

Integrated Design

Portfolio #1

2011170652

Outline

1. Topic of Choice and Reasons

2. Customer Observation

i) Covert Observation

ii) Survey

..... A) Content

..... B) Data Extraction

3. Concept Design

i) Brain Storming

ii) Consultation

iii) Motion Control Method

1. TOPIC OF CHOICE AND REASONS

Topic of Choice and Reasons

The chosen topic for design remodeling is a tooth brush. Among many plausible renovations, the intended focus through all the designing process is to devise a new motion mechanism such as the modified bass technique brushing, which will effectively eliminate periodontitis.

Circumstantial Consideration

1. While several design renovations could be made for the existing tooth brushes, periodontitis is a second major disease.
2. Some of the existing tooth brushes do display electric control functions (rotating, linear moving, et cetra). Yet, these motions are either too fast or not effective enough to bring out the intended outcome.

2. CUSTOMER OBSERVATION

1. Covert Observation

Covert observation has been conducted on the students in the campus and family members, concerning the way they brush their teeth. Not Surprisingly, there were common behaviors observed among them. These include the following:

- i) Linear Brushing Horizontally and Vertically
- ii) Brushing with Rotation Motion

It seemed that majority of the people did not brush properly. From the observation, it became more relevant to pursue the design which automatically implements the 'right' brushing.

Accordingly, the next question was "whether people consider themselves aware of the 'right' brushing. To test the question, survey was conducted as a follow-up process.

2. Survey A) Content

First Survey was conducted through Google Survey Website with the questions below:

- a) How do you brush your frontal teeth?*
- b) How do you brush your teeth on the lateral side?*
- c) How do you brush your wisdom/back teeth?*
- d) Do you brush your tongue as well?*
- e) How many times do you rinse out your mouth after brushing?*
- f) Time taken for brushing*
- g) What are some inconveniences/or possible improvements about the current tooth brush?*

About 40 people were asked. Knowing the type of people for survey and interviews is imperative according to the type of products in concern. Since the focus of our product designed is not for a specific group but rather people in general, the survey did not discriminate types of people for asking questions. In this sense, it was less important to find and define a PERSONA.

First Survey Result

	A	C	D	E	F
1	타임스탬프	앞니를 주로 어떻게 닦으시나요?	옆쪽치아면을 어떻게 닦으시나요?	끝 쪽 사랑니(어금니) 쪽은 어떻게 닦으시나요?	양치시에 혀도 닦으시나요?
2	2015. 9. 14 오후 4:01:12	칫솔을 회전시키며 닦는다.	칫솔을 회전시키며 닦는다.	입을 크게 벌려서 닦는다.	예
3	2015. 9. 14 오후 4:01:23	위아래로 닦는다.	좌우로 닦는다.	입벌리고 닦는다	예
4	2015. 9. 14 오후 4:04:20	위아래로 닦는다., 좌우로 닦는다., 칫	위아래로 닦는다., 좌우로 닦는다., 칫솔을 회전시	칫솔을 깊게넣어서 파듯이 닦는다	예
5	2015. 9. 14 오후 4:08:35	위아래로 닦는다.	좌우로 닦는다.	입을 벌리고 양면과 위를 닦는다	예
6	2015. 9. 14 오후 4:13:10	칫솔을 회전시키며 닦는다.	위아래로 닦는다.	입을벌려 위에서 아래로 닦는다.	예
7	2015. 9. 14 오후 4:20:05	좌우위아래	칫솔을 회전시키며 닦는다.	칫솔머리가 작은 칫솔을 이용함	예
8	2015. 9. 14 오후 4:23:52	위아래로 닦는다.	좌우로 닦는다.	입벌리고 시원해질때까지 닦음	예
9	2015. 9. 14 오후 4:34:51	위아래로 닦는다.	칫솔을 회전시키며 닦는다.	입크게벌려서 최대한 넣고	예
10	2015. 9. 14 오후 4:57:21	위아래로 닦는다.	위아래로 닦는다.	칫솔을 좌우, 회전해가며 힘겹게 닦는다	예
11	2015. 9. 14 오후 5:07:17	좌우,위아래	좌우 위아래	입크게벌리고 좌우 위아래	예
12	2015. 9. 14 오후 5:15:49	좌우로 닦는다.	위아래로 닦는다.	손으로 볼을 잡고 닦는다	아니오
13	2015. 9. 14 오후 7:21:37	위아래로 닦는다.	위아래로 닦는다.	칫솔을 끝까지넣는다	아니오
14	2015. 9. 14 오후 7:37:22	위아래 좌우	위아래로 닦는다.	입을 크게 벌리고 칫솔을 뿌리쪽으로 움직이면서 닦는다	예
15	2015. 9. 14 오후 9:33:45	위아래로 닦는다.	위아래로 닦는다.	모든 면을 닦는다	예

First Survey Result

	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1	양치는 평균 몇분(시간) 정도 하시나요?	양치시 물로 몇번 헹구시나요?	양치시에 불편한점, 일반 칫솔이 개선될 점이 있다면 무엇일까요?							
2	2분?	7~8번정도인것같네요	이빨안쪽이 잘 안 닦을 때가 있다							
3	5분	3번	솔이잘뭉개지는거							
4		2	5							
5	1분	3번	칫솔모가 약하다. 너무 세도 잇몸에 안좋겠지만 대체적으로 칫솔모가 힘이 없다.							
6	2분	4번	이와이사이에 솔이잘안들어옴. 솔이 너무 금방시들							
7	4분?	치약맛없어질때까지	전동이나 아날로그나 이빨사이는 안담임. 껌같이 씹으면 양치되면 좋겠다. 그럼 사이사이 치실이나 치간치솔안써도 될테니까							
8	1분?	입이 개운할때까지	칫솔종류가 여러개라 용도에 맞게 써야죠 어느이에는 어느 칫솔이 맞는지 표기되었으면							
9	2분..?	5번정도?	칫솔 머리부분이 큰건 불편해요 왜 크게만드는지 모르겠음							
10	3분	6번	1.어금니 부분, 치아 안쪽은 육안으로 잘 닦였는지 확인을 못하기에 확인이 가능하도록 할것 2.치약을 직접 짜내지 않고 칫솔만으로도 양치가							
11	3분	4~5번	칫솔로 하는양치가 아닌 무언가 새로운 대체품이나왔으면							
12	5분	3번	교정기사용시 안담이는 부분이있음							
13	2분	7~10번	L							
14	3~4	최소 5번이상	더 세밀하고 부드럽게 이물질이 제거됐으면 좋겠다							
15		3	50 좀더 부드러워져야 한다							

2. Survey A) Content

Second Survey was conducted **again** through Google Survey Website with the questions below:

- a) How do you brush your frontal teeth?
- b) How do you brush your teeth on the lateral side?
- c) Do you think that you brush teeth properly?
- d) What are some spots that are not brushed well?
- e) How much would you pay for the tooth brush with good quality?
- f) What are some inconveniences when brushing teeth?
- g) What kind of tooth brush would you like to have?

The question C), E) and F) were the critical questions in the survey. Especially, answers from the question C) would verify the fact that people do not bother brushing teeth properly, even if they know the 'right' method.

Second Survey Result

앞니를 어떻게 닦으시나요?	옆니를 어떻게 닦으시나요?	잘 닦이지 않는 부분은	잇솔질 할때 불편한점을 써주세요.
회전시키며 닦는다.	회전시키며 닦는다.	어금니	잇솔모에 잇몸이 세게 스치면 매우 아프다
위 아래로 닦는다.	위 아래로 닦는다.	안쪽 어금니 부근	잇솔에 음식물 끼는거
위 아래로 닦는다.	위 아래로 닦는다.	위쪽 어금니의 안쪽	세척하기가힘들다(치약 혹은 입에있던 음식물들이 잇솔뿌리쪽에 박히면 제거하기힘들다)
회전시키며 닦는다.	좌우로 닦는다.	사랑니	사랑니랑 헛바닥 잇솔질 할때 불편함. 얼마나 해야 충분한지 몰라서 불편함
위 아래로 닦는다.	위 아래로 닦는다.	안쪽 어금니	속이 안닿이는듯
좌우뒤고 위아래	좌우로 닦는다.	사랑니뒤쪽	사랑니 뒤쪽엔 잇솔이 안 들어감
위 아래로 닦는다.	위 아래로 닦는다.	윗어금니	어금니닦을때 끝까지 안닿임미세모가 좋은데 금방 닳음
회전시키며 닦는다.	회전시키며 닦는다.	이빨 뒤쪽	치약이 떨어질때
위 아래로 닦는다.	위 아래로 닦는다.	어금니...제일 뒷부분	약히 없어요..그냥 치실써요
셋다한다	좌우로 닦는다.	저 안쪽깊은 곳 바로 그	귀찮다
위 아래로 닦는다.	위 아래로 닦는다.	사랑니쪽	위아래 반복적으로 닦아서 끝이 귀찮아요
위 아래로 닦는다.	위 아래로 닦는다.	어금니 안쪽	어금니 안쪽을 닦으려고 할때 공간이 좁아 잇솔이 잘 안들어감
위 아래로 닦는다.	위 아래로 닦는다.	앞니 뒷부분 안쪽,누운 시	없다
위 아래로 닦는다.	위 아래로 닦는다.	사랑니	치약이 흘러나옴
위 아래로 닦는다.	위 아래로 닦는다.	안쪽의 뒷면	침이 흘러내림잇몸에서 피가남잇솔모가 금방 닳음
all of the above	all of the above	어금니 안쪽 목쪽에	이를 닦아야한다는거?
상하좌우	상하좌우	사랑니쪽	불편한점이 없어요
위 아래로 닦는다.	위 아래로 닦는다.	사랑니, 이 사이사이	사랑니에 충치가간다는데 잘 몰지가않아 스트레스받는다.양치를 할때마다 잇몸에서 피가난다.잇몸 사이사이가 잘안닿여 치석이 잘생긴다
위 아래로 닦는다.	회전시키며 닦는다.	사랑니 뺨부분	잇솔모가 너무 빨리 뭉개짐
위 아래로 닦는다.	좌우로 닦는다.	안쪽 끝	잇몸에 자극이 많이갈거같다 좀 더 부드러운 잇솔들이 나왔으면 좋겠다
위 아래로 닦는다.	뽕으로닦는다	성대	뽕냄새난다
끝고루 다 해요.	끝고루 다 해요.	사랑니 발치한 자리	잇솔들 중에 솔이 하나둘씩 빠지는 경우에 생기기도 하고 너무 날카로워서 잇몸에 자극이 심하게 가는 경우도 생김.
좌우 위위아래 회전	좌우 위위아래 회전	이빨사이	혀를 닦을때 구토증상이 일어나요
위 아래로 닦는다.	회전시키며 닦는다.	어금니 맨 뒷쪽. 앞니 안쪽	제대로 닦자니 잇몸이 아프고 안그러자니 덜 닦여요.
상하좌우	좌우뒤회전	설측내부면	가끔 아무생각없이 하다가 끝부분으로 꺾르는경우 아픔...이물질이 잇솔모 사이에 끼어서 잘 인빠지는 경우 ㅠ ㅠ
위 아래로 닦는다.	위 아래로 닦는다.	위아래 구석 끝	구석이 잘 안닿여서 양치후 짜증남
좌우로 닦는다.	좌우로 닦는다.	어금니	잇솔모가 빨리 벌어진다
잇몸과 이사이를 닦으며위아래	잇몸과 이사이를 닦으며위아래	어금니 맨 아랫위니 아랫	체드가 딱딱하여 잇몸에 부딪힘

Second Survey Result

어떤 칫솔이 발명되면 좋을까요?	자신의 칫솔질이 바르다고 생각하십니까?
칫솔보다는 가글형으로 액체를 머금고 난 후에 칫솔질 열심히 한 것 같은 효과가 나는 액이 발명됐으면..	예
부드러우면서 잘 닦이는 칫솔	예
모가 잘 상하지않는..?	아니오
양치 얼마나 해야하는지 알려주는 칫솔	예
잘 닦이는지 확인가능	예
필요에 따라 유동적인 모양을 하는 칫 솔	아니오
미세모이면서 내구성이 좋고 어금니 뒤까지 닦을수 있는 칫솔!	예
치약이 필요없는 칫솔	날마다 다른느낌
칫솔 과학을 잘 모르겠네요^^;;;혀를 깨끗하게 잘 닦을수 있는....?	예
전방위 즉시 세척 칫솔	예
치아를 스캔하면 저절로 세균과 잔여물들이 제거되는 칫솔	예
회전하는 전동칫솔 대신 위아래로 움직이는 칫솔	예
모가 잘 안빠지는 제품,이빨 사이에있는 음식물을 잘 빠지게 하는제품. 치실 사용량을 줄이게 할수있는제품	예
파고드는거	아니오
저절로 칫솔질 해주는 칫솔	예
물 없이 치약없이 닦을 수 있는거?	예
예쁜 칫솔	예
잇몸에 피를 나지않게해주는 칫솔.	아니오
물고있으면 고냥 양치질 되는 제품	예
부드럽고 잘 닦이는 칫솔	아니오
돈이 나오는 칫솔	예
어금니 사이까지 들어가게 미세한 솔이 있으면서도 칫솔에서 잘 빠지지 않는 칫솔	예
치아사이를 잘 닦아 줄 수 있으면 좋겠수	예
입벌리고 누워있으면 이 닦아주는 칫솔 ㅋㅋㅋ	아니오
총 3분, 각 부위마다 타이머 있는 칫솔? 또는 닦은 횟수를 측정해서 일정 횟수 이상되면 진동이 울리는 칫솔 등??	아니오
스케일링 할 필요없이 구석구석 잘 닦이는 치솔	아니오
칫솔모가 튼튼	예
인악에서 물고있으면 자동 세척 가능한다면 구!!	예

2. Survey B) Data Extraction

All the analysis from the survey has been displayed and included in our team's progress report. Yet, the core findings from the survey include the following:

- a) **Right Brushing Method** Involves combined Motion
: **Rotating(Left and Right) + Vertical(for taking out dregs)**
- b) **Spots that are not brushed well:** back teeth & **space between teeth, space between mouth gum.**
- c) Inconveniences: Hygiene Concern, Laziness, Durability
- d) Price: 4000 won
- e) **Majority of the people thought that they were brushing teeth right. Plus, even if they knew the right method, they would not implement it just because they feel bothersome to do it.**

As seen above, the conclusion from the two surveys has provided direction toward which the design concept should be headed.

3. CONCEPT DESIGN

Brain Storming

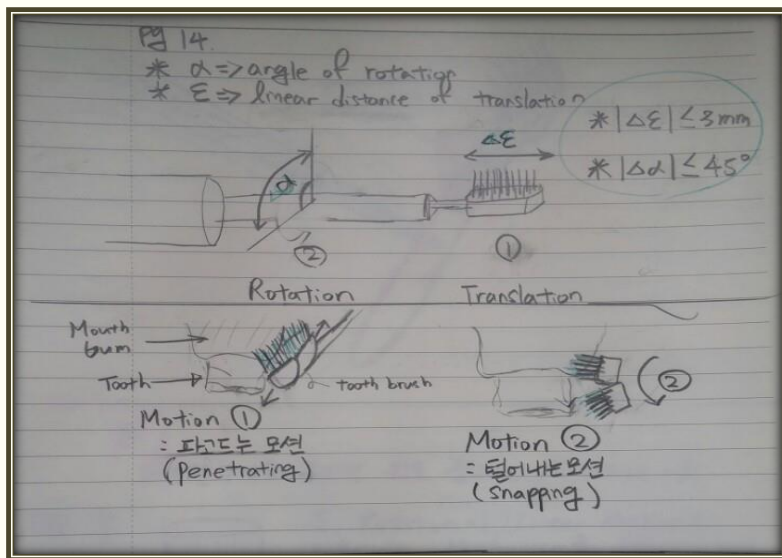
To make it clear once again, the concept design should satisfy two goals.

Goal # 1, is to design a tooth brush with a new mechanism that actualize Modified Bass Technique through automatic control.

Goal # 2, if possible, is to add auxiliary functions.

Goal # 1 is the primary concern for the intended design since tooth brush with the automatic motion that realizes Modified Bass Technique will solve the problems indicated in the answers from the survey. (Refer to page 12)

Brain Storming For Goal #1,



This will be more elaborated, concerning the best mechanism for realizing the intended motions.

