

대한기계학회 주선

제10회 전국학생설계경진대회(2020년)

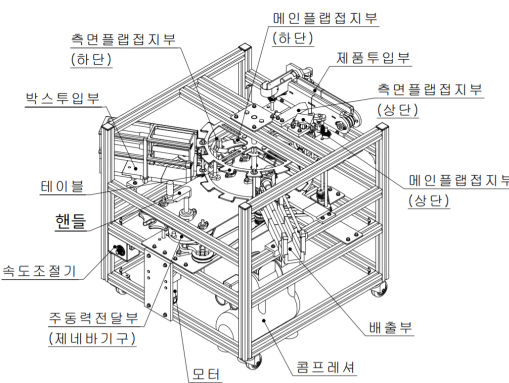
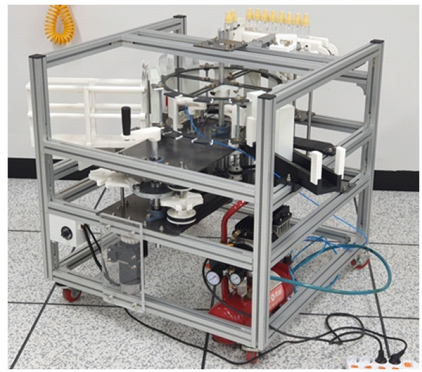
설계 최종 보고서

참가부	대학부 (○)				
참가분야	공모주제 () / 자유주제 (○)				
참가팀명	Freesia				
설계제목	소형 수동 카토너				
지도교수/교사	(소속) 한국폴리텍VII대학 창원캠퍼스 컴퓨터응용기계설계과 (성명) 유대원 (이메일) yoodw14@kopo.ac.kr				
대표자 (신청인)	성명	소속	연락처 (휴대폰)	E-mail	주소
	최우석	한국폴리텍VII대학(창원) 컴퓨터응용기계설계과			

참가팀원 인적사항

NO	성명	소속 / 학년	E-MAIL
1	최우석	한국폴리텍VII대학 컴퓨터응용기계설계과 / 2학년	cws9817@naver.com
2	박진성	한국폴리텍VII대학 컴퓨터응용기계설계과 / 2학년	jama124@naver.com
3	구준일	한국폴리텍VII대학 컴퓨터응용기계설계과 / 2학년	kji_1997@naver.com
4	박지연	한국폴리텍VII대학 컴퓨터응용기계설계과 / 2학년	todqlgy_@naver.com
5	조형빈	한국폴리텍VII대학 컴퓨터응용기계설계과 / 2학년	gudqls345@naver.com

설계 요약문

참가분야	공모주제 () / 자유주제 (○)
참가팀명	Freesia
설계제목	소형 수동 카토너
대표자명	최 우 석
요약문	국내에서 창업에 대한 관심이 증가하고 있으며, 신규 창업자들이 꾸준히 늘어나고 있다. 국내뿐만 아니라 국외에서도 포장산업은 4차 산업과 연계되어 발전해 나가고 있고, 생산제품 포장을 위해 현재 자동으로 제품을 포장해주는 기계가 개발되어 있지만, 대부분의 포장기계는 공압 실린더, 터치스크린 및 PLC제어기기, 서보모터 등 고가의 부품들로 이루어져 있어 큰 규모의 기업이 아닌 이상 구매하기에 가격이 상당히 부담스러우므로 대부분의 소규모 창업자들은 기계가 아닌 수작업으로 포장작업을 대체하고 있다. 이러한 상황에서 신규 창업자나 소규모 기업들의 비용적인 부담을 해소해줄 수 있는 포장기계를 만들어 기존 개발되어 있는 포장기계와 같이 편리하고 적은 인력으로도 높은 생산속도의 포장작업을 할 수 있도록 개발하고자 한다. 본 제안서는 기존의 고가 부품들의 기능을 대체하기 위해 로타리 방식의 카토너를 참고로 구동은 수동 또는 1개의 소형 모터에 의한 제네바 기구의 간헐적 운동, 타이밍 벨트 전동 및 크랭크 구동을 이용해 기존의 자동화 시스템을 대신하는 구조적인 메커니즘으로 보다 저렴하게 기존 카토너의 작업을 수행할 수 있도록 설계하는 것을 목적으로 한다.   -소형 수동 카토너 3D 컨셉 및 시제품-

소형 수동 카토너

최우석* · 박진성* · 구준일* · 박지연* · 조형빈* · 유대원**

*한국폴리텍VII대학 창원캠퍼스 컴퓨터응용기계설계과

Small Manual Cartoner

Woo Seok Choi*, Jin Seong Park*, Joon Il Koo*, Ji Yeon Park*, Hyeong Bin Jo*
and Dae Won Yoo*†

* Department of Computer Aided Mechanical Design, Changwon Campus of Korea Polytechnic VII Colleges

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

Key Words: cartoer(카토너), packing machine(포장 기계), box packing machine(박스 포장 기계), crank mechanism(크랭크 기구), geneva mechanism(제네바 기구), vacuum ejector(진공 이젝터)

초록: 국내뿐만 아니라 국외에서도 포장산업은 4차 산업과 연계되어 발전하고 있고, 생산제품 포장을 위해 현재 자동으로 제품을 포장해주는 기계가 개발되어 있지만, 대부분의 포장기계는 공압 실린더, 터치스크린 및 PLC 제어기기, 서보모터 등 고가의 부품들로 이루어져 있어 큰 규모의 기업이 아닌 이상 구매하기에 가격이 상당히 부담스러우므로 대부분의 소규모 창업자들은 기계가 아닌 수작업으로 포장 작업을 대체하고 있다. 본 논문은 기존의 고가 부품들의 기능을 대체하기 위해 로타리 방식의 카토너를 참고로 구동은 수동 또는 1개의 모터에 의한 제네바 기구의 간헐적 운동, 타이밍 벨트 전동 및 크랭크 기구 구동으로 기존의 자동화 시스템을 대신하는 구조적인 메커니즘으로 보다 저렴하게 기존 카토너의 작업을 하는 결과를 얻었다.

Abstract: The packaging industry is developing in conjunction with the fourth industry in Korea as well as abroad and machines that automatically pack products for packaging production products are currently developed but most packaging machines are made up of expensive components such as pneumatic cylinders, touch screens and PLC controllers, and servomotor, so the price is quite burdensome for them to purchase rather than large companies, so most small start-ups are replacing the packaging work by hand, not machines. To replace the functions of the existing expensive parts, this paper indicated the results of the operation of the existing cartoner at a lower cost with a structural mechanism replacing the existing automation system by means of intermittent motion, timing belt power and crank instrument drive of the Geneva instrument by either manual or one motor.

