

FC ポンプの応用

菅 興 彦* 徳 永 靖 行**

Okihiko Kan

Yasuyuki Tokunaga

Applications of Fuji Control Pump

Synopsis

Since Fuji Electric published Fuji Control Pump which was able to measure and control oil flow of every kind, in 1961, FC Pumps have been supplied to about 50 sets, and they have been working satisfactorily.

Original control pump was developed by Siemens & Halske A.G., West Germany, but FC Pump was developed on the foundation of different control principle from it by Fuji Electric.

FC Pump is used to measure and control kerosene, light oil, and heavy oil.

FC Pump represents utilization of the multi-cylinder constancy of an injection pump for an internal combustion engine; such injection pump is driven by a three phase induction motor with driving unit for rack position control or by a variable speed motor.

Outstanding features of FC Pump are as follows.

1. Measurement of a very small amount of oil is possible.
2. A stabilized, proportional combustion of many burners is maintained.
3. Connection is easily available with the automatic control system of temperature, oil-air ratio, etc.
4. Combustion equipment of oil can be constructed economically.

In this paper, we will give the outline and the applications of Fuji Control Pump.

I. ま え が き

当社が昭和36年にFCポンプと銘打った各種燃料油用計量ポンプを発表して以来、このポンプの持つすぐれた性能が各方面に認められ、現在までに50セット近くの内納入実績を持つに至った。

FCポンプの原形をなす計量ポンプは西独シーメンスハルスケ社によって開発されたもので、国内にも主として加熱炉の燃料油量の計測および制御用として20セット余りが輸入されていた。FCポンプはこれと同様の機能を有するものを当社独自の制御原理にもとづき開発したもので、国産化後、従来シーメンス製品を使用していたユーザにも引続き納入し好評を得ている。

FCポンプで計量しうる油種は灯油、軽油、A・B・C重油におよぶ。

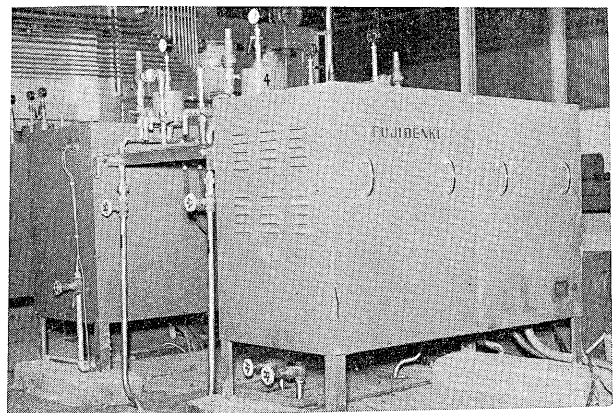
FCポンプは元来多数のバーナを備えた加熱炉、熱処理炉の燃料として使用される微量油量の計測、制御のために開発されたものであるが、このポンプの持つ圧送効果、均等配分性を利用して高炉重油吹込装置に使用されるなど、大量の燃料油を消費する燃焼炉にもその応用範囲が拡大されてきた。

このようにFCポンプは各種の油燃焼炉に適用しうる一般性を有するものである。

* 富士電機製造株式会社計測技術部

** 富士機器株式会社

ここではこのFCポンプの概要、および主として鉄鋼業においての二、三の応用例を紹介し、この種の燃料油を扱う各位の参考に供したい。



第1図 FC ポンプ

Fig. 1. Fuji control pump

II. FC ポンプの概要

1. FCポンプの特長

FCポンプはディーゼル機関用プランジャポンプの多気筒定量性を利用し、各種燃料油の計量、調節を行なうものでその特長とするところは次のごとくである。

1) 規定流量が常に確保される

FCポンプの各気筒の吐出油量はポンプの有効ストロークと駆動モータの回転数に正確に比例する。したがってポンプの有効ストローク、あるいはモータの回転数を

規制することによってこれに相応する吐出油量を得ることができる。ポンプ吐出側の配管抵抗が多少変化してもポンプは規制された有効ストローク、回転数に相応する吐出油量を保つことができる。また回転数制御方式によるFCポンプは原理的に電源変動の影響を受けない。

