

제 목

R a i l 용접 시공법 및 R a i l 용접 자동화 장치 개발

1. 서 론

컨테이너 이동용 크레인(container transfer crane, CTC)의 상부, Girder에는 크레인의 브롤리가 타고 다니는 레일이 놓여진다. 지금까지 대부분이 CTC에서는 이 레일을 수십개의 고정용 볼트(clamping bolt)로써 고정시키고 있다. 이 부위를 (그림1)과 같이 용접 구조로 할 경우에는 제조비 및 공사에서 많은 원가절감이 될뿐만 아니라 사용중에도, 고정용 볼트를 채택한 경우처럼 주기적으로 조여준다든지 하는 유지 보수를 할 필요가 없다. 그러나 rail은 용접을 고려해서 만들어진 소재가 아니므로 용접이 무척 어렵다는 단점이 있다.

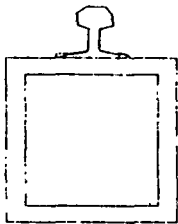


그림1. Girder상의 rail 받침부 fillet 용접.

일단, 균열(crack)이 발생하면 쉽게 전파될뿐더러 보수용접을 하기 위해서 탄소가우정을 일으킬 수도 있고 그라인딩으로 결함제거를 해야하는등 보수용접에 많은 비용이 소요 되므로 대부분 rail 의 용접을 기피하고 있다. 본 논문은 상기와 같은 조건에서 정확한 용접방법을 제시하므로써 rail용접법을 확립하여 CTC제작에 있어서 원가절감, 품질향상을 도모하기 위한 시험에 관한 것이다. 또한, 생산성과 품질을 향상시키기 위하여 Servo motor와 PLC를 채택하여 4개의 토-치로 가접부를 리테가며 단 1 회의 주행으로 용접을 완료시키는 용접 자동화 장치에 관한 내용을 신는다

II. 본 론

1. 시험방향 선정을 위한 고찰

철구조물의 용접에 따라 발생하는 문제점은

- 1) 용접부 열화, 2) 용접 결함, 3) 용접 변형, 4) 잔류응력 발생이다.

Rail은 약 0.7% C 이 함유되어 연신율이 작고 경화능이 커서 용접에 의한 경도증가, 취성증가등 용접부 열화가 극심하다. 이를 피하기 위하여 높은 온도로 예열해 주는데, 용접진행에 따라 선상가열을 하기때문에 레일이 팽창하고 용접후 냉각에 의해 수축되므로 수축에 의한 응력이 발생한다. 레일이 용접된 부재의 구속력이 약할경우, 길이등 구조상의 이유로 응력제거 열처리를 하지 않으므로 잔류응력은 그대로 남을수 밖에 없다. 이때 구조물의 자체 구속력이 크고 결함이나 열화가 심할경우 쉽게 균열로 발전한다. 용접 결함의 경우 1-2 Pass의 fillet 용접으로 용접이 완료되므로 용접 조건이 심하게 나쁘지 않으면 Slug 혼입, 언더컷 등의 결함 개제는 흔치않다. 다만, 소재의 용접성이 나쁘므로 균열의 위험이 대단히 높다. CTC의 경우 rail이 용접되어 지지되는 구조물의 구속력이 크기때문에 rail의 변형에 의한 구조물의 변형은 문제시 되지 않는다. 또한 잔류응력의 제거는 고려할 수 없으므로 論外로 한다. 그러므로 rail이라는 소재의 특성에 따른 용접부 열화 와 용접균열을 최소화 할수있는 용접 공정을 확립하기 위한쪽으로 시험의 방향을 잡아 가도록 하겠다.

