

## 대형가스터빈용 단일 압력 선회식 연료분사기의 분무 특성 및 성능 평가

석정민\*† · 정한진\* · 최인찬\* · 김재호\*\* · 이상훈\*\*

### Spray characteristics and performance of pressure swirl simplex injector for heavy duty industrial gas turbines

Jungmin Seok\*† · Hanjin Jeong\* · Inchan Choi\* · Jaiho Kim\*\* · Sanghoon Lee\*\*

#### ABSTRACT

As a component development of heavy duty industrial gas turbine combustor development program, pressure swirl simplex injector was designed and tested to figure out spray characteristics and performance. Injector flow rate as a function of pressure drop was measured and compared to the design target. Also spray shape was analyzed qualitatively and spray cone angle was measured from spray visualization image using shadowgraph. The flow test result showed that the injector was designed and manufactured correctly according to the design target and spray cone angle was measured from shadowgraph result. As a next step, PDA (Phase Doppler Anemometry) measurement is planned to figure out more specific spray performance and characterization.

#### 초 록

대형 가스터빈 연소기 구성품인 단일 압력선회식 연료분사기(Pressure swirl simplex liquid injector)를 설계, 분무특성 및 성능을 시험을 통해 평가하였다. 공급 압력 대비 분무 유량을 측정하여 설계점 기준 분무유량과 비교하였으며 새도우그래프(Shadowgraph)를 통해 분무가시화이미지를 기록, 분무의 형상을 정성적으로 파악하고 분무각을 측정하였다. 시험 결과 동일한 공급압력 대비 측정된 분무 유량은 설계점 기준 유량과 거의 일치하여 설계 및 제작의 정합성이 확인되었으며 새도우그래프 이미지를 통해 연료분사기의 분무형상을 파악하고 설계 의도된 분무각이 나타남을 확인할 수 있었다. 이를 기반으로 향후 PDA(Phase Doppler Anemometry)를 통한 분무측정을 통해 보다 구체적인 연료 분사기의 분무 성능 및 특성을 파악할 수 있을 것으로 기대된다.

Key Words: Pressure swirl simplex injector(단일 압력선회식 연료분사기), Gas turbine combustor (가스터빈 연소기), Injector flow rate (연료분사기 분무 유량), Spray cone angle (분무각)

\* 두산중공업 GT연소기개발팀

\*\* 한국항공우주연구원 엔진부품연구팀

† 교신저자, E-mail: jungmin.seok@doosan.com

## 1. 서 론

가스터빈 연소기에서 연료분사기(Liquid injector)의 분무 특성 및 미립화 성능은 연소기 성능 및 제품 수명을 결정하는 중요한 요소이다.[1] 가스터빈 연소기의 개발과 더불어 많은 Type의 연료분사기가 개발되어 왔는데, 이 중 단일 압력선회식(Pressure swirl simplex) Type은 연료 분사기 내부의 선회 챔버(Swirl chamber)에서 액체연료의 선회유동을 통해 일정한 분무각을 가진 분무형상을 생성한다.[2,3] 이를 통해 내부유로를 단순하게 구성할 수 있어 가공의 난이도가 상대적으로 낮으며 미립화 성능이 높아 미립화 공기(Atomizing air)의 사용을 최소화 하거나 배제할 수 있다는 장점을 보유하고 있다.[4] 이에 따라 본 연구에서는 단일 압력선회식 연료 분사기의 공급 압력 대비 분무 유량을 측정, 설계점과 비교하였으며 분무가시화를 통해 분무각을 측정하였다.

## 2. 분무시험장치 및 시험 시편

### 2.1 분무시험장비 구성

시험에 적용된 분무시험장치의 구성을 Fig. 1에 나타내었다. 분무시험장치는 물을 작동유체로 하며 크게 유량 제어부 (Flow control panel)와 분사기 이동 트레이스(Injector moving traverse), 분무 챔버(Spray chamber), 재순환 펌프(Recirculation pump)로 구성되어 있다. 유량제어부에서는 분무 챔버로 분사시키는 공급 유량 및 압력을 제어하며 분무 챔버 내로 분사된 유량은 재순환 펌프를 통해 다시 연료분사기로 공급된다. 분사기 이동 트레이스는 분무의 광학적 측정을 위해 연료분사기 자체를 이동, 측정 위치를 정밀하게 조정할 수 있도록 구성되었다.

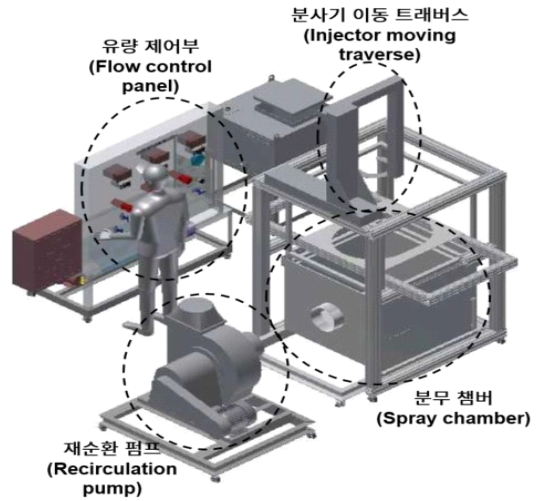


Fig. 1 분무시험장치 구성 개략도

### 2.2 단일 압력선회식 연료 분사기 시험 시편

시험에 적용된 단일 압력선회식 연료 분사기 시험편의 단면도를 Fig. 2에 나타내었다. 분사기의 구성은 Fig. 2에 기재된 바와 같이 연료 공급부와 공급된 연료의 선회 속도성분을 가하는 선회 슬롯(Swirl slot), 내부선회유동이 발생하는 선회 챔버, 연료가 분사되는 출구 오리피스로 구성되어 있다.

