

Process Computer의 製鐵所에의 應用

(熱延工場 計算機制御를 中心으로)

技術資料

李 善 鍾*

— 차 례 —

- 1. 序 論
 - 1-1 PROCESS COMPUTER의 概念
 - 1-2 PROCESS COMPUTER의 製鐵所에의 導入目的
 - 1-3 POSCO의 PROCESS COMPUTER 導入現況
- 2. 熱延工場의 計算機制御
 - 2-1 熱延工場設備 및 操業概要
 - 2-2 COMPUTER 機能
 - 2-3 SYSTEM 構成
 - 2-4 制御詳細
 - 2-5 COMPUTER 導入效果
- 3. 結 論

1. 序 論

1-1 Process Computer의 概念

一般으로 Computer는 Business Computer (이하 B/C로 생략)와 Process Computer(이하 P/C로 생략)로 大別되며 B/C는 給與計算, 科學技術計算등의 목적으로 사용되고 있으며 P/C는 工場에 있어서의 生産工程이나 製造工程의 制御를 目的으로 쓰여지고 있다. P/C도 계산기라는 점에서는 B/C와 같으나, 아래와 같은 點이 B/C와 다르다.

가. On Line Real Time 處理方式이다.

計算機가 Plant(制御對象)와 直結되어 Plant의 情報은 Operator를 通하지 않고 示시각각으로 計算機에 入力되고 이 入力에 대응하는 處理가 즉시 行해진다. 處理된 結果는 制御指令으로서 直接 Plant에 전송되어 自動的으로 操作이 이루어진다(그림 1. 참조).

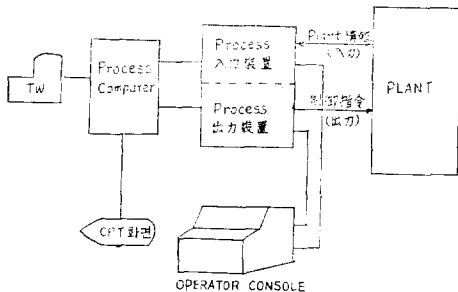


그림 1. Process Computer의 일반적인 시스템 구성

나. 信賴性이 높다.

P/C는 Plant와 直結되어 있으므로 年中無休로 動作하며 단일 故障발생시는 Plant의 손상, 生産의 停止 등 미치는 영향은 타 Computer에 비해 비교할 수 없을 정도로 크다. 따라서 P/C는 故障防止를 위한 Hardware 및 Software上의 對策이 研究 開發되어 있다.

다. Priority Interrupt 多重處理 機能을 갖고 있다 多量의 情報를 Realtime으로 處理하고 더욱이 Plant로부터 Random으로 發生하는 變化에 對해 적절히 對處하기 위해서는 Batch 처리방식으로는 적당치 않으며 우선 순위에 의해서 Loss time 없이 同時處理할 수 있는 機能이 必要하다.

1-2 Process Computer의 製鐵所에의 導入

가. 品質向上

鐵鋼製品의 用途는 一般土建資材로 부터 特殊機能의 材料에 이르기까지 그 範圍가 매우 넓고 品質은 多種 多樣하기 때문에 細密하고도 嚴格한 管理가 必要하다. 특히 良質의 製品을 만들기 위해서는 全業機 Line에 걸쳐 最適의 操業 Pattern이 요구되며 이를 만족시키기 위해서 그때 그때의 作業조건에 맞는 수식 Model을 개발하고 이를 기초로 한 Computer制御가 도입되게 되었다. Process의 Computer 제어는 Process 解析과 그의 Algorithm의 개발이 중추를 이루고 있다.

나. 生産性向上

鐵鋼業과 같은 大型장치공업에서는 投資效率을 높이기 위해 가동율을 올릴 必要가 있고 安定된 상태에서 운전되는 것이 바람직하다. 그러나 실제의 設備運轉조건은 대폭 그리고 빈번히 변동한다. 제품의 鋼種 및

*正會員: 浦項綜合製鐵株式會社 課長

Size의 변화, 工程의 지체, Neck工程발생, Operator의 miss 등으로 시간당 생산량 즉 ton/hour는 저하된다. 따라서 이러한 生産性 저하요인이 즉각적으로 대응, 최적의 조치를 취해 줌으로써 生産성 향상을 도모코져 Process Computer가 도입되고 있다.

다. 원단위절감

P/C에 의해 最適操業狀態를 항상 유지함으로써 所要電力, 油類, 工業用水 등의 원단위절감을 기하고 있다.

라. 人力절감

手作業에 의존해 오던 操業을 標準化 하고 Pattern化한 후 P/C에 記憶시켜 Computer조업을 실시함으로써 多數의 人力을 節減할 수 있다.

마. 其他

材料의 흐름에 따라 發生하는 各種 data를 收集, 分析함으로써 工程管理 및 技術管理를 기할 수 있다.

