

622,785; 62-52; 543,712
 (12) 焼結における配合原料水分の自動制御について No. 64174

住友金属工業, 和歌山製鉄所
 江上英一・山本哲也・○倉重一郎

On the Automatic Control of Moisture Content in Sinter Raw Mixture.

Eiichi EGAMI, Tetsuya YAMAMOTO,
 and Ichiro KURASHIGE.

I. 結 語 pp1586~1590

焼結における配合原料水分の自動化について昭和36年4月より基礎試験を行なってきたが最近ほぼ成功をみたので自動化にいたる経過および自動制御結果について報告する。

II. 設 備 概 要

Fig. 1 に原料配合設備, サージホッパーレベル制御設備, 水分自動制御設備系統図を示す。

最近における自動制御方式を(1)式に示す。

$$Q = \alpha M_1 + (AT + B) \cdot (M_2 - M_1) + f(\Delta w) \dots \dots \dots (1)$$

- Q; 全添加水量 (t/hr)
- M₁; No. 1 メリック通過原料量 (t/hr)
- M₂; No. 2 メリック通過原料量 (t/hr)
- M₂-M₁; (返鉱+石灰石)量 (t/hr)
- T; 返鉱温度 (°C)
- α, A, B; 定数, 手動設定
- Δw; 中性子水分調節計の設定水分値からの偏差

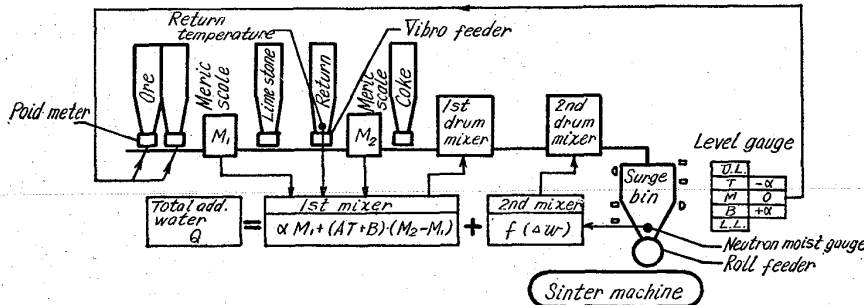
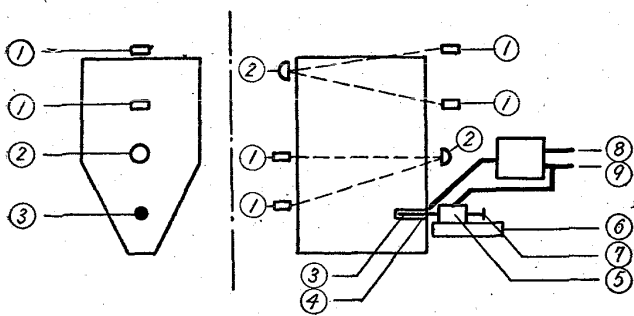


Fig. 1. Raw material handling system and automatic moisture control system at Wakayama No. 2. sinter plant.



- ① Level Gauge Detector
- ② Level Gauge RI Source
- ③ Neutron moisture Gauge
- ④ Steel Pipe for Probe
- ⑤ Pre-Amplifier
- ⑥ Bed
- ⑦ Handle
- ⑧ Compressed Air Protection
- ⑨ Water

Fig. 2. Setting of neutron moisture gauge at surge bin.

f(Δw); 中性子水分計による補正添加水量 (t/hr)
 中性子水分計は日立 RMB 挿入型, 線源 R_a-Be 5 mc, 検出器 BF₃ カウンター, 計数率計時定数 30sec を焼結機直上サージホッパーの垂直側壁下部に設置した。Fig. 2 に取付位置を示す。プローブは 5mm 肉厚の鉄パイプで保護し, 同パイプ内を水冷された圧空でパージし防塵および冷却を行ない, プリアンプは水冷を行なっている。

III. 経 過

昭和 36 年 4 月以降中性子水分計および自動制御方式に関して経験した主なる問題点, その対策および結果の概略は次の通り。

1. 基礎試験

昭和 36 年 4 月焼結原料に対する中性子水分計, 適用の可否を調査し, 静的状態においてほぼ 3σ=0.5Wt% の検出精度を確認した。

2. 現場据付試験

昭和 36 年 6 月サージホッパー内に設置した場合のプローブの磨耗に対し鉄パイプ保護管取付を行ない, プローブの温度上昇に対し保護パイプ内を水冷された圧空によりパージした。

