

고체 추진기관 적용 부츠갭 라이너 충전 공정 개발

김용운* · 김진용* · 이원복*

Boots Gap Liner Casting Process Development of Solid Rocket Motor

Yongwoon Kim* · Jinyong Kim* · Wonbok Lee*

ABSTRACT

Solid rocket motor that includes AL powder in propellant gets slag during static firing test. Slag is piled up to weak area in motor case and causes dangerous phenomena like explosion of motor. In this paper, It is shown that boots gap liner casting process was developed and static firing test was performed with better results.

초 록

추진제 원료로 알루미늄 분말을 사용하는 고체추진기관은 지상연소시험을 수행하면 slag가 생성되어 연소관 내부에 쌓이게 된다. 연소시간이 긴 대형추진기관은 slag 양이 많아 취약부위에 쌓이게 되면 자칫 추진기관 폭발이 발생할 수도 있다. 이를 개선하고자 본 논문에서는 고체추진기관에서 slag가 축적되기 쉬운 부분에 라이너를 충전하는 공정을 개발하여 소개하려고 한다.

Key Words: Boots Gap, Solid Rocket Motor(고체추진기관), Liner, Slag

1. 서 론

고체 추진기관 연소시험을 수행하면 추진제에 포함되어 있는 알루미늄 분말이 연소 중 노즐을 통하여 완전히 배출되지 못하고 일부 남아있게 되는데 이를 slag라고 한다. slag가 연소관 내부 동일 부위에 계속 쌓이게 되면 그 부분은 취약

부위가 되어 심각한 결과를 초래할 가능성도 적지 않다. 실제 50초급의 연소시간을 가지는 고체 추진기관의 지상연소시험을 수행한 결과, 전방 부츠갭에 slag가 침투한 경험이 있었다. 이를 방지하고자 부츠갭에 라이너를 충전하여 시험하였고, 그 결과 slag의 침투를 최소화할 수 있었다. 본 논문에서는 고체 추진기관의 부츠갭에 라이너를 충전하는 공정에 대해 상세히 기술한다.

* (주)한화

연락처, E-mail: luisco@naver.com

2. 본 론

2.1 개요

부츠갭 라이너 공정을 적용한 고체 추진기관은 Fig. 1 과 같이 전방 부츠 내열재를 가지고 있다. 부츠 내열재는 추진제에 걸리는 응력을 완화시키기는 역할을 하는데 연소관 내열재와 동일 재질인 EPDM으로 제작한다.

