

## 소형편치시험을 이용한 금속재료의 수소취화 평가

장상엽, 마영화\*·이진상\*·윤기봉\*  
한국가스공사 · 중앙대학교\*

### The evaluation of Hydrogen embrittlement for metal using the small punch test

S.Y.Jang, Y.H.Ma\*, J.S.Lee\*, K.B.Yoon\*  
Korea gas corporation, Chung-ang university\*

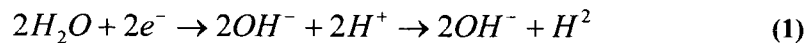
#### 1. 서론

새로운 대체 에너지를 개발하는 것은 지구상의 모든 나라의 열망이자 인류를 위한 사업으로 평가받고 있다. 최근에 화석연료의 대안으로 떠오르고 있는 것이 수소연료 분야라고 할 수 있다. 수소의 위험성과 관련하여 많은 연구가 진행되고 있지만, 실제로 설비, 장치에서의 설계기준과 위험성을 평가하기 위한 평가법은 아직 부족한 실정이다. 그 이유로는 수소를 사용하는 압력용기나 고압배관의 경우, 표면에서 침투해 들어가는 효과나 깊이에 의한 물성변화를 일일이 규명하기가 쉽지 않고, 또한 기존의 재료시험방법은 표면에서 일어나는 수소취화거동을 평가하기에 적절치 못한 방법이 될 수 있기 때문이다.

본 연구에서는 음극분극된 금속의 표면에 발생된 수소기체가 금속의 물성변화에 미치는 영향을 평가해 보았다.

#### 2. 시험방법

금속재료 내부로의 수소침투를 위하여 수소발생장치를 구성하였다. 분극 시험법을 통하여 자연전위 이하의 전위를 유지함으로써 음극반응이 일어나도록 하여 재료의 표면에 수소가 발생토록 하였으며, 발생된 수소의 양은 Faraday's law에 의해 가해진 전류량과 비례하고 금속표면에서는 아래 식(1)과 같은 반응이 발생되어 수소기체가 발생한다.



시험재료는 고압가스배관재료인 API X65 steel을 사용하였으며 그 화학적 조성과 기계적 물성은 아래 표 1, 2와 같다.

표. 1 Chemical composition of X65 steel

C	Si	Mn	P	S	Fe
0.084	0.279	1.22	0.014	0.001	bal.

표. 2 Mechanical properties of X65 steel

Tensile properties			
YS(MPa)	UTS(MPa)	Elongation (%)	Reduction of area
486	577	27.6	75

SP시험법은 작은 크기의 금속재료로 연취성천이온도를 평가하기 위해 개발된 방법으로 최근에는 1축 인장물성 및 크리프 파단 수명평가 등에도 응용되고 있다<sup>2,3</sup>. 본 연구에서는 ASTM E643-84(2000)에 준하여 수행하였으며 실험온도는 상온에서 시험하였다. 시험편은 10×10×0.5mm 시험편을 사용하였으며, 시험표면은 연마지#800 까지 연마하여 시험을 수행하였다.

### 3. 시험결과

소형편치시험을 수행하여 얻은 하중-변위 곡선 결과를 그림 1에 도시하였다.

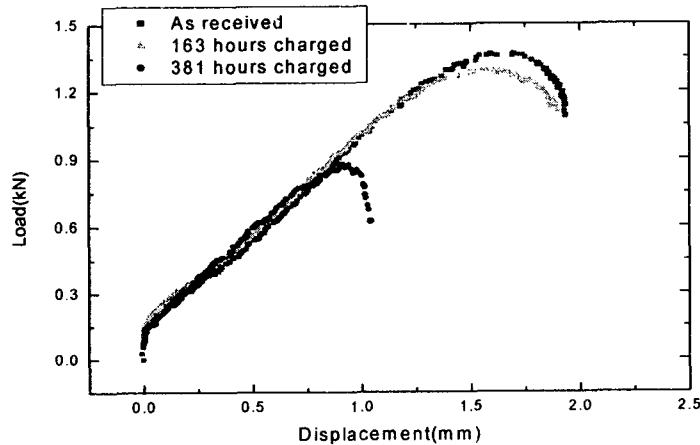


그림 1 X65강의 수소발생시간에 따른 하중변위곡선

시험편 표면에 수소를 발생시킨 시험편은 발생시키지 않은 시험편과 비교해 볼 때, 최대하중값이 감소하였으며, 163시간동안 표면에 수소를 발생시킨 시험편은 발생시키지 않은 시험편에 비하여 5%의 하중감소가 발생하였다. 수소장입시간이 오래 지속될수록 그 현상이 현저하게 발생하였다. 381시간동안 표면에 수소를 발생시킨 시험편은 36%의 강도저하를 보였다. 아래 그림 2에 SP에너지의 감소를 보여고 있다.

