

## Ariane 6 발사체 구조 분야 개발 현황

한국항공우주연구원  
발사체구조팀  
박재성 (책임연구원)

Ariane 6 발사체의 구조체 중에서 MT Aerospace AG(MTA)가 개발하고 있는 각종 추진제 탱크, 동체 등은 고성능/저비용을 목표로 새로운 제작 기법들이 적용된다. 이미 마찰교반용접(FSW, Friction Stir Welding) 기법과 알루미늄-리튬 소재 적용은 개발과 검증이 완료되었고, 그 적용 범위가 확대되고 있다. 본 자료는 Ariane 6 발사체 상단(ULPM, Upper Liquid Propulsion Module)과 하단(LLPM, Lower Liquid Propulsion Module)의 구조 분야 개발 현황을 문헌 자료로부터 정리하였다.

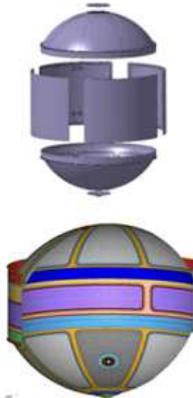
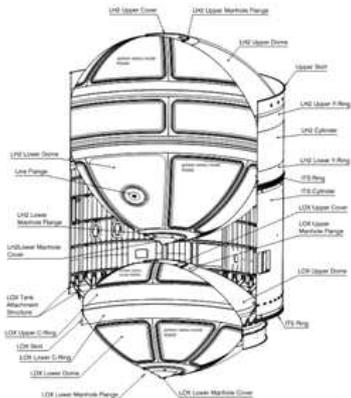
Ariane 6 프로그램의 기본 구성과 MTA에서 개발하고 있는 구조체 부분은 아래 그림과 같다. 부스터 개수에 따라 Ariane 62, Ariane 64로 구분되고 Ariane 64의 경우 상용 발사 및 다중 발사 임무를 위한 대형 발사체이다.



MTA에서는 ULPM의 추진제 탱크, LLPM의 추진제 탱크 및 구성품, ULPM의 탱크 연결부(ITS, Intertank structure), LLPM의 탱크연결부, 모체모터 부스터의 전/후방 스킵트, 1단 후방동체 및 2단 후방 열차단 구조 등을 개발하고 있다. 주요 부분체별로 구조개념과 제작 기법을 정리하면 아래와 같다.

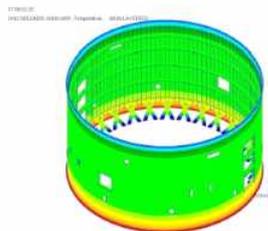
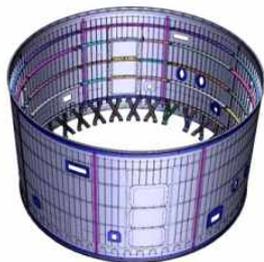
◎ ULPM 추진제 탱크

아래 그림과 같이 상단 LH2, LOX 탱크의 경우 Y-ring, manhole cover와 플랜지 (AI2219)를 제외하고는 모두 AI2195 소재를 적용하고, 대부분의 용접은 FSW를 통해 이루어진다.



- LH2 tank and LOX tank to store and provide liquid propellant and transfer loads from and to adjacent structures
- Mechanical I/F to
  - ULPM ITS for both tanks, LOX tank via X-/Y-shaped LOX attachment structure segments
  - Launch vehicle adapter (LVA): LH2 tank
  - Engine thrust Frame (ETF): LOX tank
  - Additional: fluid and pressure lines and other equipment
- Delivered tanks consist of:
  - Cylindrical parts
  - Upper and lower bulkheads
  - Note: cylindrical section for LOX tank is small and thus, integrated in the bulkhead. As a result, no separate cylinder is included
- All parts consist of aluminium alloys and all connections are friction stir welded, with the exception of the interface LOX lower C-Ring to lower skirt
  - AA2195: cylinder and dome segments
  - AA2219: Y-rings, manhole cover, and manhole flanges
- Other delivered main parts are the manhole covers, which are fixed with a bolted connection to manhole flanges. The final assembly will be done by the customer.