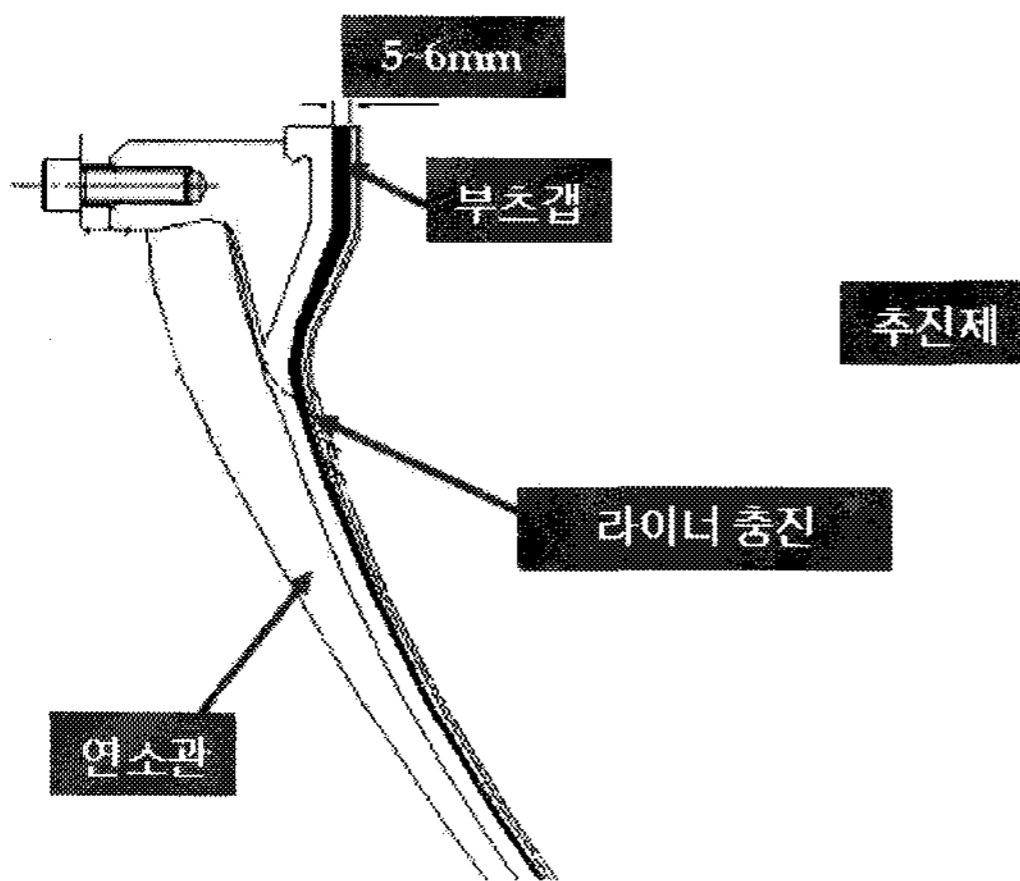


Fig. 1 Component of Boots Area

연소관에 추진제를 충전하고 추진제가 경화/수축되면서 자연스럽게 부츠 내열재와 연소관 내열재 사이에 간격이 형성되는데, 본 논문의 적용 추진기관의 경우는 그 간격이 5~6mm 정도이다. 지상연소시험을 수행하면 연소관 내부에 800 psi급의 압력이 형성되지만, 부츠 갭 간격은 유지되어 slag가 부츠갭 안으로 침투하게 된다. 부츠 갭 사이로 유입된 slag는 안쪽으로는 전방 부츠를 뚫고 추진제에 비정상적인 연소를 발생시킬 우려와 바깥쪽으로는 내열재 및 연소관에 악영향을 미칠 소지가 다분하다.

따라서 지상연소시험 중 slag에 의해 발생하는 위험을 최소화하고자 전방 부츠 갭에 라이너를 충전하기로 결정하였다. 그 공정은 Fig. 2에서 보는 바와 같이 추진제 경화 공정이 끝난 후 수행하고 공정이 끝난 후, 이상 유무를 확인하기 위하여 비파괴 검사를 실시한다.

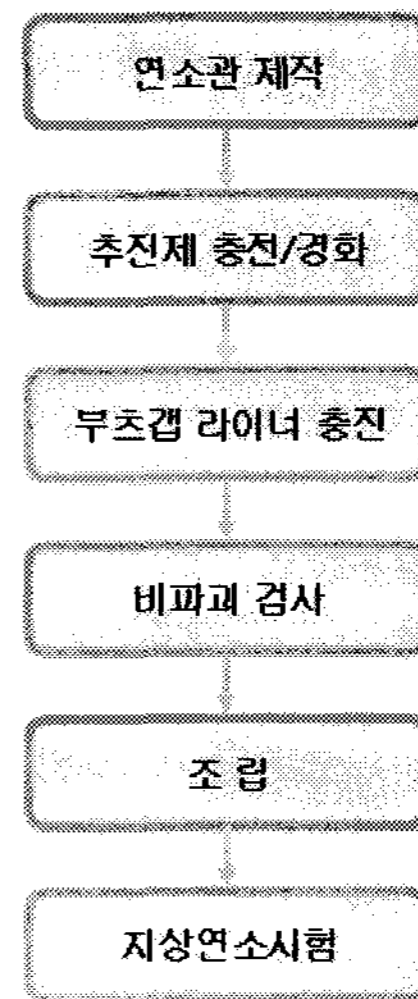


Fig. 2 Manufacturing Process

2.2 라이너 선정

전방 부츠 갭 라이너를 채우기 위해서 먼저 적절한 라이너를 선정해야 한다. 선정 기준은 점도 Build-up 과 물성 및 접착력 시험 결과를 참고하여 선정하였다. 본 논문에서는 점도 시험에 대해 소개하겠다.

