

壓延工場に於ける加熱爐の熱能率と鋼片の 大小に據る損得比較其他に就て

(昭和三年十一月日本鐵鋼協會第四回講演大會講演前刷)

海 野 三 朗

On the Heat Efficiency of the Reheating Furnace of Billets
and the Effects of the Size of Billets on it.

Synopsis.

As an example of reheating furnace of billets, a furnace for wire rod mill was taken as the subject for the present investigation. The writer measured the temperature of billets heated in the furnace and of the waste gas passing through the flue. He theoretically calculated the heat efficiency, the size of billet and the rate of heating, which he compared with the results of the present experiment in order to find out the difference in heat efficiency & etc. due to the size of billets.

Summary of Conclusions.

1. The temperature in the furnace gradually decreases from the fire-grate to the flue; being on average $1,230^{\circ}\text{C}$ at the fire-grate and 474°C at the flue (Figs. 1-3).
2. The fall of temperature due to bad combustion practice is sensibly large at the part of higher temperature near the fire-grate, but does not affect so much at the other parts of the furnace (Fig. 2).
3. The average surface temperature of the heated billets taken out of the furnace was $1,226^{\circ}\text{C}$, every billet having been kept heating in the furnace for about 56 minutes and a half (Tab. 1-2).
4. The heat capacity of the heating furnace to be contained at its stationary state is equivalent to 2.32 Kgr. tons of coal, which being equal to about 53 per cent of the fuel fired in the furnace to obtain the same state.
5. The loss of heat due to radiation and conduction & etc. is about 13.1 per cent of the total amount of fuel fired.
6. The heat which was carried out by billet is about 22.68 per cent of the total fuel.
7. The heat to be carried away by ashes is about 1.13 per cent of the total fuel used.
8. The heat which was carried away by the waste gas through the flue amounts to about 56.5 per cent of the total heat evolved by the fuel fired.
9. From the equation of heat conduction, the relation between the thickness of the billet and the heating time was calculated; the results shows that the increase of the heating time was proportional to the square of depth (Figs. 8-9).
10. Of two kinds of billets of sizes respectively $9.6 \times 9.6 \times 102.0$ cm. and $(9.6 \times 2) \times (9.6 \times 2) \times 102.0$ cm., when heated in the furnace under the same condition, the former required 0.127 tons of coal per ton of billet and the latter 0.238 tons of coal, the heat efficiencies of both being respectively 22.68 per cent and 12.20 per cent. It was found by calculation that the increase in depth caused the increase of coal used, but on the contrary, the

heat efficiency diminished (Figs. 10-11).

11. In billets of the above sizes, it was found that when they were charged in the furnace kept at 1,240°C, the former required 22 minutes to reach 1,000°C at the centre, while the latter, an hour and 32 minutes to reach the same temperature at the same point.

12. Six kinds of specimens of cube and four kinds of billets were charged in the furnace kept at 900°C in order to observe the time taken by the temperature of the surface and that at the centre of the specimen to reach 900°C (Figs. 12-15).

13. The fact that the increase in thickness of a billet caused the increase of heating time in proportion to the square of it was experimentally ascertained. If x be the thickness of plate, or a side of cube or the cross section of billet, and t be the time taken by the temperatures of the respective specimens to reach the same height at their centres, then

$$x^2 = at \quad (\text{Fig. 16}).$$

14. After taking the billet out of the furnace, the rate of cooling was observed for ten minutes successively. It was found that the billet of small size far more rapidly cooled away both on the surface and at the centre than that of larger size, and that the difference between temperatures on the surface and at the centre increased proportionally to the size of billet: in other words, as the size of billet becomes larger, the centre of the mass retains still very high temperature even when the surface temperature considerably falls due to rapid cooling (Fig. 17).

研究の要旨並に結論概要

第1章 測定状況と其結果

第1節 緒言

第2節 測定状況

第3節 測定の結果

第2章 熱能率

第1節 爐の周圍より持ち去らるゝ熱量

第2節 鋼片が持ち去る熱量

第3節 灰滓の持ち去る熱量及び廢棄瓦斯が持ち去る 熱量中當然利用し得可き熱量

第4節 石炭の發熱量との比較

第5節 加熱爐が定常状態に達する迄の間に於ける熱

量の配布

第3章 鋼片の厚さと加熱速度并に燃料との關係

第1節 熱傳導方程式

第2節 熱流の直進する場合

第3節 鋼片の厚さの増減と加熱時間との關係

第4節 加熱鋼片の厚さと石炭消費量との關係

第4章 加熱鋼片の厚さと時間との實驗的例證

第1節 實驗方法及び其結果

第2節 鋼片の厚さと加熱時間

第3節 鋼片の大きさと其内外の冷却速度

研究の要旨並に結論の概要

壓延工場に於ける加熱爐の一例として線材工場加熱爐を採り鋼片並に煙道廢棄瓦斯の溫度を測定し其熱能率並に鋼片の大きさと加熱速度を理論上より計算し、實驗の結果と比較對照し且つ鋼片の大小による熱能率の差其他を知らんとす。實測並に計算の結果より次の結論を得。

1. 石炭焚口より鋼片裝入口並に煙道に至る迄の溫度分布は、時間によりて多少の相違あれ共概して焚口附近に於て 1,230°C、是より遠ざかるに従て降下し煙道に於て 474°C の平均溫度を示す。
(第1~3圖)
2. 焚方によりての溫度降下は焚口に近き高溫の部に於て鋭敏にして、(4)、(5)の位置より以後に

於ては其變化比較的鈍く溫度降下甚だ僅少なるものゝ如し。(第2圖)

3. 加熱鋼片の大きさは $9.6 \times 9.6 \times 102.0$ cm にして爐内(1)の最高溫度は平均 $1,225^{\circ}\text{C}$ 、而して抽出加熱鋼片の表面平均溫度は $1,226^{\circ}\text{C}$ なり。各鋼片の爐内に保持せらるゝ時間は平均約 56 分半にして加熱鋼片は 25 秒毎に抽出せらるゝ割合なり。(第1表~第2表)
4. 加熱爐が定常状態に於て含有する熱量は石炭 2.32 吨に相當し、定常状態に達する迄に要する燃料の約 53% に相當す。
5. 爐外周の溫度は爐の上部最も高く兩側は至つて低し。爐上部にありても内部の高溫なる部に相當して其外部は高溫を示すを知る。(第4~5圖) 是よりして全爐周より持ち去らるる熱量は全熱量の約 13.1% なる事を知れり。
6. 鋼片の持ち去る熱量は全熱量の約 22.68% なり。
7. 灰滓の持ち去る熱量は全熱量の約 1.13% なり。
8. 廢棄瓦斯の持ち去る熱量は全熱量の約 56.5% にして、此内第三餘熱汽罐用、第二製鋼工場廢棄瓦斯利用の場合より換算し、約 48% の利用し得可き熱量の殘存せる事を知れり。此 48% の熱量を利用するとせば、之を現作業の場合の石炭に換算すれば一晝夜に 16.70 吨を回收するの結果となる。
9. 熱傳導方程式を使用し爐内に於ける鋼片の厚さと其加熱時間との關係を求めたるに、厚さ増加すれば其加熱時間は二乗の割合を以て増加する事を知れり。(第8~9圖)
10. 鋼片の大きさ $9.6 \times 9.6 \times 102.0$ cm 及び $(9.6 \times 2) \times (9.6 \times 2) \times 102.0$ cm を同一状況のもとに於て爐内にて加熱するに當りては、前者は鹿當り 0.127 吨の石炭を消費し後者にありては鹿當り 0.238 吨を消費する事となる。而して其熱能率に於ては、前者は 22.68% なるに後者は 12.2% なる事を知れり。而して鋼片の厚さの増加は、石炭消費量の増加を來し熱能率は益々減少する事を算出せり。(第10~11圖)
11. 同上の大きさの鋼片にありて $1,240^{\circ}\text{C}$ の均熱爐内に保たれ、中心が $1,000^{\circ}\text{C}$ に到達する時間は前者は約 22 分、後者は約 1 時間 32 分を要する割合にして、現作業の爐にありては前者は約 56 分を要しつゝあるが故に、後者は同一爐内にて 3 時 45 分を要する事となる。
12. 正立方體の試料 6 種及び長方體の試料 4 種を 900°C に保たれたる爐中に裝入し、表面及び内部中心が 900°C に到達する時間を求めたり。(第12~15圖)
13. 鋼片の厚さ増加すれば、加熱時間は二乗の割合にて増加するものなる事を實驗的に確めたり。而して板狀にありては其厚さ、正方體にありては一邊の長さ、又長方體にありては正方形の一邊の長さを x とし、中心が同一溫度に到達する迄の時間を t とすれば $x^2 = at$ なる關係にある事を知れり。(第16圖)
14. 内外同一溫度に保たれたる相似形狀の鋼片に於ては、爐外に抽出せられたる初めの 10 分間内

