

電算機에 의한 工程制御

朴 源 深

전기 공학과

<요 약>

既刊된 文獻을 통하여 電算機에 의한 工程制御의 導入現況을 살펴보았다. 먼저 현용 制御用 電算機 System의 Hardware와 Software 現況을 概觀한 다음 實際導入實態, 應用例 및 未開發分野등을 産業部門別로 대표적인것을 조사 기술하였다. 끝으로 앞으로의 展望과 우리나라에서 이 分野에 對한 將來性을 제시하였다.

Process Control by Computers

Pak, Won Sim

Dept. of Electrical Engineering

<Abstract>

Present status of the application of digital computers to industrial process control is reviewed. Hardware and software systems of the process control computers are discussed, and application examples in several industrial works are presented. Finally, the future prospect of this field in this country is emphasized.

I. 序 論

이제 電子計算機는 凡人의 常識화된 活用範圍를 벗어나 製鐵工業, 化學工業等 各種工業分野에서 工程制御方便의 必需裝備로 登場하고 있다. 特別히 産業規模의 방대화, 生産品規格의 嚴格化 등으로 從來의 生産管理方便과 手段만으로는 그 限界點에 부딪치게 되어 좀더 正確하고 安定한 工程制御 System으로서 電算機에 의한 工程制御가 차차 人氣를 모으고 있는 實情이다. 이와같은 制御用電算機가 最初로 設置된 것은 1950年代 後半의 일이며 그로부터 10餘年동안 계속적인 增加추세를 보여 70年代初에는 北美合衆國內에서 민도 千餘臺의 制御用電算機가 設置되었거나 注文中에 있었는데 그 數는 全電算機市場의 2~3%에 해당했다. (16)

文獻調査에 따르면 實際로 電算機가 工程制御에 直接 가담하고는 있으나 아직 그 活用の 많은部分이 計算機制御의 前提인 data 收集에 쓰이고 있는 實情이며 이와같이 收集된 data의 分析과 制御技能의 開發向上으로 特定工業分野에서는 極히 그 活用水準이 前進되어 있는데도있다. 그중에서도 製鐵工業分野가 第一活潑한것 같으며 그밖에 化學工業, 石油精製工業, Cement工業, 機械工業, 製紙工業, 電力工業等 거의 모든 産業分野에서 電算機에 의한 工程制御 System이 널리 活用되고 있다. 이들 制御 System에서 電算機가 主로 담당하고 있는 業務로는 前述한바와 같이 data 集計가 가장 많고 警報制御, 節次制御, scheduling, 閉 loop의 最適化計算, 性能計算 등을 담당한다. 制御形式으로써는 SCC (Supervisory Computer Control), 即 計算機가 制御裝置의 設定點이나 或은 System parameter

어서 使用者가 必要한 data를 제시한 다음 간단한 FORTRAN program을 쓰는것과같이 실제 제어 program을 作成하도록 되어있다.

(3) Software개발의 특징

電算機에 의한 工程制御 System 設置에서 Hardware 設備비와 거의 맞먹는 Software개발비용의 증가문제가 현실화 되고있다. 이런점에서볼때 工程제어에 적합한 다다면 PROSPRO나 BICEPS 같은 prepackaged Software System은 特殊 programming을 爲한 비용을 줄이는데 효과적인 것이라고 생각되며 또 이런면에서는 問題中心言語도 앞으로의 工程制御 Software 개발에 기대되는 programming 言語라고 생각된다. 더욱이 數年前부터는 여러가지의 相異한 program System의 亂立은 각고 現用中인 Software System도 재경비하여 보존하지 못하는 노력이 경주되고있다. (1,5,6)

Ⅲ. 産業部門別 實態

1. 製鐵工業

鍊鋼工業은 그 工程의 特長과 品質規格 및 價格의 嚴格, 거기에 더하여 勞務事情의 難關등 鍊鋼産業이 直面하고 있는 四方으로부터의 壓力을 해소시키기 위하여 生産의 Automation化가 必要不可缺하게되었다. 물론 生産의 自動化에는 동강의 鍊鋼기 械어 以外에 여러가지의 自動化, 機械化등 技術이 開發되고있으나 그중에서도 가장 重要한 것의 하나가 電算機制御 System이다. 이와같은 電算機制御 System의 導入에는 電算機制御의 探算性和 信賴性이 充分히 고려되어야 하며 生産性이 높은 設備 또는 人間으로 불가능한 作業이 優先對象으로되거나 때로는 process解析 或은 技術開發目的으로 導入된것도 적지않다.

