

오스테나이트계 스텐레스강 용접재료의 용접성에 미치는 합금 원소의 영향 (I)

(Effect of alloying elements on the weldability of welding materials for austenitic stainless steels)

산업과학기술연구소 * 안 상곤
유 호천
김 속환
장 래용

1. 서 론

오스테나이트계 스텐레스강은 내 부식성과 기계적 성질을 동시에 만족시키기 때문에 그 우수성이 인정되어 각종 환경하에서 구조용 재료로서 널리 사용되고 있다.

그러나 구조물 제작에는 용접이 불가피하므로 오스테나이트계 스텐레스강의 우수한 성능을 유지하는 데는 용접부, 특히 용착금속의 특성이 가장 중요하다.

용착금속은 용고시 Cr, Mo 등 주성분 원소들이 미세 편석된 주조 조직으로 되어 있어 부식 저항성이 모재에 비해 현저히 저하하고, 또 고온에서는 용착금속내의 δ -페라이트가 σ 상 변태에 의한 취화와 Cr 탄화물 석출등으로 구조물 수명에 절대적인 영향을 미친다.

본 연구는 가장 다양한 환경 조건하에서 사용되고 있는 304, 316L 강용 용접재료를 대상으로, 고온 creep 강도 향상 효과가 현저한 Nb, V의 미량 합금 원소와 용착금속의 내식성 개선 효과로 Cu를 단독 혹은 복합 첨가하여, 용접성과 내부식성 특성에 미치는 영향을 규명하고, 기존 308, 316L 재료와 비교 평가하여, 고온 creep 특성뿐 아니라 용접성과 내 부식성을 동시에 확보할 수 있는 새로운 합금성분 설계 기준을 제시하기 위해 수행된 것으로, 본 보에서는 일차적으로 이들 합금원소가 용착금속의 기계적 성질 및 고온 균열 감수성에 미치는 영향에 대해 소개하고자 한다.

2. 시험 방법

시험 재료를 제조하기 위해 초정 페라이트 용고 mode와 5-8%의 δ -페라이트량을 갖는 AWS ER 308, 316L을 성분 설계하여 각 1ch.씩 진공 용해하여 SMAW용 3.2mm 선재로 신선하였다. Nb, V 및 Cu의 합금원소는 피복재에 첨가하였고, 이때

용착금속의 목표 성분치는 0.4%Nb, 0.2-0.6%V, 0.5%Cu 토 하였다.

Table 1은 본 연구에서 제조한 각 용접재료의 화학조성을 나타낸 것이다.

전 용착 시험을 통해 합금원소에 의한 기계적 성질 변화를 조사하였고, 용접시 가장 문제가 되는 고온 균열 감수성은 transversestraint시험(Fig.1)을 실시하여 최대 균열 길이(MCL)를 측정하여 비교 평가하였고, 전자현미경 분석을 통하여 고온균열 발생에 미치는 영향을 규명하고자 하였다.

한편, 각 용접부에 대해 5% H2SO4용액중에서 6hr.부식 시험을 실시하여 내 부식성도 조사 하였다.

3. 시험 결과 및 고찰

0.3%Nb, 0.2-0.35%V 첨가한 용접재료의 강도는 기존재료에 비해 약 10% 정도의 강도 상승 효과가 나타났으며, 저온에서의 충격 인성은 시험재료 모두 유사한 충격값을 나타내고 있어 합금원소에 의한 충격치 저하는 확인되지 않았다. 한편 페라이트가 충격인성에 미치는 영향을 조사하였는데, Fig. 2 에서 보는 바와 같이 약 4-10%의 페라이트량 범위에서는 큰 차이가 없었으며, 비교 시험재료 사용한 GMAW 용접재료는 SMAW 보다 우수한 충격치를 갖고 있음을 알 수 있는데 이는 용착금속의 산소량 차이에 기인한 것으로 생각되었다.

각 용접재료의 고온 균열 감수성은 페라이트량 증가에 따라 감소하는 경향을 나타내었고, Cu 첨가 및 P+S+Si량이 가장 높은 용접 재료에서 고온균열 발생이 현저하였다. 그러나 Nb, V는 기존 재료와 큰 차이를 보이지 않았다.

