 + 13.84/100 + 6.4/100\} + 410 \times 6.4/100 = 810$$

$$N_2 \dots\dots\dots 2,352 \times 34.97/100 + 4,503 \times 79/100 = 4,382$$

$$H_2O \dots\dots\dots 1,942 \times \{15.89/100 + (13.84 \times 2)/100 + 4.6/100\} + 167 = 1,102$$

$$H_2 \dots\dots\dots 410 \times 15.89/100 = 65$$

$$O_2 \dots\dots\dots 410 \times 1.1/100 = 5$$

$$\text{合計} \dots\dots\dots = 6,364$$

即ち混合瓦斯2,352m³と所謂空氣4,670m³の燃焼に由りて生ずる廢棄瓦斯量は6,364m³となる。されど始めより存在せしC₂H₄、CO、CH₄等は

$$410 \times \{(2.3 + 15.5 + 13.84)/100\} = 130$$

130m³なるが故に全廢棄瓦斯は

$$6,364 + 130 = 6,494$$

6,494m³となる。從て供給瓦斯量に對しては

$$6,494 \div 2,352 = 2.76$$

爐内に生ぜる廢棄瓦斯は約2.76倍となる。

廢棄瓦斯の分析にはH₂Oを考慮せざりしが故に、上の

第6表 廢棄瓦斯の成分 (%)

年月日	CO ₂	O ₂	C ₂ H ₄	CO	CH ₄	H ₂	N ₂
10.9.9	9.0	6.0	—	—	—	3.4	81.6
7	6.8	9.4	—	—	—	1.1	82.7
10	8.6	8.4	—	—	—	1.1	81.9
8	8.6	10.0	—	—	—	1.1	80.3
平均	8.25	8.45	—	—	—	1.68	81.63
計算より	15.4	0.01	—	—	—	1.24	83.3

¹⁾ Holborn u. Hennig Ann. d. Phys., (4) 26 (1908), 833.

廢棄瓦斯の各成分より百分率を求め又爐尻より採集せる廢棄瓦斯の分析結果と合せて示せば第6表の如し。

茲に廢棄瓦斯の成分として示せる分析の結果は同日に於て3時間に亙る2回の採集結果なるが故に、3時間内の平均値と考ふる事を得。又爐尻より採集せる廢棄瓦斯中にはCO, C₂H₄, CH₄等を含まざるを見れば、爐内にて間隙より入れ來れる空氣に依りて完全に燃燒せられたるものと考へざるべからず。

(3) 使用瓦斯量と加熱鋼片噸數:—昭和10年8月及び9月初めに於ける混合瓦斯の發熱量と加熱鋼片噸數及び毎時の瓦斯量その他を示せば第7表の如し。

第7表 供給瓦斯量と加熱鋼片噸數(毎時)

年月日	混合瓦斯の發熱量 (×10 ³ cal)	骸炭瓦斯量 (m ³)	高爐瓦斯量 (m ³)	混合瓦斯量 (m ³)	骸炭瓦斯對高爐瓦斯	全發熱量 (×10 ⁶ cal.)	加熱鋼片噸數
10. 8. 5	1,616	646	2,144	2,790	1:3.32	4,517	4,515
" 7	2,306	843	1,015	1,858	1:1.20	4,273	7,819
" 9	2,296	537	657	1,194	1:1.22	2,744	6,746
" 13	2,078	1,002	1,638	2,640	1:1.63	5,485	5,584
" 15	1,935	574	1,144	1,718	1:1.99	3,325	5,838
" 17	2,379	692	760	1,452	1:1.10	3,454	8,297
" 21	1,929	1,274	2,570	3,844	1:2.02	7,430	6,432
" 24	2,292	1,445	1,770	3,215	1:1.23	7,370	7,332
" 27	2,151	—	—	—	—	—	7,612
" 29	2,124	1,536	2,351	3,887	1:1.53	8,255	6,876
" 30	2,307	1,694	2,036	3,730	1:1.20	8,615	7,138
" 9	2,790	1,485	952	2,437	1:0.64	6,800	—
" 10	2,523	1,186	1,081	2,267	1:0.91	5,725	—
平均	2,194	1,076	1,509	2,587	1:1.40	5,685	6,730

茲に示せる8月中の混合瓦斯の發熱量及び骸炭瓦斯量は瓦斯係の報告に依れるものなり。今骸炭及び高爐瓦斯の發熱量を前の如く夫々4,000及び900 calとすれば8月5日の分に於て骸炭瓦斯の割合をxとすれば高爐瓦斯の割合は(1-x)となる。依て發熱量につき前の如くして

$$x = 0.231$$

此0.231は即ち646 m³なるを以て混合瓦斯量は

$$646 \div 0.231 = 2,790$$

2,790 m³となる。従て高爐瓦斯は

$$2,790 - 646 = 2,144$$

2,144 m³となる。同様の計算に従ひ高爐瓦斯及び混合瓦斯の毎時の供給量を計算し上表に列記する事とせり。尙表末に示せる加熱鋼片噸數は單なる加熱噸數にして毎時の壓延噸數には非ざるなり。又上表に示せる全發熱量は混合瓦斯が完全燃燒せる場合の毎時の爐中に與ふる全熱量にして、果して全部完全に燃燒せられたるか否かは自から別問題なりとす。上表に依れば骸炭瓦斯1に對し高爐瓦斯1.40の割合なる事を知る。又第7表の結果より見れば發熱量2,194 × 10³ calの混合瓦斯は加熱鋼片1tに對しては

$$2,587 \div 6.730 = 383$$

約383 m³を要しつゝある結果となる。又8月中に於ける鋼片噸當りに要する熱量は850 × 10⁶ calとなる。

(4) 爐尻より浸入する空氣量:—計算より得たる廢棄瓦斯の成分は爐尻即ち煙突への降下口より採集せる廢棄瓦斯の成分とは相當の差あるを知る。是爐尻より吸入せらるゝ過分の空氣量あるが爲めと考へざるべからず。由て第6表に示せる成分の割合よりして此浸入空氣量を計算せんとす廢棄瓦斯中に存するCO₂は分析に依れば8.25%なり。然るに計算上よりしては15.4%にして毎時の廢棄瓦斯中に存する量は810 m³なり。由て此15.4%が8.25%となるに於ては計算上よりの各成分は次の如くならざるべからず。

CO ₂ (%)	O ₂ (%)	H ₂ (%)	N ₂ (%)
8.25	0.01	0.66	44.7

此53.62%は即ち廢棄瓦斯よりH₂Oを除きたる5,262 m³ならざるべからざるが故に、爐尻より空氣の浸入せる

廢棄瓦斯にしてH₂Oを含まざる量は

$$x = 5,262 \times 100 / 53.62 = 9,820$$

9,820 m³となる。由て浸入せる純空氣量は

$$9,820 - 5,262 = 4,558$$

即ち4,558 m³となる。此外に空氣中に含有する水蒸氣を見るに

$$4,558 \times 0.0358 = 163 \text{ (m}^3\text{)}$$

由て全水蒸氣の量は

$$1,102 + 163 = 1,265 \text{ (m}^3\text{)}$$

而してC₂H₄, CO, CH₄等の殘分を考慮すれば130 m³となるが故に廢棄瓦斯として煙道に送らるゝ全量は

$$130 + 9,820 + 1,265 = 11,215$$

11,215 m³となりかなりの増大を見る。従て供給瓦斯量に對しては

$$11,215 \div 2,352 = 4.77$$

約4.8倍となり全廢棄瓦斯の約

$$4,721 \div 11,215 \times 100 = 42$$

42%の浸入空氣量となる。尙此浸入空氣量4,558 m³よりのO₂及びN₂を計算し廢棄瓦斯の成分及び容積を第8表に示す事とせり。

第8表 全廢棄瓦斯の成分及び容積(毎時)

成分容積%	CO ₂	O ₂	C ₂ H ₄	CO	CH ₄	H ₂	N ₂	H ₂ O	合計
m ³	810	962	9	64	57	65	7,983	1,265	11,215
%	7.23	8.58	0.08	0.57	0.51	0.58	71.17	11.28	100

5. 熱 量

(1) 鋼片が持ち去る熱量:— 第2表に示せる爐出鋼片の平均温度は $1,250^{\circ}\text{C}$ なり。鋼片の始めの温度を 30°C とすれば $1,249^{\circ}\text{C}$ に於ける鋼片 1g の含有熱量¹⁾ は 203.073 cal 又 30°C の含有熱量²⁾ は 3.33 cal なるが故に鋼片 1g が 30°C より $1,249^{\circ}\text{C}$ 迄加熱せらるゝ爲めには 199.743 cal を要す。又 9月9日及び10日の午前8時半より11時半に至る測定中に於て實作業1時間の平均加熱噸數は夫々 10.833 t 及び 9.208 t なり。由て平均毎時 10.021 t を $1,249^{\circ}\text{C}$ 迄加熱するに要する熱量は

$$199.743 \times 10.021 \times 10^6 = 2,001.7 \times 10^6 \text{ (cal)}$$

然るに第3表に示す如く混合瓦斯の平均發熱量は $2,657 \times 10^3\text{ cal}$ なり。而して實際燃焼に與れる瓦斯は毎時 $1,942\text{ m}^3$ なるが故に爐内に供給せられたる全熱量は

$$2,657 \times 1,942 \times 10^3 = 5,159.9 \times 10^6 \text{ (cal)}$$

從て供給熱量に對して鋼片の持ち去る熱量は

$$2,001.7 \div 5,159.9 \times 100 = 38.8$$

38.8% となる。即ち故障なく連續作業を行ひたる際は 38.8% となる。

以上は實作業中の加熱噸數を採算せるものなるが8月中に於て供給瓦斯量に對する加熱噸數の關係よりして、加熱鋼片が持ち去る熱量は供給熱量の幾%に相當するかを算出せんとす。第7表に示せる如く平均の加熱噸數は毎時 6.730 t となる、爐その他の故障を含みたる平均の値なり。依て此際の所要加熱の全熱量は

$$6.730 \times 199.743 \times 10^6 = 1,344.3 \times 10^6 \text{ (cal)}$$

故に同表に示せる全發熱量 $5,685 \times 10^6\text{ cal}$ に對しては

$$1,344.3 \div 5,685 \times 100 = 23.65$$

その 23.65% の熱量を鋼片が吸収する事となる。故障の爲めに壓延を短時間中止せる場合に於てその間に供給せらるゝ熱量をも含める平均値なるが故に、此故障等を平均すれば 38.8% より減じて 23.65% となるを知る。

(2) 廢棄瓦斯が持ち去る熱量:— 廢棄瓦斯 1 m^3 の比熱を求むる事第9表の如し。茲に示せる成分は第8表に依れるものなり。

又 9, 10 兩日の爐尻の平均温度は

$$(700 + 521) \div 2 = 611$$

第9表 廢棄瓦斯の比熱

廢棄瓦斯の組成	容積 (%)	1 m^3 中の重量 ¹⁾ (g)	恒壓比熱	熱 量 (Cal)
CO_2	7.23	$72.3 \times 1.9768 = 143.0$	0.2355	33.7
O_2	8.58	$85.8 \times 1.4291^2) = 123.0$	0.2221 ⁷⁾	27.3
C_2H_4	0.08	$0.8 \times 0.12604^3) = 0.1$	0.404 ⁸⁾	0.0
CO	0.57	$5.7 \times 1.2504 = 7.1$	0.2538	1.8
CH_4	0.51	$5.1 \times 0.07168^4) = 0.4$	1.020	0.4
H_2	0.58	$5.8 \times 0.08987^5) = 0.5$	3.635 ⁹⁾	1.8
N_2	71.17	$711.7 \times 1.2507 = 890.0$	0.2538	226.0
H_2O	11.28	$112.8 \times 0.02874^6) = 3.2$	0.5268 ¹⁰⁾	1.7
合 計	100			$292.7 = 293$