1-3 POSCO의 Process Computer 導入現況

가. 導入現況

POSCO는 이미 2기확장시(粗鋼年産 260만톤 체제)에 熱延工場 및 冷延工場에 DDC 계산기를 설치 가동중에 있으며 3기확장에서 6개 設備(7熱延, 2製鋼, 2分塊, 3高爐, 3燒結, Energy Center)에 P/C를 導入, 78.12.15일 가동을 목표로 推進중에 있다. 최종규모의 4기확장에서는(粗鋼年産 850만톤 체제) 7개설비(4高爐, 4燒結, 2製鋼 확장, 2連鑄, 2分塊확장, 2熱延, 7冷延工場)에 81년까지 P/C를 도입 또는 확장할 계획이다. 또한 4期확장에서는 上位의 B/C과의 On line 作業도 並行하여 81年末以後에는 受注로부터 生産, 販賣, 出荷까지 全 line을 On line으로 連結하는 綜合

電算組織(All on line system)을 完成할 계획이다. P/C의 導入 Schedule은 표 1과 같다.

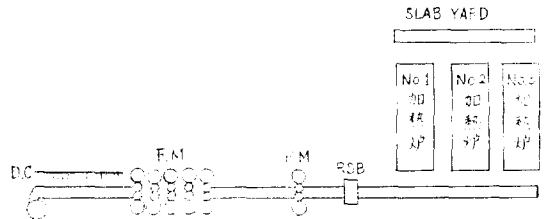
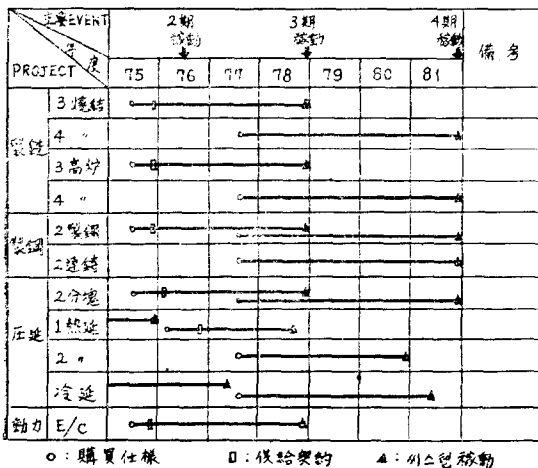
나. 設備別 P/C 主要機能

設備別	主要機能
燒 結	1. 原料配合比計算 2. 水分制御 3. pallet 速度設定
高 爐	1. 裝入計算 2. 出鉄管理 3. 爐體管理 4. 熱風爐運轉 schedule決定
製 鋼	1. 主·副原料計算 2. 취련 pattern제어 3. 終點제어 4. 탈산제, 합금철량 계산
分 塊	1. 均熱爐 裝입추출관리 2. stored program 방식에 의한 자동압연 3. shear gauge 및 stamper 自動設定
熱 延	1. tracking 2. 仕上壓延機設定 3. 卷取溫度 制御

2. 熱延工場의 計算機制御

2-1 熱延工場設備 및 操業概要

표 1. POSCO P/C 導入 Schedule



Slab yard의 slab가 生産지령에 의해 加熱爐의 裝入 table을 거쳐 連續式 加熱爐에 裝入되고 加熱된다. 加熱爐는 No.1, No.2가 Pusher type이며 No.3은 Walk beam type로 되어 있으며 Walking beam type은 Skid mark에 의한 온도저하를 防止하고 이면결합의 發生을 防止한다. Slab의 加熱은 材質에 적합하게 行해져야 하며 加熱條件이 不良(加熱速度의 不適, 雰囲気制御의 不良, 均熱不良)하면 製品에 scale등의 결함이 發生한다. 따라서 加熱爐조업은 특히 주의를 要한다.

加熱爐로부터 抽出된 slab는 Roughing Scale Breaker를 利用하여 加熱中 生成된 Scale을 除去한 후 粗壓延機(Roughing Mill)로 보내어 所定の 두께(약 25~30mm)로 壓延한다.

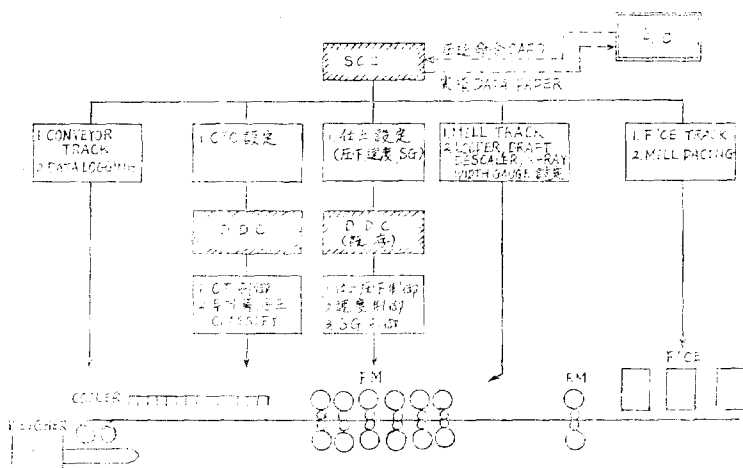
R.M 前面에는 side Guide, Edger가 있으며, 여기서 壓延機의 Centering와 所定の Strip 폭이 얻어지도록 Edging Pass를 行한다.