1. 서 론

CLO의 포장의 역사와 경제학(종이편)⁽¹⁾에 따르면 초기 포장에 사용된 종이는 기원전 3,000년경부터 이집트, 로마, 그리스의 기록재료로 사용되던 파피루스이다. 파피루스는 크기, 두께, 색깔, 내구력 등으로 구분해 9개의 등급으로 나누고 다양한 용도에 맞춰 사용하였다. 가장 낮은 등급의 파피루스와 재활용 파피루스는 포장에 사용되었고, 이를 시초로 종이는 포장재로 사용되었다.

포장 종이 제작 과정은 모두 수작업으로 진행되었기 때문에 종이의 가격은 여전히 높았으며 가장 낮은 품질의 종이만이 포장에 쓰였다. 그러던 중 1,799년 프랑스의 니콜라스 루이 로베르가 연속적으로 종이를 만들어내는 공정개발을 통해 롤-스톡종이를 만드는 초기의 기계를 처음 발명하였다. 그 후 엔지니어

† Corresponding Author, yoodw14@kopo.ac.kr

© 2020 The Korean Society of Mechanical Engineers

였던 ‘브라이언 동킨’이 설계를 보충하고, 몇 가지 기능을 더 추가하였다. 이 기계는 바로 푸어드리니어(fourdrinier)로 불리우는 제조기이다. 기계화는 종이를 더욱 풍부하게 만들었고, 제작비용을 감소시켰다. 1,800년대 중반은 종이 변환의 창조적인 기간이었고, 많은 사람들이 포장지를 만들거나, 포장하는 기계에 관심을 가졌다. 1,874년 미국 지표에 따르면 그 기간 동안 종이 가방을 만들기 위해 79개의 특허, 종이상자를 만들기 위한 특허가 66개 발행되었으며, 이로부터 박스 카토너의 필요성이 중요하게 자리 잡게 되었다.

카토너 기계는 판지판을 성형하고 이에 1개 또는 여러 개의 개체를 밀어넣고 플랩을 접거나 또는 펼칠하는 기계이다. 현재 상용화된 카토너는 공압 실린더, PLC 제어기기, 터치스크린 등을 접목하여 사용되어지고 있다. 개발하고자 하는 카토너는 이러한 고가의 장비를 동력이 들어옴에 따라 간헐적인 회전 메커니즘으로 바꾸어 비용면에서 효율을 극대화 하였다. 또한, 카토너는 Fig. 1과 같이 가공식품, 세면용품, 사무용품, 음료 및 주류, 애완용품 및 식품, 액세서리, 화장품, 전자제품, 생필품 등의 제품을 생산하는 공정의 마지막 단계에 박스 포장 형태로 광범위하게 활용 가능하다.

현재 소규모 및 1인 창업자들은 시중에 판매되어지고 있는 카토너가 고가이므로, 포장 대행업체 및 부업 아르바이트를 이용하고 있는 것이 실정이다. 개발하고자 하는 카토너는 이러한 부분을 해소하여 시중 카토너에 대한 경쟁력을 높일 수 있다.



Fig. 1 Utilization of cartones

2. 설계핵심내용

2.1 설계 주제의 타당성

2.1.1. 국내·외 포장시장 및 국내 1인 창조기업 분석

한국포장학회의 한국 패키징 산업 현황⁽²⁾에 따르면, 국내 패키징 산업의 매출액은 2,012년 대비 2013년 2.0%, 2013년 대비 2,014년 2.7% 증가하고 있는 것으로 나타났다. 하지만 정부 기준 영세업자인 50인 미만 사업체가 96.5%에 달하는 것으로 집계되었으며, 전문/숙련 인력 부족에 따른 기술력 개발의 한계가 있다.

한국포장협회의 중국 포장산업 최신동향⁽³⁾에서는 Fig. 2와 같이 포장응용산업이 성장하면서 중국 포장산업도 동반 성장할 것으로 예상됨에 따라 2020년 경 미국을 제치고 세계 최대의 포장 시장으로 부상할 것으로 전망하고 있다.

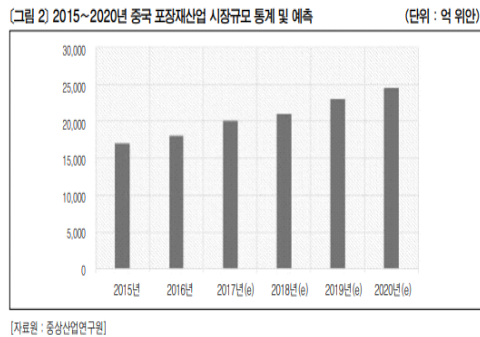


Fig. 2 China market scale statistics

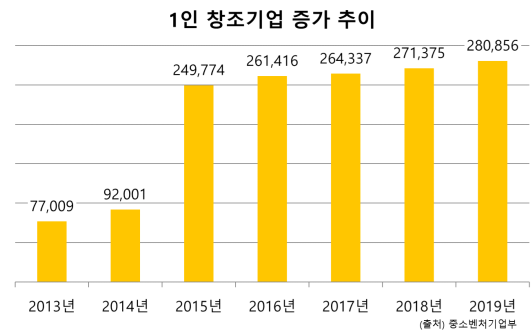


Fig. 3 Number of one-person creative enterprise businesses

중소벤처기업부의 1인 창조기업 실태조사⁽⁴⁾에 따르면 국내 1인 창조기업 수는 Fig. 3과 같이 2013년 77,009개에서 2019년 280,856개로 약 20만개가 늘어난 것으로 조사되었다.

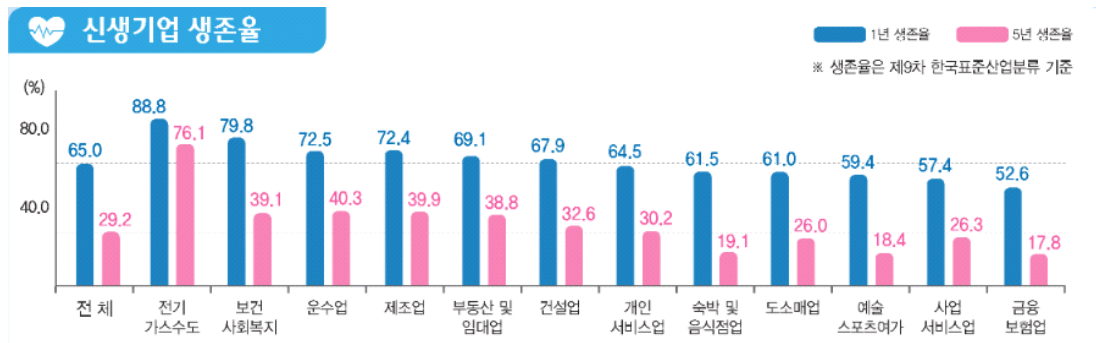


Fig. 4 Start-up survival rate

통계청의 2018년 기준 기업생멸행정통계 결과⁽⁵⁾에 따르면 신생기업의 1년 생존율은 Fig. 4와 같이 전체 65%에 이르고, 5년 생존율은 29.2%로 현저히 떨어지는 것으로 보인다. 또한 종사자수 1인 기업은 약 640,000개로 전체 소멸 기업의 92.2%를 차지한다. 이를 통해 개발하고자 하는 카토너는 초기 창업 자본금 부담을 일정부분 해소하여 신생기업과 1인 기업 생존율 향상에 기여 할 수 있을 것이다.

