

CO₂ 초층 용접부의 고온균열 감수성 Hot Cracking Susceptibility in Root-run Welds of CO₂ Welding

이 종봉, 안 영호
포항종합제철(주)

허 만주
대우중공업(주)

한 일욱
(주)세아ESAB

1. 머리말

조선소와 같이 Flux Cored Wire(FCW)를 사용하여 후판강재를 CO₂ 용접하는 경우, 용접 생산성을 향상시키기 위해서는 용접전류 및 용접속도를 상향관리하는 것이 바람직하다. 그러나 이러한 조건을 적용하면, 특히 초층 용접부에서 균열이 쉽게 발생된다. 따라서 발생한 균열의 현상을 조사하고, 관련 용접재료의 균열 감수성에 대한 평가와 함께 균열발생 원인을 검토하고자 하였다.

2. 시험재 및 실험방법

Table 1은 사용한 용접재료의 화학조성을 나타낸 것이다. 용접재료는 TiO₂계인 직경 1.2mm의 연강 및 50kg/mm²급 고장력강용 FCW 시판재로서, 국산과 수입재를 각각 2종류씩 선정하였다. 또 균열 감수성에 미치는 합금성분의 영향을 검토하기 위하여 DS70U 및 DS70을 기본으로 한 각 시험재에 Ni 및 Ti함량을 소량 변화시킨 4종류의 시험생산재도 사용하였다.

초층 용접부의 고온균열 감수성을 평가하기 위하여 자구속형(self-restraint type)시험, U-form 시험¹⁾ 및 Modified-TRC 시험을 실시하였다. 또한 용접 중 시험재를 액체 Sn에 급랭시키는 방법을 이용하여 응고 중 합금성분의 편석거동을 동결시킴으로써, 균열 감수성과의 상관성을 검토하였다.

3. 실험결과 및 고찰

초층 용접부의 균열발생을 재현하고 용접조건에 따른 균열발생률을 조사하기 위하여 V-groove 형태의 자구속 균열시험을 실시하였다. Photo.1은 용접비드 표면에 균열이 100% 발생한 예와, 균열의 파단면을 관찰한 결과로서, 이 균열은 비드 단면을 완전히 관통하지 않았으며, 수지상정의 형상을 명확히 관찰할 수 있는 전형적인 응고균열임을 알 수 있다. 또한 FCW를 사용하는 경우, 이러한 균열이 발생하는 범위는 240A-15cm/min 이상의 용접조건임을 확인하였다.

Fig.1은 시판 용접재료의 용착금속부에 대하여 U-form 균열시험을 실시하여 응고균열 감수성을 상호비교한 것이다. 균열 발생률은 DS70U가 가장 낮고, DW55, DW100, DS70 순으로 증가함을 알 수 있다.

이상과 같은 두 종류를 포함한 종래의 고온균열 시험법은 용접재료의 균열특성을 평가할 수는 있지만, 시험편의 제작이 복잡하고 시험과정도 번거러워 비효율적이다. 따라서 본 연구에서는 저온균열 시험법인 TRC시험법을 변형하여 용접재료의 고온균열 감수성을 간편하게 평가할 수 있는 방법을 제안, 시도하였다. 즉, 두 시험편을 용접하면서 일정한 느린 속도로 인장하면 응고균열 감수성이 높은 재료는 낮은 재료에 비해 건전용접부의 면적이 적기 때문에 파단하중값이 저하하게 된다. Fig.2는 이와 같은 시험결과를 나타낸 것으로, DS70 시리즈가 DS70U 시리즈에 비해 응고균열이 발생하기 쉬움을 알 수 있다. 이 결과는 전술한 U-form 시험결과와도 일치하고 있다.

한편 DS70 시험재를 용접 중 액체Sn에 급랭시켜 응고전면 부근의 조직을 관찰한 결과, 수지상정의 경계에는 P가 편석된 잔류용액이 잔존하였음을 확인할 수 있었다(Photo.2). 따라서 응고균열 감수성의 증가는 응고 중 P의 편석에 의한 저용점 화합물의 생성에 기인한 것으로 판단된다.

