

영상인식을 이용한 이동기기 정 중심확인 시스템 개발

Development of Center Position Control System for Travelling Machines using Image Processing

°최 일 섭*, 전 중 학*

*포항종합제철 주식회사 기술연구소 제철제어연구팀 (Tel:0562-279-6515; Fax: 0562-279-6509;
E-mail: pc546803@smail.posco.co.kr)

Abstracts An Automatic coking control system was developed to achieved substantial energy and labor savings through the stablization and optimization of coke oven operation. With the aim of saving energy and labor, the coke department has been advanced automation and systematization. A typical examples of automation is Center Position Control System(CPCS) for coke oven. This system is proved effective in improvement of center position accuracy.

Keywords. Pusher machines, Coke, Coke travelling machines, Automation, Center position

1. 서론

코크스 및 화성조업은 점결성이 있는 원료탄을 밀폐된 COKE OVEN에 장입하여 공기를 차단하고 고온으로 건류시켜 회백색의 단단한 화합물인 코크스와 부생가스(COKE OVEN GAS)를 제조하는 공정이다. 제조된 코크스는 고로에서는 피 코크스의 형태로 열원 환원재로서 이용되며 소결 공장에서는 분 코크스로서 이용된다. 그리고 부생개스인 COG(COKE OVEN GAS)는 제철소의 전공정의 연료로서 사용된다. 주요 공정으로서는 코크스 제조에 필요한 원료탄을 사전 처리하는 선탄공정, 사전 처리된 원료탄을 COKE로 제조하는 COKE공정 그리고 건류중 발생하는 부생 개스의 불순물을 제거하여 제철소의 에너지 원인 COG를 생산하는 화성 공정이 있다. 코크스 제조를 위한 주요설비로서는 선탄 설비, COKE OVEN 설비, COKE 이동기기 설비, COKE 수송설비 및 COG처리를 위한 화성 설비로 구성되어 있다. 이동기기 설비로서는 탄화실에 COAL을 장입하는 장입차, 코크스 압출 작업을 위한 압출기, 압출할때 코크스를 안전하게 소화차에 유도해주는 가이드차 그리고 압출된 고온의 코크스를 소화시키기 위한 소화차등으로 구성되어 있다.

COKE로 작업은 타공정과 비교시 고열작업, GAS노출, TAR, 분진, 옥외작업등 작업 조건이 불리하며, 노동 위생 및 장래의 작업 인력 확보 등을 고려할 때 근본적인 작업환경 개선 뿐만 아니라 노동 생산성 향상을 위하여 자동화가 절실히 요구되고 있으며 이러한 요구에 따라 POSCO에서도 이동기기에 대한 자동화를 단계적으로 추진하고 있다. 타 제철소의 이동기기 자동화에 대한 사례로서는 신일본 제철의 OITA제철소에서는 COKE로의 장입차, 압출기, 가이드 차등 이동기기의 운전을 자동화함으로써 작업요원 감소, 작업환경 개선 및 노동 생산성을 비약적으로 향상시켰다고 보고되고 있다.

본 연구에서 개발한 정중심 확인 장치는 이동기기 자동화의 일환으로서 수행되었으며 광양 제철소의 코크스 공장에 있는 압출기를 대상으로 하고 있다. 정중심 확인 장치는 COKE 압출을 위해 압출기가 COKE OVEN에 대해 압출을 시작하기전 COKE OVEN의 탄화실 중심과 압출기 RAM의 중심이 일치하는가를 확인하고 중심이 일치하지 않을 경우 압출기의 위치를 제어하는

시스템으로서 압출기의 RAM과 탄화실의 중심이 일치하는 상태에서 압출을 실시하도록하는 정중심 확인 및 위치 보정용 시스템이다.

정중심 제어를 위한 장치로서 현재 사용 중인 방법으로는 압출기 구동 전동기에 설치된 거리 측정용 ENCODER 및 노체와 압출기 간의 OVEN번호 인식을 위한 INFRARED OVEN번호 인식 장치를 이용하고 있다. 그러나 이러한 장치는 OVEN하부에 설치되어 있으며 OVEN내의 수축 팽창으로 인한 OVEN상부의 노체 변형에 의해 발생하는 정중심 오차에 대해서는 적절하게 대처할 수 없다는 문제가 있다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 OVEN상부에 위치한 탄화실의 중심과 실제 압출 장치인 압출기의 RAM의 중심이 일치하는 가를 확인할 수 있는 정중심 확인 장치를 개발하였으며, 이 방법은 영상 인식 및 처리에 근거하고 있다. 이러한 기능을 구현하기 위해 본 시스템에서는 VISION SYSTEM, CONTROL S/W 및 작업자를 위한 MMI SYSTEM 등을 구현하였으며 현장에 직접 적용함으로써 압출기의 정위치 오차를 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

