

5. 5 製鉄工場

5.5 製鉄工場の調査結果

5.5.1 工場の概要

- (1) 会社名・工場名 : Dunaferri Dunai Vasmű
- (2) 業 種 : Metallurgy, Steel & Iron
- (3) 主要製品名および生産能力
- | | |
|------|--------------------------------------|
| 主要製品 | : Steel Plate Coil, Spiral Pipe, Bar |
| 生産能力 | : Hot Coil 1,500,000t/y |
- (4) 従業員数 : コンツェルン全体 約12,000
- | | |
|----------|---------|
| 鉄鋼部門 | 約 6,000 |
| Hot Roll | 約 900 |
- (5) 工場所在地 : 2401 Dunaújváros Pf. 110

(6) 工場の沿革

1950年に創立され、ブダペスト南方約50kmに立地する鉄鋼一貫工場で、1000m³級高炉2基、コークス炉、転炉、熱間圧延設備、冷間圧延設備、発電所等の設備を有する国内最大の製鉄所である。

国営工場であったが1991年3月、冶金事業部、二次・三次製品事業部、サービス事業部、営業事業部のそれぞれのなかに多数の有限会社を持つコンツェルンに改組された。自由な活動がしやすいように、各有限会社には大幅な権限委譲がなされた。将来はさらに株式会社化することが予定されている。

今回の調査対象はこのうちの熱間圧延工場の加熱炉である。

熱間圧延工場は1960年から操業を開始し、加熱炉2基、Coil Box, Roughing Mill、5 StandのFinishing Mill、Down Coilerを有し、150万t/yの能力を持っている。処理するSlabの寸法は長さ2.9~8.4m、幅950~1530mm、厚さ240mmで、製品Coilは厚さ1.8~12mm、最大重量15tである。

2基の加熱炉はPusher型で能力は170t/hであるが、下工程の能力に制約され実際の能力は120~160t/hにとどまっている。No.2炉は1988年に大幅改修されたが、1974年に建設されたNo.1炉も同様に改修され、両者の構造の差は少なくなっている。

レキュペレータのほかに排熱ボイラを備え、工場蒸気系統に送気している。また、炉の冷却水の熱は暖房用の温水加熱に利用されている。Slabは連続鋳造設備から高温で運ばれてくるが、炉に装入するまでの時間に差があり、Hot Chargeされる割合は40~50%である。

(7) 調査期間 : 1991.9.9—9.13

(8) 調査員

氏名	担当
井口光雄	団長
中川暉雄	副団長、計測技術
野田敏夫	製鉄プロセス
大西利夫	熱管理技術
大嶋哲夫	熱管理技術
臼井千雄	電気管理技術

AEEF Member

Mr. János Becz	Team Leader
Mr. Ferenc Pardavi	Electrical Engineer
Mr. Kornél Jonás	Mechanical Engineer
Mr. Endre Slenker	Electrical & Measurement Engineer
Mr. József Stieber	Instrument Engineer

MVMT Member

Mr. Lajos Ropolyi	Mechanical Engineer
Mr. Gábor Mohácsi	

(9) 面接者

Mr. Vilmos Réti	Technical Development Manager
Mr. Tibor Kodas	Manager
Mr. Péter Sándor	Chief Energy Engineer
Mr. János Bak	Energy Engineer
Mr. Lajos Nikl	Energy Engineer
Mr. András Gulyás	Assistant Manager
Mr. Sándor Alpech	Chief of Furnace
Mr. Tibor Polgar	Foreman

(10) Hot Strip 生産量推移 (Table 5.5.1)

Furnace		1986	1987	1988	1989	1990
No.1	t	0	40,165	565,250	491,868	474,572
No.2	t	807,179	747,631	301,567	520,220	528,425
Total	t	807,179	787,796	866,817	1,012,088	1,002,997

(11) エネルギー消費量推移 (Table 5.5.2)

Furnace		1986	1987	1988	1989	1990
No.1	TJ	0	106	1,397	1,379	1,190
No.2	TJ	1,919	1,865	602	1,187	1,284
Power	MWh	6,358	5,284	5,657	8,635	8,866

For 1990 (Table 5.5.3)

Furnace	Coke Oven Gas		Natural Gas		Total
	10 ³ m ³	GJ	10 ³ m ³	GJ	GJ
No.1	1,244	21,014	34,364	1,168,569	1,189,583
No.2	24,397	411,810	25,605	872,261	1,284,171

(12) エネルギー消費原単位推移 (Table 5.5.4)

Furnace		1986	1987	1988	1989	1990
No.1	MJ/t		2,639	2,471	2,803	2,507
No.2	MJ/t	2,377	2,494	1,996	2,282	2,430
Total	MJ/t	2,377	2,502	2,306	2,535	2,466
Power	kWh/t	7.9	6.7	6.5	8.5	8.8

(13) 稼働時間 (Table 5.5.5)

Furnace		1986	1987	1988	1989	1990
No.1	hr	0	507	6,785	7,693	6,377
No.2	hr	7,876	7,467	4,316	7,853	7,235

対策検討基準稼働時間

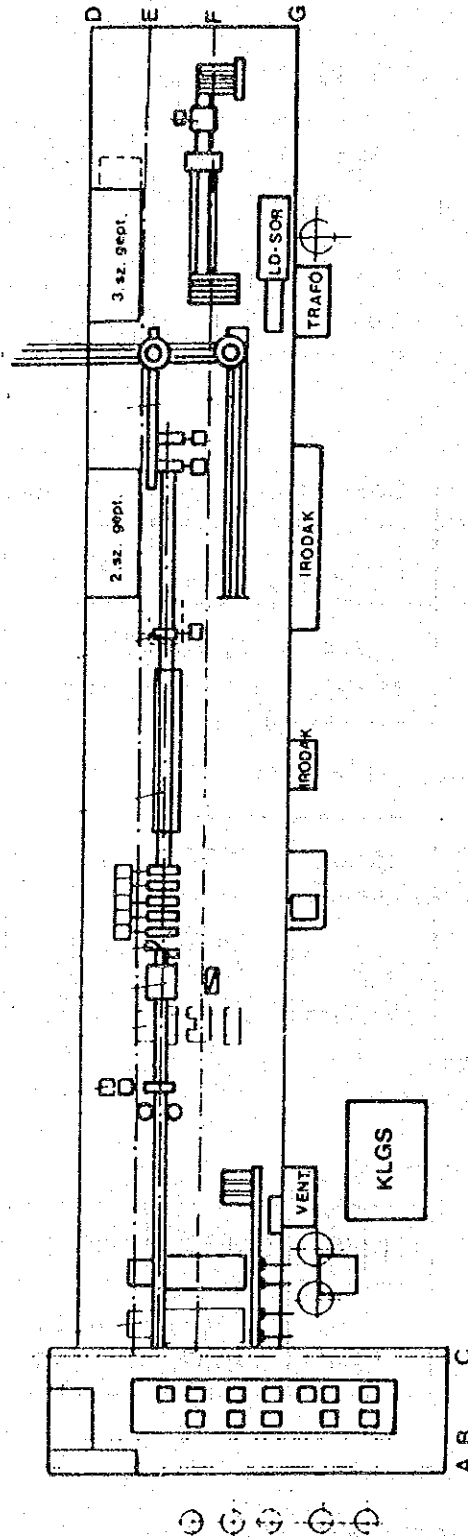
24hours/day × 300days/year = 7,200hours/year

(14) エネルギー価格

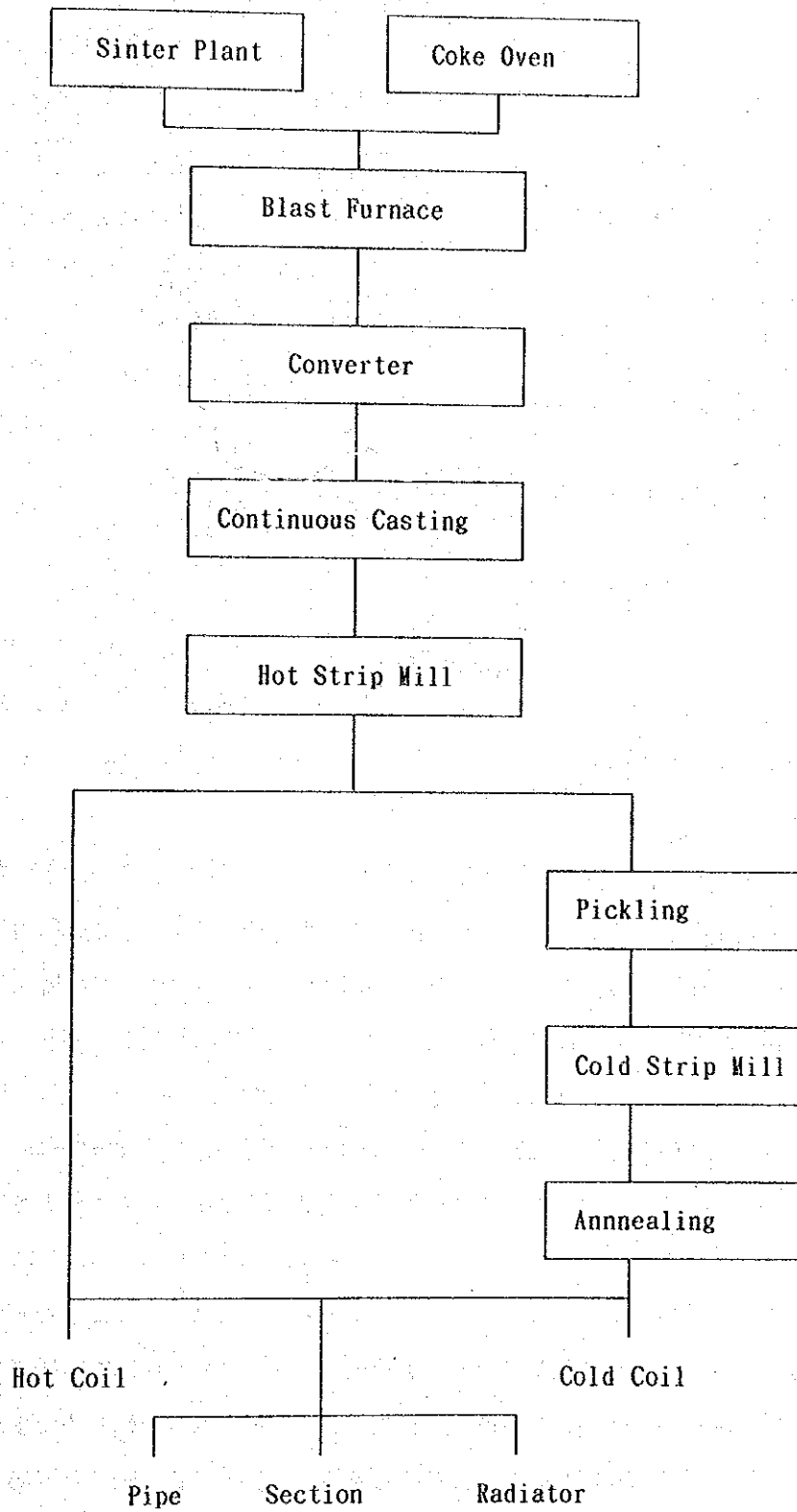
Natural Gas 10.8Ft/Nm³

Electric Power 3.6Ft/kWh

(15) 工場配置図 (Figure 5.5.1)



(16) 製造工程図 (Figure 5.5.2)



(17) 電力単線結線図 (Figure 5.5.3)

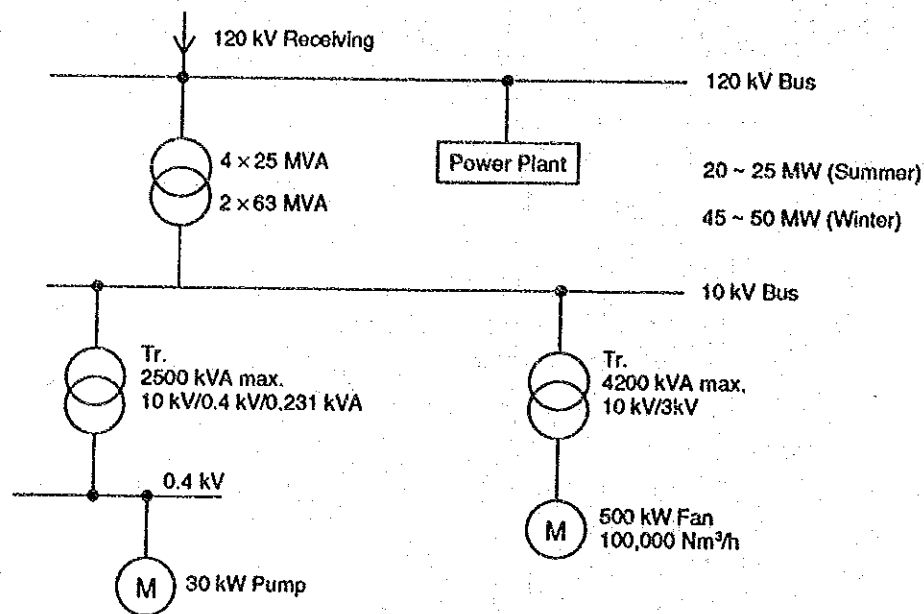


Figure 5.5.3

5.5.2 エネルギー管理の状況

(1) 目標の設定

省エネルギーのみでなく、コスト低減、品質向上、人身災害防止等従業員の参加が不可欠な改善運動を進めようとする時は、まず経営者がこれらが企業経営にとって重要な項目であり、全社的に力を注いで行くという基本方針を決定し、全従業員にその達成に向けての協力を要請することから始まる。経営側の省エネルギーに真剣に取り組もうとしている姿勢が示されないと、全社的な運動には発展し得ない。

さらに、具体的な数値として達成目標、達成期限、投資許容基準等を示し、これを各工程毎の目標値にブレイクダウンして、各従業員が身近なテーマをとらえて努力できるようにする必要がある。

当工場でも、国営の時は上部機関からエネルギーの1%節減というような指示が出されていたが、1991年春の企業形態変革後の過渡的状況のなかで、まだ明確な方針が設定されておらず、検討中とのことであった。経済情勢も流動的で、困難な状況にあることは理解できるが、市場原理に基づく国際的な競争に対処できるよう、長期経営計画をたてる中に、省エネルギー計画も盛り込んで推進されることを望む。

(2) 組織的活動

企業形態変更により、各主要工程はそれぞれ独立の有限会社となり、これらが集まってコンツェルンを形成するという形になっている。この方式ではそれぞれの会社は大企業の1部門であった場合よりも多くの権限を与えられ、より柔軟かつ迅速な対処ができるようになると期待されている。

一方、熱間圧延工場の操業は上工程、下工程、エネルギー部門等他部門と密接な関係を有し、部門内でも加熱炉の運転は圧延工程の運転に大きく影響される。したがって、それらとの関係が円滑でないと合理的な操業はできない。コンツェルンの本部がその調整を行うことと思われるが、より現場的、技術的な問題について各工程間の意志の疎通を図れるような横断的な委員会組織を設置するとよい。

熱間圧延工場の内部においても、工場長の意図が末端従業員までも伝わるように、また、現場で起きている問題が正しく上部に伝わるよう、各層の定期的な集会を組織することが望ましい。

(3) データによる管理

工場の操業データの記録は、成績の判定、製品品質の保証のために必要であるが、さらに注意深く解析することにより、問題点の所在、改善のための手がかりの情報を提供するものである。

当工場では加熱炉の燃料消費量は毎時間記録され、月末にその評価が行われるようになっている。異常な消費を示した場合は、原因調査も行われている。製品種類別の原単位も計算されている。

現場のオペレータにこれらの指標の実績値を知らせ、検討会を開くようにすると関心を高めるのに役立ち、自動的な節減運動に結びつく。

なお、データの精度を高めるには各種計測器の定期的な整備に努めることと、自動制御により作業を安定化させることが不可欠である。このことは、品質管理体制を確立して需要家の信頼を得るためにも大切なことである。

(4) 従業員の教育

一般的な管理水準の向上には、従業員の資質を高めることが必須である。

当工場では2年に1回開催される鉄鋼業界の省エネルギー大会に大勢のスタッフを参加させており、工場独自のセミナーも年2回開催している。

大学とも密接な関係を保っており、大学の燃料技術研究所の開催する年次大会に参加したり、教授の診断やアドバイスを受けている。

オペレータについても教育が行われており、5年毎に試験を受ける義務を負わせている。
このように、従業員教育については力を注いでいる。

従業員から改善提案を募る制度もあり、採用されれば報奨金がでる。また、操業実績が改善された時はボーナスが出る制度もあり、従業員の動機付けを図っている。

なお、職場の整理整頓清掃の状況は作業標準や上司の指示が徹底しているかどうか、すなわち管理水準を示す尺度とされるので、従業員教育の一環として「整理・整頓・清掃」運動を取り入れることが望まれる。

(5) 設備管理

後述するようにこの加熱炉は密閉度が悪いが、これらの開口部の閉鎖や扉の改造を行った後、常にその保守を行って空気侵入や放炎がないよう注意しなければならない。空気予熱器回りで空気の排ガス側に空気が洩れ込んでいるが、熱回収率の低下、排風機の電力損失につながるので炉の補修時にあわせて補修する必要がある。また、温度計の指示に不正確なものが見られたが、炉内温度パターンは加熱炉制御の基本的なパラメーターであるので、定期的に校正を行い、常に正しい指示が得られるようにしなければならない。

