

6. 熱管理の問題点と対策

6.1 ボイラ管理

(1) 燃焼管理

負荷変動時に黒煙が発生しており、一方排ガス中の酸素濃度は7.2%と高い値を示している。バーナノズルの点検整備(1回/月)と、空気比制御装置の再調整を行い、酸素濃度4%以下(空気比1.3以下)に保つ必要がある。

排ガス温度は280℃で稍高い。空気比の引き下げ、スートブロー等による伝熱面の清掃などにより、230℃以下に下げよう努めてほしい。

現在の排ガス熱損失13.7%を10%まで減らせば、ボイラ効率は82.8%から86.3%に向上し、燃料消費は4.1%、73.8 kl/year節減できる。

(2) 蒸発倍数による管理

軟水の流量計はついているが、回収ドレンを含めたボイラ給水の流量計がない。給水ポンプの吐出側に耐熱型の流量計を取り付け、給水量、補給軟水量、回収ドレン量(給水量-補給軟水量)、燃料消費量を毎日記録する。これらの値から、ドレン回収率及びボイラ効率の目安となる簡易蒸発倍数を計算し、チェックすることにより、ボイラ管理の水準を高めることができる。

$$\text{ドレン回収率} = \frac{\text{給水量} - \text{補給軟水量}}{\text{給水量} - \text{ブロー量}}$$

$$\text{簡易蒸発倍数} = \frac{\text{給水量} - \text{ブロー量}}{\text{燃料消費量}}$$

(3) ボイラ水の水質管理

1983年1月17日の分析値は次のとおりである。

	純水	軟水(Na 1)	軟水(Na 2) +ドレン	給水	ボイラ水
pH	6.5	7.0	6.5	9.0	12.0
溶解固型分	23	532	407	757	4,207
全硬度	nil	2	10	10	nil
Cl ⁻ 1	nil	25	21	43	266
PO ₄ ⁻³			0.1	1.2	12.5

軟水器Na 2の軟水と回収ドレンを混合し、さらに軟水器Na 1の軟水を混合してボイラの給水に使用することであるが、ボイラ給水の分析数値が悪くなっているため、原水等の洩れこみがないか配管の再点検をする必要がある。ボイラ水

の分析値は大体良好であるが、溶解固型分の値は高い。

ボイラ水質の標準値は次のとおりである。

pH 11 ~ 11.8 溶解固型分 3,000 ppm Cl^{-1} 500 mg / ℓ 以下

電気伝導度 4,500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ PO_4^{3-} 20 ~ 40 mg / ℓ

ドレン回収率を高めること、純水装置で得られる純水の一部をボイラ給水に混合すること、軟水装置は№1のみをボイラ専用にすること、給水系統への不純水の混入を防ぐことなどにより、ボイラ給水の水質を高めればブロー量を減らすことができる。

現在のブロー率は6.9%である。

$$\frac{\text{ブロー量}}{\text{蒸発量} + \text{ブロー量}} = \frac{188}{2,521 + 188} = 6.9\%$$

以上の対策により、ブロー率を3%に下げられれば、13.3 kℓ / year の燃料節減がはかれる。

$$\frac{(188 - 78) \text{ kg / h} \times (179 - 70) \times 24 \times 352}{9,600 \times 0.83 \times 0.954} = 13.3 \text{ kℓ / year}$$

(4) その他

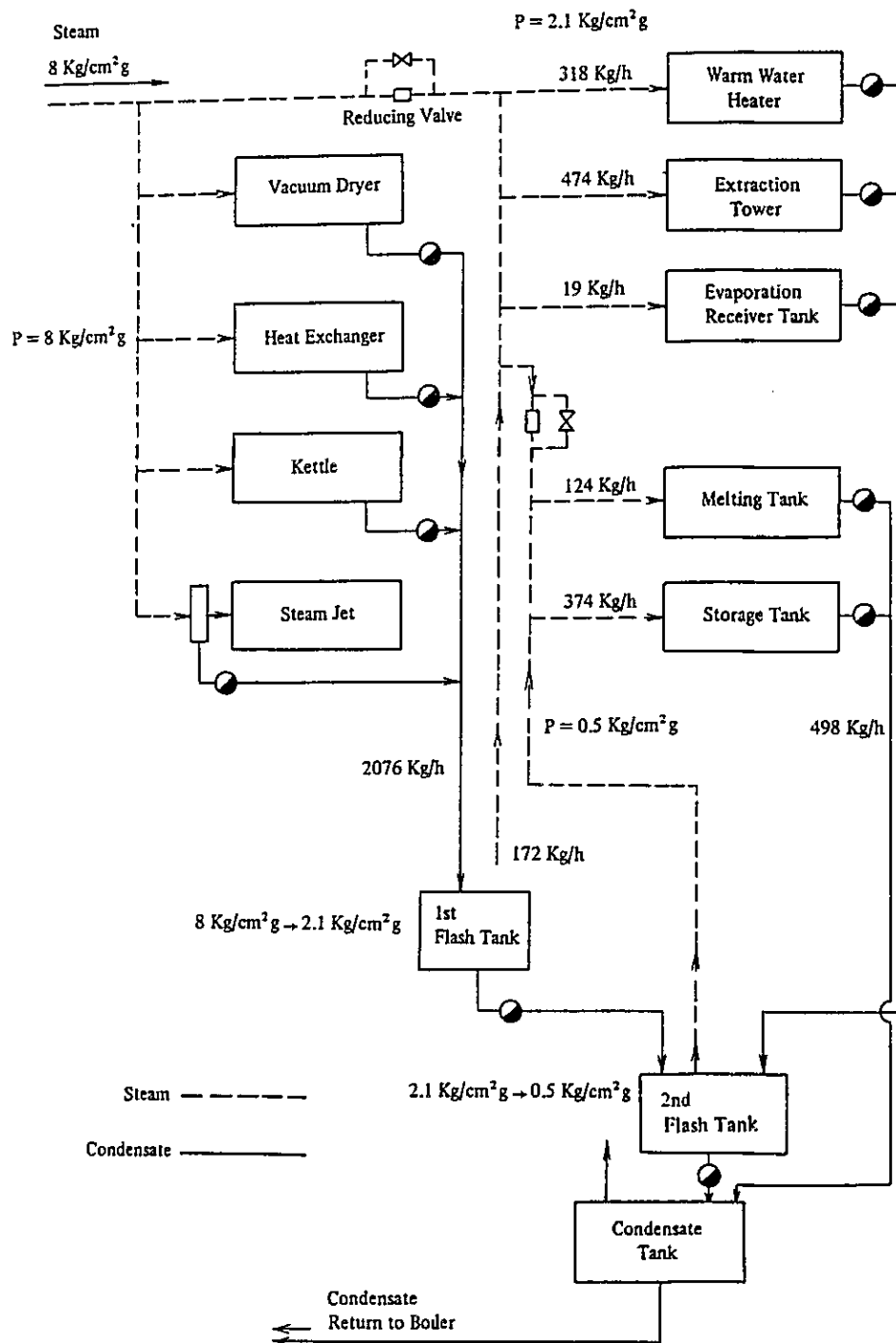
ボイラは4~6カ月毎に交互に運転するようにした方が、機能低下を防ぐ上からもよい。

また、現在ボイラ負荷は45%程度と低いので、将来、より小容量のものに更新するのが望ましい。

ボイラまわりの燃料油配管が複雑に入りこんでいるので整理する必要がある。

6.2 ドレン回収方法の改善

現在、ドレンの回収率は75%で、乾燥機、溶解槽など数多くの蒸気使用装置からのドレンは、 $8.0 \text{ kg/cm}^2\text{g} \rightarrow 2.1 \text{ kg/cm}^2\text{g}$ $2.1 \text{ kg/cm}^2\text{g} \rightarrow 0.5 \text{ kg/cm}^2\text{g}$ の2段階に分けてフラッシュし、発生蒸気を有効利用したあと回収されている(次図)。しかしながら溶解タンクや貯蔵タンクのドレンは、回収タンクを適切な位置に設置することができなかつたためにドレンロックを起こし、やむを得ずこの系統のドレンは捨てられている現状である。回収ドレンをスチームトラップに作用する蒸気圧力で送る方法は、比較的短距離の場合に限られ、ある程度距離が長い場合や、この工場のように



にフラッシュタンクとの間に差圧がとれない時は工場内を、数ブロックに分けてそれぞれにドレンタンクを設け、ポンプ又はポンプとエジェクタを組み合わせたドレン回収ユニットでボイラへ圧送回収する方法がとられる。

いまこの系統のドレンを回収した場合の燃料節減量を求めると、48.9 kℓ/year になる。

計算

0.5 kg/cm², 498 kg/h のドレンが常圧にフラッシュしたあとのドレン量

$$498 \times \left\{ 1 - \frac{110 - 100}{539} \right\} = 489 \text{ kg/h}$$

放熱を10%として、回収熱量を燃料節減量に換算する。

$$\frac{489 \text{ kg/h} \times (100 - 30) \text{ kcal/kg} \times 24 \text{ h} \times 352 \text{ day} \times 0.9}{9,600 \text{ kcal/kg} \times 0.83 \times 0.954} = 34.2 \text{ kℓ/year}$$

6.3 断熱強化

6.3.1 主要生産設備について表面温度を測定した結果は、大部分が60℃以下で放散熱損失は僅かである。(蒸気及び電熱加熱機器表面温度測定結果一覧表参照)

改善を要すると思われる点は次のとおりである。

- (1) Finishing Tower (Na 1) の下部は表面温度が高く70~73℃であった。
- (2) Extrusion Vaporizer の一部はNa 1の方が82℃, Na 2が81℃で断熱が不十分である。
- (3) 主蒸気配管の保温は十分に行われ施工状況も良いが、末端の蒸気使用設備との接続部付近の小口径配管の保温が必要である。
- (4) 蒸気配管途中のバルブ類, フランジ, ボイラの主弁及びドレン配管の保温が必要である。
- (5) 一部の乾燥機などの保温は老朽化しており, 近い将来更新した方が良い。
- (6) ボイラまわりの配管の整備・短縮を検討されたい。

6.3.2 ナイロン製造設備の表面温度測定結果

(1) 化学装置（塔槽類，乾燥機）の表面温度

Name	Surface temperature	Heat release	
Low Temperature Distillation Kettle	41 ~ 50°C	170 Kcal/m ² h	
Recovered Lactam Receiver Tank	41°C		
Melting Tank	42 ~ 49°C		
Blending Tank	38°C		
Monomer Storage Tank	46°C		
Pre-polymerization	48°C		
Transfer Heater	55°C		
Washwater Collection Tank	73°C		
Finishing Tower Line No. 1 upper part	45°C		115 Kcal/m ² h
lower part	70 ~ 73°C		
Finishing Tower Line No. 2 upper part	61°C	460 Kcal/m ² h	
lower part	61°C		410 Kcal/m ² h
Vacuum Dryer	40°C		
Extraction Tower No. 1	48°C		
" No. 2	53°C		

(2) Dowtherm Vaporizer 用加熱器の表面温度

No.	Surface temperature °C Equipment name	Measuring position			
		①	②	③	④
No. 1	Transfer Heater II Dowtherm Vaporizer	55 °C	52 °C	62 °C	56 °C
No. 4	Pre Heater I Dowtherm Vaporizer	52	66	54	58
No. 6	Transfer Heater I Dowtherm Vaporizer	55	54	64	58
No. 2	Pre Heater Dowtherm Vaporizer	55	66	55	57
No. 3	Pre Heater II Dowtherm Vaporizer	58	67	57	58
No. 5	Pre Heater I Dowtherm Vaporizer	58	64	57	58

(3) Extrusion Vaporizer の表面温度

No.	Surface temperature °C Equipment name	Measuring position		
		①	②	③
No. 1	Extrusion Vaporizer	73 °C	73 °C	82 °C
No. 2	Extrusion Vaporizer	67	81	67

6.3.3 保温効果

(1) Finishing Tower (No. 1) の保温効果

厚さ 25 mm のグラスウールで保温強化することによって年間 0.7 kl/year の燃料節約を期待することができる。

$$\frac{(487 - 260) \text{ kcal/m}^2\text{h} \times 2.8 \text{ m}^2 \times 24 \times 352}{9,600 \times 0.83 \times 0.954} = 0.7 \text{ kl/year}$$

現在の放散熱量	(Q_1)	487 kcal/m ² h
改善後の放散熱量	(Q_2)	260 kcal/m ² h
改善後の表面温度	(T)	55 °C
改善部分の表面積	(A)	2.8 m ²
燃料の発熱量	(H _ℓ)	9,600 kcal/kg
ボイラ効率	(B _E)	83 %
作業時間		24 h/day, 352 day/year

節約金額は約 3,300 B t/year であるのに対し、保温施工費用は約 2,000 パーセントなので、短期間に資金回収ができる。

(2) Extrusion Vaporizer の保温強化

保温材の厚みを現在の 100 mm から 200 mm にふやして、表面温度を 72 °C から 42 °C に低下せしめたとき、電力の節減量は次のようになる。

放熱量 487 kcal/m²h → 111 kcal/m²h

表面積 5 m² / 基 × 2 基 とする。

節減電力量

$$\frac{(487 - 111) \times 5 \times 2 \times 24 \times 352}{860} = 36,900 \text{ kWh/year}$$

$$\text{節減率} = \frac{36,900 \text{ kWh/year}}{18\text{kW} \times 2 \times 24 \times 352} = 11.7\%$$

節減額約 55,000Bt/year に対し、保温費用は 13,000 パーツ程度であり、短期間に資金回収ができる。

7. 電力の消費状況

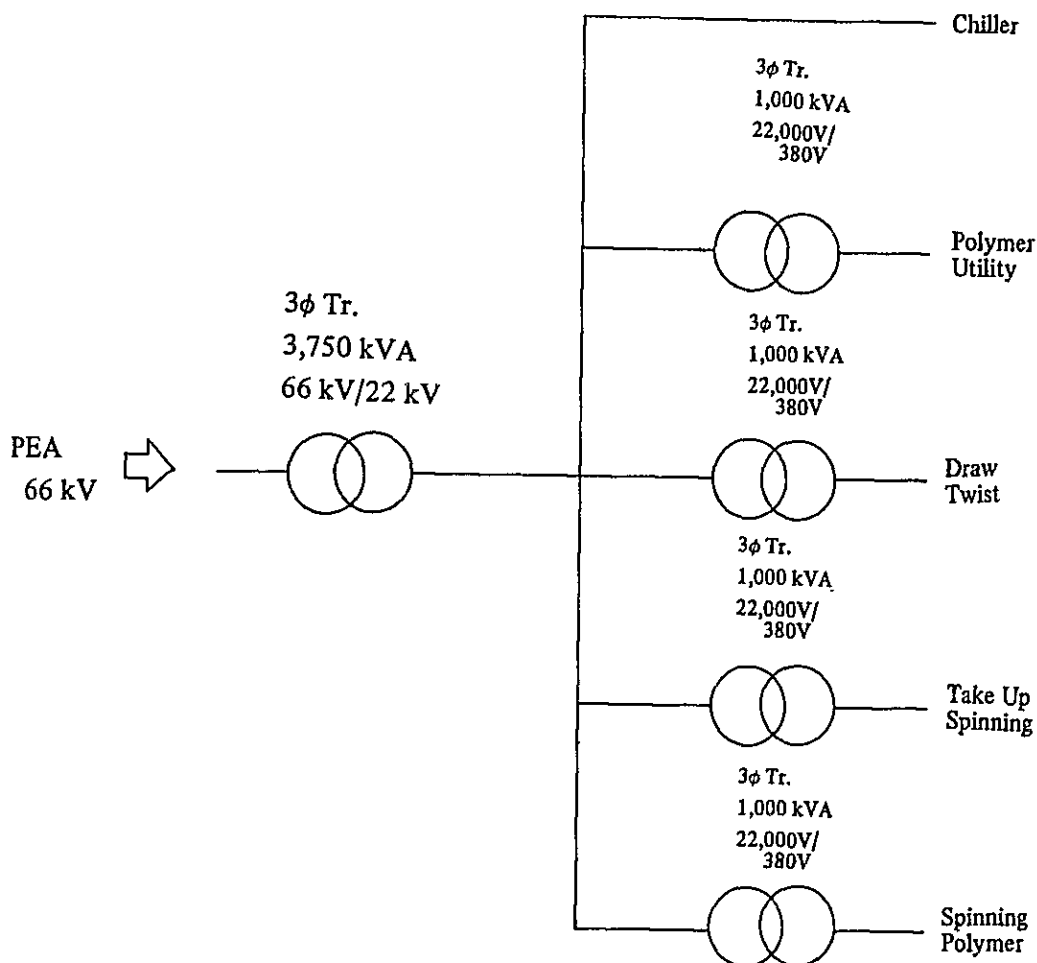
7.1 電力消費に関する主な指標は次のとおり。

- ・電力会社 : PEA
- ・ピーク・デマンド : 2,300kW
- ・使用電力量 : 15,991,000kWh/year
- ・負荷率 : 80.5%
- ・ペナルティ・フィ : なし
- ・力率 : 80%
- ・トランス : 3,750kVA (1台)
- ・電力原単位 : 4,351 kWh/kg

7.2 負荷の配分

モーター	57.2%
空調	15.7%
照明	3.4%
電熱	16.6%
コンプレッサ他	7.1%
計	100%

7.3 配線系統図



8. 問題点と対策

8.1 変圧器

受電用変圧器の負荷率は約 77 %で、高効率運転が行われている。

8.2 モーター

- (1) 15kW以上の大容量のモーター 16 台について負荷率, すなわち $\frac{\text{実負荷}}{\text{定格容量}}$ を実測したところ, 次のとおり軽負荷のものが 7 台あった。

とくに, Quench Circulation Water Pump 40 HP (30 kW) は負荷率が 19.6 % と非常に低い。

ただし, 実測時の負荷率がたまたま低い値を示したとも思われるので, さらに測定を重ね, その結果, 負荷率の常に低いモーターは, 機会をみて適正な容量にかえることが望ましい。

機 器	容 量	台数 台	負荷率 %
• BLOWER	93.8 kW(125 HP)	1	39.7
• CHILLER COMPRESSOR	75	1	42.5
• DRYER	15 (20 HP)	4	24.9
• QUENCH CIRCULATION WATER-PUMP	30 (40 HP)	1	19.6
• SPINNING	22	17	55.9

これらのモータの容量を適正化したときの省エネルギー効果は、次のように試算される。

モータ kW	効 率 %	損 失 kW	台数 台	損失減 kWh/year
93.8 → 37	91.5 → 92.0	7.97 → 2.96	1	43,914
75 → 37	89.5 → 92.0	7.88 → 2.96	1	43,055
15 → 3.7	83.5 → 86.0	9.90 → 2.07	4	68,573
30 → 7.5	80.0 → 87.5	6.00 → 0.94	1	44,348
22 → 15	90.5 → 91.0	2.09 → 1.35	17	110,201
合計				310,091

節減電力量 310,091 kWh/year

節 減 率 $310,091 \text{ kWh/year} \div 15,990,960 \text{ kWh/year} \approx 1.9 \%$

- (2) 紡織工程のモータ（合計容量 380 kW）の伝動軸にかけたベルトは、現在一重の布製であるが、これを省エネルギー型のベルトに変更すると、約 4% 消費電力を減少できる。その際の省エネルギー効果は次のように試算される。

節減電力 $380 \text{ kW} \times 0.04 = 15.2 \text{ kW}$

節減電力量 $15.2 \text{ kW} \times 24 \text{ h} \times 365 \text{ day} \approx 133,150 \text{ kWh/year}$

節減率 $133,150 \text{ kWh/year} \div 15,990,960 \text{ kWh/year} \approx 0.8 \%$

- (3) エアコンプレッサ用モータ 150 HP 及びウォータウォッシャ用モータ 40 HP 各 1 台は、いずれもベルトの強度が過大である。

親指で普通の力でベルトを押したとき、ベルトの厚さだけベルトが下る程度にベルトの弛度を適正化すると、3% 程度の電力損失の節減がみこまれる。

そのときの省エネルギー効果は、次のように試算される。

節減電力 $142.5 \text{ kW} (= 190 \text{ HP}) \times 0.03 = 4.275 \text{ kW}$

節減電力量 $4.275 \text{ kW} \times 24 \text{ h} \times 365 \text{ day} \approx 37,450 \text{ kWh/year}$

節減率 $37,450 \text{ kWh/year} \div 15,990,960 \text{ kWh/year} \approx 0.2 \%$

8.3 空 調

- (1) 主要な工程の温度、湿度を実測した結果は次のとおりで、概ね品質保持に必要な値となっている。

工 程	温 度 ℃	湿 度 %
・ TWISTING	23.1	63.5
・ TAKE UP	19.0	48.0
・ SPINNING	21.7	64.3
・ INSPECT	24.0	68.9
・ CONTROL ROOM	23.0	45.7

ただし、TAKE UPは、冬は上記の値でよいが、夏は製品を損わない範囲で温度を21～22℃程度にすると、使用電力量を約8%減少させることができる。

また、制御室及び建物のガラスは二重にして、冷房負荷を軽減させることが必要である。

- (2) 空調関係の主要モータの合計容量は548.3kWである。その内訳は次のとおり。

	TWIST 工 程 用	Spinning 工 程 用	計
・ プロア	93.8kW(125 HP)	30kW(40 HP)	123.8kW
・ ウォータ ウォッシャ	30 kW(40 HP)	22.5kW(30 HP))	52.5kW
・ ポンプ			372 kW
計			548.3 kW

将来品質をチェックしながら、工程別、季節別に外気負荷に応じて空調条件の調整を細かく行くと大幅な省エネルギーがはかれる。

また、還気を加湿、冷却するウォータウォッシャは、現在ノズルが584個(TWI-ST工程360個、Spinning工程224個)あるが、ノズルの径を大きくして数を減らす等の対策を講じて圧力損失を減らせば、使用電力量も節減できる。

例えば、風量、圧力損失を10%減らしたとすると、省エネルギー効果は次のように試算される。

節減率 $\text{空調負荷割合} (15.7\%) \times 0.1 = 1.6\%$

節減電力量 $15,999,000 \text{ kWh/year} \times 0.016 = 255,990 \text{ kWh/year}$

- (3) 現在、省エネルギーのため、外気取入率を従来の20%から5%におとししているが、工場内の作業環境がよくないので、従来の20%ないし15%程度に改善するこ

とが望ましい。

その際、工場内の冷却した空気の冷熱をのがすことなく、新鮮外気を取り入れることができる「全熱交換器」を利用すると、省エネルギーの目的を達することができる。

8.4 照明

(1) 主要工程の照度を実測したところ、次のとおり概ね適正な値を示している。

工 程	照 度 lx
・ TWIST	178
・ SPINNING	105
・ INSPECT	299
・ CONTROL ROOM	84

ただし、制御室はエネルギー管理のセンターなので、監視及び作業を容易にするために200ルクス程度の照度にするのが望ましい。

(2) 現在、工場内の光源は、けい光水銀ランプ（合計容量15.4kW）及び一般型けい光ランプ（合計容量104.52kW）であるが、これを高演色型高圧ナトリウムランプ及び省エネルギー型けい光ランプに取り替えると、次のような省エネルギー効果がある。

$$\text{節減電力} \quad (15.4\text{kW} \times 0.5) + (104.52\text{kW} \times 0.1) = 18,152\text{kW}$$

$$\text{節減電力量} \quad 18,152\text{kW} \times 24\text{h} \times 365\text{day/year} \doteq 159,000\text{kW/year}$$

$$\text{節減率} \quad 159,000\text{kW/year} \div 15,990,960\text{kW/year} \doteq 1.0\%$$

9. まとめ

上記対策をすべて実施した場合の効果は次のとおりである。

	kℓ/year	
ボイラ燃焼改善（重油換算）	73.8	4.1 %
ブロー率の低下	13.3	0.7 %
ドレン回収	34.2	1.9 %
断熱強化	0.7	—
小 計	122.0	6.8 %

	× 10 ³ kWh/year	
断熱強化	36.9	0.2 %
モータの容量変更	310.1	1.9 %
モータベルトの材質改善	133.2	0.8 %
モータベルトの弛度調整	37.4	0.2 %
空調負荷の制御	255.9	1.6 %
光源の高効率化	159.0	1.0 %
<hr/>		
小 計	932.5	5.7 %

TORAY NYLON THAI

1. 工場の概要

Address	112 Soi Wadladplakao, Ramintra Rd. Bangkhen, Bangkok	
Capital	120 million Bt	
Type of industry	Textile	
Major products	Nylon fiber, Polyester fiber	
Annual product	12,000 t	
No. of employees	740	
Annual energy consumption	Electric Power	42,000,000 kWh
	Fuel	Fuel Oil 6,726 kℓ Diesel Oil 1,389 kℓ
Interviewees	Director, Factory Manager, Michio Niwa Deputy Factory Manager, L. Adisorn Senior Advisor N. Tomoshige	
Date of diagnosis Diagnosers	Jan. 20 ~ 21, 1983 Y. Ohno, K. Nakao, M. Matsuo	

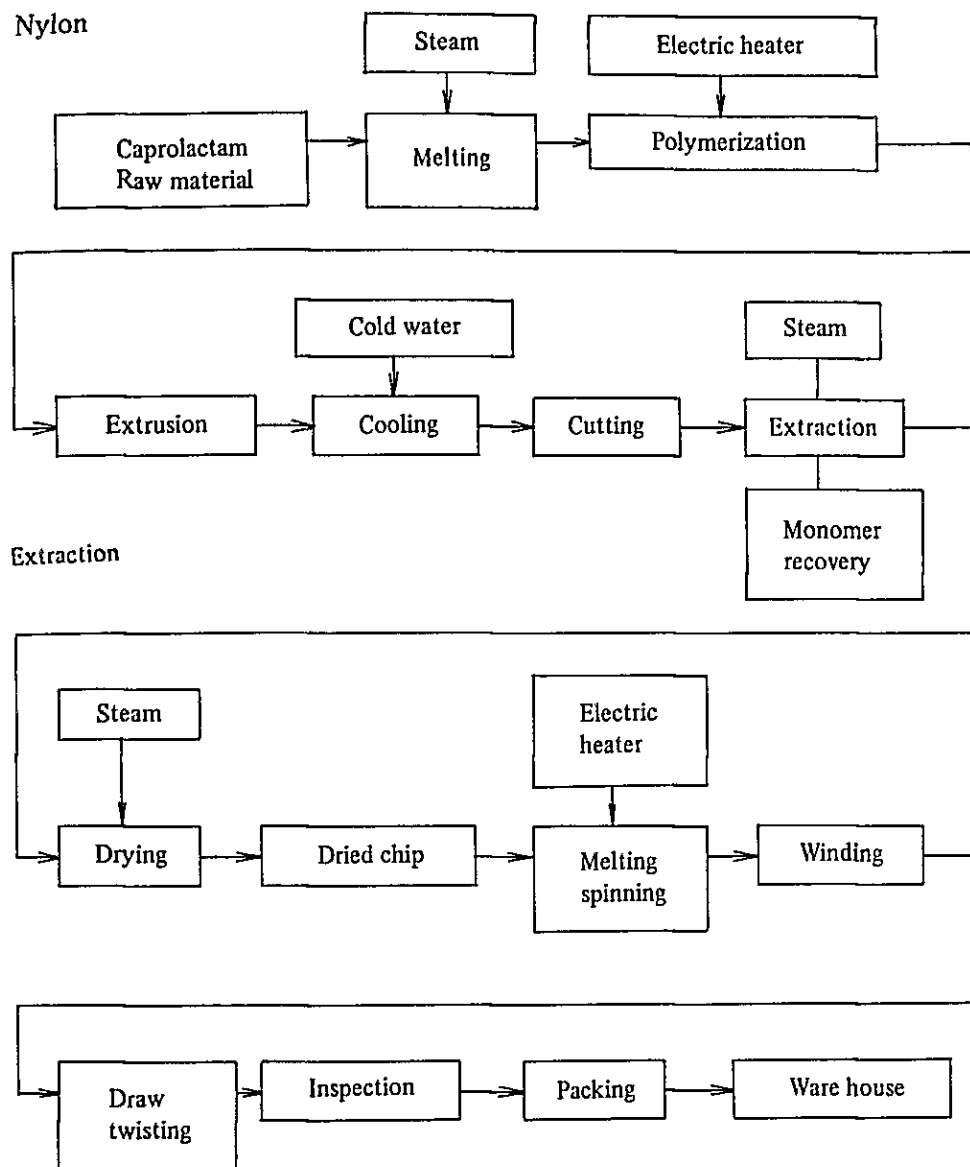
タイ日合弁の合成繊維製造工場で1967年に操業を開始している。

当初はナイロン-6のみであったが、10年前からポリエステル繊維の生産も始めた。

生産規模はナイロン600 t/month, ポリエステル600 t/monthであるが、特にナイロンはタイ王国内3工場のうちの最大の規模である。現在はフル生産を続けている。

品質向上, 省エネルギー, 人間関係を柱に毎日前進を続けることを工場のモットーにかかげている。整理・整頓の行き届いた管理水準の高い工場である。

2. 製造工程

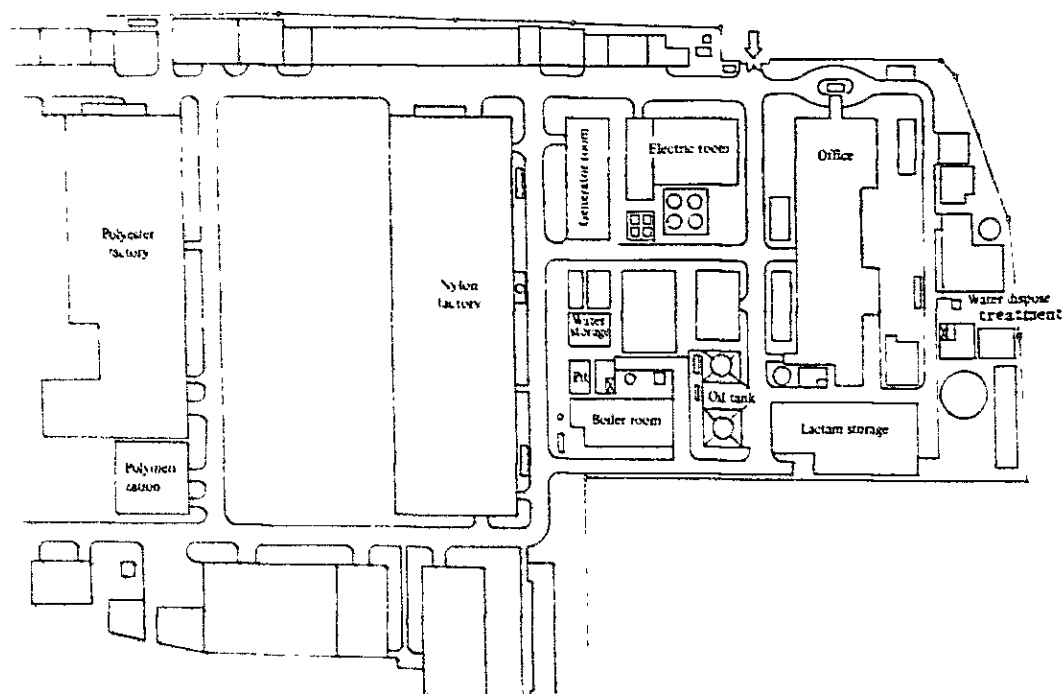


3. 主要設備の概要

(1) 主要設備

Name	No. of units installed	Type, etc.
Boiler	2	Water tube type 15 t/h, 11 ~ 11.5 kg/cm ² G
Boiler	2	Water tube type 7.1 t/h, 55 ~ 56 kg/cm ² G
Polymerization tower	12	
Extractor	9	
Dryer	6	Vacuum conical type, jacket heating
Melting tank	1 set	
Diesel generator	5	1,500 kVA x 3, 1,250 kVA x 1, 350 kVA x 1
Chiller	5	1,900 kW (total)
Large size pump	10	1,300 kW (total)

(2) 工場内配置図



4. エネルギー管理状況

4.1 燃料，電気とも原単位目標を設定し，積極的に省エネルギーを推進している。

省エネルギー目標値（％）

1981	△ 10
1982	△ 8
1983	△ 10

4.2 省エネルギー投資の状況

省エネルギーのための投資も積極的に行われている。普通設備は8年定額償却のところを省エネルギー設備は社内規定で5年償却，資金回収期間は2年間という方針で投資を進めている。

投資額は次のとおりである。

1981	2,500 10 ³ パーツ
1982	500 10 ³ パーツ
1983	3,500 10 ³ パーツ

4.3 過去の主な実施事項

図のように1977年を基準にして1981年までに約20%の省エネルギーが達成されている。これまでの主な実施事項は以下のとおりである。

・断熱強化

ナイロン重合塔，ポリエステルダウサムボイラ，ボイラ給水タンク等の保温強化

・空調条件の見直し

空調用送風機の風量，風圧を下げて動力費の節減を計った。

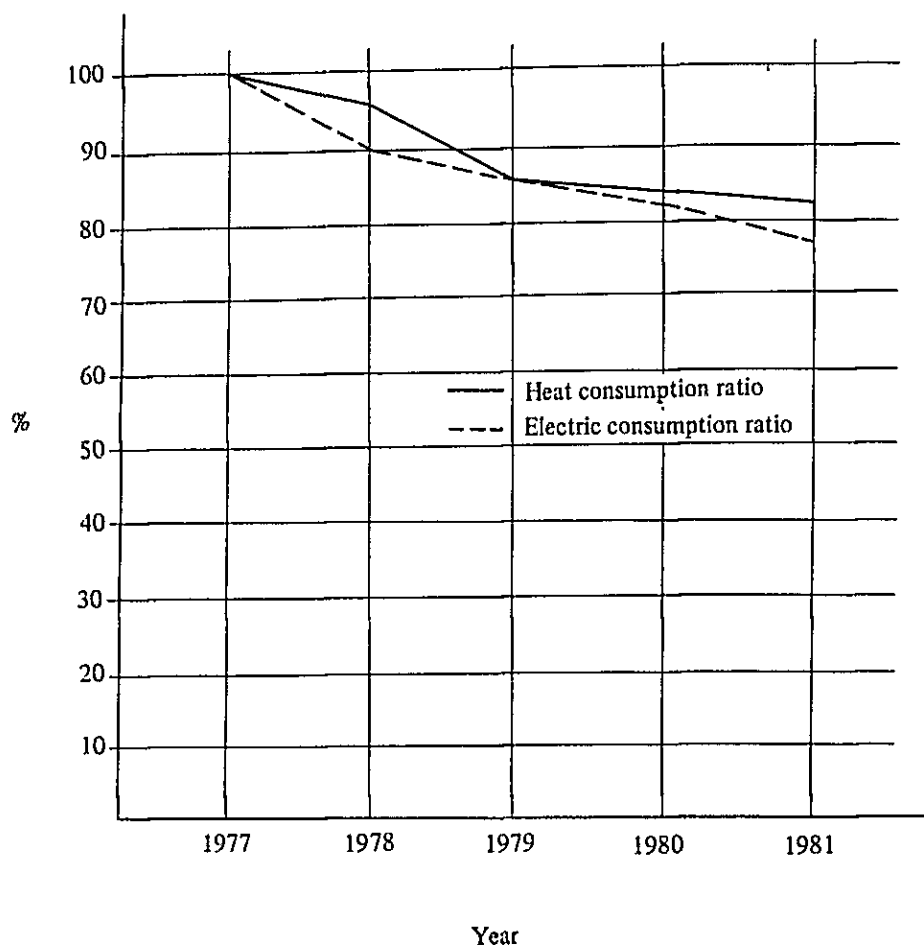
投資額，1万パーツに対して節約金額は大きく年間37万パーツであった。

(例)	従 来	改善後
室内温度	24℃	26℃
関係湿度	70%	60%

・冷水塔運転の効率化並びにポンプヘッド減少

配管の一部改造により数基の冷水塔に均等に水量補給が行われるようになり，効率が向上した。冷水塔ファンの夜間運転台数を減らした。地上20mの屋上にあった冷水塔のうち70%を地上に移し，ポンプ用電力費の節約をした。投資額240万パー

Decrease of energy consumption ratio by rationalization



ッに対して節約額300万Bt/earで償却期間は10カ月であった。

- ・真空乾燥機等のドレン回収
- ・ポンプの運転台数減少と容量適正化

空調用冷却水ポンプの運転台数を3台から2台に減少した。軟水供給ポンプを小型化した。

- ・冷凍機オーバーホールによる効率改善及び高効率ターボ型冷凍機購入。
- ・ボイラの空気比低下

排ガス中の酸素濃度を6%から3%に低減した。

- ・ボイラ空気比の調整改善

4.4 エネルギー消費量の把握

エネルギー消費量は勿論のこと、その他の工場消耗費品等についても記録され、月別、年別の統計資料としてよく整理されている。燃料量、電力量は工程別、又は設備別に毎日記録され、一部には自動記録計も設置されている。

電力、燃料、スチーム、窒素については、毎月原単位が算出されている。さらに管理図が作成され、月報にのせるとともに事務所等目に付く場所に掲示されている。

変動要因分析は大きな変化があった時に、ケースバイケースで実施するとのことである。エネルギー原価は電気、スチームとも、毎月計算され、ナイロン、ポリエステルの工程別に配分が行われている。

4.5 省エネルギー委員会と提案制度

省エネルギー推進委員会は工場長が委員長となり、技術関係の部長、課長、スタッフを集めて、2カ月に1回実施している。また各工程の責任者を入れた技術会議の中でも日常的なことは議題にされている。

提案制度は過去に実施したが、趣旨が良く理解されなかったこと、効果のPRが不十分であったこと、賞金の配分にも問題があったことなどのため、昨年からは活性化表彰制度に改め、グループ活動の成果に対して実績表彰を行っている。その額は大体1,500～2,000パーツ/件、又は200パーツ/人程度である。

4.6 従業員の教育

班長以上はTPAの各講習会に出席させており、スチームトラップ等に関してスライドによる社内研修会も実施している。

従業員への呼びかけは、各部門の定例会議の席で工場長から話したり、ポスタを張ったりしている。

作業標準も整備され、重要設備の傍には掲示してある。

工場の整頓、清掃等も良好で、従業員のユニフォーム着用も徹底し、工場全体として規律正しい感じであった。

またMOIから、排水処理優良工場として表彰を受ける等、管理水準の高さがうかがえる。

5. 燃料の消費状況

燃料中 Bunker C はすべて、ボイラの蒸気発生用に消費され、1982 年の消費実績は 6,726 kl である。

ディーゼルオイルは保安用電力確保のためのディーゼル発電機用に年間約 1,500 kl 消費されている。

使用蒸気については、高圧ボイラからの $55 \text{ kg/cm}^2 \sim 56 \text{ kg/cm}^2$ 蒸気は主にポリエステル工程に、低圧ボイラからの 11 kg/cm^2 蒸気は主にナイロン工程に使用されている。

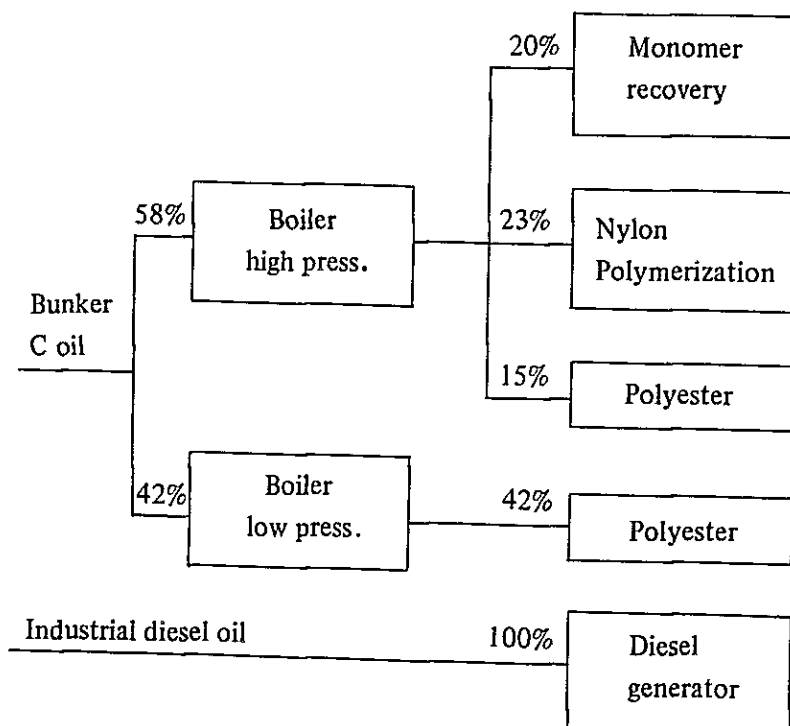
蒸気の使用比率は次のとおりである。

- 高圧蒸気 42% ———— ポリエステル
- 低圧蒸気 58% ————
 - 40% ナイロン重合
 - 35% モーマ回収
 - 25% ポリエステル

1982 年 1 ~ 12 月の高圧蒸気と低圧蒸気の使用実績は次のとおりである。

- 高圧蒸気 3,100 t/month 蒸気単価 338.5 Bt/t
- 低圧蒸気 4,500 t/month 蒸気単価 338.4 Bt/t

エネルギー流れ図



1983 年 1 月 10 日付ボイラ日報の値を用いて熱勘定を行った。

5.1 高圧ボイラの熱勘定

Input			Output		
Item	10 ³ Kcal/h	%	Item	10 ³ Kcal/h	%
Heat of fuel combustion	3,052.6	99.7	Heat of steam	2,568.8	83.9
Sensible heat of fuel	8.7	0.3	Heat loss in exhaust gas	367.2	12.0
			Heat loss in blow water	6.3	0.2
			Heat release from furnace body and others	119.0	3.9
Total	3,061.3	100.0	Total	3,061.3	100.0

