압연기술의 미래개척, 이준정, 황상무 편
한국소성가공학회, 대한금속학회 1999 pp.208~216

POSCO 광양 4냉연공장의 ROLL SHOP 자동화 운영기술

이훈휘*, 최병조*, 조뇌하*, 김익준*, 조병용**
광)냉연부, 포항제철(주)*광)전기제어설비부, 포항제철(주)**

Roll Shop Automation of Newly Completed No.4 CRM of Kwangyang Works, POSCO

H.H.Lee*, B.J.Choi*, N.H.Cho*, I.J.Kim*, B.Y.Cho**
Cold Rolling Dept. Kwangyang Steel Works, POSCO
Electrical Control Maintenance Dept. Kwangyang Steel Works, POSCO

Abstract

Nowadays customer's needs for high surface quality steel sheet has greatly increased, so it is necessary to pay more attention to the roll grinding, texturing and handling. POSCO can acquire high surface quality roll and high productivity through World-first fully automated Roll Shop system which had been constructed '94.10.1 ~ '97.8.28 at Kwangyang Works.

Roll Shop Automation System consists of Level-Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ control system and 23 automated machines. After the completion of the construction, the system started smoothly and keeps its operation with high productivity as expected. The installation of this system gave an epoch-making man power saving. This paper introduce its main facilities and operation.

Key words: roll shop, automation,control system, RSC(roll shop computer), PMI

1. 서론

다양한 제품에 대한 시장여건, 고표면품질을 요구하는 수요가의 NEEDS가 증가함에 따라 압연설비 전반에 대한 많은 진보가 있었다. 특히 고표면품질을 요구하는 냉간 및 조질압연 분야에서는 압연기에서 사용되는 ROLL에 대해서도 엄격한 품질관리를 요하고 있다. ROLL에 대한 엄격한 연마 및 조도 품질이 요구되고 있는 실정이다. 이에따라 기존의 ROLL SHOP 설비 및 ROLL 관리로 최적의 ROLL을 TCM 및 SPM에 공급하기 위해서는, ROLL의 표면품질 및 DATA관리 등을 하기 위한 운전자의 업무 부하를 과도하게 증가시킬 수 있다.

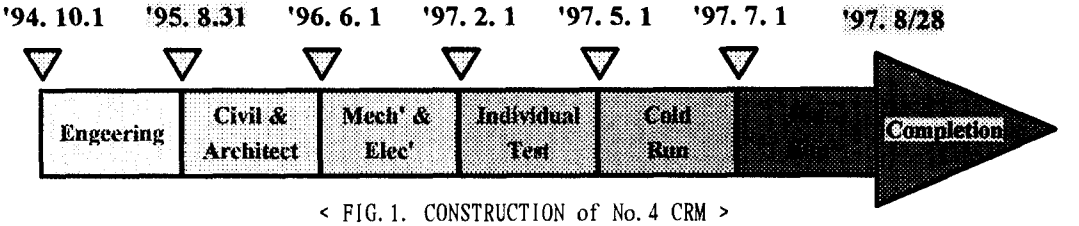
포항제철(주) 광양제철소 4냉연공장은 세계 최초로 ROLL SHOP 설비의 완전자동화를 구현하였다. ROLL SHOP 기능을 TCM ROLL 교환, TCM ROLL 반출입, TCM ROLL 가공, SPM ROLL 반출입, SPM ROLL 가공의 5가지 주요 기능으로 구성하였다. 조업 초기에는 LEVEL-Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ 제어시스템간의 통신 ERROR 및 설비 TROUBLE에 의해 작업상의 애로가 있었으나, 지속적인 설비 개선에 의해 자동화가 구현될 수 있었다. ROLL SHOP 자동화 설비의 시스템화는 ROLL SHOP의 노동생산성 향상 및 제품품질 향상을 달성할 수 있게 하였으며, 아울러 기존의 위험한 작업에 대한 운전자의 노출을 방지할 수 있게 되었다.

본 논문에서는 광양제철소 4냉연공장 ROLL SHOP 설비의 구성 및 가동현황에 초점을 두어 ROLL SHOP AUTOMATION에 대해 서술하겠다.

