

관세척용 올챙이형 다기능 피그에 관한 연구

A Study on the Tadpole-type Pig for Cleaning the Water Supply Pipe

서울시립대학교 환경종합설계 01분반
PIG ME UP 강다희 이지혜 장윤빈
한국환경공단 김남정 멘토님

[Introduction]

1. 연구 배경

- 최근 인천, 서울 등에서 노후 상수도관으로 인한 적수 발생 사고가 잇달아 발생함.
- 상수도관의 노후화는 수도물 품질의 신뢰성 저하 및 발생 시 대규모 단수를 유발하므로 사회적, 경제적으로 문제가 됨.
- 노후화관 중 적수 발생 이전의 관은 개량대상으로 분류되어 세관 및 보강과정을 통해 관의 기능을 복원하는 것에 초점이 맞추어 짐.
- 피그 세척이란 관 내부에 피그를 삽입하여 피그가 압력에 의해 앞으로 진행함에 따라 관 내부의 생물막, 슬러지, 스케일 등을 제거하는 세척공법임.

2. 연구 목적

본 설계는 세관공법 중 피그 세척에 이용되는 Steel Mandrel Pig의 개선을 통해 보다 효율적으로 피그 세척을 수행하여 상수도관을 원인으로 하는 수질 사고를 예방하는 것을 목표로 함. 개선사항은 다음과 같음.

- 각 관로의 특성을 고려하여 기능별 유닛 탈착이 가능할 것.
- 곡관부에서의 원활한 주행이 가능할 것.
- 피그를 통한 물리적 세척 뿐 아니라 화학적 약품주입이 가능할 것.

[Design]

1. QFD

QFD를 통해 고객의 요구사항과 제품요구사항의 관계를 분석한 결과는 다음과 같음.

- 피그의 헤드 형상을 통해 스케일 돌파 성능을 확보할 것.
- 원활한 곡관부 주행과 유닛의 조립 용이성을 고려하여 바디 형상 및 소재를 선택할 것.
- 연속적 약품 도포 및 유출, 잔류약품의 회수가 가능할 것.
- 각각의 유닛은 관의 특성에 따른 Customizing이 가능할 것.

2. 피그의 헤드

• 헤드의 곡률

피그의 관내 주행력 향상을 위해 기존의 판형보다 항력을 덜 받는 돔 형태로 헤드를 제작, 헤드의 곡률은 아크릴관을 이용하여 각각 곡률이 다른 지름30mm의 피그 모형이 3m의 관을 통과하는 시간을 측정함으로써 결정함. 실험 결과 반구형-긴 동형-짧은 동형 순으로 주행시간이 짧았으며 이를 통해 형태에 따른 항력감소보다 헤드부의 무게가 주행에 더 큰 영향을 끼침을 확인. 결론적으로 짧은 동형의 피그의 헤드를 설계에 적용함.

• 헤드부 요철

헤드부의 표면은 두 타입으로 나누어 제작, 관의 상태에 맞는 헤드를 사용하여 Customizing할 수 있도록 함. 관 내 스케일 제거가 관세 목적인 경우에는 요철이 있는 헤드부를 사용, 관 내 생물막이 관세 목적인 경우에는 매끈한 헤드부를 사용하도록 함.

3. 피그의 바디

- 전체 형태: 전체 길이가 길수록 낮은 항력 계수를 가지므로 긴 형태를 선택하였음.
- Interlock hose: 기존 Steel Mandrel Pig에서 사용된 압축스프링은 곡관부의 거동을 개선한 좋은 예이나, 이는 유닛 탈착에 적합하지 않다고 판단하여 곡관부 거동 원활 및 유닛 탈착 시 접촉면의 설계가 가능한 Interlock hose를 선택하였음. Interlock hose의 Live Length를 계산하여 원활한 곡관부 주행능을 확인하였음. 계산식은 다음과 같음.

$$L = \frac{\pi R \theta}{180} = \frac{\pi \times 640.0 \times \theta}{180} = 11.17 \times 30 = 335.1\text{mm}$$

L=Live Length(mm), R=곡률 반경(mm), θ=굽힘 각도(°)

*Minimum inside bend diameter 640mm, 굽힘 각도 30° 가짐

4. 약품 분사 유닛

약품의 균등한 유출, 잔여물의 발생, 남은 약품의 회수 가능성, 유닛 재이용 등을 고려하여 분사구형태의 약품 유닛을 설계함.