2) 油量の均等配分が保証される

FCポンプの各気筒の吐出油量の均一度は定常状態で $\pm 1.0\%$ 以上である。

複数のバーナに対しFCポンプの各気筒を対応させて送油する場合、各バーナへの配管抵抗に多少相違が生じても送油量の均等配分を維持できる。

3) 微量油量の計測、制御が可能である

FCポンプは1気筒当たり最少 0.4 l/h の微量油量を計測、調節および送出することが可能である。

FCポンプの1気筒当たりの油量の計測、制御範囲は $0.4\text{ l/h} \sim 4\text{ l/h}$ から $12\text{ l/h} \sim 120\text{ l/h}$ であり計測精度は $\pm 1.5\%$ である。

4) 自動制御系の構成要素として好適である

FCポンプは油量の計測機能および調節機能を合わせ具備している。

すなわちFCポンプの吐出油量は外部信号によって広範囲に連続的に変化させることができ自動制御系の操作端として適しており、また吐出油量を電気信号にて外部に発信することができるので油流量発信器としても使用できる。

5) 燃焼設備を経済的に構成できる

噴射ポンプの多気筒定量性によって多数個のバーナへの油量を同時に計測、制御ならびに送出することができ、燃焼設備費の節減が図れる。

2. 動作原理および構造

FCポンプは吐出油量の制御方法によりストローク制御方式と回転数制御方式に大別され、ストローク制御方式はさらに空気圧式と電気式とに分類される。

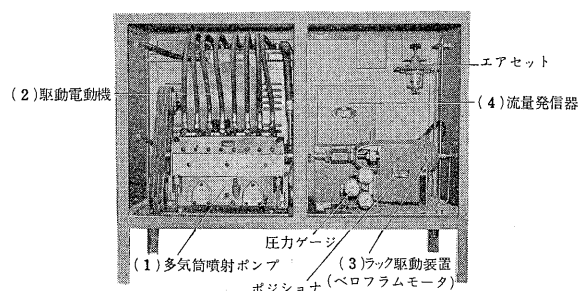
1) ストローク制御方式

ストローク制御方式ではポンプ駆動用モータを定速度で回転させておき、プランジャの有効ストロークを変化させて送出油量を調節する。

有効ストロークの変更はポンプのコントロールラックを移動させて行なうが、これの駆動装置に空気圧式と電気式の2方式がある。

(1) 空気圧式：ペローフラムモータを使用し $0.2 \sim 1.0\text{ kg/cm}^2$ の空気圧信号を入力とする。

(2) 電気式：コントロールモータを使用し正、逆のパルス信号を入力とする。

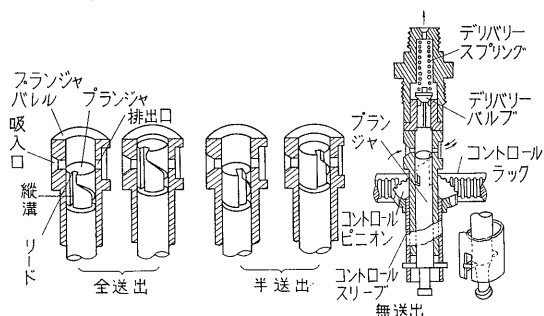


第2図 FCポンプ内部構造（空気圧式ストローク制御形）
Fig. 2. Mechanism of FC pump (rack position control type)

第2図により動作原理を説明する。

多気筒噴射ポンプ(1)は三相誘導電動機(2)により一定の回転数で駆動されており、外部からの調節信号によってラック駆動装置(3)が操作され、プランジャの有効ストロークが調節される。ポンプの各気筒の吐出流量はラック位置の変化に正確に比例するので、すべり抵抗式流量発信器(4)はラック位置を検出することによってポンプ吐出油量を正確に計量する。

コントロールラックの移動による有効ストロークの変化原理を第3図により説明する。送油は三相誘導電動機に連結されているポンプのカムシャフトの回転により、プランジャが上下運動することにより行なわれる。ラック位置が全送出の位置にある場合は、まずプランジャが下降を始め、その上端面がプランジャバレルの吸入口を開くと油がバレル内に吸入され最下位置（左図）において吸油行程は終了する。