壓延中에 생긴 Scale을 없애기 위해 壓延機前面에 Descaling Spray가 있고 이에 의해 壓延材 表面이 깨끗해진다.

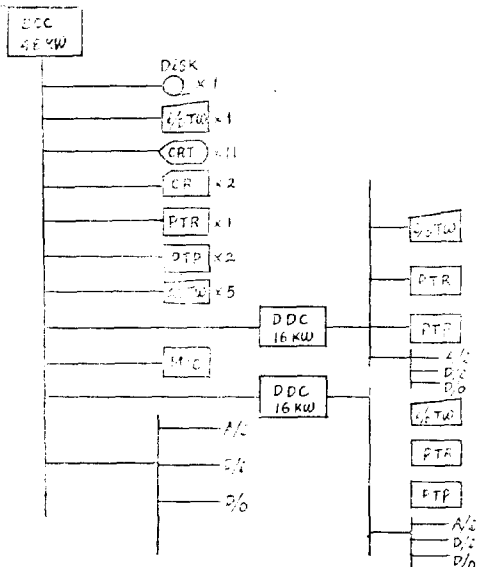
粗壓延을 끝낸 壓延材는 Crop Shear에서 前後端을 150mm 정도로 切斷하고 仕上壓延機(Finishing Mill)로 보내어진다.

仕上壓延機에서는 두께 25~30mm의 壓延材가 最低 1.2mm로 부터 10mm 두께의 Strip로 壓延된다. 이때 各壓延機의 壓下量, 速度는 各 壓延機를 통하는 壓延材의 體積이 一定히 되도록 設定하지 않으면 안된다 이를 위해 計算機에 의한 設定計算 및 DDC에 의한 自動板厚制御(AGC) 등이 行해진다. 壓延機 사이에는 side guide 및 looper가 있으며 side guide는 壓延材가 똑바로 Roll에 물리도록 centering 해주는 것이며 looper는 壓延中에 생기는 strip의 늘어짐을 제어한다 최종 壓延機를 나온 strip은 hot run table에서 散水에 의해 冷却된 후 卷取機에서 coil로 卷取된다. 卷取된 coil은 coil car로 Conveyor에 실려 次工程인 Shear 나 slitter line으로 이송된다.

2-2 Computer 機能



2-3 System 構成



2-4 制御詳細

가. 制御 Mode

1) 全自動 Mode (SCC, DDC 有効時)

制御와 關聯된 모든 sensor가 정상이고 동시에 software的 條件이 만족되고 또한 DDC 계산기가 정상적으로 움직일때 비로서 全自動 mode의 선택이 가능하며 이는 operator가 push botton에 의해 선택된다. 이 mode에서는 SCC computer가 각 sensor로부터의 tracking 신호 및 數式 model을 土臺로 設定值를 계산하며 이를 DDC 計算機가 받아서 해당 기기를 自動 制御하는 운전형태로서 operator는 computer 操業을 감시만 하게 된다.

2) 半自動 Mode (DDC를 이용한 preset)

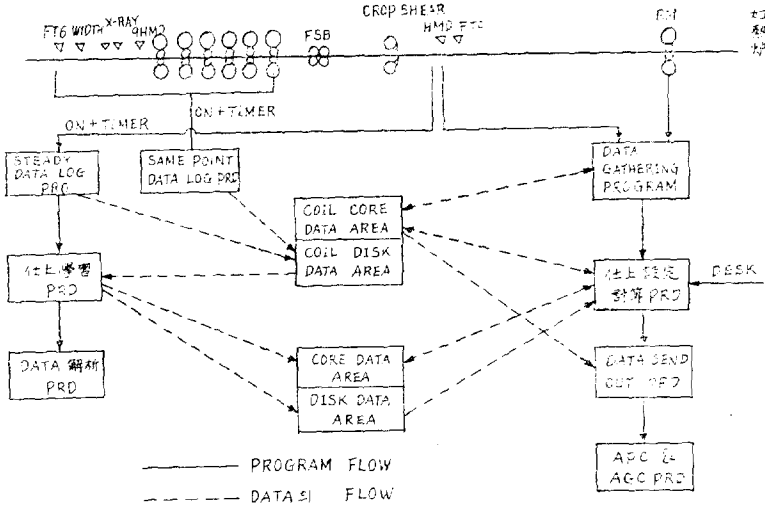
SCC 계산기가 down時 또는 일부의 sensor가 고장시에 이 mode가 선택되며 設定值는 digi SW로 operator가에 의해 preset하며 이 preset值를 DDC계산기가 읽어 들여 해당기기를 자동제어 하는 운전형태이

다.