2. 이론적 고찰

2.1 이론적 고찰

비 접촉 측정이 가능하고 고속 응답 특성을 가진 광 응용 시스템의 개발이 철강 제조 공정에 많이 응용되고 있다. 광 응용의 한 분야인 영상 처리 기술은 최근의 미니컴 및 마이컴의 메모리 용량증가와 연산 능력의 향상, 그 주변 기술의 발달에 힘입어 더욱 고속,경량,고신뢰성의 특징을 가진 고체 IMAGE SENSOR의 사용이 점차 증대되고 있다. 여기서는 고체 IMAGE SENSOR의 일종인 AREA형 CCD(Charging Coupled Device) IMAGE SENSOR를 이용한 시스템을 사용하였다.

2048 ELEMENT AREA CCD SENSOR를 이용한 두대의 CAMERA를 이용하여 시스템을 구성하였다. 입력부인 두대의 CAMERA는 압출기의 운전실에서 COKE OVEN쪽으로 주사되어 OVEN의 인식과 정위치 오차 검출에 사용되고 있다. 이 CAMERA의 출력 신호를 처리한 후 PC(Personal Computer)에

입력하여 정위치 검출 ALGORITHM을 수행함으로써 정중심을 정확하게 검출하게 된다.

2.2 CCD CAMERA의 구성

(1) IMAGE SENSOR종류 및 동작원리

IMAGE SENSOR란 광학 정보를 전기 신호로 변환하는 장치이다. IMAGE SENSOR는 크게 나누어 촬상관과 고체 IMAGE SENSOR로 분류할 수 있다.

촬상관은 TV를 중심으로 화상 처리 기술을 구사한 계측, 제어, 인식등의 분야에서 널리 사용되고 있으며 많은 응용 기술이 발전되어 왔다. 고체 IMAGE SENSOR는 소형, 경량, 고신뢰성, 저 소비전력, 저전압 동작등의 많은 잇점을 가지고 있으며, 제어 분야의 SENSOR로서 널리 사용되고 있다. 고체 IMAGE SENSOR(이하 IMAGE SENSOR)는 MOS(Metal Oxide Semiconductor)형과 CCD형이 있으며 기하학적으로는 LINE형과 AREA형으로 구분된다.

MOS형 IMAGE SENSOR는 P-MOS 구조가 주류이고 감광면은 PN 접합 Photo-Diode로 되어 있으며 Pixel Pitch는 15mm 정도로 대체로 크다. MOS형은 구동회로가 간단하므로 동작시키기 용이한 잇점이 있지만 출력 신호 레벨이 작고 고정 패턴잡음이 크며 감도가 낮으므로 출력 신호의 처리가 복잡하고 많은 광량을 요하는 결점이 있다.

CCD형 IMAGE SENSOR는 N-MOS 구조가 주류이고 감광부를 중앙에 끼고 CCD를 양쪽에 배치한 Double Read Output 방식을 채택하고 있다. 감광면은 종래의 MOS Diode에서 PN접합 Photo-Diode로 발전되었으며 Pixel Pitch는 7mm정도이다. 구동회로가 복잡하여 구동시키기 어려운 결점이 있지만 고정 패턴잡음이 없고 출력신호가 크기 때문에 신호처리는 간단하다. 또한 고감도이고 고속 주사가 가능하므로 급후의 정보 처리의 대용량화, 고속화라는 점에서 널리 사용될 것으로 기대된다.

(2) 광학적 특성

IMAGE SENSOR의 여러가지 특성을 이용하여 원하는 광학 정보를 검출 할 수 있다. 하지만 이 특성 때문에 사용 한계가 생길 수도 있다. IMAGE SENSOR는 노 광량의 빛의 세기와 전하 축적 시간에 비례하는 전하 축적 Mode로 동작하므로 출력의 포화 특성을 가진다. 입력광에 대하여 전하 축적 시간을 바꾸어서 Dynamic Range를 넓힐 수 있으며 일반적으로 50mm정도의 범위를 가진다. IMAGE SENSOR는 파장에 따라 다른 감도 특성을 가지고 있으며 소재가 Si 이므로 대개 400 ~ 1100nm의 가시광에서 근 적외까지 검출 할 수 있다.