• 주입 약품

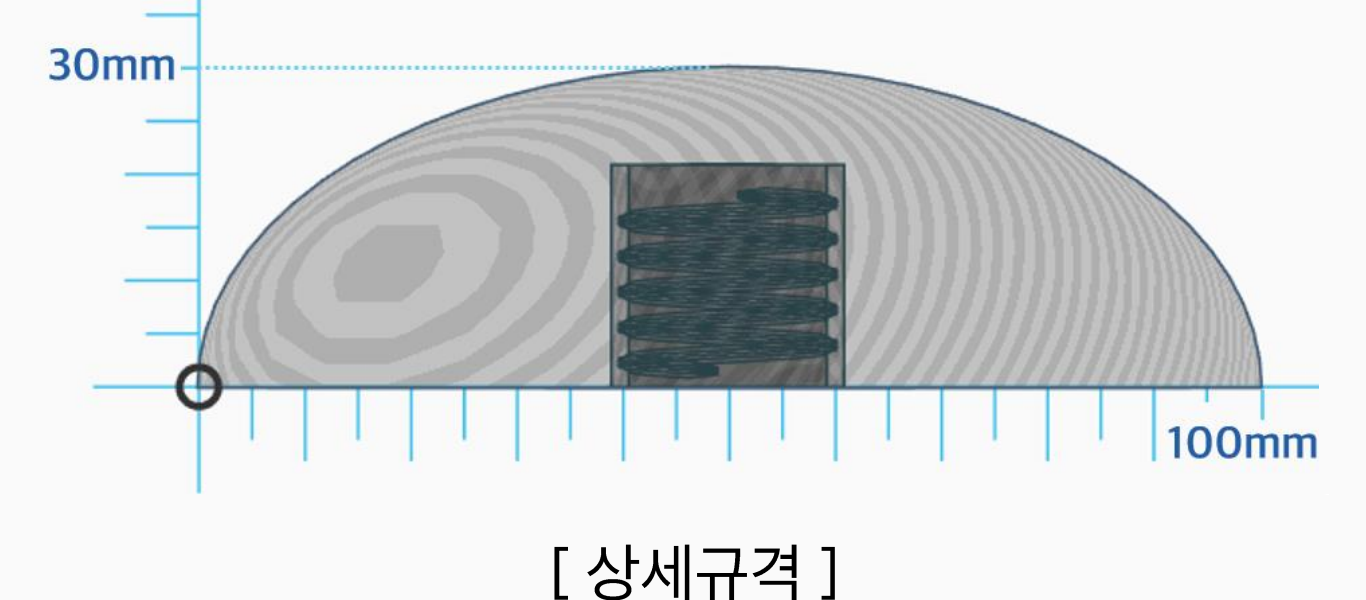
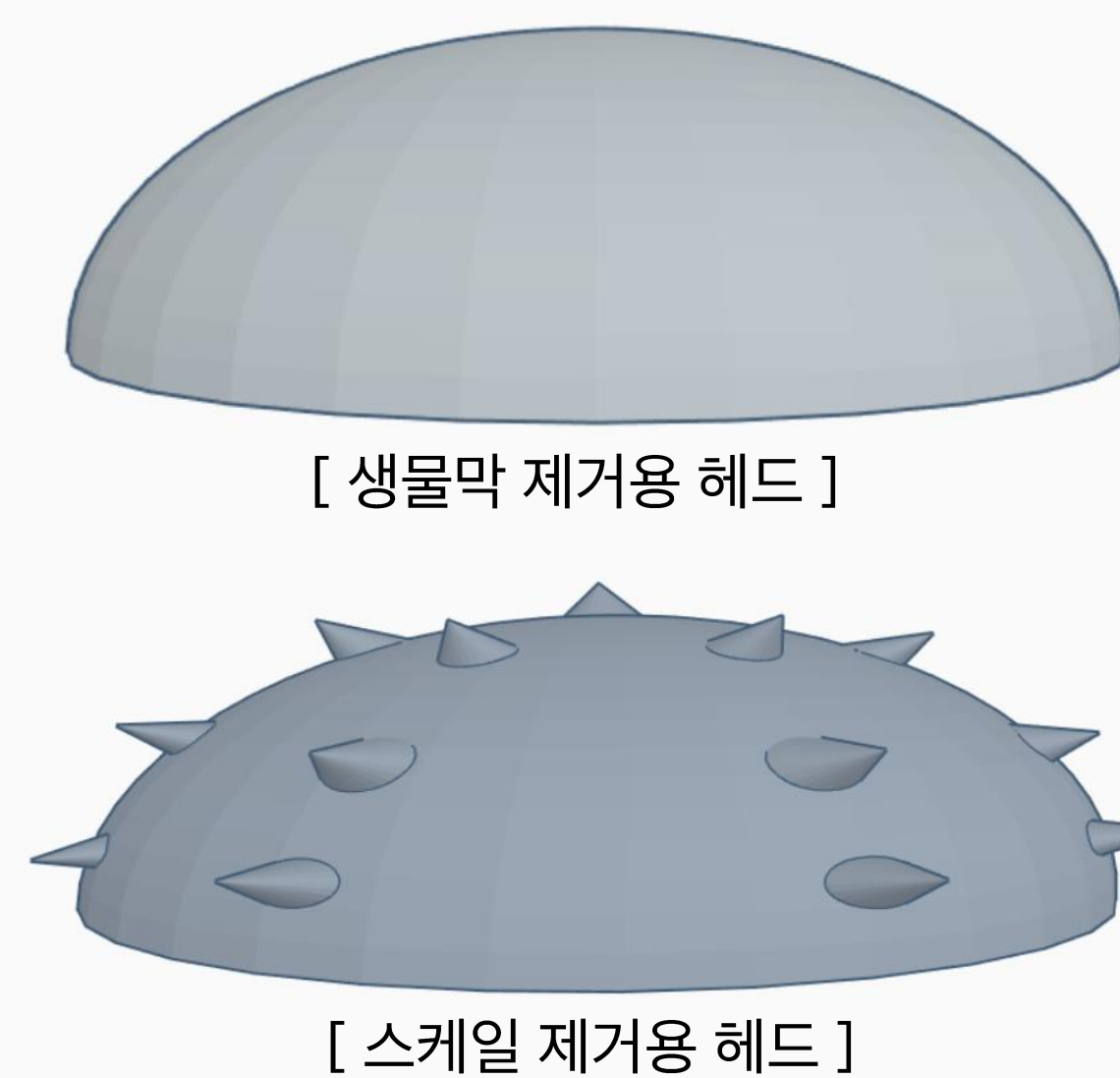
- 부식억제제(인산염): 부식이 상당히 진행되어 표면이 드러난 노후상수도관 대상 2.5mg/L를 주입농도로 하여 100mm관의 100m주행 시 0.01785L 소모.
 - 소독제(차아염소산나트륨): 부식으로 관 표면이 노출되지 않은 상수도관 대상 10mg/L*min을 CT값으로, 2mg/L를 주입농도로 하여 5min동안 접촉하여 100mm관의 100m 주행 시 0.0314L 소모.
- 약품 저장부의 용량: 100mm관을 100m 주행 시 0.08L의 저장탱크가 필요함.
 - 약품 분사부: 스프레이 형식으로 분사하고 스프레이 노즐은 부채꼴을 사용함. 이 때 분사각도는 110°로 피그 하나 당 9개의 분사구를 필요로 함.