第3図 多気筒噴射ポンプ送油および流量調節原理
Fig. 3. Principle of oil feeding to multi-cylinder injection pump

プランジャはその最下位置にわずかの間止ってから上昇を始め、プランジャの上端面が吸入口を閉じるまでは油は吸入口から逆流し、有効な作動は行なわれない。油の加圧は吸入口を閉じてから初めて行なわれ、プランジャの上昇とともに油の圧力が増大しプランジャの上部にあるデリバリーバルブのスプリングの圧力より大きくなるとデリバリーバルブを押し開け送油する。プランジャバ

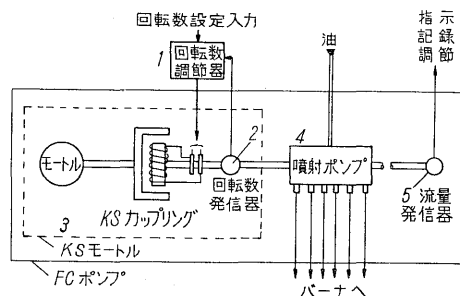
レルの吸入口を閉じてからプランジャのリードが排出口をのぞくまで(右図)のプランジャのストロークが有効ストロークであり、コントロールラック駆動装置により、ラック位置を調節しプランジャを回転すればこの有効ストロークを変化させることができる。

次にラック位置が無送出的位置にある場合には縦溝が常に吸入口をのぞいているため有効な作動をせず、したがって無送出となる。

2) 回転数制御方式

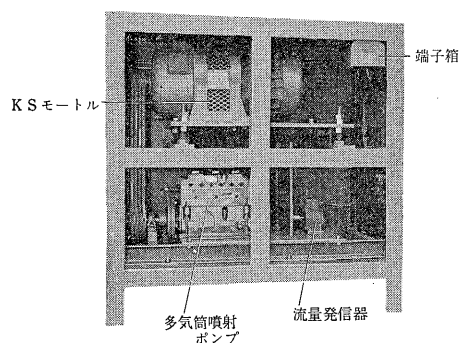
回転数制御方式ではプランジャの有効ストロークを一定の値に固定しておいて駆動モータの回転数を変化させることにより送油量を調節する。可変速度電動機としてはKSモータを使用する。

第4図により動作原理を説明する。



第4図 FCポンプ原理図(回転数制御形)

Fig. 4. Principle of FC pump (KS-motor control type)



第5図 FCポンプ内部構造(回転数制御形)

Fig. 5. Mechanism of FC pump (KS-motor control type)

トランジスタを用いた回転数調節器(1)で復元用回転数発信器(2)の出力と回転数設定値が比較される。可変速度電動機(3)の回転数と設定した回転数との間に偏差が生ずると、回転数調節器の直流出力電流が変化し、KSカップリングの結合度が変わり、可変速度電動機(KSモータ)の回転数が回転数設定値に一致するように調節される。この可変速度電動機の出力軸に多気筒噴射ポンプ

(4)が取り付けられている。ポンプの各気筒の吐出流量は回転数に正確に比例して変化する。したがって三相発電機と整流器から構成される流量発信器(5)は回転数を検出することによりポンプ吐出流量を正確に計量する。

3. FCポンプの標準形式および仕様

1) 形式と構成

FCポンプの形式は次のように表わされる。

例 $\frac{FCP}{①} \frac{R}{②} - \frac{Z}{③} \frac{6}{④} \frac{P}{⑤}$

注) ① Fuji Control Pump

② 流量制御方式を表わす

R: ストローク制御方式(ラック位置制御方式)

K: 回転数制御方式(KSモータ制御方式)

③ 多気筒噴射ポンプの形式を表わす

B: B形(小形プランジャを使用するもの)

Z: Z形(大形プランジャを使用するもの)

④ 多気筒噴射ポンプの気筒数を表わす

4: 4気筒

6: 6気筒

8: 8気筒

⑤ 多気筒噴射ポンプのラックの駆動方式を示す

P: 空気圧式(ペローフラムモータ)