Table 1 World packaging market forecast by 2025

	Market Share	2015	CAGR	2021	2022	2023	2024	2025
North America	27%	\$ 234,090,000,000		\$ 296,198,529,040	\$ 308,046,470,201	\$ 320,368,329,009	\$ 333,183,062,170	\$ 346,510,384,657
U.S.	91%	\$ 213,021,900,000		\$ 269,540,661,426	\$ 280,322,287,883	\$ 291,535,179,399	\$ 303,196,586,574	\$ 315,324,450,037
Canada	9%	\$ 21,068,100,000		\$ 26,657,867,614	\$ 27,724,182,318	\$ 28,833,149,611	\$ 29,986,475,595	\$ 31,185,934,619
Global	100%	\$ 867,000,000,000	4.00%	\$ 1,097,031,589,036	\$ 1,140,912,852,597	\$ 1,186,549,366,701	\$ 1,234,011,341,365	\$ 1,283,371,795,024

세계 포장시장은 Fig. 5, Table 1과 같이 OMRON 社의 Packaging for the Future:Vision 2025⁽⁶⁾, Smithers Pira 社의 Paper-based packagingtrends to 2019⁽⁷⁾ 보고서에 따르면, 세계 포장시장은 2015년 8,670억 달러에서 연 4% 이상의 성장률로 성장해 2025년 1조 2,833억 달러에 이를 것으로 전망하고 있다. 그 중 종이 기반 포장재는 전 세계 패키징 매출의 약 35%를 차지하며, 2018년에는 1,840억 달러에 이르러 꾸준히 포장시장이 확대될 것으로 전망하고 있다.

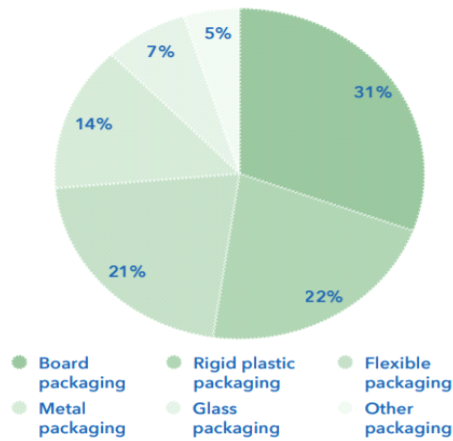


Fig. 5 Paper-based packaging trends

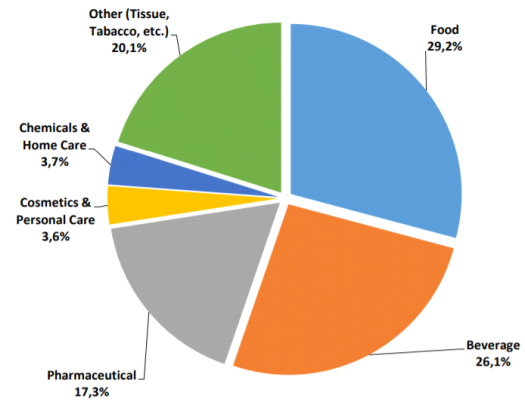


Fig. 6 Sales distribution by customer segment

이탈리아 자동포장기계협회의 The Italian packaging machinery industry⁽⁸⁾보고서에 따르면 Fig. 6과 같이 식품, 화장품, 약품 등 여러 분야에 걸쳐 활용되어지고 있는 것으로 나타났다. 따라서 수동 소형 카토너 또한 적용 분야가 광범위한 것으로 사료된다.



Fig. 7 Domestic and foreign cartoner manufacturers

Fig. 8은 현재 상용화된 카토너로, 현재 카토너 기계의 가장 큰 문제로 대두되고 있는 것은 장비의 크기가 크고 무게가 무거우며, 고가의 장비를 사용하고, 큰 소음이 발생한다.

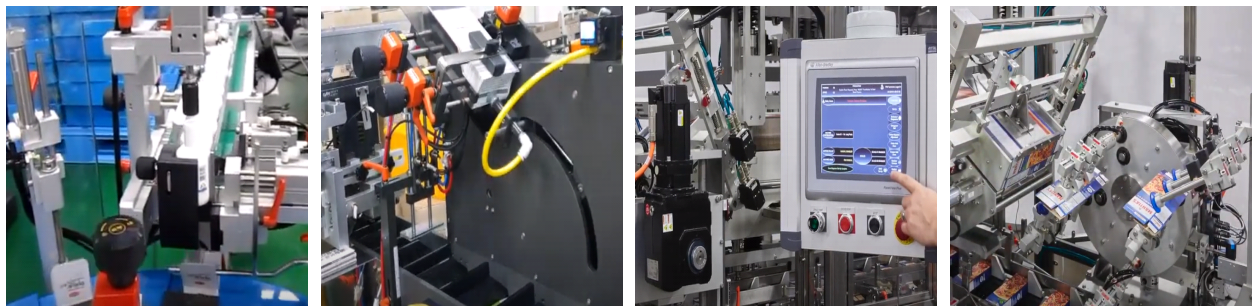


Fig. 8 Expensive cartoners with PLC devices, pneumatic cylinders and touchscreen

2.1.2 타사 제품 가격 및 개발품 부품 견적서

(단위 : 원)

				
STING TEC CP220 ₩ 97,719,320	Aligned Machinery TM-F180 ₩ 79,396,948	Shanghai ShenHu HTZH-120 ₩ 73,289,490	ShenZhen HengXing HX-CSA50 ₩ 19,299,566	DANREL DR-ZH226 ₩18,321,152

Fig. 9 The price of packaging machines (<https://www.alibaba.com>)