611°C にして廢棄瓦斯の全容積は前述せる如く毎時 $11,215\text{ m}^3$ なり。由て廢棄瓦斯が持ち去る全熱量は

$$11,215 \times 293 \times 611 = 2,007.8 \times 10^6 \text{ (cal)}$$

從て供給熱量に對しては

$$2,007.8 \times 10^6 \div 5,159.9 \times 10^6 \times 100 = 38.9$$

38.9% となる。以上は故障なく連續壓延をなし得たる際の廢棄瓦斯が持ち去る熱量なるが實際は常に大小の故障ありて連續作業を行ふ事を得ず、依て平均として廢棄瓦斯が持ち去る熱量を算出せんとす。第7表に示せる如く毎時の供給熱量は $5,685 \times 10^6\text{ cal}$ にしてその全容積は毎時 $2,587\text{ m}^3$ なり。而して故障等の爲め壓延休止の際は廢棄瓦斯の温度は著しく上昇するものなるを以て、廢棄瓦斯の平均温度としては第2表に示せる高温の場合の 700°C を採り且つその容積は供給瓦斯量に比例すとせば平均の廢棄瓦斯量は次の式より求むる事を得。

$$2,352 : 11,215 = 2,587 : x$$

$$x = 12,335.5$$

故に廢棄瓦斯が毎時持ち去る全熱量の平均は

$$293 \times 12,335.5 \times 700 = 2,530 \times 10^6 \text{ (cal)}$$

茲にその比熱としては第9表の値を採用せり。從て供給熱量に對しては

$$2,530 \div 5,685 \times 100 = 44.51$$

その 44.51% を持ち去る事となる。

(3) 熱量配布:— 故障なく連續壓延をなしたる際に於ては鋼片及び廢棄瓦斯の持ち去る熱量は供給熱量に對して夫々 38.8 及び 38.9% なるが故に、輻射及び傳導に依りて

¹⁾ Landolt-Börnstein

²⁾ P. A. Guye, Chem. News, (1908).

³⁾ Batuecas, Helv. Chim. Acta, 5 (1922), 544.

⁴⁾ Bauwe u. Perrot, Jour. Chem. Phys., 7 (1907), 370.

⁵⁾ Marley, Zeits. Phys. Ch., 20 (1896), 271.

⁶⁾ L. Holborn u. Hennig, Ann. & Phys., (4) 26 (1908), 833.

⁷⁾ L. Holborn u. L. Austin Berl. Sitzber., (1905), 175; Wiss. Abh. P. T. R., 4 (1905), 131.

⁸⁾ S. Russana, Chim., (3) 36 (1894), 5; 70; 130.

⁹⁾ ¹⁰⁾ Partington & Shilling, The Specific Heat of Gases, (1924), 208.

¹⁾ 海野、製鐵所研究所研究報告 13 (1934), No. 2; Sci. Report, 23 (1935), 665.

²⁾ 海野、同、上 5 (1926), No. 2; Sci. Report, 14 (1926), 331.

失はるゝ熱量は

$$100 - (38.8 + 38.9) = 22.3$$

22.3% となる。されど故障の爲め壓延休止時間等を考慮に入れて平均し供給熱量對加熱噸數を考ふれば、鋼片及び廢棄瓦斯の持ち去る全熱量は夫々 23.65 及び 44.51% なるを以て爐周よりの輻射及び傳導に由りて失はるゝ熱量は

$$100 - (23.65 + 44.51) = 31.84$$

31.84% となる。即ち壓延休止の際に於ては自然爐中の溫度は高まり廢棄瓦斯の溫度は上昇し、爐壁より失はるゝ熱量は増加すべきものにして、連續壓延中に於ては鋼片は絶えず爐中に運ばるゝ結果その吸收熱量は増加し爐壁及び廢棄瓦斯の持ち去る熱量は自然減少すべきなり。従て鋼片の持ち去る熱量は 38.8% より 23.65% の間を往來し、廢棄瓦斯の持ち去る熱量及び爐壁等より失はるゝ熱量は反對に 38.9% より 44.51% へ、又 22.3% より 31.84% の間を往來しつゝある事を知る。今此割合を圖示せるは第 4 圖の如く、是等を集むる事第 10 表の如し。

第 10 表 熱量配布

状 況	鋼片(%)	廢瓦斯(%)	輻射その他(%)	合 計
實 作 業 中	38.8	38.9	22.3	100
平 均 時	23.65	44.51	31.84	100

6. 熱經濟的考察

(1) 實績上の最高熱能率：一 毎時の供給瓦斯量と加熱噸數との表第 7 表よりして加熱鋼片噸當りの熱量その他を考ふるに 8 月 5 日にありては噸當りの熱量は

$$4,517 \times 10^6 \div 4.515 = 1,002 \times 10^6$$

1,002 × 10⁶ cal にして噸當りの混合瓦斯量は

$$2,790 \div 4.515 = 617.5$$

617.5 m³ なり、又鋼片 1g を 1,250°C 迄加熱するに要する實際の熱量は 199,743 cal なるを以て此際鋼片 1t が持

第 11 表 供給熱量と加熱鋼片の熱量

年 月 日	混合瓦斯の發熱量 (×10 ⁶ cal)	骸炭瓦斯量 (噸當り)	高爐瓦斯量 (噸當り)	混合瓦斯量 (噸當り)	骸炭瓦斯對高爐瓦斯	全發熱量 (×10 ⁶ cal) (噸當り)	鋼片の持ち去る熱量 (%)
10. 8. 5	1,616	143	475	618	1:3.32	1,002	19.9
" 7	2,306	108	130	238	1:1.20	546	36.5
" 9	2,296	80	97	177	1:1.22	407	49.1
" 13	2,078	181	296	477	1:1.63	993	20.1
" 15	1,935	98	196	294	1:1.99	569	35.1
" 17	2,379	83	92	175	1:1.10	417	47.9
" 21	1,929	198	400	598	1:2.02	1,155	17.3
" 24	2,292	197	241	438	1:1.23	1,005	19.9
" 29	2,124	223	342	565	1:1.53	1,201	16.6
" 30	2,307	237	285	522	1:1.20	1,206	16.6
平 均	2,194	155	265	420	1:1.70	850	23.46

ち去る熱量は供給熱量に對して

$$199.743 \div 1,002 \times 100 = 19.9$$

その 19.9% を持ち去る事となる。同様の計算に従ひて鋼片 1t が持ち去る熱量を求めて示せば第 11 表の如し。

此表を通覽するに鋼片の持ち去る熱量は平均として 23.46% となり先きの値 23.65% に相近きを知る。尙又 8 月 9 日及び 17 日の毎時の加熱噸數は夫々 6.746 及び 8.297 t にして、鋼片の持ち去る熱量は供給熱量に對して夫々 49.1 及び 47.9% となり、他の場合に比して加熱能力優秀なるを知る。その他の能力低きは種々なる事情の存すべけんも最も効果的なる加熱としては此兩日を擧げざるべからざるなり。今 8 月 9 日の場合を見るに加熱噸數は略その平均値に等しく、又 17 日の加熱噸數はその平均値 6.730 t を遙かに超過して毎時 8.297 t を示せり。依て 8 月 9 日及び 17 日の場合につき熱量配布即ち最高熱能率の場合を計算せん。9 日の供給混合瓦斯量は毎時 1,194 m³ なるが故は夫れより生ずる全廢棄瓦斯量は

$$1,194 : 2,352 = x : 11,215$$

$$\therefore x = 5,693 \text{ (m}^3\text{)}$$

又此際の供給瓦斯量は他の場合より小なるを以て實測せる場合の溫度中第 2 表の値 521°C を採り、その比熱を前の場合の如く 293 cal とすれば 5,693 m³ の廢棄瓦斯が持ち去る熱量は

$$5,693 \times 293 \times 521 = 869.1 \times 10^6$$

869.1 × 10⁶ cal となる。由て供給全熱量に對しては

$$869.1 \div 2,744 \times 100 = 31.6$$

その 31.6% を持ち去る事となる。従て此際の輻射及び傳導に依りて失ふ熱量は

$$100 - (49.1 + 31.6) = 19.3$$

19.3% となる。同様にして 17 日の場合につき計算せる結果を併せて第 12 表に示せり。

第 12 表 熱量配布 (最優秀なる場合)

年 月 日	混合瓦斯の發熱量 (×10 ⁶ cal)	混合瓦斯量 (噸當り)	混合瓦斯量 (毎時 m ³)	骸炭瓦斯對高爐瓦斯	鋼片の持ち去る熱量 (%)	輻射及傳導 (%)	廢棄瓦斯 (%)	全熱量 (%)
10. 8. 9	2,296	177	1,194	1:1.22	49.1	19.3	31.6	100
" 17	2,379	175	1,452	1:1.10	47.9	21.5	30.6	100
平 均	2,338	176	1,323	1:1.16	48.5	20.4	31.1	100

此實績上の結果に依れば混合瓦斯の發熱量 2,338 × 10⁶ cal にして毎時の供給瓦斯量は 1,323 m³ 内外を最も有效なりとす。此際に於てはその熱能率は優に 48.5% となす事を得べし。此際の熱量配布を示せば第 5 圖の如し。尙此際注意すべきは毎時の供給瓦斯量と加熱噸數との關係なり

此場合に於て兩者の關係を求むれば第6圖の如し。是に依れば加熱噸數は供給瓦斯量に比例するを見る、少く共此二つの場合に於ては略正比例すると考ふる事を得るが故に、加熱噸數 1t を増加するには幾何の混合瓦斯を増加せざるべからざるかを考ふるに

$$1,500 \div 8.55 = 175$$

175 m³ となる。即ち第6圖上の2點の前後附近迄の噸數即ち毎時 6t~9t の加熱鋼片を得る範囲内に於ては、加熱鋼片 1t の増加に對して供給瓦斯量は約 175 m³ を増加すれば足る事となる。即ち此割合にて加熱鋼片の増加をなし得べき事を知るなり。

次に以上の 48.5% の熱能率は若し石炭を直接燃焼せしめたる際は石炭幾何に相當するかを計算せんとす。今此石炭量を x とすれば次の等式を得。石炭の發熱量を 6,700 cal¹⁾ とすれば

$$x = (199.743 \times 100) / (6,700 \times 48.5) = 0.059t$$

$$\therefore e \quad x(\text{能率}) = (199.743 \times 100) / 6,700$$

此鋼片の持ち去る熱量即ち%と石炭當量との關係を求むれば第7圖の如き双曲線の一部を得。由て先きの能率の場合の石炭當量を此双曲線より求むれば第13表を得。

第13表 石炭當量

鋼片が持ち去る熱量(%)	23.46	38.8	48.5	49.1
鋼片加熱の噸當りの石炭量(t)	0.127	0.077	0.059	0.055

即ち實績に表はれたる最高の熱能率の場合は石炭 55kg に相當する事を知る。されど他の事故等の爲めに平均としては 127kg に相當しつゝあるなり。

(2) 熱經濟より見たる供給瓦斯量と加熱能力: 一上述の測定及び計算に依り連續作業時に於ては鋼片の持ち去る熱量は供給熱量に對しては 38.8% なるが、事故等の場合を平均すれば 23.65% となる。又實績上より見るに平均として 48.5% ならしむる事を得るを知れり。供給空氣は豫熱せられず且つ爐には保温材を使用せざる場合なりしが、若し爐には充分なる保温材を施し且つ廢棄瓦斯を利用して空氣を豫熱したらんには毎時の加熱噸數は幾何となるべきか、又同一加熱能力ならんには幾何の瓦斯の節約をなし得べきものなるかを算出せんとす。

