

熔接技術 應 用

自動車 分野에서의 熔接技術 應用現況

박 황 호

現代自動車(株) 生産技術本部

1. 서 언

자동차 공업에서의 용접은 주로 차체조립공정에서 많은 사용되고 있으며 전기저항용접, ARC 용접, GAS 용접 등이 쓰이고 있지만 특히 전기저항용접의 SPOT WELDING 이 그 대부분을 차지하고 있다.

SPOT WELDING은 다음과 같은 이점을 가진다.

- ① ARC용접과 같이 용접봉이나 용재(FLUX)가 필요 없다.
- ② 일반적으로 용접부위의 온도가 ARC 용접보다 낮으므로 용접후 열에 의한 변형이나 잔류응력이 작다.
- ③ 가압에 의한 효과때문에 용접후의 금속조직이 양호하다.
- ④ 일반적으로 작업속도가 빠르므로 대량생산에 적합하다.
- ⑤ 대량생산의 경우 경제적이다.
- ⑥ 통전시간이나 그밖의 모든것이 자동적으로 조정되기 때문에 작업자의 숙련에 의한 품질이 좌우되지 않는다.
- ⑦ 중판이하(6t 이하)의 판용접에 적합하다.

차종에 따라 차이는 있지만 BODY ASSEMBLY에는 대개 3,500~4,000점의 SPOT WELDING으로 이루어지며 두께 1.0mm 전,후의 얇은 철판을 SPOT WELDING으로 연결해서 차와 강도를 유지하기 때문에 백주 CAN의 SEAM 용접과는 달리 인간의 안전성을 요구하는 자동차 조립에는 큰 강도가 필요하므로 点熔接의 信賴性이 중요한 문제가 된다.

그러나 실제 LINE에서는 많은 수의 熔接點을 全

數檢査하거나 파괴검사를 하는데는 시간이나 비용상 큰 제약이 따르므로 용접조건의 信賴性을 통한 熔接性 보장 즉 信賴性있는 고품질 熔接裝備의 사용, 熔接條件의 DATA BASE化확립 및 비파괴검사법 개발의 필요성이 대두된다. 향상된 熔接 信賴性은 또한 熔接의 자동화에도 큰 기여를 하리라 본다.

自社の 경우 AUTO GUN이나 ROBOT의 적용으로 차종에 따라 자동화가 거의 90%에 이르며 이 수치는 향후 더욱 증가 되리라 본다. 최근의 연비향상을 위한 경량화와 장기방청성 요구추세에 따른 새로운 소재 즉 Al, 2층도금강판等の 채택에 따라 自社실정에 맞는 적합한 熔接技術開發이 필요하다.

본문에서는 点熔接의 검사 방법과 검사기준, 熔接 信賴性확보를 위한 諸試圖와 신소재 적용에 대응한 개발의 필요성, 熔接 자동화等の 현황들을 自社를 중심으로 실례를 들어 소개하고자 한다.