E: 電気式(コントロールモータ)

2) 一般仕様

FCポンプは各種の燃料油に使用されるため、油種に応じて次のように使用条件および定格を定めてある。

ポンプ入口圧力: 0.5~2 kg/cm² [エングラ 3度(レッドウッド 90秒)までの油]

2~4 kg/cm² [エングラ 3~50度(レッドウッド 90~1,500秒)までの油]

ポンプ出口圧力: 最大流量において 10 kg/cm² (標準構造のとき) (10 kg/cm² 以上のものも製作可)

耐圧試験圧力 50 kg/cm² 以上(吐出側)

油許容温度: 100℃

使用周囲温度: 40℃ 以下

使用フィルタ: 灯油 5ミクロン以内のろ紙

軽油 5ミクロン以内のろ紙

A重油 300~350メッシュ

B重油 200~250メッシュ

C重油 200メッシュ程度

入力(調節信号):

(1) ストローク制御方式

空気圧式 -0.2~1.0 kg/cm² の空気圧力

電気式—正逆のパルス信号

(2) 回転数制御方式

DC 0～8V/0～10V (50/60%)

電流信号あるいは抵抗信号は抵抗器あるいは定電圧装置を使用して最終的には上記電圧信号に変換させる。ベースを有する入力信号も接続可能である。

流量値発信出力：

(1) ストローク制御方式

すべり抵抗器の発信抵抗 10-0～100-10Ω (ただし流量と抵抗出力の関係は直線である)

(2) 回転数制御方式

90 rpm=10% の流量=DC 5 mA

900 rpm=100% の流量=DC 50 mA

ただし流量 (10～100%) と電流出力の関係は直線である。

測定および制御可能な範囲は 最大流量の 10～100% の範囲である。

駆動電動機電源：AC 200V または 220V, 50% または 60%, 三相(AC 400V または 440V も製作可)

3) 標準形式

FCポンプの標準形式を第1表に示す。

第1表 標準形式一覧

Table 1. Standard type of FC pump

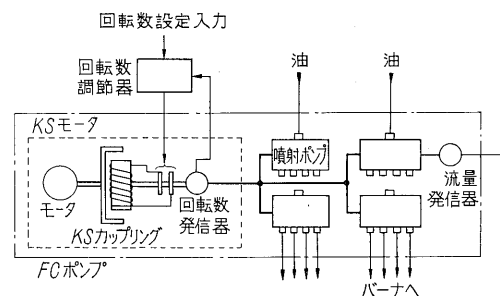
形 式	噴 射 最大 1気筒当り ポンプ 接続 吐出流量 形 式 口数 (l/h)	使用モータ (kW)	重量 (kg)
FCPR-B4P -B4E FCPK-B4	4	0.75	IM 180
			K SM 260
FCPR-B6P -B6E FCPK-B6	6		IM 200
			K SM 265
FCPR-B8P -B8E FCPK-B8	8	1.5	IM 240
			K SM 345
FCPR-Z4P -Z4E FCPK-Z4	4		IM 200
			K SM 270
FCPR-Z6P -Z6E FCPK-Z6	6	2.2	IM 210
			K SM 340
FCPR-Z8P -Z8E FCPK-Z8	8		IM 240
			K SM 350