2. ROLL SHOP 시스템

2.1 4냉연공장 개요

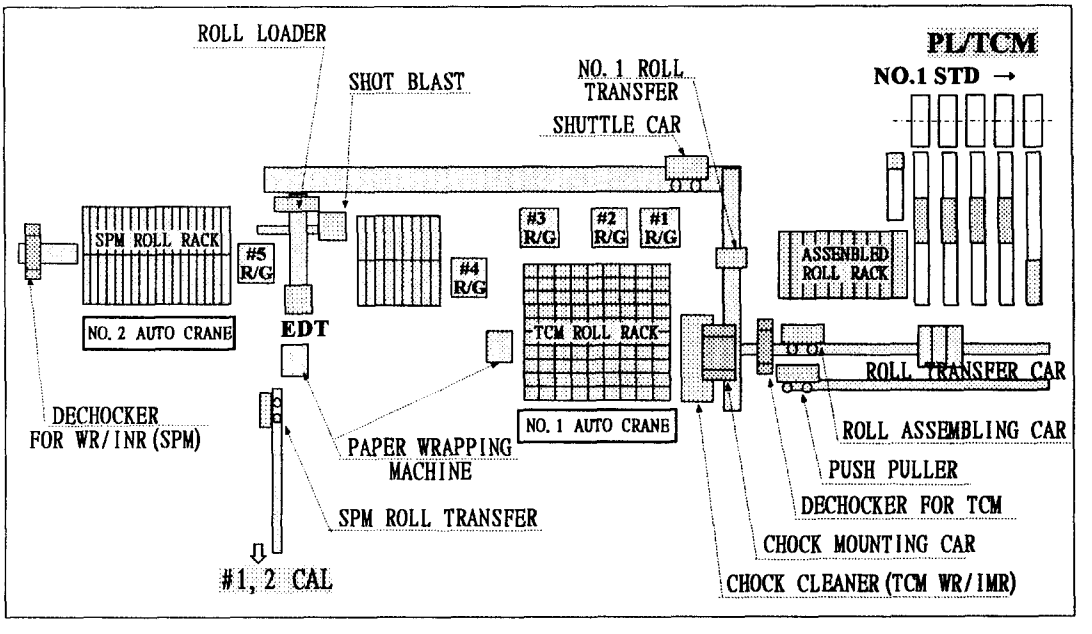
광양제철소 4냉연공장은 FIG.1에서 보듯이 '94.10.1부터 ENGINEERING 작업을 시작하여, '95.8.31 착공, '97.8.28 준공하였다.



< FIG. 1. CONSTRUCTION of No. 4 CRM >

2.2 ROLL SHOP LAY-OUT

FIG. 2 ROLL SHOP 개략적인 LAY-OUT에서 알 수 있듯이 ROLL SHOP 설비는 PL/TCM과 #1, 2CAL의 3개의 생산라인 중심에 위치하여, 각 압연기에 투입되는 ROLL에 대한 정비, 가공 및 반출입을 하게 된다. 4냉연공장은 고부가가치제품 생산확대를 위해 자동차 및 가전 외판재에 주로 사용되는 고표면품질의 제품을 생산하기 때문에 ROLL에 대한 관리가 보다 엄격히 요구된다.



< FIG. 2. ROLL SHOP LAY-OUT >

ROLL 이송에 있어서 주요한 설비는 #1, 2 NC CRANE, #1 ROLL TRANSFER CAR 및 SHUTTLE CAR로서, #1 NC CRANE은 PL/TCM용 ROLL, #2 NC CRANE은 CAL용 ROLL의 이송을 담당하며, #1 ROLL TRANSFER CAR는 PL/TCM용 ROLL의 반출입, SHUTTLE CAR는 2대의 NC CRANE 지역간 ROLL 이송을 담당한다. 이

외에도 ROLL 연삭을 위한 5대의 ROLL GRINDER, ROLL 표면 조도 가공을 위한 EDT, SHOT BLAST가 각 1대씩 있다. 이러한 설비들은 TABLE. 1의 5가지 주요 기능들을 담당한다.