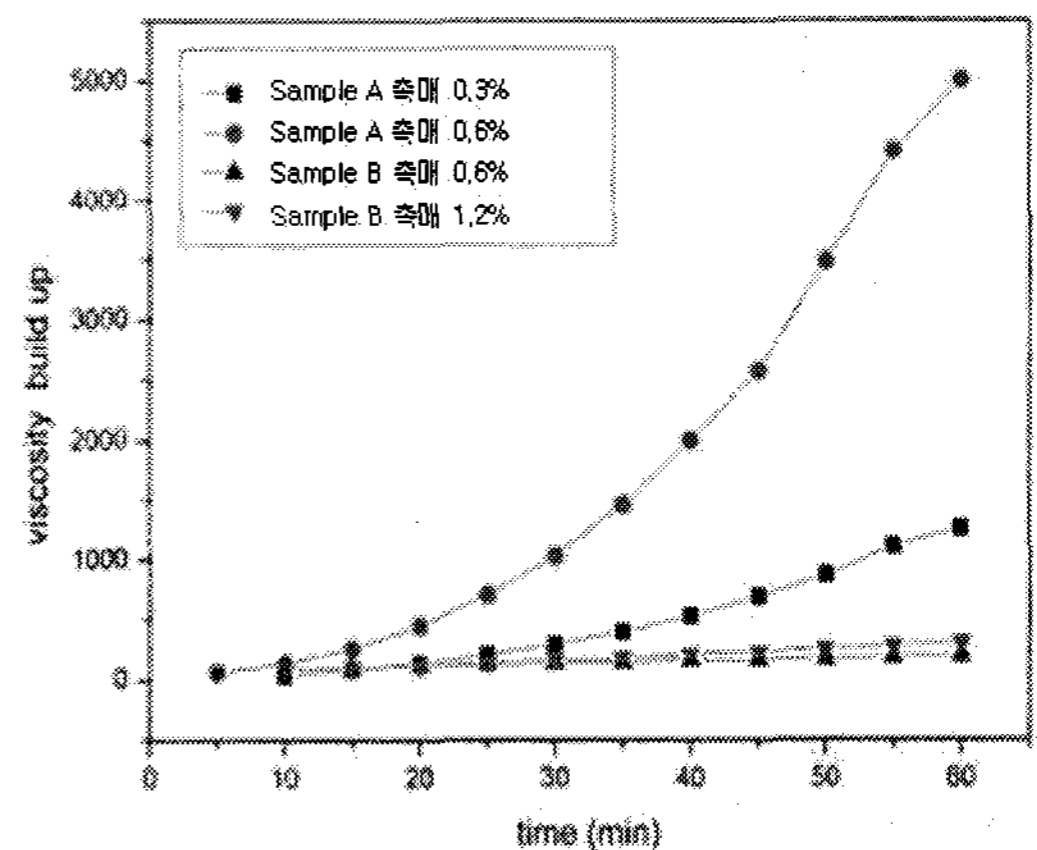


Fig. 3 Viscosity Test

서로 다른 조성을 가지고 있는 Sample A, Sample B 두 종류의 라이너에 대해 각각 경화 촉매량을 변화시킨 총 4개의 Sample 에 대해 점

도 Build-up을 시험하였다. Fig. 3을 보면 Sample A는 촉매에 민감하게 반응하여 시간에 따라 점도가 빠르게 상승함을 알 수 있다. 라이너 충전 시간이 1시간 정도 소요되므로 작업이 끝나기 전에 라이너의 경화가 진행된다면 흐름성이 악화되어 작업하기 어려워진다. 점도 시험에서는 최종 Sample B 촉매 1.2%를 선정하여 공정을 진행하였다.

2.3 라이너 충전 공정

추진기관의 360° 전 구간에 걸쳐 부츠 갭에 라이너를 충전해야 하므로 Fig. 4에서 보는 바와 같이 추진제 경화 공정이 끝난 충전체를 360° 회전시킬 수 있는 롤러위에 올려놓는다. 라이너를 전 각도에 걸쳐 채우기 위해서 총 4회에 나누어 공정을 진행하는데, 1회 충전 시간은 1시간 이내에 마치고 2일간 상온에서 경화시킨다.