3. 昭和 38 年 5 月 自動制御設備設置

制御方式は(2)式のごとく。

$$Q = \alpha M_1 + \beta (M_2 - M_1) + f(\Delta w) \dots \dots \dots (2)$$

全添加水量を 2 分割し新原料量および返鉱量に比例した量を 1 次ミキサーにて添加し, 中性子水分計により最終の補正を行わしめた量を 2 次ミキサーで添加させた。当所は返鉱フィーダとして電磁フィーダを採用しているため返鉱量の検出に前後に設置されたメリックを使用した点, および操作無駄時間の大きい中性子水分計によるフィードバック制御を補助的に使った点に特徴をもつ。試運転の結果, 次項以下に述べる問題点を生じその解決に約 1 年を要した。

4. 調節弁取替

全添加水量の変動は季節的条件および操業条件により 0~15 t/hr に達するため, 主として少量添加時にバルブ容量過大のため制御不能に陥つたのでバルブの取替を行なった。

5. ミキサー停止時の処理

2 次ミキサー水分調節計は操作無駄時間が 5~10min と大きいため積分時間 5min に設定しているため, ミキサー停止後再起動時調節弁開度が全開よりスタートした場合復帰に長時間を要したので, ドラムミキサー停止時, 調節弁入力信号は停止直前の値を保持させるように改造した。

6. 中性子水分計異状指示に対する処置

サージホッパーレベルが下限以下となつた場合および中性子水分計の故障時に対する処置として, 中性子水分調節計の設定水分値上下にリミットスイッチを取付け, これが動作した場合は 3 万弁により予め設定した一定信号に切替えるように改造した。

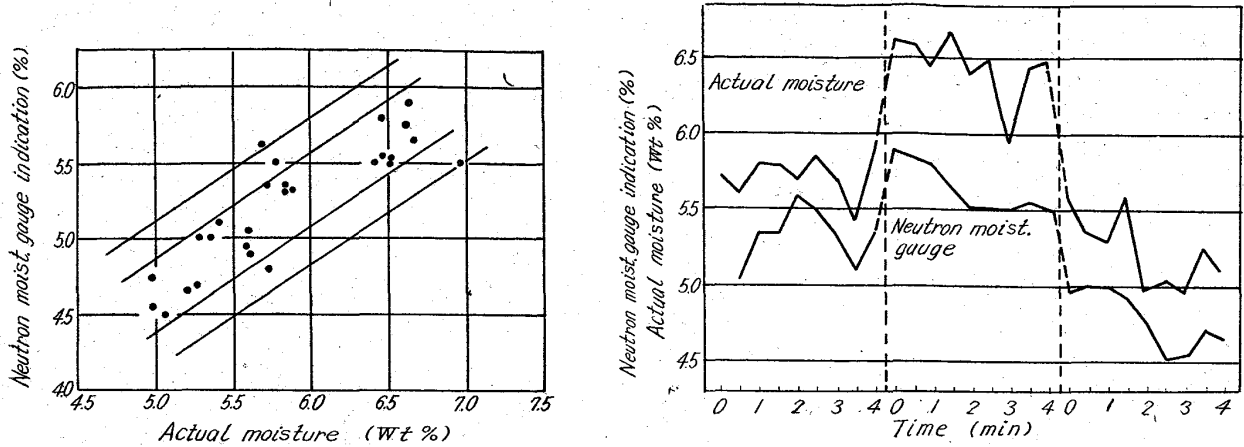


Fig. 3. Relation between actual moisture content in raw mixture and Neutron moisture gauge indication.

7. 中性子水分計検出精度不良

昭和 38 年 9 月実験水分との対比試験の結果対応性が悪かったのでサージホッパー内嵩密度の影響についていろいろ検討した。中性子水分計は本質的に単位体積中の水素原子数を検出するので被検出物の密度が変化した場合には水分の重量%の検出に問題を生ずる。一般に焼結原料の嵩密度は付着水量の変化と共に最適水分値近辺に極少値をもつ2次曲線的变化をする。したがって原料水分重量%と水分計出力との関係はほぼ3次式に近い形をとりその変曲点が最適水分値のやや低い点にあるため、最適水分値近辺における検出勾配がかなり小さくなると推定される。この問題に対しサージホッパー内の嵩密度変化を調査すべく、 γ -線、密度計(γ -線レベル計転用)により調査を行なつたが、通常操業状態における水分変化量 ± 1 Wt% 程度の状態では特に嵩密度変化を検出できなかつたので、その後本件に関する調査は中断している。

