

용접부 확산성수소량에 대한 고찰

Study of diffusible hydrogen content in weld

^{1,2)}김재학, ²⁾김희진, ²⁾유희수, ¹⁾고진현

¹⁾한국기술교육대학교

²⁾한국생산기술연구원

1. 서 론

고장력강 또는 저합금강등에 있어서의 용접성은 저온균열에 대한 저항성이다. 저온균열은 수소유기균열(hydrogen induced cracking, hydrogen assisted cracking)으로서 용접부내부의 수소원자들이 확산하여 용접부의 균열을 야기시킨다. 이처럼 저온균열의 원인이 되는 확산성수소의 정확한 측정은 매우 중요하다. 하지만, 정확한 확산성 수소량 측정시 많은 문제점을 안고 있기 때문에 논란의 여지가 상존하고 있다.

국내의 경우, 업체별 확산성 수소량 측정방법상 이하고, 업체별 측정치 차이로 인한 분쟁의 여지가 상존하며, 표준샘플 부재로 인해 확산성수소량 측정장치의 신뢰성 검증이 불가능하다.

현재 국내에선 대부분 GC법(gas chromatographic method)을 사용하고 있는데 GC법의 경우 신뢰성을 검증할 수 있는 방법이 없기 때문에 측정결과에 대한 의구심이 끊임없이 제기되고 있다. 이러한 상황에서 GC법의 문제점을 보다 명확히 규명하기 위하여 그리고 GC법의 신뢰성을 개선해 보고자 국내 9개 기관이 참여하여 Round Robin Test(RRT)를 실시하였다. 본 실험은 RRT결과로부터 GC법이 가지고 있는 문제점을 분석하고, 분석한 결과를 토대로 하여 개선방향을 제시하고자 한다.

2. RRT결과 비교

2.1 1차RRT 결과

RRT를 통해서 현재 국내 업체에서 사용하고 있는 GC법의 문제점을 확인하기 위해 표1.과 같은 동일한 용접재료와 용접조건으로 9개기관이 실험을 진행하였다.

표1. RRT 용접조건

용접조건	
전류 (A)	320
전압 (V)	32
속도 (cm/min)	35
GTWD (mm)	25
실용가스	CO ₂
적용법	FCAW
이이어 직경 (mm)	1.4

8개 기관은 GC법으로 측정하였으며, 1개 기관(한국생산기술연구원)은 수은법으로 측정하였다. 그 결과 표2 와 표3과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

표2. 1차 RRT결과 (8개기관)

기관	기온(°C)	습도(%)	확산성수소량 (ml/100g)
	17	63	5.24
	18	70	4.58
	19	63	3.57
	19.3	64	3.78
	24	22	3.40
	17.5	43	3.12

24	22	2.64
21	44	12.78

표3. 1차 RRT 확산성수소량 (평균치)

측정방법	확산성수소량 (ml/100g)	표준편차
수은치환법 (2회)	4.39	0.31
GC법 (8개기관)	4.89	3.29

수은치환법의 경우 직접적이고 간단한 장비로 확산성수소량을 측정하기 때문에 보정이 쉽다. 반면, GC장비의 경우 측정장치를 보정할 수 있는 적당한 방법이 없다. 그러므로 수은치환법을 기준으로 GC법의 결과 비교 분석한 결과 보정의 필요하다고 판단된다.

2.2 RRT3차결과

RRT1차의 실험 변수를 줄이기 위해서 한 작업자가 동일한 용접조건으로 33개의 용접시편을 제작하여 각 기관에 나눠주고, 이를 측정하였다.

표4. 3차 RRT 결과

기관	확산성수소량 (ml/100g)	표준편차
A	2.31	0.24
B	2.02	0.43
C	3.78	0.23
D	2.38	0.31
E	2.49	2.01
F	3.63	0.43
G	2.42	0.34
H	1.71	0.24
표준편차	2.32	0.23

3차 RRT결과 1차 RRT에 비해 확산성수소량의 차이가 많이 줄어든 것을 확인할 수 있다. 이는

용접시편 제작시 동일한 작업과정과 동일한 대기 조건에서 진행함으로써 확산성수소량에 영향을 주는 변수를 줄여주는 효과가 있었다.

수은치환법의 측정결과를 토대로 각 기관의 측정결과를 비교해보면, 두기관은 다른 기관에 비해 많은 양의 확산성수소량이 측정되었으며, 한 기관에서 적은양의 확산성수소량이 측정되었다.

