아노드 자동투입 로봇 개발

Developement of Robot For Anode Auto - Injection

* 김대하 *, *신경철 *, *이성호 * *

* 광양제철소 설비기술부 전기계측기술팀 김대하(Tel: 790-4196; Fax:790-7000)
* 유진로보틱스 신경철(Tel : 02-894-9277-8;Fax:894-9279)
* 광양제철소 전기도금공장 이성호(TEL:790-3882; FAX:790-7000)

1. 설비개요

광양 EGL 설비는 제철소의 최종 공정으로서 제품의 품질 및 STR-IP표면이 중요시 되는 LINE이다.
자동차 및 가전제품의 수요가에게 품질 좋은 제품을 값싸게 제공함을 목적으로 하고 있으며, 전공정을 COMPUTER에 의해 자동운전되도록 설계 되어있다.
EGL 제품은 STRIP 표면에 전기분해에 의한 Zn도금및 Zn-Fe합금도금을 함으로써 기존의 STRIP 그자체보다 녹이 스는것을 방지하여 제품의 수명을 연장시키고 있으며 특히 PLATING CELL에서1차도금되었던 STRIP에 DOUBLE LAYER COATING 설비에서 2층도금을 실시함으로써 한층더 고품질의 제품을 생산할 수 있다.
시스템으로는 SCC를 중심으로 상위 B/C, 하위로 PLC(5), 계장 DDC인 CENTUM 으로구성되어 있다.
B/C로 부터 작업지시 DATA 수신에 의해 PLC에 각종 설정 DATA 를 송신하고 작업한 후에 PLC로 부터 여러가지 DATA 실적수집에 의한 편집으로 B/C에 송신하여 제품의 등급을 부여받고 있다.
CPU는 3SES로써 ON-LINE, BACK-UP CPU의 DUPLEX SYSTEM및 설비감시 CPU의 시스템으로 구성되어 있으며 하위 LEVEL인 입측, 중앙, 출측 PLC에 의해 각LINE의 계측기(두께계, 폭계, TR등)를 제어하고, 도금 PLC에서는도금에필요한 전류제어로 도금량제어를 하며, 또한 계장 DDC에서는 전기도금에 필요한 양호한 도금관리를 하고있다.
특히 EGL 설비에서 설비에서 치명적인 결함인 ARC-SPOT를 방지하기 위해서 도금용액 온도, TENSION, STRIP-ANODE 간격 등에 의한 EXPERT SYSTEM도 구축되어 있다.
전공정인 CAL에서 소재 공급을 받고있으며 소재 사양으로는 두께 0.3 ~ 2.3㎜, 폭 800~1860㎜ 로써 중앙 MAX SPEED 320M/MIN에 의한 년간 40만톤의 생산을 목표로 하고 있다.
도금방법에는 단면/양면/편차/이층 도금으로서 5~100g/㎡ 까지 도금할 수 있으며 도금종류로는 pure Zn및 Zn-Fe/Zn-Ni 합금도금 및 이층도금의 방법을 채택하고 있다.