< TABLE. 1. 5-MAJOR FUNCTION of ROLL SHOP AUTOMATION >

구분	기능 설명	자동화 관련 설비
TCM ROLL 교환	TCM에서 사용한 구ROLL을 ASSEMBLED ROLL RACK (ROLL 대기장소) 에서 대기하고 있는 신ROLL과 교환하여 TCM으로 즉시 투입 가능하도록 준비함.	ROLL TRANSFER CAR, PUSH PULLER
TCM ROLL 반출입	TCM ROLL 교환 후 ASSEMBLED ROLL RACK에 저장된 구ROLL을 TCM ROLL RACK (ROLL 저장소) 으로 반입하고, 신ROLL을 ASSEMBLED ROLL RACK으로 반출하여 TCM ROLL 교환에 대비함.	#1 ROLL TRANSFER CAR, ASSEMBLING CAR, PUSH PULLER, DECHOCKER FOR TCM, CHOCK MOUNTING CAR, CHOCK CLEANER, SHUTTLE CAR
TCM ROLL 가공	TCM ROLL RACK에 적재되어 있는 TCM용 구ROLL을 연삭 가공, 조도 가공, 종이포장 실시후 TCM ROLL RACK에 보관함.	#1 NC CRANE, SHUTTLE CAR, #1~#3 ROLL GRINDER, SHOT BLAST, EDT, ROLL LOADER, #1 PAPER WRAPPING MACHINE
SPM ROLL 반출입	SPM에서 사용한 구ROLL을 SPM ROLL RACK으로 반입하고, 신ROLL을 SPM에서 사용할 수 있도록 #1, 2CAL로 반출함.	#2 NC CRANE, SPM ROLL TRAVERSER, DECHOCKER FOR SPM
SPM ROLL 가공	SPM ROLL RACK에 저장되어 있는 #1, 2CAL용 구ROLL을 연삭, 조도 가공, 종이포장 실시후 SPM ROLL RACK에 보관함.	#2 NC CRANE, SHUTTLE CAR, #5 ROLL GRINDER, SHOT BLAST, EDT, ROLL LOADER, #2 PAPER WRAPPING MACHINE

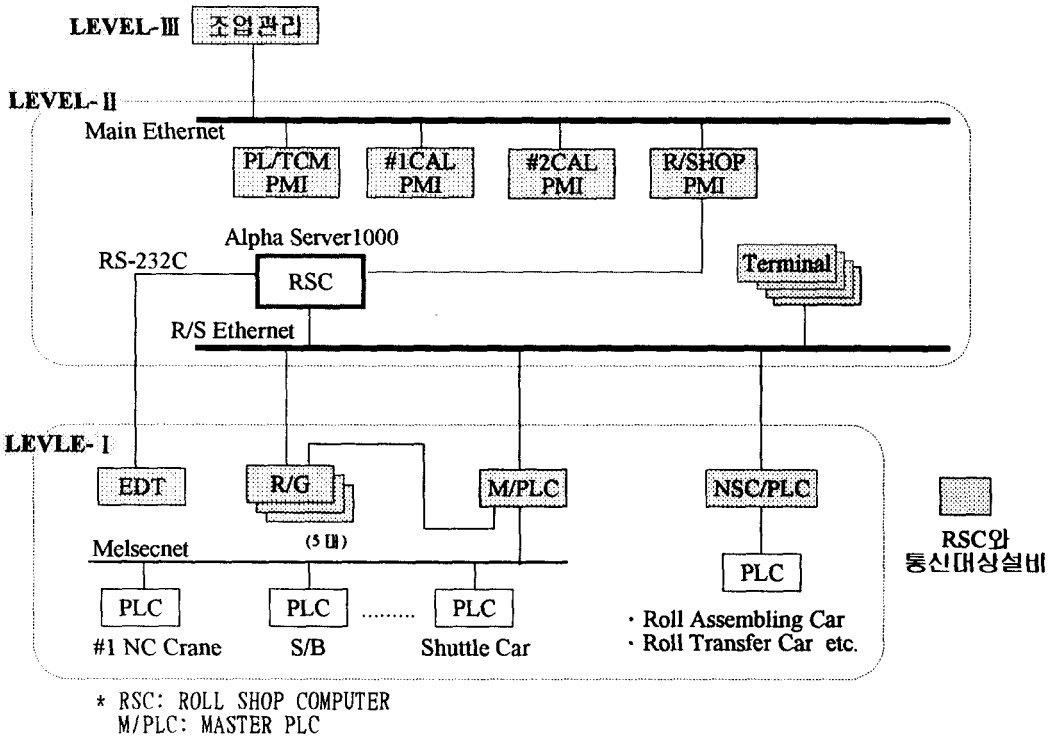
2.3 시스템 구성

FIG. 3은 ROLL SHOP 설비의 통신 시스템을 도식화한 것이다. ROLL SHOP 자동화 시스템은 LEVEL-Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ 제어시스템으로 구성되어 있다. ROLL SHOP PMI (LEVEL-Ⅱ) 는 ROLL의 기본관리 DATA를 등록하고, PL/TCM 및 #1, 2CAL 제어용 LINE PMI (LEVEL-Ⅱ) 나 상위의 LEVEL-Ⅲ (조업관리 시스템) 등과 통신을 수행한다. LEVEL-Ⅰ은 ROLL의 이송 SCHEDULE을 관리하고, 이송설비 등에 대한 분산제어 기능을 담당한다. RSC (ROLL SHOP COMPUTER: LEVEL-Ⅱ) 는 ROLL SHOP PMI를 통해 ROLL 정보 및 실적을 LINE PMI (LEVEL-Ⅱ), LEVEL-Ⅲ (조업관리 시스템) 와 통신하며, 각각의 자동화 설비를 제어한다.

