

고체 추진기관 적용 EPDM/Kevlar 조성의 접착형 내열 튜브 개발

김진용* · 이원복* · 서혁* · 한철희**

Development of the Adhesive Insulator Tube based on EPDM/Kevlar for Solid Rocket Motor

Jinyong Kim* · Wonbok Lee* · Hyuk Suh* · Cheolhee Han**

ABSTRACT

In this study, we focused on development of the adhesive insulator using the case for solid rocket motors. Material of insulator used unvulcanized rubber based on EPDM/kevlar. In case of front insulator, preforms was made by using hot press molding, and then modified nylon film was inserted between two preforms for boots manufacturing. Rear insulator included cylinder part was embodied by only one mold with special designed and manufactured shape in the process. Boots part of rear insulator was obtained by cutting machine with hard-metal cemented carbide.

초 록

본 연구는 고체 추진기관에 적용되는 내열재를 autoclave 방식이 아닌 hot press molding으로 제작하여 연소관에 접착 가능한 상태의 내열재로 제작하는데 초점을 두고 있다. EPDM/kevlar를 기본 조성으로 내열재 원료가 구성되고, 미가류 sheet 상태로 공급된다. 전방 내열재는 금형을 사용하여 preform 상태로 1차 제작하고, boots를 구형하기 위해 두개의 preform 사이에 modified nylon film을 사용하여 제작 하였다. 실린더 부위를 포함하고 있는 후방 내열재는 특별히 설계된 하나의 금형으로 제작되었고, boots 부위는 초경합금 칼날을 가지고 있는 장비에 의해 실현되었다.

Key Words: Solid Rocket Motor(고체로켓모터), Adhesive Insulator(접착형내열재), Hot Press Molding, boots, Preform(예비성형품)

1. 서 론

일반적으로 고체추진기관 제작에서 중요한 공정 중의 하나는 추진제 연소 시 발생하는 높은 열과 압력으로부터 추진기관을 보호하기 위한 삭마성 재료, 즉 내열재의 적용 공법이라 말할 수 있다. 본 연구에서는 직경 300 mm, 전장 2500 mm 급 추진기관에 적용할 내열 튜브를 기

* (주)한화

** 대륙화학공업(주)

연락처, E-mail: iceprins@hanwha.co.kr

존에 제작하던 autoclave 공법에서 일체형으로 제작하여 접착하는 방식으로 제작하였다. 이렇게 개발된 내열 튜브의 성능은 연소시험을 통해 입증하였고, 삭마특성을 분석하였다. 본문에서는 전/후방 접착형 내열 튜브의 제작 공법과 연소 시험을 통한 삭마 특성을 분석하여 서술하였다.

2. 본 론

2.1 개요

내열재의 제작공정은 보통 hot press molding 과 미가류 내열재 공법으로 분류할 수 있고, 각각의 제작 공정도를 Fig. 1에 나타내었다. 전자의 경우, 미가류 고무를 설계된 금형에 적층하고, 열과 압력을 가하여 프레스로 원하는 형상에 맞게 가류시키는 공법을 말한다. 후자는 sheet 형태의 미가류 고무를 추진기관 내부나 금형 외부에 적층하여 형상을 제작 후, autoclave를 사용하여 가류시켜 접착시키는 것이다. 이러한 공법은 제작 공정에서 많은 비용이 소모되고, 작업 인력이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 hot press molding을 이용하여 접착형 내열 튜브를 개발, 즉 제작 공법을 간소화 시켜 비용을 최소화하고 소형은 물론 대형 추진기관에 적용시켜 대량생산을 목적으로 수행하고자 한다. 본 시스템에서 요구되는 전/후방 내열재는 boots를 포함하여 Fig. 2와 같이 나타낼 수 있다.

2.2 전방 내열 튜브 제작 공정

Boots를 포함하는 전방 내열재 제작 공정에서 한번의 press molding으로 가류시킨 상태에서 boots를 어떻게 생성 시키느냐가 중요한 문제이다. 본 과제에서 적용한 공정에서는 3 set의 금형이 필요하다. Dome과 boots 내열재의 예비성형품을 만들기 위한 금형 2 set와 예비성형품 상태의 Dome과 boots 내열재를 하나로 접합하여 molding할 수 있는 1set의 금형이다. Boots를 생성을 시키기 위해 2개의 preform 사이 열과 압력에 비교적 잘 견딜 수 있는 modified nylon film을 삽입하였고, Fig. 3에 제작 공정 모습을