鍊鋼工業分野의 電算機制御 導入現況을 概觀하던 Strip mill등의 鋼板壓延과 轉爐에 담고 다음으로 高爐의 一部가 導入대상으로 되어있다. 그밖에 分塊壓延, 電氣爐, energy設備등에도 電算機制御가 導入되고있다. 그리고 最近에는 On-line工程管理 System이 重要한 導入對象으로 登場하였다. 鋼板壓延, 轉爐등 計算制御가 가장많이 導入되어있는 對象에서도 壓延作業, 精練作業등의 主作業部門에 導入되어있고 原料, 加熱, 出荷등 前後工程에는 技術的問題로 거의 導入되어있지 않는 實情이다. 또한 鍊鐵工場全體의 原料處理, 운반, 荷役등의 方

面에는 尙히 導入되지 않고 있으며 이는 未導入工程中에는 導入効果面에기 關해 工作部門보다도 優先하는것이 많아서 尙히 그 開發이 기대된다.

채택하고있는 電算機制御手 法으로는 (i) DDC, (ii) SCC, (iii) Operator guide 및 (iv) 精算制御 등으로 大體되며 DDC는 最近에되서 制御의 靈活性 이강한 minicomputer의 出現으로 Analog 制御되는 minor loop의 DDC化傾向이 커지고있다. 또 從濟的 信賴度向上을 위하여 Computer의 Duplex 方式을 取하는 경우도 적지않다.

電算機에 의한 工程制御의 主要導入門은 工程제어도 소개하면 다음과같다.

(1) 製鐵工程

鍊鋼工程의 中心인 高爐의 大體化 經營에따라서 高爐의 安定作業과 最大出産力의 常時維持가 되어야 爐內狀況은 劣악하고, 原料裝入, 送風, 排기 等부분의 最適制御가 必要한데 尤감스럽게도 현재는 試驗開發단계에 있으며 爐內反應의 解析과 計測이 어렵기 때문에 完全한 計算制御는 實施되고있지 않다. 우선 反應의 數式 model化와 gas分析기 等에 의한 爐況과악이 선결문제도 되어있다. 이외 高爐는 計算제어되고있지 않으나 原料의 專心處理 裝置인 燒結機에서는 계산제어가 盛行되고 있으며 原料의 入船에서 高爐裝入까지의 管理는 今後 매우 重要한 計算制御의 對象으로 되어있다(7)

(2) 鍊鋼工程

鍊鋼은 精練하여 鋼으로 만드는 工程으로 轉爐 또는 電爐가 사용된다. 鋼의 精練에서 무엇보다도 重要한것은 吹練終點에서 鋼의 成分과 品質을 所定值에 近づ키는것인데 이 終點의 檢査 手는 人에게서 現任는 Operator guide 方式의 電算機制御가 사용되고있다. 適中制御形式에는 數式 model이 依據 精練前에 Charge, 算으로 終點을 豫測하는 Static制御와 Static Control을 基本으로하여 吹練中의 鋼浴溫度, 成分은 測定하여 適中率을 向上시키는 dynamic制御가 있으나 後者は 아직 開發단계에 있으며 이 方法이 實用化 되게되면 Operator guide가 아니고 Closed loop 制御가 可能하게 될 것이다. 鍊鋼工程의 吹練뒤에 따르는 造塊, 眞空脫 gas, 連續鑄造등의 공정에는 현재 계산기제어가 導入되어있지 않다. (11,14)

(3) 壓延工程 (7,9,10)

鋼塊를 加工하여 所定의 鋼材를 만드는 과정으로 壓延工程에는 分塊壓延, 厚板壓延, 型鋼壓延, Hot

Strip mill, Cold Strip mill 등이었다. 壓延工程中 現在 계산기 제어의 對象은 加熱爐, 壓延機, 熱處理爐 등이 中心으로 되어있으며 精整工程의 後工程에는 그다지 導入되어있지않다. 그러나 이 後工程은 많은 人力을 必要로하는 點에서 計算制御의 導入効果는 上作業部分보다도 높을 것이나 機械的인 Automation面에서 技術的으로 難關이 많아 將次導入대 상으로 重要視되고있다.

現在 계산기 제어가 가장 効果的으로 導入되고있는것은 Hot Strip mill이고 다음으로 Cold Strip mill, 厚板壓延에의 導入效果가 높으며 最近에는 分塊壓延에도 實施例가 증가되고있다.

(4) On-line 工程管理

數年前 英國의 鐵鋼會社에서 計劃된 것을 시초로 On-line 工程管理 System이 檢討되어 最近에는 이 System을 全工場에 導入하여 새로운 生産管理 System이 實用化되고있는데 이 system은 綜合計劃 level, 日別計劃 level, 生産調整 level 및 process 制御 level을 總括한 것으로 各 level은 相互 情報的으로 密着되어있어 手動介入이 不要하다. 이 On-line 工程管理 System에 依하여 工程의 집중한 파악이 가능하게되고 따라서 鐵鋼工業에의 電算機導入 効果가 더욱더 增大되고있다.