注1) 熱勘定計算諸元

燃料の種類	C重油	
燃料の消費量	(F) 8,030 ℓ/day =	316.2 kg/h
燃料の発熱量(低位)	(Hℓ)	9,654 kcal/kg
燃料の比重	(SG)	0.945
燃料の比熱	(CP)	0.45 kcal/kg
燃料の温度	(TF)	91 °C
基準温度	(To)	30 °C
廃ガス中のO ₂ %	(O ₂)	4.3 %
廃ガス温度	(TG)	293 °C
廃ガスの比熱	(CG)	0.33 kcal/Nm ³ °C
ブロー水量	(B) 7,920 kg/day =	330 kg/h
ブロー水温度	(TB)	271 °C
連続ブロー装置出口ブロー水温度	(TB')	95 °C
給水量	(W) 112,400 kg/day =	4,683 kg/h
給水温度(軟水+ドレン回収水)	(TW)	76 °C
蒸気圧力	(P)	56 kg/cm ²

注2) 蒸気の蒸発量 (S)

$$S = W - B = 4,353 \text{ kg/h}$$

蒸気のエンタルピー	(Es)	666.1 kcal/kg
給水のエンタルピー	(F _F)	76 kcal/kg

注3) 熱勘定計算式

入熱

a) 燃料の燃焼熱 (Q_c)

$$Q_c = F \times H\ell = 3,052.6 \times 10^3 \text{ kcal/h}$$

b) 燃料の顕熱 (Q_s)

$$Q_s = F \times C_p (T_F - T_o) = 8.7 \times 10^3 \text{ kcal/kg}$$

出熱

a) 蒸気の保有熱量 (Q_v)

$$Q_v = (W - B) (E_s - E_F) = 2,568.7 \times 10^3 \text{ kcal/h}$$

b) 廃ガスの持ち去る熱量 (Q_E)

理論空気量 (A_o)

$$A_o = 0.85 \text{ H}\ell/1,000 + 2 = 10.21 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

理論廃ガス量 (G_o)

$$G_o = 1.11 \text{ H}\ell/1,000 = 10.72 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

空気比 (m)

$$m = 21/21 - O_2 = 1.26$$

実際廃ガス量 (G)

$$G = G_o + A_o (m - 1) = 13.38 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

$$Q_E = F \times G \times 0.33 (T_G - T_o) = 367.2 \times 10^3 \text{ kcal/h}$$

c) ブロー水の持ち去る熱量 (Q_B)

$$Q_B = B \times (T_{B'} - T_w) = 6.3 \times 10^3 \text{ kcal/h}$$

d) 炉体からの熱放散及びその他の熱損失 (Q_R)

炉体からの熱放散 (Q_r)

$$Q_r = 53.4 \times 10^3 \text{ kcal/h}$$

その他の熱損失 (Q_o) (バランス)

$$Q_o = 65.6 \times 10^3 \text{ kcal/h}$$

$$Q_R = Q_r + Q_o = 119.0 \times 10^3 \text{ kcal/h}$$

5.2 低圧ボイラの熱勘定

Input			Output		
Item	10 ³ Kcal/h	%	Item	10 ³ Kcal/h	%
Heat of fuel combustion	4,679.3	99.7	Heat of steam	3,967.0	84.5
Sensible heat of fuel	13.5	0.3	Heat loss in exhaust gas	599.9	12.8
			Heat loss in blow water	24.3	0.5
			Heat release from furnace body and others	101.6	2.2
Total	4,692.8	100.0	Total	4,692.8	100.0

注1) 熱勘定計算諸元

燃料の種類	C重油
燃料の消費量	(F) 12,310 ℓ / day = 484.7 kg / h
燃料の発熱量 (低位)	($Hℓ$) 9,654 kcal / h
燃料の比重	(S_G) 0.945
燃料の比熱	(C_P) 0.45 kcal / kg
燃料の温度	(T_F) 92 °C
基準温度	(T_0) 30 °C
廃ガス中のO ₂ %	(O_2) 7.5 %
廃ガス温度	(T_G) 260 °C
廃ガスの比熱	(C_G) 0.33 kcal / Nm ³ °C
ブロー水量	(B) 21,600 kg / day = 900 kg / h
ブロー水温度	(T_B) 189 °C
連続ブロー装置後ブロー水温度	($T_{B'}$) 93 °C
給水量	(W) 180,600 kg / day = 7,525 kg / h
給水温度 (軟水 + ドレン回収水)	(T_W) 66 °C
蒸気圧力	(P) 11.5 kg / cm ²

注2) 蒸気の蒸発量 (S)

$$S = W - B = 6,625 \text{ kg / h}$$

蒸気のエンタルピー	(E_S)	664.8 kcal / kg
給水のエンタルピー	(E_F)	66 kcal / kg
連続ブロー水のエンタルピー	($E_{B'}$)	78 kcal / kg

注3) 熱勘定計算式

入熱

a) 燃料の燃焼熱 (Q_C)

$$Q_C = F \times H\ell = 4,679.3 \times 10^3 \text{ kcal/h}$$

b) 燃料の顕熱

$$Q_S = F \times C_P (T_F - T_O) = 13.5 \times 10^3 \text{ kcal/kg}$$

出熱

a) 蒸気の保有熱量 (Q_V)

$$Q_V = (W - B) (E_S - E_F) = 3,967.0 \times 10^3 \text{ kcal/h}$$

b) 廃ガスの持ち去る熱量 (Q_E)

理論空気量 (A_O)

$$A_O = 0.85 H\ell/1,000 + 2.0 = 10.21 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

理論廃ガス量 (G_O)

$$G_O = 1.11 H\ell/1,000 = 10.72 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

空気比 (m)

$$m = 21/21 - O_2 = 1.56$$

実際廃ガス量 (G)

$$G = G_O + A_O (m - 1) = 16.44 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

$$Q_E = F \times G \times 0.33 (T_G - T_O) = 599.9 \times 10^3 \text{ kcal/h}$$

c) ブロー水の持ち去る熱量 (Q_B)

$$Q_B = B \times (T'_B - T_W) = 24.3 \times 10^3 \text{ kcal/h}$$

d) 炉体からの熱放散及びその他の熱損失 (Q_R)

炉体からの熱放散 (Q_r)

$$Q_r = 60.3 \times 10^3 \text{ kcal/h}$$

その他の熱損失 (Q_o) (バランス)

$$Q_o = 41.3 \times 10^3 \text{ kcal/h}$$

$$Q_R = Q_r + Q_o = 101.6 \times 10^3 \text{ kcal/h}$$

6. 熱管理の問題点と対策

6.1 保 温

6.1.1 ナイロン工場における設備の保温

ナイロン工場の生産設備についてその表面温度を測定した結果は別表のとおりであり、フランジ部、マンホール付近、重合塔の塔頂部など一部を除き、表面温度は低く保温の状態も良好で、装置からの放熱は非常に少なかった。

別表

- ナイロン工場の塔槽類表面温度測定記録一覧表
- ラクタム貯面温度

6.1.2 D.W. Head Tank の保温改善

蒸留水製造装置の蒸発缶本体は十分に保温されていてその表面温度も 50℃ 前後であるが、その底部付近及びフランジ部分に表面温度が高いところが見受けられる。

いまこの部分の断熱を強化して、表面温度を 60℃ としたときの効果を試算した結果は次のとおりである。

表 面 積	底部鏡板		フランジ部	
	現 状	改善後	現 状	改善後
表面温度℃	97	60	91	60
対流放熱量 kcal/h	111	56	226	87
放射放熱量 kcal/h	180	64	197	101
計 kcal/h	291	120	423	188
放熱減少量 kcal/h		171		235

$$\text{電力節約量} = \frac{(171 + 235) \text{ kcal/h} \times 24 \text{ h/day} \times 365 \text{ day/year}}{860 \text{ kcal/kWh}} = 4,150 \text{ kWh/year}$$

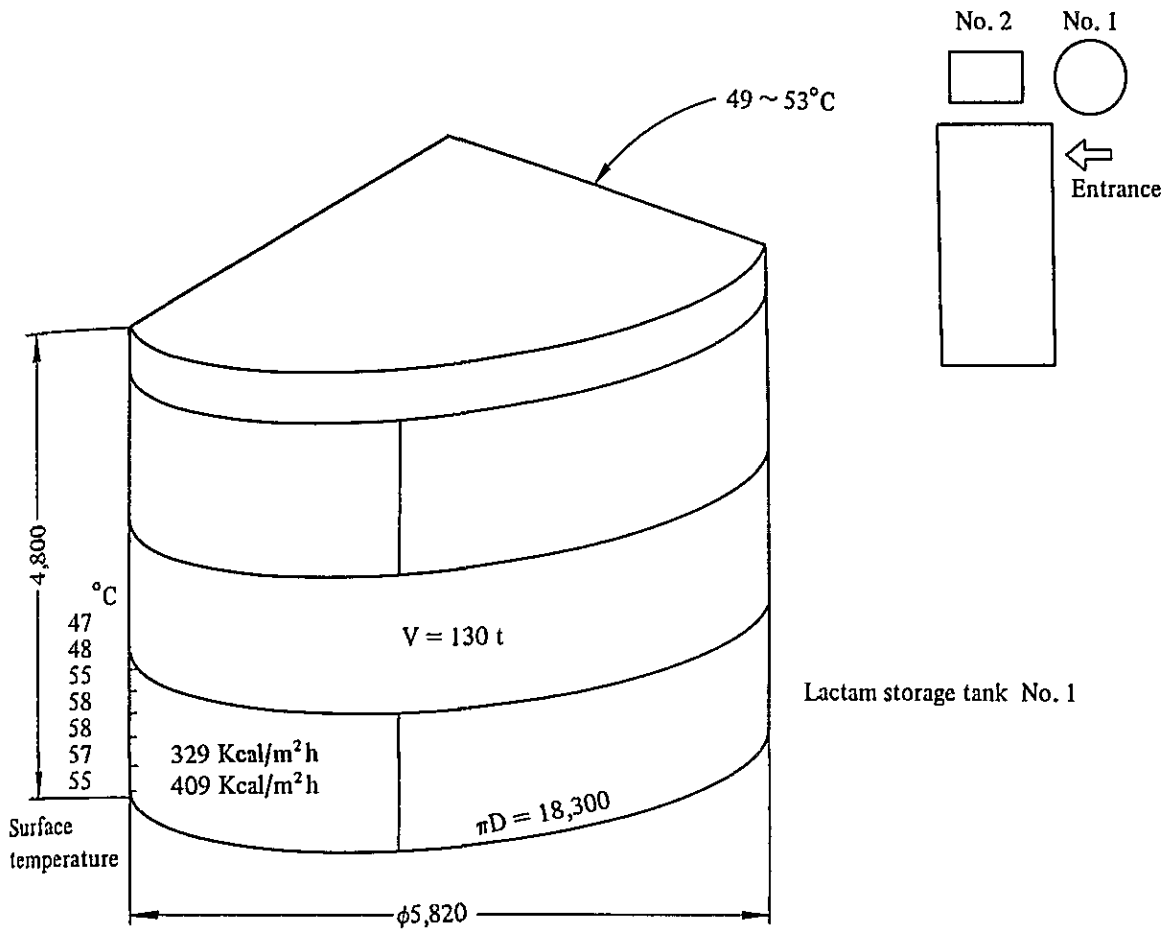
$$\text{電力料金節約額} = 1.45 \text{ Bt/kWh} \times 4,150 \text{ kWh/year} = 6,000 \text{ Bt/year}$$

このための費用は概算 800 パーツ程度とみられる。

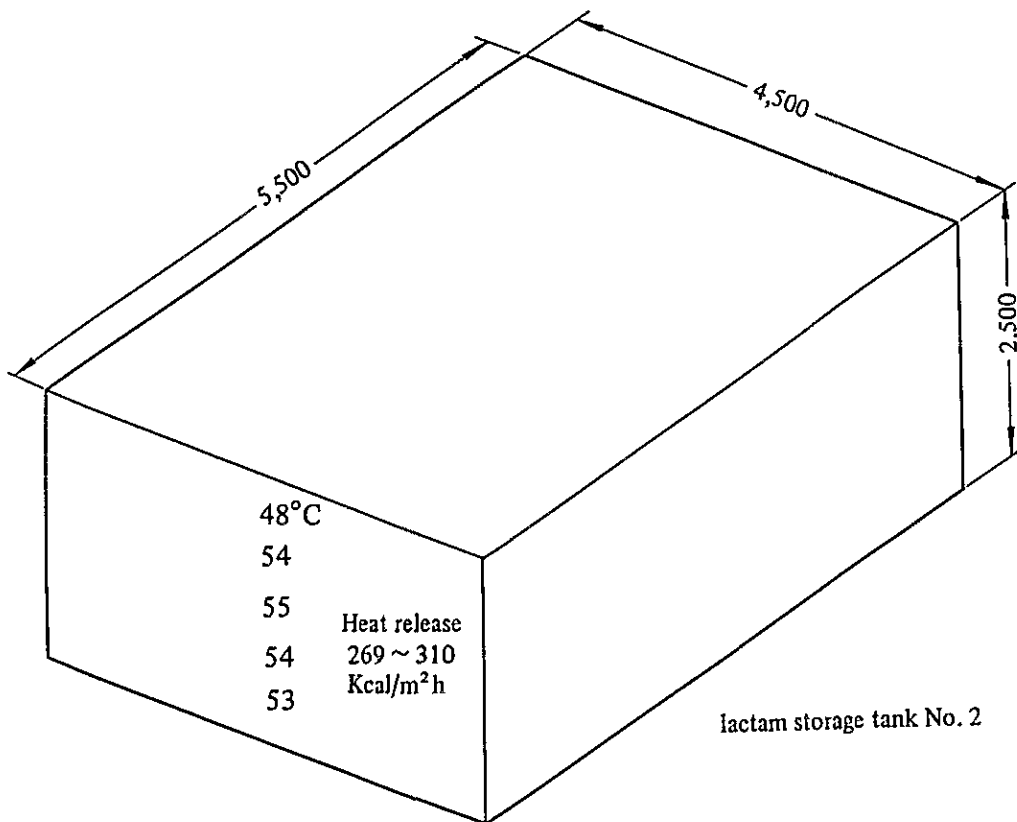
Recording List of Surface Temperature of Nylon Factory's Towers and Tanks

No.	Equipment	Surface temperature °C	Remarks
(1)	Lactam head tank No. 1 T-100	40	5F
(2)	Lactam head tank No. 2 T-200	47	"
(3)	Lactam head tank No. 3 T-700	54	"
(4)	Slurry setting tank TA-500	39	"
(5)	Re-slurry tank TA-100	37	"
(6)	Diluted water head tank Evaporator	53	"
	" at surface of insulation on body		
	" at flange	91	"
	" at bottom	97	"
(7)	Polymerization tower T-700 No. 1	81	4F
	Surface of insulation		
(8)	" No. 2	75	"
(9)	" No. 3	83	"
(10)	" No. 4	73	"
(11)	" No. 5	98	"
(12)	" No. 6	85	"
(13)	" No. 7	78	"
(14)	" No. 8	61	"
(15)	" No. 9	56	"
(16)	" No. 10	74	"
(17)	Preparation tank No. 1~4	40 ~ 57	"
(18)	Polymerization tower	42	Surface of insulation 3F
(19)	Lactam circulation tank T-100	47	"
(20)	" T-200	47	"
(21)	" T-700	54	"
(22)	Lactam storage tank Steam jacket	40	Surface of insulation 2F
	" Top	44	
(23)	Spinneret preheater Side	48 ~ 67	"
	" Top	62 ~ 96	
(24)	Extractor tank No. 8 Side	145	(98°C) "
	" Manhole (top)	84	
	" Top head plate	48	
	" No. 5 Side	43	"
	" Manhole (top)	82	
	" Top head plate	52	
(25)	Vacuum dryer Side	47	(149~166°C) 1F
	" Manhole	65	
(26)	Hot water tank No. 4	35	

ラクタム貯槽の表面温度



4,000



6.1.3 ラクタム回収タンクの放熱防止

ラクタム回収工場入口にあるタンク2基(屋外設置)は、貯蔵液を蒸気で加熱して一定の温度を保持するようになっている。

表面温度は別図に示すようにそれ程高くないが、大きいタンクなので保温による放散熱量の低減効果は大きい。

(1) 円型タンクの保温

	現 在	改 善 後
対流放散熱量 kcal/h	11,357	3,057
放射放散熱量 kcal/h	8,547	4,182
計	19,904	7,239

燃料節約量(年間)

$$\frac{19,904 - 7,239}{9682 \times 0.84 \times 0.945} \times 24 \times 365 = 14.4 \text{ kl/year}$$

節約金額

$$14.4 \times 10^3 \times 4.5 = 64,600 \text{ Bt/year}$$

保温費用は概算 80,000 パーツ

諸元

タンク寸法 外径 5,820 × 高さ 4,800 mm

断熱材材質 グラスウール

断熱材厚さ 25 mm

表面温度 53 °C

大気温度 30 °C

蒸気圧力 7.0 kg/cm²G

蒸気エンタルピー 660.9 kcal/kg

ボイラの給水温度 30 °C

ボイラ効率 84 %

(2) 角タンクの保温

	現 在	改 善 後
対流放散熱量 kcal/h	16,824	2,403
放射放散熱量 kcal/h	5,130	2,727
計	11,694	5,130

燃料節約量 (年間)

$$\frac{11,694 - 5,130}{9682 \times 0.84 \times 0.945} \times 24 \times 365 = 7.4 \text{ k}\ell/\text{year}$$

燃料節約金額 33,300 Bt/year

保温施工費 概算 49,000 パーツ

諸元

タンク寸法 幅 4,500 × 長 5,500 × 高 2,500 mm

断熱材 グラスウール

断熱材厚さ 25 mm

表面温度 現在 54 °C, 改善後 40 °C

6.1.4 電気加熱器

電気加熱器の表面温度も多くは 65 °C 以下であったが、次のものは高い温度を示している。

Equipment	Capacity x No. of units	Average surface temperature
Lower Heater	20 KW x 10 sets	140 ~ 165 °C
Extraction	40 x 3	81
Depolymerization Heater	40 x 5	211
Upper Heater	15 x 10	160 ~ 220
Nylon		
Spinning (old type)	2 x 2	70
Spinning (new type)	10 x 5	90
Polyester		
Spinning	12 x 6	100
Total	796	

電力のうち 30 % が放熱で失われているとすれば、これを 10 % 減少させることにより次の省エネルギー効果がみこまれる。

節減電力 796 kW × 0.3 × 0.1 = 23.9 kW

節減電力量 23.9 kW × 24 × 365 day = 209,200 kWh/year

6.1.5 ボイラ及びボイラまわりの配管

蒸気配管の保温は大体良好であるが、ボイラ給水ラインの保温が必要と考える。低圧ボイラの給水ラインは給水タンクから給水ポンプまで3管約8m、ポンプ吐出側の2管約4m、3管約11m、連続ブロー装置本体及びそれ以降の3管約25m（表面温度72℃）が保温されていない。

高圧ボイラについても同様なことがいえる。給水タンクから連続ブロー装置までは配管距離も長く、屋外であるので雨天の場合は特に熱損失が大である。

またボイラ給水配管の配管距離の短縮を工夫されたい。

給水温度が5℃上昇したときの燃料節減量は次のようになる。

ボイラ効率を84%とする。

$$\begin{aligned} \text{燃料節減量} &= \frac{(4,683 + 7,525) \text{ kg/h} \times 5 \text{ }^\circ\text{C} \times 1 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} \times 24 \text{ h} \times 365 \text{ day}}{(9,654 + 28) \text{ kcal/kg} \times 0.84 \times 0.945} \\ &= 70 \text{ kl/year} \end{aligned}$$

全般的にボイラ本体からの熱放散が大きく、特に前面のバーナまわりに、表面温度が135℃の部分がある。内面のバーナタイルの点検、又は表面の石綿保温施工が必要である。安全上からも保温することが望ましい。

6.2 ボイラ管理

運転状況は日報によく記録されている。これに加えて、蒸発倍数（給水量と燃料量の比）を定期的に計算し日報に記入するとよい。

低圧ボイラの空気比が1.56と稍高いが、1.3以下に下げることがある。バーナノズルの定期的な点検・整備とダンパの調整によって排ガス中のO₂を4%以下に下げようにしてほしい。低O₂バーナを使用すればO₂は1.5～2.0%まで下げることができる。なお排ガスのCO₂%のチェックもされているが、O₂値による方が精度はよい。

排ガス温度もやや高目なので、空気比の低下をはかるとともに、スートブローも確実に実施してほしい。

空気比が1.56から1.3に下れば、排ガス損失は16%低下し、燃料油消費量は約2.3%節減できる。

$$4,493 \text{ kl/year} \times 0.023 = 103.3 \text{ kl/year}$$

なお低圧ボイラの排ガス温度計が破損しているので取り替えられたい。

6.3 ボイラ水の管理

高圧ボイラのブロー率は7%，低圧ボイラでは12%となる。記録によると，高圧ボイラのボイラ水濃度は基準値よりやや高目であるので管理に注意されたい。

pH 9.2～10.8, 全蒸発残留物 300 mg/ℓ 以下, 電気伝導度 500 μS/cm, Cl⁻ 50 mg/ℓ 以下, PO₄³⁻ 3～10 程度に抑えたい。

低圧ボイラのボイラ水濃度は特に数値が高い。pH 10.8～11.8M, アルカリ度 600 CaCO₃ mg/ℓ 以下, 全蒸発残留物 2,000 mg/ℓ 以下, 電気伝導度 3,000 μS/cm以下, Cl⁻ 300 mg/ℓ 以下, PO₄³⁻ 20～40 mg/ℓ 程度に管理する必要がある。

低圧ボイラの場合は原水が軟水であるので，純水に近いドレン回収水の混合比率が上昇すると，ボイラ給水の水質がよくなり，ブロー率を下げる事が可能になる。低圧ボイラのブロー率を8%に下げられれば次のような燃料消費量の削減ができる。

1日当たり給水量 180,600 kg/day

12%の時のブロー量 21,600 kg/day

ボイラ効率 84%とする。

8%の時のブロー量 14,450 kg/day

$$\frac{\{ (21,600 \text{ kg/day} - 14,450 \text{ kg/day}) \times (93 \text{ }^\circ\text{C} - 66 \text{ }^\circ\text{C}) \} \times 365 \text{ day/year}}{(9,654 \text{ kcal/kg} + 28 \text{ kcal/kg}) \times 0.84 \times 0.945}$$

$$= 9.1 \text{ k}\ell/\text{year}$$

6.4 フラッシュ蒸気の有効利用

ナイロン製造工程における蒸気使用設備の加熱温度は Vacuum Dryer が 149～166℃に対して Extractor は 98℃である等一定でないので，高圧ドレンをフラッシュタンクに導き，発生したフラッシュ蒸気を低圧ラインに利用することは，省エネルギー上有効な手段と思われる。

いま圧力 8 kg/cm²の蒸気ドレンを再蒸発する場合を例にとると，二次側の蒸気圧力 2.0 kg/cm²のとき発生する蒸気量はドレンの 8.3%である。

計算

(f) フラッシュ率

(h_i') フラッシュ前の蒸気圧力におけるドレンの飽和水のエンタルピー

176.7 kcal/kg

(h_2') フラッシュ後の蒸気圧力におけるドレンの飽和水のエンタルピー
133.4 kcal/kg

(r) フラッシュ後の蒸気圧力における蒸発潜熱 517.1 kcal/kg

$$\text{フラッシュ蒸気量 } f = \frac{h_1' - h_2'}{r} \times 100 = 8.4 \%$$

ドレンの保有熱量のうちフラッシュ蒸気に移る割合は、2 kg/cm²の蒸気のエンタルピーが 650.6 kcal/kgであるから、

$$\frac{650.6 \times 0.084}{176.7} = 30.9 \%$$

となる。

このフラッシュ蒸気はタンク等の保温に利用でき、残った低圧ドレンはボイラ給水に利用できる。

仮に 8 kg/cm²のドレンの半量について、フラッシュ蒸気を利用した場合の効果を試算してみよう。

$$\text{対象ドレン量 } 7,000 \text{ kg/h} \times 0.5 = 3,500 \text{ kg/h}$$

$$\text{フラッシュ前圧力 } 8 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{フラッシュ後圧力 } 2 \text{ kg/cm}^2$$

ドレンとして排出される熱量の差

$$3,500 \text{ kg/h} \times \{ 176.7 - (1 - 0.084) \times 133.4 \} = 190.8 \times 10^3 \text{ kcal/h}$$

燃費量に換算すると、

$$\frac{190.8 \times 10^3 \text{ kcal/h} \times 24 \text{ h} \times 365 \text{ day}}{(9,654 - 28) \text{ kcal/kg} \times 0.84 \times 0.945} = 216.2 \text{ kl/year}$$

2.6 ドレン回収

高圧ライン、低圧ラインともドレン回収は一部行われているが、回収率が小さいようである。給水タンクに補給する純水、軟水を計量し、その量と給水量との差からドレン回収量も算出し管理されたい。

ドレン回収率を上げることにより、給水温度の上昇、給水水質の向上に伴なうブロー率の低下がはかられる。

低圧蒸気の約 35 %がナイロン回収工程に使われ、その 10 %が回収されているとすると、現在捨てられているドレン量は、

$$191\text{t/day} \times 0.35 \times 365 \text{ day} \times (1 - 0.1) = 22,000 \text{ t/year}$$

である。

このドレンのうち 80 % を常圧で回収するものとし、その熱量を燃料油量に換算すると、

$$\frac{22 \times 10^6 \text{ kg/year} \times (100 - 30) \text{ kcal/kg} \times 0.8}{(9,654 + 28) \text{ kcal/kg} \times 0.84 \times 0.945} = 159.4 \text{ k}\ell/\text{year}$$

となる。

7. 電力の消費状況

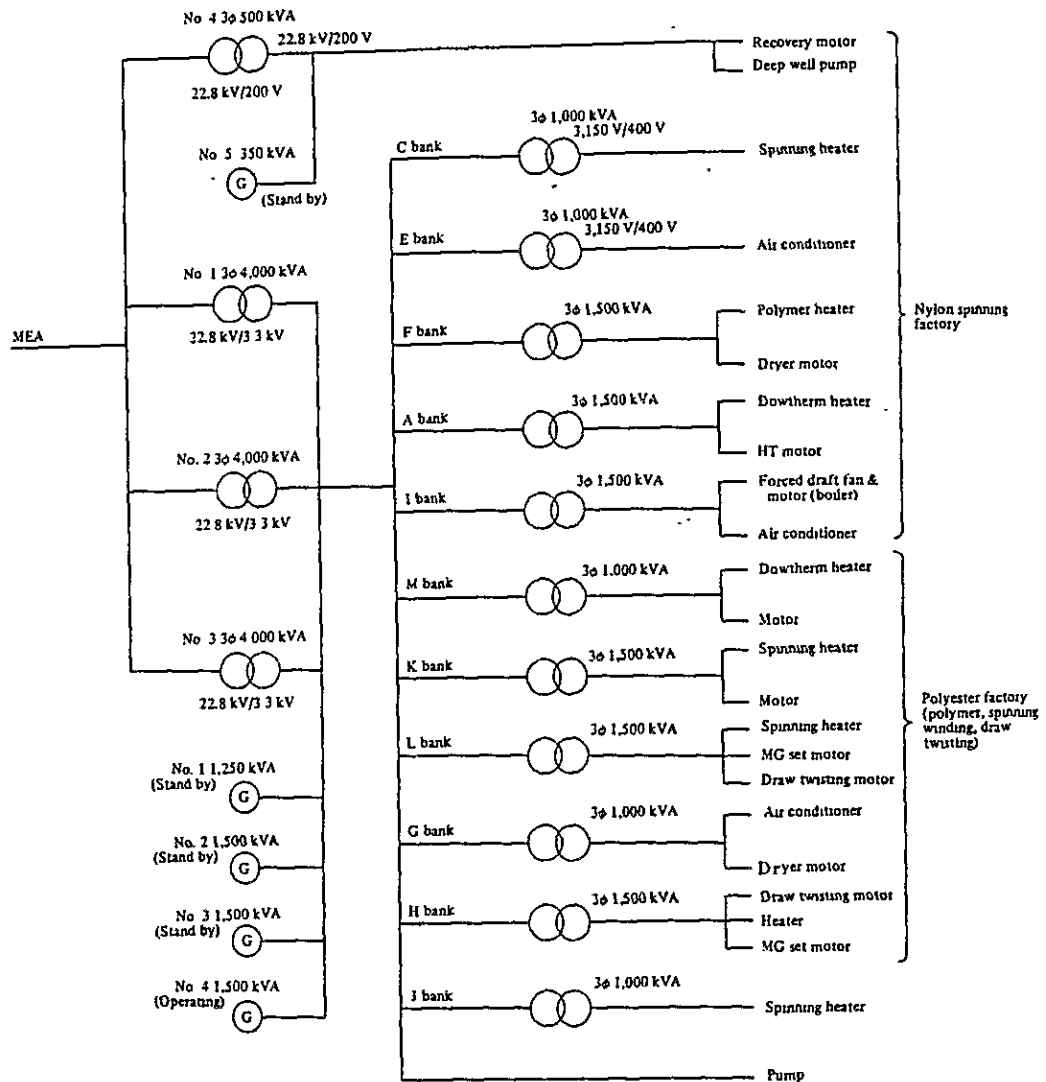
7.1 電力消費に関する主な指標は次のとおり。

- 電力会社 : M E A
- ピーク・デマンド : 5,700 kW
- 使用電力量 : 3,500,000 kWh/month
- 負荷率 : 85.0 %
- ペナルティ・フィ : な し
- 力 率 : 98 %
- トランス : 12,500 kVA (4,000 kVA × 3 + 500 kVA × 1)
- 電力原単位 : 3,435 kWh/kg

7.2 負荷の配分

モ	ー	タ	47.4 %
空		調	18.0
照		明	0.9
電		熱	30.6
コ		ンプレッサ	3.1
		計	100

7.3 配線系統図



7.4 使用電力量の割合

当工場の使用電力量の9割程度はMEAから受電しているが、生産工程のうち最重要部門については、万一停電がおきては生産に支障をきたすので、ディーゼル発電機による自家発電を行っている。その全使用量にしろる割合は1割程度である。

なお、ディーゼル発電機は1,500 kVA × 3台、1,250 kVA × 1台、350 kVA × 1台計5台6,100 kVAであるが、現在1,500 kVA × 1台を運転している。

8. 電力管理の問題点と対策

8.1 現在優れている点

当工場はほとんど問題点がない。例えば、次のようにすぐれた点がある。

8.1.1 力率の改善

適正容量の進相コンデンサの取り付けにより力率は98%と、きわめて高い値を示しており、電力の有効活用に大きな努力を払っている。

8.1.2 空調の適正化

紡績工程においては、恒温、恒湿を必要とするため、適正な設定値を定めて空調を行っている。

また、建物の断熱を十分にして、冷気の漏出を防ぎ、省エネルギーに努めている。

さらに、ナイロン工程の屋上にあるクーリングタワー37kW×4台のヘッドが大きく多量の電力を要するため、休止し、その代わりにクーリングタワー11kW×4台を地上において、大幅な省エネルギー(104kW節減)を行った。

8.1.3 変圧器の統合・整備

受電用変圧器は4,000kVA×3台、500kVA×1台があるが、負荷が軽くなっているため、4,000kVA×3台のうち、1台を休止し、高効率運転を行っている。

また、配電用変圧器は11台あるが、負荷の軽い変圧器は休止し、二次側で負荷を他の変圧器に統合して、負荷率が60～100%の高効率運転を実施している。

8.2 問題点と対策

(1) 電力管理

- a. 受電日誌の毎時間の記録は、積算電力計の「読み」の差だけとしないで、乗率をかけて使用電力量を記録するとか、「読み」をグラフ化してその推移を把握して、省エネルギーのための管理に活用する。
- b. 1週1回程度でよいので、毎時間の使用電力量の記録に基づいて日負荷曲線を作成し、負荷の一層の平準化に努めることが望ましい。

(2) 設備管理

a. モータ

- 当工場は増設を重ねているので、水やエアの現在の配管の経路、圧力、水量、風量が適正か否か細かく検討することが肝要である。

○ナイロン、ポリエステル、用役の諸工程における大容量モータ 19 セットの、
 負荷率、すなわち $\frac{\text{実 負 荷}}{\text{定 格 容 量}}$ を実測したところ、多くは負荷率が 80 ~ 100 %
 の高効率範囲に収まっているが、負荷率が 30 % 程度の軽負荷のモータが若
 干みられるので、よい機会にモータの容量を適正化して、高効率運転をするこ
 とが必要である。

(工 程)	(容 量)	(台 数)	(負荷率)
ナイロン工程			
	kW	台	%
○ DRAW TWIST	22	16	32.7
○ " "	11	16	37.3
○ WINDING	15	5	35.3
○ MELTING— SPINNING	15	5	30.7
ポリエステル工程			
○ SYNCHRO— NOUS	60	6	25.6

これらは、たまたま実測の際軽負荷であったとも考えられるので、今後さ
 らにデータを重ねてとり、その結果、常に負荷が軽いときは、機会をみて、モ
 ータを適正容量のものに取り替えることが必要である。

これによる省エネルギー効果は、次のように試算される。

Motor		Efficiency		Loss		Number of units	Reducing loss kWh/year
kW	kW	%	%	kW	kW		
22 →	7.5	81.5 →	82.0	4.07 →	1.35	16	381,235
11 →	5.5	86.5 →	86.0	1.48 →	0.77	16	100,214
15 →	5.5	87.0 →	86.0	1.95 →	0.77	5	51,684
15 →	5.5	86.0 →	86.0	2.10 →	0.77	5	58,254
60 →	18.5	88.0 →	91.5	7.20 →	1.57	6	295,781
							887,168

節減電力量 887,170 kWh/year

節減率 $887,170 \text{ kWh/year} \div 42,000,000 \text{ kWh/year} \doteq 2.1 \%$

- スピニング工程のモータ 420 kW（ナイロン工程 198 kW，ポリエステル工程 222 kW）の伝動軸にかかったベルトは、現在、一重のゴム製であるが、これを省エネルギー型のベルトに変更すると伝導ロスが小さくなり、約 4%の省エネルギーとなる。

節減電力 $420 \text{ kW} \times 0.04 = 16.8 \text{ kW}$

節減電力量 $16.8 \text{ kW} \times 24 \text{ h} \times 365 \text{ day} \doteq 147,200 \text{ kWh/year}$

節減率 $147,200 \text{ kWh/year} \div 42,000,000 \text{ kWh/year} \doteq 0.4 \%$

b. 照 明

- 各工程の照度を測定したところ次の結果をえた。

	N 工 程	P 工 程
	ルクス	ルクス
DRAW TWIST	123	264
〃 C.R	90	80
WINDING	181	309
〃 C.R	52	231
SPINNING	78	148
〃 C.R	64	310
KEEP TO Draw Twisting	90	105
MAIN C.R	35	-

C.R（CONTROL ROOM）は、省エネルギーの中心なので、作業、監視にある程度の照度が必要な場所であるため、少なくとも 200ルクス程度に照度をすることが望ましい。

（注） N工程はナイロン工程，P工程はポリエステル工程を略したもの。

- 工場内の 40 W けい光ランプ 2,500 灯を一般型から省エネルギー型に取り替え，さらに，屋外灯の 150 W けい光水銀ランプ 44 灯を高演色型高圧ナトリウムランプに取り替えると次の省エネルギー効果がある。

節減電力量 $\{ (40 \text{ W} \times 2,500 \text{ 灯} \times 0.1 \times 24 \text{ h}) + (150 \text{ W} \times 44 \text{ 灯} \times \frac{1}{2} \times 12 \text{ h}) \} \times 365 \text{ day} \doteq 102,050 \text{ kWh/year}$

節減率 $102,050 \text{ kWh/year} \div 42,000,000 \text{ kWh/year} \doteq 0.2 \%$

c. 空 調

。十分な産業空調をするため、温度、湿度を詳細に定めている。

実測の結果も概ね同様であり、適切な空調が行われている。

ナイロン工程

	設 定		実 測	
	℃	%	℃	%
DRAW TWIST	28	60 ~ 70	27	81
WINDING	19	58 ~ 61	20	46
SPINNING	30	50 ~ 59	34	48
KEEP TO D.T	26	60 ~ 62	26	64

ポリエステル工程

	設 定		実 測	
	℃	%	℃	%
DRAW TWIST	27	40 ~ 45	29	55
WINDING	30	60 ~ 65	30	75
SPINNING	35	38 ~ 40	35	37
KEEP TO D.T	29	70 ~ 75	29	67

。湿気を加湿、冷却するウォータ・ワッシャの各工程の数は次のとおりであり、ノズルの径はいずれも4mmである。

Room	ナイロン工程			ポリエステル工程		
	設 置	使用中	ノズルの個数	設 置	使用中	ノズルの個数
Q	1	1	360	1	1	312
TU	2	1	510	1	1	130
C ₁	1	1	168	1	1	276
C ₂	1	-	96	1	-	130
D ₁	1	1	700	1	1	660
D ₂	1	1	200			
計			2,034			1,508

現在のウォータ・ウォッシャーの水量が最適か否かを検討のうえで、ノズルの径の変更等により、製品の品質に支障のない範囲で水量ひいては電力量を節減することを検討中とのことなので、それをすすめることが望ましい。

d. 自家発電の改善

ディーゼル発電機は、停電すると支障をきたす重要工程等に使われているが、遅延リレーの適切な利用等により、停電時のトラブルを防ぐことができれば、ディーゼル発電機は常時は休止しておくことが、発電原価のうえから好ましいと思われる。

運転を継続する場合、廃熱の利用を検討されたい。

e. ヘッドタンク等の省略

工程中の温水等のヘッドタンクは、動力節減のためできるだけ数を減らすよう検討されたい。

9. まとめ

以上の対策を実施することによる効果は下記のとおりである。

1. 断熱強化	91.1 kl/year	1.3 %
2. 空気比低減	103.3 kl/year	1.5 %
3. 給水水質の改善	9.1 kl/year	0.1 %
4. フラッシュ蒸気利用	216.2 kl/year	3.2 %
5. ドレン回収	159.4 kl/year	2.4 %
小 計	579.1 kl/year	8.6 %
6. モータの容量変更	887.2 × 10 ³ kWh/year	2.1 %
7. モータベルトの材質改善	147.2 × 10 ³ kWh/year	0.4 %
8. 電熱機器の断熱強化		
D.W. Head Tank	4.2 × 10 ³ kWh/year	} 0.5 %
ヒーター	209.2 × 10 ³ kWh/year	
9. 光源の高効率化	102.0 × 10 ³ kWh/year	0.2 %
小 計	1,349.8 × 10 ³ kWh/year	3.2 %

BANGKOK NYLON COMPANY

1. 工場の概要

Address	113 Ramintra Road Umphur Bangkhen	
Capital	40 million Bt	
Type of industry	Manufacture of nylon socks	
Major products	socks and underwear	
Annual output	1,200,000 dozens	
No. of employees	550	
Annual energy consumption	Electric Power	2,112,000 kWh
	Fuel	Fuel oil 320 kℓ
Interviewees	Mr. Sersh, Factory Manager and one other person	
Date of diagnosis	February 8 ~ 9, 1983	
Diagnosers	K. Nakao, Y. Ohno and M. Matsuo	

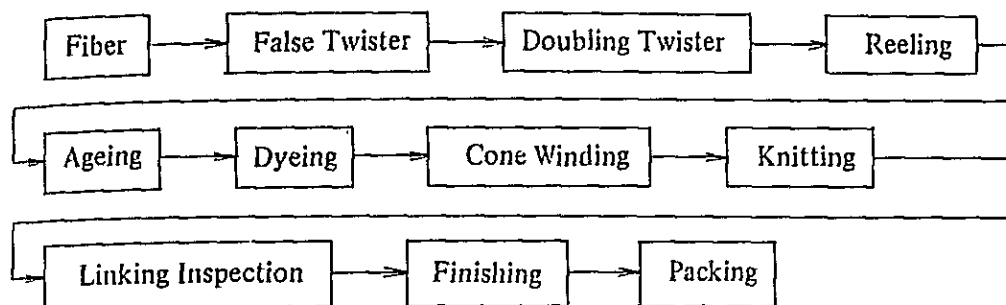
1965年、日本の東レ、三井物産、日南との合弁会社として発足し、当時輸入の増加していた靴下の国産化に乗り出した。