2. 시험방법의 선정 및 시험의 실시

(1) 예열온도에 따른 잔류응력에 의한 균열정도 고찰

예열 온도가 균열을 야기시키는 용접 수축응력의 발생에 어느정도 영향을 미치는지를 관찰하였다. 즉 rail은 탄소를 과다하게 함유하기 때문에 용접에 따른 Martensite의 형성은 형성부위의 전체의 팽창을 가져온다. 1) 이는 예열온도에 따라 정도가 달라지고 이에 따른 균열의 발생정도 가 달라지고 이에 따른 균열의 발생정도가 달라지는데 이를 관찰하여 한다.

아래 그림2 와 같이 철관위에 rail을 걸쳐놓고 ① 그 좌우에 가접을 한다. 이때 가접 부위에 쉽게 균열이 발생할수 있도록 예열은 하지않는다. ② 가접후 예열온도를 구분하여 여러개의 시편을 그림2 와 같이 좌에서 우로 용접한다. 이때 용접 완료후 응력분포는 (그림3) 과 같을것이다.

용접후 결과는 (표1)에 나타난다. 표1에서 보는바와 같이 예열 온도가 낮을때는 균열의 발생이 없으나, 100℃ 이상부터는 급격히 발생하다가 온도가 높아 질수록 균열의 정도가 낮아진다. 물론 낮은 예열의 경우 균열은 없으나 취성이 강하여 여타 응력 및 충격충에 의하여 쉽게 균열이 발생할것이다.

표1. 예열온도에 따른 가접부 균열정도

시험 번호	예열온도 ℃	가 접 부 균 열 정 도		비 고
		左	右	
0	A/S	없 음	없 음	Martensite 多发성
1	100℃	전 체 균 열	전 체 균 열	
2	200℃	전 체 균 열	전 체 균 열	
3	300℃	없 음	전 체 균 열	
4	400℃	없 음	1 / 4 균 열	약1mm, 앞쪽
5	450℃	없 음	있 음	



그림2. 예열온도별 균열정도 관찰시험

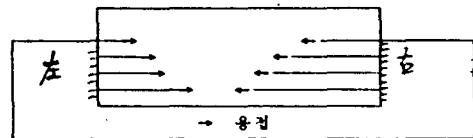


그림3. 용접후 응력분포

(2) 예열별 용접시편의 충격값 비교시험

"(1) 항의 표1" 에서 시험번호 0,1,2,5의 시편을 아래의 그림4 같이 가공하여 충격시험을 실시하였다. 굵기에 맞는크기의 시편이 아니므로 임정한 크기로 가공하여 예열온도에 따른 용접부의 충격치를 상대적으로 비교하였다.

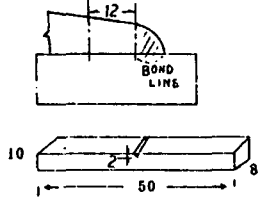


그림4. 충격값 비교용 시편

표2. 예열온도에 따른 충격값(상대비교용임)

번호	예열온도	(joule)	
		1	2
0	상온	36	12
1	100 °C	15	22
2	200 °C	22	28
5	450 °C	32	32

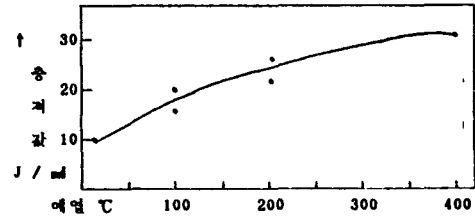


그림5. 예열온도별 용접부 충격치 곡선(최치 곡선)

(그림5)와 표2 에서 보듯이 예열온도가 증가할수록 충격치가 증가하고 있다.

(3) 예열별 rail 용접부 균열시험

CO, solid-wire 용접과 FCAW의 경우를 비교하고 각각의 경우 예열온도가 변화할때 나타나는 균열의 정도를 관찰하고자 한다.