이상에서 說明한 이와같이 鐵鋼工業에의 電算機 制御導入추진은 더욱 發展되어져있고 있으며 그 對象이 大 system化 傾向이고 process 제어 뿐만 아니라 On-line 工程管理에까지 進歩되어 가는 Total System을 指向하고있다. (9, 9, 10, 11)

2. 化學工業 (10, 17, 19, 20)

美國에서 1958年末頃부터 Closed loop Computer Setpoint Control이 몇몇 化學工程에 應用되기 始作하여 그때부터 電産機에 依한 Closed loop Control의 實際的인 化學工程에의 應用이 始作되었고 1966년에는 制御方式으로 DDC가 채용되어 1968年以來 今日的 工程制御에서 불수있는 더욱 복잡하고 向上된 化學工程制御 電算機의 應用단계에 이르렀다. 이와같은 化學工程制御用 電算機 System이 開發되게된 動機는 複雜하고, 可變的이며 相互關聯되어있는 工程變數들 사이의 關係를 經濟的으로 그리고 신속하게 演算處理하여 工程을 狀況에 適應시키며 常時 最適操業狀態에 유지시키려는데있다.

現在 電算機에 依한 工程制御는 化學工業의 여러 分野에서 活潑하게 實用되고있는데 여기서는 그중

의 한 例로써 近代石油化學工業의 中心을 이루고있는 Naphtha 分解工程에서의 電算機制御 活用面을 살펴본다. Naphtha分解 process는 石油原料로부터 最終誘導品까지 이르는 중간과정으로 그림2에 原料 Naphtha로부터 film 및 各種成形品의 제조인 polyethylene과 tire, 工業用 고무製品의 材料인 polybutadiene을 얻는 과정을 圖示하였다. 물론 그림의 이니 最終品들이 生産이나 여기서는 대표적으로 도사된 공정에서의 電算機制御面을 살펴본다.

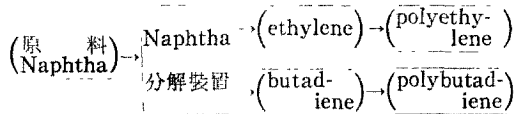


그림 2. Naphtha分解에 依한 polyethylene 및 polybutadiene생성과정

(1) Naphtha 分解 process

이 공정은 大分하여 分解部, 精製部, 分離部로 나누어 생각할 수 있는데 이 process에는 대략 1500개 정도의 計裝 loop가 들어있으며 그중 약 半數가 monitoring用, 나머지가 Closed loop 制御系를 構成하고 SCC 및 DDC System을 이루어 거대한 Control System을 構成하고있다. 여기에서 SCC는 process 制御는 물론 操業의 最適化에 担当하는데 그 具體的인 對象 및 檢査를 한다면 (i) 生産計劃 樹立 및 最適操業條件의 追求, (ii) 物質收支 및 熱收支의 計算 (iii) naphtha分解爐部의 制御 (iv) 壓縮部의 制御 (v) 蒸餾系의 制御 (vi) process의 monitoring 및 data logging等이다.

最近에 의서는 DDC가 導入되어 SCC의 結合되어 가는 단계에 있는데 이따기운 System에서는 SCC가 Plant 全體의 最適化를 擔當하고 여기에서 결정되는 最適運轉條件은 DDC에 전달하여 process를 制御하도록하는 分業體制를 이루고있다. 이와같은 DDC의 導入傾向에 따라서 分解爐部, 分離部 및 精製部 모두 DDC System으로 좋은 制御結果를 얻고 있다.

(2) polyethylene 高壓重合 process

高壓 polyethylene 重合 process는 反應壓力가 높고 反應速度가 느므로 System內에서의 여러가지 교란 발생때문에 재래의 analog 調節計에 依한 制御系 構成으로는 良好한 制御를 기대하기 困難하다. 여기에서 開發된 것이 DDC 방식인데 現在 채용되고있는 方法으로는 process의 安定運轉과 關聯되는 process 變數를 選定한 다음 그들을 電算機로 高速

scanning하여 一定周期內에 얻어지는 一連의 測定 値를 特殊 program에 의거 處理한後 그 結果에 依하여 操作信號의 level 이나 mode를 決定하는것이 이다. 물론 실제 장치에서는 외부고난이 한계를 넘었습에 또는 制御系構成要素의 異常發生時 等の 處리에 關한 해결적도 마련되어있다.

이 process에 채용되고있는 또한가지 DDC의 대근은 外部고난 및 操作量의 變化에 對하여 response가 매우 늦은 System에서는 制御變數가 存在하는 範圍에 따라서 program의 計算式에 또가지기 parameter值를 相異하게 代入하도록 하는 方法이다. 또는 制御變數에 影響력이크 외부고난을 측정하여 그 크기, 方向, pattern等에 따라 操作端으로 보내는 信號는 修正하는 algorithm도 채용되고있다.

