

Cone 형상의 브라켓 용접부 타입에 따른 열구조 해석

김주연* · 박순상* · 김영수**

Thermal-Structure Analysis under High Temperature for Bracket Types adhered to Cone Shape

Jooyeon Kim* · Soonsang Park* · Youngsoo Kim**

ABSTRACT

Material used in aerospace field is exposed in high temperature environments, and the required important factors of material is high strength and low weight. These conditions are satisfying material, as in the titanium alloy has been used mainly. In this paper, Cone shaped brackets that attach to the case, in order to avoid the difficulty of welding position, sheet attached to the brackets welded on, then the way Cone is proposed. Existing methods and proposed method of analysis under the same conditions through thermal stress and structural analysis adequacy of the proposed bracket types were analyzed. The program was used to analysis the ABAQUS/CAE.

초 록

항공 우주 분야에 사용되는 소재는 일반적으로 고온의 환경에 노출되어 있으며, 또한 고강도 저중량 소재를 사용해야 하므로, 이러한 조건을 만족시키기 위하여 티타늄 합금 소재가 많이 사용되고 있다. 본 논문에서는 Cone 형상에 브라켓을 부착하는 경우, 용접 위치 선정의 어려움을 피하기 위해, sheet에 브라켓을 부착 후 Cone에 용접하는 방식을 제안하였다. 기존 방식과 제안된 방식을 같은 조건에서 열구조 해석을 통하여 제안된 브라켓 타입의 구조적 타당성을 분석하였다. 해석에 사용된 프로그램은 ABAQUS/CAE이다.

Key Words: Thermal-Stress Analysis(열응력해석), FEM(유한요소법), Titanium Alloy(티타늄 합금)

1. 서 론

티타늄 합금은 철강소재에 비해 57%, 니켈 관련 소재에 비해 51%로 상대적으로 가볍고, 비강

도(강도/밀도)는 높으면서, 고온의 조건에서 열팽창률이 알루미늄에 비해 1/3 수준으로 변화가 적다. 따라서 이러한 이유로 인하여 티타늄 합금은 항공 우주 분야에 폭 넓게 사용하고 있으며, 특히 고속으로 비행하는 항공기의 날개 앞부분이나, 엔진 주변의 구조체의 소재로 널리 이용하고 있다[1].

* 현대로템 기술연구소 추진연구팀

** 현대로템 기술연구소 중기연구부팀

† 교신저자, E-mail: saiwai1@hyundai-rottem.co.kr

일반적으로 항공우주분야에서 티타늄 합금은 Ti-6Al-4V가 주로 사용되고 있다. 본 연구에서 다루는 티타늄 합금은 Ti-3Al-2.5V이다. 기존 소재에 비해 기계적 성질이 비슷하며 가공성이 뛰어나며 경제적인 면에서도 유리한 장점을 가지고 있다[2].

해석에 사용된 모델은 항공기 엔진 외벽 부를 모사하기 위해 간단한 Cone 형태이며, 모델링은 1/4 축 대칭으로 하였다. Cone에 부착되는 브라켓 타입은 2가지로 선정하였다. 직접 Cone에 용접하는 no sheet 타입과, 브라켓을 sheet에 용접 후 이 sheet를 Cone에 용접하는 sheet 타입이다.

산업 현장에서 Cone 표면에 브라켓의 위치 정보에 정확하게 용접하는 것이 쉽지 않다. 만약 용접을 정확하게 하지 못할 경우, 장착 될 여러 부품들의 위치가 어긋나는 상황이 발생할 수 있다. 이러한 문제점을 방지하기 위해, sheet에 미리 위치와 자세를 잡은 뒤 이 sheet를 Cone에 부착하는 방법이 용접 정확도를 높일 수 있는 방안이다. 이 방안의 구조적인 적합 여부를 판단하기 위해 상용 소프트웨어인 ABAQUS/CAE를 이용하여 해석을 수행하였다.

2. 본 론

2.1 해석형상 및 계산격자

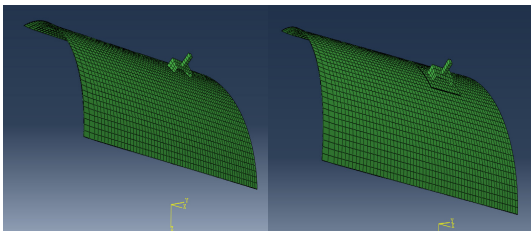


Fig. 1 Two Bracket types in Cone Shape

위의 Fig. 1과 같이 Cone의 두께는 0.8mm, Bracket과 sheet의 두께는 1mm로 사용하였다. 보통 Cone 형상은 일반적으로 Shell로 작업한다. 그러나 열전달 해석을 위해 5겹의 Solid 요소를 사용하였으며, 브라켓의 경우, 형상에 따라 Shell

과 Solid를 혼합하여 사용하였다. 또한 브라켓과 Cone의 연결은 Tie Contact 조건으로 연결하였다.