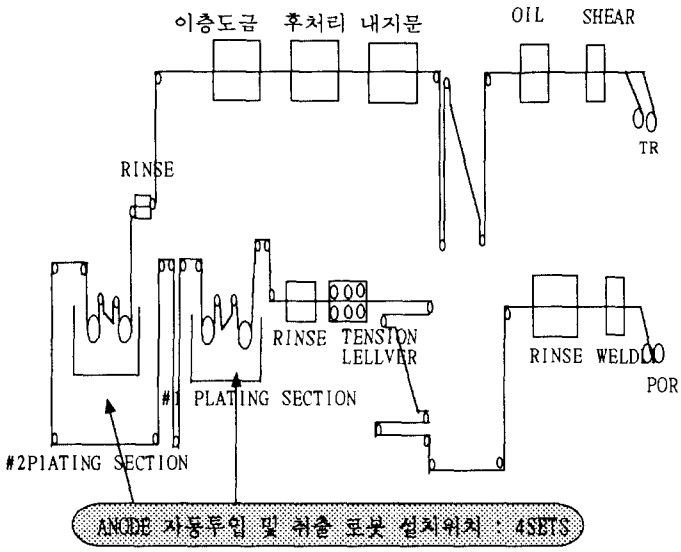

그림 1. ANODEE 자동투입 로봇 설치위치

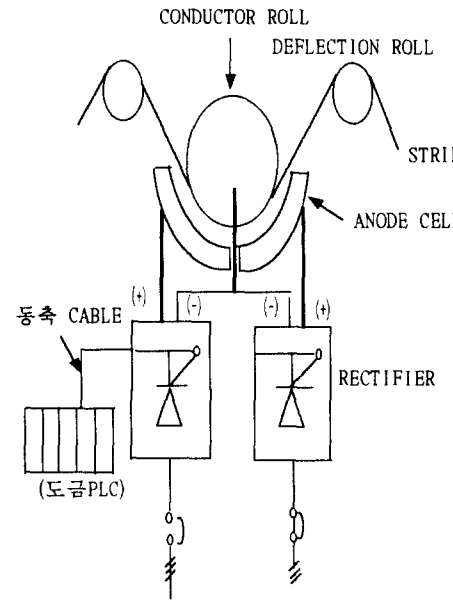

그림2. 도금설비구성

2. 현황 및 문제점

2.1 현황(그림 2 참조)
전기도금은 금속이온을 함유한 일정온도 이상의 전해액 속에서 STRIP에-극을 걸어주고 도금부원료인 ZN(또는 Fe) ANODE에 +극을 걸어주어 전기적인 힘으로 CR 강판에 Zn 또는 Fe를 도금하는 것이다.
도금작업이 진행되면서 금속이온 농도는 계속 감소하기 때문에 이의 보충을 위하여 ANODE의 투입은 필수요소이다.