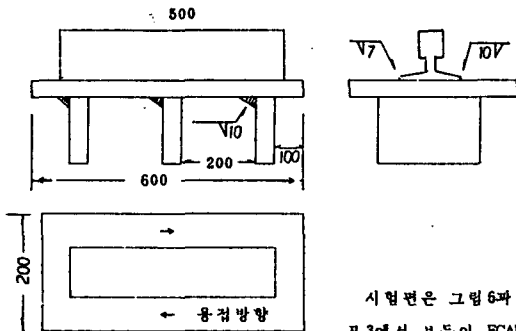


그림6. 용접부 균열시험

시험편은 그림6과 같이 제작하고 예열온도, 용접 과정및 그결과를 표3 과 같다. 표3에서 보듯이 FCAW의 경우 CO, solid wire 용접의 경우보다 균열의 경향이 강하다.

표3. 예열온도별 균열시험의 결과

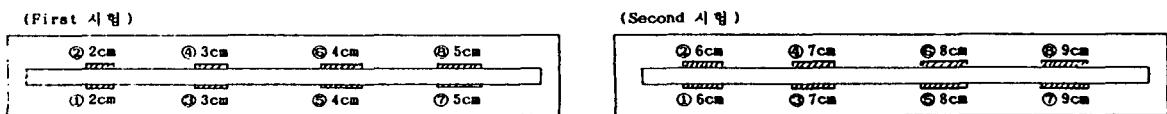
종류	CO, solid wire					FCAW				
	S0	S11	S1	S2	S3	F0	F11	F1	F2	F3
예열	A/S	100°C	100°C	200°C	300°C	A/S	100°C	100°C	200°C	300°C
bead형태	B	A	B	B	B	B	A	B	B	B
균열여부	Yes *	no	no	no	no	Yes**	Yes***	no	no	no

NOTE	..bead type A:	용접 ②③ →
		200 ← 용접 ①
	..bead type B:	** 용접 ②③ → ← 용접 ①
		225 ← 용접 ①
	RAIL	*** 용접 ② ← 용접 ①
	# 모든 균열은 rail측 균열임	120 ← 용접 ①

(4) Rail의 가집시험

10mm 길이의 rail을 가집할때 최적의 경제적인 가집조건을 이끌어 내기 위하여 시험을 실시하였다. 용접은 CO, solid wire를 사용하고 예열온도는 150°C 균일하게 하였다.

1)가집길이 변화에 의한시험



* plate : 20t x 200w x 2000l

그림7. 가집길이 변화에 따른 가집부 균열시험

표4. 가접길이 변화에 따른 균열시험 결과

가접번호	첫번째 시험				두번째 시험			
	1	3	5	7	1	3	5	7
가접길이	2cm	3cm	4cm	5cm	6cm	7cm	8cm	9cm
균열상태	A	A	A	B	A	B	C	C
비 고	A				: 전체균열			
	B				: 부분균열			
	C				: 균열없음			

그림7. 에서 보듯이 균열은 어느것이나 선형 가접한 용접부의 rail 즉 HAZ 에서 발생하였다. 이는 선형 가접후 냉각중 martensite동 취성이 강한 조직이 머리생성된 상태에서 맞은편의 후행용접부에서 냉각수축이 발생되면서 용적이 작용할때, 냉각 과정 중인 후행 용접부의 조직보다 선형 용접부의 조직이 취약한 상태이기 때문이다. 또한 가접길이가 짧은 경우는 전체균열 경향을 보이다가 길어질수록 부분균열로 발전하고 8cm 를 넘어 가면서 균열이 발생하지 않았다. 이는 다음 "2 항"의 시험에서도 그와 같은 경향을 볼 수 있다.

(5) Rail 용접의 야규치 현상고찰

앞에서 (3) 예열별 rail 용접부 균열 시험의 (표3)의 시험편을 가지고 균열이 발생한 시험편을 우선하여 용접부 단면을 시편화하여 정도값을 측정하였다. 그 결과는 (표 5) 와 같다.