IMAGE SENSOR는 가시광에 대한 감도 특성과 색 Filter와의 조합에 의해 색 인식이 가능하다. 즉 색 분해 Filter의 종류에 따른 각 색의 SENSOR 감도가 다르므로 각 색 Filter의 조합에 의해 피사체의 색을 분해하고 각각의 색 신호를 연산 처리함으로써 색을 인식 할 수 있다.

IMAGE SENSOR는 Linearity가 좋은 광전 변환 특성을 가지고 있으므로 농담의 검출이 가능하다. Pixel 배열 정밀도가 좋으므로 결상된 위치를 정확하게 읽을 수 있지만 Pixel 간의 감도차에 의한 약간의 불균일성과 장파장 성분에 대한 분해능 저하가 나타날 수 있다. 이상의 특성과 아울러 피사체의 포착법, 신호출력의 특징, 특성면의 특징, 기하 형상의 특징등을 이용하여 검출이 가능하다.

3. 정 중심확인 시스템의 구성

3.1 시스템의 개요

개발된 시스템의 기능은 다음과 같다. 탄화실로 부터 약6미터 떨어진 위치에(운전실의 전면) 2개의 CCD Camera를 설치하여 탄화실 입구를 스캔하고 이것을 DSP board 및 Image 처리 S/W를 통해서 탄화실 입구를 인식한 다음 위치 오차를 계산한다. 위치 오차를 계산하기 위해서는 2개의 Camera를 사용하여 압출기의 Ram과 탄화실 입구 좌우 Buckstay의 간격을 측정하고 이 차이를 이용하는 것으로 한다. 계산된 위치 오차는 MMI 화면을 통하여 오퍼레이터에게 디스플레이 되며, 위치 오차가 지정된 값을 초과할 경우에는 압출기 주행 Motor를 구동하도록 Controller에서 위치 오차 보정 신호를 Motor Controller로 내보내도록 한다.

Image처리 및 제어용 S/W는 Image인식, Filtering, Edge detection, 오퍼레이터 가이드용 MMI, 위치 오차 신호 계산 및 오차를 구동 Motor로 출력하는 기능을 가지고 있다.

3.2 시스템 구성

개발된 시스템은 탄화실 입구를 온라인으로 인식 가능하게 하기 위한 Vision system, 주행 PLC와 정보 교환을 위한 PLC Interface, 인식된 정보로 부터 탄화실의 중심과 압출기의 중심의 위치 오차 신호를 계산하여 위치 제어 정보를 내보내는 Controller 그리고 위치 오차 신호 및 작업 상태를 오퍼레이터에게 display해줄 수 있는 MMI System등이 있으며 H/W의 구성은 그림 1과 같다.

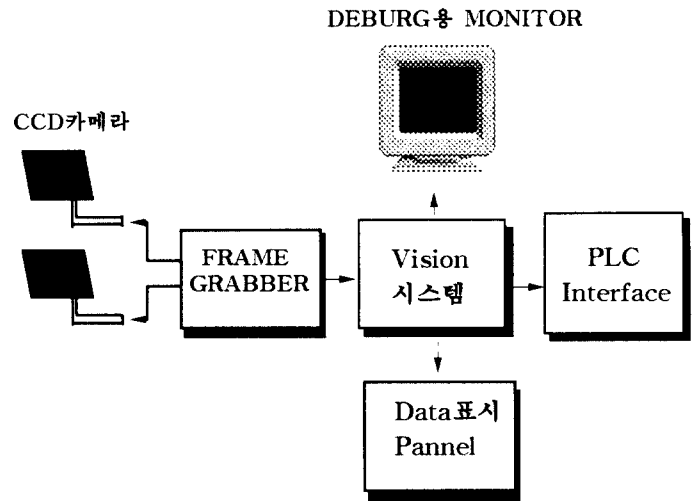


그림 1. 정 중심확인 시스템의 H/W 구성

개발된 정 중심확인 시스템의 제어 시퀀스는 다음과 같다. 매 작업마다 압출기가 해당 OVEN의 위치에 정지하였다는 신호를 PLC로 부터 받은후 2개의 Camera로 부터 압출기의 Ram과 탄화실 입구 좌우의 Buckstay에 대한 Image를 획득한다. 얻어진 Image는 Image 처리 S/W에 의해 전처리를 거친후 Image Processing 알고리즘에 의해 압출기의 Ram과 탄화실 Buckstay에 대한 Edge를 검출하게 되고 이것으로 부터 압출기의 Ram이 탄화실의 중심으로 부터 얼마나 벗어났는지를 나타내는 정중심 오차를 계산한다. 계산된 정중심 오차 정보가 지정된 크기 이상