(a) 保温材に依る節約熱量 熱能率 48.5% なる場合を採れば此際の輻射及び傳導に依りて失ふ熱量は 20.4% なり。加熱爐體の大部はシヤモット煉瓦なるが故に 300°

~400°C に於ける熱傳導率¹⁾は 2.7×10^{-3} なり。然るに珪藻土等よりなる保温材に於ては同溫度に於て約 0.9×10^{-3} なるが故に是等の保温材を適當に使用すれば熱の放散は約 1/3 となる。由て爐壁その他より失ふ熱量 20.4% は

$$20.4 \div 3 = 6.8 (\%)$$

減じて 6.8% となる。8月9日及び17日の噸當りの供給熱量の平均は第11表よりして $412 \times 10^6 \text{ cal}$ なるを以て此際爐内に残るべき熱量は加熱鋼片噸當り

$$412 \times 10^6 \times (6.8 \times 2) / 100 = 56.03 \times 10^6 (\text{cal})$$

又第7表に示せる8月9日及び17日の分につきて平均として毎時殘留すべき熱量は

$$(2,744 + 3,454) \div 2 \times (6.8 \times 2 \times 10^6) / 100 = 421.46 \times 10^6 (\text{cal})$$

而して此場合の毎時の加熱噸數は平均として 7.522t となる。是等の熱量に相當する混合瓦斯量の噸當り及び毎時の節約可能なる數量は夫々

$$56.03 \times 10^6 \div 2,338 \times 10^3 = 24$$

$$421.46 \times 10^6 \div 2,338 \times 10^3 = 180$$

24 及び 180 m³ となる。從て毎時炭瓦斯及び高爐瓦斯は夫々 83 及び 97 m³ の節約となる。

N. Allen Humphrey²⁾ は熱の放散防止策として耐火煉瓦を包むに尙3段とし最外周には石綿を塗布するを最も有效なりと論ぜるが、田所博士³⁾の研究に依れば鑛滓綿は熱傳導率に於て數百度迄は石綿の約半分なるを以て爐の外周包圍には鑛滓綿を以てなす方遙かに優れたる方法なりとす。

(b) 空氣豫熱に依る節約熱量 實測の結果に依れば廢棄瓦斯の溫度は 521°~700°C なり。依て平均として 611°C を採り金屬製の相當なる豫熱回收器を施さば優に 400°C の加熱空氣を得らるべし。由て常溫の空氣を供給する代りに此 400°C の加熱空氣が與へらるゝものとし、第11表の實測値を採用し此際爐内に運ばるゝ熱量を計算せんに、供給瓦斯量に對し先きの如く 2.32 倍の空氣を要すとせば空氣量は噸當り。

$$176 \times 2.32 = 408$$

又毎時

$$1,323 \times 2.32 = 3,069$$

¹⁾ 田所芳秋、帝國學士院授賞者講演集、(1934)、20

²⁾ Blast Furnace & Steel Plant. (1935)、134

³⁾ 田所、前掲

(1) 海野、製鐵所研究所研究報告 10(1930)、No. 4、P. 15

即ち夫々 408 及び 3,069 m³ を要す。今水分を考慮せず單に空氣としてその熱量を計算すれば應當り。

$$408 \times 400 \times 0.2419^1) \times 1,293^2) \\ = 51.05 \times 10^6 \text{ (cal)}$$

又毎時

$$3,069 \times 400 \times 0.2419 \times 1,293 = 383.97 \times 10^6 \text{ (cal)}$$

故に供給熱量に對して應當り

$$51.05 \div 412 \times 100 = 12.40$$

又毎時

$$383.97 \div 3,099 \times 100 = 12.40$$

夫々 12% の回収割合となる。從て供給瓦斯量の幾何に相當するかを見るに應當り及び毎時の瓦斯當量は夫々

$$51.05 \div 2,338 \times 10^3 = 22$$

$$383.97 \div 2,338 \times 10^3 = 164$$

22 及び 164 m³ となる。從て骸炭瓦斯及び高爐瓦斯は夫々 76 及び 88 m³ の節約量となる。

以上是等の節約可能の熱量が鋼片加熱に及ぼす程度を次に述べんとす。

(c) 節約熱量と加熱能力

(a) 及び (b) に依りての節約熱量は毎時

$$(421.46 + 383.97) \times 10^6 = 805.43 \times 10^6 \text{ (cal)}$$

由て第 7 表 8 月 9 日及び 17 日の全發熱量の平均は 3,099 $\times 10^6$ cal なるを以て、更に鋼片が吸収せざるべからざる熱量は全供給熱量に對して

$$805.43 \div 3,099 \times 100 = 26.0 \text{ (\%)}$$

故に鋼片が全體として吸収すべき熱量は

$$26.0 + 48.5 = 74.5$$

74.5% となる。從て此際の熱量配布は第 14 表の如くなるべきなり。

第 14 表 熱 量 配 布

熱量配置箇所 %	鋼 片	廢棄瓦斯	輻射及傳導
	74.5	18.7	6.8

此關係を示せば第 8 圖の如くなる。

次に此節約熱量に相當する瓦斯量は毎時

$$180 + 164 = 344$$

344 m³ となる。今第 7 表に於て 8 月 9 日及び 17 日の毎時の加熱應數と所要瓦斯量とに於て、實際爐中にて幾立方米の瓦斯が鋼片を加熱する事に相當するかを見るに 8 月 9

日の分にありては

$$1,194 \times 49.1 \div 100 = 586$$

又 17 日の分にありては

$$1,452 \times 47.9 \div 100 = 695$$

即ち夫々 586 及び 695 m³ となる。又平均としては

$$1,323 \times 48.5 \div 100 = 641$$

641 m³ の瓦斯量に相當する熱量を鋼片が吸収する割合となる。今是等の瓦斯量と加熱鋼片應數との關係を求むれば第 9 圖の如し。

能率 48.5% なる時爐内の實瓦斯量は 641 m³ なり。而して保温材及び豫熱回收器の裝置を施せば 344 m³ の實瓦斯量となるが故に全體としての有效なる實瓦斯量は

$$642 + 344 = 986$$

986 m³ となる。從て此際に於ける毎時の加熱能力は

$$x = (7.522 \times 986) / 641 = 11.52$$

即ち毎時 11.52 t の加熱能力となるべきなり。尙又加熱應數を實際作業の如くならしめんが爲めには茲に節約し得る量は 344 m³ なるを以て毎時の加熱應數 7.522 t ならしめんが爲めには

$$1,323 - 344 = 979$$

混合瓦斯量は上記の發熱量にて毎時 979 m³ にて足る事となる。

以上の 74.5% の熱能率は石炭幾何の熱量に相當するかを第 7 圖より求むれば鋼片應當り約 40 kg となる。

(3) 節約熱量の經濟的價值:— 第 7 表に示せる 8 月中の毎時の加熱應數は平均 6.730 t にして製品の應數は 6.071 t なり。又平均の發熱量は 2,194 $\times 10^3$ cal にして毎時の混合瓦斯量は 2,587 m³ なるを以て、骸炭瓦斯及び高爐瓦斯の發熱量は夫々 4,000 $\times 10^3$ 及び 900 $\times 10^3$ cal とすれば今骸炭及び高爐瓦斯は夫々 1,079 及び 1,508 m³ となる。今骸炭瓦斯及び高爐瓦斯各々 1 m³ の代價を夫々 0.009 圓及び 0.0015 圓とすれば毎時の混合瓦斯 2,587 m³ の代價は

$$0.009 \times 1,079 + 0.0015 \times 1,508 = 11.973$$

11.973 圓となる。依て製品應當り。

$$11.973 \div 6.071 = 1.983$$

1.983 圓の燃料瓦斯代となる。

次に 8 月 9 日及び 17 日の最も好都合なる際につきて計算せんに毎時の加熱應數は 7.522 t にして製品は毎時 6.756 t となる。此際の混合瓦斯量及びその發熱量よりして計算すれば骸炭瓦斯及び高爐瓦斯は夫々毎時 614 及び

¹⁾ Partington & Shilling, 前掲

²⁾ Guye, Kovacs, Wourtzell, Journ. Chim. Phys., 10 (1912), 332

709 m³ となるが故に毎時の燃料費は

$$0.009 \times 614 + 0.0015 \times 709 = 6.59$$

6.59 圓となる。故に製品毎當りの燃料費は

$$6.59 \div 6.756 = 0.973$$

0.973 圓となる。即ち平均としては製品毎當り 1.983 圓なるも作業の實績上毎當り 0.973 圓となる場合ある事を知れり。

更に進みて爐には保温材を使用し廢棄瓦斯より熱の回収を行ひつゝ作業をなせる際に於ては、第 13 表、第 8 圖に示す如き熱量配布となる。此際に於て燃料費は幾何に低下せらるべきかを計算せんに、上記の毎時の燃料費 6.59 圓は製品 6.756 t に對してなり。此際の加熱噸數は 7.522 t なるが故に第 9 圖よりして 74.5% の能率の場合には毎時 11.52 t の加熱能力を有するが故に製品は約

$$x = (6.756 \times 11.52) / 7.522 = 10.360$$

10.360 t となる、由て此際に於ては製品毎當りの燃料費は

$$6.590 \div 10.360 = 0.636$$

0.636 圓となるべきなり。即ち瓦斯量を加減し装置の改良に依りては製品毎當り 1.983 圓より減じて 0.636 圓にて作業をなし得る計算となる。

次に加熱能力を平常の如くすれば茲に熱量の過剰を生ず。此熱量は燃料費幾何に相當するかを計算せんに、混合瓦斯毎時 344 m³ の節約なるが故に平均の熱量より計算すれば骸炭瓦斯及び高爐瓦斯は夫々 159 及び 185 m³ となる。依て先きの如く計算すれば

$$0.009 \times 159 + 0.0015 \times 185 = 1.709$$

即ち毎時節約し得る燃料費は 1.709 圓となり 1 箇月間に於ては

$$1.709 \times 30 \times 24 = 1,230.48$$

1,230.48 圓の節約割合となる。

II. 第一鉄力工場第 4 號加熱爐の熱經濟に就て

1. 測定狀況とその目的
2. 結論概要
3. 流量並に溫度測定 (1) 流量 (2) 溫度
4. 瓦斯 (1) 使用瓦斯の成分 (2) 廢棄瓦斯の成分 (3) 浸入空氣量 (4) 供給瓦斯量と加熱壓延噸數
5. 熱量 (1) シートバーに與ふる熱量 (2) 廢棄瓦斯の持ち去る熱量及びその配布

6. 經濟的考察 (1) 供給瓦斯の經濟價值

1. 測定狀況とその目的 鋼材工場に於ける熱經濟の一として本所第一鉄力工場第 4 號加熱爐の供給瓦斯及び空氣量を測定して爐内に供給せらるゝ熱量を知り、尚シートバーに與へらるゝ熱量、廢棄瓦斯量よりして夫れが持ち去る熱量を知り熱量の配布關係を追求せるものなり。

2. 結論概要

(1) 荒爐、四枚爐、八枚爐へ供給せらるゝ混合瓦斯及び空氣量を測定し、又シートバーの爐内外に於ける溫度及び廢棄瓦斯の溫度、流量を測定してその熱量配布を算出せり

(2) 荒爐、四枚爐及び八枚爐への毎時の供給瓦斯量は夫々 151, 92 及び 97 m³ にして合計 340 m³ 又供給空氣量は夫々 227, 109 及び 169 m³ にして合計 505 m³ なり。

(3) 荒爐前及び煙突への廢棄瓦斯量は毎時夫々 583 及び 1,305 m³ にして水分を考慮すれば夫々 635 及び 1,396 m³ となり、元廢棄瓦斯に對し前者は 1.26 倍、後者は 1.95 倍浸入空氣量となる。