8. 中性子水分計異状指示

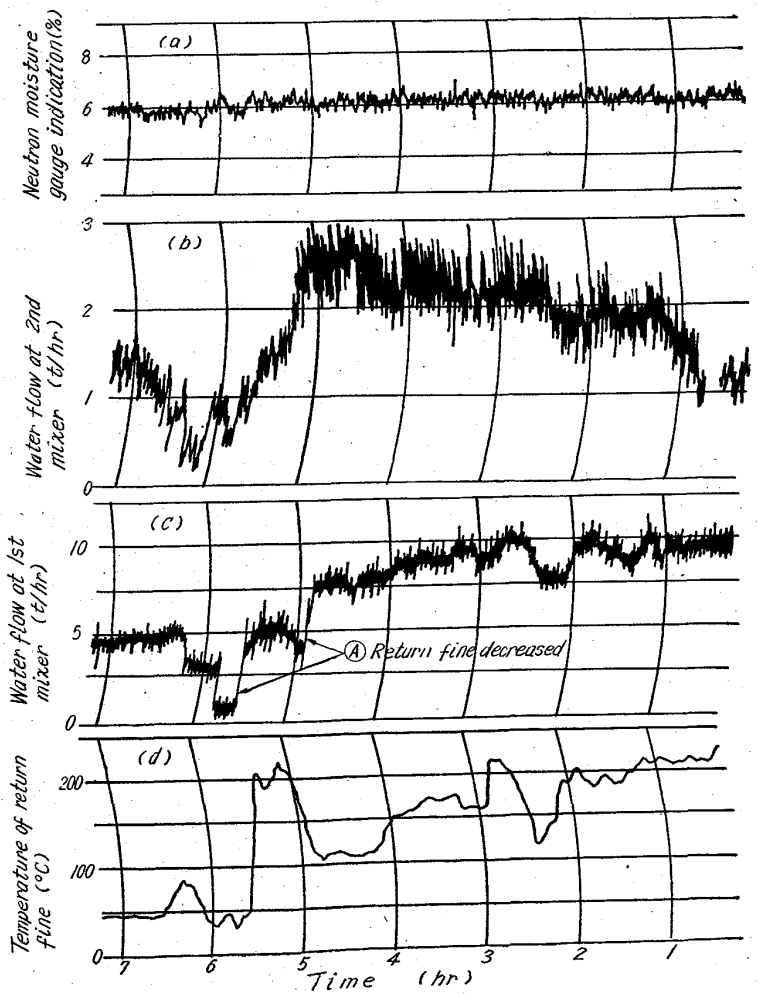
昭和 39 年 2 月サージホッパー近辺機械の運転中および原料槽バイブレーターのリレー動作時中性子水分計が異状指示高を示した。原因は機械的振動および諸リレーの動作に伴うノイズそのほかと考えられ、次の補修、改造を行なつた結果全面的に解消した。すなわちプリアンプの Ge ダイオードを Si ダイオードに取替え耐熱性、耐ノイズ特性改善、プリアンプ内高圧関係の接触不良、半田部汚れおよび半田付形状不良個所の補修、メインアンプ関係のアース用シールド線焼損補修、検出器架台を防震ゴム懸架に改造、本改造補修後実験水分との対比テストを行なつた結果は Fig. 3 に示すごとくほぼ良好な結果が得られ、検出精度は $3\sigma = 0.5$ Wt% (ただし付着水 6 Wt% 近辺にて) と判明した。付着水分測定方法は試料約 2kg を 30sec 間隔で採取し 110°C にて 3hr 乾燥した。

9. 返鉱温度による β の補正

昭和 38 年 9 月以降制御式 (2) に示す 1 次ミキサ-添加量 $\alpha M_1 + \beta (M_2 - M_1)$ のみによる半自

動操業を行なつた結果、主として返鉱温度の変化により 1 日 5~10 回 β の設定変更を必要としたので問題点として残された。

昭和 39 年 4 月 中性子水分計の諸問題が解決したので



(a) Neutron moisture gauge indication
(b) Water flow at 2nd mixer
(c) Water flow at 1st mixer
(d) Temperature of return fine

Fig. 4. Result of automatic control.

全自動試験を実施した結果、返鋳温度が急激な変化、 $100\sim 300^{\circ}\text{C}/30\sim 60\text{min}$ をした場合、中性子水分計と2次ミキサー散水操作端の動作無駄時間が大きいので十分な追従性が得られなかつたので、返鋳温度の測定を返鋳槽下部に熱電対を挿入して、 β の返鋳温度による自動補正を $\beta=(AT+B)$ のごとく行ない、ほぼ満足すべき結果を得ることができ、昭和39年5月以降2, 3の技術的問題を残してはいるが全面自動操作を行なっている。

IV. 自動制御結果

最近における操業の一例を Fig. 4 に示す、図中④は成品輸送コンベヤ途上に設置されたメリックスケール検査のため水平回転テーブル形クーラーの掻出装置を外した際、返鋳量が急激に減少しかつ返鋳温度が急激に上昇した場合で、十分な制御を行なっていることを示す。

V. 今後の問題点

今回一応全面自動化を完成したが残された問題は概略次の通り。

1. 1次ミキサー、2次ミキサー調節弁取付部の防塵対策。
2. 全添加水量が $0\sim 3\text{ t/hr}$ に低下した場合の処理。
3. 中性子水分計の精度向上対策。
4. 最適水分値自動制御の推進、ウインドボックスにおける通気度測定による方法を検討中。

622,785:62-52:543,712

(13) 焼結原料水分の自動制御

(中性子水分計の応用について-I)

日本鋼管, 川崎製鉄所 No.64175

小林 正・林 泰生・村上惟司・○高崎靖人

Automatic Control of Mix Moisture in Sinter Plant.