IM : Induction Motor

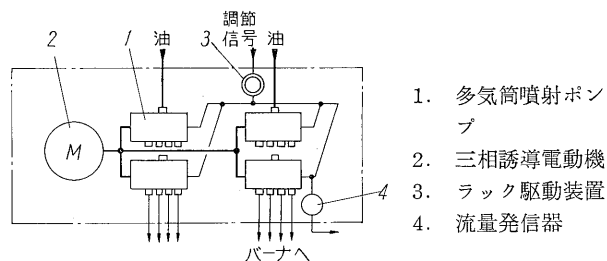
K SM : K S Motor

4) 大容量FCポンプ

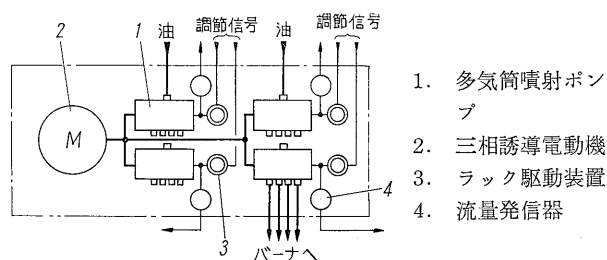
1バーナ当たりの最大流量が 100 l/h を越える場合には多気筒噴射ポンプの接続口 (気筒) を複数個並列に使用して 800 l/h までの大容量バーナに使用することができる。



(a) 回転数制御方式



(b) ストローク制御方式



(c) 機別ストローク制御方式

第6図 大容量FCポンプ

Fig. 6. Large sized FC pump

また大容量の多数のバーナの噴出油量を同時に計測、制御する場合は多気筒噴射ポンプを最大4台まで並列に連結し、回転数制御方式では1台の変速度電動機、ストローク制御方式では1台の三相誘導電動機によって駆動する構造の大容量FCポンプがある。この大容量FCポンプの動作原理を第6図に示す。

回転数制御方式による大容量FCポンプでは全ポンプの吐出油量は均等であるが、ストローク制御方式によるものではコントロールラック駆動装置を各ポンプに別個に設けることによって、ポンプ相互間の吐出油量の配分を任意に変化させることができる〔第6図(c)〕。

III. FCポンプの応用

FCポンプは概略前述のような機能を持つものであるがこれらの機能を利用した鉄鋼業における応用例として次の3例につき紹介したい。

- 1) 高炉重油吹込装置への応用例
- 2) 連続加熱炉への応用例
- 3) 連続焼鈍炉への応用例

1. 高炉重油吹込装置への応用例

高炉は鉄銑生産のための反応炉で製鉄所の中心をなす設備であり、炉頂から鉄鉱石、コークス、石灰石などの原料を投入し、炉の下部にある羽口から熱風を吹き込んで高温還元反応によって酸化鉄を還元し鉄銑を得るものである。

高炉重油吹込とは高炉燃料吹込技術の一つで、高炉の各羽口より熱風とともに炉内に重油を吸込み鉄鉱石の還元反応に寄与させるものである。高炉重油吹込の目的とするところはコークス比の低減、出銑量の増加にあり、最終的には鉄銑コストの低減を図るもので、その経済的効果は大きい。

高炉は炉容によって 12~24 本程度の羽口を有し、重油吹込の際に各羽口から吹込まれる重油量は 300~500 l/h 程度である。各羽口の重油吹込量の配分を規制する方法としては大別して次の 3 種がある。

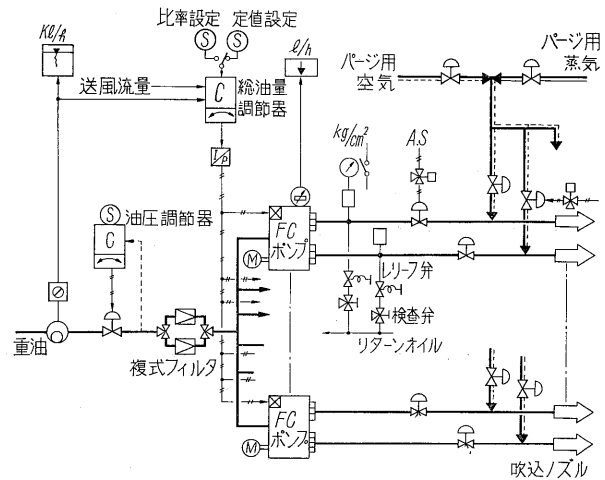
- 1) 各羽口ごとに現場あるいは遠隔にて手動により調整する。
- 2) 全羽口を数ブロックに分け、ブロックごとの配分は自動制御を行ない、各羽口相互の配分は手動調整する。
- 3) 羽口ごとの重油流量制御装置を設け自動制御を行なう。

