협개선SAW에 대한 적용성고찰

The study for application of Narrow-gap SAW

정 인 철*, 김 종 오*

* 한국중공업 용접기술개발팀

1. 서 론

협개선(Narrow-gap)용접은 용접부 개선면적을 축소하여 용착량 감소와 용접시간 단축을 목적으로 하는 용접기법으로 SAW, GMAW, 및 GTAW process에 각각 적용된다. 여기서 협개선 SAW는 석유화학용 반응로 및 원자력 주기기 등 극후판 압력용기의 셀 용접에 주로 적용되며 고 용착효율, 극소의 스패터와 Arc blow, 와이어와 플럭스에 의한 우수한 용접성, 및 장비의 단순성 등의 잇점이 있다. 본 고찰은 일반SAW 방식과 협개선 Single 및 Tandem SAW 방식에 대해 원자력기기 적용목적으로 절차서검정 (Procedure qualification) 형태로 시험한 용접결과에 근거하여 각 용접방식의 특성을 분석해 보고자 하였다.

2. 시험자재 및 방법

Table.1 및 2는 시험자재 및 용접재료의 사양을 명시한 것이다. 시험자재는 원자력 주기기의 주자재인 SA508 CL.3 (P-No.3), 용접재료는 Kobe사의 F8P5-EA급 Wire 및 Flux를 사용하였다. 용접개선형태는 Fig.1과 같이 기존의 개선과 협개선으로 구분하였다. 용접변수는 몇 차례의 시험을 통하여 얻은 최적의 변수를 선정하였고 Table.3에 명시하였다.

3. 결과 및 분석

인장시험은 두께방향으로 시편을 12 pcs로 나누어 각 시편에 대한 인장시험을 ASME Sec. IX QW462.1(C)에 준하여 실시하였다. 시험결과는 Table.4와 같다. 각각의 인장값은 SA508 CL.3 재질의 사양에 적합하였으며 두께에 따른 편차도 전체적으로 적었다. 협개선용접이 일반개선보다 높은 인장값을 갖는 것은 HAZ 및 Weld부위의 조립역에 일정한 중첩패스에 의해 뜨임처리가 된 결과이며, 특히 Tandem 협개선방식은 Single에 비해 고입열에 의한 인성의 감소로 인장값이 높은 것으로 예측된다.

충격시험은 ASME Sec.Ⅲ-NB 4330에 준하여 시험을 실시하였으며, Fig.2와 3은 시험결과를 간략히 도시한 것이다. Weld부위의 충격치는 'Single 협개선 SAW>Tandem 협개선 SAW>일반 SAW' 의 결과를 가져왔다. 즉 Weld부위에서는 협개선방식이 일반방식에 비해 양호한 인성을 갖고 있다고 볼 수 있다. 이것은 협개선용접이 일정한 비드형태에 따른 뜨임효과에 의해 조대입자 구역의 미세화에 기인하는 것으로 추측된다. 한편 Tandem 방식은 고입열로 상대적으로 낮은 충격치를 갖임을 알 수 있다. HAZ부는 이와는 달리 '일반 SAW, Single 협개선 SAW>Tandem 협개선 SAW' 의 결과를 보였다. HAZ부위의 차이는 측면 wall부위에 비드중첩에 의한 뜨임효과에 기인한다. Tandem 협개선은 고입열로 확대된 조대입자 영역에서 중첩패스에 의한 미세화 천이가 불충분하여 조대입자 잔류구간이 많음에 따라 인성이 낮으며, 또한 조립역과 세립역의 모자이크 구성으로 시험시편의 노치위치에 충격치가 많이

좌우됨에 따라 각 시험온도에 따른 충격치가 분산되어 그림에서 명시된 바와 같이 편차가 심하였다. 그러나 모든 Weld 및 HAZ 부위의 인성값은 원자력 PJT 수행시 요구되는 48 °F (8.9 ℃)에서 50 ft-lb (6.92kg-m)를 훨씬 상회하였으며 모재의 인성값(12.2 ℃에서 12.9-15.7 kg-m) 에 비해서도 비교적 양호한 결과를 나타내었다. 또한 ASME Sec.IX QW462.2 에 준하여 측면굽힘 시험결과 모두 만족(No open defect)하였다.