Brain Storming

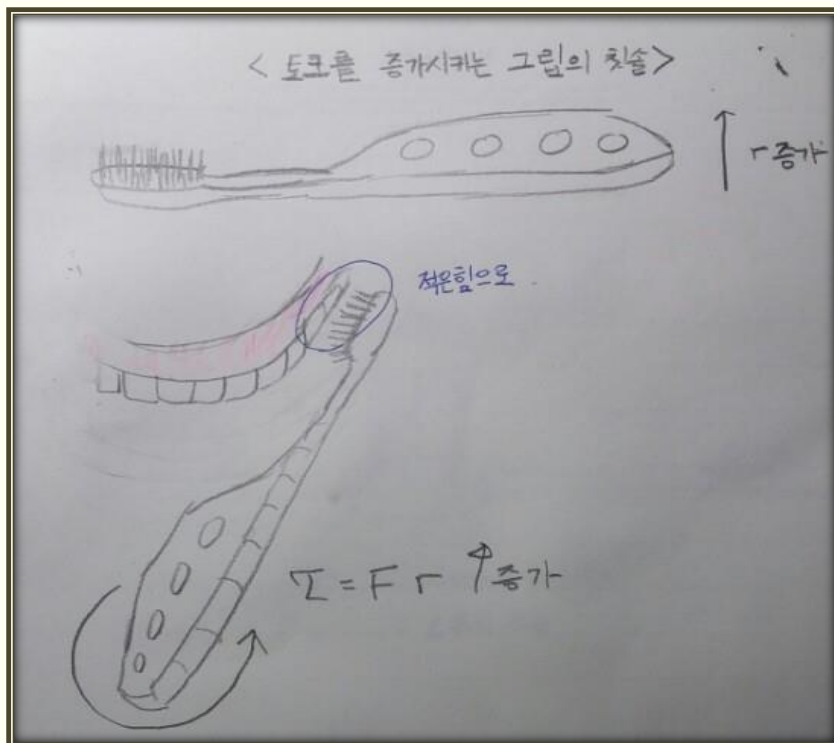
For Goal #2,

There have been a few basic ideas for auxiliary enhancement to the first function. Quite a few designs for the addition have been discussed in the team meeting. Among them, the designs I suggested include the following:

1. Torque Increased Grip
2. Combination of Water Pick and a detachable brush head
3. Hook-shaped Brush
4. T-Shaped Brush
5. Water Shooting Grip

Brain Storming For Goal #2

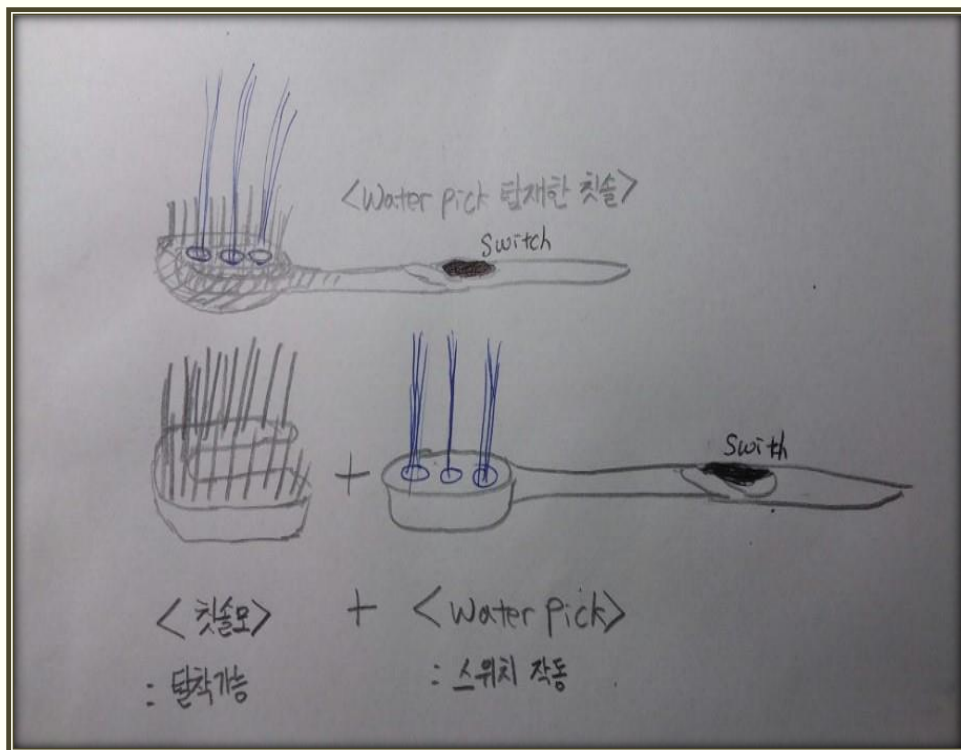
1.Torque Increased Grip



:Widening the grip makes the torque distance r bigger and make it require less force to make snapping motion or rotation.

Brain Storming For Goal #2

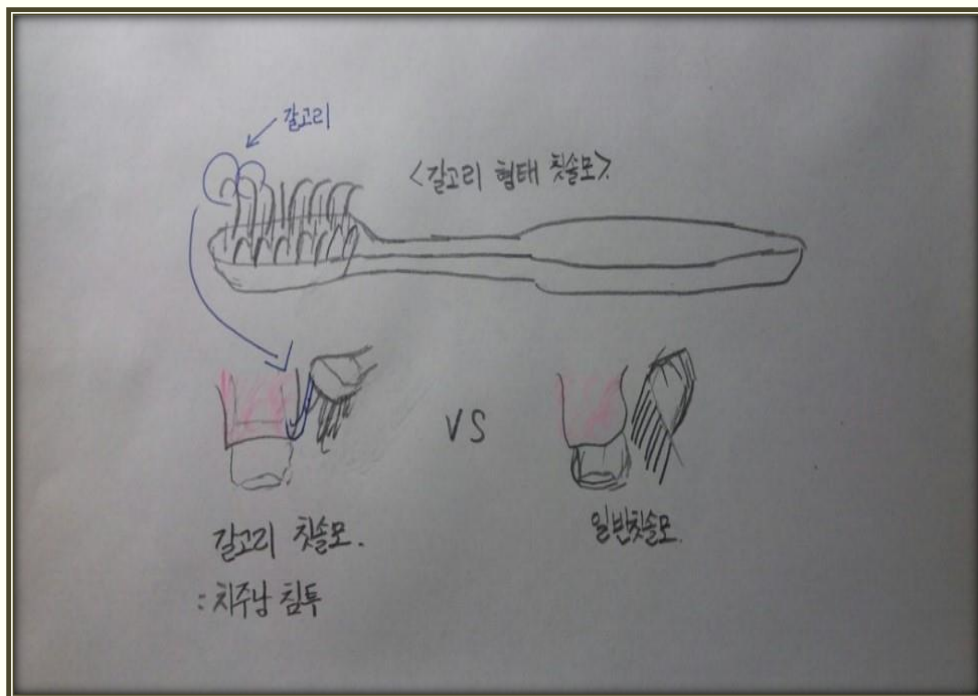
2. Combination of Water Pick and a Detachable Brush Head



Water Pick gets rid of the food dirt that brushes have not taken out. Using them at the same time, could save time, as well.

Brain Storming For Goal #2

3. Hook-shaped Brush



Hook-Shaped brushes may make better penetration into the space between the mouth gum and teeth, therefore resulting in higher clean efficiency.

Brain Storming For Goal #2

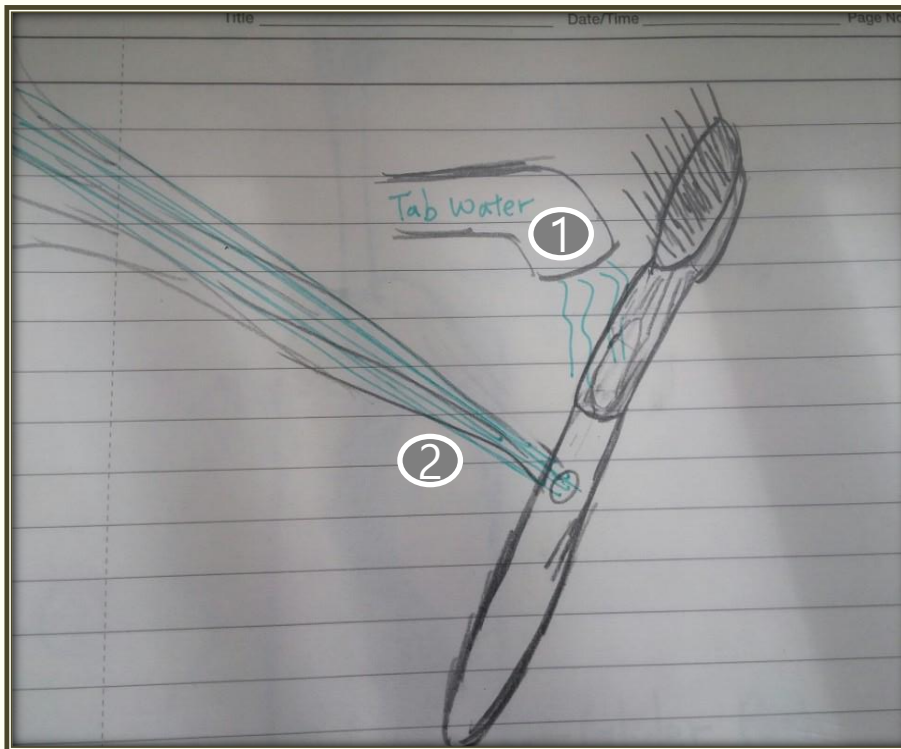
4. T-Shaped Brush



Making the T part round is also desired so that it fits into the mouth structure. It could cover larger range of spans of teeth with one touch.

Brain Storming For Goal #2,

5. Water Jet Grip



:Usually, people have to lower their body to get closer to the faucet and rinse out mouth when brushing teeth. Yet, by creating a nozzle through the body of the brush, its user would not have to lower their body as much for rinsing it out.

Consultation for Design Concept

It was pointed out by the professor that these functions under Goal #2 are minor concerns and that without realizing the mechanism for Goal #1, all these little design concepts would be futile. So, it's been advised for our group to focus on the way Modified Bass Technique would be actualized.

Since our team's prime design concept needs **two degrees of freedom which are one rotation and one linear repetition**, the question at hand is how to use **which type of actuators** to make the brush with Modified Bass Motion.

Simply, there were **two different mechanism** for electric motion of any brushes in the market.

1. Use of **Solenoid**
2. Use of **Gears**

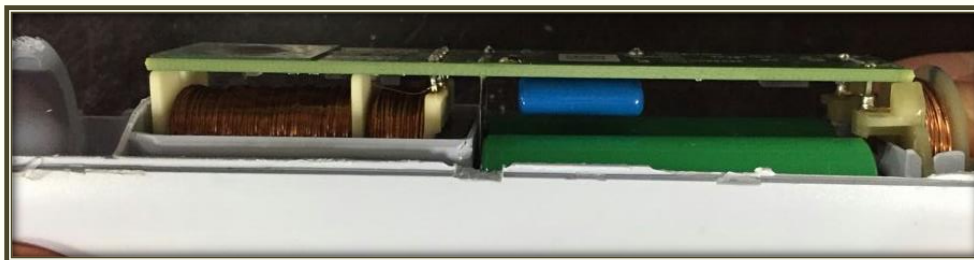
: Basically, either one of the mechanisms will be used; otherwise combined mechanism shall be implemented into the design.

Motion Control Method

Basic Structure for the Brush with Solenoid Mechanism



**Magnets Attached with
Three Steel Links**

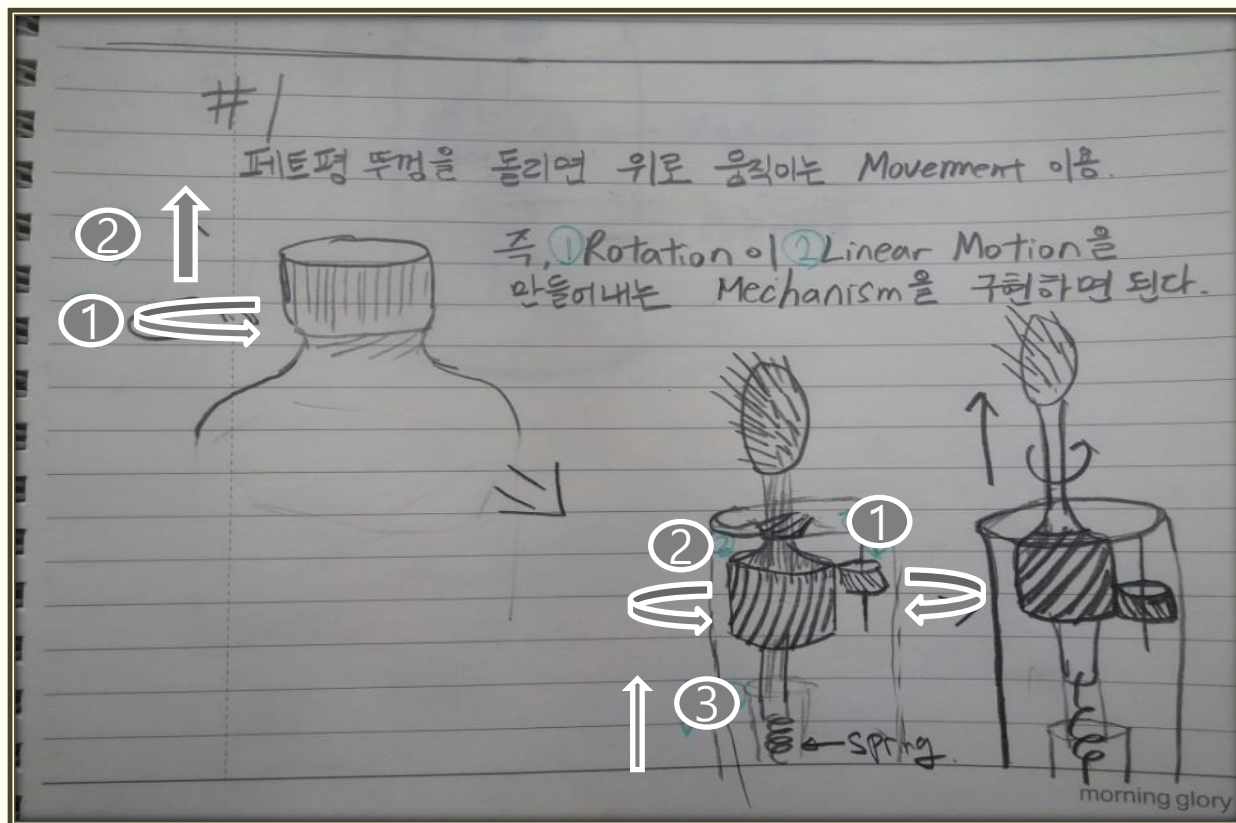


Solenoid

A.C Current changes the electromagnetic pole of the solenoid which causes vibration of the magnets. Consequently, the links attached to the magnets make horizontal movement moving the head quite fast.

Motion Control Method

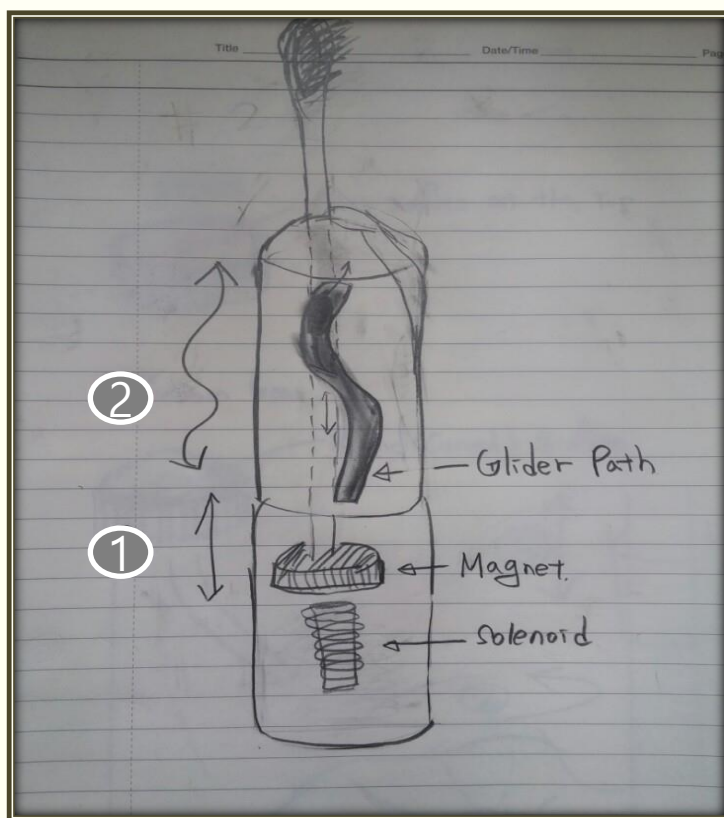
Design #1 for Gear Mechanism



Using the same principle of opening the bottle cap

Motion Control Method

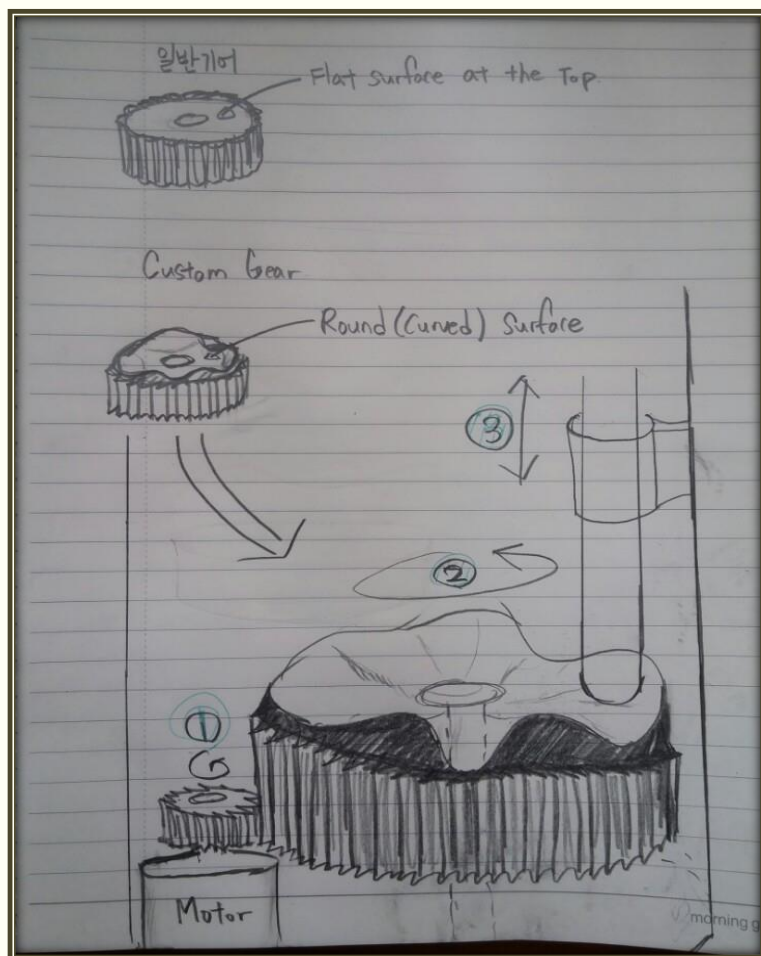
Design #2 for Gear Mechanism



This second model uses one actuator satisfying two degrees of freedom. This is possible by the usage of the glider path which initial linear motion(1) is later delivered as swerving motion(2) through going up and down.