Table 2 Parts estimate

소형 수동 카토너 부품 견적서					(단위 : 원)	
No	재료명	규격	단위	수량	단가	가격
1	베어링 유닛	KFL001, 내경 Ø12, M6	EA	30	3,500	105,000
2	베어링 유닛	UCFL 204, 내경 Ø20, M10	EA	5	4,600	23,000
3	육각볼트	육각볼트(철-천연)M6 x L35	EA	80	60	4,800
4	육각볼트	육각볼트(철-천연)M10 x L50	EA	20	210	4,200
5	육각너트	육각너트(철-천연) M6	EA	80	20	1,600
6	육각너트	육각너트(철-천연) M10	EA	20	70	1,400
7	평와셔	평와셔 (철-천연) x M10	SET	2	200	400
8	외부 브라켓	다이캐스팅 실버, 40 x 40	EA	10	400	4,000
9	프로파일	알루미늄 40 x 40 800mm	EA	25	8,640	216,000
10	이너 브라켓	40용부품 90도 브라켓	EA	40	800	32,000
11	엔드캡	40용부품 4040용 플라스틱 엔드캡(블랙)	EA	4	150	600
12	프로파일 볼트/너트	40용부품 T-볼트너트 세트	SET	100	120	12,000
13	재단환봉	환봉 S45C 연마봉 열처리 Ø12 x L300	EA	9	6,800	61,200
14	재단환봉	환봉 S45C 연마봉 열처리 Ø12 x L490	EA	2	8,500	17,000
15	재단환봉	알루미늄 환봉 Ø20 x L600	EA	1	8,800	8,800
16	재단환봉	알루미늄 환봉 Ø20 x L400	EA	1	8,800	8,800
17	재단아크릴	15t, 투명, 160 x 300	EA	1	12,400	12,400
18	재단아크릴	15t, 투명, 150 x 80	EA	2	3,100	6,200
19	DC 모터	□80,25W 3000RPM DC모터,기어박스 (1/150)	SET	1	73,700	73,700
20	DC모터 속도제어기	STC-120,DC90V/150W이하	EA	1	13,200	13,200
21	진공 패드	니트릴 고무, 블랙, 외경 Ø40, 타입 VPE	EA	1	11,000	11,000
22	슬릿호스	흑색, Ø10mm	EA	1	1,250	1,250
23	공압호스	파란색 (외경x내경), 4 x 2	EA	2	700	1,400
24	세트스크류	M8x10, 사삼산화철 피막	EA	50	197	9,850
25	PLA 필라멘트	1.75mm, 1kg	EA	5	16,500	82,500
26	컴프레서	컴프레서 1.5마력	EA	1	101,160	101,160
27	진공이젝터	SCV-10HS	EA	1	15,000	15,000
28	진공패드	Ø40mm	EA	1	1,000	1,000
29	알루미늄 철판	0.3t, 297mm x 210mm	EA	1	1,000	1,000
30	레이저 절단 강판	5t, L640mmxW380mm (외부 레이저 가공비 포함)	SET	1	120,000	120,000
31	멀티탭	2구, 1.5m	EA	1	20,000	20,000
32	바퀴	회전형, 우레탄, 3mm	EA	4	6,490	25,960
33	타이밍 벨트	unitta, S5M시리즈	EA	11	7,990	87,890
					합계	1,084,310

설계하고자 하는 소형 수동 카토너의 재료비용 합계는 약 110만원이고, 그에 따라 순이익과 인건비 등을 고려하여 재료비의 2배로 가격을 책정한 결과 약 200만원의 가격대로 형성이 가능하며, 기존 상용화 된 카토너에 비해 매우 저렴하다. 또한 제품투입부의 모듈화에 의한 탈착, 인력 또는 모터에 의한 동력전달의 선택이 가능하므로, 모터 및 제품 투입부는 구매자의 옵션 선택으로 제외한다면, 가격을 약 15만원 정도 더 낮출 수 있다.

2.1.3 국내 아르바이트, 부업 및 포장대행업체 비교

일반 부업정보 (총 25건 검색) Box 규 한계당 1,000원 지급(한달 최고 750,000원 부업)

근무처	구인내용	업체명	급여(매)
경기도 김포시	제품선발 및 박스포장	피앤비테크	협의후결정
경기도 고양시 일산구	간단한 스티커작업, 박스접기, 펜시포장 등	솔라넷	협의후결정
서울 영등포구	단순박스포장	피니랜드	8,590원
경기도 용인시	화장품 박스 포장	주식회사 머콤윌	협의후결정
경기도 고양시 일산구	간단한 스티커작업, 박스접기, 펜시포장 등	솔라넷	협의후결정
서울 성동구	부업 박스포장 재택알바 구함	크리스탈	협의후결정
경기도 군포시	단순 포장 내비게이션 블랙박스	중흥연구	협의후결정
경기도 남양주시	문전가능한 분, 박스제조업체 홍보자 가능 남	솔한포장	협의후결정
경상남도 창원시	출입박스 포장하실 분	두산테크(주)	협의후결정
충청북도 청주시 상당구	부업하실 분 화장품박스 테이프작업 배달해드림	신안	협의후결정
경기도 고양시 일산구	남녀 알바 백화점 선물용 박스 제조	법진포장	협의후결정
부산 북구	생산직 소형 박스 제조	삼보산업	협의후결정
경기도 남양주시	메이커 박스 정리 남자 구함	열린채원	협의후결정
경기도 안성시	생산직 박스 공장	신일포장	협의후결정
경기도 화성시	박스 생산업체 신입 및 경력자 우대	한중포장	협의후결정
충청북도 청주시 흥덕구	화장품 케이스 박스 포장 부업하실 분	철주부업	협의후결정
충청북도 청주시 흥덕구	화장품 케이스 및 기타 박스 포장, 주부 환영	문누리	협의후결정
경기도 고양시 일산구	부업하실분 모집합니다. 단순 박스조립	성우	협의후결정
경기도 남양주시	아르바이트 박스 포장 업무 남자 구함	(주)CJ인스인	협의후결정
인천 남동구	마스크박스 포장	미래산업	협의후결정

단기(장기)화장품 포장 업무

자체통근운행/기초화장품/소박스포장/단상자접기/스티커부착/여사원모집



친구와 함께 가능 프롬더네일 물류팀 포장및 박스접기 단기알바 칼퇴보장

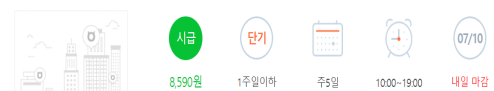


Fig. 10 Status of job openings for a part-time job in a box packaging department

국내 아르바이트 구인업체(알바몬, 드림큐)를 조사해본 결과, 시급제 또는 건당 100~300원 정도의 채택 아르바이트나 부업형식의 박스포장 구인공고가 전국에 걸쳐 게재되어 있다.

