

三带式均熱連続加熱炉の設計と実際

The Design and Practice of New Continuous Soaking Furnace with Three Heating Zones

吹野 晋策* 加藤 弘次* 沖 力*
Shinsaku Fukino Hirotsugu Kato Tsutomu Oki

内容梗概

中型圧延機 (600φ×1,700l 3-High 3-Stand 1,500HP) 用三带式連続均熱加熱炉を新設した。新設炉は 420 kg 丸型鋼塊を常温より予熱, 加熱, 均熱帯を経て圧延所要温度で抽出するのみでなく, 特殊鋼の組織を均一化するためのソーキングもあわせて実施できるようにした。すなわち前者は常温より 1,100~1,170°C の圧延所要温度に均一加熱をするのに 3 時間を要し加熱能力 5~7.5 t/h, 後者は 1,200°C × 4~5 時間の保持で 3~4 t/h の加熱能力を持つよう設計建設した。燃料は B 重油を用い, 温度, 炉圧の自動制御を行ない, かつ炉内雰囲気は O₂ 指示記録計により把握した。これらの結果燃料原単位は加熱 t あたり約 60 l となり, スケール損失 1.5%, 熱効率 33% に達することができた。

[I] 緒言

鉄鋼の製造において加熱炉の重要性はいまさら述べるまでもないが, 特に特殊鋼の場合は品質, 能率の面から重要である。本炉の使用目的は圧延のための所要温度を最短時間で加熱する一般連続加熱の場合と鑄造組織を均一化するためのいわゆる連続ソーキングの両者に使用するものであり, 型式は 3 帯加熱式としバーナは加熱帯の上下に各 2 本ずつと均熱帯に 2 本計 6 本を設置した。最近加熱炉の自動制御が著しく発達し計器操作が合理化されてきたが, 本炉もこれらの自動制御方式を採用したので参考に供する。

[II] 炉体設計

(1) 設計の条件および炉体寸度の決定

被加熱物は特殊鋼で主として 420 kg 丸型鋼塊 (平均直径 242 mmφ) および 220 mmφ 鋼片である。

従来の実験ならびに各種文献⁽¹⁾⁽²⁾などにより決定した被加熱物の加熱曲線を第 1 図に示す。またこれらの設計仕様を第 1 表に示す。まず加熱帯 (予熱帯を含む) の所要長さは W. Trinks 氏⁽²⁾⁽¹⁴⁾の実験式を用いた。

$$R = K \cdot d \cdot 1 / 30,000 - 631.6 (d-1)$$

ここに R: 加熱所要時間

d: 鋼塊の径

K: 炉の型式係数 (三带式では 8.976)

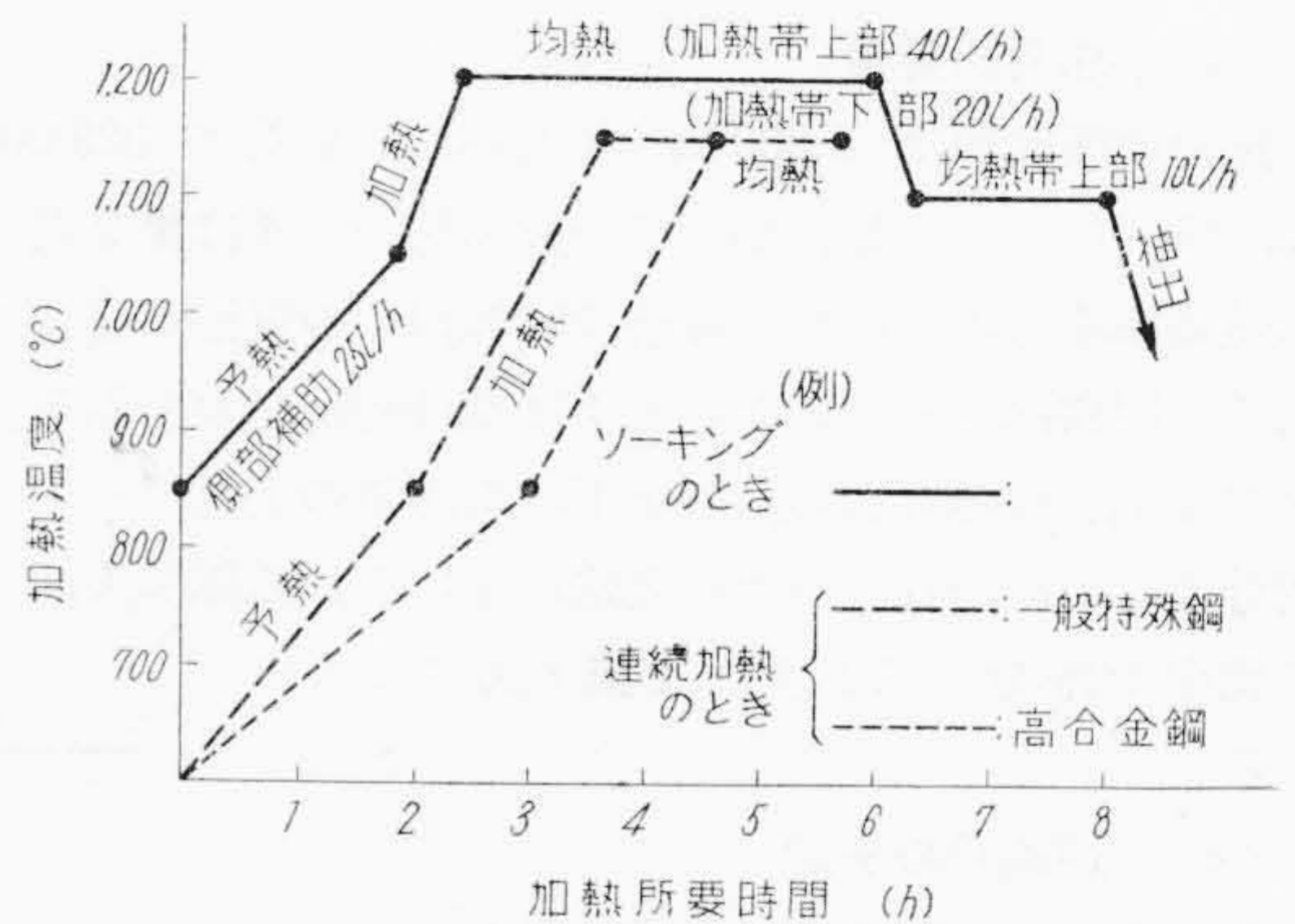
420 kg 鋼塊では R=3.5 時間 となるので加熱能力を 5,000 kg/h とすれば加熱帯長さは約 10 m となる。次に均熱帯の長さはスキッドマークの消失そのほかを考慮に入れ均熱時間 1.5 時間として 4.3m を決定し, 炉幅は加熱容積ならびに装入材料の長さに応じて 2.1 m⁽¹⁴⁾ とした。