Motion Control Method

Design #3 for Gear Mechanism

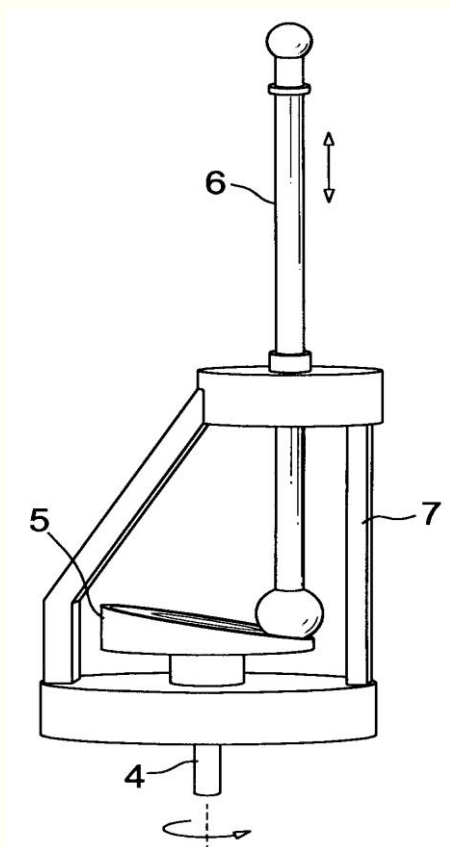


If gears with its round top surface are used, one motor could create two motions at the same time. As can be seen on the left design, motion(1) will create rotation (2) and this rotation motion will make the tooth stick move up and down which is linear motion(3).

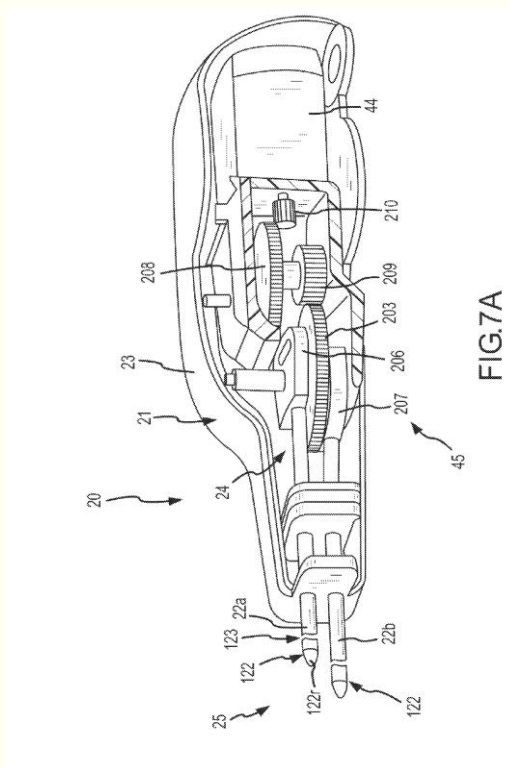
4. PATENT SEARCH

Patent Search

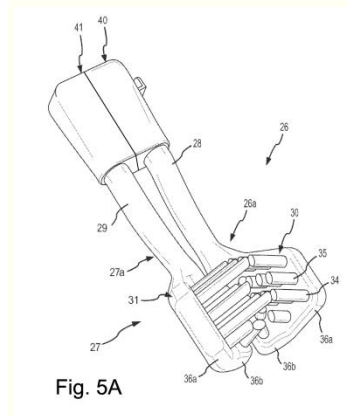
특허 조사를 통해 설정된 디자인과 겹치는 디자인이 있는지 조사하였다.



제품 1.



제품 2.



Patent Search

제품 1의 경우 캠의 회전 운동을 통한 상하 운동을 구현한다는 점에서 우리 조의 디자인과 같았다.

제품 2의 경우는 **Modified Bass Technique**를 구현한다는 점에서 우리조의 특허 포인트와 같았다.

그러나 제품 1의 경우 캠의 회전운동으로 칫솔의 상하운동만을 주었지 칫솔의 회전운동으로 연결 시켜주지 않음으로써 우리조의 디자인과 차이가 있었다.

제품 2의 경우 **Modified Bass Technique**를 구현하지만 그것을 이루기 위한 여러 기어 등의 기계 제품이 많이 들어갔기에 우리제품의 디자인의 설계 간편성과 차이를 보였다.

5. DETAILED DESIGN

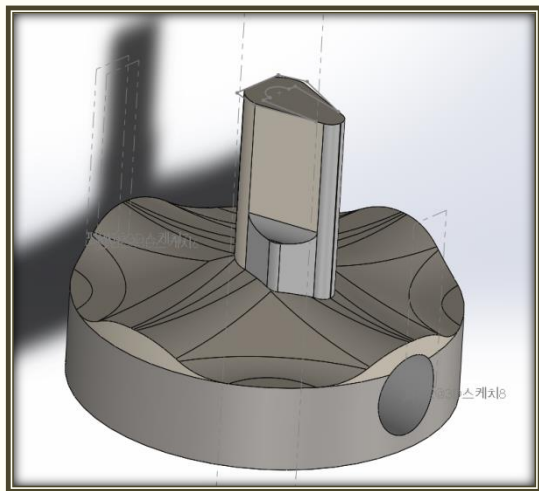
Detailed Design

상세 설계에서는 다음과 같은 부품들을 실제로 도면을 그리고 디자인 하도록 하였다. 3D 프린팅 되어야 할 파일은 크게 4가지로 구분 될 수 있었다. 4가지 중에서 케이스를 제외하고 본인이 3D 디자인한 부분은 3 가지이며 다음과 같다.

1. 캠 구조물 디자인 1: 칫솔의 상하운동과 털어내는 모션이 가능하도록
2. 캠 구조물 디자인 2: 구조물 1과 접촉하며 축과 스프링을 연결하도록
3. 칫솔 고정 장치 3: 칫솔이 탈 부착 가능하고, 구조물2와 연결 되도록

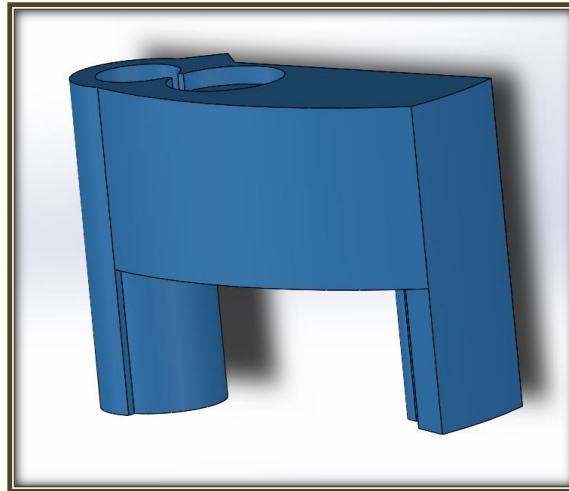
Detailed Design

각 디자인에 해당하는 3D 모델링은 다음과 같다.



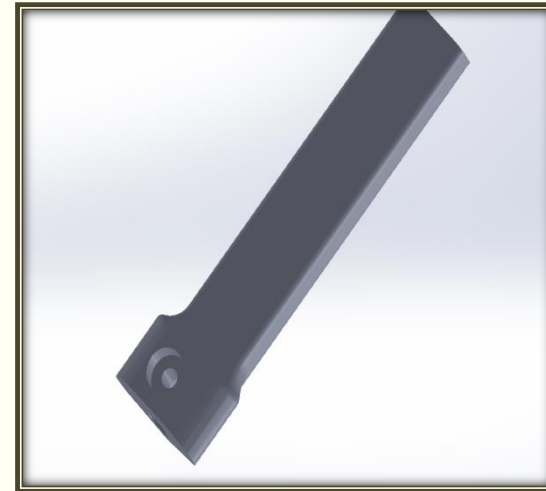
캠 구조물 디자인 1

:치솔의 상하운동과
떨어내는 모션이 가
능하도록



캠 구조물 디자인 2

:구조물 1과 접촉하며 축
과 스프링을 연결하도록

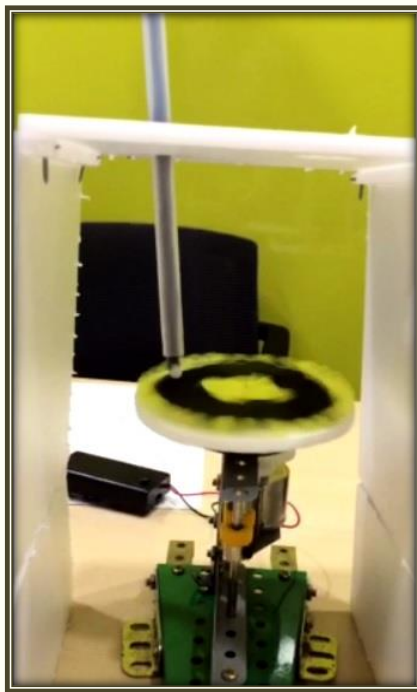


치솔 고정 장치 3

:치솔이 탈 부착 가능하
고, 구조물2와 연결 되
도록

Detailed Design: 캠 구조물 1의 테스트

캠 구조물 1을 디자인을 상세 디자인 하기에 앞서, 간단한 재료 및 과학상자 구성 품으로 다음과 같은 장치를 구현해 보았다. 컨셉 디자인이 실제로 구현 가능한지에 대한 테스트였다. 캠의 Sine Wave 굴곡에 의한 상하 운동을 실험해 보았다. 결론은 가능하다였다.



Detailed Design: 캠 구조물 1의 상하모션

테스트 후 각각의 부품 및 디자인에 대한 상세 도면을 설계, 보완 하였다.

먼저 캠 구조물 1은 칫솔의 상하 운동과 털어내는 모션을 동시에 줄 수 있도록 디자인 되어야 했다.

고려했어야 하는 부분

1. 캠 표면의 Sine Wave 수: 모터 1회전 시 칫솔의 상하 왕복운동 수를 결정
→상하 모션과 관련

2. 캠中间的 구조물의 두께 및 너비: 캠 구조물 2와 맞물려 결정되는 칫솔의 회전 운동 각도
→털어내는 모션과 관련

Detailed Design: 캠 구조물 1의 상하모션

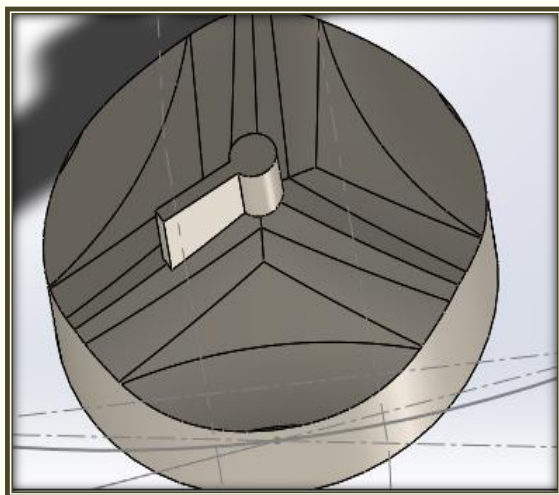
고려 사항

1. 캠 안의 Sine Wave 형상의 표면을 결정 하는 것은 매우 중요했다.

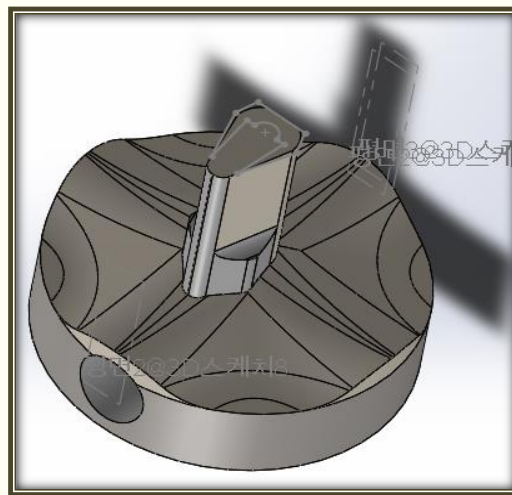
→모터의 RPM은 44정도로 1 회전당 2/3 약 240도 만큼 회전했다.

→(Sine Wave 수) X (2/3)= 1회전당 칫솔의 상하 운동 수가 되는 것이다.

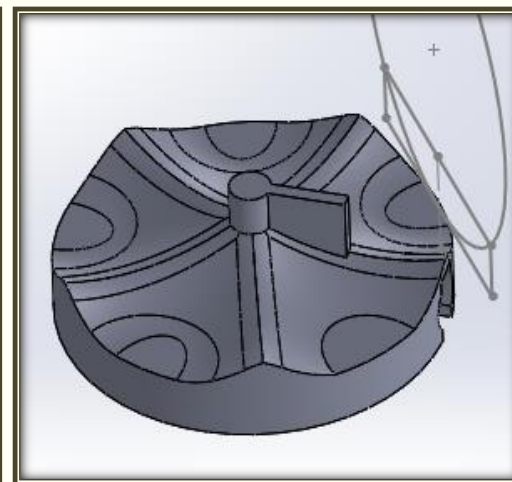
→다음과 같이 여러 가지 형태의 캠을 고안해보았다.