이 될 경우에 위치 오차를 보정하기 위하여 압출기의 주행 PLC의 위치 제어 Block으로 보정 신호를 보낸다. 또한 계산된 위치 오차 신호는 조업자를 위해 MMI를 통하여 디스플레이 되며 각 OVEN별 오차 경향을 분석하기 위하여 File로 저장하여 두고 MMI의 이력관리 및 Historic기능을 이용하여 경향을 볼 수 있으며 조업 자료로 활용할 수 있다. 정 중심확인 시스템의 S/W의 구성은 그림 2와 같고 각 모듈별 기능은 다음과 같다.

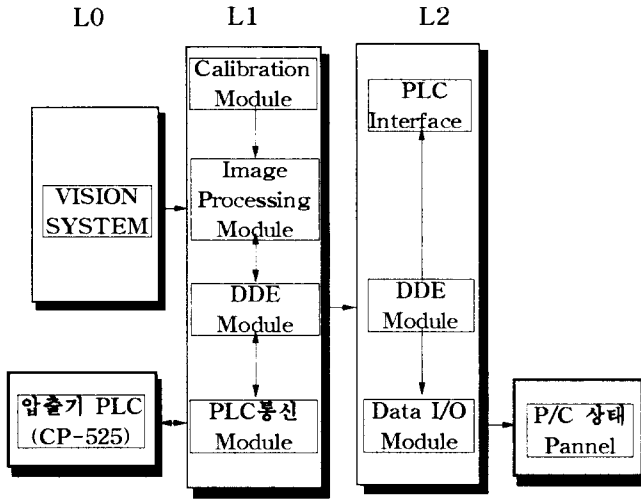


그림 2. S/W의 구성

(1)PLC와의 DATA LINK

기존의 압출기 PLC로 부터 압출기의 상태 정보 및 조업 상태 정보를 받아오며 계산된 정 중심 오차를 PLC로 보내는 기능을 한다. 기존 사용하고 있는 PLC는 Simens CP-525이며 사용 중인 프로토콜은 3964R을 사용하고 있다. 압출기의 상태 정보를 받아오는 시점은 해당 OVEN의 앞에서 압출기가 정지하는 시점이며 오차 신호를 보내는 시점은 정 중심확인 시스템에서 오차 신호를 계산한 시점이다.

(2)Calibration 기능

Camera 조정시에 변경된 사항을 반영하기 위하여 원하는 시기에 Calibration을 할 수 있도록 하는 기능을 두었다. 이것을 위해 압출기의 home position에 calibration board를 두었으며 좌우 각각에 대한 calibration을 독립적으로 수행하도록 하였다. Calibration 데이터는 File로 저장하여 두고 Image Processing후 위치 오차를 계산할 때 이 데이터를 이용하도록 하였다.

(3)Image Processing 기능

Vision 시스템으로 부터 얻어진 Image를 이용하여 정 중심 오차를 계산하는 부분이다. Image는 2개의 Camera를 사용하여 좌우에 대한 Image를 별도로 받아 들이며 processing을 위해 우선 File로 저장하여 둔다. 저장된 File을 open하여 buffer에 저장하여 두고 processing할 영역을 선정한다. 선택된 영역에 Edge detection 알고리즘을 적용하여 압출기의 Ram과 탄화실 Buckstay에 대한 Edge를 검출하게 된다. Edge가 검출되면 Buckstay와 Ram사이의 거리를 calibration 데이터를 이용하여 계산하며 좌우 각각 계산된 값에 대한 차를 함으로써 정중심 오차 값을 얻게 된다. PLC통신 부분과 Level 2 MMI 시스템과의 데이터 교환은 DDE(Dynamic Data Exchange)를 통하여 한다.

(4) MMI 기능

현재의 압출기를 포함한 이동기기들의 정보, 조업 상태 및 오차 신호를 운전자에게 디스플레이하기 위한 시스템이며 주요 화면으로서 압출기 monitoring화면, 이동기기 주행 monitoring화면, 압출기 정위치 monitoring화면, Historic Report 정보관리 및 Historic Trend화면 등이 있다. 그림3은 압출기 monitoring화면으로서 Leveller 및 Ram의 진행상태, 압출기를 포함한 이동기기들의 현재 위치를 나타내는 화면이다. 그림4는 각 이동기기들의 작업위치 및 정중심 오차를 보여 주는 화면이다.

