

슈퍼 듀플렉스 용접부에 미치는 보호가스의 영향

The effect of shielding gases on the characteristics of super duplex weld metal

홍 인표*, 이 철환*, 김 유기*, 김 대순*

* 현대중공업 산업기술 연구소

ABSTRACT Super duplex stainless steels have been used for offshore oil and gas piping systems which are subject to corrosion atmosphere, because they have excellent resistance to Stress Corrosion Cracking (SCC) and Pitting corrosion and high strength/weight ratio. Normally, the welding for duplex stainless steels has been performed using GTAW with Ar shielding gas. However, in case of using Ar as shielding gas, the corrosion resistance at root weld metal will be deteriorated due to loss of nitrogen from weld deposit during welding. It is well known that the corrosion resistance of super duplex stainless can be restored by addition of nitrogen as shielding gas.

In this study, we made super duplex welding with using several kinds of shielding and purging gases and investigated the relationship between shielding gas and corrosion resistance.

Consequently, it was shown that corrosion resistance of weld deposit can be restored by addition of N₂ as shielding gas.

1. 서 론

Oil 및 Gas를 개발하는 해양 구조물에서 해수 또는 원유 등에 함유된 Cl⁻에 의한 SCC 및 공식(Pitting)에 대한 내식성이 요구되는 배관에는 듀플렉스 및 슈퍼 듀플렉스가 주로 적용되고 있다. 근래에는 석유자원이 점점 고갈되어가고 있기 때문에 저 품질 원유의 생산이 증가하면서 예전보다 훨씬 극심한 조건(고온, 고농도 Cl⁻ 및 낮은 pH 분위기등)에서 내식성이 요구되기 때문에 슈퍼 듀플렉스의 적용이 점점 증가하는 추세에 있다.

일반적으로 해양구조물 슈퍼 듀플렉스 배관에서 자주 발생하는 공식은 Cr, Mo, N등의 원소에 큰 영향을 받기 때문에 공식에 대한 저항성은 PREN(Cr+3.3Mo+16N) 값을 기준으로 평가하고 있다. 보통, 슈퍼 듀플렉스의 경우 내식성 향상 측면에서 0.2-0.3% 정도의 질소가 첨가되고 있다.

한편, 슈퍼 듀플렉스 배관 용접은 초층에는 이

면비드를 형성시키기 위해 주로 GTAW 기법이 적용되며, 산화방지를 목적으로 Ar을 보호가스(설팅 및 퍼징 가스)로 사용하고 있다. Ar을 보호가스로 사용할 때는 용접재에 함유된 질소가 용접 중 주위 분위기로 소실됨으로써, 용접부의 내식성이 저하한다고 알려져 있다.^{*1,2}

본 연구에서는 보호가스에 포함된 질소 함유량에 따른 슈퍼 듀플렉스 용접부 질소량을 정량적으로 분석했으며, 나아가서는 질소 함량과 임계 공식온도의 관계를 밝히고자 했다.

2. 시험 방법

본 연구에서는 보호가스의 종류에 따른 슈퍼 듀플렉스 용접부 특성을 알아보기 위해 다음과 같은 방법으로 시험을 실시했다.

2.1 용접 방법

모재는 PREN 값이 42인 동일한 규격의 파이프를 사용했으며, GTAW로 25Cr-10Ni-4Mo type 용가재로 용접을 실시했다.(Table-1 참조). 이러한 조건에서 질소 함량이 서로 다른 3가지 종류의 보호가스를 사용해서 용접을 실시했다.(Table-2참조)

Table-1, Chemical compositions of base metal & Filler metal

		주요 화학성분(wt%)				PREN
		Cr	Ni	Mo	N	
모 재	A790-S32760	25.24	6.95	3.68	0.28	42
용가재	25Cr-10Ni-4Mo	25.28	9.43	3.95	0.229	42

Table-2, Shielding gases and welding parameters

	보호 가스		용 접 방법	용접 자세	입열 (kJ/cm)	층간 온도
	Shielding	Purging				
Case-1	Ar	Ar	GTAW	5G	5.9-15	max. 150℃
Case-2	Ar+2N ₂	Ar+2N ₂				
Case-3	Ar+3N ₂	Ar+3N ₂				

2.2 시험 방법

파이프의 용접에서 가장 취약한 부분인 루트 용접부의 특성을 알아보기 위해서, 루트 용접부에 대해서 다음과 같은 시험을 실시했다.

2.2.1 용접부 질소 분석

보호가스에 종류에 따른 질소량 변화를 알아보기 위하여 루트 용접부에 대한 질소 분석을 실시하였다.

2.2.2 미세조직 관찰 및 페라이트 측정

광학 현미경을 이용해 루트 용접부의 미세조직을 비교 분석 했으며, 페라이트/오스테나이트 상분율을 알아보기 위해서 Point count method (ASTM E562)로 페라이트를 측정 했다.

2.2.3 부식 시험

일반적으로 해양설비 슈퍼 듀플렉스 용접부에 요구되는 6%FeCl 용액에 24시간 침지하는

ASTM G48-A 방법으로 CPT (Critical Pitting Temperature)를 측정하고자 했다. 시험 온도는 35℃부터 실시했으며, Pitting이 발생하지 않을 경우 5℃씩 증가시키면서 시험을 진행했다. Pitting 발생 유무는 육안 검사를 실시했고, 또한 무게 감량을 측정하여 각 용접 조건별 부식 정도를 확인하였다.

