

2.2 수소농도에 따른 미세조직 관찰

준비된 시편에서 수소농도는 표 1과 같이 수소 장입이 없는 초기 시편에서는 수소농도가 10ppm (ID-01) 정도이지만 수소를 장입한 경우에는 300ppm (시편 ID-02)과 600ppm(ID-03) 정도로 나타났다. 참고로, 한국원자력연구원의 수소장입장치를 이용할 경우 단시간에 많은 양의 수소를 장입할 수 있다.

그림 3은 초기 시편(ID-01), 수소 300ppm 시편(ID-02), 수소 600ppm 시편(ID-03)의 수직인 면을 광학현미경으로 관찰한 것이다. 지르코늄 합금에서의 수소화물 배열은 일반적으로 지르코늄 합금의 집합조직에 의해 좌우된다. 즉 수소화물은 지르코늄 격자의 (1017)면을 따라 석출되는데 [7], 지르코늄 합금 튜브는 제조공정 중에 (0002)면이 원주방향과 평행하게 원주방향과 평행하게 제어되므로 (0002)면과 14.7°의 각을 갖는 (1017)면으로 석출되는 수소화물은 피복관의 원주방향에 거의 평행한 상태로 나타나게 된다. 또한 석출된 수소화물은 판상으로 원주방향과 길이방향에 평행한 상태로 놓이게 된다[6].

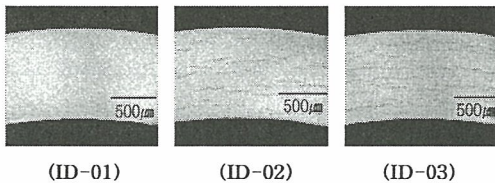


Fig. 3. OM observations of the various hydride distributions for the as-received and hydrogen charged zirconium fuel cladding.

2.3 수소장입 Zr 합금 피복관의 기계적특성

수소장입 Zr 합금 피복관의 인장시험을 현재 진행 중에 있다. 그림 3에서 보듯이, Zr 합금 피복관은 수소 농도에 따라 ZrH_2 의 농도가 증가하고 있다. 한편, ZrH_2 는 재료의 인장강도 및 연성을 감소시키는 것으로 알려져 있으므로, 본 연구에서 사용한 시편 ID-03, 시편 ID-02, 시편-01 순서대로 최대인장강도 및 연신율이 작을 것으로 예측된다.

2.4 Zr합금 피복관 수소화물의 파면특성

파면특성에 미치는 수소화물의 영향은 ID-01 시편의 경우에는 파단형태가 일반적 cup and cone 파단 외에 시편의 폭을 따라 45° 방향으로 전단 파단 되는 경향을 보일 것으로 예상되는데 이는 시편이 표준규격 시편이 아니고 시편의 크기가 매우 작기 때문에 평면응력 상태가 시편의 폭을 가로

질러 작용하기 때문이다. 수소를 장입한 ID-02 시편과 ID-03 시편의 경우에는 취성파괴에 의하여 시편은 별다른 추가 연신 없이 하중방향과 수직 한 방향으로 파단이 일어날 것으로 예상된다[7].

3. 결론

Zr 합금 피복관의 수소농도에 따른 피복관 열화거동에 미치는 특성을 연구한 결과 수소농도에 비례하여 수소화물 농도가 증가하는 것으로 나타났다. 수소화물은 Zr 합금의 집합조직 특성에 따라 원주방향으로 배열되어 있음을 확인하였다.

향후 Zr 합금 피복관 내의 수소화물의 배열 방향에 따른 핵연료피복관의 기계적 열화거동을 연구할 계획이다.

4. 참고문헌

- [1] J. P. Mardon, A. Lesbros, C. Bernaudat, and N. Waeckel, *Proc. of the 2004 Int. Meeting on LWR Fuel Performance*, p.507, Orland, FL(2004).
- [2] W .H. Erickson and D. Hardie, *J. Nucl. Mater.* 13, 254(1964).
- [3] J. J. Kearns, *J. Nucl. Mater.* 22, 292(1967)
- [4] M. H. Lee, J. H. Kim, S. Y. Park, B. K. Choi, and Y. H. Jeong, *Met. Mater. Int.* 15, 539(2009).
- [5] K. Kllstrm, *Scandinavian Journal of Metallurgy* 4, 65 (1975).
- [6] 김현길, 김일현, 박상운, 박정용, 정용환 “피복관 열화거동에 미치는 수소화물 영향 평가”, 추계 한국방사성폐기물학회, 2010.
- [7] 정용환, “경수로용 신형핵연료 기술개발”, KEARI/RR-2735/2006 한국원자력연구원 (2007).