Table 3 Box packing cost survey

	개당 생산 비용	제작 속도
부업 아르바이트	건당 100원+소재비 270원 *시급의 경우 8,590원	개인차 존재 (평균 시간당 60개)
포장 대행 업체	건당 500원(소재 제작 포함) *최소 주문 제한	3일 1,000개
수동 소형 카토너 (개발품)	소재비 270원 + 카토너 제품 가격 (약 200만원)	분당 20개

또한 포장대행업체를 통해 견적을 문의한 결과 최소 1,000개의 제한이 있는가 하면 건당 500~1,500원 정도로 대행비가 형성되어 있다.

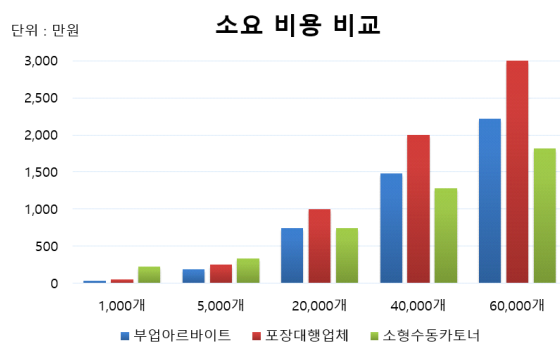


Fig. 11 Box packaging cost comparison

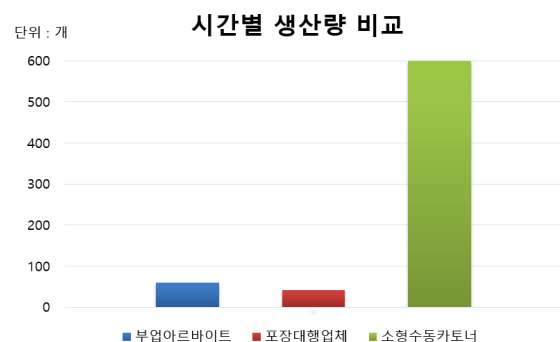


Fig. 12 Production by box packaging hour

조사한 내용을 바탕으로 비교해본 결과, 부업 아르바이트나 포장대행업체 대비 수동 소형 카토너의 경우 20,000개를 초과하여 생산 시 비용이 가장 적게 소요되는 것으로 나타났고, 또한 시간별 생산량 비교에서는 시간당 600개의 생산이 가능한 것으로 가장 높은 생산량을 나타냈다.

2.2 선행기술조사, 기존특허의 문제점 및 특허회피방안

Table 4 Pre-emptive Technology Survey - Patent information net (<http://www.kipris.or.kr/khome/main.jsp>)

Search formula	카토너 = 42 cases	A total of 460 searches (13 valid patents)
	자동 박스 포장기기 = 87 cases	
	Rotary Cartoner = 210 cases	
	Cartoner = 121 cases	

2.2.1 기존특허의 문제점

- 1) 특허 및 기존 제품 조사 결과 터치스크린, PLC, 서보 모터 등을 사용하였으며, 작업공간이 많이 필요 할 것으로 예상된다.
- 2) 바닥에 고정되어 있어 설치 후에 이동이 어려우며, 많은 에너지의 사용으로 환경 및 유지비용이 많이 들어갈 것으로 생각되어 신규 창업자와 소규모 창업자 들이 구매하기에는 부담스러운 것이 현실이다.

2.2.2 특허회피방안

- 1) 터치스크린, PLC, 서보 모터 등을 대체하여 체네바 기구를 통한 타임이 벨트 풀리 가동 등을 이용한 동력 축에서 전달하는 주기적인 회전 설계로 변경함으로 최소한의 인력으로 제품 포장이 가능하다.
- 2) 부품을 줄이고 구조적인 메커니즘으로 설계해 조작이 간편하며, 크기가 작은 공기 압축기 사용과 큰 무게가 나가지 않는 부품으로 무게, 크기를 줄였으며, 바퀴를 장착하여 이동이 간편하다.
- 3) 인력에 의한 수동방식, 모터에 의한 자동 방식 중에서 선택할 수 있으며, 1개의 모터만을 최소한의 전력으로도 기존 제품의 기능을 할 수 있도록 설계하였다.