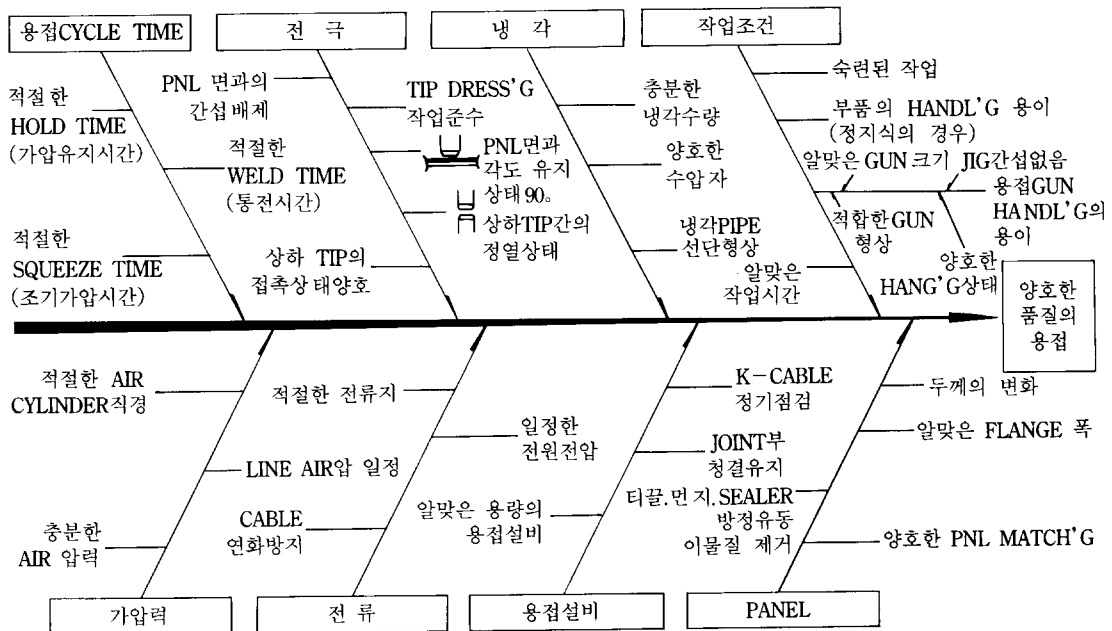
2. 자동차 차체조립의 SPOT WELDING 품질 보증

SPOT WELDING의 품질보증을 위해 당사의 경우 다음과 같은 점용접가이드(SPOT WELDING GUIDE)를 운영하고 있다.

1. SPOT용접의 4대조건 설정 및 확인방법

구분	설 정 기 준	조 정 방 법	확 인 방 법	비 고
4대조건				
가 압 력 (kgf)	용접조건 A조건보다 30kgf 높게 설정	AIR의 공급압력 및 AIR CYLINDER의 직경크기로 결정	가압력 TEST계로 직접 가입하여 수치확인	1. AIR공급압력은 5kg/cm ² 이내에서 조정 2. φ 100mmAIR CYL 경우 (효율 90%일때) AIR압력5kg/cm ² 일때 350kgf AIR압력4kg/cm ² 일때280kgf
용 접 전 류 (Amp)	용접표준 A조건보다 약10% 높게 설정	TIMER SET전류수치로써 조정	전류 CHECK계를 용접GUN에 걸고 용접하여 수치 확인	용접부가 겹게 타지 않고 SP-ATTER가 없이 NUGG 가형성되도록
통 전 시 간 (CYCLE)	용접표준 A조건으로 설정	TIMER SET의 용접시간 수치로써 조정		
냉 각 (TIP)	냉각수 IN : 압력2.3kg/cm ² 이상 냉각수OUT:IN과 압력차 1.7 Kg/cm ² 이상 유량 : 3.2~2.5ℓ /min		VALVE로 조정 압력	계 수치확인 냉각수 PIPE45 경사 SHANK끝단과 같이 하거나 5mm짧게

2. 용접품질 특성요인도



3. 용접품질 검사내용

검 사 내 용		검 사 사 양	확 인 방 법	결 합 원 인	비 고
항 목	그 립 및 불 량 상 태				
용접색깔		용접부가검게 타지 않을것	육 안 검 사	과전류, 동전시간이 길다.	강 도 약 함
갈라짐 및 기포발생	기공 용접부 갈라짐	가라짐이나 기공이 없을것	"	과전류 가압력 부족 전극 미끄러짐 가압시간 부족 전극선단경이름	"
찌 그 러 짐	30°이하	찌그러짐이 평면과 30°이하	육 안 검 사 지 사 용	모래접촉상태 불량	"
파 입		파인부분이 0.1T이하	육 안 검 사 자 사 용	과전류 용접시간 길다. 가압력과대 TIP 선단적음	
끝단물림 (용접점 위치)	불 량 가장양호 양호	용접점이 끝단에 물리지 않을것	"	작업부주의 (자동시 GUN 위치 불량)	"
CHIP 발 생		용접부위에 CHIP 없을것 전극	육 안 검 사	과전류 작업각도 나쁨 미끄러짐	부 녹발생
용 접 점 간 격	간 격	최대간격 : SPCE × 30% 최소간격 : 0.6t → 10mm 0.8t → 0.1 → 18mm	육 안 검 사 자 사 용	작업부주의 (자동시 GUN 이송 거리 불량)	전류의 분류발생
용접점수누락		10점당 1점누락 허용	"	작업부주의 (자동시 용접점수 압력불량)	
SPATTER	표 면 SPATTER	SPATTER가 없을것	"	가압력부족 가압 시간부족 과전류 TIP선단적음 피용접물 외부 이물질 상하RIP마모상태 다름	
TIP용착		TIP의 선단 일부가	"	과전류 가압부족 통전시간 길다 TIP냉각수 부족 TIP선단경 적음	
	NUGGET 미형성	적정NUGGET형성	과 과 시 험	전류 약함 TIP 선단경 커짐	DRIVER 및 끝, 망치사 용, 시편으로 비틀림 시험