(2) 炉の熱効率の推定

(A) 廃ガス温度

一次二次空気の比を 7:3 とし両者の空気温度は

* 日立金属工業株式会社安来工場



第 1 図 炉内温度および在炉時間計画図

第 1 表 設計仕様書

(1) 型式	三带式連続鋼塊加熱炉
(2) 目的	420 kg 鋼塊の加熱およびソーキングのため
(3) 燃料	B 重油 発熱量 (50~55°C に予熱する) 10,300~10,600 Kcal/kg
(4) 加熱能力	加熱のとき, 5,000 kg/h, ソーキングのとき 3,000 kg/h
(5) 被加熱物	(A) 材質 特殊鋼一般 (B) 鋼塊寸度 242φ 420 kg (C) 鋼片寸度 220角 540 kg (D) 装入温度 (普通加熱のとき常温, ソーキングのとき 850°C) (E) 抽出温度 1,100~1,200°C
(6) スキッド	水冷式とし肉厚鋼管を用いる。管の外部は 35mm 厚みの耐火セメント塗着
(7) 炉内圧力	±0~+2 mmAq 程度を目標とする
(8) 材料取出口	正面抽出として取出口の炉床に勾配を付して自然落下させる。ただし落下口は密着する扉を付し, 冷空気の浸入を防止する

常温, 空気過剰率 1.1 とすれば理論火焰温度は 1,820°C となり鋼塊の平均温度は約 607°C となる。一方表面熱負荷を求めると平均断面 242φ で 62,000 kcal/m²h である。第 2 図から炉内平均ガス温度は 1,290°C となる。ゆえに求める廃ガス温度は炉内の最高温度と最低温度の和から理論火焰温度を差引けば概略の廃ガス温度を求めることができる。すなわち 2×1,290-1,820=760°C となる。

(B) 廃ガスの熱損失

空気過剰係数を 1.1 とすればおよその廃ガス成分は CO₂ 15%, O₂ 2%, CO 0.5%, H₂O 5.5%, N₂ 76.5% となり, 廃ガス平均比熱約 0.3557, 理論廃ガス量は重油の発熱量 10,450 Kcal/kg, 過剰空気係数 1.1 のとき約 12.9 Nm³/kg oil が求められ炉尻温度は 760°C であるから廃ガスの持ち去る熱量は 33.3% となる。

そのほか水冷スキッドの熱損失があるが本設計では予熱帯は煉瓦支柱とし加熱帯は水冷支柱でささえられ, 均熱帯は煉瓦スキッドの構造を採用した。既設の加熱炉および参考文献⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹³⁾ などにより冷却損失熱を大略 9% と仮定した。以上の予想される熱の収支を第 2 表のとおり推定した。

(3) 燃料所要量

鋼材の吸収熱は 5,000 kg の加熱にたいして 928,000 Kcal/h である。したがって一般加熱のときは第 2 表から熱効率も考慮に入れて毎時 260 kg/h の重油が必要である。同様にソーキングのときは 95 kg/h 必要である。その重油を鋼塊の加熱帯の上下, 均熱帯の上部バーナに配分するのに, 各バーナの火焰にさらされる鋼塊表面積の比率で配分するとすれば第 1 図のようになる。

(4) 炉輪郭の決定

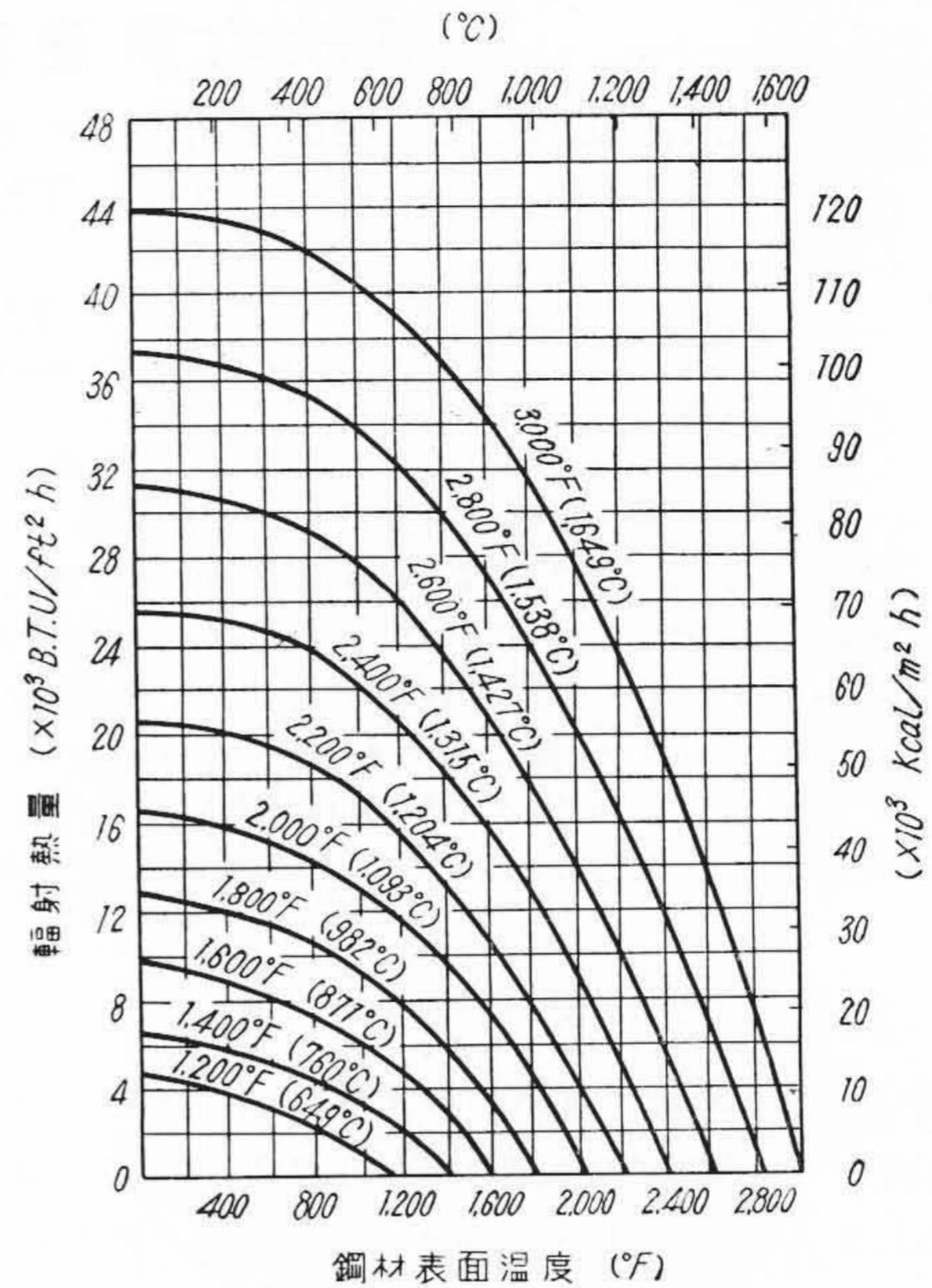
第 3 図に炉の概略を示すが, その輪郭は炉の各断面におけるガス速度および熱負荷から決定した。そのガス速度および熱負荷は各種文献⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾ を参考とした。各帯の燃焼ガス量(空気過剰係数 1.1 として)は均熱帯 0.18 Nm³/s, 加熱帯上部 0.47 Nm³/s, 加熱帯下部 0.29 Nm³/s となり, 各断面における熱負荷, ガス速度を第 3 表に示す。