Triangle Shape

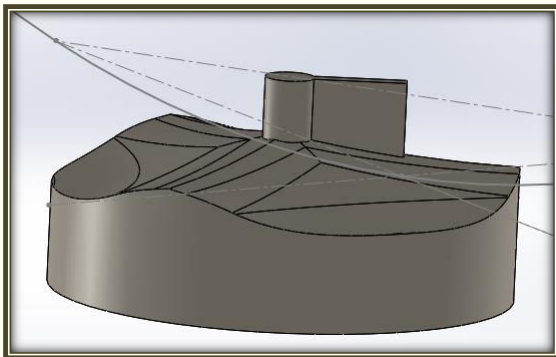
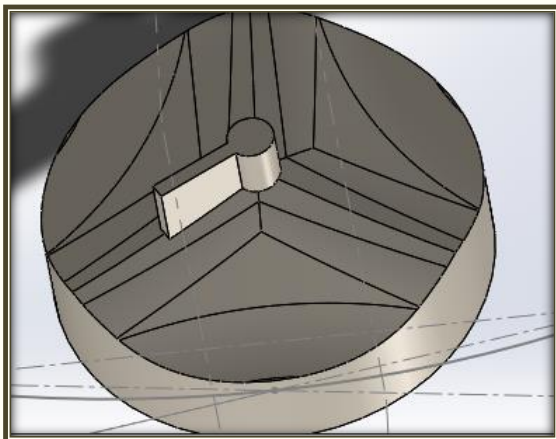


Square Shape

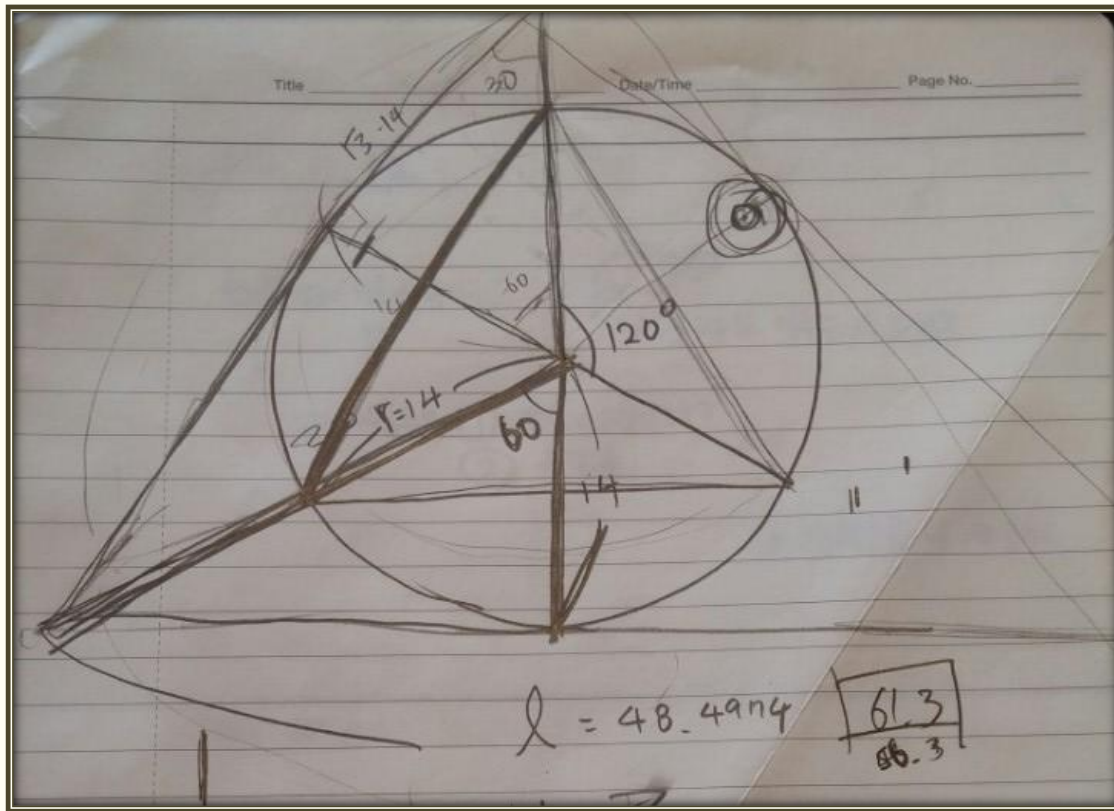


Pentagon Shape

Detailed Design: 캠 구조물 1의 상하모션

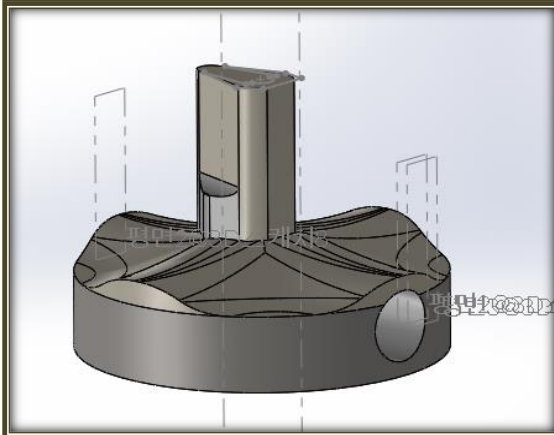
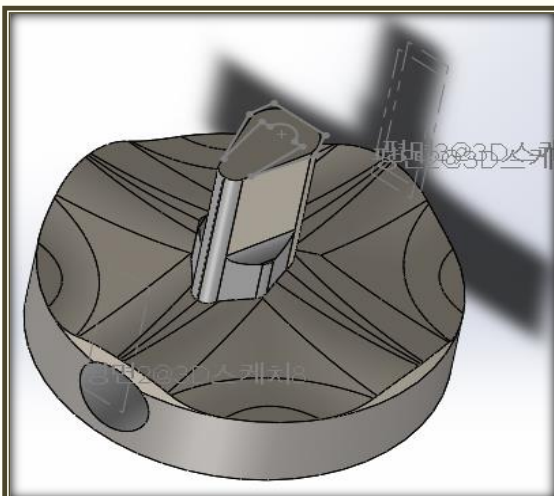


Triangle Shape

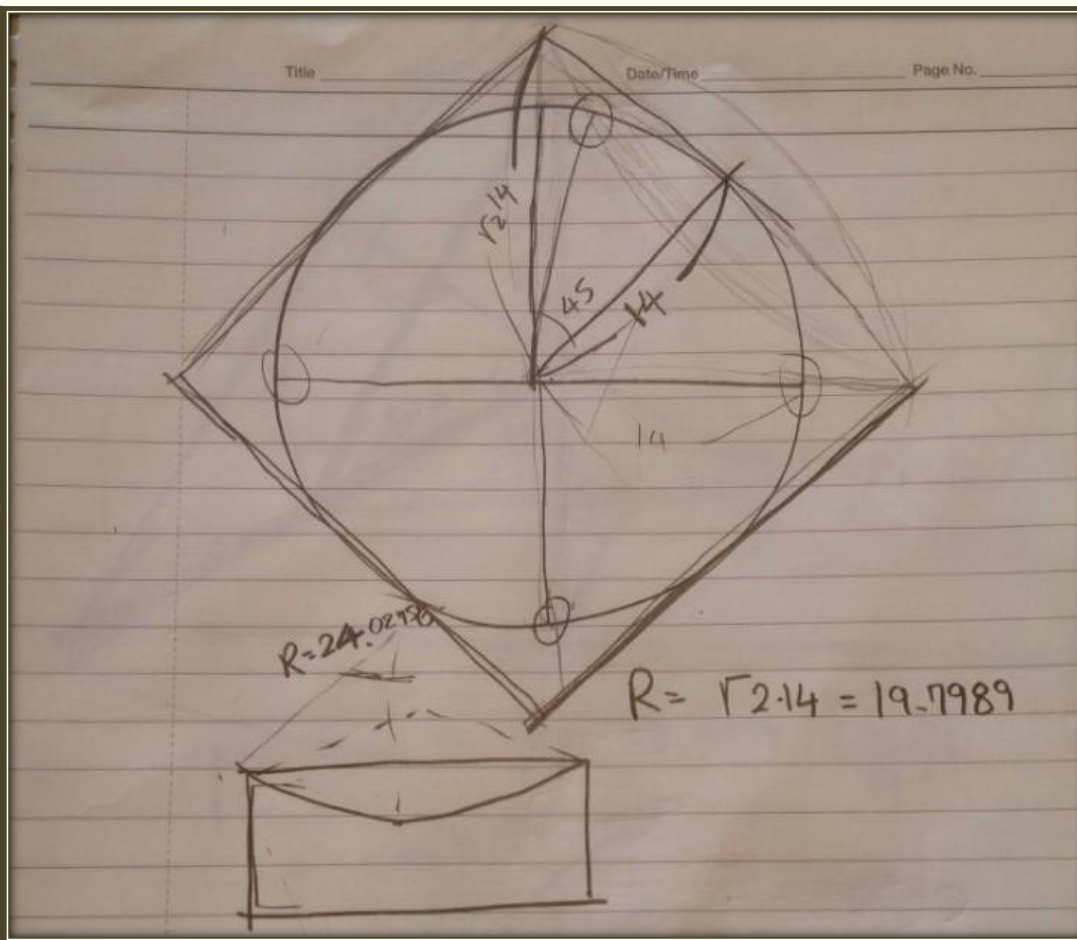


설계 도면

Detailed Design: 캠 구조물 1의 상하모션

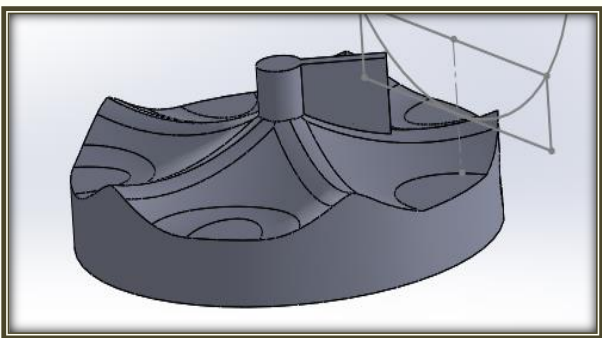
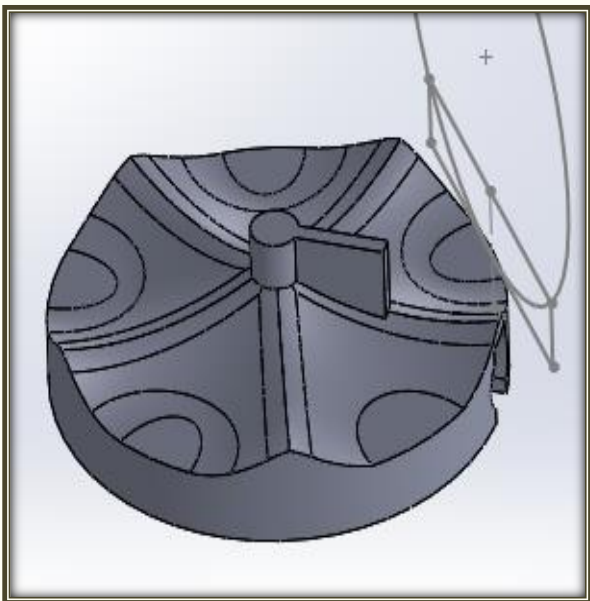


Square Shape

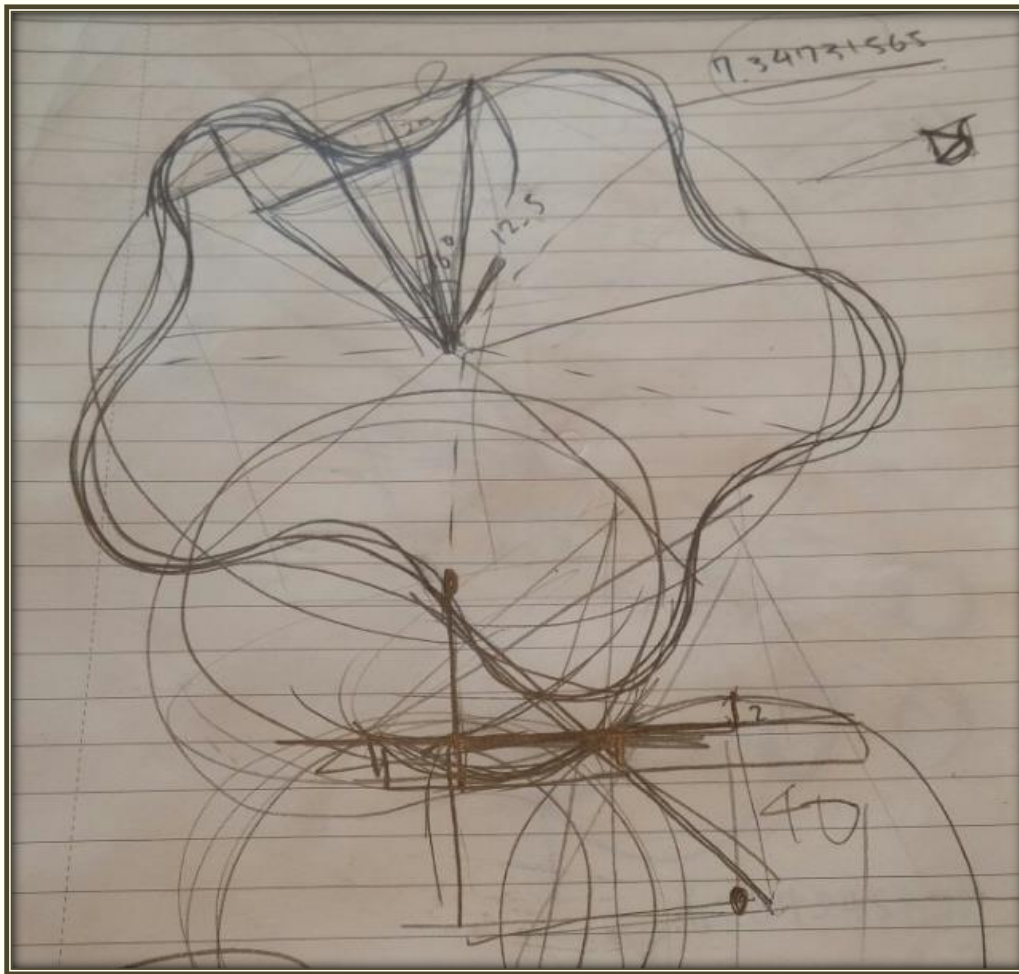


설계 도면

Detailed Design: 캠 구조물 1의 상하모션

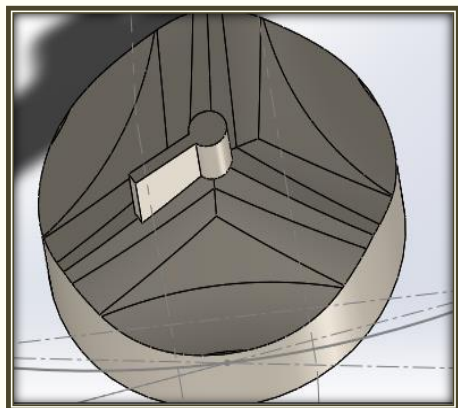


Pentagon Shape



설계 도면

Detailed Design: 캠 구조물 1의 상하모션

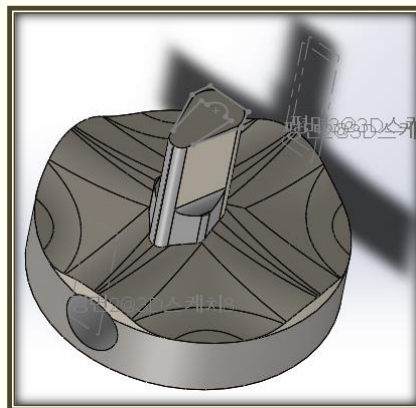


Triangle Shape

삼각형 모양으로 Sine Wave가 3개 들어가있다.

모터의 RPM이 44이므로
1회전당 칫솔 상하운동왕복:

$$(\text{Sine Wave 수}) \times (2/3) \\ = 2\text{번}$$

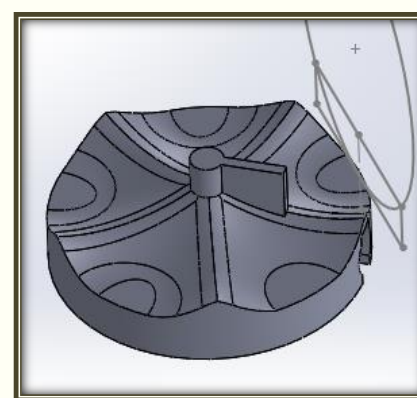


Square Shape

사각형 모양으로 Sine Wave가 4개 들어가있다.

모터의 RPM이 44이므로
1회전당 칫솔 상하운동왕복:

$$(\text{Sine Wave 수}) \times (2/3) \\ = \text{약 } 2.7\text{번}$$



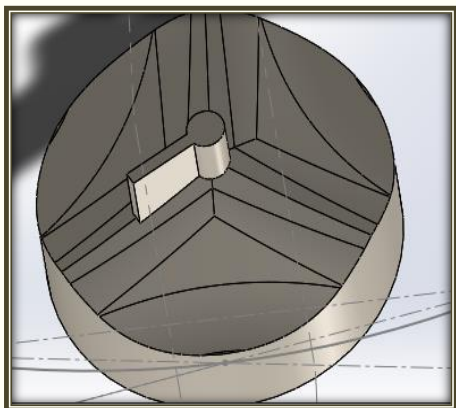
Pentagon Shape

오각형 모양으로 Sine Wave가 4개 들어가있다.

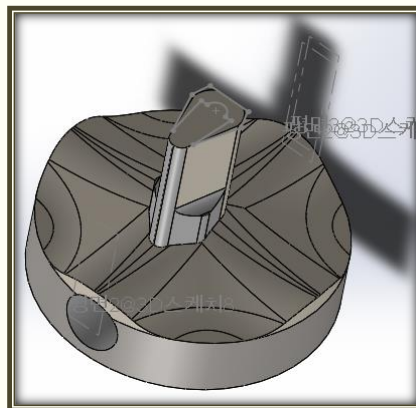
모터의 RPM이 44이므로
1회전당 칫솔 상하운동왕복:

$$(\text{Sine Wave 수}) \times (2/3) \\ = \text{약 } 3.3\text{번.}$$

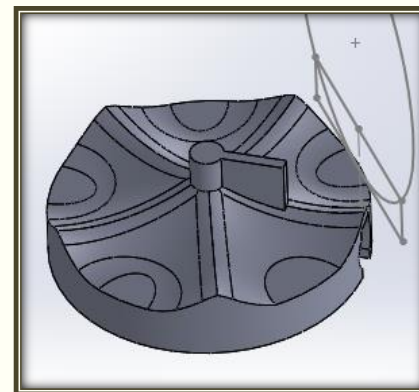
Detailed Design: 캠 구조물 1의 상하모션



Triangle Shape



Square Shape



Pentagon Shape

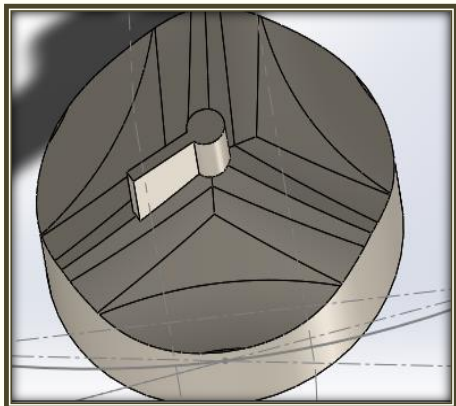
위 세 개의 다른 캠 구조물 1의 디자인 중에서 사각형 모형을 채택 하였다.

