

스테인리스강 316L 파이프 GTA용접시 아르곤/질소 백킹가스 종류별 용접품질 특성 비교

Effect of Ar/N2 backing gas on the weld quality of GTA weldment of stainless steel 316L pipe

김 동철*, 장 태원*, 윤 동렬*, 박진형*, 선 혜선*, 권 혁상**, 박 경진**

* 삼성중공업(주) 산업기술연구소

** KAIST 신소재공학과

1. 서 론

최근 LNGC(Liquefied Natural Gas Carrier)의 수요가 증가하고 있고 향후에도 Fig.1과 같이 지속적으로 증가할 것이라 발표가 있었다[1]. 이런 수요 증가에 따라 LNGC의 수주량이 점점 증가하고 있고, 이에 따라 건조 척수가 지속적으로 증가할 전망이다. LNGC의 건조 척수 증가에 따라 LNGC의 의장품인 스테인리스강 파이프 용접 조인트 수가 증가하고 있고, 스테인리스강 파이프 용접에 사용되는 아르곤 가스의 사용량도 함께 증가하는 추세에 있다.

현재 LNGC에 적용되는 파이프는 오스테나이트 스테인리스강 STS 316L이고, 오스테나이트 스테인리스강의 용접은 산업 여러 분야에서 광범위하게 이용되고 있다. 그러나 스테인리스강의 용접 품질을 저하시킬 수 있는 여러 문제점들이 있으며, 그 중 하나로 용접부 뒷면이 고온의 상태로 공기 중에 노출되면 두꺼운 산화물(열산화물)이 형성되는 것을 들 수 있다. 따라서 스테인리스강 파이프 용접 시 파이프 내부에 이러한 산화물이 형성되는 것을 막기 위해 백킹 가스(backing gas)가 이용되고 있다.

백킹 가스로 가장 많이 사용되고 있는 가스는 아르곤으로 대부분의 스테인리스강 용접에 적합하다고 알려져 있다. 그러나 아르곤 가스의 가격이 비싸기 때문에 질소 가스를 백 퍼징 가스로 대체하려는 시도가 활발히 이루어지고 있다[2-4].

본 연구에서는 아르곤 및 질소 백킹 가스에 대하여 스테인리스강(STS 316L) 파이프 내부의 산소농도 레벨에 따라 용접을 수행하였고, 용접부에 대한 물리적 특성 및 부식 저항성을 비교 평

가하였다.

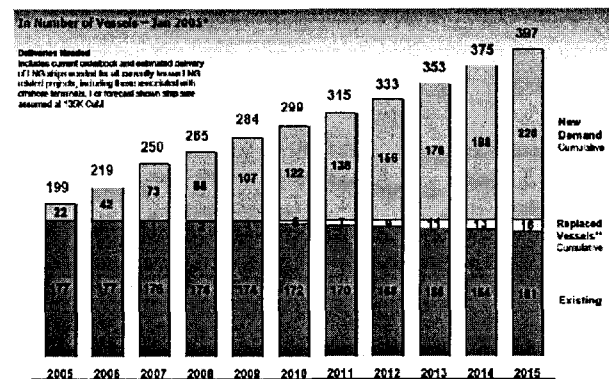


Figure 1 년도별 LNG 선의 수요 전망

2. 본 론

2.1 용접 실험

용접 실험에 사용된 파이프는 LNGC에 적용되고 있는 스테인리스강 STS 316L였다. 파이프 외경은 323mm(12inch)였고, 두께는 4.6mm(SCH 10S)였다. Table 1 과 Table 2는 적용된 파이프의 화학 성분과 기계적 물성값을 각각 보여 주고 있다. GTAW 용접 재료는 AWS A5.9 ER 316L 였고, 와이어 직경은 2.4mm 였다. 용접재료의 화학성분은 Table 3과 같다.

