대한기계학회 주최

제11회 전국학생설계경진대회(2021년)

설계 최종 보고서

참가부	대학부				
참가분야	공모주제 ( ) / 자유주제 (☑)				
참가팀명	DE-MECA				
설계제목	페트병 한손 오프너				
지도교수/교사	(소속) 동의대학교 기계공학과 (성명) 손인수				
대표자 (신청인)	성명	소속	연락처 (휴대폰)	E-mail	주소
	양수현	동의대학교 기계공학과			

참가팀원 인적사항

NO	성명	소속 / 학년	E-MAIL
1	양수현	동의대학교 기계공학과 / 3학년	
2	김도완	동의대학교 기계공학과 / 3학년	
3	김민재	동의대학교 기계공학과 / 3학년	
4	문제민	동의대학교 기계공학과 / 3학년	
5	곽민정	동의대학교 기계공학과 / 3학년	

설계 요약문

참가분야	공모주제 ( ) / 자유주제 (☑)
참가팀명	DE-MECA
설계제목	페트병 한손 오프너
대표자명	양수현

요약문

1. 제품의 제작 목적

통상적으로 페트병을 개봉할 때에는 한 손으로 병을 잡고, 다른 한 손으로 뚜껑을 잡아 돌려야 한다. 이때 일정 수준의 악력이 필요하며, 만약 한쪽 손이라도 불편하다면 음료의 뚜껑을 개봉하는데 어려움이 생긴다. 이러한 문제점에서 착안하여 한 손이 불편하더라도 나머지 한 손만으로도 음료수병을 개봉 가능한 한 손 오프너를 제작하게 되었다.

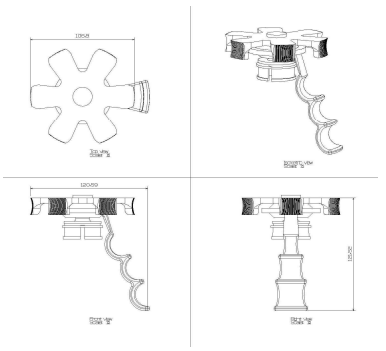
2. 제품의 장점 및 기대효과와 활용 방안

장점	기대효과 및 활용 방안
적은 힘으로도 큰 토크를 발생시킬 수 있음.	• 수부 외상을 입은 환자, 장애인, 노약자 등의 사람들이 본 작품을 통해 스스로 음료를 개봉할 수 있음.
유성기어에 프레임을 부착하였음.	• 프레임을 통해 이물질 유입으로 인한 유성기어의 파손을 방지할 수 있음. • 프레임에 유성기어를 고정하여 뚜껑으로 온전한 동력을 전달할 수 있음.
한 손에 들어오는 크기로 제작되었음.	• 크기가 작아 휴대성이 좋음. • 경량화되어 사용자가 이용 시 몸에 부담을 주지 않음.
제품의 부품 수가 많지 않음.	• 간편하게 분해 및 조립할 수 있음. • 오염 시, 분해하여 세척이 용이함. • 제작 기간이 짧으며, 제작 단가가 높지 않음.

3. 제품의 기계적 성질

	Material	Tensile Yield Strength	Density	Young's module
Frame	PLA	78MPa	1.25g/cm^3	3500MPa
Planetary gear system	S45C	370MPa	7600kg/m^3	200GPa

4. 제품의 디자인

제품 디자인	
<3D Design>	 <2D Design>

5. 구동방식

설계프로젝트의 입상 이력	없음

페트병 한손 오프너

양수현* ·김도완* ·김민재* ·문제민* ·곽민정* ·손인수†
*동의대학교 기계공학과

PET bottle one-handed opener

Soo-hyun Yang*, Do-wan Kim*, Min-jae Kim* and Min-jung Kwak*
* Department of Mechanical Engineering, Dong-Eui University

(Received January 1, 2013 ; Revised January 2, 2013 ; Accepted January 3, 2013)

Key Words: Planetary Gear(Planetary gear), One-Handed Use(한손 사용), Plastic Bottle Cap(페트병 뚜껑)

초록: 본 연구의 목적은 한 손이 불편한 장애우, 수부에 외상을 입은 환자, 노약자, 그리고 운전자 등을 위해 혼자 힘으로 적은 힘을 들여 음료수 뚜껑을 개폐할 수 있는 장치를 개발하는 것이다. 제품의 특징은 사용자들이 간편하게 분해, 조립, 세척할 수 있도록 하여 편의성을 높였고, 제품의 크기와 무게를 한 손에 들어올 수 있도록 설계하여 휴대성을 향상하고자 하였다. 또한, 본 제품은 전력이 필요하지 않고 수부에 의해 발생하는 순수한 기계적 운동 때문에 구동하는 제품으로, 매번 전력을 사용하기 위해서 충전할 필요가 없다는 특징을 가지고 있다.

