

우주 비행체용 탱크의 마운팅 방안 및 적용사례 소개

An Introduction to Methods and Applications of Tank Mounting for Space Vehicles

박종찬* (한국항공우주연구원)

1. 서 론

우주 발사체 및 위성과 같은 우주 비행체에는 그 사용목적에 따라 다양한 탱크가 이용된다. 우주 비행체에 이용되는 탱크는 그 기능에 따라 다양한 설계조건을 반영하여 설계되어지는데, 탱크 내/외부의 압력, 저장유체 및 탱크 주변 온도, 탱크 재질, 무게, 진동 등이 대표적인 설계인자이다. 이 중 탱크의 외부 조건에 의해 탱크에 발생 혹은 전달되는 정적, 동적 하중조건을 충분히 지지할 수 있도록 설계 고려하는 것이 필요한데 이와 같이 탱크를 지지하는 것을 탱크 마운팅(Tank mounting)이라고 한다. 탱크를 우주 비행체 내에 장착을 하기 위해서는 비행체 내 탱크가 고정될 구조물의 형태, 탱크 내부의 유체를 이용하는 방법과 함께 마운팅부 자체의 견고한 구조, 간단한 제작성, 가벼운 무게, 저렴한 제작비, 손쉬운 작업성 등 여러 가지 사항을 종합적으로 고려하여야 한다[1~2].

본 논문에서는 우주 비행체에 적용되고 있는 탱크 마운팅에 대해 방법, 특징 등에 대해 언급하며, 국내외 우주 비행체에 적용된 마운팅 사례에 대해 간략히 소개한다.

2. 탱크 마운팅의 종류 및 특징

2.1 보스 마운팅(Boss Mounting)

보스 마운팅은 탱크와는 별도로 가공된 보스(boss)를 탱크의 고정부위에 전자빔 용접(EBW) 등의 방법으로 설치하여 탱크를 구조물에 고정하는 방식을 의미한다. 연결부로 사용되는 보스는 그 장착 위치에 따라 실린더형 탱크의 양 끝단에 위치한 polar boss 방식과 실린더의 가운데에 원주방향으로 위치한 girth boss 방식으로 구분된다. 보스 마운팅 방식은 탱크의 제작공정상 가장 간단하게 적용이 가능한 방식으로 널리 사용된다. Fig. 1은 보스 마운팅이 적용된 탱크의 형상[3]을 보여준다.

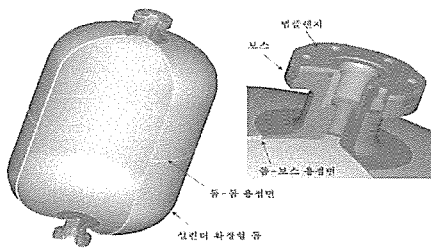


Fig. 1 보스 마운팅이 적용된 탱크의 형상도

2.2 러그 마운팅(Rug Mounting)

러그 마운팅은 탱크의 원주 방향으로 2개에서 8개 정도의 고정용 치구인 러그를 전자빔 용접 등의 방법으로 부착하여 탱크를 고정한다. 주로 소형의 구형(spherical) 탱크에 적용된다. Fig. 2는 러그 마운팅이 적용된 탱크의 예를 나타낸다.

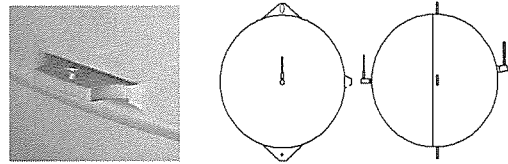


Fig. 2 러그 마운팅

2.3 플랜지 마운팅(Flange Mounting)

플랜지 마운팅은 러그 마운팅과 유사하나 탱크를 고정하기 위한 치구로 러그 대신 플랜지를 설치하여 탱크의 원주 전체를 고정하는 방식이다. 무게 및 진동 등 탱크의 내/외부 조건의 문제점을 탱크의 체결력을 높임으로써 해결할 수 있는 경우 적용한다. Fig. 3은 플랜지 마운팅이 적용된 탱크의 예를 나타낸다.