〔III〕 耐火煉瓦の選定

第 3 図に示すように天井, 炉壁ともに外郭にイソライト No. 2 の断熱煉瓦を用いて炉体からの放熱を極力防止した。炉床にはコルハートブラックおよびクロム煉瓦を用い耐火度ならびに強度をもたせ各部の隅角およびアーチなどは異型耐火煉瓦を用いて強度を維持するように設計した。またスキッドレールの被覆には米国 Johns Manville 製の C-160 ならびに C-140 ファイヤークリートを用了。この場合スキッドパイプと耐火セメントの結合は第 4 図に示すような方法を採用して被覆した。

〔IV〕 スキッドレールの決定

三帯連続加熱炉で構造上最も重要なものがスキッドレ



第 2 図 輻射による燃焼ガスから鋼材への熱の移動

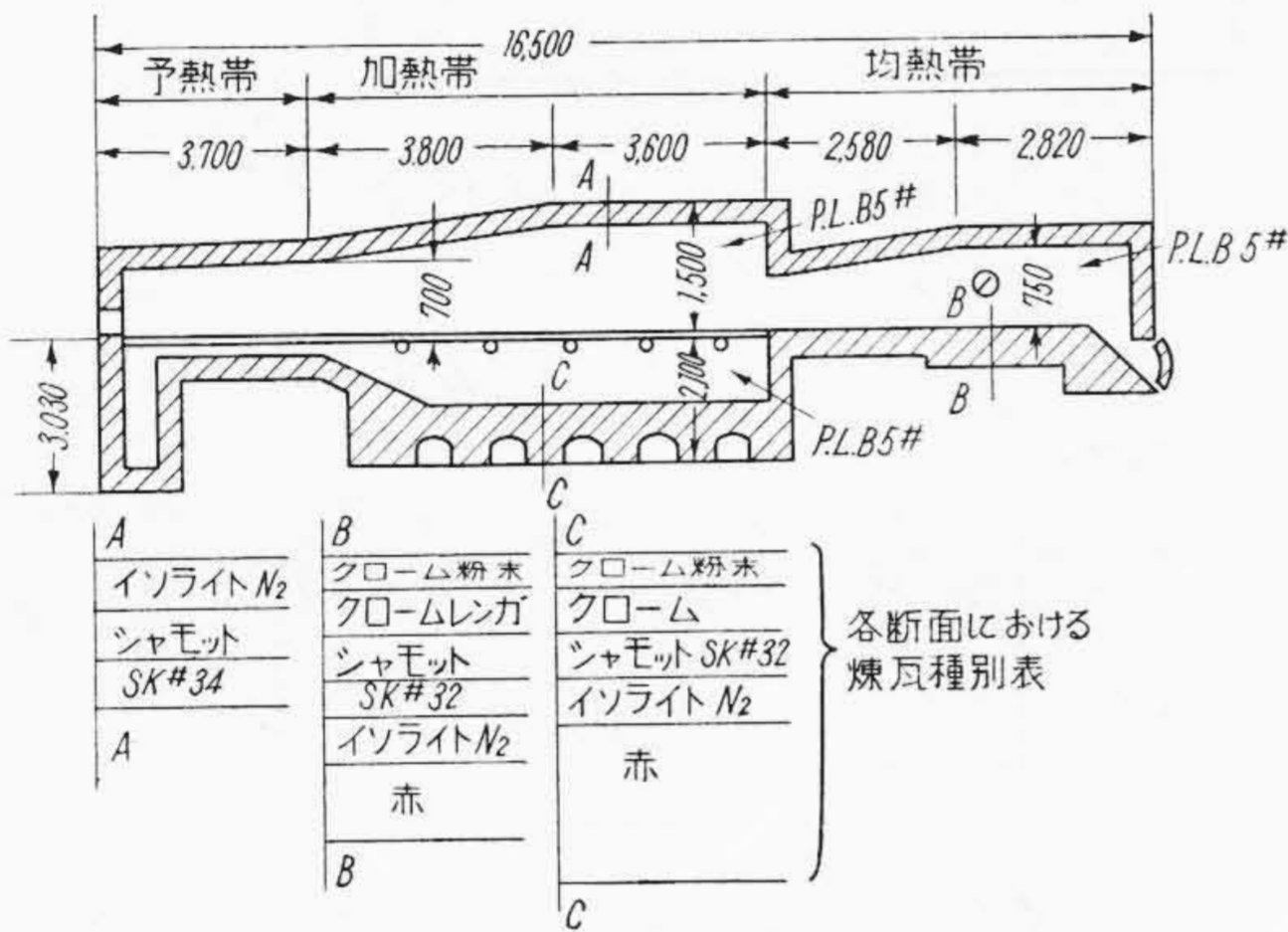
第 2 表 熱収支推定表 (時間当)

作業別 熱量, 比率	連続加熱のとき		ソーキングのとき	
	熱量 (10 ⁸ Kcal)	(%)	熱量 (10 ⁸ Kcal)	(%)
諸元				
入 熱				
(1) 燃料の発熱量	2,720	89.5	994	84.5
(2) 燃料の顕熱 (50°C)	6	0.2	2	0.2
(3) 空気の顕熱 (15°C)	232	7.6	84	7.2
(4) 鉄の酸化熱 (減失 1.5~4.5%)	82	2.7	76	6.5
(5) 鋼材の放熱 (850°C 装入)	—	—	19	1.6
計	3,040	100	1,175	100
出 熱				
(1) 鋼材の含熱量	1,105	36.3	199	17.0
(2) スケールの含熱量 (減失 1.5%)	9	0.3	6	0.5
(3) 廃ガスの損失熱	1,000	33.0	464	39.5
(4) 冷却水損失熱	276	9.0	165	14.0
(5) 天井炉壁そのほかの損失熱	650	21.4	341	29.0
計	3,040	100	1,175	100