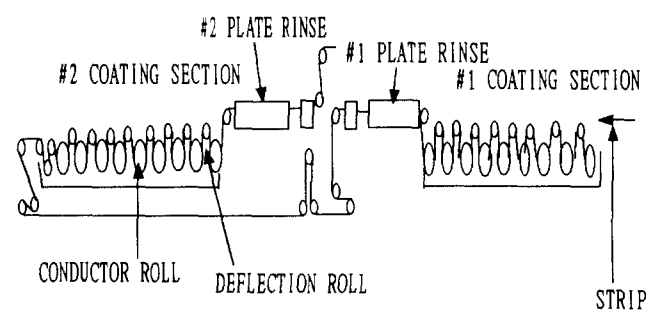

그림 3. 도금설비 LAY-OUT

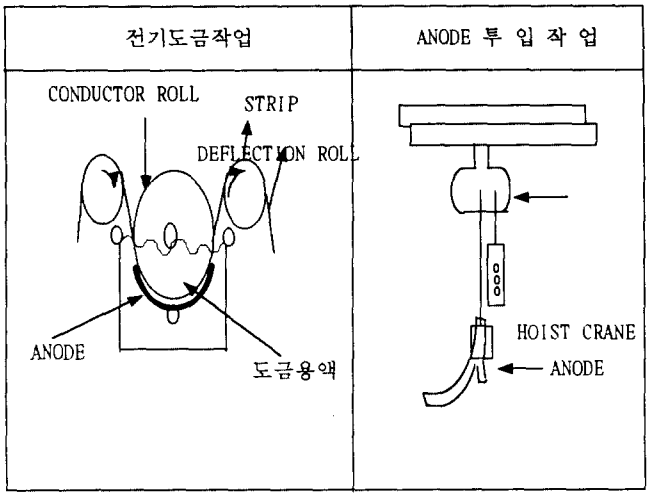

그림4. 전기도금작업 및 ANODE 투입작업

가. ANODE 투입 및 제거

① ANODE GAP은 20~30㎜의 일정간격 유지㎜

② ANODE는 BRIDGE당 11EA 투입

③ BRIDGE 폭은 200㎜로서 소모량을 SCC(상위 컴퓨터)에서 계산하여 10㎜ / 1회씩 20회 PUSH가 완료되는 시점에 ANODE PUSH CYLINDER는 HOME POSITION 으로 오고 반대쪽 PANEL (LOCAL CONTROL PANEL)에 ANODE REMOVAL SIGNAL이 점등하면, HOIST를 이용하여 운전자가 ANODE를 수동 작업으로 제거한 다음 CFM PUSH BUTTON을 PUSH 하면 반대편 CONTROL에 ANODE REQUE-ST LAMP가 ON 된다.

NEW ANODE는 HOIST CRANE로 ANODE를 HANGER에 걸어 장입한 후 REQUEST CFM BUTTON을 PUSH한다. 그러면 SCC에 의해 AUTO로 CONTROL 된다.

④ Fe ANODE시는 CONDUCTOR ROLL과 주변기기의 자성체 형성으로 투입 및 제거가 어려움으로 ANODE 전원을 OFF 해야만 한다.

나. ANODE 처리방법

PLAING SECTION 상부에 설치된 4SETS CHAIN HOIST를 사용하여 운전원이 수동으로 CLAMPING JIG를 이용하여 도금 CELL내부에 NEW ANODE를 투입하고 소모된 ANODE를 제거한다.

Table1. CHAIN HOIST CRANE 사양 Table

구 분	HOIST 사양
TYPE(형식)	ELECTRIC CHAIN HOIST(극동 HOIST))
용량 및 수량	1TON × 4SETS
경간(SPAN)	1.12m
HOISTING 높이	4m
SPEED	권상(6.4m/min), 횡행(12m/min), 주행(20m/min)
MOTOR 용량	HOISTING(1.3KW), 횡행(0.4KW) 주행(2×0.75KW)
CONTROL 방법	HOIST에 연결된 HAND PUSH BUTTON을 사용바닥에서 조정

Table2. ANODE 종류 및 형상 Table

ANODE종류	중 량	CELL당투입수	ANODE 형상
ZINC	179㎏	11EA	381
IRON	197㎏	11EA	702.2 816

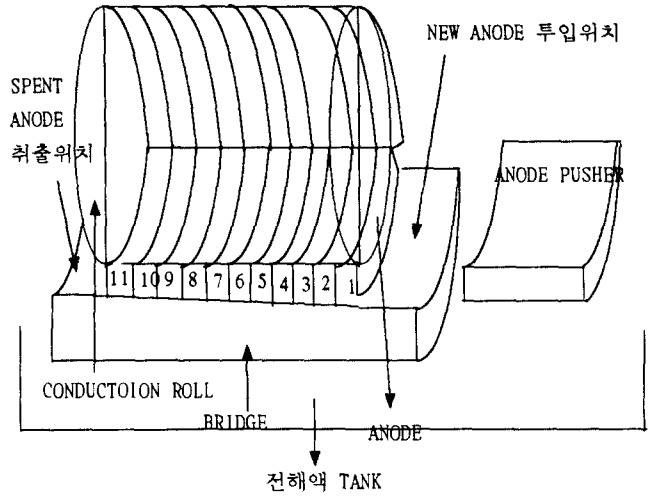

그림5. ANODE 관리

2.2 문제점

가. CELL 운전실에서 작업자가 SCC CRT 화면을 통하여 ANODE의 투입위치를 확인후 ANODE 투입 및 취출장소로 가서 HOIST CRANE으로 ANODE를 수동투입 및 취출