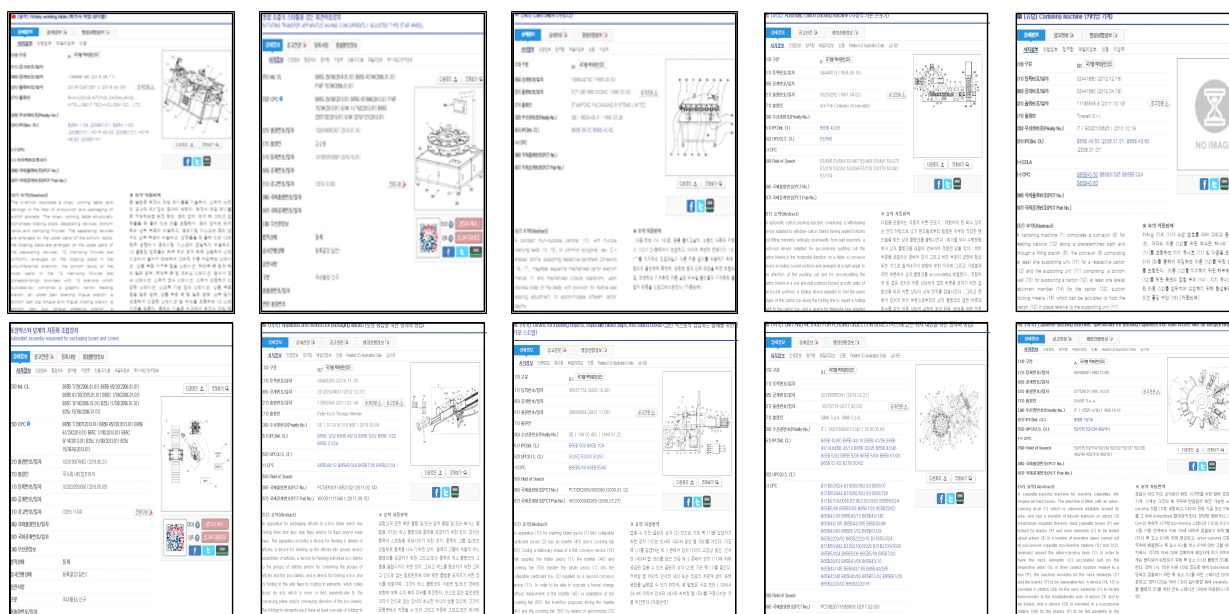


Fig. 13 Results of valid patents

2.3 상세설계 및 시제품 제작

2.3.1 기계의 전체적 구조 및 동력 전달방식 설계

1) 전체 3D 뷰, 각 구동부 명칭 및 전체크기

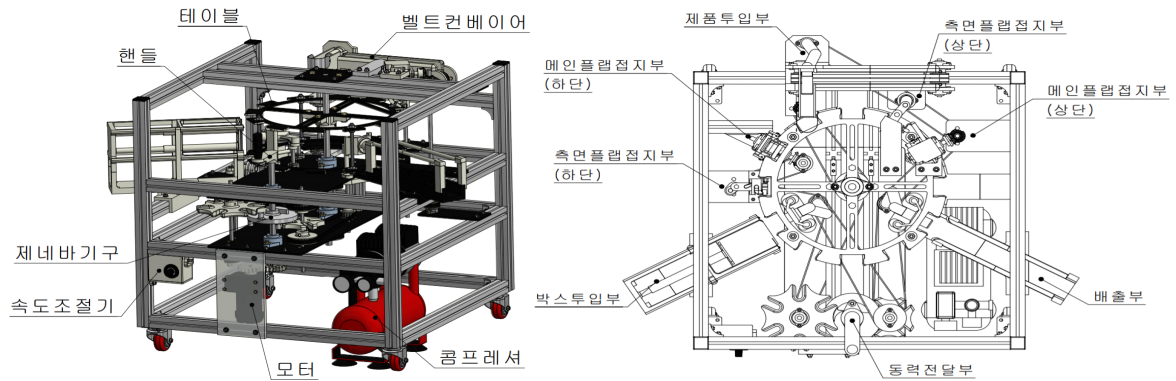


Fig. 14 Full 3D View and name of each department

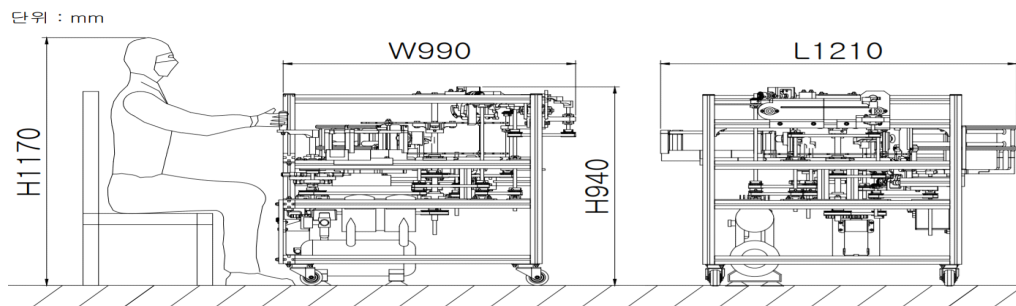


Fig. 15 Full size

전체크기는 W990mm x L1,210mm x H940mm이며, 작업자가 앉아서 작업하기에 편안한 높이로 설계하였다.

2) 동력 전달방식 설계

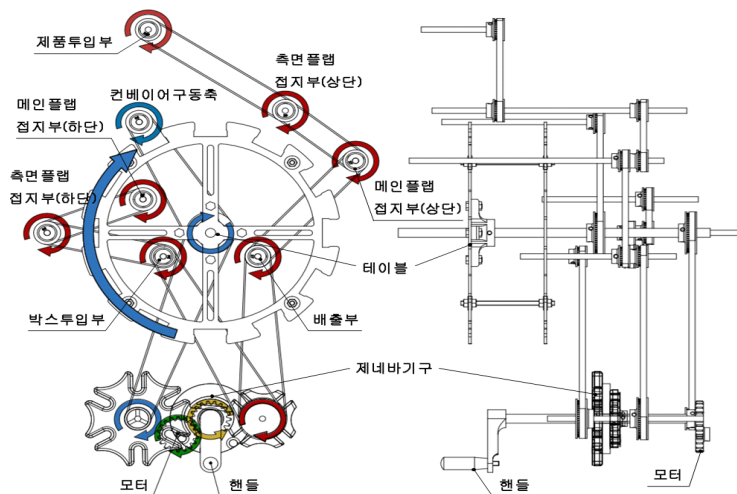


Fig. 16 Location control and prototyping

모터 또는 핸들조작에 의한 동력 전달방식으로 두 가지방식 중 선택이 가능하고, 제네바기구에 의해 동력을 간헐적으로 전달한다. 제네바 휠의 좌측에 있는 제네바기구는 상단, 우측의 제네바기구는 하단으로 설치시켰고, 제네바 휠 핀을 상·하단에 각각 배치시켜 개별적으로 구동하도록 설계하였다. 좌측 제네바의 경우는 테이블과 타이밍벨트전동에 의해 연동되며 좌측제네바 축과 테이블 축은 1 : 2의 회전 비를 가지며, 제네바 휠의 1회전 당 테이블은 30°의 간헐적인 회전을 한다. 또한 벨트컨베이어 축과 테이블 축이 서로 2 : 1의 회전비로 연결되어 구동된다. 그리고 우측 제네바기구의 경우는 테이블 축과 벨트 컨베이어 축을 제외한 모든 축과 연결되며, 제네바 휠 핀은 2개의 핀으로 우측제네바기구는 1회전 당 180°로 회전하고 각 축과 2 : 1의 회전비를 가지기 때문에 연결된 각 축은 360°로 간헐적으로 회전한다.