5. 유닛 결합 및 고정 장치

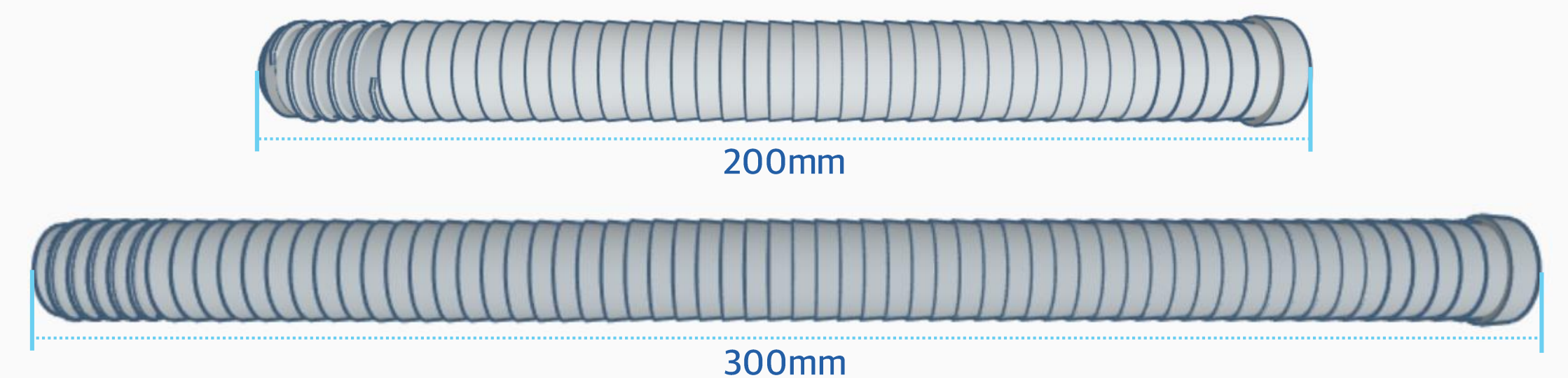
- 피그 바디의 말단을 나사선을 도입, 헤드의 홈과 맞물려 헤드와 바디를 결합함.
- 바디가 원통형임을 고려하여 브러시 등 각 유닛의 고정장치로 C클램프를 사용, 유닛의 앞뒤에 배치함.

[Part Drawing]