화학성분 분석결과 Table.5 에 명시된 바와 같이 각 용접방식에 따른 성분의 차이점은 거의 없었으며 비교적 근사한 값을 나타내었다. 단 탄소함량은 협개선용접이 상대적으로 약간 적었으며 이것은 일정한 비드형태에 따른 모재와의 희석차이에 기인된 것으로 추측된다.

4. 결론

본 고찰은 원자력 주기기 Girth-seam 용접 적용목적으로 수행된 시험의 결과 Data 에 근거하여 거시적 형태로 비교분석한 것이다. 각 물성치 및 화학분석을 통하여 협개선용접방식은 기존의 SAW 방식과 비교하여 여러면에서 약간의 차이가 있었다. 인장값은 협개선방식이 약간 높았다. 충격치는 협개선용접시 일정한 비드중첩에 의한 뜨임효과 차이로 양호하게 나타났으나 HAZ 부위에서 Tandem 협개선방식의 충격치는 고입열로 부분적 입자미세화천이 부족부분의 산재에 기인하여 일반 SAW 방식 대비 상대적으로 낮았다. 화학성분은 유사하였고 다만 탄소함량은 협개선방식이 약간 낮았다. 전체적으로 모든 시험결과는 원자력 주기기 적용 Code 및 관련 Spec.에 의한 요구사양을 충분히 만족하였다.

5. 참고문헌

1. V. MALIN : "Submerged arc narrow-groove welding", Welding journal, June 1989, pp.34-45
2. G.A. Hutt : "Narrow welding", Metal construction, June 1984, pp355-361
3. G.D. Uttrachi : "Multiple electrode system for submerged arc welding", April3-7, 1978, pp3-10
4. S.Sawada, K.Hori etc. : "Application of narrow-gap process", September, 1979
5. Kobe steel,Ltd : "Narrow gap submerged arc welding process", January, 1984, Ref.1784-020 rev.1

Table.1 The specification of base material

시편치수	사양	인장강도	화학조성 (wt %)									
		(kg/㎟)	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Cu
t230 x w150 x L500, 2EA	SA508 CL.3	59.7-61.1	0.20	0.23	1.43	0.004	0.002	0.94	0.14	0.46	0.004	0.03

Table.2 The specification of weld material

구분	Brand name	AWS class	Size / 특성
Flux	PFH-55SN	F8P5	Aggromerated & neutral type
Wire	US-40N	EA3	φ 4.0mm

Table.3 Welding parameters

구분	극성	전류(A)	전압(V)	용접속도 (cm/min)	Heat input (KJ/min)	예열/층간 온도(℃)	열처리
Conventional joint	DC	550-600	31-32	34-35	3.39	min.129/ max.196	617-625 ℃, 40.5 hrs
Narrow-gap joint (Single)	DC	560-580	31-32	32-36	3.48	min.142/ max.259	617-623 ℃, 40.5 hrs
Narrow-gap joint (Tandem)	DC	480-550	29-32	55-70	4.41	min.134/ max.250	608-615 ℃, 40.5 hrs
	AC	520-600	35-38				

Table.4 The results of tensile strength test

구분	시편크기	평균인장값 (kg/㎟)	두께방향편차(kg/㎟)	파단위치
Conventional joint	w19 x t30 , 12 pcs	60.3	-1.24 , +0.87	Base & Weld
Narrow-gap joint (Single)	w19 x t30 , 12 pcs	61.8	-0.8 , +0.2	Base
Narrow-gap joint (Tandem)	w19 x t34 , 12 pcs	65.8	-0.7 , +1.1	Base & Weld

Table.5 Chemical composition of weld metal

구분	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	Co	Cb+Ta
Conven. joint	0.12	0.27	1.62	0.011	0.003	0.15	0.06	0.49	0.03	0.005	0.01
N-gap (Single)	0.09	0.22	1.65	0.011	0.005	0.18	0.07	0.54	0.02	-	-
N-gap(Tandem)	0.07	0.32	1.70	0.012	0.003	0.07	0.06	0.53	0.02	0.01	0.008