나. 작업자의 도금용액 FUME 접촉에 따른 근무환경 열악

노출된 고온의 도금용액(63±3℃)속에 ANODE를 투입 또는 취출 작업해야 하므로 비산되는 도금용액 FUME에 작업자가 접촉됨. 이때의 유해가스 농도를 측정해 보면 일반 대기중의 HCL 배출 관리농도는 10ppm 미만인데 순간적이지만 작업자가 노출되는 HCL 농도는 15-20ppm 으로서 인체에 유해할 뿐만 아니라 작업의 근무의욕을 저하시키는 요인으로서 작용하고 있음

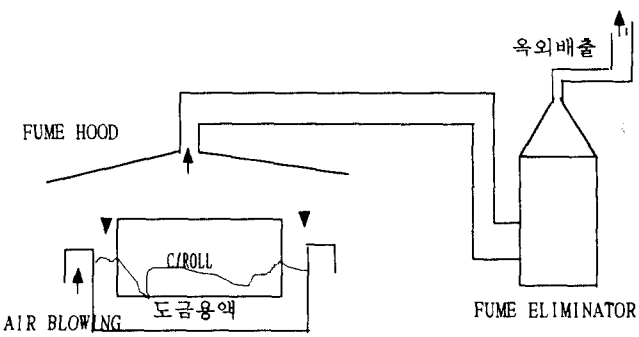

그림6. FUME의 옥외 배출 구성도

- 공장내의 도금용액 FUME 비산방지를 위하여 AIR BLOWING를 실시하고 있지만 ANODE 투입 및 취출 위치때문에 유해환경에 노출됨

다. ANODE 수동투입 및 취출에 따른 ANODE의 투입시기 부정확

Table 3. ANODE 투입개소

구분		ANODE투입개소	ANODE 취출개소	합 계
NO1. PLATING SECTION	W/S	9	9	18
	D/S	9	9	18
NO2. 2 PLATING SECTION	W/S	9	9	18
	D/S	9	9	18
합계		36	36	72

ANODE의 투입 및 취출개소는 72개소로서 현장 OPERATOR가 육안으로 교환신호(LAMP 점등)를 확인하고 일일이 수작업으로 교환함으로써 ANODE 교환 TIMING을 맞출수 없고 STRIP과 ANODE간 극간거리를 일정하게 일정하게 유지해야 하는 ANODE GAP의 차이가 발생하므로 EDGE BURING등의 품질결함이 발생함

- ANODE PUSHING에 의한 극간 제어

COIL의 폭 방향으로 도금 부착량을 일정하게 유지하여 고품질의 제품을 생산하기 위해 PLATING SOLUTION TANK내의 STRIP과 BRID-GE상의 ANODE간의 극간거리를 제어하는데 BRIDGE는 STRIP에 대해 경사가 이루어져 있어 STRIP 진행방향의 직교방향으로 ANODE를 PUSHING하는 것으로 극간제어를 한다.

ANODE는 도금시에 FARADAY 법칙에 의해 전기량(전류와 시간의곱)에 비례하여 소모한다.

따라서 MELPLC으로 부터 극간전압(STRIP:ANODE)과 BRIDGE 전류를 수신하여 COIL 폭에 따른 ANODE 소모량을 계산하여 개별 BRIDGE별로 ANODE PUSHING TIMING을 설정한다.

Table4. ANODE 투입시기 계산식 및 적용예

계산식	$T=1/60 \times \frac{\text{FARADY 상수}}{\text{도금율(G)} \times \text{BRIDGE CURRENT} \times \text{STRIP 폭} \times \text{PUSHING STROKE} \times \text{ANODE BRIDGE 기울기}} \times \frac{\text{ANODE 비중}}{1,000} \times \text{ANODE길이}$
적용예	$T=1/60 \times \frac{96,500C}{32.69 \times 22,000} \times \frac{7.133}{1,000} \times 1.605 \times 1219 \times 200 \times 1/50$ = 125분(약 2시간)

ANODE 투입장소에 작업자가 HOIST CRANE를 이용하여 NEW ANODE를 집어 BRIDGE 위에 놓은후 PUSHER PANEL내에 있는 PUSHER BUTTON을 누르면 NEW ANODE는 10㎜식 20TIMES 반대 방향으로 이동되는데 이때 반대방향 에서는 SPENT ANODE가 취출됨. 취출된 SPENT ANODE 또한 작업자의 HOIST CRANE에 의해 집어져 취출됨.

