

초음파를 이용한 해수반응 연료의 연소거동 고찰 연구

서무경* · 강 토* · 조승완* · 김학준* · 송성진*[†] · 김준형** · 유지창** · 정정용**

A Study for burning behavior of Hydro-Reactive metal fuel using Ultrasound

MuKyung Seo* · To Kang* · SeungWan Cho* · Hakjoon Kim* · SungJin Song*[†] · JunHyung Kim** · JiChang Yoo** · JungYong Jung**

ABSTRACT

Hydro-Reactive metal Fuel (HRF) which has more fuel than general solid propellant reducing oxidizing agent is suitable for ultrahigh speed rocket motor in the water. However, burning rate of HRF has not been studied yet. Through the earlier studies, we established ultrasonics measurement system measuring burning rate of solid propellant as a function of pressure in a single test and verified its reliability. In this paper, we will measure burning rate of HRF using ultrasound with previous development measurement system.

초 록

수중에서 추진되는 초고속 로켓 모터에 적용이 가능한 해수반응 금속연료 (Hydro-Reactive metal Fuel, 이하 HRF) 추진제는 연료의 적재량을 증가시키기 위해 채용하는 추진제이다. 하지만, 현재까지 HRF 추진제에 대한 연소속도 측정 기술 개발에 대한 연구는 미비한 상태이다. 본 연구팀은 연소 속도를 측정하는 기법들 중, 한 번의 실험으로 압력 변화에 따른 연소속도 측정이 가능한 초음파 법을 개발하여 고체 추진제의 연소속도를 측정하고 신뢰성을 검증하였다. 본 논문에서는 기 개발된 시스템을 이용하여 HRF 추진제의 연소 속도를 측정하였다.

Key Words: Hydro-Reactive Metal Fuel(해수반응금속연료), Ultrasound(초음파), Burning Rate(연소 속도), Bruning behavior(연소거동)

1. 서 론

수중 운동체에서의 효율의 증가시키기 위한

한 가지 방법은 추진 연료의 개선이다[1]. 산화제 함량이 많은 일반 고체 추진제 대신에, 해수를 산화제로 대체 사용하여 산화제 함량을 대폭 줄인, 금속 연료의 함량을 높인 해수 반응 금속 연료(Hydro Reactive Metal Fuel, 이하 HRF 추진제)를 사용한다. HRF 추진제의 연소 거동을

* 성균관대학교 기계공학부
** 국방과학연구소 기술 6
† 교신저자, E-mail: sjsong@skku.edu

관찰하는데 가장 중요한 특성 중의 하나가 연소 속도이다.

연소 속도를 측정하는 여러 기법들 중에서 한번의 실험으로 전체 압력범위의 연소 속도를 측정할 수 있는 초음파법이 국외에서 10여 년 전에 제안되었다[2, 3]. 기존 연구를 통하여 2006년부터 순수 국내기술로 초음파법의 연소속도 측정 장치를 개발하였다[4~8]. 또한 기 개발된 초음파 측정 시스템의 신뢰성을 검증하였다[9~13]. 기 개발되고 검증된 초음파 측정 시스템을 이용하여 HRF 추진제의 연소 속도를 측정하였다.

2. 초음파를 이용한 연소속도 측정

2.1 초음파 측정 시스템

Figure 1은 기존 연구를 통하여 개발된 초음파를 이용한 연소 속도 측정 시스템이다[.].



Fig. 1 Measurement System using Ultrasound

본 시스템을 이용하여 HRF 추진제의 연소속도를 측정하였다.

3.2 연소 속도 분석

연소 시험을 거쳐 획득된 Data들의 연소 속도 분석한 그래프이다.

3. 초음파를 이용한 해수 반응 연료의 연소 속도 측정

3.1 연소 시험

총 5가지, 24개의 HRF 추진제의 연소 시험을 실시하였다. Fig. 2부터 Fig. 6까지는 각각 추진제들의 연소 시험에서의 시간-압력 선도이다.

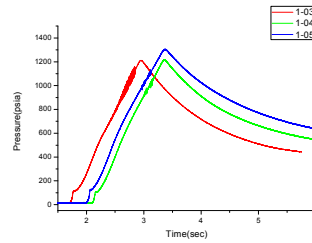


Fig. 2 Pressure-Time Curvein Type 1

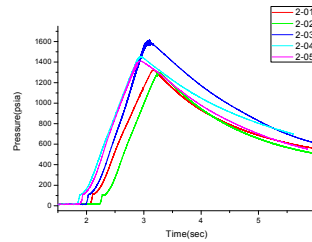


Fig. 3 Pressure-Time Curvein Type 2

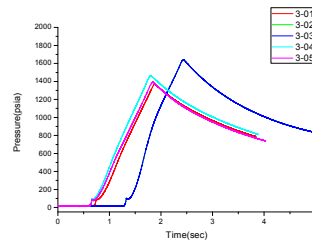


Fig. 4 Pressure-Time Curvein Type 3

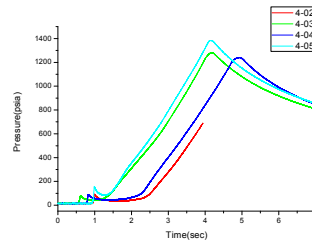


Fig. 5 Pressure-Time Curvein Type 4

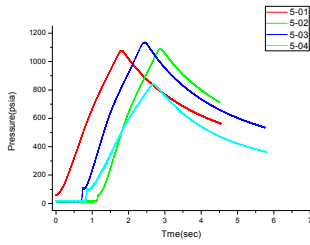


Fig. 6 Pressure-Time Curvein Type 5

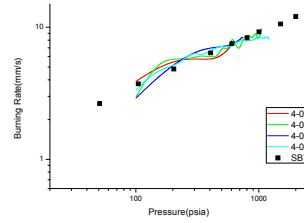


Fig. 10 Burning Rate Type 4

3.2 연소 속도 분석

Figure 7부터 Fig. 11까지는 연소 시험을 통하여 획득된 Data들의 연소 속도를 분석한 그래프이다.

