2005년도 추계 학술발표대회 발표논문, 2005년 11월, 경남 산청

용접부 확산성수소량측정시 영향을 미치는 변수

Effect of experimental variable in diffusible hydrogen content measurement in GMAW and FCAW

[1,2]김재학, [2]김희진, [2] 유회수, [1]고진현

[1]한국기술교육대학교
[2]한국생산기술연구원

1. 서 론

강재의 용접성은 여러 가지 의미로 해석되지만, 고장력강 또는 저합금강 등에 있어서의 용접성은 저온균열에 대한 저항성과 거의 동일한 의미로 사용되고 있다. 저온균열은 수소취성(hydrogen embrittlement)현상에 의해 용접부에서 발생하는 수소유기균열(hydrogen induced cracking, hydrogen assisted cracking)의 일종이다. 이러한 균열은 다음과 같은 4가지 조건이 모두 충족되었을 때 발생한다고 알려져 있다. 따라서 이들 중 어느 하나라도 충족하지 못한다면, 저온균열은 발생하지 않는 것이다.

1. 저온균열에 민감한 미세조직
2. 확산성수소
3. 인장 잔류응력
4. 150℃ 이하의 온도

확산성수소(diffusible hydrogen)는 대부분 용접재료로부터 유입되는데, 상기된 바와 같이 용접부 저온균열을 제어하는 주요한 인자이다. 따라서 확산성수소량은 용접재료를 평가뿐 만아니라, 예열온도 선정에 있어서 매우 중요한 평가항목이다.

하지만 정확한 확산성 수소량을 측정함에 있어 많은 문제점이 있으며, 현재 용접산업계에서도 측정치에 대해 많은 논쟁이 계속되고 있다.

더욱이 용접재료의 확산성수소량이 저하됨에 따라 보다 정확한 확산성수소량측정이 요구되고 있다.

그러므로 본 연구에서는 정확한 확산성수소량측정을 위해서 확산성수소량측정시 편차를 야기하는 변수들을 분석하고자 하였다.

2. 확산성수소량에 영향을 주는 변수

확산성수소량측정시 영향을 주는 변수에 대한 영향은 많이 보고된 바 있다.[1, 2, 3, 4] 확산성수소량 측정시 영향을 주는 변수로는 용접조건의 영향(Fig. 1), 대기중 수분량의 영향(Fig. 2), 실딩가스 수분량의 영향 등 용접재료 외에 확산성수소가 유입으로 인해 확산성수소량측정치의 편차를 가중시킨다고 보고하고 있다.

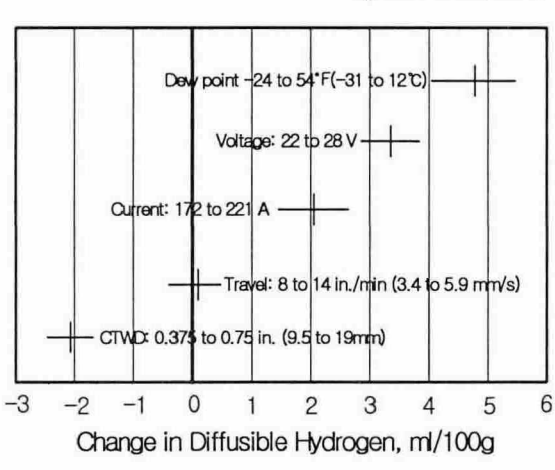

Fig. 1 용접조건에 따른 확산성 수소량[3]

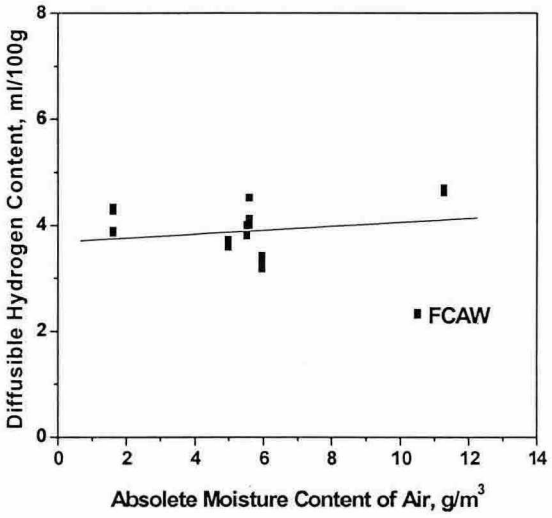

Fig. 2 대기조건에 따른 확산성수소량[2]

하지만, 이외에도 확산성수소량측정법은 3가지가 존재하며, 각 규격마다 다른 측정기법을 사용하여 확산성수소량을 측정하고 있다.