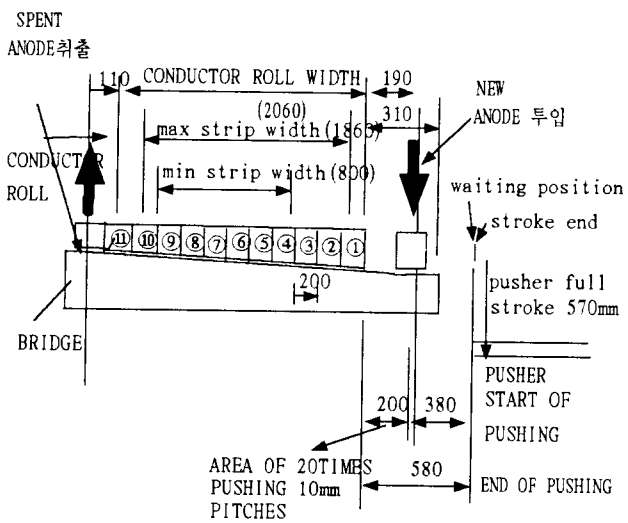

그림7. ANODE 받침대인 BRIDGE 구성도 및 PUSHING TIME 원리

라. 수작업으로으로 ANODE 교환에 따른 직영인원 과다소요

NO1, 2 도금 SECTION 근무자는 현재 조당 3명으로 주요작업내용은 ANODE 교환작업, 도금작업중 PLATING 설비조작 및 관리, 결함발생 요인제거작업등이나 주작업이 ANODE 교환작업으로서 본 ANODE 자동투입 장치를 설치 않고서는 인원합리화를 달성할 수 없음