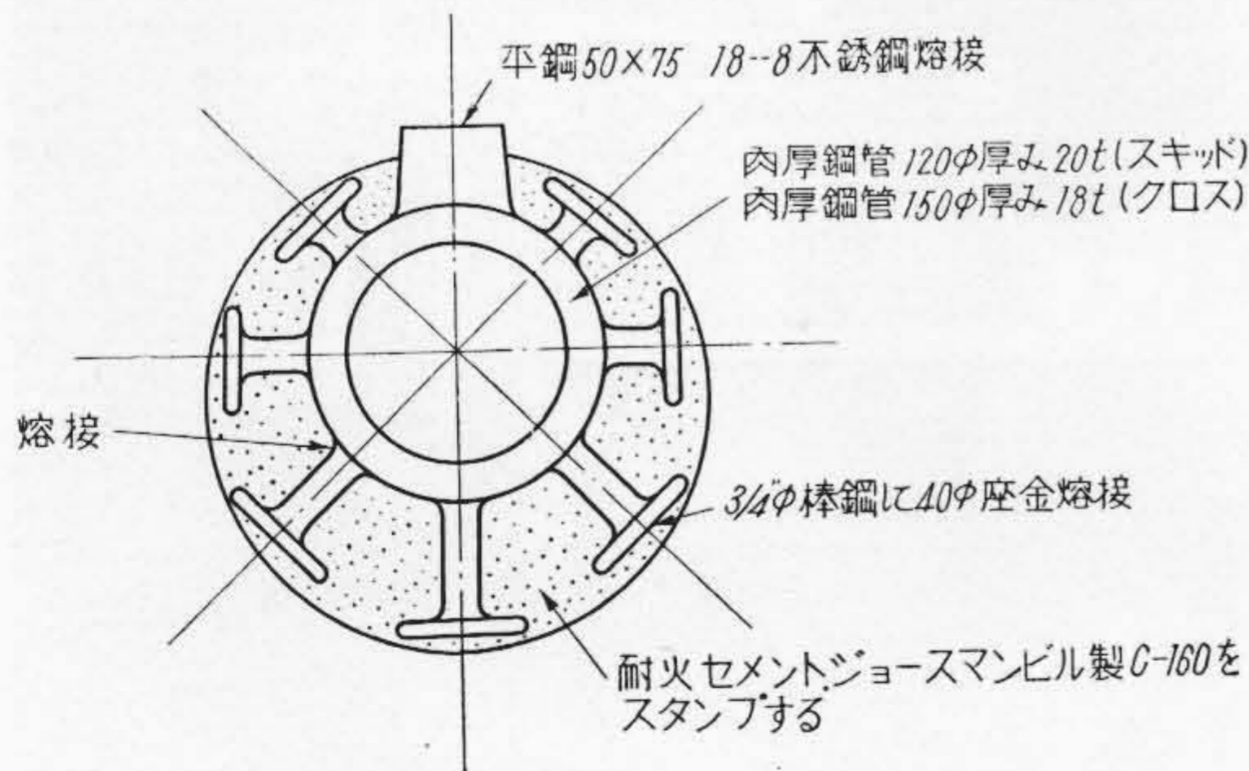
ールであり, これの良否は炉体の寿命はもちろん, 加熱能力に多大の影響を及ぼすものである。一般には普通鋼管(C0.15~0.40%)で十分であるが, この場合 Cr Mn 特殊鋼管を用了。スキッド用鋼管の断面寸法はスキッドにかかる鋼塊の重量から求めるのが普通であるが, 適正安全係数, 加熱温度など種々の複雑な要素をもつため計算のみでなく過去の実用例から断面寸法を決定した。第 4 表に鋼管の断面寸法および断面係数と 1 本のスキッド 1m あたりの荷重を比較して集計⁽¹³⁾した。安全係数が多少異なるためかモーメントと断面係数の間に一定の関係が成立しないが, この表から大体の傾向はわかる。次に冷却水の流れの方向にも種々ありそれぞれの長所短所を有

第3表 各断面における諸数値

断面番号	諸元	帯別	燃料使用量 (kg/h)	発熱量 (Kcal/h)	火焰温度 (°C)	体積係数	燃焼ガス量 (Nm ³ /s)	ガス速度 (m/s)	炉体積 (m ³)	熱負荷 (Kcal/m ³ /h)	炉の高さ (mm)	被加熱物予想温度 (°C)	炉長 (mm)	炉の断面積 (m ²)		
1	均熱帯	50	10,450×50 = 523,000	1,300	5.8	0.18	0.7	6.5	80,000	750	1,150	2,500	1.57			
2														1,250	5.6	0.9
3	上部加熱帯	130	10,450×130 = 1,360,000	1,300	5.8	0.47	1.4	加熱帯 16.2 予熱帯 4.9	85,000	1,350	1,050	3,600	2.84			
4				1,200	5.4		1.25			1,350				900	2.84	
5				950	4.5		1.75			800				800	3,800	1.68
6				750	3.8		2.2			560				700	2,600	1.17
3	下部加熱帯	80	10,450×80 = 836,000	1,300	5.8	0.29	0.7	加熱帯 9.1 予熱帯 3.5	92,000	1,200	1,050	3,600	2.52			
4				1,200	5.4		0.65			1,200				900	2.52	
5				950	4.5		0.90			700				800	3,800	1.47
6				750	3.8		0.90			600				700	2,600	1.26



第3図 三带式均熱連続加熱炉概略図



第4図 水冷スキッドパイプ断面図

するが、今回は炉頭より入水して炉尻より排水する方法を採用し、熱膨脹に対してはスキッドパイプの両端に可撓管を用いた。またスキッドは水平として傾斜はいずれの方向にもつげなかつた。これらのスキッドパイプに流す水量は計算によるとスキッドパイプ 20 t/h (2本分)、支柱パイプ 15 t/h (5本分) で温度上昇は 20°C となるが、特に局部的に水温が上昇しパイプが過熱されないような構造と施工が必要である。

第4表 スキッドパイプ使用実例 (国内各社)

スキッド鋼管断面寸法 D×d×t (mm)	断面係数 (cm ³)	1本のスキッド1mあたりにかかる荷重 (kg/m)	曲げモーメント (kg-cm)
114×70×22	124.8	2,560	54×10 ³
105×76×145	82.5	700	17.1
100×60×20	85.5	1,088	30.5
90×60×15	57.5	625	11.2
90×60×15	57.5	1,450	56.5
90×60×15	57.5	1,046	18.7
90×60×15	57.5	1,515	15.3
80×50×15	42.6	2,150	26.9
80×50×15	42.6	1,332	23.9
76.2×51×12.6	34.7	640	20.5
76.2×57.2×9.5	29.7	1,250	10.0
75×51×12	32.6	519	21.0
65×36×9.5	20.2	1,347	8.57
今回設計のもの 120×80×20	160	最大2,400×1/2=1,200 常用1,800×1/2= 800	25.4 19.0

