回収ボイラーのコンピューター制御について

中越パルプ工業(株) 水 林 峯 雄

Computer Based Advanced Control System for Recovery Boiler

Mineo Mizubayashi

Chuetsu Pulp Industry Co., Ltd.

This paper presents the results achieved through advanced computer control applied to a Recovery boiler. The original objectives of the control project were to reduce costs associated with boiler operation, increase pulp mill capacity by increasing black liquor throughput and enhance the safe operation of the process. To achieve these project objectives a Measurex computer control system was installed on the boiler.

Included in the Measurex system was a flue gas analyser (for in-stack measurement of CO, CO₂, SO₂ and opacity) and the following controls:

- CO-based combustion control
- Reduction zone temperature maximization control
- Droplet size control
- Sootblowing control
- Blackout detection control
- Tie line control
- Load allocation control

The control project has been judged to be most successful, producing process improvements and return on investment greater than those originally expected.

Keywords : Computers • Control systems • Recovery boilers.
Flue gas • Analysers.

1. ま え が き

近年ボイラープロセスの変数に対する信頼性の高いオンライン計測がセンサー技術分野の技術的進歩により可能となった。(黒液濃度, SO₂, CO₂, CO, 炉床温度等), 海外では, 回収ボイラーの制御に上記計測技術とコンピューターを組合せて, 安定操業と省エネルギーの面で有効な実績をあげている。

我社ではメジャレックス・ジャパン社との協力を得て, 回収ボイラーの安定操業, 省エネルギー, 人的誤操作の防止を目的に, 昭和56年5月頃より技術的検討に入り, 現地調査を経て制御方法の検討, 効果の評価方法等について, 両社の合意をみたうえで設置に踏切

った。

制御内容は次の通りである。

回収ボイラー関係

- (1) CO ベースによる燃焼制御
- (2) 還元ゾーン温度最適化制御
- (3) 黒液ドロップサイズ制御
- (4) 燃焼不良の検知と予防
- (5) スートブロー最適化制御

タービン関係

- (1) 買電デマンド制御
- (2) 負荷配分制御
- (3) 買電力率制御

昭和57年2月に据付工事開始, 5月切替工事完了し

図1 能町工場動力設備

試運転に入る。これらの制御を行うにあたり、工場の運用、設備の特異性により、海外での実績はそのまま適用することはできず、現場チューニング段階での改善確認を行い、7月より本格的稼働に入った。稼働後1年間を経過したので、回収ボイラー関係について、その概要を報告する。

2. 能町工場動力設備の概要

能町工場動力部門は図1の様に、回収ボイラー3缶（自家発）と重油ボイラー5缶、及びパークボイラー2缶よりなっている。

今回コンピューター制御を行ったのは、3号回収ボイラー（川崎重工製）である。

3号回収ボイラー仕様

最大蒸発量：80 t/h、蒸気圧力：66 kg/cm²、蒸気温度：480℃、固形物処理量：612 t/d：メーカー型式：川崎重工・K-J・3900 S、製造年月：昭和48年4月

3. システムのハードウェア構成

システムの構成は図2の様である。

- (1) CCC (Computer Control Center) … 1台
型式：HP-21 FX
メモリー容量：256Kワード
バックアップ電源：バッテリー（約2時間）
- (2) IOC (Intelligent Operator Center) … 1台
ビデオモニター：20 in
オペレーターボタンパネル
- (3) RDI (Remote Data Interface) … 1台
プロセスとコンピューターシステムのインターフェイス、アナログ信号、接点入出力、プロセス出

力をサポートする。

アナログ入力：124点、接点出力：90点、
プロセス出力：32点

- (4) IPP (Intelligent Printer-Plotter) … 2台
ハードコピー、MIS、アラーム等を打診する。
- (5) FGA (Flue Gas Analyzer) … 1台
煙道に直接取り付け、CO、CO₂、SO₂ オパシターの4成分を連続測定する。

4. 制御の概要

4.1 CO ベースによる燃焼制御

回収ボイラーの燃焼制御は重油ボイラーと異なり空気の投入方法も異なっている、重油ボイラーにおいてO₂が高い場合は過剰空気であるが、回収ボイラーでは過剰空気、または燃焼不良であり、O₂制御のみでは対処できない。O₂濃度は黒液の組成、黒液の濃度の変動によっても影響を受ける。COは燃焼の直接の尺度となり制御に有利である。図3は、ボイラー負荷の変化により熱効率の最高値でのO₂が異なるがCOはほぼ一定の値を示す。その他エアリークの影響も小さい。ダクトを透過して測定するので平均値を得る。直接測定のため応答が速い。以上の利点を生かして2次、2次高の空気量を制御する。

4.2 還元ゾーン温度制御

回収ボイラーにとっては1次空気の使用は非常に重要であり、スメルトの還元率、SO₂の発生、蒸気得量等に重大な関連がある。この1次空気を制御するのが還元ゾーン温度最適化制御である。SO₂、ベッド温度、ベッド上部温度、蒸気得量等の過去から現在までのデータの傾向を見て1次空気量を操作する。