그러므로 GC장비보정의 필요성을 확인 할 수 있었다.

이는 표준샘플의 부재로 인한 문제로 생각되며, 이를 해결하기 위해 표준샘플을 제작해보고자 한다.

3. 예비실험 (표준시편제작)

3. 1 실험방법

표준샘플이 일정한 양의 확산성수소량을 고용하기 위해 표5. 와 같은 용접조건을 선정하여 실험을 진행하게 되었다.

표5. 용접조건 (표준샘플)

전류 (A)	280
전압 (V)	36
속도 (cm/min)	30
CPWD (mm)	20
가스	CO ₂ 20%, Ar bal. H ₂ 0.45%, 0.2%, 0%
용접법	GMAW
와이어지름 (mm)	1.2

확산성수소량측정시 용접재료의 문제점으로 와이어의 보관기간동안 대기로부터 수분의 유입이 확산성수소량에 영향을 주므로, 이를 줄이기 위해서 기존 RRT실험에서 사용하던 flux cored wire를 solid 와이어로 교체하였다. 이는 대기수분의 흡습의 원인인 flux의 변수를 줄일 수 있기

때문이다.

실딩가스는 Ar과 CO₂ mix gas에 인위적인 H₂(0.45%, 0.2%, 0%)양을 mix시켜주어 제조, 사용함으로써 각기 다른 확산성수소량을 고용하고 있는 표준샘플을 제작하였다.

측정방법은 수은치환법과 GC법로 측정하여 측정치의 신뢰성을 보정하였다.

3.2 실험결과

실험결과 mix gas에 수소량이 높아질수록 확산성수소량이 증가하는 것을 알 수 있다.

이는 실딩가스에 mix되어 있는 수소량이 증가할수록 용접부내부에 고용되는 수소량이 증가한다는 결론을 도출할 수 있다.

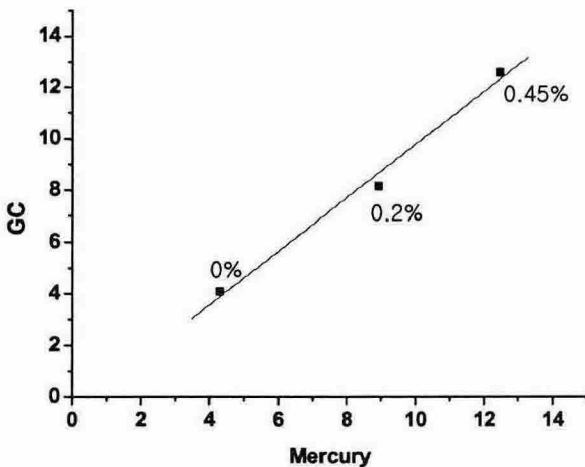


그림 1. mix gas의 수소량에 따른 확산성수소량

뿐만아니라, 수은치환법과 GC법으로 측정한 결과 비슷한 측정치를 나타내고 있어 GC장비를 보정하는데 적합하다고 생각한다.

표6. 수소량(mix gas)에 따른 확산성수소량

0%	4.19
0.2%	8.53
0.45%	12.52

4. 향 후

현재까지 용접부의 확산성수소량에 대한 논란은 계속되고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 정확한 확산성수소량측정이 선행되어야한다고 생각한다. 이를 위해 현재산업계에서 대부분 사용하고 있는 GC법의 보정법이 필요하고 생각된다.

향후 표준샘플을 제작을 위해 행했던 실험의 신뢰성을 얻기 위해 RRT를 진행 예정이며 확산성수소량에 영향을 주는 변수인 대기수분량에 관한 연구가 필요하다고 본다.

참고문헌

1. The effect of welding parameters on diffusible hydrogen levels in cored wire welding, D White, G Pollard and R Gee, Welding & Metal Fabrication, June 1992
2. Effects of Moisture Contamination and Welding Parameters on Diffusible Hydrogen, J. H. Kiefer, Welding Research Supplement, May 1996
3. JIS Z 3118 (1992)
Japanese Industrial Standard
4. AWS A4.3 American Welding Society
5. Comparative Study of Methods for Determining the Diffusible Hydrogen Content in Welds, L CELIO DE ABREU. P J MODENESI AND P VILLANI- MARQUES, Welding International, 1995 9 (1) 26-31
6. The influence of atmospheric moisture at the time of welding on weld hydrogen level, Peter H. M. Hart, Welding and Cutting 4 (2005) No. 2