

고고도 우주환경모사용 터보분자펌프 진공설비 구축

허환일* · 김민재** · 김성수**

Development of Turbo Molecular Pump Vacuum Facility for High Altitude Space Environment Test

Hwanil Huh* · Minjae Kim** · Sungsu Kim**

ABSTRACT

Vacuum facility is required for high altitude space environment test to develop satellites or space launch vehicles. We, at Chungnam, National University, developed turbo molecular pump vacuum test facility up to 1.0×10^{-6} torr to simulate 200 km altitude environment. In this paper, we present some preliminary vacuum performance test results.

초 록

인공위성이나 우주발사체를 개발하기 위해서는 지상에서 우주환경 성능 시험이 필요하며 이를 위해서 고고도 환경을 모사할 수 있는 진공설비가 요구된다. 본 연구에서는 터보 분자 펌프를 이용하여 목표 진공도 1.0×10^{-6} torr를 유지함으로써 200 km의 고도를 모사하기 위한 진공설비를 구축하고 터보 분자 펌프 장치를 구축하여 예비 진공도 성능 실험을 수행하고 보고하였다.

Key Words: Vacuum Test Facility(진공실험장치), Space Environment(우주환경), Vacuum Chamber(진공챔버), Satellite(인공위성), Turbo Molecular Pump(터보분자펌프)

1. 서 론

고진공 및 극한의 온도 변화가 있는 우주 환경에서 인공위성이나 우주선이 임무를 완벽하게 수행하기 위해 지상에서 우주환경을 모사해 줄 수 있는 진공환경시험이 매우 중요하다[1][2].

Table 1은 현재 국내에서 운용중인 진공실험장치의 보유 현황을 보여준다. 한국항공우주연구원의

진공장치는 직경 8 m, 유효깊이 10 m의 대형열진공챔버로 5×10^{-7} torr 이하의 진공환경과 -190°C 이하의 온도조건의 진공환경을 모사해 준다[3]. (주)한화에서는 국가사업으로 다목적 위성 추력기 개발을 위하여 진공실험장치를 이용하고 있다.

충남대학교에서는 저진공 펌프로 오일회전펌프를 사용하고 고진공 펌프로 터보분자펌프를 사용하여 진공실험장치를 구축하였다. 실제 진공실험장치 구축 후 실험결과 목표 진공도에는 아직 도달하지 못하였지만 추가적인 개선과정을

* 종신회원, 충남대학교 항공우주공학과

** 정회원, 충남대학교 대학원 항공우주공학과

† 교신저자, E-mail: hwanil@cnu.ac.kr

Table 1. Survey of the vacuum test facility in Korea

기관 규격	KARI	(주)한화	KAI	충남대
직경(m)	8	1.2	0.8	1.2
진공도 (torr)	5.0×10^{-7}	1.0×10^{-3}	1.0×10^{-7}	1.5×10^{-4}
종 류	열진공	고진공	열진공	고진공
목 적	궤도환경 시험	연소 시험	부품 시험	기초우주 환경시험

수행함으로써 목표 진공도 1.0×10^{-6} torr에 도달할 것으로 예상된다.

2. 본 론

2.1 진공실험장비 구축

진공용기 내부에서 원하는 고진공을 구현하기 위해서는 저진공펌프와 고진공펌프를 시스템적으로 결합하여 진공상태를 만들게 된다. 초벌배기(rough pumping)한 후 작동을 시작해야 하며, 작동 중에도 적당한 용량의 저진공펌프로 배기구의 압력, 즉 배압(backing pressure)을 중진공으로 유지해야 한다[4]. 본 실험실에서 구축한 진공실험장치의 목표 진공도는 1.0×10^{-6} torr로 약 200 km의 고도를 모사한다. 진공장치의 구성은 Fig. 1과 같이 메인 챔버, 오일회전펌프, 터보분자펌프, 터보분자펌프 컨트롤러, 공기 압축기, 컨트롤 박스로 구성하였다. 모든 시스템은 수동/자동으로 작동할 수 있으며 게이지 컨트롤러를 통하여 확인할 수 있다.

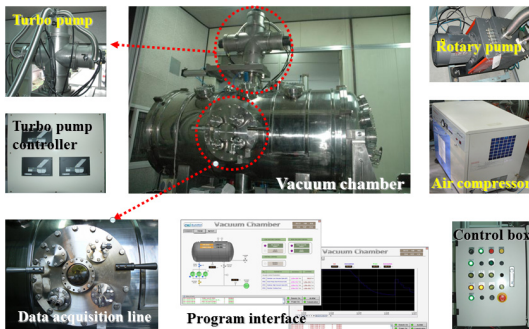


Fig. 1 Vacuum test facility at CNU

컨트롤 박스는 저진공 펌프, 고진공 펌프의 작동, backing valve, venting valve, 진공펌프의 gate valve의 on/off를 수동으로 작동할 수 있으며, 자동으로 작동하게 되면 모든 작동 및 밸브의 개폐를 컴퓨터로 제어가 가능하도록 제작하였다. 진공 실험 장치에 사용되는 장비의 특성을 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Specification of equipment

