

# GMA용접재료의 대기조건에 따른 확산성수소량

## Diffusible Hydrogen Content of GMA Welding Consumable in Air Conditions

\*김제학, \*\*김희진, \*\*유희수, \*고진현  
 \*한국기술교육대학교  
 \*\*한국생산기술연구원

### 1. 서 론

강재의 용접성은 여러 가지 의미로 해석되고 있지만, 고장력강 또는 저합금강등에 있어서의 용접성은 저온균열에 대한 저항성과 동일한 의미로 사용되고 있다. 저온균열은 수소취성(hydrogen embrittlement)현상에 의해 용접부에서 발생하는 균열을 지칭하는 것이다. 따라서 저온균열은 수소유기균열(hydrogen induced cracking, hydrogen assisted cracking)의 일종으로써, 용접부에서 나타나는 수소유기균열을 통상적으로 저온균열(cold crack)이라고 부르는 것이다. 저온균열은 4가지조건이 충족되었을 때 발생한다.

1. 용접부에 생성된 저온균열에 민감한 미세조직
2. 용접수행과정에서 용접부에 유입되어 확산 가능한 수소
3. 용접 이음부에서 발생하는 인장 잔류응력
4. 150℃ 이하의 온도

통상적으로 용접부는 상온으로 냉각된다. 그러므로 4번째 조건을 제외한 3가지조건이 충족되었을때 저온균열이 발생하며 3가지조건 중 한 가지라도 충족하지 않는다면 저온균열은 발생하지 않을 것이다.

현재 용접산업계는 저온균열의 발생을 억제하기 위해 용접재료의 확산성수소량을 줄여나가고 있다. 하지만 용접재료의 확산성수소량 측정시 동일한 용접재료의 확산성수소량 측정치가 일정하지 않은 경우가 빈번하며 국내 업체별 측정치 차이로 인한 분쟁의 여지가 상존하고 있다.

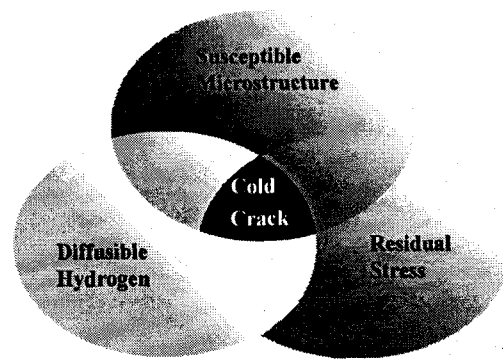


Fig. 1 저온균열에 영향을 미치는 주요 3인자

이에 본 연구는 선행된 연구결과를 토대로 확산성수소량 측정편차의 원인이 대기중 수분량이라 판단되며 GMA용접재료에서 대기조건에 따른 확산성수소량의 영향을 검증하고자한다.

### 2. 실험방법

#### 2.1 확산성수소량측정방법

일반적으로 용접부 확산성수소량을 측정하는 방법은 수은치환법, 글리세린치환법, Gas Chromato graph 법(이하 GC법으로 칭함)으로 세 가지 방법이 있다.

Table 1.은 확산성수소량 측정법에 따른 장점을 간략히 정리한 것이다.

현재 대부분의 업체에서는 GC법으로 확산성수소량을 측정하고 있다. GC법은 포집된 수소량을 0.01ml단위까지 측정할 수 있기 때문에 보다 정확한 측정이 가능하며 포집온도를 높여 포집시간을 6시간까지 단축할 수 있다는 장점이 있다.

측정방법	장점	단점
달리세린 치환법	간단한 설비 안정성, 경제성	낮은 수소량 측정 불가능, 결과치 부정확
수은 치환법	간단한 설비 측정치의 신뢰성	위험성 (수은증기)
GC법	신속한 실험 가능 안정성, 정확성	고가의 측정장비, 결과치에 대한신뢰성 검증 불가, 장치 보정 불가

Table 1. 확산성수소량측정법의 장단점

그러나 고가의 장비를 사용하기 때문에 초기투자가 요구되며, GC장비의 신뢰성을 검증할 수 있는 표준시편이 없기 때문에 장비의 보정을 임의적으로 할 수 없다는 단점 때문에 측정결과가 상이할 경우 논란의 여지가 상존하고 있는 것이다. 그래서 본 연구에서 GC장비의 신뢰성을 확보하기 위해 보정이 필요 없는 수은치환법의 측정치를 기준으로 GC법의 측정치편차와 보정여부를 검증하였다.

### 2.2 GC장비 보정

상용되고 있는 GMA용접재료 중 한가지 용접재료를 선정하고 인위적으로 용접부의 확산성수소량을 조절하기 위해 수소함량이 다른 4종의 실딩가스를 제작하였다. 그 후 동일한 용접조건으로 각기 다른 실딩가스를 사용하여 총 5회에 걸쳐 확산성수소량을 수은치환법과 GC법으로 측정하였다.