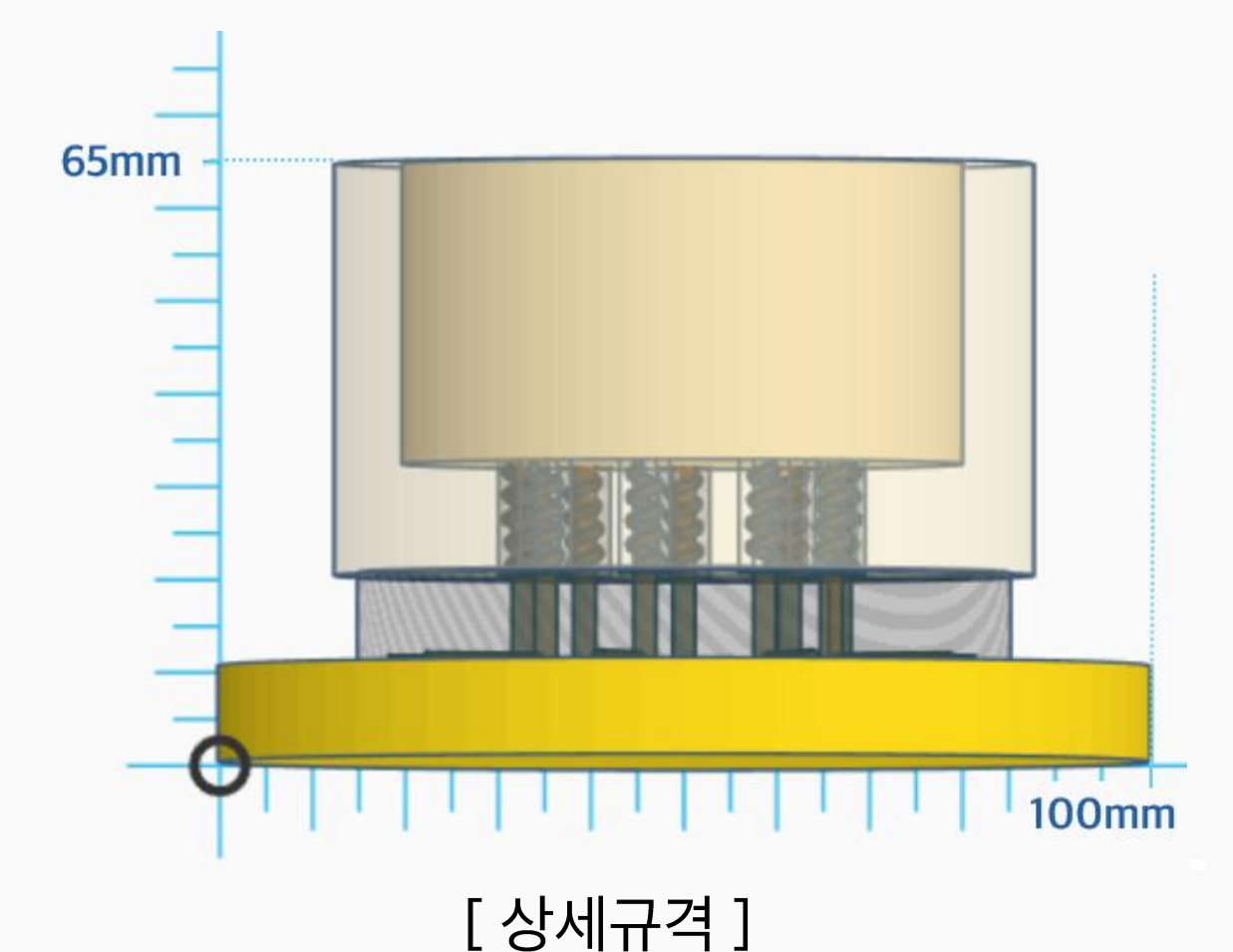
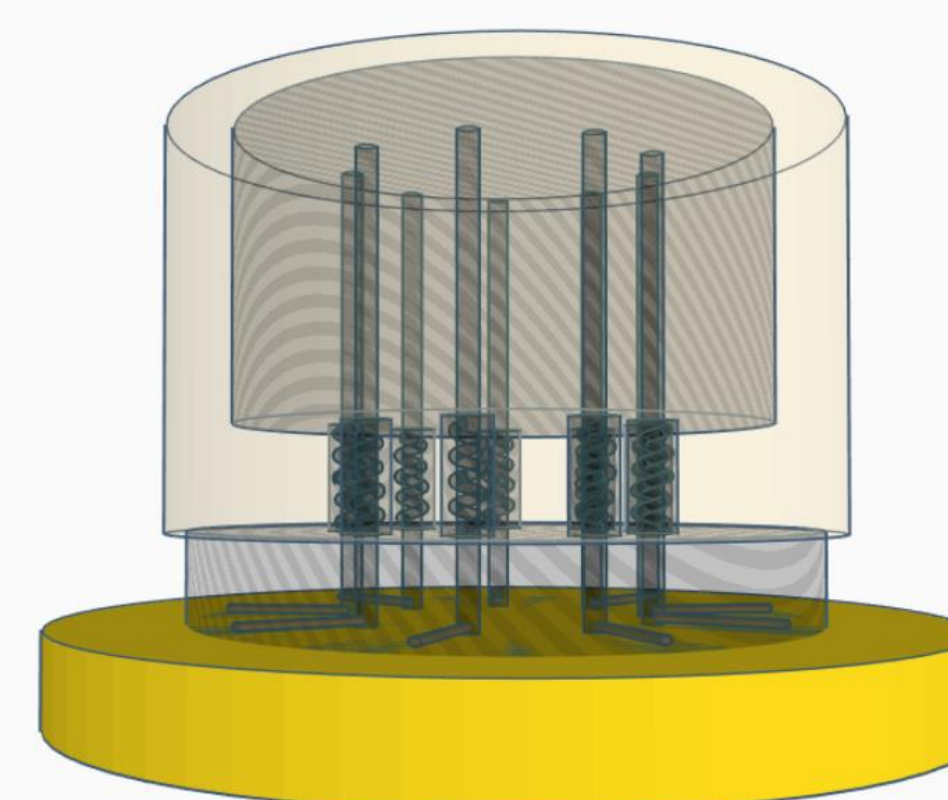
1. 피그의 헤드



