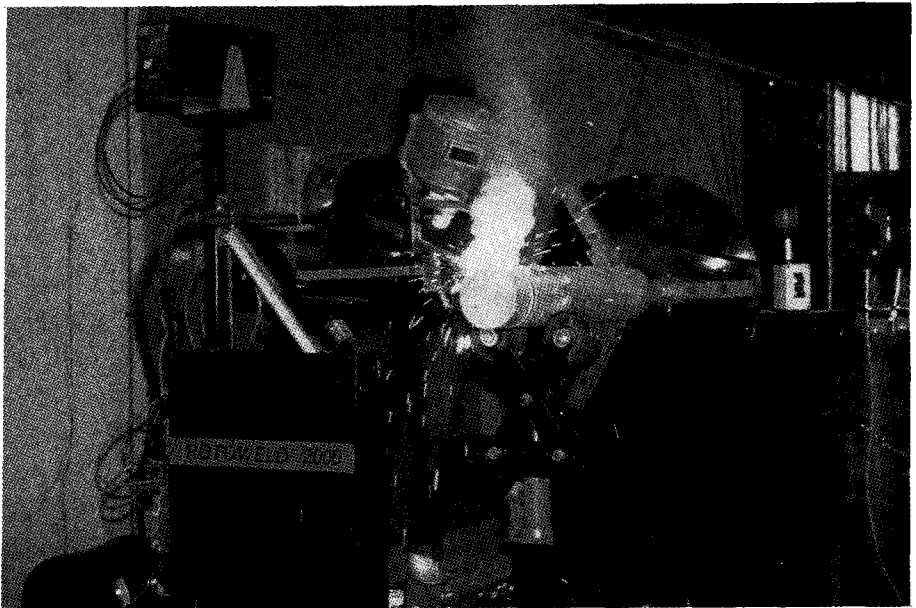


# 배관의 자동 용접화

김낙희/범호기업(주) 부장



철저한 품질관리에 의한 성실 시공, 안전 우선 시공에 따른 안전관리 등이 보편화 되어 있는 현시점에서는 공사관리에서의 우위를 점하지 않으면 안된다.

그러므로 각종 공사 방법이 개선되어야 하는 과정 중 일부분으로 배관의 수용집에 의존하는 기존 방법에서 탈피하여 자동 용접 SYSTEM을 이용함으로써 인력에 의존하는 공사에서 기계에 의하여 배관 및 용접시공을 이룩하여야만 시장 개방에 따른 타사와의 경쟁력이 보장되는 것이다.

## 요 지

시대적 변화에 따라 선도적 역할이 요구되는 국제적 경쟁하에서 우리 건설산업은 한정적인 부문에서는 기존의 고정관념에 얽매어 변함없이 근대적인 방법으로 공사를 수행하고 있는 바, 경영자 및 관리자 모두가 발전된 의식으로 전환되어야 한다.

이에 즈음하여 건설 시장의 기능인력난이 심화되어 노임단가가 계속 상승되고 있고, 계약된 공사금액으로 철저한 품질관리에 의한 성실 시공, 안전 우선 시공에 따른 안전관리 등이 보편

화 되어 있는 현시점에서는 공사관리에서의 우위를 점하지 않으면 안된다.

그러므로 각종 공사 방법이 개선되어야 하는 과정에서 일부부분으로 배관의 수용접에 의존하는 기존 방법에서 탈피하여 자동 용접 SYSTEM을 이용함으로써 인력에 의존하는 공사에서 기계에 의하여 배관 및 용접시공을 이룩하여야만 시장 개방에 따른 타사와의 경쟁력이 보장되는 것이다.

이에 따라 기능 인력의 동원도 수월해지고 기타 수반되는 전반적 사항이 변화가 예상되나 지속적인 연구와 기술적 보완이 요구되면 배관에서의 기계화 시공도 필연적이다.

이를 위해서는 협력사와 원청사간의 유기적인 협력 관계가 이루어져야 할 것이다.