NUGGET 형성상태	NUGGET 부족			전류 약함 통전시간 짧음	“
	불균일		“	가압력이 큼	“
	NUGGET 변형		“	전압 변동 모래접촉상태 나쁨 전극 선단경 마모	“
	과대 용입		“	TIP어긋남 용접전류 과대 용접시간 길다.	“

4. 판조합 형식

	판 조합 형식 기준판			비 고
연강판× 고장력 강판	SPC	IPC	SPC	· 얇은판이 기준 · 동일 두께의 판 조합시 SPC판 기준
2. 매 붙 입	B	B		얇은판 중간두께판 두꺼운판 등 판 기본판두께
	A	A	B	
3. 매 붙 입	B		B	1. 적용조건 1) 통 전 형 식 : DIRECT 통전 2) 피용접물의 재질 : 연강판 3) 판 겹 짐 매 수 : 각 조합 2~3매 4) 용 접 조 건 : 각 판조합에서 얇은 판쪽을 기준 판 두께로 하고 각 조합의 기준판을 비교하여 가장 두꺼운 판을 용접 조건으로 용접한다. 2. 적용 예 기준판두께 1) A 조합 0.8×0.8→0.8→ 판두께 0.8로 B 조합 0.8×1.6→0.8→ 용접조건 설정 C 조합 0.8×3.2→0.8→ 2) A 조합 0.8×2.3→0.8→ 판두께 1.2로 B 조합 1.0×1.0→1.0→ 용접조건 설정 C 조합 1.2×3.2→1.2→
	B	C	B	
	B	C	B	
	A	C		
	B			
	B	B		

		Ⓑ		Ⓑ		Ⓑ
		Ⓑ		Ⓒ		Ⓑ
		Ⓑ		Ⓒ		Ⓒ

관두개	1)연강관 SPOT 용접 조거표												2)고장력 강관 SPOT용접조건											
	양호한 조건(A조건)						보통조건(B조건)						전극		통전시간(CYCLE)		가압력(kgf)		용접전류(Amp)		NUG ET	전단 강도		
	선단경	최소	통전	가압력	용접	NUFF	전단	통전	가압력	용접	NUG	전단	선단경	용접	냉각	열처리	총계	A급	B급	용접			열처리	경
	mm	mm	시간	kgf	Amp	경	강도	시간	kgf	Amp	경	강도	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0.6	4.0	10	7	150	6,600	4.7	300	12	100	5,500	4.3	280	4.0	4	10	4	18	250	185	13,200	11,100	4.36	300	
0.8	4.5	12	8	190	7,800	5.3	440	15	125	6,500	4.8	400	4.8	5	13	5	23	390	300	13,600	11,600	4.68	450	
1.0	5.0	18	10	225	8,800	5.8	610	20	150	7,200	5.4	540	5.8	6	20	6	32	540	410	13,900	12,200	5.05	690	
1.2	5.5	20	12	270	9,800	6.2	780	23	175	7,800	5.8	680	6.8	7	30	10	47	690	510	14,300	12,200	5.33	975	
1.6	6.3	27	16	360	11,500	6.9	1,060	30	240	9,100	6.7	1,000	8.6	11	52	21	84	965	730	15,100	12,800	5.95		
1.8	6.7	31	18	410	12,500	7.4	1,300	33	275	8,700	7.1	1,180	9.5	15	56	28	99	1,160	840	15,600	13,200	6.21	2,108	
2.0	7.0	35	20	470	13,300	7.9	1,450	36	300	10,300	7.6	1,370	10.5	19	87	36	142	1,250	940	16,300	13,900	6.52	2,525	
2.4	7.8	40	24	580	15,000	8.6	1,850	44	370	11,300	8.4	1,770												

