

유체-구조 연성해석을 이용한 핀틀-노즐 열변형 영향 평가

라기원* · 이경욱* · 이종광**

Evaluation of Thermal Strain Effect on Pintle Nozzle using by FSI

Giwon La* · Kyungwook Lee* · Jongkwang Lee**

ABSTRACT

In this study, Numerical simulations of the pintle-nozzle were performed to evaluate the thermal strain effect using by 1-way fluid structure interaction analysis(FSI). we carried out computational fluid dynamics analysis to obtain the pressure and temperature fields of pintle nozzle. we then used the data as the load condition for a FSI separately. and thermal strain of the pintle was checked. In order to confirm the change of thrust characteristic by deformation, we are carrying out 2-way FSI.

초 록

본 연구에는 핀틀 노즐의 열변형 영향을 평가하기 위해 단방향 유체-구조 연성해석을 수행하였다. 단방향 유체-구조 연성해석을 위해 핀틀-노즐의 내부에 발생하는 압력 및 온도분포를 유동해석을 통해 도출하였고, 압력 및 온도분포 값을 각각의 유체-구조 해석의 하중조건으로 적용하여 핀틀의 변형량을 확인하였다. 변형에 대한 추력특성 변화를 확인하기 위해 양방향 유체-구조 연성해석을 수행 중이다.

Key Words: Pintle Nozzle(핀틀노즐), Fluid-Structure Interaction Analysis(유체-구조 연성해석), Thermal-Strain(열변형)

1. 서 론

핀틀 노즐은 추진기관의 추력조절에 적용되는 방법 중 하나이다. 이러한 핀틀 노즐은 핀틀의 위치를 조절하여 노즐목 면적을 변화시켜 연소관 내부의 압력 변화를 얻을 수 있고 이를 통해 고체 추진기관의 추력을 액체 추진기관과 같이

어느 정도 능동적으로 조절할 수 있다. 핀틀 노즐은 고체 추진제 연소가스를 작동유체로 사용하기 때문에 고온, 고압에 의한 변형이 발생한다. 단방향 유체-구조 연성해석을 통해 고온, 고압에 의한 핀틀의 변형량을 확인하였고, 양방향 유체-구조 연성해석을 통해 변형에 의한 추력특성 변화를 확인하는 것이 본 연구에 목표이다. 단방향 유체-구조 연성해석은 대상 모델의 변위 가 유체의 흐름에 큰 영향을 미치지 않을 때 적

* 한밭대학교 기계공학과

† 교신저자, E-mail: jongkwang@hanbat.ac.kr

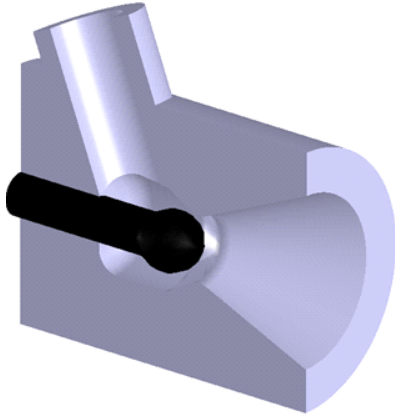


Fig. 1 Model of pintle nozzle

역 약 50만 개였다. 노즐의 설계추력은 2000N

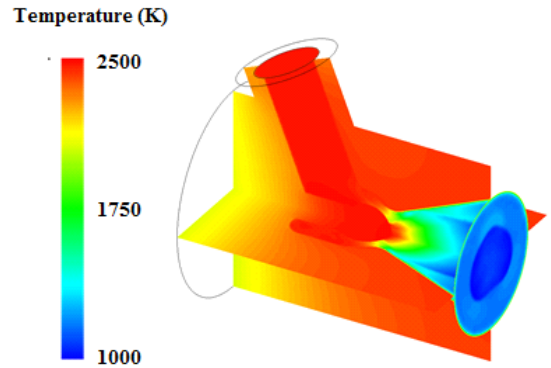


Fig. 2 Contour of temperature

용하는 기법이다. 양방향 유체-구조 연성해석은 유동과 구조간의 계속적인 반복 계산을 하는 기법이다.

2. 본론

2.1 핀틀 노즐 설계

해석에 사용된 핀틀 노즐은 기존 문헌을 토대로 Fig 1.과 같이 설계되었다[1]. 핀틀 노즐의 길이는 80 mm, 노즐 출구의 직경은 40 mm, 핀틀의 직경은 10 mm 였다. 고체 추진제 연소가스 물성을 작용유체로 사용하였다. 핀틀 노즐의 재료는 작동 유체가 고온, 고압인 상황을 고려하여 녹는점이 높고 온도에 따른 물성의 자료를 확보할 수 있는 TZM으로 설정하였다.