### 1. 서론

국제 정세가 전 분야에 걸쳐 선진국의 개방 압력에 의한 시장 개방이 불가피하게 되어 건설 분야에서도 이에 대비하여 각 건설사 나름대로의 대비책을 강구하고 있는 상황이고, 플랜트 공사의 고급 품질과 고도의 기술을 요하는 배관의 자동 용접화를 이룩함으로써 건설 산업이 개방의 파고를 넘어서 재도약하기 위한 국제 경쟁력을 강화하게 되므로 기술 집약적이고부가가치 산업으로 성장하기 위한 업체 스스로의 자구 노력에 조금이나마 보탬이 되고자 한다.

### 2. 자동 용접의 필요성

지금까지는 근대적인 사고 방식으로 인하여, 좀더 발전되고 기계를 이용한 능률 향상, 건설 기술 향상, 시간 절약을 생각치 않고 모든 작업을 수작업에 의존하는 것으로 일관되어 왔으므로, 이러한 통례적인 관행을 탈피하여 가능한 한 자동화를 위해서는 우리의 의식 및 자동화의 당위성을 느끼고, 시행으로 옮겨져야 한다. 이러한 모든 것이 조화가 이루어지지 않는 한 제자리에

멈추어 있게 되므로 경쟁에서 뒤 떨어지는 결과가 된다.