5.5.3 エネルギー使用上の問題点と対策

5.5.3.1 熱勘定

(1) 加熱炉設備概要

Table 5.5.6 Specification of the furnace (1/3)

1	Plant name		Dunaferr Dunai Vasmü
2	Process name		Hot strip rolling
3	Furnace number		No. 2
4	Furnace type		Pusher type with 8 zones (upper: 5 zones, lower: 3 zones)
5	Charging slab	Material	Carbon steel
6		Size	240 th × 940 ~ 1,540 W × 2,900 ~ 4,250 L (2 row), × 6,900 ~ 8,500 L (1 row) [mm]
7		Weight	6,500 ~ 20,000 [kg]
8	Product		Hot plate coil
9	Manufacturer name		Stalprojekt (USSR)
10	Installation year		1974
11	Nominal capacity		170 [t/h]
12	Effective length & width		29.8 L × 9.28 W [m]
13	Nominal heating load		700 [kg/m ² ·h]
14	Kind of fuel & net calorific value		Coke oven gas; 19,050 [kJ/Nm ³] or natural gas ; 36,006 [kJ/Nm ³]

Table 5.5.6 Specification of the furnace (2/3)

15	Burner type capacity & numbers	Upper zone	Soaking	Roof type 80 [m ³ /h] × 26 (#5 Zone; 8, #4 Zone; 18)
16			Heating	Roof type 160 [m ³ /h] × 24
17			Preheating (2)	Roof type 160 [m ³ /h] × 24
18			Preheating (1)	Roof type 160 [m ³ /h] × 24
19		Lower zone	Soaking	Axial type 840 [m ³ /h] × 2
20			Heating	Axial type 840 [m ³ /h] × 5
21			Preheating	Axial type 840 [m ³ /h] × 5
22	Fan capacity			128 [mbar] × 100,000 [m ³ /h] × 500 [kW]
23	Recuperator	Type		Hanging U type
24		Heat transfer area		914 [m ²] (air side)
25		Material		Cr-Mo
26	Skid pipe	Numbers		4
27		Size		140φ [mm]
28		Insulation		Castable insulator; 50 th[mm]
29	Cross pipe & riser	Numbers		Cross pipe; 8, Riser; 16
30		Size		140φ [mm]
31		Insulation		Cross pipe Castable insulator; 50 th[mm] Riser Insulating brick; 180 th[mm]
32	Improvement history			None

Table 5.5.6 Specification of the furnace (3/3)

33	Operating situation	Operating methods	3 shifts/day
34		Operating time	8 h/shift
35		Operating days	28 days/month 320 days/year
36	Furnace dimension		Shown in Figure 5.5.4
37	Instrumentation		Controller; Furnace temperature of 1 ~ 7 zone Recorder; Total gas flow rate Gas flow rate of 1 ~ 7 zone Air flow rate of 1 ~ 7 zone Cooling water flow rate Furnace temperature of 8 zones Waste gas temp. at recuperator Hot air temperature Cooling water temperature Furnace pressure, etc.,

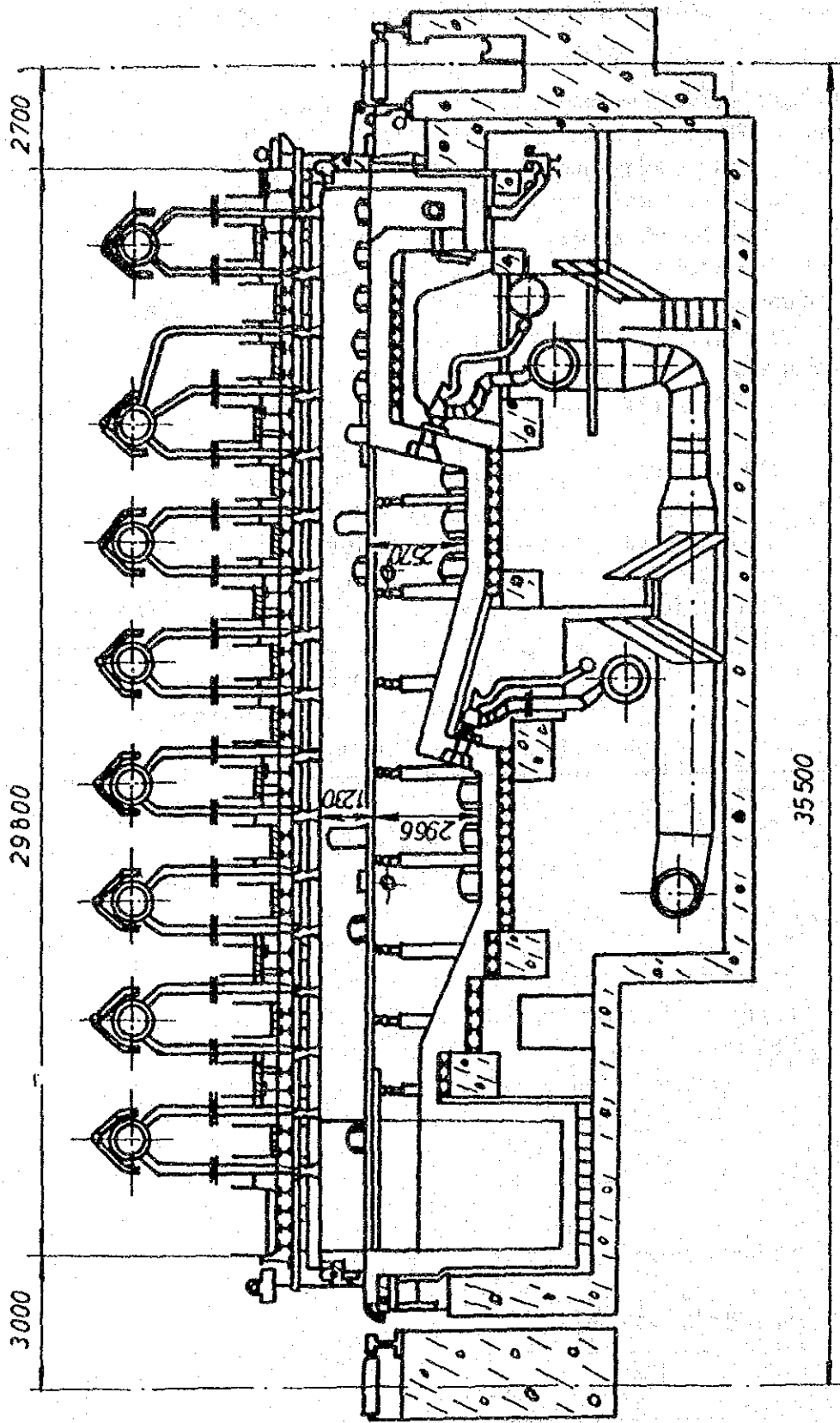


Figure 5.5.4 General view of furnace

(2) 測定結果

空気予熱器を含む加熱炉の測定結果を Table 5.5.7 に示す。

次表で () 内の数値は、熱勘定時に計測器の都合でデータが採れなかったため、熱勘定時と類似の作業時のデータから採った数値を示す。

Table 5.5.7 Measuring data (1/3)

1	Measuring time		11 Sept. 1991, 2:15 a.m. ~ 4:35 a.m.			
2	Ambient temperature; 21 [°C]		Relative humidity; (40 [%])			
3	Fuel	Kind	Coke oven gas			
4	Flow rate & ratio	Upper zone	Soaking zone	795 [Nm ³ /h], 10.6[%] #5 Zone; 302 [Nm ³ /h] #4 Zone; 493 [Nm ³ /h]		
5			Heating zone	219 [Nm ³ /h], 2.9 [%]		
6			Preheating zone (2)	2,259 [Nm ³ /h], 30.0 [%]		
7			Preheating zone (1)	0 [Nm ³ /h], 0 [%]		
8			Lower zone	Soaking zone	487 [Nm ³ /h], 6.5 [%]	
9				Heating zone	1,055 [Nm ³ /h], 14.0 [%]	
10				Preheating zone	2,705 [Nm ³ /h], 36.0 [%]	
11		Total		7,520 [Nm ³ /h] *2		
12		Pressure		90 [mbar]		
13		Temperature		30 [°C]		
14		Composition		CO ₂	CO	CH ₄
			2.6 [%],	8.2 [%],	24.7 [%],	2.6 [%],
			C ₆ H ₆	H ₂	O ₂	N ₂
			0.6 [%],	58.4 [%],	0.6 [%],	2.3[%]
15	Net calorific value		19,078 [kJ/Nm ³] *1			

Table 5.5.7 Measuring data (2/3)

16	2nd air	Flow rate	Upper zone	Soaking zone	4,095 [Nm ³ /h] #5 Zone; 1,510 [Nm ³ /h] #4 Zone; 2,585 [Nm ³ /h]	
17				Heating zone	2,605 [Nm ³ /h]	
18				Preheating zone (2)	9,680 [Nm ³ /h]	
19				Preheating zone (1)	0 [Nm ³ /h]	
20			Lower zone	Soaking zone	--- [Nm ³ /h]	
21				Heating zone	6,200 [Nm ³ /h]	
22				Preheating zone	14,355 [Nm ³ /h]	
23			Pressure	Recuperator	Inlet	--- [mbar]
24					Outlet	--- [mbar]
25			Temperature	Recuperator	Inlet	21 [°C]
26	Outlet	(300 [°C])				
27	Cooling water	Flow rate		444,010 [kg/h]		
28		Temperature		Inlet	68.6 [°C]	
29				Outlet	71.2 [°C]	
30	Exhaust gas	Temperature		Before recuperator	892 [°C]	
31				After recuperator	375 [°C]	
32		Pressure		Before recuperator	(-0.15[mbar])	
33				After recuperator	(-0.46[mbar])	
34		Composition		Soaking zone	(O ₂ ; 3.3[%])	
35				Before recuperator	CO ₂ 8.1 [%] O ₂ 4.2 [%]	
36	After recuperator			CO ₂ 4.5 [%] O ₂ 11.1 [%]		

Table 5.5.7 Measuring data (3/3)

37	Charged slab	Size	4.2 ~ 3.3 l[m] × 510 w[mm] × 240 th[mm]		
38		Weight	7,885 ~ 13,490 [kg]		
39		Total weight of charged slab		242.2 [t]	
40		Temperature	Charge	21 [°C]	
41			Discharge	(1,235[°C])	
42		Decreased weight of slab by oxidization		--- [kg/t]	
43	Furnace temp.	Upper zone	Soaking; #5. Zone	RIGHT 1,294 [°C]	LEFT 1,264 [°C]
44			Soaking; #4. Zone	RIGHT 1,302 [°C]	LEFT 1,274 [°C]
45			Heating;	RIGHT 1,272 [°C]	LEFT 1,247 [°C]
46			Preheating (2)	RIGHT 1,197 [°C]	LEFT 1,232 [°C]
47			Preheating (1)	RIGHT; 866 [°C]	
48		Lower zone	Soaking	RIGHT; 1,228 [°C]	
49			Heating	RIGHT 1,298 [°C]	LEFT 1,302 [°C]
50			Preheating	RIGHT 1,241 [°C]	LEFT 1,286 [°C]
51	Furnace pressure		0.25 [mbar]		
52	Surface temperature of wall		Shown in Figure 5.5.5		

* 1 ; 本報告は標準状態として、0 [°C] 及び1.013 [bar] の条件を採用しているが、エネルギー有限会社による C.O. Gas の低位発熱量18,083 [kJ/m³] は15 [°C] 及び1.013 [bar] の状態の値であるので、換算係数； k_1 で標準状態の発熱量に換算した。

$$\text{換算係数； } k_1 = (273+15) / 273$$

$$= 1.055$$

$$\text{標準状態の低位発熱量、 } H \text{ [kJ/Nm}^3\text{]} = 18,083 \times 1.055$$

$$= 19,078$$

* 2 ; この数値は、工場側で測定しているガス主管流量をエネルギー有限会社計量値（取引）に基づいて作成した係数； k_2 及び標準状態（0 [°C]）への換算係数； k_3 で補正した流量である。

補正係数； k_2 は次のように間接的な方法で求めた。

Period	Value measured by Energy Limited Liability Company	Integrated value on operation sheet
9/8, 22° ~ 9/9, 22°	159,000 [m³]	690
9/8, 22° ~ 9/9, 22°	123,000 [m³]	596
Total	(A) 282,000 [m³]	(B) 1,286

Period	Integrated value on operation sheet	Flow rate value measured by factory side
9/8, 22° ~ 9/9, 22°	(B') 201	(C) 39,119 [m³]

$$k_2 = (A) / (B) \times (B') / (C)$$

$$= (282,000 / 1,286) \times (201 / 39,119)$$

$$= 1.127$$

$$k_3 = 273 / (273+15)$$

$$= 0.948$$

熱勘定期間の2°20'の工場側流量測定値は16,432 [m³]であったので、補正後の燃料ガス使用量 TV_g [Nm³] は、

$$TV_g = 16,432 \times 1.127 \times 0.948$$

$$= 17,550$$

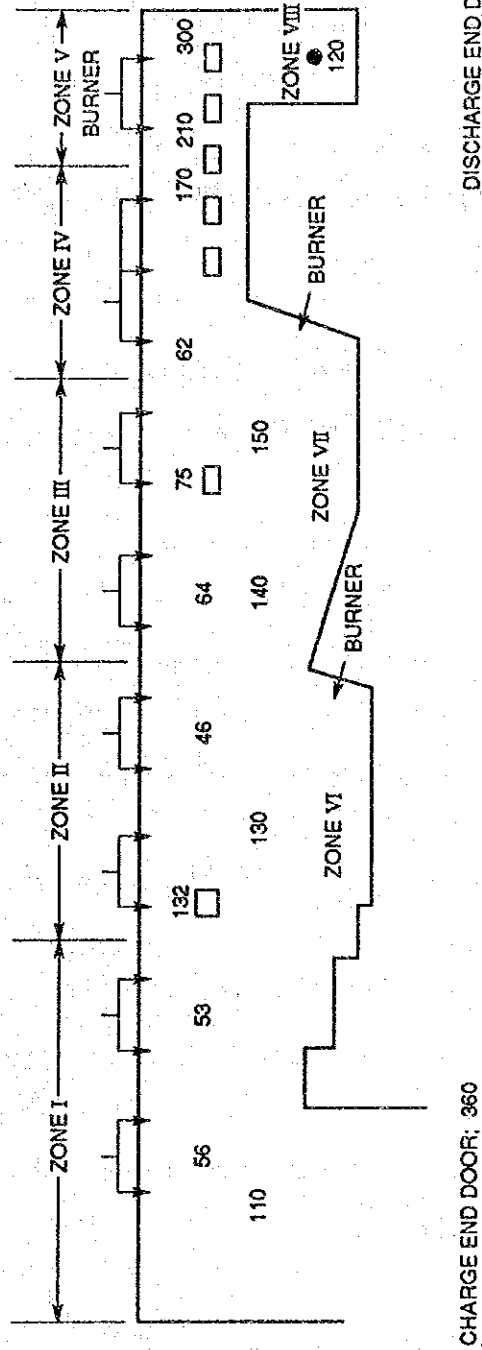


Figure 5.5.5 Surface temperature of wall [°C]

1 時間当たりの燃料ガス使用量 V_g [Nm³/h] は、

$$V_g = (16,432 \times 1.127 \times 0.948) / 2 \times \frac{1}{3}$$

$$= 7,520$$

また、8ゾーンの燃料使用量は計量されていないので、他のゾーンの流量記録チャートか

ら求めた使用量と V_0 との差を使用量とした。

(3) 熱勘定計算

熱勘定は、装入鋼材 1 t 当たりについて行ない、基準温度は外気温度とした。

熱勘定は空気予熱器を含む炉本体、炉本体及び空気予熱器の 3 つの場合について行った。

排熱回収設備の冷却水熱交換器及び排熱ボイラは、その回収熱が加熱炉に使用されていないので熱勘定の対象外とした。

A) 事前計算

a. 鋼材 1 t あたり燃料使用量； F [Nm^3/t]

$$\begin{aligned} F &= \text{燃料使用量} [\text{Nm}^3] / \text{鋼材装入量} [\text{t}] \dots\dots\dots (5-1) \\ &= 17,550/242.2 \\ &= 72.46 \end{aligned}$$

b. 理論空気量； A_0 [Nm^3/Nm^3 燃料]

$$\begin{aligned} A_0 &= 2.38 \times (\text{H}_2 + \text{CO}) - 4.76 \times \text{O}_2 + 9.52 \times \text{CH}_4 + 14.29 \times \text{C}_2\text{H}_4 + 35.80 \times \text{C}_6\text{H}_6 \\ &\dots\dots\dots (5-2) \\ &= 2.38 \times (0.584 + 0.082) - 4.76 \times 0.006 + 9.52 \times 0.247 + 14.29 \times 0.026 + 35.80 \times 0.006 \\ &= 4.49 \end{aligned}$$