Abstract: The purpose of this study is to develop a device that can open and close beverage lids with little effort alone for the handicapped, patients with hand trauma, the elderly, and drivers. The feature of the product is to increase convenience by allowing users to easily disassemble, assemble, and wash, and to improve portability by designing the product so that the size and weight of the product can be held in one hand. In addition, this product does not require electric power and operates because of the pure mechanical motion generated by the hand part.

1. 서 론

2020년 기준 대한민국 등록장애인 수는 약 2,633천 명(2020, 보건복지부 장애인 등록 현황)이며 이중 지체장애인 수는 약 46%에 해당한다. 또한 대한민국 인구의 약 64%에 해당하는 33,190천 명이 운전면허를 소지하고 있는 실정이다. 이러한 통계를 언급하는 것은 한쪽 손으로 음료 등의 뚜껑을 쉽게 열 수 없는 인구를 개략적으로 이야기하고자 하는 것이다. 즉, 한쪽 손이 불편한 사람 또는 운전자의 경우 혼자 힘으로 음료 뚜껑을 쉽게 열지 못하기 때문에 한 손이 불편하더라도 혼자 음료의 뚜껑을 열 수 있는 장치의 필요성을 가지게 되었다. 앞서 언급한 인구 이외에도 65세 이상의 인구가 전체 인구의 15.8%를 넘는 고령화 사회를 고려한다면 개발하고자 하는 한손 병뚜껑 오프너의 사용자는 매우 높다고 할 수 있다.

† Corresponding Author, isson92@deu.ac.kr
□ 0000 The Korean Society of Mechanical Engineers

따라서 본 연구의 목적은 한손이 부자연스러운 장애인, 수부에 외상을 입은 환자, 노약자, 그리고 운전자 등 혼자 힘으로 음료수 뚜껑을 열기 어려운 사람들을 위하여 적은 힘으로 음료수 뚜껑을 개폐할 수 있는 장치를 개발하는 것이다.

개발하고자 하는 제품의 특징은 적은 부품 수로 사용자들이 간편하게 분해, 조립을 할 수 있도록 하여 편의성을 높이고, 세척이 어렵지 않도록 설계하였으며, 사용자의 편의성을 위하여 제품의 크기를 한손에 들어올 수 있도록 설계하였으며, 무게 역시 경량화하여 휴대성을 향상하고자 하였다. 또한, 본 제품은 전력이 필요하지 않고 수부에 의해 발생하는 순수한 기계적 운동에 의해서 구동하는 제품으로, 매번 전력을 사용하기 위해서 충전할 필요가 없다는 특징을 가지고 있다.

2. 설계

2.1 설계 개념

초기에 구동 방식을 선정할 때에는 일반 기어를 사용하여 진행하려고 했지만, 본 제품의 취지와는 달리 생각보다 힘의 크기를 늘리기가 쉽지 않았다. 이를 해결하기 위하여 일반 기어를 사용하는 것이 아닌 Planetary gear를 사용하여 작은 힘만으로도 음료수의 뚜껑을 개봉할 수 있게끔 해주었다. 또한 한 손만 사용해서 제품을 사용할 수 있도록 소형화 및 경량화를 적용시켰으며, 사용 방법 역시 사용자가 간편하게 사용할 수 있도록 엄지손가락 하나만으로 사용이 가능하도록 설계하였다.

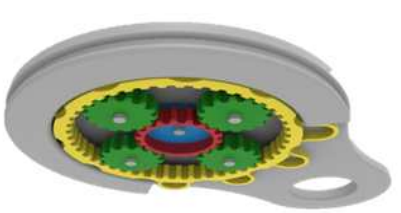
2.2 설계과정

1) 구동방식 선정

Planetary gear system은 소형화 및 경량화가 가능하며, 입력축과 출력축이 동심축으로 구성되어 동력 전달에 있어서 효율이 높다. 그러므로 본 제품의 제작 목적에 적합하여 Planetary gear system을 활용하여 적은 힘으로 더욱 큰 토크를 발생시킬 수 있도록 설계하였다.

