

STS강의 O₂ 및 Al 함량이 용접용입량에 미치는 영향 (Effect of O₂ and Al Content on the Weld Penetration)

김 희봉 김 정호 이 창희
한양대학교 금속공학과

1. 서론

일반적으로 용입성에 영향을 미치는 인자들로 크게 용접조건과 용접시 사용하는 shielding gas의 종류 및 조성 등과 같은 용접변수와 모재의 화학조성으로 구분된다. 일부 400계 스테인레스강은 가공중 SiO₂의 inclusion에 의해 가공성이 불량하여 그 해결책으로 Si 대신 Al을 탈산제로 사용해 가공성 향상에 큰 효과를 보여주었다. 300계 스테인레스강에서 Al의 첨가는 용입성을 저하시킨다고 보고되었으나 400계 스테인레스강에서 Al 탈산제 사용으로 가공성향상을 이룬 반면 용입성엔 어떤 영향을 미칠지는 미지수이다. 이에 본 연구에서는 400계 스테인레스강에서의 Al 함량 및 표면 활성원소로서 미량으로도 용융지내의 flow pattern을 바꾸어 용입성을 향상시킬 수 있는 산소첨가량을 변화시켜 용접용입량에 미치는 영향을 파악하고 정적열원하에서의 보호가스내 산소첨가에 따른 스테인레스강의 용접용융부의 형상을 Simulation을 통해 고찰하였다.

2. 시험재 및 실험방법

본 연구에서 사용한 시험재는 STS410L이고 비교대상 강종은 STS304-13이다. 시험재의 성분과 크기를 Table 1. 에 나타내었다. Fig. 1은 모재의 용입특성에 미치는 Al의 영향을 조사 및 비교할 목적으로 모재의 다른 원소의 성분을 변화시키지 않고 용착금속의 Al 함량만을 변화시키기 위한 Element implant technique을 개략적으로 나타낸 그림이며 implanting 후에는 시험재의 평활도를 유지하기 위하여 milling 가공을 하였다. Table 2.에는 Implant technique에 사용된 pure Al strip의 크기를 나타내었다.

Implant technique을 사용하여 Al 함량을 30, 480, 880, 2100, 4500ppm으로 조절하였다. 또한, 보호가스내의 산소첨가는 Ar가스와 O₂가스를 혼합시킬 수 있는 용기를 제작하여 보호가스조성을 순수 Ar, 2%O₂, 5%O₂, 8%O₂로 변화하여 Al 및 산소함량에 따른 모재의 용입특성을 파악하였다.

Table 1. Chemical composition of test specimens used

	Thick (mm)	Composition(wt%)										
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Al	Ti	N
STS410L	4.8	0.018	0.26	0.74	0.025	0.002	11.49	0.40	0.03	0.003	-	0.0078
STS304-13	7.1	0.047	0.48	1.04	0.022	0.001	18.19	8.22	0.01	0.003	0.014	-

3. 실험결과 및 고찰

용입성에 미치는 전류의 영향은 용접전류가 증가 할수록 용입깊이와 bead폭이 함께 증가하지만 용입깊이 증가폭이 상대적으로 커서 용입비증가현상을 보여주며 용융부 단면적도 증가하였고 STS304-13보다는 STS410L의 증가폭이 크게 나타났다. 또한 용접속도가 증가 할수록 용입비 감소와 용융부 단면적의 감소에서 두 재료가 같은 경향을 보여줬으며 Al 과 산소의 상호작용에 의한 모재의 용입성은 STS410L에서는 Al 함량에 따른 산소함량이 5 vol.%까지는 용입비가 조금씩 감소하는 경향을 나타내지만 산소함량이 8 vol.%일 경우는 Al 함량변화에 따른 용입비 변화는 없었다. 또한, STS304-13에서는 산소함량에 따라 큰 차이는 볼 수 없었고 단지 Al 함량이 증가할수록 용입비가 감소하다 일정한 값을 유지하는 경향을 보였다.

