2005년도 춘계 학술발표대회 발표논문, 2005년 6월, 서울

Cu-Ni 파이프 용접에서 No-gap 적용성에 관한 연구

A study on availability of No-gap for Cu-Ni pipe welding

배 상득*, 김 기탁**, 김 경주*, 김 대순*
* 현대중공업 산업기술연구소
** 현대중공업 조선사업본부

1. 서 론

비철 파이프의 GTAW 용접에서 고려해야될 사항으로는 기공, 비드 표면의 산화 등에 의한 용접결함과 용접변형 등을 들 수 있다. 특히, 용접부의 산화는 사용중 부식문제를 야기시킬 수 있으므로 용접중에 비드 표면뿐만 아니라 파이프 내부의 비드 이면도 동시에 보호해야 한다. 이면 비드의 산화 방지를 위해서는 용접전에 파이프 내부를 쉴딩가스로 수분간의 퍼징이 필요한데, 주로 Ar 가스가 사용되고 있다.

만약 취부시 파이프의 루트 갭을 유지하면서 내부에 쉴딩가스를 퍼징시킬 경우, 가스의 손실, 퍼징시간 증가 및 테이핑 작업 등 추가 공정이 요구된다.

또한, 용접변형은 취부시 루트 갭이 클수록 증가하게 되는데, 이를 줄일 수 있는 효과적인 방법으로는 루트 갭을 최소화하는 것이다.

그러나, 현재까지 널리 사용되고 있는 방법으로는 용가재 2.4mm를 사용할 경우 Fig. 1 a)와 같이 Key-hole 용접이 가능하도록 루트 갭을 약 3.2mm 정도로 유지하는 것이다.

따라서, 본 연구에서는 가스 퍼징에 대한 용접 효율성을 높이고, 용접변형을 최소화시킬 수 있는 방법중의 하나로, 초층 용접에 대해 No-gap (루트 갭 0.8mm 이하를 이후 No-gap이라 칭함)과 제살용접을 이용한 용접기법의 적용에 대한 타당성을 검토하고자 하였다.

2. 실험 방법

2.1 사용 재료

시험에 사용된 90%Cu-10%Ni 파이프는 두 종류로서, 범용의 JIS H3300 C7060T-O와 특수용의 DIN 2.1972.22를 사용하였다. C7060T-O의 경우, 80mmϕ x 1.8mmt이고, 2.1972.22는 57mmϕ x 3.0mmt와 90mmϕ x 4.0mmt였다. 각각의 화학조성과 기계적 성질을 Table 1과 2에 나타내었다.

본 평가에 사용된 용가재는 AWS Class. A5.7 ERCuNi의 U사 제품이며, 봉경은 2.0mmϕ였다.

Table 1. Chemical compositions of Cu-Ni pipe and welding consumable(wt%)

Kind	Ni	Fe	Mn	Cu
C7060T-O	9.0-11.0	1.0-1.8	0.2-1.0	Rem.
2.1972.22	9.0-11.0	1.5-1.8	0.5-1.0	Rem.
ERCuNi	29.0-32.0	0.40-0.75	max 1.0	Rem.

Table 2. Mechanical properties of Cu-Ni pipe and welding consumable

Kind	TS (N/mm^2)	YS (N/mm^2)	Elong. (%)
C7060T-O	min. 275	-	min. 30
2.1972.22	320-420	160-220	min. 25
ERCuNi	min. 345	-	-

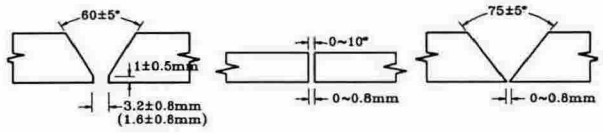
2.2 실험 방법

No-gap의 적용 가능성을 검토하기 위하여 보편적으로 사용되는 개선형상과 No-gap 개선형상을 비교하여 Fig. 1에 각각 제시하였다.

시험편은 두께가 서로 다른 3종류의 파이프를 사용하였고, 루트 갭을 각각 0mm, 2mm로 구분하여 모두 6조건으로 제작하였다.

용접이 완료된 후 용접부의 건전성 평가를 위하여 비드 외관 검사, 비파괴 검사, 기계시험 및

매크로 검사를 실시하였다. 비드 외관 검사는 표면 및 이면 비드에 대해 실시하였으며, 비파괴검사는 방사선투과시험(RT)을 이용하였다. 또한, 기계시험은 인장시험과 굽힘시험을 실시하였으며, 매크로시험을 통하여 용접부 단면을 관찰하였다.



a) b) c)

Fig. 1. Welding joints of Cu-Ni pipe
a) Typical welding joint with root gap
b) No-gap joint (T<3mm)
c) No-gap joint (T≥3mm)

이 때, 사용된 용접 변수 및 각 조건을 Table 3에 제시하였다. 여기서, 루트 갭이 0mm인 경우의 초층 용접은 용가재를 사용하지 않고 제살용접으로 실시하였다.