2.3.1 LEVEL-Ⅲ 시스템 (조업관리 시스템)

RSC로부터 ROLL 가공실적 DATA를 수신하여 DATA BASE에 저장관리하며 ROLL 종류별 재고분석, 사용추이, 교대조별 작업실적 분석, 원단위관리 연결 등의 기능을 가지며 신ROLL, CHOCK, BEARING의 입고, 가공실적, 폐기 등의 상태관리 및 이력정보관리 기능을 같이 수행한다.

FIG. 3에서 보듯이 하위의 ROLL SHOP PMI (LEVEL-Ⅱ) 를 통해 가공, 정비실적 DATA를 수신한다.



< FIG. 3. CONTROL SYSTEM CONFIGURATION of ROLL SHOP >

2.3.2 LEVEL-Ⅱ 시스템(ROLL SHOP PMI & RSC)

RSC는 PL/TCM, #1, 2CAL PMI와 ON-LINE 접속되어 압연/ 소둔공정에서 ROLL 교체시, 압연기에서의 ROLL 사용실적 수신후 교환 SCHEDULE을 작성하고 교체대상 ROLL 및 이송 ROUTE 정보를 설정하면, PLC는 NC CRANE 등의 이송설비를 동작시켜 작업을 수행한다. 또 RSC는 설비운전 제어용 PLC (MASTER PLC, NSC PLC: LEVEL-Ⅰ), GRINDER CNC 및 EDT PLC와 동일 네트워크에 접속되어, ROLL SHOP PMI로부터 제공된 ROLL 반출입 SCHEDULE 정보를 수신하여 M/PLC에 작업지시를 설정하고 ROLL 가공 SCHEDULE에 따른 가공지시를 GRINDER 및 EDT PLC에 작업지시를 설정한다.