3) 手動 Mode

SCC계산기 및 DDC계산기가 down時 이 mode가

나. 制御 Program Flow



선택되며 현재 각 운전실에 설치되어 있는 조작반에서 operator가 조작하는 운전형태이다.

다. 數式 Model

前 page 制御 program flow中 열연공장 計算機 制御의 가장 핵심이 되는 仕上設定計算 program과 仕上學習 program에 使用되는 數式 model을 소개하 면 아래와 같다.

1) HHT model式 (horse power hour per ton)

먼저 粗壓延機에서 나온 素材를 目標로 하는 製品으 로 壓延하는데 必要되는 單位 ton當의 必要 power를 계산한다. 이는 粗壓延 出口두께, 제품두께, 강종, 사 상압연기 입측 온도 등에 의해 결정된다.

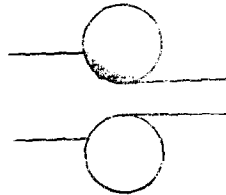
2) 板厚計算 Model

상기 HHT式과 各 stand에서의 負荷配分率에 의거 각 stand에서의 豫定되는 板厚는 計算可能하다. 즉 그 림 2에서와 같이 F1~F6 stand에서의 부하배분이 정

해지면 이에 따른 각 stand 出側에서의 板厚는 求해진 다. 보통 부하배분은 運轉室의 desk上的 DiZi SW를 이용 operator가 設定한다.

3) 先進率 Model

壓延理論에 따르면 Roll과 壓延素材의 접촉 부분에 서의 速度는 각각 다르며 특히 出側素材의 speed와 roll speed와는 그때의 壓延조건에 따라 어느 一定關 係를 유지한다고 한다.



한편 수식 model에서 必要 로 하는 速度는 壓延素材의 速 도가 필요한 반면 우리가 實測 可能한 것은 roll의 speed에 불 과하다.

따라서 roll speed를 利用한 壓延材의 速度를 계산하는 mode l이 필요하며 이는 Sims의 式이 널리 알려져 있다. 그러나 Sims의 式은 너무 복잡하여 P/C에 實用化가 不 可하기 때문에 간단한 式으로 變換하여 적용하고 있다

4) 各 Stand 速度決定

상기 先進率 model에서 求해진 선진율 및 최종 st- and에서의 mass flow를 利用 각 stand에서의 壓延材 의 速度를 求한다.

$$\text{즉 } FS_i = \frac{(1+f_i) \cdot h_i \cdot d_o}{(1+f_i) \cdot h_i \cdot d_i} \cdot FS_o$$

여기서 FS_i : i stand 속도 (RPM)

FS_o : last stand 속도

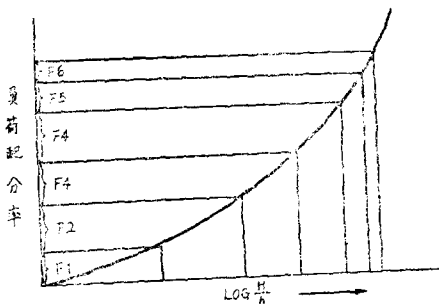


그림 2

- h_i : i stand 出側板厚
- h_6 : last stand 出側板厚
- d_i : i stand roll DiA
- d_6 : last stand roll DiA

5) 各 stand에서의 speed, power check

위에서 계산된 各 stand에서의 speed 및 power가 各 stand에 設置된 motor 容量의 使用範圍를 over하는가를 check 한다. 이를 위해 속도 계산치가 motor max speed로 부터 도출된 computer 使用可能한 speed를 넘는지 여부를 1차 check 하고 이에 합격했을 때 다음으로 소요 power가 motor의 常用最大出力을 토대로 만들어진 computer 使用範圍의 저속여부를 check한다. 이를 圖示하면 그림 3, 그림 4와 같다.