3. 결 과

3.1 시험 결과

3.1.1 용접부 질소량

Fig-1에서 보듯이 보호가스에 함유된 질소 함유량이 높아질수록 용착금속의 질소 함유량은 증가하였으며, 약 2%정도의 질소가 보호가스에 함유될 경우 슈퍼 듀플렉스에 요구되는 질소량 수준인 0.2%에 근접함을 알 수 있다. 즉, 질소가 첨가된 보호가스를 사용할 경우 Ar 보호가스를 사용할 경우 발생하는 용접에 의한 질소 소실을 방지 할 수 있음을 알 수 있었다.

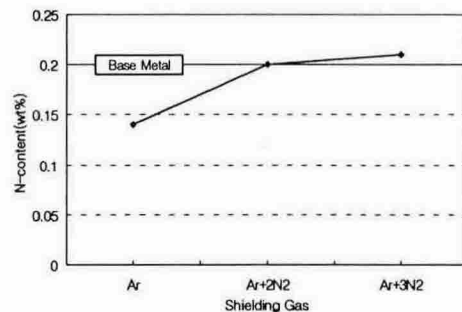
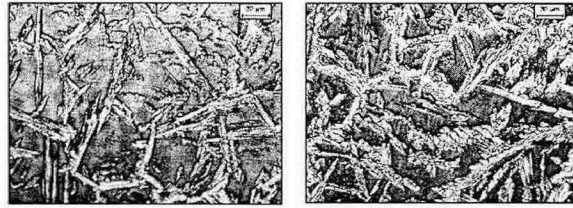


Fig-1. N-content in weld deposit

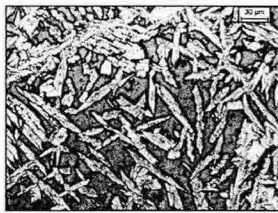
3.1.2 미세 조직 및 페라이트 량

각 조건별 루트 용접부 미세조직 및 페라이트 량은 Photo-1의 a)~c)와 같다. 보호가스로 Ar 단독을 사용한 경우 페라이트가 상대적으로 높게 나타나고, 질소가 함유된 가스는 상대적으로 페라이트가 감소하고 오스테나이트가 증가함을 알 수 있다. 즉, Ar 단독으로 사용한 경우는 용접에 의해서 질소가 소실되어 페라이트 함량이 높아지고, 반대로 보호 가스에 질소가 함유된 (Ar+2~3%N₂) 경우는 용접부 질소 함유량의 증가로 인해 상대적으로 오스테나이트 상이 증가

한 것으로 판단된다. 이와 같은 결과는 앞의 질소 분석 결과와도 잘 일치하고 있다.



a) Ar (Ferrite:53%) b) Ar+2%N₂(Ferrite:41%)



c) Ar+3%N₂(Ferrite: 42%)

Photo-1. microstructures & ferrite contents at root weld area

3.1.3 부식 시험

각 보호 가스별 CPT와 용접부 질소량의 상관 관계를 보면 Fig-2와 같다. 용접부 질소 함량이 낮을수록 CPT는 낮아지고, 질소량이 높을수록 CPT는 높아짐을 알 수 있다. 즉, 질소가 함유된 Ar+2%N₂나 Ar+3%N₂를 보호가스로 사용한 경우가 Ar 만을 사용한 용접부에 비해서 보다 높은 CPT를 보여주고 있다. 따라서, 질소가 첨가된 보호가스를 사용할 경우 용접에 따른 질소의 소실을 방지함으로써 내식성이 향상됨을 알 수 있다.

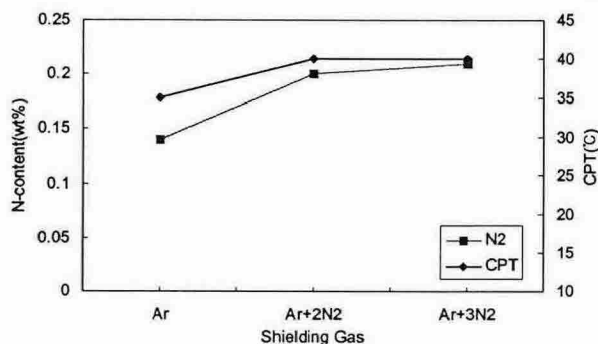


Fig-2. The relationship between CPT and N-content

4. 결 론

슈퍼 듀플렉스 스테인레스강 용접시 보호가스에 질소를 첨가함으로써 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- 1) 보호가스에 N₂ 함량이 증가 할수록 용접부의 질소 함량이 증가한다.
- 2) 용접부 질소량이 증가 할수록 CPT 온도는 상승했다.

참고문헌

1. Claes-Ove Pettersson 문 Sven-Ake Fager : Welding practice for the Sandvik duplex stainless steels SAF 2304, SAF 2205 and SAF 2507(AB SANDVIK STEEL)
2. P.C. Gough and J.C.M. Farrar : Factors affecting weld root run corrosion performance in duplex and super duplex pipe work (Metrode)