ここに H_2 、 CO 、 O_2 、 CH_4 、 C_2H_4 、 C_6H_6 ；コークス炉ガス 1 [Nm^3] 中の水素、一酸化炭素、酸素、メタン、エチレン、ベンゼンの各容積 [Nm^3]

c. 理論乾排ガス量； G [Nm^3/Nm^3 燃料]

$$\begin{aligned} G &= \text{CO}_2 + \text{N}_2 + 1.88 \times \text{H}_2 + 2.88 \times \text{CO} + 8.52 \times \text{CH}_4 + 13.28 \times \text{C}_2\text{H}_4 + 34.30 \times \text{C}_6\text{H}_6 - 3.76 \times \text{O}_2 \\ &\dots\dots\dots (5-3) \\ &= 0.026 + 0.023 + 1.88 \times 0.584 + 2.88 \times 0.082 + 8.52 \times 0.247 + 13.28 \times 0.026 + 34.30 \times 0.006 \\ &\quad - 3.76 \times 0.006 \\ &= 4.02 \end{aligned}$$

d. 燃料の燃焼生成水蒸気量； W [Nm^3/Nm^3 燃料]

$$\begin{aligned} W &= \text{H}_2 + 2 \times \text{CH}_4 + 2 \times \text{C}_2\text{H}_4 + 3 \times \text{C}_6\text{H}_6 \dots\dots\dots (5-4) \\ &= 0.584 + 2 \times 0.247 + 2 \times 0.026 + 3 \times 0.006 \\ &= 1.15 \end{aligned}$$

e. 空気中の水分量；M [Nm³/Nm³空気]

$$\begin{aligned} M &= 0.622 \times \phi \times P_s / (101.32 - \phi \times P_s) \times 29/18 \dots\dots\dots (5-5) \\ &= 0.622 \times 0.4 \times 2.49 / (101.32 - 0.4 \times 2.49) \times 29/18 \\ &= 0.010 \end{aligned}$$

ここに、 ϕ ；相対湿度

P_s ；気温における飽和蒸気圧力 [kPa]

f. 空気比；m

① 空気予熱器前；m₁

$$\begin{aligned} m_1 &= 1 / [1 - 3.76 \{ ([O_2] - [O_0]) / ([N_2] - N_2 \cdot D) \}] \dots\dots\dots (5-6) \\ &= 1 / [1 - 3.76 \{ (0.042 - 0) / (0.877 - 0.023 \times 0.183) \}] \\ &= 1.22 \end{aligned}$$

ここに、[O₂]、[N₂]；排ガス 1 Nm³ 中の酸素、窒素含有量 [Nm³/Nm³]

[O₀]；排ガス 1 Nm³ 中の未燃分、[CO] を完全燃焼させるに要する
理論酸素量 [Nm³/Nm³]。[O₀] = 1/2 [CO]

N₂；燃料 1 Nm³ 中の窒素の含有量 [Nm³/Nm³]

D；排ガス 1 Nm³ に相当する燃料量

$$\begin{aligned} D &= ([CO] + [CO_2]) / (CO + CO_2 + CH_4 + 2 \times C_2H_4 + 6 \times C_6H_6) \\ &= 0.183 \end{aligned}$$

② 空気予熱器後；m₂

$$\begin{aligned} m_2 &= 1 / [1 - 3.76 \{ (0.111 - 0) / (0.844 - 0.023 \times 0.102) \}] \\ &= 1.97 \end{aligned}$$

g. 鋼材 1 t あたり乾排ガス量 [Nm³/t]

① 空気予熱器前

$$\begin{aligned} F \text{ [Nm}^3/\text{t]} &\times \{ G \text{ [Nm}^3/\text{Nm}^3] + (m_1 - 1) A_0 \text{ [Nm}^3/\text{Nm}^3] \} \dots\dots\dots (5-7) \\ &= 72.46 \times \{ 4.02 + (1.22 - 1) \times 4.49 \} \\ &= 363 \end{aligned}$$

② 空気予熱器後

$$\begin{aligned} &72.46 \times \{ 4.02 + (1.97 - 1) \times 4.49 \} \\ &= 607 \end{aligned}$$

h. 鋼材 1 t あたり排ガス中の水蒸気量 [Nm³/t]

① 空気予熱器前

$$\begin{aligned} F \text{ [Nm}^3/\text{t]} &\times \{ W \text{ [Nm}^3/\text{Nm}^3] + m_1 \times A_0 \times M \text{ [Nm}^3/\text{Nm}^3] \} \dots\dots\dots (5-8) \\ &= 72.46 \times (1.15 + 1.22 \times 4.49 \times 0.010) \end{aligned}$$

$$=87$$

② 空気予熱器後

$$72.46 \times (1.15 + 1.97 \times 4.49 \times 0.010)$$

$$=90$$

i. 鋼材 1 t あたり予熱空気量 [kg/t]

$$\text{冷却水量 [kg/h]} \div \text{鋼材装入量 [t/h]} \dots\dots\dots (5-9)$$

$$444,010 \div 103.8$$

$$=4,278$$

j. 鋼材 1 t あたり予熱空気量 [Nm³/t]

$$F [\text{Nm}^3/\text{t}] \times m_1 \times A_0 [\text{Nm}^3/\text{Nm}^3] \dots\dots\dots (5-10)$$

$$=72.46 \times 1.22 \times 4.49$$

$$=397$$

B) 熱勘定計算

a. 燃料の発熱量

$$\text{鋼材 1 t あたり燃料使用量 [Nm}^3/\text{t}] \times \text{発熱量 [kJ/Nm}^3] \dots\dots\dots (5-11)$$

$$=72.46 \times 19,078$$

$$=1,382,392 [\text{kJ/t}]$$

b. 燃料の顕熱

$$\text{鋼材 1 t あたり燃料使用量 [Nm}^3/\text{t}] \times \text{燃料の平均比熱 [kJ/Nm}^3\text{C}]$$

$$\times (\text{燃料の温度 [C]} - \text{外気温度 [C]}) \dots\dots\dots (5-12)$$

$$=72.46 \times 1.382 \times (30 - 21)$$

$$=901 [\text{kJ/t}]$$

ただし、燃料（コークス炉ガス）の平均比熱；1.382 [kJ/Nm³C]

c. 装入鋼材の含熱量

$$1000 [\text{kg}] \times (\text{鋼材の装入平均温度における含熱量 [kJ/kg]})$$

$$- \text{鋼材の外気温度における含熱量 [kJ/kg]} \dots\dots\dots (5-13)$$

$$=1,000 \times (10.0 - 10.0)$$

$$=0 [\text{kJ/t}]$$

ただし、装入温度における含熱量；10.0 [kJ/kg]

外気温度における含熱量；10.0 [kJ/kg]

d. スケールの生成熱

$$\text{鋼材 1 t あたり焼き減り Fe 量 [kg/t]} \times 5,588 [\text{kJ/kg} \cdot \text{Fe}] \dots\dots\dots (5-14)$$

$$=15 \times 5,588$$

$$=83,820 \text{ [kJ/t]}$$

ただし、焼き減り量；15 [kg/t] (仮定)

スケールの生成熱；5,588 [kJ/kg. Fe]

e. 抽出鋼材の含熱量

$$(1000[\text{kg}] - \text{焼き減り Fe 量}[\text{kg/t}]) \times (\text{鋼材の抽出平均温度における含熱量}[\text{kJ/kg}]$$

$$- \text{鋼材の外気温度における含熱量}[\text{kJ/kg}]) \dots\dots\dots (5-15)$$

$$= (1,000 - 15) \times (839.9 - 10.0)$$

$$= 817,452 \text{ [kJ/t]}$$

ただし、抽出温度における含熱量；839.9 [kJ/kg]

外気温度における含熱量；10.0 [kJ/kg]

f. スケールの顕熱

$$\text{鋼材 1 t あたり焼き減り量}[\text{kg/t}] \times 100/\text{T.Fe}[\%] \times 0.900 \text{ [kJ/(kg} \cdot \text{°C)]}$$

$$\times (\text{抽出表面温度}[\text{°C}] - \text{外気温度}[\text{°C}]) \dots\dots\dots (5-16)$$

$$= 15 \times 100/75.5 \times 0.900 \times (1,235 - 21)$$

$$= 21,707 \text{ [kJ/t]}$$

ただし、スケールの比熱；0.900 [kJ/(kg · °C)]

スケールの T.Fe；75.5 [%]

g. 空気予熱器前の乾排ガスの顕熱

$$\text{鋼材 1 t あたり空気予熱器前の乾排ガス量}[\text{Nm}^3/\text{t}]$$

$$\times \text{乾排ガス平均比熱}[\text{kJ}/(\text{Nm}^3 \cdot \text{°C})] \times (\text{排ガス温度}[\text{°C}] - \text{外気温度}[\text{°C}])$$

$$\dots\dots\dots (5-17)$$

$$= 363 \times 1.453 \times (892 - 21)$$

$$= 459,339 \text{ [kJ/t]}$$

ただし、排ガス温度における乾排ガス平均比熱；1.453 [kJ/(Nm³ · °C)]

h. 空気予熱器前の排ガス中の水蒸気の保有熱

$$\text{鋼材 1 t あたり空気予熱器前の排ガス中の水蒸気量}[\text{Nm}^3/\text{t}]$$

$$\times \text{水蒸気}[\text{平均比熱}[\text{kJ}/(\text{Nm}^3 \cdot \text{°C})] \times (\text{排ガス温度}[\text{°C}] - \text{外気温度}[\text{°C}])$$

$$\dots\dots\dots (5-18)$$

$$= 87 \times 1.624 \times (892 - 21)$$

$$= 123,062 \text{ [kJ/t]}$$

ただし、排ガス温度における水蒸気平均比熱；1.624 [kJ/(Nm³ · °C)]

i. 空気予熱器後の乾排ガスの持ち去る熱

鋼材 1 t あたり空気予熱器後の乾排ガス量 [Nm³/t]

× 乾排ガス平均比熱 [kJ/(Nm³·°C)]

× (空気予熱器出口の排ガス温度 [°C] - 外気温度 [°C]) (5-19)

$$= 607 \times 1.390 \times (375 - 21)$$

$$= 298,680 \text{ [kJ/t]}$$

ただし、排ガス温度における乾排ガス平均比熱；1.390 [kJ/(Nm³·°C)]

j. 空気予熱器後の排ガス中の水蒸気の保有熱

鋼材 1 t あたり空気予熱器後の排ガス中の水蒸気量 [Nm³/t]

× 水蒸気の平均比熱 [kJ/(Nm³·°C)] × (排ガス温度 [°C] - 外気温度 [°C])

..... (5-20)

$$= 90 \times 1.490 \times (375 - 21)$$

$$= 47,471 \text{ [kJ/t]}$$

ただし、排ガス温度における水蒸気平均比熱；1.490 [kJ/(Nm³·°C)]

k. 冷却水の持ち去る熱

鋼材 1 t あたり冷却水量 [kg/t] × (出口温度 [°C] - 入口温度 [°C])

× 4.187 [kJ/kg·°C] (5-21)

$$= 4,278 \times (71.2 - 68.6) \times 4.187$$

$$= 46,571 \text{ [kJ/t]}$$

ただし、水の平均比熱；4.187 [kJ/(kg·°C)]

l. 空気予熱器で回収した熱 (予熱空気の顕熱)

鋼材 1 t あたり予熱空気量 [Nm³/t] × 予熱空気の平均比熱 [kJ/(Nm³·°C)]

× (予熱器出口空気温度 [°C] - 予熱器入口空気温度 [°C]) (5-22)

$$= 397 \times 1.319 \times (300 - 21)$$

$$= 146,096 \text{ [kJ/t]}$$

ただし、予熱空気の平均比熱；1,319 [kJ/(Nm³·°C)]

(4) 熱勘定表

空気予熱器を含む加熱炉の熱勘定表を Table 5.5.8 に、加熱炉本体の熱勘定表を Table 5.5.9 に、空気予熱器の熱勘定表を Table 5.5.10 に示す。

Table 5.5.8 Heat balance sheet of furnace with recuperator

HEAT INPUT			
Item		$\times 10^3$ kJ/t	%
1	Heat of fuel combustion	1,382.4	94.2
2	Sensible heat of fuel	0.9	0.1
3	Heat content of charged slab	0	0
4	Scale formation heat	83.8	5.7
5	Heat recovered by recuperator	(146.1)	(10.0)
Total		1,467.1	100.0
HEAT OUTPUT			
Item		$\times 10^3$ kJ/t	%
6	Heat content of extracted slab	817.4	55.7
7	Sensible heat of scale	21.7	1.5
8	Sensible heat of exhaust gas	346.2	23.6
9	Heat of cooling water	46.6	3.2
10	Heat loss from furnace wall and others	235.2	16.0
Total		1,467.1	100.0

Overall heat efficiency of furnace η_1

$$\begin{aligned} \eta_1 &= \frac{\{(6) - (3)\}}{\{(1) + (2) + (4)\}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (5-23) \\ &= \frac{817.2}{(1,382.4 + 0.9 + 83.8)} \times 100 \\ &= 55.7 [\%] \end{aligned}$$

Table 5.5.9 Heat balance sheet of furnace proper

HEAT INPUT			
Item		$\times 10^3$ kJ/t	%
1	Heat of fuel combustion	1,382.4	85.7
2	Sensible heat of fuel	0.9	trace
3	Sensible heat of air	146.1	9.0
4	Heat of content charged slab	0	0
5	Scale formation heat	83.8	5.2
Total		1,613.2	100.0
HEAT OUTPUT			
Item		$\times 10^3$ kJ/t	%
6	Heat content of extracted slab	817.4	50.7
7	Sensible heat of scale	21.7	1.3
8	Sensible heat of exhaust gas	582.5	36.1
9	Heat of cooling water	46.6	2.9
10	Heat loss from furnace wall and others	145.0	9.0
Total		1,613.2	100.0

Heat efficiency of furnace proper η_2

$$\eta_2 = \frac{\{(6)-(4)\}}{\{(1)+(2)+(3)+(5)\}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (5-24)$$

$$= \frac{817.4}{(1,382.4+0.9+146.1+83.8)} \times 100$$

$$= 50.7 \text{ [%]}$$

Table 5.5.10 Heat balance sheet of recuperator

HEAT INPUT			
Item		$\times 10^3$ kJ/t	%
1	Sensible heat of inlet waste gas	582.5	100.0
Total		582.5	100.0
HEAT OUTPUT			
Item		$\times 10^3$ kJ/t	%
2	Sensible heat of outlet air	146.1	25.1
3	Sensible heat of outlet waste gas	346.2	59.4
4	Heat loss from body wall & others	90.2	15.5
Total		582.5	100.0

Heat recovery by recuperator η_3

$$\begin{aligned} \eta_3 &= \{(2)/(1)\} \times 100 \dots\dots\dots (5-25) \\ &= (146.1/582.5) \times 100 \\ &= 25.1 [\%] \end{aligned}$$

Heat conversion efficiency of recuperator η_4

$$\begin{aligned} \eta_4 &= [(2)/\{(1)-(3)\}] \times 100 \dots\dots\dots (5-26) \\ &= 146.1 / (582.5 - 346.2) \times 100 \\ &= 61.8 [\%] \end{aligned}$$

5.5.3.2 問題点と対策及び効果

(1) 空気比の改善

空気予熱器前における排ガスの O₂ 濃度は 4.2 [%] で、排ガス成分より算出した空気比は 1.22 であった。空気比が大きいときは排ガス量が増えるので、必然的に排ガスの持ち去る損失熱が増える。

ガス燃料の場合の適正空気比はバーナ部で 1.05~1.1 (O₂ 濃度で 1~1.9 [%])、炉尻部で 1.1~1.15 (O₂ 濃度; 1.9~2.8 [%]) である。ガス燃料の種類と成分より空気比 1.05 に調整する場合の空燃比を求めると次の流量比率になる。

コークス炉ガス ガス 1 ; 空気 4.7
天然ガス ガス 1 ; 空気 9.5

現行の各ゾーンの空燃比を Table 5.5.11 に示したが、総てが適正值と懸け離れているので、上記の流量比率を目安にバーナ調整し、炉尻部における排ガス分析で調整結果を確認された。

Table 5.5.11 Measured air fuel ratio

Upper zone				Lower zone	
#5 zone	#4 zone	#3 zone	#2 zone	#7 zone	#6 zone
5	5.2	11.9	4.3	5.3	5.9

空気比の改善により排ガス量が減少するのみでなく、火炎温度の上昇により炉内伝熱効果が向上して排ガス温度も低下するので、排ガス損失熱低減の効果は大きい。

測定時の空気比 1.22 を 1.05 に改善することにより、燃料消費量は 14.6 [%] 減少する。

(2) 空気予熱器及び煙道の点検、補修

空気予熱器前における排ガス O₂ 濃度は 4.2 [%]、出口では 11.1 [%] で空気予熱器の入口と出口の間において 25,300 [Nm³/h] の空気量増加が認められた。調査の段階では、この原因の追求は出来なかったが、伝熱管の破損による空気の漏洩か、空気予熱器と煙道間のシール不良等による煙道隙間部よりの外気侵入と推察する。

いずれにしても、これは排ガス温度を低下させるので空気予熱温度は低温になり、燃料原単位の増加の一因になる。また、増加空気量による排ガス量の増大は、煙道における排ガス