織機は70機で出発したが、現在は347機を保有し、東南アジア最大の靴下製造工場となっている。製品は国内で多くのブランドで販売されているほか、20%は日本、東南アジアを始め世界各国に輸出されている。敷地内に日本企業と合弁の子会社をおき、elastic yarnの製造などを担当させている。

売上高に占めるエネルギー費の割合は3%と低いが、天然ガスへの燃料転換も検討中とのことであった。

織機は新式のものも導入されており、製品不良率は3%程度に納っている。

2. 製造工程

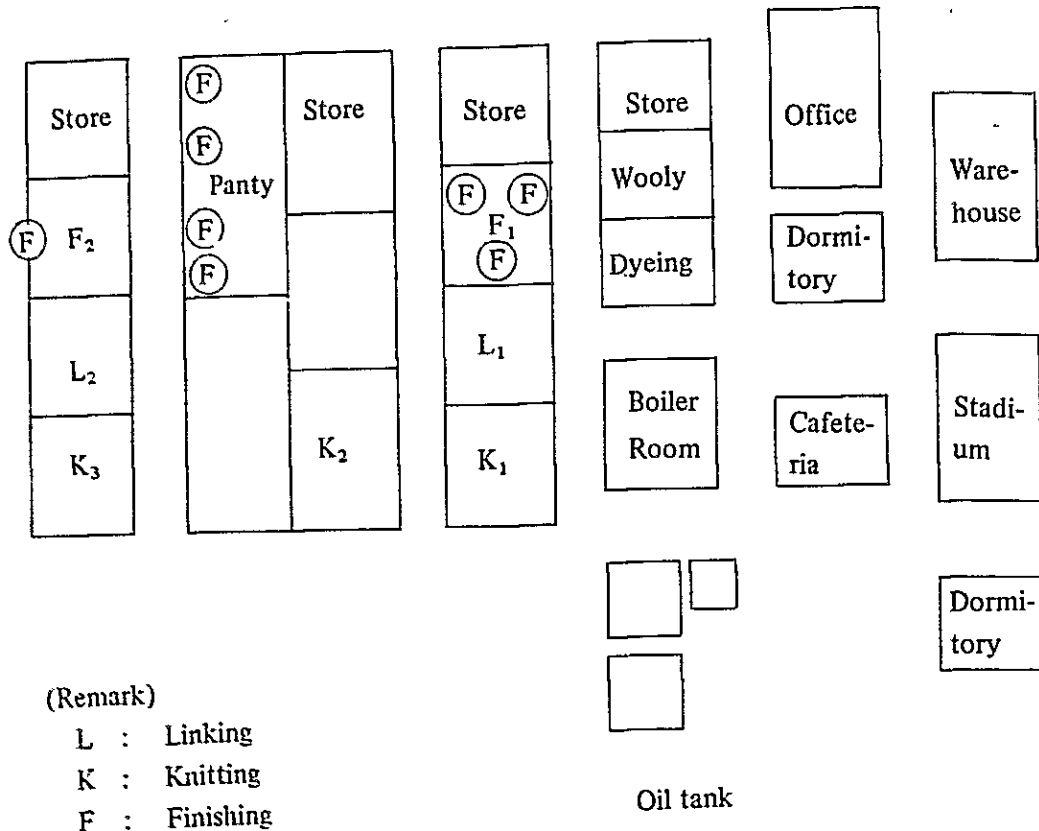


3. 主要設備の概要

3.1 主要設備

Name	No. of units installed	Type, etc.
Boiler	2	3 t/h (6.6 kg/cm ²)
Ageing chamber	1	
Dyeing machine	5	1 unit for normal pressure 4 units for increased pressure (50 kg/cm ²)
Finishing machine (heat setter)	4	
Knitting machine	347	150 kW
Twisting machine	4 lines	32 kW
Air conditioner		
Central type	3	55 kW
Package type	9	65 kW
Total	12	120 kW

3.2 工場内配置図



4. エネルギー管理状況

4.1 省エネルギー投資と改善事例

具体的な目標を設定し、組織的に進めるという体制にはなっていないが、これまでも次のような改善が行われている。

- スチーム配管の保温
- スチームトラップの交換
- けい光灯の位置を下げる。
- 不要灯の消灯をしやすいようにスイッチを分割
- けい光灯の灯数削減
- 空気調和は付加価値の高い製品の部分のみに限定しており、新工場では天井を高くして、むしあつさを防ぐようにしている。

これまでの投資額は少ないが、2年以内で資金を回収できるような案件については積極的に投資する方針とのことであった。

4.2 エネルギー消費量の把握

- (1) 当工場には、使用電力量の記録がなく、本社でまとめているが、省エネルギーを推進するには、当工場において使用電力量を把握し、次のように活用する必要がある。
 - a. 受電日誌により、毎時間の使用電力量を記録する。
 - b. 負荷率が約57%と低いので、日負荷曲線を作成し主要工程の負荷分析により負荷を平準化し負荷率の向上とピークの抑制をはかる。
 - c. 電力原単位を算出し、その推移を把握する。
- (2) ピーク・デマンドは、現在、本社の伝票により算出しているが、将来は当工場で詳細に記録をとり、負荷を分析して、一斉に機械を始動しないよう配慮する等、デマンドの抑制をはかる。
- (3) 新工場A、Bの変電所には電流計と電圧計のみ取り付けられているので、さらに電力計、積算電力計、力率計等を取り付けて、省エネルギーの推進に活用することが必要である。

4.3 省エネルギー委員会と提案制度

省エネルギー委員会の組織は現在もっていないが、生産、安全、品質、福利厚生等に関する会議は開いており、エネルギーの問題も話題にしている。提案制度はあるが安全、生産工程の改善に関するものが多い。

4.4 従業員の教育

販売関係については、ビデオテープ等による教育を行っている。またTPA等のセミナーに幹部を参加させており、さらに日本に見学に行かせることもある。

従業員に対し蒸気の節約及び水の節減等についての呼びかけや、ポスター掲示を行っている。

今後、省エネルギーを効果的に進めるには従業員全体をまきこむ活動が必要である。また活動母体の組織化が必要で、現場の主任クラスまで含めた省エネルギー委員会の組織作りや、小集団活動の育成が望まれる。

5. 燃料の消費状況

Bunker A はボイラの蒸気発生用の燃料として消費され、その消費量は年間 320 Kt/year である。

発生蒸気は Ageing , Dyeing , Finishing の各工程の加熱源として使用されている。
ボイラの稼働時間は 16 h/d。

5.1 ボイラの熱勘定 GEBRÜDER WAGNER BOILER

給水流量計が故障中であり蒸発量が分からないが、一部仮定を置いて熱勘定を行った。

Input			Output		
Item	10 ³ Kcal/h	%	Item	10 ³ Kcal/h	%
Heat of fuel combustion	1,045.0	99.6	Heat of steam	896.3	85.4
Sensible heat of fuel	4.5	0.4	Loss of heat in exhaust gas	115.4	11.0
			Heat release from boiler body, Others	37.8	3.6
Total	1,049.5	100.0	Total	1,049.5	100.0

5.2 熱勘定計算諸元 GEBRÜDER WAGNER BOILER

燃料の種類		A 重油
燃料消費量	(F)	110 kg/h
燃料発熱量 (低位)	(HI)	9.500 kcal/kg
燃料の比熱	(C _p)	0.45 kcal/kg°C
燃料の温度	(T _F)	120 °C
基準温度	(T ₀)	30 °C
廃ガス中の O ₂ %	(O ₂)	7.3 %
廃ガス温度	(T _G)	230 °C
給水温度	(T _W)	40 °C
蒸気圧力	(P)	6.6 kg/cm ² g
ボイラ外壁からの放熱量		
長手方向	(Q _L)	56 kcal/m ² h
詰前 (バーナ側)	(Q _F)	127 kcal/m ² h

後部側壁	(Q_B)	1,036 kcal/m ² h
ボイラ寸法(外法)		φ 2,100 × 4,170 L
試験時間		1.2 h

熱勘定計算式

入熱

燃料の燃焼熱 (Q_C)

$$Q_C = F \times H \ell = 1,045.0 \times 10^3 \text{ kcal/h}$$

燃料の顕熱 (Q_S)

$$Q_S = F \times C_p (T_F - T_0) = 4.5 \times 10^3 \text{ kcal/h}$$

出熱

廃ガスの持ち去る熱量 (Q_E)

$$\text{理論空気量 } (A_0) = (0.85 \text{ H}\ell / 1,000) + 2.0 = 10.08 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

$$\text{理論排ガス量 } (G_0) = 1.11 \text{ H}\ell / 1,000 = 10.55 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

$$\text{空気比 } (m) = 21 / (21 - O_2) = 1.53$$

$$\text{実際排ガス量 } (G) = G_0 + (m - 1) A_0 = 15.89 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

$$Q_E = F \times G \times 0.33 (T_G - T_0) = 115.4 \times 10^3 \text{ kcal/h}$$

炉体からの放散熱量 (Q_R)

$$Q_R = 2.1 \pi \times 4.17 Q_L + (2.1/2)^2 \pi Q_F + (2.1/2)^2 \pi Q_B = 6.4 \times 10^3 \text{ kcal/h}$$

その他の損失熱量 (Q_0) 入熱量の3%とした。

$$Q_0 = 0.03 (Q_C + Q_S) = 31.4 \times 10^3 \text{ kcal/h}$$

蒸気の保有熱量 (Q_V)

$$Q_V = Q_C + Q_S - Q_E - Q_R - Q_0 = 896.3 \times 10^3 \text{ kcal/h}$$

蒸発量 (S)

$$\text{蒸気のエンタルピー} (E_S) = 660.3 \text{ kcal/kg}$$

$$\text{給水のエンタルピー} (E_f) = 40.0 \text{ kcal/kg}$$

$$S = Q_V \div (E_S - E_f) = 1,445 \text{ kg/h}$$

5.3 熱効率計算 Oekonom-Kessel (Sabel & Scheurer)

ボイラにつき1982年11月の実績により熱効率を求めた。

燃料の種類 A 重油

燃料消費量 (F) 32,870 l/m = 95.4 kg/h

燃料発熱量 (低位)	(HL)	9,500 kcal/kg
燃料の比熱	(Cp)	0.45 kcal/kg°C
燃料の比重		0.975
燃料の温度	(T_F)	120 °C
基準温度	(T_O)	30 °C
給水量	(W)	425,000 l/m = 1,265 kg/h
給水温度	(T_W)	33 °C
蒸気圧力	(P)	6.6 kg/cm ² g
ブロー水量 (給水量の1%と仮定)	(B)	13 kg/h
ブロー水温度		167 °C
作業日数		21 d
作業時間		16 h/d

$$\text{蒸発倍数} = (W - B) / F = 13.1 \text{ 倍}$$

$$\text{換算係数} = (E_S - E_F) / 538.8 = 1.16$$

$$(E_S) \text{ 蒸気のエンタルピー} = 660.3 \text{ kcal/kg}$$

$$(E_F) \text{ 給水のエンタルピー} = 33 \text{ kcal/kg}$$

$$\text{換算蒸発倍数} = (W - B) / F \times (E_S - E_F) / 538.8 = 15.20 \text{ 倍}$$

$$\text{ボイラ効率} = \frac{(W - B) (E_S - E_F)}{F \times HL + F \times Cp \times (T_F - T_O)} = 86.3 \%$$

6. 熱管理の問題点とその対策

6.1 ボイラ管理

ボイラ2基の中1基は新しく入替えたばかりであり従来のボイラもよく整理され、ボイラ室内はきれいに整頓されている。ボイラ日誌の記録もよく行われている。

新旧各ボイラ別のボイラ熱効率の変化を把握して適切な管理をするためには、その毎日の燃料消費量と給水量がわかるようにする必要がある。現在燃料消費量はボイラ別にわかるようになっているが、給水流量計は旧ボイラ用に1個あるだけなので、この流量計の取り付け位置を改善して新ボイラの方も測定できるようにするか、できれば別に新ボイラ用の給水流量計を取り付けることをすすめる。

6.2 ボイラおよび関連設備の保温

3,000 ℓ 重油サービスタンクのスチームトラップが作動不良となっており、スチームが給水タンクに洩れこんでいる。また△重油ならば予熱の必要はない。

蒸気ヘッダーはその上部に並ぶバルブまで十分に保温され放熱量は少ない。

蒸気ヘッダー側面	54 °C
蒸気ヘッダーフランジ部	63 °C
蒸気ヘッダー上部バルブ	52 °C

当日運転していた新設ボイラ (GEBRÜDER WAGNER) の表面温度測定の結果は、側面は44°Cであったが、後部掃除口は103°Cとやや高い数値を示した。

6.3 ボイラ排ガス温度

ボイラの燃焼排ガス測定の結果は、

	低燃焼時	高燃焼時
排ガス温度	170 °C	230 °C

であった。重油焚きボイラとして適当な値である。

6.4 空 気 比

高燃焼時の空気量がやや過剰である。オイルバーナーの空気取入口、ダンパーを煙突から黒煙が出る寸前まで調整し、O₂を4.5%程度に下げてほしい。

燃焼排ガス中のO₂% 7.3%

空気比 $m = 21 / (21 - O_2) = 1.53$

いま空気比を改善して、 $m = 1.3$ にすると、

約2%の燃料が節約できこれを金額に直すと、 $320 \text{ Kt/y} \times 0.02 = 6.4 \text{ Kt/y}$

燃料節約金額は約30,000 Bt/yとなりその効果は大きい。

6.5 蒸気使用設備の保温

(1) 蒸気配管の保温は全般的に良好であるがAgeing chamber 入口配管の減圧弁、電磁弁バイパスパイプ及び継手等も保温が必要である。

主なバルブ、減圧弁等についての放散熱損失は次のとおりである。

○ 3/4" 減圧弁1個、3/4"バルブ7個 (5.91 m管長に相当する) 。

- 3/4"パイプ 全長 約 1.5 m
- 蒸気圧力を 2.5 kg/cm²とすると放熱量は、

$$138 \text{ kcal/mh} \times (5.91 \text{ m} + 1.5 \text{ m}) = 1,023 \text{ kcal/h}$$

- ボイラ効率を 85%，保温効率を 75%とし，保温による放熱損失減を燃料油の消費量に換算すると，次のとおりである。

$$\frac{1023 \text{ kcal/h} \times 16 \text{ h} \times 300 \times 0.75}{9,500 \times 0.85 \times 0.945} = 0.5 \text{ Kl/y}$$

他の 1/2"パイプ，継手等の放散損失を加算すると削減量はさらに大きくなる。

- (2) setting machine 4 台についても，蒸気入口配管のバルブから本体までの短管及び排出側のスチームトラップバイパス配管の保温をされたい。setting machine までの配管距離が長いので，可能なかぎり短縮することが必要である。また，屋外部の保温については，保温材に雨水がしみこまないように外装を確実にしなければならない。

- (3) Dyeing 室の温水タンクの保温

生蒸気吹き込みにより，温水を作っているタンクの側面及び底面，温水表面からの放散熱損失が大である。従って温水表面に保温フロートを浮かし，側面，底面を保温する必要がある。この場合の放散熱損失の減少を燃料消費量に換算すると，次のとおりである。

- 温水タンク表面積 4.4 m²，温水表面積 1.04 m²
- 温水タンク放散熱量 820 kcal/m²h × 4.4 m² = 3,608 kcal/h
- 保温効率 75%
- 温水表面からの放散熱量 7,400 kcal/m²h
- ・ 保温フロートを浮かした時の温水表面からの放散熱量 2,100 kcal/m²h

$$(7,400 \text{ kcal/m}^2\text{h} - 2,100 \text{ kcal/m}^2\text{h}) \times 1.04 \text{ m}^2 = 5,512 \text{ kcal/h}$$

$$\frac{(5,512 \text{ kcal/h} \times 16 \text{ h/day} \times 300 \text{ day/year}) + (3,608 \text{ kcal/h} \times 16 \text{ h/day} \times 300 \text{ day/year} \times 0.75)}{9,500 \text{ kcal/kg} \times 0.85 \times 0.945}$$

$$= 5.2 \text{ Kl/year}$$

また温水タンク吹き込み蒸気配管 3/4"，約 7 m が裸配管である。蒸気圧力を 5.5 kg/cm² とすると，放散熱量は 174 kcal/mh である。

保温した場合の放散熱損失減少量を，燃料油の消費量に換算すると次のとおりである。

$$\frac{174 \text{ kcal/m}^2 \times 7 \text{ m} \times 16 \text{ h/day} \times 300 \text{ day/year} \times 0.75}{9,500 \text{ kcal/kg} \times 0.85 \times 0.945} = 0.6 \text{ Kl/year}$$

(4) Hank Dyeing machine

表面温度が割に高いが保温されていない。保温効率を75%とすると、保温による燃料節減量は次のとおりである。

- 表面積 10 m²
- 平均表面温度 75 °C
- 放散熱量 560 kcal/m²h

$$\frac{560 \text{ kcal/m}^2 \text{h} \times 10 \text{ m}^2 \times 16 \text{ h} \times 300 \text{ day} \times 0.75}{9500 \text{ kcal/kg} \times 0.85 \times 0.945} = 2.6 \text{ kl/year}$$

(5) 加圧型ダイイングマシン

50kg/cycle 型ダイイングマシンの胴及び底部を保温したときの放散熱損失減を燃料油の消費量に換算すると次のとおりである。

- 缶体胴及び底部表面積約 3.7 m²
- 放散熱量 427 kcal/m²h
- 1回の平均加熱時間 160 分，1日4回転とすると，

$$\frac{427 \text{ kcal/m}^2 \text{h} \times 3.7 \text{ m}^2 \times 10.67 \text{ h/day} \times 300 \text{ day/year} \times 0.75}{9,500 \times 0.85 \times 0.945} = 0.5 \text{ Kl/year}$$

他に3基のダイイングマシンがあるので削減量はさらに大きくなる。

6.6 染色冷却水及び染色排液の熱利用

染色冷却水は温度が高くなっているのので、保温したタンクに貯えれば染色用の温水として利用できる。さらに染色排液と熱交換すれば一層温度を高くすることができる。

染色冷却水を別途に設けた保温タンクに貯えておき、新たに設けた熱交換器を通して次の染色用温水として、再利用することにより、蒸気量を削減することができる。

a) 50 kg/cycle 型ダイイングマシンの製造者データ

染色原料重量 50 kg

染色液容量 750 l (浴比 1:15)

冷却水量 67 l/min

b) 冷却条件

染色液は 130 °C から 90 °C に冷却されて排出。

冷却時間 20 分

冷却水量 1,340 l/20 min

冷却水は 31℃ から 53℃ に温められて排出している。

伝熱面積 1.9 m²

c) 染色温液との熱交換条件

染色排温液 90℃ から 75℃ まで熱回収。

冷却温排水は 53℃ から 61℃ に昇温。

熱交換時間 20 分とすると、熱交換面積 2.0 m² (1 1/2" パイプにして約 13 m 相当)。運転中の汚れを考慮して 3 m² 程度必要である。

従って 1 日の処理量を 200 kg/4 cycle 平均浴比 1 : 15 とすると、200 kg × 15 = 3,000 l/day の染色排液が排出される。それを熱交換することにより、

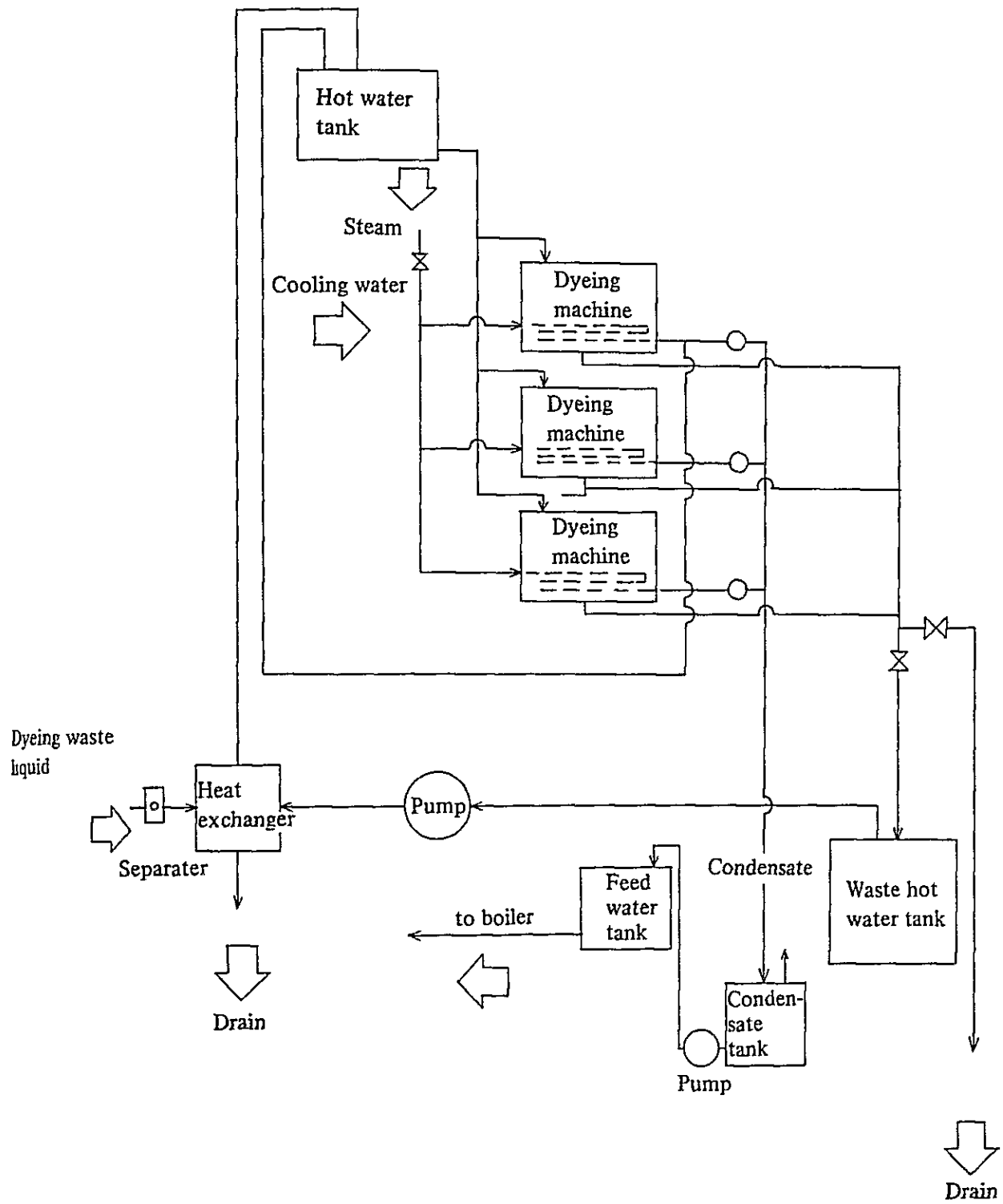
$$2,000 \text{ l} \times \frac{1340 \text{ l}}{750 \text{ l}} = 5,360 \text{ l/day}$$

61℃ の温水 5,360 l/4 cycle-day ができる。従って Dyeing 工程には勿論使用可能でありその残りの温水は scouring, reduction, cleaning, oiling 等に補給することができる。従って熱回収温水の全量を消費するとすれば燃料油の削減量は次のとおりとなる。(ただし放熱温度降下を 10% とする)

$$\frac{[(5,360 \text{ l/day} \times (61^\circ\text{C} - 31^\circ\text{C})) \times (1 - 0.1)] \times 300 \text{ day}}{9,500 \times 0.85 \times 0.945} = 5.7 \text{ Kl/year}$$

他に 3 基の加圧型ダイイングマシンがあるので削減量はさらに大きくなる。

Heat recovery flowsheet of dyeing waste liquid



6.7 スチームトラップの点検整備

スチームトラップの作動が不良であると蒸気の漏洩損失が大である。

Ageing chamber 2 個

setting machine No.1 3 個 No.2・1 個, No.3・3 個, No.4・3 個のトラップ

は作動不良である。全数点検の上整備されたい。

6.8 ドレン回収

現在、ドレン回収は実施されていないが実施が望ましい。setting machine の位置が遠距離である点が問題とのことであるが、一番近い、setting machine 及び Ageing chamber との距離は 80 m 程度と判断されるので経済性はあると思われる。

ドレン回収により給水温度が、現在よりも 30℃ 上昇すると 4.7% の燃料消費量の削減になる。

従って、 $320 \text{ Kℓ/year} \times 4.7\% = 15.0 \text{ Kℓ/year}$ の削減量になる。

また、ドレン回収により、ボイラ給水の水質が向上して、軟水器の負荷の軽減、清浄剤の減量、ブロー量の減少にも効果がある。

7. 電力の消費状況

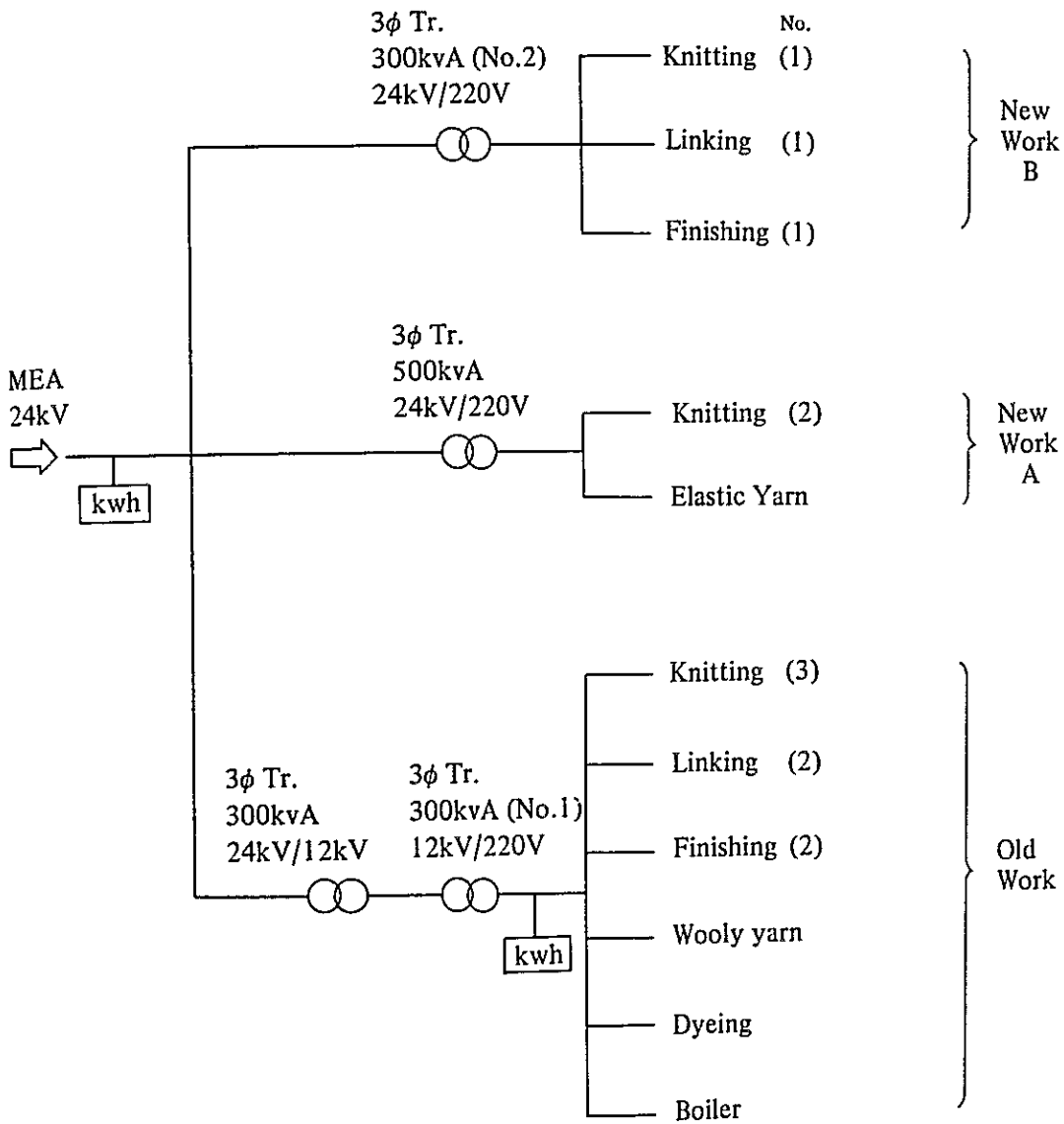
7.1 電力消費に関する主な指標

- 電力会社 : MEA
- ピーク・デマンド : 430 kW
- 使用電力量 : 176,000 kWh/month
- 負荷率 : 56.9%
- ペナルティ・フィ : 4,035 Bt/month
- 力率 : 72%
- トランス : 1,100 kVA (4 台)
- 電力原単位 : 1,760 kWh/ダース

7.2 負荷の配分 (kW配分)

モーター	76.6 %
空調	14.1 %
照明	5.5 %
電熱	3.8 %
計	100 %

7.3 配線系統図



8. 電力管理の問題点と対策

8.1 力率の改善

現在、力率の値は72%と低いので、進相コンデンサを取り付けて、力率を改善し、電力の有効活用をはかることが肝要である。

取り付けるべき進相コンデンサの容量は、力率72%から85%にするには150kVAr程度である。この進相コンデンサは3変電所に分散して取り付ける。

8.2 変 圧 器

(1) 現在、変圧器の総容量1,100kVAに対し、ピーク・デマンド430kW、力率72%なので、負荷率は約54%となり、概ね高効率の範囲で変圧器を運転している。

(2) 特に、新工場は今後生産設備の増設の計画もあるもようなので、現在の変圧器の容量は一応適正であると思われる。

8.3 モ ー タ

(1) 各工程のモータの中から、3.7kW～22kWのモータ5台を選んで、負荷率すなわち

$\frac{\text{実負荷}}{\text{定格容量}}$ を測定したところ、全部軽負荷で、負荷率は30～60%の範囲であった。

(2) モータは、負荷率が80～100%のとき効率が高いので、軽負荷のモータは、よい機会に適正な容量のものに取り替えることが必要である。

モータ容量	効 率	損 失	台数	損失減 kWh/year
11 kW → 5.5kW	86.5% → 86.0%	1.48 kW → 0.77 kW	1	5,148
3.7 → 2.2	84.0 → 82.0	0.59 → 0.40	2	2,822
5.5 → 2.2	79.5 → 82.0	1.13 → 0.40	2	10,534
5.5 → 3.7	84.0 → 86.5	0.88 → 0.50	1	2,740
5.5 → 2.2	81.5 → 82.0	1.02 → 0.40	1	4,475
22 → 15	90.5 → 91.5	2.09 → 1.28	1	5,868
合計				31,587

節減電力量 31,590 kWh/year

節 減 率 31,587 kWh/year ÷ 2,112,000 kWh/year ≒ 1.5%

(3) 次のモータは、いずれも負荷の変動が大きいので、周波数変換等による速度制御を実施すると、大幅な省エネルギーがはかれる。

ブ ロ ア	12 kW
ポ ン プ	28 kW
計	40 kW

もし、いずれも10%の速度制御を行うものとするれば、省エネルギー効果は次のようになる。

- ・節減電力 $40 \text{ kW} \times \{ (1 - 0.93) - 0.03 \} = 9.64 \text{ kW}$
- ・節減電力量 $9.64 \text{ kW} \times 24 \text{ h} \times 300 \text{ day} = 69,400 \text{ kWh/year}$
- ・節減率 $69,400 \text{ kWh/year} \div 2,112,000 \text{ kWh/year} \doteq 3.3 \%$

(4) 各工程におけるモータのベルトの弛度の状況を測定したところ、次のとおり概ね良好であった。

旧工場 8工程のうち5工程が良好
うち編機は96台[※]

新工場 9工程のうち6工程が良好
うち編機は69台[※]

※注編機のモータ計165台は、ベルトの弛度の状況が一応良好であるが、機会をみて現在の平ベルトをVベルトにかえるとともに、プーリーのセンターが狂っているようなので検討をしてみることが望ましい。

(5) ベルトの種類は、ほとんどが平ベルトであるが、撚機などの主要設備においては、省エネルギー型のベルトを使用し、伝動不良による電力ロスの軽減に努めている。

8.9 空 調

産業用空調を行っている次の工程は、実測の結果、概して品質保持に必要な空調条件をそなえていた。

旧工場 FALSE TWISTING : 26℃, 50%

KNITTING : 26.5℃, 53%

新工場 DOUBLE TWISTING AND REELING : 27℃, 38%

8.5 照 度

(1) 各工程の照度を測定したところ、100～300ルクスの範囲にあり、作業に応じた適切な値となっていた。

(2) 天井の高い工程で、けい光灯照明器具の高さを下げて、適切な照度をえているの

は、賢明な照明の方法である。

- (3) 現在、取り付けられている一般型のけい光ランプを省エネルギー型に取 替える
と、同じ明るさで約 10 %の省エネルギーとなる。

- ・ 節 減 電 力 $47 \text{ kW} \times 0.1 = 4.7 \text{ kW}$
- ・ 節減電力量 $4.7 \text{ kW} \times 24 \text{ h} \times 300 \text{ day} = 33,840 \text{ kWh/year}$
- ・ 節 減 率 $33,840 \text{ kWh/year} \div 2,11,000 \text{ kWh/year} \approx 1.6 \%$

- (4) 昼光利用は、バンコクにおいては省エネルギーの観点から積極的に行われるこ
とが望ましいが、その方法が適正でないと、まぶしさや照度の過度の対比等により
かえって作業能率の低下や作業環境の悪化を招くので、次の点に十分留意をするこ
とが必要である。

- a. 透過材に塩化ビニールを使うと、太陽光のもつ紫外線により表面が劣化して微
細なヒビ割れを生じ、粉塵がたまる等のため、1年毎に取り替えないと照度の低
下が著しい。そこで、透過材には紫外線の影響をうけることの少ないポリカーボ
ネート、アクリライト等を選ぶ。
- b. 太陽光による外界の照度の変化に応じて、自動的に小容量モータにより開閉す
るブラインドを透過材に取り付けて、工場内の照度を調整する。
- c. 透過材をとおって工場内にさしこむ外光のあたる部分と、その周辺の照度の対
比は 10 : 1 以内とする。

5.6 電 熱

当工場における電熱の用途は、燃機の「ダウサムオイルの加熱用」が主であるが、
燃機の加熱部分の表面温度がさほど高くないので、熱の放散が少なく、断熱が良好で
あると思われる。

9. ま と め

以上の対策を実施することによる効果は次のとおりである。

空気比の改善	重油換算 6.4 kl/year	2.0 %
Ageing Chamber 配管保温	0.5 kl/year	0.2 %
温水タンク保温	5.2 kl/year	1.6 %
温水タンク蒸気配管保温	0.6 kl/year	0.2 %

ダイイングマシン保温 (Hang)	2.6 kl/year	0.8 %
” (加圧型)	0.5 kl/year	0.2 %
染色冷却水および染色排液の熱利用	5.7 kl/year	1.8 %
ドレン回収	15.0 kl/year	4.7 %
小 計	36.5 kl/year	11.4 %
モータ容量の適正化	31.6×10^3 kWh/year	1.5 %
モータの速度制御	69.4×10^3 kWh/year	3.3 %
光源の高効率化	33.8×10^3 kWh/year	1.6 %
小 計	134.8×10^3 kWh/year	6.4 %

BANGKOK STEEL INDUSTRY CO., LTD.