우선 고급 플랜트인 원자력 배관 공사에서부터 당연히 자동 용접을 실시하면 적은 인력과 기계화된 작업으로 향상된 공사를 수행하게 되므로 공사비 절감과 공기 단축에도 기여를 하게 될 것이다.

### 3. 자동 용접 SYSTEM

우선 자동 용접기에 대한 구조를 살펴보면 다음과 같다. (그림 1 참조)

- 1) WIRE 송급 장치
  - 2) ARC 전압 조절 장치
  - 3) 이송 운전 장치
  - 4) TORCH 진동 조절 장치
  - 5) 제어 장치
  - ① ARC START 장치 (TORCH 반송 장치)
  - ② GAS PURGE 조절 장치
  - ③ TORCH 냉각 TANK, PUMP 조절 장치
- COMPLETE PIPE WELDING SYSTEM

#### 1) 주요 제원

<표 1> 참조

#### 2) 장치 교육

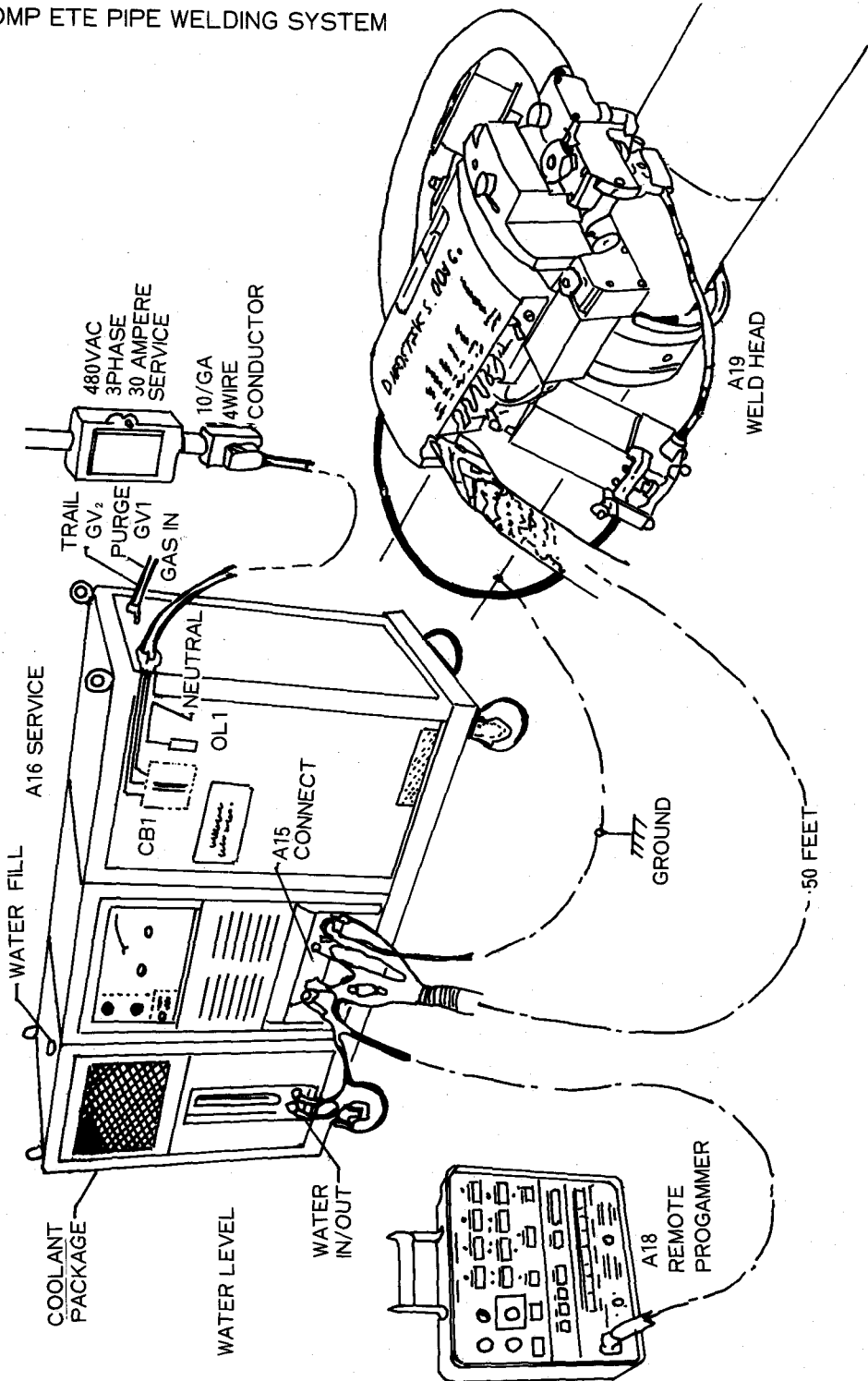
자동 용접 SYSTEM의 PROGRAMMING 및 작동, MAINTENANCE에 대한 소요 기간은 <표 2>와 같다.