図 2 エネルギーシステム機器構成

図 3 ボイラー負荷と空気比

図 4 還元領域温度と1次空気流量

図 5 ドロップサイズ制御

図 6 各制御の関係

4.3 黒液ドロップサイズ制御

回収ボイラー特有のチャーベッドの形成にもっとも重要なのは黒液の乾燥であり、黒液温度を制御しドロップサイズを変化させて、黒液の乾燥状態を変えることによってチャーベッドの高さを制御する。

ここでの特徴はチャーベッドレベルをパイロメーターにて判断しその結果よりドロップサイズを制御する。図 5 はその制御を示す。以上 CO 制御、還元ゾーン温度最適化制御、黒液ドロップサイズ制御は図 6 のように相互に関連がある。

図 7 はその制御を示す。図 8 と図 9 は制御のトレンドである。

4.4 燃焼不良の検知と予防(ブラックアウト制御)

図 7 空気制御

図 8 チャーベッド温度トレンド・還元ゾーン温度トレンド

図 9 排ガス濃度トレンド

図 10 ブラックアウトコントロール

ブラックアウトを次のように 2 つに分けて予防制御により防止する。

1) ブラックアウト検知警報

急速に発展するブラックアウトを検知警報する。これはオペレーターの介入で回復する。

(1) 絶対値チェック

例：黒液濃度の限界値以下，黒液噴射圧力の異常

(2) 急速変化チェック

例：蒸発倍数が急激に低下した場合

2) ブラックアウト検知と防止

徐々に発展するブラックアウトは急激な変動を示さず，各パラメータのトレンドにて検知し防止する。この場合は，コンピューターの各制御により回復する。

例：CO が下り傾向にあって，かつ 2 次空気も下り傾向にある場合。

4.5 スートブロー制御

表 1 スートブローリミット

	Soot monitoring					
	Press	Heat	Temp	Temp	Time	Time
	drop (max)	trans (min)	DIF GS (deg (min)	DIF PR (°C (min)	Elap minutes (max)	Elap (min)
SHTR 1	3.00	55.0	280.0	45.0	280.0	180.0
SHTR 2	3.00	58.0	280.0	45.0	280.0	180.0
BANK 1	17.00	70.0	30.0	25.0	280.0	150.0
BANK 2	16.00	70.0	100.0	90.0	260.0	150.0
ECO 1	31.00	58.0	80.0	90.0	260.0	150.0
ECO 2	31.00	58.0	30.0	90.0	260.0	150.0
ECO 3	31.00	58.0	10.0	90.0	330.0	180.0
ECO 4	31.00	58.0	6.0	90.0	360.0	180.0
ECO 5	31.00	58.0	4.2	90.0	360.0	180.0
ECO 6	31.00	58.0	2.0	90.0	360.0	200.0

CPC N-POWER PLANT 5/31/83 22:59:00

図 11 スートブロー蒸気量の経時，経日変化

図 12 スートブロー各セクションのドラフト差圧のトレンド

回収ボイラーでは、水管に非常に多くのボウ硝が附着し、これを定期的にスートブローをして操作を行っている。このスートブローに使用する蒸気は非常に多く、これを削減することは大きな省エネルギーとなる。本システムではボイラーを10セクションに区切り、各セクション間のガス温度差、水側温度差、ドラフト差圧等を測定し、オペレーターがセットした基準値と

比較しその値を越えたセクションを選択的に蒸掃する。

蒸気使用量の経日変化、経時変化、各ランス毎の使用量の経時変化の画面(図11)、及びドラフト差圧のトレンド(図12)を見て規準値を変更しながら管理を行っている。

表1はスートブロー制御の規準値の1例であり、図13は測定場所の全体を示す。

図 13 測 定 位 置

5. 制御の結果

コンピューターを設置した3号回収ボイラーは、昭和48年に建設され約10年間経過したボイラーであり、最新のボイラーと比較して空気投入口の形状、個数、配置等理想的な設備とはいえないし、エアポートの損傷もありCOバラツキが大きい。また臭気性ガスの燃焼も行っているためこの影響も大きく、とりわけバッチ木釜のブロー時の変動が大きい。これを制御により解決すべく更に検討をつづけている状況である。

現在の制御結果は次のとおりである。

	設置前	設置後
O ₂ (湿り)	3.5~4.0%	2.2~3.0%

1次ポート温度	940~980°C	950~980°C
2次ポート温度	960~1,020°C	1,010~1,050°C
スートブロー蒸気	6.9% (発生蒸気比)	5.2%
汽缶効率 (低位発熱量基準)	72.7%	74.3%

省エネルギーについては、当初予定していた効果を達成している。操業の安定についても、デマンド制御、負荷配分制御によりきめこまかな運転が可能となり、重油ボイラーの停止時間が増加する等の良い面が出ている。

今後はボイラーの設備の改善等も行い、コンピューターの効果をさらに発揮させ省エネルギー、高効率運転に努力して行きたい。