

용접부의 확산성수소량 측정규격제정에 대한 연구

Study for Standardization of The Measurement of Diffusible Hydrogen Content

*김재학, **김희진, **유희수, **고진현

*한국기술교육대학교, 한국생산기술연구원

**한국생산기술연구원

1. 서 론

고장력강 또는 저합금강등에 있어서의 용접성은 저온균열에 대한 저항성이다. 저온균열은 수소취성(hydrogen embrittlement) 즉 수소유기균열(hydrogen induced cracking, hydrogen assisted cracking)으로서 용접부내부의 수소원자들이 확산하여 용접부의 균열을 야기시킨다. 이처럼 저온균열의 원인이 되는 확산성수소의 정확한 측정은 매우 중요하다. 그러므로 기존에 나와있는 확산성 수소량 측정기법을 살펴볼 필요가 있다. 하지만, 아직까지 국내에는 확산성수소량 측정에 대한 기준안이 있지 않아서 기준을 만들 필요가 있으며, 실제로 이러한 시험방법이 확산성수소량을 정확히 측정할 수 있는지 알아보아야 한다. 따라서 확산성수소량측정 규격을 제정할 필요가 있다. 해외의 확산성 수소량 측정규격은 JIS(Japanese Industrial Standard)규격과 AWS(American Welding Society)규격이 있다.

같은 확산성 수소량 측정규격임에도 불구하고 확산성 수소량 측정기법, 시편크기, 시편의 전처리에 차이점이 있다. 두 규격에서 사용하고 있는 확산성수소량 측정법을 알아보고, 장단점을 비교해보았으며, 향후 국내실정에 맞는 규격제정도움이 되고자 하였다.

2. JIS와 AWS의 비교

확산성수소측정기법은 JIS Z 3118과 AWS A 4.3에 정립되어 있다. JIS규격에서는 글리세린치환법(glycerol displacement)과 GC법(gas chromatographic method)에 대해 기술하고 있고, AWS규격에서는 수은치환법(mercury displacement method)과 GC법에 대해 기술하고 있다.

적용범위를 보면 JIS규격은 SMAW, SAW, GMAW에 대해 규정하고 있지만, AWS규격의 경우 확장하여 GTAW와 PAW까지 적용범위에 두고 있다.

시편의 전처리에 있어서 JIS규격과 AWS규격은 시편의 탈수소처리와 표면의 건전성을 확보해야 한다는 목적은 같다. 다만, 온도범위와 시간에 다소 차이가 있다.

AWS규격의 경우 시편과 fixing device와 고정하기 위해서 구리 호일(2mm)를 사용함으로 시편 가공오차를 감안하고 있다.

용접시편중에 사용되는 end tab의 용접비드의 경우 AWS의 경우 25mm이상이면 되지만, JIS규격에선 각용접법에 따라 35mm~120mm범위까지 규정하고 있다. 여기서 최소 end tab의 비드 길이가 차이나는 것은 JIS규격의 경우 용접시작과 끝에 비드의 불균일성을 감안한 것이다.

수소를 포집하는 온도에 있어서 JIS규격은 45℃에서 72시간동안 포집된 양을 측정하여 확산성수소량을 환산하지만, AWS규격의 경우 45℃에서 72시간동안 포집하는 방법과 그 외에 150℃에서 6시간동안 포집하는 방법을 허용하고 있다. JIS규격이 45℃로 규정한 이유는 온도가 높아질수록 수소고용도가 높아지기 때문에 실험시 포집되는 수소량이 줄어들기 때문이다.

반면, AWS규격의 경우 수소의 포집시간을 줄이기 위해서 150℃에서 6시간동안 포집하는 조건이 있다. 이는 수은은 수소고용도가 없기 때문이다. 그러나 온도가 높아질수록 수은의 증발속도가 빨라지기 때문에 시험자의 안전을 위해 45℃에서 72시간동안 포집하는 방법을 추천하고 있다. 표1에는 확산성 수소량측정을 위한 JIS규

격과 AWS규격에 대한 비교를 나타내고 있다.

표1.

