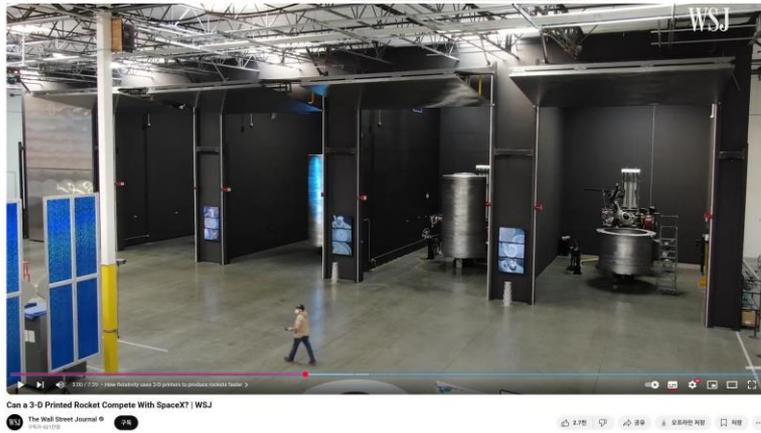

누리호 75톤 엔진

2022020437 심승환

제작품 선정 배경



오른쪽 이미지는 Relativity Space의 Stargate 프린터에서 로켓 부품을 출력하는 장면이다.

Relativity Space의 경우 전체 로켓의 80% 이상을 3D 프린팅으로 제작하며, 기존보다 100배 적은 부품 수로 60일 만에 완성 가능함을 보여주었다.

제작품 선정 배경

- 기존에 크기 제한이 단점으로 지적되던 Additive Manufacturing(AM, 적층 제조) 기술은 최근 대형 장비의 등장으로 극복되고 있으며, 실제로 로켓 제작 분야에도 실용적으로 활용되고 있다.
- 이러한 3D 프린팅 기술의 발전은 기존 제조 방식과 비교해 제작 속도, 형상 자유도, 부품 수 감소, 설계 유연성 등에서 압도적인 장점을 보여준다. 따라서, 본 로켓 제작 프로젝트에서도 이러한 기술 흐름을 반영하고, 복잡한 부품을 빠르게 출력하며 반복 테스트가 가능한 장점을 활용하고자 3D 프린팅 제작품으로 선정하였다.

모델링 과정

- 위 구조들은 현실적인 반영비율을 반영할 경우 제작시간이 매우 길어지는 관계로 제작 시간을 고려하여, 분사기의 노즐의 개수나, 연료가 재생냉각을 위해 운반되는 채널의 개수등 실제보다 줄여서 제작하였다.
- 예상되는 문제점으로는 출력물의 크기가 있어, 출력에 제한이 있을 것이라고 예상된다.
- 모델링의 경우 전 부분 직접 모델링 하였다.

로켓엔진의 냉각구조

- 누리호 75톤의 경우 재생 냉각방식을 사용한다. (연료자체를 냉각제로 사용하는 방식이다.) 자세한 도면을 얻을 수 없었기에 재생 냉각방식을 사용한 다른 로켓의 구조를 차용하여 만들었다.