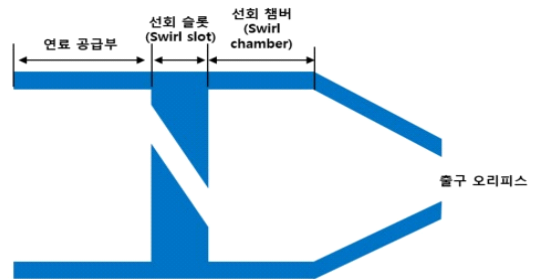


Fig. 2 단일 압력선회식 연료 분사기 시험 시편

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 분무가시화 및 분무각 측정

연료분사기의 분무형상과 특성을 정성적으로 평가하기 위해 새도우그래프(Shadowgraph)로 가시화 이미지를 기록, 분무 형상을 분석하고 분

무각을 측정하였다.

분사기 내부에서 선회유동이 나타나는 단일 압력선회식 연료 분사기의 분무 특성에 따라 분사기 출구 오리피스 근방의 상류 영역에서는 일정한 분무각을 가진 액막의 형태가 나타났으며 하류영역에서는 액막이 분열되면서 거의 일정한 분무각을 갖는 액적들로 분화되는 양상이 나타났다. 이에 따라 새도우그래프 이미지 분석을 통해 가장 일정한 분무각이 나타나는 상류영역에서 주 관심영역 (Region of interest)을 설정, 분무각을 측정하였다. 분무각은 총 4번 측정하여 평균값을 계산하였으며 최종 분무각은 설계 의도된 값으로 측정되었다.

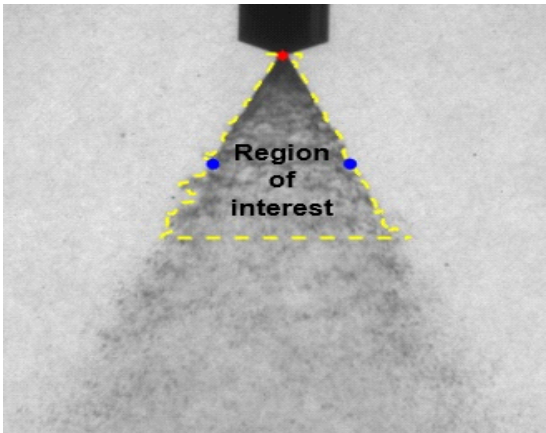


Fig. 3 새도우그래프 (Shadowgraph) 분무 가시화 이미지

### 3.2 유량 대비 공급압력 측정 결과

본 실험의 목적은 공급압력 대비 실제 측정된 유량을 설계 유량과 비교, 설계 및 제작의 정합성을 평가하는 것이다. 이에 따라 공급압력을 점진적으로 증가시키면서 각각의 공급압력 조건별 연료분사기의 토출 유량을 측정하였다.

또한 설계 및 측정 유량을 동일한 공급압력 조건에서 비교하였으며 그 결과를 Fig. 4에 나타내었다.

Fig. 4에서 확인할 수 있는 바와 같이 설계 유량과 측정 유량은 거의 일치하게 나타나 설계 및 제작의 정합성이 확인되었다. 설계유량 대비 실제 유량의 차이는 설계기준을 만족하는 것으로

확인 되었다.

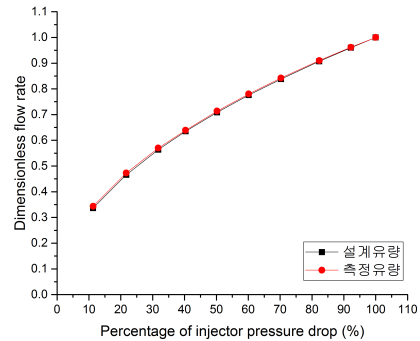


Fig. 4 유량 대비 압력 곡선

## 4. 결론 및 향후계획

단일 압력선회식 연료 분사기의 분무 특성 및 성능을 분무 가시화 이미지 분석과 공급압력 대비 분무유량 측정을 통해 평가하였다. 공급압력 대비 분무 유량을 설계점과 비교한 결과 거의 일치하는 결과가 나타났으며 이에 따라 설계 및 제작의 정합성을 확인할 수 있었다. 또한 분무가시화를 통해 분사기의 분무 특성을 정성적으로 파악할 수 있었으며 분무각은 설계 의도된 값으로 측정되었다.

이와 같이 파악된 분무 성능 및 특성을 기반으로 향후 PDA(Phase Doppler Anemometry)를 통한 분무측정을 통해 보다 구체적인 연료분사기의 분무 성능 및 특성을 파악하고자 한다.

### 후기

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No.20131010170A)

### 참고 문헌

1. Jerzy Prywer, Tadeusz Opara, Karol Opara, "Droplet size dispersion in the spray cone

- of jet-swirl atomizers", Journal of KONES Powertrain and Transport, Vol.14, No. 4 2007.
2. Pedro Teixeira Lacava et al., "Design procedure and experimental evaluation of pressure-swirl atomizers", 24<sup>th</sup> international congress of the aeronautical sciences
  3. Arthur H. Lefebvre, "Atomization and Sprays," CRC Press, 1988
  4. Eun J. Lee, Sang Youp Oh, Ho Y. Kim, Scott C. James, Sam S. Yoon, "Measuring air core characteristics of a pressure-swirl atomizer via a transparent acrylic nozzle at various Reynolds numbers", Experimental Thermal and Fluid Science, Vol. 34, pp. 1475 - 1483, 2010.