일반적으로 자동용접은 작동자가 용접만을 수행하는 것으로 인식하고 있는바, 부분고장이나 수리를 요할시는 장시간 지체되는 경향이 발생할 수 있으므로 반드시 정비사의 교육을 실시하여 용접이 중단되어 오히려 연속 작업에 방해되는 경우가 발생치 않도록 세심한 주의를 기울여야 한다.

#### 3) 기능 (MANUAL)

1. POWER OFF : MACHINE MAIN SWITCH
2. WELD & TEST

<그림 1> COMPLETE PIPE WELDING SYSTEM



WELD - WELDING 하는 상태

TEST - MACHINE TEST

3. SEQUENCE START & STOP : SWITCH는 DATA가 입력된 상태에서 작동되고 멈춘다.

4. NUMERIC KEY PADS : KEY는 0~9까지 필요한 수치 입력한다.

5. PROGRAM : DATA 입력후 누르면 DATA SAVING되고 ENTER KEY 누르면

입력된 상태의MONITOR가 출력된다.

6. LIBRARY : OPERATOR가 원하는 두께를 선택하는 기능이 있다.

7. TORCH STEERING : WHEEL은 TORCH의 좌.우폭을 조절하는 기능이 있다.

8. ARROW DOWN & UP : DATA 입력 후 아래, 위로 PASSING할때 사용한다.

9. OVERRIDES : PROGRAM의 DATA OPTION시 원하는 기능을 조절 또는 수정시

<표 1> 주요제원

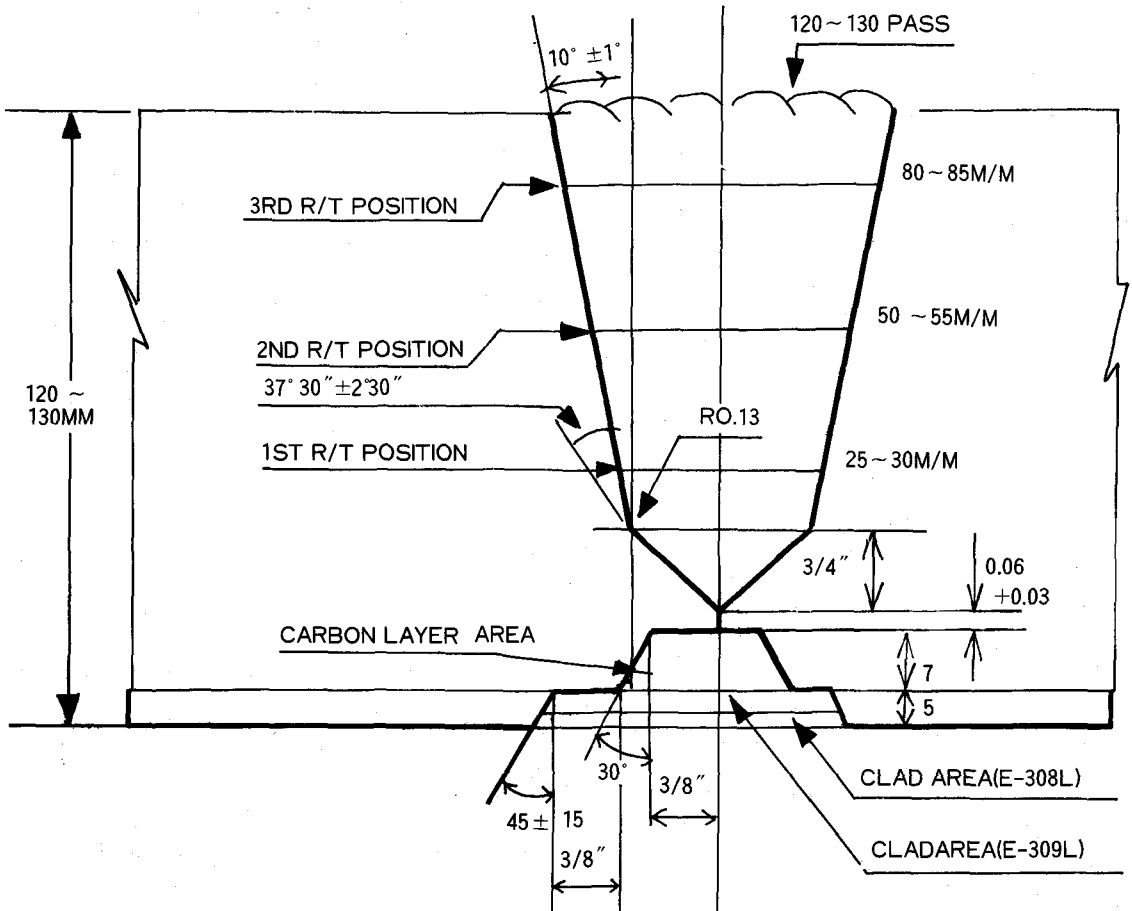
분 류	내 용	제 원
GENERAL	○ 작업 방법	GTAW (TIG)
	○ 작업 범위	PIPE SIZE : 0.2-64", TH'K : 4"이내
	○ 용착률	2 POUND/HR
BODY	○ 전체길이, 용접 HEAD무게	450 MM, 8.5KG
	○ WIRE 공급, WIRE 직경	양쪽방향, 0.8~1.2 MM
	○ WIRE 공급속도, 용접속도	0~100 IN/MIN, 0~20 IN/MIN
	○ 용접 CABLE 길이	11 M
ELECT.	○ 1차 전압, 1차 전력	380/440V, 8.3KVA
	○ 최초 전류	25~75 AMP
	○ 토치 정격	300 AMP, 100% DUTY CYCLE