마. 작업여건 불안으로 인한 안전사고 유발 위험 내재

3. ROBOT 구조 및 사양

3.1 ROBOT 구조

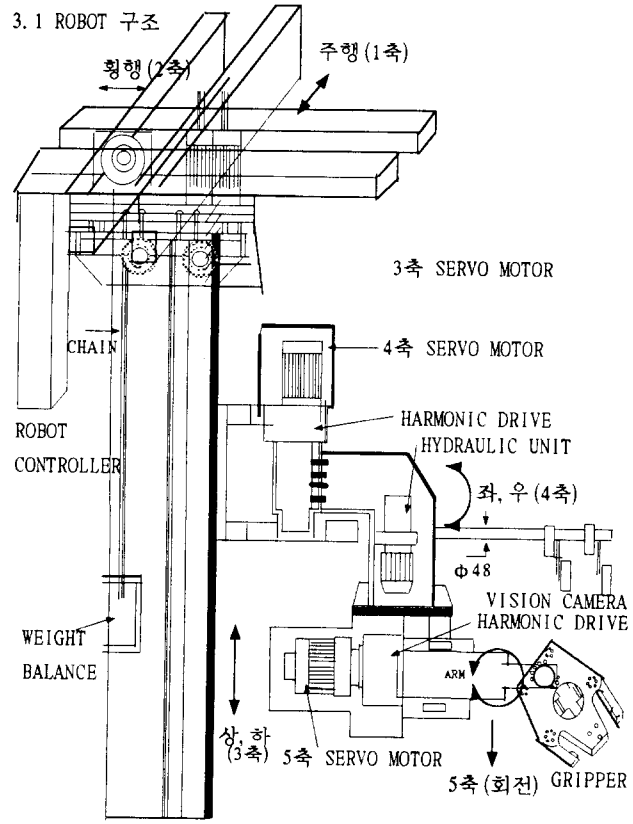

그림8. ROBOT SYSTEM 구조

3.2 ROBOT SYSTEM 기본사양

① ROBOT SYSTEM -. TYPE : GANTRY -. AC SERVO, 유압
-. 자유도 : 5 -. 가반중량 : 300kg

Table5. 로봇 각축사양

구분	TYPE OF MOVMENT	작동방식	최대속도	정도
1축	X(WHEEL MOVING)	ST 40,000 ㎜	500㎜/SEC	±1.0㎜
2축	Y(RACK PINION)	ST 5,000 ㎜	300㎜/SEC	±1.0㎜
3축	Z(BALL SCREW)	ST 12,000 ㎜	300㎜/SEC	±1.0㎜
4축	R1(SERVO MOTOR)	±110 °	45 °/SEC	±0.5 °
5축	R2(SERVO MOTOR)	±120 °	45 °/SEC	±0.5 °

Ttable6. MAIN CONTROLLER Table

항 목	품명및사양
CPU(ADEPT CONTROLLER)	MV-8, 68030
SYSTEM I/O MODULE (SIO)	1.44 MB FDD, 12INPUT, 8OUTPUT
CPU BOARD(030)	1 RS232C SERIAL PORT, 1 RS422/485 SERIAL PORT
VGB	1024×768 SVGA VIDEO OUTPUT
DIGITAL I/O	32 INPUTS, 32 OUTPUTS

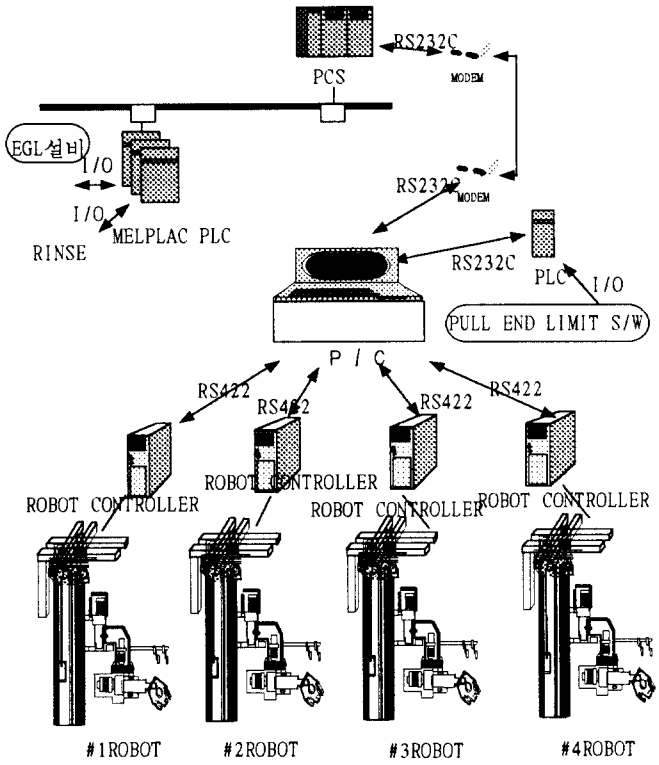

그림9. SYSTEM 구성

3.3 동작원리(그림3 참조:투입기준)

