

탄소와 질소 함량 변화에 따른 type 347 스테인리스강의 피로균열거동 연구

민기득[†], 김대환^{*}, 이봉상^{*}, 김선진

한양대학교; *한국원자력연구원

(kadmin@hanyang.ac.kr[†])

오스테나이트 스테인리스강은 우수한 내식성 및 기계적 특성으로 인해 구조용 재료로 널리 사용되고 있다. 표준원전 경수로의 경우 가압기 밀립관소재로 Nb 안정화 오스테나이트 스테인리스강인 type 347 스테인리스강이 사용되고 있다. 그러나 원전배관에서는 운전중 배관내 온도편차에 의한 열응력과 하중변화에 의한 기계적하중에 의해 피로손상을 받는다.

일반적으로 범용 오스테나이트 스테인리스강(AISI 304, 316)의 피로균열 성장거동에 대한 연구결과는 국내외적으로 다수 축적되어 있으나 type 347 탄소, 질소 함량에 따른 기계적 특성 및 피로균열성장 연구는 매우 미비하다. 따라서 본 연구에서는 탄소와 질소의 함량에 따른 기계적거동을 평가하고, 이에 따른 피로균열전파속도를 관찰하여 스테인리스강의 정확한 피로균열전파속도 곡선을 제시하고자 한다.

실험에 사용된 시편은 두께 5mm, 폭 25.4mm CT시편을 사용하였으며, 1mm의 예비균열을 주었다. 그리고 실험온도는 상온과 원전가동온도인 316℃에서 실시하였으며, 주파수는 10Hz를 주었다. 실험결과 각 함량에 따른 type 347의 미세조직 관찰결과 기지내에 압연방향을 따라 조대한 석출물의 흐름이 관찰되었으며, 크기나 분포가 큰 차이를 보였다. C+N 함량이 낮은 시편은 주로 0.1 μm 이하의 미세한 입자들이 오스테나이트 기지조직의 입내와 입계에 고르게 분포되어 있었다. 그러나 C+N 함량이 높은 시편의 경우에는 0.1 μm 이하의 미세한 입자들과 함께 국부적으로 1~10 μm의 조대한 입자들이 분포하고 있는 것이 관찰되었다. 그리고 질소의 함량이 높아짐에 따라 인장강도는 증가하였으며, 피로시험결과 고온에서 실험한 피로균열성장률 곡선이 상온보다 높게 나타남을 확인할 수 있었다. 그리고 질소가 적게 첨가되고 탄소의 함량이 많을수록 피로균열성장률은 ASME 곡선보다 낮게 나타났다.

Keywords: type 347 stainless steel, Fatigue crack growth rate

The effect of pore-control on thermal shock in porous nozzle for continuous casting

윤동철, 조용호, 조문규*, 정두환*, 이희수[†]

부산대학교 재료공학부; *포항산업과학연구원 기능소재연구실

(heesoo@pusan.ac.kr[†])

연속주조공정에서 용강의 통로, 산화방지 및 유체 흐름을 용이하게 하는 역할을 하는 다공성 노즐(porous nozzle)은 용강과의 직접적인 접촉으로 인한 화학 반응 및 용강의 침투현상을 방지하기 위해 불활성 가스를 주입하여 청정강을 제조하는데 이용된다. 공정 중 노즐 막힘으로 인한 배압상승과 열충격에 의한 크랙(crack) 발생이 문제되고 있으며 신뢰성 향상 연구가 요구되고 있다. 따라서 본 연구에서는 기공크기와 기공분포가 고온안정성 및 내열충격성에 미치는 영향을 알아보고, 내구성 시험 및 고장분석을 통하여 노즐의 신뢰성 향상 방안을 고찰 하였다. 기공을 제어한 시편을 제조하여 기공분포에 따른 고온안정성을 확인하기 위해 실제 사용 조건인 용강온도(1550℃)와 보다 높은 온도(1700℃)에서 각각 고온 시험을 수행하였다. 열충격을 스트레스 인자로 한 내구성 시험을 수행한 후 고장원인을 분석하였으며 열화정도를 확인하기 위해 열처리 온도에 따른 차압 및 굽힘강도 변화를 비교하였다. 또한 결정상 분석을 통해 온도에 대한 상변화를 확인하였고, 시편의 표면 및 파단면의 미세구조 분석을 통해 크랙 발생여부를 확인하였다. 다공성 노즐의 기공분포가 균일 할수록 고온안정성 및 내열충격성이 향상됨을 확인하였고, 이를 통해 Porous Nozzle의 열화원인으로 판단되는 기공 크기 및 분포에 따른 크랙 발생에 대해 열응력 고찰을 수행하였다.

Keywords: 연속주조공정, 다공성 노즐, 기공분포, 크랙, 내구성시험