2.2 해석기법 및 조건

위 해석에 사용된 티타늄 합금의 물성치는 Table 1, 경계조건은 Table 2로 정리하였다.

Table 1. Specification of Ti-3Al-2.5V [3]

밀도	4480kg/m ³	
열전도율	0℃	8.30W/m-℃
	315℃	11.8W/m-℃
영률	100GPa	
프와송비	0.3	
열팽창율	8.6e-06m/m-℃	
비열	525J/kg-℃	

Table 2. Boundary Conditions

Y축	대칭(Symmetric)조건
Z축	대칭(Symmetric)조건
양단	고정(SPC) 조건

Cone 내부에 존재하는 공기의 온도를 상온(20℃)을 기준으로 10초간 400℃까지 상승한 후 200초간 유지 조건으로 열전달 해석을 수행하였다. 열전달 해석 후 온도 분포결과를 적용한 후, Cone 내부에 10Bar의 압력이 작용하는 경우로 가정하여 구조해석을 수행하였다.

2.3 해석결과

Cone 표면의 온도 정보를 얻기 위해 열전달 해석 결과는 Fig. 2와 같다.

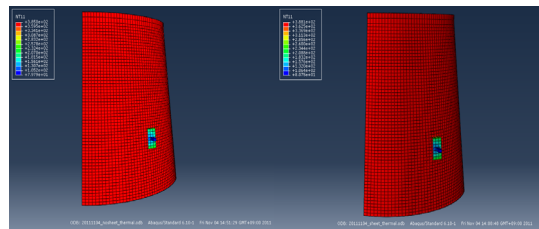


Fig. 2 Heat transfer results to compare 2 bracket types

no sheet 조건(좌)과 sheet조건(우)을 비교하였을 때, 비슷한 온도분포 양상을 나타내고 있다.

위의 정보를 초기 온도 조건으로 하여 경계조건을 적용 후 열응력 해석을 수행한 결과는 Fig. 3과 같다.

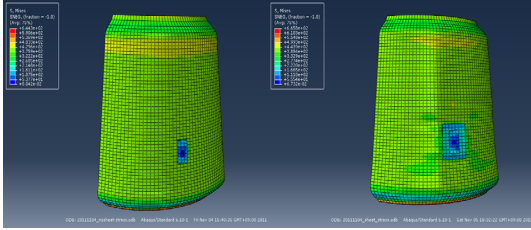


Fig. 3 Thermal-Stress results to compare 2 bracket types

최대 응력이 발생하는 위치는 Cone 하단의 경계조건 부근으로 일치하나, 브라켓 위치 부분에서는 no sheet 조건(좌)에서 응력이 균일한 분포를 나타내고 있는 반면에, sheet 조건(우)에서는 응력 값이 주변 값보다 감소하는 것을 확인하였다.

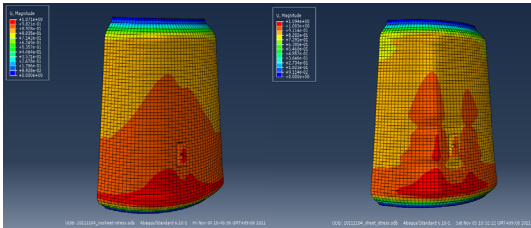


Fig. 4 Thermal-Deformation results to compare 2 bracket types

Figure 4는 열 변형 비교 결과이다. 최대 변형이 발생하는 위치는 Cone 하단부로 일치하나, 변형 분포 양상을 비교하면, no sheet 조건(좌)에서는 균일하나, sheet 조건(우)에서는 sheet주변

에서 가장 큰 변형이 발생하는 것을 확인할 수 있다.

Table 3. Results of Maximum Thermal Stress and Deformation

타입	최대응력값	최대변형량
no sheet (좌)	644MPa	1.07mm
sheet (우)	665MPa	1.09mm

위의 Table 3과 같이 sheet를 부착하는 경우 기존보다 최대 응력 값과 변형 량이 각각 3.2%, 1.9%씩 증가하는 효과가 있음을 확인하였다.

3. 결 론

Cone 형상에 브라켓을 sheet에 먼저 용접한 뒤에 부착하는 경우 열전달 측면에서는 큰 특이점이 없었으나, 열응력이나 변형량은 5% 미만의 증가가 있음을 확인하였으며, 실제 현장에서 sheet타입으로 용접 할 경우, 구조적으로 큰 변화가 없음을 확인하였다.

참 고 문 헌

1. 김현철, 임병수, "Ti-3Al-2.5V 합금의 고온피로에 미치는 온도 및 미세조직의 영향," 한국 자동차공학회는문집 제6권 제3호, 1998, pp.198-207
2. 한국기계연구소 "구조용 및 고온용 티타늄 합금을 이용한 항공기 부품 개발(1)," 과학기술처, 1992, pp.45-50
3. www.matweb.com