NOTE : DIMETRIC INC. & ARC MACHINES INC. DATA

<표 2> 자동용접 시스템의 프로그래밍 및 작동, 메인テナンス 소요기간

순서	항 목	대 상 자		소요기간
		작 동 자	정 비 사	
1	SYSTEM의 기초치식및 기능, 기동방법 PROGRAMMING 절차	○	○	1~2일
2	동력전달및 CABLE, HOSE 연결 TRACK및 용접 HEAD 설치 방법	○	○	0.5일
3	모든 TORCH HEAD의 조절및 WIRE 송급조절 각종 제어 장치 기능 숙지	○	○	0.5일
4	ASME CODE에 의한 PROCEDURE 교육 작업위치, FIT-UP, 용접작업 구상 교육	○	×	0.5일~1일
5	FIT-UP, TACK용접, ROOT용접, 본용접 작업 작업순서및 매개변수 기록	○	×	7일
6	자동용접 SYSTEM의 정밀도 측정, 계기점검	×	○	1일
7	세부적인 기능및 계통 SYSTEM 부품 LIST	×	○	3일
8	주요ITEM및 세부 ITEM에 대한 고장	×	○	2일
9	전자및 기계정비(계획과 비상시)	×	○	2일

<그림 2> JOINT GROOVE DESIGN(42" HOT LEG ONLY)



사용.

10. AVC JOG UP/DOWN : KEY는 TORCH의 상.하 조절 기능.
11. WIRE JOG FEED/RETRACE : WIRE의 IN.OUT 조절 기능.
12. TRAVEL JOG CW/CCW : HEAD의 TRAVEL 방향을 조절하는 기능.
13. MANUAL PURGE : GAS 양을 확인하는 기능.
14. OSC MANUAL : TORCH WEAVING 폭을 OSC AMPL로 조절하는 기능을 갖는다.
15. STEER MODE : 7.항과 사용범위는 동일하며 TORCH가 좌.우 이동하지 못하며 고정

되는기능을 가진다.

16. MONITOR : PROGRAMMING이 SCREEN에 출력된다.

#### 4. 자동 용접

##### 1) 작업전 점검 사항

자동 SYSTEM의 용접전에 다음과 같은 주요사항에 대하여 정확한 점검후 작업에 착수한다.

- ① 배관의 FIT - UP 상태
- ② 용접할 세부적인 SPEC. 및 재질, 용접봉 선정
- ③ QA, QC, R/T담당자와 작업의 모든 사항이 의견 일치되어야 한다.

- ④ 용접기록 CARD (DOCUMENT)
- ⑤ 자동 용접기의 전압, 전류상태
- ⑥ 자동 용접기의 각 부분별 기능 상태
- ⑦ 작업장의 환기 상태

2) 용접 작업

상기의 점검사항이 확인되면 배관 용접에 필요한 전압, 전류, WIRE 송급, 재질 등 모든 자료를 입력하여 배관 용접 작업으로 출력하게 된다.

- ④ MACHINE CABLE을 사용할 시 비, 습기에 유의해야 하며 뜨거운 PIPE에 접촉되지 않도록 한다.
- ⑤ MACHINE을 이동 취급할 경우 진동 및 충격이 일어나지 않도록 주의한다.
- ⑥ OPERATING시 HEAD CABLE의 ROTATING이 잘되어 감기지 않는가 유의 확인한다.

5. 자동용접 효과

1) 용접 비교

순번	내 용	자 동 용 접	수 동 용 접
1	작업 내용	REACTOR COOLANT PIPE 28 POINT	28 POINT
2	작업 인원	○ OPERATOR : 2인 ○ HELPER : 1인	WELDER : 2인 HELPER : 2인
3	작업 효율	98%	65%
4	소요시간/1 POINT	49.3 HRS(8HR/일×6일)	160.9 HRS(8HR×30일)
5	MAN-HOURS/1 POINT	150.85 M/H(49.3HR×3인×2%활중)	868.86M/H(160.9HR×4인×35%활중)
6	LOOP TOTAL MAN-HOURS	4,224 M/H (150.85×28P)	24,328M/H(868.86×28P)
7	MAN-HOURS 비율	1 (AUTO.기준)	5.76

주) 이 데이터는 배관 F/T-UP과 NDE 작업 및 LOSS TIME을 제외한 순수 용접작업임

이때 작동자는 WIRE 송급 상태, 전류, 전압, 용접 BEAD 등 용접이 이루어지는 제반사항을 예의 주시하여야 하며 용접 시작과 중단 후 재작업 착수시 용접 결함이 발생될 우려가 있으므로 단순 용접만을 지향하여 작업의 숙련도를 높이는 것을 중점적으로 유지해야 한다.