장비명	규 격
진공용기	지름: 1.2 m, 길이: 1.8 m
저진공펌프 (오일회전펌프)	모델명: E2M275 (Edwards) 배기속도: 4876 l/min 도달압력: $< 3.8 \times 10^{-3}$ torr
고진공펌프 (터보분자펌프)	모델명: TURBOVAC 1000 (leybold vacuum) 회전속도: 36,000 rpm 도달압력: $< 7.5 \times 10^{-2}$ torr
저진공게이지	Convectron gauge 측정영역: 999 ~ 1×10^4 torr
고진공게이지	Ion-gauge 측정영역: 2×10^{-2} ~ 4×10^9 torr

2.2 진공도 측정 예비실험

터보분자펌프를 이용하여 진공실험장치가 목표 진공도 1.0×10^{-6} torr를 만족하는지 진공도 측정실험을 수행하였다. Fig. 2는 진공 챔버 내의 진공도 측정 결과를 보여준다. 로터리 펌프를 30분 간 가동 후 터보펌프를 가동하였으며 그 결과 약 2시간 45분 만에 1.5×10^{-4} torr에 도달하였

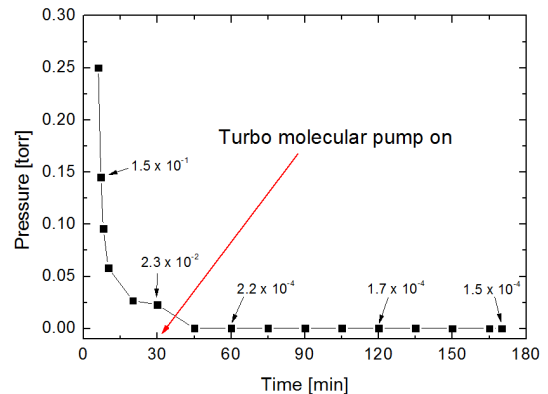


Fig. 2 Measured Results of vacuum level

Table 3. Vacuum level and simulated altitude

Pressure (torr)	Simulated altitude (km)
1.5×10^{-1}	61
2.3×10^{-2}	72
2.2×10^{-4}	84
1.7×10^{-4}	88
1.5×10^{-4}	90

다. 이는 목표 진공도 1.0×10^{-6} torr에 미치지 못하는 진공도로 Table 3에서 알 수 있듯이 200 km인 목표 모사고도와 아직 110 km의 차이를 보였다.

목표 진공도에는 도달하지 못하였지만 현재 진공챔버는 개선과정에 있으며, 터보분자펌프를 구축하기 이전에 고진공 펌프로 사용하던 디퓨저펌프에 의해 진공챔버에 설치되어 있는 불필요한 부분을 제거하여 챔버의 부피를 줄여주고, 챔버 내부의 기체가 효율적으로 배기될 수 있도록 터보분자펌프와 연결되어 있는 배관라인을 수정하는 작업을 수행한다면 목표 진공도에 도달할 수 있을 것으로 예상된다.

3. 결 론

충남대학교에서는 터보분자펌프를 이용하여 고고도 우주 환경을 모사할 수 있는 진공 실험 장치를 구축하였다. 진공도 측정결과 1.5×10^{-4} torr의 진공도에 도달함에 따라 고도 90 km의 환경을 모사하였지만 목표로 했던 진공도에는

아직 도달하지 못하였다. 하지만 충남대학교의 진공설비는 개선과정에 있으며 추후 불필요하게 챔버의 부피를 키우는 부분을 제거하고, 구조적인 시스템을 수정, 보완 한다면 목표 진공도 1.0×10^{-6} torr에 도달할 것으로 기대한다. 또한, 진공장치 구축을 통하여 마이크로 추력기의 성능실험 뿐만 아니라 소형 인공위성에 탑재되는 부품의 작동 신뢰성 실험 등 진공환경에서의 다양한 실험을 할 수 있을 것이라고 예상된다.

참 고 문 헌

1. 정성철, 신강창, 이민재, 김혜환, 허환일, “우주환경모사 진공실험 시설에서의 미소추력측정 방법”, 한국추진공학회 춘계학술대회 논문집, 2006, pp.67-70
2. 신강창, 이민재, 정성철, 김연호, 김혜환, 허환일, “충남대학교 고고도 우주환경모사 진공실험장치”, 한국추진공학회 춘계학술발표회 논문집, 2007, pp.49-52
3. 조혁진, 문귀원, 서희준, 이상훈, 최석원, “우주환경모사를 위한 대형열진공챔버 국산화 구축”, 항공우주기술 제6권 제1호, 2007, pp. 64-73
4. 김혜환, 신강창, 윤동익, 허환일, 유재호, “고고도 우주환경모사용 열진공챔버 구축을 위한 진공챔버 개선방안, 한국항공우주학회 춘계학술발표회 논문집, 2009, pp.627-630