Table 1 Chemical compositions of base material

Item	0.2% proof stress (MPa)	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)	Impact energy (J, -196°C)
Spec. (LR)	185	490 ~ 690	30	41 (10x10mm)
Base metal	236	532	58	55 (10x3.3mm)

Table 2 Mechanical properties of base material

Item	Chemical Composition (wt. %)							
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
Spec. (LR)	Max. 0.03	Max. 1.0	Max. 2.0	Max. 0.045	Max. 0.030	9.0 ~ 13.0	16.0 ~ 18.5	2.0 ~ 3.0
Base metal	0.017	0.47	1.08	0.029	0.002	11.94	16.03	2.08

Table 3 Chemical compositions of filler metal

Item	Chemical Composition (wt. %)								
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu
Spec.	max. 0.03	0.30~0.65	1.0~2.5	max. 0.03	max. 0.03	11.0~14.0	18.0~20.0	2.0~3.0	max. 0.75
Filler metal	0.02	0.40	1.71	0.027	0.014	11.05	18.15	2.18	0.45

본 실험에 사용된 산소농도 측정기의 측정 범위는 10 ppm ~ 1000 ppm (0.001 % ~ 0.1%) 이고, 정확도는 ±2%이다.

2.2 용접부 기계적인 물성 시험

2.2.1 외관시험

Figure 3은 아르곤 가스와 질소 가스를 이용하여 파이프 내부를 퍼징한 후 파이프 내부의 산소 농도에 따른 Root 용접부를 보여주고 있다. 아르곤 가스 및 질소 가스를 이용한 백 퍼징시 파이프 내부의 산소농도가 증가함에 따라 변색이 점점 심해지고 있다는 것을 보여주고 있다. 그러나 동일한 산소농도에서는 아르곤 가스 및 질소 가스 종류 차이에 따른 변색 정도는 큰 차이가 없다는 것을 보여주고 있다.

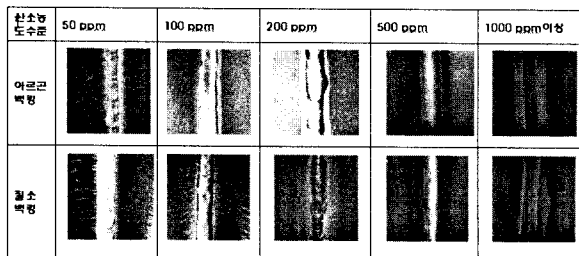


Figure 3 Root weld appearance for Ar and N2 back purging gas

2.2.2 인장시험

Figure 4는 백킹 가스로 아르곤 가스와 질소 가스를 이용하고 파이프 내부의 산소농도에 따른 용접부에 대한 인장 시험 결과를 보여주고 있다. 모든 조건에서 선급기준을 만족시키고 있다는 것을 알 수 있다. 또 두 백 퍼징 가스의 차이 및 파이프 내부의 산소농도에 따른 인장 강도에는 큰 차이가 없다는 것을 확인하였다.

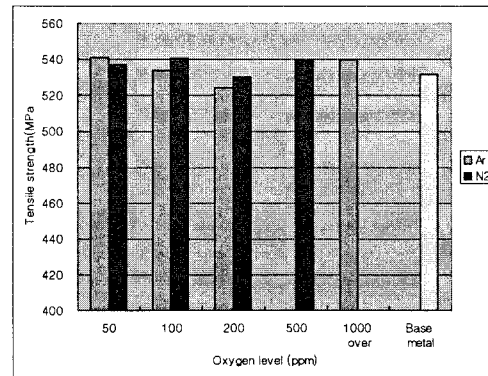


Figure 4 Tensile test results for Ar and N2 back purging gas

2.2.3 충격인성시험

Figure 5은 백퍼징 가스로 아르곤 가스와 질소 가스를 이용하고 파이프 내부의 산소 농도에 따른 용접부의 충격시험 결과를 보여주고 있다. weld metal에 대한 시험 결과에서는 두 백 퍼징 가스의 차이 및 백 퍼징 가스의 산소 농도에 증가에 따른 충격 흡수에너지에는 큰 차이가 없다는 것을 확인하였다.

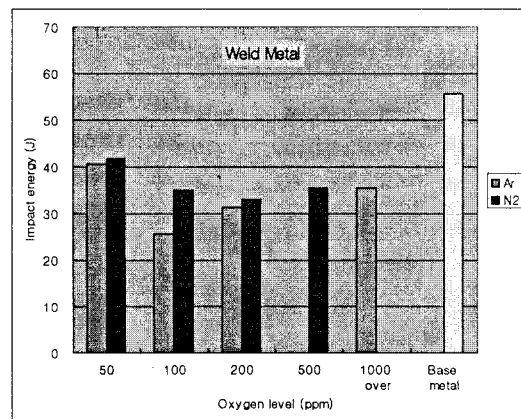
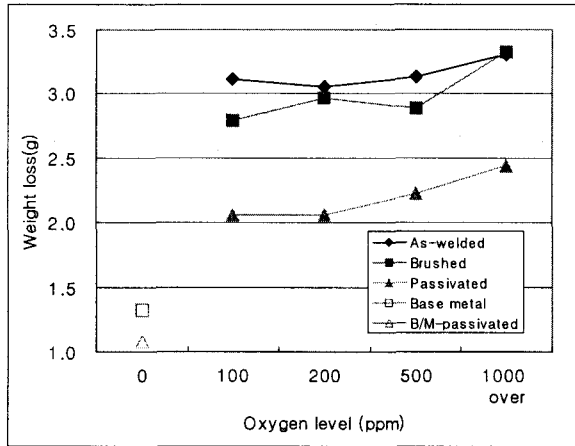