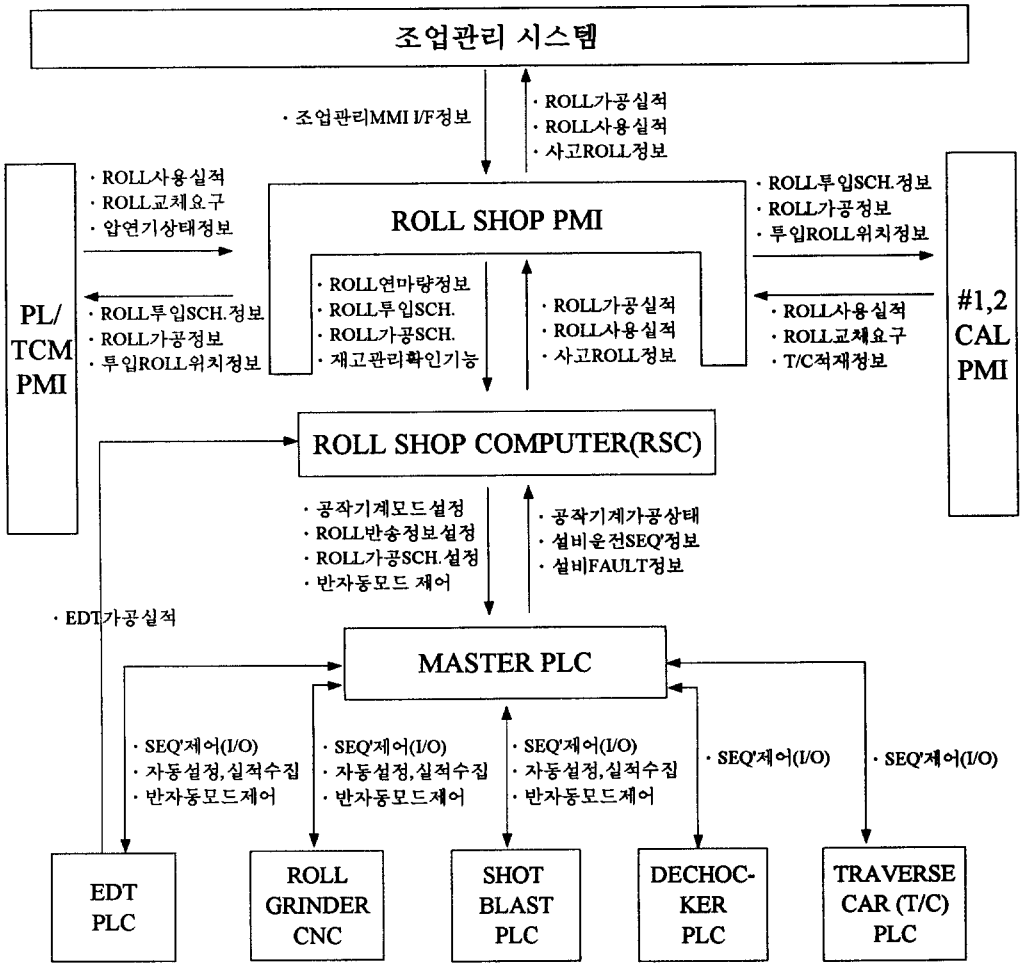
한편 운전자는 ROLL SHOP PMI에서 작성된 ROLL 이송 및 가공 SCHEDULE을 RSC CRT 를 통해 확인할 수 있으며, 운전자가 직접 자동운전에 개입해 운전상황에 따른 SCHEDULE 수정을 할 수 있도록 함으로써 긴급 작업대상 ROLL의 수급을 조정가능케 한다. 또한 RSC는 ROLL이송에 따른 이송설비상태 EVENT 및 ROLL 위치변경 정보를 정주기로 PLC에서 수신하여 ROLL 자동 TRACKING 기능을 수행한다. ROLL 가공에 있어서는 ROLL DIA', 표면조도 등 WR/IMR에 포함되는 정보를 ROLL 가공완료시 GRINDER로부터 자동수신하여 교환, 반출입 기초 DATA로 사용하며 ROLL DATA는 LEVEL-Ⅲ로 송신하여 DB관리를 통한 ROLL 원단위관리에 연결된다. 이외에도 각 설비의 자동/반자동/수동 모드 설정 기능 및 ALARM 관리기능을 가지고 있다.

2.3.3 LEVEL-Ⅰ 시스템

RSC로부터 ROLL SCHEDULE을 전송받으면 각 기기에 일련의 이송명령을 해석해서 설비운전 제어

용 PLC(MASTER PLC, NSC PLC)를 통해 적당한 TIMING에 명령을 전달하는 방식으로 각각의 이송기기에 대한 제어기능을 가진다.

FIG.4는 각 통신 시스템간 송수신 DATA를 도식화한 것이다.