2-1) 제네바 기어 설계

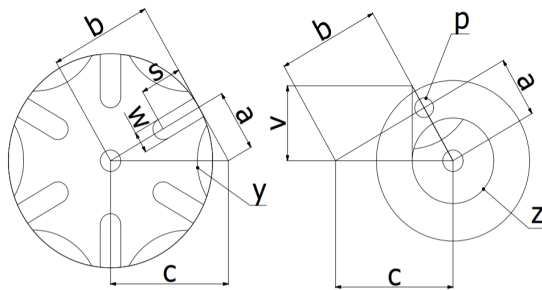


Fig. 17 Geneva mechanism design

$$\text{중심거리 } c = \frac{a}{\sin\left(\frac{180}{n}\right)}$$

$$\text{제네바 휠 반경 } b = \sqrt{c^2 - a^2}$$

$$\text{홈 중심 거리 } s = (a + b) - c$$

$$\text{홈 넓이 } w = p + t$$

$$\text{stop arc radius } y = a - (p \times 1.5)$$

$$\text{stop disc radius } z = y - t$$

$$\text{clearance } v = \frac{b \times z}{a}$$

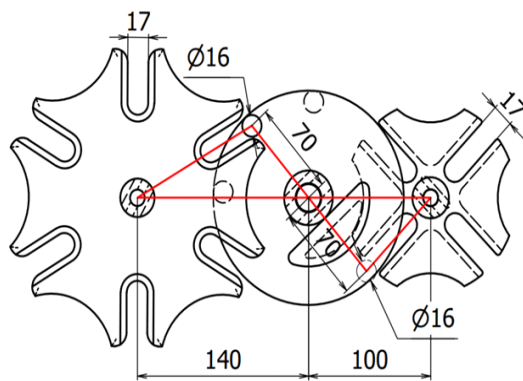


Fig. 18 Geneva mechanism design

제네바 크랭크 반경 지정 $a = 70\text{mm}$

제네바 휠 홈 수량 지정 $n = 6\text{EA}$

제네바 크랭크 핀 직경 지정 $p = 16\text{mm}$

허용 틈새 지정 $t = 1\text{mm}$

$$\text{중심 거리 } c = \frac{70\text{mm}}{\sin\left(\frac{180}{6}\right)} = 140\text{mm}$$

$$b = \sqrt{140\text{mm}^2 - 70\text{mm}^2} \approx 121.24\text{mm}$$

$$s = (70\text{mm} + 121.24\text{mm}) - 140\text{mm} \approx 51.24\text{mm}$$

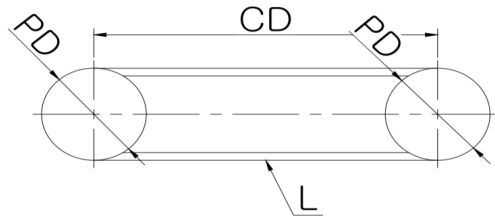
$$w = 16\text{mm} + 1\text{mm} = 17\text{mm}$$

$$y = 70\text{mm} - (16\text{mm} \times 1.5) = 46\text{mm}$$

$$z = 46\text{mm} - 1\text{mm} = 45\text{mm}$$

$$v = \frac{121.24\text{mm} \times 45\text{mm}}{70\text{mm}} \approx 77.94\text{mm}$$

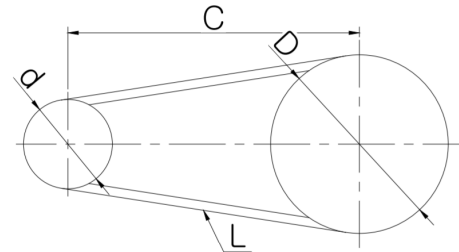
2-2) 타이밍 벨트/풀리 설계



$$L = 2 \times CD + \pi \times PD$$

L : 벨트 길이 / CD : 축간거리 / PD : 풀리 피치지름

Fig. 19 Same diameter of pulley



$$L = 2C + \frac{1.57(D+d) + (D-d)^2}{4C}$$

L : 벨트 길이 / C : 축간거리 /

D : 큰 풀리 피치 지름 / d : 작은 풀리 피치 지름

Fig. 20 Different diameter of pulley

타이밍 풀리는 유니타(<https://www.unitta.co.jp/>) 풀리 데이터 참조 후 다음과 같은 식으로 각 축에 적용되어지는 타이밍 벨트 길이를 구하고 그에 맞는 벨트를 구매하였다. Table 5는 Fig. 19, 20을 적용한 벨트 길이이다.

Table 5 Belt length according to specification

벨트 번호	길이(mm)	벨트 번호	길이(mm)
1번	1,079.06	7번	466.10
2번	1,015.36	8번	571.90
3번	610.28	9번	805.01
4번	549.44	10번	890.16
5번	936.49	11번	890.16
6번	695.59		

2.3.2 각 구간별 구동방식

각 구간별 구동방식을 단계별로 나누어 총 7단계로 설계하였다.

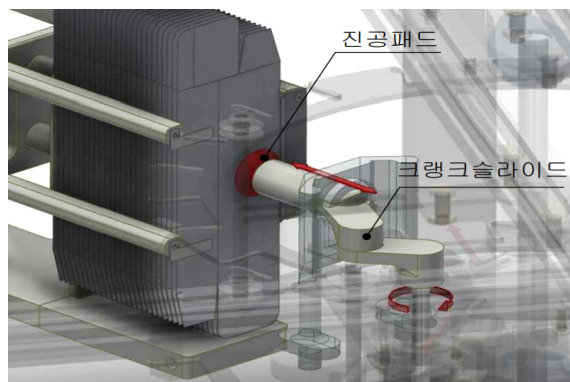


Fig. 21 Product input part

1단계 박스투입부 구동방식

크랭크슬라이드의 구동으로 작동되며 슬라이드에 삽입된 진공패드, 진공이젝터, 에어컴프레셔와 같은 공압장비에 의해 포장박스를 흡착하여 테이블로 가져온다. 이 때 포장박스는 펼쳐지며 빠져나오게 되어 테이블에 끼워질 수 있다.

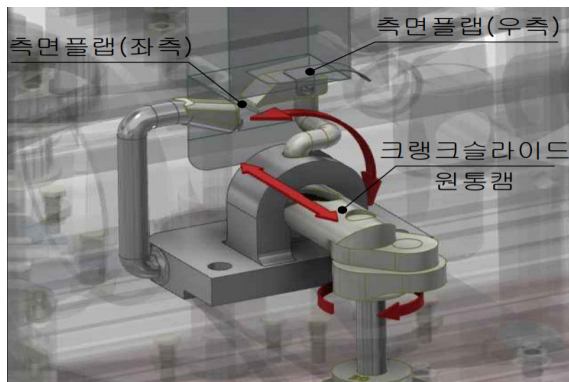


Fig. 22 Bottom of side flap ground

2단계 측면플랩접지부(하단) 구동방식

테이블의 회전으로 측면플랩접지부에 포장박스가 이동되며 이와 동시에 좌측측면플랩이 젖혀지고, 크랭크슬라이드의 구동으로 슬라이드는 원통캠의 기능도 포함하기 때문에 슬라이드의 전진 및 후진에 의해 캠핀이 90°왕복회전 하여 우측측면플랩을 접지한다.