Table 3. Welding parameter and conditions

Gap		0mm	2mm
Welding process		Manual GTAW	
Welding position		1G-rotated	
Shielding gas(Flow rate)		Ar (15~17 ℓ/min.)	
Back S/G (Flow rate)		Ar (5~8 ℓ/min.)	
Current (A) (Root pass)	80φ x 1.8t	80	80
	57φ x 3.0t	100	90
	90φ x 4.0t	130	120
welding speed (cm/min.)		12~14	7~9
No. of passes	80φ x 1.8t	2	2
	57φ x 3.0t	3	3
	90φ x 4.0t	4	4

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 비드 외관

파이프 용접에서 주로 GTAW 기법을 적용하는 것은 이면 비드 형성이 쉽다는 장점이 있기 때문이다. 여기서 루트 갭을 0mm로 유지하는 경우에도, 이면 비드 형성 및 외관이 양호한 지를 확인하고자 Fig. 2에 갭의 유무에 따른 이면 비드 외관을 비교하였다.

이면 비드 폭을 관찰해 보면, 루트 갭이 0mm인 경우, 4~6mm였으나, 루트 갭이 2mm에서는 3~4mm로 측정되었다. 이것은 루트 갭이 0mm인 경우가 2mm보다 용접속도가 약 40% 정도 빨라 입열량이 적었지만, 제살용접을 적용함에 따라 용가재 용융에 의한 아크 열이 분산되지 않았고, 이면 비드 형성을 위해 위빙 폭이 상대적으로 커졌기 때문에 이면 비드의 폭이 넓어진 결과로 해석된다.

그리고, 비드 외관 및 RT 검사에서 용접결함이 검출되지 않았다.

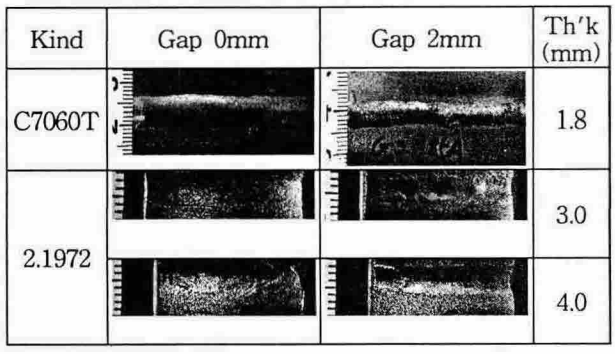


Fig. 2. Typical bead appearance at the inside of pipe

3.2 인장시험

루트 갭이 0mm인 시험편에서의 비드 폭이 갭 2mm 경우보다 넓어진 것과 관련하여 인장강도의 변화에 대한 검증이 필요하였다.

C7060T-O 모재인 80mmφ x 1.8mmt의 인장시험 결과, 루트 갭이 0mm인 경우 297과 289 N/mm^2 값을 얻었으며, 2mm인 경우 313과 294 N/mm^2로써 루트 갭이 0mm보다 조금 높은 값을 보였다. 이 때 파단위치는 모두 용착금속이며, 평가된 시험편 모두 요구되는 인장강도 최소 275 N/mm^2를 만족하였다.

두 용착금속중, 용가재를 사용한 시험편에서 다소 높은 인장강도를 보이는데, 이는 모재보다 인장강도가 높은 용가재로 형성된 용착금속에 의해 강도가 높아진 결과로 판단된다.

3.3 굽힘시험

굽힘시험은 4t x 180°로 각 조건당 4개씩 실시하였으며, 결과로는 굽힘된 시험편에서 미소결함들이 발견되지 않았고 모두 양호하였다.

3.4 매크로시험

루트 갭을 0mm와 2mm로 변화시켜 각각 용접한 시편의 단면 매크로 조직을 Fig. 3에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 모든 시편에 대해 용접결함은 발견되지 않았으며, 초층 용접의 건전성도 동시에 확인하였다.

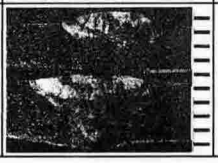
Kind	Gap 0mm	Gap 2mm	Th'k (mm)
C7060T			1.8
2.1972			3.0 4.0

Fig. 3. Macrostructure of weld metals

4. 결 론

90%Cu-10%Ni 파이프에 대해 루트 갭을 0mm와 2mm로 변화시켜 기계적 특성을 평가한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 루트 갭을 0mm와 2mm로 변화시켜 용접한 결과, 용접성, RT 검사 및 매크로시험 결과에서 모두 양호한 결과를 얻었다.

2) 인장시험에서, 모든 시험편이 요구값을 만족하였다. 단, 루트 갭이 2mm인 경우가 0mm보다 인장강도가 조금 높게 평가되었는데, 이는 초층 용접에 모재보다 인장강도가 높은 용가재를 사용하였기 때문으로 판단된다.

3) 굽힘시험에서도 모두 양호한 결과를 도출하였다.

따라서, 가스 퍼징에 대한 용접작업의 효율성 증가와 용접변형 최소화를 고려한 Cu-Ni 파이프의 No-gap 기법 적용은 용접부의 품질을 저하시키지 않고 용접비용 절감 차원에서 적용성이 우수한 것으로 확인되었다.