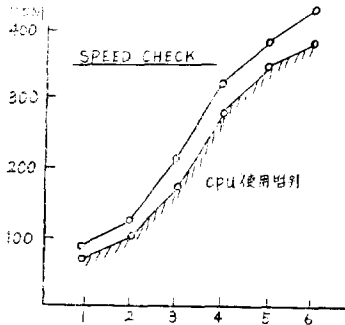


그림 3

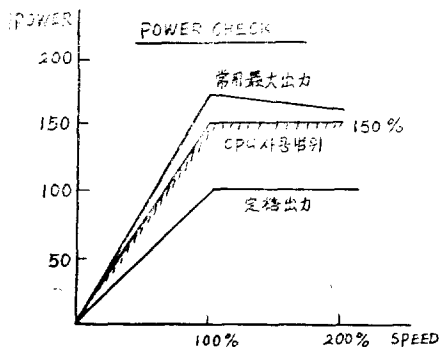


그림 4

6) 加速率計算

製品の 機械的 性質은 溫度分布에 크게 영향을 받으며 이 온도 분포를 제품 全 길이에 對해 一定히 하기 위해서 top 부분에서는 낮은 속도로 tail 부분에서는 지체되는 만큼 온도 강하가 일어나므로 이를 보상하기 위해 높은 速度로 壓延한다. 즉 加速率을 적절히 計算

設定해줌으로서 제품의 품질을 향상시키고 있다.

7) 變形抵抗 Model

素材를 壓延時에 일어나는 過程을 간단히 살펴보면 그림 5와 같다.

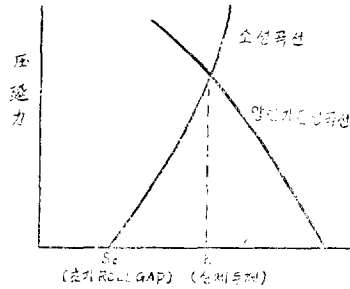


그림 5

즉 S_0 의 두께를 목표로 roll gap을 S_0 로 set하여 壓延했을 때 실제의 소재의 두께는 소재의 소성곡선과 압연기의 탄성곡선이 만나는 點, 즉 h 의 두께가 된다.

따라서 roll gap set 계산시는 이러한 현상을 고려해야 하며 이를 위해 압연되는 소재의 변형저항 및 압력곡선을 구하지 않으면 안된다.

8) 壓下力推定 Model

變形抵抗計算値를 Sims의 式에 대입하여 압연시에 일어나는 壓下力 함수를 예측 계산한다. 이의 결과는 roll gap 계산시에 사용된다.

$$P = K_i \cdot b \cdot \sqrt{R' \cdot \Delta h} \cdot Q_p$$

P : 壓延力

K_i : 變形抵抗

b : 素材폭

R' : 偏平 roll 半徑

Δh : 壓下量

Q_p : 壓下力關數

9) Roll gap計算

상기의 數式 model에서 求해진 各 stand에서의 出側板厚, 推定壓延力으로 부터 아래의 式을 이용 실제 set될 roll gap을 계산한다.

$$S_i = h_i - P_i / M_i + \alpha_i (N_i - N_{i0})$$

S_i : i stand 壓下位置

h_i : i " 出側板厚

P_i : i " 壓延力

M_i : $MiLL$ 定數

α_i : i stand 油膜係數

N_i : 通板回轉數

N_{i0} : 基準回轉數

10) 學習制御

지금까지 소개된 각종 數式 model에 의해서 구해진 값은 어디까지나 사상압연기의 속도 roll gap, 가속을 등을 설정키 위한 계산치이다.

이 계산치는 SCC computer에서 計算된 후 DDC computer에 傳送된 후 각 stand를 set한다. set 완료된 후 素材의 壓延이 끝나면 壓延된 實積值가 DDC computer를 통해 SCC computer에 入力된다.

SCC는 수식 model에 의해 計算된 設定値와 實際의 feedback値를 比較하여 補正計算을 한후 次 coil 設定計算時에 反映한다. 이러한 機能을 學習制御機能이라 하며 이 機能에 의해 設定値와 實際値와의 誤差를 줄인다.

이 기능에 포함된 計算항목은 roll gap의 補正計算, power의 계산치와 feedback値 보정계산, 變形抵抗의 補正計算등이 있다.

計算方法으로는 指數平滑법을 사용한다. 예를 들면 roll gap의 補正 計算방법 및 次 素材에의 反映方法은 아래와 같다.

① 먼저 上記 數式 model로 부터 板厚의 計算値를 求한다.

$$HCAI_i = S_i + P_i / M_i - \alpha_i (N_i - N_{i0})$$

- 여기서 S_i : i stand 壓下位置
- P_i : " 壓延力計算値
- M_i : " $MiLL$ 定數(一定)
- α_i : " 油膜係數
- N_i : " 回轉數

② 다음은 X-ray gauge上的의 板厚를 利用 각 stand에서의 實際出側板厚를 求한다.

$$HACT_i = \frac{(1+f_b) \cdot d_b \cdot N_b}{(1+f_i) \cdot d_i \cdot N_i} \dots$$

- 여기서 f_i : i stand 先進率
- d_i : " roll徑
- N_i : " 回轉數
- d_b : X-ray 板厚 實測値

③ 상기 ①, ②式으로 부터 求해진 誤差는 次壓延材에 對해 指數平滑法에 의해 補正한다.