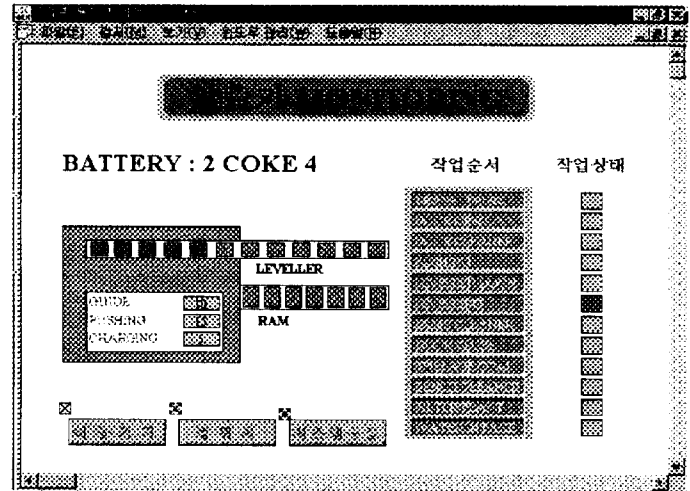


그림3. 압출기 monitoring 화면

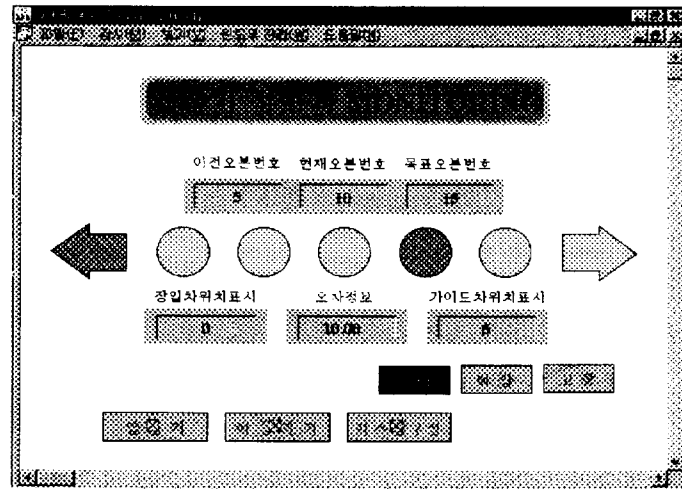


그림4. 압출기 정위치 monitoring 화면

4. 실험

본 논문에서 제안한 시스템의 성능을 입증하기 위하여 앞서 기술된 정 중심 장치를 제작하여 압출기에 설치하여 다양한 실험을 수행하였다. CCD Camera로 부터 얻어진 영상 정보는 Data Translation사의 DT3851-4비전보드를 이용하여 256농도 영상으로 처리하였고, 비전처리 알고리즘은 Industrial PC상에서 C 언어로 작성되어 수행되어 졌다.

그림 5는 이렇게 하여 얻은 영상에서 비전처리 알고리즘을 이용하여 Coke Oven Buckstay와 RAM Head부를 처리한 예를 보여준다. 이 그림에서 보여지는 직선은 비전처리 완료 후 정지 정도 계산에 사용되어 지는 Edge 검출의 결과이다. 이렇게 검출된 오차정도에 따라 위치 보정신호를 압출기 주행 제어장치에 입력하게 된다.