の圧損失が増えるのでドラフトを悪くし、炉内圧のコントロールに影響を及ぼす。早急に、空気予熱器及び煙道を点検して不良箇所を補修されたい。

空気予熱器を正常状態にすることにより、空気予熱器後の空気比を1.42に改善し、漏洩空気量を6,800 [Nm³/h] に減少させた場合の効果を推定すると、空気予熱温度は53 [°C] 上昇し、2.9 [%] の省エネルギーになる。

(3) 熱片と冷片の混在装入回避

ユーザへの納期を重視した圧延計画のため、熱片と冷片が混在した状態で装入されているが、これは燃料原単位を悪くする要因の一つになっている。

連铸工程後の鋼片温度は900~1100 [°C] で、この顕熱を有効に利用するホットチャージによる燃料原単位の低減効果は極めて大きい。温度の異なるスラブが炉内に混在した状態で加熱するときには、加熱は温度の低いスラブをベースに行なわれるので、ホットチャージのメリットは無くなる。

したがって冷片は出来るだけ量のまとまったロットにして装入し、熱片は同程度の温度のスラブをまとめて装入するか、連铸工場より搬送されてきた熱片を直接装入するように努める。

止むを得ず熱片をスラブヤードに仮置きするときは、保温ボックスを設置してこれに収納し、スラブの温度降下を防止する。保温ボックスは、軽量で熱伝導率の小さい断熱材、例えばセラミックファイバで内張りした鋼製容器で、上部は熱片の出し入れが出来るように移動可能な構造をもった容器である。

保温ボックスに代わるものとして、遊休になっている均熱炉を使用することも有効な利用方法と考える。

また、連铸工場より圧延工場への搬送時間の短縮に努めるとともに、断熱構造の鋼片収納ボックスを載せた輸送台車で搬送してスラブの温度降下の低減を図る。

ホットチャージによる熱量原単位低減効果を Figure 5.5.6 に示す。

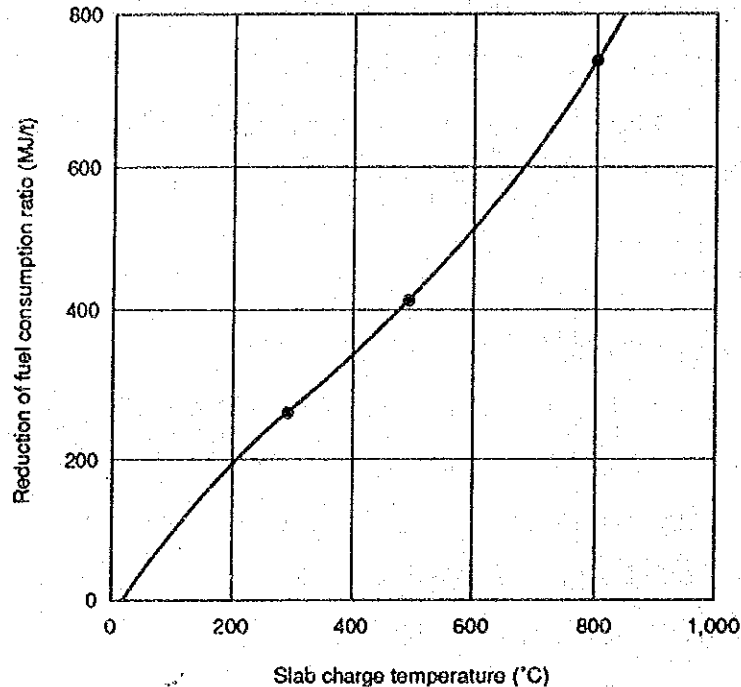


Figure 5.5.6 Effect of hot charge

(4) 炉壁の補修及び断熱の強化

上部加熱帯のケーシングが赤熱している箇所が数ヶ所見受けられたが、これは炉壁の損傷によるものである。天井にも損傷部から炉内ガスが噴出している箇所があった。

また、加熱帯の一部と予熱帯の側壁の外側に、水冷遮蔽板（現在は水冷されていない）が設けられていたが、これは極めて奇異な設備である。おそらく高温の側壁よりの輻射熱を遮蔽する措置と思われるが、これは側壁構造の断熱不良に原因する。

以上の対策として、炉修理時に溶損及び脱落した炉壁部の補修を行なうとともに、熱伝導率と熱容量の小さい断熱材を効果的に組み合わせた炉壁構成にする。

各種断熱材を組み合わせた時の放散熱量と蓄熱量の計算例を Table 5.5.12 に示したが、この例からも明らかのようにセラミックファイバは断熱性に優れているばかりでなく、蓄熱量も小さいので昇温時間の短縮、放散熱量の節減効果が著しい。

また既設炉の場合、セラミックファイバを内壁に貼りつけるファイバペニアリングを施工するだけで大幅な放散熱量の低減を図ることもできる。

Table 5.5.9 の熱勘定表の炉体放散熱その他には、炉体放散熱以外の熱損失及び計測誤差等が含まれているので炉体放散熱はその半分と見做し、断熱強化により炉体放散熱の20 [%]、1,503,900 [kJ/h] を低減した場合、燃料原単位は2.7 [%] 減少する。

Table 5.5.12 Furnace wall composition and comparison of radiated heat and accumulated heat (extracted from paper of Japan Industrial Furnaces Association) (1/3)

● Furnace inside wall temperature: 900 [°C]

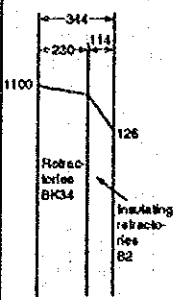
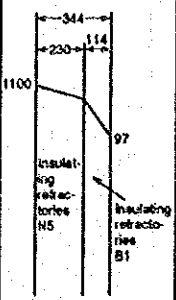
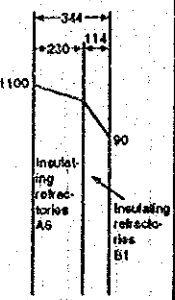
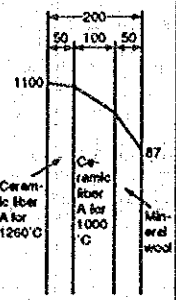
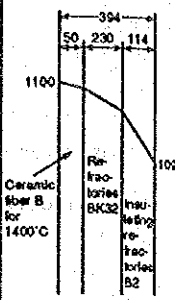
Ambient temperature: 25°C, emissivity: 0.85

Furnace wall composition						
Radiated heat: Q	[kJ/m ² h]	3,634	2,252	1,591	1,947	2,575
Accumulated heat:	[kJ/m ²]	382,297	142,309	84,531	12,058	298,016
Continuous operation 6000 h/y	Radiated heat [10 ³ kJ/m ² y]	21,805	13,515	9,546	11,681	15,449
	Ratio [%]	100	61.8	56.6	63.6	72.6
* Batch operation 40 w/y	Total heat loss [10 ³ kJ/m ² y]	31,100	15,419	10,304	8,951	23,124
	Ratio [%]	100	53.6	44.5	29.1	88.4

Table 5.5.12 Furnace wall composition and comparison of radiated heat and accumulated heat (extracted from paper of Japan Industrial Furnaces Association) (2/3)

● Furnace inside wall temperature: 1100 [°C]

Ambient temperature: 25°C, emissivity: 0.85

Furnace wall composition							
Radiated heat: Q	[kJ/m²h]	4,974	3,228	2,834	2,608	3,961	
Accumulated heat:	[kJ/m²]	468,210	200,966	154,577	17,208	405,533	
Continuous operation 6000 h/y	Radiated heat	[10³kJ/m²y]	29,844	19,368	17,007	15,650	23,764
	Ratio	[%]	100	64.9	57.0	52.4	79.6
* Batch operation 40 w/y	Total heat loss	[10³kJ/m²y]	40,365	22,081	18,514	12,037	33,327
	Ratio	[%]	100	54.7	45.9	29.8	82.4

● Furnace inside wall temperature: 1100 [°C]

Ambient temperature: 25°C, emissivity: 0.85

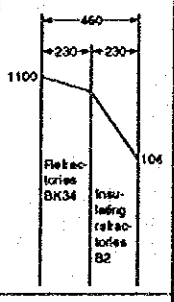
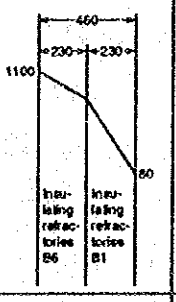
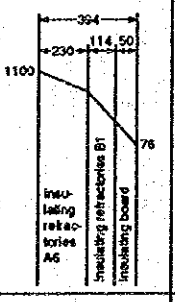
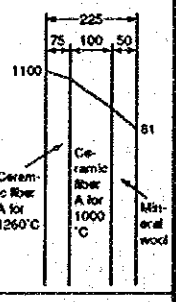
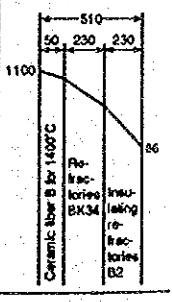
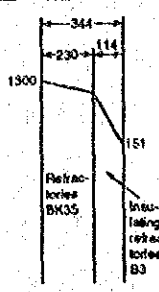
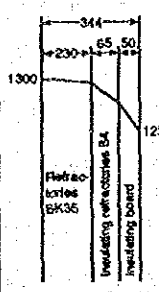
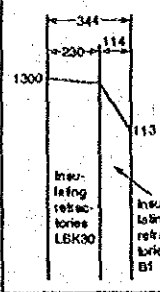
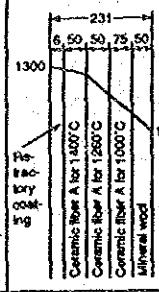
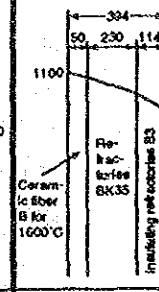
Furnace wall composition							
Radiated heat: Q	[kJ/m²h]	3,605	2,227	2,309	2,294	2,617	
Accumulated heat:	[kJ/m²]	533,314	253,469	190,290	19,636	487,595	
Continuous operation 6000 h/y	Radiated heat	[10³kJ/m²y]	21,629	13,364	12,234	13,766	15,700
	Ratio	[%]	100	61.8	56.6	63.6	72.6
* Batch operation 40 w/y	Total heat loss	[10³kJ/m²y]	37,015	19,829	16,483	10,768	30,886
	Ratio	[%]	100	53.6	41.5	29.1	83.4

Table 5.5.12 Furnace wall composition and comparison of radiated heat and accumulated heat (extracted from paper of Japan Industrial Furnaces Association) (3/3)

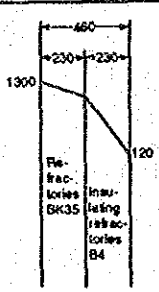
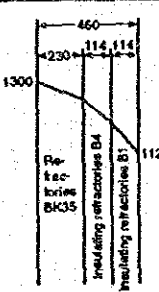
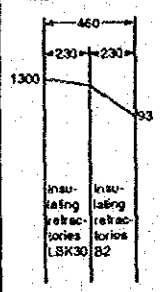
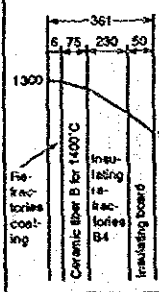
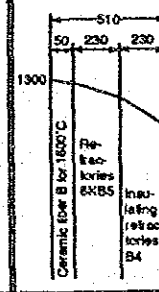
● Furnace inside wall temperature: 1300 [°C]

Ambient temperature: 25°C, emissivity: 0.85

Furnace wall composition							
Radiated heat: Q		[kJ/m ² h]	6,921	4,974	4,136	3,379	5,589
Accumulated heat:		[kJ/m ²]	511,108	579,914	240,950	45,971	480,519
Continuous operation 6000 h/y	Radiated heat	[10 ³ kJ/m ² y]	41,525	29,844	24,819	20,272	33,536
	Ratio	[%]	100	71.9	59.8	48.8	80.8
* Batch operation 40 w/y	Total heat loss	[10 ³ kJ/m ² y]	52,151	44,832	27,633	16,583	43,534
	Ratio	[%]	100	86.0	53.0	31.7	83.5

● Furnace inside wall temperature: 1300 [°C]

Ambient temperature: 25°C, emissivity: 0.85

Furnace wall composition							
Radiated heat: Q		[kJ/m ² h]	4,605	4,124	2,956	3,107	3,986
Accumulated heat:		[kJ/m ²]	633,002	647,614	301,073	178,609	579,202
Continuous operation 6000 h/y	Radiated heat	[10 ³ kJ/m ² y]	27,633	43,844	24,903	18,640	23,940
	Ratio	[%]	100	89.5	64.2	67.5	86.6
* Batch operation 40 w/y	Total heat loss	[10 ³ kJ/m ² y]	45,356	43,844	24,903	20,658	40,524
	Ratio	[%]	100	96.7	54.9	45.5	89.4

(5) 開口部よりの放炎防止

8ゾーンに押出されてくるスラブの位置を確認するモニタTV用の開口部より相当量の燃焼ガスが吹き出している。この他にも、エキストラクタ・アーム用開口部、装入扉、側壁扉の隙間からも燃焼ガスが吹き出している。

これは熱損失となるのみならず、炉体金物の焼損、職場環境の悪化の原因となる。

開口部より火炎、燃焼ガスが吹き出すのは炉内圧が外気圧より高いためであるが、通常炉内圧は、炉の抽出端開口部より侵入する外気の炉内冷却を防止するために、開口部下端レベルの圧力を大気圧よりやや高め0.02 [mbar] 前後に維持する。

炉内温度が1300 [℃] の場合燃焼ガスによる浮力は高さ1 [m] 当たり約0.10 [mbar] であるので、エキストラクタ・アーム用開口部下端より炉内圧検出端までの差が約2 [m] の場合の適正炉内圧は0.22 [mbar] とみなされる。現在の均熱帯側壁上部における炉内圧は0.25 [mbar] で、やや高めであるので炉内圧を下げられたい。

正圧操業では開口部よりの炉内ガスの吹き出しは避けられないので、放炎防止のために側壁扉のシール強化、モニタTV用開口部の大きさの検討、エキストラクタ・アーム開口部の扉設置の検討、装入扉とスラブの隙間のシールについて対策を講じることが望ましい。

エキストラクタ・アーム開口部、装入扉については、Figure 5.5.7に示した補助扉を設けた親子扉が効果がある。装入扉では、細幅鉄片またはチェーンを暖簾状に吊り下げる簡単な方法もあるが、効果及び寿命の点では親子扉よりかなり劣る。

開口部からの炉内ガスの吹き出しによる損失熱量は次式で求められる。

$$Q = \alpha \times 44,670 \times \{273 / (273 + t)\}^{1/2} \times \Delta P^{1/2} \times A \times C \times (t - t_r) \dots\dots\dots (5.27)$$

ただし、Q；損失熱量 [kJ/h]

A；開口部面積 [m²]

C；炉内ガスの比熱 [kJ/(Nm³・℃)]

ΔP；炉内圧 [mbar]

α；開口部の形による係数

炉壁の厚さが開口部径の0.5～2.5倍のとき0.5

t；放炎ガス温度 [℃]

t_r；外気温度 [℃]

均熱帯モニタTV用開口部とエキストラクタ・アーム開口部の面積1.2 [m²] (仮定値) を半減し、計測位置における炉内圧を0.25 [mbar] を0.22 [mbar] に改善した時には、コース炉ガスにして227 [Nm³/h]、燃料原単位3.0 [%] の節減になる。

ただし、改善前後の開口部の平均炉内圧を、0.07 [mbar]、0.11 [mbar] とした。

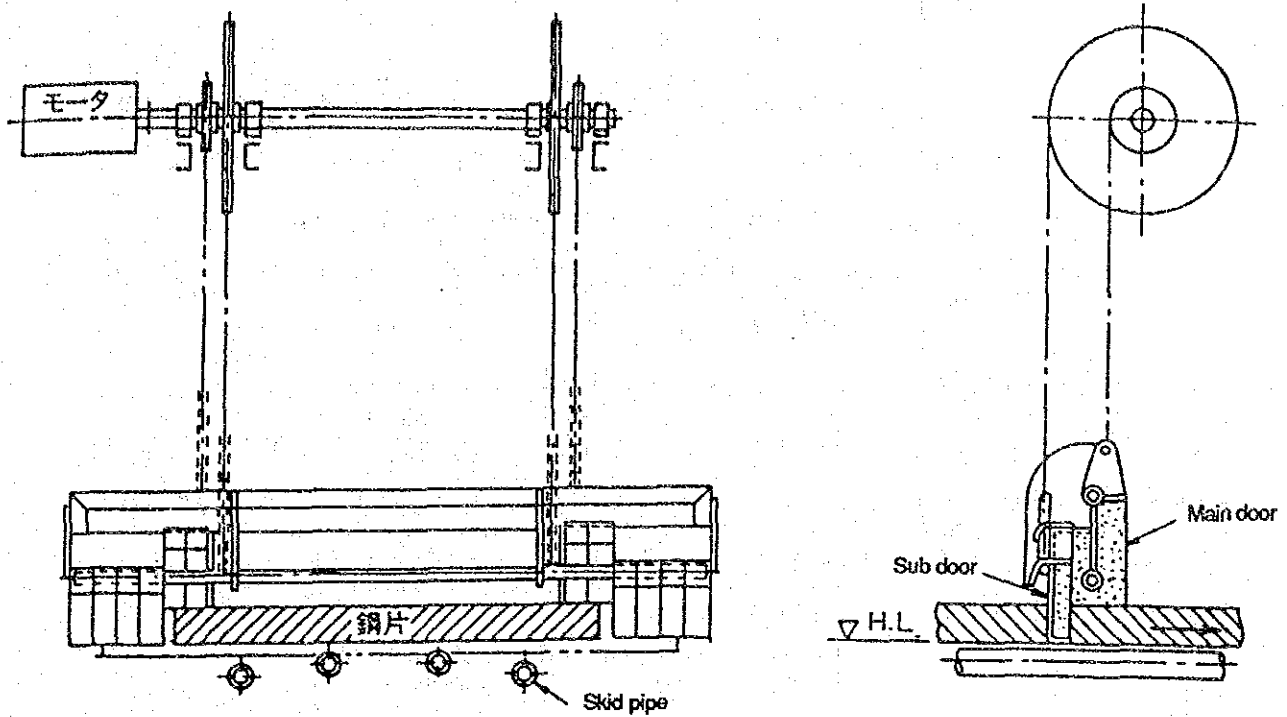


Figure 5.5.7 Furnace end door with sub-door

(6) 炉内幅方向の温度偏差縮小

全ゾーンで、炉幅方向の2点で炉内温度を測定しているが、Figure 5.5.8に示したように何れも25~45 [°C]の温度差が見られたので、個々のバーナの流量配分比を再調整して温度差の解消に努められたい。