〔V〕 炉体設備の計画

(1) バーナ

重油焚焼のためのバーナ型式は動力費、配管工事費、噴霧の良否、採用する自動制御の型式、レギュレータの有無および炉内温度分布などの関係から慎重に決定されなければならぬ。今回採用したバーナは低圧空気式比例調節型 (P.L.B) でその特長は次のとおりである。
(a) 炉内雰囲気を一様に調節することが比較的容易である。
(b) 設備費が安価で保守取扱が容易である。
(c) 動力費が安価である。なお使用したオイルヒータは電気抵抗式 20 kW 40 l/h の能力を有しサーモスタットを用いて水温を 89~91°C の間に自動調節するようにした。したがって重油は約 55~50°C でバーナから噴射される。

(2) 自動温度調節装置

第5図に示すように加熱帯の上部と下部には白金-白金ロジウム熱電対を用いて炉内温度を測定制御する電

子管式自記記録温度調節計を設置した。これは空気式調節機構を有し感度を良くするために電子管式を採用した。第 6 図に系統図⁽¹⁵⁾を示す。調節計から発信された指令空気圧は G・O モータに作動して P.L.B. バーナの開度を調節する。均熱帯は輻射温度計と自記記録温度調節計を組合せて設置した。これは特に被加熱物の抽出温度を直接測定する目的である。ここでは感温部の輻射熱吸収が火焰の流れの状態により異なり、指示温度が大きく変動をきたすおそれがあることを考慮しなければならない。なおこの輻射温度計発信器は水冷式とし、かつ発信器が直接火焰にさらされないよう保護するために発信器の外郭カバーより低圧空気を放出することとした。

(3) 炉内自動制御装置

特殊鋼を加熱する場合酸化脱炭が大きければスケール生成による歩留の低下を招来するのみでなく品質に悪影響を及ぼす。これを防止するには炉内圧をわずかに正圧に保ち抽出口そのほかからの大気の侵入を防いで炉内雰囲気を一に定める必要がある。その炉内圧の測定位置は吟味を要する問題であるが、空気の侵入は抽出口が最も烈しいからそれに近接した均熱帯に測定点を設置した。検出装置としてはベル型炉圧電送式を採用し空気式自記記録調節計により自動制御を行い、炉尻ダンパーをパワーシリンダーで操作する構造とした。

(4) O₂ 指示記録装置

炉内雰囲気制御のための測定器として O₂ メータを採用した。そのガス採取位置は炉尻ダンパ中心から約 1 m 炉頭に寄つたところに設置して外部からの冷空気の影響を防いだ。なおガス採取の配管ではドレーンおよびガスダストの除去に細心の注意を払つた。ガス採取口に冷却水筒を設けてドレーンを抜き、ついでガス洗滌は軽油内を通過させ次に銅パーウール内を 1 回、ガラスウール内を 4 回通過させた。また計器とガス採取位置の距離が約 20m あり、測定時間にズレを生じるので真空ポンプ (-150mm) を用いてガス速度を早くした。

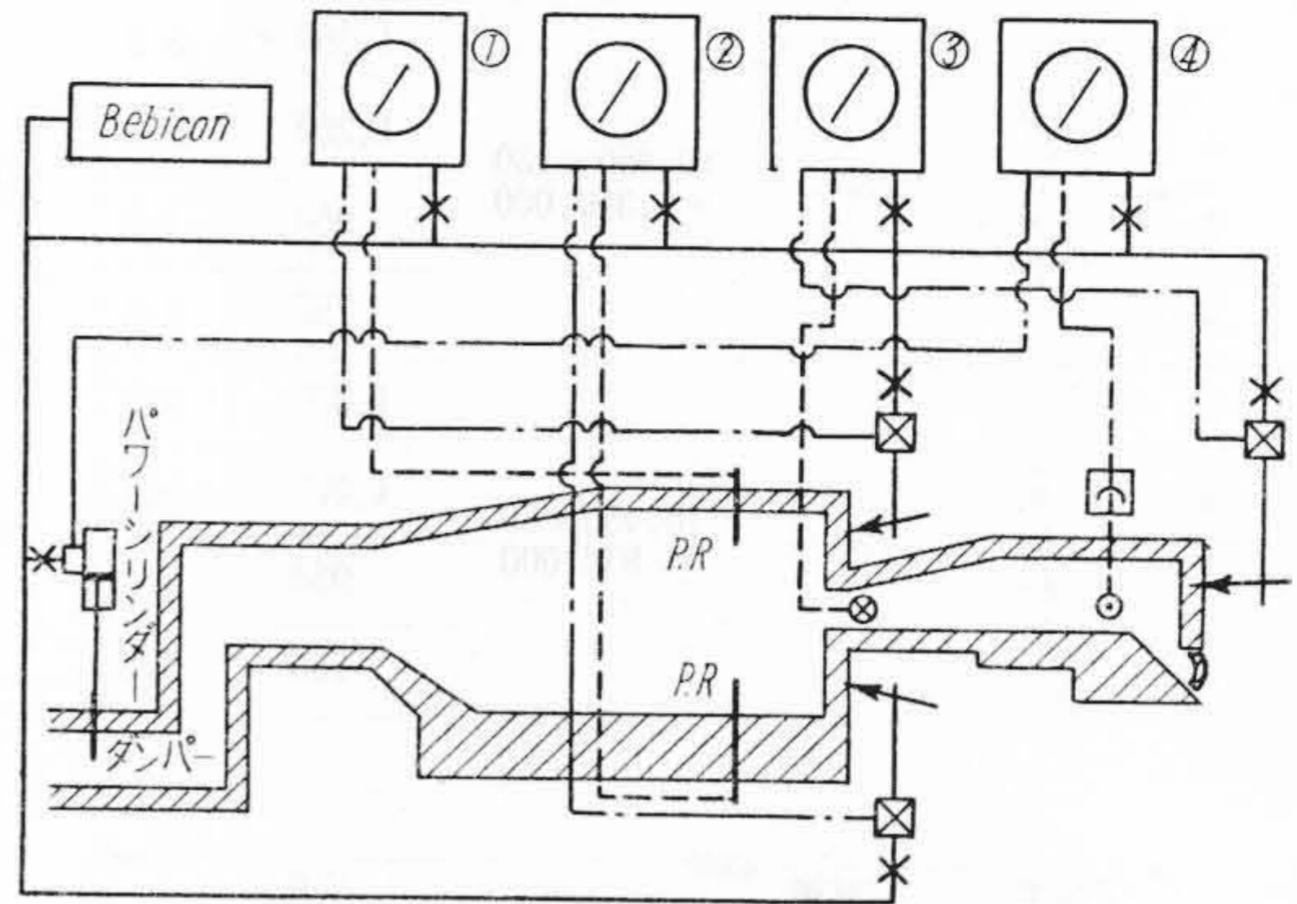
(5) 扉自動開閉装置

鋼塊はプッシャで炉尻から押込まれると炉頭の扉が開き加熱された鋼塊がローラテーブル上に自然落下する型式である。したがってプッシャで約 240mm 押込むと同時にリミットスイッチが作動して扉が自動的に開き鋼塊が落下すればタイマが働き自動的に扉が閉じるように設計した。