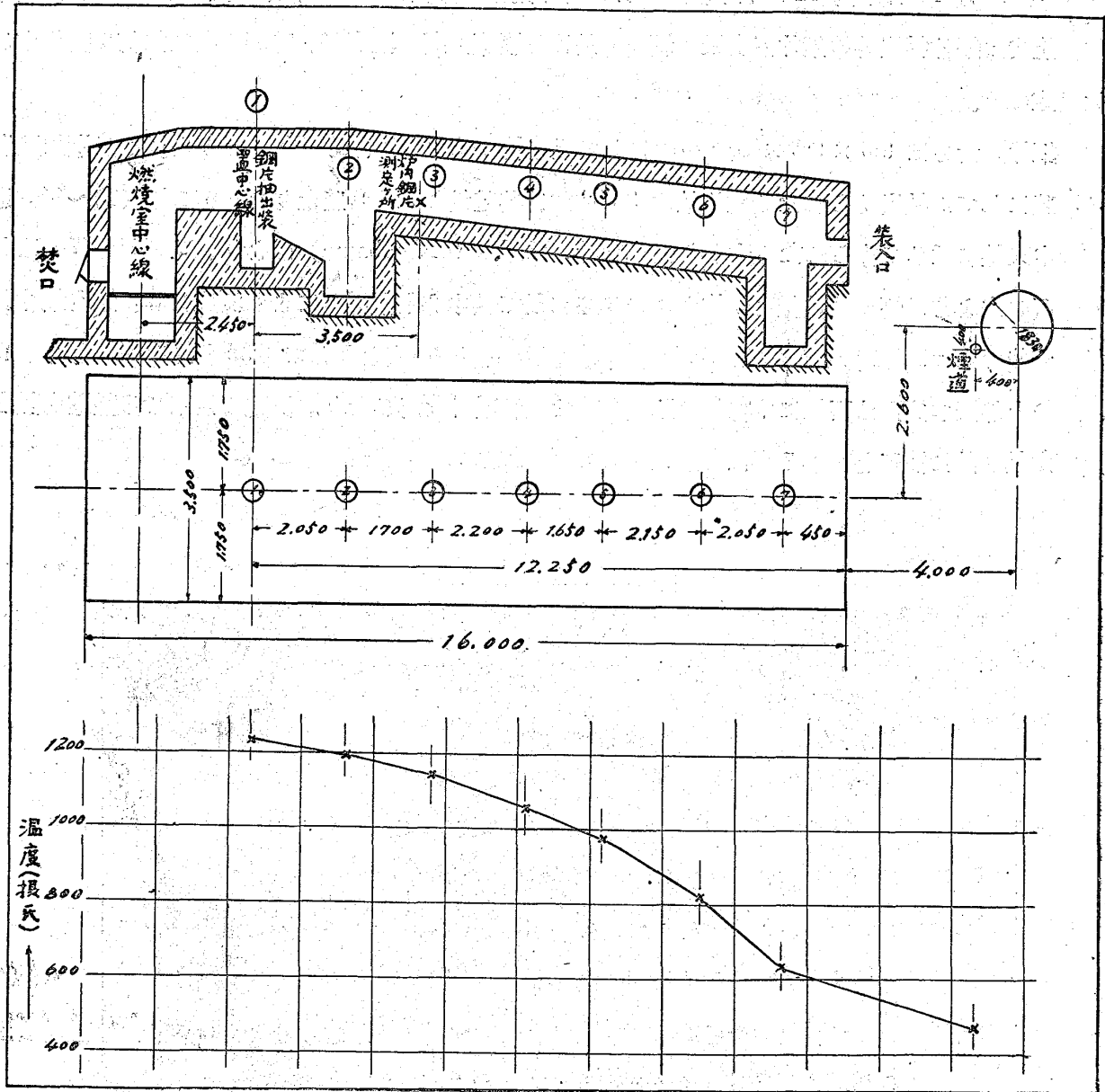
に於ける内外の冷却状況を見るに、小なるものは内外共に温度降下急なるも、大なるものは共に降下少なく且つ、内外の温度の差は大きさの増加に従て益々大なり。即ち鋼片の大きさ増加すれば、表面低温なりと雖も内部は尙ほ相當高温にある事を知れり。(第 17 圖)

第 1 章 測定状況と其結果

第 1 節 緒言 壓延工場に於ける加熱爐の熱的性質に關しては既に多くの報告⁽¹⁾あれ共、加熱爐の構造、壓延材の種類、燃料等に於て各々相異なり、且つ各部の温度状況を知り各物質の高温度に於ける

第 1 圖

線材工場連続式加熱爐温度測定ヶ所並平均温度曲線



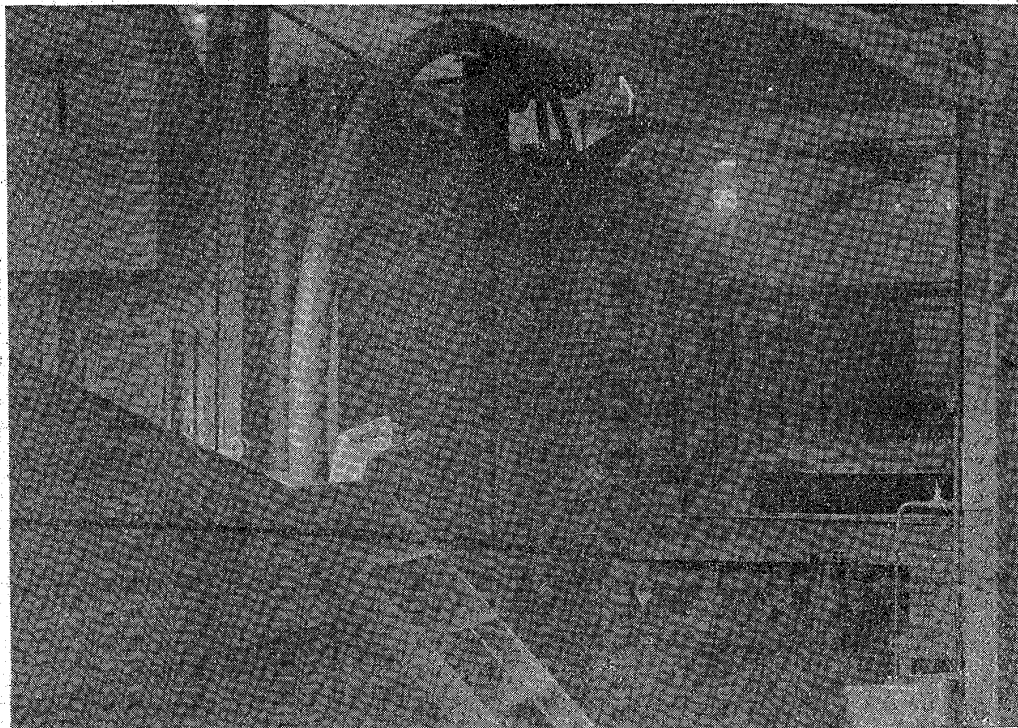
(1) 松尾、製鐵研究會記事、72 (1923), 12.
 W. E. Groume-Grjmailo, The Iron Age, Aug. 24 (1922), 465.
 M. Felix Verdeaux, Revue de Metallurgie, 17 (1920), 312.
 R. J. Sarjant, Fuel in Sci. and Prac. 4 (1925), 276, 328.

熱的恒數の最近に於ける實測値を用ひて、各部が吸収する燃料の配布を算出せるもの甚だ少なきの觀あり。鋼片の加熱速度に就ては、其鋼片の形狀、性質、加熱狀況の異なるに従ひて各々相違するが故に、今日迄發表せられたるもの甚だ少なきが如し、筆者は線材工場加熱爐の内部及び外部、又煙道廢棄瓦斯の溫度を測定して其熱的狀況を知り、又最近の研究に依る熱的恒數を用ひて使用燃料の配布狀況を知り、又熱傳導一般式よりして爐中の鋼片の加熱速度と鋼片の大きさとの關係を求め、筆者が各試料に就きての測定結果と比較對照せるものなり。

第2節 測定狀況 測定せる加熱爐は當所線材工場所屬にして爐の長さ約 15 m、幅約 3.5 m なり。昭和 3 年 2 月 15 日午前 11 時より翌 16 日の同時刻迄一晝夜に亘りて、第 1 圖に示せる (1)~(7) 迄並に爐内の鋼片抽出時の鋼片溫度及び煙道に於ける廢棄瓦斯の溫度が、時間と共に如何に變化するかを測定せり。

加熱鋼片の大きさは $9.6 \times 9.6 \times 102.0$ cm にして重量約 80 kg あり、此間使用せる石炭は二瀬切込炭 34.850 噸にして、抽出せられたる鋼片數は 3,432 本、其重量 274.059 噸なりき。第 1 圖 (1)~(4) 迄は爐頂中央線に添ひて作られたる穴より光熱度計 (Holhorn Kurlbaum) により、又 (5)~(7) は同じく爐頂の穴より、煙道は地盤より約 1 m の深さに於て其中心を熱電對により測定せり。爐内鋼片及び抽出直後の Emissivity としては、其表面の酸化及び脫落の程度よりして 0.35 及び 0.48 を採用せり。爐の上部及び側面は石綿にて特種の裝置を施せる寒暖計を用ひたり。測定に使用せる熱電式熱度計及び光熱度計に補正を行へる事は勿論なり。

線材工場加熱爐 (側面)