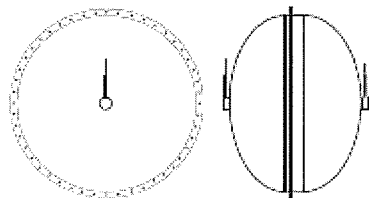


Fig. 3 플랜지 마운팅

2.4 탭 마운팅(Tab Mounting)

탭 마운팅은 구형 또는 실린더형 탱크의 둘레를 따라 미리 기계가공된 탭을 용접이나 전자빔 용접 등을 이용해 탱크에 부착하는 방식을 의미한다. Fig. 4는 탭 마운팅의 적용사례를 보여준다. 탭 마운팅 방식은 탭과 지지 구조물 간의 연결 특성상 탭에 가해지는 굽힘력에 대한 탄성 복원력을 이용할 수 있는 장점이 있다. 예를 들어 탱크에 저장하는 유체의 온도에 의해 탱크가 수축 혹은 팽창하는 경우 탭의 탄성력으로 탱크의 부피 변화량을 일부 허용할 수 있는 구조적인 특징이 있다. 또한

탭 마운팅은 복합재로 제작되거나 표면을 감싼 탱크의 표면에 같은 소재로 제작한 탭을 접착재로 부착할 수 있는 특징이 있다.

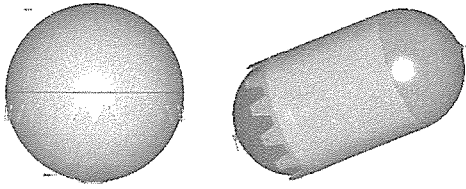


Fig. 4 탭 마운팅

2.5 페디스털 마운팅(Pedestal Mounting)

페디스털 마운팅은 탱크의 하단부에 지지 구조물 혹은 치구와 연결할 수 있는 나사 체결구멍이 나있는 체결방식을 의미한다. 체결력이 높고 체결을 위한 별도의 구조물을 필요치 않기 때문에 소형에서부터 대형 탱크에까지 폭넓게 적용되는 방식이다. Fig. 5는 페디스털 마운팅이 적용된 탱크의 예를 보여준다.

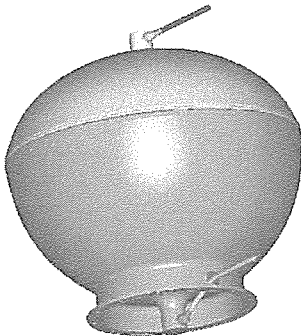


Fig. 5 페디스털 마운팅

2.6 패드 마운팅(Pad Mounting)

패드 마운팅은 탱크의 표면에 평평하게 기계가공된 면인 패드를 1개 내지 4개 정도 부착하여 이 패드와 맞닿는 부분을 나사로 체결하는 탱크 고정방식을 의미한다. 패드 마운팅은 구형보다는 주로 실린더형 탱크에 적용되며 대형 탱크에 많이 이용된다. Fig. 6은 패드 마운팅의 예를 보여준다.

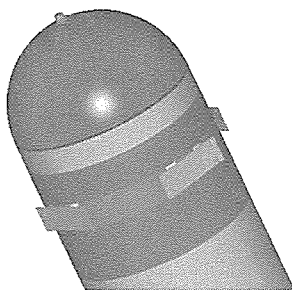


Fig. 6 패드 마운팅

2.7 스트랩 마운팅(Strap Mounting)

스트랩 마운팅은 탱크를 금속이나 섬유재료의 띠를

이용하여 팽팽히 고정시키는 방식을 말한다. 스트랩 마운팅을 적용하기 위해서는 탱크가 크거나 무겁지 않아야 하며, 탱크의 외부 표면에 특별한 부품이나 연결부가 없어야 한다. Fig. 7은 스트랩 마운팅이 적용된 시스템 구성 예를 보여준다.

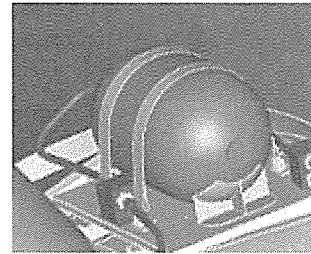


Fig. 7 스트랩 마운팅

2.8 복합 마운팅(Combination of Mounting)

복합 마운팅은 앞서 언급한 여러 가지 마운팅 방법을 경우에 따라 조합하여 사용하는 것을 의미한다. 특히 탱크의 부피가 큰 경우 한 가지 마운팅 방법으로는 충분한 체결력을 확보할 수 없는 경우가 있는데 이를 대비하여 2가지 이상의 마운팅 방법을 조합하여 사용하는 경우가 많다.