(4) 爐内に於けるシートバーの平均溫度は荒爐、四枚爐及び八枚爐に於ては夫々 901°, 846° 及び 885°C にして荒爐前及び煙突の廢棄瓦斯の溫度は夫々平均 462°C 及び 222°C なり。

(5) 測定當日及び 8 月中の供給瓦斯の發熱量は夫々 2,296 × 10³ 及び 2,978 × 10³ cal にして、高爐瓦斯對骸炭瓦斯の割合は夫々 1:0.724 及び 1:2.04 なり。

(6) 加熱壓延毎當りの供給瓦斯の發熱量は連續作業的に於ては 701 × 10⁶ cal なるも 8 月中の平均値は 1,019 × 10⁶ cal となる。

(7) 連續毎時の壓延噸數は 1.129 t なるも 8 月中の平均毎時は 0.839 t の加熱壓延量となる。

(8) 供給熱量に對しシートバーが持ち去る熱量は荒爐、四枚爐及び八枚爐に於ては夫々 48.25, 40.55 及び 43.20 % となり、全體としては 44.75% となる。

(9) 8 月中に於ける平均毎時の壓延噸數よりすればシートバーが持ち去る熱量は供給瓦斯發熱量の約 29.50% となる。

(10) 廢棄瓦斯及び輻射傳導等に依りて失はるゝ熱量は夫々 23.20 及び 32.05% となる。

(11) 實作業中に於ける毎當りの燃料費は 1.473 圓となり、平均毎當りを求むれば 2.241 圓となる。

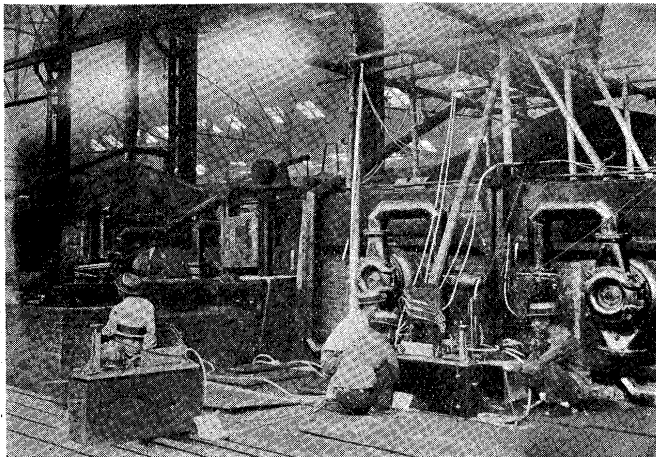
(12) 供給瓦斯量中その 65.44% が完全燃焼する故に

實熱量の約 58.23% をシートバーが持ち去る事となる。

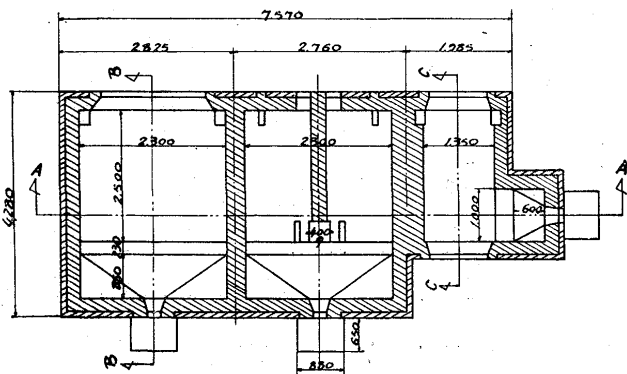
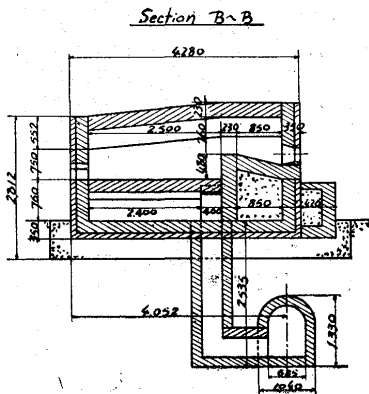
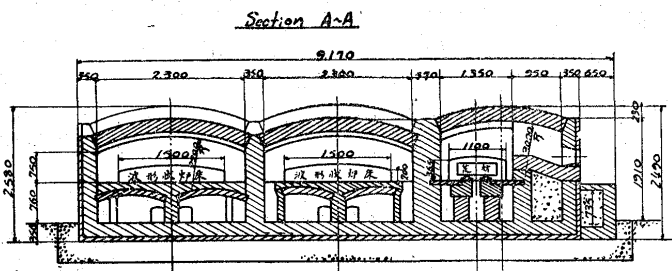
3. 流量並に温度測定

(1) 流量: 一瓦斯及び空氣量は線材工場加熱爐の場合の

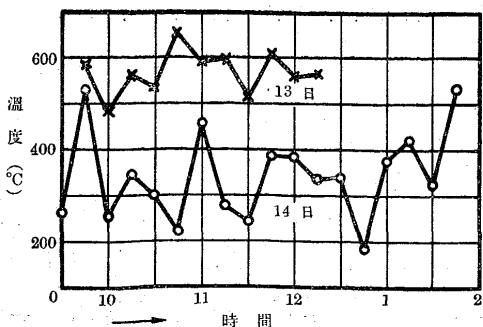
第 1 圖



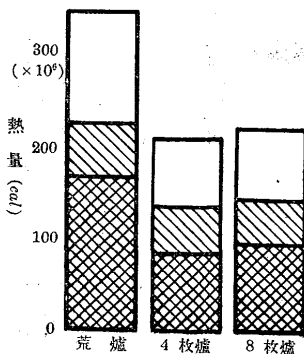
第 3 圖 第一鉄力板工場加熱爐構造之圖



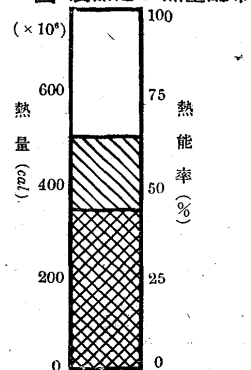
第 4 圖 廢棄瓦斯の温度



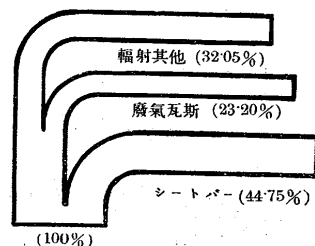
第 5 圖 熱量配布



第 6 圖 製品迄の熱量配布

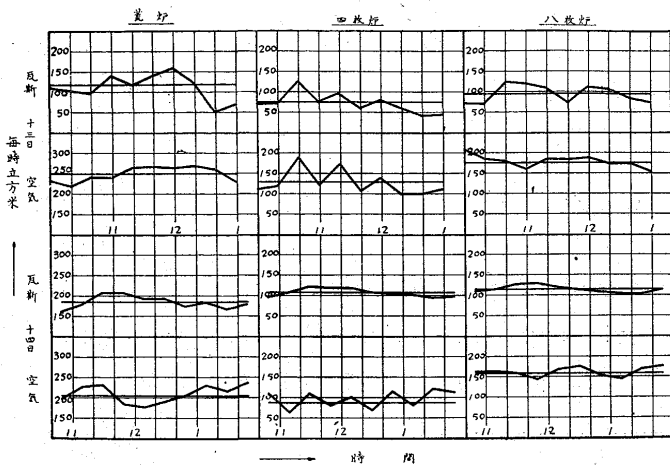


第 7 圖 熱量配布



如くピットチューブに依りて測定を行へり。測定時間は昭和 10 年 9 月 13 日及び 14 日の兩日にして前日は午前 10 時 10 分より午後 1 時迄、又 14 日は 10 時 50 分

第 2 圖 第一鉄力工場第 4 號加熱爐の流量



より午後 1 時 50 分に及びその狀況を第 1 圖に、測定せる流量は標準狀況下に算出して第 1 表に示す事とせり。茲に廢棄瓦斯の「前」後」と示せるは加熱爐前より直接大氣中に流るゝものを「前」とし、爐底を通過して煙突へ放出せらるゝものを「後」として表はせり。加熱爐の略圖を第 3 圖に而して尙測定流量が時間に依

りての變化を第2圖に示せり。

第1表 第一鉄力工場第4號加熱爐の流量(毎時m³)

流量の種類	測定年月日	荒 爐	四枚爐	八枚爐	合 計
混合瓦斯	10. 9. 13	119	75	76	270
	" 14	186	108	117	411
	平均	151	92	97	341
空 氣	" 13	251	130	176	557
	" 14	203	88	161	452
	平均	227	109	169	505
廢棄瓦斯(前)	" 13	—	—	—	583
	" 14	—	—	—	583
	平均	—	—	—	583
廢棄瓦斯(後)	" 13	—	—	—	1,310
	" 14	—	—	—	1,300
	平均	—	—	—	1,305

(2) 温度:— 爐内外に於けるシートバーの温度は光學高温計に依り又廢棄瓦斯は卑金屬熱電對に依れる事は線材工場の場合と全く同一なり。爐内外に於ける試料の實測温度を示せば第2表の如し。

第2表 シートバーの温度(°C)

測定日時	荒 爐 内	荒 爐 外	四枚爐内	八枚爐内
10年9月				
13日 午前 10.	885	825	850	880
11	880	—	825	880
12	905	—	800	880
14日 午前 9	915	850	870	905
10	900	—	820	875
11	910	820	870	935(空爐)
12	910	840	870	860
午後 1	900	840	850	900
2	900	825	860	900
平 均	901	833	846	885

此結果に依れば荒爐の内外に於ける温度差即ち平均 68°C は即ち 833°C に於けるエミッシビターより來れる温度差にして、從て此際のエミッシビターは約 0.36 となる。而して荒爐内にては 901°C、四枚爐及び八枚爐内にては夫々平均として 846° 及び 885°C となり。爐内に於けるシートバーの温度は殆んど變化なきを知る。

次に荒爐前に於ける廢棄瓦斯並に各爐の底下を通過して煙突へ放出せらるゝ瓦斯の温度を示せば第3表の如し。煙突の温度は地上約 5m の所に於ける煙突中心部の温度なりとす。

第3表 廢棄瓦斯の温度 °C (10. 9. 13)

測定時刻	午前 9.45	10.10	10.15	10.30	10.45	11.11.15	11.30	11.45	12.0.15	午後 平均		
荒爐前	585	483	563	539	655	592	599	515	609	559	565	569
煙 突	—	—	—	—	—	—	—	220	—	225	220	222
(10. 9. 14)												
測定時刻	午前 9.45	10.10	10.15	10.30	10.45	11.11.15	11.30	11.45	12.0.15	午後 平均		
荒爐前	265	533	255	348	304	221	457	279	242	389		
煙 突	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
測定時刻	12. 午後 0.15	0.30	0.45	1.	1.15	1.30	1.45	2.	平均			
荒爐前	385	335	340	184	375	420	323	532	559	355		
煙 突	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		

此廢棄瓦斯の温度と時間との關係を第4圖に示せり。13日及び14日の平均温度は夫々 569° 及び 355°C にして煙突の温度は低く 222°C を示す。是爐より測定位置迄の距離より來れる當然の結果なり。

4. 瓦 斯

(1) 使用瓦斯の成分:— 使用瓦斯は高爐瓦斯及び散炭瓦斯の混合にして測定當日約3時間に亘りての平均成分を示せば第4表の如し。

第4表 混合瓦斯の成分(研究所分析)

採集年月日	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	C ₂ H ₄ (%)	CO (%)	CH ₄ (%)	H ₂ (%)	N ₂ (%)	發熱量 (×10 ³ cal.)
10. 9. 13	7.8	0.4	1.2	18.2	10.71	19.99	41.70	2,170
" 14	7.2	1.2	2.0	16.4	11.71	24.40	37.09	2,421
平均	7.5	0.8	1.6	17.3	11.21	22.20	39.40	2,296

