

## 중수로 피더관의 균열에 미치는 황의 영향

이정국, b 허남희, a 정한석

a 전력연구원 원자력 연구실, 대전광역시 유성구 문지동 103-16, ljk73@kepri.re.kr

b 전력연구원 신기술센터, 대전광역시 유성구 문지동 103-16

### 1. 서론

최근에 들어 캐나다 중수로 원전의 피더관에서 균열이 발생하고 있다. 피더관은 SA 106Gr.B의 탄소강이며, 중수로 환경에서 균열은 발생하지 않는 것으로 이전까지 보고되어 왔다. 그러나 캐나다 중수로 원전에서 계속적인 균열발생은 피더관의 건전성에 대한 관심을 증폭시키고 있으며, 현재 월성에 중수로 원전을 가동하고 있는 우리나라도 균열발생으로 인한 누설사고에 예외가 될 수 없다. 이에 본 연구는 피더관 소재인 탄소강의 균열기구에 대하여 알아보고자 하였으며, 특히 황함유량에 따른 균열 발생기구에 관점을 두고 연구를 하였다.

### 2. 실험방법

탄소강의 황함유량에 따른 균열전파 양상을 알아보기 위하여 150 ppm(0.015 wt.%) 과 300 ppm(0.03 wt.%)의 황을 포함하는 탄소강을 준비하였으며, 나머지 조성은 wt.%로 0.2 C, 0.019 P, 0.6 Mn, 0.03 Ni, 0.03 Cr, 0.01 Cu, 0.3 Si 이다.

인장시험은 대기, 액체질소 및 고온 고압의 중수로수질 환경에서 25 mm(gauge length) x 4 mm(width) x 1.5 mm(thickness)의 판상시편을 이용하여 수행하였다. 각각의 시험 조건은 표 1 과 같다.

Table 1 Experimental conditions

	대기	액체질소	순수
Temperature	25 °C	-196 °C	310 °C
pH	-	-	10.4(LiOH)
DO	-	-	200 ppb
Strain rate(s <sup>-1</sup> )	6.66 x 10 <sup>-4</sup>	6.66 x 10 <sup>-4</sup>	7.0 x 10 <sup>-6</sup>

### 3. 결과

#### 3.1 기계적 특성

##### 3.1.1 대기

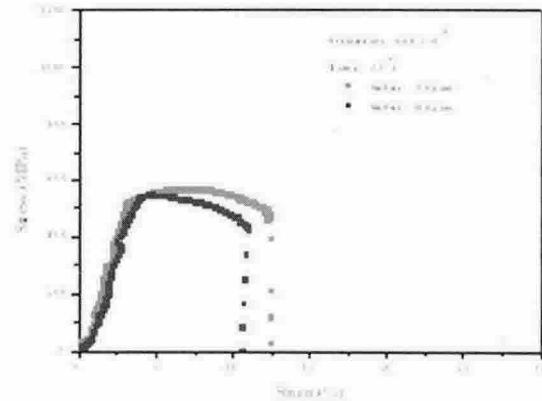


그림 1 은 대기중에서의 인장시험 결과이다. 황함유량에 따른 연신율 및 강도가 큰 차이를 나타내지 않았다.

Figure 1. Stress-strain curves of carbon steel specimens in air.

##### 3.1.2 액체질소

그림 2 는 액체질소에서의 인장시험 결과를 나타내고 있다. 황 함유량에 따른 연신율은 300 ppm 일때가 150 ppm 에 비교하여 상당히 감소하였다. 또한 황함유량이 증가함으로써 인성이 감소하였다.

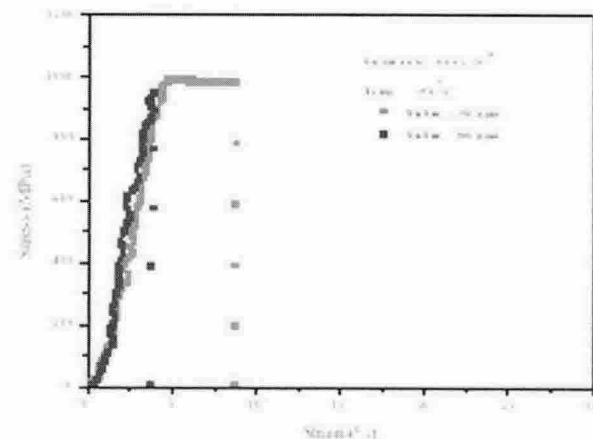


Figure 2. Stress-strain curves of carbon steel specimens in liquid nitrogen.

##### 3.1.3 고온고압의 순수

그림 3은 중수로 환경에 용존산소 농도를 200 ppb로 증가시킨 후  $7.0 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 의 변형속도로 실험한 결과이다. 인장곡선을 보면, 황함유량이 150 ppm 일때는 가공경화가 일어났으며, 300 ppm 일때는 가공경화 양상을 나타내지 않았다. 그러나 강도와 연신율의 차이는 크게 나타나지 않았다.

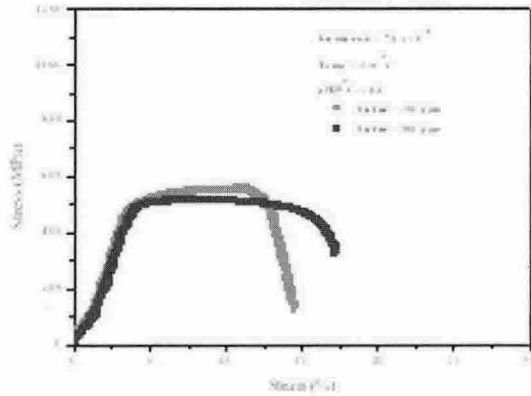


Figure 3. Stress-strain curves of carbon steel specimens in simulated CANDU conditions(DO : 200 ppb).

#### 4. 고찰 및 결론

탄소강에 황이 존재하면, 기계적 특성을 저하시킨다. 황은 탄소강의 입계에 편석되는 경향이 매우 크다. 이는 입계강도를 감소시키, 입계파괴를 일으키는 원인이 되는 것으로 보고되고 있다[1].

액체질소 결과에서 보듯이 황함유량이 많을수록 연신율이 감소한 것은 황이 입계강도를 감소시켰음을 보여주고 있다. 이에 대한 파면은 그림 4에 나타내었다. 그러나 대기와 고온고압의 순수 환경에서는 황함유량에 따른 차이를 보이지 않았다. 이에 대해서는 차후에 계속 연구를 진행할 예정이다.

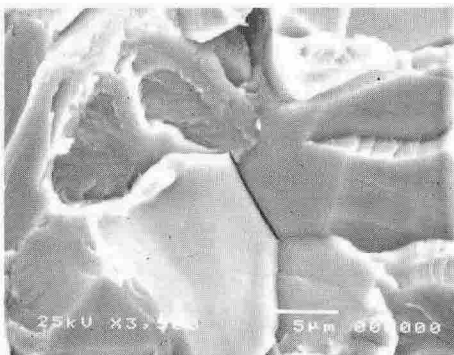


Figure 4. Intergranular fracture of carbon steel.

#### REFERENCES

- [1] N.H.Heo, Sulfur segregation and intergranular fracture in  $\alpha$ -iron, Scripta Materialia, Vol.51, pp. 339-342, 2004.