(3) polybutadiene 合成고무 process

合成고무 process는 같은규모의 他 化學 process에 比하여 制御系가 廣고 反應速度가 낮아서 反應器의 調整에 長時間을 要하며 多變數制도가 많다는 理由로 DDC導入에 매우 適合한 工程이다. 실제이 DDC loop안에는 여러가지 control loop가 들어 있는데 그 各 制御 loop의 重要 및 複雜정도, 채용 裝置의 性能 및 크기, 채용시의 經濟的利得을 감

안하여 어떤 loop를 DDC System에 포함시킬것인가를 결정하게되는데 polybutadiene process의 경우 全制御 loop數의 1/2~1/3이 DDC System에 들어간다.

3. 石油精製工業¹⁵⁾

精油工場의 規模가 방대하여가서 出產量이 커짐에 따라 製油所수백의 合理的 運營을 爲하여 電算機制御가 廣範圍하게 導入되고있다. 여기에서 는 電算機에 의한 管理 System型態를 고무 가추고 있는 大阪製油所의 경우를 全體的으로 간주려 제시 하고으로서 이 分野에의 電算機에 의한 工程制御의 導入實態를 概觀하여본다.

이미 出荷設備, Tank設備에는 On-line Real-time 電算機 System이 効果的으로 運營되고있으며 여기에 다시 In line blender에 DDC를 그리고 process 裝置와 用役設備에는 data gathering System을 더하여 Hierarchy System을 構成하도록 되어있다. 全體的인 電算機制御 System의 構成은 그림 2과 같으며 담당업무는 出荷, Tank, Blending, process 裝置의 data gathering, 用役設備의 data gathering 등으로 大別된다.

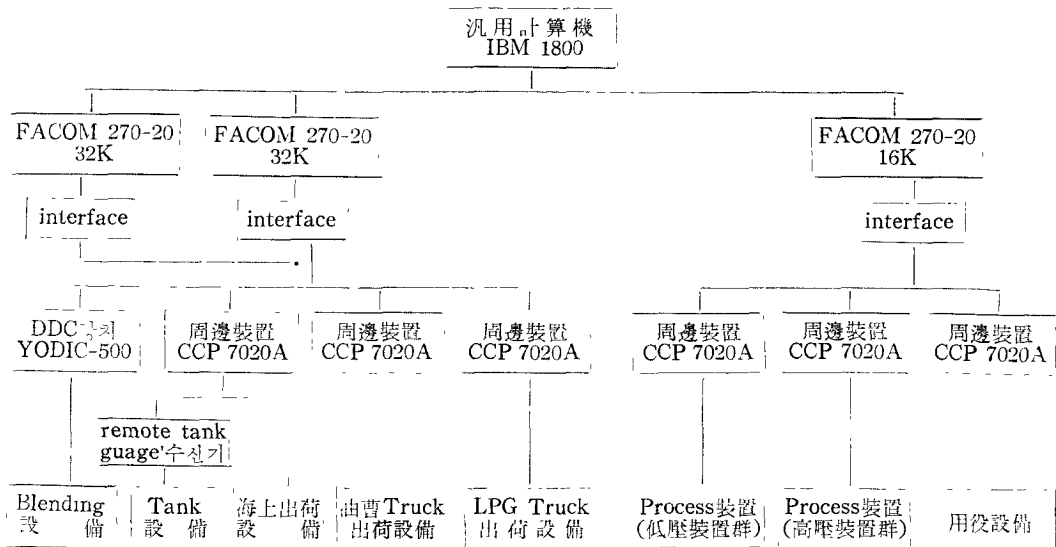


그림 3. 制御用 計算機 SYSTEM

On-line Computer로는 出荷의 tank 關係에 FACOM 270-20 2臺, data gathering System에 FACOM 270-20 1臺가있고 計産機와 現場計器 또는 計來械器사이에는 周邊裝置의 interface가 있어

정보의 흐름을 仲介한다.

In-line blending에는 DDC를 채용하여 專用計産機인 YODIC-500이 CONTROL하고있으며 이것은 다시 出荷用計産機와 結合되어 Supervising을 받도

독 되어있다. 이 出荷用計算機는 常時一臺가 制御 運轉을 담당하고 나머지 一臺의 back-up機가 있어 그때그때의 情報는 interface를 거쳐 이 back-up機 에 전송되고있기 때문에 故障시에는 하사라도 곧 操業을 續行할 수 있는 態勢에있다.

process裝置의 data gathering用計算機는 process 장치의 analog計器를 통하여 約 700點의 data를 收集하고 간단한 演算處理等을 행하며 또한 用役設備의 data gathering 業務도 담당한다.