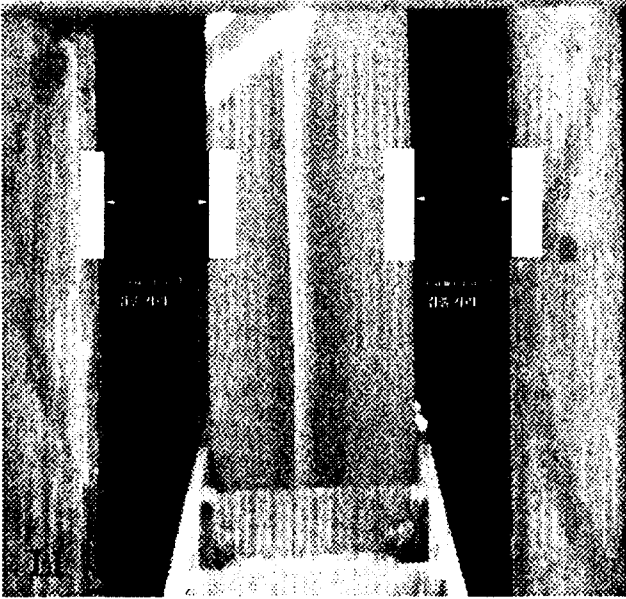


그림5. 실험결과

5. 결론

본 논문에서는 압출기 압출 작업시 OVEN내의 수축 팽창으로 인하여 탄화실의 중심과 Ram의 중심이 일치하지 않는 문제에 대하여 영상 처리 기법을 이용하여 코크스로 압출기의 정 중심 위치 확인 및 보정을 할 수 있는 제어 시스템을 개발하였다. 이러한 정중심 확인 장치를 현장에 운용함으로써 정위치 오차 정도를 줄일수 있을 뿐만 아니라 압출기 작업의 신뢰성을 더욱 확보할 수 있으며 장래 자동화 운전에 필수적인 요소 기술로서 작업 신뢰성 확보가 가능하다.

참고문헌

[1]. Masao Matsunaga, Hiroshi Uematsu, Yoji Nakagawa and Yuji Ishiharanguchi, "Development of Automatic Operation System for Coke Oven Machines at Yawata Works of Nippon Steel Corporation", *NIPPON STEEL TECHNICAL REPORT*, 1989

[2]. Michio Honma, "Development Of Attitude Control for Coke Oven Door Lifter", *CAMP-ISIJ*, Vol. 7, 1994

[3]. Taiyo Matsuo, Yoji Nakagawa, Yoichi Naganuma, Keihachiro Tanaka, "Automatic Coking Control System", *NIPPON STEEL TECHNICAL REPORT*, No. 35,

October, 1987, p 52- 55

[4]. N. F. Simonov, O. N. Pankrat'ev, L. A. Bannikov, E. I. Slatin and G. I. Parfenov, " set of New Functional Blocks For Automatic Remote-Control System for Coke-Oven Machines ", *Koks i Khimiya*, No. 5, pp. 38-40, 1979

[5]. Ikuo Komaki, Kazuaki Furuta, Akikazu Nakazaki, Yasunori Yamamoto and Takatoshi Seki, " Improvement Of A Coke Plant Control System By Artificial Intelligence Technology", *NIPPON STEEL CORPORATION, Ironmaking Conference Proceedings*, 1991

[6]. Hitoshi Tanabe, Hironobu Oshima, Hitoshi Tanaka, Hirishi Obata, Busei Takojima and Yoshikazu Utugizaki, " Operation Planning System For A Coke Plant ", *Ironmaking Conference Proceedings*, 1990, pp 113-120

[7]. Michio Tanino, Minoru Sugawara, Akio Yokokawa, Hiroshi Takahashi, " Automatic Operation System For Coke Oven Machinery ", *Ironmaking Conference Proceedings*, 1988, pp. 109-115

[8]. Michio Honma, Shizuki Kasaoka, Makoto Hamaki and Sakae Tamura, " Automatization Of Equipment To Reduce Physical Labor At Coke Oven Batteries ", *Ironmaking Conference Proceedings* ", 1991, pp. 247-252

[9]. S. Ito, S. Mochizuki, F. Murakami, K. Oki, Y. Takanohashi and Y. Konno, " Automation Of Operations Of Coke Oven Machines ", *2'nd International Cokemaking Congress*, pp. 206-215

[10]. Buichi Yamamoto, Yasuyuki Higashikawa, Yoichi Kurihara, " Automatic Operating System Of Coke Quenching Locomotives ", *Ironmaking Conference Proceedings* ", 1990, pp. 81-88

[11]. Y. Naganuma, H. Takahashi, H. Ogai, K. Tanaka and S. Masuda, " Some Steelmaking Process Simulators And Their Application ", *IFAC Automation In Mining, Mineral and Metal Processing*, Tokyo, Japan, 1986, pp.423-428

[12]. Hitoshi Tanabe, Hironobu Oshima, Hitoshi Tanaka, Hiroshi Obata, " Operation Planning System for A Coke Plant", *Ironmaking Conference Proceedings*, 1990, pp. 113 - 125

[13]. H. S. Kim, Y. S. Cho, R. Worberg, K. P. Leuchtman, " Process Automation Of Coke Plant At Kwangyang Steel Works/South Korea ", *Ironmaking Conference Proceedings*, 1989, pp. 435-447

[14]. J.H. Jeon, I.S. Choi, "A Development of Center Position Control System in Coke Moving Machines", *POSCO Technical Report*, 1996