출처: the museum of flight | Lesley Haenny

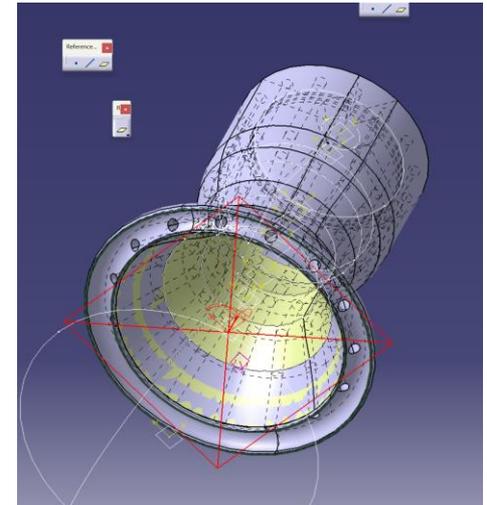
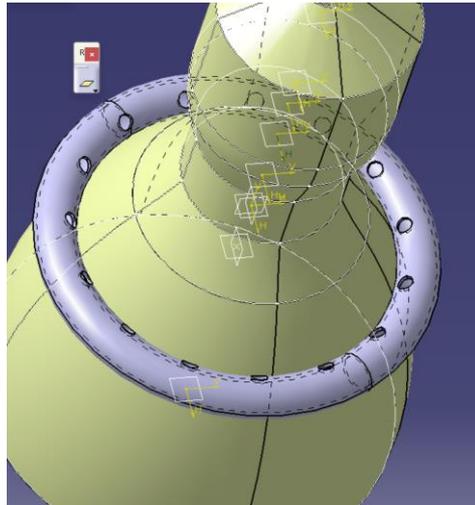
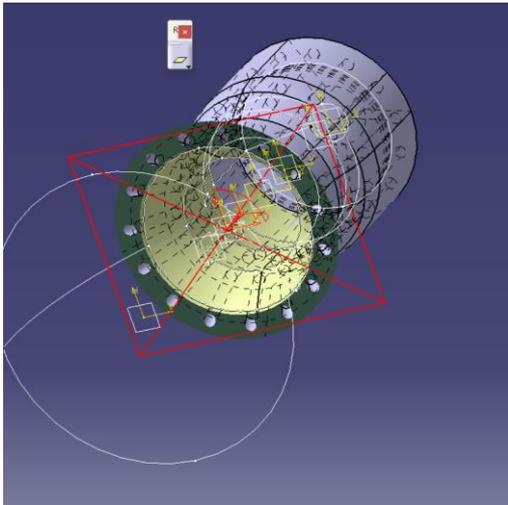
- * 이 사진은 새턴-V 엔진의 모습이다.
- * 이후의 발사체들은 동근 관 대신 아래와 같이 구리 합금을 이용해 벽면 내부에 채널을 만드는 방식을 이용하고 있다.

»
»



로켓엔진의 냉각구조

- 실제로는 채널 수는 300개이상으로 매우 많지만 프린팅 시간을 고려해 복잡도를 낮추어 15개의 채널로 진행하였다.

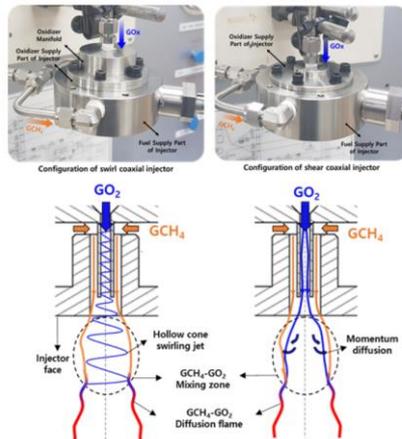


과정에서의 어려움

- Rib을 이용하여 채널을 만들고 Boolean operation을 이용하여 채널과 연료를 공급해주는 파이프를 연결해주었는데 깔끔한 모양을 만들기 위해서 여러 번의 시행착오를 겪었다. 이 과정에서 union trim을 사용하면 편했을 것 같지만, 여러 body들이 나오고 단면이 곡면이 되면서 단면 선택이 어려워 Boolean operation으로 진행하였다.

로켓엔진의 인젝터

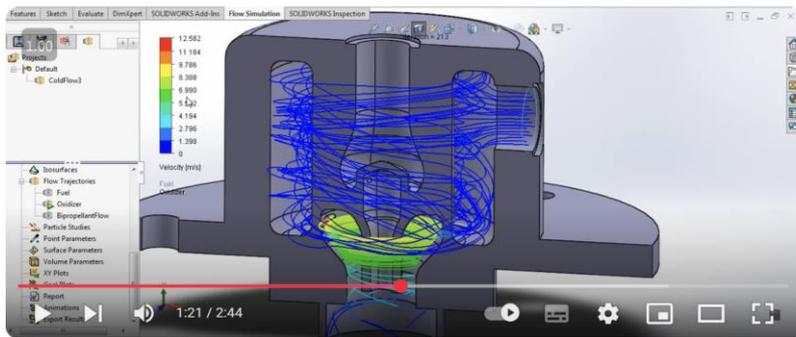
- 로켓엔진의 분사기의 경우 매우 높은 기술력이 들어가고 정확한 단면을 구하기 어려웠다. 엔진의 헤드의 경우 실제로 항우연에서도 3D 프린팅을 이용하려는 시도가 많이 이루어지고 있는 주제이다.
- 누리호 75톤의 경우에는 동축와류형 인젝터를 사용하였다.
- 모델링시에 스월형 동축 인젝터의 구조를 반영하기 위해 홍준열 외(2019)의 확산화염 동역학 연구 논문을 참고하였다.