第3節 測定の結果 斯くして行へる測定の結果は第1表に示せり。

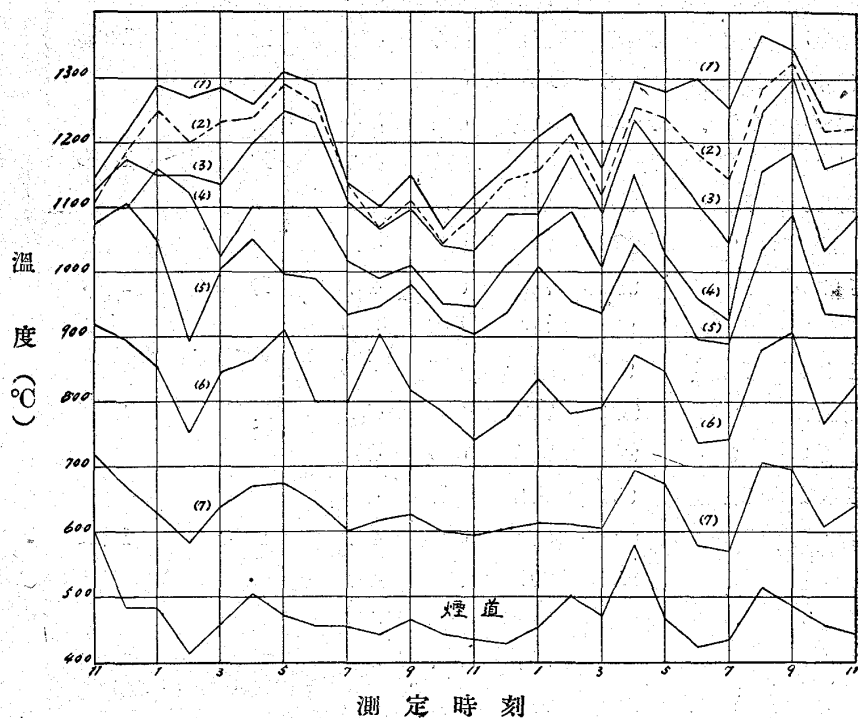
第 1 表

線材工場加熱爐溫度測定表

時 間	1	2	3	4	5	6	7	煙道	爐内鋼材	抽出鋼材
11 時 0 分	1,145	1,110	1,125	1,100	1,078	920	719	600		
30	1,250	1,228	1,200	1,158	1,110	931	686	500		
12 0	1,215	1,190	1,175	1,100	1,107	896	669	485	1,187	1,238
30	1,160	1,185	1,085	1,048	1,015	817	620	500		
1 0	1,290	1,250	1,150	1,160	1,044	853	630	486		
30	1,300	1,270	1,155	1,180	1,071	874	656	482	1,257	1,293
2 0	1,270	1,200	1,150	1,120	891	753	584	416		
30	1,295	1,270	1,240	1,115	987	791	601	566		
3 0	1,285	1,232	1,135	1,020	1,007	844	640	459	1,245	1,238
30	1,251	1,225	1,148	1,020	953	808	640	469		
4 0	1,260	1,240	1,200	1,100	1,050	864	671	505		
30	1,280	1,250	1,210	1,110	1,060	888	681	478	1,210	1,238
5 0	1,310	1,290	1,250	1,100	995	913	676	472		
30	1,165	1,150	1,110	990	930	794	617	444		
6 0	1,290	1,260	1,230	1,100	989	799	646	457	1,094	1,217
30	1,115	1,090	1,083	1,018	947	803	627	469		
7 0	1,135	1,135	1,105	1,015	935	800	601	455		
30	1,065	1,041	1,041	970	926	793	590	457	1,000	1,053
8 0	1,100	1,070	1,063	990	948	904	618	443		
30	1,150	1,150	1,084	1,050	957	802	610	449		
9 0	1,150	1,110	1,095	1,010	981	816	628	467	1,037	1,141
30	1,063	1,060	1,035	980	935	790	616	475		
10 0	1,065	1,045	1,040	950	922	784	600	442		
30	1,153	1,150	1,070	1,038	939	763	593	453	1,048	1,151
11 0	1,120	1,091	1,032	948	902	741	594	435		
30	1,250	1,200	1,150	1,050	903	729	569	442		
12 0	1,160	1,142	1,090	1,010	938	773	604	430	1,082	1,162
30	1,287	1,250	1,200	1,110	1,039	860	673	466		
1 0	1,210	1,158	1,090	1,057	1,010	834	613	454		
30	1,243	1,186	1,118	1,000	969	810	602	451	1,129	1,249
2 0	1,247	1,214	1,183	1,092	954	781	612	500		
30	1,100	1,050	1,050	1,010	949	818	659	492		
3 0	1,158	1,120	1,090	1,005	938	792	607	470	1,167	1,162
30	1,240	1,225	1,185	1,080	989	824	649	463		
4 0	1,295	1,258	1,238	1,150	1,041	872	695	581		
30	1,305	1,270	1,220	1,085	968	817	614	449	1,176	1,337
5 0	1,280	1,240	1,170	1,028	986	847	672	465		
30	1,285	1,205	1,125	980	883	751	574	426		

6	0	1,300	1,185	1,105	960	897	737	579	425	1,094	1,271
	30	1,160	1,130	1,070	970	993	852	667	455		
7	0	1,252	1,143	1,045	924	889	742	571	435		
	30	1,291	1,217	1,150	1,047	963	803	653	488	1,117	1,332
8	0	1,368	1,285	1,243	1,153	1,036	881	704	512		
	30	1,325	1,327	1,308	1,187	1,112	946	773	594		
9	0	1,345	1,325	1,300	1,186	1,091	907	693	483	1,106	1,326
	30	1,325	1,240	1,200	1,100	1,005	836	628	432		
10	0	1,250	1,220	1,160	1,032	935	765	607	456		
	30	1,218	1,186	1,104	973	893	753	703	447	1,071	1,206
11	0	1,245	1,223	1,178	1,082	931	824	640	444		
平均		1,225	1,190	1,143	1,154	979	822	636	474	1,126	1,226

第 2 圖



而して各部の位置と時間と温度との關係を第2圖に示せり。是によりて見れば午後6時頃より翌午前4時に至る間に於ける温度降下は、(1)(2)(3)最も烈しく(4)(5)は少し。即ち高温の部分程温度の降下鋭敏なる事を知る。又各部の4.5時間毎の温度平均値を求めて第2表に、是が位置と温度との關係を第3圖に示せり。

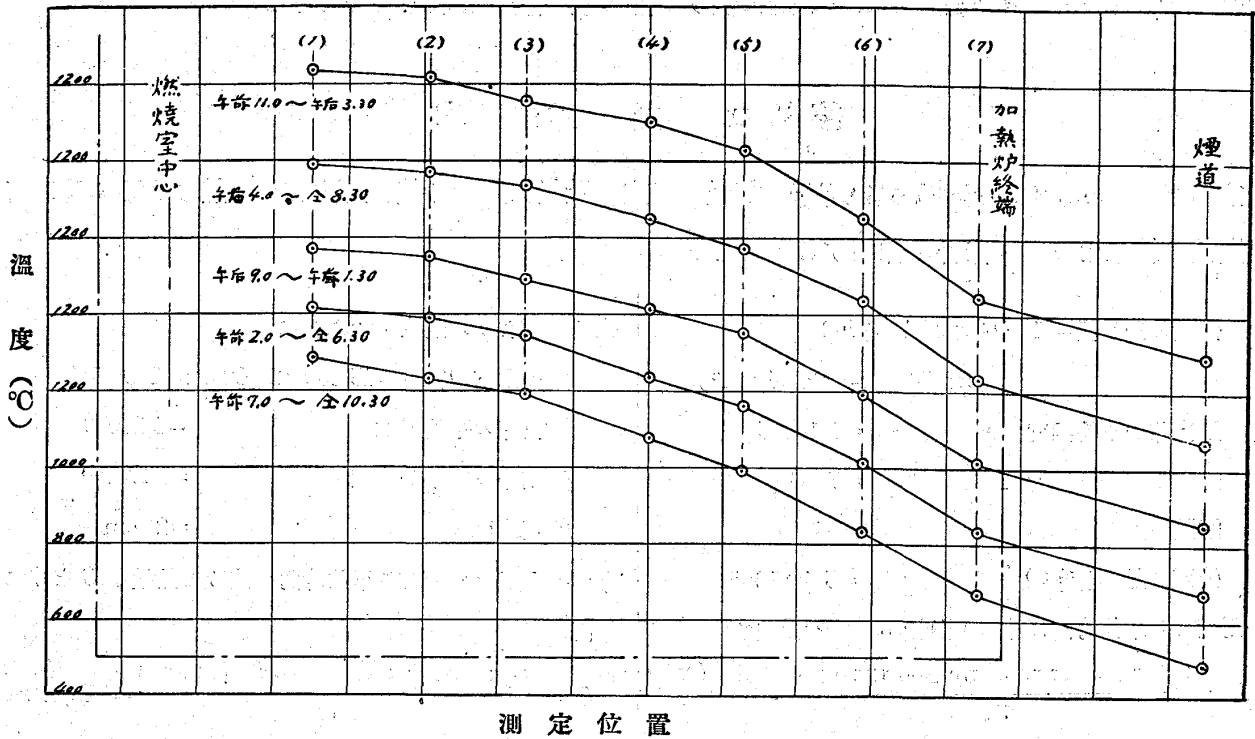
第 2 表

4.5 時間毎の平均温度

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	煙道	爐内鋼材	抽出鋼材
午前11:0~午後3:30	1236	1216	1156	1102	1026	849	645	506	1117	1184
午後4:0~同 8:30	1187	1168	1138	1044	974	836	634	463	1007	1107
午後9:0~午前1:30	1170	1149	1092	1015	954	790	609	452	984	1113
午前2:0~同 6:30	1217	1190	1144	1036	960	809	633	473	1044	1187
午前7:0~同 10:30	1284	1230	1189	1075	990	804	666	481	1003	1215

而して一晝夜間の各部の平均温度を求め、位置と温度との關係を第1圖に示せり。是に依りて全爐長に對し各部が如何なる温度に保たれつゝあるかを知るに足る可く、又第1表よりして爐内鋼片は其表面酸化鐵の爲めに比較的低温の如くなるも、抽出直後其振動の爲め酸化鐵の脱落によりて爐内の最

第 3 圖
平均溫度曲線

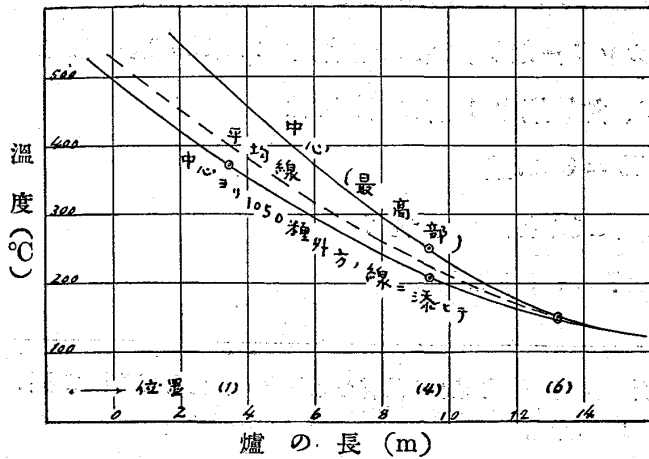


高溫度に近き値に到達せる事を知らる可く、又煙道廢棄瓦斯の平均溫度は 474°C なるを知る可し。
 爐壁の溫度は爐頂 (1)~(7) 線に平行に外部表面 5 箇所並に側壁の中部外面 4 箇所を測定せり。
 其結果第 3 圖の如し。