Fig. 1 Process of Insulator Manufacturing (left : Hot Press Molding, right : Unvulcanized Insulator Method)

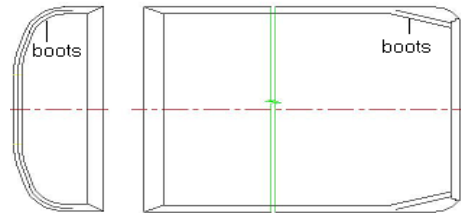


Fig. 2 Insulator Shapes Including Boots Part

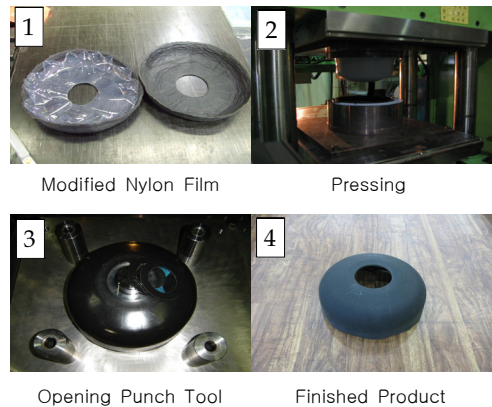


Fig. 3 Schematic Process of Font Insulator Tube Manufacturing

나타내었다. 모든 금형 내부는 탈형 시 예비 성형품의 형태의 보존성을 높이기 위해 teflon 코팅을 하였고, 전방의 opening hole은 치구를 제작하여 punching하여 제작하였다.

각각의 예비 성형품은 온도 70 ℃, 압력 50 kg/cm²에서 30분 미가류 상태로 제작하였고, Fig. 3의 Finished Product 상태로 제작하기 위해 온도 150 ℃, 압력 60 kg/cm²에서 60분 작업을 수행하였다.

23 후방 내열 튜브 제작 공정

후방 내열 튜브는 실린더 부위를 포함하고 있어 길이가 상당 부분 차지하기 때문에 제작상의 어려움이 있다. 금형 설계에서 제작에 이르면서 세심한 주의를 기울여야하며, 본 내열 튜브의 형상은 Fig. 4와 같이 설계/제작 되었다.

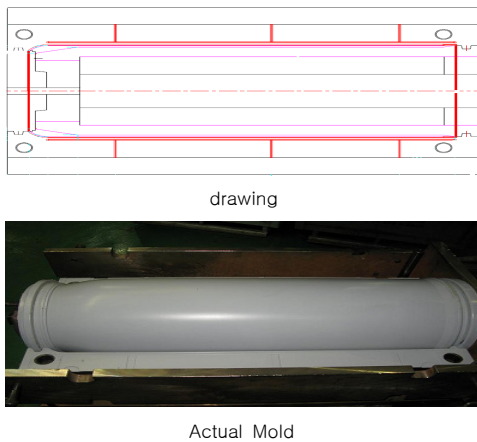


Fig. 4 Designed and Manufactured Mold for Rear Insulator Tube

위와 같이 제작된 금형을 통해 미가류 고무를 적층하여 적정한 온도 160 ℃, 압력 60~70 Kg/cm²에서 70분 가류시켜 제작하게 된다. 가류된 내열재는 Fig. 4의 Actual Mold에서 볼 수 있듯이 teflon 코팅된 금형에서 쉽게 이형 처리될 수 있다. 본 연구에서 사용된 미가류 고무는 EPDM/kevlar의 조성으로 가류된 상태에서 boots 부위를 가공하기 쉽지 않다. 왜냐하면 칼

날과 같이 날카로운 도구를 사용하여 가공할 경우, 고무 자체가 가지고 있는 물성과 kevlar의 높은 강성에 의해 도구가 휘어지거나 부러지는 현상이 발생할 수 있기 때문이다. 또한, 추진제 경화 시 응력해소를 하기 위한 boots가 일정한 각도로 Fig. 2와 같이 요구되어지기 때문에 제작 공정상 어려움이 많다. Fig. 5에 cutting 장비의 설계를 나타내었고, 장비는 내열 튜브의 가이드 역할을 수행할 있도록 원통형으로 치구를 만들었고, 설정 RPM에 따라 일정한 속도로 회전을 한다. 칼날은 초경합금 소재를 사용하여 제작하였고, boots 부위의 각도에 맞게 설정하면 내열 튜브 방향으로 전진하게 된다. 이렇게 설계/제작된 cutting 장비를 운용하여 대략 70 mm boots 부위를 제작하는데 성공하였다. 고무 가공 시 높은 열이 발생하므로 Fig. 6에서와 같이 절삭유를 흘려주며 작업을 진행해야한다. 절삭유가 내열재의 성능에 영향을 미치지 않도록 하기 위해 수용성을 적용하고 가공 완료 시 세척하여 건조시켜야한다.