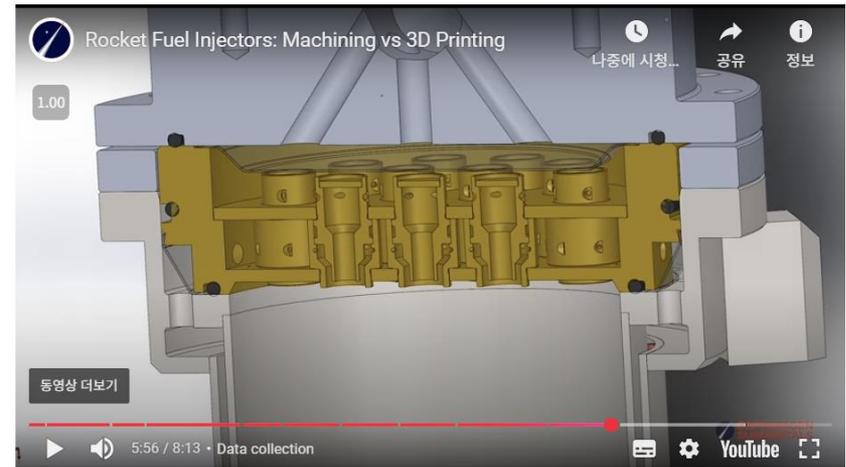
좌 스월형 동축 인젝터, 우 전단 동축형

홍준열 외, “스월/전단 동축형 인젝터가 기체메탄-기체산소 확산화염의 동역학적 거동에 미치는 영향,” 한국추진공학회지, 제23권, 제1호, pp. 1-8, 2019.

로켓엔진의 인젝터



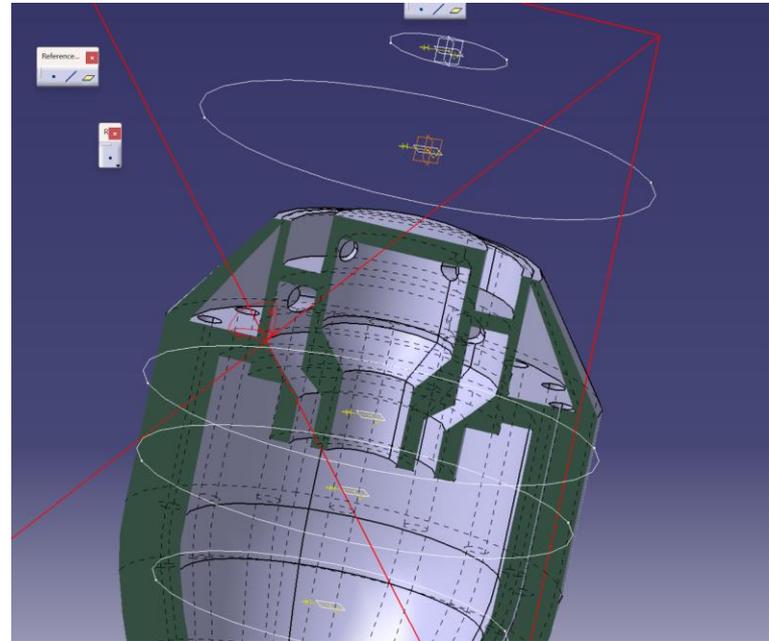
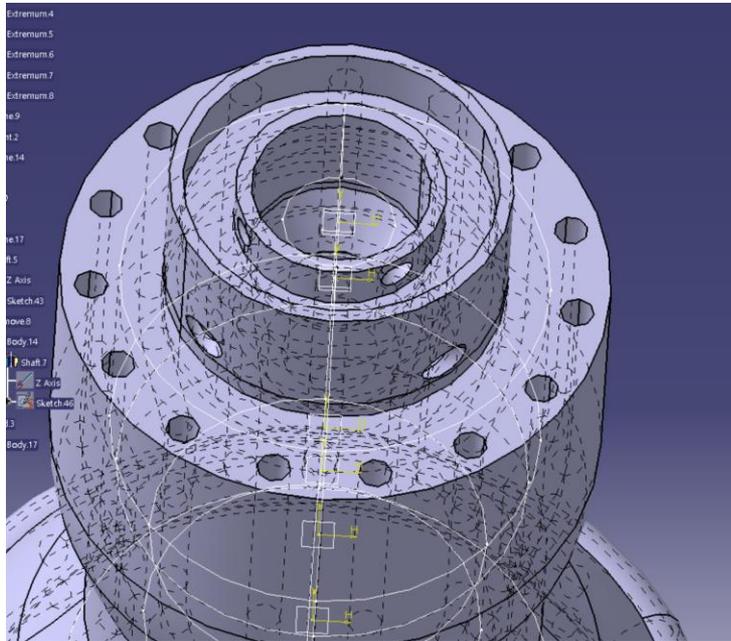
Flow Simulation in a Coaxial Swirl Bipropellant Injector (SolidWorks2018)