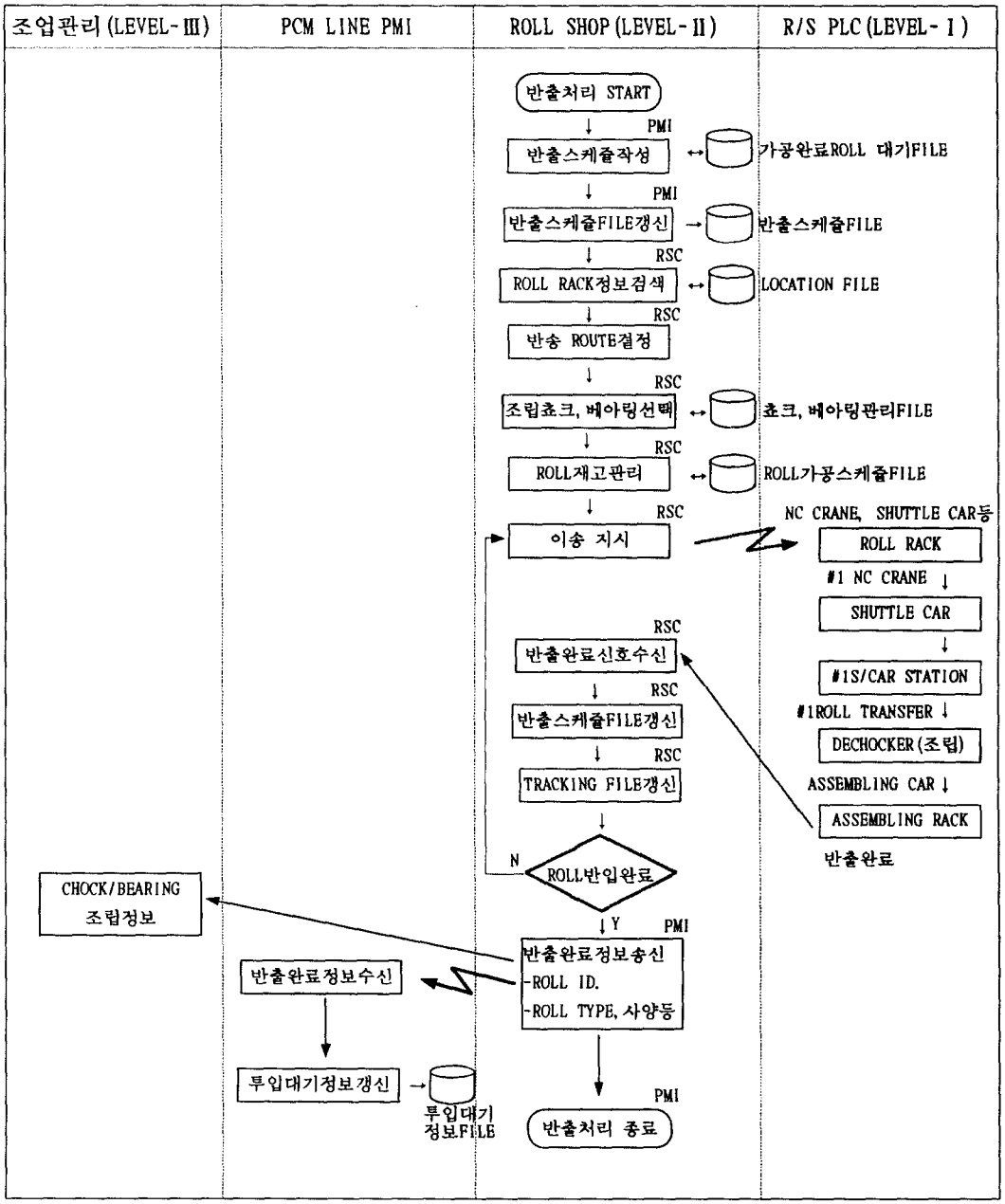
< FIG.4. DATA FLOW BETWEEN SYSTEMS >

ROLL SHOP 자동화에 있어서 주요한 5가지 기능들은 상기의 제어 시스템간의 유기적인 통신에 의해서 가능하다. FIG.5는 TCM ROLL 반출입 기능을 설명하기 위해 제어 FLOW를 예로 들은 것이다.

3. 자동화설비 가동현황

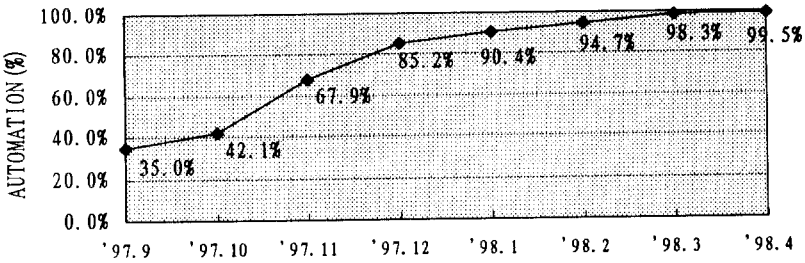
3.1 자동화 현황

FIG.6는 4냉연공장 준공후부터의 ROLL SHOP 자동화 상황을 보여준다. 조업 초기에는 제어시스템과 설비 자체의 TROUBLE에 의해 전체 운전중에서 약 35%만이 자동으로 수행되었으나, 이후 개



< FIG. 5. CONTROL FLOW of TCM ROLL MOVE IN/OUT PROCESS >

선이 진행됨에 따라 '97.12월에는 85.2%, '99.4월에는 99.5%를 달성하였다. 특히 TCM ROLL 교환 기능은 TCM에서의 압연 작업성에 직접적인 영향을 미치기 때문에, 집중적인 개선을 통해 조기에 자동화를 달성하였다. 자동화를 달성하는데 있어서 가장 TROUBLE이 많이 발생한 설비로는 #1, 2 NC CRANE, #1~5 ROLL GRINGER, #1 ROLL TRANSFER가 있으며, 전체 TROUBLE중에서 80% 이상을 차지하였다.