Fig. 11은 정적열원하에서의 computer simulation의 결과이다. STS410L에서 simulation 결과와 실제 실험간의 차이가 많이나지만 정확한 물성치의 입력이 가능한 STS304에 있어서는 실제 용접 실험과 비교하여 아주 일치하는 경향을 보였다. 따라서 STS410L에 대해서도 보다 정확한 물성치를 구한다면 computer simulation에 의한 용접부의 열 및 유동해석을 충분히 적용할 수 있을 것으로 생각된다.

4. 결론

용접전류가 증가 할수록, 용접속도가 감소 할수록 용입비와 용융부 단면적은 감소경향을 보이며 STS304-13의 경우 산소 및 Al함량조절에 의해 용입성을 control할 수 있으나, STS410L의 경우는 Al, 산소함량에 덜 민감하여 용입성 조절이 필요한 경우 용접조건 변화가 우선되어야한다.

5. 참고문헌

- 1) C. R. Heiple, J. R. Roper, "Mechanism for Minor Element Effect on GTA Fusion Zone Geometry", *Welding J.*, 61(4)(1982), 97s~102s
- 2) K. C. Mills, B. J. Keene, "Factors affecting variable weld penetration", *Int. Mat. Rev.*, vol.35(1990), p.185~p.216

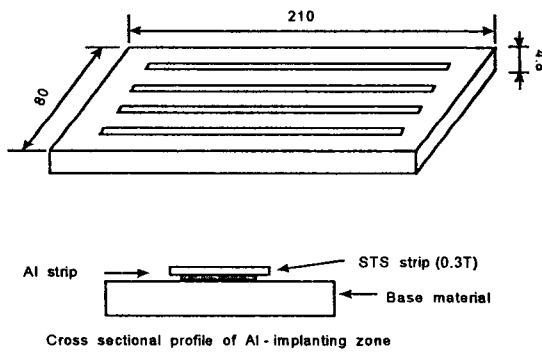


Fig. 1 Schematic diagram of Al implanting technique

Table 2 The size of Al strip used for implanting

	Al strip (mm)		
	Thickness	Width	Length
①	0.1	2	200
②	0.1	4	200
③	0.2	4	200
④	0.4	4	200

Table 3 Welding conditions

Method	GTAW
Electrode	W+2%Th
Filler metal	none
Welding position	flat
Polarity	DCSP
Current	180A, 210A, 240A,
Arc length	2mm
Shielding gas	pure Ar, 2%O ₂ , 5%O ₂ , 8%O ₂
Gas flow rate	10 l/min
Welding speed	20, 30, 40, 50cm/min

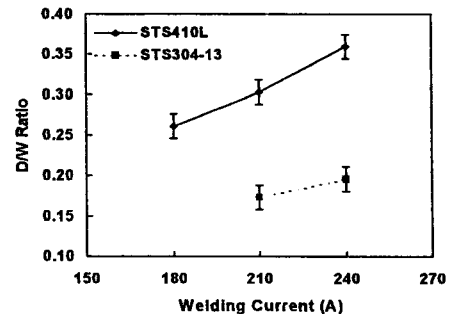


Fig. 2 Effects of welding current on D/W ratio(pure Ar, speed=20cm/min)

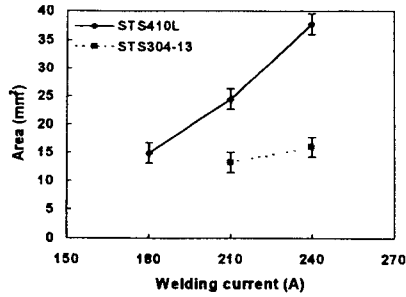


Fig. 3 Effects of welding current on cross-section area of welds (pure Ar, speed=20cm/min)

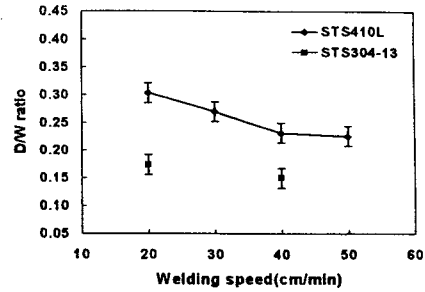


Fig. 4 Effects of welding speed on D/W ratio (pure Ar, welding current=210A)