3. 국내외 우주 비행체에 적용된 탱크 마운팅 사례

3.1 다목적 실용위성 1호(KOMPSAT-1) 추진계

다목적 실용위성 1호는 한국항공우주연구원과 미국 TRW사가 1995년부터 1999년까지 개발하여 1999년도에 발사한 국내 최초의 지구관측용 실용위성이다. 일반적으로는 아리랑 위성 1호라는 명칭으로 더 널리 알려져 있다. 위성의 추진계에는 하이드라진(N_2H_4)을 저장한 추진제 탱크가 존재하는데 이는 위성이 발사체에서 분리된 뒤 궤도 진입에 필요한 추진제를 저장하며, 궤도 진입 후 궤도오차의 수정, 항력보상, 자세제어 등의 목적에 이용된다. Fig. 8에서 살펴볼 수 있듯이 추진제 탱크는 추진계 구조물에 러그 마운팅을 통해 체결되어 있음을 확인할 수 있다[4].

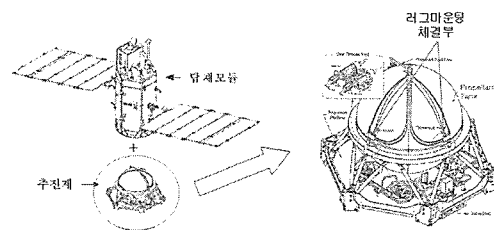


Fig. 8 다목적 실용위성 1호 추진계에 적용된 러그 마운팅

3.2 KSR-III 볼밸브 구동용 헬륨탱크

KSR-III는 국내 최초의 액체추진 로켓으로 지난 2002년 11월 발사에 성공하였다. KSR-III에는 다양한

탱크가 탑재되어 있는데 그 중 로켓 내 유공압 시스템의 볼밸브를 구동하기 위한 고압헬륨 저장용 탱크의 사진이 Fig. 9에 나와있다. 탱크의 최대 예상 작동압은 4,800psi이고 내부직경은 161.7mm이다. 지지방식은 그림에서 살펴볼 수 있듯이 보스 마운팅 방식이다[5].

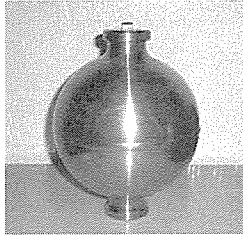


Fig. 9 KSR-III 볼밸브 구동용 헬륨탱크

3.3 H-IIA 발사체 2단 헬륨탱크

Fig. 10에서 볼 수 있듯이 일본의 H-IIA 발사체 2단의 연료탱크인 LH₂ 탱크 내에 가압제인 헬륨의 저장탱크를 배치하였다[6]. 헬륨탱크를 연료탱크 내에 위치시킨 것은 헬륨을 액화상태로 보관하여 부피를 줄이기 위해서이다. 헬륨탱크는 상하 축대칭점에 보스 마운팅으로 연결되어 있다.

3.4 H-IIA 2단 가스 분사 시스템

H-IIA 2단에 적용된 가스 분사 시스템은 2단 비행시 물, 피치, 요를 제어하기 위한 시스템이다. Fig. 11에서와 같이 H-IIA의 가스 분사 시스템에는 하이드라진이 충전된 구형 탱크가 설치되어 있으며 이는 지지 구조물과 리그 마운팅되어 있음을 알 수 있다.

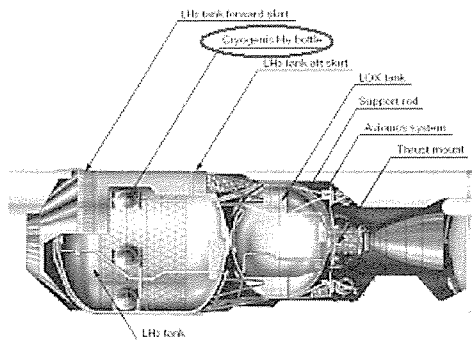
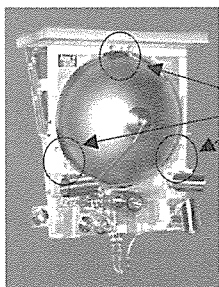


Fig. 10 H-IIA 발사체 2단 Cut-Away View



리그마운팅으로
체결된 부위

Fig. 11 H-IIA 2단 가스 분사 시스템 형상

3.5 NEAR 추진계

NEAR는 혜성 EROS를 관측하기 위해 미국에서 1996년 발사한 소형 위성체이다. Fig. 12에서와 같이 탱크는 4개의 리그 마운팅으로 고정되어 있다. 탱크는 하이드라진으로 충전되어 있으며 내경은 563.4mm(22.14 in)이다[1].