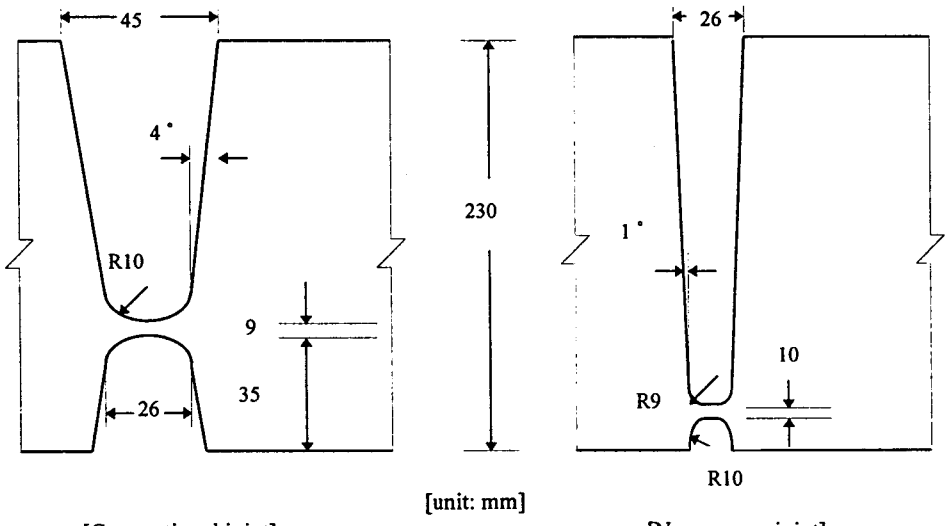

Fig.1 Weld joint configuration

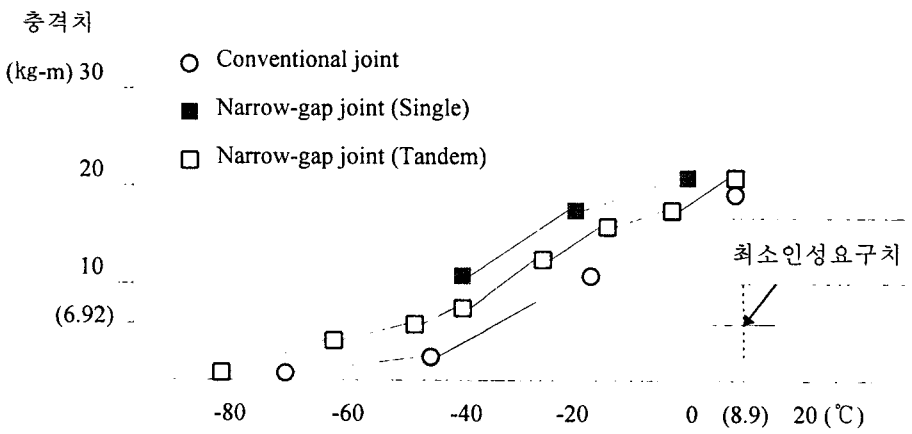

Fig. 2 V-notch test values of Weld region

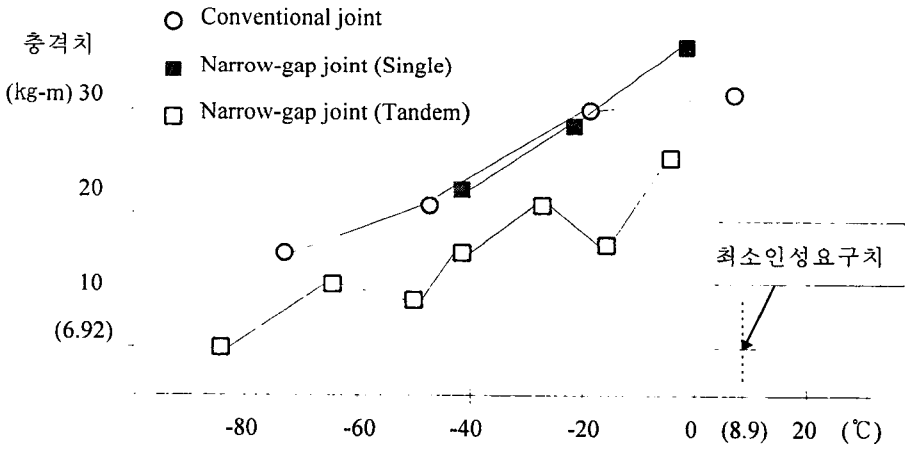

Fig. 3 V-notch test values of HAZ region