2) 추진 과정에서의 문제점 선정 및 해결방안 모색

회전속도의 증가를 위한 system을 구축하였지만, 원하는 만큼의 효과를 얻을 수 없었다. 따라서 원하는 만큼의 회전력을 증가시키기 위해서 Planetary gear system 타입을 고려하여 Fig. 1~Fig. 3과 같이 system 및 design을 변경하였다.



<변형 전 시스템 및 디자인>

<변형 후 시스템 및 디자인>

Fig. 1 Change System and Design

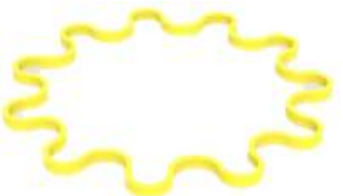
엄지손가락으로 Sun gear 축을 회전 운동 시키기에는 인체 구조상 불편하다. Sun gear와 결합된 핸들 부분을 아래로 늘려 Figs. 1, 2와 같이 엄지손가락이 닿기 편하게 설계를 보완하였다.

<보조 손잡이 부착 전>

<보조 손잡이 부착 후>

Fig. 2 Change Main Handle

제품에 사용된 Planetary gear의 system 특성상 Ring gear에 대한 고정이 필수적이므로, Ring gear를 고정시켜 주기 위해서 사용자가 직접 잡고 돌리는 것은 사용자에게 무리를 줄 수 있다. 따라서 Fig. 3과 같이 제품 외부에 탈부착이 가능한 보조 손잡이를 장착시켜 제품과 페트병 용기를 함께 잡을 수 있도록 유도하여 제품과 페트병을 한 번에 고정할 수 있도록 설계하였다.



<변경 전 손잡이>

<변형 후 손잡이>

Fig. 3 Add Sub Handle

2.3 구동 원리 및 관련 이론

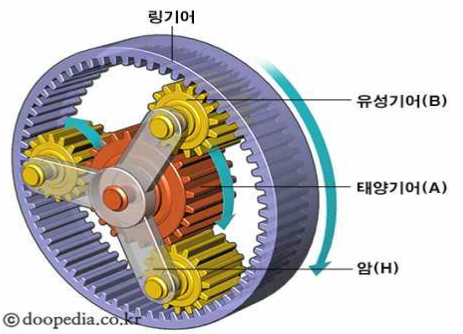


Fig. 4 Planetary system

Table 1 Planetary system part

Modeling	Part Name	Module	Pressure Angle	Teeth	Weight
	Sun gear	1	20	20	0.010kg
	Planetary gear	1	20	30	0.012kg
	Ring gear	1	20	80	0.062kg
	Planetary carrier	유성기어와 뚜껑 접합부를 연결해 주는 역할을 함			

Table 2 Planetary gear set ratio

Gear	ω gear	ω carrier	ω gear/carrier	Gear ratio
Sun gear	1	$\frac{Z_s}{Z_s+Z_r}$	$\frac{Z_r}{Z_s+Z_r}$	$-\frac{Z_s}{Z_p}$
Planetary gear	$\frac{Z_s(Z_p-Z_r)}{Z_p(Z_s+Z_r)}$	$\frac{Z_s}{Z_s+Z_r}$	$-\frac{Z_r\times Z_s}{Z_p(Z_s+Z_r)}$	
Ring gear	0	$\frac{Z_s}{Z_s+Z_r}$	$-\frac{Z_s}{Z_s+Z_r}$	$\frac{Z_p}{Z_r}$

$$I=\frac{Output}{Input}=\frac{\omega_{carrier}}{\omega_{sun}}=\frac{Z_s}{Z_s+Z_r}$$

(N_p : $Planetary\ gear$의 수, Z_s : $Sun\ gear$의 잇수, Z_r : $Ring\ gear$의 잇수, Z_p : $Planetary\ gear$의 잇수)

Planetary gear system은 Fig. 4와 같이 Ring gear, Planetary gear, Sun gear, Planetary carrier로 구성되어 있으며 본 제품에 사용된 gear 및 Planetary carrier는 Table 1을 참고한다. Planetary gear system은 고정 및 회전 방식의 설정에 따라 분류할 수 있으며, 종류는 3가지로 나눌 수 있다. 본 제품에서는 설계 목적에 맞게끔 회전력을 증대시킬 수 있도록 Ring gear를 고정하는 방식인 Planetary type으로 제작되었으며, 입력은 Sun gear, 출력은 Planetary carrier가 된다. 이때, 변속비는 Table 2에 따라 $\frac{Z_s}{Z_s+Z_r}$으로 5배 감속되고, $P=T\times\omega$ 에 따라 토크는 5배 증가한다.

