

핵융합로 초전도자석의 관내연선도체용 Incoloy alloy 908 및 STS 316LN의 용접성 연구

Welding of Incoloy alloy 908 and STS 316LN for cable in conduit conductor(CICC)

이광태*, 송광용, 김성연, 김봉수, 서수정, 서창제, 임병수**, 김기만**
성균관대학교, 삼성종합기술원 Energy Lab.(**)

1. 서론

차세대 전기에너지 분야에 대한 연구로서 핵융합 초전도 마그네트, 초전도 에너지 저장 장치, 초전도 발전기 및 초전도 케이블 등의 연구가 활발히 진행되고 있다. 그중 핵융합 초전도 마그네트와 같은 규모가 큰 초전도 자석의 경우, 초전도 선재를 꼬아서 만든 케이블을 강도가 큰 구조재료로 에워싼 형태의 관내연선도체(Cable-In-Conduit, CICC)를 주로 사용하고 있다. 관내연선도체는 큰 안정성, 높은 절연파괴전압, 높은 기계적 강도, 그리고 냉각용 액체헬륨의 전체 질량을 줄일 수 있다는 특징이 있다.

이러한 관내연선도형 초전도도체 재료는 Nb₃Sn과 Nb₃Ti를 사용하고 이를 감싸주는 재료로 Incoloy 908과 STS 316LN이 사용된다. 따라서 본 연구에서는 Nb₃Sn을 형성시키기 위해 행하는 단계별 열처리에 대한 Incoloy 908의 용접부의 변화와 STS 316LN의 용접부 특성을 살펴보았다.

2. 실험방법

본 연구에서 사용된 Incoloy 908의 화학조성은 Table 1과 같고 Inverter TIG를 사용하여 용접을 한 후 단계별 열처리(470°C 100h, 570°C 200h, 660°C 240h)를 행하여 용접부와 모재의 조직관찰과 경도를 측정하였으며 Incoloy 908의 strip 연결부를 용접했을 시 발생하는 국부적인 응력방지를 위해 980°C에서 1시간동안 annealing 처리를 행하여 조직 및 경도를 측정하였다.

Table. Chemical composition of Incoloy alloy 908(wt.%)

Ni	Cr	Nb	Ti	Al	Fe
49	4	3	1.5	1	Bal.

또한 열처리중에 발생하는 SAGBO(Stress-Accelerated Grain Boundary Oxygen-assisted cracking) 현상을 관찰하고 이를 방지하기 위한 진공열처리를 행하여 조직을 관찰하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Joint부위를 980°C에서 1시간동안 annealing 처리를 행한 결과 용접부, HAZ, 그리고 모재부의 경도값이 거의 차이가 없는 균일한 값이 얻어졌다. 또한 Incoloy 908를 단계별 열처리를 행하였을 경우 열처리를 행하지 않은 상태보다 용접부와 모재부의 경도가 모두 증가함을 알 수 있었고 특히 마지막 열처리 단계인 660°C에서 240시간동안 열처리를 한 후 경도값을 측정한 결과 더 많은 γ' 의 석출로 인해 Hv100 이상의 증가를 보였다.

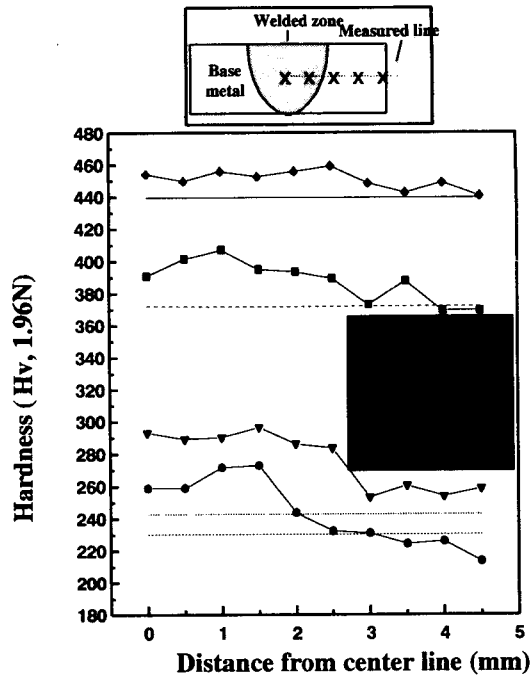


Fig. Microvickers hardness distribution of welded and heat treated weld metal Incoloy alloy 908

Incoloy 908의 SAGBO의 특성을 알아보기 위해 일반열처리와 진공열처리(10^{-5} torr, <0.1ppm)를 행한 결과 <0.1ppm 산소분위기에서 행한 진공열처리에서는 SAGBO가 발생되지 않았다.

4. 참고문헌

- 1) 류 경우, 류 강식, 오 봉환, 오상수 “토카막 핵융합장치용 초전도 자석” Proceeding of KIEE. Vol. 45 No.7. Jul, 12, 1996
- 2) G. Deis et al, “TPX Superconducting Tokamak System”, 16th Symp on Fus Eng, Sept 1995, 138, 1996
- 3) 스텐레스 강관의 생산성 및 품질향상 기술개발, 산업자원부 April, 1998