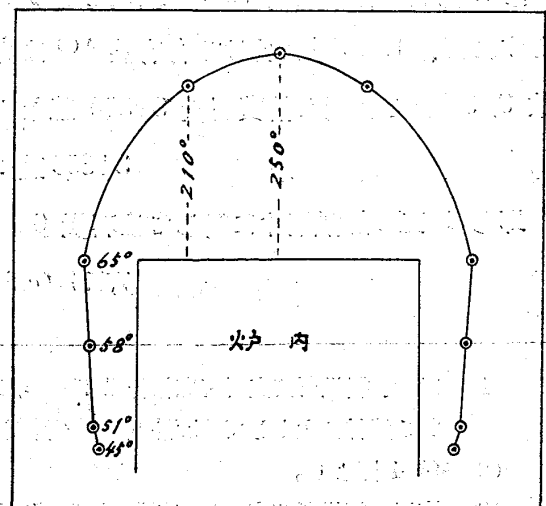
第 3 表

	(1)	(4)	(6)
爐頂表面中心線より 1050 cm を隔つ平行線に添いて	370°C	210°C	145°C
表面中心線に添いて		250°	150°
爐長に直角に側壁に添ふて上部より		65° 58° 51° 45°	

第 4 圖 爐壁表面溫度



第 5 圖 (4) の横斷面の等溫線



今爐の上部表面爐長に添いて此結果を示せば第4圖の如くなる。又(4)の横斷面に於ける外部の等溫線を参考として第5圖に示せり。是に依りて熱放散の狀況を推知せらる可し。

第2章 熱能率

第1節 爐の周圍より持ち去らるゝ熱量 加熱爐が定常状態に達せる後、側壁よりの熱流を考ふるに當り實測の結果より次の條件を採用する事とせり。

側壁の表面積	$= (15.663 \times 2.54 + 3.462$
	$\times 2.54) \times 2 = 99.155 \text{ (m}^2)$
爐内部の平均温度	$= 1,100^\circ\text{C}$
爐表面の平均温度	$= 70^\circ\text{C}$
爐壁の厚さ	$= 34 \text{ cm}$
煉瓦の熱傳導率 ⁽¹⁾	$= 5.4 \times 10^{-3}$

今側壁より單位時間に流るゝ熱量を R とすれば

$$R = \frac{5.4 \times 10^{-3} \times (1,100 - 70) \times 99.155 \times 10^4}{34} = 162,207.4 \text{ (cal)}$$

次に爐頂よりの熱流を考ふるに

爐の上下兩面積	$= 15.663 \times 3.462 \times 2 = 108.45 \text{ (m}^2)$
爐内部の平均温度	$= 1,100^\circ\text{C}$
爐頂外面の平均温度	$= 260^\circ\text{C}^{(2)}$
爐頂の厚さ	$= 23 \text{ cm}$

今爐の上下兩面積より單位時間に流るゝ熱量を S とすれば

$$S = \frac{5.4 \times 10^{-3} \times (1,100 - 260) \times 108.45 \times 10^4}{23} = 213,872.4 \text{ (cal)}$$

故に爐の全周圍より持ち去らるゝ熱量は、即ち

$$R + S = 162,207.4 + 213,872.4 = 376,079.8 \text{ (cal)}$$

又單位時間の石炭消費量は

$$\frac{3,485 \times 10^4}{24 \times 36 \times 10^3} = 403.36 \text{ (瓦)}$$

にして其全發熱量は

$$403.36 \times 7,111 = 2,868,293 \text{ (cal)}$$

従て

$$376,079.8 \div 2,868,293 \times 100 = 13.1 \text{ (\%)}$$

即ち、此持ち去らるゝ熱量は全發熱量の 13.1% に相當するを知る。

第2節 鋼片が持ち去る熱量 装入せらるゝ鋼片の始めの温度を 20°C とし其含有炭素量を $0.3 \sim 0.5$ とすれば、 $1,226^\circ\text{C}$ に於ける含有熱量⁽³⁾ は約 205 カロリーなり。故に加熱鋼片 274,050 噸にして本數 3,432 なるに對し消費石炭 34,850 噸なるを以て、加熱鋼片 1 噸に對しては

$$34,850 \text{ 噸} \div 274,050 = 0.127 \text{ 噸}$$

即ち 1 瓦の加熱鋼片に對しては石炭 0.127 瓦を要せし割合なり。従て

$$7,111 \text{ (cal)} \times 0.127 = 903.1 \text{ (cal)}$$

(1) 田所、製鐵所研究所研究報告 1 (1921), 108. 内外の温度の平均値より此値を採用せり。而して使用せられたる爐材は主として硅石煉瓦、蠟石煉瓦及びモルターなり。

(2) 第4圖より。

(3) 海野、製鐵所研究所研究報告 5 (1925), No. 2. 金屬の研究 3 (1926), 225. 理科報告 15 (1926), 331.

今鋼片が 1,226°C に加熱せらるゝ爲めに要する熱量 205 カロリーは、消費石炭の發熱量の何% に相當するかを考ふるに

$$205 \div 903.1 \times 100 = 22.68 (\%)$$

而して加熱鋼片の抽出せらるゝ速度は $\frac{24 \times 3,600}{3,432} = 25$ (秒)

即ち 25 秒毎に抽出せらるゝ割合なり。

第 3 節 灰滓の持ち去る熱量及び廢棄瓦斯が持ち去る熱量中當然利用し得べき熱量 現作業に於ては石炭 15 噸より約 4 噸の灰滓⁽¹⁾を生ずるが故に使用石炭 34,850 噸よりは

$$34,850 \text{ 噸} \times \frac{4}{15} = 9,292 \text{ 噸}$$

の灰滓を生ず。由て今灰滓の溫度を 1,225°C に近き 1,200°C と考へ其比熱を鑛滓⁽²⁾の夫れに殆んど相等しきものとすれば、1,200°C に於ける含有熱量は約 300 カロリーなるを以て單位時間に灰滓が持ち去る熱量 T は $T = \frac{9,292 \times 1,000 \times 300}{24 \times 3,600} = 32,263 (\text{Cal})$ 從て $32,263 \div 2,868,293 \times 100 = 1.12 (\%)$ に相當す。

此の灰滓及び前述せる加熱鋼片并に爐壁より持ち去る熱量と石炭の發熱量との差は、即ち爐が定常状態に達せる後に於ては廢棄瓦斯が持ち去る熱量に相當す可きものなり。消費石炭量と廢棄瓦斯の溫度とよりしての餘熱利用の研究⁽³⁾は多數あれども、著者は第三餘熱汽罐用第二製鋼工場廢棄瓦斯利用⁽⁴⁾の場合を引用し、線材工場に於ける廢棄瓦斯が持ち去る熱量中若し第三餘熱汽罐の場合の如く利用すとせば、當然利用し得可き熱量は如何程なるか、又從て其石炭量を算出せんとす。

第三餘熱汽罐用第二製鋼工場排棄瓦斯利用の場合に於て汽罐の前後に於ける廢棄瓦斯の溫度降下は $580^\circ - 250^\circ = 280^\circ \text{C}$ にして實測によるに石炭 1 瓦につき 6.93 瓦⁽⁵⁾の水を蒸氣化するの割合なり、從て線材工場に於ける石炭の消費量は 24 時間につき 34,850 噸にして、煙道廢棄瓦斯の平均溫度は 474°C なるが故に、此の廢棄瓦斯を利用して第二製鋼工場廢棄瓦斯の場合の如く 250°C 迄降下せしむるものと考ふるときは、

$$474^\circ - 250^\circ = 224^\circ \text{C} \quad \therefore 280 : 224 = 6.93 : x \quad \therefore x = 5.55$$

(1) 線材工場岩屋技手の報告に依る。

(2) 海野、製鐵所研究所研究報告 7 (1927), No. 8. 金屬の研究 5 (1928), No. 6.

(3) T. B. Mackenzie, Journ. Iron & Steel Inst. 98 (1918), 319.

G. R. Mc. Dermott, Amer. Iron & Steel Inst. 27 (1922).

F. Clements, Journ. Iron & Steel Inst. 105 (1922), 429.

W. Dyrrson, Journ. Iron & Steel Inst. 109 (1924), 175.

R. J. Sarjant, Fuel in Sci. & Pract. 4 (1925), 199; 232; 276.

T. J. Ess, The Blast Fur. & Steel Plant, May (1928), 646.

(4) 海野、製鐵所研究所受付研究 16 (1926).