Planetary gear열의 간격 배치 및 조립성에 대한 식은 $\frac{Z_p}{Z_s}\neq Integer$ 와 $\frac{Z_s+Z_r}{N_p}=Integer$을 만족하고, 식 $N_p\leq\frac{180}{\sin^{-1}(\frac{Z_p+2}{Z_s+Z_p})}$을 만족해야 간섭이 일어나지 않는다.

회전을 입력하는 방식은 엄지손가락을 이용하여 동력을 제품의 Sun gear에 직접적으로 회전을 입력해 주는 방식을 사용하였다. 가장 먼저 입력된 힘이 Planetary gear system을 회전시키고 Planetary

carrier를 통해 변화된 힘이 출력된다. 이렇게 출력된 힘은 Planetary carrrier와 동일 축으로 이어진 뚜껑 접합부로 이동하고, 동시에 뚜껑에 이러한 힘이 그대로 가해져 마지막에 뚜껑이 열리게 되는 것이다. (자세한 사항은 **Table 5** 참조)

2.4 설계 및 고안에 대한 선행기술조사

Fig. 5는 개발 제품에 대한 선행기술조사 보고서를 요약한 것으로 타 기술과의 차별성 및 독창성이 우수하여 특허 등록 가능성이 높은 것으로 조사되었다.

No	공개/등록번호	일자	출원인	발명의 명칭	관련도
1	KR 20-2008-0004159	2008.09.25	다카 리서치 인코포레이티드	병 오프너	A
2	KR 20-2008-0004162	2008.09.25	다카 리서치 인코포레이티드	캔 오프너 기구	A
3	KR 10-2013-0097912	2013.09.04	김경곤, 이상옥	조리용기용 착탈식 손잡이	A
관련도 표시기호	X : 단일 문헌에 의해 본 발명의 신규성 또는 진보성이 부정되는 경우 Y : 2 개 이상의 문헌에 의해 본 발명의 진보성이 부정되는 경우 E : 선출원주의 또는 확대된 선원주의에 의해 거절 사유가 있는 경우 A : 특별한 관련은 없으나 일반적인 선행기술내용을 포함하는 경우 T : 본 발명의 출원일 이후에 발행된 일반적인 선행 문헌인 경우				

등록 가능성	높음	낮음	없음
	✔		

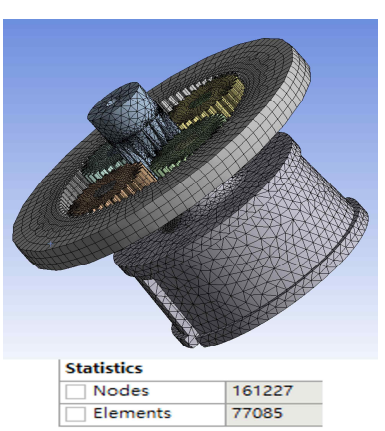
종합 검토의견
선행문헌들은 유성 기어 및 랙기어를 활용한 오프너의 구성을 일부만 개시하고 있을 뿐, 의뢰기술과 상이한 것으로 판단됨.

Fig. 5 Prior art research results

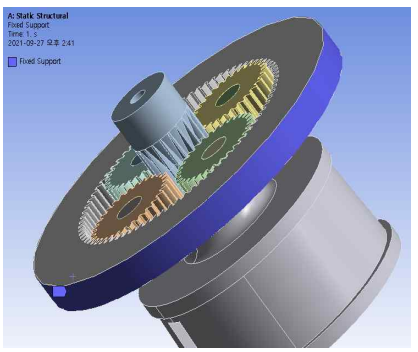
2.5 구조해석

Table 3 Properties of main material

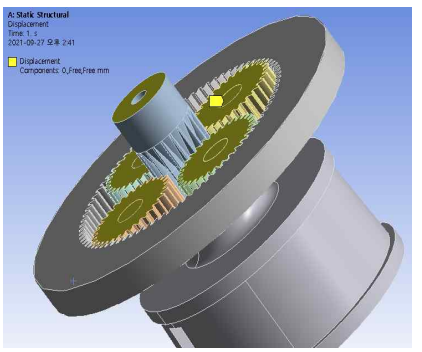
	Material	Tensile Yield Strength	Density	Young's module
Frame	PLA	78MPa	1.25g/cm^3	3500MPa
Planetary gear system	S45C	370MPa	7600kg/m^3	200GPa