결정의 요인이 된 요소는 다음과 같이 두 가지 이다.

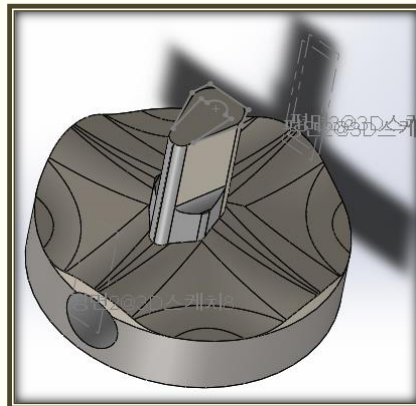
1. 모터의 회전수가 정해져 있다 → 44RPM
2. 캠의 직경이 크기가 정해져 있다. → 28MM

먼저 sine wave 굴곡의 표면이 완만하게 만들어야 하기 때문에 sine wave개 수를 줄이면 주어진 캠의 직경 내에서 완만한 경사를 줄 수 있다. 하지만 모터의 회전수가 정해져 있기 때문에 wave 감소는 곧 회전당 상하운동 수 감소로 연결된다.

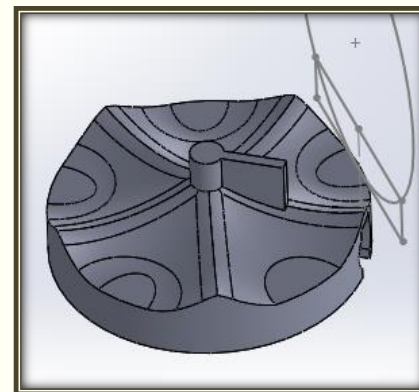
Detailed Design: 캠 구조물 1의 상하모션



Triangle Shape



Square Shape



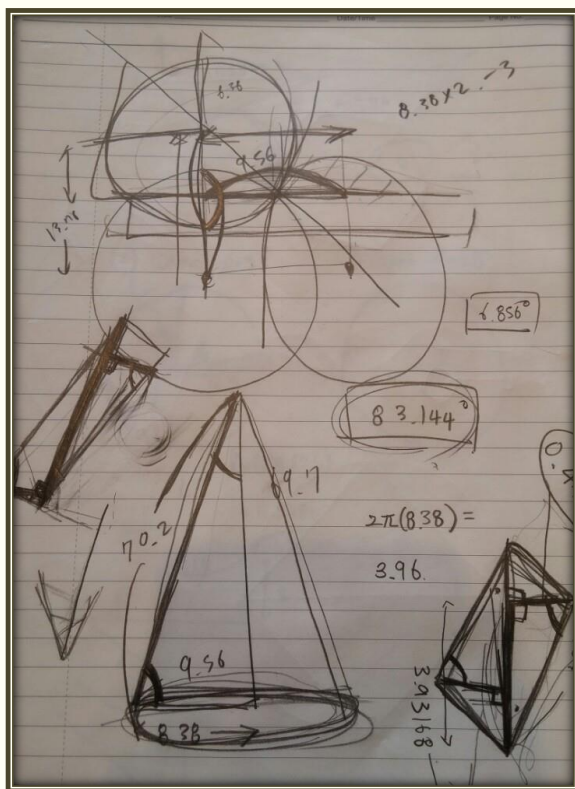
Pentagon Shape

결론적으로 이 전 슬라이드의 제한 조건 두 가지에 의해, sine wave수가 너무 적으면 정해진 모터 회전 수에 의해 1초당 상하운동이 적어질 것이고, sine wave수가 너무 많다면 반대로 주어진 캠의 직경 때문에 경사가 심해지게 된다.

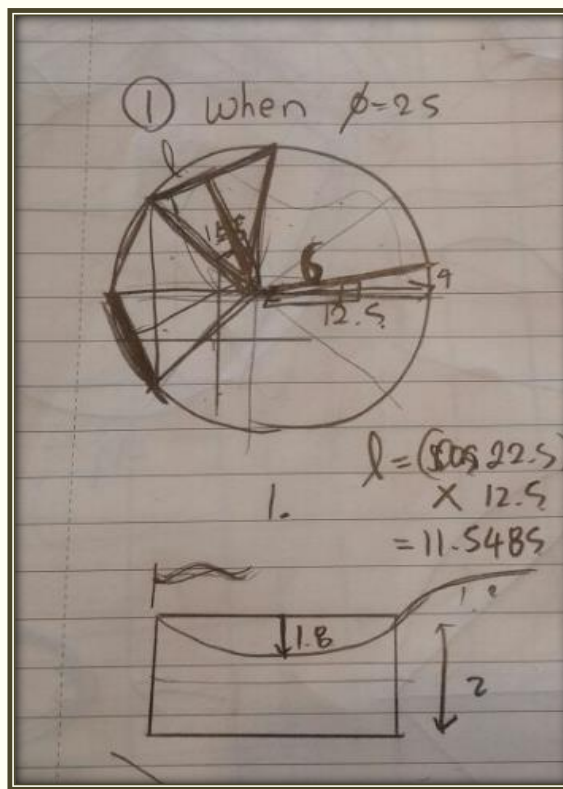
→따라서, 위 두 가지의 제한 조건 사이에서 절충할 수 있는 디자인을 선택했어야 했다. 결론적으로 사각형 모양의 디자인을 선택하였다.

Detailed Design: 캠 구조물 의 상하모션

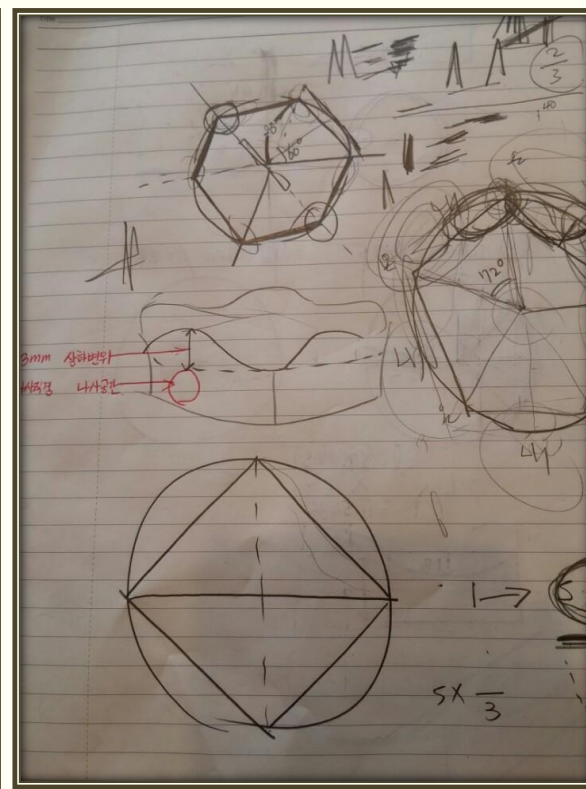
캠 구조물 1과 관련된 기타 설계 도면들



캠에 조각할 원뿔 비율 계산



캠의 깊이 계산=상하모션 범위
→깊이는 3mm로 결정



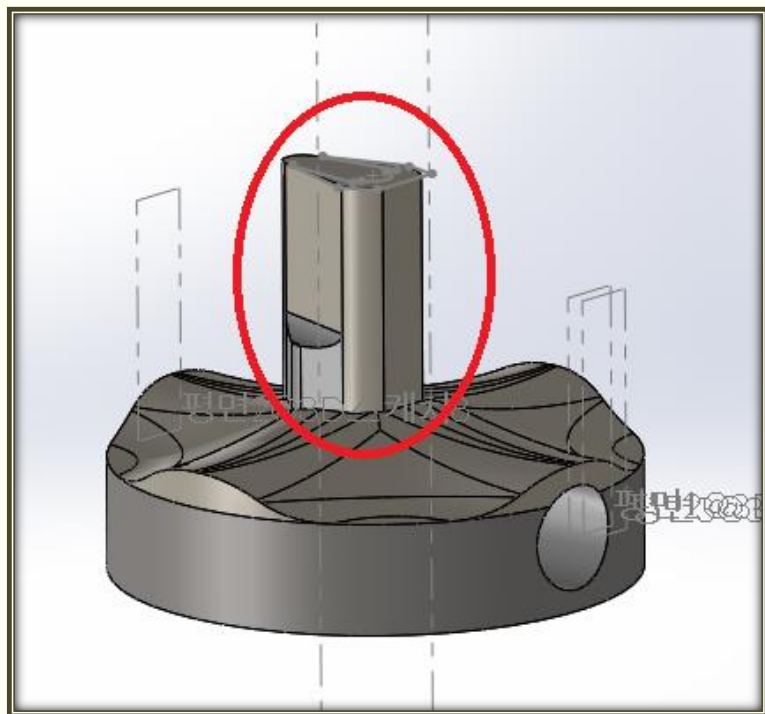
캠의 모양 설정

Detailed Design: 캠 구조물 1의 털어내는 모션

다음으로 2번 째 고려사항에 관련된 설명이다.

2. 캠中间的 구조물의 두께 및 너비: 캠 구조물 2와 맞물려 결정되는 찢솔의 회전 운동 각도

→털어내는 모션과 관련

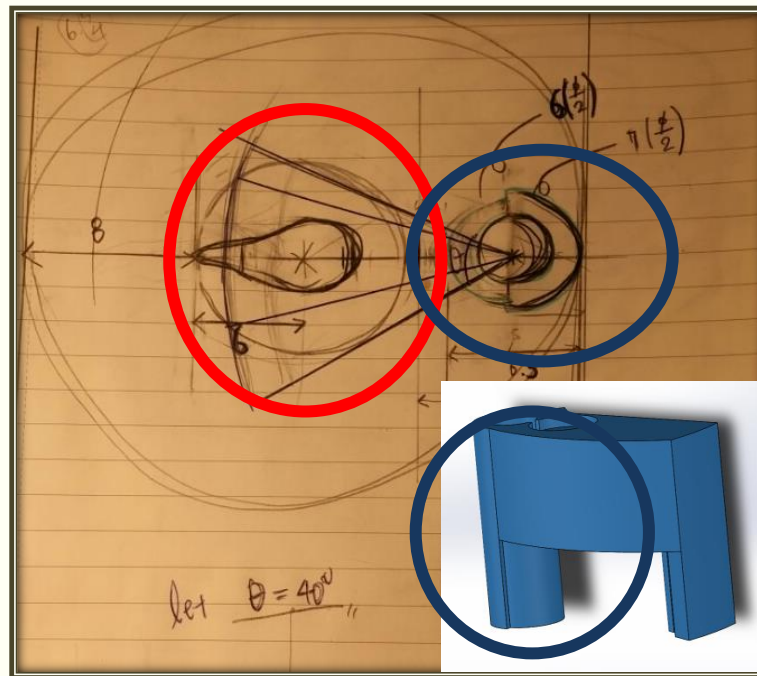
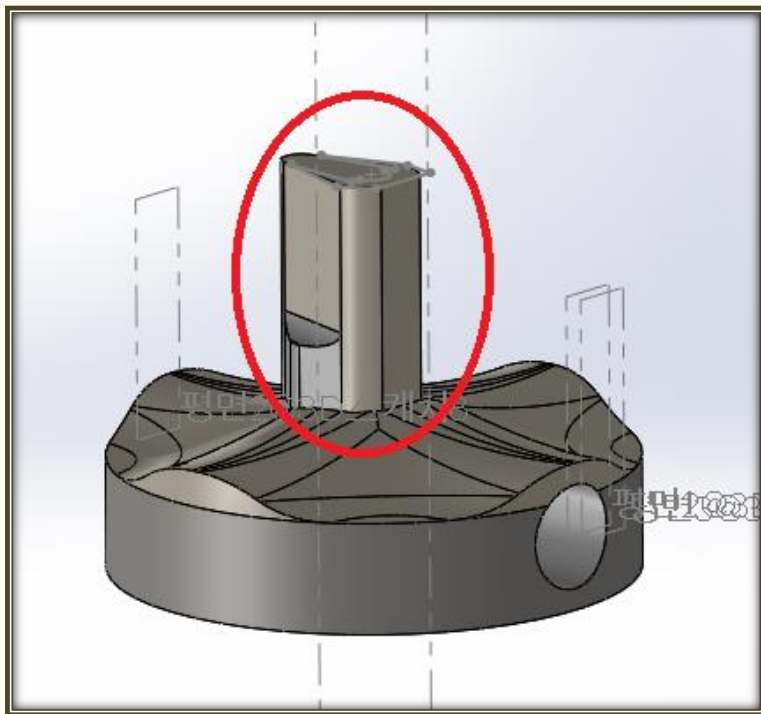


사각형의 캠 모양이 결정된 상태에서 中间的 구조물에 관련된 설명이다.

그림으로 보면 다음의 부분이다.

이 부분이 밑에 부착된 캠 구조물1이랑 같이 회전하면서 찢솔의 회전축과 연결된 캠 구조물 2를 1회전당 건들리게 될 것이다.