以上에서 說明한 On-line Real-time 計算機外에 Off-line의 汎用計算機가 있어서 事務計算, 技術計算用으로 製油所 全業務에 對하여 多目的으로 使用되고 있는데 On-line計算機의는 paper tape를 거쳐 情報送達이 되도록하여 Hierarchy System을 構成하고있으나 將來에는 이 區間의 情報轉送도 On-line 化시킬 構想이라고한다.

4. 機械工業^(21, 22)

數値制御工作機械의 出現으로 機械加工의 自動화가 完成되었으나 그 運轉을 爲한 指令 tape의 作成에는 電算機의 력이 必用하다. 從來 Off-line으로 處理되던 이 作業을 On-line化하여 電算機와 數値制御工作機械를 結合시켜서 여러가지의 利得을 얻고 있는데 이것이 群管理 System이다. 群管理 System은 機械工場의 自動化로 生産性을 向上시키기 위하여 數値制御加工機能, 生産管理의 同時處理機能 및 會話形 part program의 同時處理等 세가지 主要機能을 다한다. 數値制御加工機能을 다하기 위하여는 (i) 數値制御加工 data의 作成 (ii) 工作機械의 節次制御 (iii) 運搬 conveyer의 sequence control (iv) loading, unloading mechanism의 sequence control (v) 自動工具交換機構의 sequence control 등의 業務를 수행하며, 生産管理의 同時處理를 위하여는 (i) scheduling의 作成 (ii) rescheduling의 作成 (iii) 加工素材의 供給指令 (iv) 各種 report의 logging等 作業을 하고, part program의 동시처리를 위하여는 part program의 debugging, 修正, 付加능의 業務를 수행한다.

現在 여러가지의 群管理 System이 개발, 實用化되고 있으나 여기서는 機械工場의 自動化라는 觀點에서 大別한 汎用形과 專用形에 對하여 그 實用化된 例를 소개 함으로써 機械工業分野에 있어서의 電算制御 導入實例을 살펴본다.

(1) 汎用形 (FANUC·SYSTEM-K)

實用화된것으로는 世界最初의것으로 生覺되는것이 現在 日本國鐵大宮工場, 瀧取工場에서 稼動되고 있다. 그림 4의 System構造圖에서 보는 바와 같이 여러대의 수키제어 동작기계를 電算機制御장치와 연결한것으로써 (i) 數値制御工作機械가 여러대되어 電算機導入의 타당성이 인정될때 電算機를 導入, 結合시켜서 System化 할수있으며, (ii) 電算機故障時 個別的인 數値制御工作機械로서 계속 稼動시킬 수 있다는 長點들이 있다.

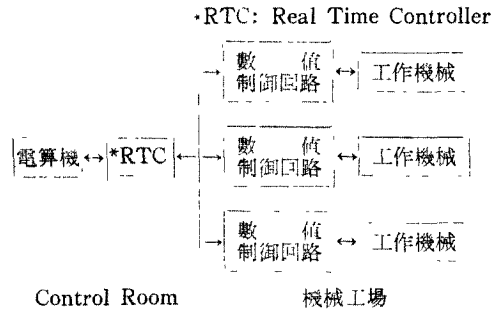


그림 4. FANUC·SYSTEM-K의 構成圖

(2) 專用形 (FANUC·SYSTEM-T)

이 System은 日本의 富士通에서 開發하여 昨年 가을 第五回 國際工作機械 박람회에서 시범가동된 것인데 使用者와 工作機械 供給業者들 사이의 要望事項이 充分히 반영되어있는 System으로써 그 構成圖를 그림5에 제시한다

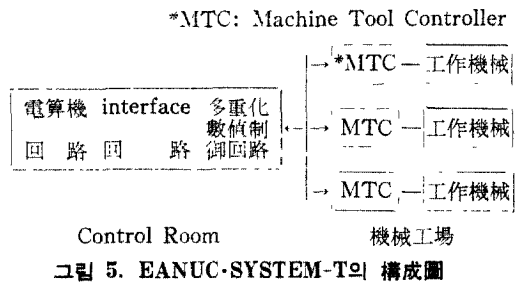


그림 5. FANUC·SYSTEM-T의 構成圖

그림에서 보는바와같이 工作機械에는 Servo mechanism인 MTC (Machine Tool Controller)와 操作盤으로 構成된 簡單한 장치가 달려있고 數値制御回路는 時分割되도록 多重化되어 制御室에 설치되어있다. 따라서 專用形은 (i) 各工作機械에 부속되는 것이 Servo mechanism 뿐인므로 經濟的이며 (ii) 數値制御回路는 환경이 좋은 制御室에 集속되어있기 때문에 故障의 우려가 적다는등의 長點을 갖고있다.

