

고무 인젝션 방법을 이용한 플렉시블 씬 제작

김병훈* · 권태훈** · 조인현*

The Flexible Seal Fabrication utilizing a rubber Injection Method

Byung-Hun Kim* · Tae-hoon Kwon** · In-Hyun Cho*

ABSTRACT

The most important things in the KSLV-I Kick Motor nozzle is a development of flexible seal that is utilized to drive a movable nozzle. Especially, a manufacturing technology of flexible seal is one of the key element in the Kick Motor nozzle development. The method used to produce flexible seal in the Kick Motor is injection method. Mold design technology, rubber injection technic and molding process through flexible seal manufacture has been established. After manufacturing, X-Ray inspection have been carried out to confirm a adhesive and internal array of flexible seal.

초 록

KSLV-I 킥모터 노즐 개발에 있어서 가장 중요한 개발품은 노즐 구동에 필요한 플렉시블 씬 개발이다. 특히 플렉시블 씬 제작 기술의 확보는 킥 모터 노즐 개발에 있어서 핵심 개발 사항 중에 하나였다. 킥모터 플렉시블 씬 제작에 사용된 방법은 금형에 순서대로 배열된 보강재 사이에 고무를 주입하는 인젝션 방식을 사용하였다. 플렉시블 씬 제작을 통해 금형 설계 기술, 고무 인젝션 방법, 성형 공정을 확립하였다. 제작된 플렉시블 씬은 X-Ray 검사를 통해 내부 접착 상태 및 보강재/고무 배열 상태를 확인하였다.

Key Words: Flexible Seal(플렉시블 씬), Movable Nozzle(구동 노즐), Injection Method(인젝션 방식), Fabrication(제작)

1. 서 론

KSLV-I 2단에 사용된 킥모터는 2단 연소구간

에서 2단의 피치, 요 축의 자세제어를 위해 플렉시블 씬(Flexible Seal)이 적용된 구동 노즐을 사용한다.

플렉시블 씬은 1963년 미국의 John T. Herbert 에 의해 처음 개발되었으며, 이 후 Space Shuttle Booster, Ariane 5 Booster, M-5와 같은 상업용 발사체뿐만 아니라 Peacekeeper, Trident

* 한국항공우주연구원

** (주)한화 대전공장 개발부

연락처, E-mail: bhk@kari.re.kr

I, Trident II와 같은 군사용 로켓에 이르기까지 폭넓게 사용되었다. 특히 플렉시블 씰이 적용된 구동 노즐의 경우 비행 및 지상에서 플렉시블 씰의 오작동 및 파손에 의한 사고 사례가 거의 보고되지 않은 매우 신뢰성이 높은 구동 노즐 시스템으로 알려져 있다[1].

KSLV-I 2단 킥 모터 노즐에 적용된 플렉시블 씰의 개발에 있어서 핵심 요소는 플렉시블 씰의 제작에 필요한 금형 및 공정기술의 개발이다. 플렉시블 씰의 설계 기술 및 시험 평가 방법은 여러 문헌을 통해 비교적 자세히 기술되어 있지만[2], 플렉시블 씰 제작 기술/공정에 대한 부분은 거의 찾아 볼 수 없었다.

플렉시블 씰의 제작 방법은 크게 2가지가 있다. 첫 째는 압축 성형 방식으로, 이 방식은 금형에 보강재(Reinforcement or Shim)와 고무를 번갈아가며 적층한 후 금형에 압력 및 온도를 가하여 플렉시블 씰을 제작하는 방식이다. 압축 성형방식은 보강재와 고무 층의 접착성을 높일 수 있는 장점이 있는 것으로 알려져 있지만, 고무 층의 두께 조절이 어려운 단점이 있다. 두 번째 방식은 인젝션 성형 방식으로 금형 내에 보강재를 고정시킨 후 고무를 보강재 사이에 주입하는 방식이다. 이 방식은 고무 층의 두께 조절이 비교적 용이한 반면, 보강재 사이에 고무를 주입시키기 위해 고무 주입 통로를 금형 설계에 반영하여야 하기 때문에 금형 제작이 비교적 어려우며, 보강재 사이에 고무가 이동하면서 접착제가 손상 받을 수 있는 것으로 알려져 있다[2].