Fig. 3은 V 첨가량에 따른 고온 균열 감수성을 나타낸 것인데, V 량에 큰 차이를 나타내지 않았으나, Cu 와 V를 복합 첨가한 용접재료의 경우 가장 높은 MCL을 보이고 있어 Cu가 고온 균열 발생에 직접적인 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

한편 5% H2SO4 부식 시험에서도 Nb, V 첨가재료가 기존재료보다 우수한 내 부식성을 나타내었는데 이것은 C 와 친화력이 좋은 Nb, V가 Cr, Mo carbide 식출을 지연 혹은 억제시키기 때문이라고 생각되었다.

Table. 1 Chemical composition analysis of deposited weld metal

(wt%)

AWS Class.	Weld metal designation	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Others	O ₂	N ₂	Creq/ #1 Nieq	Creq/ #2 Nieq	Remarks
E308	1	0.048	0.874	1.03	0.019	0.012	19.05	11.17	tr.	-	0.0716	0.048	1.533	1.399	Commercial
	2	0.059	1.14	1.24	0.023	0.009	19.30	10.01	tr.	-	0.0796	0.035	1.666	1.482	-
	3	0.046	0.894	1.03	0.020	0.011	19.21	10.70	tr.	V:0.21	-	0.053	1.598	1.448	Manufactured
	4	0.046	0.924	1.06	0.019	0.011	19.20	10.71	tr.	V:0.28	-	0.056	1.594	1.439	-
	5	0.048	0.885	1.11	0.020	0.011	18.98	10.95	tr.	V:0.33	0.0711	0.0533	1.542	1.397	-
	6	0.055	0.937	1.09	0.022	0.008	19.30	10.09	tr.	Nb:0.29	0.0796	0.0413	1.694	1.449	-
E316L	A	0.026	1.02	0.990	0.020	0.010	18.77	12.88	2.25	-	0.0626	0.0551	1.6022	1.426	Commercial
	B	0.024	1.00	1.06	0.019	0.010	18.78	13.13	2.17	Cu:0.468 V:0.28	0.0717	0.0476	1.536	1.421	Manufactured
	C	0.032	1.02	1.12	0.020	0.010	18.42	12.92	2.16	Nb:0.27	0.0696	0.0537	1.560	1.390	-
	D	0.026	1.00	1.06	0.020	0.010	18.51	13.32	2.20	V:0.46	0.0696	0.0471	1.542	1.384	-

*1. Hammer and sevenson equation : $Creq=Cr+1.37Mo+1.5Si+2Nb+3Ti$
 $Nieq=Ni+0.31Mn+22C+14.2N+Cu$

*2. De-long equation : $Creq = Cr+Mo+1.5Si+0.5Nb$
 $Nieq = Ni+0.5Mn+30(C+N)$

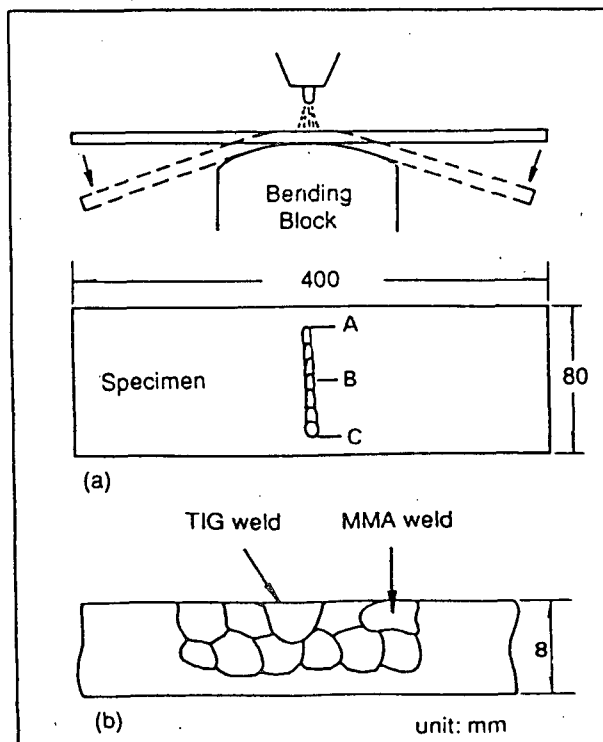


Fig.1 The transverse restraint test technique :
 a) Test method used for bead on plate welds
 b) Preparation of the weld metal test specimens