여기서 群管理裝置는 多重化된 數值制御回路와 電算機로 構成되어있으며 그 擔當機能의 하나인 數值制御加工과정은 먼저 電算機의 Bulk memory에서 加工 data를 引出, 그 data는 多重化數值制御回路에 의거 pulse series로 變換되어 時分割方式에 따라 각 MTC에 轉送된다. 工作機械側에서는 操作盤을 使用하여 加工物에 關한 情報를 群管理裝置에 轉送한다. 群管理 System의 나머지 機能인 生産管理의 同時處理와 part program의 同時處理는 電算機가 數值制御加工을 爲하여 사용되는 시간외의 時間을 利用하여 行한다.

FANUC·SYSTEM-T의 Software로써는 Schedule에 따라 加工 data를 bulk memory에서 引出하여 多重化數值制御回路에 보내는 役割을 하는 program, part program을 處理하기 위한 master program, 사용자가 擔當하는 응용 program, 故障診斷 program, monitoring program 등으로 구성된다.

FANUC·SYSTEM-T는 다시 小規模인 SYSTEM-T0와 大規模인 SYSTEM-T10로 나누어지는데 이 중에서도 특히 후자는 System-K와 같이 既存의 數值制御工作機械와 On-line으로 結合可能하도록 되어있으며 汎用電算機에 依한 生産管理도 가능하게 構成되어있어서 그 機械工場이 屬해있는 企業體의 EDPS를 擔當하고있는 大形電子計算機에 On-line이나 Off-line으로 結合시킬수가 있어서 안으로 機械工場의 電算機制御에 依한 完全自動化에 達해 기 래기는 System이다.

5. Cement工業²⁰⁾

Cement工場에 最初로 計算機가 導入된 것은 1959년 미국의 Riverside Cement Company에서였고 그뒤 1960년 California Portland Cement Company에서 始行한 이래 70년대 初에 이르러서는 Canada, Europe 및 日本등 處하여 수십대의 On-line 電算機가 Cement 生産工程을 제어하고있다. 이와같은 電算機導入의 根本目的은 他産業에서와 마찬가지로 當국적인 利潤의 增大에 있으며 그 實現力法으로 대략 다음과 같은 세가지 工程에 電算機制御를 導入하여 最適化策略에 따라 生産品의 品質을 向上시키고있다.

Cement의 品質은 使用한 原料와 製造工程如何에 따라서 決定된다. Rotary, Kiln에 供給하여주는 재료의 CaO, SiO₂, Al₂O₃ 및 iron Oxide 등의 함유량 조절로 原料의 成分混合比를 조절하며 燃燒制御로 Kiln內에서의 여러가지 反應程度를 調整하여 生

産品의 主要特性에 影響을 미치는 Clinker의 主成分을 조절하고 Clinker의 grinding을 적절하게 제어함으로써 良質의 Cement를 生産하게된다. 이와 같이 原料의 混合制御, Kiln內의 燃燒制御 및 Clinker의 grinding制御等 세가지 工程이 主로 Cement 工業에서 電算機制御가 채용되고있는 工程이며 이하 이들의 現況에 關하여 간단하게 살펴본다.

(1) 原料의 配合 제어

理想的인 原料配合比는 地方別 原料供給可能基準에 따라 결정되며 이 比率로부터 약간의 오차가 있어도 Kiln內에서의 C₂S, CsS, CsA 및 C₄AF의 生成比率이 크게 달라져 工程費用이 증가될뿐만 아니라 Cement의 質에 크게 影響을 미친다. 地方에 따라서 3~5가지 主原料를 사용하는 경우도 있고 8~10가지 原料를 사용하는 경우도 있는데 특수한 경우에는 여러종류의 原料供給이 自由로운 地方도 있다. 이와 같이 여러가지 재료들 사용한 原料의 最適制御에 電算機가 사용된다. Riverside에 설치된 最初의 電算機도 linear programming algorithm을 사용하여 採石의 最低價格 混合比를 計算하는데 사용되었고 日本의 몇몇 Cement 工場에서도 mill product를 주기적으로 분석한다음 계산기는 4×4 matrix inversion algorithm을 사용 feeder Control을 조정하여 願하는 混合比를 얻는데 使用되고있다. 이는은 모두 Batch proportioning System이나 digital Control Computer에 依하여 계속적으로 혼합과 Blending 作業을 행하는 경우도 있다.

最適化的인 On-line으로 分析하여 電算機 System에 도입시켜주는 完々 Closed loop System은 實現된 것이 1963년에 始行된 Portland Cement Company의 것이었고 계산기의 덕분에 X-Ray分析器를 사용하였다. 이와 같은 原料配合제어등 여러 電算機導入의 타당성은 그 地方에서 採算되는 方法 개토로 어느程度의 願하는 混合比를 얻을 수 있는가에 依하여 결정된다. 즉 Cement鑛石이 풍부하여 약간의 混合과정만으로 満足스러운 混合比를 갖는 原料를 손쉽게 얻을수있는 경우에는 高價의 설치비와 운영정비를 수반하는 電算機의 導入이 不必要로 져된다. 現在 美國의 경우에는 全 Cement工場의 약 15~20%에서 原料配合에 電算機制御를 채택하고있다.