라. DDC制御

一般的으로 壓延過程에서 所定の 製品 두께를 얻기 위해 work roll의 間隙을 set한 후 壓延機에 slab가 물리게 되면 壓延機 本體는 壓延壓力를 받아 위로 늘어나게 되며 結果的으로 work roll 間隙이 set値보다 커지게 되며 壓延이 끝난 狀態에서 壓延機 本體는 다

시 本來의 位置로 돌아가는 彈性變形을 일으킨다.

한편 壓延素材인 slab는 加熱爐에 均熱되어 抽出, 壓延機를 通過하면서 塑性變形을 일으켜 所定の 두께로 壓延되나 加熱爐의 構造의인 原因으로 인해 slab의 全 길이에 대한 理想的인 均熱은 期待할 수 없으며, 이에 따른 skid mark가 發生, 高周波 外亂의 要素가 되고 한편 壓延過程에서 溫度降下에 따른 塑性變形 係數의 變動으로 두께에 대한 誤差의 主要原因이 되고 있다. 實壓延 過程에서는 이러한 諸要素를 勘案하여 조치를 取하나 예측에 대한 人間的 限界로 인해 所定の 두께로 均一하게 壓延하기란 不可能한 것이 現象이다.

이에 대해 AGC用 計算機는 0.1秒 周期로 strip의 두께(壓延力) 變動을 check하여 所定の 두께를 벗어난 誤差分을 計算하여 既存 設定된 電氣制御系에 訂正出力을 내어보내 壓延機를 움직여 所定の 두께를 얻도록 하는 sampling 制御 system을 構成한다. 이에 대한 代表的 機能 및 그 結果는 다음과 같다.

1) Roll Force AGC

computer는 Lock on時的의 出側板厚(壓延壓力으로부터 間接計算)를 基準으로 하여 壓延力의 變動과 Screw 位置變動을 0.1秒周期로 檢出하여 出側板厚偏差를 算出함과 同時에 이 偏差를 없애기 위해 積分+比例制御에 의해 Screw의 位置를 制御한다.

㉞ 原理

出側板厚는 材料의 塑性曲線과 壓延機의 彈性曲線의 交點에서 決定된다.

各各의 기울기를 Q, M (ton/mm)라 하면 다음 式이 成立된다.

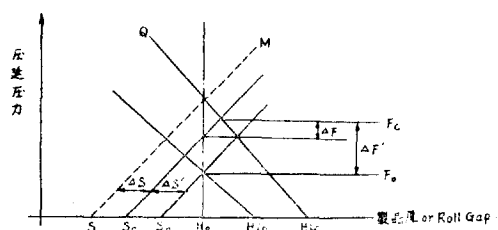
$$\begin{aligned} \text{즉 } \Delta F &= \Delta F' - M \Delta S' \\ \Delta S' &= S_e - S_c \\ \Delta S &= \frac{M+Q}{M^2} \Delta F \end{aligned}$$

實際로는

$$\Delta S = \frac{M+Q}{M^2} \Delta F \cdot G \text{ 이므로}$$

※ S_e, F_e, H_{ie} : Lockon時的의 Screw位置 壓延壓力 入口두께

S_c, F_c, H_{ic} : 現在의 screw位置 壓延壓力 入口두께



訂正出力으로 $S=S_0+\Delta S'+\Delta S$ 를 screw 制御系の
基準信號로 내어 보낸다.

Computer를 基準으로 한 概略의 制御方式은 다음
과 같다.

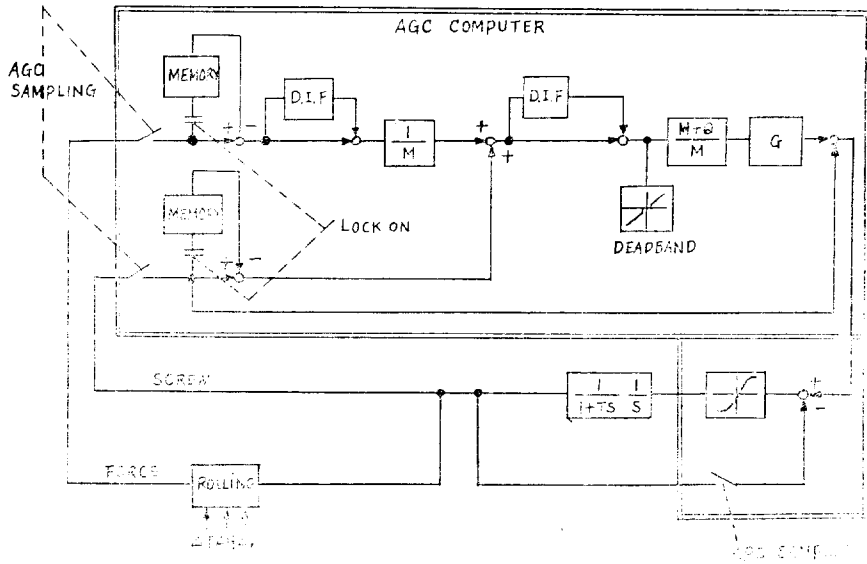
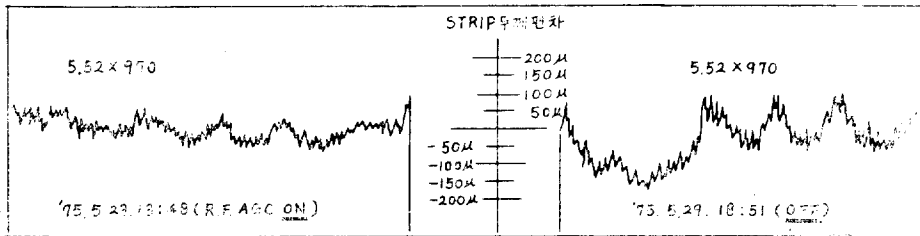