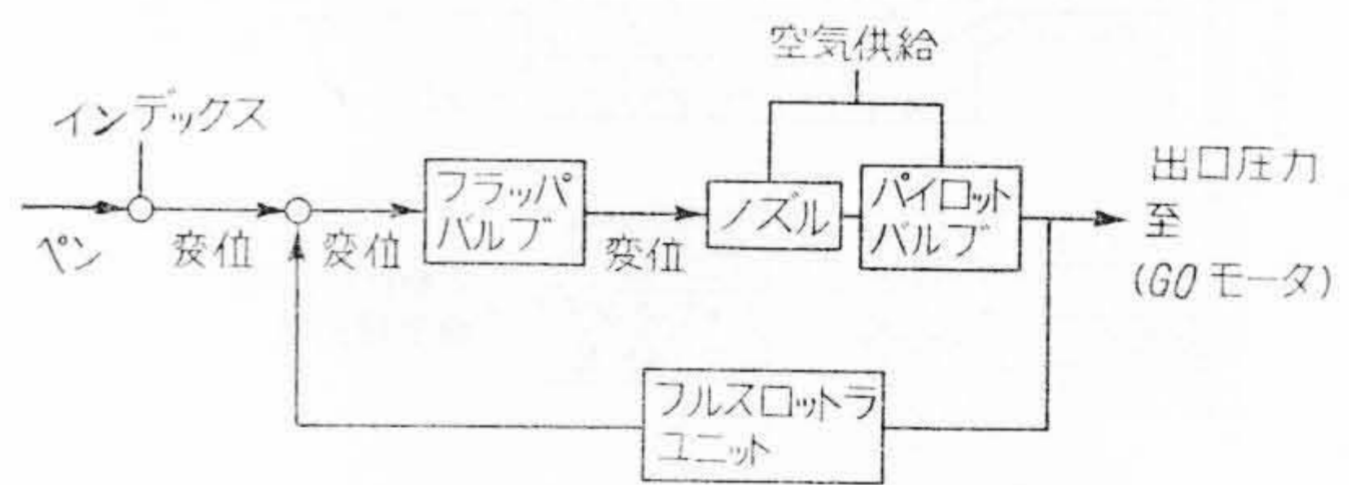
(6) その他の計器および諸設備

自動調節計およびパワーシリンダ、G・O モータなどへの高圧空気供給には 5 HP の小型空気圧縮機を用いた。重油流量計は指示積算型を設置している。以上設備の概要を示したが、これらの設備の明細、ならびに各計器の精度を第 5 表に示し、加熱炉の外観を第 7 図に示す。

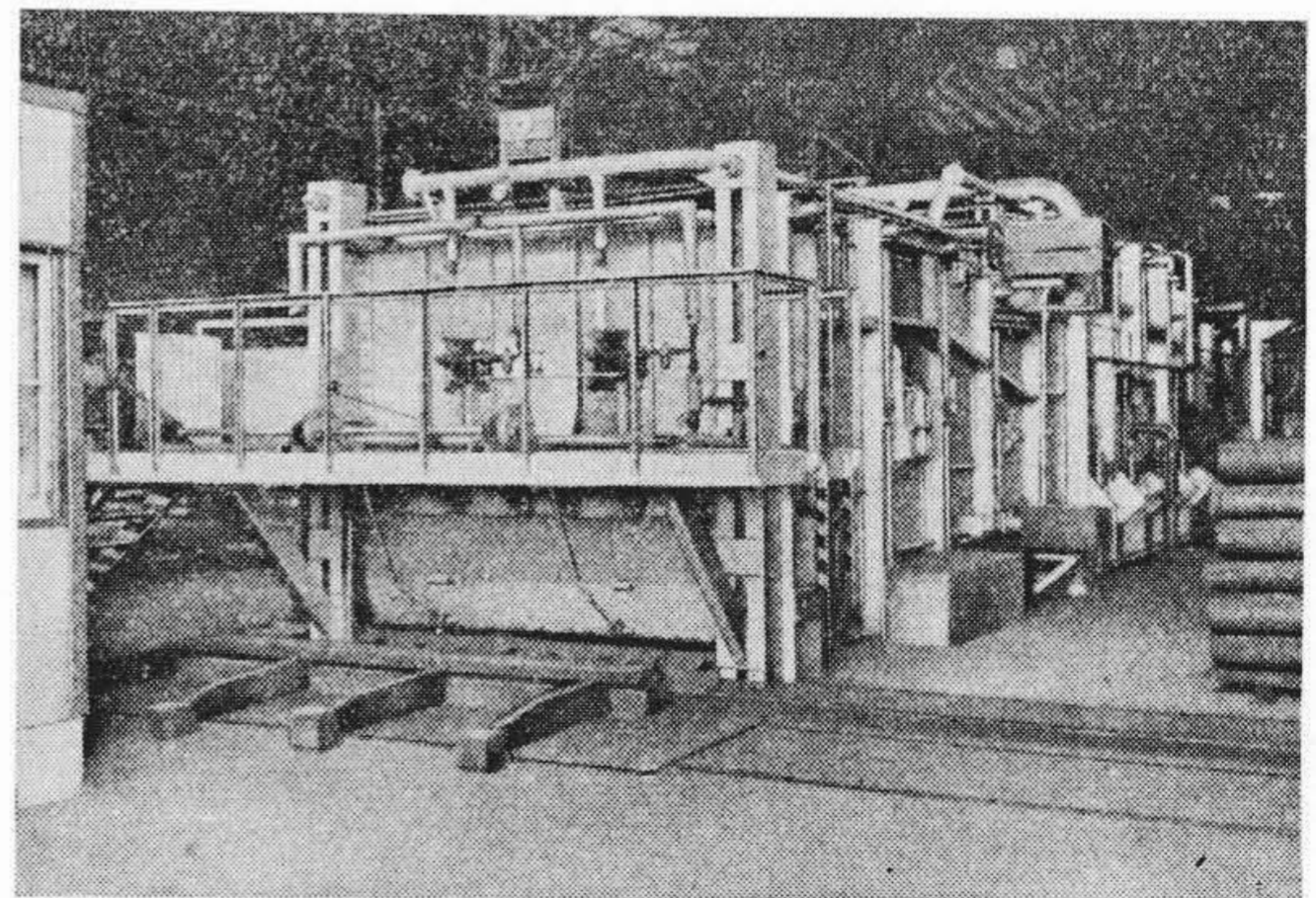
- ①②③: 温度指示記録調節計
- ④: 炉内圧指示記録調節計
- : 高圧空気配管
- - -: 補償導線
- : 指令空気配管
- PR: P.R. サーモカプル
- ⊗: 輻射高温計
- ×: エアーセツト、フィルターおよび減圧弁
- ⊠: G.O. モータ
- ⊕: 差圧電送器
- ←: P.L.B.#5バーナ