尙同年8月中に於ける同瓦斯の成分を参考として第5表に示せり。

第5表 混合瓦斯の成分(瓦斯係分析)

採集日時	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	C ₂ H ₄ (%)	CO (%)	CH ₄ (%)	H ₂ (%)	N ₂ (%)	發熱量 (×10 ³ cal.)
8月2日								
8. 35	8.0	0.6	2.8	15.4	16.1	23.4	33.7	2,848
21日 8.	6.6	0.4	3.0	14.5	18.9	27.2	29.4	3,187
24日 8.20	7.6	0.4	2.6	17.4	16.6	24.5	30.9	2,952
27日 8.05	6.0	0.3	2.7	16.2	18.7	24.9	31.2	3,119
29日 8.10	7.7	0.1	2.5	16.0	17.7	25.8	30.2	3,023
31日 8.15	8.2	0.4	2.2	18.0	15.0	21.8	34.4	2,706
平均	7.35	0.4	2.63	16.42	17.17	24.60	31.63	2,978

尙測定當日の毎時の混合瓦斯量 341m³ 中その發熱量よりして計算すれば、高爐瓦斯及び散炭瓦斯は夫々 198 及び 143m³ となりその割合は 1:0.724 となる。

(2) 廢棄瓦斯の成分:— 第4表に示せる混合瓦斯の平均値と送風量よりして供給瓦斯の幾割が完全燃焼しつゝあるかを見るに

$$\begin{aligned}
 &CO \text{ に必要なる } O_2 \text{ は} \dots\dots\dots 0.173 \times 1/2 = 0.0865 \\
 &H_2 \dots\dots\dots 0.222 \times 1/2 = 0.111 \\
 &CH_4 \dots\dots\dots 0.1121 \times 2 = 0.2242 \\
 &C_2H_4 \dots\dots\dots 0.016 \times 3 = 0.048 \\
 &\text{合計} \dots\dots\dots = 0.4697
 \end{aligned}$$

然るに始めより存在する O₂ は 0.8% なるを以て

$$\dots\dots\dots 0.008$$

完全燃焼に必要な O₂ の割合は

$$\dots\dots\dots = 0.4617$$

從て混合瓦斯 1m³ に對して要する純空氣量は

$$0.4617 \times 100/21 = 2.195$$

約 2.2 倍となる。然るに第1表よりして毎時の送風量は平均 505m³ なり。由て外氣の温度は約 25°C なりしを以て 1m³ 中に含有せらるゝ水分は 23.034g なり。故にそ

の容積は

$$x = (23.034 \times 22.4) / 18 = 28.7$$

28.7l なるが故に 505 m³ 中純空氣量は

$$505 \times (1 - 0.0287) = 490$$

490 m³ となり含有せる水蒸氣は 15 m³ となり容積に於て約 2.97% の水蒸氣を含む割合となる。故に完全燃焼に與からざる瓦斯量は

$$341 - (490 \div 2.195) = 118$$

118 m³ となり供給瓦斯量に對しては約

$$100 - (118 \div 341 \times 100) = 65.44$$

65.44% が完全燃焼をなす事となる。即ち 341 m³ 中 223 m³ は燃焼し 118 m³ は燃焼せざる事となる。

次に此際の廢棄瓦斯量を求むるに

$$CO_2 \dots\dots 223 \times (3.2/100 + 17.3/100 + 11.21/100 + 7.5/100) + 118 \times 7.5/100 = 96$$

$$N_2 \dots\dots 341 \times 39.4/100 + 490 \times 79/100 = 522$$

$$H_2O \dots\dots 223 \times (22.2/100 + 22.42/100 + 3.2/100) + 15 = 122$$

$$H_2 \dots\dots 118 \times 22.2/100 = 26$$

$$O_2 \dots\dots 118 \times 0.8/100 = 1$$

$$\text{合計} \dots\dots = 767$$

尙此外に C₂H₄, CO, CH₄ 等の燃焼に與からざる量は

$$118 \times (1.6/100 + 17.3/100 + 11.21/100) = 36$$

故に混合瓦斯 341 m³ と所謂空氣 505 m³ との燃焼に依りて生ずべき廢棄瓦斯量は約 803 m³ となり元瓦斯の約 2.35 倍となる。由て是より廢棄瓦斯の百分率を求め又廢棄瓦斯の分析表と併せて第 6 表に示せり。

第 6 表 廢棄瓦斯の成分 (研究所分析) と計算値

年月日	位置	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	C ₂ H ₄ (%)	CO (%)	CH ₄ (%)	H ₂ (%)	N ₂ (%)
10年9.13	爐前	3.6	14.8	—	—	—	0.54	81.06
"	"	3.8	14.8	—	0.4	—	0.54	80.46
"	14	3.0	15.6	—	—	—	1.09	80.31
"	"	3.4	15.6	—	—	—	0.54	80.46
平均		3.45	15.20	—	0.1	—	0.68	80.57
9.13	煙突	2.0	17.2	—	—	—	—	80.80
"	"	2.2	17.4	—	—	—	—	80.40
"	14	3.3	15.5	—	—	—	1.08	80.12
"	"	3.0	15.2	—	—	—	1.09	80.71
平均		2.62	16.33	—	—	—	0.54	80.51
平均	爐前及煙突	3.04	15.76	—	0.05	—	0.61	80.54
計	算上より	11.98	—	0.24	2.57	1.67	3.26	65.18

茲に廢棄瓦斯の成分として示せる分析の結果は是等の日に於て 1 時間半宛の平均の採集結果なるが故に、同日の平均値は測定時間中の平均値と考ふる事を得。而して煙突及

び爐前よりの瓦斯中には C₂H₄, CH₄ 等を全く含まざるは爐内及び爐の出口等にて他より浸入し來れる空氣の爲めに燃焼したる結果と考へざるべからず。

(3) 浸入空氣量: 一次に爐前の煙突並に爐底を通過せる煙突への廢棄瓦斯の分配状況を知らんとす。爐前の廢棄瓦斯中

$$N_2 \text{ は } \dots\dots 583 \times 80.57 = 470 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\text{又煙突中の } N_2 \text{ は } \dots\dots 1,305 \times 80.51 = 1,050 \text{ (m}^3\text{)}$$

而して兩所に於ける CO₂ の割合は

$$20.1 : 34.2 = 1 : 1.7$$

$$\text{從て } N_2 \text{ の割合は夫々 } \dots\dots 522 \times 1/2.7 = 194$$

194 及び 328 m³ となる。由て爐前に入り來れる N₂ の量は

$$470 - 194 = 276 \text{ (m}^3\text{)}$$

又煙突へ入り來れる N₂ の量は

$$1,050 - 328 = 722 \text{ (m}^3\text{)}$$

計算上よりの N₂ の量 522 m³ に比すれば合計 998 m³ の N₂ の増加となり、始めの廢棄瓦斯の分配は

$$194 \div 80.57 \times 100 = 241$$

$$\text{及び } 328 \div 80.51 \times 100 = 407$$

夫々 241 及び 407 m³ となる。由て茲に H₂O を考慮すれば夫々 286 及び 483 m³ の分配即ち 1:1.7 の割合なり

然るに茲に空氣の浸入に依る含有 N₂ は上述の如く 276 及び 722 m³ となるが故に、夫れ等に相當する空氣量は

$$276 \times 100/79 = 349 \text{ (m}^3\text{)} \quad 722 \times 100/79 = 913 \text{ (m}^3\text{)}$$

從て茲に空中に含まれたる H₂O を求むれば夫々 10 及び 27 m³ となるを以て、浸入空氣の全量は夫々 359 及び 940 m³ となる。依て元の廢棄瓦斯に對して浸入する空氣量は夫々

$$286 : 359 = 1 : 1.26 \text{ 及び } 483 : 940 = 1 : 1.95$$

即ち煙突への廢棄瓦斯は元廢棄瓦斯の約 1.95 倍の浸入空氣量を有することとなる。從て其爐前に於ける H₂O を含める瓦斯量は

$$286 + 349 = 635$$

又煙突に於ては

$$483 + 913 = 1,396$$

合計 2,031 m³ となる。

(4) 供給瓦斯量と加熱壓延噸數: 一測定當日に於ける供給瓦斯量及び加熱壓延噸數その他を示せば第 7 表の如し。

茲に供給熱量として示せるは既に述べたる如く供給瓦斯 341 m³ 中眞に爐内にて燃焼に與かる熱量はその 223 m³ に

第7表 供給瓦斯量と壓延噸數(毎時)

年月日	發熱量 ($\times 10^3$ cal)	混合瓦 斯量 (m^3)	供給熱 量(\times 10^6 cal)	全發熱 量(\times 10^6 cal)	加熱壓 延噸數	噸當りの 全發熱 量($\times 10^6$ cal)
10. 9. 13	2,170	270	—	585	1.097	533
" 14	2,421	411	—	996	1.160	858
平均	2,296	341	509.7	790.5	1.129	701

して 118 m^3 は燃焼せず、由て此 223 m^3 が完全に燃焼せる際の發生熱量を意味し、全發熱量は供給せられたる全瓦斯が發生可能の熱量を意味し、加熱壓延噸數は故障なくして連續壓延作業をなせる場合の加熱壓延噸數なりとす。由て平均1時間の壓延噸數は如何程なるかを見んが爲めに、同年8月中の實績よりその平均値を算出して第8表に示す事とせり。同月は爐の都合に依り休日多かりし爲め作業せる日のみを摘出するに止めたり。

第8表 供給瓦斯量と壓延噸數(毎時)

年月日	發熱量 ($\times 10^3$ cal)	混合瓦 斯量 (m^3)	高爐瓦 斯對該 炭瓦斯	全發熱 量 ($\times 10^6$ cal)	加熱壓延 噸數(24 時間の平 均より)	噸當りの 發熱量 ($\times 10^6$ cal)
10. 8. 2	2,848	298	1:1.7	850	0.876	968
" 21	3,187	248	1:2.7	792	0.816	968
" 24	2,952	288	1:1.8	850	0.834	1,020
" 27	3,119	273	1:2.5	850	0.868	980
" 29	3,023	277	1:2.2	836	0.766	1,091
" 31	2,706	353	1:1.4	955	0.875	1,091
平均	2,978	289	1:2.04	856	0.839	1,019

是に依れば毎日の作業時間 24 時間にて平均せる毎時の加熱壓延噸數は平均 0.839t となり、又散炭瓦斯量及び混合瓦斯の發熱量より算出せる高爐瓦斯と散炭瓦斯との比を求むるに 1:2.04 即ち約 2 倍となり、1t の壓延作業に對して要する瓦斯量は約

$$x = 289 / 0.839 = 344$$

344 m^3 となり、1,019 $\times 10^6$ cal の全熱量に相當する瓦斯量を與ふる計算となる。

是に依れば測定當日故障なくして連續作業せられたる際は噸當りの全熱量は約 701 $\times 10^6$ cal にして之に相當する混合瓦斯量 302 m^3 を要し 24 時間の平均より算出せる場合は 8 月中に於ては噸當り約 344 m^3 となり是に相當する全發熱量は 1,019 $\times 10^6$ cal となる事を知れり。