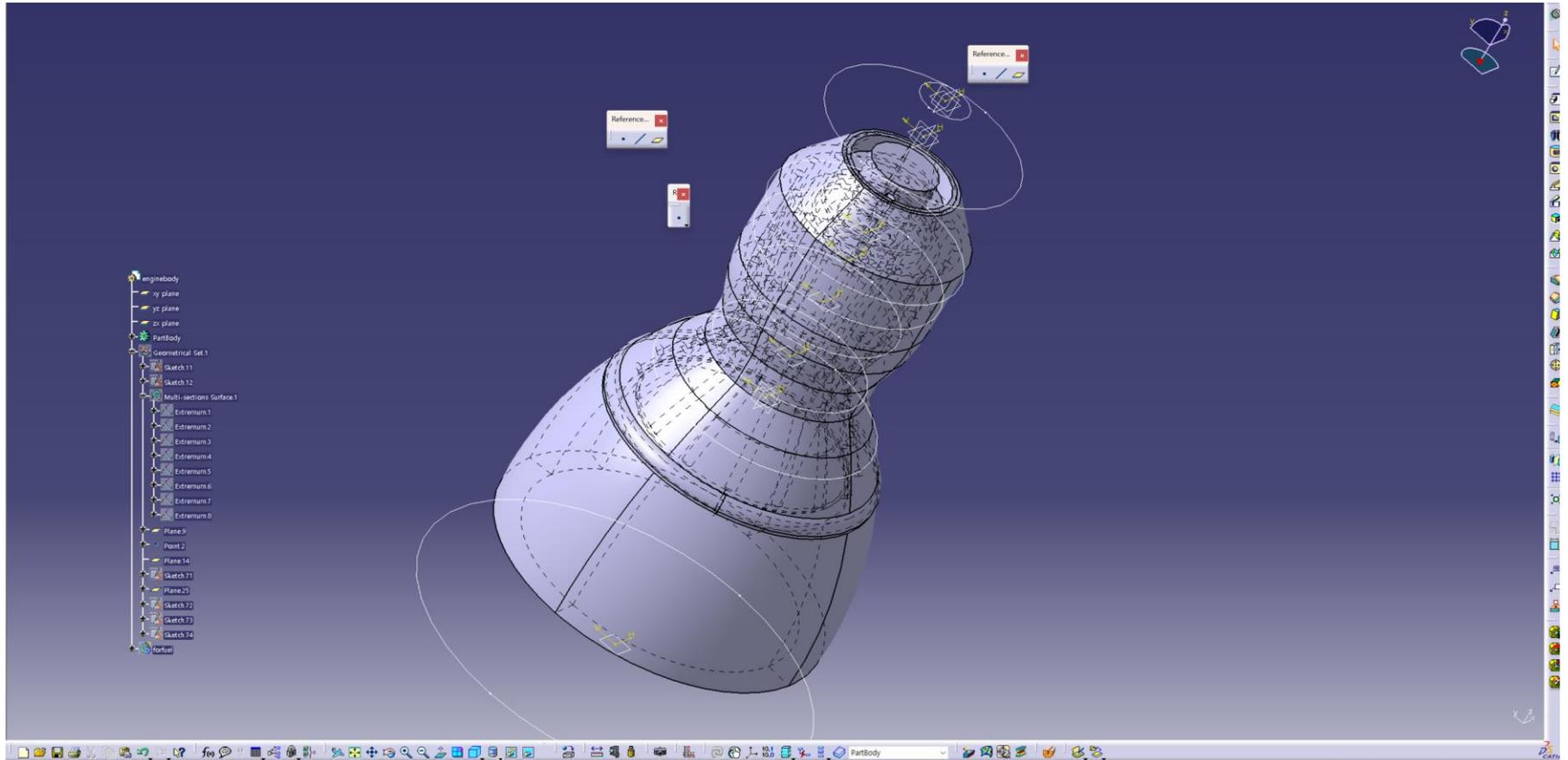
- 실제로는 우측의 사진과 같이 인젝터가 매우 많이 모여있지만, 모델링 복잡도를 고려하여, 한 개의 인젝터로 대체하였다. 좌측의 사진을 통해 인젝터의 역할을 간단하게 이해할 수 있다.

