Solve Your Technical Challenge,
By our Solution!

우주 환경 모사 장치

- 열 진공 챔버 -

Technical Engineering SUNYOUNG SYSTEC INC.

Space simulation chamber

우주 모사 챔버(space simulation chamber)는 우주선(spacecraft)이 우주에서 경험하는 열 환경 조건(thermal environmental conditions)을 재현하는 데 사용되는 시스템으로 우주선에 사용되는 부품 및 재료의 검증에도 사용됩니다.

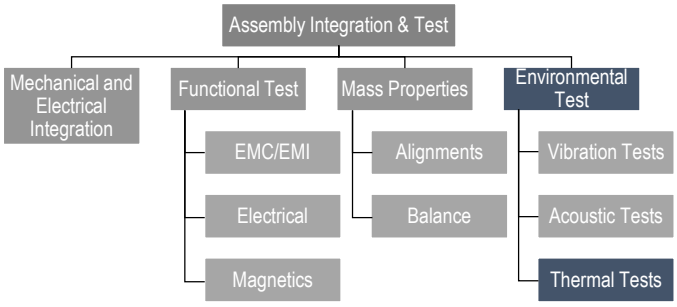
Life cycle development phase

우주선이 운영단계(operation phase)로 진입하기 위해서는 다음의 우주 프로젝트 수명주기 개발단계를 충족해야 합니다. 우주 모사 챔버는 이 중 시스템 통합 및 시험(AIT) 단계의 열 환경 시험(thermal test)을 위해 요구됩니다.

- Concept Studies
- Concept and Technology Development
- Preliminary Design & Technology Completion
- Final Design & Fabrication
- System Assembly Integration and Test (AIT)
- Launch Campaign
- Operations & Sustainment and Closeout

Activities in the AIT process

시스템 통합 및 시험(AIT) 단계를 구성하는 일반적인 활동은 다음과 같습니다.



시스템 통합 및 시험(AIT) 단계의 수행을 위해서는 다음의 시설이 필요합니다.

- Vibration test facility
- Acoustic test facility
- Mass properties test facility
- Space simulation chamber
- EMC test facility
- Magnetics test facility, and others

Thermal tests

개발, 성능 확인 및 운영 중의 우주선의 생존가능성을 보장하기 위해 여러 유형의 열 시험이 필요합니다. 이 시험들은 구성품, 세부계통 및 시스템 수준에서 수행할 수 있습니다.

- Thermal Cycle Test (TCT)
- Thermal Vacuum Test (TVT)
- Thermal Balance Test (TBT)
- Vacuum Bake-out Test

Thermal cycle test (TCT)

일반적으로 환경 챔버를 사용하여 주변 대기 압력(ambient pressure)에서 시험 대상품을 고온 및 저온의 일련의 주기에 노출하여, 재료 및 일솜씨 결함(material and workmanship defects)을 식별하는 환경 스트레스를 생성합니다.

Thermal vacuum test (TVT)

우주 모사 챔버(space simulation chamber)를 사용하여 시험 대상품을 고진공(high vacuum) 환경에서 고온 및 저온의 일련의 주기에 노출하여, 세부 계통 및 시스템의 성능 검증(performance verification)을 위한 기능 시험(functional tests) 수행에 사용합니다.

Thermal balance test (TBT)

우주 모사 챔버(space simulation chamber)를 사용하여 온도를 작동 한계(operational limits) 내에서 유지하기 위한 시험 대상품의 열 제어(thermal control) 시스템의 성능을 입증하거나 시스템의 열 변형(thermal deformations)을 측정하는 데 사용합니다.

Vacuum bake-out test

우주 모사 챔버(space simulation chamber)를 사용하여 세부 계통 및 시스템 수준에서 탈기체(outgassing)를 모사하기 위하여 정해진 시간 동안 고온, 고진공 환경에 노출합니다.

Test level

열 환경 시험은 각 시험 수준(test level)에서 설정된 다양한 온도 및 압력 수준에서 수행합니다. 시험 수준을 고려하여 일반 규칙 및 표준을 사용해 열 환경 시험의 온도 및 압력 수준을 결정할 수 있습니다.