3) 아연도금 강관의 SPOT용접조건

도금 종류	편면도금 두께 μ	관두개 mm	양호한 조건 (A조건)				보통 조건 (B조건)			
			용접전류 Amp	가압력 kgf	통전시간 CYCLE	전단강도 kgf	용접전류 Amp	가압력 kgf	통전시간 CYCLE	전단강도 KGF
전기도금 (EGA)	2~3	0.6	9,000	250	7	300	7,500	170	9	280
		0.8	10,000	270	8	450	8,500	200	11	550
		1.0	10,000	300	9	600	9,500	230	11	550
		1.2	12,000	350	10	700	10,500	250	12	650
		1.6	15,000	450	12	1,150	12,000	350	15	1,050
화도금 (GA)	8~12	0.6	9,000	250	7	330	7,500	170	9	300
		0.8	10,000	270	8	500	8,500	200	10	450
		1.0	10,500	300	9	650	9,500	230	11	600
		1.2	11,500	350	10	850	10,500	250	12	800
		1.6	13,500	450	12	1,300	12,000	350	15	1,200
열처리도금	10~15	0.6	9,000	250	7	330	8,000	170	9	300
		0.8	10,000	270	8	500	9,000	200	10	450
		1.0	11,000	330	9	650	10,000	220	11	600
		1.2	12,500	400	10	900	11,500	250	12	850
		1.6	15,000	450	12	1,300	12,000	350	15	1,200

4) TERNE SGEET의 SPOT 및 SEAM용접조건표

관두께 mm	S E A M 용 접						S P O T 용 접			
	전극폭 mm	가압력 kgf	전류 Amp	용접속도 cm/min	통전시간		전극선단경 φmm	가압력 kgf	전류 Amp	통전시간 CYCLE
					ON	OFF				
0.8	7	360~450	17,000	150	3	2	4.5	150~200	10,000 ~11,000	12~14
			18,000	250	5	2				
1.0	7	420~520	17,000	150	2	1	4.5	180~250	11,000 ~12,500	12~14
			18,500	250	5	1				
1.2	7	450~550	18,000	150	2	1	4.5	230~320	12,000 ~14,000	12~6
			19,000	250	4	1				

5) PROJECTION 용접조건표

NUTS	SIZE	관두께 mm	용접조건			용접강도kgf		
			용접전류 Amp	가압력 kgf	통전시간 CYCLE	최대	최소	평균
	4	0.3	10,000	210	5	416	368	390
		1.2	10,000	150	5	719	538	603
	5	0.3	11,500	220	5	779	600	695
		1.2	11,500	220	5	719	400	475
	6	1.6	11,500	300	6	972	840	904
	3	0.3	14,000	310	6	630	540	577
		1.2	14,000	310	6	1,140	960	1,032
		1.6	13,000	280	6	1,300	1,020	1,183
	10	0.3	14,500	330	7	630	440	550
		1.2	14,500	330	7	1,330	1,020	1,115
		1.6	14,500	330	7	1,380	1,020	1,265
	12	1.2	16,100	470	7	1,484	1,206	1,354
1.6		16,100	470	7	1,632	1,435	1,532	
2.3		16,100	470	7	2,063	1,751	1,928	

3. 熔接信賴性 確保를 위한 새로운 시도

3.1. MONITORING SYSTEM / T/C NET WORK SYSTEM / 점용접의 DATA BASE化

3.1.1. 点熔接부 MONITORING SYSTEM

기존의 TIMER SET에는 熔接電流, 통전시간, 전원 전압 等 熔接에 따른 일부 조건을 MONITORING 하거나 TIP용착 검출기능, 전극의 마모에 따른 전류보상 방법으로 LINEAR UP 혹은 STEP UP 기능 등이 사용되고 있다. 그러나 이러한 기능들은 熔接前

조건이거나 熔接條件의 보완적 역할을 한다고 볼 수 있어 熔接狀態자체의 MONITORING이라고는 볼 수 없다.

点熔接部の 강도는 NUGGET SIZE와 비례관계가 있으므로 NUGGET SIZE 형성에 관련되는 PARAMETER들 이용한 PROCESS MONITORING SYSTEM개발이 필요하리라 생각한다.