ただし、温度偏差は熱電対の劣化、炉内への熱電対挿入長さが異なるときにも起きるので、バーナの再調整は熱電対の点検を実施してから行なわれたい。

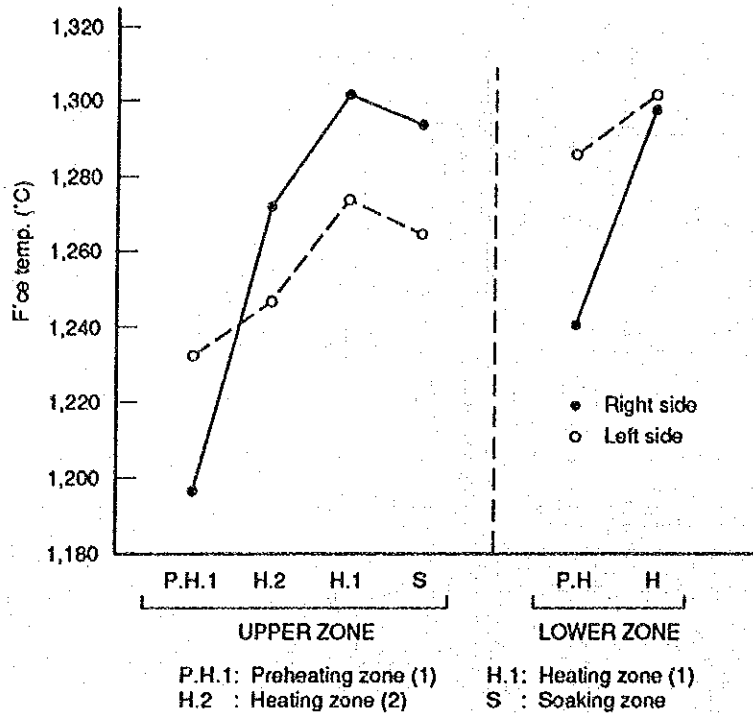


Figure 5.5.8 Furnace temp. deviation in width direction

(7) 上部ゾーンの仕切り壁の設置

上部ゾーンは均熱帯、加熱帯及び予熱帯（2ゾーン）の4ゾーンに区分されているが、実質的にはゾーン間には仕切りの無い箱型の1室構造である。したがって、ゾーンの炉内温度は両隣ゾーン温度からの影響により望ましいヒートパターンを維持することが困難である。

この対策として、下部ゾーンの区分に対応した位置に均熱帯、加熱帯及び予熱帯の3ゾーンに区分する仕切り壁を設置する。

これにより、各ゾーンにおける温度維持が安定して、望ましいヒートパターンにすることが出来る。また、仕切り壁設置により炉内熱伝達に大きな効果を及ぼす内壁面積が増えるので、スラブの受熱量が増加する副次効果もある。

(8) ヒートパターンの改善

現状のヒートパターン及び各ゾーンの燃料配分をFigure5.5.9に示したが、極めてフラットなパターンで、予熱帯に重点を置いた燃料配分になっている。

このような操業は、設計仕様の170 [t/h] (炉床負荷; 700kg/(m²・h)) 程度の高負荷加熱を行なっている場合の操業方法で、熱勘定時の平均加熱量、103.8 [t/h] (炉床負荷; 430 [kg/(m²・h)]) のような軽負荷の場合には、負荷に応じた最適のヒートパターンと燃料配分を採るべきである。軽負荷時に予熱帯重点の加熱を行なえば、排ガス温度が高くなっ

て燃料原単位が悪くなるだけでなく、鋼片の加熱が不必要に早くなりスケールの生成を助長するだけである。

炉床負荷（加熱量）が減少した場合は、鋼片の在炉時間が長くなるので、スラブ表面積 1 m²、1 時間当たり受熱量が少なくてもスラブを所定の抽出温度に加熱することが出来るので、予熱帯で積極的に加熱する必要性は薄れる。したがって、炉床負荷の減少にともない、予熱帯の燃料ガス量の削減、あるいは燃焼停止を含めた燃料配分の見直しを実施すべきである。これにより排ガス温度が低下し、熱損失が減少する。

ヒートパターンと各ゾーンの燃料配分の改善案は、装入から抽出まで炉内における鋼片の表、裏面及び内部温度の連続測定データに基づいて、炉長方向に幾つかの区間に分割し、各区間毎に炉内熱伝達、鋼片内熱伝導及び熱収支のシミュレーションを行なうことにより求められる。しかし、今回の調査では炉内鋼片の昇温測定を実施していないので、この報告では改善ヒートパターンは一応見送り、これと密接に関連する各ゾーンの燃料配分案を Table 5.5.13 に示す。

Table 5.5.13 Improved fuel flow rate of zone

①; Present, ②; Improved

		Preheating zone		Heating zone	Soaking zone			
Upper zone		#1	#2	#3	#4	#5	Total	
		[Nm ³ /h]	[Nm ³ /h]	[Nm ³ /h]	[Nm ³ /h]	[Nm ³ /h]	[Nm ³ /h]	[%]
	①	0	2,259	219	493	302	3,273	43.5
②	0	0	2,400	450	250	3,100	45.6	
Lower zone		#6		#7	#8		Total	
		[Nm ³ /h]		[Nm ³ /h]	[Nm ³ /h]		[Nm ³ /h]	[%]
	①	2,705		1,055	487		4,247	56.5
②	0		3,300	400		3,700	54.4	

燃料配分の改善案の基本的な考え方は、

- ① 燃料使用総量は現在流量の10 [%] 減
- ② 上部燃料使用総量と下部燃料使用総量との比率を45 : 55
- ③ 加熱帯重点の加熱を行なうため予熱帯の燃料は上部帯、下部帯とも使用しないことにした。

また、参考として、加熱負荷の変化に伴う最適ヒートパターンのあり方を Figure 5.5.10 に示す。

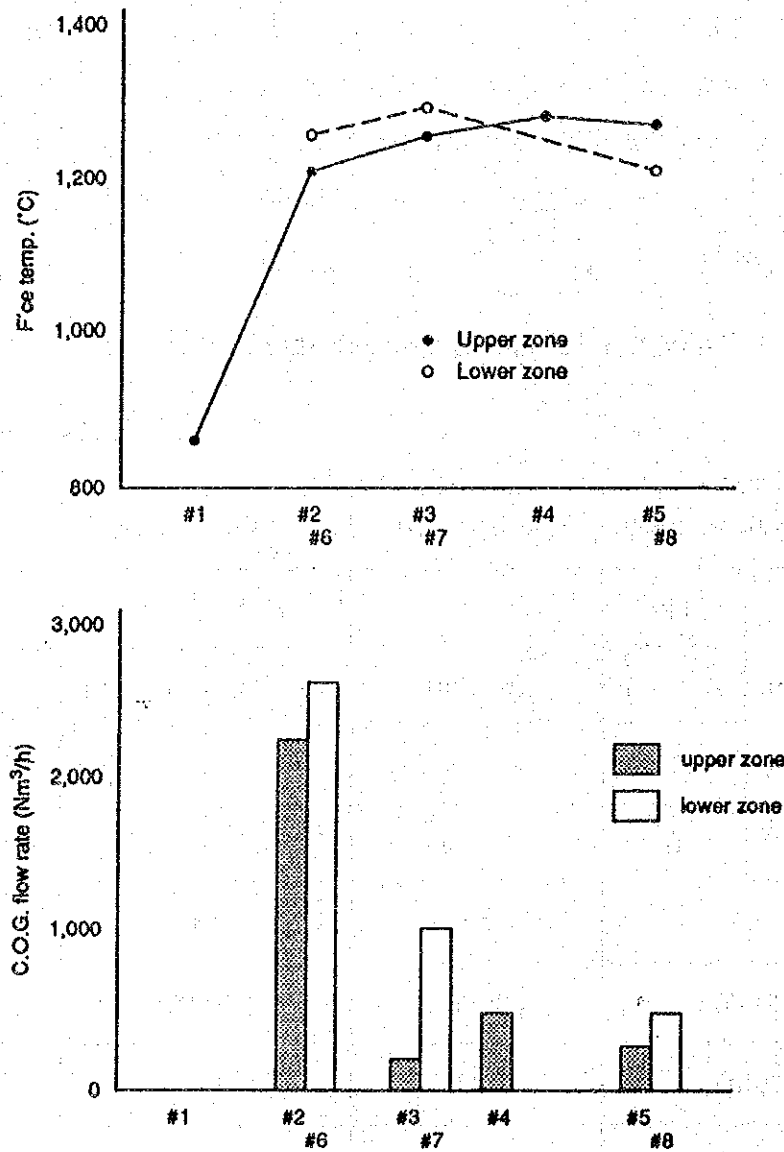
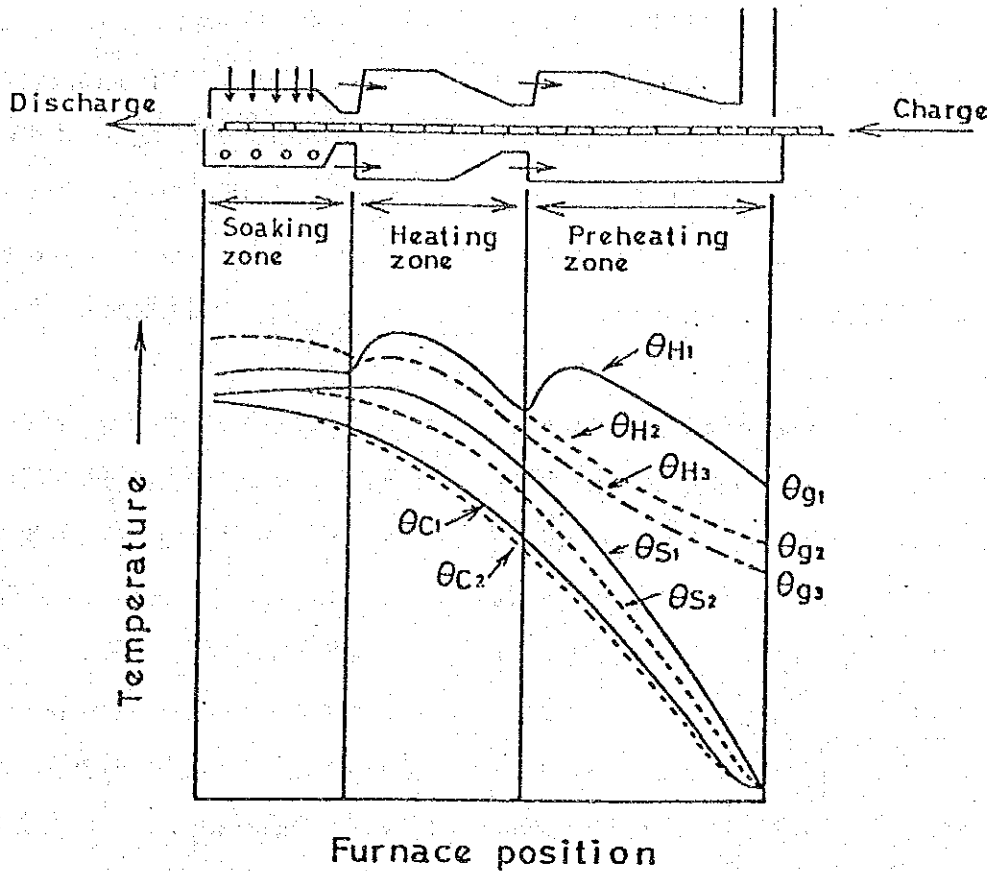


Figure 5.5.9 Actual heat pattern & present fuel rate ratio of each zone



$\theta_{H1}, \theta_{H2}, \theta_{H3}$; Heat pattern
 θ_{S1}, θ_{S2} ; Slab surface temp.
 θ_{C1}, θ_{C2} ; Slab center temp.
 $\theta_{g1}, \theta_{g2}, \theta_{g3}$; Furnace tail waste gas temp.
 1; Nominal Load
 3; Light Load

Figure 5.5.10 Change in heat pattern at heating load

(9) 均熱帯の改善

均熱帯の1部分(5ゾーンの半分と8ゾーン、以下抽出帯と云う。)は、エキストラクターによるスラブの抽出スペースで、抽出前のスラブは均熱炉床上で待機し、抽出帯に押出された後に抽出される。したがって、この抽出帯はスラブの加熱に関わりのない区間であるが、少なからぬ燃料を消費しているので、省エネルギー対策の検討が望ましい。

抽出帯への燃料投入の本来の目的は、スキッド冷却水、炉体熱放散および抽出扉等の隙間よりの放炎損失等の熱損失を補償して、この空間の温度を維持するためである。抽出帯では638 [Nm³/h] (5ゾーンの使用量302 [Nm³/h] の1/2量と8ゾーンの使用量487 [Nm³/h])

の合計値)、すなわち全使用量の約8.5「%」に相当する燃料ガス量が、この1.2[m]の狭い空間で使用されている。この燃料使用割合を、炉本体の冷却水及び炉体表面放散等の熱損失割合が燃料熱量の12[%]であることと対比すると、抽出帯における燃料が本来の目的の熱損失補償以上に使用されていることが分かる。もちろん、この熱量の一部は均熱炉床のスラブの均熱に寄与するので、あながち無駄にはなっていないともいえるが、これは必要とする所に必要な熱量を与えるという加熱原則に反するので、抽出帯の過大な燃料を削減し、削減した量の燃料は均熱帯に使用すべきである。

工場側では、Figure5.5.11の構想略図のように、現在の均熱炉床を抽出帯迄延長し、エキストラクター・アームの操作に必要な空間として均熱炉床に4箇所の溝状空間を設け、その空間部に鋼片裏面のスキッドマーク軽減とエキストラクタ・アーム用開口部より侵入する外気の加熱のために4本の軸流バーナを設置する案をもっている。この案は抽出帯の有効な使用、燃料使用量削減の面で高く評価できるが、狭い溝状空間に落下、堆積するスケール処理が問題になると予想されるので、その解決に十分な検討が行なわれることを要望する。

いま1つのアイデアとして、抽出帯機能は現状のままとする最小限の改造による改善案を提示する。案の内容は、Figure5.5.12に示したごとく、均熱炉床の後端に対応する位置の天井に仕切り壁を設置することと、8ゾーンの空間容積を縮小することである。仕切り壁の目的は抽出帯と均熱帯を仕切ることにより、抽出帯の温度のコントロールを容易にすること、均熱帯出側のスラブ面への抽出帯燃焼ガスの流れを起こさせてスラブの均熱を促進させること、及び抽出扉を開いたときに侵入する外気の影響が均熱帯に直接及ばないようにすることである。8ゾーンの空間容積は、現行の深さが必要であるとは考えられないので、深さを1~1.5[m]程度に縮小することにより燃料ガス量を削減することが可能になる。また、現行のバーナは840[m³/h]×2本で燃焼能力が過大であるので、200[m³/h]程度のバーナ2本に取り換えた方が良好な燃焼を維持できる。

