

# AISI 4130 강의 플럭스 코어드 아크 용접에 관한 연구

## A Study on the Flux Cored Arc Welding of AISI 4130 Steel Body

김 원훈\*, 나 석주\*\*  
\* 국방과학연구소  
\*\* 한국과학 기술원

### 1. 서 론

두께 20mm, 용접부 내경이 390mm의 AISI 4130 저합금강 재료를 초기에는 SAW(Submerged arc welding) 공정에 의해 제품용접이 수행되었으나, 매우 높은 입열로 인해 용접 변형이 규격을 초과하였으며, 용접 결함 발생에 따른 보수 용접과 이에 따른 더 큰 변형 발생 때문에 신규 용접 공정 개발이 요구되었다. 따라서 본 연구에서는 GMAW 및 FCAW 공정을 적용하여 수행된 용접 공정 개발 내용을 포함하고 있다.

### 2. 시 험

#### 2.1 Solid wire를 적용한 GMAW 공정

AISI 4130 재료는 탄소함량 0.30% (탄소등가함량 : 0.61%)의 Cr-Mo 저합금강 재료로 용접시 예열 및 후열처리가 요구된다. 용접 공정 개발을 위해 시편은 폭 100mm, 길이 200mm 판재에 AIRCO 4130,  $\phi 1.6$ mm 용가재 금속을 사용하여 단계별(1단계~3단계) 용접시험을 실시한 후 각 시편에 대해서 각종 비파괴 및 파괴 시험을 실시하여 각 시편에 대한 평가를 수행하였다. 그 결과 최종 판정은 모두 규격을 만족하지 못한 불량으로 판명되었기 때문에 Solid wire를 적용한 GMAW 공정에 의해서 제품 용접 수행이 불가능하였다.

#### 2.2 Flux cored wire 를 적용한 FCAW 공정

Alloy rods 사에서 개발된 DS 4130 LN Flux cored wire를 선정하여 Solid wire 시편과 동일 크기의 시편을 제작하여 단계별(1단계 ~ 5단계) 용접 시험을 실시하였다. 그 결과를 Table 1에 제시하였다. 제시된 바와 같이 제 5 단계 시편 시험(번호 T27)에서 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었으며, 이 조건을 제품에 적용시켜 요구되는 규격 및 사양을 만족하였다.

#### 2.3 FCAW 공정을 적용한 제품 용접 및 물성 시험 결과

Fig.1에 제시된 제품을 예열(260°C)→용접→후열(290°C)→NDT→SRA(600°C, 1시간)→최종 열처리(870°C, Austenite→유냉→450°C, Tempering)→NDT 공정을 거친 후 모재 및 각보호가스에 대한 강도값을 Fig.2에 제시하고 있다.

특히 용접부 설계를 Fig.1에 제시된 바와 같이 수정 변경시켜 초기 GTAW공정에 의한 Pass수 감소 (3 ~ 5 Pass →1 Pass)로 인해 변형, 용접 결함 및 용접 비용을 최소화 할수 있었다.

Table 2는 제품에 적용된 최종 용접 조건을 제시하고 있다.

### 3. 결 론

AISI 4130강의 용접 공정 개발을 수행한 결과 다음의 결론을 얻을 수 있었다.

- 두께 20mm, AISI 4130강의 용접 공정 개발에 가장 큰 변수로 작용한 것은 용가재 금속 선정이었다.
- 보호가스는 Ar+25% CO<sub>2</sub>와 Ar+2% O<sub>2</sub> 를 사용했을 때 Ar+5% CO<sub>2</sub> 에 비해 스패터가 적었고, 표면 비드의 형상이 더 균일하였으며, 결함 발생도 훨씬 적었다.
- 용접부 설계 변경을 통해 용접 변형, 결함 및 용접 비용을 절감할 수 있었다.
- 용접 극성은 DCRP가 운봉방향은 후진법이 전진법에 비해 용접성 및 비드 상태가 훨씬 양호하였다.

