연료전지용 가습기 튜브의 용접방식에 따른 구조적 안전성 평가

The Structural Stability Evaluation in accordance with Welding Type of MCFC Humidifier Tube

*김수택[1], #이상훈[1], 김재호[1], 김선화[1], 김병준[1], 김재식[1]
*S. T. Kim[1], #S. H. Lee(sh-lee@poscoenergy.com)[1], J. H. Kim[1], S. H. Kim[1], B. J. Kim[1], J. S. Kim[1]
[1]포스코에너지(주) 연료전지사업실

Key words : Humidifier, Heat Exchanger, Stability, FEA, Welding

1. 서론

용융탄산염 연료전지(Molten Carbonate Fuel Cell, MCFC)는 주로 발전용으로 널리 보급이 되어왔으며 현재는 선박용, 부하추종용 및 건물용 등에도 거의 상용화 단계에 근접해 있다. 이러한 연료전지 보급의 환산에 맞춰 각 단위장치들의 설계에 많은 연구가 이뤄지고 있다. 그중 가습기(Humidifier) 는 배가스(Exhaust Gas)를 사용한 열교환 및 연료혼합의 역할을 담당하고 있으며, 내부 열교환 튜브의 용접방식(Welding Type)에 따라 그 성능 및 수명, 품질이 좌우된다.

본 연구에서는 실험적 방법(Experimental Method) 및 유한요소해석(Finite Element Analysis)을 적용하여 세가지 방식(Type A, B, C)의 가습기 열교환 튜브 용접방식에 따른 구조적 안전성에 대한 평가를 수행하였다.

2. 시험 평가

2.1 시편

시편은 가습기 Head와 Pipe(Φ40mm), Socket Pipe(Φ50mm)로 구성되며, 조합 및 용접에 따라 세가지 방식(Type A: 내부에 Coupling Tip이 존재하는 Pipe와 Socket Pipe 결합방식, Type C: 내부에 Coupling Tip이 없는 Pipe와 Socket Pipe 결합방식, Type B: Socket Pipe를 사용하지 않는 Pipe와 Head 결합방식)으로 구분하여 제작하였다. (Fig. 1)

2.2 시험방법

공인시험기관(한국화학융합시험연구원, KTR)에서 유압식 인장시험기(SHIMAZU, UH-F200A)를 사용하여 시험을 진행하였으며, 2000kN의 Loadcell (Data Resolution: 1kN)을 적용하였다. 일반적으로 배관부에서 파단(Fracture)이 발생하므로, 시험은 배관부와 용접부를 구분하여 진행하였다.

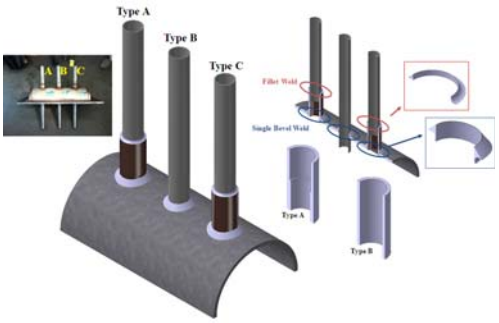

Fig. 1 Three Type(A, B, C) Weld Specimens

2.3 시험결과

세가지 방식 모두 용접부 파단 전 배관부의 파단이 발생하였으며(Fig. 2), 최대하중(Maximum Force)은 144.9±1.9kN 으로 거의 유사한 결과가 측정되었다. (Fig. 3) 용접부의 파단은 배관부 파단 이후 발생하므로 시편제작에 사용된 동일한 Pipe(ASTM A312 TP310 Seamless Pipe) 및 용접방식(Fillet Welding)과 용접봉(Filler Metal)을 적용하여 제작 후 시험을 진행하였다.(Fig 4) 용접부의 하중면적을 고려한 응력-변형률 곡선(S-S Curve)을 도출하였으며, 최대강도(Ultimate Stress)는 1200MPa로 나타났다. (Fig 5)