[참고문헌] 1) Y.C.Zhang, H.Nakagawa and F.Matsuda : Trans. of JWRI, 15-1 (1986), 159-163

Table 1 Chemical compositions of commercial deposited metals used

Material	Chemical composition (wt.%)								Remarks
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Ti	B	
BM-A	0.14	0.25	0.61	0.015	0.008	-	-	-	AH32
DW55	0.057	0.28	0.86	0.014	0.010	0.32	0.035	0.0017	JIS Z 3313 YFW-C502R
DW100	0.048	0.21	0.59	0.017	0.014	-	0.026	-	JIS Z 3313 YFW-C50DR
DS70U	0.048	0.17	1.03	0.012	0.010	0.36	0.035	0.0016	KS D 7104 YFW-C502R
DS70	0.046	0.38	0.86	0.015	0.014	-	0.022	0.0009	KS D 7104 YFW-C50DR

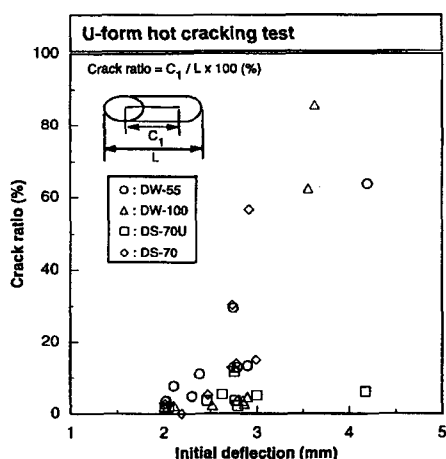
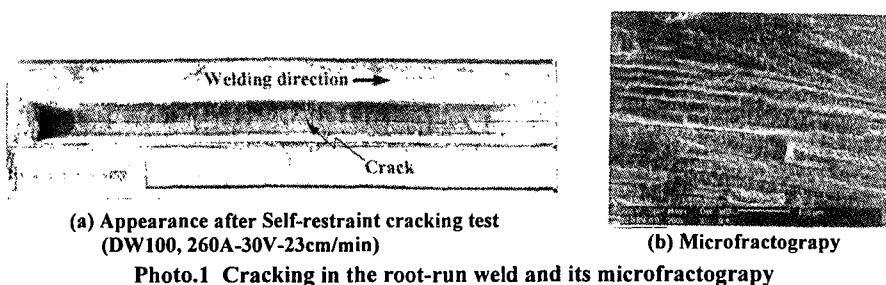


Fig.1 Comparison of solidification crack ratio with commercial flux-cored wires

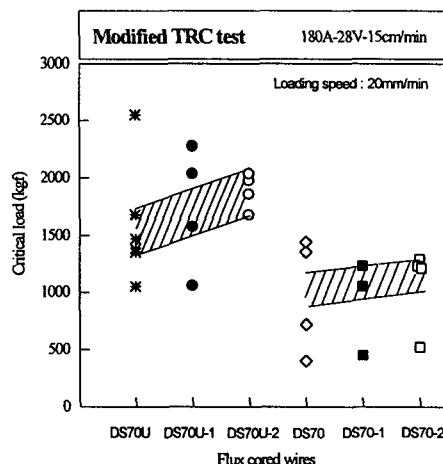


Fig.2 Comparison of critical load to fracture during welding

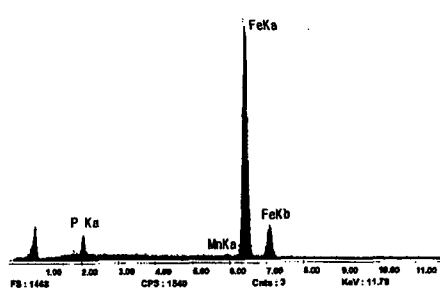
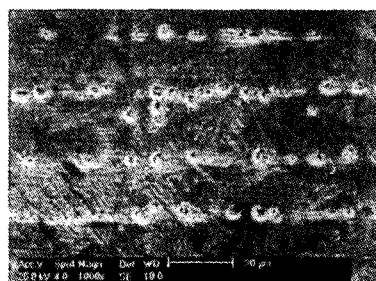


Photo.2 Distribution of the inclusions in the solidification microstructure and its EDX result(DS70)