1. 工場概要

Address	27 Poochaosamingprai Road, Phrapradeang, Samuthprakarn	
Capital		
Type of industry	Steel Making	
Major products	Reformed bar, Round bar	
Annual Product	60,000 t/year	
No. of employees	500	
Annual energy consumption	Electric Power	44,280,000 kWh/year
	Fuel	Bunker C Oil 2,533 kℓ/year Diesel Oil 379 kℓ/year
Interviewees	Executive Director	Mr. Praphan
	Plant Director	Mr. Srinakorn Phoonphiphatana
	Asst. Plant Manager	Mr. Boriphant Sritrai
Date of diagnosis	Jan. 20 ~ 21, 1983	
Diagnosers	Mr. Nakagawa, Mr. Noda, Mr. Kurita	

タイ王国のみの資本で、1970年に操業開始した。以前は日本の大鉄工業と技術提携していたが、現在はしていない。

Metro Groupの一員。従業員500人のうち技術者は30名と層は厚く電気、機械、製造を各分担している。

スクラップをアーク炉で溶解し、連続鋳造でビレットとし、コンクリート用の棒鋼に圧延している。

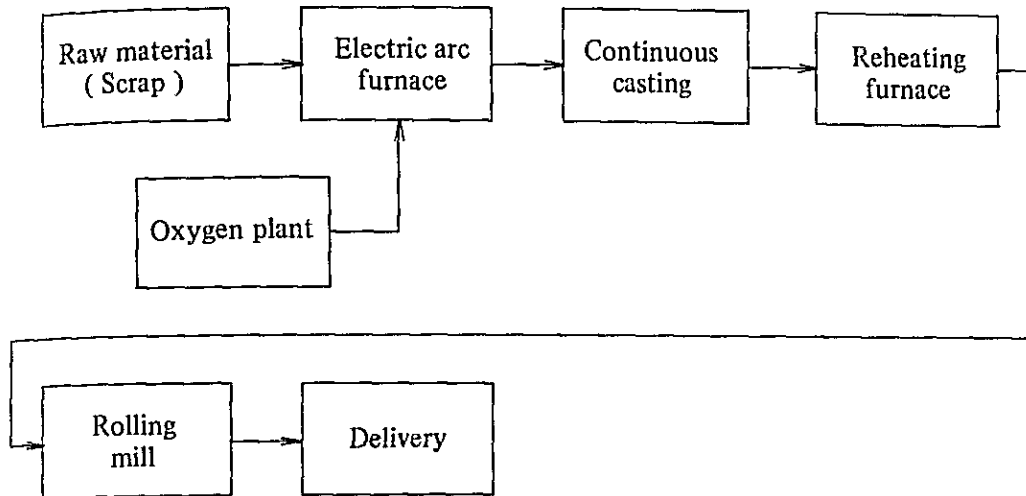
タイ工業規格の認定工場である。

現状の稼働率は約50%である。

電炉メーカーはタイ王国には6社あり、その中では第2位の規模である。棒鋼メーカーとしての国内シェアは昨年は第1位であった。

スクラップは30%輸入、60%国内、10%自社リターンである。

2. 製造工程

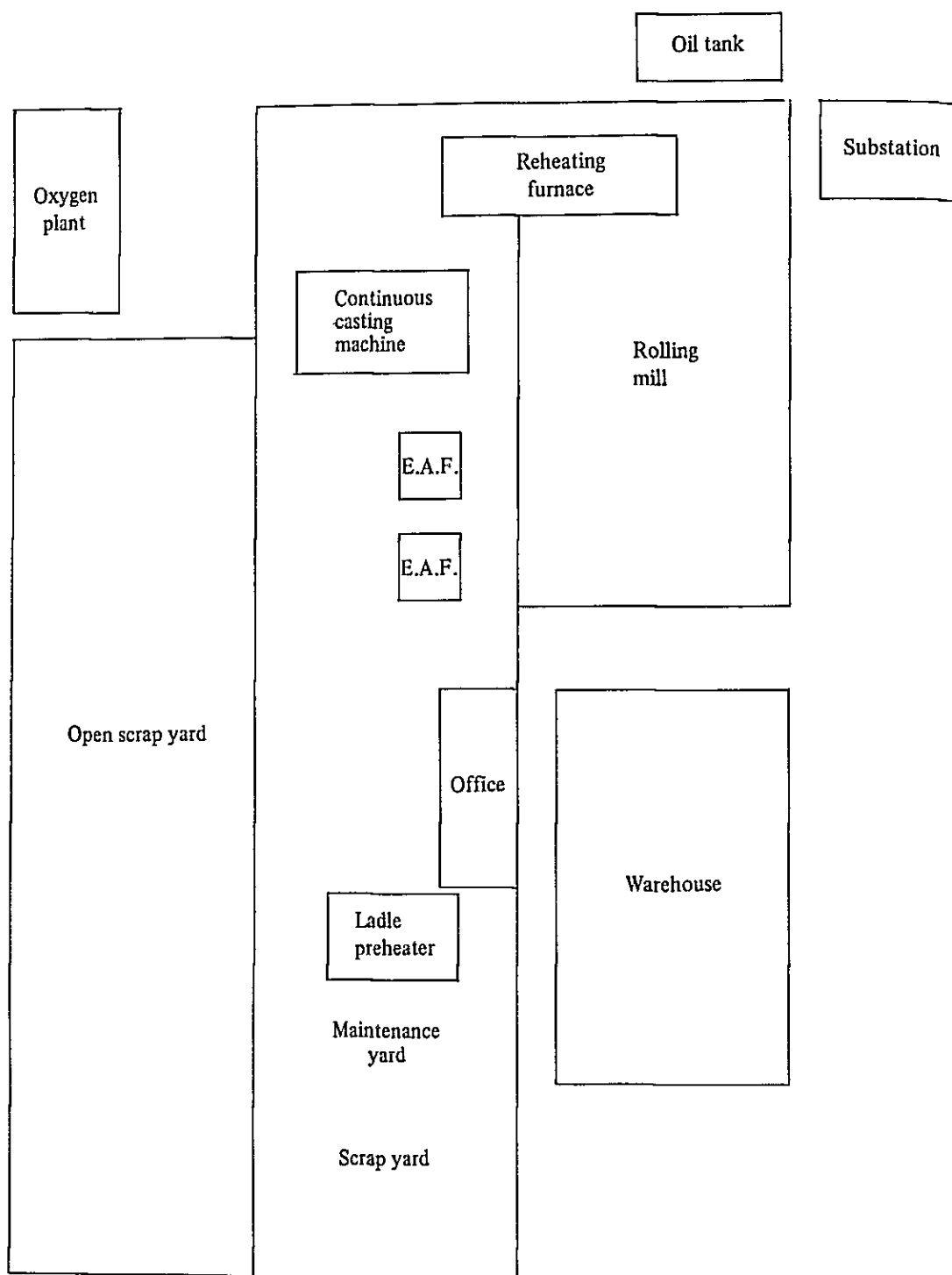


3. 主要設備の概要

3.1 主要設備

Name	No. of units installed	Type, etc.
Electric arc furnace	1 unit	20 t/ch : Demag
Electric arc furnace	1 unit	20 t/ch : Centroad
Continuous casting machine	1 unit	2 strand Billet size 100 x 100 : Concast
Reheating furnace	1 unit	24 t/h, 2 Zone type
Rolling mill	11 stands	
Oxygen plant		Compressor power : 900 kW Pressure : 130 kg/cm ²

3.2 工場内配置図



4. エネルギー管理状況

4.1 省エネルギー投資と改善事例

組織的な活動をしており、技術者は機械、電気、生産担当あわせて約 30 人いる。3 年前に加熱炉を更新した以外には現在まで目立った投資は行っていない。なお設備投資する場合には、1 年以内の資金回収を条件としている。

現在の省エネルギーの目標は、アーク炉の電力原単位を 2 年以内に 600 kWh/t から 550 kWh/t にすることである。

4.2 エネルギー消費量の把握

エネルギー消費量については電気は毎月 1 回、燃料は毎日 1 回計測している。そしてエネルギー原単位を算出し、エネルギー原価管理を行っている。しかし熱勘定は行っていない。

受電変電所の配電盤の 69 kV 側に電圧計、電流計、電力計、力率計、無効電力計、積算電力計などが設備されているが、電圧計の他は指示が不良であった。また、積算電力計の乗率を変電所員が良く知らないので乗率を明示しておくべきであろう。

各計器を整備して一次側の状況、即ち電圧、電流、電力、力率、無効電力のデータを毎時間とり、グラフ化しておけばピーク・デマンドや力率の変化に対応できる。アーク炉運転室の電気計器も全部整備しておくことが望まれる。

また配線系統図（単線系統図）は工場にあったが、コンデンサの容量など誤りがあるので見直しが必要と思う。

4.3 省エネルギー委員会と提案制度

省エネルギー活動は、課長が主体となって進めているが、専門の委員会はない。そしてスタッフを中心とするサークル活動は 4 年前から実施されている。

改善提案制度がある。過去に表彰を行ったことがある。現在はしていない。

4.4 従業員の教育

従業員教育としての社外研修会に昨年は 4 回参加したが、今年は毎月スタッフが参加する予定である。

シンガポール、日本、韓国、アメリカ、ヨーロッパ等の国外の見学にはスタッフが参加している。

省エネルギーについての従業員への呼びかけは、毎月 1 回の会議の席で行っている。

5. 燃料の消費状況

5.1 燃料使用実績

1982年度の燃料使用実績は次のとおりであった。

C重油 2,533 kℓ/year

ディーゼル油 379 kℓ/year

C重油は全量が圧延加熱炉で使用され、ディーゼル油の用途は電気炉取鍋の予熱用と連続鋳造タンディッシュの予熱用で、その使用割合は50:50である。

5.2 燃料原単位

昨年度の粗鋼ベース生産量を60,000 t/yearとして各部門の年間平均燃料原単位を算出すると次のとおりである。

圧延加熱炉 (C重油)

$$\begin{aligned} & 2,533 \times 10^3 \ell/\text{year} / (60,000 \text{ t/year} \times 0.98) \\ & = 43.1 \ell/\text{t ビレット} \end{aligned}$$

注) 連続鋳造タンディッシュの歩留を98%とした。

電気炉取鍋 (ディーゼル油)

$$\begin{aligned} & (379 \times 10^3 \ell/\text{t} \times 0.5) / 60,000 \text{ t/year} \\ & = 3.2 \ell/\text{t} \end{aligned}$$

連続鋳造タンディッシュ (ディーゼル油)

$$\begin{aligned} & (379 \times 10^3 \ell/\text{t} \times 0.5) / 60,000 \text{ t/year} \\ & = 3.2 \ell/\text{t} \end{aligned}$$

5.3 圧延加熱炉の簡易熱勘定

圧延加熱炉の空気予熱器を含めた簡易熱勘定の結果を次に示した。

5.3.1 熱勘定表

Input			Output		
Item	10 ³ Kcal/t	%	Item	10 ³ Kcal/t	%
(1) Heat of fuel combustion	437.8	97.0	(4) Heat of discharging billet	173.8	38.5
(2) Oxidation heat of scale	13.4	3.0	(5) Heat loss in scale	3.0	0.7
(3) Recovery heat by recuperator	(41.1)	(9.1)	(6) Heat loss in exhaust gas	159.3	35.3
			(7) Others	115.1	25.5
			(8) Recovery heat by recuperator	(41.1)	(9.1)
Total (1) + (2)	451.2	100.0	Total (4) + (5) + (6) + (7)	451.2	100.0

Note : For one ton of charging billet
base temperature is 35°C.

5.3.2 熱勘定計算諸元

(1) 装入ビレット重量

$$100 \text{ t/shift} \div 8 \text{ h/shift} = 12.5 \text{ t/h}$$

注) 100 t/shift は工場でのヒヤリング数量

(2) 重油使用量

(a) 均熱帯上段バーナ及び加熱帯の使用量

$$485 \text{ l/h} \times 0.95 \text{ kg/l} = 461 \text{ kg/h} \text{ (計器盤流量計指示値)}$$

(b) 均熱帯下段バーナの使用量

$$(40 \text{ kg/h} \cdot \text{本} \times 5 \text{ 本}) / 2 = 100 \text{ kg/h} \text{ (使用量をバーナ定格値 } 40 \text{ kg/h} \cdot \text{本の} \frac{1}{2} \text{ とした)}$$

(c) 重油使用量

$$(a) + (b) = 561 \text{ kg/h}$$

(3) ビレット 1 t 当たりの重油使用量

$$561 \text{ kg/h} / 12.5 \text{ t/h} = 44.9 \text{ kg/t}$$

- | | |
|-----------------|---------------------------|
| (4) 重油の比重 | 0.95 |
| (5) 重油の発熱量 (低位) | 9,750 kcal/kg |
| (6) 重油の理論空気量 | 10.29 Nm ³ /kg |
| (7) 重油の理論湿り排ガス量 | 10.82 Nm ³ /kg |
| (8) 焼き減り量 | 1 % |

- (9) スケールの生成熱 1,355 kcal/kg Fe
 (10) ビレットの装入温度 35 °C
 (11) ビレットの抽出温度 1,100 °C (放射温度計実測値)
 (12) ビレットの含熱量 次表から算出

Temperature (°C)	50	100	1,000	1,050	1,100	1,150	1,200	1,250
Heat capacity (Kcal/kg)	5.8	11.6	163.7	171.6	179.5	187.4	195.3	203.2

- (13) スケール中の Fe % 75 %
 (14) スケールの平均比熱 0.215 kcal/kg°C
 (15) 排ガス中の O₂ % (空気予熱器後) 12.5 % (実測値)
 (16) 排ガス温度、空気予熱器後) 415 °C (実測値)
 (17) 炉内排ガスの平均比熱 0.33 kcal/Nm³°C
 (18) 予熱空気使用量 5,100 Nm³/h (計器盤流量計指示値)
 (19) 予熱空気温度 350 °C
 (20) 予熱空気の平均比熱 0.32 kcal/Nm³°C

4.2.2 熱収支計算式

① 入熱

(a) 燃料の発熱熱

$$\begin{aligned} & \text{ビレット 1 t 当たり重油使用量 (44.9 kg/t)} \times \text{重油の発熱量 (9,750 kcal/kg)} \\ & = 437,775 \text{ kcal/t} \end{aligned}$$

(b) スケールの生成熱

$$\begin{aligned} & \text{ビレット 1 t 当たり焼き減り Fe 量 (10 kg/t)} \times \text{スケール生成熱} \\ & \text{(1,355 kcal/kg Fe)} = 13,350 \text{ kcal/t} \end{aligned}$$

(c) 燃料の顕熱及び一次空気の顕熱は微量のため省略した。

② 出熱

(a) 抽出鋼材の含熱量

$$\begin{aligned} & \{ 1,000 \text{ kg} - \text{焼き減り Fe 量 (10 kg)} \} \times \{ \text{ビレットの抽出温度における含} \\ & \text{熱量 (179.5 kcal/kg)} - \text{ビレットの外気温度における含熱量 (4.0 kcal/kg)} \} \\ & = 173,745 \text{ kcal/t} \end{aligned}$$

(b) スケールの顕熱

$$\begin{aligned} & \text{ピレット 1 t 当たり焼き減り量 (10 kg/t)} \times \frac{100}{75.5} \times \text{スケールの平均比熱} \\ & (0.215 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}) \times \{ \text{抽出温度 (1,100 }^\circ\text{C}) - \text{外気温度 (35 }^\circ\text{C}) \} \\ & = 3,033 \text{ kcal/t} \end{aligned}$$

(c) 排ガスの顕熱

$$\begin{aligned} \circ \text{ 空気比} &= 21 / \{ 21 - \text{排ガス中の O}_2\% (12.5) \} \\ &= 2.47 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \circ \text{ 湿り排ガス量} &= \text{理論湿り排ガス量 (10.82 Nm}^3\text{/kg}) + \{ \text{空気比 (2.47) } - 1 \} \\ & \quad \times \text{理論空気量 (10.29 Nm}^3\text{/kg}) \\ &= 25.95 \text{ Nm}^3\text{/kg} \end{aligned}$$

○ 排ガスの顕熱

$$\begin{aligned} & \text{ピレット 1 t 当たりの重油使用量 (44.9 kg/t)} \times \text{重油 1 kg 当たりの湿り排} \\ & \text{ガス量 (25.95 Nm}^3\text{/kg}) \times \text{湿り排ガスの平均比熱 (0.33 kcal/Nm}^3\text{C}) \times \{ \text{排} \\ & \text{ガス温度 (450 }^\circ\text{C}) - \text{外気温度 (35 }^\circ\text{C}) \} \\ & = 159,261 \text{ kcal/t} \end{aligned}$$

(d) その他の損失熱

$$\begin{aligned} & \text{入熱合計 (451,125 kcal/t)} - \text{出熱} \{ a (173,745 \text{ kcal/t}) + b (3,033 \\ & \text{kcal/t}) + c (159,261 \text{ kcal/t}) \} \\ & = 115,086 \text{ kcal/t} \end{aligned}$$

(e) 空気予熱器で回収した熱

$$\begin{aligned} \circ \text{ ピレット 1 t 当たりの予熱空気使用量} &= 5,100 \text{ Nm}^3\text{/h} \div 12.5 \text{ t/h} \\ &= 408 \text{ Nm}^3\text{/t} \end{aligned}$$

○ 空気予熱器で回収した熱

$$\begin{aligned} & \text{ピレット 1 t 当たりの予熱空気使用量 (408 Nm}^3\text{/t}) \times \text{予熱空気の平均比熱} \\ & (0.32 \text{ kcal/Nm}^3\text{C}) \times \{ \text{予熱空気温度 (350 }^\circ\text{C}) - \text{外気温度 (35 }^\circ\text{C}) \} \\ & = 41,126 \text{ kcal/t} \end{aligned}$$

6. 熱管理の問題点とその対策

6.1 ホットチャージ

6.1.1 問題点

連铸ビレットの疵の問題があるので未実施と工場側の説明を受けたが、ビレット置場で疵取りをしている様子は全然見受けられなかった。

6.1.2 対策

連铸工場と圧延工場加熱炉装入機が近接してホットチャージに非常に有利なレイアウトになっているので、できる限り早い機会にホットチャージを採用して燃料原単位の低減を図られることを希望する。

ホットチャージはカットされた高温の連铸ビレットが直接加熱炉に装入されることが望ましいが、連铸機と圧延ラインとの生産能力の差により全量処理することは非常に難しい。従って通常はバッファ機能として高温連铸ビレットを一時的に貯蔵する保温ボックスが設けられている。保温ボックスは、断熱材でライニングした鋼板構造の箱で、ビレットの出入のための移動可能なカバーを有している。

保温ボックスの収容トン数及びボックス数等は連铸機能力、ビレット貯蔵計画量等により決定される。

ホットチャージによる省エネルギー量は、装入温度 100℃ 当たり $20 \times 10^3 \text{kcal/t}$ (C重油換算で 2.2 l/t) であり、装入量の 50% をホットチャージとし、その温度を 500℃ とすれば、 $60,000 \times 0.5 \times 5 \times 2.2 = 330 \text{ kl/year}$ の節約量となる。

6.2 バーナの燃焼

6.2.1 問題点

均熱帯上段バーナ及び加熱帯バーナは温度制御と空気比制御によりコントロールされているが、均熱帯下段バーナは手動により調節されている。

負荷変動時には、均熱帯下段バーナの油量調節は、その都度行われているものの空気量の適切な調節が行われていないためか、時期により燃焼状況の変動が大きい。その 1 例として均熱帯、加熱帯及び予熱帯の炉内燃焼ガスの $\text{O}_2\%$ 測定結果を次に示す。

Position	Date	Jan. 12	Jan. 13
	Soaking zone		9.0%
Heating zone		9.5%	0.3%
Preheating zone		2.8%	3.4%

均熱帯及び加熱帯のO₂%は大幅に変動しているが、予熱帯のO₂%はさほど変わっていない。予熱帯では各ゾーンの各バーナで生成した燃焼ガスがほぼ混合均一化されると考えられるので、上記のO₂分析結果は、総体的にはまずまずの空気比調節が行われているが、局部的には空気比調節が適切に実施されていないことを示している。その元凶は均熱帯下段バーナにあると推察され、観測時にもある時はショートフレイムに、ある時は黒煙まじりのロングフレイムで加熱帯の端近くまで延びているのを見た。しかも5本のバーナ間には重油量の差が大きく、この重油量アンバランスには定まった傾向は見られなかった。

6.2.2 対策

均熱帯上段バーナの能力にはかなりの余裕があり、敢えて下段バーナに依存する必要はなく、むしろ下段バーナのフレイムはビレット上面に極めて近接した位置にあり、ビレットのオーバヒートとローカルヒートの原因になる恐れが大きい。

以上のことから、均熱帯下段バーナの使用を中止する方向で検討することが望ましい。

6.3 炉内圧

6.3.1 問題点

(1) 炉内圧は大半の期間が負圧になっていた。

炉内圧が負圧状態にあることは開口部から外気を炉内に吸い込み、せっかく加熱したビレットを冷却したり、燃焼ガス温度を低下させて炉内伝熱効果を悪くしたり、また排ガス量の増大により排ガス損失を増加させるなど、そのデメリットは非常に大きい。

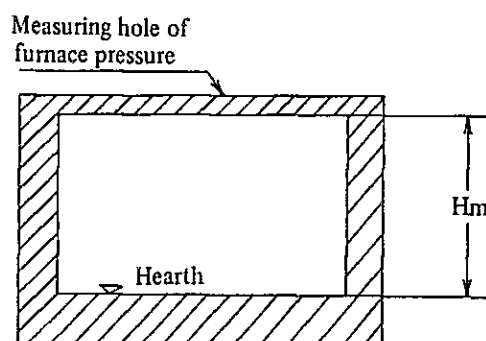
(2) 均熱帯天井と加熱帯天井に設置した2本の導圧管を途中で1本の共通導管に接続し、これを炉内圧指示計と炉内圧調節機に接続している。従って指示値は

均熱帯と加熱帯の平均的炉内圧を示していると考えられ、炉内圧測定及び調節の目的がかなり曖昧なものになっている。加熱炉炉内圧調節の目的は、炉の高温域（通常は均熱帯）においてドア隙間、視孔隙間等の炉体開口部から炉内の高温ガスが炉外に僅か噴き出すが、決して外気の冷空気が炉内に侵入しないような状態、即ち僅かな正圧に維持することにあるので平均的調節は好ましくない。

6.3.2 対策

- (1) 炉内圧設定値を、炉床上圧力で0.2～0.4 mmH₂Oにする。本炉の場合では、天井に炉内圧測定口が設けられているので、調節機の設定圧力は炉内ガスの浮力の影響を考慮して次のように設定されたい。

$$\text{炉内圧設定値} = (0.2 \sim 0.4) + H \text{ (m) mmH}_2\text{O}$$



- (2) 炉内圧調節及び測定は均熱帯のみに限定し、加熱帯天井測定口と共通導管の間の導圧管は撤去する。
- (3) 炉内圧適正化によるメリットは次のとおりである。
- ピレットの冷却防止 — 定量化は極めて難しいが、10℃の冷却防止が図られたならば5,000 kcal/t（重油換算量で0.5 ℓ/t）の節減が期待できる。

6.4 重油温度

6.4.1 問題点

バーナ前の重油温度は次のとおりで、均熱帯下段バーナ以外は重油温度が極めて低い。

均熱帯上段バーナ	48℃
均熱帯下段バーナ	100℃

加熱帯

42℃

重油の加熱温度が低い場合は、粘度が高くなって重油の霧化が悪くなり、フレーム温度の低い長炎あるいは黒煙を伴ったフレームになる。

6.4.2 対策

- (1) 重油ヒータ能力の強化により、C重油の適正温度 100～110℃に加熱すること。
- (2) 燃焼状況が悪いときには未燃成分であるCO（一酸化炭素）又はススが発生し、排ガス中にCOが1%存在するときは重油使用量が3%増加する。本炉では時折り炉尻から黒煙まじりの排ガスが吹き出しCOの存在があるように思われるが、CO分析をしていないので対策実施によるメリット評価は不能。

6.5 セラミック・ファイバ断熱

6.5.1 問題点

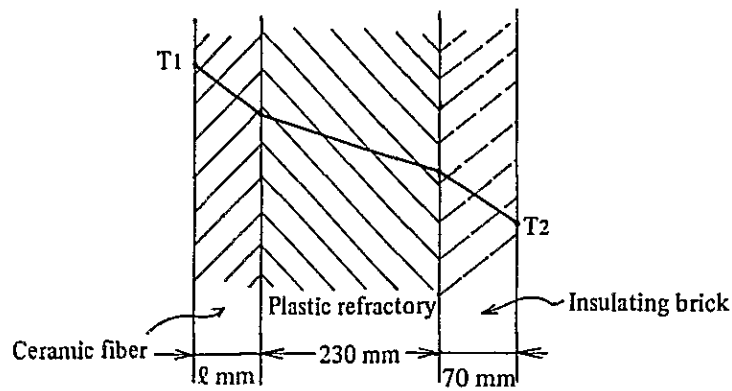
現在炉内壁全面にわたり20mm厚のセラミック・ファイバで断熱を行っていることは、非常に良い省エネルギー対策である。

最近のセラミック・ファイバ断熱は、品質及び施工方法の改良により著しく耐久期間が長くなり、その投資効果は高く評価され、日本では50～75mm厚のベニアリングが主流になっている。

6.5.2 対策

- (1) 機会をみて、セラミック・ファイバ断熱を50mm又は75mmに強化されることをお勧めする。断熱強化時に現行のセラミック・ファイバの上に新たなセラミック・ファイバを取り付けることは、現在のセラミック・ファイバの劣化状態により増強セラミック・ファイバの接着不能あるいは短期間での剝離が発生する恐れが多いので、断熱厚を増加させるときは改めて新しいセラミック・ファイバで実施することがましい。
- (2) 断熱材の適正厚さについては、次表の計算事例、セラミック・ファイバ価格等を勘案の上決定されたい。

(a) 炉壁構成(天井)



(b) 計算例(放散熱量 Q : kcal/m²h, 外面温度 T_2 : °C)

T_1	ℓ 20 mm (existing state)			50 mm			70 mm		
	T_2	Q (A)	%	T_2	Q (B)	% (B/A)	T_2	Q (C)	% (C/A)
1,200°C	128	1,554	100	116	1,322	85	110	1,170	75
1,000	110	1,164	100	98	932	80	92	816	70
800	92	822	100	80	611	74	75	528	64

(c) 計算条件

◦ 定常状態

◦ 外気温度 35°C

◦ 外面の黒度 0.9

◦ 耐火物の熱伝導率

セラミック・ファイバ $0.07 \cdot 2.1 \times 10^{-3} (t - 400)$ kcal/mh°C

プラスチック耐火物 $0.75 + 3.9 \times 10^{-4} t$ kcal/mh°C

断熱レンガ $0.105 (1 + 1.22 \times 10^{-3} t)$ kcal/mh°C

ただし, t : 耐火物の平均温度°C

(d) 省エネルギー効果

以上よりセラミック・ファイバの厚みを 50 mm に変更した場合の放散熱量は現状の 20 mm に比較して平均 20 % 減少する。

炉内壁の面積を 120 m² と仮定すると減少する熱量は $(1,164 - 932) \times 120 = 27,840$ kcal/h となり, 年間の重油節約量は,

$$\frac{27,840}{9,750 \times 1,000} \times 7,200 = 20.6 \text{ kl/year}$$

となり、全体として0.8%の節約となる。

6.6 ビレットの抽出温度

6.6.1 問題点

ヒヤリングではビレットの抽出温度は1,230～1,250℃と聞いたが、放射温度計実測値では1,100℃(輻射能 $\epsilon = 0.85$)であった。

6.6.2 対策

(1) 我々の測定はスポット的で、かつ表面温度測定の難しさから1,100℃のビレット温度測定値をもって、直ちに常時低温抽出が実施されていたとは評価し難いが、少なくとも1,230～1,250℃よりかなり低い温度でビレットが抽出され、圧延されている期間があったと心得る。この事実は非常に重要視すべきことで、この状態を意図的に拡大すれば省エネルギー効果の大きい低温抽出操業が確立される。

低温抽出操業を定着させ、向上させるためにはビレット抽出温度、測定が不可欠なことであるので、放射温度計の設置とこのデータを基にして品質、圧延機パワーに支障のない限度までの低温抽出へのトライを強く要望する。

(2) 低温抽出による省エネルギー効果。

100℃抽出温度を下げることにより 50×10^3 kcal/t (C重油換算で5 t/t)の燃料原単位が低減する。

6.7 計器類の整備

6.7.1 問題点

炉内温度、空気比ならびに炉内圧の制御設備が設置されているが、前者についてはフルスケールの10～30%の低流量域で制御されていた。炉内圧制御についてもスポット的な観測であったが、観測の都度指示値は0～+5 mmの範囲で大幅に変っている。

6.7.2 対策

(1) 低流量域の測定精度は悪いので、その悪い測定値に基づいた制御は質が悪くなるのは当然である。各負荷における重油流量及空気流量を調査の上、適切な発信器と調節弁のサイズに変更されたい。

(2) 炉内圧は制御性が非常に悪いように見受けたので、早急にか内圧調整装置の調整、検定を実施されたい。

6.8 空気予熱器

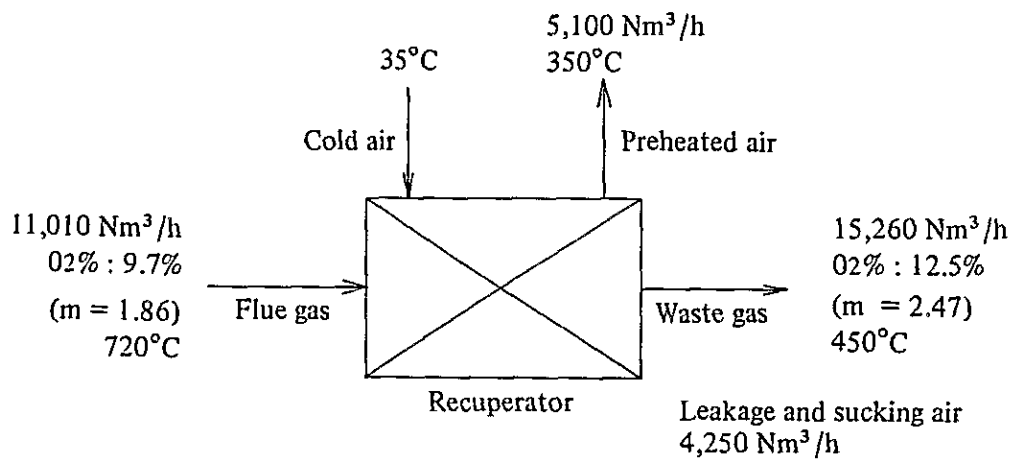
6.8.1 問題点

(1) 空気予熱器単体の熱勘定及び流体性状の模式図を次に示したが、空気予熱器前後で空気比が増加している。

(a) 熱勘定表

Input			Output		
Item	10 ³ Kcal/h	%	Item	10 ³ Kcal/h	%
(1) Heat in flue gas at recuperator inlet	2,564.9	100.0	(2) Heat in preheated air	514.1	20.0
			(3) Heat in waste gas at recuperator outlet	1,993.7	77.7
			(4) Heat release Others	57.1	2.3
Total	2,564.9	100.0	Total (2) + (3) + (4)	2,564.9	100.0

(b) 模式図



(c) 熱勘定諸元

- 重油使用量 561 kg/h
- 重油の理論空気量 10.29 Nm³/kg
- 重油の理論湿り排ガス量 10.82 Nm³/kg
- 空気予熱器出口の湿り排ガス量 25.95 Nm³/kg
- 排ガス温度
 - 空気予熱器前 720 °C (実測値)
 - 空気予熱器後 450 °C (実測値)

- 排ガスの平均比熱

空気予熱器前	0.34 kcal/Nm ³ °C
空気予熱器後	0.33 kcal/Nm ³ °C
- 予熱空気量 5,100 Nm³/h (計器指示値)
- 予熱空気温度 350 °C
- 予熱空気の平均比熱 0.32 kcal/Nm³°C
- 外気温度 35 °C

(d) 熱勘定計算

§ 入熱

- 空気予熱器入口の排ガスの顕熱

$$\begin{aligned} & \text{重油使用量 (561 kg/h)} \times \text{重油 1 kg 当たり 湿り排ガス量 (} x \text{ Nm}^3/\text{kg)} \times \\ & \text{湿り排ガスの平均比熱 (0.34 kcal/Nm}^3\text{°C)} \times \{ \text{空気予熱器入口の排ガス} \\ & \text{温度 (720 °C)} - \text{外気温度 (35 °C)} \} \\ & = 130,657 x \text{ kcal/h} \end{aligned}$$

注) 空気予熱器入口の排ガス中の O₂ % が不明であったので、ここでは重油 1 kg 当たりの湿り排ガス量を x Nm³/kg とし、空気予熱器の熱収支をとった後に x Nm³/kg を推定する。

§ 出熱

- 予熱空気の顕熱

$$\begin{aligned} & \text{予熱空気量 (5,000 Nm}^3\text{/h)} \times \text{予熱空気の平均比熱 (0.32 kcal/Nm}^3\text{°C)} \\ & \times \{ \text{予熱空気温度 (350 °C)} - \text{外気温度 (35 °C)} \} \\ & = 514,080 \text{ kcal/h} \end{aligned}$$

- 空気予熱器出口の排ガスの顕熱

$$\begin{aligned} & \text{重油使用量 (561 kg/h)} \times \text{重油 1 kg 当たりの湿り排ガス量 (25.95 Nm}^3/\text{kg)} \\ & \times \text{排ガスの平均比熱 (0.33 kcal/Nm}^3\text{°C)} \times \{ \text{空気予熱器後の排ガスの温} \\ & \text{度 (450 °C)} - \text{外気温度 (35 °C)} \} \\ & = 1,993,711 \text{ kcal/h} \end{aligned}$$

- 放散熱その他

$$\begin{aligned} & \text{予熱空気の顕熱 (514,080 kcal/h)} / 0.9 \times 0.1 \\ & = 57,120 \text{ kcal/h} \end{aligned}$$

注) 空気予熱器の熱効率を 90 % とした。

§ 予熱器入口排ガスの重油 1 kg 当たりの湿り排ガス量 x Nm³/kg 及び空気比, 排

ガス中のO₂%の推定

○ x の推定

$$130,657 x \text{ kcal/h} = \text{出熱合計} (2,564,911 \text{ kcal/h})$$

$$x = 19.63 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

○ 空気比の推定

$$19.63 \text{ Nm}^3/\text{kg} = \text{理論湿り排ガス量} (10.82 \text{ Nm}^3/\text{kg}) + (\text{空気比} - 1) \times \text{理論空気量} (10.29 \text{ Nm}^3/\text{kg})$$

$$\text{空気比} = 1.86$$

○ 排ガス中のO₂%の推定

$$\text{空気比} (1.86) = 21 / (21 - \text{排ガス中のO}_2\%)$$

$$\text{排ガス中のO}_2\% = 9.71 \%$$

(2) 空気予熱器入口排ガスの許容温度が780℃であり、希釈空気では排ガス温度を調節している。

(3) 排ガスと予熱空気の流れが並流十字流である。

6.8.2 対策

(1) 熱勘定結果によると空気予熱器の前後で排ガス中のO₂%が増加しており、空気予熱器内で伝熱管からの空気漏れ、又は外気侵入の疑いが強い。空気漏れ、外気侵入はその位置によっては排ガス温度の低下により熱風温度にも甚大な影響を及ぼすので、早急に空気予熱器前後の排ガス組成の同時分析を実施して空気漏れ、外気侵入の有無を調査されることを要望する。

伝熱管からのリークがあった場合に、その量が多くなるとバーナに必要な空気量を送ることができなくなるとともに、熱回収率も悪くなる。そして定期的に熱収支を取ってリーク量をチェックし、リーク量が多くなった場合には早急にリーク個所を修理する必要がある。

次回更新時には、さらに高温空気が得られるように向流式に変えるのが望ましい。

ただし、この時には予熱器の排ガス入口部の高温腐食、出口部の低温腐食、バーナや配管の耐熱性を検討しておく必要がある。

7. 電力の消費状況

今回診断した金属関係の工場のなかでは電力消費と電気設備の大きさが最大であった。従って受電電圧も高く、69 kVで受電している唯一つの工場であった。

(1) 電力消費に関する主要指標は次のとおりである。

- 電力会社 : M E A
- ピーク・デマンド : 10,538 kW
- 使用電力量 : 44,280,000 kWh/year
- 負荷率 : 58.4 %
- ペナルティ : 最大 48,180 Bt/month
- 力 率 : 72.5 %
- トランス

№1 アーク炉用トランスとミルスタンド用トランスは二重定格でいずれも10MVA/12.5 MVA, №2 アーク炉用と酸素工場用はいずれも12.5 MVA, 連続定格でのトランス合計容量は,

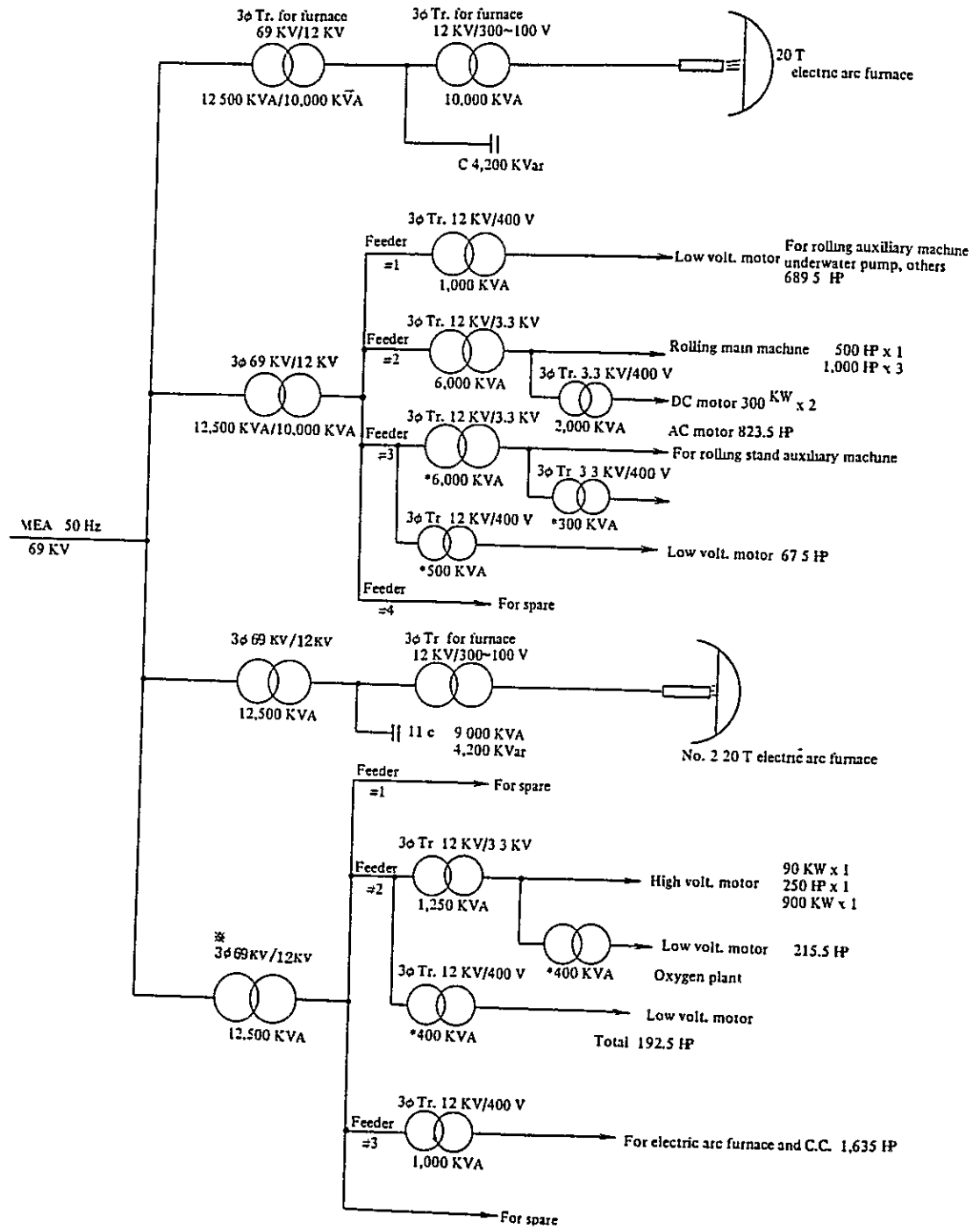
$$10 + 10 + 12.5 + 12.5 = 45 \text{ MVA}$$

である。(変電所容量としては50,000 kVA)

○ 電力原単位

- 全生産量 60,000 t/year に対して, 738 kWh/t である。

(2) 配線系統圖



8. 電力管理の問題点とその対策

8.1 電気計器の整備

各生産工程の電力原単位を毎月計算しているのですが、各工程の積算電力計は整備されていると思うが、受電変電所の 67 kV 側の電流計、電力計、力率計、積算電力計、無効電力計などは不良であった。これらの計器が正常に動作していれば、工場全体の負荷状況を把握できるのに惜しいことである。至急整備を望む。

8.2 ピーク・デマンドと最大無効電力と負荷率

昨年 12 月と 9 月のピーク・デマンドと最大無効電力は下記のとおりである。

12 月	10,538 kW	8,531 kVar
9 月	10,037 kW	9,535 kVar

従ってペナルティはそれぞれ、

$$(8,531 - 10,538 \times 0.63) \times 15 = 28,380 \text{ パーツ}$$

$$(9,535 - 10,037 \times 0.63) \times 15 = 48,180 \text{ パーツ}$$

となる。なお、ピーク・デマンドの平均は 9,484 kW ということであった(工場側の説明)。

年間の消費電力量は 44,280,000 kWh , 年間稼働時間は 7,200 時間 (24 × 300) だから平均電力は、6,150 kW となり、負荷率は、

$$\frac{6,150}{10,538} = 0.584$$

58.4 % である。鉄鋼業の負荷率としては悪い方ではないが、下記の理由で、負荷率をさらに向上させる余地はあると思う。

- (1) 消費電力量が大きいので、運転方法の改善で、毎時間の消費電力量の変化を少なくしてピーク・デマンドを抑えることができる。
- (2) ピーク・デマンドの年間の最大値と平均値 (9,484 kW) の間に 1,000 kW の差があるから、ピーク・デマンドの最大値をもっと抑えることができる。(運転方法と運転順序の改善による)

ピーク・デマンドを抑えることができればデマンドフィを軽減できる。そのためには負荷の変化の実態を掴む必要があるので、現在記録しているレコードの内から、69kV 受電側と 4 バンクのメイントランスの 12 kV 側の毎時間の電力量で 5 つの日負荷曲線をつくる。これによって受電電力量がきわだって増加する場合、その原因を掴み、運転方法をいかに改善するか検討することができる。(平均 100 kW の減少は可能)

特に酸素工場のコンプレッサ 900 kW同期電動機のような大きいモータの始動時に注意しなければならない。また、デマンドコントローラをつけ、常に最大電力を予測しながら、その抑制に努めるのも効果的であり、コントローラの費用は2年で償却可能である。

8.3 トランス

配線系統図にあるように主変圧器は下表の4バンクである。

Major load	Capacity MVA	Volt KV	Condenser capacity KVar	Remarks
No. 1 electric arc furnace	10/12.5	69/12	4,200	Double rated
Rolling mill	10/12.5	69/12	—	Double rated
No. 2 electric arc furnace	12.5	69/12	4,200	
Oxygen plant	12.5	69/12	—	

1月21日、№1アーク炉に通電した直後、工場内の変電所で測定した指示計器の値は次のとおりである。

Measuring time	Receiving (income)					No. 1 electric arc furnace			KVA Transformer rolling auxiliary machine, pump	KVA Transformer rolling main machine	KVA Transformer rolling auxiliary machine	Oxygen plant EAF auxiliary machine of CC
	Volt	Amp.	Power	Factor	Reactive power	Volt	Amp.	Power	Amp.	Amp.	Amp.	Amp.
	KV	A	MW		MVar	KV	A	MW	A	A	A	A
AM 11.40'	64.5	80 ~100	6~9	0.9~0.95	3~5	11.3 ~11.5	200 ~500	9.5 ~10.5	18~20	80~100	10	120
PM 2.05'	64.5	90 ~110	9~11	0.9~0.92	5~10	10.8 ~11.2	200 ~500	7~9	20	80~120	10	120

上述のデータから皮相電力は概略次のような値となる。

Receiving power (income)	Transformer for No. 1 electric arc furnace KVA 10,000/12,500	Transformer of rolling mill 10,000/12,500 KVA			Transformer for auxiliary machine of oxygen plant, EAF and CC 12,500 KVA	
		For auxiliary machine 1,000 KVA	For main machine 6,000 KVA	For auxiliary machine 6,000 KVA + 500 KVA		
9,000 KVA ~12,000	4,000 KVA ~9,500	340 KVA ~400	1,500 KVA ~2,300	190 KVA ~200	2,250 ~2,400	KVA

また工場側の日中の記録をみると下記のような値を示している。

Measuring time	Transformer for No. 1 electric arc furnace		Transformer for rolling mill 10,000/12,500 KVA					Transformer for auxiliary machine of oxygen plant EAF and CC 12,500 KVA		
	KVA 10,000/12,500		Main circuit		Amp. of branch			Volt.	Amp. of branch	
	Volt	Amp.	Volt.	Amp.	Primary of 1,000 KVA Tr.	Primary of 6,000 KVA for rolling main machine	Primary of 6,000 KVA for rolling auxiliary machine		Primary of 1,250 KVA, 4,000 KVA Tr.	For auxiliary machine of EAF, CC
8 AM ~ 2 PM	KV 10.8 ~ 11	A 480 ~ 500	KV 11.8 ~ 11.9	A 160 ~ 180	A 16 ~ 20	A 110 ~ 130	A 6	KV 11.9	A 10	A 10 ~ 38
	KVA 9,100 ~ 10,200		KVA 3,300 ~ 3,700		KVA 330 ~ 410	KVA 2,250 ~ 2,680	KVA 120		KVA 200	KVA 200 ~ 780

また溶解期におけるアーク炉用トランス (10,000 kVA) のタップ電圧と電極に流れる電流は下記のとおりである。

Time	No. of scrap charging	Tapping voltage	Amp. of electrode (amp. of arc)			Remarks
			Electrode 1	Electrode 2	Electrode 3	
11.35' AM	1	V 12,000/246	KA 12 ~ 20	KA 15 ~ 25	KA 15 ~ 23	
0 15' PM	2	12,000/246	15 ~ 25	15 ~ 25	15 ~ 25	
0 40' PM	3	12,000/246	15 ~ 25	15 ~ 25	15 ~ 25	
1 10' PM	4	12,000/279	15 ~ 25	15 ~ 25	15 ~ 25	

