

A Study on Cold Flow Characteristics of Liquid-Liquid Pintle Injector with Various Configuration

이 인 규

본 논문에서는 액체-액체 추진제를 사용하는 핀틀 분사기에서의 분사 조건 및 형상에 따른 내/외부 특성에 대한 연구를 수행하였다. 가장 기본적인 핀틀 형상인 연속평 핀틀 타입(Plain orifice type)에서 분사 조건에 따른 분열 특성에 대해 분석하였다. 그 과정에서 계측된 불안정한 형상을 개선하기 위해 최근 각광 받고 있는 불연속형 핀틀 타입(Discrete orifice type)에서의 분무 특성에 대해 분석하였다. 이외에도 핀틀 분사기에서 발생하는 문제를 해결하기 위해 최적 내부 유로에 대한 특성을 함께 분석하였다.

1) 연속형 핀틀에서의 분사 특성 분석

연속형 핀틀 분사기에서 반경 방향 유동과 축방향 유동의 분사 유량을 독립적으로 변화시켜가며 시험을 수행하였다. 유량 변화에 따라 변화하는 분무 패턴을 파악하기 위해 초고속 카메라 이미지와 레이저 단면 계측(2P-SLIPI) 이미지를 활용하였다. 각 조건에 따라 분열 특성이 상이한 현상을 확인하였으며, 이에 따라 분열 모드를 분류하고, 그 메커니즘에 대해 분석하였다. 또한 그 과정에서 확인된 불안정한 현상을 확인하고 breakup frequency, wave length, breakup length, amplitude 등에 대해 분석하였다.

2) 불연속형 핀틀에서의 분사 특성 분석

불연속형 2열 핀틀 분사기 내부에 강제 유동을 발생시킬 수 있는 유로를 설계하고, 유로의 면적비 변화에 따른 특성에 대해 실험적으로 2P-SLIPI 및 Particle Master를 사용하여 분석하고, 해석적으로는 FLUENT를 사용하여 분석하였다. 2열 분사기에서 중심 면적비를 변화시키는 경우, 강제 유로에 의해 내부 유동의 유속 및 유동 방향이 변화하게 된다. 이에 따라 변화하는 분무각 및 액적 크기 분포에 대한 특성 및 냉각 성능에 대한 특성을 분석하였다. 또한 분열 및 냉각 특성을 향상시키기 위해 오리피스의 면적비를 변화시키고, 이에 따른 특성을 분석하여 최적 형상을 제시하였다.

3) 불연속형 핀틀과 연속형 핀틀에서의 추력 조절 특성

불연속형 핀틀 분사기와 연속형 핀틀 분사기에서의 throttling level 및 분사 면적 변화에 따른 특성을 실험적으로 분석하였다. 분사 특성을 분석하기 위해 2P-SLIPI 계측 및 Particle Master를 활용하였다. 정량적 분석을 위해 분무각, Uniformity index 및 Patten index를 활용하였으며, 정성적 분석을 위해 단면계측 기법을 활용하여 3D로 재구성한 형상을 제시하고 비교 분석하였다. 그 과정에서 균일도 및 분무각 관점에서 가장 효과적인 분사기 형상을 제시하였다.