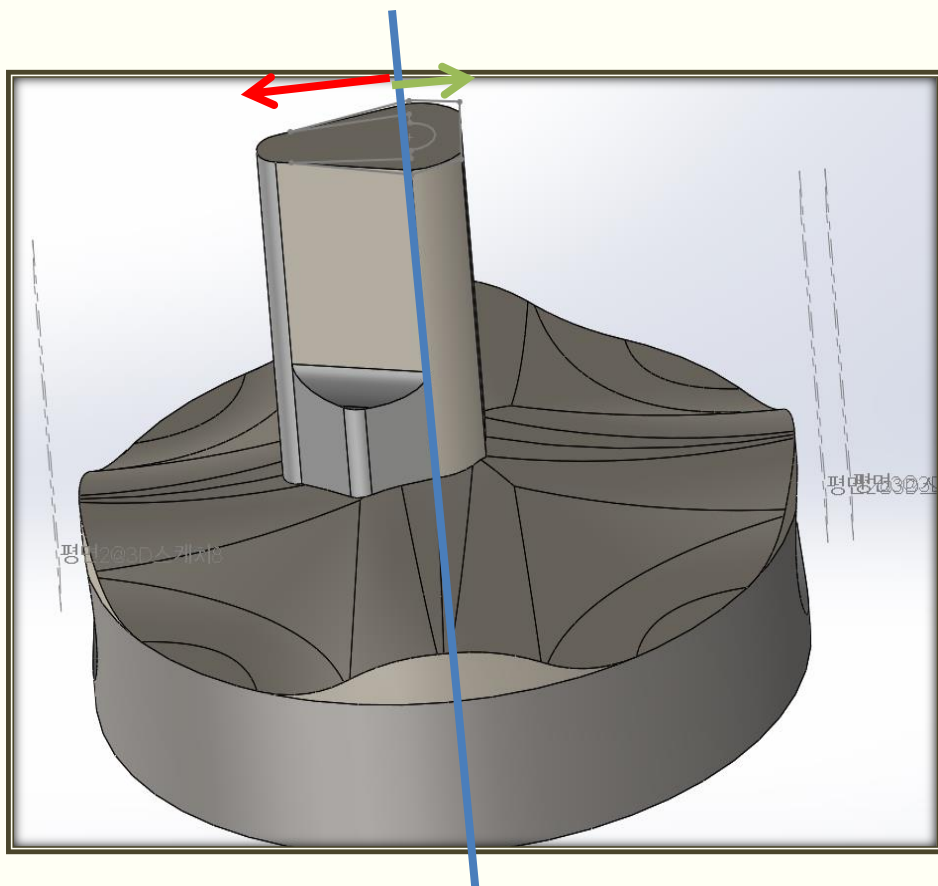
Detailed Design: 캠 구조물 1의 털어내는 모션



캠 구조물 2

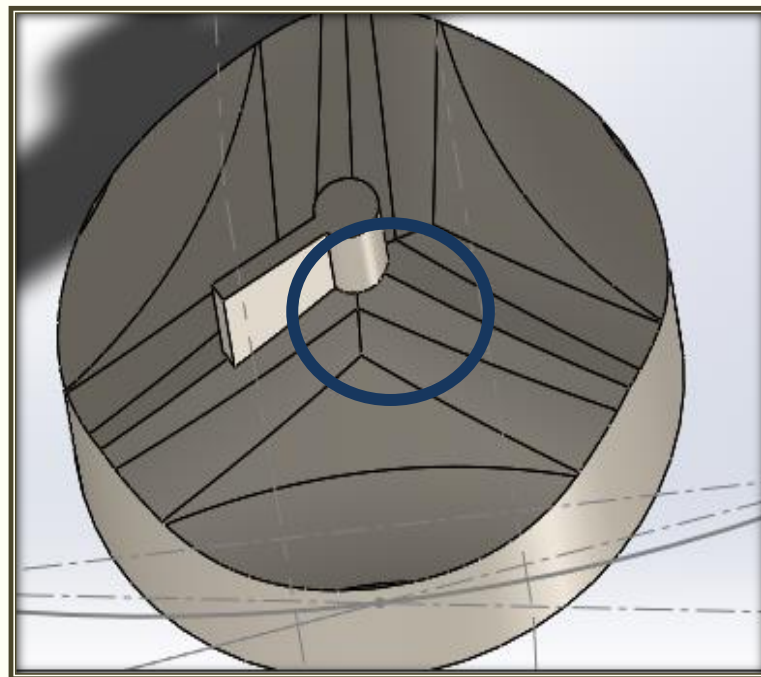
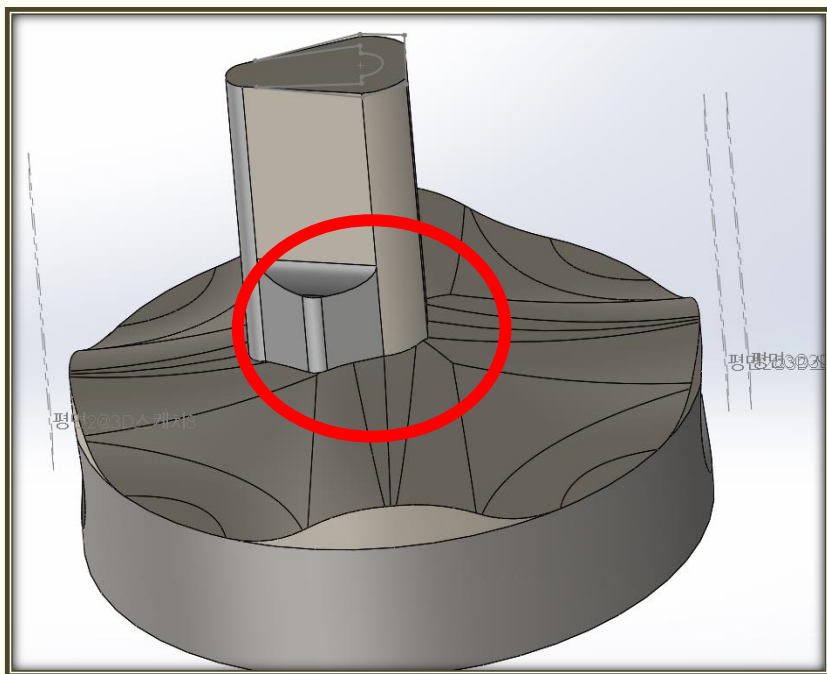
오른쪽 도면에서 **빨간색 원**으로 표시된 부분이 왼쪽 그림과 같은 부분이라고 보면 된다. 오른쪽 도면에서 **파란색 원** 안에 해당하는 것은 **캠 구조물2의 부분**이며 두 빨간색 파란색 원에 표시된 부품들이 곧 회전 당 서로 접촉하게 될 부분들이다.

Detailed Design: 캠 구조물 1의 털어내는 모션



위에 표시된 것처럼 **파란색 선**은 **캠의 회전 축**이다. **빨간색 선**의 길이는 6.35mm 이고 이 길이는 곧 **치솔의 털어내는 모션의 각도를 결정** 짓는다. 길이가 길어지면 **접촉구간이 늘어나**기에 **각도가 증가**한다. 이 빨간색 해당하는 부분은 길이가 너무 길어서는 안되었다. 길면 계속해서 캠 구조물을 건드려 치솔을 계속 회전 시킬 . **초록색**에 해당하는 구조물은 너무 길어서도 짧아서도 안되었다. 짧으면 중간 구조물의 내구성이 약해졌고 길게 된다면 캠 구조물 2를 건드릴 것이기 때문이다.

Detailed Design: 캠 구조물 1의 변경



컨설팅을 통해

빨간색 원의 그림은 컨설팅 내용을 반영한 사각형 모양의 캠 디자인에 준 보강 대.

파란색 원의 초기 디자인에는 보강 대를 주지 않았다.

다음과 같이 캠 구조물의 중앙 부분에 보강 대 + Rounding을 주어 파단을 막도록 변경하였다.

Detailed Design: 캠 구조물 2

먼저 캠 구조물 2는 앞 서 설명한 캠 구조물1의 접촉으로부터 운동을 이어받아 칫솔에 상하운동과 회전운동을 주는 장치이다.

고려했어야 하는 부분

1. 스프링 하나를 통해 어떻게 Vertical, Torsional 방향으로 탄성을 줄 수 있을지에 대해 생각해봐야 했다.
2. 스프링을 캠 구조물 2 고정 방법: 볼트 결합
3. 캠 구조물1과 접촉하는 구간으로 인한 칫솔의 회전 반경 및 각도

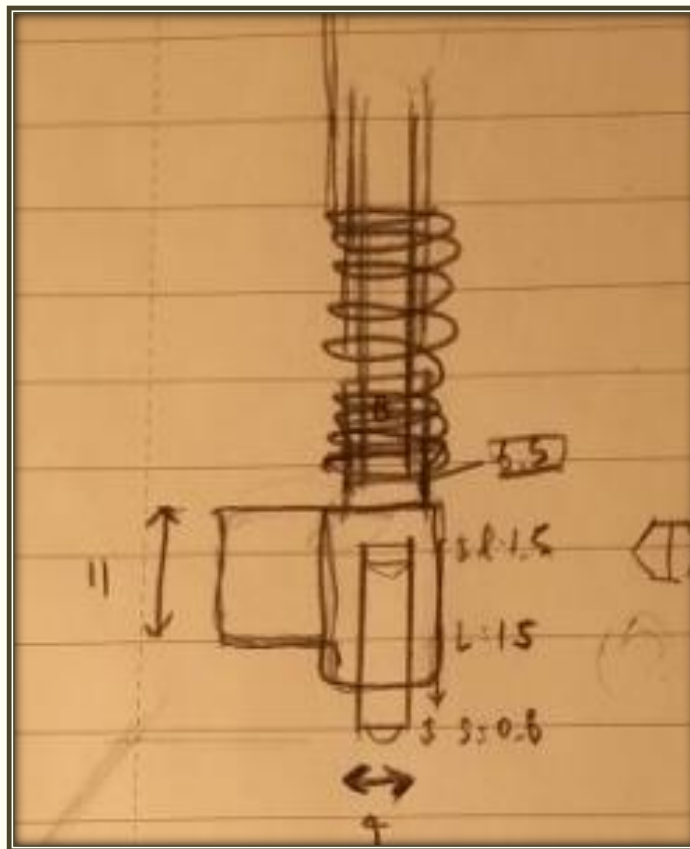
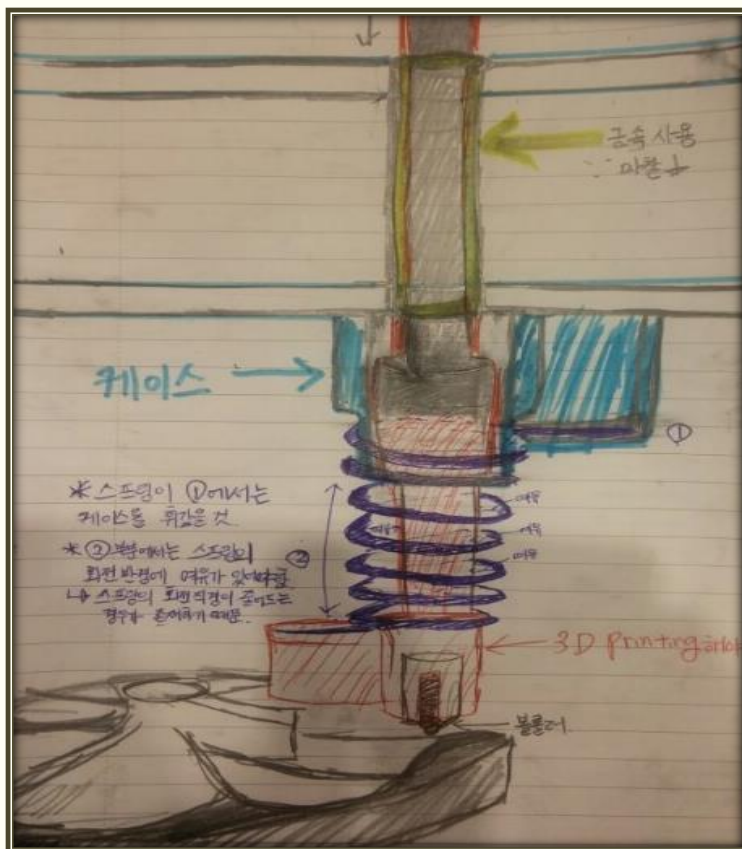
Detailed Design: 캠 구조물 2



고려사항

1. 스프링 하나를 통해 어떻게 Axial, Torsional 방향으로 탄성을 줄 수 있을 지에 대해 생각해봐야 했다.
→ 위의 그림과 같이 스프링의 위 아래 부분을 휘어준다면 Axial, Torsional 두 가지 스프링의 역할을 해낼 수 있을 것이다.

Detailed Design: 캠 구조물 2



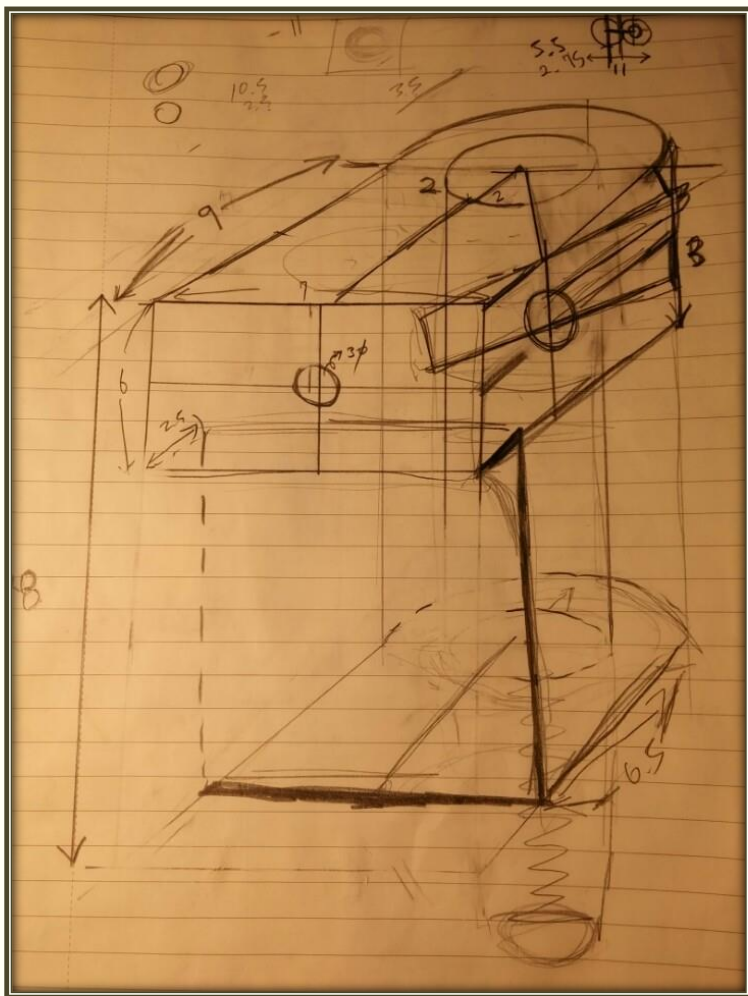
고려 사항

2. 스프링을 캠 구조물 2 고정 방법: 볼트 결합

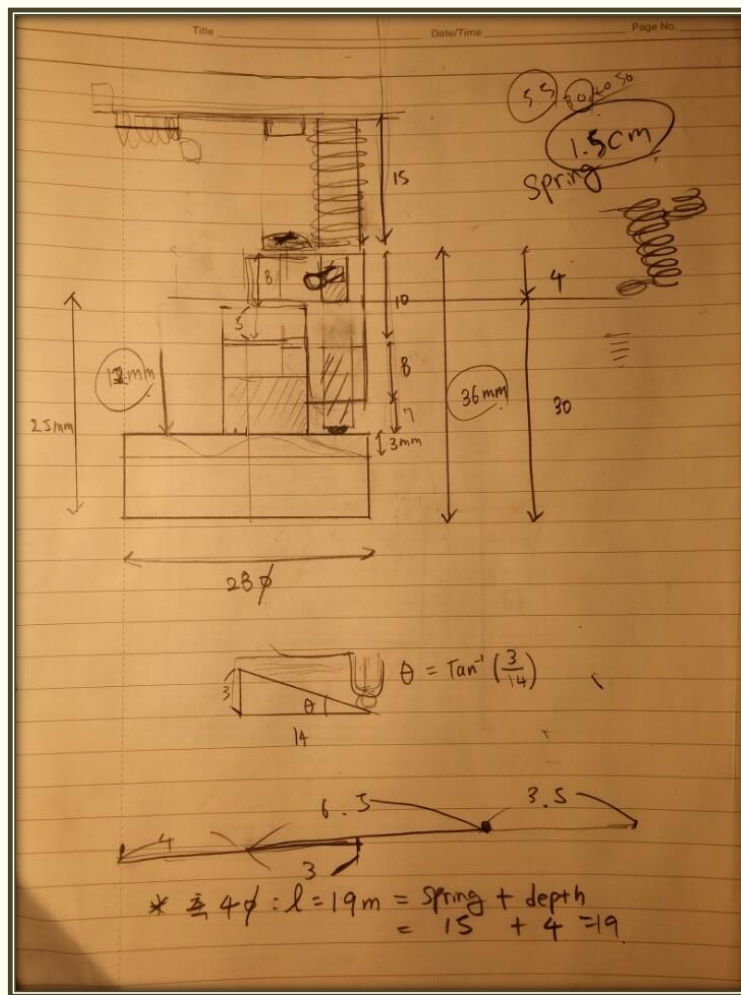
→ 스프링의 디자인 여부가 결정된 순간부터 캠 구조물 2의 디자인을 완성하였다.

→ 캠 구조물 2에 스프링을 연결시키는 디자인을 만들었다.

Detailed Design: 캠 구조물 2

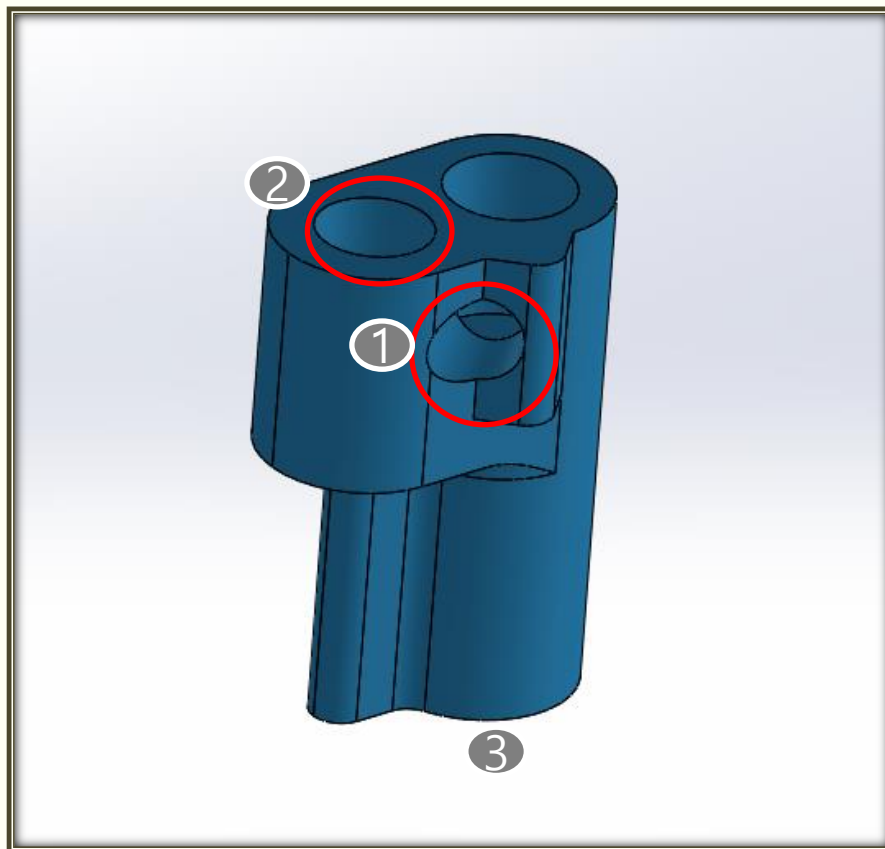
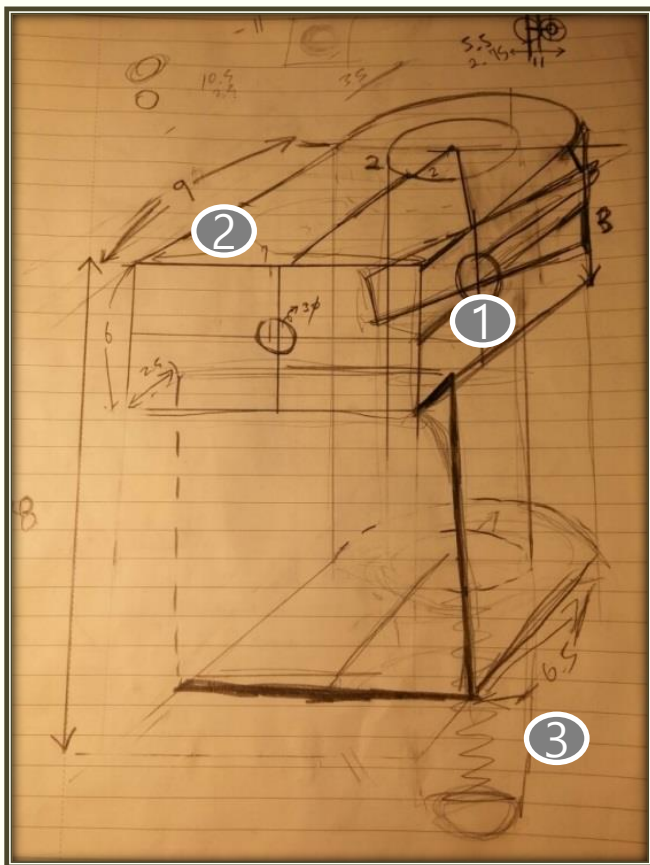