그림 6. Computer를 基準으로 한 R.F. AGC Block圖

⊕ Roll Force AGC 使用時와 手動壓延의 比較



2) X-Ray AGC
X-Ray 두께 偏差를 feed back하여 比例+積分制御
에 의해 最終 stand의 出側板厚制御를 行한다.

本 system에서는 stand에서 X-Ray까지의 strip 移
送時間(Dead Time) 變化에 따른 自動 Gain 補正을
行한다.

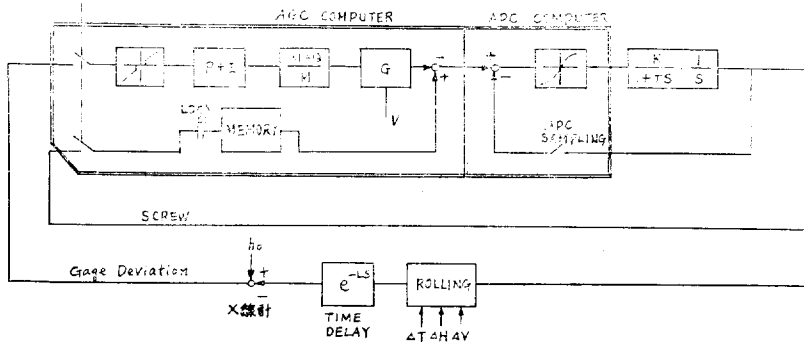


그림 7. Computer를 基準으로 한 X-Ray AGC Block圖

㉞ 原理

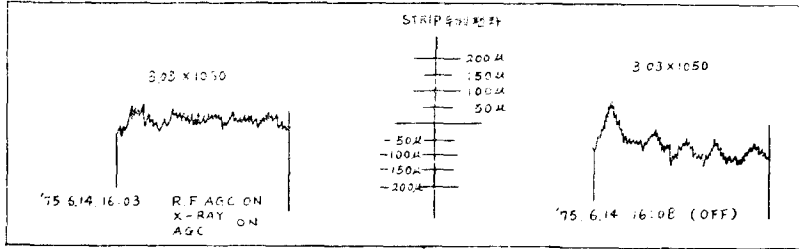
出側板厚 偏差 Δh 를 없애기 위해 $\Delta S = \frac{M+Q}{M} \Delta h$

이므로 screw制御系로는 $S = S_0 + \Delta S$ 를 基準信號로 내어 보낸다.

(實際로는 $\Delta S = \frac{M+Q}{M} \Delta h - G$)

computer를 基準으로한 概略의 制御方式은 다음과 같다.

㉟ X-Ray AGC 使用時와 手動壓延時의 比較



3) 其他 AGC 機能으로 다음이 追加되고 있다.

- ① X-Ray Monitoring
- ② Feed Forward AGC
- ③ Acceleration Compensation
- ④ Draft Compensation
- ⑤ Tail and compensation

㉞ Screw Retu

4) 各 機能別 制御 System 構成

上記한 AGC 各 機能들은 獨立的 또는 相互 縱屋의 으로 各 機能들을 遂行하고 있으며 이들의 system 制御 構成은 그림 8에 表示했다.