高炉内に吹込まれた重油は鉄鋼石の還元反応に寄与するものであるからその吹込量は出銑量に対する比率 oil・kg/pig・ton で決定される。したがって前記 1)~3) のいずれの配分制御を行なう場合にも全吹込量は出銑量に応じて、主管重油流量制御装置によって規制される。

高炉重油吹込においては炉況の安定の維持のために各羽口からの重油吹込量を極力均等にすることが必要であり、この意味からは前記配分制御方式のうち 3) を採るのが最も望ましく、1) あるいは 2) では均一な配分を定常的に維持することは困難である。しかしながら 3) の方式では機器構成がかなり複雑なものとなり保守がわずらわしく設備も高価なものとなる。このため 1) の方式あるいはこれに類する方式が採られる場合が多い。

ここに FC ポンプの定量性を利用した重油吹込装置が考えられた。本装置に FC ポンプを使用すれば

- 1) 精度の高い均等配分が行なえる。
- 2) 機器構成が簡単となり設備費が安く保守が容易となる。
- 3) FC ポンプの圧送効果により重油吹込ノズルのつまり事故の発生が激減する。
- 4) FC ポンプ自体が加圧機能を持っているので送油ボ



第 7 図 FC ポンプによる高炉重油吹込装置計装系統図

Fig. 7. Instrumentation diagram of oil injection equipment with FC pumps for blast furnace

ンプの所要動力を節減できる

などのメリットが生じてくる。

第 7 図に FC ポンプを使用した重油吹込装置の計装例を示す。ここに使用された FC ポンプは空気圧式ストローク制御形 (FCPR-ZnP 形) のものである。送油ポンプによって送られてきた重油は FC ポンプ入口で一定圧力 (2.0 kg/cm²) に制御される。全吹込量は重油本管で容積式流量計によって検出し、これをテレバーム調節計に入れ、その出力によって各 FC ポンプの有効ストロークを同時に変化させ、各羽口への送出量を均等に保持したまま全吹込量を規定値に制御する。各羽口の吹込量は FC ポンプのコントロールラックに取り付けたすべり抵抗発信器によってラック位置として発信され監視される。本装置では全重油吹込量を熱風送風量に比例して制御することも可能なように計画されている。この場合には総油量調節器の設定は比率設定に切り換えられる。吹込ノズルの点検、交換の際には任意の羽口の吹込を停止させることができる。この場合には吹込を停止したノズルの負荷は吹込中のすべてのノズルに自動的に再配分されることになる。吐出圧異常上昇、送風圧力低下、重油圧力低下、重油温度低下などの異常発生時には重油吹込を自動的に停止し、さらに規定時限を経て蒸気あるいは空気による自動パージが行なわれノズル内重油の炭化を防いでいる。異常点確認後は手動による重油再吹込が可能である。