예를 들어 용접시편제작시 시편용접 후 퀜칭까지의 시간 경우 JIS나 AWS에서는 5초이내로 얼음물에 냉각시키지만, ISO규격에선 가능한 빠른 퀜칭을 요구하고 있다. 뿐만 아니라, 포집온도에서도 JIS는 45℃에서 72시간, AWS 45℃에서 72시간 또는 150℃에서 6시간을 요구하고 있으며, ISO는 25℃에서 24시간동안 전체포집량의 1%증가하지 않으면 시험을 종료된 것으로 판단한다.

그러므로, 이러한 규격에 따른 편차를 검증하기 위해 측정규격 따른 변수를 검증해 볼 필요가 있다.

2.1 용접 후 시편장입시간

확산성수소는 고온에서 빠르게 확산하여 대기중으로 방출된다. 그러므로 정확한 측정을 위해서 가능한 빠른 냉각은 필수이다. 하지만, 각 규격에 따라 용접시편제작 후 얼음물에 장입할 때 까지(퀜칭)시간이 다르고 장입할 때까지의 시간의 영향을 검증하기위해 시편의 장입시간이 달리 하여 실험을 진행하였다.

용접 조건은 Table 1과 같이 동일하게 실행하였으며 퀜칭시간은 3초, 5초, 10초 단위로 나누어 용접시편을 제작하였다.

Table 1. 용접조건

용접조건	
전류 (A)	320
전압 (V)	32
속도 (cm/min)	35
CTWD (mm)	25
실딩 가스	CO2
적용법	FCAW
와이어직경 (mm)	1.4

Table 2. 퀜칭시간에 따른 확산성수소량

	1	2	3	4	5	6
장입시간	3"15	3"99	5"25	5"25	10"08	10"09
확산성 수소량 (ml/100g)	4.33	3.86	3.9	4.27	3.78	2.94

그 결과(Table 2) 다소의 편차는 있었지만, 퀜칭시간이 증가함에따라 확산성 수소량의 측정치가 감소하는 것을 확인 할 수 있었다.

이는 용접시편의 냉각속도에 의한 영향으로 판단 이를 검증하기 위해 시편의 냉각속도를 측정하였다.

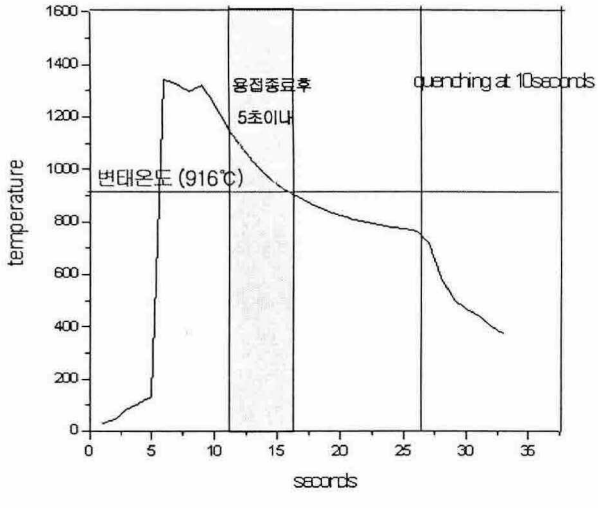

Fig. 3 용접시편의 냉각속도

그 결과(Fig. 1) 시편 제작후 5초이내는 900도 이상으로 오스테나이트 영역이었으며, 그 이후에는 페라이트로 변태하는 구간으로 판단된다.