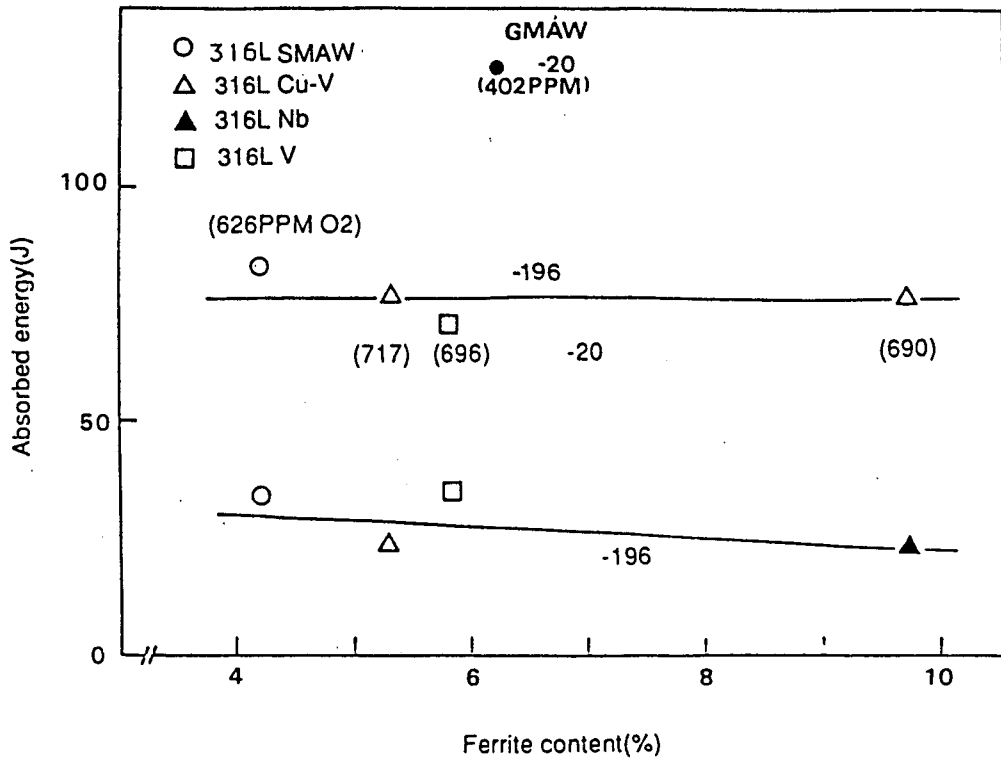


Fig.2 Effect of ferrite Contents on impact toughness in 316L weld metal at -20 and -196C test temperature .

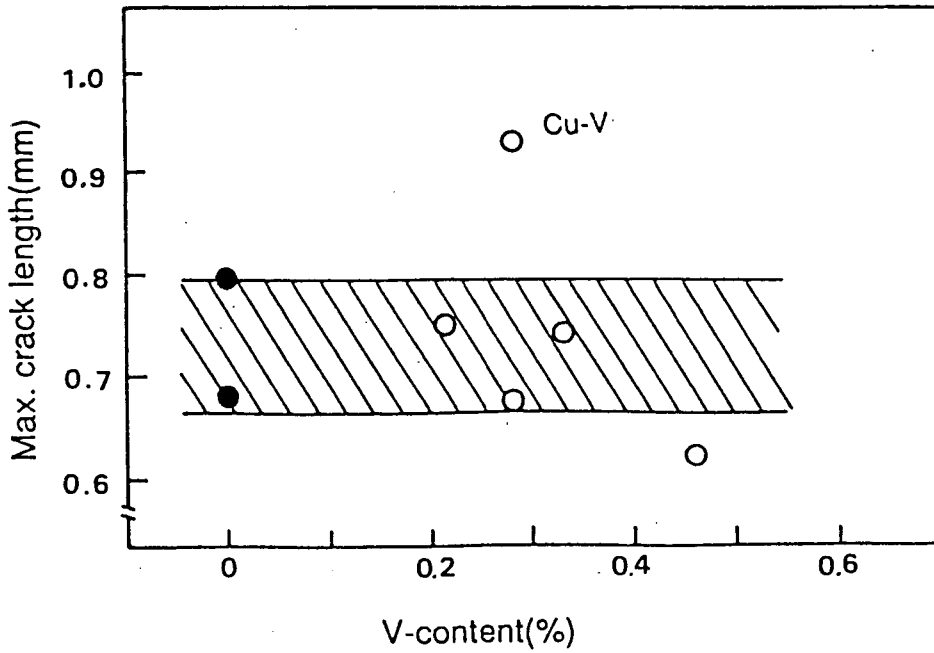


Fig.3 Effect of V Contents on max. crack length