Figure 5 Impact test result for 10x3.3mm specimen size)

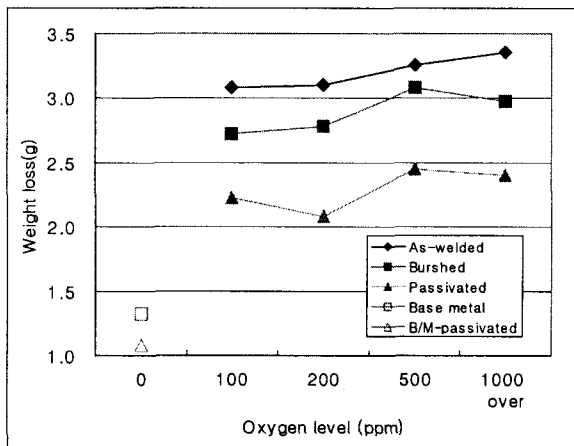
2.3 용접부 부식시험

두 백 퍼징 가스 사용시 파이프 내부의 산소 농도와 용접부의 표면 처리 조건(as-welded, brushed, brushed+passivated)에 따른 공식 저항성을 평가하기 위해 ASTM G48, Method A에 따라 부식 시험을 수행하였다. 부식 시험편 크기는 25x50mm 였다. Figure 6은 표면 상태에 따른 공식 저항성을 나타내고 있다. Figure 6(a)와 (b)는 각각 아르곤과 질소를 백킹가스로 사용한 경우의 표면 상태에 따른 공식 저항성을 나타내고 있다. 두 백킹가스에 대해 실험을 수행한 산

소농도 범위에서 공식에 의한 무게손실이 as-welded 상태에서 가장 크고, brushed+passivated 상태에서 가장 작다는 것을 보여 주고 있다.



(a) Ar back purging gas



(b) N2 back purging gas

Figure 6 Effect of surface condition on pitting corrosion

3. 결 론

본 연구에서는 LNGC 건조에 적용되는 스테인리스강(STS 316L) 파이프 용접시 백 퍼징용 가스로 아르곤 가스와 질소 가스에 대하여 파이프 내부의 산소농도 레벨에 따라 용접을 수행하였다. 그리고 각 조건에서 용접부에 대한 물리적 특성 및 부식 저항성에 관련된 시험을 수행하였고 그 결과는 다음과 같다.

첫째, Root 용접부 외관은 파이프 내부의 산소농도가 증가할수록 변색 즉 산화가 심해졌으나, 두 백 퍼징용 가스인 아르곤 가스 및 질소 가스에 대한 큰 차이점은 없었다.

둘째, 용접부 물리적 특성은 스테인리스강 파이프에 대하여 백킹 가스를 아르곤 가스 및 질소 가스를 사용할 때 모두 선급기준을 만족시켰다.

셋째, 공식 저항성 특성은 아르곤 가스 및 질소 가스 사이에는 차이가 없었고, 파이프 내부의 산소농도가 감소할수록 부식저항성이 향상되었고, 용접부의 표면조건은 as-welded, brushed, passivated 순서로 부식 저항성이 향상되었다.

참 고 문 헌

1. 이호성, 조선 및 해양구조물 시장의 세계동향과 발전전망, 제2회 조선용 강재 발전 심포지움, 2005. 11
2. C.V. Shirwaikar and G.P. Reddy, Purging with Nitrogen in the Welding of Austenitic Stainless Steels, Welding Journal, January 1975, pp. 12a-15s
3. G. Hopkin, Welding of Austenitic Stainless Steels- a Guide to Best Practice, TWI
4. 백광기, 안병식, 질소 이면 보호 가스 적용성에 관한 연구, 대한용접학회지, Vol.5, No.4, 1987, pp. 12-21.