(5) 汽罐場の平均熱能率を實際上よりの平均として 60% を採用せり。

即ち石炭 1 瓦の燃焼によりて生ずる廢棄瓦斯の溫度 474°C より 250°C 迄の溫度降下によりて、水 5.55 瓦を蒸氣化し得る割合なるが故に、此際利用し得可き熱量は、石炭 1 瓦につき

$$616 \times 5.55 = 3,418.8 \text{ (Cal)}$$

従て石炭の發熱量の $\frac{3,418.8}{7,111} \times 100 = 48.0 \text{ (\%)}$

即ち 48.0% の熱量を利用し得可き計算となる。又全石炭消費量につきては、

$$34,850 \times \frac{48}{100} = 16,728 \text{ (噸)}$$

即ち餘熱汽罐に利用すとせば 16,728 噸の石炭を回収し得可き結果となる。

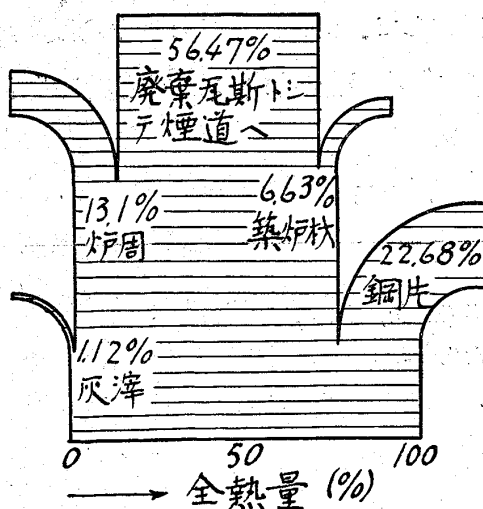
第 4 節 石炭の發熱量との比較 使用せられし石炭は二瀬高尾二坑切込炭にして、本所購買分析⁽¹⁾及び工業分析⁽²⁾の結果は次の如し。

購買分析						工業分析						
成分	固定炭素	全硫黄	N	H	O	灰中鐵	成分	水分	揮發分	固定炭素	灰分	發熱量(Cal)
(%)	69.35	0.690	0.90	4.94	11.76	3.84	(%)	0.69	38.86	48.64	11.81	7,111

上述せる爐の周圍より持ち去らるゝ熱量及び鋼片が持ち去る熱量其他が、全消費石炭の發熱量の何%に相當するか、即ち石炭 1 瓦の發熱量の配布又全燃料の配布を示さんに次の如し。

	石炭	爐周より	鋼片	灰滓	築爐材	廢棄瓦斯として煙道へ	利用し得可きもの
熱量(Cal)	7,111	932	1,613	80	472	4,012	3,412
(%)	100	1.31	22.68	1.12	6.63	56.47	48.0
石炭量(噸)	34,850	4.57	7.90	0.39	2.319	20.67	16.70

第 6 圖
全燃料の配布圖



此關係を示せるものは第 6 圖なりとす。

第 5 節 加熱爐が定常状態に達する迄の間に於ける熱量の配布 作業始めに加熱爐を熱するに當り其間に消費せらるゝ燃料が如何に配布せられつゝあるかを見んが爲め其概算を行はんとす。

爐が定常状態に達する迄に約 3 時間⁽³⁾を要すると云ふ。

従て夫れ迄に消費せらるゝ石炭は

$$34,850 \times \frac{3}{24} = 4,356 \text{ (噸)}$$

なりとすれば、其全熱量は

$$4,356 \times 7,111 = 30,975,516 \times 10^0 \text{ (Cal)}$$

其間に生ずる灰滓は $4,356 \times \frac{4}{15} = 1,162 \text{ (噸)}$

従て其熱量は $1,162 \times 300 = 0.3486 \times 10^6$

(1) 製鐵所石賀技師に據る。

(2) 製鐵所武居技手に據る。

(3) 線材工場より。

又築爐に要せし煉瓦は珪石及び蠟石其他合して 93.458 吨、外にモルター 26 吨なるを以て合計の重量は 119.458 吨なり、而して爐内外の温度より考察して爐全體が 600°C に於て有する熱量に等しと考ふる事を得るが故に、各種耐火材料の比熱の平均として 0.23⁽¹⁾ を採用すれば、爐が定常状態に達する迄に吸収する全熱量は、

$$0.23 \times 119.458 \times 600 = 16.5 \times 10^9$$

又爐内に配列せられたる各鋼片が既に吸収せる熱量を考ふるに、爐内部の各鋼片の平均温度として 1,050°C を採れば

$$0.167 \times 1,050 \times 11.42 \times 10^6 = 175.35 \times 11.42 \times 10^6 = 2,000 \times 10^6 \text{ (Cal)}$$

即ち定常状態に達する迄に爐内に配列せられたる各鋼片が吸収せる全熱量は 2.0×10^9 カロリーなり、従て夫れ迄に消費せる石炭の全發熱量は、第 2 章第 5 節よりして 30.976×10^9 カロリーなるを以て、

$$2.0 \times 10^9 \div 30.976 \times 10^9 \times 100 = 6.46 \text{ (\%)}$$

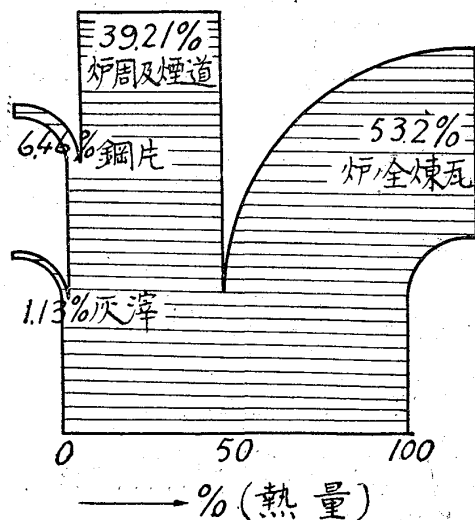
今是等の關係を次に示さんに

爐が定常状態に達する迄の間に於ける熱量の配布關係

	熱量	(%)	石炭	相當する加熱鋼片 (9.6)
全發熱量	30.98×10^9	100	4.356	34.30
灰 滓	0.35×10^9	1.13	0.050	0.40
煉 瓦	16.5×10^9	53.20	2.318	18.25
鋼 片	2.0×10^9	6.46	0.28	2.22
爐周及び煙道	12.13×10^9	39.21	1.706	13.43

第 7 圖

作業始めの 3 時間内に於ける熱量配布圖



此關係を第 7 圖に示せり。

是に據りて考ふれば、加熱せられたる初めの 3 時間内に於ては、煉瓦は約 53% の燃料を吸収する事を知る。加熱爐が一旦定常の状态に達せる後に於ては、加へらるゝ熱量は主として灰滓、鋼片、爐周、煙道等へ持ち去らる可きなり。是等定常状態に至る迄の熱量の各分配が、鋼片を加熱すれば如何程に相當するかを、参考の爲めに前表右端に記入せり。斯く考へ來れば爐全體を定常状態に加熱する迄に要する熱量は、相當多量にして、此熱量は鋼片約 18 吨餘を加熱するに要する燃料に等し。第 2 圖の結果と併せて考ふれば、加熱爐の冷却は燃料の點に於て如何に不利なるかを知るに足る可し。

第 3 章 鋼片の厚さと加熱速度並に燃料との關係

第 1 節 熱傳導方程式 熱が物體に傳播するに當り、時間 t 、温度 v 、任意の點 x, y, z が凡て連續

(1) 田所、前掲。

的なる場合は次式⁽¹⁾を以て表はす事を得 $\frac{\partial v}{\partial t} = k \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right)$

茲に $K = k\rho c =$ 熱傳導率にして $k =$ 溫度傳導率 $\rho =$ 比重 $c =$ 比熱

周圍の條件を満足す可き v を求むれば、任意の時間に任意の點に於ける溫度を知る事を得。而して此場合に於ける解は只一つにして是以外に存在せざるものなり。著者は此方程式の實際的應用として、之に周圍の條件を適入し簡略にし以て鋼片の厚さと時間と溫度との關係を求めんとせるものなり。

第2節 熱流の直進する場合 現作業に於ては 9.6cm 角にして長さ 102.0cm の鋼片が裝入口より落口迄連續して平行に然も一列に配列せられたる場合なるを以て、裝入口より鋼片の進行するに従ひて其溫度は上昇す。爐内の溫度分布は長さによりて相違するが故に、其位置に據りて熱の吸収は各々異なるものなり。去り乍ら鋼片の 9.6cm の厚さは其全長約 13.7 m に比して甚だ小なりと考ふる事を得るが故に、熱の傳導を論ずるに當りては單に熱流の直進する場合と見做す事を得。

從て
$$\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} = 0$$

時間と溫度及び位置の關係⁽²⁾は次の式を以て表はす事を得。即ち、 $\frac{\partial v}{\partial t} = \kappa \nabla^2 v = \kappa \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} \dots (1)$

此の式を満足すべき v の値を求め、此 v と t との關係を求むれば即ち所要の關係を知る事を得。

今 $v = e^{\alpha t + \beta x}$ とし $\alpha = \kappa \beta^2$ 及び $\beta = \pm i\gamma$ とおけば
 $v = e^{-\kappa\gamma^2 t} e^{\pm i\gamma x}$ 即ち $v = L e^{-\kappa\gamma^2 t} \cos \gamma x$ $v = N e^{-\kappa\gamma^2 t} \sin \gamma x$ を得。

從て其和は又上式を満足するが故に $v = \int_0^\infty e^{-\kappa\gamma^2 t} (A \cos \gamma x + B \sin \gamma x) d\gamma \dots (2)$

なる形の解を得。

今當初の條件として $t=0$ に於ては

$$v = f(x) = \frac{1}{\pi} \int_0^\infty d\gamma \int_{-\infty}^\infty f(\lambda) \cos \gamma(\lambda - x) d\lambda$$

と考ふれば、是より A, B の定數を知る事を得。

從て

$$v = \frac{1}{\pi} \int_0^\infty e^{-\kappa\gamma^2 t} d\gamma \int_{-\infty}^\infty f(\lambda) \cos \gamma(\lambda + x) d\lambda \dots (3)$$

(3) は (1) 及び (2) を満足す可きものなれども使用に便ならしめんが爲めに少しく變形すれば

上式 v は

$$v = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^\infty f(\lambda) d\lambda \int_0^\infty e^{-\kappa\gamma^2 t} \cos \gamma(\lambda - x) d\gamma$$

とかく事を得。然るに

$$\int_0^\infty e^{-\kappa\gamma^2 t} \cos \gamma(\lambda - x) d\gamma = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{\kappa t}} e^{-\frac{(\lambda-x)^2}{4\kappa t}}$$

となるが故に (3) は

$$v = \frac{1}{2\sqrt{\pi\kappa t}} \int_{-\infty}^\infty f(\lambda) e^{-\frac{(\lambda-x)^2}{4\kappa t}} d\lambda \dots (4)$$

今變數を變へんが爲めに

(1) Ingersoll and Nobel, Mathematical Theory of Heat Conduction, (1913), 67
 Carslaw, Fouriers Series of Integrals, (1906).