< FIG.6. OPERATION CONDITION of ROLL SHOP >

3.2 설비 개선

ROLL SHOP 자동화에 있어서 몇몇 주요설비의 TROUBLE 발생 유형 및 설비 개선에 대하여 살펴보고자 한다.

< TABLE.2. TROUBLE-SHOOTING >

자동화 설비	TROUBLE 발생원인 및 유형	개선 내용
#1 NC CRANE	CRANE RAIL 높낮이와 평행도 불균일에 의한 CRANE 유동 발생 및 SENSOR류 오동작 발생함	RAIL 조정에 의한 유동 제거 및 SENSOR류 TYPE변경/보완을 통하여 오동작을 방지함
	전기적인 노이즈 발생으로 CRANE이 이동중에 위치 감지 불가능해짐	전원 케이블과 제어 케이블을 분리 재포설하여 노이즈 감소시킴과 동시에 CRANE WHEEL에 위치확인 기능을 추가함
#1~5 ROLL GRINDER	ROLL 연삭후 ROLL NECK END부 위치가 압연기 스핀들 연결부와 상이함에 따라 운전자의 수동개입이 필요함 ;ROLL ASSEMBLING CAR에 교정설비가 있으나 ERROR가 빈발함	ROLL GRINDER상에 ROLL NECK 감지 시스템을 도입하여, 연삭 완료와 동시에 NECK END부 위치를 조정하도록 함
	ROLL GRINDER와 NC CRANE간의 통신불량에 의한 충돌 발생	각 설비 PLC간의 통신확인 기능 보강함
#1 ROLL TRANSFER	ROLL을 LOADING한 상태에서 90°회전시 발생하는 진동 및 정지위치에서의 BACKLASH에 의해 정확한 위치에 정지못하는 경우 빈발함	정지위치에서의 속도조정 및 잠금장치의 정밀도를 향상시킴.

3.3 품질 현황

시스템 자동화율이 향상됨에 따라 ROLL 품질관리가 더욱 체계화될 수 있었으며, 이를 통해 ROLL의 진원도, 조도, PPI가 향상되었다(TABLE.3). 매우 균일한 진원도의 ROLL을 TCM에서 사용함에 의해 냉연 F/H재의 두께편차는 현저히 줄어든 수준이며, 또한 EDT설비로 가공한 SPM ROLL의 균일한 조도 프로파일은 고선영 CR제품을 생산가능하게 하였다.

< TABLE. 3. QUALITY of ROLL and SHEET SURFACE >

<table>
<tr><td>항목</td><td>ROLL 품질</td><td>항목</td><td colspan="3">제품 품질</td></tr>
<tr><td>WR DIA'</td><td>450~530 (TCM WR)
460~510 (SPM WR)</td><td rowspan="2">F/H 두께편차
(제품두께
:0.4~0.6mm)</td><td colspan="3" rowspan="2">0.501% 0.495% 0.420%</td></tr>
<tr><td>진원도</td><td>≤ 10/10000</td></tr>
<tr><td>Ra편차 (EDT사용)</td><td>목표조도 ±0.1㎛이내</td><td>'98.1/4</td><td>2/4</td><td>3/4</td></tr>
<tr><td>PPI (EDT사용)</td><td>240peaks (Ra 2.3㎛)</td><td>CR 고선영성
('98.12)</td><td colspan="3">Wca;0.48㎛ (기준;≤0.6㎛)</td></tr>
</table>