Fig. 4 Boots Gap Casting Process (I)

총 4회에 걸쳐 충전한 라이너 무게 및 경화 기간은 Table 1.과 같다.

Table 1. Casting Condition

충진 회수	라이너 충전 무게(g)	경화기간
1회	2200	2일
2회	800	2일
3회	1850	2일
4회	90	2일
합 계	4940	8일

추진기관 전방보스의 직경은 170mm이고, 부츠갭의 간격은 5m~6m 정도로 작업자가 직접 손을 넣어 라이너를 주입하기에는 협소하다. 따라서 본 공정에서는 Fig. 6과 같이 주사기를 이용하여 라이너를 충전하였다. 라이너는 액상으로써 작업중에 부츠갭 앞뒤에 묻거나 추진제로 흘러들어갈 수가 있다. 이를 방지하기 위하여 작업 전에 내열 테이프로 부츠 갭 앞뒤에 있는 전방보스와 추진제를 Fig. 5와 같이 마스킹 작업을 한다.

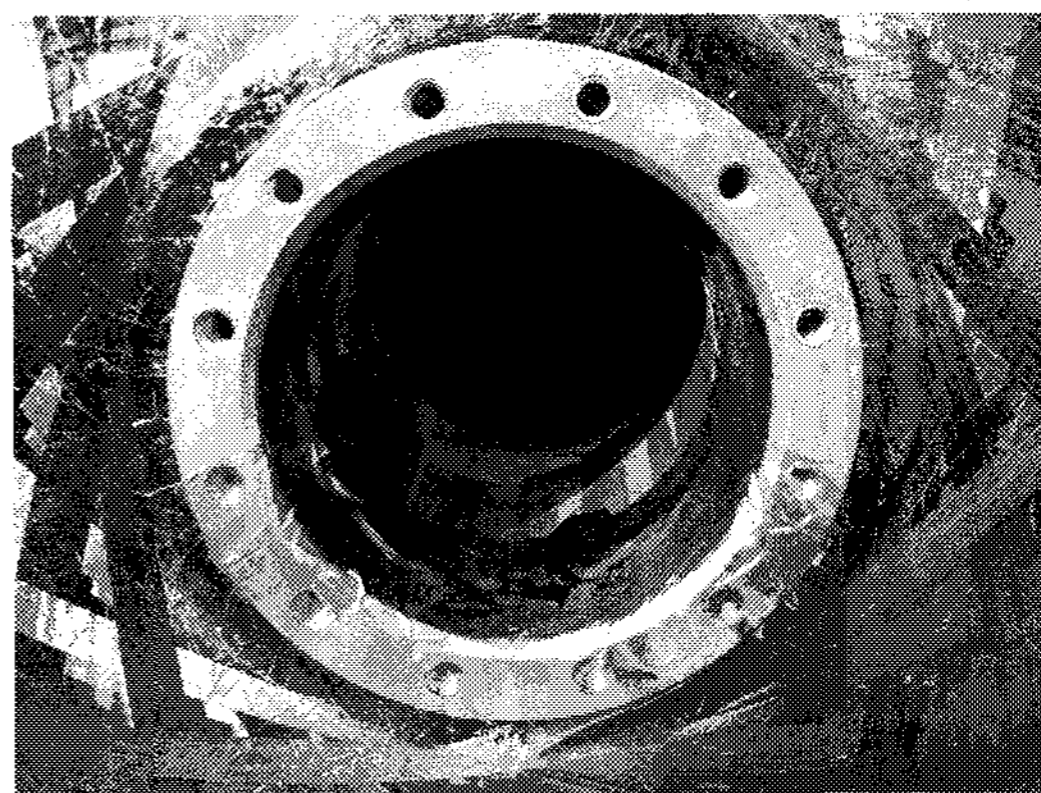


Fig. 5 Boots Gap Casting Process (II)



Fig. 6 Boots Gap Casting Process (III)