그러므로 5초이내에 냉각할 할 경우 오스테나이트 영역이기 때문에 수소고용도가 높아 확산되어 나오는 수소량은 적다. 하지만, 5초이상일 경우 페라이트로 변태하기 때문에 철의 수소고용도가 급격히 떨어지므로 수소가 대기중으로 빠르게 확산됨으로 확산성수소량측정치가 적게 측정된다고 판단된다.

2.2 포집시간에 따른 확산성수소량

확산성수소량을 측정하기 위해선 용접시편 제작 후 각 규격에 따른 기법으로 측정하게 된다. 하지만, 각 규격마다 다소 다른 조건으로 확산성수소량을 측정하고 있다. 그러므로 같은 용접조건으로 실험을 진행하였음에도 불구하고 규격마다 다른 확산성수소량이 측정된다. 포집조건은 온도와 시간이며, 일반적으로 45℃에서 72시간 포집하게 되어 있다. 하지만, 동일한 온도라도 시간이 진행됨에따라 측정치는 증가할 것이라 예상된다. 그러므로 일반적인 포집조건을 검증하고자 본 실험이 진행되었다. 동일한 용접조건으로 용접시편을 제작 후 포집온도는 45℃로 일정하게 유지하고 시간에 따른 확산성 수소량을 측정해 보았다. 그 결과 72시간이 지났을때는 약 90%의 확산성 수소량이 얻어진 것을 확인할 수 있었다. 하지만, 포집시간이 경과됨에 따라 포집되는 확산성수소량이 증가함으로 정확한 확산성수소량을 측정하기위해선 대략140정도의 시간이 필요하다고 판단된다.

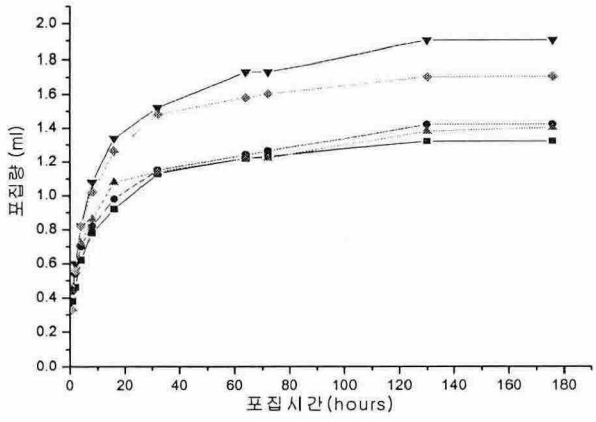

Fig. 4 포집시간에 따른 수소포집량

2.3 규격에 따른 확산성수소량

확산성수소량을 측정하는 규격에는 대부분 JIS, AWS, ISO규격을 사용하고 있다. 상기한 바와 같이 각 규격마다 다른 측정 기법을 사용하고 있으며, 이에 따른 편차가 예상된다. 그러므로 동일한 용접조건으로 용접시편을 제작하여 확산성 수소량을 측정하였다. 그 결과(Table4.) AWS규격으로 150℃에서 6시간 포집한 것이 최대치로 측정되었으며 JIS, AWS규격인 45℃에서 72시간동안 포집한 것이 최소치로 측정되었다.

이를 통해 시간보다는 온도를 높힘으로써 확산성수소량 측정시간을 단축시킬 수 있을 것이 판단되지만, 어떤 규격이 정확한 확산성 수소량측정기법임을 판단 할 수 없었다.