以上のデータの結果

- (1) アーク炉用トランスについては1日8チャージならば現在の容量で十分である。ただし、受電が69 kV級だから電力損失の点でも設備費の点からも現在の様な二段落しでなく直落しにするのが望ましい。No.2アーク炉については15,000 kVAに容量アップする計画があるようであるが、容量アップの際は69 kVから炉電圧に直落しするトランスにした方がよい。
- (2) ローリングミル用に使用している69/12 kV, 10,000/12,000 kVAのトランスは負担が軽い。さらにもう1台の12,500 kVAのトランス(酸素工場とアーク炉並びにCCの補機用)も極めて軽い負荷だから、このトランスも撤去し、スベアを含めて4つの12 kVのブランチはローリングミル用69/12 kV, 10,000/12,500 kVAのトランスに接続し直す。

- (3) 3つのフィーダでは69kVから400Vにステップダウンするまでに69/12kV, 12/3.3kV, 3.3/400Vと3台のトランスを経ておりステップが多すぎる。そこで、3.3kV以下を次のように整理する。

負 荷	現 在	改 善 案
ロールスタンド補機	※ローリングミル用トランス	同左
	#3フィーダ 6,000kVAトランス	#2フィーダ 6,000kVAトランス
低圧電動機	※同上	同左
(418.5 HP)	#3フィーダ 300kVAトランス	#2フィーダ 2,000kVAトランス
低圧電動機	同上	同左
(67.5 HP)	#3フィーダ 500kVAトランス	#1フィーダ へ
低圧電動機	酸素工場用トランス	同左#2フィーダ
(215.5 HP)	※#2フィーダ 400kVAトランス	500kVAトランス(前項で取り
(192.5 HP)	2基	外したものに交換)

この結果、上表及び前出配線系統図の※印のトランスは撤去でき、次図のような配線系統になる。

トランスの容量の増大を計画しているNa₂アーク炉を除いて14台あるトランスが新しい系統図では5台減少し、この分の損失が減少する。この損失の減少を計算すると次のようになる。

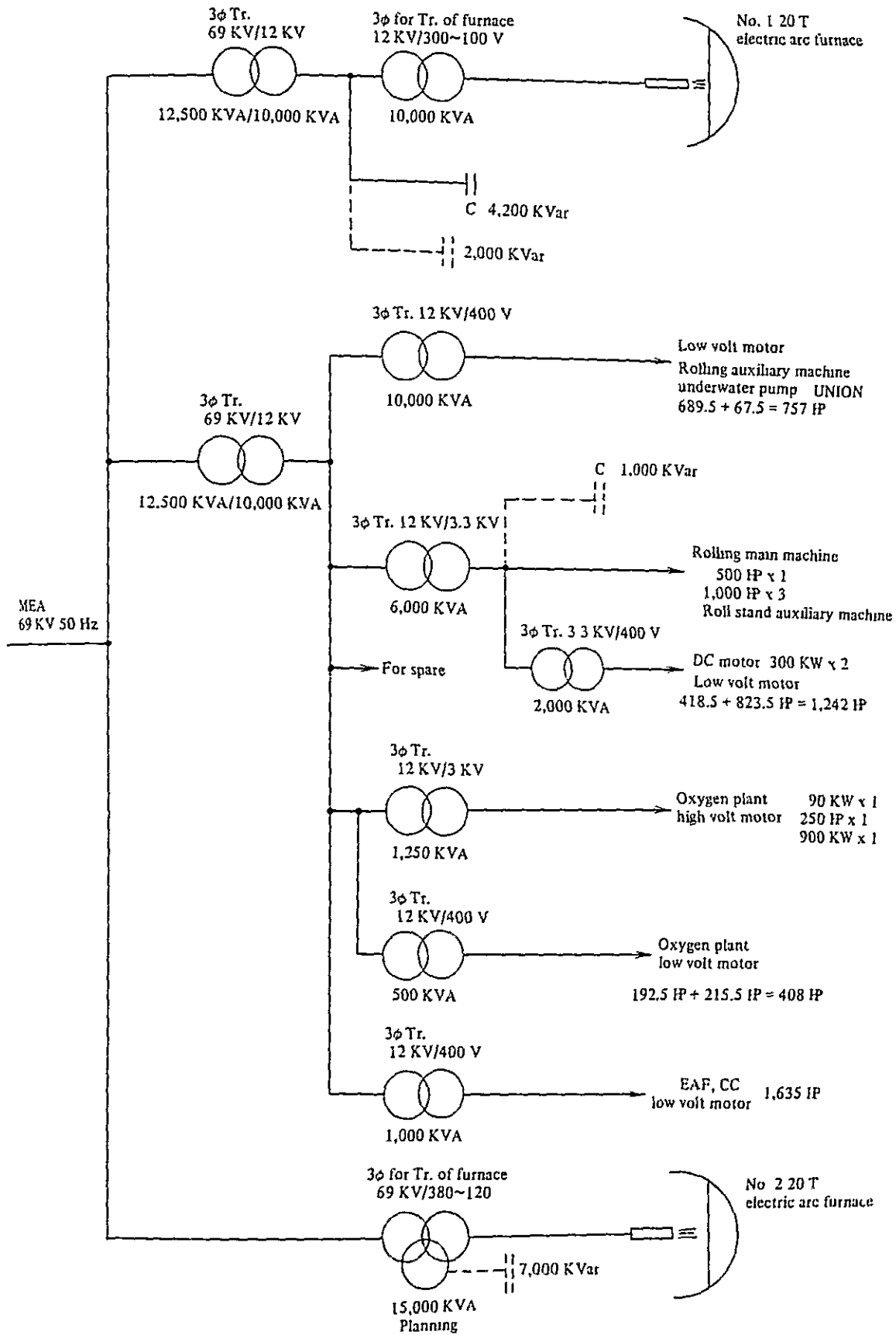
- (1) 無負荷損(工場建設マニュアルによる)

69kV/12kV 12,500kVA transformer	12kV/3.3kV 6,000kVA transformer	12kV/400V 400kVA transformer	3.3kV/400V 400kVA transformer	3.3kV/400V 300kVA transformer
25kW	12kW	2.5kW	2.4kW	1.8kW

計43.7kWの減少となる。

- (2) 負荷損

次に負荷損は酸素工場並にアーク炉、CC補機用トランス12,500kVAにかかる皮相電力を平均2,200kVA, 圧延補機用6,000kVAトランスにかかる負荷を平均150kVA, 12kV/400Vのトランスに30kVA, 3.3kV/400V, 400kVAのトランスに30kVA, 300kVAのトランスに50kVAの皮相電力がかかっているとする。定格時



の負荷損をトランスの容量順に 85 kW, 48 kW, 4.2 kW, 4.5 kW, 3.2 kW とすると,

$$85 \times \left(\frac{2,200}{12,500}\right)^2 + 48 \times \left(\frac{150}{6,000}\right)^2 + 4.2 \times \left(\frac{30}{400}\right)^2 + 4.5 \times \left(\frac{30}{400}\right)^2 + 3.2 \times \left(\frac{50}{400}\right)^2 = 2.6 \text{ kW}$$

6,000 kVA のトランス以下はほとんど無視してもよい値である。従って系統変更してローリングミル用 12,500 kVA の負荷が 5,600 kVA, 変更前 3,600 kVA とすると, 負荷損の増加は,

$$85 \times \left\{ \left(\frac{5,800}{12,500}\right)^2 - \left(\frac{3,600}{12,500}\right)^2 \right\} = 85 \{ 0.21 - 0.08 \} = 11 \text{ kW}$$

従って銅損は, $11 - 2.6 = 8.4 \text{ kW}$ 増加する。

(3) 省エネルギー量

ローリングミルは 16 時間 /day 稼働だから, 1 日の省エネルギーとしては, 年間 300 日の稼働として $43.7 \times 24 \times 36.5 - 5.4 \times 16 \times 300 = 342,492 \text{ kWh/year}$ 年間休日 60 余日は変らないものとする, 結局 342,492 kWh の省エネルギーとなる。
(496,613 Bt/year)

8.4 電気炉修理時の炉蓋開度

出鋼後の炉修時に炉蓋を全開状態にして炉材吹き付けをしている。炉蓋開口部からの放散及び対流による炉内温度低下防止のために吹き付け作業に支障のない限度まで開口面積を縮小させること。

40 t 炉で炉蓋を 4 分間開いた時の放散熱は約 490 kWh というデータがある。40 t 炉の炉内直径を 4,500 mm とし, 放散熱は開口面積に比例するものとする, 20 t 炉 (炉内直径 3,150 mm) では 240 kWh / 4 分間となる。

8.5 製鋼時間の短縮

タップ～タップ時間は 180 分であるが, 些が長すぎる。製鋼時間の短縮は電気炉省エネルギーの主要因の 1 項目であるので, 装入材のプレス成型による装入の迅速化, 溶解促進, 各作業の段取りをよくすることによる手持ち時間の短縮等により製鋼時間の短縮化に努力を払われたい。

8.6 力率改善によるメリット

最大のペナルティを支払った昨年の9月は

ピークデマンド 10,037 kW

ペナルティ 48,180 パーツ

したがってトータルの無効電力は

$$10,037 \times 0.63 + \frac{4,818 \text{ }^\circ\text{C}}{15} = 9,535 \text{ kVar}$$

$$\text{この時の力率は } \frac{10,037}{\sqrt{10,037^2 + 9,535^2}} = 0.725$$

と極めて低い。今 6,000 kVA のトランスの 3.3 kV 側に 1,000 kVar, アーク炉の回路に 2,000 kVar, のコンデンサを接続すると, 年間約 20 万パーツのペナルティはほぼ解消する。また, 6,000 kVA と 12,500 kVA のトランスの負荷損が下記のように減少する。

Transformer capacity		Name of load	Apparent power		Apparent power after installed 1,000 KVar condenser	Power
12,500/ 10,000 KVA	KVA 1,000	Auxiliary machine of rolling Underwater pump	296+j222= 370 KVA	KVA 4,227+ j2,044 = 5,342		97.1%
	KVA 6,000	Main machine of rolling DC motor	1.676+ j1,257=2,095		1,676+j(1,257-1,000)=1,676+j257=1,690 KVA	
	KVA 1,250	Oxygen plant High voltage motor			4,227+j(2,044-1,000)=4,227+j1,044=4,354	
	KVA 500	Oxygen plant Low voltage motor	2,255+j565=2,325			
	KVA 1,000	electric arc furnace Auxiliary machine of C.C.				
12,500/10,000 KVA		No. 1 electric arc furnace	9,484+j7,113-(4,227+j2,044)=5,257+j5,069=7,303 KVA		5,257+j(5,069-2,000)=5,257+j3,069=6,087 KVA	86.4
Receiving power (income)			Annual average peak demand 9,484+j7,113=11,855		9,484+j4,113=10,332 KVA	91.8

結局, 6,000 kVA のトランスの二次側に 1,000 kVar, アーク炉用 12,500/10,000 kVA トランス二次側に 2,000 kVar のコンデンサを新たに挿入することによって, 各トランスの負荷損の軽減は

$$48 \times \left\{ \left(\frac{2,095}{6,000} \right)^2 - \left(\frac{1,690}{6,000} \right)^2 \right\} + 85 \times \left\{ \left(\frac{7,303}{10,000} \right)^2 - \left(\frac{6,087}{10,000} \right)^2 \right\}$$

$$= 2 + 13.8 \text{ kW} \quad \text{コンデンサによる省エネルギー分は, } 2 \text{ kW} \times 16 \text{ h} \times 300 + 13.8 \times 24 \times 300 = 108,960 \text{ kWh}^* / \text{year} \text{ (} 157,992 \text{ パーツ)}$$

*コンデンサ 2 基設置の費用は付属機器を含め, 70 万パーツと見積られるので償却期間は 4 年 4 カ月となる。

8.2.5 電動機の稼働状況

15 kW以上の電動機の稼働状況は次頁の表のとおりである。特に軽負荷の電動機は下の表のとおりであるから、力率が低く、定格出力の小さな電動機に取り替えると損失を減少させることができる。

Use	Before improvement					After improvement					Energy conservation KWh/year
	Rated output	Load	Efficiency	Loss	Power factor	Rated output	Load	Efficiency	Loss	Power factor	
Rolling mill, shear	22	11	89.9	1.24	74.5	15	11	89.5	1.15	83	393
Rolling mill, cutter	15	3.75	83.7	0.73	47	5.5	3.75	85.2	0.65	71	349
Rolling mill, shear	37	9.25	86.3	1.47	56	11	9.25	89	1.14	76	1,440

上の表における損失の計算は実測した電流から負荷率－電流曲線で負荷率をみつけ、実負荷 (kW) を算出した。

1日16時間稼働であるが、鋼材のカッティングタイムやシアアの時間以外は損失の差は縮まるので、補正係数1.1で割った。

$$\text{すなわち、実負荷 (kW)} \times \frac{1}{\eta} \times (1 - \eta) \times 16 \times 300 \times \frac{1}{1.1}$$

η はその時の負荷率における効率である。電動機の取り替えによる省エネルギーは1年間に2,182 kWh, 3,164 パーツで余り大きな値ではないので、電動機を購入して取り替える場合は、償却年数が極めて長くメリットはない。電動機だけでなく、保護リレーや接触器も取り替えた電動機に見合ったものに取り替える必要がある。

予備電動機に適切なものがある場合に検討されたい。

8.8 照明関係

工場全体で40 W昼光色蛍光灯が382灯ある。これをタイ王国でも製造し始めた省エネルギー形白色けい光灯に取り替えると年間、次のような省エネルギーになる。

$$(40 - 35) \times 382 \times 10 \text{ h} \times 300 \text{ day} \times 10^{-3} = 5,730 \text{ kWh/year}$$

8,308 Bt/yearのメリットがある。

Use	Capacity	No. of unit	Volt	Amp.			Rotation speed	Speed control	Power factor	Remarks
				Rated (A)	Measured (B)	(B)/(A)				
Rolling mill No. 1 STD	1,000 IP (750 KW)	1	AC V 3,300	A 158	A Average 100	% 63.3	r.p.m. 485	Second control	% 86	
No. 2 STD	"	1	3,300	158	Average 100	63.3	485	"	86	
No. 3 STD	"	1	"	160	Average 60	37.5	365	"	78	
No. 4~7 STD	"	1	"	80	90	113	480	"	90	
No. 10~11 STD	500 IP (375 KW)	1	"	80	90	113	480	"	90	
No. 8 STD	300	1	DC 440	745				Volt control by SCR		Cannot measure
No. 9 STD	"	1	DC 440	745				"		
Air-compressor	75HP (56 KW)	1	AC 380	107	81.2	75.9	1,460	None	87.5	
"	"	1	"	102	85.8	84.1	1,460	"	89	
Pinch roll	15 KW	1	"	29	10	34.5		"	28	No load supposed 4P
(horizontal)	"	1	"	29	33	113.8	1,460	"	90	
Shear	22 KW	1	"	43.5	25	57.5	1,460	"	74.5	LF 50% efficiency 89.9% *
Reheating furnace fan	45 KW	1	"	85	58	68.2	2,950	"	87	
Rolling mill cooling water pump	60 IP (45 KW)	1	"	74	56.7	76.6	1,480	"	84.5	
"	"	1	"	74	52.9	71.5	1,480	"	83	
"	"	1	"	86	57.2	66.5	980	"	78	
Rolling mill cutter	15 KW	1	"	37.5	12.9~13.4	35.7	970	"	47	*
Rolling mill conveyer	"	1	"	37.5			1,460	"		Cannot measure
Rolling mill hydraulic pump	22 KW	1	"	44	44	100	1,460	"	89	
Rolling mill for cooling bed	"	1	"	40	40	100	1,450	"	89	
Rolling mill shear	37 KW	1	"	66	25	37.9	970	"	56	LF 25% efficiency 86.3%
Electric arc furnace, air compressor	75 KW	1	"	113	75	66.4	1,455	"	89	
"	"	1	"	113	74	65.5	1,455	"	88	
Oxygen plant compressor	900 KW	1	3,300	183	120	66.7	273	"	98	Synchronous motor
Oxygen plant expansion valve	90 KW	1	"	21.5	15	69.8	700	"	71	The belt was loosed.

9. まとめ

以上の対策を実施した場合の効果は次のとおりである。

ホットチャージ	330.0 kℓ/year	13.0 %
炉内圧適正化	30.0 kℓ/year	1.2 %
セラミックファイバ断熱	20.6 kℓ/year	0.8 %
小 計	380.6 kℓ/year	15.0 %
トランスの台数整理	342.5×10^3 kWh/year	0.8 %
効率改善によるトランス負荷の減少	108.9×10^3 kWh/year	0.2 %
電動機を定格が小さいものに取り替える	2.2×10^3 kWh/year	—
昼光色けい光灯を省エネルギー形白色けい 光灯に取り替える。	5.7×10^3 kWh/year	—
小 計	459.3×10^3 kWh/year	1.0 %

SAHAVIRIYA METAL INDUSTRY CO., LTD.

1. 工場概要

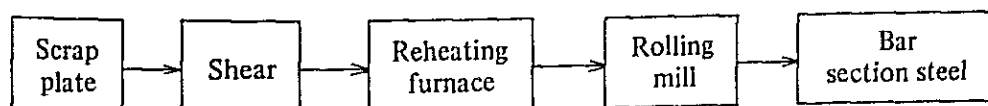
Address	115 Suksawat Rd. Amper Muang, Samutprakarn	
Capital	25 million Bt	
Type of industry	Metal	
Major products	Round bar, Reformed bar, Angle and Channel Section Steel	
Annual product	18,000 t/year	
No. of employees	150	
Annual energy consumption	Electric Power	3,244,000 kWh/year
	Fuel	Heavy oil (A and C) 1,794 kℓ/year
Interviewees	Factory Manager, Mr. Vonlop Boonpipat	
Date of diagnosis	Feb. 3 ~ 4, 1983	
Diagnosers	T. Nakagawa, T. Noda, K. Kurita	

船の解体板や規格外の厚板を原料として、4列の圧延設備で棒鋼や型鋼を製造している。リロール工場の中では大手に属し、当工場の他にも同種の工場を幾つか持っている。会社全体では加熱炉を10基保有しているとのことだが、当工場にはそのうちの4基がある。

工場長は電気技術者であるが、これらの工場を併せ監督しており、従って当工場に来るのは週に一度程度しかない。

生産能力は35,000 t/year (2シフト操業時)であるが、現在は50%の稼働率であり、1シフト操業となっている。

2. 製造工程

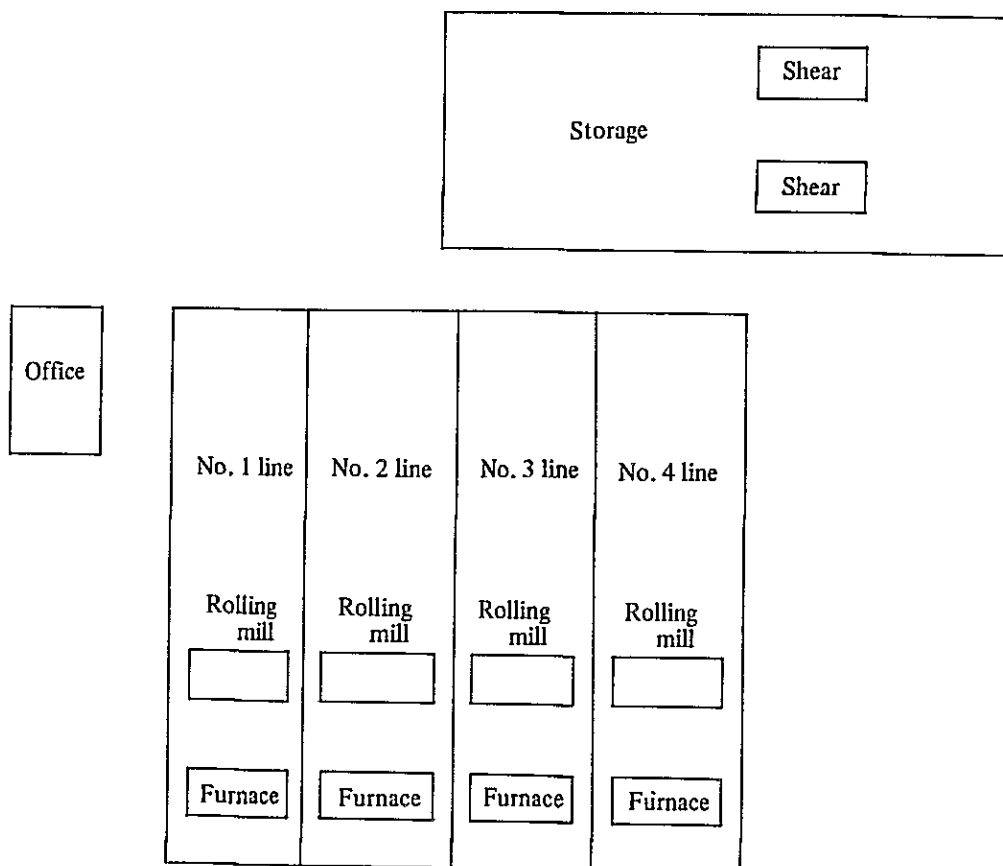


3. 主要設備の概要

3.1 主要設備

Name	No. of units installed	Type, etc.
Shear	8	Belt drive
Reheating furnace	4	8.1mL
Rolling mill	4	Belt drive

3.2 工場内配置図



4. エネルギー管理状況

4.1 省エネルギー対策の実施

省エネルギーの必要性に対して工場長は認識しているが、省エネルギーの目標もなく、具体的な省エネルギー対策も行われていない。

4.2 エネルギー消費量の把握

毎月の電力使用量はMEAからの請求明細でわかり記録も残る。しかし使用量が変化した場合になぜ変化したか検討されていない。

各圧延機とシェアリングに積算電力計を取り付ければ各々の電力使用量が把握できる。工程毎、製品毎の電力原単位を算出し、目標を決めて、作業改善すれば省エネルギーの実績が上ると思う。MEAの積算電力計で工場全体の使用電力量を毎時記録して日負荷曲線を作成すればピーク・デマンドの抑制に利用できる。

毎月ペナルティをとられるのだから、MEAの無効電力計の「読み」も毎時間記録をとり、力率に関心を持つ必要がある。

燃料については、燃料流量計が設備されていないので使用量は把握できず、受け入れ量しかわからない。

従ってエネルギー原単位の算出もできず、燃料消費の良否はチェックされていない。

4.3 省エネルギー委員会と提案制度

省エネルギーのための組織的活動はない、しかし過去にコンサルタント契約をしたことはあった。

改善提案制度や表彰制度はつくられていない。

4.4 従業員の教育、その他

従業員教育の為の研修会への派遣、あるいは従業員に対する省エネルギーの呼びかけは特にはしていない。

工場長は、夜間の加熱炉の保熱時におけるエネルギーロスやミスロール時の空転によるエネルギーロスを問題点としていた。

5. 燃料の消費状況

5.1 燃料使用実績

燃料使用量は1,794kℓ/yearで、A重油50：C重油50のブレンド油である。しかし、タイ王国の重油市場は売手市場で、ユーザが要求する種類の重油が常に入荷する保証はなく、ある場合にはC重油単味で使用することもあるようである。

重油はすべて伸鉄加熱炉に使用されている。

5.2 燃料原単位

現在の生産量を18,000 t/yearとして、燃料の年間平均原単位を算出すると次のとおりである。

$$\text{平均原単位} = 1,794 \times 10^3 / \text{year} / 18,000 \text{ t/year} = 100 \ell / \text{t}$$

5.3 伸鉄加熱炉の簡易熱勘定

伸鉄加熱炉の簡易熱勘定は装入鋼材1 t当たりについて行い、外気温度35℃を基準とした。

5.3.1 熱勘定表

Input			Output		
Item	10 ³ Kcal/t	%	Item	10 ³ Kcal/t	%
(1) Heat of fuel combustion	668.2	97.1	(3) Heat of discharging billet	199.8	29.0
(2) Formation of scale	20.0	2.9	(4) Heat of scale	5.3	0.8
			(5) Heat loss in exhaust gas	302.1	43.9
			(6) Heat release from body	45.4	6.6
			(7) Others	135.6	19.7
Total (1)+(2)	688.2	100.0	Total (3)+(4)+(5)+(6)+(7)	688.2	100.0

5.3.2 熱勘定計算諸元

(1) 装入鋼片重量

$$\text{抽出鋼片本数 (180 本/h)} \times \text{鋼片の平均単重 (9.3 kg/本)} = 1,674 \text{ kg/h}$$

抽出本数及び平均単重は観測値から算出した。

(2) 重油使用量

測定値が得られなかったので、年間使用量、稼動状況から次のように推定した。

(a) 1基当たり1日の平均使用量を x ℓ/day 基とすると

$$x \text{ ℓ/day 基} = \{ \text{年間使用量} (1,794 \times 10^3 \text{ ℓ/year}) \} / (300 \text{ day/year} \times 4 \text{ 基}) = 1,495 \text{ ℓ/day 基}$$

(b) 圧延時の1時間当たりの平均使用量 y ℓ/h 基

$$y \text{ ℓ/h 基} = x (1,495 \text{ ℓ/day 基}) \times \{ 1 - \text{昇熱保温時の重油使用率} (0.25) \} \\ \div \text{圧延時間} (9 \text{ h/day}) \times \text{重油比重} (0.91 \text{ kg/ℓ}) = 113 \text{ kg/h}$$

ここでは、昇熱及び昼休時の保熱に使用する重油の使用の割合を全使用量の25%とした。

A重油50:C重油50のブレンド油はB重油並みとし、その比重を0.91kg/ℓとした。

(c) 鋼片1t当たり重油使用量

$$1 \text{ 時間当たり重油使用量} (113 \text{ kg/h}) / 1 \text{ 時間当たり鋼片装入量} (1,674 \text{ kg/h}) \\ = 67.5 \text{ kg/t}$$

(3) 重油の低発熱量 9.900kcal/kg

(4) 重油の理論空気量 10.4 Nm³/kg

(5) 重油の理論湿り排ガス量 11.0 Nm³/kg

(6) 鋼片の焼き減り量

鋼材1t当たりのFe焼き減り量を15kg/t(1.5%)とした。

(7) スケールの生成熱: 1,335kcal/kg Fe

(8) 鋼片の含熱量

抽出温度1,277℃における含熱量 207.3 kcal/kg

35℃における含熱量 4.4 kcal/kg

(9) スケールの比熱 0.215 kcal/kg℃

(10) スケール中のT・Fe 75.5%

(11) 排ガス中のO₂% 8.0

(12) 排ガスの温度 810℃

(13) 湿り排ガスの平均比熱 0.33 kcal/Nm³℃

(13) 炉体の表面積(除く炉底) 58.8 m²

(14) 炉体の平均表面温度 128℃

5.3.3 熱勘定計算式

(1) 入熱

(a) 燃料の燃焼熱

$$\text{鋼片 1 t 当たり重油使用量 (67.5kg/t)} \times \text{重油の発熱量 (9,900kcal/kg)} = \\ 668,250\text{kcal/t}$$

(b) スケールの生成熱

$$\text{鋼片 1 t 当たりの焼き減り Fe 量 (15kg/t)} \times \text{スケールの生成熱} \\ (1.335\text{kcal/kg Fe}) = 20,025\text{kcal/t}$$

(2) 出熱

(a) 抽出鋼材の含熱量

$$\{ 1,000\text{ kg} - \text{焼き減り Fe 量 (15 kg/t)} \} \times \{ \text{鋼材の抽出温度における含熱量} \\ (207.3\text{kcal/kg}) - \text{鋼材の外気温度における含熱量 (4.4 kcal/kg)} \} = 199,856 \\ \text{kcal/t}$$

(b) スケールの顕熱

$$\text{鋼材 1 t 当たり焼き減り量 (15 kg/t)} \times \frac{100}{75.5} \times \text{スケールの平均比熱} \\ (0.215\text{ kcal/kg}^\circ\text{C}) \times \{ \text{抽出温度 (1,277 }^\circ\text{C}) - \text{外気温度 (35 }^\circ\text{C}) \} = \\ 5,305\text{ kcal/t}$$

(c) 排ガスの顕熱

- ・空気比 = $21 / \{ 21 - \text{排ガス中の O}_2 \text{ \% (8.0)} \} = 1.62$
- ・重油 1 kg 当たり湿り排ガス量 = 理論湿り排ガス量 ($11.0\text{ Nm}^3/\text{kg}$) + { 空気比 (1.62) - 1 } × 理論空気量 ($10.4\text{ Nm}^3/\text{kg}$) = $17.5\text{ Nm}^3/\text{kg}$
- ・排ガスの顕熱 = 鋼材 1 t 当たり重油使用量 (67.5 kg/t) × 重油 1 kg 当たり湿り排ガス量 ($17.5\text{ Nm}^3/\text{kg}$) × 湿り排ガスの平均比熱 ($0.33\text{kcal/Nm}^3^\circ\text{C}$) × { 排ガス温度 (810°C) - 外気温度 (35°C) } = $302,105\text{kcal/t}$

(d) 炉体からの放散熱 (ただし炉底を除く)

$$\{ [(\{ \text{表面温度 (128 }^\circ\text{C}) + 273 }^\circ\text{C} \} / 100 }^\circ\text{C}]^4 - [\{ \text{外気温度 (35 }^\circ\text{C}) + 273 }^\circ\text{C} \} / 100 }^\circ\text{C}]^4 \} \times 4.88 \times \text{炉体表面の放射黒度 (0.8)} + \text{対流熱伝達率} \\ 2.2 \times \{ \text{表面温度 (128 }^\circ\text{C}) - \text{外気温度 (35 }^\circ\text{C}) \}^{0.25} \times \{ \text{表面温度 (128 }^\circ\text{C})} \\ - \text{外気温度 (35 }^\circ\text{C}) \} \} \times \text{炉体表面積 (58.8 m}^2 \text{)} \div \text{1 時間当たり鋼材抽出重} \\ \text{量 (1.674t/h)} = 45,435\text{ kcal/t}$$

注) 炉体表面の放射黒度 0.8

対流熱伝達率 $2.2 \times (\text{表面温度} - \text{外気温度})^{0.25}$

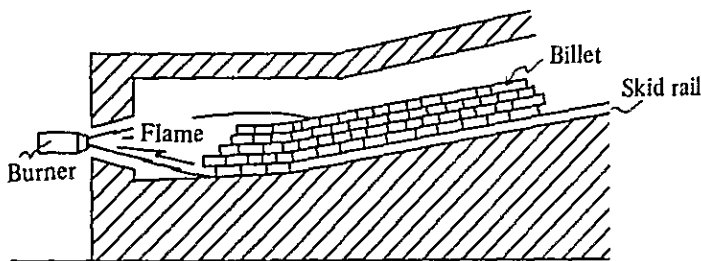
(e) その他の損失熱

$$\begin{aligned} & \text{入熱合計 (688,275kcal/t) - 出熱} \{ a (199,856kcal/t) + b(5,305kcal/t) \\ & + c (302,105kcal/t) + d (45,435kcal/t) \} = 135.574 \text{ kcal/t} \end{aligned}$$

6. 熱管理の問題点とその対策

6.1 加熱方法

炉床形状、抽出口位置及び抽出側前壁に取り付けた3本の軸流バーナの相対位置が悪いために、燃焼過程にある フレームが抽出口前に山積になった鋼片に直接ぶち当たって、油滴が鋼片上で燃焼したり、また抽出口前の鋼片が少ないときにはフレームが炉床に当たって、炉床上に散布された油滴が燃焼している状況にある。そのために重油の正常な霧化燃焼が行われずかなりの黒煙を発生している。



このような加熱方法になっているのは、次項で指摘する鋼片の装入方法に原因があるようである。すなわち山積に装入された鋼片の下積み部分は炉内での伝熱が悪いので、抽出口前で急速な加熱を行わなければならない、フレームによる衝突加熱を目的としてこのような方法をとっているものと思われる。

これらの対策は次のとおりである。

(1) バーナ高さ及び取り付け角度の変更

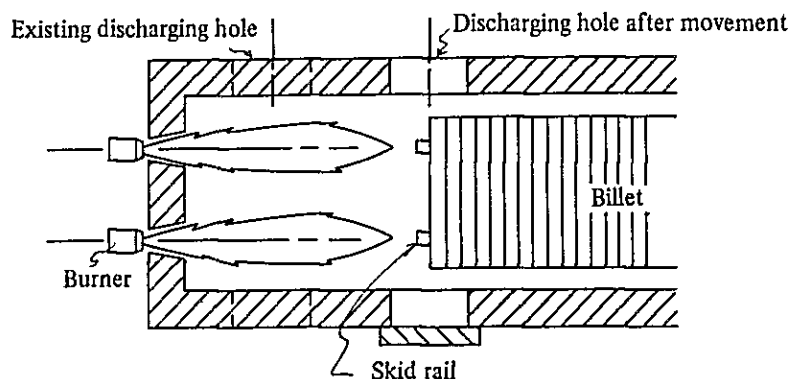
バーナフレームが鋼片に衝突しないように、かつ天井や側壁にも当たらないように取り付け角度を選んでバーナを取り付け直すこと。

(2) 抽出口の位置の変更

バーナで微細な粒滴状態になった重油が完全に燃焼を完了するためには、ある距離と

容積を持った空間が必要である。現在の状況では、この必要とする空間に抽出口があるので、抽出のためにかき出された鋼片の山が、燃焼過程にあるフレームに衝突することは避けられない。

そこで抽出口を現在位置から装入サイド寄りに約1m程度移すことを勧告する。この抽出口移設のために炉の有効炉長は短くなるが、鋼片の積段数を2段に変更することにより加熱上の問題はない。

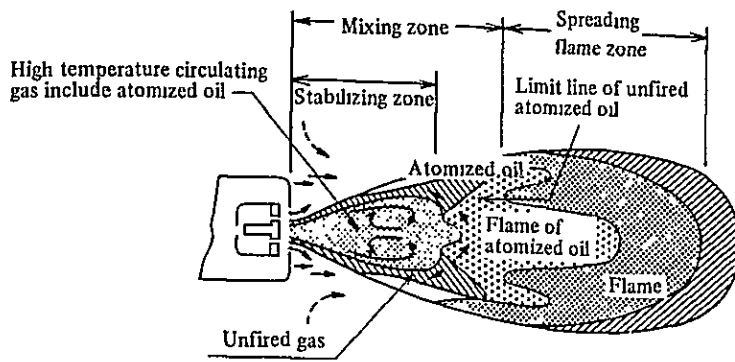


また抽出口の移設により鋼片の抽出位置はスキッド末端部と一致するため、抽出作業はブッシャにより搬送されてきた鋼片を「火ばし」で取り出すだけの簡単な作業になり、従来のようにスキッド末端に搬送されてきた山積状の鋼片を抽出口前の炉床上に「パール」でかき出すという高熱重筋作業が省略されるメリットもある。従って抽出口はできるだけ小さくして放炎損失の軽減に努めることが望ましい。（炉修用のマンホールは別途に設ける）

〔参考〕 重油フレームの構造

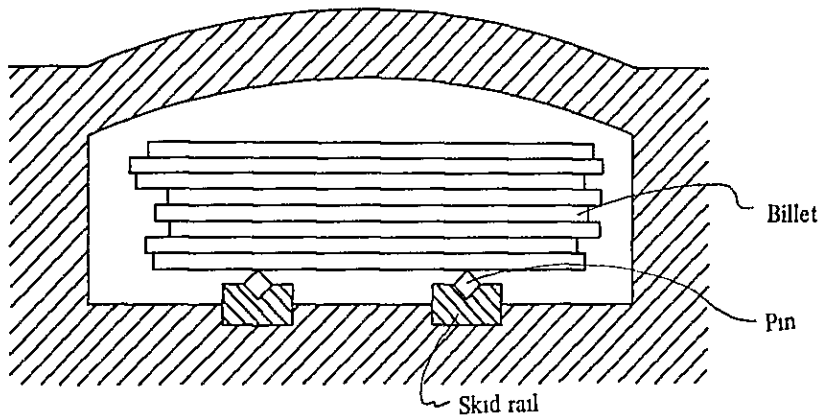
下図は、モデル化した重油バーナの火炎構造を示したもので、フレームの前半の混合域は微粒化された油滴と、油滴から蒸発し発生した重油蒸気を含んだ油滴で形成され、後半の拡散炎域では火炎ガスがかなりの部分を占めるものの中芯部の前半では油滴を含んだ高温ガスが存在している。

従って可視フレームを鋼片、炉床等の障害物に衝突させると微粒油滴が障害物上で大きな油滴群となり、空気との良好な混合がさまたげられる結果、燃焼が悪くなりススを含んだ未燃分発生の一原因となる。



6.2 鋼片の装入

鋼片を6～9段に山積状に装入し、10分前後の極めて長いインターバルで1ピッチ約50cm程の間欠搬送を行っているが、これが伝熱を悪化させる原因となっている。



(1) 鋼片の積段数の変更

鋼片の装入時の積段数を1～2段程度に減らすことを勧告する。

鋼片を6～9段も山積状にして加熱した場合、炉内の鋼片への熱伝達は上面からのガス輻射と炉壁輻射のみであり、鋼片ブロック内の熱伝達は熱伝導が主体となるので、上段部の鋼片の温度に比べ下積みになっている鋼片の温度が低くなるのは当然のことである。この上下の温度差を解消するには、均熱期間を与えねばならないが、この温度均一化に要する時間は厚み（鋼片の厚さ×積段数）の2乗に比例し、厚さが2倍になれば均熱のために4倍の時間を与えねばならない。

一般に均熱を要求されるような厚さの大きな鋼材を加熱する炉は、加熱帯と均熱帯を有し、加熱帯で鋼材の上面温度を要求する温度までに加熱し、加熱帯に続く均熱帯で上面温度を要求される温度に維持しながら、上面からの熱伝導により下面の

温度上昇を行って温度差の減少を行っている。

しかし本伸鉄炉の場合には、薄鋼片の積重ねであって鋼片間の熱伝導が少ないこと、均熱帯を持たないので均熱化を図ることは不可能で、上下の温度差が比較的小さい1～2段積みが望ましい。積段数を減らすことにより当然炉内搬送速度は早くなり、加熱時間は短くなるが、板厚20～30mmなら炉内温度パターンによっても変わるが30分程度で1,200℃まで加熱は可能である。

仮に鋼片1,500 L × 50 w × 15 t (@ 8.8 kg / 本)を2段積みにして加熱したとき、有効炉長6.5 mで加熱し得る鋼材重量は4,580 kg / hとなる。

$$\frac{6,500 \text{ (炉長)}}{50 \text{ (鋼片幅)}} \times 2 \text{ (段数)} \times 8.8 \text{ (鋼片板単重)} \times \frac{1}{0.5 \text{ (加熱時間)}}$$
$$= 4,576 \text{ kg / h}$$

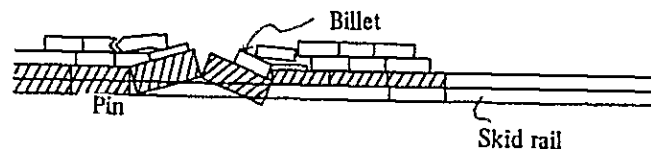
(2) ブッシャ運転の改善

鋼片の積段数の減少、山積鋼片のかき出し廃止を実施するためには、必然的にブッシャの運転方法の改善が要求される。従来のように約10分毎に50cm押し出すブッシャの運転は、数分間隔で数10cmだけ押し出すような運転方法に改めねばならない。これに伴いブッシャ機構、鋼片の装入方法も改善を必要とする。

(3) ピンの形状

現在では鋼片をのせてスキッドレール上を滑動するピン上の荷重が大きいので、ピンの形状不良による鋼片のパイル・アップは生じないが、鋼片の積段数が少なくなると、これが鋼片の搬送を阻害し操業上の大きな支障となってくる。従ってピンの長さ、径について再検討するとともにピンの形状をチェックし、異常なものは使用しないようにされたい。

State of piling up



6.3 バーナの保守

- (1) 各バーナとも油洩れが多いので、配管接手部の保守を実施されたい。
- (2) バーナタイルがかなり破損しているので、正規形状のものに取り替えること。

6.4 重油温度

原則としてA重油50：C重油50のブレンド油を使用しているが、油業者の都合により、C重油のみで操業することがあるようである。

実測値ではバーナ前重油温度は約50℃で、ブレンド油でもこの温度は低い。

重油温度が低いために粘性が大きい場合は、バーナで微細な油滴になり難いのでが床上への油滴の滴下、ロングフレイム、未燃ガスの発生等の原因になる。バーナ前に重油加熱器を設置して、ブレンド油で70℃、C重油で100℃を確保されたい。

