

액체로켓 터보펌프 벌류트 케이징의 구조설계 및 시험

윤석환*† · 전성민* · 김진한*

Design and Evaluation of Volute Casings for a Liquid Rocket Turbopump

Suk-Hwan Yoon* · Seong Min Jeon* · Jinhan Kim*

ABSTRACT

Volute casings for a liquid rocket turbopump are designed and evaluated in a structural point of view. After the design step volute casings are manufactured by metal casting process, and then they are subjected to burst test for verification. In the burst test strains at several points are measured and compared with predicted values.

초 록

액체로켓 터보펌프의 산화제펌프 벌류트 및 연료펌프 벌류트 케이징의 설계, 해석, 그리고 구조 시험을 수행하였다. 설계된 케이징 형상에 따라 벌류트 케이징을 주조하여 제작하였으며, 설계 검증 및 주조의 건전성을 검증하기 위하여 파열시험을 실시하였다. 파열시험 시 주요 지점에서 변형률을 측정하여 항복 시점을 조사하였으며 해석을 통한 예측과 비교하였다.

Key Words: Liquid Rocket Engine(액체로켓엔진), Turbopump(터보펌프), Volute(벌류트), Structural Analysis(구조해석)

1. 서 론

액체로켓엔진의 연소실에 고압의 액체산소와 연료를 공급하는 터보펌프는 산화제펌프와 연료펌프, 그리고 이들 펌프를 구동하는 터빈으로 나눌 수 있으며 각 펌프의 케이징은 크게 입구 케이징과 벌류트 케이징으로 나눌 수 있다[1]. 이 중 벌류트 케이징은 내부에 가장 높은 작동유체

의 압력이 작용하는 곳으로서 무게 경량화의 요구조건과 더불어 구조적인 중요성이 매우 큰 곳이다[2].

본 연구에서는 구조해석 및 3차원 모델링을 통하여 벌류트 케이징의 형상을 확정된 뒤, 설계를 바탕으로 주조 공정을 통하여 산화제펌프 및 연료펌프 벌류트 케이징을 제작하였다. 제작된 벌류트 케이징에 대한 구조적 검증 및 주조 건전성을 확인하기 위하여 내부에 압력을 가하여 파열시험을 실시하였으며, 스트레인게이지를 이용한 변형률을 측정하고 이를 해석을 통한 예측

* 한국항공우주연구원 터보펌프팀

† 교신저자, E-mail: shyoon@kari.re.kr

과 비교하였다[3].

2. 벌류트 설계 및 파열시험

벌류트 케이징은 각종 하중에 대한 고려를 통하여 구조 설계가 이루어지며, 중량을 최대한으로 줄여야 하기 때문에 3차원 모델링과의 연계 작업이 반복적으로 이루어진다. Figure 1은 설계가 완료된 산화제펌프 및 연료펌프 벌류트 형상을 나타내며, Fig. 2에 파열시험을 위해 치구에 장착된 실제 벌류트 케이징을 나타내었다.

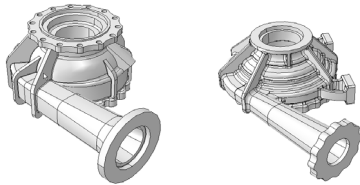


Fig. 1 Designed shape of volute casing for oxidizer pump(left) and fuel pump(right)

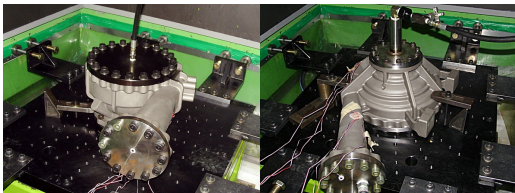


Fig. 2 Volute casings under burst test

Figure 3은 파열시험 시 측정된 산화제펌프 벌류트 케이징의 스크롤 및 디퓨저 부위의 변형률을 내부 압력에 따라 그래프로 나타낸 후, 파열시험 조건에 대한 구조해석으로 얻어진 변형률과 비교한 그림이다. 산화제펌프 벌류트 케이징에 대한 가압은 약 230kgf/cm^2 의 압력까지 진행된 후 벌류트 허 부위에서부터 파열이 발생하였으며, 파열 전까지는 직선에 가까운 비례 관계를 나타내고 있음을 볼 수 있다. 아울러 해석을 통한 변형률 예측값과도 큰 차이가 나지 않는 것을 확인하였다.

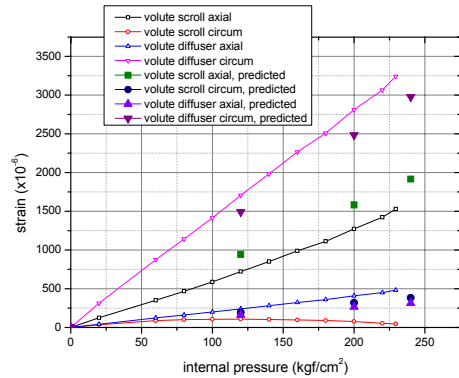


Fig. 3 Experimental vs predicted value of strains at oxidizer pump volute

3. 결 론

터보펌프 벌류트 케이징에 대한 구조 설계 및 파열시험을 실시하였다. 구조 설계에 따른 형상을 주조로 제작하여 구현하였으며, 실제 파열시험을 실시하여 변형률을 조사한 결과 예측을 통한 값과 경향이 일치하는 것을 확인하였다.

참 고 문 헌

1. 김진한, 이은석, 홍순삼, 최창호, 전성민, 정은환, "액체로켓엔진용 터보펌프 개발현황," 제5회 우주발사체기술 심포지움, 2004, pp.38-51
2. 윤석환, 전성민, 김진한, "터보펌프 케이징의 구조해석 및 측정," 항공우주기술, 제5권, 제2호, 2006, pp.174-180
3. Asi, G. Mona, Torabi, Rouhollah and Nourbakhsh, S. Ahmad, "Experimental and FEM Failure Analysis and Optimization of a Centrifugal-pump Volute Casing," Engineering Failure Analysis, Vol.16, 2009, pp.1996-2003