3.1.2. T/C NETWORK SYSTEM 적용

기존의 경우 熔接條件의 SETTING 및 운영은 T/C 1台당 각각 현장에서 직접 행해졌다. FIG.1은 T/C, T/R, GUN의 구성도를 나타낸다. 그러나 범용PC와 여러대의 TIMER를 연결하여 사무실에서 REMOTE CONTROL로 각 TIMER의 용접조건을 설정, 확인 및

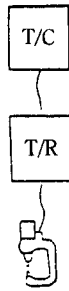


FIG. 1 ASSEMBLY OF T/C, T/R AND GUN

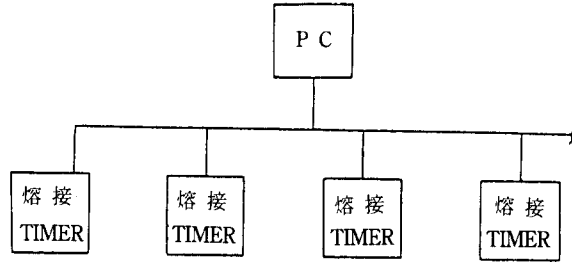


FIG. 2 T/C NETWORK SYSTEM

DATA의 편집을 하여 DISK를 관리하는 것도 가능하다. 당사의 경우, 일부 LINE에 운용 중이며 FIG.2는 T/C NETWORK SYSTEM의 예를 보여준다.

3.1.3. 点熔接의 DATA BASE化

INVERT, LASER熔接, MONITORING SYSTEM 개발 등의 결과들을 T/C NETWORK SYSTEM에의 적용 및 도입으로 궁극적으로 사람이 직접 熔接條件을 SETTING 하지않고 熔接裝備자체가 각 철판에 따라 최적의 熔接이 행해지도록 하는 조연 및 실천을 행하는 인공지능의 구축이 향후 BODY 용접 LINE의 모습이 될 것이다. 그러나 이러한 SYSTEM의 구축에는 철판의 재질, 겹수, 두께에 따른 제반 最適 熔接條件等 기본 DATA들의 확보가 선행 되어야 할 것이다. 외국의 경우 미국,일본 등의 熔接관련 자료들이 많이 있으나 우리 실정에 맞고 검정을 거친 실험 DATA BASE의 기본 자료들이 되어야 할 것이고 향후 확대 적용 추세에 있는 AI, 방청도금강판等에 대한 熔接관련 실험 DATA도 꾸준히 준비 되어야 하겠다.

3.2. INVERT 직류저항 熔接의 적용

INVERT 직류용접기는 기존의 용접기에 비해 COST가 높으나 1次 IMPEDENCE의 극소화로 TRANSFORMER의 경량화에 의한 ROBOT의 가반중량 감소나 SPATTER 발생의 억제等 많은 이점이 있으므로 최근에는 HONDA, TOYOTA, NISSAN 등 일본의 자동차 업계에서는 일부 채용하고 있는 실정이다.

특히 DOOR의 같은 外板의 경우 HEMMING부의 SPOT WELDING은 기존 熔接이 外板에 압흔을 남기거나 용접分離 현상을 나타내는 경우가 많으나 INVERT 직류 熔接器의 적용은 이러한 문제를 완화시킬 수 있는 이점이 있다. 당사의 EXCEL REAR DOOR 시험 결과의 한 예를 FIG.3 및 TABLE 1 에서 볼 수 있다.

TABLE.1 Welding Conditions

	용접기 부위	용 접 조 건			비 고
		전 류 [KA]	통 전 시 간 [CYCLE]	가 압 력 [kgf]	
A/C	①	8.0	12	200	용 접 분 리 는 없 으 나 압 흔 발 생
	②				
	③				
	④				
INVERTER	①	9.0	1단 : 2 2단 : 5	200	용 접 분 리 및 압 흔 없 음.
	②				
	③				
	④				

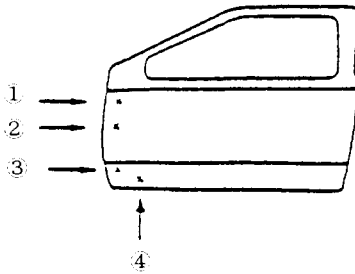


FIG.3 EXCEL REAR DOOR-LH

3.3. LASER 용접의 검토

자동차 BODY조립 LINE에서의 LASER는 이미 VOLKSWAGEN, OPEL, FORD, G. M. SUBARU 등 자동차 MAKER에서 OPTION에 의한 HOLE의 가공이나 WELD'G에 사용되고 있으며 특히 HOOD나 DOOR와 같이 기존 SPOT WELD'G에 의해 외관에 압흔을 남기는 문제들을 LASER를 이용한 WELD'G으로 해결할 수 있다. FIG. 4는 DOOR ASSEMBLY의 SPOT WELDING과 LASER WELDING의 예를 나타낸다.

