

재생냉각용 연소기의 브레이징 공정 개발

홍석호 · 한규석 · 우유철
(현대정공 기술연구소)

(E-mail : shhong@hdpic.co.kr)

액체로켓엔진에 사용되는 2000psi이상의 고압 연소실(Combustion Chamber)의 냉각은 내피 (Inner Shell)에 기계 가공된 냉각통로(Cooling Channel)로 냉각제를 흘려보내는 재생냉각방식이 널리 사용되며 기계 가공된 냉각 통로는 외피(Outer Shell)에 의해서 지지 밀봉된다. 일반적으로 내피 재료는 순수한 구리보다 강도가 우수하고 열전도도는 유사한 구리합금을 사용하고, 외피는 강도가 우수한 스테인레스 강을 사용하여 브레이징 접합된 구조를 형성한다. 브레이징 공정은 조립품을 약 450℃ 이상의 액상선을 갖는 삽입금속(Filler Metal)을 사용하여 적당한 온도(450℃ ~ 모재의 고상선)에서 가열하여 접합시키는 방법으로, 용융 금속의 젖음 현상(Wetting Phenomena), 접합 틈새(Joint Clearance)로의 용융 삽입금속의 유입(Capillary Phenomena)과 접합 계면의 반응을 통해서 접합이 이루어진다. 이는 일반적인 접합 공정과 비교하여 모재의 변형이 적고, 이종 금속 간의 접합이 용이하며, 복잡한 부품을 정밀하게 접합할 수 있는 장점이 있으나, 접합될 제품의 표면 상태 및 분위기(Atmosphere), 접합될 부품간의 조립 틈새, 가열 사이클(Heating Cycle) 등에 대한 공정 확립 및 관리가 매우 중요하다. 재생냉각 구조를 갖는 연소실은 우선 접합면의 형상이 매우 복잡하여 균일한 접합 틈새를 유지하면서 접합시키기가 매우 어려우며, 고온, 고압의 환경에서 작동하므로 일부 접합면이 접합되지 않을 경우 내피의 변형 및 파괴가 발생하고, 브레이징 시 용융된 삽입금속이 냉각통로 내로 유입될 경우 연소 시 이 부근에서 재료의 용융이 발생될 수 있다. 따라서, 이러한 현상을 방지하기 위해서는 진공 분위기 하에서 적절한 접합 틈새를 유지할 수 있는 공정 및 장비의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 연소기 재료로서 외피, 내피, 삽입금속(Brazing Filler Metal)을 각각 S31803, C18200, AMS 4764합금을 선정 후, 브레이징 온도 및 시간에 따른 접합부의 미세조직과 기계적 특성의 변화를 고찰하고, 이 결과를 토대로 aspect ratio가 2:1인 냉각통로를 갖는 Sandwich 형상 시제를 제작/평가하여 브레이징 공정을 확립하고자 하였다. 이를 위해서 브레이징 시 모재 금속의 표면처리 상태 및 내/외피가 적절한 접합틈새를 유지할 수 있도록 냉각통로 내 접합부는 진공 분위기를 유지하면서 시제의 외부에는 Ar으로 가압시키는 Rotational Retort Brazing 장비를 고안, 제작하였으며, 제작된 시제는 X-선 촬영을 실시하여 냉각통로 내 막힘 현상이 발생하는지를 검사하고, 수압 200bar에서 강도시험, 공압 150bar에서 기밀 시험을 실시하여 구조 강도적인 측면을 고찰하고, 접합부 단면의 미세조직을 고찰하여 공정 조건을 평가하였다.

연구 결과 재생냉각용 연소기의 구조 재료인 S31803과 C18200을 AMS4764 삽입금속으로 브레이징할 경우, 온도 $980 \pm 5^\circ\text{C}$, 진공도 10^{-2}torr , Ar 압력 2.5kgf/cm^2 에서 가장 적절한 접합을 형성하였으며, 이 조건에서 제작된 시제에 대한 파괴시험을 수행한 결과, 수압 400bar에서 접합부의 파단이 발생하였다.