高炉重油吹込装置のごとく 1 接続口当たりの流量が比

較的多く、かつ同一の負荷が多数存在する場合には新たに開発された第6図に示すような大容量FCポンプを使用することによってさらに大幅に設備費を低減することができる。

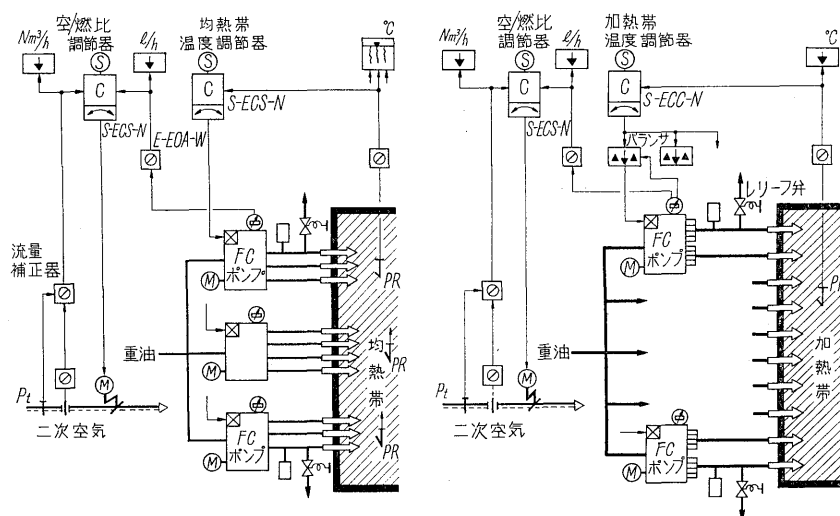
2. 連続加熱炉への応用例

連続加熱炉は鋼塊あるいは鋼片を熱延するのに適した温度に加熱するもので、鋼材を装入機により炉内を押し進めながら炉壁の適当な位置に設置されたバーナ群により、表面の温度が内部まで伝わるように十分に加熱する。このために一般には加熱室を予熱帯、加熱帯、均熱帯の3帯、あるいは加熱帯、均熱帯の2帯などに分け、それぞれの位置において最も適当なる熱量を与えることによって炉内を通過中の鋼材を時間的に最適な温度こう配にしたがって加熱、均熱させる。

連続加熱炉は鋼材の加熱方式、加熱燃料、移送方式などの異なる種々の形式のものがあるが、ここでは重油を燃料とする押出式2帯式線材加熱炉のFCポンプによる計装例につき紹介する。

連続加熱炉はその各帯ごとに数本のバーナ群が設置され、温度制御装置はこれらのバーナ群ごとに独立して設けられる。連続加熱炉では縦方向(鋼材進行方向)の温度こう配を適切に保つと同時に横方向における温度分布を均一に保つことも肝要であり、線材加熱炉においてはこの横方向の温度分布の均一度は特に高く要求される。このために各帯ごとに多数のバーナを横方向に配列させ、さらに各バーナより極力均等に重油を噴燃させなければならない。ところがバーナ群ごとの噴燃油流量が比較的少流量であることと各バーナへの配管抵抗にばらつきが生じるために通常の方法ではこの油流量の正確な計量と均等配分制御は困難である。そこでここにFCポンプの均等配分特性と微小油流量の計量性を応用した計測制御装置が考えられた。第8図にその制御システムを示す。

FCポンプはすべて電気式ストローク制御方式のものを使用し、テレ



第8図 FCポンプによる連続加熱炉計装系統図

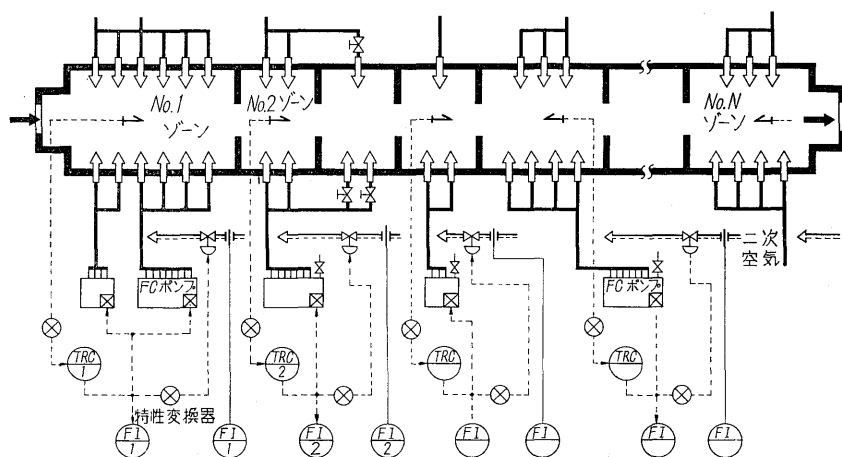
Fig. 8. Instrumentation diagram of 2 zone continuous pusher type preheating furnace with FC pumps

バーム全電気式制御系統の一環を構成させることによって空気源、その他の補助動力源が一切不要となり、それだけ燃焼設備費の軽減が図れる。

加熱帯では1台の温度調節計の出力信号を複数個のFCポンプに並列に入れ、バルンサによって同一の有効ストロークを取らせ、多数のバーナへの油流量を均等に分配する。

均熱帯ではバーナ群を数組のコントロールゾーンに分けて、おのおのにFCポンプを含む温度制御装置を設け、横方向に一定の僅少の温度こう配をもたせるごとく各温度制御装置をセットし、線材の各部を次段の圧延に最適な温度分布に均熱する。