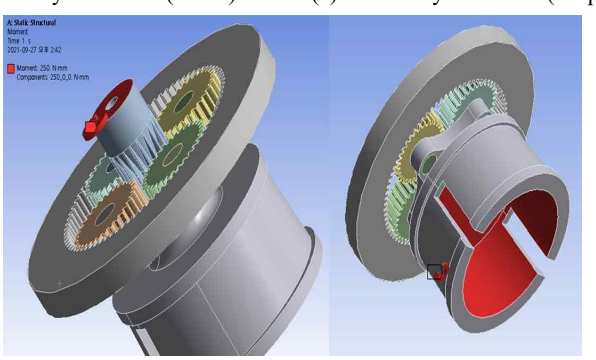
(a) FE modeling



(b) Boundary condition(Fixed)



(c) Boundary condition(Displacement)



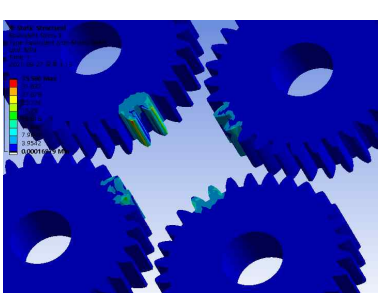
(d) Loading condition

Fig. 6 Structural analysis

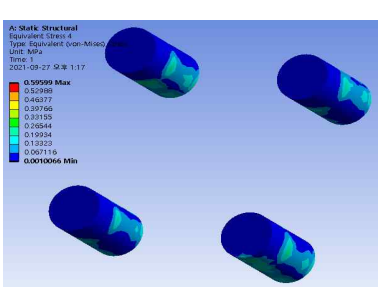
구조해석은 Table 3을 참고하여 각 파트별로 물성치를 부여하고 해석을 진행하였다. 이때, 불필요한 Meshing 처리를 방지하기 위해 Fig. 6과 같이 모델을 간소화하여 계산한다.

Fig. 6은 제품의 안정성 판단을 위하여 주요 부품에 대한 유한요소 모델, 경계조건 및 하중조건을 도시한 것이다. 해석을 위하여 노드와 요소수는 각각 161,227, 77,085개로 하였으며, 하중조건인 Moment의 경우 각각 Sun gear와 뚜껑 접합부에 회전을 부여하는 방식이고 이에 따른 내부의 구조해석을 실행하였다.

Fig. 7은 Sun gear에 Fig. 6의 조건을 대입한 경우 구조해석 결과를 도시한 것으로 최대응력은 약 35.59MPa을 보인다.

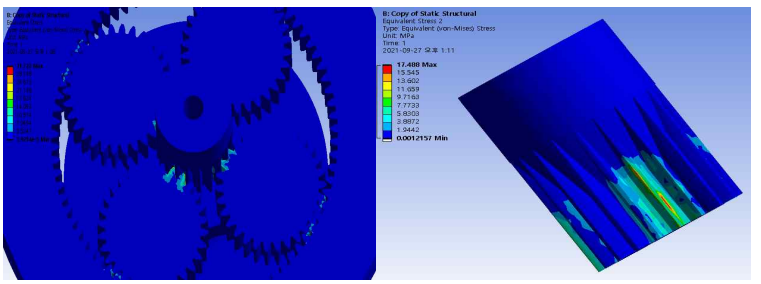


(c) Planetary gear

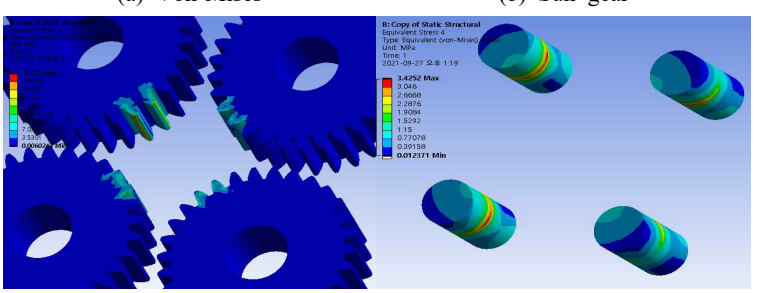


(d) Shaft

Fig. 7 Analysis results for case I(stress, MPa)



(a) Von-Mises (b) Sun gear



(c) Planetary gear (d) Shaft

Fig. 8 Analysis results for case II(stress, MPa)

Fig. 8은 뚜껑 접합부에 Fig. 6의 조건을 대입한 경우 구조해석 결과를 도시한 것으로 최대 응력은 약 31.722MPa을 보인다.

