

고강도 용접재료의 저온균열 감수성 Cold Crack Susceptibility of High strength Welding Consumable

서준석, 김재학, 김희진, 유희수
한국생산기술연구원

1. 서 론

최근 구조용강의 개발 동향은 고강도·고인성을 확보하며 합금원소를 최소화하여 탄소당량을 낮게 함으로써 용접시 예열을 저하시키는 방향으로 연구개발 추진 중이다. 이러한 기존의 고장력강 및 HY 강을 대체하기 위해 개발된 HSLA-100 강은 고장력강의 용접성을 획기적으로 개선하였다. HSLA 강재는 용접성이 양호하여 용접예열이 필요하지 않은 정도이나 실제 용접함에 용접예열을 하지 않을 경우 용착금속부에서 저온균열이 발생하는 경우가 빈번하다. 즉 모재에서 용접성을 획기적으로 향상시킨 HSLA 강재를 개발하였지만 이 강재에 상응하는 용접재료의 개발이 수행되지 않아 기존의 HY 강재에 사용하던 용접재료를 그대로 사용하고 있기 때문에 용접예열을 생략하면 용착금속부(weld metal)에서 균열이 발생하고 있는 실정이며 고강도·고인성 강재를 용접하기 위해서는 동일한 수준의 용접재료를 사용해야 하는데, 이러한 용접재료의 저온균열 저항성을 평가하는 기법이 요구되었다. 이러한 용접재료의 저온균열 저항성을 평가하는 방법으로 G-BOP 시험법을 보편적으로 사용하고 있는데, 이 방법은 용접재료를 비드온플레이트(Bead-On-Plate)로 용접하여 용접재료의 저온균열 저항성을 평가하는 것이다. 하지만 현장 적용성 낮다는 이유로 보편적으로 사용되지 못하고 있는데, G-BOG 시험법으로 저온균열 저항성을 평가해 보았다.

또한 고강도·고인성 강재용 용접재료를 개발 및 평가함에 있어 강의 조직을 미세화 시키고 저온인성을 현저히 개선시킨다고 잘 알려진 Ni 함금의 함량에 따른 저온균열 저항성을 평가하고자 하였다.

2. 실험 방법

2.1 G-BOG

200X100mm 크기의 강판 V-개선으로 가공하고, 이를 횡방향으로 절단하여 절단면에는 Fig. 1과 같이 0.75mm의 틈새(gap)를 가공하였다. 가공된 시편을 볼트로 체결한 상태에서 틈새를 제외한 모든 부분을 용접한 다음 H-형 지그에 완전 구속시켰다. 용접이 완료된 시편은 구속된 상태에서 72시간 방치 후 용착금속을 망치로 파단 시켰다. 용착금속 파단면을 육안으로 관찰하여 균열 발생정도를 측정하였으며, 파단면을 SEM 장비로 관찰하였다.

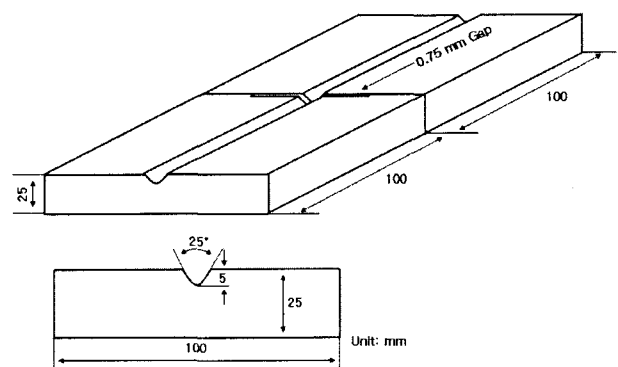


Fig. 1 Geometry of G-BOG specimen.

2.2 용접 조건

모재는 위 Fig. 1과 같이 25mm 두께의 강재를 사용하였으며, Ni 함량이 3.4%인 HSLA-100강과 Ni 함량이 9%인 9% Ni강재를 사용하였다. 사용된 용접재료는 AWS ER 120S 규

격의 슬리드와이어(직경 1.2mm)를 사용하였는데, 상용용접재료와 시험용 용접재료를 2가지의 사용하였다. 실딩가스로는 Ar + 5% CO₂, Ar + 20% CO₂, Ar + 20% CO₂ + 0.45 H₂로 총 3가지를 사용하였다. 자세한 용접 조건은 다음 Table 1에서 보여준다.

Table 1. Welding Condition

Wire	Base Metal	Shielding Gas
시험용 제품	9% Ni	Ar+5% CO ₂
		Ar+20% CO ₂
	HSLA	Ar+5% CO ₂
		Ar+20% CO ₂
상용 제품	-100	Ar+5% CO ₂
		Ar+20% CO ₂