-참고사항-

- ① PIPE FIT-UP 여건을 고려하여 2 PASS까지는 수작업으로 실시한다.(그림 2)
- ② OPERATING시 ALARM 소리가 발생되는 경우 DATA의 전달이 잘못된 것이므로 SEQUENCE STOP 하고 SOURCE PROGRAM으로 돌아와서 LAY-OUT을 확인한다.
- ③ OPERATING전 모든 외부 GAS CYLINDER 연결부의 누수를 항상 체크하고 데이터의 정확한 입력상태를 확인한다.

2) 장단점

- 장점 : 1. 공사비 절감 (수용접의 58.4%)
- 2. 공사 기간 단축
- 3. 기계화 시공으로 인한 경쟁력 강화
- 단점 : 1. 高價 장비로 인한 공사 초기 금액 투자(약 1억 2천만원)
- 2. 고장시 시간 지체
- 3. 용접 SYSTEM이동으로 인한 시간 소요 (FIELD 작업시)

3) 용접 효과

원자력 핵 배관의 28POINT를 기준으로 하여 수동용접과 자동용접을 실시한 결과 공사비에서 비중이 많은 노무비의 상당한 절감과 작업 시일도 대폭 단축할 수 있는 효과를 볼 수 있다. 아래의 표는 투입되는 비용과 작업 기간을 비교하여 작성한 자료이다.

<표 3> 용접효과 비교

단위 : 원

구 분		자 동 용 접	수 동 용 접	기 대 효 과
工 事 費	노 무 비	4224HR×4770원/HR	24,328HR×4770원/HR	▼ 95,896,080
		= 20,148,480	= 116,044,560	
	장비손료	120,000,000원/대*	1,150,000원/대*	▲ 45,983,568
		(2,860×10-7)*	(2,860×10-7)*	
		49.3HR×28P = 47,375,328	160.9HR×28P = 1,481,760	
소 계	67,523,808	117,526,320	▼ 50,002,512	
工 期		1380.4 HR	4505.2 HR	▼ 3124.8 HR
		(138일)	(450.5일)	(312.5일)

현재로서는 FILED에서도부분적으로 고압 PIPE에 작업이 실시되고 있으나, SHOP 배관 전 분야에서 이용되어야 하며 소구경에는 수용 접의 효율이상으로 상향시켜야 하는 보완사항이 과제로 남아 있다.

2) 기업 경영관리 개선

우리의 건설 산업은 건설 선진국에 비해 상대적으로 절약형 위주이며 건설 기계 및 장비 수준이 뒤떨어질 뿐만아니라 효율측면에서도 장비의 사용 효율이 낮다고 할 수 있다.

낙후되거나 노후화된 장비 및 기계에 대한 대체 투자를 기술 개발 차원에서 서둘러야 한다. 또한 더불어 최신 장비의 사용 효율을 극대화 할 수 있는 기술인력 및 조직관리에 대한 적극적인 투자가 필요하다.

꾸준한 기술 연마와 경험의 조화가 이루어 질 때 훌륭한 품질에 의한 상품으로 나타날 것이고, 아울러 자동 용접 SYSTEM의 작동과 유지 보 존을 모두 완벽하게 하여야 함은 물론이다.

기계적 용접 시공을 널리 보급하게 되면 용접 공사의 새로운 표준 방식으로 자리잡게 될 것이며 시간과 공사비의 실질적인 절감을 위하여는 지속적인 연구가 뒷받침되어야 한다.

6. 문제점 및 개선사항

배관의 자동 용접에 대하여 전반적으로 기술

하였으나 국내 PLANT 배관공사의 용접 자동 화를 수행하는 범위는 한정되어 있어 초보 단계 에 머물고 있으나 현실에 맞는 최고의 효율성 보장 및 기계화의 정착을 위하여는 지속적인 문 제점 보완 및 기술 연마가 선결되어야 한다.

현재 적용되고 있는 범위는 다음과 같다.

재질구분 : CARBON STEEL-SCH80 이 상

ALLOY STEEL-SCH80 이상

STAINLESS STEEL-SCH40 이상

규격구분 : 배관 10"(250M/M) 이상

1) 운영상 문제점

① 장비 가격이 고가이므로 전문업체 경영 규 모면에서 과감한 투자가 이루어지지않아 꾸준한 기술 연마 및 이용 범위가 소폭으로 경제적인 운용이 미흡하다.