6.5 炉体開口部の密閉強化

現在では抽出側のドアの損傷が烈しく、また装入口ドア及び煙突ダンパが設けられていない。従って休止時に開口部から流入する大気による炉体の冷却が大きいように思われる。

従って以下の対策が必要である。

- (1) 抽出側ドアの修理、装入口ドア及び煙突ダンパの設置により炉の密閉性を高めるようにされたい。
- (2) 夜間の炉休止時には、必ず炉体の開口部、煙突ダンパの完全な閉さを実行して炉体の冷却を防止すること。これにより炉内鋼片及び炉体の温度低下が改善されるので、昇熱時間の短縮及び昇熱重油量の節減が図られる。

以上の諸対策を実施することにより約40%の燃料節約が可能となり、年間の節約量は次のとおりとなる。

$$1,794 \text{ kL/y} \times 0.4 = 717.6 \text{ kL/y}$$

6.6 炉体断熱

炉体側壁の表面温度は、次の図にあらわしたようにならかなり高い。

(charging side)	65°C	121°C	130°C	143°C	170°C	120°C	(extracting side)
-----------------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------------------

炉体の断熱方法としては(1)外面の断熱、(2)内面の断熱の二方法があるが、本炉の場合は炉枠金物の関係で、外面断熱は望ましくないので、セラミックファイバによる内面断熱をすすめる。その省エネルギー効果は大きいですが、内壁面の損傷が烈しい場合には断熱材の接着が難しく、寿命にも影響するので、実施時にはよく検討されることを望む。

現状及び現状炉壁の内面に、50mm厚のセラミックファイバを貼りつけた場合の炉体表面からの放散熱量、蓄熱量の計算結果を次に示す。この計算によると内面断熱により放散熱量は約40%の大幅な減少が期待できる。(右図)

放散熱量の減少によって節約できる熱量は次のようになる。

$$45,435 \text{ kcal/t} \times 1,674 \text{ t/h} \times 0.4 = 30,423 \text{ kcal/h}$$

年間に節約できる燃料は次のとおりである。

$$\frac{30,423 \text{ kcal/h} \times 9 \text{ h/day} \times 300 \text{ day/year} \times 4 \text{ 基}}{9,900 \text{ kcal/kg} \times 0.91 \text{ kg/l} \times 1.000} = 36.5 \text{ kl/year}$$

このほかに、炉体蓄熱量の減少により、昇温時の燃料消費量も減り、昇温に要する時間も短くなる。

炉体内張に必要な費用は4基全部で75,000Bt程度とみられ、約6カ月で償却できる。

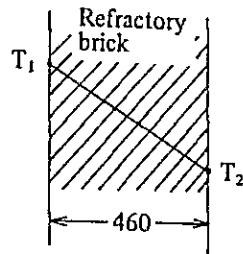
6.7 計測器の設置

現在計器類はなく、いわゆる勘による盲操業であるが、省エネルギーを図るためには定量的な操業が望ましく、そのため少なくとも重油流量計と炉内温度計の設置が必要である。

6.8 炉の更新

現在の炉は加熱炉としては好ましくない型状であるため、上述した省エネルギー対策を施しても限界がある。省エネルギー型の加熱炉では燃料原単位が40ℓ/t以下であるので機会をみて炉の新設を計画されることを強く要望する。

Existing state
(Side wall)

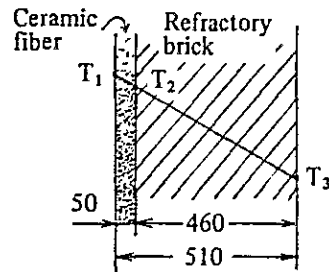


Condition for calculation

- 1) Emissivity 0.8
- 2) Atmospheric temp. 35°C
- 3) At steady condition

	T_1	1,300°C	1,200°C	1,000°C	800°C	700°C	
Outside surface temp. T_2 °C		184	174	153	132	120	
Heat release Kcal/cm ² h		2,520	2,271	1,795	1,353	1,148	
Accumulated heat 10 ³ Kcal/m ²		188.4	174.4	140.3	108.5	95.4	

Installed ceramic fiber
(Side wall)



Condition for calculation

Same as existing state

	T_1	1,300°C	1,200°C	1,000°C	800°C	700°C	
Boundary surface temp. T_2 °C		1,045	918	700	487	396	
Outside surface temp. T_3 °C		158	144	118	95	84	
Heat release Kcal/cm ² h		1,878	1,600	1,125	734	571	
As compared with existing state %		74	70	63	54	50	Average 62
Accumulated heat 10 ³ Kcal/m ²		149.3	131.8	97.3	66.1	54.6	
As compared with existing state %		79	76	69	61		

7. 電力の消費状況

ローリングミルが4基あり、その内、No.1スタンドとNo.2スタンドは電動機容量がはっきりせず、ネームプレートもついていない。工場長の説明によればNo.1は300kW、No.2は520HPということである。

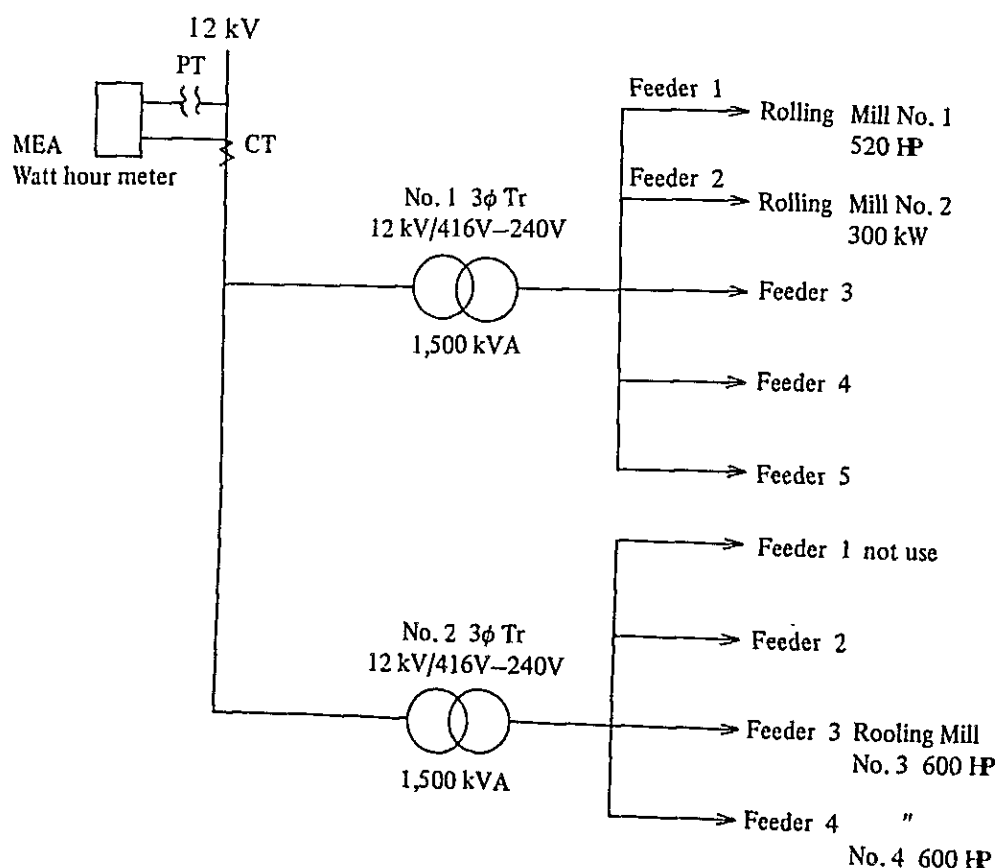
No.3とNo.4は600HPである。この4つのローリングミルが電力消費の大半を占めている。

7.1 電力消費に関する主要な指標は次のとおりである。

- ・ 電力会社 : MEA
- ・ ピーク・デマンド : 1,400 kW
- ・ 使用電力量 : 3,244,000 kWh/year (1982年)
- ・ 負荷率 : 81.6%
- ・ ペナルティ・フィ : あり 58,900 Bt/year (1982年)
- ・ 力率 : 73% コンデンサによる力率改善なし
- ・ トランス : 1,500kVA 2バンク
- ・ 電力原単位 : 162.2 kWh/t

7.2 配線系統図

・ 工場には配線系統図がなかったが、工場側の説明と実際調査から作成した。



kWh/month	Peak demand	Penalty	Penalty fee	Reactive power	Apparent power	Power factor
180000	1080 ^{kw}	360 ^{kVar}	5400 ^{Bt}	1040 ^{kvar}	1499 ^{kVA}	72.0 [%]
180000	1080	400	6000	1080	1527	70.7
280000	1280	354	5310	1160	1727	74.1
280000	1280	314	4710	1120	1701	75.2
280000	1400	278	4170	1160	1818	77.0
284000	1280	314	4710	1120	1701	75.2
288000	1240	299	4485	1080	1644	75.4
296000	1240	299	4485	1080	1644	75.4
288000	1080	320	4800	1000	1472	73.4
348000	1120	334	5010	1040	1528	73.3

ペナルティ・フィを最も多く払っている月は 400 kVar 6,000 Bt/month である。従って 400 kVar のコンデンサを接続すれば、ペナルティはとられなくなる。この場合 400 kVar のコンデンサを 2 つに分けてそれぞれのトランスの二次回路に接続する。

No. 1 トランスと No. 2 トランスの負荷状態を知るため、二次電流をパネル上の電流計で調べた。ただし、No. 2 トランスの二次電流を指示する電流計がないし、ブスが太く クランプオン電流計では測定できないため、各ブランチの電流計で測定した。測定値は次のとおりである。

Volt. and amp. of No. 1 transformer 11°40' Feb. 4

Volt. V	Amp. of R phase	Amp. of S phase	Amp. of T phase	Remarks
390	800 ~ 1200 ^A	800 ~ 1200 ^A	850 ~ 1200 ^A	

Volt. and Amp. of each branch of No. 1 transformer

Volt. V	Branch 2	Branch 3	Branch 4	Remarks
390	800 ~ 1100 ^A	800 ~ 1200 ^A	500 ~ 800 ^A	Branch 1 is offed

上のデータから№1トランスには540～810 kVAの皮相電力がかかっている。

№2トランスについては、各ブランチに流れる電流の位相は同じではないから電流を代数和することはできない。

受電点にあるMEAの積算電力計の電流線輪に入る電流が1.5 A、CTの電流比が $\frac{150}{2.5} = 60$ 倍だから、受電点の皮相電力は電圧が12 kVで

$$P_a = \sqrt{3} \times 12 \times 1.5 \times 60 = 1870 \text{ kVA}$$

この値はピーク・デマンド最大の月の値に近い。

№1トランスと№2トランスと同じ力率と仮定すれば、№2トランスには最大1,060 kVAの皮相電力がかかっていることになる。前出の10カ月のデータのピーク・デマンドにおける力率の平均値が0.742である。

この場合無効率は $\sin \varphi = 0.67$

$$\therefore P_a = 1.870 = 1.870 \times 0.742 + j 1.870 \times 0.67$$

前述のように№1トランス、№2トランスにかかる負荷が同じ力率と仮定すると、

$$\dot{P}'_{a1} = 810 = 810 \times 0.742 + j 810 \times 0.67 = 601 + j 543$$

$$\dot{P}'_{a2} = 1.060 = 1.060 \times 0.742 + j 1.060 \times 0.67 = 787 + j 710$$

200kVarのコンデンサをそれぞれのトランスの二次側に接続すると、皮相電力はそれぞれ次のようになる。

$$\dot{P}'_{a1} = 601 + j 343 \quad |P_{a1}| = 692 \text{ kVA}$$

$$\dot{P}'_{a2} = 787 + j 510 \quad |P_{a2}| = 938 \text{ kVA}$$

全負荷における1,500 kVAトランスの負荷損を15 kWとすると、コンデンサ接続による省エネルギー量は、

$$15 \times \left\{ \left(\frac{810}{1,500} \right)^2 - \left(\frac{692}{1,500} \right)^2 - \left(\frac{1,060}{1,500} \right)^2 + \left(\frac{938}{1,500} \right)^2 \right\} \times 2,840 \text{ h} = 7.975 \text{ kWh/year}$$

$$11,564 \text{ Btu/year}$$

ペナルティの支払がなくなるのでこの分が、58,890 Btu/year、合計で70,454 Btu/yearのメリットとなる。200 kVarのコンデンサは開閉装置込みで70,000円で購入替え付けできると思う。2台で140,000円となり2年で償却できるであろう。

8.3 トランス

工場内の照明、その他生活用の動力を一方のトランスに集中すれば、年間65日の休日には1台のトランスは開放でき、それによって、おののような効果を得られる。

500kVAのトランスの無負荷損は5kW

$$5 \times 24 \times 65 = 7,800 \text{ kWh/year} \quad 11,310 \text{ Bt/year}$$

またトランスの一次，二次側のブスがむき出しになっているので，落下物等による短絡の心配があるので屋根をつけることが望ましい。（側面は金網があるのでよい）

8.4 照明

- (1) 昼光の取り入れ不足のため，ローリングミルの上などに400 Wの水銀灯が12灯点灯されていた。（No.2ローリングミル並びに冷却水に5灯，No.3ローリングミルとNo.3ローリングミルに7灯合計12灯）屋根の一部をプラスチック板張りにして昼光をもっと取り入れ，消灯すれば年間の省エネルギーは，

$$400 \times 12 \times 10^{-3} \times 2,840 = 13,632 \text{ kWh/year} \quad 19,766 \text{ Bt/year}$$

- (2) 工場側に40 W昼光色けい光灯26灯と事務所その他に40 W昼光色けい光灯25灯がある。

これを省エネルギー形白色けい光灯に取り替えることによって1灯当たり5 Wの省エネルギーが可能である。

$$5 \times 51 \times 2,840 \times 10^{-3} = 724 \text{ kWh/year} \quad 1,050 \text{ Bt/year}$$

$$\text{照明関係のトータルメリット} \quad 20,816 \text{ Bt/year}$$

8.5 ローリングミル鋼片装入

鋼片はローラコンベアで運ばれ，ミルの入口でコンベアは途切れているため，ワーカーが材料を持ち上げて装入しているのですが，次のように改造すれば安全上，能率上よいと思う。

- (1) ローラコンベアをミル装入口まで延長し，左右にガイドをつける。これによって人が鋼材を持ち上げなくてもよくなる。
- (2) ローラコンベアは，この工場では電動機とローラがベルトによって連絡されているが，スプロケットとチェーンによるチェーンコンベアに改造することによって，スリップのない動力の伝達ができる。

8.6 シアーのベルトのたるみ

シアーのベルトのたるみと燃焼空気ファンのベルト切れがみられた。

ベルトの寿命と安全のため，正常なベルトの設備を保つことが望ましい。

9. まとめ

以上の対策を実施することによる効果は次のとおりである。

	kl/year	%
放散熱量の減少	36.5	2.0
鋼材加熱法の改善	717.6	40.0
小 計	754.1	42.0
	10 ³ kWh/year	%
コンデンサによる力率改善	8.0	0.25
休日にトランス1台開放する	7.8	0.24
昼間点灯の減少	13.6	0.42
昼光色けい光灯を省エネルギー形 白色けい光灯に取り替える	0.7	0.02
小 計	30.1	0.93

UNION METAL CO., LTD.

1. 工場概要

Address	79 Poochaosamingprai Rd. Bangyaprak Phrapradaeng, Samutprakarn		
Capital	100 million Bt		
Type of industry	Metal		
Major products	Round steel bar, Aluminum building material, Brass sheet		
Annual product	Round steel bar	7,538 t/year	
	Aluminum building material	1,746 t/year	
	Brass sheet	118 t/year	
No. of employees	Worker 450, Staff 48		
Annual energy consumption	Electric Power	9,300,000 kWh/year	
	Fuel	Fuel Oil	1,600 kℓ/year
LPG		130 t/year	
Interviewees	Plant Manager	Mr. Mana Traiphong	
	Asst. Plant Manager	Mr. Henry K. Cheng	
Date of diagnosis	Feb. 7 ~ 8, 1983		
Diagnosers	T. Nakagawa, T. Noda, K. Kurita		

タイと香港の合弁会社で香港からのエンジニアが常駐している。

製造品目は下記の3種類である。

- 1) 半製品の厚板を購入し、それをリロールして棒鋼を製造している。
- 2) アルミ地金を押出してサッシ等の建材を製造している。
- 3) ブラスのスクラップを溶解鋳造後冷間圧延してブラスシートを製造している。

棒鋼とブラスの製造に関しては香港の Hong Kong Chiap hua Manufacturing Co., Ltd と、アルミに関してはオーストラリアの Comalco と技術提携をしている。アルミのビレットはオーストラリアやニュージーランドから輸入している。

棒鋼工場の生産能力は 18,000 t/year であるが昨年の稼働率は約 42 % であった。現在は 1 shift の 8 時間操業を行っている。

アルミ建材工場の生産能力は 2,400 t/year であるが、昨年は約 62 % の稼働率であった。1 shift の操業であるが残業が多く、年間の 25 % は 2 shift 操業を行っている。

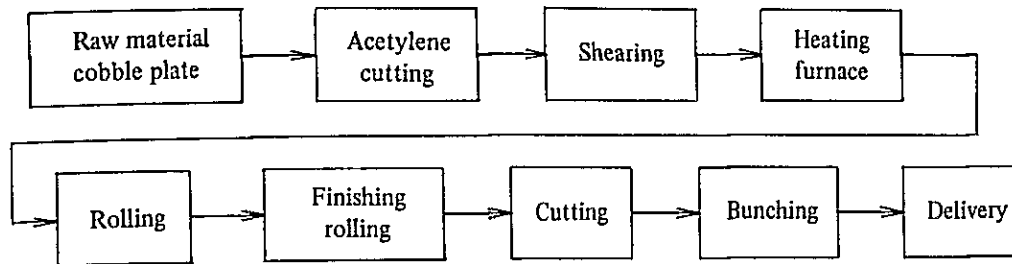
ブラスシート工場の生産能力は 300 t/year であるが、昨年は約 39 % の稼働率であった。

プラスチックは市場が非常に狭いので受注生産となっている。

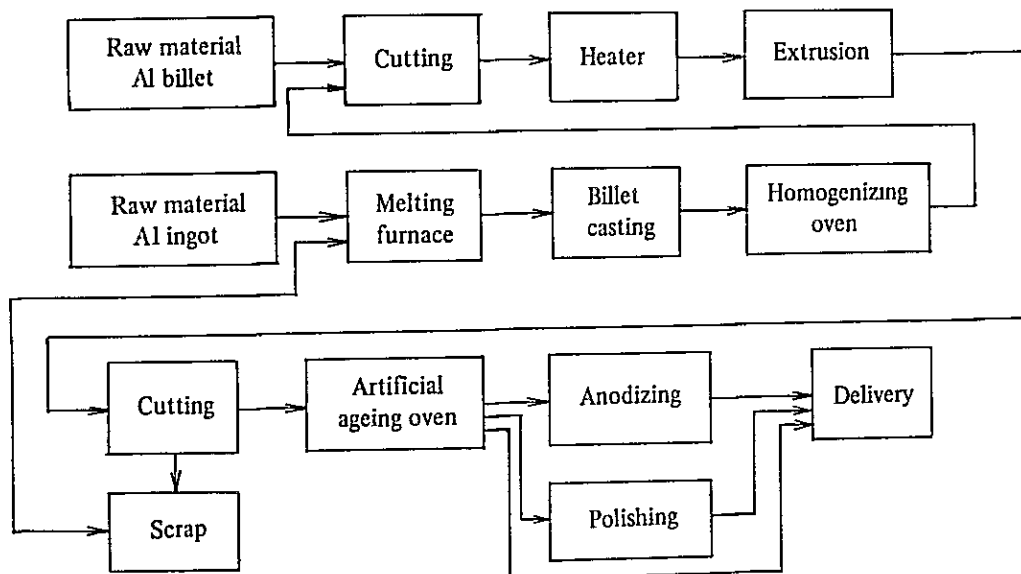
アルミ建材の生産は業界で3位であるが、棒鋼の生産量は業界全体から見ると少ない方である。

2. 製造工程

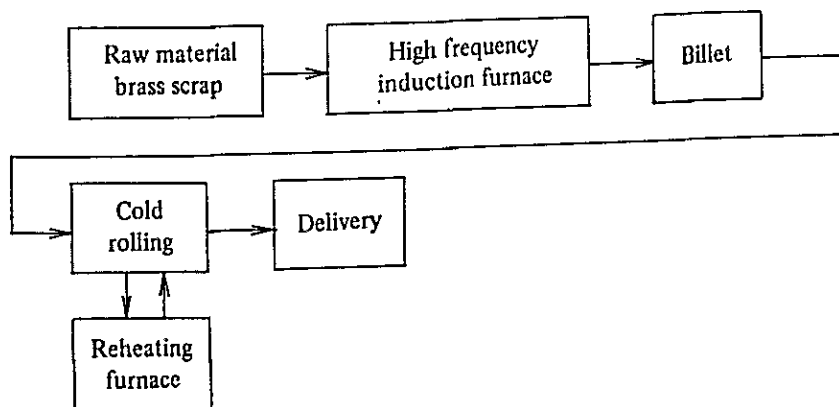
Steel Rolling Process



Aluminium Extrusion Process



Brass Sheet Rolling Process



Steel bar factory

Name	No. of units installed	Type, etc.
Reheating furnace	1 set	30 t/shift
Reheating furnace	2 sets	20 t/shift
Rolling mill	3 sets	
Shearing machine	10 sets	100 HP 1 set 60 HP 2 sets 30 HP 4 sets 25 HP 3 sets

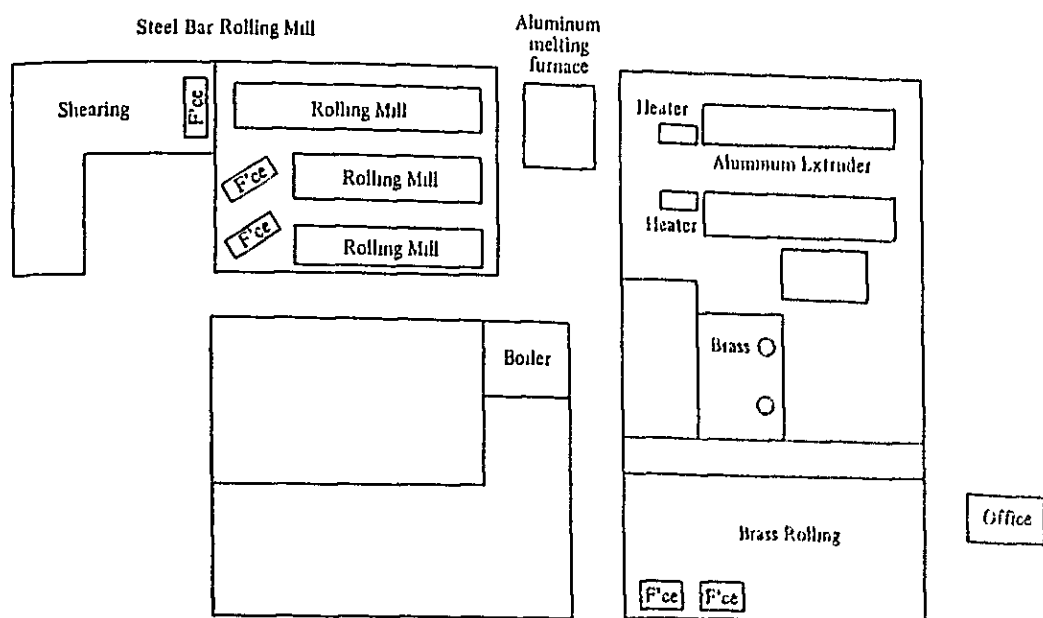
Aluminum factory

Melter	1 set	
Induction heater	1 set	Induction heater (800 kg/h)
Reheating furnace	1 set	LPG (800 kg/h)
Extruder	2 sets	
Anodizing plant	1 set	
Boiler	2 sets	
Ageing oven	1 set	
Homogenizing furnace	1 set	Car type

Brass sheet factory

Name	No. of units installed	Type, etc.
Oven	1 set	
Induction furnace	2 sets	Capacity 0.5 t 180 kW
Rolling mill	1 set	

3. 工場内配置図



4. エネルギー管理状況

4.1 省エネルギー設備改善

会社としての省エネルギー目標は、具体的には設定されていない。

投資は資金回収が3年以内のものを考えているが、1件当たりの投資額が大きくなると難しいようであり、投資額の小さい計画を積み上げて行く方針のようである。

4.2 エネルギー消費量の把握

電力消費量は毎週1回計測しているが、燃料の消費量に関しては計測していないので、受け入れ量しかわからない。

エネルギー原単位は棒鋼工場に関しては把握しているが、アルミニウム押出工場と黄銅工場に対しては解析していない。

エネルギーの消費量を管理するためには、まず第1に設備毎に燃料では流量計、電力では積算電力計を取り付けて、毎日の生産量とエネルギー使用量を計測して、記録をとる必要がある。そしてこの値をもとに原単位を算出して管理することにより、生産量の変動しても、エネルギー消費量の適否を判断することができる。

ここで注意することは、当工場はサービノクノクを架台に設置して、自然流下で

バーナへ送油している。流量計の取り付けによって燃料の流れが悪くなることが予想されるので、流量計の選定、取り付けには十分に注意を払うこと。

4.3 省エネルギー委員会と提案制度

省エネルギー委員会組織はないが、必要あれば課長以上の会合で問題を処理するようになっている。

コンサルタント契約をしたことはない。

改善提案制度や表彰制度はない。

4.4 従業員の教育

従業員教育のためのセミナーには年3～4回参加している。その内容は人事、経営、安全、LPG取り扱い等のセミナーである。

会社から従業員に対する省エネルギーの呼びかけは、工場長から従業員に直接行うのではなく課長を通じて行っている。

4.5 その他

棒鋼工場内はミスロール材やスクラップ材等が乱雑に放置されていて、作業効率の点からも安全上からも問題がある。

ぜひとも作業場の整理整頓を実施してほしい。

アルミニウム建材工場は、棒鋼工場と比較すると整理に心掛けているように見受けられるので、より安全に心掛ける必要がある。

5. 熱の消費状況

5.1 燃料の消費状況及び使用内訳は次のとおり。

C重油 1,600 kℓ/year

使用内訳	伸鉄	56% (加熱炉)	(896 kℓ)
	アルミニウム	20% (アノーダイジング用ボイラ)	(320 kℓ)
		11% (溶解炉)	(170 kℓ)
	真鍮	13% (含アルミニウム, ホモジナイス炉)	(208 kℓ)

L.P.G	130 t/year	全量	アルミニウム	
		アルミ加熱	90 %	(117 t)
		エージング炉	10 %	(13 t)

5.2 燃料原単位

伸 鉄 $(1,600 \times 10^3) \times 0.56 / 7,538 \text{ t} = 118.9 \text{ t}$

アルミ加熱 $(117 \times 10^3) / (1,476 \times 0.5) = 158.5 \text{ kg/t}$

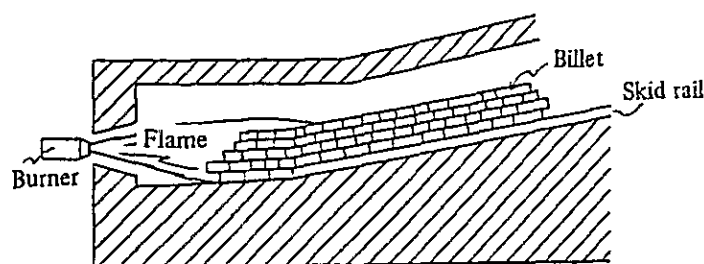
L.P.G加熱炉と誘導加熱炉の加熱割合を同等量と仮定した。

使用した数値の正確性、仮定条件の設定値に問題があるかもしれないが、それらを考慮しても伸鉄、アルミとも燃料原単位は非常に悪く、省エネルギーの余地はかなりあると考える。

6. 熱管理の問題点とその対策

6.1 鋼片加熱炉の加熱方法

炉床形状、抽出口位置及び抽出側前壁に取り付けた3本の軸流バーナの相対位置が悪いため、燃焼過程にあるフレイムが抽出口前に山積になった鋼片に直接当たって、油滴が鋼片上で燃焼したり、また抽出口前の鋼片が少ないときにはフレイムが炉床に当って、炉床上に散布された油滴が燃焼している状況にある。そのために重油の正常な霧化燃焼が行われず、かなりの黒煙を発生している。



このような加熱方法になっているのは、次項で指摘する鋼片の装入方法に原因があるようである。すなわち、山積に装入された鋼片の下積み部分は炉内での伝熱が悪いので、抽出口前で急速な加熱を行わなければならない、フレイムによる衝突加熱を目的としてこのような方法をとっているものと思われる。

この対策としては、次のとおりである。

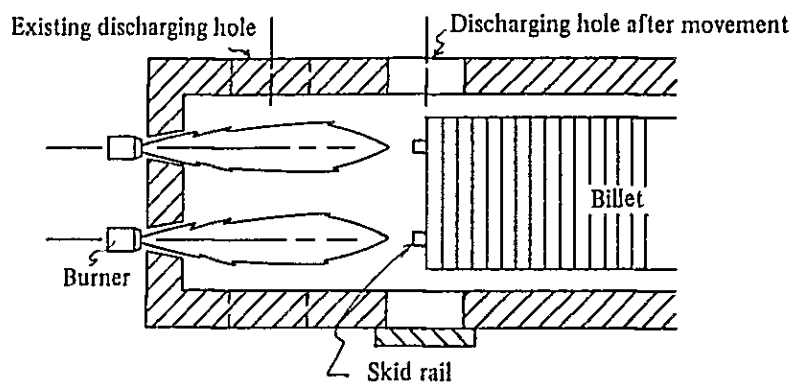
(1) バーナ高さ及び取り付け角度の変更

バーナフレームが鋼片に衝突しないように、かつ天井や側壁にも当たらないように取り付け角度を選んでバーナを取り付け直すこと。

(2) 抽出口の位置の変更

バーナで微細な粒滴状態になった重油が完全に燃焼を完了するためには、ある距離と容積を持った空間が必要である。現在の状況ではこの必要とする空間に抽出口があるので、抽出のためにかき出された鋼片の山が燃焼過程にあるフレームに衝突することは避けられない。

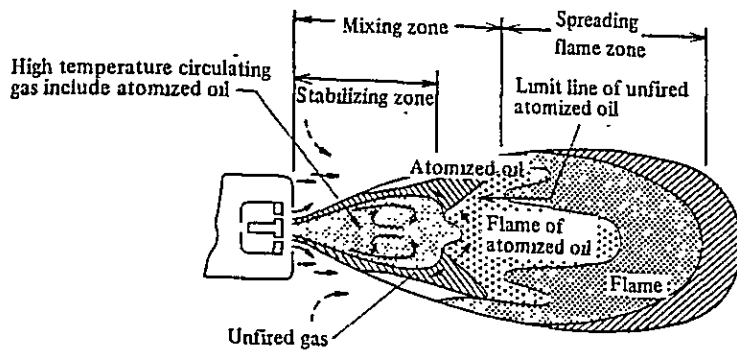
そこで抽出口を、現在位置から装入サイド寄りに約1 m程度移すことを勧告する。この抽出口移設のために炉の有効炉長は短くなるが、鋼片の積段数を2段に変更することにより加熱上問題はない。



また抽出口の移設により鋼片の抽出位置はスキッド末端部と一致するため、抽出作業はブッシャにより搬送されてきた鋼片を「火ばし」で取り出すだけの簡単な作業になり、従来のように、スキッド末端に搬送されてきた山積状の鋼片を、抽出口前の炉床上に「パール」でかき出すという高熱重筋作業が、省略されるメリットもある。従って抽出口はできるだけ小さくして、放炎損失の軽減に努めることが望ましい。(炉修用のマンホールは別途に設ける)

〔参考〕 重油フレームの構造

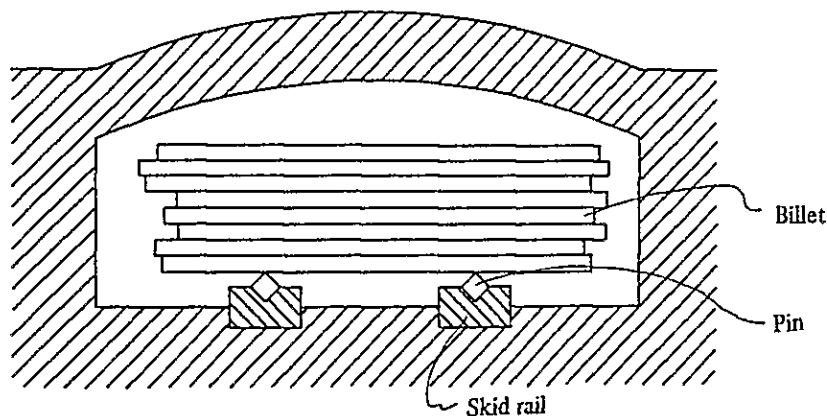
下図は、モデル化した重油バーナの火炎構造を示したもので、フレームの前半の混合域は微粒化された油滴と、油滴から蒸発し発生した重油蒸気を含んだ油滴で形成され、後半の拡散炎域では火炎ガスがかなりの部分を占めるものの中芯部の前半では、油滴を含んだ高温ガスが存在している。



従って可視フレイムを鋼片、炉床等の障害物に衝突させると、微粒油滴が障害物上で大きな油滴群となり空気との良好な混合がさまたげられる結果、燃焼が悪くなりススを含んだ未燃分発生的一大原因となる。

6.2 鋼片の装入

鋼片を5～7段に山積状に装入し、極めて長いインターバルで間欠搬送を行っているが、これが伝熱を悪化させる原因となっている。



(1) 鋼片の積段数の変更

鋼片の装入時の積段数を1～2段程度に減らすことをすすめる。

鋼片を5～7段も山積状にして加熱した場合、炉内の鋼片への熱伝達は上面からのガス輻射と炉壁輻射のみであり、鋼片ブロック内の熱伝達は熱伝導が主体となるので、上段部の鋼片の温度に比べ、下積みになっている鋼片の温度が低くなるのは当然のことである。この上下の温度差を解消するには、均熱期間を与えねばならないが、この温度均一化に要する時間は厚み（鋼片の厚さ×積段数）の2乗に比例し、

厚さが2倍になれば均熱のために4倍の時間を与えねばならない。

一般に均熱を要求されるような厚さの大きい鋼材を加熱する炉は、加熱帯と均熱帯を有し、加熱帯で鋼材の上面温度を要求する温度までに加熱し、加熱帯に続く均熱帯で上面温度は要求される温度に維持しながら、上面からの熱伝導により下面の温度上昇を行って温度差の減少を行っている。

しかし本伸鉄炉の場合には、薄鋼片の積重ねであって鋼片間の熱伝導が少ないことと均熱帯を持たないので均熱化を図ることは不可能で、上下の温度差が比較的小さい1～2段積みが望ましい。積段数を減らすことにより当然炉内搬送速度は早くなり、加熱時間は短くなるが、板厚20～30mmなら炉内温度パターンによっても変るが30分程度で1,200℃まで加熱は可能である。

仮に鋼片1,500 L × 50 W × 15 t (@ 8.8 kg/本)を2段積みにして加熱したとき、有効炉長13 mで加熱しうる鋼材重量は1基当たり9,150 kg/hとなり、能力としては十分である。

$$\frac{13,000 \text{ (炉長)}}{50 \text{ (鋼片幅)}} \times 2 \text{ 段} \times 8.8 \text{ (鋼片単重)} \times \frac{1}{0.5 \text{ (加熱時間)}} = 9,150 \text{ kg/h}$$

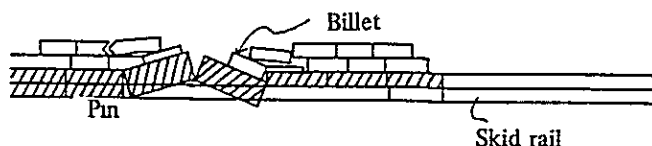
(2) プッシャ運転の改善

鋼片の積段数の減少、山積鋼片のかき出し廃止を実施するためには、必然的にプッシャの運転方法を数分間隔で数10 cmだけ押し出すように改めねばならない。これに伴いプッシャ機構、鋼片の装入方法にも改善を必要とする。

(3) ピンの形状

現在では、鋼片をのせてスキッドレール上を滑動するピン上の荷重が大きいので、ピンの形状不良による鋼片のパイル・アップは生じないが、鋼片の積段数が少なくなると、これが鋼片の搬送を障害し操業上の大きな支障となっている。従ってピンの長さ、径について再検討するとともに常にピンの形状をチェックし、異常なものは使用しないようにされたい。

State of piling up



6.3 鋼片加熱炉のバーナの保守

- (1) 各バーナとも油洩れが多いので、配管接手部の保守を実施されたい。
- (2) バーナタイルかかなり破損しているなので、正規形状のものに取り替えること。

6.4 鋼片加熱炉の重油温度

各炉とも小容量の油タンクを炉壁に密着させて取り付け、炉壁 伝熱でタンク内の油を加熱してオイルヒータの機能を与えているが、伝熱面積が小さいので重油温度も45℃位までしか上昇していない。

重油温度が低いために粘性が大きい場合は、バーナで微細な油滴になり難いので炉床上への油滴の滴下、ロングフレーム、未燃ガスの発生等の原因になる。バーナ前に重油加熱器を設置して、100℃の重油温度を確保されたい。

6.5 鋼片加熱炉の炉体開口部の密閉強化

現状では抽出側のドアの損傷が激しく、また装入口ドア及び煙突ダンパが設けられていない。従って休止時に開口部から流入する大気による炉体の冷却が大きいように思われる。

従って以下の対策が必要である。

- (1) 抽出側ドアの修理、装入口ドア及び煙突ダンパの設置により炉の密閉性を高めるようにされたい。
- (2) 夜間の炉休止時には、必ず炉体の開口部、煙突ダンパの完全な閉さを実行して、炉体の冷却を防止すること。これにより炉内鋼片及び炉体の温度低下が改善されるので、昇熱時間の短縮及び昇熱重油量の節減が図られる。

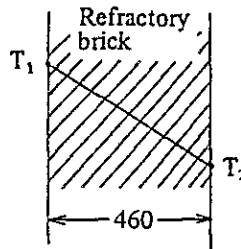
以上の諸対策を実施することにより約40%の燃料節約が可能となり、年間での節約量は次のとおりである。

$$896 \text{ kL/year} \times 0.4 = 358.4 \text{ kL/year}$$

6.6 鋼片加熱炉の炉体断熱

炉体の断熱方法としては(1)外面の断熱、(2)内面の断熱の2方法があるが、本炉の場合は炉構金物の関係で、外面断熱は望ましくないので、セラミックファイバによる内面断熱をすすめる。その省エネルギー効果は大きいですが、内壁面の損傷が激しい場合には断熱材の接着が難しく、寿命にも影響するので、実施時にはよく検討されることを仰む。

Existing state
(Side wall)

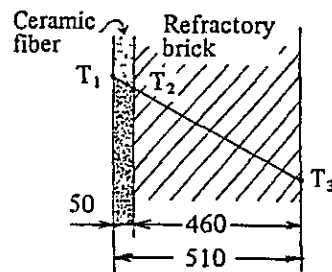


Condition for calculation

- 1) Emissivity 0.8
- 2) Atmospheric temp. 35°C
- 3) At steady condition

	T_1	1,300°C	1,200°C	1,000°C	800°C	700°C	
Outside surface temp. T_2 °C		184	174	153	132	120	
Heat release Kcal/m ² h		2,520	2,271	1,795	1,353	1,148	
Accumulated heat 10 ³ Kcal/m ²		188.4	174.4	140.3	108.5	95.4	

Installed ceramic fiber
(Side wall)



Condition for calculation

Same as existing state

	T_1	1,300°C	1,200°C	1,000°C	800°C	700°C	
Boundary surface temp. T_2 °C		1,045	918	700	487	396	
Outside surface temp. T_3 °C		158	144	118	95	84	
Heat release Kcal/m ² h		1,878	1,600	1,125	734	571	
As compared with existing state %		74	70	63	54	50	Average 62
Accumulated heat 10 ³ Kcal/m ²		149.3	131.8	97.3	66.1	54.6	
As compared with existing state %		79	76	69	61		

現状及び現状炉壁の内面に、50 mm厚のセラミックファイバを貼りつけた場合の炉体表面からの放散熱量、蓄熱量の計算結果を次に示す。

炉体の表面積を60 m²、炉内の平均温度を1,000 °Cとして、これをセラミックファイバで断熱強化すれば、次のような節約となる。

$$\frac{(1,795 - 1,125) \text{ kcal/m}^2\text{h} \times 60 \text{ m}^2 \times 8 \text{ h} \times 300 \text{ day}}{9,900 \times 0.86 \times 1,000} \times 3 \text{ 基} = 34.0 \text{ kl/year}$$

3基全部の炉体内張りに必要な費用は約112,000 Bt程度とみられ、約9ヵ月で償却できる。

6.7 計測器の設置

現在計器類は無く、いわゆる勘による盲操業であるが、省エネルギーを図るためには定量的な操業が望ましく、そのためには、少なくとも重油流量計と炉内温度計の設置が必要である。