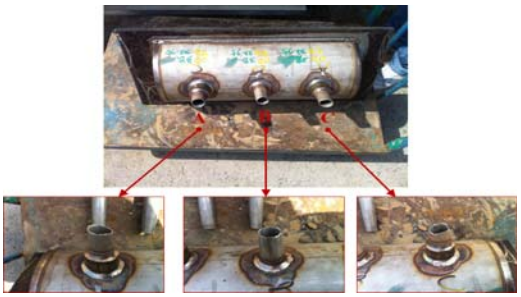

Fig. 2 Pipe Fracture for Three Type Weld Specimens

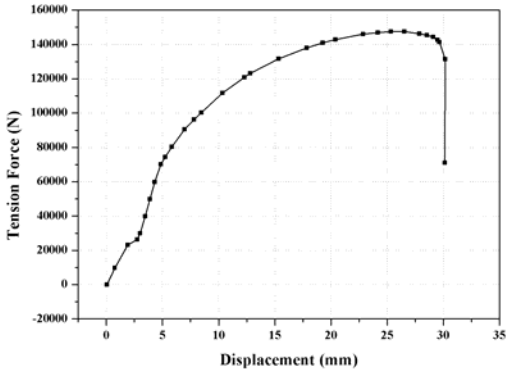

Fig. 3 Force-Disp. Curve for Pipe Fracture Behavior

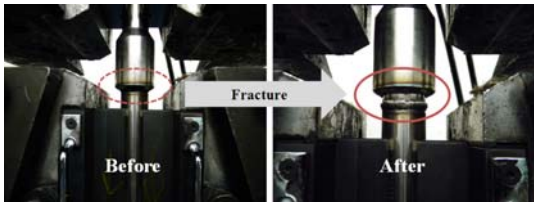

Fig. 4 Fracture(Tension) Test of Weld Part

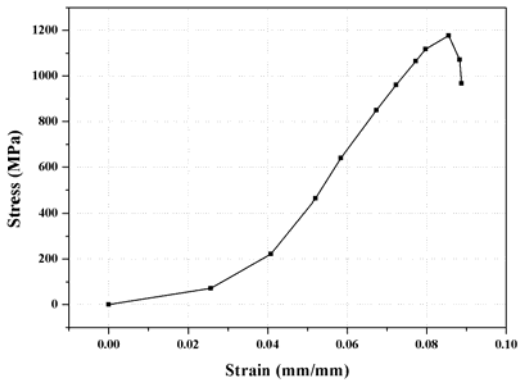

Fig. 5 Stress-Strain Curve for Weld Fracture Behavior

3. Finite Element Analysis

가습기 튜브의 용정방식 및 체결방식에 따른 구조적 안정성(Structural Stability) 검토를 위해 Inventor 2012 (Autodesk, Inc.)를 사용하여 3D 모델(Fig. 1)을 구축하였으며, 범용 유한요소해석 프로그램인 ANSYS Workbench 13.0 (ANSYS, Inc.)을 사용하였다. 격자(Mesh)는 응력집중이 발생할 것으로 판단되는 용접부에 상세히 모사하였다. 해석 조건은 가습기 Head 끝단을 완전고정하고 배관 끝단에 22kN의 하중을 부과하였다. (Fig. 6)

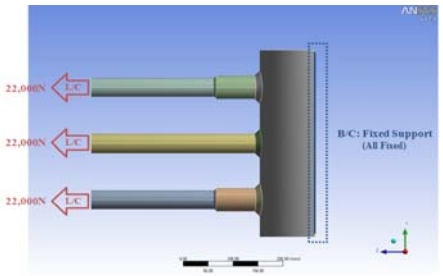

Fig. 6 Loading and Boundary Conditions

해석결과 Type A, C의 배관부에서 최대응력(Max. Von Mises Stress)이 133MPa, Type B에서 150MPa로 A, C에 비해 약 11.3% 높게 계산되었다. 이와는 대조적으로 용접부의 최대응력은 Type B가 217MPa로 Type A, C에 비해 약 71.3% 감소(Type A, C: 755MPa)된 결과를 보였다. (Fig. 7) Type A, C의 최대응력은 상호 차이점이 미비한 것으로 계산되었으며, 이는 내부 Coupling Tip의 존재가 외력에 큰 영향을 주지 않을 것으로 판단된다.

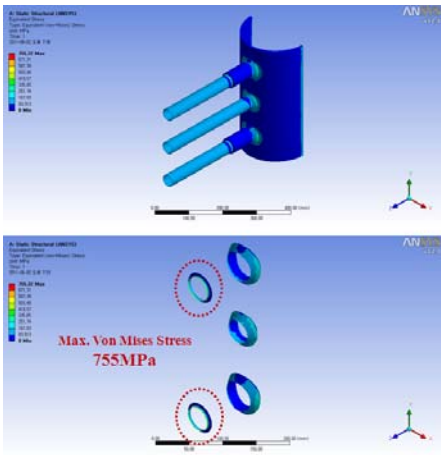

Fig. 7 Stress Distribution of Humidifier Tube

4. 결론

본 연구에서는 세가지 용접방식에 따른 가습기 튜브의 구조적 안정성 평가를 실험적, 해석적 기법에 의해 진행하였다. 그 결과 Type B가 제작의 용이성과 구조적 안정성을 고려하였을 때 가장 타당한 방법으로 판단되었다.

참고문헌

1. D. Peckner and I. M. Bernstein, “Handbook of Stainless Steel,“ McGraw-Hill Book, NY, 1997.