(2) 前掲

$$\beta = \frac{\lambda - x}{2\sqrt{\kappa t}} \quad \text{とおけば}$$

$$\lambda = x + 2\sqrt{\kappa t} \beta \quad \therefore d\lambda = 2\sqrt{\kappa t} d\beta$$

$$\therefore v = \frac{1}{2\sqrt{\pi \kappa t}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x + 2\sqrt{\kappa t} \beta) e^{-\beta^2} d\beta \quad \dots\dots\dots (5)$$

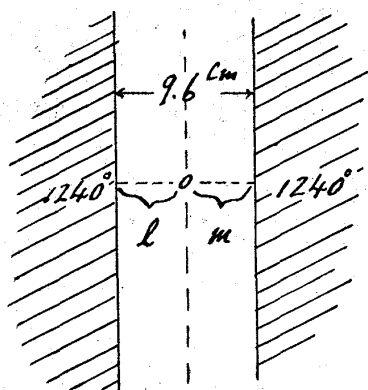
此(5)は一般の場合なるが、是より其特別なる場合として

$$\lambda = -\infty \text{ より } \lambda = m \text{ の間に於ては } f(\lambda) = 0,$$

是所要の答にして(1)を満足す可きものなり。之によりて問題の如き直進する熱流の凡ての場合を知る事を得。

第3節 鋼片の厚さと加熱時間との關係 今 9.6cm の厚さの鋼片を 1,240°C に保たれたる爐内に装入せる場合に於て、厚さ x と時間 t とは如何なる關係にあるかを見んとす。

今鋼片の始めの溫度を 20°C と考へ此鋼片を 1,240°C に保たれたる爐中に装入せるとき、其中心が 1,000°C に加熱せらるゝが爲めには装入後何分を要するかを求むるに、



$$v = 20^\circ, \quad v = 1,000^\circ,$$

今計算に便ならしめんが爲めに座標を轉換すれば

$$v_0 = -1,220^\circ, \quad v = -240^\circ, \text{ となる。}$$

$$\text{依て是を(6)に代入すれば} \quad -240 = \frac{-1,220}{\sqrt{\pi}} \int_{\frac{m-x}{2\sqrt{\kappa t}}}^{\frac{l-x}{2\sqrt{\kappa t}}} e^{-\beta^2} d\beta$$

然るに中心を 0 と考ふるが故に

$$\frac{240}{1,220} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{4.8}{2\sqrt{\kappa t}}} e^{-\beta^2} d\beta = 0.1969 \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$\text{今} \quad \frac{4.8}{2\sqrt{\kappa t}} = q \quad \text{とおけば} \quad \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^q e^{-\beta^2} d\beta = 0.1969 = \theta \quad \dots\dots\dots (8)$$

此(8)は即ち Probability Integral⁽¹⁾ と稱せらるゝものにして、 q と θ との關係は第8圖によりて表はさる。

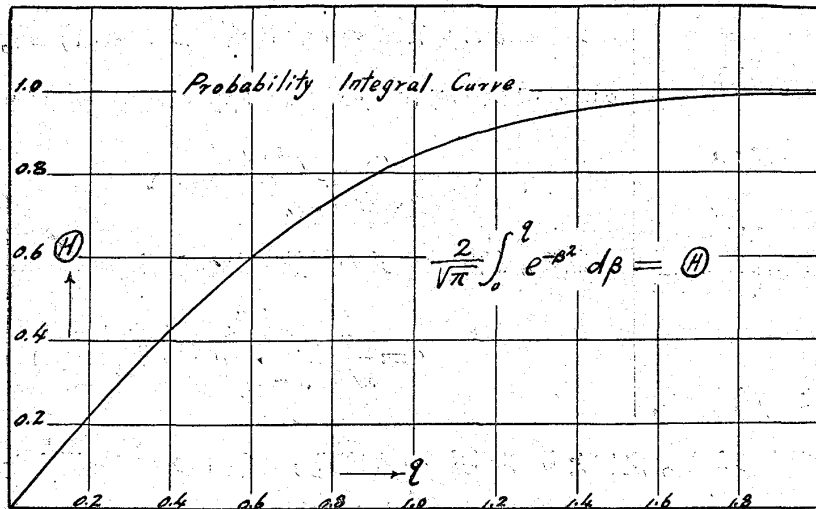
$$\text{由て、} \quad q = 0.176 = \frac{4.8}{2\sqrt{\kappa t}} \quad \therefore \kappa t = \left(\frac{2.4}{0.176} \right)^2 \quad \therefore t = \frac{1}{\kappa} \left(\frac{2.4}{0.176} \right)^2$$

$$\text{然るに} \quad \kappa = 0.14^{(2)} \quad \therefore t = \frac{1}{0.14} \times \frac{5.76}{0.031} = \frac{186}{0.14} = 1,330 = 22 \text{ 分 } 10 \text{ 秒}$$

(1) Wellisch, Theorie und Praxis der Ausgleichsrechnung, 257.

(2) W. Jaeger u. H. Dietzelhorst, Wiss. Abh. P.-T. R. 3 (1900), 269.

第 8 圖



即ち、厚さ 9.6cm の鋼片を 1,240°C の均熱爐中に装入すれば約 22 分にして中心は 1,000°C に到達する事を知れり。

現作業に於て鋼片が爐内を通過するに約何分を要しつゝあるかを参考の爲めに計算せんに、全長は約 $0.096 \times 3,432 = 329.5$

(m) ∴ 毎時としては $329.5 \div 24 = 13.72$ (m)

然るに 爐内の並列の長さを 12.25 m とすれば $13.72 : 12.25 = 60 : x$ ∴ $x = 56$ 分 30 秒。

即ち平均として約 56 分半を要しつゝある事を知る。元より第 1 圖に示すが如く 爐長に對して溫度均一ならざるが故に、此程度の加熱時間を要するなる可し。

然らば同熱源に種々の厚さの鋼片を装入せるとき、何れも中心が 1,000°C に加熱せらるゝには加熱時間に於て如何なる相違あるかを見んとす。 v_0, v, κ 等は凡て同様なるを以て、時間 t と厚さ x との関係は、

$$0.176 = \frac{4.8}{2\sqrt{\kappa t}} = \frac{x}{2\sqrt{\kappa t}} \dots \dots \dots (9)$$

にて表はさる。由て

$$\kappa t = \left(\frac{x}{0.176 \times 2} \right)^2$$

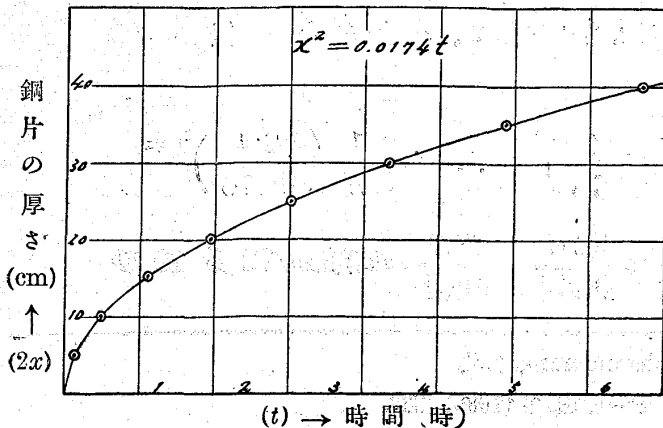
i.e. $x^2 = 0.14 \times (0.176 \times 2)^2 t = 0.01736 t \dots \dots \dots (10)$

是に依りて考ふれば鋼片の厚さ増加すれば其加熱時間は二乗の速度にて増加する事を知る。今鋼片の厚さと加熱時間との関係を (10) によりて求むるに次の如し。

鋼片の厚さ (cm)	5	10	15	20	25	30	35	40
中心が 1,000°C に加熱せらるゝ迄の時間	0 6	0 24	0 54	1 36	2 30	3 36	4 53	6 24

第 9 圖

鋼片の厚さと加熱所要時間



此關係を示せるものは第 9 圖なりとす。是によれば鋼片の厚さを減少する事は加熱作業上時間の上に於て如何に經濟的なるかを知るに足る可し。

第 4 節 加熱鋼片の厚さの増減と石炭消費量との關係 前節に於て鋼片の厚さの増加と加熱時間との關係を求めたるが、次に鋼片の厚さの増加は燃料經濟と即ち石炭消費量の上に於て如何なる關係にあるか知らんとす。爐内

が 1,240°C の均熱に保たれたる場合に於て、9.6cm 角の鋼片は約 22 分餘にして其中心が 1000°C に加熱せらる可きも、爐長に對して爐内の溫度均一ならざるが爲めに實際上 56 分 30 秒保持せらるゝものとするれば、 $9.6 \times 2 = 19.2\text{cm}$ 角の鋼片は現在の加熱爐中には何分保持せられざる可からざるかを考ふるに、

$$22:17:88 \cdot 3^{(1)} = 56.5 : x \quad \therefore x = 225 = 3 \text{ 時 } 45 \text{ 分}$$

即ち、爐内に包含せらる可き鋼片の連続せる容積が倍加せられたるのみにて、各鋼片は何れも 3 時 45 分間保持せられざる可からず。由て 56.5 分間に此鋼片が加熱せられて爐外に抽出せらるゝ本数を求むるに、全爐長に並列し得可き本数は、 $13.728^{(2)} \div 0.192 = 71.5$ (本) なるを以て $71.5 \div 225 \times 56.5 = 17.95 \div 18$ (本) 即ち約 18 本なり。從て其噸數は $17.95 \times 4 \times 0.080 = 5.76$ (噸) にして石炭の消費量は 34.850 噸と考ふるが故に 56.5 分間に使用さる可き石炭量は $\frac{34.850 \times 56.5}{24 \times 60} = 1.367$ (噸)