第 5 図 計器配置図



第 6 図 自動温度調節計系統略図



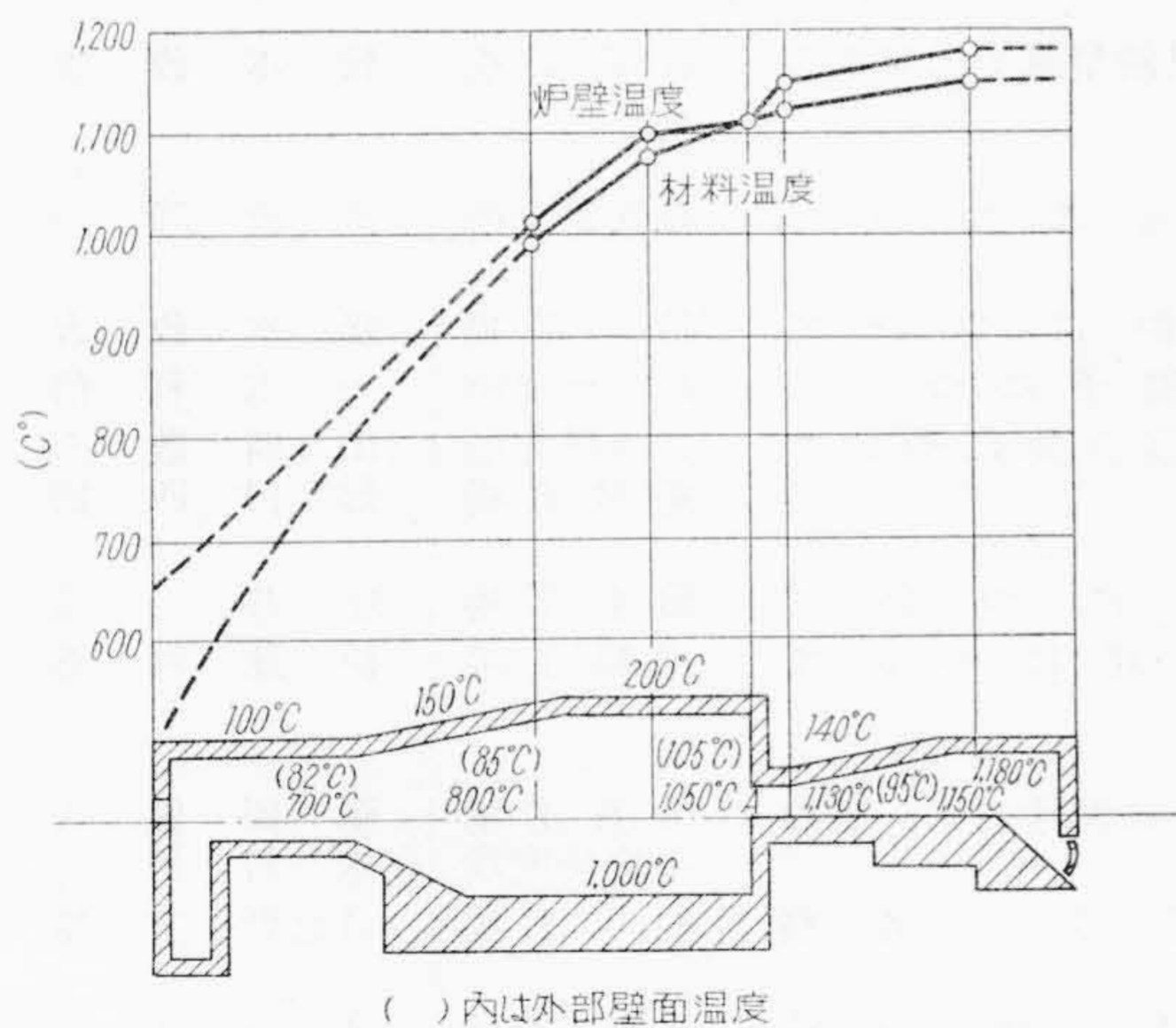
第 7 図 均熱連続加熱炉外観図

〔VI〕 操業状況と熱精算結果

各自動調節計および測定計器などの作動は順調であり、人件費の節減、歩留の向上、品質の改善に好結果をもたらしたばかりでなく燃料原単位もほかの加熱炉に比して著しく向上した。この熱精算の一例を第 6 表に示す。熱精算方法および測定方法は熱経済技術部制定の方法に基づいて行つたのでこれの詳細は割愛する。炉内のガス温度、被加熱物温度、炉壁外部温度を第 8 図に示す。

第 5 表 連続均熱加熱炉主要設備一覧表

設 備 名	基 数	仕 様	精度および備考
1 連続式押込機	1基	電動式横型押込機 2.5 Ton 30 kW ストローク 3m 押込速度 1.8m/min	
2 送 風 機	1基	30 Nm ³ /min 650 mmAq 3,400 rpm 10 HP	
3 送 風 機	1基	23 Nm ³ /min 650 mmAq 3,450 rpm 7.5 HP	
4 低圧空気バーナー	8個	Top. P.L.B. 5#×2個 Bottom P.L.B. 5# 2個 Side P.L.B. 1# 2個 Soaking P.L.B. 5# 2個	
5 オイルヒーター	1基	20 kW 400 l/h サーモスタット附属	水温制御 89~91°C 油温制御 50~60°C
6 ギヤポンプ, ストレーナー	各2基	G.M-1" 送油量 1,000 l/h 最高圧力 3 kg/cm ² モーター 1 HP CD1" 濾過量 1,200 l/h	各2基宛併列設置して1台予備とす
7 扉自動開閉装置	1式	3 HP ギヤードモーター 30 rpm タイマー L.P 型 リミットスイッチ L.S-2 型 5個 セレクター SS#12個	継電器 (R-1) 1個 扉開放時間 12 秒
8 温度指示記録調節計	1基	Top. 側 電子管式 700~1,400°C 白金-白金ロジウム熱電対	±1.5°C
9 温度指示記録調節計	1基	Bottom 側, 電子管式 700~1,400°C 白金-白金ロジウム熱電対	±2.0°C
10 温度指示記録調節計	1基	Soaking 側, 電子管式 750~1,400°C 輻射温度計	±3.5°C
11 炉圧指示記録調節計	1基	電圧式 +5 mmAq~-5 mmAq	±0.1 mmAq
12 炉圧制御用パワーシリンダー	1基	8"φ×32"l ストローク 32"	感度 ±1.5% (±8.5 mm)
13 温度制御用 G.O. モーター	3基	3"×10" GO ストローク 200~250 mm	感度 ±0.5% (±1.3 mm)
14 O ₂ 指示記録計	1基	O ₂ 0~15% ガス吸引力 21 mmAq 記録横型電気式	±0.2% O ₂ 真空ポンプ -150mm 増設
15 ベピコン	1基	VSS ₂ -PARC モーター 5 HP 圧力 3~10 気圧 750 rpm 560 l/h	使用圧力 3~4.5 気圧
17 重油流量計	1個	20~1,500 l/h	精度 ±0.3%