Table 1. Test results for flux cored wire

단계별	시편번호	육안검사(범례): 양호:○(5점), 보통:△(3점), 불량:×(1점)							선정조건	X-ray 검사결과 (합격:○, 보수 가능:△, 불량:×)	최종판정
		용적 이행 상태	스패터 량	비이드 외 관	언더컷	용 입	균열	평 점			
1단계	1-1	○	△	○	○	△	△	26	○	-	-
	1-2	○	○	○	○	○	○	30		-	-
	1-3	△	×	△	○	△	△	20		-	-
	1-4	△	×	△	○	△	△	20		-	-
	1-5	△	×	△	○	△	△	20		-	-
	1-6	△	×	△	○	△	△	20		-	-
	2-1	○	○	△	○	△	△	26	○	-	-
	2-2	○	○	○	○	○	○	30		-	-
	2-3	△	△	○	○	△	△	24		-	-
	2-4	△	×	△	○	△	△	20		-	-
	2-5	△	×	△	○	△	△	20		-	-
	2-6	△	×	△	○	△	△	22		-	-
	3-1	○	△	△	○	△	△	24	○	-	-
	3-2	○	○	○	○	○	○	30		-	-
	3-3	△	×	△	○	△	△	20		-	-
	3-4	△	×	△	○	△	△	20		-	-
	3-5	△	×	△	○	△	△	20		-	-
	3-6	△	×	△	○	△	△	20		-	-
2단계	5-1	○	○	△	○	△	○	26	○	-	-
	5-2	○	○	△	○	△	○	26		-	-
	5-3	○	○	○	○	○	○	30		-	-
3단계	T24	○	○	○	○	○	○	30	○	○	○ (슬랙약간) (기공약간)
	T25	○	△	○	○	○	○	28		△	
	T26	○	△	○	○	○	○	28		△	
4단계	T28	○	○	○	○	○	○	30		△	(기공,슬랙 약간) (기공약간)
	T29	○	○	○	○	△	○	28		△	
5단계	T27	○	○	○	○	○	○	30		○	○

Table 2. Final welding conditions of the welded body

모 재 규 격	AISI 4130		보호가스유량	20 l/min	
용접 공법	1Pass : GTAW 2Pass이후 : FCAW		Pass 수	8 ~ 9	
수동/자동	반 자 동		최종용접전류	300A	
용접 자세	아래보기, 맞대기		극 성	직류역극성	
와이어 모델명	DS 4130 LN		예열온도	260±15℃	
와이어 종류	FLUX CORED WIRE		후열온도	290±15℃	
차폐가스	Ar+25% CO <sub>2</sub>				
No.of pass	와이어 직경 (mm)	용접 전류, 전압		용접속도 (mm/min)	용접부위상세
		전류(A)	전압(V)		
1	φ1.6	160±10	12±0.5	250±50	
2	φ1.2	150±10	22±0.5	400±50	
3	φ1.2	150±10	22±0.5	400±50	
4	φ1.2	200±10	25±0.5	360±50	
5	φ1.2	200±10	25±0.5	320±50	
6	φ1.2	250±10	28±0.5	280±50	
7	φ1.2	250±10	28±0.5	240±50	
8	φ1.2	300±10	31±0.5	190±50	
9	φ1.2	300±10	31±0.5	190±50	