② 기능 숙련으로 작동자는 향상된 면을 보여 주고 있으며 수용접 이상의 고급 품질에 주력하고 있으므로 고무적인 양상이나, 반면에 고장시 에는 사용 지역의 지리적 여건에 의하여 많은 시간을 요하므로 자체적으로 기능공 양성이 시 급한 당면 과제로 판단된다.

③ 배관의 완성을 위하여 용접의 자동화만 생 각치 않고 배관의 CUTTING, BEVELLING등 전후에 전개되는 모든 체계가 자동 SYSTEM 으로 운영될 수 있도록 일관성 체제가 되어야

한다.

④ 현재는 원자력 PLANT의 배관 용접에만 국한되어 있으나 화학 PLANT, 일반 PLANT 등 할 수 있는 기술 인력 및 조직 관리에 대한 적극적인 투자가 필요하다.

또한 건설 공사의 고급화 추세에 따라 경영 관리 기법도 과거의 방법을 과감히 탈피하여 신 장비, 신기술에 의한 공사 추진에 맞는 경영상의 리엔지니어링화 되지 않으면 안된다.

## 7. 결론

기술 발전 전략을 체계적으로 수행하기 위해

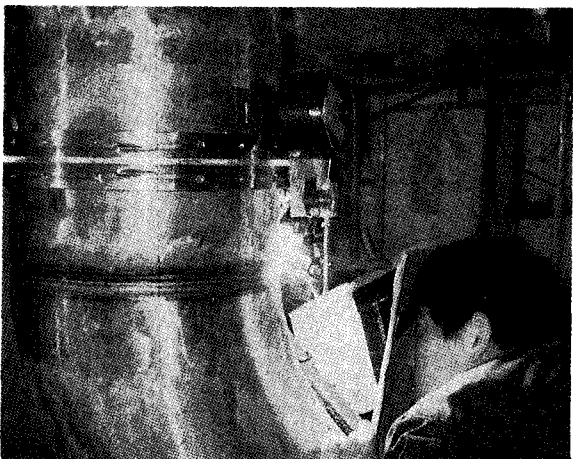
서는 조직력에 의한 기술 능력의 극대화를 도모 함은 물론 기술력 강화의 전략적 목표 달성을 위해 집중적인 투자가 우선되어야 선진 기술과 맞서는 우리의 기술 경쟁력을 높여 나가는 지름 길일 것이다.

그러나 중소건설업체의 공사 부문별로 불때 인건비가 차지하는 비중이 대부분이므로 시설투자, 기술개발투자, 장기전략투자등 많은 비용이 소요되는 부분에는 다음 기회로 미루는 경향이 있으나, 기업 경영에 있어 눈앞의 시야를 벗어나 중장기 계획을 수립하여 한 단계씩 처리하여 나가야 할 것으로 생각된다.

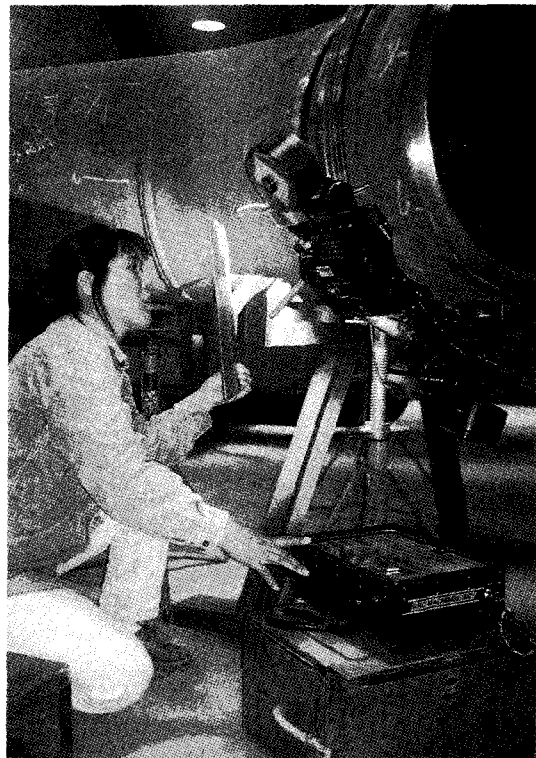
그러나 세부적인 REENGINEERING되지 않은 상태에서는 아무리 좋은 아이디어가 발표된다 하더라도 그내용을 연구 발전 계승하지 않으면 사장되고 말 것이다.