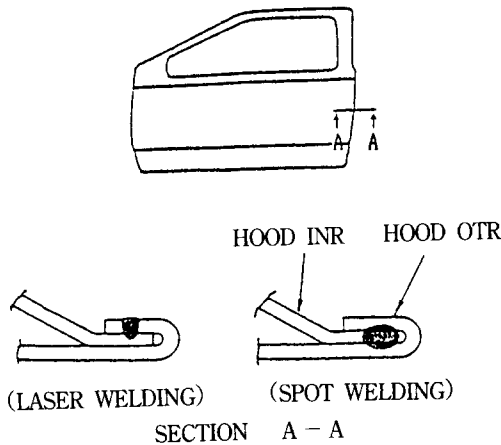


FIG. 4 DOOR ASSEMBLY

4. 신소재에 대응한 용접성 개발

최근의 소재변형 추세는 연비향상을 위한 경량화로 AI의 채용 및 방청성강화를 위한 2층 도금 강판의 적용확대가 이루어지고 있다. AI의 경우 STEEL에 비해 2배가 높은 가격이지만 50%이상의 무게 감소

를 가져온다. 또한, AI의 채용에는 다음과 같은 재질적 특성으로 저항 용접성에 영향을 미치고 용접기 및 용접조건의 선택에 있어 軟鋼에 비해 어려움이 많으므로 이에 대한 自社 실정에 맞는 용접성 개발이 필요하리라 본다.

- 1) 고유항이 낮고 열전도도가 높아 대전류, 단 시간 통전이 필요하다.
- 2) 응고시 體積收縮率(6~7%)이 커서 합금에 따라서는 CRACK, 空洞등의 결함이 발생하기 쉽다.
- 3) 표면의 산화막은 전기저항이 높고 균일하지 않으므로 接合剛度 변화의 발생이 쉽고 전 처리가 필요하다.
- 4) 전극재료와 AI합금과의 고유 저항의 차이가 적으므로 電極汚損의 발생이 쉽다.
- 5) 고온에서 급격히 연화하므로 압입 깊이에 의한 판의 負傷이 크다.

5. 熔接 자동화의 확대

향후의 BODY ASSEMBLY LINE은 熔接 자동화 및 무인화를 위한 노력이 가속화 될 것이고 이를 위한 熔接部 信賴性 확보는 더욱 중요한 事案이 되리라 본다.

5.1. 熔接 자동화의 증가

향후 자동화를 수치는 어렵고 힘든 부분의 자동화

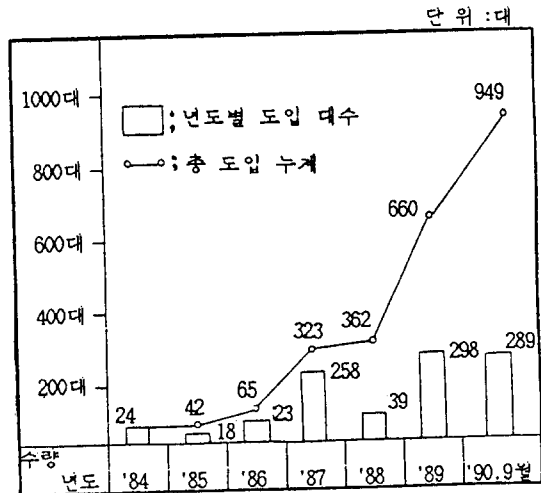


FIG. 5 INTRODUCTION STATUS OF ROBOT BY YEARS (84年~90年 9月)

TABLE. 2 INTRODUCTION STATUS OF ROBOT BY USAGE (84年~90年 9月)

용도	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	누계
SPOT	6	11	9	190	26	243	198	683
ARC	18	4	13	55	8	21	19	135
SEAL'G		3	2	10	5	25	26	71
PAINT'G			2			4	22	28
HANDL'G			2	1		2	11	16
기타						3	13	16
합계	24	18	23	258	39	298	289	949

로의 대체, MAN HOUR감소를 통한 원가 절감, LINE 장비의 유연성 확보 등으로 인해 더욱 늘어날 추세이며 자동화의 유용한 수단은 RO-BOT의 도입이 될 것이다. FIG 5.6 및 TABLE 2.3은 당사의 ROBOT 현황을 보여주고 있다.