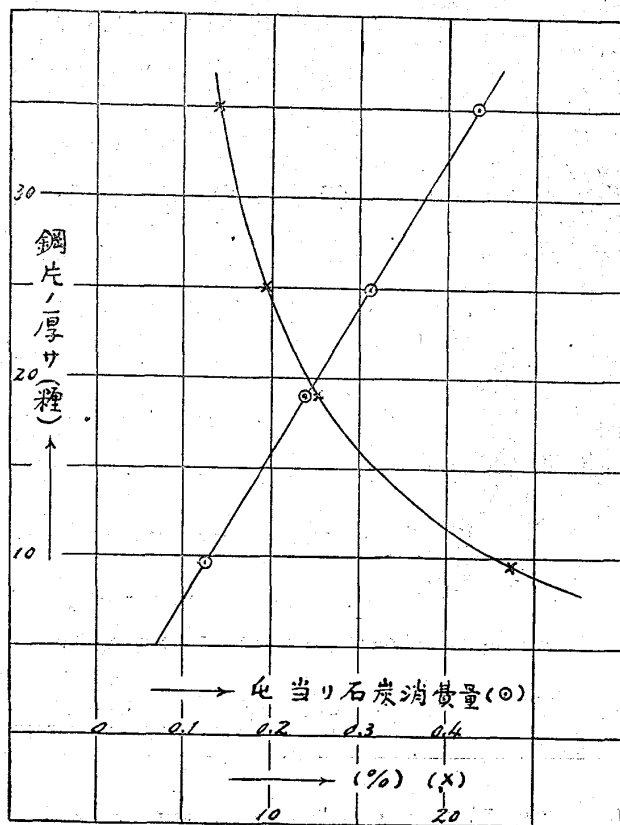
即ち 1.367 噸の石炭を要す。從て此 5.76 噸の鋼片を所要溫度迄加熱するが爲めには、

$$1.367 \div 5.76 = 0.237 \text{ (噸)}$$

即ち加熱鋼片噸當りの石炭消費量は 0.237 噸となる。故に石炭 1 瓦の發熱量の幾カロリーが有效なる可きかを見るに $7,111 \times 0.237 = 1685$ (Cal) 即ち $205 \div 1,685 \times 100 = 12.17$ (%)

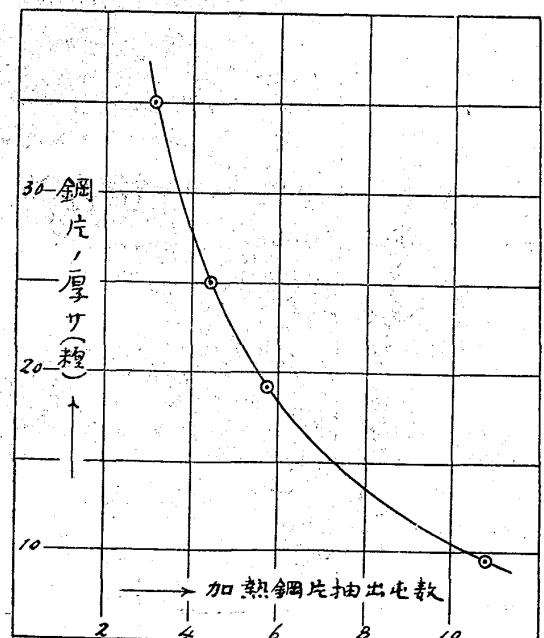
第 10 圖

鋼片の厚さと石炭消費量及熱能率



第 11 圖

鋼片の厚さと加熱鋼片の抽出噸數の關係



(1) 第 9 圖より。

(2) 第 2 章 第 3 節 終りより。

即ち現作業の加熱爐内に $9.6 \times 9.6 \times 102.0$ cm の鋼片と $(9.6 \times 2) \times (9.6 \times 2) \times 102.0$ cm の鋼片とを別々に装入し、兩者共定常状態に達したる場合に於て夫れ等の鋼片を加工するに當りては、前者は後者よりも小なるが爲めに 22.7 % の熱能率なるに後者は 12.17 % の熱能率となる。今如上の如く計算して鋼片の厚さと其熱能率との關係を何れも 56.5 分間につきて求むるに 第 4 表の如し。

第 4 表

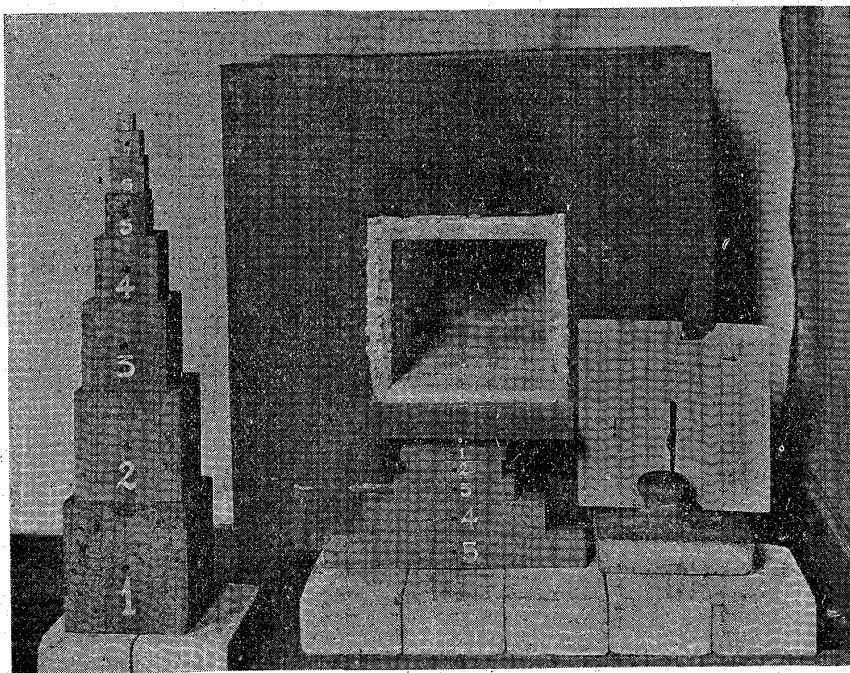
鋼片の厚さ(Cm)	抽出本數(約)	抽出噸數	噸當り石炭消費量(噸)	鋼片 1 瓦を加熱するに消費せらるゝ熱量(Cal)	熱能率(%)
9.6	143	10.76	127	863	22.68
19.2	18	5.76	237	1,685	12.2
25	8	4.39	312	2,122	9.5
35	3	3.15	434	2,954	6.7

此結果によれば鋼片の厚さ増加すれば、抽出噸數は減じ噸當り石炭消費量は増加し其熱能率は益々減少する事を知る。是等の關係を示せるものは第 10~11 圖なりとす。

第 4 章 加熱鋼片の厚さと時間との實驗的例證

第 1 節 實驗方法及び其結果 鋼片の加熱及び冷却に關しては既に研究⁽¹⁾せられたるもの多けれども鋼片の大きさを變へ其内外に於ける溫度と時間とに關しては、甚だ少なきが如し。筆者は鋼片の大き

第 12 圖



さ増加すれば夫等が同温の熱源に装入せられたる際、各鋼片の内部が一定溫度に到達するが爲めには、時間は如何なる關係にあるかを見んが爲めに、次の實驗を行へり。熱源として使用せる電氣爐の内部は、 $19 \times 18 \times 38$ cm、外部は $60 \times 42 \times 60$ cm にしてニクロム線を使用せる抵抗電氣爐なり。電氣爐及び試料は第 12 圖に示せり。

實驗中の平均電壓は 195 ボルト、平均電流 13.5 アンペア、電

氣爐の抵抗は平均 14.4 オームなり。

試料鋼片の中心迄直徑約 3mm の穴を作りて白金及び白金ロジウム⁽¹⁾の熱電對を挿入し、又試料の上部

(1) Sezo Saito, Journ. Soc. Mech. Eng. 21 (1918), 15.

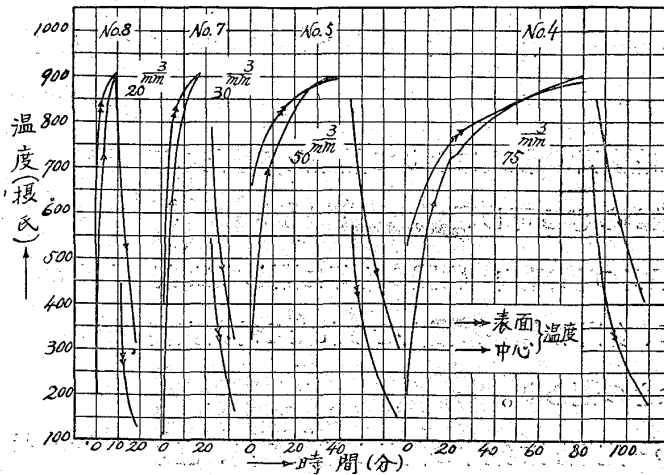
海野、製鐵所研究所報告、7 (1927), No. 9.

海野、製鐵所研究所受付研究、80 (1926).