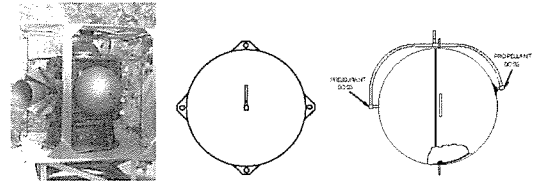


Fig. 12 위성 NEAR의 추진계 및 탱크 형상

3.6 MARS Pathfinder 추진제 탱크

MARS Pathfinder는 화성의 표면을 관측하기 위해 화성 표면에 Sojourner를 착륙시키기 위한 우주 비행체로 미국에서 1997년 발사하였다. Fig. 13은 Pathfinder의 형상을, Fig 14는 추진제 탱크의 형상 및 배치도를 나타낸다. 그림에서 살펴볼 수 있듯이 추진제 탱크는 바닥면과 리그 마운팅되어 있다[1].



Fig. 13 MARS Pathfinder

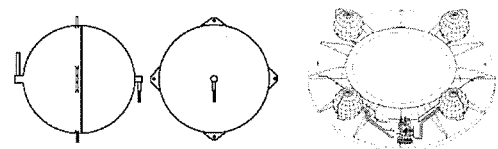


Fig. 14 추진제 탱크 형상 및 배치도

3.7 GOES 기상위성용 추진제 탱크

미국 기상관측용 위성인 GOES의 추진제 탱크는 티타늄으로 제작되었으면 직경은 40인치이고 800 lbs의 하이드라진을 충전한다. Fig. 15에서 볼 수 있듯이 탱크 마운팅으로 장착된다[1].

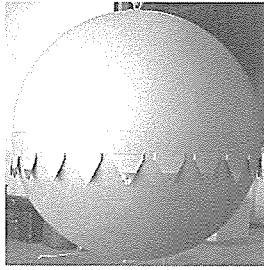


그림 15. GOES 기상위성 추진제 탱크

4. 탱크 장착 시 고려사항

우주 비행체에 탱크를 장착부를 설계하기 위해서는 다양한 설계인자를 고려하여 장착방안을 확정하여야 한다. 일반적인 고려사항은 다음과 같다.

- ① 탱크와 탱크를 지지하는 구조물의 열팽창계수를 고려한다. 가능하면 같은 재료를 사용하는 것이 좋다.
- ② 열에 의한 팽창 혹은 수축으로 정적 하중 발생 시 탱크의 접합부와 지지 구조물 간의 체결력이 충분하도록 하기 위한 마운팅 방법 및 마운팅부를 설계한다.
- ③ 외부 진동에 의한 탱크에의 영향이 최소화될 수 있는 마운팅 방안을 고려한다.
- ④ 탱크 장착 등의 작업이 손쉬우며 필요시 유지보수가 쉽고, 주변 구조물과의 간섭이 발생되지 않는 마운팅 방안을 고려한다.

5. 결 론

본 논문에서는 우주 비행체에 이용되는 탱크의 여러 마운팅 방안의 종류 및 특징에 대해 살펴보았으며, 국내외 우주 비행체에 적용된 탱크 마운팅 사례를 살펴보았다. 다양한 방안 및 사례 검토를 통해 탱크 장착 시 고려해야 할 일반적인 사항에 대해 살펴보았다. 우주 비행체에 필요한 다양한 탱크를 장착하기 위한 방안을 확정하기 위해서는 각 비행체별 세부 설계 요인에 따른 다양한 인자를 고려해야 할 것이다.

참고논문

- 1) Tam W. H., Debreceni M. J., Nye C. D., Hersh M. S., "Low-Cost Tankage Provided for Recent Discovery Missions", Third IAA International Conference on Low-Cost Planetary Missions, CALTECH, April, 1998
- 2) Tam W. H., Griffin P. S., Jackson A. C., "Design and Manufacturing of a Composite Overwrapped Pressurant Tank Assembly", 38th Joint Propulsion Conference and Exhibit, AIAA 2002-4349,

Indianapolis, July, 2002, pp.1~12

- 3) 조광래 외, "소형위성발사체(KSLV-I) 개발사업(III)", 과학기술부 보고서, 한국항공우주연구원, 2005
- 4) 김진철 외, "다목적 실용위성 본체설계 및 개발사업", 과학기술부 보고서, 한국항공우주연구원, 2003
- 5) 조광래 외, "3단형 과학로켓 개발사업", 과학기술부 보고서, 한국항공우주연구원, 2003
- 6) 우유철 외, "발사체 지상인증시험 해외사례 분석 보고서", 한국항공우주연구원 보고서, (주)로템, 2003