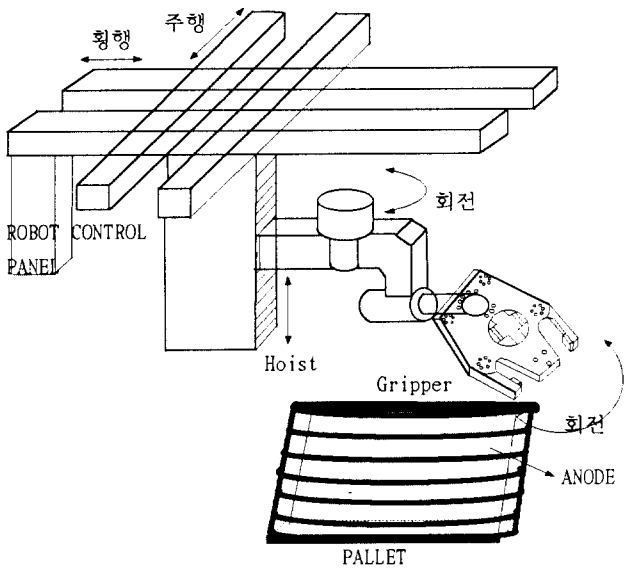

그림10. ANODE 자동투입 로봇 5축 동작

가. ROBOT CONTROLLER가 MALPLAC PLC로 부터 ANODE를 투입할 위치정보 수신

나. ROBOT가 ANODE를 투입할 CELL 위치로 주행

다. ROBOT를 PALLET 위치로 횡행

라. PALLET 위치에서 선정된 NEW ANODE를 VISION SYSTEM으로 인식하여 집적위치 결정

마. NEW ANODE를 GRIPPER로 파지, 권상, 횡행

바. 왼쪽으로 90 °위치로 권하하여 ANODE를 투입위치로 이동

사. GRIPPER로 ANODE 상, 하각을 조정

아. CONDUCTOR ROLL하단에 있는 BRIDGE에 ANODE 안착

자. ANODE 분리

차. HOME POSITION 위치로 이동

4. 기대효과

구분	투자전	투자후	비고
환경개선	운전자의 유해환경 노출	운전자의 근무환경 개선	-
근무인원	3×4	2×4	4명성력
품질향상	ANODE 투입·취출 TIMING 적중율 부정확 (EDGE BURING 발생)	ANODE 투입·취출 TIMING 적중율 정확 (EDGE BURING 발생감소)	-

5. 종합의견

전기도금공장 ANODE 투입 및 취출 자동화 사업은 ANODE 자동투입 ROBOT이 개발되어 적용되기전 까지는 국내에서 적용된 사례가 전혀 없었고 선진제철소에서 일부 적용된 사례가 있는 것으로만 알고 추진되었던 사업임.

이번에 개발하여 현장에 적용한 ANODE 자동투입 ROBOT은 가반중량이 300㎏이나 되는 이동형 특수 ROBOT로 국산화개발품 이지만 성능의 신뢰성이 입증되지 않는 상태에서 추진되었기 때문에 위험 부담성이 컸으며 완전자동화가 되기까지 많은 시행착오를 겪었음.

시행착오의 주요원인으로는 현장여건 즉 설비의 간섭, FUME에 의한 ROBOT의 고장 또한 ROBOT자체의 설계 MISS등 무수히 많았음.

이번 ANODE 자동투입 ROBOR 개발및 현장 적용으로 향후 확대적용시 시행착오에 의한 문제점을 최소화 할 수 있는 대책을 수립할 수 있는 좋은 기회가 주어져 '96.12.E 준공을 목표로 2차분 ANODE투입 자동화 사업이 진행중에 있으며 1차분과 시스템을 통합하여 보다 완벽한 자동화시스템을 구축할 예정이며 '97년도에는 포항제철소로 확대 적용할 예정임.

※ 신기술 적용분야

- ANODE 투입 및 취출 전용 GRIPPER 개발
- ANODE 투입 및 취출 자동 ROBOT 개발
- ANODE 투입 및 취출 제어기술 개발

※ 유사기술 적용사례

● U.S. STEEL(DESCO. EGL)

-. MAKER : 일본 KAYASAKI + 미국 RELIANCE

-. 5축 GANTRY ROBOT, PTP 제어

● 대만 CSC EGL

-. MAKER : 일본 KAYASAKI

-. 5축 GANTRY ROBOT, PTP 제어

참고문헌

【신경철, 김대하, 이성호, '전기도금 ANODE 자동투입장치' 제작사양승인서, 5-10, 1995】.

【김대하, '전기 °계측 °자동화 기술발표 자료집' P641, 2-13, 1996】

【김대하, '설비기술검토서', 4-8, 1996】