캠 구조물2 초기 디자인



접촉하게 될 캠 구조물1을 고려한
전체 설계

Detailed Design: 캠 구조물 2



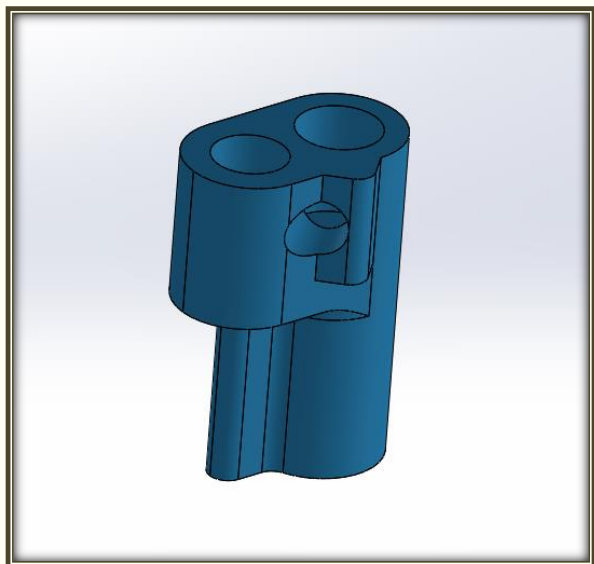
위 오른쪽의 그림에서 빨간색으로 표시된 부분이 볼트로 고정될 부분이다. 1번은 칫솔 축을 고정 시킬 볼트가, 2번은 스프링을 고정 시킬 볼트가 결합 될 곳이다. 3번 위치는 캠 구조물1을 타고 흐를 볼 롤러의 위치 이다.

Detailed Design: 캠 구조물 2

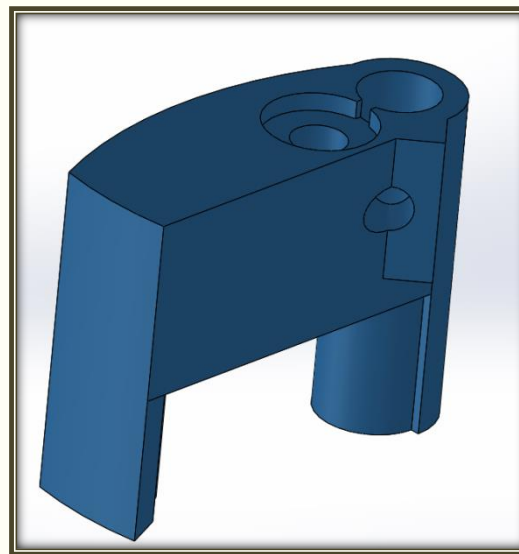
컨설팅을 통해서 달라진 구조물2는 다음과 같다.

개선 사항은

구조물 1의 Arm과 구조물 2의 Arm끼리 힘의 스트레스를 줄이기 위해 구조물 2의 moment arm을 늘리도록 하였다.

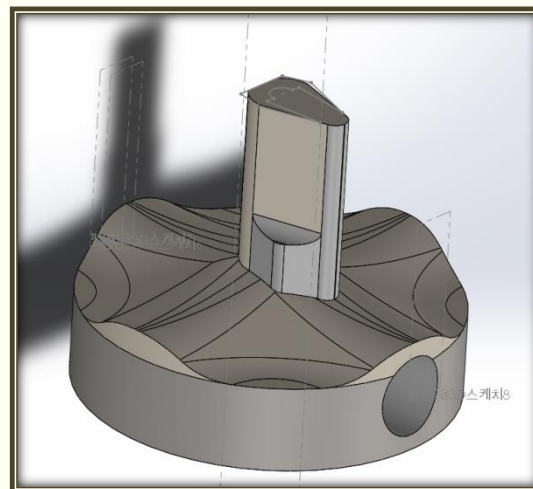
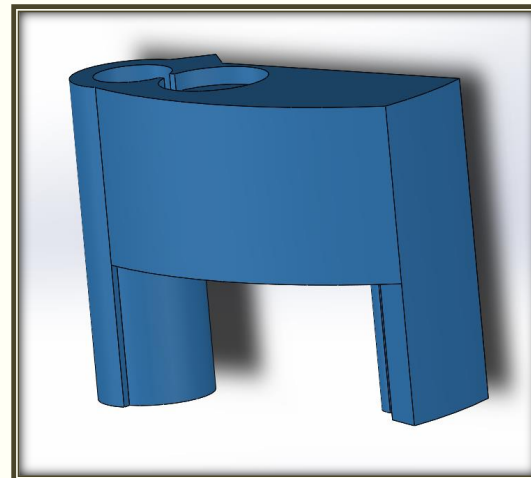
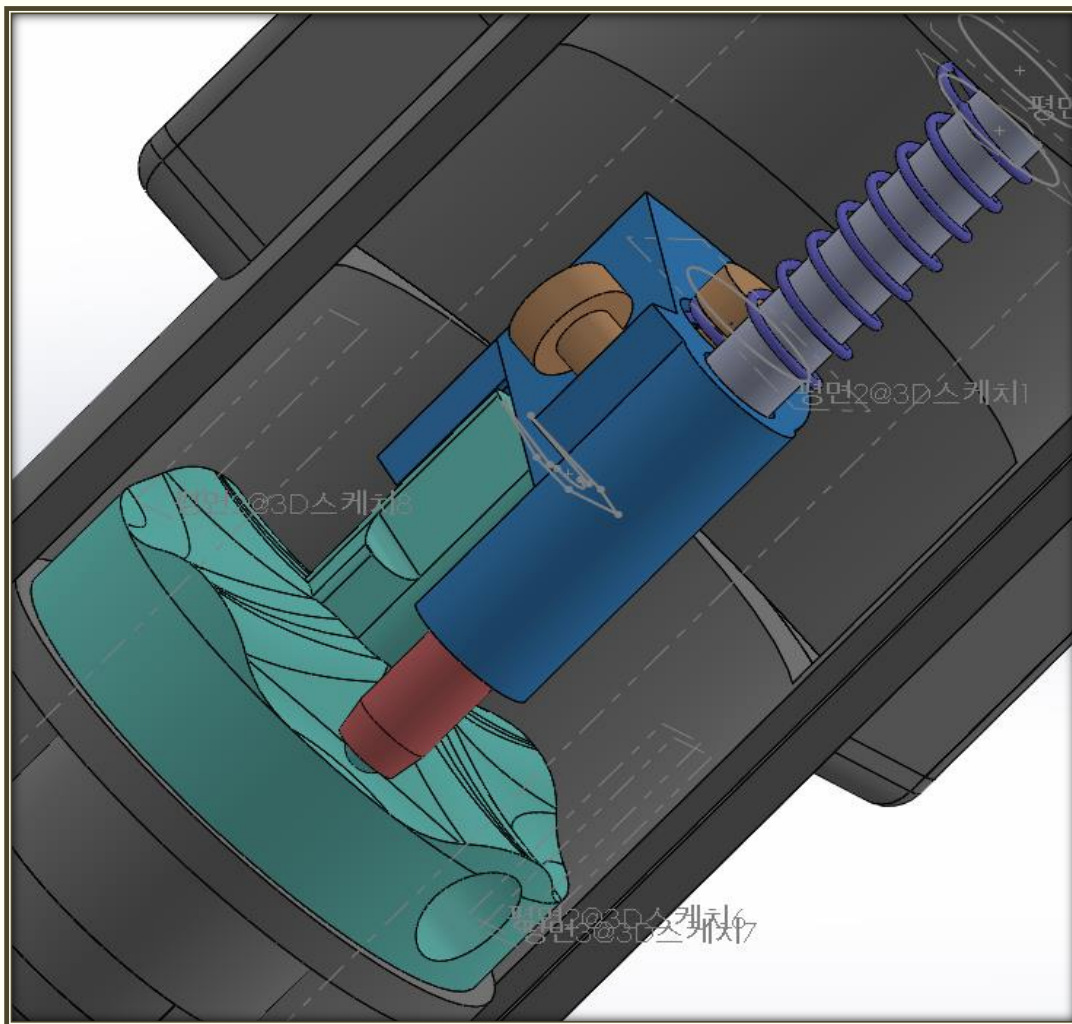


캠 구조물2 초기 디자인



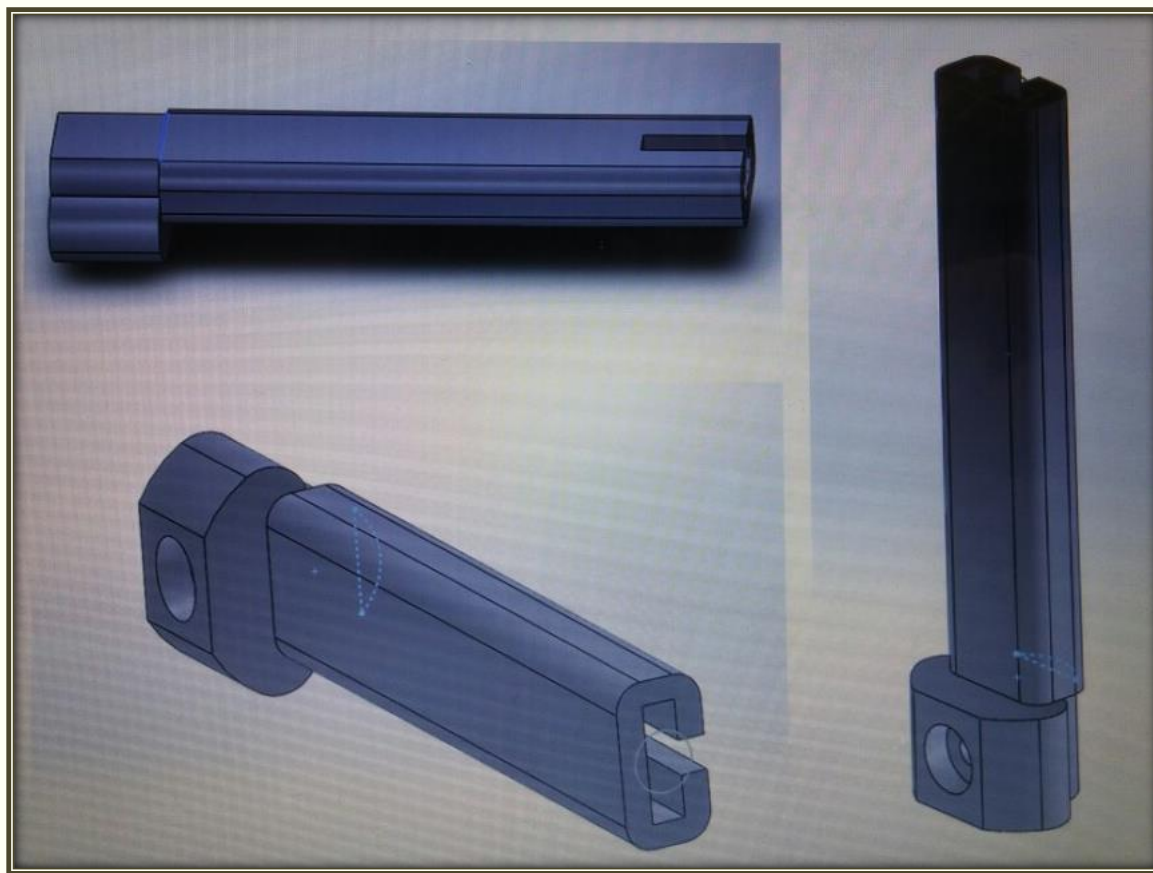
캠 구조물2 의 변경된 디자인

Detailed Design: 캠 구조물1 + 캠 구조물 2



Detailed Design: 칫솔 고정 장치

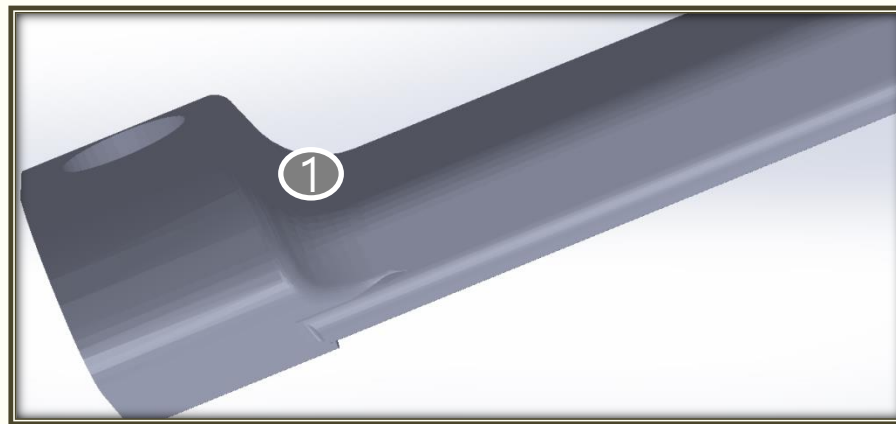
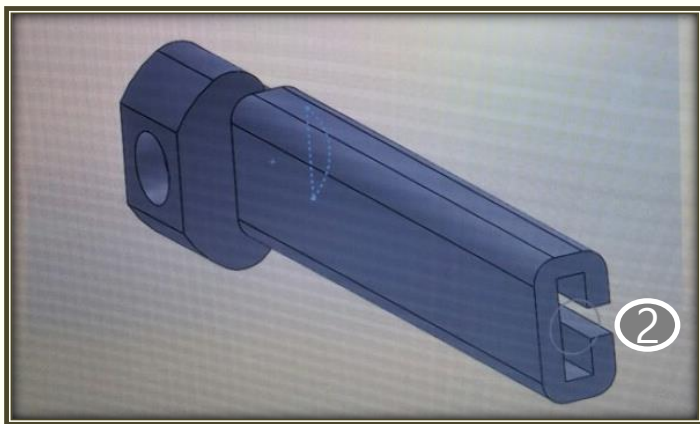
먼저 칫솔 고정 장치는 캠 구조물2에서 뺀어 나오는 축과 연결이 되며 칫솔이 탈 부착 가능하도록 디자인 되어야 했다.



Detailed Design: 칫솔 고정 장치

디자인 시 고려해야 했던 부분

1. 라운딩을 주어 파단이 일어나지 않도록 하기
2. 칫솔을 탈 부착 가능하도록 하기
→ ㄷ자 모형으로 칫솔과 결합하는 부위



Detailed Design:

지금까지 세가지

1. 캠 구조물1
2. 캠 구조물 2
3. 칫솔 고정 장치

의 부품들을 디자인한 과정과 고려사항들을 살펴보았다.