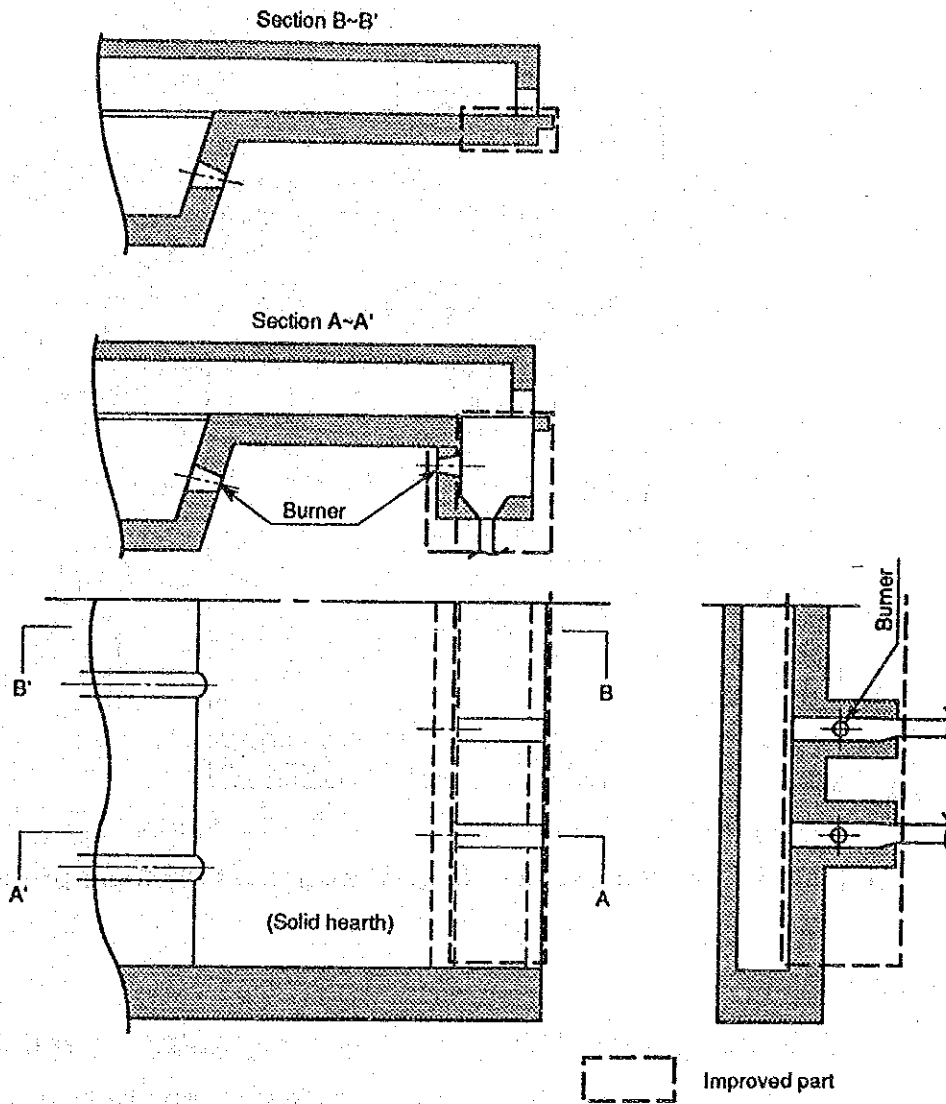


Figure 5.5.11 Improvement idea of 8-zone (factory proposal)

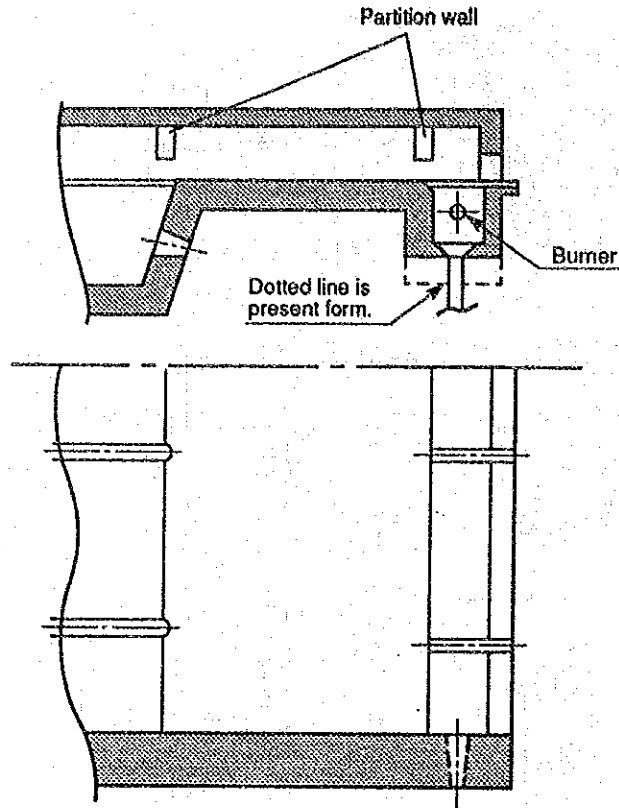


Figure 5.5.12 Improvement Idea of 8-zone (study team proposal)

(10) 計装の整備

操業管理上必要と思われる計器は設置されているが、制御装置は燃料ガス流量調節弁及び空気流量調節弁を操作端とする炉内温度調節計のみで、空燃比制御は行なわれていない。しかもこの調節計は制御機能が悪いため手動操作をする時が多いとのことであるが、これは現行のガス及び空気流量に対して各流量調節弁のサイズが大き過ぎること、制御動作（PID動作）の設定が適切でないことが原因ではないかと思われるので、この点の見直し、検討を行なわれたい。

本炉程度の能力を持つ加熱炉では、省エネルギーのみでなく規定された製品加熱を確保するためにも、炉内温度、空燃比及び炉内圧の制御装置を備えることが通常で、さらに燃焼ガスの O_2 濃度 [%] による空燃比制御も行なわれている。手動操作のみで、炉内温度、空燃比及び炉内圧を所定の設定値に調節することは至難のことであり、制御設備の強化が望まれる。

代表的な計装例を Figure 5.5.13 に示す。

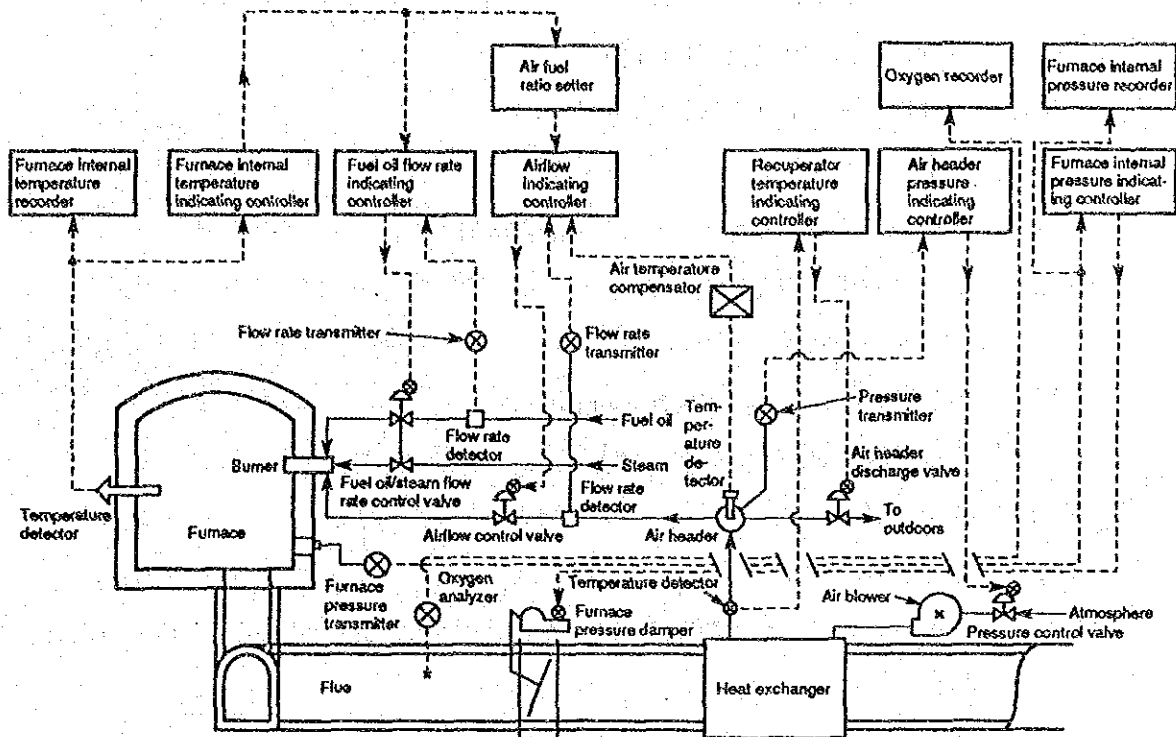


Figure 5.5.13 Typical Instrumentation of furnace

(II) 改善効果

A) 効果の算出方法

省エネルギー対策を実施した時の効果を算出するには幾つかの手法が用いられているが、次にこの報告で使用した手法の概要を説明する。

a. 炉本体の熱収支より、加熱に必要な燃料量； V_F (Nm³/h) は式 (5-28) で与えられる。

$$V_F = (Q_c \times W_c + L(1) + L(2)) / (H + UV_A \times T_A(3) \times C_A(3) - UV_G \times T_G(2) \times C_G(2)) \dots \dots (5-28)$$

$$Q_c = (1 - [\text{焼き減り Fe 量}]) \times ([\text{抽出温度における含熱量}] - [\text{装入温度における含熱量}]) \\ + [\text{焼き減り Fe 量}] \times 100 / 75.5 \times [\text{スケールの平均比熱}] \times ([\text{抽出温度}] - [\text{装入温度}]) \\ - [\text{焼き減り Fe 量}] \times [\text{スケール生成熱}]$$

$$UV_A = m \times A_0$$

$$UV_G = G + (m - 1) \times A_0 \text{ [Nm}^3/\text{Nm}^3]$$

ただし、

V_F ; 燃料量 [Nm³/h]

Q_c ; 鋼片受熱量 [kJ/kg]

W_c ; 加熱鋼片量 [kg/h]

$L(1)$; 冷却水損失 [kJ/h]

- L(2) ; 炉体放散熱損失 [kJ/h]
H ; 燃料ガス低発熱量 [kJ/Nm³]
UV_A ; 単位燃料量あたり空気量 [Nm³/Nm³]
m ; 空気比
A₀ ; 単位燃料量あたり理論空気量 [Nm³/Nm³]
T_A(3) ; バーナ前予熱空気温度 [°C]
C_A(3) ; バーナ前予熱空気の比熱 [kJ/ (Nm³・°C)]
UV_G ; 単位燃料量あたり排ガス量 [Nm³/Nm³]
G ; 単位燃料量あたり理論湿り燃焼ガス量 [Nm³/Nm³]
T_c(2) ; 炉じり排ガス温度 [°C]
C_c(2) ; 炉じり排ガスの比熱 [kJ/ (Nm³・°C)]

b. 炉内で鋼片、スキッド及び炉壁が燃焼ガスより受ける熱量；Q [kJ/h] は式 (5-29) で与えられる。

燃焼ガスより鋼片、スキッドおよび炉壁への総括熱伝達係数、鋼片、スキッドおよび炉壁の受熱面積はそれぞれ異なるが、伝熱計算を簡単に行なうため鋼片を代表に選んだ。したがって、φ は代表面積に対応する見かけの数值である。

$$Q = \phi \times S(1) \times 4.88 \left[\left\{ \frac{(T_c M + 273)}{100} \right\}^4 - \left\{ \frac{(T_c(1) + 273)}{100} \right\}^4 \right] \dots\dots (5-29)$$

$$T_c M = \{ T_c(1) + T_c(2) \} / 2$$

$$T_c(1) = \{ H + UV_A \times T_A(3) \times C_A(3) \} / \{ UV_G \times C_c(1) \} \dots\dots (5-30)$$

$$T_c M = \{ T_c(2) + T_c(1) \} / 2$$

ただし、

Q ; 炉内で鋼片、スキッド及び炉壁が燃焼ガスより受ける熱量 [kJ/h]

φ ; 総括熱伝達係数 [kJ/ (m²・°C・h)]

S(1) ; 鋼片の表面積 [m²]

T_cM ; 燃焼ガス平均温度 [°C]

T_c(1) ; 高温側燃焼ガス温度 [°C]、ここでは理論燃焼ガス温度を使用した。

T_cM ; 鋼片平均温度

T_c(2) ; 鋼片抽出温度 [°C]

T_c(1) ; 鋼片装入温度 [°C]

C_c(1) ; 理論燃焼ガスの比熱 [kJ/ (Nm³・°C)]

c. 空気予熱器入口の排ガス温度；T_c(3) [°C] は、炉装入口よりの吸込み空気による温度降下と煙道放散熱損失を考慮した式 (5-31) で決められる。

$$T_c(3) = (V_F \times UV_G \times T_c(2) \times C_c(2) + V_A L \times T_A(1) \times C_A(1) - L(3)) / (V_F \times UV_G + V_A L) \times C_c(3) \quad \dots\dots\dots (5-31)$$

ただし、

$V_A L$; 装入口よりの侵入空気量 [Nm³/h]

$T_A(1)$; 外気温度 [℃]

$C_A(1)$; 外気の比熱 [kJ/ (Nm³・℃)]

$L(3)$; 炉じり～レキュペレータ間の放散熱損失 [kJ/h]

$C_c(3)$; 空気予熱器入口の排ガス比熱 [kJ/ (Nm³・℃)]

d. 空気予熱器についても、炉本体と同様に熱収支及び伝熱量より次式が成立する。

$$V_F \times UV_G \times (T_c(3) - T_c(4)) \times C_c(3) = V_F \times UV_A \times (T_A(2) - T_A(1)) \times C_A(2) + L(4) \quad \dots\dots\dots (5-32)$$

(並流の場合)

$$V_F \times UV_A \times (T_A(2) - T_A(1)) \times C_A(2) = (\alpha \times S(2)) \times ((T_c(3) - T_A(1)) - (T_c(4) - T_A(2))) / LN ((T_c(3) - T_A(1)) / (T_c(4) - T_A(2))) \quad \dots\dots\dots (5-33)$$

(向流の場合)

$$V_F \times UV_A \times (T_A(2) - T_A(1)) \times C_A(2) = (\alpha \times S(2)) \times ((T_c(3) - T_A(2)) - (T_c(4) - T_A(1))) / LN ((T_c(3) - T_A(2)) / (T_c(4) - T_A(1))) \quad \dots\dots\dots (5-34)$$

今回対象の空気予熱器は、外気が空気予熱器の排ガス高温側と低温側の両端から入り、中央から予熱された空気が流出する構造になっているので次式を採用した。

$$V_F \times UV_A \times (T_A(2) - T_A(1)) \times C_A(2) = (\alpha \times S(2)) \times 1/2 \times ((T_c(3) + T_c(4)) - (T_A(2) + T_A(1))) \quad \dots\dots\dots (5-35)$$

ただし、

α ; 空気予熱器の熱貫流率 [kJ/ (m²・h・℃)]

$S(2)$; 伝熱面積 [m²]

$T_c(4)$; 空気予熱器出口の排ガス温度 [℃]

$T_A(2)$; 空気予熱器出口の空気温度 [℃]

$C_A(2)$; 空気予熱器出口の空気比熱 [kJ/ (Nm³・℃)]

$L(4)$; レキュ本体の放散熱損失 [kJ/h]

以上の式を用いて、省エネルギー対策の予想効果を算出する為のフローチャートを Figure 5.5.14 に示す。

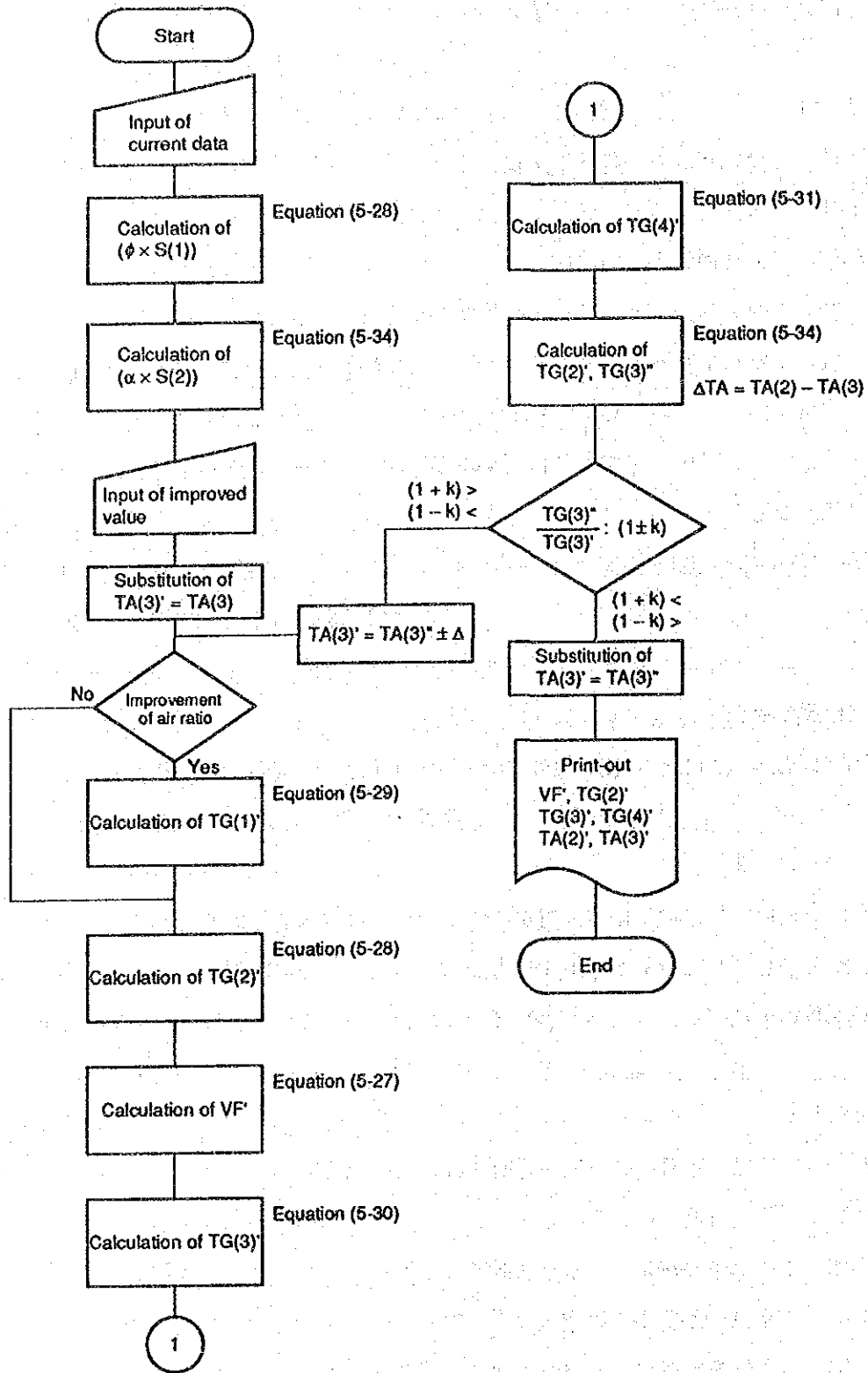


Figure 5.5.14 Flowchart of calculation

B) 省エネルギー効果の推定

各項目ごとの改善案単独の省エネルギー効果はそれぞれの項で示したが、大きな投資を要しない

- (1) 空気比の改善
- (2) 空気予熱器及び煙道の点検、補修
- (4) 炉壁の補修及び断熱の強化
- (5) 開口部よりの放炎防止

の全部を実施した場合は、23.3 [%] の省エネルギー効果が期待できる。推定値が各項目ごとの推定値の総和にならないのは、空気予熱温度、火炎温度等に及ぼす相乗効果のためである。