第 8 図 温 度 分 布 図

〔VII〕 結 言

中型均熱連続加熱炉の設計ならびに建設を行つたが、この実際操業結果は設計値と比較的によく合致し、かつ自動制御システムも非常に順調な操業を続け燃料原単位および作業能率ならびに品質改善に多大の効果をもたらした。しかし熱精算結果から廃ガスの顕熱20%は最も大きな損失の要素であり、将来この廃熱利用を実施する計画である。

第 6 表 熱 精 算 結 果

入 熱	Kcal/t	%
燃料の発熱量	573,000	94.7
燃料の顕熱	2,010	0.33
空気の顕熱	2,915	0.49
鉄の酸化熱	27,100	4.48
計	605,025	100
出 熱	Kcal/t	%
鋼塊の顕熱	185,000	30.6
スケールの顕熱	6,700	1.11
有効熱小計	191,700	31.71
廃ガスの顕熱	158,500	26.20
廃ガス中未燃損失	9,920	1.64
廃ガス中水分の顕熱	22,800	3.77
炉壁炉床天井からの熱損失	72,900	12.04
冷却水による熱損失	100,500	16.61
其の他の熱損失	47,907	8.06
計	605,025	100

$$\text{熱効率 } \eta_1 = \frac{191.7}{573} = 33.4\%$$

$$\eta_2 = \frac{191.7}{605.025} = 31.7\%$$

$$\text{燃焼効率 } \eta_3 = \frac{573 + 2.01 + 2915 - 9.92}{573} = 99.1\%$$

$$\text{空気過剰率 } m = 1.12$$

※ ガス分析値

$$(\text{CO}_2) = 12.48\% \quad (\text{O}_2) = 2.64\% \quad (\text{CO}) = 0.52\% \quad (\text{N}_2) = 84.36\%$$

参 考 文 献

- (1) 設楽： 燃料および燃焼 第 15 卷 5 号 P18~23 (昭和23年 5 月)
- (2) 設楽： 燃料および燃焼 第 15 卷 6 号 P14~22 (昭和23年 6 月)
- (3) 設楽： 燃料および燃焼 第 14 卷 3 号 P13 (昭和22年 3 月)
- (4) 設楽： 燃料および燃焼 第 14 卷 5 号 P2 (昭和22年 5 月)
- (5) 設楽： 燃料および燃焼 第 14 卷 12号 P3 (昭和22年12月)
- (6) 長尾： 内燃機関 第 6 卷 12号 P51~81 (昭和17年12月)
- (7) 長尾： 内燃機関 第 7 卷 4 号 P17~27 (昭和18年 4 月)
- (8) T. Stassinot Stahl und Eisen 60 卷 P809~815 (1940年 9 月)
- (9) 山口： 熱管理 第 14 卷 4 号 P6 (昭和27年 5 月)
- (10) 中央熱管理協議会： 熱管理便覧 (昭和27年11月)
- (11) 福井, 林, 小林： 計測運転 コロナ社 (昭和25年)
- (12) 日本鉄鋼協会： 加熱炉の設計と実際 (昭和29年 10月)
- (13) 中央熱管理協議会： 熱管理資料 (1955年 8 月)
- (14) Trinks: Industrial Furnaces Vol. II (1947)
- (15) 日立製作所： 空気式自動調節計について (昭和 32年 2 月)

日 立 製 作 所 社 員 社 外 講 演 一 覧

(昭和 32 年 9 月受付分)

講演月日	主 催	演 題	所 属	講 演 者
11. 23~24	化学関係学協会 連絡委員会	フルフリルアルコールの縮合反応 (第 8 報) フルフリルアルコールとクレゾール類の縮合 物 (その 2)	日立研究所	高 野 憲 三
9. 27	日本原子力産業 会議中部原子力 懇談会	英国における天然ウラン黒鉛型原子力発電設 備について	日立工場	松 本 政 吉
10. 上旬	日本学術振興会 炭素材料研究会	電 刷 子 の 摺 動 音 に つ い て	日立研究所	武 政 隆 一
9. 20	鉄 鋼 協 会	加 圧 水 型 原 子 炉 に つ い て	日立工場	松 本 政 吉
9. 25	日本学術振興会	高 々 度 航 空 機 用 刷 子 に つ い て	日立研究所	一 木 利 信
9. 30	合成樹脂工業協 会 高 分 子 学 会	ヂアリルフタレート重合物について	日立研究所 絶材工場	山 西 敬 士 郎 鶴 田 四 郎
10. 1	東京都立大学	起 重 機 の 設 計 に つ い て	亀有工場	藤 井 孟 彦
9. 19~20	葛 生 地 区 鉦山保安技術研 究会	圧 縮 機 の 保 安 管 理 に つ い て	川崎工場	伊 藤 璋 彦
11. 2	電 頭 学 会 関 東 支 部	永久磁石励磁電子レンズ系に関する二, 三の 考察	多賀工場 中央研究所	藤 岡 健 夫 木 村 博 一
11. 下旬	日本機械学会 他五学会共催	板 の 矯 正 に 関 する 考 察	戸塚工場	日 比 野 文 雄
9. 27	日本規格協会	直 交 配 列 を 用 いた 実 験 計 画 法	中央研究所	鳥 田 正 三
10. 21	質量分析研究会	質量分析計によるウラン同位体存在比の測定 について (第 1 報)	中央研究所	河 合 麟 次 郎 川 松 俊 治 原 田 豊 豊
10. 21	質量分析研究会	質量スペクトルのピークの形状について	中央研究所	森 戸 望 豊
10. 21	質量分析研究会	高分子の γ 線照射の発生ガスについて	中央研究所	原 田 豊 豊
10. 3	電子顕微鏡学会	電 子 顕 微 鏡 の 分 解 能 測 定 に つ い て	中央研究所	渡 辺 宏 孜 菰 田 武 雄
10. 2	日本租税研究協 会	経 済 的 耐 用 年 数 の 理 論	本 社	村 川 武 雄