전류 (A)	280
전압 (V)	30
속도 (cm/min)	30
CTWD (mm)	20
실딩가스	Ar Bal. 20% CO2 0~0.45% H2
용접법	GMAW
와이어지름	1.2

Table 2. 용접조건

Table 3은 GC법과 수은치환법의 확산성수소량 측정치를 보여주고 있다. 결과적으로 실딩가스의 수소함량이 증가할수록 확산성수소량이 증가한 것을 확인할 수 있었으며 GC법과 수은치환법의 비교결과 동일하다고 판단된다.(Fig. 2)

실딩가스의 수소함량		GC법	수은치환법
확산성 수소량 평균 (ml/100g)	H 0%	4.09	4.29
	H 0%	4.17	4.43
	H 0.1%	5.92	5.14
	H 0.2%	8.15	8.92
	H 0.45%	12.59	12.45

\* 실딩가스 (Ar Bal.+20%CO2+ H%)

Table 3. GC법과 수은치환법 결과비교

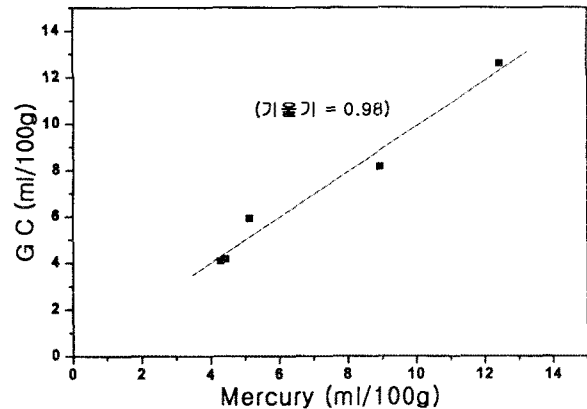


Fig 2. GC법과 수은치환법 결과비교

### 2.3 확산성수소량에 영향을 미치는 대기조건

GMA용접재료의 확산성수소량측정시 대기조건 영향을 검증하기 위해 한가지 GMA용접재료를 선정하여 동일한 용접조건으로 각기 다른 실딩가스와 대기조건으로 확산성수소량(GC법)을 측정하였다. 확산성수소량 측정시 영향을 주는 대기조건은 대기중의 수분량과 동일한 것이므로 대기조건을 대기수분량으로 환산하여 확산성수소량과의 상관성을 검증하였다.

대기 중의 수분량 (g/m <sup>3</sup> )	확산성수소량 (ml/100g)	실딩가스
4.87	3.07	Ar+ 20%CO <sub>2</sub>
13.59	3.00	
13.59	3.22	
15.1	4.03	
16.4	4.40	Ar+ 10%He+ 5%CO <sub>2</sub>
20.5	5.75	
15.1	5.41	
1.25	2.62	Ar+ 5%CO <sub>2</sub>
1.43	3.29	

Table 4. 대기수분량에 따른 확산성수소량

Table 4.와 같은 GMA용접재료 용접부의 확산성 수소량결과를 도식화하면 Fig 3과 같다.

결과적으로 대기수분량이 증가할수록 확산성 수소량이 증가하는 것을 확인할 수 있으며 확산성 수소량(HD)과 대기 중의 수분량의 상관식을 도출하여 보면  $HD = 0.12 \times (\text{수분량}) + 2.52$ ,  $R=0.75$  이다.

대기수분량이 최소(1.25g/m<sup>3</sup>)일 때 최소 확산성수소량(2.62ml/100g)이 측정되었으며 대기수분량이 최대(16.4g/m<sup>3</sup>)일 때 최대 확산성수소량(5.75ml/100g)이 측정되었다.

확산성수소량의 최대, 최소치의 편차는 3.12ml/100g으로 확산성수소량은 대기수분량에 의해 지대한 영향을 받는 것으로 판단된다.

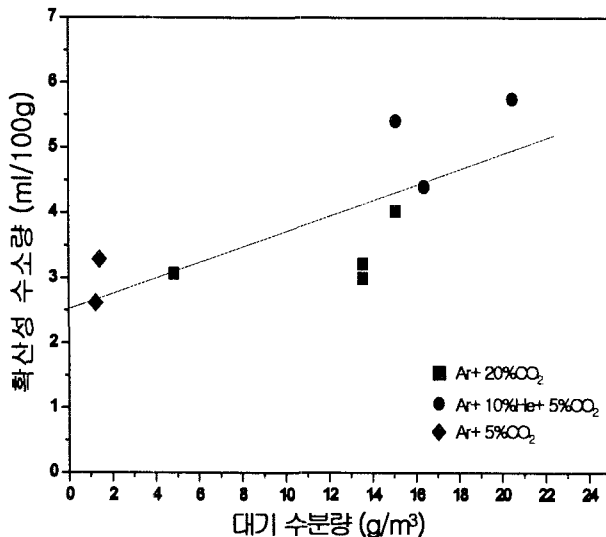


Fig.3 대기수분량에 따른 확산성수소량측정결과

그러나 본 실험은 실딩가스의 영향을 배제하고 대기수분량과 확산성수소량의 상관관계를 도출하였다. 추후 실험을 통하여 실딩가스의 영향이 검증되어야 대기수분량에 따른 확산성수소량의 영향을 정확히 밝힐 수 있을 것이다.

### 3. 결론

1) GC장비는 0.01ml단위로 정확한 측정이 가능하며 측정시간을 단축시킬 수 있지만 표준시편의 부재와 임의적인 보정을 할 수 없으므로 신뢰성 검증이 어렵다. 이에 수은치환법을 기준으로 GC 장비의 편차와 보정여부를 판단하는 것이 가장 효율적인 방법이다.

2) GMA용접재료의 확산성수소량은 본 실험을 통해 대기조건(대기수분량)에 지대한 영향을 받는다. 확산성수소량(HD)과 대기 중의 수분량의 상관식을 도출하여 보면  $HD = 0.12 \times (\text{수분량}) + 2.52$ ,  $R=0.75$  이다.

3) 본 실험에서 실딩가스의 영향을 배제하였다. 추후 실험으로 확산성수소량에 대한 실딩가스의 영향이 검증되어야 보다 정확한 결과를 얻을 수 있을 것이다.

### 후 기

본 연구는 민군겸용기술개발사업의 일환으로 수행되었고 이에 감사드립니다.