FCポンプのコントロールラックの位置は吐出油量に



第9図 FCポンプによる連続焼鈍炉計装系統図

Fig. 9. Instrumentation diagram of continuous annealing furnace with FC pumps

第2表 FC ポンプ納入実績
Table 2. Supply list of FC pumps

番号	注 文 主	形 式	数 量	使用流体	気筒当 り 流 量 (l/h)	バーナ当 たり流量 (l/h)	バーナ数	用 途	納入年月
1	某 社	FCPR-A4P FCPR-A8P	2 6	軽油				焼 鈍 炉	37 年 3 月
2	神戸製鋼所	FCPK-Z6	4	重油3種3号	50	350 300	4	加 熱 炉	37 年 5 月
3	中山製鋼所	FCPR-Z6P	2	重油3種2号	100	100	12	高 炉	38 年 6 月
4	トピー工業	FCPR-Z6P	3	重油3種3号	110	220	9	加 熱 炉	39 年 3 月
5	某 社	FCPR-A8P	1	軽油				焼 鈍 炉	39 年 12 月
6	日本電装	FCPK-A4/2	1	軽油2号	5.5	5.5	8	プラグ焼成炉	39 年 12 月
7	中山製鋼所	FCPR-Z6P	4	重油3種2号	100	300	12	高 炉	40 年 1 月
8	川崎製鉄	FCPR-Z4P FCPR-Z8P	3 5	重油3種3号	120 100	120 400	10 10	加 熱 炉	40 年 6 月
9	某 社	FCPR-Z8P	12	重油3種4号				高 炉	40 年 7 月

正確に比例するので、本装置ではこの位置を吐出油量として検出し空/燃比率制御装置に発信させる。

3. 連続焼鈍炉への応用例

焼鈍（焼きなまし）とは鉄材または鋼材を軟化、結晶組織の調整または内部応力の除去のため適当な温度に加熱したのち、徐冷する熱処理操作である。鉄材または鋼材は焼鈍により以後の機械加工または線引、圧延が容易となり製品品質ならびに歩留まりが向上する。

連続式焼鈍炉はこの焼鈍処理を連続的に行なうもので鋼材を炉の一端から送り込み、台車あるいは床上に配列されたローラによって細長いトンネル状の炉中を徐々に移動させながら、一定の時間的プログラムにしたがって焼鈍温度に加熱・均熱し、さらに徐冷しながら炉の他端から処理の終わった鋼材を取り出すものである。

したがってこのようなトンネル式炉では鋼材の進行方向に多数のバーナが配列され、各バーナからの噴出油量は温度調節器によって、炉内の温度分布が一定のプログラムにしたがうよう制御される。

第9図にFCポンプを使用した特殊鋼連続焼鈍炉の計装例を示す。熱処理帯は多数のゾーンにわかれ、各ゾーンには別個の温度制御装置が設けられ、各制御装置の温

度設定値は鋼材の進行方向に対して焼鈍に最適な温度プログラムを描くようにセットされている。

回転数制御形FCポンプの採用によって電圧変動、周波数変動などの電源変動に影響されない計量ならびに制御を行なうことができる。

空気/燃料比率制御はFCポンプへの操作信号を二次空気量調節弁に同時に与えて行なっている。このようにして当然必要な多数の空/燃比調節器を省略し、計装設備費の大幅な節減を図っており、制御結果も充分満足しうるものを得ている。

IV. む す び

以上FCポンプの概要ならびにその応用例について紹介した。

ここにあげた応用例はいずれも鉄鋼業関係のものとなったが、はじめに述べたごとくFCポンプは各種の油燃焼炉に適用しうる一般性を有するものであり、このポンプの持つ均等配分特性、微小油量範囲における計量性などの特長を利用して、各種燃料油を使用するいろいろの方面の燃焼炉に適用できるものである。今後さらに一層広い分野に应用されることを期待したい。



＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。