- GSFC-STD-7000 *General Environmental Verification Standard (GEVS) for GSFC Flight Programs and Projects (NASA Standard)*
- SMC-S-016 *Test Requirements for Launch, Upper Stage, and Space Vehicles (suspending MIL-STD-1540, Space and Missile Systems Center Standard)*
- MIL-HDBK-340 *Test Requirements for Launch, Upper-Stage, and Space Vehicles, Vol 1: Baseline and Vol 2: Applications Guidelines (DoD Handbook, Cancellation 27 April, 2017)*
- ECSS-E-ST-10-03 *Space Engineering – Testing (ECSS Standard)*
- TR-2004(8583)-1 *Test Requirements for Launch, Upper-Stage, and Space Vehicle (SMC Aerospace Report)*
- NASA LSP-REQ-317.01 *Program Level Dispenser and CubeSat Requirements Document (NASA Launch Service Program)*

Solve Your Technical Challenge,
By our Solution!

우주 환경 모사 장치

- 열 진공 챔버 -

Technical Engineering SUNYOUNG SYSTEC INC.

Thermal Vacuum Chamber

우주 환경 모사장치(space environment simulator)는 태양 복사 모사장치(solar simulator)가 있는 것과 없는 것, 두 가지 유형이 있으며, 태양 복사 모사장치가 없는 시스템을 열 진공 챔버(Thermal Vacuum Chamber)라고 합니다.

Temperature and pressure

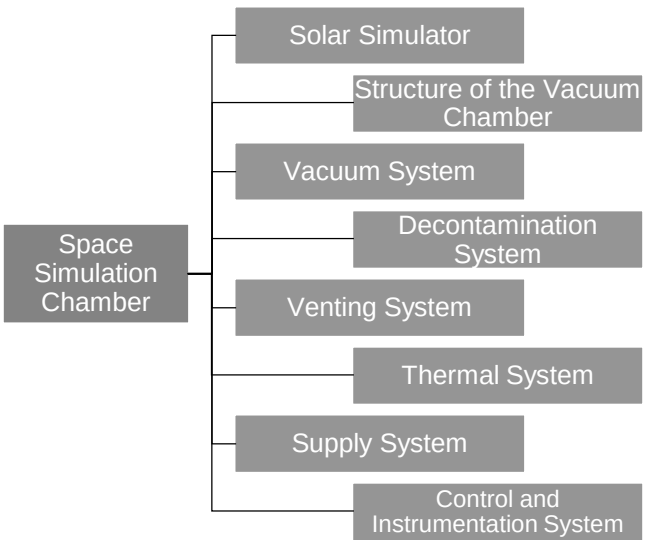
우주 모사 챔버 발명 이후 챔버 데이터의 Stefan Boltzmann Law 분석 이후 역사적으로 -195.85 ~ -173.15℃의 온도가 선택되었습니다. 이 온도 범위에서 열 평형 연구에 큰 영향을 주지 않으면서 저온에서 평가하는 데 작은 오차를 가지기 때문입니다. 100K(-173.15℃)의 최저 온도를 생성하는 열 전달 표면(heat transfer surface)을 사용하는 경향이 확립되었습니다.

또한 고진공의 우주 환경에 의한 재료, 구성품, 세부계통 및 우주선 시스템에 미치는 영향을 모사해야 합니다. 우주 환경 모사시험을 위해서 가스 열 전도, 아크 및 발광 발전(gas thermal conduction, arc, and glow discharges)과 같은 원치 않은 효과를 제거하려면 1×10^{-6} mbar 이하의 압력수준을 달성해야 합니다.

Systems of space simulation chamber

우주 모사 챔버를 구성하는 기본 시스템은 다음과 같습니다. 이 중에서 Solar Simulator를 제외하면 열 진공 챔버(Thermal Vacuum Chamber)의 구성이 됩니다.

진공 챔버는 진공 및 열 복사 현상을 보존할 수 있으며, 시험대상품을 수용합니다. 진공 시스템은 합리적인 시간 내에 요구되는 진공 수준을 생성하고, 시험 기간 동안 진공 수준을 유지합니다.

열 시스템은 우주의 열 싱크(heat sink)를 가능한 한 정확하게 재현하며, 오염 제거 시스템은 시험 중 진공 챔버 내의 화합물과 재료에서 발생하는 탈기체로 인한 오염을 줄입니다. 배기 시스템은 진공 챔버 내부 압력을 대기압으로 돌립니다.

공급 시스템은 우주 모사 챔버 시스템에 통합된 장치를 작동시키기 위해 필요한 자원(물, 전기, 압축 공기 등)을 제공하고 관리합니다. 제어 및 계측 시스템은 기계적, 전기적, 전기기계적 장치를 제어하고 모니터링 하기 위한 메커니즘과 인터페이스를 제공합니다.