◎ ULPM ITS



- Bare structure comprising:
  - Face ring to IFS
  - Face ring to LH2 tank
  - LOX attachment to LOX tank
  - Outer skin including cut outs for access and lines which is split in axial direction into 8 x 45° panel segments, stiffened by frames and integral stringers
  - Splice sheets
  - I/F plates
  - Avionic and special kits brackets for technological flights
- Access doors
- Thermal protection, which is applied on the thermally loaded faces, presently not needed

위 그림과 같이 상단의 탱크연결부는 AI7000 계열의 소재를 사용하고 8 조각을 shot peen 성형을 통해 제작한 후 리벳팅을 통해 조립한다. ITS 하부 구조물은 열하중을 고려하여 티타늄으로 제작한다.

◎ 주요 제작 기법

Ariane 6의 구조체는 아래와 같이 FSW 용접과 shot peen 성형 기법을 기본으로 적용하여 개발하였다. shot peen 성형은 직경 5.4 m, 4.6 m 크기의 LH2 돔 조각을 최소 1.4 mm 두께까지 제작하였고, TRL 6 수준에 도달하였다. 또한 두께가 얇은 추진제 탱크 실린더 조각과 보강재가 있는 동체 부분까지 shot peen 성형 기법으로 개발하였다. FSW 제작 기법의 경우 수직, 원주 방향 용접과 각종 플랜지 용접 기술을 개발하여 TRL 6 수준에 도달하였다.

- Forming Processes
  - Shot Peen Forming selected for all segments/panels
  - Materials: AA7XXX (structure panels), AA2219 (cylinder segment), AA2195 (dome segments, cylinder segments)
- Welding processes
  - FSW used for all welds.
  - Two types: retractable and fixed pin
- Material Qualification
- Inspection
- Automation in riveting technology

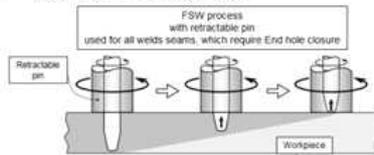


Figure 13. FSW process

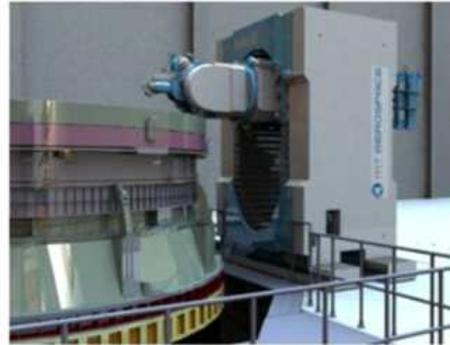


Figure 21. FSW Machine M3

- Flat and curved plate trials for parameter definition
- Demonstrators for TRL6
  - for flange welds (RPT)
  - for RPT circumferential welds.
- for meridional welds (dome, C-FSW)
- for longitudinal welds (cylinder, C-FSW)



Figure 17. Flange weld (RPT)



Figure 18. Meridional R = 3000 mm (dome, C-FSW), Longitudinal/axial (cylinder, C-FSW) (Material from forming demonstrators)



Figure 14. Ø5.4m ULPM LH2 dome segment

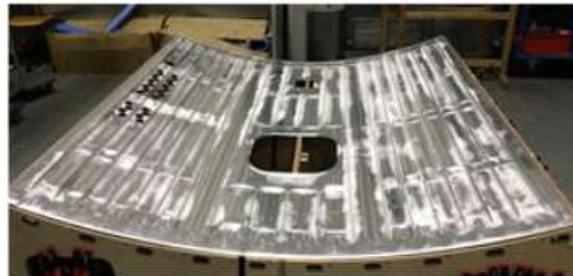


Figure 16. ULPM ITS Skin Panel Y (full scale)

해당 기술 내용은 2017년 7월에 PDR을 통해 TRL과 MRL(Technologies and Manufacturing Readiness Levels)을 평가/검증하였다.

### 【참고문헌】

1. ARIANE 6 - TANKS & STRUCTURES FOR THE NEW EUROPEAN LAUNCHER (Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress 2017, J. Merino, A. Patzelt, A. Steinacher, M. Windisch, G. Heinrich, R. Forster, C. Bauer MT Aerospace AG, Germany)