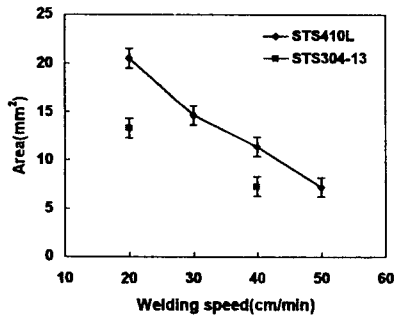


Fig. 5 Effects of welding speed on cross-section area of welds (pure Ar, current=210A)

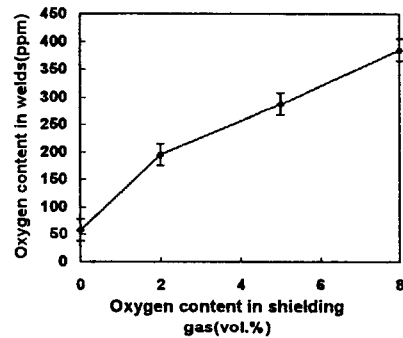


Fig. 6 Oxygen contents in weld metals with various O₂ content in Ar shielding gas.

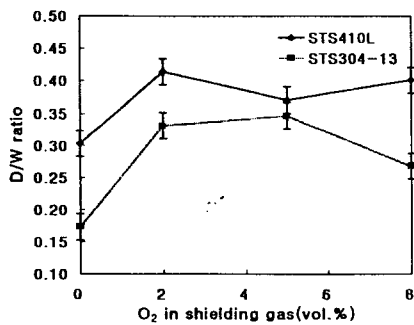


Fig. 7 Effects of oxygen in shielding gas on D/W ratio (speed=20cm/min, current=210A)

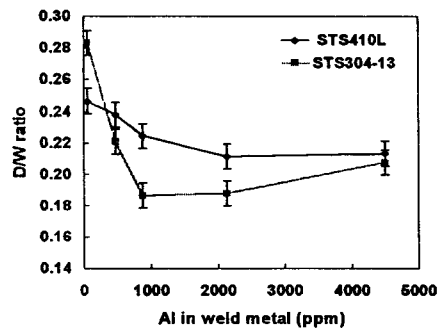


Fig. 8 Effects of Al content on D/W ratio of welds (speed=40cm/min, current=240A)

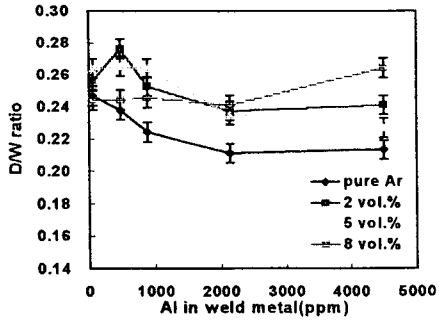


Fig. 9 D/W ratio with oxygen contents in the conditions of various Al additions to STS410L

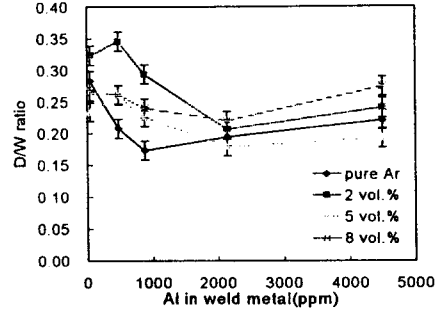


Fig. 10 D/W ratio with oxygen contents in the conditions of various Al additions to STS304

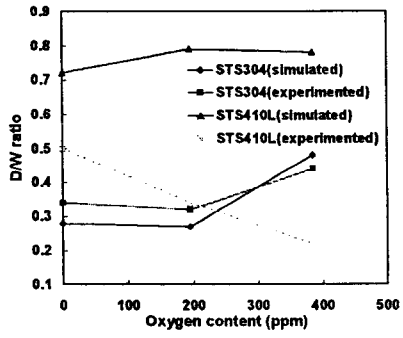


Fig. 11 Comparison of D/W ratio simulated with that of experimented