6.8 炉の更新

現在の炉は加熱炉としては好ましくない形状であるため、上述した省エネルギー対策を施しても限界がある。省エネルギー型の加熱炉では燃料原単位が40 l/t以下であるので、機会をみて炉の新設を計画されることを強く要望する。

6.9 アルミニウムの溶解炉

(1) バーナタイルがかなり傷んでおり、バーナ位置も高位置でバーナの整備に不便である。従ってバーナ下に作業台を設置して調整を十分にすること。

バーナタイルは正規形状のものに取り替えること。

(2) フレームの吹き飛び大で、霧化状況も良くない。重油温度を100 °Cに保つように努力すること。溶解中は炉の排気孔で排ガスが燃焼し、煙突からかなりの黒煙を排出していたので、空気比の増加調整に努めること。

(3) 装入の迅速化を図り、溶解時間短縮による省エネルギーに努めること。

6.10 アルミニウム・ピレット加熱炉

装入口ゾーンの燃焼のオン・オフが激しく、消火している時間の方が長い。排ガスは各ゾーン上方に設置された数個のダクトから排出されている。

入ロゾーンの2個の排ガスダクトを残して残余のダクトは閉鎖し、入ロゾーンのバーナは閉止し抽出ゾーンで生成された燃焼ガスを入ロゾーンに流して、アルミビレットの加熱に使用するようにする。

これにより燃料の節減が可能となる。

6.11 アルミニウム・ホモジナイズ炉

(1) 燃焼の適正化

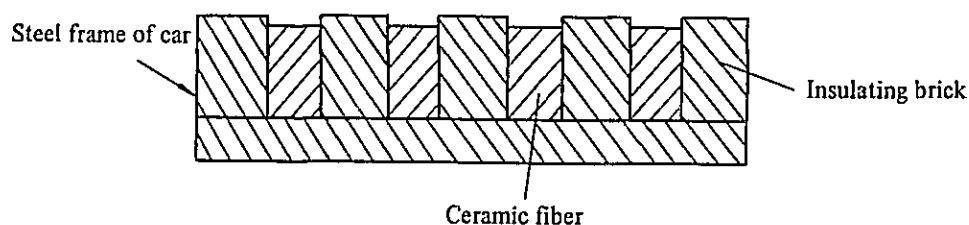
フレームの未着火部分が長く、パッフルプレートに当って燃焼をしている。またバーナタイルの損傷が大きかった。そして重油加熱温度は42℃であった。

燃焼を適正化するためには、重油ヒータを設置してバーナ前の油温が100℃以上となるようにし、噴霧状況の改善を図るとともに、バーナタイルを取り替え、空気比も調整することによりフレームの短炎化を図ること。

(2) 台車の断熱強化

台車には可能な限り断熱レンガ、断熱材を使用して台車からの放散熱、蓄熱量の減少を図ること。

積載重量2tで、かつ処理温度が低いので断熱レンガのみでも操業できる。



断熱材使用の効果は、下記の計算例に示したようになり著しい。

	Existing state	Improvement plan	
Insulating composition of car			
Heat release	793 Kcal/m ² h	147 Kcal/m ² h	75 Kcal/m ² h
Compared with existing state	100	18	9
Accumulated heat	40.1 x 10 ³ Kcal/m ²	12.6 x 10 ³ Kcal/m ²	3.6 x 10 ³ Kcal/m ²
Compared with existing state	100	31	9

Data for calculation: Temperature of under car 50°C

Emissivity of under car 0.8

上記の計算結果を用い、次の仮定のもとに省エネルギー量を求めると年間約 12 kℓ の重油の節減が期待できる。

台車寸法 長さ 7 m × 幅 1.5 m × 厚 0.36 m

(寸法不明のために仮定した)

操業状況 8 h/day × 250 day/year

台車の断熱状況 上表の改善案(1)と(2)の組み合わせで、面積比(1) : (2) = 2 :

1 とする。

6.12 ボイラ

(i) 空気比改善

排ガス中の O₂ % が 8.4 % で空気比は 1.67 である。送風機のダンパを絞り空気比を 1.3 (O₂ % = 4.85) にして運転すれば燃料節約ができる。

排ガス温度 380 °C

O₂ が 8.4 % のときの排ガス損失 20.9 %

O₂ が 4.85 % のときの排ガス損失 16.5 %

従って、年間の燃料節約量は以下のとおりである。

$$\left(1 - \frac{1 - 0.209}{1 - 0.165} \right) \times 320 \text{ kℓ/year} = 16.9 \text{ kℓ/year}$$

(2) 排ガス温度

排ガス温度が 380 °C と著しく高い。空気比を改善して排ガスを減らすとともに、伝熱管内外面の掃除を行うこと。

排ガス温度を 230 °C まで低下させれば、空気比改善と併せて次の効果がある。

現状の排ガス損失 20.9 %

空気比 1.3 , 排ガス温度 230 °C のときの排ガス損失 9.4 %

燃料節約量

$$\left(1 - \frac{1 - 0.209}{1 - 0.094} \right) \times 320 \text{ k}\ell/\text{year} = 40.6 \text{ k}\ell/\text{year}$$

(3) 給水及びブロー水の水質

給水及びブロー水の水質は次のとおりであった。

	PH	Conductivity $\mu\text{S}/\text{cm}$
Feed water	6.27	340
Softened water	8.75	25
Blow water	9.72	14,000

ブロー水の pH が低いので、清缶剤により pH を下記の値に調整すること。

給水 pH 7 ~ 9

缶水 pH 11.0 ~ 11.8

そしてブロー水の電気伝導度は 14,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ と高いので、4,500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下になるようにブローをこまめに行い、伝熱面へのスケール付着を防ぐこと。

(4) その他

ボイラ室内の部品を片付け、整理整頓をはかること。

7. 電力の消費状況

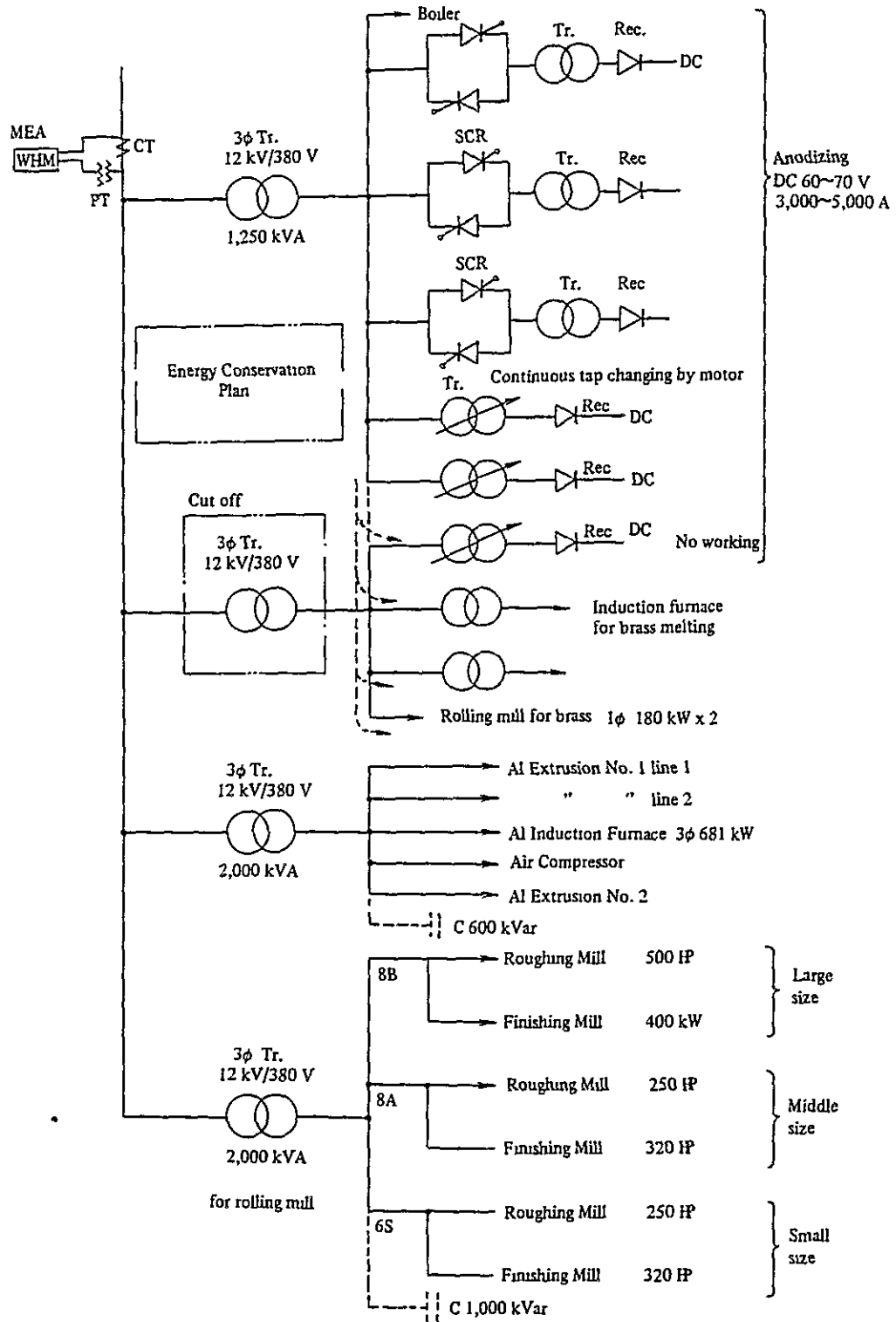
鋼丸棒、アルミ建材、プラスの 3 部門があり、エネルギー消費量は鉄が 25 %、アルミが 60 %、プラスが 15 % という割合である。

7.1 電力消費に関する主要な指標は次のとおりである。

- 電力会社 : M E A
- ピーク・デマンド : 平均 3,180 kW

○年間使用電力量		: 9,300,000 kWh
内訳	鉄	2,325,000 kWh
	アルミ	5,580,000 kWh
	プラス	1,395,000 kWh
○負荷率	ピーク・デマンドの 平均値に対して	: 84.8 %
	年間稼動時間	: 3,450 時間
	平均電力	: 2,696 kW
○ペナルティ		: あり 平均 1,000 kVar/month
○力率		毎日のピーク・デマンドの平均値で 69.2%。 力率改善は誘導加熱炉のみ
○トランス		3 φ 1,250 kVA × 2
○電力原単位		
	鉄	308.4 kWh/t
	アルミ	3,780.5 kWh/t
	プラス	11,822 kWh/t

7.2 配線系統図



8. 電力管理の問題点と対策

8.1 計測器の整備

受電側（12 kV）に電圧計、電流計、電力計、力率計、周波数計などを取り付けた受電盤がない。このため、工場全体の負荷の状態を総括的に把握することが難しくなっている。

例えば、圧延機モータの端子電圧が低いが、その原因が一次電圧が低いのか、タップが適正でないのかを判断できない。

また、トランス二次側の電流計の指示の不良のものもあった。

電力管理をキメ細かく進めるためには、これらの計器を設置し、常に正しい指示をするように整備しておく必要がある。

MEAの積算電力計、積算無効電力計が見やすい所についているので、その「読み」を毎時間記録して、ピーク・デマンドの抑制、力率の改善に利用するよう努めてほしい。

8.2 力率

力率が低く、毎月ペナルティ・フィを支払っている。

(1) 現状の力率が、どの程度になっているかを二つの方法で推定した。

（無効電力量 / 月 - ピーク・デマンド × 0.63） × 15 = ペナルティ・フィパーツ / 月

の関係から

$$\text{ピーク・デマンド} = 3,180 \text{ kW}$$

$$\text{ペナルティ・フィ} = 15,000 \text{ Bt/month}$$

のとき、

$$\text{無効電力量} = 3,003 \text{ kVar}$$

$$\text{皮相電力} = \sqrt{3,180^2 + 3,003^2} = 4,337 \text{ kVA}$$

$$\therefore \text{力率} = \frac{3,180}{4,337} = 73.3 \%$$

またMEAのメータの1時間の「読み」をとり、同様の計算をして次の表を得た。

Time	Power kwh/h	Reactive power kVar h/h	Apparent power kVA	Power factor %
2.7 3.30 PM ~ 4.30 PM	1,800	1,800	2,545	70.7
2.8 10.06' AM ~ 11.06' AM	2,640	2,400	3,568	74.0
11.06' AM ~ 12.06' AM	2,580	2,400	3,524	73.2
12.06' AM ~ 1.06' PM	2,640	2,400	3,568	74.0
1.06' PM ~ 2.06' PM	2,520	2,340	3,439	73.3

すなわち、現状の力率は70～75%程度であることがわかる。

(2) 力率改善用に各トランスに挿入するコンデンサの容量を決定するため、各トランスの負荷を測定した。ただし各トランスのメインブスの電流容量が大きく、持参したクランプオン電力計では測定できないので、各ブランチ毎に測定した。測定結果は次表のとおりである。

Rating and Use for Tr.	Branch Name	kW	V	AR	AS	AT	Cos. φ
Tr. for Al Anodizing 1,250 kVA 12 kV/ 400 V 60.1 A/1,801 A % Z = 6.0 tap 12.6 kV, 12.3 kV, 12 kV, 11.7 kV, 11.4 kV	Anodizing						
	DC 3,000 A	174	384	345	383	388	0.683
	DC 5,000 A	233	379	660	719	660	0.533
	Boiler	34	379	94.5	65.2	62.3	0.8
Tr. for Al Anodizing 1,250 kVA 12 kV/ 400 V 60.1 A/1,801 A % Z = 6.0 tap 12.6 kV, 12.3 kV, 12 kV, 11.7 kV, 11.4 kV	Anodizing						
	DC 3,000 A	132	388	245	217	215	0.905
	DC 5,000 A	114.2	387	225	223	184	0.764
	Boiler	43	387	86.2	72.9	81.1	0.8
Tr. for Al Extrusion 1,000 kVA 12 kV/ 400 V 98.7 A/2,887 A % Z = 6.1% tap 5 step 12.6 kV, 12.3 kV, 12 kV, 11.7 kV, 11.4 kV	Extrusion No. 1 line 1	78	381	196	196	194	0.603
	" " line 2	86.2	381	250	253	258	0.516
	Induction Heater	348	380	540	594	405	0.89
	Air Compressor	120	382	231	280	276	0.657
	Extrusion No. 2	215	378	481	416	405	0.789
Tr. for Rolling Mill (Fe) 2,000 kVA same as for Al Extrusion	Roll No. 8B	407~ 819	373	482~ 712	375~ 659	348~ 1,043	0.885
	No. 8A	341~ 528	379	286~ 520	299~ 986	593~ 1,431	0.876~ 0.815
	" No. 6S	488~ 840	378	778~ 1,235	429~ 1,540	418~ 1,164	0.821
Tr. for Brass 1,250 kVA same as upper	Office Building	102	398	138.3	216	116	0.685
	Brass Casting Shop	10	398	21.4	26	18	0.678
	Rolling Mill	28.1	398	169	173	170	0.239
Tr. for Brass 1,250 kVA	Office Building	42.7	393	123.2	148.4	166.3	0.427
	Brass Casting Shop	12.7	391	45	29.3	47.7	0.417
	Rolling Mill	25.8	393	186.6	167.8	164.5	0.225
Tr. for Al Extrusion 2,000 kVA	Extrusion No. 1 line 1	67.5	384	192	192.5	190	0.528
	" " line 2	122	384	269	277	270	0.679
	AJAX Induction Heater	352	383	558	615	400	0.863
	Air Compressor	147	384	262	192	180	0.844
	Extrusion No. 2	145	387	386	292	319	0.678
Tr. for Rolling Mill (Fe) 2,000 kVA	Rolling Mill 8B	288~ 782	384	421~ 938	440~ 901	418~ 1,003	0.858
	" 8A	360~ 1,179	399	460~ 1,069	355~ 784	284~ 790	0.659
	" 6S	139~ 1,016	378	395~ 581	408~ 1,060	399~ 834	0.532
Tr. for Al Anodizing 1,250 kVA	DC 3,000 A	134.3	372	249	244	259	0.837
	DC 5,000 A	72.9	372	140.5	138.2	135.4	0.819
	Boiler	44	372	74.2	68.4	66.5	0.8
Tr. for Brass 1,250 kVA	Office Building	161	384	353	398	335	0.686
	Brass Casting Shop	20.9	384	35	23.8	30	0.897
	Rolling Mill	19.3	382	56.1	46.2	48.1	0.606
	Extrusion No. 1 line 1	72	375	205~ 219	180	169	0.616
Tr. for Al Extrusion 2,000 kVA	" " line 2	113	371	249	259	251	0.701
	AJAX Induction Heater	316	372	518	608	395	0.946
	Air Compressor	142	372	300	326	316	0.697
	Extrusion No. 2	235	372	477	438	305	0.833
Tr. for Rolling Mill (Fe) 2,000 kVA	Roll No. 8B	94.2~ 1,999	370	370~ 654	620~ 1,400	536~ 1,054	0.778
	Roll No. 8A	270~ 549	352	550~ 1,140	714~ 1,036	619~ 1,180	0.79
	Roll No. 6S	133~ 164	357	684~ 1,095	410~ 1,296	680~ 1,324	0.647

各測定時における各トランスの負荷を計算すると下記のようになる。

2月8日 10.00 A M 第1回測定

○ Al アノダイジング用 1,250 kVA トランスの負荷

$$\begin{array}{l} \text{アノダイジング} \\ \text{DC 3,000 A} \end{array} \quad 132 + j132 \cdot \frac{\sqrt{1 - 0.905^2}}{0.905} = 132 + j62$$

$$\begin{array}{l} \text{アノダイジング} \\ \text{DC 5,000 A} \end{array} \quad 114 + j114 \cdot \frac{\sqrt{1 - 0.764^2}}{0.764} = 114 + j96$$

$$\begin{array}{l} \text{ボイラ} \end{array} \quad 43 + j43 \cdot \frac{\sqrt{1 - 0.8^2}}{0.8} = 43 + j32$$

以下ブラス用 1,250 kVA, Al エキストリュージョン用 2,000 kVA, ローリングミル用 2,000 kVA の各トランスの負荷などの計算結果を次の表に示す。

No. 1 measuring Feb. 8 10 AM

Tr. Rating and Use for	Branch Name	kw	Cos. φ	Apparent Power kVA
For Al Anodizing 1,250 kVA 12 kV/400 V 60.1 A/1,801 A % Z = 6.0 tap 12.6, 12.3, 11.7, 11.4 kV	Anodizing DC 3,000 A	132	0.905	132 + j 62
	Anodizing DC 5,000 A	114	0.764	114 + j 96
	Boiler	43	0.8	43 + j 32
	Total for Al Anodizing 1,250 kVA Tr.	289	0.835	289 + j 190 = 346
For Brass 1,250 kVA 12 kV/400 V 60.1 A/1,801 A % Z = 6.0 tap 12.6, 12.3, 12, 11.7, 11.4 kV	Office Building	43	0.427	43 + j 91
	Brass Cashing Shop	13	0.417	13 + j 28
	Rolling Mill	26	0.225	26 + j 112
	Total for Brass 1,250 kVA Tr.	82	0.335	82 + j 231 = 245
For Al Extrusion 2,000 kVA 12 kV/400 V 98.7 A/2,887 A % Z = 6.1% tap 12.6, 12.3, 12, 11.7, 11.4 kV	Al Extrusion No. 1 line 1	78	0.603	78 + j 103
	Al Extrusion No. 1 line 2	86	0.516	86 + j 143
	Induction Heater	348	0.89	348 + j 178
	Air Compressor	120	0.657	120 + j 138
	Al Extrusion No. 2	215	0.789	215 + j 167
Total for Al Extrusion 2,000 kVA Tr.	847	0.758	847 + j 729 = 1,118	
For Rolling Mill (Fe) 2,000 kVA 12 kV/400 V 98.7 A/2,887 A % Z = 6.1% tap 12.6, 12.3, 12, 11.7, 11.4 kV	Rolling Mill No. 8B	596	0.885	596 + j 314
	Rolling Mill No. 8A	528	0.815	528 + j 375
	Rolling Mill No. 6S	664	0.821	664 + j 462
	Total for Rolling Mill 2,000 kVA Tr	1,788	0.841	1,788 + j 1,151 = 2,126

Receiving Apparent Power 3,006 0.794 3,006 + j 2,301 =
3,786

No. 2 measuring Feb. 8 11 AM

Tr. Rating and Use for	Branch Name	kw	Cos. ϕ	Apparent Power kVA
For Al Anodizing 1,250 kVA	Al Anodizing DC 3,000 A	174	0.683	174 + j 186
	Al Anodizing DC 5,000 A	233	0.533	233 + j 370
	Boiler	34	0.8	34 + j 26
	Total for Al Anodizing 1,250 kVA Tr.	441	0.604	441 + j 582 = 730
For Brass 1,250 kVA	Office Building	102	0.685	102 + j 108
	Brass Cashing Shop	10	0.678	10 + j 11
	Rolling Mill	28	0.239	28 + j 114
	Total for Brass 1,250 kVA Tr.	140	0.515	140 + j 233 = 272
For Al Extrusion 2,000 kVA	Al Extrusion No. 1 line 1	68	0.528	68 + j 109
	Al Extrusion No. 1 line 2	122	0.679	122 + j 132
	Induction Heater	352	0.863	352 + j 206
	Air Compressor	147	0.844	147 + j 93
	Al Extrusion No. 2	145	0.678	145 + j 157
	Total for Al Extrusion 2,000 kVA Tr.	834	0.767	834 + j 697 = 1,087
For Rolling Mill 2,000 kVA	Rolling Mill 8B	535	0.858	535 + j 320
	Rolling Mill 8A	487	0.659	487 + j 556
	Rolling Mill 6S	369	0.532	369 + j 587
	Total for Rolling Mill 2,000 kVA Tr.	1,391	0.689	1,391 + j 1,463 = 2,019
	Receiving Apparent Power	2,806	0.686	2,806 + j 2,975 = 4,090

No. 3 measuring Feb. 8 1:10 PM

Tr. Rating and Use for	Branch Name	kw	Cos. ϕ	Apparent Power kVA
For Al Anodizing	Al Anodizing DC 3,000 A	134	0.837	134 + j 88
	Al Anodizing DC 5,000 A	73	0.819	73 + j 51
	Boiler	44	0.8	44 + j 33
	Total for Al Anodizing 1,250 kVA Tr.	251	0.826	251 + j 172 = 304
For Brass 1,250 kVA	Office Building	161	0.686	161 + j 171
	Brass Cashing Shop	21	0.897	21 + j 10
	Rolling Mill	19	0.606	19 + j 25
	Total for Brass 1,250 kVA Tr.	201	0.698	201 + j 206 = 288
For Al Extrusion 2,000 kVA	Al Extrusion No. 1 line 1	72	0.616	72 + j 92
	Al Extrusion No. 1 line 2	113	0.701	113 + j 115
	Induction Heater	316	0.946	316 + j 108
	Air Compressor	142	0.697	142 + j 146
	Al Extrusion No. 2	235	0.833	235 + j 156
	Total for Al Extrusion 2,000 kVA Tr.	878	0.818	878 + j 617 = 1,073
For Rolling Mill 2,000 kVA	Rolling Mill 8B	698	0.778	698 + j 564
	Rolling Mill 8A	549	0.79	549 + j 426
	Rolling Mill 6S	164	0.647	164 + j 387
	Total for Rolling Mill 2,000 kVA Tr	1,411	0.716	1,411 + j 1,377 = 1,972
	Receiving Apparent Power	2,741	0.756	2,741 + j 2,372 = 3,625

各トランスの負荷をまとめると次表のようになる。

Trans.	No. 1 measuring		No. 2 measuring		No. 3 measuring		Average	
	Apparent Power kVA	Power Factor %	Apparent Power kVA	Power Factor %	Apparent Power kVA	Power Factor %	Apparent Power kVA	Power Factor %
1,250 kVA for Al Anodizing	289+j 190 = 346	83.5	441+j 582 = 730	60.4	251+j 172 = 304	82.6	327+j 315 = 454	72
1,250 kVA for Brass	82+j 231 = 245	33.5	140+j 233 = 272	51.5	201+j 206 = 288	69.8	141+j 223 = 264	53.4
2,000 kVA for Al Extrusion	847+j 729 = 1,118	75.8	834+j 697 = 1,087	76.7	878+j 617 = 1,073	81.8	853+j 681 = 1,091	78.2
2,000 kVA for Rolling Mill	1,788+j 1,151 = 2,126	84.1	1,391+j 1,463 = 2,019	68.9	1,411+j 1,377 = 1,972	71.6	1,530+j 1,330 = 2,027	75.5
Receiving Apparent Power (Total)	3,006+j 2,301 = 3,786	79.4	2,806+j 2,975 = 4,090	68.6	2,741+j 2,372 = 3,625	75.6	2,851+j 2,549 = 3,824	74.6

この結果から、1時間値であるが力率が68～80%の範囲にあることがわかる。

力率を改善するため、ローリングミル用2,000 kVAトランスに1,000 kVar, AlのExtrusion用の2,000 kVAトランスに600 kVarのコンデンサを、それぞれ挿入した場合、力率は次のように改善される。

	コンデンサ	コンデンサ挿入法 皮相電力	力率
2,000 kVA for Al Extrusion	600 kVar	$853 + j(681 - 600) = 857$	99.5 %
2,000 kVA for Rolling mill	1,000 kVar	$1,530 + j(1,330 - 1,000)$ $= 1,565$	97.8 %
受電		$2,851 + j(2,549 - 1,600)$ $= 3,005$	94.9 %

またRolling mill用トランスの過負荷も解消される。

皮相電力の減少によるトランスの負荷損の減少は次のとおりである。

$$18 \text{ kW} \times \left\{ \left(\frac{1,091}{2,000} \right)^2 - \left(\frac{857}{2,000} \right)^2 \right\} \times 3,450 \text{ h} \times 18 \left\{ \left(\frac{2,027}{2,000} \right)^2 - \left(\frac{1,565}{2,000} \right)^2 \right\} \\ \times 2,400 \text{ h} = 24,996 \text{ kWh/year}$$

この損失減と、支払ペナルティ・フィー180,000 Bt/yearがなくなることにより、あわせて216,000 Bt/yearのメリットを生じる。それに対してコンデンサを設置する費用は400,000 パーツ程度とみられ、資金は2年で回収できる。

8.3 トランスの統合

前項のデータにもあるように1,250 kVAのトランスは極めて軽負荷であるので、これを統合してBrassの負荷はAl Anodizingのトランスから供給するように改める。

($600\text{ V}^{\text{CV}} \text{ 1C/325 mm}^2 \times 3$ 空中ラック又はメッセンジャ吊架布設)

一番負荷の多い第2回の測定値でも次の値となり十分能力に余裕がある。

$$581 + j815 = 1,000 \text{ kVA}$$

トランスを統合した場合の3回の平均値は、

$$468 + j538 = 713 \text{ kVA}$$

1,250 kVAのトランスの負荷損を16 kW、無負荷損を5 kWとすると、1台切離したことによる無負荷損の減少は、

$$5 \times 24 \times 365 = 43,800 \text{ kWh/year}$$

Brassの稼動時間を1,200 h/yearとすると負荷損の減少は、

$$16 \times \left\{ \left(\frac{264}{1,250} \right)^2 + \left(\frac{454}{1,250} \right)^2 - \left(\frac{713}{1,250} \right)^2 \right\} \times 1,200 = -2,858 \text{ kWh/year}$$

結局トランスの統合によるメリットは、

$$43,800 - 2,858 = 40,942 \text{ kWh/year} \quad 59,366 \text{ Bt/year}$$

となる。

8.4 Rolling mill用電動機の電圧の低下

圧延機が材料を噛み込んだとき、負荷の急増によりトランスにかかる皮相電力はトランス容量をオーバーすることがあると推定される。各ブランチの皮相電力をベクトル和した記録が前出のような値を示しているが、瞬間的にはもう少し大きな値を示すであろう。トランスの容量一杯に負荷がかかった場合、%インピーダンスは6.1%だから6.1%電圧が降下する。二次定格電圧が400 Vかかっているときは24.4 V電圧が下る。この電圧降下はトランスにかかる負荷の総合力率を $\cos \varphi$ とすると $\sqrt{1 - \cos^2 \varphi} = \sin \varphi$ にほぼ比例するから、突入電流が流れるような力率の低い時には $\sin \varphi$ が大きな値を示すので、電動機にかかる電圧は低下する。電圧が低下すると電流はそれだけ余分に大きな値を示し、過熱の原因になる。一次電圧が11.5 kVでタップが12 kVを用いていると、二次側タップは400 V固定だから、

$$11,500 \text{ V} \times \frac{400}{12,000} = 383 \text{ V}$$

電圧降下を考えると一次側のタップは 11.4 kV 位にしておきたいところである。11.4 kV のタップにすると、

$$11,500 \text{ V} \frac{400}{11,400} = 404 \text{ V}$$

となり電圧降下を考えるとちょうどよいであろう。一次電圧、すなわち M E A の供給電圧が 11 kV を割ることもあるであろうから、Rolling mill 用 1,250 kV のトランスのタップは 11.4 kV にするのがよいと思う。電圧のチェックをおすすめする。

8.5 照 明

キャンティーンや工場の一部、事務所では昼光色けい光灯が用いられていた。これを省エネルギー形白色けい光灯にすることによって、1 灯 5 W の省エネルギーを行うことができる。約 60 灯あるので、 $5 \times 60 \times 10 \times 300 \times 10^{-3} = 900 \text{ kWh/year}$ のメリットがある。

8.6 その他

(1) 4 台のトランスの一次、二次母線が人に触れやすい状態になっていて危険である。

遮へい板を取り付けること。

(2) Brass 溶融炉の蓋

Brass 溶融炉の Induction Furnace には蓋がないが、1,200 °C の溶融金属の表面からの放熱は 88,000 kcal/m²h、すなわち 100 kWh/m² に達する。断熱材を張った蓋を付けることにより、電力節減がはかられる。

9. まとめ

以上の対策を実施すれば得られる効果は次のとおりである。

鋼材加熱法の改善	358.4 kℓ/year	22.4 %
鋼片加熱炉の炉体断熱強化	34.0 kℓ/year	2.1 %
アルミニウム・ホモジナイズ炉台車の断熱	12.0 kℓ/year	0.8 %
ボイラの空気比改善と排ガス温度低下	40.6 kℓ/year	2.5 %
小 計	445.0 × 10 ³ kWh/year	27.8 %

コンデンサによる力率改善	$25.0 \times 10^3 \text{kWh/year}$	0.3%
トランスの統合	$40.9 \times 10^3 \text{kWh/year}$	0.4%
昼光色けい光灯を白色けい光灯に変更	$0.9 \times 10^3 \text{kWh/year}$	0.1%
小 計	$66.8 \times 10^3 \text{kWh/year}$	0.8%

THAI SPECIAL WIRE CO., LTD.

1. 工場の概要

Address	39 Paholyothin Km. 39, Tambol Klong Nueng, Amphur Kland Luang, Patumthani		
Capital	40 million Bt		
Type of industry	Metal		
Major products	PC wire, PC strand		
Annual product	12,000 t		
No. of employees	160		
Annual energy consumption	Electric Power	4,419,400 kWh/y	
	Fuel	Industrial Diesel Oil	819.586 kℓ
		LPG	20.395 t
Interviewees	Administrative Manager, Jirote Sirimangkala Asst. Chief of Production, Pichet Pracharat Mr. Uthai, Mr. Chalard		
Date of diagnosis	Jan. 17 ~ 18, 1983		
Diagnosers	T. Nakagawa, T. Noda, K. Kurita		

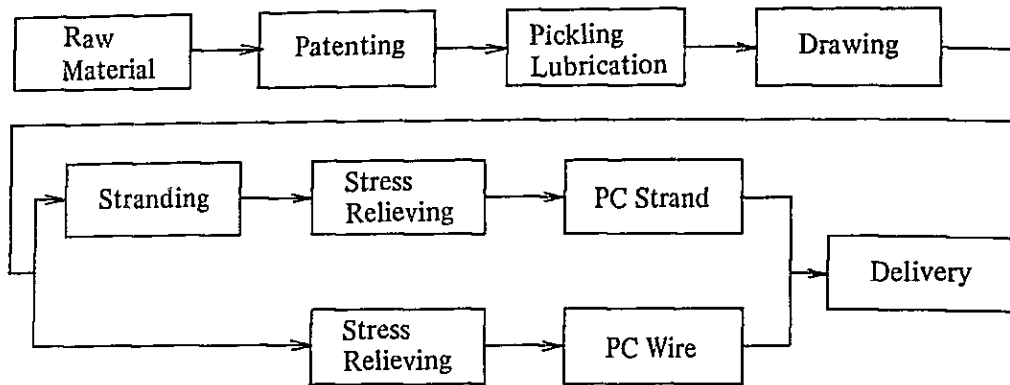
1974年に、日本の住友商事㈱、鈴木金属工業㈱との合併で設立された。現在も日本人副社長2名が常駐している。

創業当初は pc-wire のみを製造していたが、その後設備を増強し PC-Strand も製造するようになった。PC-Strand についてはタイ王国における唯一の工場であり、PC-wire についても他の SISCO (Siam Iron & Steel Co Ltd) が生産しているのみである。

生産能力は 21,600t/year であるが、現在は 60% 操業で、12,000t/year の生産をしている。そのうち約 30% が PC-Strand である。2 シフトで、1 日 16 時間、年間 300 日の稼働日数になっている。ただし、Patenting furnace のみ連続操業の必要があって 24 時間操業をしている。Drawing Machine No 1 は休止中であった。

従業員は事務職を含め 160 人で、熱関係 5 人、電気関係 5 人と技術者の層が厚い。工場はレイアウトも整い、よく整備されている。

2. 製造工程

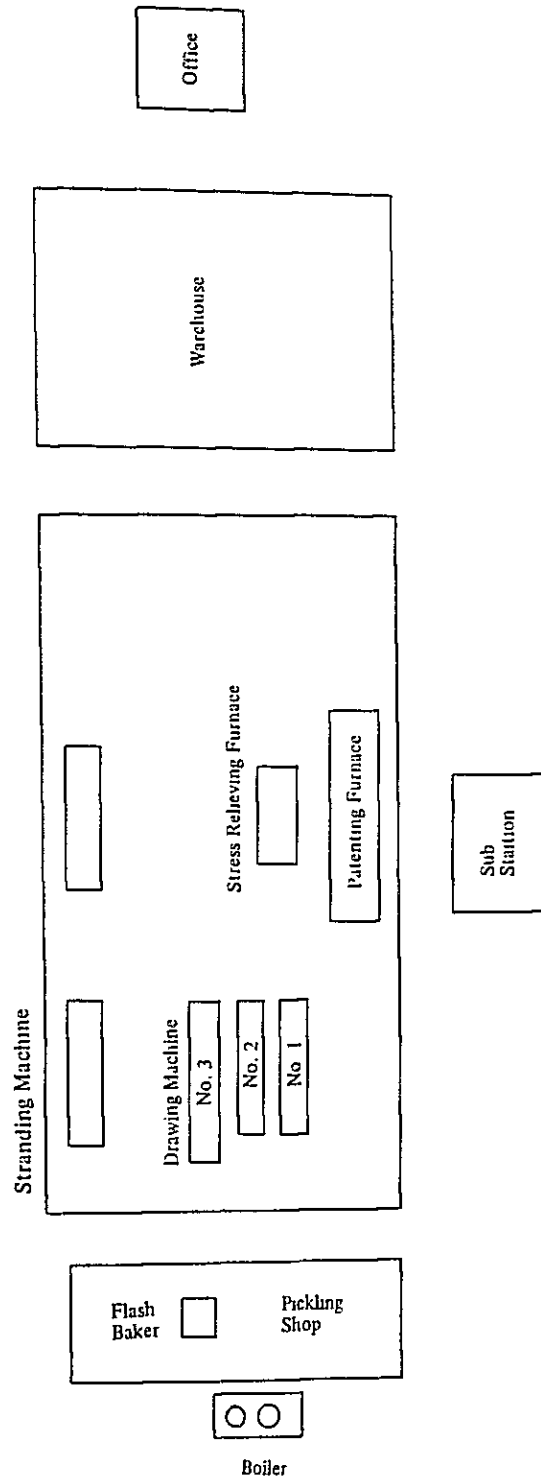


3. 主要設備の概要

(1) 主要設備

Name	No. of units installed	Type, etc.
Patenting furnace	1	Continuous 4 zone type with lead bath
Flash baker	1	Hot air circulation type for drying after pickling
Drawing machine	3	45 kW x 7 sets, 55 kW x 1 set 37 kW x 7 sets 55 kW x 7 sets, 55 kW x 1 set
Strand machine	1	75 kW
Hot air furnace	1	Continuous type
Lead bath	1	For PC wire stress relieving
Boiler	2	Evaporating volume 350 kg/h, once-through type
Pickling bath	1	

(2) 工場内配置図



4. エネルギー管理状況

4.1 省エネルギー設備改善

省エネルギーに取り組み始めたばかりで、まだ具体的な目標はなく、省エネルギー投資も今まではしていない。今年も投資の予定はないが、「効率良く機器を運転することの指導に取り掛っていた。

投資をする場合には、資金回収は2年以内を考えている。

4.2 エネルギー消費量の把握

燃料に関しては消費量を計測する流量計が完備されていた。

電気に関しては、各工程毎に積算電力計が設置されていた。

毎日、工程毎、シフト毎にデータをとって原単位を算出している。また管理図(\bar{x})や変動解析を行っている、など非常に良く管理されている。

しかし受変電室のパネルの中にもクモの巣がはっていたり、受電盤の力率計の指示が不良ということもあった。

パネルのメンテナンス不良から予期せぬ事故を起こして、工場の生産を止めたりすることはよくあることであり、事故による生産能率低下は、省エネルギーに逆行する関係になる。

従って、直接省エネルギーに関する事項ばかりでなく、工場管理全般について、基本に忠実に進めるという考え方が必要であり、これによって、例えば力率計が不良になったらすぐ取り替えるとか、調整するという行動を起こす気風が養われる。

4.3 省エネルギー委員会と提案制度

省エネルギー推進のための組織としては、「Cost down Committee」という委員会を4カ月前に発足させた。この委員会のリーダーは製造係長で、省エネルギー以外のことも処理する多目的委員会でもある。5人のメンバーにて組織され、毎月1回開催される。

コンサルタント契約は今までしたことがない。

従業員からの改善提案制度や実績表彰制度は無い。

QCサークルが1981年に会社の力添えで発足した。このQCサークルを通じて会社は、省エネルギーの呼びかけを従業員に対して行っている。活動の進め方については他業種のQC活動を参考している。

4.4 従業員の教育

従業員教育として、国内の研修会には昨年3回参加した。また日本の工場の見学にもさせたことがある。

新入社員教育は行っている。それはまず最初に座学1週間、その後1週間は on the job training とし、最後に4カ月の試用期間を設けている。

4.5 その他

全体的にみて、当工場は省エネルギーに対する認識は高く、管理状況はよい。例えば、油の受け入れに際しても立会人を置き、量・質のチェックを行っている。

省エネルギー対策はこれから推進するとのことだが、大きな期待を寄せることができる。

工場内は安全通路が明示されていて、整理整頓を心掛けていることは品質管理の上からも好ましいことである。

5. 熱の消費状況

5.1 燃料の消費実績

1982年度の燃料消費実績及び用途別割合は次のとおりである。

軽油	819.6 kℓ/year	バテンチング	59 %
		ピックリング	20 %
		ストレスリリーフ	21 %
L・P・G	20.4 t/year	ストレスリリーフ 炉の パイロットバーナ用	

5.2 工程別の燃料原単位

- (1) バテンチング 47.8 ℓ/t
- (2) ピックリング 17.2 ℓ/t (含むボイラ)
- (3) PCストランド・ストレスリリーフ 軽油 2.2 ℓ/t + L・P・G 34.0 kg/t
- (4) PCワイヤ・ストレスリリーフ 22.0 ℓ/t

5.3 熱勘定

5.3.1 パテンチング炉の簡易熱勘定

(1) 熱勘定表

Input			Output		
Item	10 ³ Kcal/h	%	Item	10 ³ Kcal/h	%
(1) Heat of fuel combustion	289.4	100.0	(2) Heat of wire	137.8	47.6
			(3) Heat loss in exhaust gas	81.1	28.0
			(4) Other heat loss	70.5	24.4
Total	289.4	100.0	Total (2)+(3)+(4)	289.4	100.0

Note: For one ton of wire heating weight at surrounding temperature 35°C

(2) 熱勘定諸元

- (a) 軽油の使用量 $87 \ell / h$
- (b) 軽油の比重 0.82
- (c) 軽油の低発熱量 ($H\ell$) $10,300 \text{ kcal/kg}$
- (d) 理論空気量 $\Lambda_0 = \frac{0.85H\ell}{1,000} + 2.0 = 10.76 \text{ Nm}^3/\text{kg}$
- (e) 理論湿り排ガス量 $G_0 = \frac{1.11H\ell}{1,000} = 11.43 \text{ Nm}^3/\text{kg}$
- (f) 加熱ワイヤの重量 $2,539 \text{ kg/h}$