(2) Rotary Kiln 운전

原料, 燃料 그리고 장비의 特性이 時間에 따라 常時 變動하고있기 때문에 Kiln의 運動變數들도 恒時

變化無常하다. 이와 같이 豫測을 不許하는 高熱속에서의 完全한 운전제어는 事實상 어려우나 Kiln은 전변수의 계속적인 조절로 最適運轉을 實現하고있다. 이 最適運轉制御에는 工場이 처하여있는 경우에 따라서 다음의 두 가지로 나눌수가 있는데 그 하나는 生産能力의 限界가 利得을 억제하고있는 경우이고 또한가치 경우는 市場의 수요제한을 받고있는 경우이다. 前者의 경우에는 工場의 生産増大가 後者の 경우에는 經濟的인 燃料소모가 最適運轉制御條件을 결정하게된다.

Kiln운전의 전신기제어에는 여러方法이 채택되고있다. 運轉變數들을 記錄하고 制御연구를 目的으로 data를 收集하면서 “operator guide”를 제시하는 open-loop 제어로부터 始作하여 記錄된 data의 分析和 制御理論의 活用으로 차차 closed-loop System으로 옮겨져 새로건설되는 공장의 電算機制御에서는 SCC보다도 DDC를 채용하는 경향이 크다. 이 DDC System에는 동상 Kiln內에서의 原料운반 시간지연, 工率時定數, 분리각인 결정단계에 따르는 變數相關關係등의 處理가 feedback 및 feedforward 形式으로 dynamic control algorithm에 포함시켜져있다.

그러나 Kiln 운전에서 그 工率變數測定の 難點과 Kiln動作特性의 理解결핍으로 아직까지도 Cement Kiln운전제어에서 電算機는 그 最高의 能力을 發揮하고있다고는 분수없는 단제에있다.

(3) Grinding 制御

Closed loop Grinding-operation에서는 mill, elevator 및 Separator의 각각 上裝備가 使用된다. Grinding에 소모되는 設備用은 電力에서 소모되는 데 大部分의 工場에서는 가능한한 夜間電力을 利用한다. 더욱이 Grinding에 소모되는 電力의 約 10% 정도만이 實際目的에 사용되는 實情이기 때문에 單位生産當 電力소모를 줄이기위하여 grinding mill은 最大容量下에서 동작시켜야한다.

Milling 工率에서 제어되는 主要變數는 mill의 供給率과 分離機速度이다. 分離機의 Setting은 통상 手動으로 조절하기때문에 grinding의 電算機制御는 주로 測定possible 變數 即 mill, elevator 및 Separator의 소모전력과 溫度를 monitoring하고 供給比를 조절하는 程度이다. 따라서 여러종류의 Control Algorithm이 채택되고는있으나 比較的 간단하다.

이상에서 들은 세가지 工率에서 주로 電算機에 依한 공정제어를 도입하고있으며 상차는 On-line成

分分析을 포함함 原料配合의 Closed-loop System과 On-line size distribution分析을 포함한 grinding operation에 電算機制御의 應用이 増大하게 될것이며 특히 DDC化에 關心이 기울리질 것으로 기대된다. 工場과 社會全體의 有機的인 管理合理化를 위한 電算機制御 集中管理工場의 設計도 추진되고있다.

IV. 結 論

電算機에 依한 工程制御의 導入實態를 概觀하였다. 勿論 本文에 들은 産業分野以外에도 電力工業^(25,26), 製紙工業^(28,24), 上水道給水施設⁽²⁷⁾等 電算機에 依한 制御 System이 實用化되어 相當한 進展을 보이고있는 分野도있다. 이와같은 “電算機制御”는 電算機가 이세상에 나오면서부터 論議되고 研究되어왔으나 實用화된 System으로써의 歷史는 짧다. 歷史가 짧다는것은 發展의 餘地가 豊富하다는 말과도 통한다. 오늘날 鐵鋼産業에서 電算機제어가 不可缺의 要素로된 인건 日本의 경우 10餘年前만 하더라도 鐵鋼産業에 計算機制御를 導入한다는 것은 不可能이라고 主張하는 專門家들이 있었다는 點을 상기할때 수일의 不可能이나 어려운 工程에도 尙차 進상기제어의 導入可能性이 充分히 豫見된다. 특히 電算機制御 System導入의 큰 障礙가 있는 電算機의 信頼度가 極히 向上되고 있으며 價가이면서도 그 性能이 우수한 minicomputer의 普及으로 尙設置價格이라는 障礙도 풀리기시작하고있다. 또한 計算技術과 장비도 발전은 거듭하고 工率理解를 위한 data收集과 分析도 活潑하여 과거에 있어서는 尙리 悲觀적이었던 障礙가 하나씩 제거되어가고있는 狀세에 있다.