(Application of neutron moisture meter-I)

Tadashi KOBAYASHI, Yasuo HAYASHI,

Tadashi MURAKAMI, and Yasuto TAKASAKI.

I. 緒 言

中性子による混合原料水分の測定実験の結果、工業化できることが判明したので、川崎3号焼結機の混合原料水分測定に中性子水分計を設置し水分値が一定になるようサンプリング制御を行なっている。従来の触感による水分調節では $\sigma=0.35$ (水分変動)であつたが、中性子水分計による自動制御では $\sigma=0.30\sim 0.37$ になつた。中性子水分計による自動制御の概要と制御状況を述べる。

II. 制御系統

Fig. 1 に示すごとく、サージホッパー内の混合原料水分値を中性子水分計にて検出し水分記録計に記録する。その水分値をサンプリング制御し流量指示調節計にてペレタイザーまたはミキサーへの散水量を調節する。自動調節は三方コックにてペレタイザー、ミキサーのいずれかを選択できるようにし、他方は手動減圧弁にて一定流量を散水する。

III. 中性子水分計

1. 仕 様

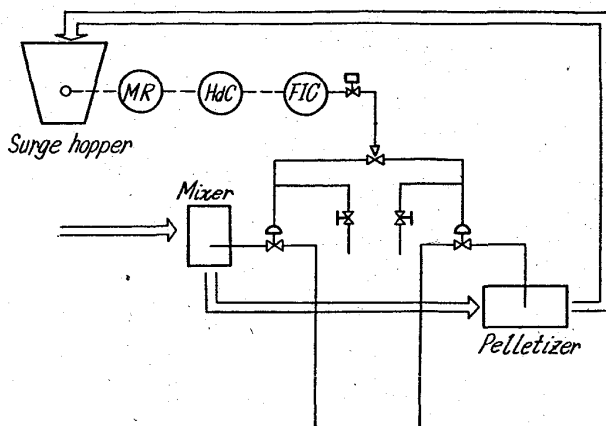


Fig. 1. Control system of mix moisture.

製 作	日立製作所
型 式	RMB型
目 盛	$0\sim 15\% \text{H}_2\text{O}$
精 度	$\pm 0.3\% \text{H}_2\text{O}$ 以内
線 源	R_a-B_e 5 mC
付 属 機 器	(a) プローブ温度警報装置 (b) 線源容器破損警報装置 (c) ホッパー空杯警報装置 (d) 較正器

2. 測定原理

中性子線源 R_a-B_e と熱中性子のみ感ずる検出器 BF_3 計数管とが収められたプローブをサージホッパーの中央部に装入している。 BF_3 計数管が混合原料の熱で温度上昇することを防ぐためプローブは水冷している。線源から放射された速中性子は被測定物中の水分(水素原子)により減速され熱中性子になりこの熱中性子は BF_3 計数管により検出している。 BF_3 計数管は熱中性子の数を電気的パルスに変換しトランジスターアンプで増巾される。このパルスを直流電圧に変え記録計に電送し指示記録される。

IV. 水分制御装置

混合原料の水分を自動制御する場合制御ループを考え $G_P(S)$, $G_M(S)$ をプロセス, 測定器の伝達函数とすると, $G_P(S)=e^{-LS}$, $G_M(S)=1/T_M S+1$ と表わされる。ただし L はプロセスのむだ時間, T_M は測定器の時定数である。 $G_C(S)$ は制御系の伝達函数であり制御方式として比例制御を考えると $G_C(S)=K_P$ となる。 $K_P=1$ として L と T をパラメーターにとつた場合この自動制御系のボード線図を Fig. 2 に示す。これによると一般に L が大きくなるほど応答性は悪くなり不安定となる。

3号焼結機はミキサー、ペレタイザーを地上に設置しているため散水後サージホッパーにて水分を測定するまでの時間遅れが大きい。ミキサーの場合 $L=5\sim 6\text{min}$, ペレタイザーの場合 $L=3\sim 4\text{min}$ である。したがって連続制御では水分の安定は困難と考え、サンプリング制御を行なうことにした。サンプリング制御装置には時限装置, 制御装置, 手動操作器, 自動手動切換器とからなっている。

1. 時限装置

制御装置の動作を指令する。サンプリング周期は制御