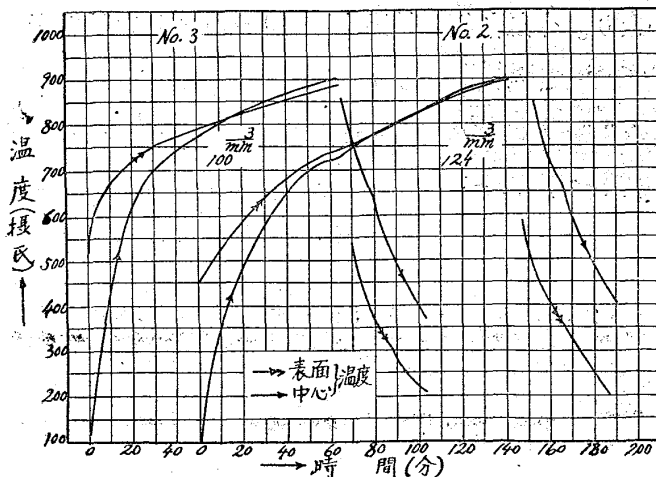
表面には同種の熱電對をして接觸せしめ、900°C の一定に保たれたる爐内に試料と共に装入し、此兩熱電對が900°C に到達する迄の時間と溫度との關係を求めたるものなり。第13~14圖は正立方體、第12圖は長方體の場合なり。而して實驗に供せられたる試料の大きさ及び分析次表の如し。

立 方 體						長 方 體					
No.	2	3	4	5	7	8	No.	1	2	3	5
一邊の長							各邊の長				
さ(cm)	12.4	10.00	7.5	5	3	2	さ(cm)	1.5×1.5×12, 2×2×11, 2.5×2.5×13.8, 3.7×3.7×30,			
C (%)	0.16	0.18	0.16	0.16	0.21	0.20	C (%)	0.07	0.05	0.07	0.08
Si (%)	0.016	0.019	0.021	0.012	0.012	0.012	Si (%)	0.013	0.017	0.013	0.014
Mn (%)	0.39	0.37	0.41	0.39	0.40	0.39	Mn (%)	0.38	0.37	0.40	0.41
P (%)	0.024	0.026	0.027	0.022	0.028	0.023	P (%)	0.022	0.023	0.027	0.027
S (%)	0.028	0.031	0.036	0.025	0.042	0.037	S (%)	0.042	0.039	0.053	0.060
Cu (%)	0.22	0.23	0.22	0.22	0.23	0.22	Cu (%)	0.16	0.15	0.17	0.17

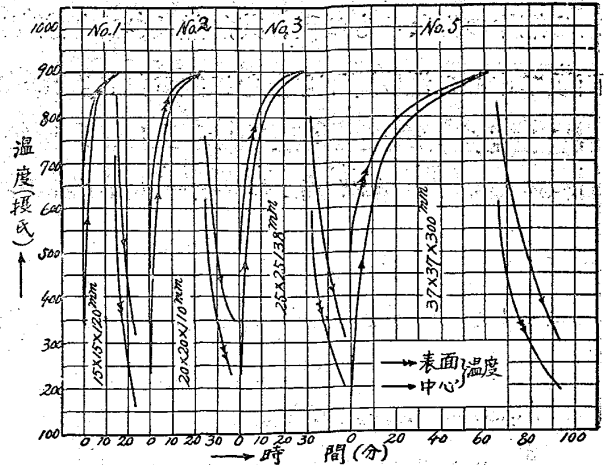
第 13 圖



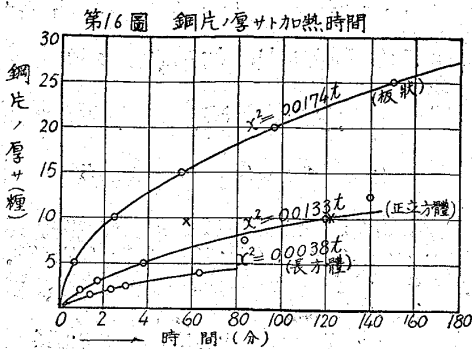
第 14 圖



第 15 圖



第2節 鋼片の厚さと加熱時間 此結果を通覽するに鋼片の内外が 900°C に到達する時間は其大きさ



の増加に従て長し。今正立方體にありては一邊の長さ、又長
方體にありては短邊の長さを探り、此一邊の長さの増加と各
鋼片の内外が同一溫度 900°C に到達する時間との關係を求む
るに第 16 圖を得。第 3 章第 3 節に於て厚さ 9.6cm の鋼板を
1,240°C の爐中に装入し、中心が 1000°C に到達する迄の時間
を求めたる時の關係をも、併せて記入する事とせり。

兩種の實驗は其試料の大きさ異なり又板狀の場合は其條件
も凡て相違すると雖も、是等の關係を見るに鋼片の厚さと時間とは夫々

板狀の場合 $x^2 = 0.0174t$ 正立方體の場合 $x^2 = 0.0133t$ 長方體の場合 $x^2 = 0.0038t$

即ち $x^2 = at$

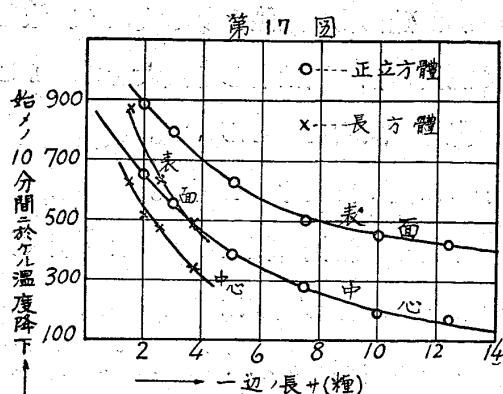
なる關係にある事を知る。茲に x は一邊の厚さにして t は時間を表はすものとす。従て相似形鋼片の
場合に於て一邊の長さ増加すれば、其加熱時間は二乗の割合にて増加する事を實驗的にも確むる事
を得たり。第 16 圖に於て實驗の結果は、板狀の場合よりも同じ厚さに對しての時間は短縮せらる可
きに却て反對の結果を示せり。是熱源より供給せらるゝ熱量と加熱鋼片の大きさとの關係同一ならざる
に起因するものにして、加熱鋼片の装入によりて熱源たる爐内の溫度降下甚だしきに従て、其差甚だ
しきものなる事は想像に難からざる可し。

第3節 鋼片の大きさとその内外の冷却速度 物體の冷却に關しては既に數多の報告あれども、其實驗狀
況、種類等千差萬別にして、鋼片が爐外に抽出せられたる時其表面及び内部が、如何なる溫度降下を
なすかに就きては甚だ少なきの觀あり。

本實驗に於ては 900°C の一定溫度に鋼片の内外が達せる後、直ちに爐外に抽出して、鋼片の内外の
溫度の降下を讀めるものなり。此際抽出せられたる鋼片は耐火煉瓦上に放置せられたり。第 13~15 圖
に示す如く鋼片の小なるものは、加熱速度大にして冷却速度は又速かなるを知る。之に反し相似形狀
なる鋼片の大なるもの程、其加熱及び冷却速度は小なり。今加熱鋼片抽出直後 10 分間に於ける表
面及び中心の溫度降下を讀むに次の如し。

正 立 方 體			長 方 體		
一邊の長さ (cm)	中 心 (°C)	表 面 (°C)	大 小 (cm)	中 心 (°C)	表 面 (°C)
2.0	640	880	1.5×1.5×12	630	870
3.0	550	800	2×2×11	520	
5.0	385	620	2.5×2.5×13.8	470	630
7.5	270	500	3.7×3.7×30	370	490
10.0	190	450			
12.4	175	420			

此關係を示せるものは第 17 圖なりとす。



此結果よりして知らるゝ如く鋼片小ならば直ちに内外共に冷却し、鋼片の大きさ増加すれば内外共に其温度降下少く且つ内外の差は益々大となる。従て大なるものは表面の温度は降下するとも内部は尚ほ高温にあるを知る。又正立方體と長方體とを比較するに、断面等しくも長方體は其冷却速度小なり。第 16 圖に於ても断面相等しき正立方體と長方體とを比較するに、前者は其加熱速度大なる結果を示せり。是其體積相異なるが故に當然の結果なる可し。

終りに臨み御指導を辱ふしたる製鐵所技監工學博士野田研究所長并に動力部長岸原主事に對し厚く感謝の意を表す。又熱心に實驗に従事せる岡田、中畑、宮崎の各副手、及び瀬戸、森口、三寛田、三好、北原、宇野、小手川の諸氏に對し其勞を謝するものなり。

硫貼寫を鮮明に得る操作

蒔田宗次

目次

- | | |
|-----------------|----------------|
| 1. 要旨 | 7. 貼寫液拭去の程度 |
| 2. 硫貼寫法 | 8. 貼附時間 |
| 3. 硫黃の含量と硫貼寫の濃度 | 9. 印畫紙の種類 |
| 4. 可檢面の研磨仕上程度 | 10. 硫貼寫の適當なる操作 |
| 5. 貼寫液の濃度 | 11. 模範硫貼寫 |
| 6. 印畫紙浸漬の時間 | |

1. 要旨 鐵鋼中に存在する硫化物の含量及分布の狀況を検するに硫貼寫 (Sulphur print) なる方法あり。重要なる方法として一般に行はる。此の法は操作の巧拙に依りて其の成績に良否の差を生ずるものなり、依て如何なる操作が適度なるべきかにつきて試験したる結果を記さんとす。

2. 硫貼寫法 鐵鋼の硫貼寫法に 2 種あり、其の 1 は ハイネバウエル (Heyne and Bauer) 氏法と稱し鹽化水銀にて可檢面を處理し硫化物の形像を絹布に印寫するものなり、此の法は熟練を要するのみならず材料費低廉ならず、其の 2 は之を改良したるバウマン (Baumann) 氏法⁽¹⁾ と稱し稀硫酸にて可檢面を處理し寫真用の感光紙に硫化物の形像を印寫するなり、之は操作容易にして前者よりも廉値なるを以て廣く世に用ひらる。

バウマン氏硫貼寫法の原理は鋼材中の硫化物が酸の爲めに分解せられて發生する硫化水素瓦斯を、

(1) Baumann: Metallurgie 1906 S 416.