(注) ワイヤ径 $8 \text{ mm } \phi$, ワイヤ速度 6 m/min , ワイヤバス本数 18 本

- (g) ワイヤ 1 t 当たりの軽油使用量 $\text{軽油使用量} (87 \ell / h) \times \text{比重} (0.82) \div \text{ワイヤ重量} (2,539 \text{ kg/h}) = 28.1 \text{ kg/t}$
- (h) ワイヤの抽出温度及び含熱量 850°C 141.9 kcal/kg
- (j) ワイヤの装入温度及び含熱量 35°C 4.1 kcal/kg
- (j) 排ガス温度
- | | |
|-----|---------------------|
| 装入側 | 700°C |
| 抽出側 | 770°C |
- (k) 排ガス中の O_2 %
- | | |
|-----|----------|
| 装入側 | 3.4% |
| 抽出側 | 0.4% |
| 平均 | 1.9% |

(3) 熱勘定計算

(3.1) 入熱

(a) 燃料の燃焼熱

$$\begin{aligned} & \text{ワイヤ 1 t 当たりの燃料使用量 (28.1 kg / t)} \times \text{燃料の低発熱量} \\ & (10,300 \text{ kcal / kg }) = 289,430 \text{ kcal / t} \end{aligned}$$

(3.2) 出熱

(a) 抽出鋼材の顕熱

$$\begin{aligned} & 1,000 \text{ kg} \times \{ \text{ワイヤの抽出温度における含熱量 (141.9 kcal / kg)} - \text{ワイヤ} \\ & \text{の外気温度における含熱量 (4.1 kcal / kg)} \} = 137,800 \text{ kcal / kg} \end{aligned}$$

(h) 排ガスの顕熱

$$\cdot \text{空気比 } m = \frac{21}{21 - \text{排ガス中の } O_2 \% (1.9)} = 1.10$$

$$\cdot \text{燃料 1 kg 当たりの湿り排ガス量 } G \text{ Nm}^3 / \text{kg}$$

$$G = G_0 + (m - 1) A_0$$

$$= 11.43 + \{ \text{空気比 (1.10)} - 1 \} \times 10.76 = 12.5 \text{ Nm}^3 / \text{kg}$$

・湿り排ガスの顕熱

$$\begin{aligned} & \text{ワイヤ 1 t 当たりの燃料使用量 (28.1 kg / t)} \times \text{燃料 1 kg 当たりの湿り排} \\ & \text{ガス量 (12.5 Nm}^3 / \text{kg)} \times \text{排ガスの平均比熱 (0.33 kcal / Nm}^3 \text{ } ^\circ\text{C)} \times \text{排ガス} \\ & \text{温度 (735 } ^\circ\text{C} - 35 ^\circ\text{C)} = 81,139 \text{ kcal / t} \end{aligned}$$

注) 排ガス温度は抽出側と装入側の平均値 (770 + 700) / 2 = 735 °C を使用した。

(c) その他

$$\begin{aligned} & \text{入熱合計 (289.4 } \times 10^3 \text{ kcal / t)} - \{ \text{ワイヤの顕熱 (137.8 } \times 10^3 \text{ kcal / t)} \} \\ & + \text{排ガスの損失熱 (81.1 } \times 10^3 \text{ kcal / t)} = 70.5 \times 10^3 \text{ kcal / t} \end{aligned}$$

(d) 参考, 炉壁からの損失熱 17.7 × 10³ kcal/t

ただし, 各ゾーンの表面温度はそれぞれの側壁表面温度で代表平均値とした。

	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
Average surface temperature of furnace wall	75°C	83°C	76°C	73°C
Surface area of furnace wall	12.6 m ²	52.1 m ²	38.2 m ²	35.8 m ²

Coefficient of emissivity at furnace wall 0.3

Surrounding temperature 35°C

5.3.2 PCストランド用ストレスリリーフ炉

排ガスが2本の煙突及び装入口から吹き出しており、その量割合が分からないので熱勘定はできない。ここでは有効熱量、効率のみを計算する。

(1) 効率

抽出鋼材の顕熱 $40.6 \times 10^3 \text{ kcal/t}$

燃料の燃焼熱 $119.2 \times 10^3 \text{ kcal/t}$

$$\text{効率} = \frac{40.6}{119.2} \times 100 = 34.3 \%$$

後出のように排ガス中の酸素濃度が高く、損失はほとんどが排ガスへの損失である。

(2) 計算諸元

軽油	使用量	$3.45 \ell/h = 2.83 \text{ kg/h}$
	比重	0.82
	発熱量	$10,300 \text{ kcal/kg}$
LPG	使用量	$4.85 \text{ kg/h} = 1.87 \text{ Nm}^3/h$
	密度	2.59 kg/Nm^3
	発熱量	$29,200 \text{ kcal/Nm}^3$
ストランド	処理量	702 kg/h
	単重	0.406 kg/m
	処理速度	7.2 m/min
	バス本数	4本
	抽出温度及び含熱量	$380^\circ\text{C}, 44.7 \text{ kcal/kg}$
	装入温度及び含熱量	$35^\circ\text{C}, 4.1 \text{ kcal/kg}$

(3) 燃料の燃焼熱

$$\begin{aligned} & \text{ストランド} 1 \text{ t 当たり軽油使用量} (4.0 \text{ kg/t}) \times \text{軽油発熱量} (10,300 \text{ kcal/kg}) \\ & + \text{ストランド} 1 \text{ t 当たりLPG使用量} (2.67 \text{ Nm}^3/\text{t}) \times \text{LPG発熱量} (29,200 \\ & \text{kcal/Nm}^3) = 119,164 \text{ kcal/t} \end{aligned}$$

(4) 抽出鋼材の含熱量

$$1,000 \text{ kg} \times \{ \text{ストランドの抽出温度における含熱量} (44.7 \text{ kcal/kg}) - \text{ストランドの外気温度における含熱量} (4.1 \text{ kcal/kg}) \} = 40,600 \text{ kcal/t}$$

6. 熱管理の問題点とその対策

6.1 パテンチング炉

(1) 炉内温度パターン

次表の炉内温度パターンが示すようにこの炉は、燃料消費量を犠牲にした急速加熱炉で、燃料使用量の過半量がゾーン1に投入されている。

	Furnace temperature °C	Opening position of burner control valve
Zone 1 (charging side)	940	70
Zone 2	920	25
Zone 3	910	10
Zone 4 (discharging side)	900	15

品質、加熱能力及び工場スペースとの関係上、急速加熱タイプの炉内温度パターンを採用したと思われるが、省エネルギーを志向する場合には、このようなヒートパターンは望ましくない。連続加熱炉として通常の予熱帯より加熱帯の方が高温になる温度パターンに変更し、予熱帯を延長して燃焼ガスの熱を有効に利用すべきである。しかし最初に述べたように品質、加熱能力等との関連が強いので、技術指導をされている鈴木金属工業ともよく協議の上、善処されることを要望する。

(2) 煙道

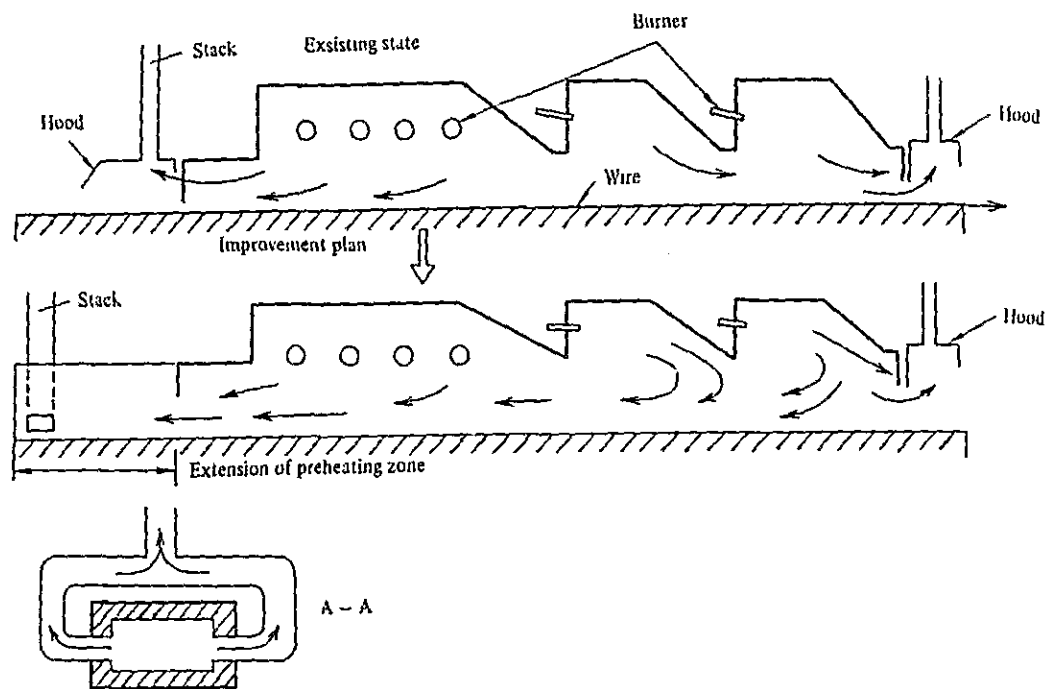
装入端及び抽出端に排ガス処理用フードと煙突はあるが、強制的に排ガスを処理する煙道をもっていない。

両端に設置されたフードでは炉内ガスの流動、排出をコントロールできないので、ぜひ装入口端に煙突に直結した排ガス出口を設け、一部の排ガスは抽出口から噴出させるが、大部分の燃焼ガスは装入端に流動させる下図のように改善すべきである。

予熱帯の延長、ヒートパターン改善及び装入端排ガス出口の設置により、予熱帯のバーナ使用は全廃、あるいはかなりの本数の削減が可能である。

炉全体の燃焼量に対して10%の節約となれば、年間節約量は次のとおりである。

$$819.6 \times 0.59 \times 0.1 = 48.4 \text{ kJ/year}$$



(3) バーナの燃焼状況

ゾーン3及び4のバーナは、燃油量の下限に近い領域で操作しているため、空気比コントロールが極めて悪く、抽出口から若干の黒煙を伴った排ガスを噴出している。

ゾーン2では左右のバランスが悪く、片方ではショートフレイムでありながら、一方ではロングフレイムになっており、バーナ調整は良くない。

(4) CO分析計、O₂分析計の設置

脱炭防止のため燃焼ガス組成は厳しくコントロールすべきであるが、過度な還元雰囲気コントロールの結果としてCO、ススを発生させることは燃料の浪費である。このコントロールのために、ゾーン4とゾーン3の境目のノーズ部あたりにCO分析計を設置し、許容CO範囲での空気比制御を実施すべきであろう。さらに炉尻部の排ガス中のO₂濃度をO₂分析計でチェックし、O₂が2~4%位になるようゾーン3及びゾーン2のバーナの空気比をコントロールすることが、排ガス損失軽減のため望ましいことである。

(5) セラミックファイバによる炉体断熱

炉体放散熱が出熱量に占める割合が少ないので、セラミックファイバによる炉体断熱を早急に実施する必要性は薄いですが、炉修時には全面的なセラミックファイバ構造炉壁の採用、あるいはセラミックファイバの内張り等を検討されたい。断熱の

強化により炉体放散熱は減少するが、それ以上に、本炉のような間欠的使用（16h稼動、8h休止）の炉では昇熱時間の短縮、昇熱重油量の削減に大きな効果を与える。

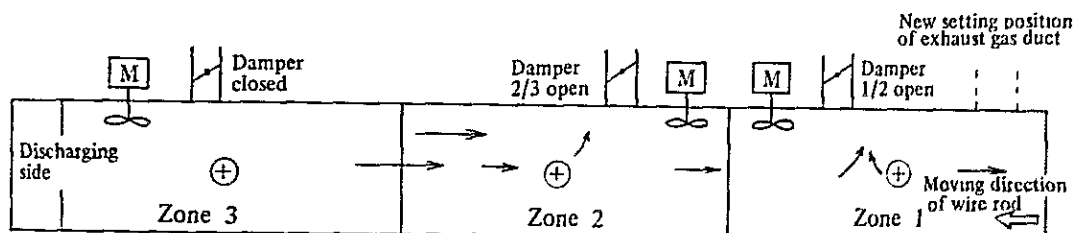
(6) ゾーン1の前に予熱帯を設けて、炉内伝熱効率の向上による省エネルギーを検討すること。

(7) 排熱の回収方法として空気予熱器が考えられるが、かなりの設備投資を必要とするので、これについてはヒートバターの改善、燃焼改善、炉型の改善等の省エネルギー対策の実施後に工事の可否を検討されたい。

6.2 P Oストランド・ストレスリーフ炉（ホットエア炉）

(1) 排ガス処理

排ガス口位置及びそのダンパ開度を下図に示す。炉の中間にあるゾーン2の排気口開度が2/3であるため、ここからゾーン3、ゾーン2で生成した排ガスが炉外に排出されゾーン1内での伝熱に役立っていない可能性がある。



中間ゾーンの排気ダクトのダンパを全閉にし、炉内で発生した燃焼ガスはゾーン1の排気ダクトから排出するように変更する。ゾーン1の排気ダクトはできれば装入端側に位置を変えることが望ましい。ゾーン1排気ダクトのダンパ開度は抽出端開口部から若干量の燃焼ガスが噴き出すが、外気吸込みは全然認められない程度までに調整すること。（抽出端近辺の炉床面での炉内圧を0.1～0.2 mm H₂Oに調整）

(2) 炉の装入端、抽出端でのガス噴出及び空気吸込み状況

装入端からは燃焼ガスが噴出し、逆に抽出端からはかなりの空気吸込みが観察された。

抽出口からの外気吸込み現象は、ファンの影響によるものではないかと考えるので、ファンの運転を中止した外気吸込み状況の変化を観察されたい。

(3) バーナ燃焼状況及びコントロールモータ関係

	Condition of combustion	Opening position of burner control valve
Zone 1	Bad	15%
Zone 2	Very bad	10%
Zone 3	Good	50%

ゾーン2、3の燃焼状況が悪いのは、バーナを低流量域で燃焼させているためであろう。

ゾーン3のファンの運転中止、ゾーン2排気ダクトの全閉等により、炉内燃焼ガスの流れ、温度分布が改善され、ゾーン1のバーナの燃油量は減少する傾向になる。ゾーン1バーナは現在でも低流量域のため燃焼状況が悪いので、状況はますます悪くなるので、本バーナの消火を行い、ゾーン1の熱補償はゾーン2のバーナで行うことを検討されたい。

またゾーン3の温度計の位置は、燃焼ガスの流れ方向から見てバーナの上流に位置しており、吸込み空気による冷却の影響を受けて制御を乱すおそれがある。

(4) 燃焼ガス中のO₂%

各ゾーン中間位置での炉内燃焼ガス中のO₂%は、次のとおりである。

Zone 1	17.9%
Zone 2	18.3%
Zone 3	19.1%

ゾーン3のO₂%は、抽出端での空気吸込みの存在を立証している。

6.3 鉛浴炉

(1) バーナの燃焼状況が悪い。また煙突や前壁の覗き孔から黒煙を噴出させている。

ダンパ開度の調整を行うとともに煙突基部の掃除口のシールをよくして、ここからの侵入空気を防止することにより、過度に正圧になっている燃焼室内の炉内圧を覗き孔から燃焼ガスが噴き出さない程度までに改善すること。

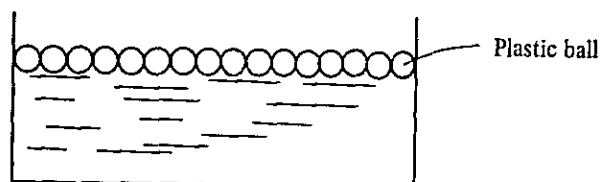
(2) 鉛浴上のカバーは1/2のみで、残りは裸の状況であった。

6.4 ボイラ

蒸気管の一部が裸管になっているので保温を施すこと。50mmの蒸気管から放散する熱量は180kcal/mhで、これに25mm厚の保温を施すことによって40kcal/mhに減少する。(ただし1kg/cm³g, 飽和空気)

6.5 ビックリング

ボンダーライジング槽の温度は70~80℃で、液表面からの放散熱量は3,500kcal/m²h(蒸気量にして約5.5kg)である。熱放散防止策として断熱材を裏張りしたカバーの使用があるが、これはワイヤコイルの出入れに不便であるので、プラスチックボールの使用をおすすめする。



ボンダーライジング槽の面積を10m²とし、保温効果を50%と仮定すれば節約できる燃料は次のとおりである。

$$\frac{3,500 \text{ kcal/m}^2\text{h} \times 10 \text{ m}^2 \times 16 \text{ h/day} \times 300 \text{ day/year} \times 0.5}{0.8 \times 10,300 \text{ kcal/kg} \times 0.82 \times 1,000} = 12.4 \text{ kl/year}$$

7. 電力の消費状況

ワイヤドロ잉3ラインが、電力消費の大半を占めている工場である。

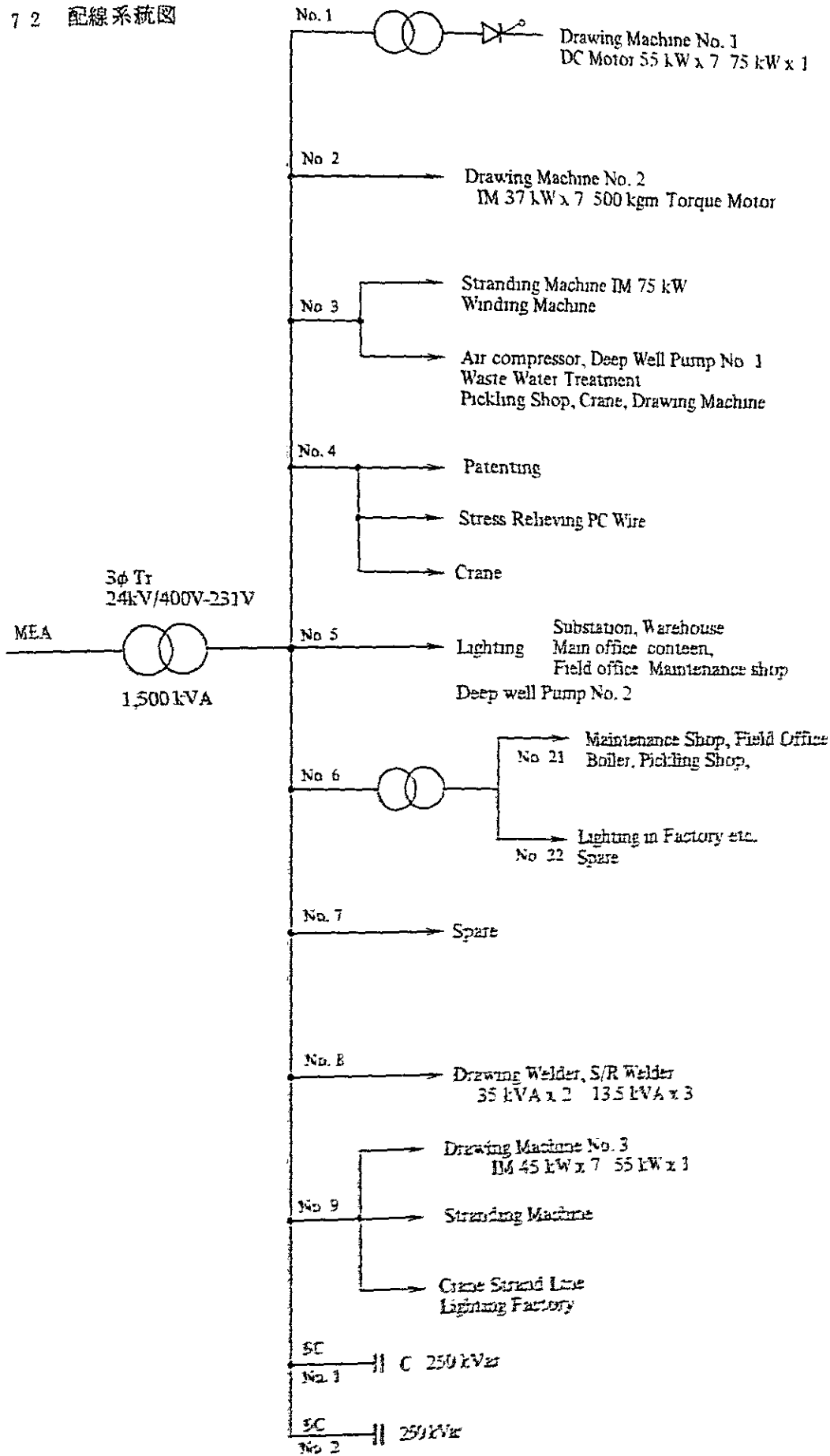
№1ワイヤドロ잉は、55kWの直流電動機7台と75kWの直流電動機1台で運転されている。№2ワイヤドロ잉は37kWの誘導電動機と500kgmのトルク電導機で運転されている。また№3ワイヤドロ잉は45kWの誘導電動機7台、55kWの誘導電動機1台で運転されている。当日は停止していたが№1ラインを稼働すると力率が悪化するということがあった。

電力供給の面では、雨期(6月~10月)になると停電がしばしば発生し、生産の障害になっている。その回数は平均して1回30分位の停電が月に10回程度になっている。

7.1 電力消費に関する主要指標は次のとおりである。

- ・ 電力会社 : M E A
- ・ ピーク・デマンド : 1,300 kW
- ・ 使用電力量 : 4,419,400 kWh/year
- ・ 負荷率 : 年間稼動時間が 4,800 時間で, 平均電力 920.7kW
年負荷率 70.8%
- ・ ペナルティ・ファイ : №1 ドローイングラインを運転すると, 月 4,000 ~ 7,000
パーツ支払う。
- ・ 力率 : 66.3 ~ 73.2 %
№1 ワイヤドローイングラインを運転しない時は 85 %
- ・ トランス : 1,500kVA 24kV/400 - 231 V
- ・ 電力原単位 : 生産は 12,000t/year で, 総合的な電力原単位 368kWh/t

7 2 配線系統圖



8. 電力管理の問題点とその対策

8.1 力率

№1ワイヤドロージングを運転した場合のペナルティを、最低4,500パーツ/月、最高7,500パーツ/月とすると、それに相当する無効電力は最低300kVarから最高500kVarである。毎月のピーク・デマンドの年間平均は1,000kWだから無効電力は $1,000 \times 0.63 + (300 \sim 500) = 930 \sim 1,130$ kVarとなる。現在、力率改善用コンデンサは250kVarが2バンクあり、常時は№1コンデンサが接続されているが、№1ワイヤドロージングが運転される時は№2も接続される。ワイヤドロージングで直流電動機を用いるのは適正な速度に制御するためであるが、この場合は定トルクが必要なため、サイリスタレオナードによる電圧制御がなわれる。直流出力電圧は制御角 α の余弦($\cos \alpha$)に比例するから、速度制御の割合が大きくなると $\cos \alpha$ の値が小さくなり、交流側からみて低力率となる。

このための対策としては、次の二つが考えられる。

(1) コンデンサの増設

ピーク・デマンドの年間平均1,000kWのとき無効電力を1,130kVarとすると、

$$\text{皮相電力} = \sqrt{1,000^2 + 1,130^2} = 1,509 \text{ kVA}$$

$$\text{力率} = \frac{1,000}{1,509} = 0.663$$

ここに250kVarのコンデンサ2基を挿入すると

$$\text{皮相電力} = \sqrt{1,000^2 + (1,130 - 500)^2} = 1,182 \text{ kVA}$$

$$\text{力率} = \frac{1,000}{1,182} = 0.846$$

に改善される。

この対策により減少するペナルティ・フィは、ペナルティ・フィの平均値を5,500パーツ/月とすると、

$$5,500 \times 12 = 66,000 \text{ Bt/year}$$

となる。

またトランスの銅損も減少する。№1ワイヤドロージングラインの運転日数を月15日、1,500kVAトランスの定格時の銅損を18kWとすると、1,000kWにおける銅損の減少は、

$$18 \text{ kW} \times \left\{ \left(\frac{1,509}{1,500} \right)^2 - \left(\frac{1,182}{1,500} \right)^2 \right\} \times 15 \text{ day} \times 12 \text{ month} \times 16 \text{ h} = 20,274 \text{ kWh/year}$$

金額にして29,397Bt/yearとなる。このための費用は200,000パーツ程度であり、両

方のメリットにより資金は2年余で回収可能である。

なお№1ラインの休止時には閉路しておく必要がある。

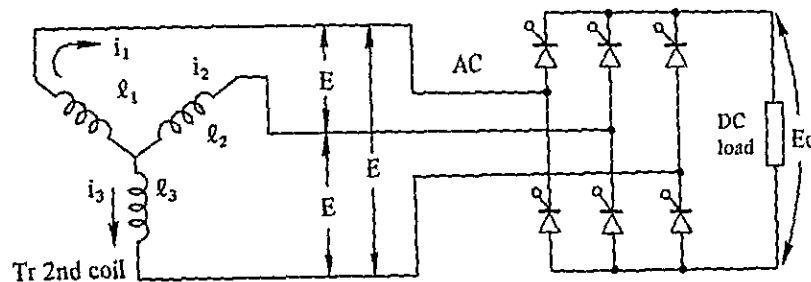
(2) ギヤ比の速度

運転中に速度を変化させているようには見えなかったが、製品毎に一定の速度で運転するのであれば、出力端のホイールを取り替えるか、傘歯車のギヤレンオを変更すればよい。この場合は力率の悪化を伴わない。

モータを取り替える方法は、多くの費用がかかるので推奨できない。

(参考) 速度変更時に増加する無効電力の計算

サイリスタで3相回路から直流に変換する回路では、ほとんど3相ブリック回路、別名グレート結線が用いられ、本例もその一例である。



この回路では、交流側の皮相電力 P_a は、

$$P_a = \frac{1.05 E_d I_d}{\cos \alpha}$$

の関係にある。また無効電力は $P_a \sin \alpha$ となる。ラインスピードを半分に落した時の変化を次の表に示す。

ライン速度	モータ入力 $E_d I_d$	α	$\cos \alpha$	$\sin \alpha$	無効電力
60m/s	$75\text{kW}/0.895 + 55\text{kW}/0.88 \times 7\text{台} = 521.3\text{kW}$	15°	0.966	0.259	146kVar
30m/s	$37.5\text{kW}/0.865 + 27.5\text{kW}/0.85 \times 7\text{台} = 269.8\text{kW}$	61°	0.485	0.875	510kVar

すなわち無効電力は3.5倍になる。

8.2 誘導電動機の二次抵抗損

№3ワイヤドロイングの誘導電動機は外部抵抗を残置しているため、二次抵抗損が大きい。

№3ワイヤドロイングラインは45kW誘導電動機7台と55kW誘導電動機1台を有するが、電動機試験表がないので、下記のように推測する。

定格出力	45kW	55kW
定格電圧	380 V	380 V
定格一次電流	86 A	105 A
周波数	50 Hz	50 Hz
極 数	4	4
定格回転数	1,440 p.p.m	1,440 p.p.m
無負荷損	1,800 W	2,080 W
一次巻線抵抗	0.0776Ω	0.0828Ω
二次巻線抵抗	0.846Ω	0.883Ω

45kWの外部抵抗は一相当り 3.2Ω, 外部抵抗を短絡した時のすべりは,

$$S_1 = \frac{1,500 - 1,440}{1,500} \times 100 = 4 \%$$

したがって, 外部抵抗を 3.2Ω接続した場合のすべりは,

$$\frac{0.846 + 3.2}{S_2} = \frac{0.846}{4} \quad \therefore S_2 = \frac{4 \times 4.046}{0.846} = 19.13 \%$$

回転数は, $N = 1,500 (1 - 0.1913) = 1,213 \text{ p.p.m}$

二次入力, $P_2 = (\text{一次入力}) - (\text{無負荷損}) - (\text{一次銅損}) = 47.2 - 1.8 - 3 \times 80.1^2 \times 0.0776 \times 10^{-3} = 43.9 \text{ kW}$

二次損失は, $P = S_2 P_2 = 0.19 \times 43.9 = 8.3 \text{ kW}$

同様に計算すると, 1~5 台目の電動機の二次入力と二次損失は次のようになる。

45kW電動機	二次入力	二次損失
1 台目	43.9 kW	8.3 kW
2 台目	46.5 kW	8.8 kW
3 台目	42.9 kW	8.1 kW
4 台目	43.4 kW	8.2 kW
5 台目	45.5 kW	8.6 kW
合 計		42.0 kW

外部抵抗を短絡し, すべりが 4%で運転した場合, トルクコンスタントのため,

出力は回転数に比例するから $(43.9 - 8.3) \times \frac{1,440}{1,213} = 42.3 \text{ kW}$ 。出力を P_0 とする

と, 二次入力は $P_2 = \frac{P_0}{1 - S_1}$, 従って二次損失は $S_1 P_2 = \frac{S_1 P_0}{1 - S_1} = \frac{0.04 \times 42.3}{1 - 0.04} = 1.76 \text{ kW}$

同様に計算すると、外部抵抗を短絡したときの1～5台目の電動機の出力と二次損失は、次のとおりである。

45kW 電動機	出 力	二次損失
1 台目	42.3 kW	1.8 kW
2 台目	44.8 kW	1.9 kW
3 台目	41.3 kW	1.7 kW
4 台目	41.8 kW	1.7 kW
5 台目	43.8 kW	1.8 kW
合 計		8.9 kW

従って抵抗残置の場合の損失の増加は、

$$42.0 \text{ kW} - 8.9 \text{ kW} = 33.1 \text{ kW}$$

となる。

当日は55 kWのモータは運転していなかったが、運転すれば二次損失は7.9 kW増加する。

機械調整、材料準備を考慮し、実稼動時間を $4,800 \times 0.7 = 3,360 \text{ h/year}$ とすると、年間の損失増は次のようになる。

$$(33.1 + 7.9) \text{ kW} \times 3,360 \text{ h} = 137,760 \text{ kWh/year}$$

改善の方法としては、負荷側の歯車の歯数を増加させればよい。

次頁の表は、当日の主要電動機の稼動状況である。

8.3 照明

- (1) バテンティングファーンレスとストレスレリービングのエリアには、1スパン5灯のけい光水銀灯が取り付けられている。バテンティングファーンレスの入側、ストレスレリービングのワイヤードローイング側は空いているので、1スパン4灯で十分であろう。また全部狭角スポット形の配光曲線（水銀灯は一般的に配光曲線がスポット形である）のけい光水銀灯を用いているが、天井が約7mと低いので広角形のけい光水銀灯に取り替えば、1スパン4灯で十分であろう。これによって19スパンで19灯削減できる。水銀灯は400Wだから $19 \times 400 \times 300 \text{ days} \times 5 \text{ h} \times 10^{-3} = 11,400 \text{ kWh/year}$ となり、 $16,530 \text{ Bt/year}$ となる。

Usage	Capacity	Rated voltage	Ampere			Rated revolution speed	Power factor	Remarks
			Rated A	Actual A	B / A			
Wire drawing No.2	37 kW	380 V	77 A	63 R 68 B	81.9 %	960 r.p.m.	84.5 %	Cage rotor Actual voltage 378V
Wire drawing No.2	37	380	77	59.7 W 60.3 B	77.5	960	84	Cage rotor Actual voltage 377V
Wire drawing No.2	37	380	77	68.6 R 72 W 68 B	89.1	960	86.9	Cage rotor Actual voltage 373V
Wire drawing No.2	37	380	77	55.9 R 59 W 54 B	72.6	960	84.2	Cage rotor Actual voltage 374V
Wire drawing No.2	37	380	77	60.9 R 64 W 60 B	79.1	960	87	Cage rotor Actual voltage 375V
Wire drawing No.2	37	380	77	68 R 72 W 70 B	90.9	960	80.7	Cage rotor Actual voltage 379V
Wire drawing No.2	37	380	77	55.5 R 56 W 54 B	72.1	960	80.7	Cage rotor Actual voltage 378V
Wire drawing No.3	45	380	86	80.1 R 85.8 W 79.1 B	93.1	1,440	90	Wound rotor Actual voltage 378V
Wire drawing No.3	45	380	86	82.9 R 88 W 82.6 B	96.4	1,440	92.4	Wound rotor Actual voltage 376V
Wire drawing No.3	45	380	86	80.2 R	93.3	1,440	89.4	Wound rotor Actual voltage 372V
Wire drawing No.3	45	380	86	76 R	88.4	1,440	93.7	Wound rotor Actual voltage 377V
Wire drawing No.3	45	380	86	82.2 R	95.6	1,440	90.9	Wound rotor Actual voltage 378V
Stranding PC Wire	75	380	142	69.6 R 72.7 W 70.8 B	49.9	970	57.3	Wound rotor Actual voltage 377V

(2) 工場と酸洗場を除いた場所で昼光色けい光灯を用いているが発光効率が悪いので省エネルギー形白色けい光灯に取り替えて改善をはかることができる。40 Wの昼光色けい光灯が252灯あるので、1日平均10時間点灯するとして節約量は次のとおりである。

$$5W \times 252 \text{ 灯} \times 10 \text{ h} \times 300 \text{ day} \times 10^{-3} = 3,780 \text{ kWh/year} \quad 5,481 \text{ Bt/year}$$

9. まとめ

以上の項目を実施することで得られる効果は次のとおりである。

バテンチング炉の煙道改造	48.4kℓ/year	5.9%
ボンダーティング槽の蓋	12.4kℓ/year	1.5%
小計	60.8kℓ/year	7.4%
<hr/>		
コンデンサ 500kVar を増設	20.3×10^3 kWh/year	0.5%
№ 3 ワイヤドロ잉の歯車交換	137.8×10^3 kWh/year	3.6%
水銀灯の変更	11.4×10^3 kWh/year	0.3%
けい光灯を省エネルギー形に変える	3.8×10^3 kWh/year	0.1%
小計	173.3×10^3 kWh/year	4.4%

SINTHANI INDUSTRY CO., LTD.

1. 工場の概要

Address	21 Mutee 14 Samrong Tai Prapradang Samutprakarn		
Capital	5 million Bt		
Type of industry	Metal		
Major products	Iron wire, Annealed wire, Galvanized iron wire, Barbed wire, Spring wire, Galvanized spring wire		
Annual product	13,290 t		
No. of employees	147		
Annual energy consumption	Electric Power	2,399,600 kWh	
	Fuel	Heavy Oil	504 kℓ
		Diesel Oil	84 kℓ
Interviewees	Chairman, Kan Kantanantha; Managing Director, Kovit Kantanantha; Director & Factory Manager, Sumate. Kantanantha; Asst. Factory Manager, Santi Trakankool; Deputy Managing Director, Junji Kikuta		
Date of diagnosis	Jan. 24 ~ 25, 1983		
Diagnosers	T. Nakagawa, T. Noda, K. Kurita		

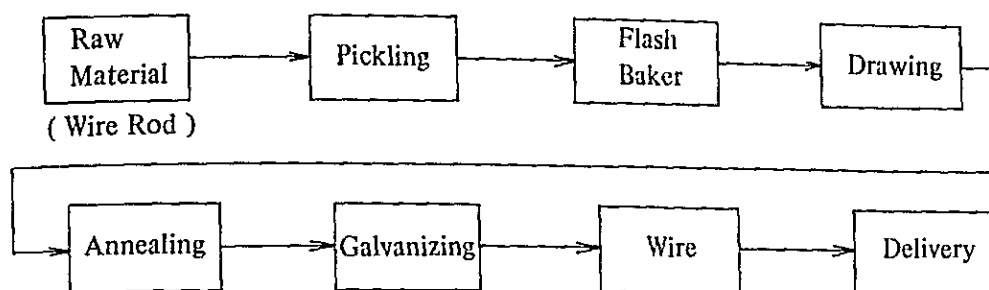
1968年にタイ日合弁会社として発足した。タイ側はシンタニ・カンパニが60%の株式を保有し、日本側は三井物産、春日工業及び神戸製鋼所の三社が合計40%の株式を保有している。

台湾、日本等からの輸入線材と国産の線材を原料としてメッキ線、有刺鉄線、スプリングワイヤ等を製造している。

業界としてはHigh Carbon Wire Makerは2社、大手のLow Carbon Wire Makerは6社である。当社はLow Carbon Wire High Carbon Wireの製造も目ざして、神戸製鋼所からアドバイザーを招聘してスプリング関係の製造技術のマスタに努力している。

1980年に工場を増強して、生産能力は18,000 t/yearとなったが、現在の稼働率は74%程度である。

2. 製造工程

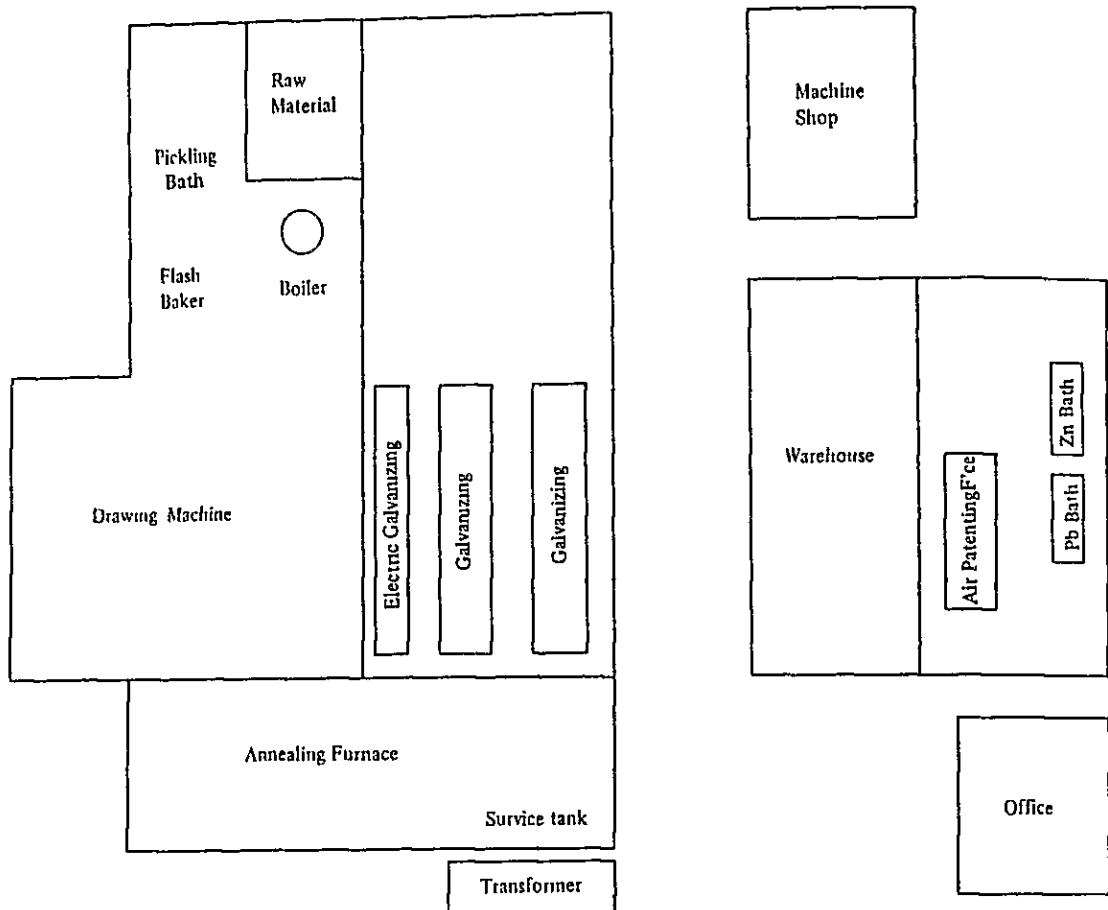


3. 主要設備の概要

(1) 主要設備

Name	No. of units installed	Type, etc.
Pickling bath	1	Direct firing type
Flash baker	1	Hot air circulation type For drying after pickling
Boiler	1	Evaporating volume 250 kg/h
Annealing furnace	8 pits	1,200 kg/Batch
Galvanizing line	3	Hot dip type
	1	Electric galvanizing line
Air patenting furnace	1	Continuous type
Drawing machine	# 1 line	30 kW x 2 sets
	# 2 line	30 kW x 3 sets
	# 4 line	30 kW x 2 sets
	# 5 line	30 kW x 2 sets
	# 6 line	30 kW x 3 sets
	# 7 line	30 kW x 4 sets
	#13 line	15 kW x 2 sets
	#28 line	15 kW x 1 set

(2) 工場内配置図



4. エネルギー管理

4.1 省エネルギー投資と設備改善

省エネルギー対策として去年から運転方法の改善に取り組み始めた。

省エネルギーの目標は重油の使用量節減であり、10%を目標値としているが、2年後には30%節約できることを期待している。

今年はGalvanizing 炉の空気予熱器設置に5万 パーツ、トランスのコンデンサ取り付けに5万パーツを予定している。投資回収期限は、空気予熱に対しては3年、コンデンサ取り付けには4年を考えている。

過去において増設したGalvanizing 炉において空気予熱を行ったり、廃熱による温水器の取り付け等を行っていて、省エネルギーに対する意欲は大きいと見受けられた。