Table 5.5.14に項目(1)、(2)、(4)及び {(1)+(2)+(4)+(5)} の燃料消費量等を現在数値と対比して示した。

Table 5.5.14 Calculation result

Item	Present	Improve action			
		(1) Air ratio	(2) Recu.	(4) Insulate	(1)+(2) +(4)+(5)
Fuel consumption ratio [Nm ³ /h]	7,520	6,419	7,302	7,318	5,769
Exhaust gas temperature before recuperator [°C]	892	654	862	868	585
Exhaust gas temperature after recuperator [°C]	375	275	600	467	367
Preheated air temperature [°C]	300	275	353	327	302
Fuel saving ratio [%]	—	14.6	2.9	2.7	23.3

(12) 電気使用設備

A) 工場電気設備の概要

関係者の話を基に作成した加熱炉関係の電力単線結線図を Figure 5.5.3 に示す。120 kV で受電し、42 MW の自家発電所と並列されている。工場内には 10 kV で供給されている。

加熱炉関係の主な電気設備としては、燃焼用空気押し込みファンと冷却水ポンプがあるが、前者には 3 kV、後者には 400 V に降圧して供給している。

B) No.2 加熱炉燃焼用空気押し込みファン

燃焼用空気はファンにより吸気され、縮切ダンパ、制御ダンパを経由して 2 基のレキュペレータに並列に入り、燃焼排ガスから熱を回収してホットエアとなり、加熱炉の各ゾーンバーナへ供給される。ファン及び電動機仕様を Table 5.5.15 に示す。

1991.Sep.10 より Sep.12 まで、ダンパ開度と対応させて電動機入力を測定した結果を Figure 5.5.15 および Figure 5.5.16 に示す。

Table 5.5.15 Combustion Air Fan

Fan	Air Flow Pressure	100,000 1,300	Nm³ / h kp/m²
Motor	Type Rated Power Rotation Number Voltage Frequency Pole	Squirrel-Cage Induction Motor 500 1,480 3 50 4	kW r.p.m kV Hz
Coupling		Direct	

DUNAFERR FAN (9/12 11:30-15:00)

kW & Damper %*5 (FEFAN5)

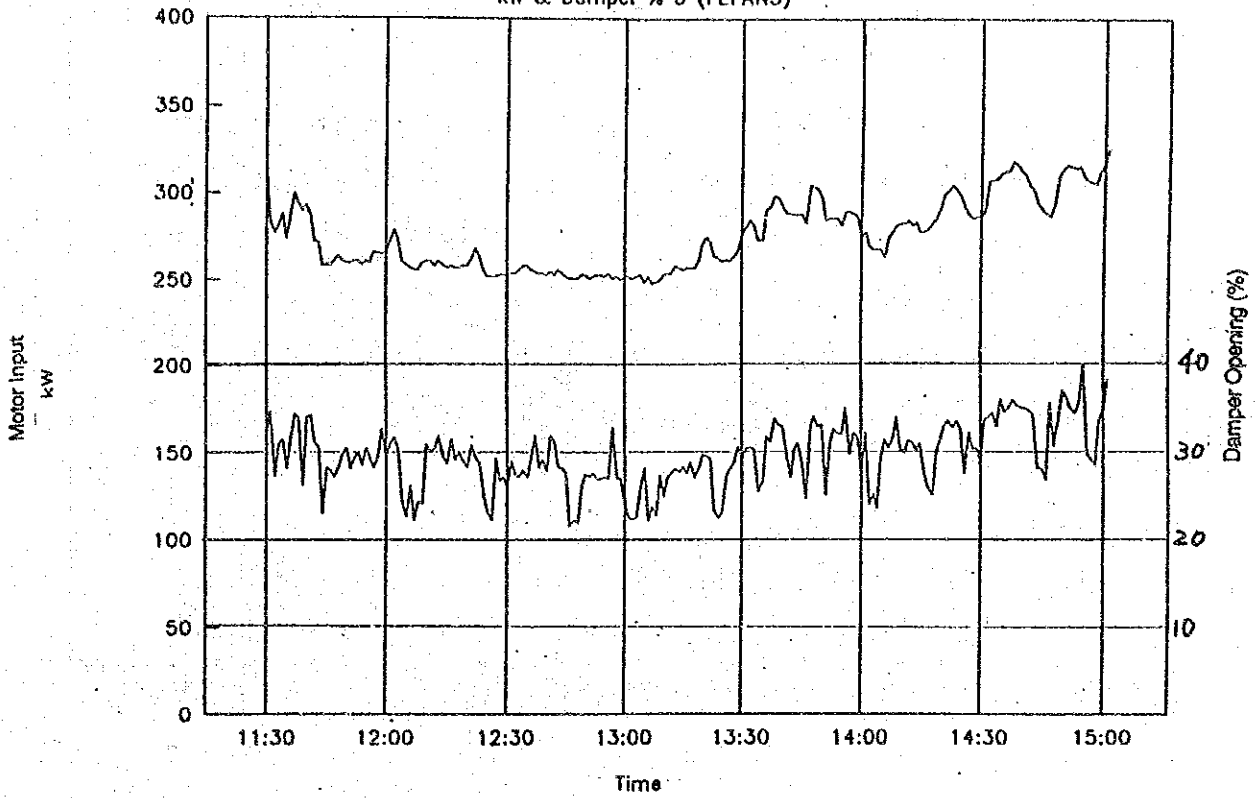


Figure 5.5.15 Air Fan Power Consumption

DUNAFERR FAN (9/12 11:30-15:00)

Damper. % vs kW (efan7)

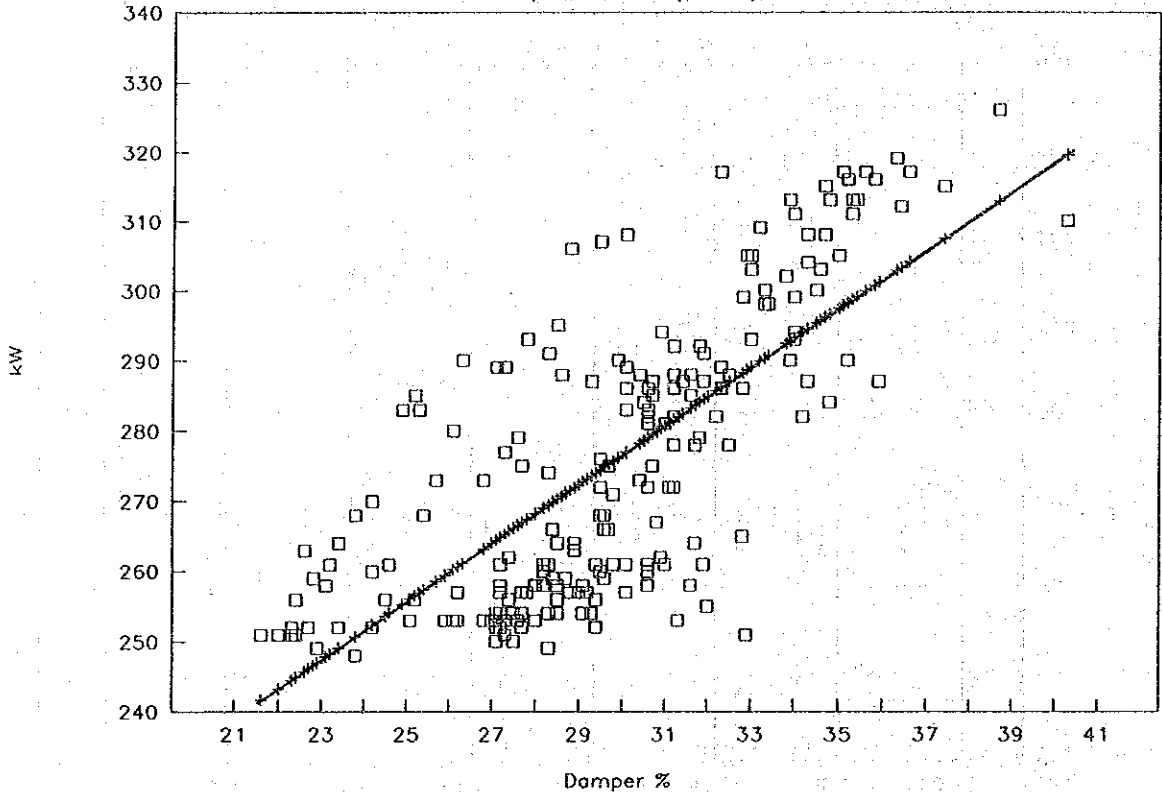


Figure 5.5.16 Motor Input vs. Damper Opening

この結果を見ると電動機入力 ≈ 320 kW ~ 250 kW、吐出ダンパ開度は38 \sim 22%の範囲で変動している。

Figure 5.5.16 からダンパ開度 X (%) と電動機入力 Y (kW) の回帰式を求めると、次式のようになる。

$$Y = 4.17X + 151.6 \quad (1)$$

本電動機の定格出力は 500 kW であるので、電動機効率を 93% とすると、負荷率は 69 \sim 54% となる。

また、炉の熱勘定計算によると、炉出口排ガス分析値から求めた空気量は 41,200 N/h、レキュペレータ後の排ガス分析値から求めた空気量は 66,500 N m³/h となっている。この、空気量には炉またはレキュペレータで、直接外気から吸い込まれた空気量も含まれているので、ファンで送られた空気量はこの数字以下ということになる。

これらの結果から、ファンは能力の半分以下の風量で運転され、ダンパ絞りによる損失を発生している事が分かる。

また、レキュペレータで大量の空気が洩れている。この洩れは外気から直接吸引されたものと、押し込み空気の洩れたものと両方が考えられるが、いずれにしても空気押し込みファンと排ガス吸引ファンの動力損失を招いている。

したがって、まず最初にレキュペレータの空気漏洩を修理することが先決である。

次に、ファンについては適正容量のものとし、ダンパの絞り損失を避けるようにすべきであるが、生産量の変動、レキュペレータ等での空気漏れの進行等のことを考えると、風量の変動に対応できる回転数制御が適している。回転数制御はダンパは全開としたまま、電源に設置したインバータ装置の電圧、周波数を変化し、電動機したがってファンの回転数を変化させて風量を調整するものである。ファンの風量は回転数に比例し、圧力は回転数の2乗に比例する。軸動力は風量と圧力の積に比例するから、回転数の3乗に比例することになり、回転数を落として風量を減らせば、ダンパで絞る場合より大幅に動力が節減できる。

今回の調査ではファンの特性曲線が入手できず、ファンの風量および全圧の測定もしていないが、仮に平均電力が285kWの時の風量が定格風量の半分であったとする。その時の電動機入力吐側ダンパ制御の時で82%、回転数制御の時で15%になるので、回転数制御に変更することによる電力節減量および節減額は次のようになる。

電力節減量

$$285 (1 - 0.15 / 0.82) \times 7200 = 233 \text{ kW} \times 7200 \text{ h/y} \\ = 1,677,600 \text{ kWh/y}$$

電力節減額

$$1,677,600 \text{ kWh/y} \times 3.6 \text{ Ft/kWh} = 6,039,000 \text{ Ft/y}$$

この改造に要する費用は日本の例では25,000千円(12,500,000Ft)で、この費用は約2年で回収できる。

対策の実施にあたってはファンの全圧及び風量と電動機入力との関係を測定して特性曲線と対比するとともに、加熱炉の負荷変動の予測を含めた詳細検討を行うようにされたい。

6. 添付資料

(団構成、カウンターパート、
現地日程、S/W、計測器)

調査団員構成

添付資料 1

No	氏名	担当	業務内容
1	井口光雄	団長・総括	総括管理 エネルギー管理
2	中川暉雄	副団長	熱管理技術、計測技術 渉外調整
3	大嶋哲夫	エネルギー管理技術	熱管理技術調査
4	越智淑之	エネルギー管理技術	熱管理技術調査
5	因幡孝一	プロセス管理	染色プロセスおよび熱管理技術調査
6	伊原太郎	プロセス管理	タイププロセスおよび熱管理技術調査
7	田邊建博	プロセス管理	アルミナプロセスおよび熱管理技術調査
8	大西利夫	プロセス管理	セメントプロセスおよび熱管理技術調査
9	野田敏夫	プロセス管理	製鉄プロセスおよび熱管理技術調査
10	栗田賢一	電気管理技術	染色・タイヤ・アルミナ工場の受配電・電気設備調査
11	臼井千雄	電気管理技術	セメント・製鉄工場の受配電・電気設備調査
12	平田裕一	エネルギー施策	エネルギー事情、エネルギー施策調査
13	堀元雄	エネルギー普及	エネルギー事情、省エネルギー普及状況調査
14	塩見隆夫	エネルギー管理技術	熱管理技術全般 国内作業担当
15	佐藤文子	エネルギー管理技術	熱管理技術全般 国内作業担当
16	川口友紀枝	エネルギー施策 省エネルギー普及	エネルギー施策・省エネルギー普及状況 国内作業担当
17	布施征男	エネルギー施策 省エネルギー普及	エネルギー施策・省エネルギー普及状況 国内作業担当

カウンターパート名簿

添付資料 2

1. Members of AEEF

No	Name	Assignment
1	Dr. Dénes Rácz	Head of Technical Dept.
2	Mr. Sándor Komáromi	Head of Energy Planning and Information Dept.
3	Mr. Imre Gáspár	Head of Regional Energy Management Department
4	Ms. Ildikó Szücs Fekete	Deputy Head of Energy Planning Dept.
5	Mr. János Becz	Factory Team Leader of Hungarian side
6	Mr. Ferenc Pardavi	Electrical Engineer
7	Mr. Kornél Jonás	Mechanical Engineer
8	Mr. Endre Slenker	Electric & Measurement Engineer
9	Mr. László Szabó	Instrument Engineer
10	Mr. József Stieber	Instrument Engineer
11	Mr. Gyula Petró	Electrical Engineer

2. Members of MVMT

No	Name	Assignment
1	Mr. Lajos Ropolyi	Mechanical Engineer
2	Mr. Miklós Kenézy	Electrical Technician
3	Mr. Zoltán Dudás	Electrical Technician
4	Mr. Balács Csovics	
5	Mr. Gábor Mohácsi	

現地調査日程

添付資料 3

1) 先発チーム

チーム構成 ①中川暉雄 副団長
 ②栗田賢一 電気管理技術

No	年 月 日	曜	日 程
1	平成3年7月22日	月	東京出発
2	7月23日	火	ブタベスト到着
3	7月24日	水	調査機材の梱包状態確認
4	7月25日	木	調査機材の解梱
5	7月26日	金	調査機材の解梱
6	7月27日	土	調査準備
7	7月28日	日	調査準備
8	7月29日	月	調査機材の動作確認、指示校正
9	7月30日	火	調査機材の動作確認、指示校正
10	7月31日	水	調査機材の動作確認、指示校正
11	8月1日	木	調査機材の動作確認、指示校正
12	8月2日	金	調査機材の動作確認、指示校正
13	8月3日	土	調査準備
14	8月4日	日	調査準備、第1チームと合流

2) 第1チーム

チーム構成

- ①井口光雄 団長
- ②中川暉雄 副団長 (先発チームから合流)
- ③越智淑之 エネルギー管理技術
- ④因幡孝一 プロセス管理 (染色)
- ⑤伊原太郎 プロセス管理 (タイヤ)
- ⑥田邊建博 プロセス管理 (アルミナ)
- ⑦栗田賢一 電気管理技術 (先発チームから合流)