원자력 배관 SUS PIPE HOR. 용접



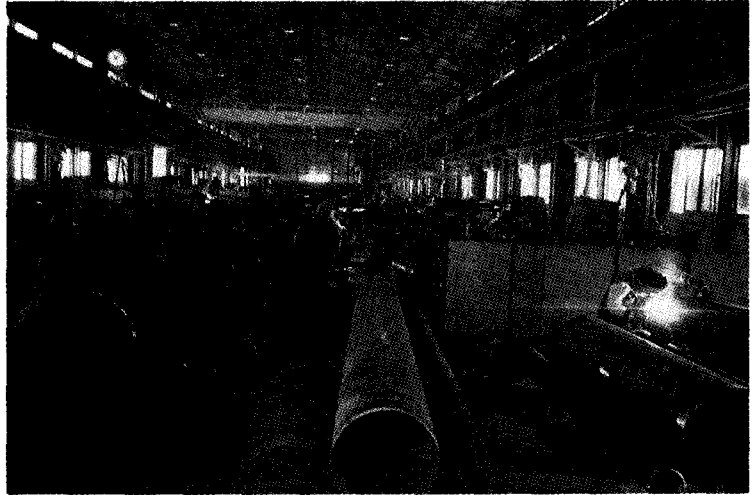
원자력 배관 SUS PIPE VERT. 용접



자동용접기는 비숙련공도 제작 가능하다



지금까지 서술한 배관 용접의 자동화는 기업 극대화의 일부분에 불과하나 기업 경영상 경쟁력을 향상시키기 위해서는 과감성도 필요하다.



월성 원자력 2호기 공사 용접 현장

<표 4> 용접전류

PASS	ABC(V)		AMPARE(A)		WIRE FEEDING VELOCITY (IN/MIN)		PULS(SEC)		DWELL TIME(SEC)		EXCURSION TIME(SEC)	TRAVEL SPEED (IN/MIN)	OSCILATION(INCH)	REMARKS
	PRI-MARY	BACK	PRI-MARY	BACK	PRI-MARY	BACK	PRI-MARY	BACK	IN	OUT				
10R 2	9.0	0.0	180	84	22	15	0.28	0.28	0	0	0	5.5	0.000	
"	9.0	7.7	165	88	32	18	0	0	0.4	0.4	0.65	2.3	0.229	
BAL	9.5	8.5	165	110	35	20	0	0	0.45	0.45	0.75	2.3	0.267	
"	9.5	8.1	195	115	30	13	0	0	0.5	0.5	0.5	2.3	0.150	
"	9.7	8.2	200	120	30	15	0	0	0.6	0.6	0.5	2.5	0.140	
"	9.8	8.3	203	125	45	25	0	0	0.6	0.6	0.55	2.5	0.150	
"	9.8	8.3	205	130	45	25	0	0	0.65	0.65	0.6	2.5	0.145	
"	10.0	8.1	214	133	50	25	0	0	0.65	0.65	0.6	2.6	0.150	
"	10.5	9.0	215	140	40	25	0	0	0.65	0.65	0.55	2.8	0.150	
"	10.7	8.7	217	145	60	30	0	0	0.65	0.65	0.65	2.8	0.150	
"	11.0	9.0	210	145	60	30	0	0	0.65	0.65	0.6	3.0	0.155	
"	11.0	9.0	210	145	60	30	0	0	0.7	0.6	0.8	3.0	0.150	
"	10.5	9.0	210	110	50	30	0	0	0.5	0.5	0.5	2.7	0.110	
"	10.5	9.0	190	95	30	15	0	0	0.4	0.4	0.5	2.5	0.150	