2.2 단방향 유체-구조 연성해석

유동해석의 경계조건으로는 연소가스를 유입부에 압력 입구조건으로 압력 100 bar, 온도 2500 K로 설정하였다. 외부 대기 영역에 대기조건과 압력 출구조건으로 고도 20 km에서의 압력 0.054 bar, 온도 216 K로 설정하였다. 사용 지배방정식은 연속방정식, 운동량방정식, 에너지방정식을 이용하였다. SST k- ω 난류모델을 이용하여 정상상태 해석을 수행하였다. 계산에 사용된 격자의 수는 유동 영역 약 150만 개, 고체 영

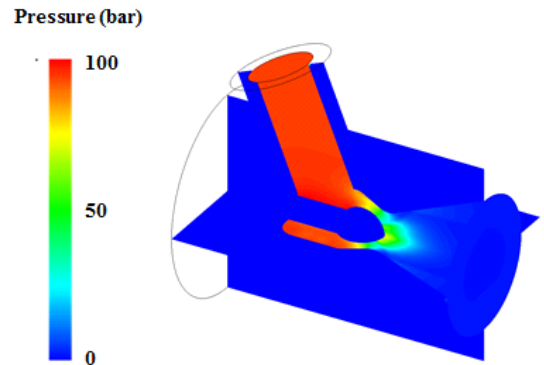


Fig. 3 Contour of pressure

이고, 해석 결과 추력은 약 2080 N이었다. Fig. 2, Fig. 3은 유동해석의 결과로 확보한 핀틀 노즐 유동 영역의 온도, 압력분포이다. 변형의 영향을 확인하기 위해 유동해석으로 도출된 압력 및 온도분포를 각각 구조해석의 하중조건으로 적용하고, 노즐 외벽에 구속조건을 적용하여 정상상태 해석을 수행하였다. Fig. 4, Fig. 5는 단방향 유체-구조 연성해석 결과 온도에 의한 핀틀 헤드의 변형은 약 0.95 mm, 압력에 의한 핀틀 헤드의 변형은 약 30 μ m이 발생하였다. 압력에 의한 변형보다 온도에 의한 변형이 크므로 열 해석을 반드시 고려해야 한다. 이와 같은 변형으로 노즐 목 면적은 약 28% 변하였고 추력은 약 25% 변하였다. 변형된 핀틀-노즐의 추력특성을

더 정확히 확인하기 위해 양방향 유체-구조 연성 해석을 수행해야 한다.

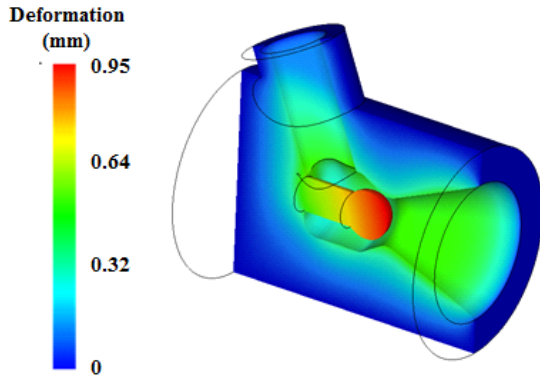


Fig. 4 Contour of deformation by thermal energy

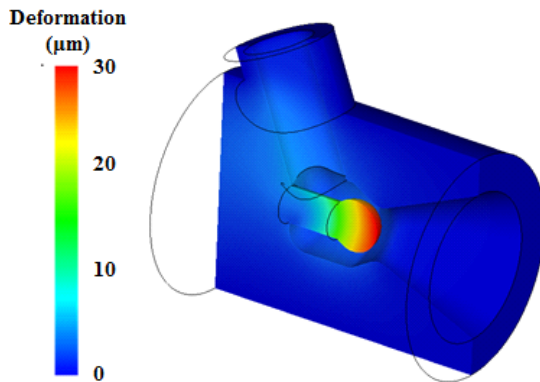


Fig. 5 Contour of deformation by pressure

2.3 양방향 유체-구조 연성해석

유동해석의 고온, 고압과 구조해석의 변형을 반복계산을 하여 열변형에 의한 추력 변화를 확인하는 것이 목표이다. 유동과 구조가 만나는 면

에 압력, 온도, 변형을 연계하고 노즐 외벽에 대류조건을 적용시켜 해석을 진행 중이다.

3. 결론

이 연구에서는 핀틀 노즐의 열변형 영향 평가를 하기 위해 단방향 유체-구조 연성해석을 수행하였다. 핀틀 헤드에서의 열에 의한 변형은 약 0.95 mm, 압력에 의한 변형은 약 30 μm 로 계산되었다. 변형에 따른 추력특성을 확인하기 위해 양방향 유체-구조 연성해석을 수행 중이다.

참 고 문 헌

1. 진정근, 오석진, 이지형, 하동성, 박성한, 양준서, "Baffle이 있는 핀틀-노즐 추력기의 압력 거동," 한국추진공학회 추계 학술대회 논문집, 2013, pp.267~272
2. 고준복, 서민교, 이경호, 백기봉, 조승환, "측추력기 shutter의 단방향 유체-구조 연성해석에 관한 연구," 대한기계학회논문집, 제38권, 제12호, 2014, pp.1359~1365
3. 이경욱, 허선욱, 권세진, 이종광, "핀틀이 적용된 고온 가스 밸브 유동장 해석 기법에 관한 연구," 한국추진공학회지, 제19권, 제6호, 2015, pp.19~25
4. 라기원, 이경욱, 박연정, 허선욱, 권세진, 이종광, "유체-구조 연성해석을 이용한 3차원 핀틀-노즐 해석", 2016년 한국추진공학회 추계학술대회, pp.1007-1009