

핵연료피복관용 Zr 신합금의 기계적 성질에 미치는 Sn과 Nb의 영향

Effects of Tin and Niobium on Mechanical Properties  
of Zr-based Alloys for the Nuclear Fuel Cladding

김경호, 김선재, 백종혁, 최병권, 강영환, 정용환  
한국원자력연구소  
대전광역시 유성구 덕진동 150

요 약

핵연료피복관용 Zr 신합금 개발을 위해 2 원계(Zr-xNb, Zr-xSn)와 3 원계(Zr-0.8-xNb, Zr-0.4Nb-xSn) Zr 합금을 제조하여 Nb와 Sn의 첨가량에 따른 각 합금들의 기계적 특성을 조사하였다. Nb와 Sn량이 많이 첨가될수록 2 원계와 3 원계 합금의 상온강도는 첨가원소의 종류에 관계없이 비슷한 값을 보이면서 증가하였으며, 연신율은 점진적으로 감소하는 경향을 보였다. 이같은 경향은 고온에서도 그대로 유지되었는데, 이것은 Sn계 합금의 경우 Zr 내에서 Sn의 고용도가 높기 때문에 고용강화에 의한 강화효과라 생각되며, Nb계 합금의 경우 Nb의 고용도가 Sn에 비해 상대적으로 낮아서 고용강화와 석출강화가 동시에 작용하여 Sn계 합금과 비슷한 정도로 강도가 증가한 것으로 생각된다. 이때, Sn 보다는 Nb의 첨가량이 증가함에 따라 결정립이 훨씬 더 미세화 되는 현상이 관찰되었는데, 이러한 결정립 미세화도 Nb첨가합금의 강도증가에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

Abstract

The mechanical properties of Zr-based binary(Zr-xNb, Zr-xSn) and ternary alloy systems (Zr-0.8-xNb, and Zr-0.4Nb-xSn) were investigated with the additions of Nb and Sn as alloying elements to Zr metal for the development of the advanced nuclear fuel cladding materials. As the content of Nb or Sn element increased, the strengths of the Zr-based alloys tended to be increased continuously at 400°C as well as room temperature showing almost the same values regardless of alloying elements. These behaviors would be due mainly to the solid solution strengthening by the high solubility limit of the Sn element in Zr-xSn and Zr-0.4Nb-xSn systems, but to the mixed effects of both solid solution and precipitation strengthenings by lower solubility limit of Nb element, relative to that of the Sn element, in Zr-xNb and Zr-0.8Nb-xNb systems. Especially, the Zr-based alloys had more finer grains with the increase in the content of the Nb element regardless of various contents of the Sn element. This grain refinement with the addition of the Nb element would also affect the increase in the strength of the Zr-based alloys.