Table 4. 규격에 따른 확산성수소량

	측정결과				평균	비고
	1	2	3	4		
수은치환법 (45℃,72시간)	2.41	2.72	-	-	2.57	
수은치환법 (ISO) (25℃,무변화시까지)	2.44	2.77	2.25		2.49	11일 경과
GC법 (45℃, 72시간)	2.36	2.44	2.58	2.02	2.35	
GC법(AWS) (150℃, 6시간)	2.56	2.25	2.90	2.60	2.58	

2.4 액체질소 보관시간에 따른 확산성수소량

확산성수소량을 측정하기 위해서는 용접시편 제작 직후 시편에 고용되어 있는 수소가 확산되어 외부로 발산하지 못하게 하여야 한다. 이러한 수소의 확산을 저지하기 위한 목적으로 용접직후 액체질소나 드라이아이스를 사용하여 급냉을 하게 된다. 각 규격마다 공통적으로 액체질소나 드라이아이스에 저장할 수 있는 기간을 명시해두고 있다. 저장 기간은 액체질소의 경우 21일, 드라이아이스의 경우 3일까지로 기재되어 있다. 액체질소의 경우 드라이아이스에 비해 저온이기 때문에 수소의 확산을 효과적으로 저지할 수 있다고 판단되므로 액체질소에서의 보관기간이 길것이라 예상된다. 동일한 용접조건으로 용접시편제작 후 저장시간에 따라 확산성수소량을 측정, 추이를 분석하였다.

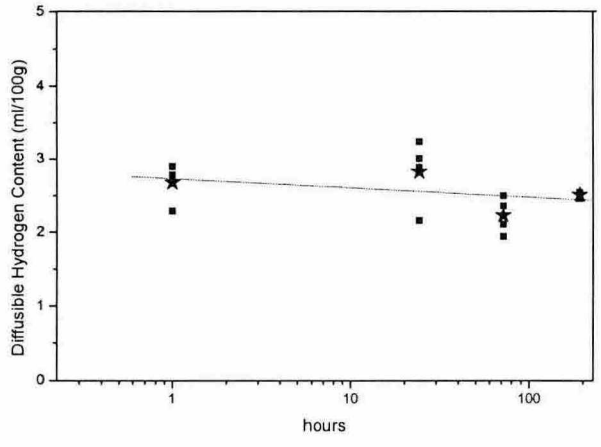

Fig. 5 액체질소 저장시간에 따른 확산성수소량

Fig5에서 보인바와 같이 액체질소의 저장시간이 경과될수록 측정된 확산성수소량이 줄어드는 경향을 보이고 있으나 아주 미미하였다.

그러므로 액체질소와 같은 극저온에서는 수소가 확산하지 못하며 용접부에 고용되어있음이 입증되었으며 규격에 기재되어 있듯이 21일내 확산성수소량을 측정한다면 측정시 문제시되지는 않을 것이다.

3. 결론

확산성 수소량측정시 측정치에 영향을 주는 변수는 다방면에서 연구되고 있다. 하지만, 정작 규격에서 규정하고 있는 기법에 대한 이해는 미숙하다고 생각된다. 본 연구에서는 이러한 기법의 이해를 돕고 검증함으로써 보다 정확한 확산성수소량측정이 수행되도록 시행되었다. 그 결과 규격에서 규정하고 있는 기법의 신뢰성은 다소 검증되었다고 생각한다. 상기에 거론된 용접시편제작 후 5초이내 냉각을 한다면 확산성수소량측정시 문제시되지 않음이 입증되었으며, 액체질소의 극저온 저장의 신뢰성이 검증되었다. 하지만, 측정규격에 따른 확산성수소량의 편차는 용접재료가 극저수소계로 개발되는 현황에서 개선할 필요성을 제기하였으며 이와 관계되어 있는 포집시간에 따른 확산성수소량에 대해서도 보다 많은 연구가 필요하다 생각한다.

4. 참고문헌

1. P. H. M. Hart: The Influence of Atmospheric Moisture at the Time of Welding on Weld Hydrogen Level, cambridge/UK, Welding and Cutting **4-2** (2005) pp.94-99s

2. Hee Jin Kim: Effect of Air Condition on Diffusible Hydroge Content , Journal of KWS, **23-2** (2005) pp.112-115s (in Korea)

3. J. H. Kiefer: Effects of Moisture Contamination and Welding Parameters on Diffusible Hydrogen, Welding Journal, **75-5** (1996) pp.155-161s

4. V. V. D. MEE, H. MEELKER and R.V.D.SCHELDE: How to Control Hydrogen Level in (Super) Duplex Stainless Steel Weldment Using the GTAW or GMAW