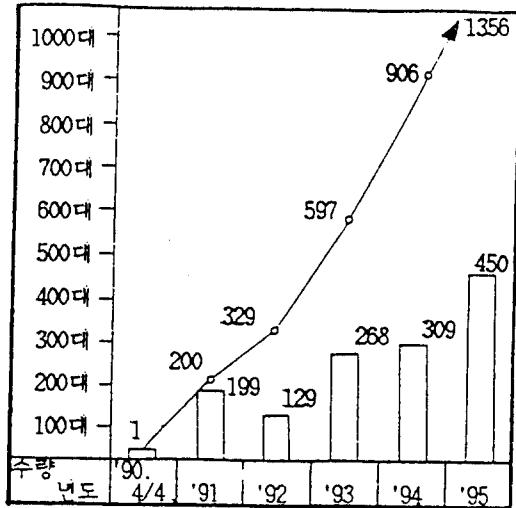


FIG. 6 EXPECTED DEMAND OF ROBOT BY YEARS (90. 4/4~95年)

TABLE. 3 EXPECTED DEMAND OF ROBOT BY YEARS (90. 4/4~)

용도	'90	'91	'92	'93	'94	'95	누계
SPOT		173	99	123	216	300	911
ARC		21	12	59	24	20	136
SEAL'G		1	10	29	67	60	167
PAINT'G		4	8	10	30		52
HANDL'G	1			29		30	60
기타				18	2	10	30
합계	1	199	129	268	309	450	1356

5.2. 지능 ROBOT SYSTEM의 적용

당사의 경우 지난 '90년 STUD용접 ROBOT SYSTEM의 개발은 국내 최초의 독창적인 지능 ROBOT SYSTEM의 개발 및 적용의 예로써 LASER SENSOR를 이용하여 ROBOT와BODY의 상대오차를 감지, 보완하는 SYSTEM이다. 熔接 技術중 가장 난이하고 고질적인 불량을 발생시키는 STUD 熔接을 ROBOT 작업화 하므로써 균일한 품질 확보는 물론 검사나 측정장치에의 ROBOT 확대 적용의 가능성을 보여주었으며 현재 SONATA LINE에 적용 中에 있다.

5.3. FBL (FLEXIBLE BODY LINE)의 도입

최근 자동차 산업에서는 소비자의 기호가 다양해짐에 따라 범용기에 의한 다품종소량 생산으로 고품질의 산제품을 적시에 생산하는 일이 중요하게 되었다. 승용차의 BODY LINE에 있어서 LINE생산을 중단하지 않고 MODEL CHANGE가 가능한 고도로 자동화된 생산 SYSTEM이 FBL이며 한 LINE에서 여러 차종을 생산하게 된다. 당사가 채용하고 있는 대차방식의 FBL의 경우 용접의 대부분을 대차밖의 ROBOT에 의해 용접 자동화를 취하고 반드시 필요한 부위의 용접점은 DUMMY GUN TYPE으로 間接熔接 방식을 채택하고 있다.

6. 結 語

실제 대량 생산이 이루어지는 LINE에서는 작업자에 의한 육안 검사나 드라이버 CHECK를 할 수 있으나 그 信賴性이나 균질성은 보장하기 힘들며 전부분의 熔接部에 대한 확인도 불가능 하다. 따라서 고신뢰성 熔接機 사용으로 熔接조건외의 제어와 이물질 제거나 양호한 PANEL간 MATCHING에 의한 모재의 관리, 熔接설비의 정기점검, TIP DRESSING이나 전극의 정열 그리고 적절한 熔接전류, 냉각수 공급, 가압력 및 통전 시간 등 관련 부분의 철저한 관리에 의한 熔接部の 신뢰성 확보가 더욱 필요하리라 본다.

주)

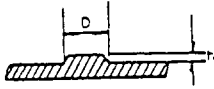
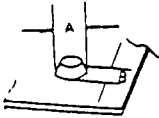
1) 전극의 선단경은 $4\sqrt{T}$

T : 판두께

2) 전기도금의 경우

모재강도는 32kgf/mm^2

3) NUGGET경 측정 요령



$$D = \frac{A+B}{2}$$

h : 판두께의 50% 이상

- 판두께 1.4mm 이상의 경우에는 판두께 50% 이상의 용융금속을 생성하면 좋다.