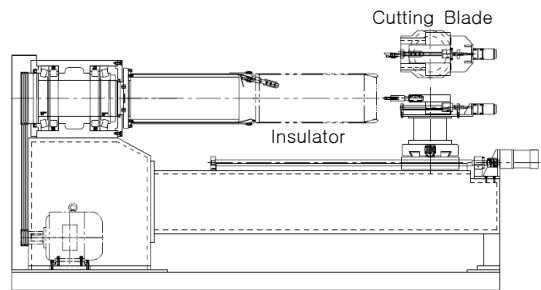


Fig. 5 Schematic Diagram of Cutting M/C for Boots Part Manufacturing



Fig. 6 Cutting Process of Rear Insulator Tube

2.4 연소시험 후 결과

제작 완료된 전/후방 접착형 내열 튜브를 직경 300 mm, 전장 2500 mm 급 고체추진기관에 적용하여 지상연소 시험을 수행하였다. 기존의 autoclave 공법으로 제작한 내열재와 결과를 비교해 보았다. Table 1에서는 접착형 후방 내열 튜브와 autoclave 공법으로 제작한 후방 내열재의 시험 후, 0°, 180° 부위에 남아 있는 내열재 두께 측정 결과를 연소관 끝단 기준으로 나타내었다. Fig. 7과 Fig. 8은 Table 1을 바탕으로 삭마 두께를 차트로 나타낸 것이고, 결과에서 볼 수 있듯이 autoclave 공법과 접착형 내열 튜브의 삭마량은 비슷한 수준으로 판단된다. 연소관 끝단을 기준으로 길이가 증가할 수록 접착형의 경우, 삭마량이 더 많아지는 것으로 보이고, 500 mm 이상이 되면 작아지는 것으로 분석되었으나, 이는 측정상의 공차를 감안하면 그 차이는 미소할 것으로 사료된다.

Table 1. Measurement of Remain Insulator Thickness

deg.	0°		180°	
	auto-clave	adhesive	auto-clave	adhesive
length (mm)				
100	2.0	1.6	1.8	1.2
200	1.5	1.1	1.4	1.1
300	1.7	1.2	1.5	1.4
400	1.8	1.4	1.8	1.6
500	2.0	2.4	2.5	2.3
600	3.5	3.8	3.4	3.8

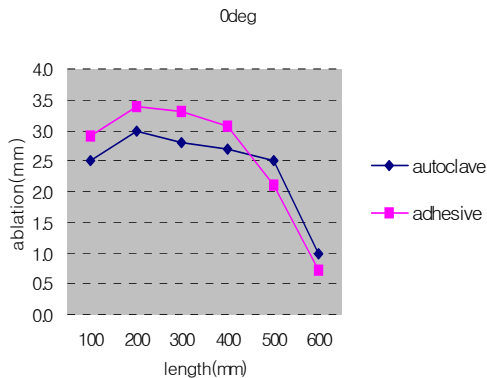


Fig. 7 Ablation thickness with length (0°)

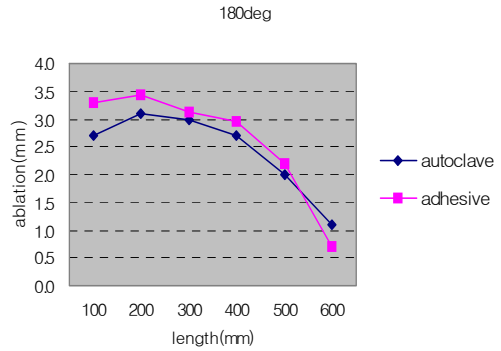


Fig. 8 Ablation thickness with length (180°)

3. 결 론

본 연구에서는 고체추진기관에 적용 가능한 접착형 내열 튜브를 개발에 대해 서술하였다. autoclave 공법으로 제작된 내열재와의 비교에서 비슷한 삭마특성을 나타내는 것을 알 수 있었다. 공정을 최소화하여 제작비용을 절감할 수 있었고, 향후 소형부터 대형 추진기관의 양산에 적용할 수 있을 것으로 판단된다.