No	年 月 日	曜	日 程
1	平成3年8月3日	土	東京出発
2	8月4日	日	ブタベスト到着、先発チームと合流
3	8月5日	月	調査方法の説明
4	8月6日	火	調査方法の説明
5	8月7日	水	調査方法の説明
6	8月8日	木	調査方法の説明
7	8月9日	金	調査方法の説明
8	8月10日	土	調査準備
9	8月11日	日	調査準備
10	8月12日	月	染色工場調査
11	8月13日	火	染色工場調査
12	8月14日	水	染色工場調査
13	8月15日	木	染色工場調査
14	8月16日	金	染色工場調査
15	8月17日	土	調査準備
16	8月18日	日	調査準備
17	8月19日	月	調査準備
18	8月20日	火	調査準備、ブタベストからニレギハーザへ移動
19	8月21日	水	タイヤ工場調査
20	8月22日	木	タイヤ工場調査
21	8月23日	金	タイヤ工場調査
22	8月24日	土	調査準備、ニレギハーザからブタベストへ移動、 伊原団員ブタベスト出発
23	8月25日	日	調査準備、ブタベストからアルマスフジトへ移動
24	8月26日	月	アルミナ工場調査 伊原団員東京到着
25	8月27日	火	アルミナ工場調査
26	8月28日	水	アルミナ工場調査
27	8月29日	木	アルミナ工場調査
28	8月30日	金	アルミナ工場調査、アルマスフジトからブタベストへ移動
29	8月31日	土	第2チームに業務引継、ブタベスト出発
30	9月1日	日	移動中
31	9月2日	月	東京到着

3) 第2チーム
チーム構成

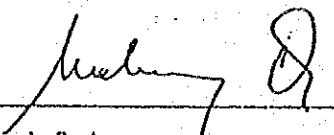
- | | |
|-------|-----------------|
| ①井口光雄 | 団長 (第1チームから合流) |
| ②中川暉雄 | 副団長 (第1チームから合流) |
| ③大嶋哲夫 | エネルギー管理技術 |
| ④大西利夫 | プロセス管理 |
| ⑤野田敏夫 | プロセス管理 |
| ⑥臼井千雄 | プロセス管理 |
| ⑦平田裕一 | エネルギー施策 |
| ⑧堀 元雄 | 省エネルギー普及 |

No	年 月 日	曜	日 程
1	平成3年8月29日	木	東京出発
2	8月30日	金	ブタベスト到着、第1チームと合流
3	8月31日	土	第1チームから業務引継
4	9月1日	日	調査準備、ブタベストからベレメンドに移動 (工場チーム)
5	9月2日	月	セメント工場調査 ブタベストで施策調査 (施策チーム)
6	9月3日	火	セメント工場調査 ブタベストで施策調査 (施策チーム)
7	9月4日	水	セメント工場調査 ブタベストで施策調査 (施策チーム)
8	9月5日	木	セメント工場調査 ブタベストで施策調査 (施策チーム)
9	9月6日	金	セメント工場調査、ベレメンドからブタベストに移動 ブタベストで施策調査 (施策チーム)
10	9月7日	土	調査準備
11	9月8日	日	調査準備、ブタベストからナウファロスに移動 (工場チーム)
12	9月9日	月	製鉄工場調査 ブタベストで施策調査 (施策チーム)
13	9月10日	火	製鉄工場調査 ブタベストで施策調査 (施策チーム)
14	9月11日	水	製鉄工場調査 ブタベストで施策調査 (施策チーム)
15	9月12日	木	製鉄工場調査 ブタベストで施策調査 (施策チーム)
16	9月13日	金	製鉄工場調査、ドナウファロスからブタベストに移動 ブタベストで施策調査 (施策チーム)
17	9月14日	土	プログレスレポートの準備
18	9月15日	日	プログレスレポートの準備
19	9月16日	月	プログレスレポートの内容確認
20	9月17日	火	プログレスレポートの内容確認
21	9月18日	水	プログレスレポートの署名・提出・ブタベスト出発
22	9月19日	木	移動中
23	9月20日	金	東京到着

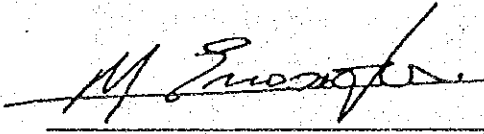
SCOPE OF WORK
FOR
THE STUDY
ON
THE RATIONAL USE OF ENERGY
IN
THE REPUBLIC OF HUNGARY

AGREED UPON BETWEEN
STATE AUTHORITY FOR ENERGY
MANAGEMENT AND SAFETY
AND
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Budapest, August 6, 1990



Dr. Árpád Bakay
Deputy Undersecretary of State
Ministry of Industry and Trade



Mr. Masayoshi Enomoto
Leader of the Preliminary
Survey Team
Japan International Cooperation
Agency

1. Introduction

In response to the request of the Government of the Republic of Hungary (hereinafter referred to as "Hungary"), the Government of Japan decided to conduct a study on the rational use of energy in industry in Hungary (hereinafter referred as "the Study") in accordance with the relevant laws and regulations in force in Japan.

Accordingly, the Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA") the official agency responsible for the implementation of the technical cooperation programmes of the Government of Japan, will undertake the Study in close cooperation with the authorities concerned of the Government of Hungary.

This document sets forth the scope of work with regard to the Study.

2. Objective of the Study

The objective of the Study is to contribute to the promotion and strengthening of rational use of energy in the field of industries in Hungary by studying the technical and managerial applicability of rational use of energy and formulating the report for the promotion of rational use of energy in the representative industries stated below:

- (1) Alumina manufacturing industry
- (2) Textile industry
- (3) Rubber industry
- (4) Cement industry
- (5) Iron and steel industry

3. Scope of the Study

In order to achieve the above objective, the Study will cover the following items.

(1) Literature survey on the energy situation in Hungary

- ① To survey the energy situation in Hungary
- ② To survey the situation of energy use in the field of whole industries

in Hungary.

(2) Study on the promotion of rational use of energy in the industry

- ① To investigate current program for rational use of energy
- ② To study and evaluate the activities of State Authority for Energy Management and Safety
 - Ⓐ the current activities for promotion of rational use of energy
 - Ⓑ the achievements of past activities
 - Ⓒ the future plan/program for promotion of rational use of energy

(3) Study on the situation of energy use in the following five(5) factories of each industry

1. Alumina Plant of Almásfüzitő
2. Budaprint Secotex Textilfesto Rt
3. Curing machine of Taurus Hungarian Rubber Works
4. Cement Factory, Bélapátfalva
5. Reheating furnace of Hot Rolling Mill in Dunaferr Dunai Vasmű

- ① To survey the situation of energy use in each factory
 - Ⓐ outline of the factory
 - Ⓑ situation of energy management
 - Ⓒ energy flow chart
 - Ⓓ situation of major energy consuming equipment
 - Ⓔ problems found in each factory and countermeasures without changing the existing production process
 - Ⓕ estimated effects of the countermeasures

(4) Recommendation for the promotion of the rational use of energy in Hungary

- ① To recommend measures to promote rational use of energy in the field of industries
- ② To recommend activities of State Authority for Energy Management and Safety for rational use of energy

- ③ To recommend countermeasures without changing the existing production process and to estimate their effects
- ④ To prepare the reference of the technical guideline for the promotion of rational use of energy in industries

4. Steps and Schedule of the Study

(1) Steps

Step 1: Procurement of Equipment and carrying-vehicle in Japan

Step 2: Shipment of Equipment and carrying-vehicle

Step 3: Home office work in Japan

Step 4: Field work in Hungary

Step 5: Home office work in Japan

Step 6: Presentation of and discussion on the Draft Final Report in Hungary

Step 7: Home office work for completion of the final report in Japan

Step 8: Submission of the final report

(2) Schedule

Schedule of the Study is shown in Annex.

5. Reports

JICA shall prepare and submit the following reports written in English to the Government of Hungary within the time periods indicated below:

(1) Inception Report at the commencement of Stage Step 4 : 10 copies

(2) Progress Report at the end of Step 4 : 10 copies

(3) Draft Final Report and its summary within 5 (five) months after the commencement of Step 4 : 15 copies

(4) Final Report and its summary within 2 (two) months after the receipt of comments on the Draft Final Report from the Government of Hungary : 30 copies

6. Undertaking of the Government of Hungary

(1) To facilitate smooth conduct of the Study, the Government of Hungary shall take necessary measures:

- ① To secure the safety of the Study team
- ② To permit the members of the Japanese study team to enter, leave and sojourn in Hungary for the duration of their assignment therein, and exempt them from alien registration requirements and consular fees.
- ③ To exempt the members of the Japanese study team from taxes, duties and other charges on equipment, machinery and other materials brought into Hungary for the conduct of the Study.
- ④ To exempt the members of the Japanese study team from income tax and charges of any kind imposed on or in connection with any emoluments or allowances paid to the members of the Japanese study team for their services in connection with the implementation of the Study.
- ⑤ To provide necessary facilities to the Japanese study team for remittance as well as utilization of the funds introduced into Hungary from Japan in connection with the implementation of the Study.
- ⑥ To secure permission for the members of the Team to enter into private properties and restricted areas for the conduct of the Study.
- ⑦ To secure permission for the Japanese study team to take all data and documents (including photographs and maps) related to the Study out of Hungary to Japan.
- ⑧ To provide medical services as needed. Its expenses will be chargeable to the members of the Japanese study team.

(2) The Government of Hungary shall bear claims, if any arises against members of the Japanese study team resulting from, occurring in the course of, or otherwise connected with the discharge of their duties in the implementation of the Study, except when such claims arise from gross negligence or wilful misconduct on the part of the members of the Japanese study team.

(3) State Authority for Energy Management and Safety shall act as counterpart agency to the Japanese study team and also as coordinating body in relation with other governmental and non-governmental organization concerned for the smooth implementation of the Study.

(4) State Authority for Energy Management and Safety shall, at the expense of Hungarian side, provide the Japanese study team with the following, in cooperation with other organization concerned:

- ① Available data and information related to the Study
- ② Counterpart personnel
- ③ Suitable office space with necessary equipment in Budapest
- ④ Credentials or Identification cards

7. Undertaking of JICA

For the implementation of the Study, JICA shall take the following measures:

- (1) To dispatch, at its own expense, the Study team to Hungary
- (2) To pursue technology transfer to the Hungarian counterpart personnel in the course of the Study.

8. Consultation

JICA and State Authority for Energy Management and Safety shall consult with each other in respect of any matter that may arise from or in connection with the Study.

TENTATIVE SCHEDULE OF THE STUDY

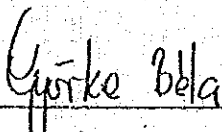
	1990								1991								1992				
	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
STEP1: PROCUREMENT OF EQUIPMENT							[Bar]														
STEP2: SUPPLYMENT OF EQUIPMENT								△													
STEP3: HOME OFFICE WORK IN JAPAN										□											
SUBMISSION OF IC/R											△										
STEP4: FIELD WORK IN HUNGARY																					
SUBMISSION OF P/R																					
STEP5: HOME OFFICE WORK IN JAPAN																					
SUBMISSION OF DF/R																					△
STEP6: DISCUSSION OF DF/R																					
STEP7: COMPLETION OF F/R																					
STEP8: SUBMISSION OF F/R																					△

IC/R : inception Report P/R : Progress Report DF/R : Draft-Final Report F/R : Final Report

MINUTES OF MEETING
ON
SCOPE OF WORK
FOR
THE STUDY
ON
THE NATIONAL USE OF ENERGY
IN
THE REPUBLIC OF HUNGARY

Budapest, August 6, 1990

For the Government of the
Republic of Hungary

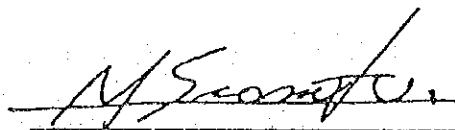


Mr. Béla Györke

Deputy Director of National
Authority for Energy Economy

Ministry of Industry and
Trade

For the Japan International
Cooperation Agency



Mr. Masayoshi Enomoto

Leader of the Preliminary
Survey Team

Japan International
Cooperation Agency

MINUTES OF MEETINGS
ON DISCUSSIONS
FOR
THE STUDY ON THE RATIONAL USE OF ENERGY

The JICA Preliminary Survey Team made a visit to Hungary from July 31 to August 7, 1990 to discuss with the relevant Hungarian authorities concerned about the Study on The Rational Use of Energy.

Meetings were held at the Ministry of Industry and Trade from August 1 to 6, 1990 between the Hungarian officials chaired by Mr. Bela Gyorko, Deputy Director, National Authority for Energy Economy, Ministry of Industry and Trade on the Hungarian side, and the Preliminary Survey Team headed by Mr. Masayoshi Enomoto on the Japanese side (attendance as shown in the lists of Hungarian and Japanese delegations).

This Minutes of Meeting complements the Scope of Work agreed and signed by both sides and is intended for the smooth conduct in the whole course of the Study.

Following were confirmed by the Hungarian side and Japanese delegation during discussion:

1. Both sides recognized the importance of close cooperation in due course of the Study in order to make the Study fruitful, and that sufficient efforts should be made by both sides at every particular stage of the Study based on the Scope of Work.
2. The Hungarian side requested the Japanese side to provide the equipment listed in the attached paper upon the completion of the said study, and the Japanese side agreed to it.
3. The Hungarian side requested the Japanese side to bear the cost of transportation of the above equipment from Japan to Budapest, and the Japanese side agreed to it.
4. The consignee of the above equipment shall be as follows:

Hr. Tamás Láng-Hiticzky

State Authority for Energy Management and Safety

Állami Energetikai és Energiabiztonságtechnikai Felügyelet

Budapest,

Köztársaság tér 7.

1081

HUNGARY

5. Both sides agreed on that Hungarian side assigns counterpart engineers for Japanese study team while their field survey in Hungary for technology transfer, and numbers of Hungarian counterparts are as follows:

(1) 4 (four) engineers (3 (three) heat engineers, 1 (one) electric engineer) from State Authority for Energy Management and Safety, who shall be assigned for the whole study period of Japanese team in Hungary.

(2) 4 (four) engineers (2 (two) heat engineers, 2 (two) electric engineers) from each factory, who shall be assigned for nearly one week only when Japanese team makes field survey at the factory.

6. The Japanese side requested the Hungarian side to provide a driver of the equipment carrying vehicle, and the Hungarian side agreed to it.

7. The Japanese side requested the Hungarian side to provide a working room both at State Authority for Energy Management and Safety and at each factory, and the Hungarian side agreed to it.

Equipment List

No.	Name	Set(s)
1	Equipment carrying vehicle with antishock rack and lifter	1
2	Ultrasonic flow meter for fuel oil or water	1
3	High temperature anemometer for gas	1
4	Steam condensate flow meter	1
5	Pitot type flow meter	1
6	Differential pressure transmitter for orifice	2
7	Oxygen meter for exhaust gas	1
8	Carbon dioxide and monoxide meter for exhaust gas	1
9	Pretreatment unit for sampling exhaust gas	1
10	Sampling tube for exhaust gas	10
11	Thermometer for surface	2
12	Thermocouple with compensate cable for gas (K type)	20
13	Infrared radiation thermometer (low range)	1
14	Infrared radiation thermometer (high range)	1
15	Glass thermometer	5
16	Hygrometer	5
17	Thermal video system	1
18	20 channel recorder with data memory and reader	3
19	Personal computer (desk top type) for analysis	1
20	Personal computer (book type) for field work	2
21	Water conductivity meter	1
22	Water pH meter	1
23	Water hardness meter	1
24	Pressure gauge with transmitter for furnace gas	1
25	Pressure transmitter for steam	3
26	Steam trap checker	1
27	Watt-power factor meter	5
28	Watt-hour meter	1
29	Power meter	1
30	Tachometer	1
31	Lux meter	1
32	Circuit tester	1
33	Voltage detector	5
34	Heat resisting gloves	5
35	Cobalt glass for eye protect	5
36	Camera	1
37	Power insulation gloves	5
38	Extension power cord with tools	3
39	Stop watch	2
40	Wagon desk for field work	4
41	Training unit for measurement of temperature and power	1
42	Training unit for measurement of water flow and power	1
43	Training unit for measurement of gas pressure and power	1

LIST OF ATTENDANCES

Japanese Side

Preliminary Survey Team

- Mr. Masayoshi Enomoto
(Leader) - Director of Industry Division
JICA
- Mr. Mikio Takasina
(Policy for Development
Cooperation) - Development Cooperation Division
ECB, MFA
- Mr. Shigenori Nakauchi
(Administration for
Rational Use of Energy) - Energy Conservation Policy Planning
Office ANRE, MITI
- Mr. Toshinori Isogai - Industry Division, JICA
(Planning and Coordination)
- Mr. Teruo Nakagawa - The Energy Conservation Center
(Energy Auditing Technology)

Embassy of Japan Budapest

- Mr. Motokichi Aoyama - Second Secretary

Hungarian Side

Ministry of Industry and Trade

Mr. Béla Györke

- Deputy Director
National Authority for Energy
Economy

Mr. Sándor Hidas

- Head of Section
Department of External Economic
Relations

State Authority for Energy Management and Safety

Mr. Dénes Rácz

- Chief Head of Department
Energy Efficiency Office