구 분	예 열 온도	pass 수	용접부 정도 분포 (Hv)				비 고
			weld *	haz **	rail모재***		
C O W I R D	상 온	1	206	480	470 540 365	250	* bead line ** HAZ/모재 경계 *** (**)으로 부터 10mm이상 떨어진 거리 측정
	100℃	2	260	460	480 300	307	*) 2pass용접할 부위는 것베비드(과)와 울베비드(우)의 것을 나타내었음. "{"은 균열포시
	200℃	2*	220	310/240	450 265	270	
	300℃	2*	170	255/304	300 218	270	
P L C U O X W I R D	상 온	1	248	500	480 480 325	310	
	상 온	2	203	205/300	340 250	260	
	100℃	1	270	290/385	385 220	230	
	100℃	2*	262	340/280	480 360	310	
W I R D	200℃	2*	260	280/260	276 223	225	
	300℃	2*	260	270/225	422 287	266	

표5) 에서 보듯이, ①균열은 모두 bond line을 바도지만 HAZ 에서 발생하였다. ②예열 온도가 증가할수록 weld 및 bond line의 정도가 감소 경향을 보인다. ③조직사진을 관찰해본 바로는 베시의 시편라이프 선이 bond line을, 라고 일제에 연하여 HAZ속으로 발달하여 martensite 조직이 HAZ속 에 퍼져 있으므로 해서 표면의 bond line에서 출발한 균열이 HAZ 속으로 전파되는것으로 판단 된다. 정도분포류 보면, weld는 예열온도와 무관하다는 것을 알수있다. CO ,solid wire나 FCAW의 경우 모두 200℃ 이상 예열 일 때는 가장균열이 빈감한 bond line에서도 비교적 양호한 정도값을 보인다. 여러번의 실제 test 결과에서도 200℃ 예열 2pass 용접에서 균열이 발생한 경우는 없었다.

3. 레일 자동용접 장치 개발

1) 장치의 구조

그림9에서 보는바와 같이. 장치의 구조는 구동용 바퀴등을 포함한 대차구조 ① 용접 torch를 고정하는 토치 frame② 구동력을 바퀴에 전달하는 모터와 변속기어 박스 ③,④ 4대의 wire feeder⑤. 그리고 용접속도 및 위치를 제어하는 전장 램프⑥) 으로 구성되어있다.

2) 제어 계통의 구조

그림10에서 보는바와 같이. PLC를 제어원으로 하여 Program 을 입력하는 PLC Programmer, 회전력을 발생시키고 그회전수를 PLC에 feed back 해주는 AC Servo Motor, PLC를 제어에 따라 motor를 제어하는 motor drive pack, plc의 제어에 따라 용접을 수행하는 4대의 wire feeder, 모터와 회전력을 받아서 감속시키는 변속 기어 박스등으로 구성되어있다.

3) 자동 용접장치에 의한 용접

그림11. 과 같이 모두 4pass의 용접을 4개의 용접 보-치로서 1회씩의 주행으로 완료하므로 30m의 레일 용접이 약1시간30분 만에 완료된다. 작업자의 쉬는시간을 감안하여도 SMAW에 의한것 보다 약40배, CO ,solid-wire에 의한것보다 약10배의 작업시간 단축을 가져왔다. 또한 예열과 용접이 동시에 진행되므로 전용장치가 높은 품질의 향상을 가져왔다.



그림11. rail용접부 단면형상

III . 결 론

CO, solid-wire 용접에 의한 레일용접 procedure를 제작하여 반자동 용접으로 수행하는데 무리가 없었다. 즉 200℃ 이상의 예열과 2pass 용접으로 할 경우 비교적 건전한 용접부가 얻어진다.

- 자동화 장치개발은

- 1) 생산성 향상 기여.
- 2) 품질 향상.
- 3) 작업조건 향상 및 성인성력화.
- 4) Rail 용접기술의 확립, 등의 결실을 가져왔다.

* 참고문헌 *

- 1) Welding metallurgy, linnert, vol,2 p117 & p336, fig 221