2.4 비파괴 검사 및 지상연소시험

부츠갭 라이너 충전 공정을 적용한 추진기관의 이상 유무 및 성능을 알아보기 위하여 비파괴 검사(Fig. 7)와 지상연소시험을 실시하여, 공정 미적용 추진기관의 시험결과와 비교해 보았

다. Fig. 8은 부츠 갭 라이너 미적용 추진기관으로써 slag가 침투하여 내열재 및 연소관이 손상을 받은 것을 볼 수 있다. 반면, Fig. 9에서 보는 바와 같이 라이너 충전 공정을 적용한 추진기관은 라이너와 부츠가 별 손상을 받지 않았음을 알 수 있다. 끝단부분은 일부 삭마가 되었지만, slag의 침투가 현저히 감소하였다.



Fig. 7 KSR-III Liquid Rocket Engine Nozzle



Fig. 8 Test Result (Before)

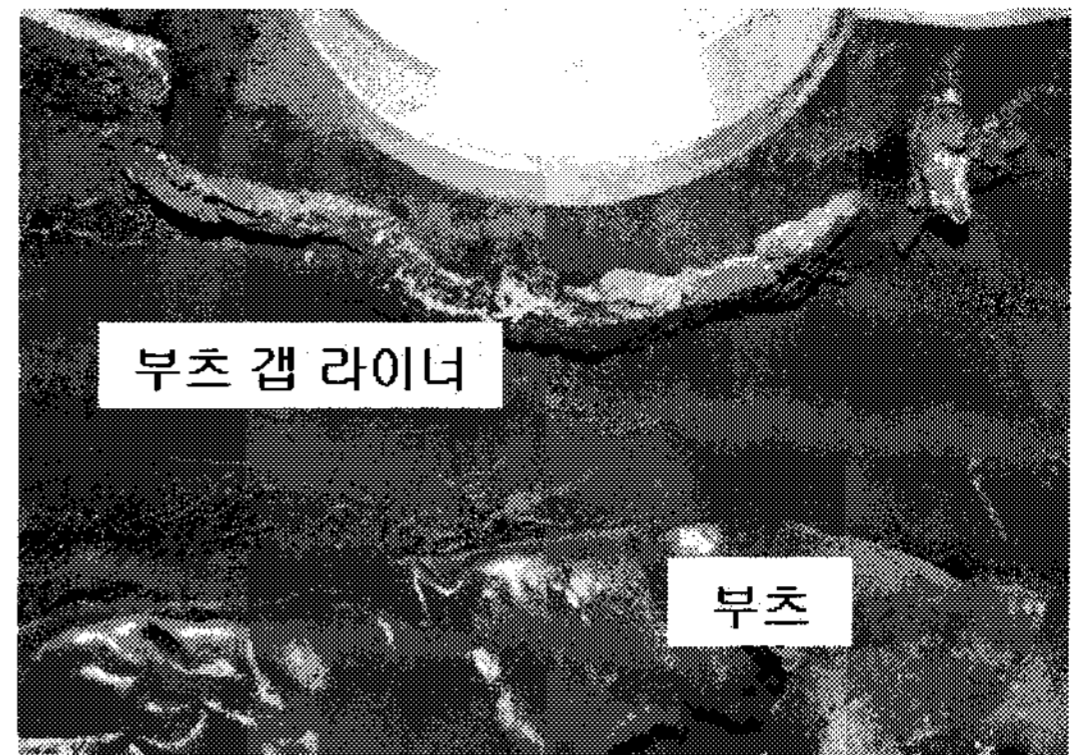


Fig. 9 Test Result (After)

3. 결 론

본 논문에서는 고체추진기관 추진제 연소 시 발생하는 slag에 의한 추진기관의 손상을 줄이고자 취약부위인 전방 부츠 갭에 라이너를 충전하는 공정을 소개하였다. 라이너 선정 및 충전 공정을 살펴보고 지상연소시험을 수행하여 시험 전 후를 비교하였으며 충전된 라이너가 slag 침투를 줄이는데 효과가 있음을 확인하였다. 향후 충전 공정을 개선하여 타 추진기관에도 적용할 수 있을 것으로 판단된다.