次に作業平日に於ける平均の熱量配布を算出せんとす。實測に依るに噸當り 302 m^3 中燃焼に與かるは幾立方分の混合瓦斯なるかを求むるに

$$x = (223 \times 302) / 341 = 197.5$$

197.5 m^3 なり、故に第8表よりして 1t 當りの瓦斯量 344 m^3 中燃焼に與かるはその 225 m^3 の瓦斯なり。從て平均としてのシートバーが吸收する熱量は

$$x = (197.5 \times 44.75) / 225 = 39.33$$

39.33% となる。又廢棄瓦斯量を考ふるに

$$x = (225 \times 2,047.6) / 197.5 = 2,335 (m^3)$$

故に廢棄瓦斯が持ち去るべき熱量は

$$x = (2,335 \times 23.20) / 2,047.6 = 26.45$$

26.45% となる。從て平均時に於ける熱量配布は次の如くなる。

シートバーに與ふる熱量	39.33%
廢棄瓦斯の持ち去る熱量	26.45%
輻射、傳導その他	34.22%

5. 熱 量

(1) シートバーに與ふる熱量:— 9 月 13 日の鐵力鋸の製品の種類は 30 番にして荒材の單重は 11.7kg(8 \times 250 \times 745) なり、又 14 日の製品の種類は太材にして荒材の單重は 13.8kg(9.5 \times 250 \times 740) なり。此兩日に於ける實作業時 1 時間の平均壓延噸數は第7表に示す如く 1.129t なり。その際の毎時の實際供給熱量は 509.7 $\times 10^6$ cal にして荒爐、四枚爐及び八枚爐中に於けるシートバーの平均溫度は第2表に示す如く夫々 901 $^\circ$, 846 $^\circ$ 及び 885 $^\circ$ C なり。荒爐へ裝入始めのシートバーの溫度は約 30 $^\circ$ C なるも四枚爐及び八枚爐へ裝入せらるゝ時はシートバーの溫度は約 500 $^\circ$ C に低下す。從て各溫度に於ける含有熱量¹⁾には夫れ等に相當せる補正を行はざるべからず。各爐内にてシートバーが得る熱量は夫々

荒 爐	152.50 - 3.33 = 149.17 (cal)
四枚爐	139.40 - 63.40 = 76.00 (")
八枚爐	148.74 - 63.40 = 85.34 (")

なり。又第1表に示す如く各爐内に與へらるゝ瓦斯量は夫々 151, 92 及び 97 m^3 なるも是等の内完全に燃焼する割合はその 15.44% なるを以て、各爐内に實際供給せらるゝ熱量は

荒 爐	151 \times 2,296 $\times 10^3 \times 65.44$ $\div 100 = 227.2 \times 10^6$ (cal)
四枚爐	92 \times 2,296 $\times 10^3 \times 65.2$ $\div 100 = 137.6 \times 10^6$ (")
八枚爐	97 \times 2,296 $\times 10^3 \times 65.2$ $\div 100 = 145.2 \times 10^6$ (")

而して爐内に供給せられたる全瓦斯の發熱量は夫々

¹⁾ 海野、製鐵所研究所研究報告、5(1925), No. 2. 東北帝大理科報告 15 (1926), 331.

荒 爐... $151 \times 2,296 \times 10^3 = 349 \times 10^6 (cal)$

四枚爐... $92 \times 2,296 \times 10^3 = 211.4 \times 10^6 (")$

八枚爐... $97 \times 2,296 \times 10^3 = 223.0 \times 10^6 (")$

故に荒爐内に供給せられたる實熱量に對してシートバーが持ち去る熱量は

荒 爐.....

$149.17 \times 1.129 \times 10^6 \div 227.2 \times 10^6 \times 100 = 74.0(\%)$

四枚爐.....

$76 \times 1.129 \times 10^6 \div 137.6 \times 10^6 \times 100 = 62.4(")$

八枚爐.....

$85.34 \times 1.129 \times 10^6 \div 145.2 \times 10^6 \times 100 = 66.4(")$

又供給瓦斯量に對しては

荒 爐.....

$149.17 \times 1.129 \times 10^6 \div 349 \times 10^6 \times 100 = 48.25(\%)$

四枚爐.....

$76 \times 1.129 \times 10^6 \div 211.4 \times 10^6 \times 100 = 40.55(")$

八枚爐.....

$85.34 \times 1.129 \times 10^6 \div 223.0 \times 10^6 \times 100 = 43.20(")$

次に是等荒爐、四枚爐並に八枚爐が一團として働き 1.129t の製品を加熱すると見做せる際に於て加熱爐としての能率を求めて見んとす。此際仕上げの温度として八枚爐よりの平均温度 885° を採る事とし、爐内にて實際に燃燒せられたる瓦斯より發生せる熱量及び供給全瓦斯の熱量を求むるに夫々

實際の供給熱量.....

$222 \times 2,296 \times 10^3 = 510 \times 10^6 (cal)$

供給熱量.....

$341 \times 2,296 \times 10^3 = 783.4 \times 10^6 (")$

従てシートバーの持ち去る熱量は供給熱量に對しては

$350.5 \times 10^6 \div 510 \times 10^6 \times 100 = 68.7$

68.7% となり、全瓦斯に對しては

$350.5 \times 10^6 \div 783.4 \times 10^6 \times 100 = 44.75$

44.75% となる。今是等の關係を集むれば第9表の如し。

第9表 各爐の熱能率

爐名	シートバーが爐内にて吸収する熱量 ($\times 10^6 cal$)	供給實熱量 ($\times 10^6 cal$)	供給瓦斯量 ($\times 10^6 cal$)	實熱量に對する能率 (%)	供給瓦斯量に對する能率 (%)
荒 爐	168	227.2	349	74.0	48.25
四枚爐	86	137.6	211.4	62.4	40.55
八枚爐	96.5	145.2	223.0	66.4	43.20
製品迄	350.5	510	783.4	68.7	44.75

供給瓦斯の發熱可能の熱量、實際供給せられたる熱量及びシートバーに與へたる熱量の關係を夫々第5圖に示し、

又各爐として考慮せず製品となる迄に於て實際に利用せられたる熱量、實熱量及び供給全瓦斯の發熱可能なる熱量の關係を第6圖に示せり。

次に8月中に於ける平均壓延吨数は毎時 0.839t なるを以て、瓦斯燃燒の割合を實測の場合より起算し夫れ等の熱能率を求めんとす。各爐へ與へらるゝ瓦斯量の平均 341m³ 中燃燒に與かるはその 223m³ 即ち 65.44% なり。由て第8表に示せる 289m³ 中完全燃燒に與かるは

$289 \times 65.44 \div 100 = 189$

189m³ なり。此際の實際供給熱量は

$189 \times 2,296 \times 10^3 = 434 \times 10^6 (cal)$

又シートバーが製品となる迄に吸収する熱量は

$149.17 + 76.0 + 85.34 = 310.51$

310.51 cal なるを以て

$310.51 \times 0.839 \times 10^6 = 252.6 \times 10^6 (cal)$

故に實際の供給熱量に對しては

$252.6 \times 10^6 \div 434 \times 10^6 \times 100 = 58.23(\%)$

又供給瓦斯の發熱量に對しては

$252.6 \times 10^6 \div 856 \times 10^6 \times 100 = 29.50(\%)$

即ち實熱量に對しては 58.23% となり、供給瓦斯に對しては約 29.50% となる。

(2) 廢棄瓦斯の持ち去る熱量及び熱量の配布: 一9月13日及び14日の測定に依れば荒爐前及び煙突への廢棄瓦斯は夫々 241 及び 407m³ なるべきも、途中よりの空氣の浸入に依りてその量は著しく増加し第1表に示す如く 583 及び 1,305m³ の廢棄瓦斯量となる。但し此際に於ては H₂O の存在を考慮せざりき。依て燃燒に依りて生ずる水蒸氣及び浸入空氣中に含有せらるゝ水蒸氣を算出するに合計として夫々 55.7 及び 103.9m³ の水蒸氣となる。又實際の供給熱量として計算せる熱量は燃燒すべき瓦斯量より算出せるが故に、不燃燒の瓦斯はそのまゝ煙突へ放出せらるべきに依り廢棄瓦斯中には尙 C₂H₄, CO, CH₄ 等の殘存なかるべからざるに、第6表に示す如く CO の 0.1% を殘すのみにして他の存在を認むる事能はざるなり。是即ち他より空氣の浸入によりて煙突迄の途中に於て既に完全に近く燃燒せるものと考へざるべからず。由て熱量配布を考ふるときは供給全瓦斯が與ふる熱量につきて考ふる事を要すべし。今廢棄瓦斯の比熱、容積その他を第10表に示せり。

即ち供給瓦斯量の全發熱量 783.4 $\times 10^6 cal$ に對してはそ

第 10 表 廢棄瓦斯の比熱その他

場 所	1m ³ の比熱	毎時の 容積	温 度 (°C)	含有熱 量 (×10 ⁶ cal)	供給瓦斯 量 に對する%
荒 爐 前	325.9	583	462	87.78	11.22
煙 突	321.3	1,305	222	93.10	11.89
H ₂ O (荒)	15.2	55.7	462	0.393	0.05
H ₂ O (煙)	15.2	103.9	222	0.331	0.04
合 計	—	2,047.6	—	181.60	23.20

の 23.20% の熱量を廢棄瓦斯が持ち去る事となる。由て第 9 表に示せるシートバーの持ち去る熱量 44.75% との和以外の熱量は輻射及び傳導等に依りて失はるゝ熱量となる即ち

$$100 - (23.20 + 44.75) = 32.05$$

32.05% となる、由て熱量の配布は次の如くなる。
 シートバーの持ち去る熱量…………… 44.75(%)
 廢棄瓦斯の持ち去る熱量…………… 23.20(%)
 輻射及び傳導によりて失ふ熱量………… 32.05(%)
 合 計…………… 100.00(%)

是等を圖示すれば第 7 圖の如し。

6. 經濟的考察

(1) 供給瓦斯の經濟價值:— 實測に依ればシートバー一噸當りに要する混合瓦斯量は

$$x = 341 / 1.129 = 302$$

302m³ となる。然るにその發熱量より求むれば高爐及び骸炭瓦斯は夫々 166 及び 136m³ となる。由て今兩瓦斯の値段を線材工場の場合の如く夫々 0.0015 圓及び 0.009 圓とすればシートバー 1t 當りに要する混合瓦斯 302m³ の値は

$$0.0015 \times 166 + 0.009 \times 136 = 1.473$$

1.473 圓となる。又 8 月中の平均値より兩瓦斯の割合を求むるに適當り 344m³ の混合瓦斯を要しつゝあるが故に、高爐及び骸炭瓦斯は夫々 114 及び 230m³ となる。由てその値は

$$0.0015 \times 114 + 0.009 \times 230 = 2.241$$

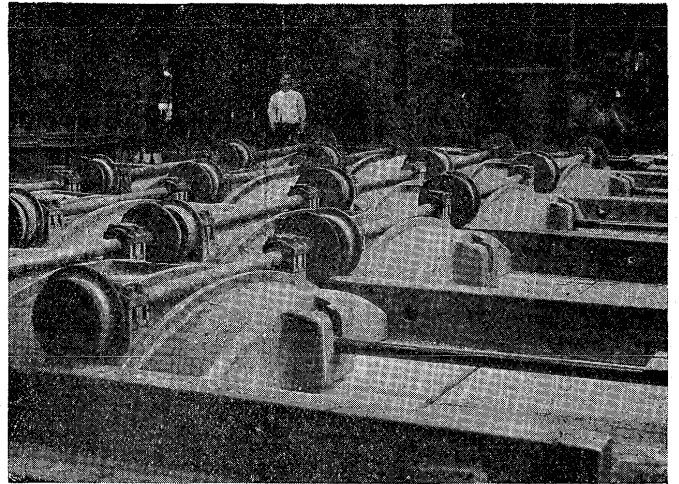
即ち平均として 2.241 圓の割となる。是測定當日は高爐瓦斯量の割合多くして尙且つ熱量に大差なかりしが故に瓦斯費に於て相當廉價なる結果を得たるものと考へらる。測定當日の作業狀況よりすれば高爐瓦斯對骸炭瓦斯の比は 1 : 0.724 の程度にて差支へなきが如く考へらる。