Planetary gear의 부품인 Sun gear 와 Planetary gear에서 최대 응력 값이 재질 S45C의 항복강도 370MPa 보다 낮으므로 안전하다. 또한, 프레임의 부품인 Shaft에서 최대 응력 값이 재질 PLA의 항복강도 78MPa 보다 낮으므로 안전하다.

3. 제품의 구성 및 최종 설계

3.1 최종적인 제품의 모습

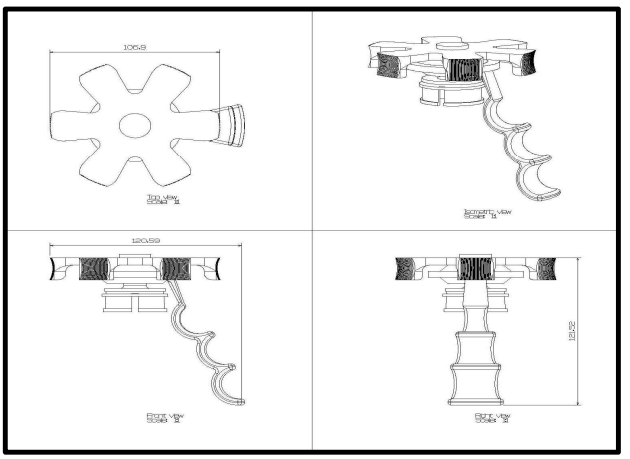


Fig. 9 2D Design

Fig. 10 3D Rendering

Figs. 9, 10은 상기의 조건들을 모두 충족하여 만들어지게 된 최종적인 디자인이다.

3.2 부품별 상세 설명

Table 4 Detailed description of each part

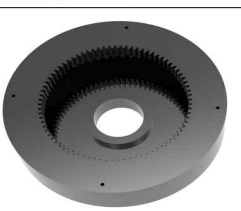
Part Name		Image	Purpose
Frame part	**Main Handle**		페트병 개봉 시 손을 받쳐 고정해 주는 부분
	Sub Handle		Main Handle 만으로 부족한 힘을 전달하기 위하여 추가로 사용되는 부분
	Lid Joint Body		제품과 페트병 뚜껑의 맞닿는 부분으로, 두 곳을 접합시켜주는 부분
Gear part	**Sun gear**		Planetary gear 에 동력을 전달하여 기어로 가해지는 힘을 증폭시켜주는 부분
	Planetray gear		Sun gear 에서 받은 동력을 더 크게 증폭시켜 적은 힘으로도 페트병을 개봉하도록 도움을 주는 부분
	Ring gear		Sun gear 와 Planetary gear 사이의 동력을 전달하는 역할을 하는 부분

Table 4는 본 제품의 구동 방식을 살펴보기에 앞서 본 제품의 각 부품에 대한 상세 설명이다.

3.3 구동 방식

Table 5 Mechanism

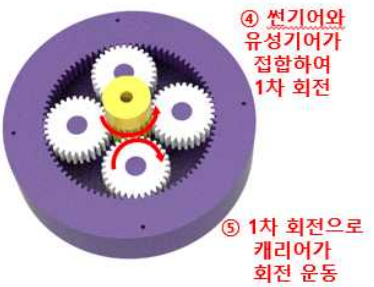
	① 제품을 페트병 뚜껑과 결합시킨다.
	② 제품의 보조손잡이와 페트병 용기를 함께 잡는다. ③ 엄지손가락을 손잡이의 손가락 표시면에 맞대어 회전시킨다.
	④ 핸들에서 입력된 힘을 받아 썬기어가 회전한다. ⑤ 맞물린 유성기어가 회전하고 축과 이어진 캐리어가 병진 및 회전운동한다.
	⑥ 유성기어와 이어진 뚜껑 접합부에서 페트병의 뚜껑으로 힘을 전달하고 열리게 된다.

Table 5는 본 제품의 구동 방식을 자세히 나타낸 표이다.