Jesus Galinzoga, *Flow Simulation in a Coaxial Swirl Bipropellant Injector (SolidWorks2018)*, YouTube.
Copenhagen Suborbitals, *Rocket Fuel Injectors: Machining vs 3D Printing*, YouTube.

로켓엔진의 인젝터



제작품 이미지



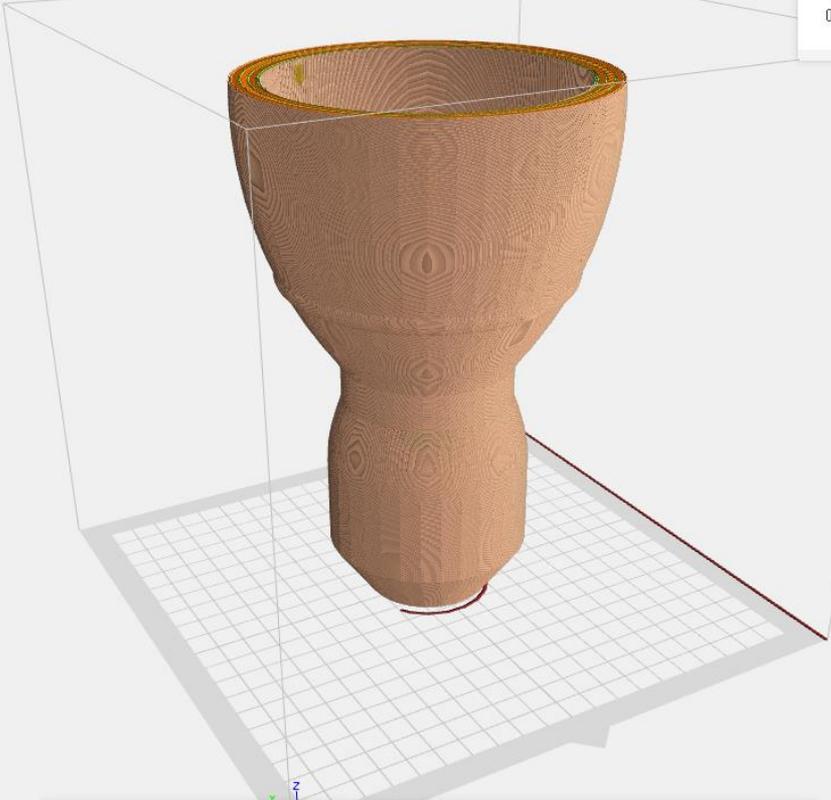
사용 재료량과 제작시간 확인

파일 편집 프린트 보기 도구 도움말

구조

- 채움
- 솔리드 채우기
- 브리지
- 내부 셀
- 외부 셀
- 서포트
- 브림
- 래프트
- 와이핑 타워
- 벽
- 이동하다
- 리트랙션
- 기타

▶ 슬라이스 시작
⊘ 미리보기 닫기
↓
↻



슬라이스 파일 이름: cad_project_model.gx
 인쇄 예상 시간: 6 시간 36 분
 예상 필라멘트 사용량: 222.94그램 / 74.75미터

```

1234712 M107
1234713 M107 P101
1234714 G1 E758.2860 F2400
1234715 G1 Z203.100 F3000
1234716 G1 X-45.11 Y3.41 F6000
1234717 ;end gcode
1234718 M104 T0 S0
1234719 M140 S0
1234720 M104 P102
        
```

위치 X: -45.11, Y: 3.41, Z: 203.1

구조 ▼

- 현재 레이어만
- 리트랙션
- 이동하다

cad_project_model.gx

레이어 : 1015 / 203mm

단계 : 387

Adventurer 5M Pro - 0.4 - 일반 모드

References

1. 이금오 외, *뉴스페이스 3D 프린팅 로켓 엔진 개발 동향*, 한국추진공학회지, Vol. 27, No. 3, 2023.
2. Relativity Space, “Inside the World’s Largest 3D Printed Rocket Factory”, YouTube, 2023.
<https://www.youtube.com/watch?v=evOwVM6NAh4>
3. 정은환 외, “75톤급 액체로켓엔진 터보펌프용 속도복식 터빈개발,” 한국추진공학회, 2011.
4. 홍준열 외, “스윙/전단 동축형 인젝터가 기체메탄-기체산소 확산화염의 동역학적 거동에 미치는 영향, 한국추진공학회지, 제23권, 제1호, pp. 1–8, 2019.