

[26] 多段炉による下水汚泥熱分解プラントの自動制御について

日本碍子(株) 環境装置事業部 笠倉 忠夫 馬島 剛
○泉 直衛

本論文は従来の焼却プロセスの代替のプロセスとして最近開発され、現在稼働中の多段炉による下水汚泥熱分解プロセス(60万/日プラント)の自動制御とそれによつてもたらされるプロセスの省エネルギー効果について述べたものである。

(1) 熱分解プロセスの概要 (Fig-1 参照)

本プラントでは脱水汚泥ケーキは先ず間接蒸気乾燥機で乾燥された後、多段式熱分解炉に一定量づつ供給され、理論空気量以下の空気供給によつて熱分解される。一方熱分解炉出口ガスは、燃焼室に送られ可燃ガス及び汚染ガス成分(CO、HCN、臭気成分等)を燃焼分解された後、その廃熱は廃熱ボイラーでスチームの形で回収される。回収されたスチームは間接蒸気乾燥機で汚泥ケーキ乾燥熱源として使用される。この様に本プラントは省エネルギーを指向したプロセスとなつている。

(2) 熱分解プラントの制御

従来の焼却プラントと異り熱分解プラントである為、以下の新しい制御及び監視計器を装備した。

i) 熱分解炉の温度制御 (Fig-2-1 参照)

一般焼却プラントの場合、その炉内温度の制御は主として補助燃料の供給量の調節によつて行つていたが、本熱分解炉では主として炉内への供給空気量により可燃性熱分解ガスの部分燃焼率を調節する事により炉内温度制御を行う。即ち4段多段炉の3段目を制御目標温度段(以下制御段と称す)として約800°Cを目標温度として二つの制御ループを接続させる。その一つの制御ループはTIC-4ループとして炉内への供給空気量の調節により熱分解された可燃性ガスの部分燃焼率を調節する温度制御ループである。定常的には炉内燃焼温度は此の制御ループによつて専ら制御される。もう一つの制御ループはTIC-3ループとして外部から供給される燃料を調節するもので、此のTIC-3の目標値はTIC-4より約30°C低く設定する事により之等二つの制御ループのバランスをとるもので定常的には燃焼を安定に継続される丈の或る定められた燃料量に制限されて居り極端な温度低下がない限り本ループは作動しない。又、多段焼却炉の温度制御に於ては、投入汚泥ケーキの乾燥速度の変化とか燃焼段の段移動等によつて其の制御系の伝達函数は大巾に変動する事があり、適切な制御段の決定が制御の難易を左右する場合が多い。本熱分解炉に於ても例外でなくトライアルの結果最終的に3段目を制御段と決定された。此の様に制御段温度制御ループを一つの調節計でその出力をスプリットレインジ法により補助燃料と部分燃焼空気の両方を調節するシステムとせず二つの制御、ループを設けたのは定常運転中に於てやむを得ない様な温度の突変に対して出来る丈補助燃料の作動を少くする為である。

ii) 熱分解炉内の雰囲気監視

汚泥熱分解炉は炉内を還元性雰囲気を保つ必要があり、過剰に空気が供給されていないことを監視する為には炉出口の酸素の濃度を計測している。熱分解炉出口ガスには多量のダスト及びタール等が含まれている為、通常のサンプリングシステムではサンプリングラインがすぐ閉塞する。この為本炉用に特別な洗浄装置付のサンプリング装置を開発し、種々の改善の結果メンテナンスフリーで運転している。

iii) 熱分解炉及びボイラー燃焼室の炉圧制御 (Fig-2-2 参照)

熱分解炉内圧力及び燃焼室内炉圧を夫々別個に-10m/mH₂O及び-60m/mH₂O程度の一定圧力に保持させて夫々の燃焼状態を安定させる必要がある。然し之等の装置は本プロセスに於ては直列に連結されているので、相互干渉が考えられる。従つて之等の一巡伝達函数の制御特性の向上による相互干渉を少くする為に、

プロセス前段部の熱分解炉圧調節計 P I C - 6 の制御出力信号を後段の燃焼室炉圧調節計 P I C - 8 の出力信号にフィードフォワードし安定化の向上をはかっている。

iv) 廃熱ボイラーの蒸気ラインの制御 (F i g - 2 - 3 参照)

多段炉より発生した可燃性ガスをボイラー燃焼室で燃焼させる場合に、有臭成分、HCN等の汚染ガスの燃焼分解の為燃焼室温度を約800℃程度に保持することを要し、なおかつプロセス上蒸気圧を約10kg/cm²に保持する必要がある。此の様に一つの操作端で二つの目標値を同時に満足させ、かつ定常運転中に之等の温度又は圧力の制御のループの移行がスムーズに行われる必要がある。此の為二つの燃焼室温度調節計 T I C - 7 とボイラードラム圧調節計 P I C - 9 の出力を高位信号選択器 S e l - H i を経由して燃焼室バーナーへインプットさせて居り、又その信号を夫々の調節計にフィードバックさせている。(外部フィードバック方式)