KSLV-I 킥모터 구동 노즐에 적용된 플렉시블 씰의 제작 방식은 시제품 제작, 금형 설계 그리고 성형 공정 개발 등의 경험을 통해 최종적으로 인젝션 방식을 사용하였다. 본 연구는 킥모터 플렉시블 씰 제작 과정에 적용된 플렉시블 씰 제작 과정에 대해 기술한다.

2. 본 론

2.1 플렉시블 씰

Figure 1은 KSLV-I 킥 모터 노즐에 사용된

플렉시블 씰의 제작 후 모습을 보여준다. 플렉시블 씰은 노즐의 운동 부 및 고정 부와 연결하기 위해 알루미늄으로 제작된 전, 후방 링을 가지고 있으며, 알루미늄 전, 후방 링 사이에 보강재와 고무가 번갈아가며 적층되어 있다. Fig. 1은 후방 링 및 고무와 보강재의 모습을 보여준다. 보강재의 표면은 제작 과정에서 얇은 고무 층으로 도포되기 때문에 고무와 같은 색상을 가지고 있다. Table 1은 킥모터에 사용된 플렉시블 씰의 제원 및 요구조건을 보여준다. 킥모터 노즐에 사용된 플렉시블 씰의 전체 높이는 약 106mm, 최대 지름은 약 350mm 정도이다. 플렉시블 씰 내부에 적층된 고무 층은 총 10층으로 구성되어 있으며, 고무의 총 두께는 18mm이다.

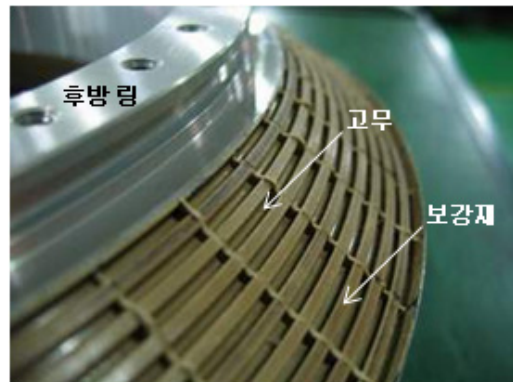


Fig. 1 View of Flexible Seal

Table 1 Characteristics of Kick Motor Flexible Seal

항목		규격
소재	보강재	Glass/Phenolic
	고무	Natural Rubber
고무 총 두께		18mm
보강재 총 두께		18mm
구동 각		3°
구동 토크		≤60kgf-m/deg

2.2 금형 설계 및 제작

플렉시블 씰 제작에 있어서 가장 중요한 것은 플렉시블 씰 제작에 필요한 금형의 설계이다. 특

히 인젝션 방식을 사용하는 플렉시블 씰 제작에 필요한 금형 설계에서 보강재의 고정 방법, 고무 주입 방법 그리고 고무 성형 시 발생하는 가스의 배출 방법을 고려한 금형 설계가 반드시 이루어져야 한다.

초기에 금형 상부에 있던 고무는 프레스에 의해 눌리면서 상 분할 코아에 있는 슬릿(Slit)를 통해 플렉시블 씰 보강재 사이로 주입되도록 금형을 설계하였다.

2.3 플렉시블 씰 제작

플렉시블 씰을 제작하기 위해서는 금형뿐만 아니라 고무, 전, 후방 링, 보강재가 필요하다.

고무는 플렉시블 씰의 성능을 결정하는 가장 중요한 구성 요소로 플렉시블 씰 제작 전에 인장 강도 및 전단 계수 등을 측정한다[3]. 물성 시험을 통해 고무의 성능을 확인한 후, 고무를 일정한 형태로 만들어 보관한다.

전, 후방 링은 플렉시블 씰의 형상 유지를 위해 사용되며, 볼트를 이용하여 노즐의 고정부와 운동부에 체결된다. 전, 후방 링은 플렉시블 씰의 무게 감소를 위해 스테인레스 스틸 대신 알루미늄(Al 7075-T6)을 사용하였다. 제작된 전, 후방 링은 치수 측정을 통해 제작 정밀도를 확인하였다. 전, 후방 링은 플렉시블 씰 제작 전 chemlok 205, 6108 접착제를 도포하여 보관한다.