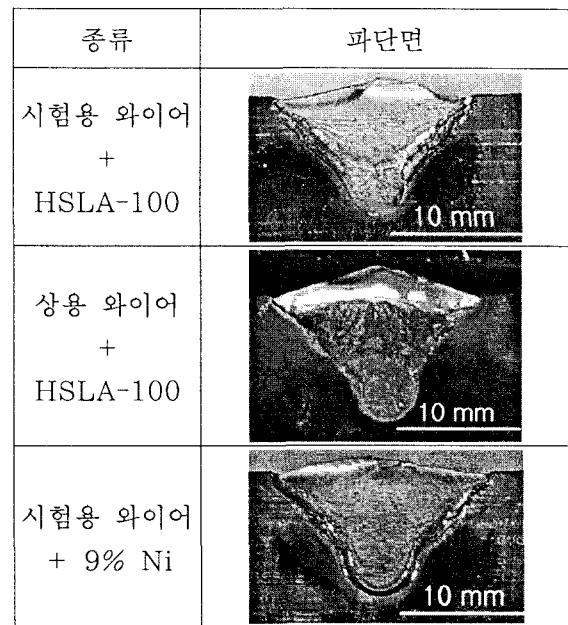


Fig. 2 Fracture image of weld metal

3. 시험 결과

3.1 파단면

용접이 완료된 후 72시간이 경과된 시편은 0.75 mm의 Gap 부위를 350℃로 가열하여 저온균열이 발생한 부위를 산화시켰다. 가열된 시편은 완전 냉각 후 시편을 파단시켜 아래와 같은 사진을 얻었다. 아래 Fig. 2의 용착금속 파단면 사진에서 검게 산화된 부분이 실제 저온균열이 발생한 부분이다. Fig.2에 사용된 실딩가스는 Ar+ 5% CO₂로 동일하고 용접재료와 모재만 다른 조건의 용착금속 파단면이다. HSLA-100으로 동일한 모재를 사용하고 용접재료를 다르게 하였을 때, 비슷한 수준의 확산성수소량이 측정되었음에도 불구하고 저온균열 발생량이 확연히 차이나는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 동일한 시험용 용접재료를 사용하더라도 모재의 Ni가 높은 경우 용접시 모재 희석된 Ni 함량이 증가하여 용착금속의 Ni 함량도 같이 증가하여, 저온균열 저항성을 높이는 것으로 나타났다.

Fig. 3에 보여주는 그래프는 G-BOG 시험한 모든 시편의 균열발생률(%)

$$= (\text{저온균열 면적} / \text{용착금속 면적}) \times 100$$

을 나타내고 있다.

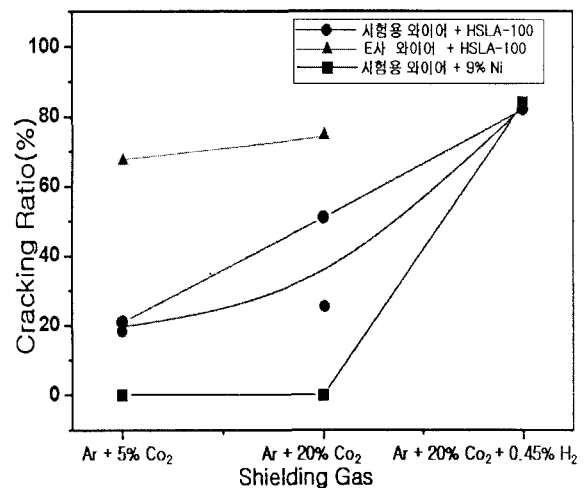


Fig. 3 Result of G-BOG test.

3.2 Ni 함량의 영향

시험용 용접재료(3.5% Ni)를 동일하게 사용하여 모재는 HSLA-100(3.4% Ni)과 9% Ni로 G-BOG 시험을 해본결과 용착금속의 Ni 함량이 높을 경우 Ar + 5% CO₂와 Ar + 20% CO₂ 두 가지 실딩가스를 사용하였을 때 모두에서 저온균열이 전혀 발생하지 않았다. 하지만 HSLA-100 강재를 사용하였을 때는 실딩가스에 따라 저온균열발생률이 20~50% 정도 나타나는것을 확인하였다. 결국 용착금속 Ni 함량이 증가할수록 저온균열 저항성은 증가한다고 판단 할 수 있다.

3.3 용접재료의 영향

AWS ER 120S 규격의 상용용접재료와 시험용 용접재료를 2가지를 사용하여 저온균열 저항성을 평가해보았다. 동일한 모재를 사용하였으며, 용착금속의 확산성수소량은 거의 동일하게 측정되었다. 실딩가스를 Ar + 5% CO₂ 로 사용하여 저온균열발생량을 확인해본결과 시험용 용접재료는 20%정도이며, 상용 용접재료는 70% 정도 나타나는 것으로 확인되었다. 결국 저온균열 저항성 측면에서 시험용 용접재료가 상용 용접재료보다 훨씬 뛰어나다는 결과이다.

3.3 실딩가스의 영향

모든 용접 조건이 동일하고 실딩가스를 Ar + 5% CO₂와 Ar + 20% CO₂로 나누어 저온균열 저항성을 측정해본 결과 CO₂ 함량이 증가할수록 저온균열 저항성이 감소하는 것으로 나타났다.

4. 결 론

고강도·고인성 강재용 용접재료를 평가하기 위한 G-BOG 시험과 Ni 함량에 따른 저온균열 저항성을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 용착금속의 Ni 함량이 증가할수록 저온균열 저항성은 증가한다.
- 2) ER-120S 규격의 상용 용접재료보다 시험용 용접재료의 저온균열 저항성이 높다.
- 3) 실딩가스의 CO₂ 함량이 감소할수록 저온균열 저온균열 저항성은 증가한다.

후 기

본 연구는 민군겸용기술개발 사업의 일환으로 수행되었고 이에 감사드립니다.