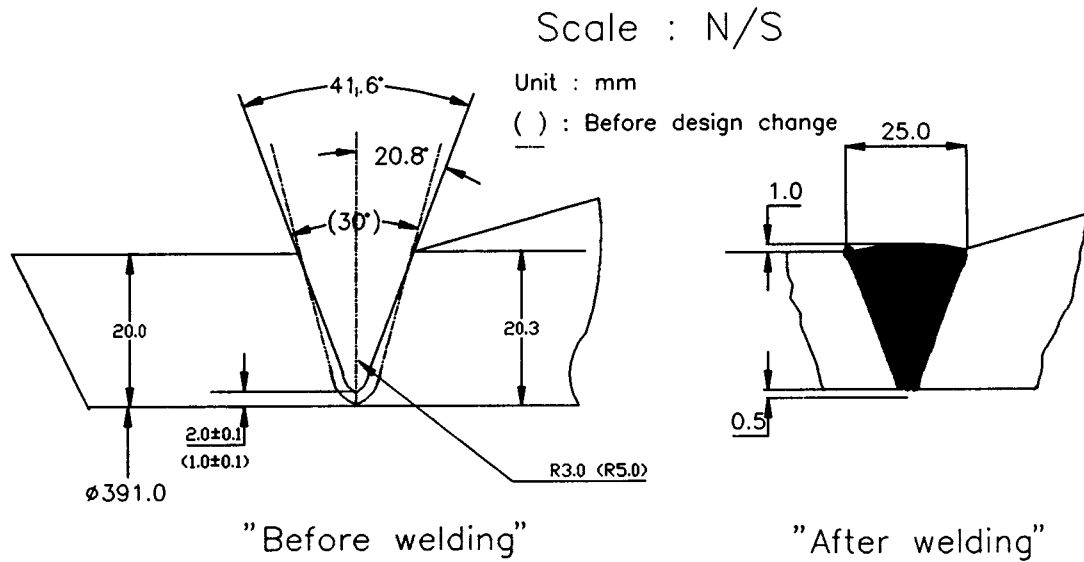


Fig.1 Configuration of joint design

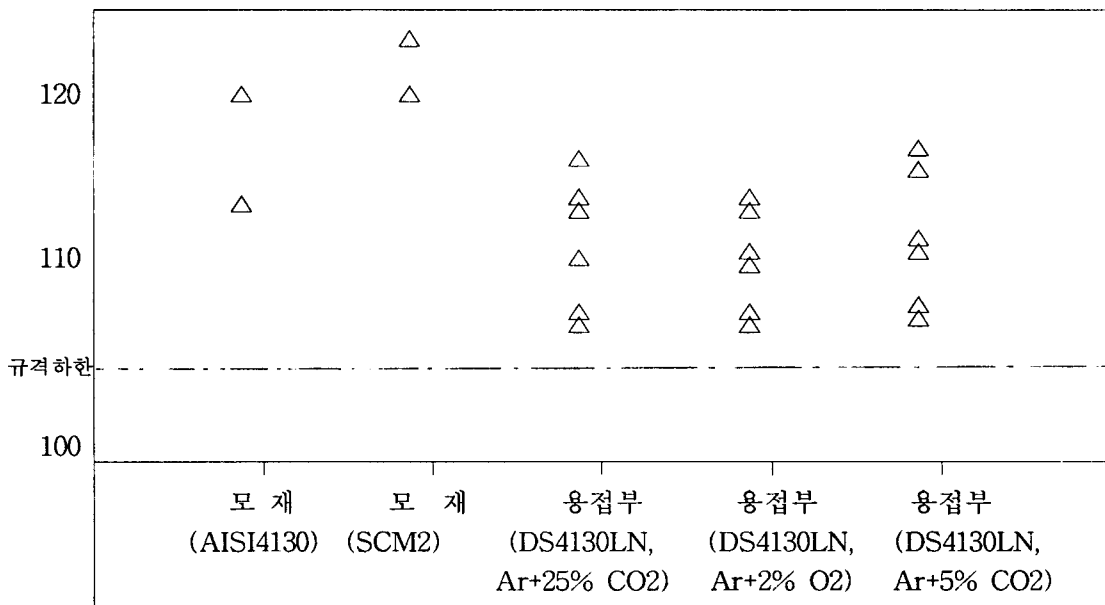


Fig.2 Strength comparisons of different shielding gases