III. 第一分塊工場第 5 號均熱爐の熱經濟に就て

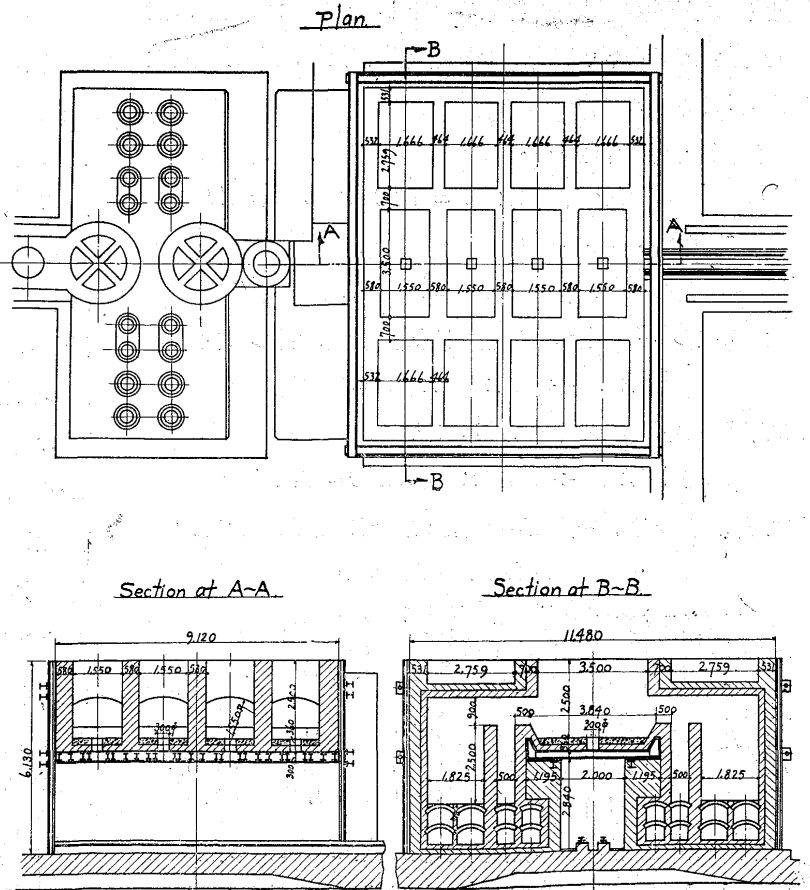
1. 測定狀況とその目的
 2. 結論概要
 3. 測定結果
 4. 鋼塊に與ふる熱量
 5. 廢棄瓦斯量
 6. 鋼塊加熱噸數
 7. 熱量配布
- (1) 瓦斯 (2) 温度 (1) 鋼塊が吸収する熱量 (2) 廢棄瓦斯が持ち去る熱量

1. 測定狀況とその目的:— 第一分塊工場第 5 號均熱爐に供給せらるゝ瓦斯量を測定し、自然通風に依りて完全燃

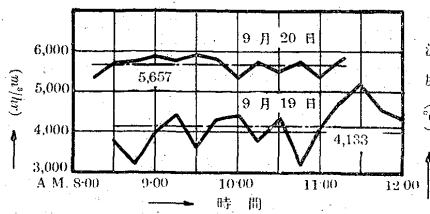
第 1 圖 第一分塊工場第 5 號均熱爐



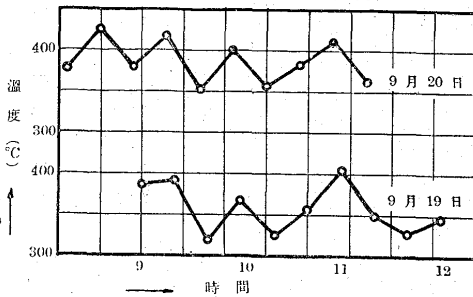
第 2 圖 第一分塊工場均熱爐構造圖



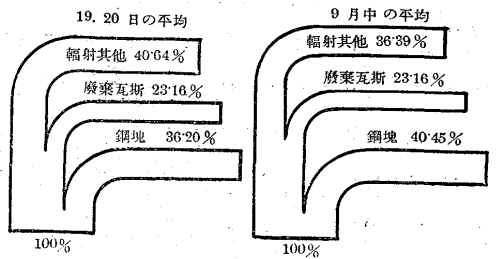
第3圖 第一分塊均熱爐瓦斯量



第4圖 廢棄瓦斯の溫度



第5圖 熱量配布圖



燃焼行はれつゝあるものとし、供給せられつゝある高爐瓦斯の成分を知りて夫れの發熱量を計算し、又廢棄瓦斯の成分よりして夫れが持ち去る熱量を知り、鋼塊の爐出溫度を知りて夫れが持ち去る熱量を計算してその熱能率を求め熱量配布を知り、線材工場、鋳力工場の場合の熱經濟と比較せんと企てたるものなり、今その均熱爐の外観及び構造略圖を示す事第1~2圖の如し。

2. 結論概要

- (1) 第一分塊工場第5號均熱爐へ供給せらるゝ瓦斯量、又鋼塊の溫度その他を測定してその熱量配布を算出せり。
- (2) 毎時供給せらるゝ高爐瓦斯量は平均 4,895 m³ にしてその全發熱量は 4,568 × 10⁶ cal なり。
- (3) 毎時の加熱鋼塊噸數は9月19日及び20日の兩日の平均値は 10.46 t にして9月中の平均は 11.67 t となる。
- (4) 適當りの使用瓦斯量は測定當日の平均値は 468 m³ なるも9月中の平均値より求むれば 419 m³ となる。
- (5) 鋼塊の爐出溫度及び變更辦の所に於ける廢棄瓦斯の溫度は平均として夫々 1,274°~1,350°C 及び 358°~388°C なり。
- (6) 鋼塊適當りに要する熱量は平均 158 × 10⁶ cal となる
- (7) 供給瓦斯量對廢棄瓦斯量の比は 1:1.71 となる。即ち元瓦斯の約 1.71 倍の廢棄瓦斯量となる。
- (8) 9月19日、20日の測定に依れば鋼塊の吸収する熱量は供給熱量の約 36.20% となり、廢棄瓦斯及び輻射、傳導等に依りて失ふ熱量は夫々 23.16 及び 40.64% となる。
- (9) 9月中の平均値を求むるに鋼塊、廢棄瓦斯及び輻射傳導等によりて失ふ熱量は供給全熱量に對し夫々 40.45, 23.16 及び 36.39% となる。

3. 測定結果

(1) 瓦斯: 一 瓦斯量の測定は先きの如くピットトートチューブ法に依るものにしてその流入狀況を示せば第3圖の如し。測定時間は約3時間に及び9月19日、20日の値は

夫々毎時 4,133 及び 5,657 m³ となる。供給瓦斯は高爐瓦斯にして兩日に於ける瓦斯並にそれ等の廢棄瓦斯の成分を示せば第1表の如し。尚供給瓦斯の發熱量を先きの如くして求めたる値を末尾に記す事とせり。

第1表 瓦斯の成分

月日	成分	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO (%)	CH ₄ (%)	H ₂ (%)	N ₂ (%)	發熱量 (×10 ⁶ cal)
9. 19		12.4	0.4	27.2	0.8	1.3	57.9	931.5
〃 20		1.2	5.4	28.0	0.6	1.1	68.1	933.1
〃 19	廢棄瓦斯	20.8	3.6	—	—	—	75.6	76.0
〃 20		21.6	2.0	0.4	—	—	76.0	
廢棄瓦斯の平均		21.2	2.8	0.2	—	—	75.8	

從て毎時爐に供給せらるゝ全熱量は供給瓦斯全部が自然通風に依りて完全に燃焼せらるゝものとすれば

19日.....931.5 × 4,133 × 10³ = 3,855 × 10⁶ (cal)

20日.....933.1 × 5,657 × 10³ = 5,280 × 10⁶ (")

又その平均値は.....

(3,855 + 5,280) × 10⁶ ÷ 2 = 4,568 × 10⁶

即ち毎時 4,568 × 10⁶ cal の供給熱量となる。

次に鋼塊適當りの高爐瓦斯量を求めて見んとす。後に示す如く19、20日兩日の加熱鋼塊噸數は毎時夫々 10.11 及び 10.80 t なるを以て毎時の平均値は

(10.11 + 10.80) ÷ 2 = 10.46 (t)

又毎時の平均供給瓦斯量は

(4,133 + 5,657) ÷ 2 = 4,895 (m³)

故に 4,895 ÷ 10.46 = 468

即ち加熱鋼塊適當り 468 m³ の高爐瓦斯使用量となる。又9月中の平均値を求むるに毎時 11.67 t なるを以て同月中の平均としては

4,895 ÷ 11.67 = 419

適當り 419 m³ となる。

(2) 溫度: 一 爐内及び爐内鋼塊の溫度は光學高溫度計に依り又廢棄瓦斯の溫度は卑金屬熱電對に依りて測定を行へり。何れも溫度の補正を行へるものなりとす。以下測定の結果を順を追ふて示さんとす。

第2表 廢棄瓦斯の溫度(變更辨)

時間	9月19日	9.20	9.40	10.10	10.20	10.40	11.11	11.20	11.40	12.平均
溫度(°C)	386	392	320	368	326	357	405	350	328	347 353
時間	9月20日	8.15	8.35	8.55	9.15	9.35	9.55	10.15	10.35	10.55 11.15 平均
溫度(°C)	379	427	381	418	354	401	357	383	412	364 388

是に依れば 19, 20 日の廢棄瓦斯の平均溫度は 373°C と
なり時間と溫度とを圖示すれば第4圖の如し。而して鋼塊
の装入溫度は熱能率の計算に必要なを以て第3表に示す
事とせり。

第3表 鋼塊の装入溫度
(9月19日)

時間	爐番號	溫度(°C)	時間	爐番號	溫度(°C)
9.32	20	550	10.48	18	500
9.32	20	500	10.49	18	500
10.24	19	500	10.50	18	500
10.29	19	500	10.53	18	500
10.31	19	500	11.44	17	500
10.32	19	500	11.47	17	500

(9月20日)

8.15	20	500	10.14	20	冷
8.15	20	500	10.15	20	冷
8.15	20	500	10.38	17	550
8.15	20	500	10.44	17	600
9.41	19	550	10.49	18	冷
9.44	19	550	10.52	18	冷
10.11	20	冷			
10.13	20	冷			

冷と記せるは冷塊の事なり、又爐出鋼塊の溫度を示せば
第4表の如し。

第4表 爐出鋼塊の溫度
(9月19日)

時間	爐番號	溫度(°C)	時間	爐番號	溫度(°C)
9.40	7	1,220	10.14	18	1,130
9.45	17	1,210	10.19	19	1,240
9.47	18	1,210	10.22	19	1,210
9.49	18	1,180	10.27	19	1,200
10.12	18	1,180			

(9月20日)

8.15	20	1,140	10.35	17	1,180
8.15	20	1,100	10.37	17	1,175
9.28	17	1,175	10.40	17	1,170
9.34	19	1,175	10.45	17	1,150
9.35	19	1,220	10.48	18	1,180
9.38	19	1,175	10.52	18	1,180
9.42	19	1,175	11.	17	1,170
9.54	18	1,160			
9.56	18	1,150			
10.12	17	1,160			

此際に於けるエミッシビチーは約0.46なるを以て約75°
の溫度を追加せざるべからず。次に爐内の溫度並に爐内鋼
塊二三の溫度を測定して第5表に示せり。之に依れば平均
として爐内溫度は約 1,280~1,330°C にして爐出前の鋼
塊の平均溫度は爐内溫度よりも約 65°C 低き事となる。

4. 鋼塊に與ふる熱量

鋼塊の爐出溫度を見るに第4表に示せる如く多少の差異
あり、且つ又装入溫度一定ならず。由て装入溫度略同一に
して重量相等しき鋼塊につきそれ等が吸收する熱量を見ん

第5表 爐内及び鋼塊の溫度(°C)