又プラント余剰蒸気対策としては大気放出用として P I C - 1 1 のインデックスをドラム圧調節計より 0.5kg/cm²位高くしてバランスをとっている。なお本プロセス定常時に於ては、常に他の用途への利用可能な蒸気が発生した。P I C - 1 0 はドラム圧力安定対策として設けてあるので常時は作動していない。

(3) 結論

本プラントに於ては従来の焼却プラントになかった種々の新しい制御を組み込んだ結果60T/日の下水汚泥熱分解プラントの安定した運転が可能となった。すなわち熱分解炉の温度制御は F i g - 3 - 1 チャートの③カーブの様に安定している。(F i g - 3 - 2 チャート③の手動運転時のカーブと比較すると差が明確である。)又酸素分析計については本文中で述べた通りである。廃熱ボイラーの燃焼室温度とドラム圧力の制御の移行はスムーズに行われるが、現プロセスでは通常蒸気過剰で運転されている。次に熱分解炉圧と燃焼室炉圧の制御はプロセスの突変時に於けるオーバーシュートが或程度防いでいる様である。之等の結果、本プロセスの大きな目的の一つである省エネルギー効果については、アフターバーナ付きの従来の焼却法に較べ燃料消費料が1/3であり、且つ他の用途へ利用可能な余剰スチームを燃料に換算すると燃料消費量を償つて余りある結果を得た。(エネルギー消費比較表 T a b l e - 1 参照)

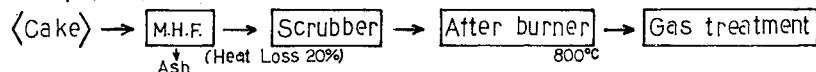
*(Table-1) Comparison of Drying Pyrolysis Process

Process		Drying Pyrolysis ¹⁾	Incineration ²⁾
Cake Moisture	%	74.5	
Lower Heating Value	K.cal/kg	4200	
Ig Loss	wt %	74.3	
Feed Rate of Cake	kg/H	1670	
Air Ratio for Cake		0.552	2.0
Over All Air Ratio		1.12	2.0
Oil Consumption	l/H	32.06	95 (0/95*)
Excess Steam (10kg/cm ² G)	l/\$ · cake	19.2	57
	kg/\$ · cake	650	0
Power Consumption	KWH/H	389	0
	KWH/\$ · cake	140	160
Exhaust Dry Gas Volume	Nm ³ /H	84	96
		2540	4720
		1520	3460