확산성수소량 측정을 위한 JIS규격과 AWS규격비교

	JIS	AWS
측정방법	글리세린치환법, GC법	수은치환법, GC법
적용범위	SMAW, SAW, GMAW	SMAW, SAW, GMAW, FCAW, GTAW, PAW
전처리	400℃~650℃, 1시간	400℃~650℃, 1시간 625±25℃
시편크기길이	15~100mm	80mm, 40mm
포집조건	45℃ 72시간	45℃ 72시간 150℃ 6시간

3. 확산성수소측정방법

용접재료의 확산성수소량을 측정하는 시험방법은 국제적으로 공인되어 규격화되어 있는 방법이 있는데, 이들은 글리세린치환법, 수은치환법, 가스크로마토그래프법의 3가지가 있다. 이들 방법은 용접 후에 용접부에서 72시간 동안 확산되어 배출되는 수소량을 측정하는 것이다.

3-1. 글리세린치환법

측정방법은 확산성수소량을 측정하기 위한 시편처리를 거친후 45℃의 글리세린에 장입시킨 후 포집될 확산성수소량을 측정할 수 있는 뷰렛을 덮은 후 포집기를 이용하여 뷰렛에 글리세린을 충전시킨다. 그 후 72시간 후에 포집된 수소량을 측정하여 확산성수소량으로 환산한다.

환산식은 다음과 같다.

$$H_p = \frac{H_{GL} + 1.73}{0.79} \text{ (ml/100g)}$$

H_p: 용착금속 100g당 확산성 수소량

H_{GL}: 글리세린법에 의하여 얻어진 수소량(ml/100g)

$$H_{GL} = \frac{V_{GL} \times 100}{W_2 - W_1} \text{ (ml/100g)}$$

W₂: 용접후 시편 무게(g)

W₁: 용접전 시편 무게(g)

V_{GL}: 환산한 양(ml)

$$V_{GL} = \frac{273 \times V}{273 + T}$$

V: 측정된 수소량(ml)

T: 측정시의 대기온도(℃)

글리세린치환법에 소요되는 설비는 다른 측정법에 비해 간단하고 경제적이라는 장점을 가지고 있다. 하지만, 측정결과와 신뢰성이 부족한 것이 단점이다. 다른 방법에 비해 확산성 수소량이 적게 나오는 경향이 있어 수소량이 적은 용접재료에는 사용할 수 없다. 이는 글리세린에 수소가 일부 용해되기 때문이다.

3-2. 수은치환법

측정방법은 글리세린치환법과 같은 방법이다. 하지만, 글리세린이 아닌 수은을 사용한다는 것이다. 글리세린치환법의 문제점이었던 수소가 용해되는 문제점을 해결한 방법이라고 할 수 있다. 하지만 상온보다 높은 온도에서 수은의 기화속도는 높아지기 때문에 기화된 수은 기체가 인체에 치명적인 영향을 줄 수 있다.

환산식은 다음과 같다.

$$VH = \frac{273}{273 + T} \times \frac{(P-H)V}{760}$$

T: 측정지의 대기온도(℃)

P: 측정된 수소의 압력(mmHg)

V: 측정된 수소량(ml)

H: 수은기둥의 길이(mm)

VH: 환산한 양(ml)

3-3. 가스크로마토그래프법(GC법)

측정방법은 다른 방법과 같이 시편처리를 한 시편을 포집기에 넣고 포집기내부의 공기를 아르곤으로 치환한다. 그 후 다른 시험과 같이 45℃에

서 72시간 후에 수소량을 측정하여 확산성 수소량으로 환산한다.
환산식은 다음과 같다.

$$H_p = \frac{V_{GL} \times 100}{W_2 - W_1} \quad (\text{ml}/100\text{g})$$

H_p : 용착금속 100g당 확산성 수소량

W_2 : 용접후 시편 무게(g)

W_1 : 용접전 시편 무게(g)

V_{GL} : 환산한 양(ml)

$$V_{GL} = \frac{273}{273 + T} \times \frac{P \times V}{760}$$

T: 측정지의 대기온도(°C)

P: 측정된 수소의 압력(mmHg)

V: 측정된 수소량(ml)

본 방법은 글리세린치환법과 수은치환법의 문제점을 해결한 방법이라고 할 수 있겠다. 하지만, 이 방법은 고가의 장비와 아르곤가스를 필요로 하기 때문에 다른 방법에 비해 비경제적이며, 시편의 크기가 제한되어 있다.

4. 향후 계획

저온 균열의 직접적인 원인이 되는 확산성 수소량을 측정하고자 많이 사용되고 있는 JIS규격과 AWS규격을 고찰을 통하여 그규격에 제시된 모든 확산성수소량 측정방법을 갖는 용접조건으로 실험하여 확산성 수소량을 측정하여 비교하고 각각의 측정방법의 신뢰성을 확보하여 국내 실정에 맞는 규격을 제정하고자한다.

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