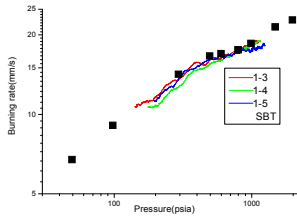


Fig. 7 Burning Rate Type 1

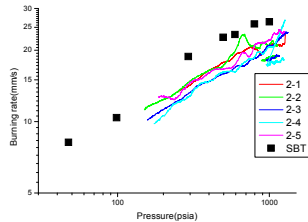


Fig. 8 Burning Rate Type 2

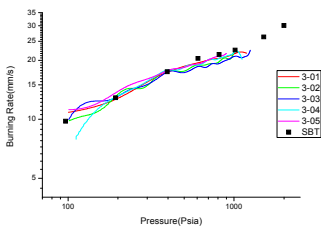


Fig. 9 Burning Rate Type 3

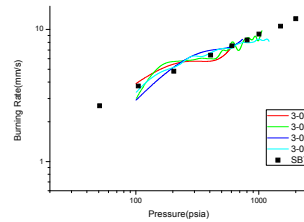


Fig. 11 Burning Rate Type 5

4. 결론

본 논문에서는 해수 반응 연료의 연소 거동 고찰을 위하여 연소속도를 측정하였다. 측정 기법으로는 기존 연구를 통하여 개발된 초음파 측정 시스템을 이용하였다. 초음파 측정 시스템으로 해수 반응 연료의 연소 속도 측정이 가능함을 확인하였으나 실제 연료 거동의 고찰을 위하여 해수 반응 하에서의 연소 속도 측정이 필요하다.

향후 연구에서는 가수하에서의 연소 속도 측정과 해수 반응 중의 온도 측정 그리고 해수 반응 하에서의 기타 특성들을 관찰하는 연구를 수행하려 한다.

후기

본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소 지원에 의한 연구결과입니다.

참 고 문 헌

1. 심주현, "해수 반응 고체추진제의 연소 특성 및 성능 평가," 인하대학교 공학석사학위논문 (2010)
2. R. A. Frederick Jr. , J. C. Traineau, M. Popo , "Review of ultrasonic technique for steady state burning rate measurements," 36th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference and Exhibit, AIAA paper 2000-3801 (2000)
3. F. Cauty, Ultrasonic Method Applied to Full-Scale Solid Rocket Motors, Journal of Propulsion and Power, Vol. 16, No. 3, pp. 523-528, (2000)
4. 송성진, 전진홍, 김학준, 오현택, 김인철, 유지창, 정정용, "초음파를 이용한 고체추진제 연소속도 측정원리 및 시험시스템 개발", 한국추진공학회지, 10권 4호, pp. 61-68, (2006)
5. S. J. Song, J. H. Jeon, H. J. Kim , I. C. Kim , J. C. Yoo, J. Y., Jung, "Burning rate measurement of solid propellant using ultrasonic - approach and intial experiments", Review of progress in Quantitative Nondestructive Evaluation 25B, Brunswick, pp.1229-1236, (2006)
6. H. T. Oh, H. J. Kim, S. J. Song, S. F. Ko, I. C. Kim, J. C. Yoo and J. Y. Jung, "Analysis of Ultrasonic Signals for Measuring Burning Rates of Solid Propellants," Modern Physics, Vol. 22, No. 11, pp. 1173-1121(2008)
7. S. J. Song, H. J. Kim, S. F. Ko, H. T. Oh, I. C. Kim, J. C. Yoo, J. Y. Jung, "Measurement of solid propellant burning rates by analysis of ultrasonic full waveform," Journal of Mechanical Science and Technology, Vol. 23, pp. 1112-1117(2009)
8. S. K. Jeon, S. J. Song, H. J. Kim, S. F. Ko, H. T. Oh, I. C. Kim, J. C. Yoo, J. Y. Jung, "Ultrasonic Signal Denoising for Robust Measurement of Solid-propellant Burning Rates," Journal of Propulsion and Power, Vo. 26, No. 3, pp. 473-478(2010)
9. F. Dauch, M. D. Moser, R. A. Frederic, Jr., H. W. Coleman, "Uncertainty Assessment of Ultrasonic Measurement of Propellant Burning Rate." CPIA Pub 680, Vol. 1, pp.293-304, December 1998
10. H. W. Coleman, W. Glenn Steele, Jr., Experimentation and Uncertainty Analysis for Engineers, 2nd ed., John Wiley & Sons Inc., (1999)
12. T. Kang H. J. Kim, S. J. Song, S. F. Ko, I. C. Kim, J. C. Yoo, J. Y., Jung, "Uncertainty analysis of ultrasonic methods for measuring burning rate of solid propellant", Review of progress in Quantitative Nondestructive Evaluation 28B, Chicago, pp.1894-1901, (2009)
13. 오현택, 송성진, 김학준, 고선필, 김인철, 유지창, 정정용, "초음파를 이용한 다양한 고체추진제의 고압범위까지의 연소속도 측정 정밀도 분석", 한국추진공학회 2008년도 추계 학술대회 논문집 pp. 1~4(2008)
14. 송성진, 고선필, 김학준, 오현택, 김인철, 유지창, 정정용, "초음파를 이용한 Double Base형 고체추진제의 연소속도 측정", 한국추진공학회 2006년도 추계학술대회 논문집(2006)