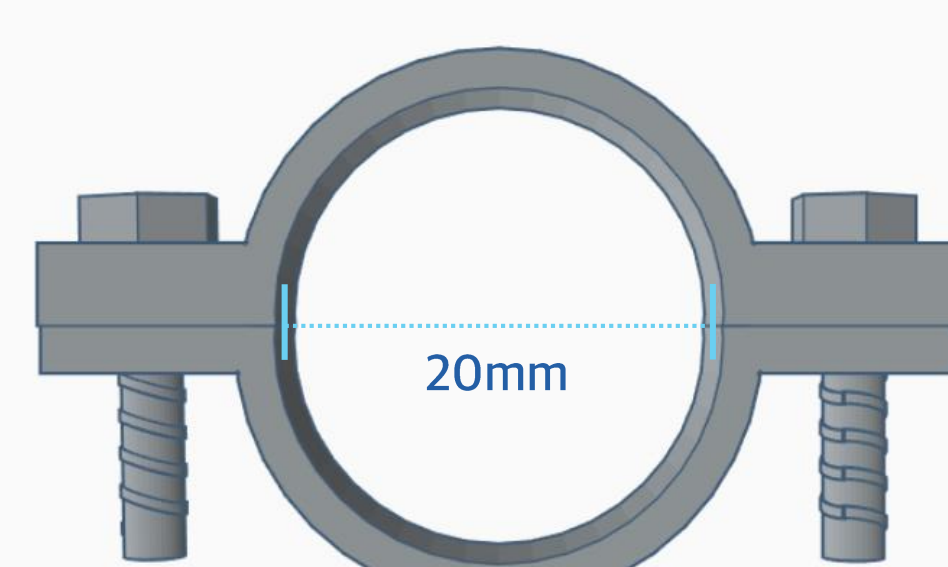
2. 피그의 바디 - 직경 20mm



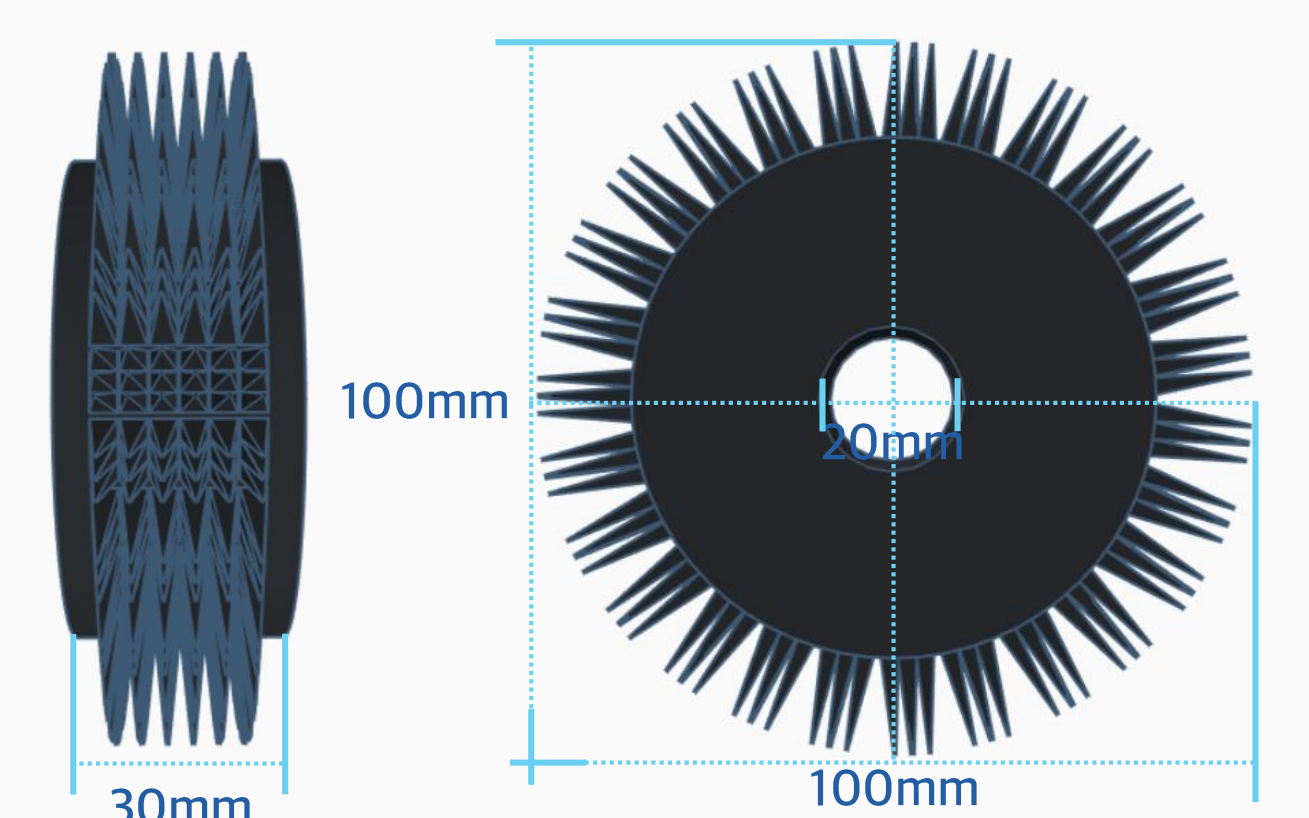
3. 약품 분사 유닛



5. 유닛 고정 장치 및 브러시

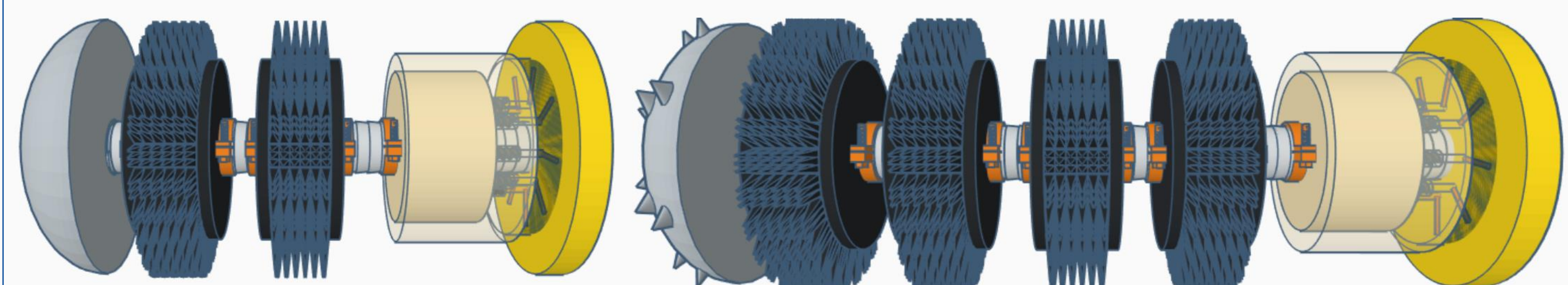


[유닛 고정 장치:클램프]



*재질은 카본과 실리콘 중 용도에 맞게 선택

7. Customizing 예시



[Expected Effect]

1. 기술적 기대효과

- 기존의 피그와는 달리 약품 주입을 함께 수행하여 전체 시스템의 소요시간 및 비용을 절감할 수 있음.
- 피그의 역학적인 거동 변화를 통해 관 폐색율을 감소시킬 수 있음.
- 관의 특성에 따라 적절한 유닛을 선택하고 피그의 몸체에 탈부착하여 사용할 수 있음.

2. 경제적, 사회적 기대효과

- 노후 관로 교체에 비해 경제적임.
- 노후 상수도관으로 인한 사고를 예방할 수 있음.
- 노후 상수도관에 대한 인식 변화를 통해 국민들의 수도물에 대한 인식을 개선할 수 있음.