키모터 플렉시블 씰 제작에 사용된 보강재는 복합재인 Glass/Phenol를 사용하였다. 복합재를 이용하여 보강재를 제작하기 위해 먼저 복합재 프리프레그를 사다리꼴의 형태로 제단한 후 금형에 Rosette 방식으로 적층하였다. 프리프레그가 적층된 금형은 autoclave에서 성형하였다.

고무가 금형에 완전히 주입되면 금형을 미리 설정된 온도, 압력을 가하여 고무를 가황시킨다. 고무를 가황시키기 위해서는 온도 및 시간 조건이 매우 중요하며, 가황 조건에 따라 플렉시블 씰의 제작 특성이 결정된다고 할 수 있다. Fig. 3, 4는 키모터 플렉시블 씰 제작에 사용된 고무의 가황 특성 및 제작 모습을 보여준다.

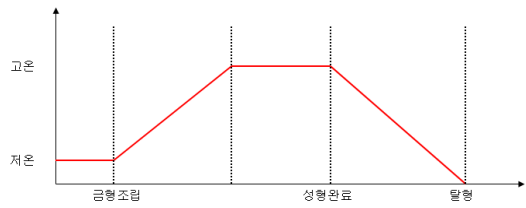


Fig. 3 Flexible Seal molding Condition

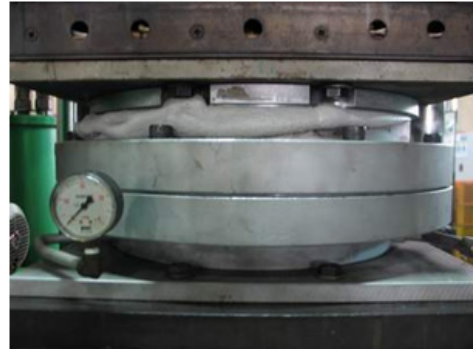


Fig. 4 Manufacturing View of Flexible Seal

2.4 플렉시블 씰 검사

플렉시블 씰 제작이 완료된 후 보강재 및 고무의 내부 배열 상태 및 접착 상태를 확인하기 위해 X-Ray 검사를 수행하였다. X-Ray 검사는 15° 간격으로 수행하였다. Fig. 5는 제작된 플렉시블 씰의 X-Ray 검사 모습을 보여준다. 밀도가 낮은 고무의 경우 검은 색으로 나타나며, 밀도가 고무 보가 높은 보강재의 경우 밝은 색으로 표시된다.

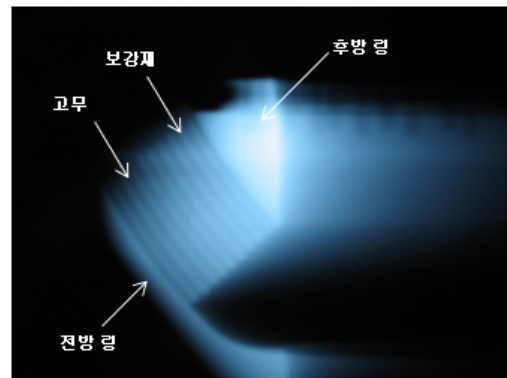


Fig. 5 X-Ray Inspection View (normal)

3. 결 론

KSLV-I 킷 모터 노즐에 사용된 플렉시블 션을 제작하였다. 플렉시블 션 제작에 사용된 방법은 인젝션 방식을 사용하였으며, 인젝션 방식으로 플렉시블 션을 제작하기 위한 금형 설계 및 플렉시블 션 제작 공정을 개발하였다. 또한 제작된 플렉시블 션의 내부 상태 확인을 위해 X-Ray 검사를 수행하여, 최종적인 플렉시블 션의 제작성을 확인하였다.

참 고 문 헌

1. Leonard H. Caveny, Robert L. Geisler, Russel A. Ellis and Thomas L. Moore, "Solid Rocket Enabling Technologies and milestones in the United States", Journal of propulsion and power, Vol. 19, No. 6.
2. NASA, "Solid Rocket Thrust Vector Control", SP-8224.
3. 김병훈, 권태훈, 조인현, "고체 모터 플렉시블 션을 위한 고무 특성 시험", 한국추진공학회 춘계학술대회 논문집, 2008.