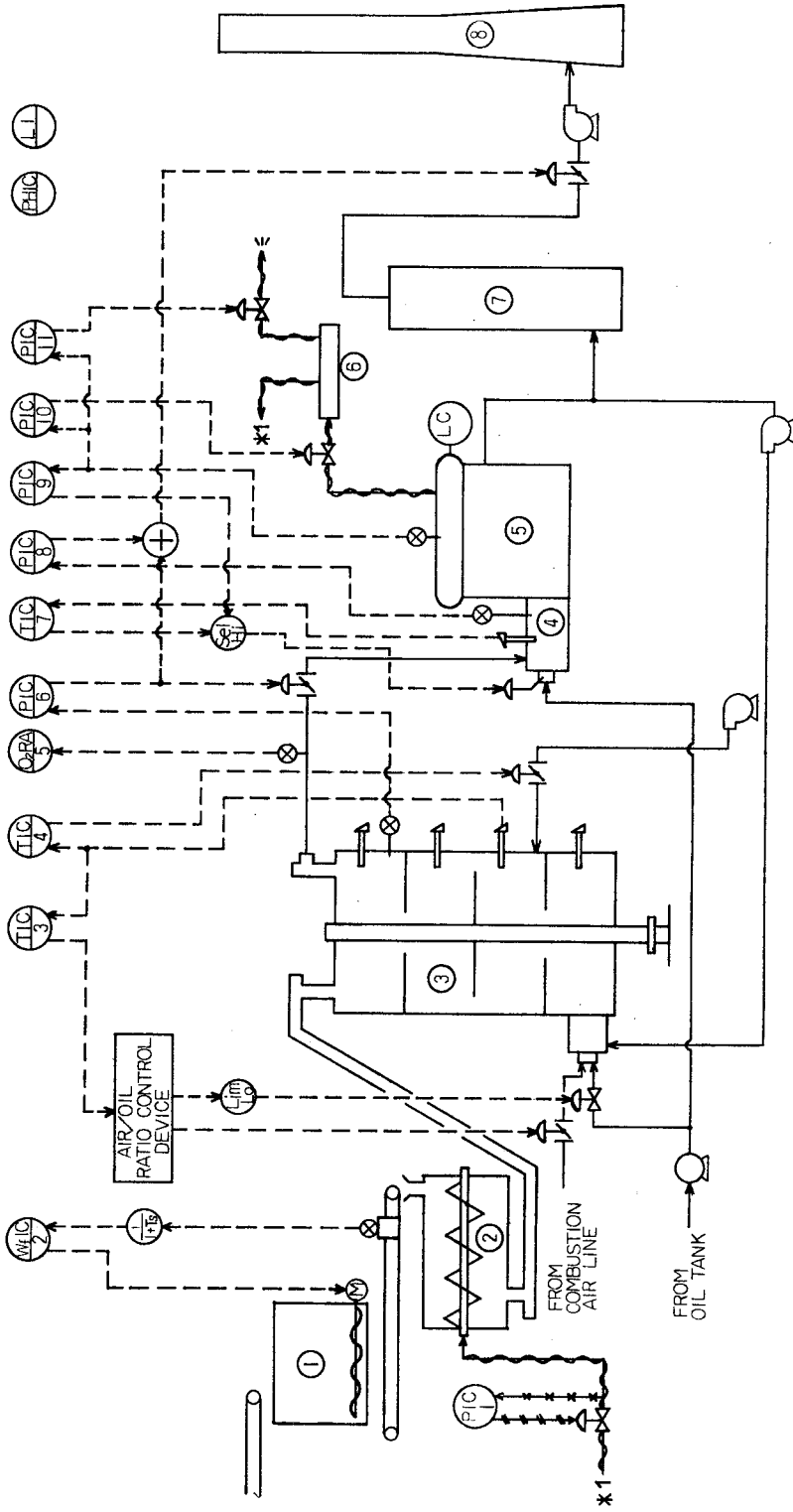
Note * Furnace/After burner

1) Observed Data

2) Calculated Data for Consumpsion, where incineration was assumed to be processed as follow



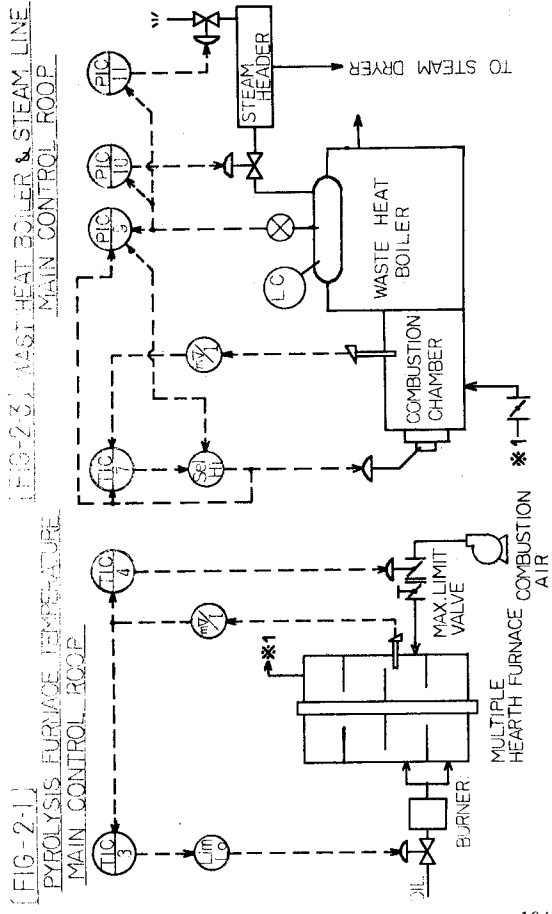
[FIG - 1] MAIN INSTRUMENTATION FLOW SHEET



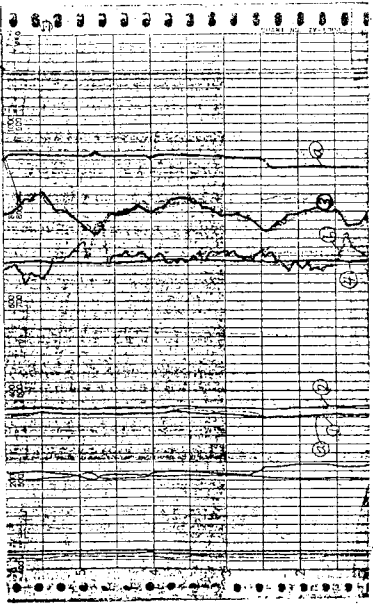
1)	CONSTANT FEEDER'S HOPPER
2)	INDIRECT STEAM DRYER
3)	MULTIPLE HEARTH FURNACE
4)	COMBUSTION CHAMBER
5)	WASTE HEAT BOILER
6)	STEAM HEADER
7)	EXHAUST GAS ABSORBERS
8)	STACK

W _f	FEEDING RATE IN WEIGHT
T	TEMPERATURE
I	INDICATOR
R	RECORDER
C	CONTROLLER
A	ALARMER
P	PRESSURE
O ₂	OXYGEN CONCENTRATION
S _H /H	SIGNAL HIGH SELECTOR
S _L /L	SIGNAL LOW LIMITER
+	SIGNAL ADDER

~~~~~	STEAM LINE
-----	ELECTRICAL SIGNAL LINE
*****	CAPILLARY
+++++	AIR SIGNAL LINE



(FIG-3-2) PYROLYSIS FURNACE TEMPERATURE CHART (MAN. CONTROL)



(FIG-3-1)

3RD HEARTH (CONTROL POINT) TEMP. (AUTO. CONTROL)