(9月19日)

時間	爐内				爐内鋼塊		
	17號	18號	19號	20號	17號	18號	19號
9.	1,330	1,325	1,365	1,290	1,260	1,295	1,290
9.30	1,325	1,315	1,355	1,315			
10.	1,355	1,315	1,325	1,285			
11.	1,350	1,245	1,210	1,350			
11.30	1,365	1,245	1,265	1,340			
12.	1,255	1,215	1,285	1,310			
平均	1,330	1,277	1,301	1,315			

(9月20日)

時間	爐内				爐内鋼塊		
	17號	18號	19號	20號	17號	18號	19號
8.15	1,310	1,165	1,235	1,275	1,310	1,140	1,300
8.45	1,315	1,230	1,290	1,140			
9.15	1,325	1,305	1,325	1,200			
9.45	1,300	1,309	1,230	1,250			
10.15	1,315	1,360	1,300	1,065			
10.45	1,210	1,360	1,300	1,070			
11.15	1,285	1,275	1,380	1,105			
平均	1,294	1,285	1,294	1,158			

とす。今各溫度に於ける鋼塊の 1g が含有する熱量を示せ
ば第6表の如し。茲に示せる爐出鋼塊溫度は補正を行へる
ものなりとす。

第6表 鋼塊 1g が含有する熱量

(9月19日)

溫度(°C)	熱量(cal)	溫度(°C)	熱量(cal)	溫度(°C)	熱量(cal)	溫度(°C)	熱量(cal)	溫度(°C)	熱量(cal)
1,274	204.75	1,295	208.92	1,282	206.34	1,294	208.72	1,275	204.95
500	64.10	550	73.05	600	82.00	30	3.39	30	3.39
吸收熱量(cal)	140.65	吸收熱量(cal)	135.87	吸收熱量(cal)	124.34	吸收熱量(cal)	205.33	吸收熱量(cal)	201.56

(9月20日)

溫度(°C)	熱量(cal)	溫度(°C)	熱量(cal)
1,297	209.32	1,350	219.16
500	64.10	550	73.05
吸收熱量(cal)	145.22	吸收熱量(cal)	146.11

9月19日の鋼塊は C, 50 型にして單重約 2.3t 又 20
日の鋼塊は C. 56 型にして單重約 2.8t なり。由て第3~
4表よりしてその爐出鋼塊數を知り得るが故に各鋼塊に與
へたる熱量は9月19日にありては

$$145.22 \times 7 \times 2.3 \times 10^6 = 2,340 \times 10^6 \dots 16.1 t$$

$$146.11 \times 2 \times 2.3 \times 10^6 = 672.5 \times 10^6 \dots 4.6 "$$

$$\text{合計} \dots \dots \dots = 3,012.5 \times 10^6 \dots 20.7 "$$

$$\text{應當り} \dots \dots \dots = 145.5 \times 10^6 \text{ cal}$$

20日は

$$140.65 \times 4 \times 2.8 \times 10^6 = 1,576 \times 10^6 \dots 11.2 t$$

$$135.87 \times 3 \times 2.8 \times 10^6 = 1,143 \times 10^6 \dots 8.4 "$$

$$124.34 \times 3 \times 2.8 \times 10^6 = 1,045 \times 10^6 \dots 8.4 "$$

$$205.33 \times 6 \times 2.8 \times 10^6 = 3,453 \times 10^6 \dots 14.8 "$$

$$201.56 \times 2.8 \times 10^6 = 565 \times 10^6 \dots 2.8 "$$

$$\text{合計} \dots \dots \dots = 7,782 \times 10^6 \dots 45.6 "$$

$$\text{應當り} \dots \dots \dots = 170.5 \times 10^6 \text{ cal}$$

装入鋼塊の溫度を考ふるに 19 日は測定中熱塊のみなりしも 20 日は冷塊 7, 熱塊 10 本なりしを知る。冷塊の装入に依りて應當りの吸收熱量に變化あるは當然にして今兩日の平均値を採れば鋼塊應當りに吸収すべき熱量は

$$\{(145.5+170.5)\div 2\} \times 10^6 = 158.0 \times 10^6$$

即ち $158 \times 10^6 \text{ cal}$ となる。

5. 廢棄瓦斯量

供給高爐瓦斯はその自然通風に依りて完全に燃燒せられつゝあるものとし、それに依りて生ずる全廢棄瓦斯量を計算せんとす。今

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ に必要なる O}_2 \text{ は} & \dots\dots\dots 0.276 \times 1/2 = 0.138 \\ \text{H}_2 & \dots\dots\dots 0.012 \times 1/2 = 0.006 \\ \text{CH}_4 & \dots\dots\dots 0.007 \times 2 = 0.014 \\ \text{合計} & \dots\dots\dots = 0.158 \\ \text{始めよりの O}_2 & \dots\dots\dots = 0.029 \\ \text{故に必要な O}_2 & \dots\dots\dots = 0.129 \\ \text{1 m}^3 \text{ に對して要する純空氣量} & \dots\dots\dots 0.129 \times 100/21 = 0.615 \end{aligned}$$

約 0.615 倍となる。今兩日に於ける平均の供給瓦斯量は毎時 4,895 m³ なる事を知る。由て此際の廢棄瓦斯量を求むるに

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 & \dots\dots\dots 4,895 \times (6.8/100 + 27.6/100 + 0.7/100) = 1,718 \\ \text{N}_2 & \dots\dots\dots 4,895 \times 63/100 + 4,895 \times 0.615 \times 79/100 = 5,462 \\ \text{合計} & \dots\dots\dots = 7,180 \end{aligned}$$

然るに廢棄瓦斯の成分を見れば尙平均 2.8% の O₂ を見る。是餘分の空氣の浸入を示すものなるを以て之よりして如何程の空氣が餘分に注入せられつゝあるかを求めんとす。今同上の CO₂ 及び N₂ を % にて表はし廢棄瓦斯の成分の平均値とを併せて示せば第 7 表の如し。

第 7 表 廢棄瓦斯の成分

成分種類	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO (%)	N ₂ (%)	全量 (%)	全廢棄瓦斯量
計算上より	23.9	—	—	76.1	100	7,180
實測上より	21.2	2.8	0.2	75.8	100	8,101

計算に依れば 1,718 m³ が實測値にては 21.2% となるが故に實測廢棄瓦斯量は

$$1,718 \times 100/21.2 = 8,101$$

8,101 m³ ならざるべからず。此値を上表に併記する事とせり。此値は水分を含有せざる瓦斯としての計算なるが、燃燒及び浸入空氣量による水分あり今此水分の量を求むるに

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O} & \dots\dots\dots 4,895 \times (1.2/100 + 1.4/100) + 4,895 \times 0.615 \\ & \dots\dots\dots \times 0.0358 + 921 \times 0.0358 = 268 \text{ (m}^3\text{)} \end{aligned}$$

從て水分を含有せる廢棄瓦斯量は毎時

$$8,101 + 268 = 8,369$$

8,369 m³ となる。從てその成分は次の如くならざるべからず。

らす。

第 8 表 廢棄瓦斯の成分 (水分を含む)

成分	CO ₂	O ₂	CO	N ₂	H ₂ O	合計
%	20.5	2.7	0.2	73.4	3.2	100
m ³	1,718	227	16	6,140	268	8,369

此結果よりして廢棄瓦斯 1 m³ の比熱を求むるに

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 & \dots\dots\dots 205 \times 1.9768 \times 0.2355 = 95.7 \\ \text{O}_2 & \dots\dots\dots 27 \times 1.4291 \times 0.2221 = 8.6 \\ \text{CO} & \dots\dots\dots 2 \times 1.2504 \times 0.2538 = 0.6 \\ \text{N}_2 & \dots\dots\dots 734 \times 1.2507 \times 0.2538 = 233.2 \\ \text{H}_2\text{O} & \dots\dots\dots 32 \times 0.02874 \times 0.5268 = 0.5 \\ \text{合計} & \dots\dots\dots = 338.6 \end{aligned}$$

此際の廢棄瓦斯量は即ち次の如くなる。

$$4,895 : 8,369 = 1 : 1.71$$

供給瓦斯量の約 1.71 倍の廢棄瓦斯量となる。

6. 鋼塊加熱噸數

9 月 19 日は測定時間 2 時間 15 分中爐出噸數は 20.7 t にして 20 日は 2 時間 45 分中爐出噸數は 45.6 t なりき。されど加熱噸數としては夫れ等の 1 日中の平均値より求むる事を要すべし。今兩日并に 9 月中の平均より算出せる毎日の加熱噸數を示せば第 9 表の如し。

第 9 表 加熱鋼塊噸數

月	日	24 時間	1 時間	平均
9.	19	242.15	10.11	} 10.46
"	20	259.60	10.80	
9 月中の平均より		280.48	11.67	11.67

是に依れば兩日の平均は毎時 10.46 t となり、9 月中の全量より求むれば 11.67 t となる。

7. 熱量配布

(1) 鋼塊が吸収する熱量:— 兩日の平均加熱噸數は毎時 10.46 t にして應當りに吸収しつゝある熱量は平均 $158 \times 10^6 \text{ cal}$ なるを以て、毎時鋼塊が吸収しつゝある熱量は

$$158 \times 10^6 \times 10.46 = 1,652.7 \times 10^6 \text{ cal}$$

然るに兩日の供給實測瓦斯量が與ふる平均の全熱量は第 1 表より知らるゝ如く $4,568 \times 10^6 \text{ cal}$ なるを以て鋼塊に與ふる熱量は

$$1,652.7 \div 4,568 \times 100 = 36.2$$

供給熱量の約 36.2% に相當する事となる。又 9 月中の平均よりしての値 11.67 t を採用すれば

$$158 \times 10^6 \times 11.67 = 1,844 \times 10^6 \text{ cal}$$

故に 9 月中の平均値としては

$$1,844 \div 4,568 \times 100 = 40.45$$

40.45% となる。

(2) 廢棄瓦斯が持ち去る熱量:— 廢棄瓦斯量は毎時

8,369 m^3 にして供給瓦斯量は毎時 4,895 m^3 なりき。而して廢棄瓦斯の平均温度は第2表に示す如く 373°C なり。

由て廢棄瓦斯が毎時持ち去る熱量は

$$338.6 \times 373 \times 8,369 = 1,057 \times 10^7 \text{ cal}$$

従て供給熱量に對しては

$$1,057 \div 4,568 \times 100 = 23.16$$

23.16% となる。由て次の如き熱量配布となる。

第10表 熱量配布

種類	鋼塊 (%)	廢棄瓦斯 (%)	輻射及傳導 (%)	合計 (%)
19日20日の平均	36.20	23.16	40.64	100
9月中の平均	40.45	23.16	36.39	100

測定當日に於ける鋼塊の吸収熱量は 36.20% なりしも

9月中の平均値としては 40.45% となる。上表を見るに輻射及び傳導に依る熱量は相當に多く平均 36.39% なるは、爐の開閉が他の爐の場合と異なる結果とも考へらる。此關係を圖示すれば第5圖の如し。

以上各加熱爐の場合につきて求めたる結果を第11表に集めて比較に便ならしめたり。

第11表 線材、第一鉞力、第一分塊工場加熱爐の熱量配布

工場別	材料に與ふる熱量 (%)	廢棄瓦斯の熱量 (%)	輻射及傳導その他 (%)	供給熱量 (%)
線材 { 實作業中 平均時	33.8	33.9	22.3	100
	23.65	44.51	31.84	100
第一 { 實作業中 鉞力 平均時	58.23 (實熱量)	23.20	32.05	100
	44.75	29.50	34.22	100
第一分塊平均時	36.20 ~ 40.45	23.16	40.64 ~ 36.39	100