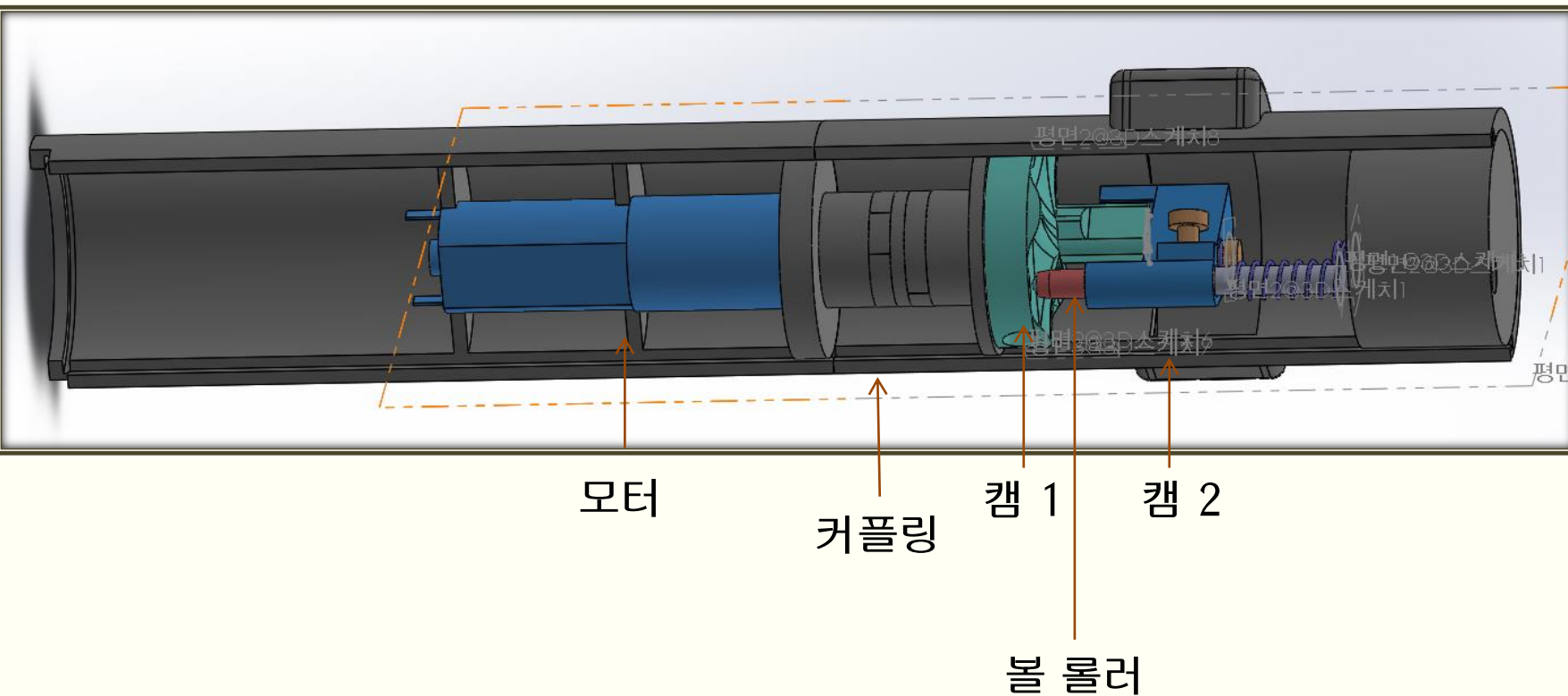
케이스와 함께 총 4가지 부분이 3D 프린팅 되었고
모터, 커플링, 볼트, 축, 스프링 등을 결합하였다.

다음은 조립 파트이다.

6. PART ASSEMBLY

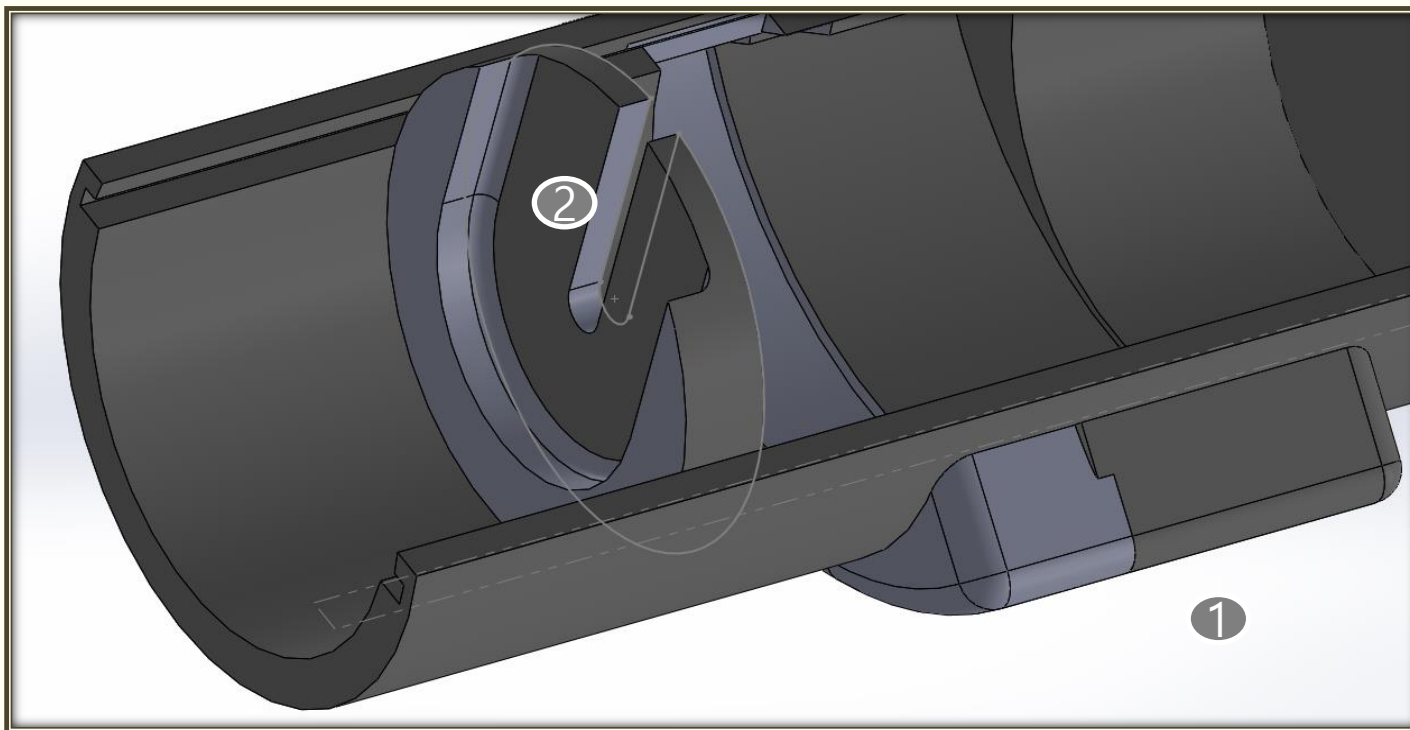
Part Assembly: 3D Model

결합된 3D 디자인 모형은 다음과 같다.



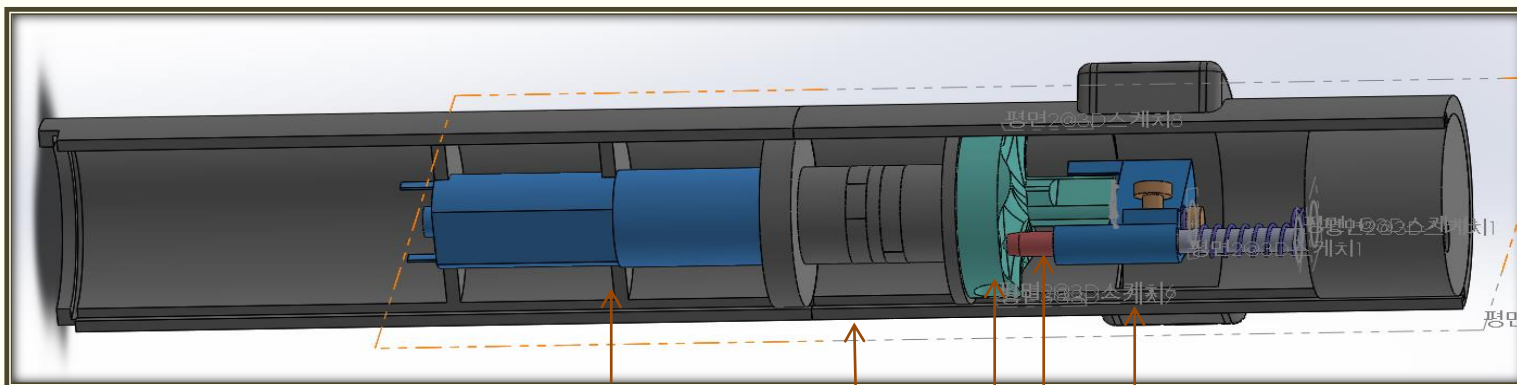
Part Assembly: 3D Model Improved

케이스 부분에서는 다음과 같은 보완이 이루어졌다.



케이스는 다른 조원이 디자인 하였다. 먼저 컨설팅 후 다음과 같은 사항이 반영되었다. 1번 늘어난 캠 구조물2 Moment Arm에 의한 케이스 확장. 2번은 커플링과 캠 구조물1 사이에 위치한 판으로 조립에 영향 받지 않는 조건으로 두께를 넓혀주었다.

Part Assembly: 실제 프린팅 된 Model



모터

커플링

캠 1

캠 2

볼 롤러

Part Assembly: 조립의 문제점 및 한계

1. 3D 프린팅시 열로 인한 수축: 수축을 고려해 볼트, 축 등의 원 반경을 살짝 더 크게 디자인 하였다.
2. 재질로 인한 표면의 거칠기: 회전 디스크 부드럽게 해주어야 했다. Grease 또는 접착면 사이에 테이프 등을 붙여 마찰을 최소화 시켰다. 또한 캠 구조물 1의 경우 사포질을 통해, 아세톤 등을 통해 표면의 마찰을 줄이도록 하였다.
3. 조립 순서의 중요성: 각 디자인된 부품의 특성상 조립의 순서가 중요했다.
4. 스프링의 성능: 스프링이 axial방향으로는 탄성이 좋았지만 torsional 스프링의 성능은 기대에 미치지 못했다. 회전 방향에 따라 탄성의 정도 역시 차이가 났다. 이 문제를 해결하기 위해 스프링을 두겹으로 겹쳐서 사용할것을 시도해보았지만 이 경우 vertical 방향의 탄성력이 너무 강해져 칫솔의 상하모션 구현을 이룰 수가 없었다.

Part Assembly: 구동 모션 테스트



7. FINAL DESIGN AND CONCLUSION

Final Design:



Final Design: 평가 및 칫솔의 스펙

1. 평가

장점

- 모터 하나를 사용한 간단한 디자인(원가절약 등)
- 모터 하나를 통한 두 가지 모션 구현
- 의사들이 추천하는 Modified Bass Technique 구현

단점

- 길이가 길다→배터리 종류를 바꾸면 길이를 줄일 수 있다.
- 캠 구조물의 접촉으로 인해 마모가 일어나며 모터의 내구성 문제가 있다.
- 장시간 사용할 경우 스프링의 변형이 일어날 수 있다.

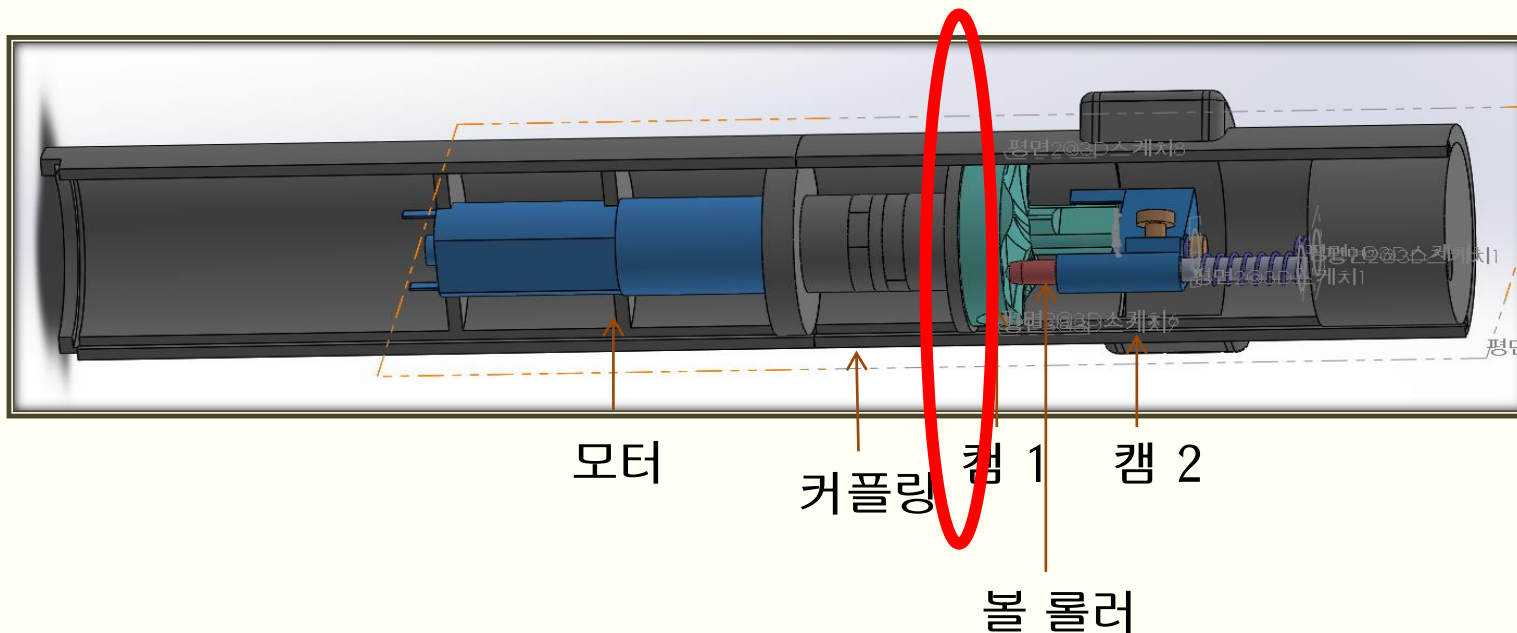
2. 스펙

1초당 칫솔은 위 아래 왕복 운동을 3번 정도 한다.

약 1.5초당 (1회전당) 칫솔은 30도 정도 털어내는 모션을 한다.

#APPENDIX: CONSULTING

Consulting: 11월 10일자 consulting 내용



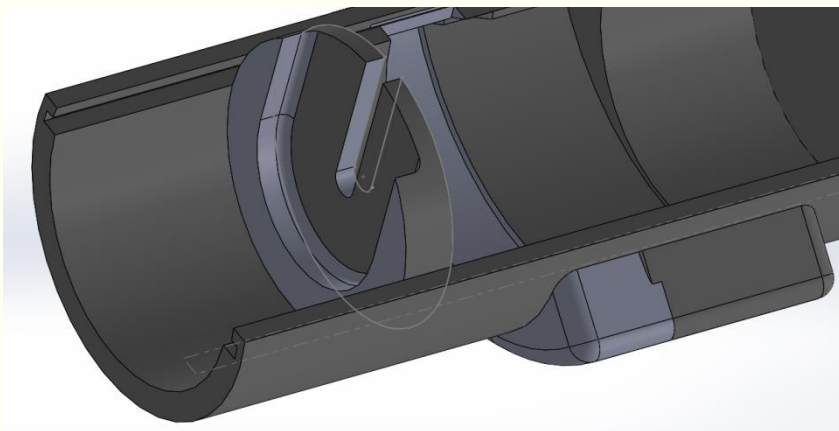
커플링과 캠1 사이에 위치한 디스크 및 고정 대에서 마찰이 발생하므로 윤활유 및 그리스 등을 통해 마찰을 줄여야 한다.

→조립 시에 그리스 적용

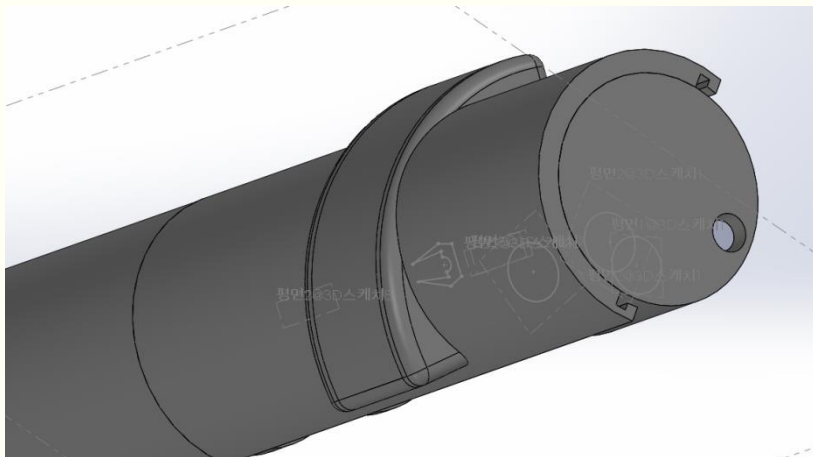
Consulting: 11월 12일자 consulting 내용

1. 스프링 고정 어떻게 할 것인가
2. 칫솔과 축 연결 디자인 어떻게 할 것인가
3. 칫솔 축이 통과할 가이드를 길게 하여 벤딩을 방지 하도록 한다.
4. 캠구조물 2의 모멘트 암을 길게 하여 스트레스를 줄인다.
5. 캠 구조물 1,2 라운딩을 시켜 파단을 줄인다.
6. 3D프린팅 시에 각 부품의 성능에 맞게 ABS로 할지 PLA로 할지 결정.

Consulting: 11월 17일자 consulting 내용



1. Disk를 더 견고히 만들 것



2. Case 확장
→moment arm 증가에 따라 케이스에
걸리지 않도록 케이스 확장 시키기

THE END