수소가 장입된 시험편에 대한 최대 편치하중의 감소, SP 에너지의 감소현상은 수소의 침투가 재료 내부의 물성을 변화시켜 인성이 감소하고 취성이 증가한 결과로 나타난 것으로 판단된다. 특히 침투된 수소는 구조적으로 불연속한 위치에 존재하여 재료의 취성을 유발하는 것으로 알려져 있다.

재료의 취성이 발생한 근거로는 경도값을 이용하는 것이 가장 간단한 방법이 될 수 있다. 시험이 끝난 시험편을 이용하여 경도치를 측정해 본

결과를 아래 그림 3에 나타내었다. 수소 장입시간별로 경도치가 꾸준히 증가하고 있으며, 381시간동안 수소를 표면에 발생시킨 시편은 초기의 경도값 대비 39Hv가 증가한 것으로 측정되었다.

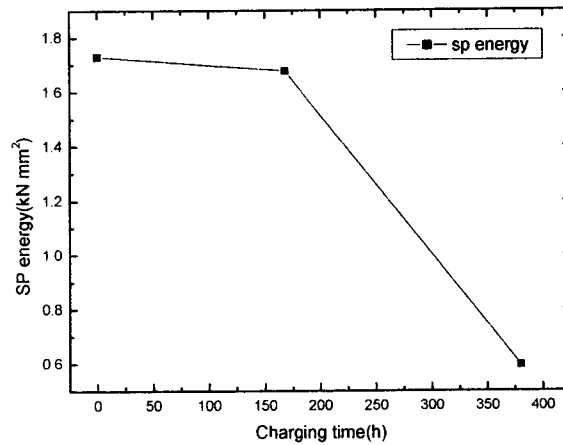


그림 2 수소장입시간별 SP에너지의 감소거동

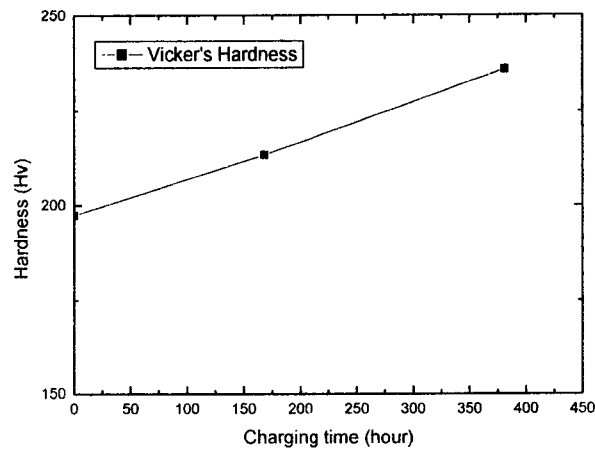


그림 3 X65강의 수소장입시간별 경도값의 변화거동

#### 4. 결론

고압 가스배관의 공급에 사용되고 있는 X65강을 대상으로 SP 시험법을 적용하여 기계적 물성의 변화 측정을 시도한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 음극 분극법에 의한 수소발생은 재료의 물성변화를 유발하고 있으며, SP 시험을 통하여 수소취성의 경향이 나타나고 있음을 확인할 수 있었다.

2) SP 시험법을 이용하여 수소취화현상과 같이 표면에서 발생하는 열화메커니즘에 대한 평가를 수행하였으며 이 결과를 이용하여 재료의 파괴인성 및 강도치와의 상관관계를 도출해낸다면 유용한 시험법이 될 것으로 판단된다.

#### References

- [1] 마영화, 최정우, 김선화, 윤기봉 “ 소형펀치 시험법을 이용한 Al 2024 ECAP 재료의 강도특성 평가, 대한기계학회 논문집 A권, 제 30권 제 1호, pp. 8 ~ 17, 2006
- [2] Park, T. G., Ma, Y. H., Jeong, I. S. and Yoon, K. B., 2003, "A study on application of SP creep testing for measurement of creep properties of Zr-2.5Nb alloy", Transaction of the KSME A, Vol. 27, No. 1, pp. 94 ~ 101
- [3] Yoon, K. B., Park, T. G., Shim, S. H. and Jeong, I. S., 2001, "Assessment of creep properties of 9Cr steel using small punch creep testing", Transactions of the KSME A, Vol. 25, No. 9, pp. 1493 ~ 1500