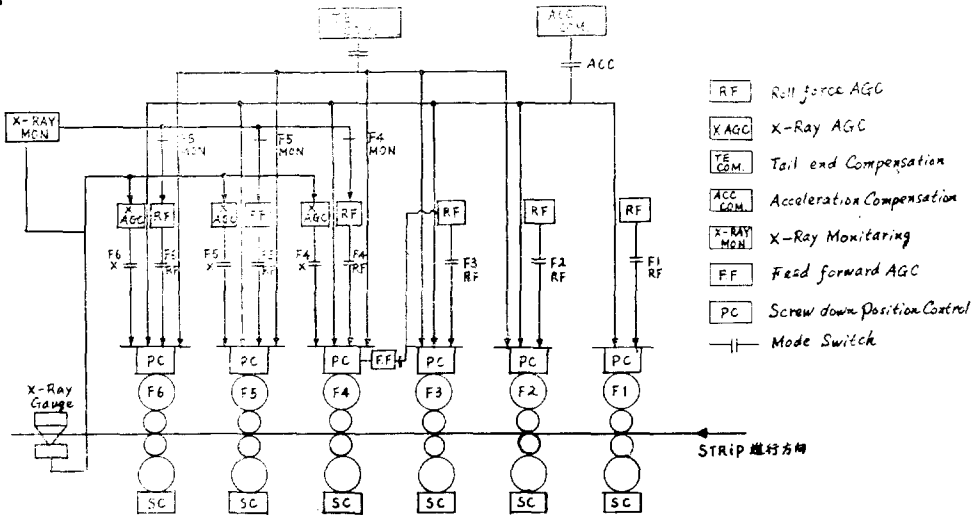


그림 8. AGC 機能別 制御 System

2-5 Computer 導入 効果

가. SCC Computer의 導入 效果豫想

1) 生産性 向上

年間生産量 8,000ton/year 增加

2) 仕上出側 적중율 향상

75. 2월부터 3월까지 實操業 data를 수집 조사한 결과는 아래 표 2와 같으며 SCC computer 導入後는 仕上壓延機의 速度 制御 descaling pattern의 標準化등으로 制御偏差 $\pm 15^{\circ}\text{C}$ 內에 全 strip의 90% 以上 合格

이 豫想되고 있다.

表 2. 仕上出側 溫度操業 strip

Strip 두께	目標溫度	許容偏差	平均min 溫度	平均max 溫度	合格率
2.0mm	860°C	$\pm 30^{\circ}\text{C}$	850.3°C	870.1°C	97.9%
3.2	880	± 30	866.0	895.9	100
4.5	880	± 30	864.0	894.6	100
6.0	880	± 30	861.6	891.8	100

3) 卷取溫度 적중율 향상

아래 表 3은 75.2월~3월 중에 조사한 實操業 data이다. 이 表에서 보는 바와 같이 얇은 板에서는 合格率이 매우 不良하다. SCC computer 도입후에는 laminal flow 計算機制御에 의해 制御偏差 $\pm 15^{\circ}\text{C}$ 內에 全 strip의 80% 以上 合格이 豫想되고 있다.

表 3. 卷取溫度 操業 Data

strip 두께	目標溫度	許容偏差	平均min 溫度	平均max 溫度	合格率
2.0mm	570°C	$\pm 30^{\circ}\text{C}$	562.7°C	599.4°C	60.4%
3.2	570	± 30	568.1	599.0	66.7
4.5	620	± 30	613.7	644.2	97.9
6.0	620	± 30	616.6	642.0	95.8

4) 두께偏差

아래 表 4는 75년 6,7月中의 實操業 data를 조사한 것이다.

이 表에서 보는바와 같이 roll change後 첫번째 및 두번째 coil은 두께 偏差가 매우 不良하며 computer에 의해 두께 편차를 $\pm 50\mu$ 以內에 全 strip의 85% 以上의 合格이 豫想된다.

表 4. 두께 偏差操業 Data

size	$\pm 50\mu$ 以內	$\pm 100\mu$ 以內
2.0×4'	48.0%	89.3%
3.2×4'	39.4%	91.3%
4.5×4'	39.1	90.4
6.0×4'	25.6	94.0

5) 기타

상기의 효과 以外에 폭 편차 向上, 원단위 절감, 인력절감등의 효과가 豫想된다.

3. 結 論

1970年 前後하여 本格的으로 開發된 process computer system은 現在까지의 wired logic에 依存해 오던 制御개념을 탈피 制御界에 一大 혁신을 일으켜 이미 先進 諸國에서는 각 분야 즉 鐵鋼業을 비롯하여 化學工業, 電力工業, 自動車工業, 航空, 造船業등의 모든 方面에 걸쳐 導入 活用하여 그 效果를 提高하고 있다. 反面 國內에서는 當社가 最初로 P/C를 工場에 導入하고 있으며 역시 이의 效果도 크게 豫想된다.

그러나 P/C는 本質的으로 어떤 對象을 control하는 도구에 불과하며 그 자체가 重要性을 갖고 있지는 않다.

바꾸어 말하면 P/C를 成功的으로 導入하기 위해서는 對象 process에 對한 완벽한 研究가 先行되어야 한다.

이를 實現하기 위해서는 각 分野別로 기초 학문에서 부터 實用化까지의 각 段階에서의 깊은 研究가 요망되며 궁극적으로는 產學協同의 一體化가 요구된다. 앞으로 이 分野에 對한 國內 기술진들의 많은 참여와 발전이 있기를 기대한다.

生活 속 에 科學 심 어 祖國 繁榮 이 른 하 자

勤 儉 節 約

節 節 電