4.향후 계획

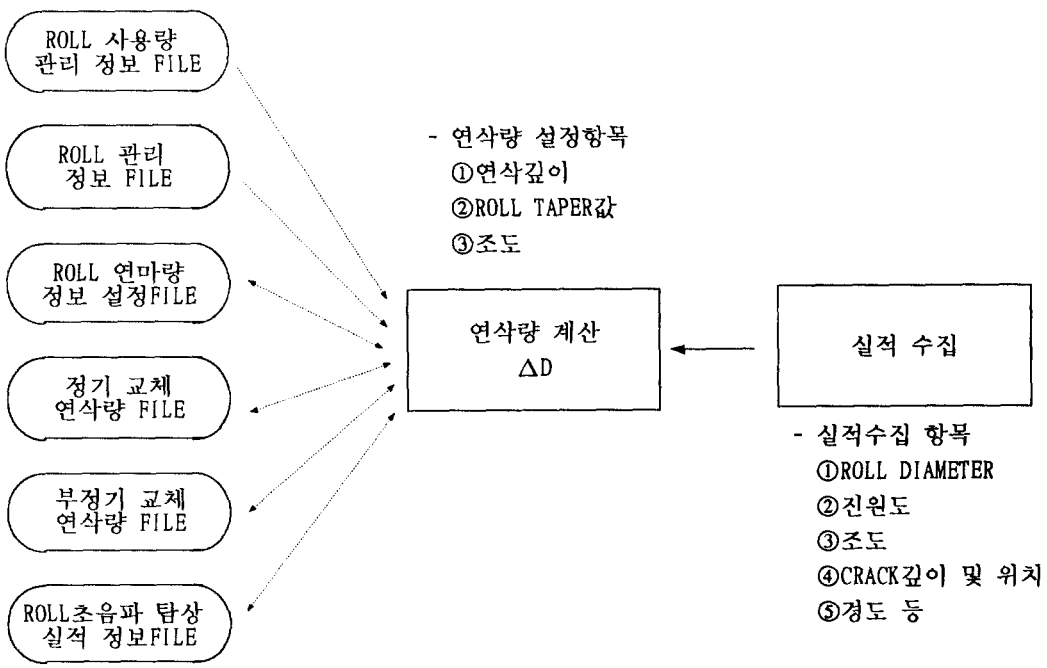
● ROLL 자동연삭 모델 구축 및 TUNNING

ROLL GRINDER에서의 연삭량 자동설정 기능을 추가하기 위한 작업을 진행중에 있다. 연삭량 계산은 식(1)과 같은 기본식과 가중치 TABLE로 구성되어 있다.

$$\Delta D(\text{연삭량}) = S(\text{최소기본 연삭량}) + \alpha(\text{가중 연삭량}) \quad (1)$$

최소기본 연삭량은 ROLL의 초기 연삭에 해당하는 양이다. 가중 연삭량은 가중치 TABLE의 5개 항목을 조합하여, 연삭 대상 ROLL이 어떠한 조건에서 작업되었는지에 대한 가중치를 구하여 해당하는 량만큼을 최소기본연삭량에 추가하도록 되어 있다. 5가지 가중치 항목은 ①누적 압연톤수, ②누적 압연길이, ③STAND별 압연하중 영향도, ④작업단위 평균 YP(항복강도), ⑤WORK ROLL 경도이다. 즉 압연기에서 사용된 ROLL의 피로층 깊이는 상기 5가지 요인에 의해 달라지기 때문에, 실제 사용 실적에 따라 가중 연삭량은 달라지게 되는 것이다.

식(1)에 의해 1차 연삭이 완료된 실적정보를 수신하면 자동 초음파탐상기에 의한 CRACK정보를 검색하여 최대 CRACK깊이가 LIMIT값 초과시 CRACK이 없어질 때까지 계속 재가공을 실시하도록 되어 있다. 처리 FLOW는 FIG. 7에서 간략하게 나타내었다.



< FIG. 7. CALCULATION PROCESS of GRINDING AMOUNT >

5.결론

이상에서 광양제철소 4냉연공장 ROLL SHOP 全SYSTEM의 자동화에 대해 소개했다. 준공후 8개월 동안의 설비개선 활동후 99.5%이상의 자동화율을 보이고 있으며, 다음과 같은 자동화 효과를 얻을수 있었다.

(1) ROLL 표면품질 향상에 의해 냉연 F/H제품의 두께편차 및 CR제품의 선영성이 향상되었다.

ROLL 진원도	F/H 두께편차 ('98.3/4)	CR 고선영성 ('98.12)
≤ 10/10000	0.420 %	Wca; 0.48㎛

(2) 자동화를 통해 16명(57%)의 노동력 절감을 이루었고, 이를 통해 노동생산성을 향상하였다.

기존 공장	4냉연공장	비고
7名×4조 (28名)	3名×4조 (12名)	ROLL SHOP 교대조 인원 비교

(3) 기존의 ROLL HANDLING시 발생하는 각 설비간의 간섭 요인을 제거시켜 각 설비의 작동 효율을 향상시켰으며, 이러한 개선작업을 통해 조업 및 제어 측면에서 ROLL SHOP 자동화 운영 기술을 확보할 수 있었다.

(4) 기존의 ROLL SHOP 설비 운전은 위험스럽고 거친 작업이었으나, 자동화를 통해 수동개입을 제거하여 운전자의 안전을 향상시켰으며 아울러 쾌적한 환경을 조성할 수 있었다.

(5) 세계 최초의 ROLL SHOP 전설비에 대한 자동화를 실현하였다.