展望과 餘地가 이렇듯 많으니만큼 經濟成長이 日 益倍増하고있는 우리나라에서도 많은 産業人, 技術者와 學徒들이 이 分野에 관심을 기울여 努力과 時間소모의 결정인 先進技術을 短時間內에 消化시키고 우리 實情에 맞는 技術開發을 서둘러야 할 것이다.

參 考 文 獻

1. PIKE, Jr. H. E., Process Control Software, pp.87~97, Proceedings of the IEEE, Jan. 1970.

2. 上瀧政孝, 制御用計算機と利用の現状, pp.10~16, AUTOMATION Vol.15. No.5 (1970)
3. JACKSON, S.P. and others, Minicomputers in process Industries. pp.53~72, IEEE Transactions on Industrial Electronics and Control Instrumentation, May (1971)
4. 中尾勝永外, MELCOM 350-5. 制御用電子計算機システム, pp.1470~1479, 三菱電機技報 Nov. (1969)
5. 行田不二男外, プロセス制御用 コンハイラ CO NFORM, pp.213~220, 三菱電機技報 Feb. (1971)
6. KINDRED, J., Role of the Mincomputer Today and Tomorrow, pp.22~24, Computers and automation, Dec. (1971)
7. LOPRESTI, P.V. and PATTON, T.N., An Approach to Minimum Cost Steel Rolling, pp.23~30, Proceedings of the IEEE, Jan. (1970)
8. 野坂康雄, 製鐵工業における計算機制御, pp.17~24, Automation May (1970)
9. OHNARI, M. and Others. Experience in Installing a Computer Control System in a Hot Strip Mill, pp.30~37, Proceedings of the IEEE, Jan (1970)
10. 鈴木篤義外, 富士製鐵(株) 名古屋製鐵所向け 厚板聖延機 計算機制御システム, pp.1480~1485, 三菱電機技報 Nov. (1969)
11. 平本武紀外, 日新製鋼(株) 吳製鐵所における 轉爐製鋼工程の計算機制御 システム, pp.1486~1490, 三菱電機技報 Nov. (1969)
12. FISCHBACH, H. and other, Computer Control of a Coke-Fired Vertical Lime Kiln, pp.80~83, Siemens Review, Feb. (1971)
13. 小林正外, 計算機制御による 高爐の損業, pp.37~42, 金屬, Mar. (1964)
14. STENHOUS, J.F. and BOYD, D.F. Application of a Digital Computer to the Control and Direction of an Electric Furnace Melt Shop, pp.93~97, Iron And Steel Engineer, Mar. (1971)
15. 野口浩作, 田中穂波, 石油精製工業における 計算機制御, pp.25~32, AUTOMATION, May (1970)
16. HIX, A.H., Status of Process Control Computers in the Chemical Industry, pp.4~10, Proceedings of the IEEE Jan. (1970)
17. 大畑昭一, 岡田忠也, 石油化学工業における 計算機制御, pp.33~37, AUTOMATION, May (1970)
18. 佐村哲也, 石油化学工業への ミニコン の 導入, pp.40~42, OHM Jul. (1971)
19. 山田三三, 化学工業における 計算機制御, pp.38~40, AUTOMATION May (1970)
20. KAISER, V.A., Computer Control in the Cement Industry, pp.70~77, Proceedings of the IEEE, Jan. (1970)
21. 稻葉清右衛門, 機械工業における 計算機制御, pp.50~56, AUTOMATION May (1970)
22. MESNIAEFF, P.G., The Technical Ins and Outs of Computerized Numerical Control, pp.65~84, Control Engineering, Mar. (1971)
23. BREWSTER, D.B., Computer Control in Pulp and Paper: 1961-1969, pp.49~69, Proceedings of the IEEE, Jan. (1970)
24. 丹下義信, 製紙工業における 計算機制御 pp.45~49, AUTOMATION, May. (1970)
25. COHN, N. and others, On-Line Computer Applications in the Electric Power Industry, pp.78~87, Proceedings of the IEEE, Jan (1970)
26. 花村泰助・橋本健治, 火力発電所 計算機制御の 動向, pp.1491~1494.
27. HATADA, H., NISHIJIMA, K., Computerized Control of Moniwa Water-Treatment Plant; pp. 5~11, Toshiba Review-international edition, Apr. (1971)
28. 한국은행조사부, 전기공업의 현황과 개발방향, pp.364~371, (1970)