3.4 활용 방안

평소 인력이 부족한 요양원, 장애인 복지 회관 등의 사회복지 시설에 갖추어 부족한 인력 문제를 덜어 줄 수 있다.

양 수부를 사용하기에 어려움이 있는 사람들을 위해서 설계되어 부품 수가 많지 않고 크기나 무게도 적당하기 때문에, 금액이나 보관성 역시 나쁘지 않다. 그러므로 사회 복지 시설을 이용하는 사람들이 이러한 가벼운 문제들은 스스로 해결할 수 있도록 해주는 역할을 할 수 있을 것이라고 생각된다.

아이들에게 기계적 요소를 설명해 주는 교구의 역할로 제공할 수 있다.

부품 수가 작기 때문에 아이들도 어렵지 않게 만들 수 있고, 같은 이유로 부품을 제작하는 데 드는 비용 역시 크지 않다. 또한 Planetary gear system이라는 기계적 요소를 아이들에게 간단하게 구동원리 등을 설명해 주어 교구의 역할을 하게 할 수 있을 것이다.

수부 외상에 대한 재활 도구로도 사용할 수 있다.

사용하지 않는 신체 부위는 운동 수행 능력이 떨어지거나, 심한 경우 퇴화하는 경우도 발생한다. 이러한 일들을 방지하기 위해서 사람들은 재활 치료나 운동을 통해 원래의 능력을 되찾을 수 있도록 노력을 한다. 본 제품의 특성상 페트병과 보조 손잡이를 한 번에 잡아 고정시킨 다음 엄지로 회전을 주어 병뚜껑을 여는 형식이다. 그러므로 수부의 여러 소근육이 한 번에 작용을 해야지만 병뚜껑을 열 수 있는 것이다. 따라서 병원 등에서 받는 치료 외에 일상생활에서도 이러한 소근육들을 운동시켜 강화하여 주는 것이 가능하도록 하는 재활 도구로 사용할 수 있을 것이다.

4. 결 론

본 연구의 목적은 한 손이 불편한 장애우, 수부에 외상을 입은 환자, 노약자, 그리고 운전자 등을 위해 혼자 힘으로 적은 힘을 들여 음료수 뚜껑을 개폐할 수 있는 장치를 개발하는 것이다.

가령 수부에 장애나 외상이 생긴다면 어떻게 될까? 아마 대부분의 사람이 다른 신체 어느 부위를 다친 것보다도 불편함을 느낄 것이다. 또한 정상적인 움직임을 보일 수 없기 때문에 당연히 수행 능력 또한 떨어질 것이다. 그러므로 수부에 외상을 입은 사람은 필연적으로 보조 도구나 다른 수부를 대신할 무언가를 찾을 수 밖에 없다.

따라서 본 제품 역시 이러한 점에서 착안하여 수부를 자유롭게 움직이지 못하는 사람들을 대신하여 이러한 일들을 수행해 주기 위해서 Planetary gear system을 활용하여 더욱 적은 힘으로 회전력을 증가시키고 큰 토크를 발생시켜 페트병 뚜껑을 보다 쉽게 열 수 있도록 고안되었다. 그러므로 수부에 외상을 입은 환자, 장애인, 노약자 등의 경우 혼자 힘으로 음료의 뚜껑을 개봉하는 것이 쉽지 않은 사람들이 사용하기에 안성맞춤이다. 또한 이러한 사람들뿐만 아니라 도움을 받는 것에 익숙지 않은 사람들이나, 남에게 보이는 모습에 민감한 어린아이들이 역시 본 제품을 통해 타인의 도움 없이 음료수를 개봉할 수 있다.

참고문헌

(1) 유영락(Yong-Rak. Yu), 2015, "A Study on Mechanism Design and performance Analysis of Planetary Gear Trains with Oil Brake System", pp. 6~27.

(2) 송승엽(Seung-yeop Song), 최현진(Hyun-jin Choi,), 최성대(Seong-dae Choi), 2013, "Development of micro planetary reduction gear apparatus for medical handpiece.", The Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, pp. 215.

(3) 남용윤(Yong-Yun Nam), 박영준(Young-Jun Park), 송진섭(Jin-Seop Song), 이근호(Geun-Ho Lee), 2015, "Experimental Study on Transmission Errors of a Single-Stage Planetary Gear Train: Influence of Torque and Speed Variations.", The Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, pp. 320~326.