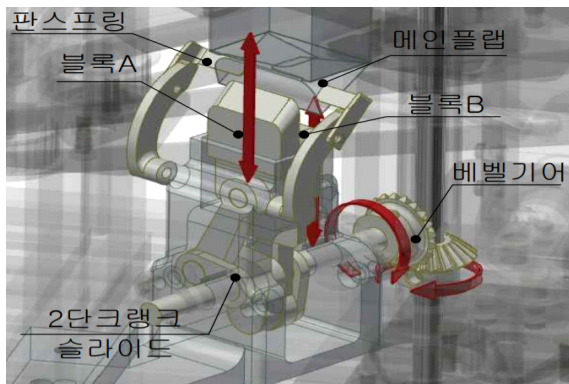


Fig. 23 Bottom of main flap ground

3단계 메인플랩접지부(하단) 구동방식

베벨기어에 의해 동력이 전달되어 2단 크랭크슬라이드가 작동되고, 블록A가 상승한다. 이 때 판스프링이 메인플랩의 끝부분만이 접지될 수 있도록 도와주며, 다음 블록B의 상승에 의해서 메인플랩이 완전히 닫히게 된다.

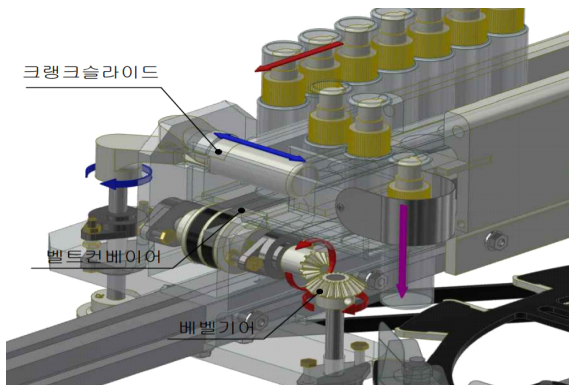


Fig. 24 Product input part

4단계 제품투입부 구동방식

테이블의 회전으로 인해 타이밍벨트와 연결된 베벨기어의 동력전달로 컨베이어벨트가 작동되어 제품들을 끌어오게 되고, 이 후 크랭크슬라이드의 구동에 의해서 제품을 밀어내며 포장박스로 제품을 투입한다.

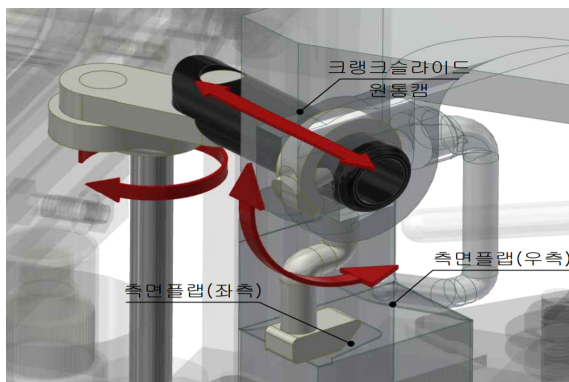


Fig. 25 Top of side flap ground

5단계 측면플랩접지부(상단) 구동방식

Fig. 22와 같은 구동방식이며 평면 대칭의 형태로 상단측면플랩을 접지시킨다.

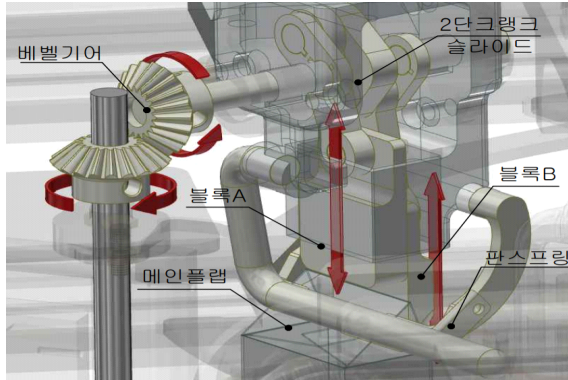


Fig. 26 Top of main flap ground

6단계 메인플랩접지부(상단) 구동방식

Fig. 23과 같은 구동방식이며 평면 대칭된 형태로 상단메인플랩을 접지시킨다.

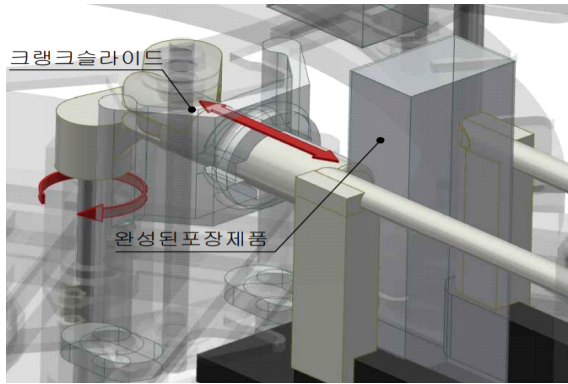


Fig. 27 Discharge unit

7단계 배출부 구동방식

크랭크슬라이드의 구동에 의해 포장된 제품을 밀어내어 배출시킨다.

2.3.2 각 구간별 이론 설계

대부분의 부품들을 3D 프린터로 출력함으로 PLA 마찰계수⁽⁹⁾ $\mu_{PLA} = 0.492$ 를 적용하여 설계하였다.

1) 박스 투입부 설계

사용압력 $1.5bar = (0.15MPa)$, 박스 무게 $20g$, 박스 종이의 마찰계수 $\mu_{paper} = 0.6$ ⁽¹⁰⁾, 패키징의 사용하는 용지는 재질에 따라 마찰계수가 다르고, 또한 이러한 용지에는 별도의 도포액을 사용하여 용지를 처리한다. 이러한 도포액의 정확한 성분을 알 수 없어서 통상적으로 사용되는 코팅지의 마찰계수에 대해 검색하였다. 그 결과 대부분 코팅지는 마찰계수 0.6을 넘지 않아 최악의 조건으로 포장재의 마찰계수를 0.6으로 정하였다.

$\sigma = \frac{F}{A}$ 일 때, $F = A \times \sigma$ 이다. A = 진공패드 단면적, σ = 사용압력

포장재 흡착과 동시에 진공패드는 눌리지기 때문에 $\phi 40mm \rightarrow \phi 43mm$ 로 변형된다.

2) 측면플랩 및 메인플랩 접지부(상·하단) 설계

플랩 접지에 필요한 힘을 구하는 실험 도구가 없어, 너트의 개당 무게를 측정하여 플랩이 접지되기까지의 필요한 너트 개수를 계산(너트 1EA 무게 10g) 하여 측면 플랩 접지부에 필요한 무게 50g, 메인 플랩 접지부에 필요한 무게 100g을 측정할 수 있었다.



Fig. 30 Nuts required for side flap ground 5EA



Fig. 31 Nuts required for grounding main flaps 10EA

2-1) 측면 플랩 접지부 설계

측면 플랩 접지를 위해 필요한 힘은 50g이므로 다음 식으로 필요한 힘을 계산하였다. ($0.05kg_f = 0.49N$)

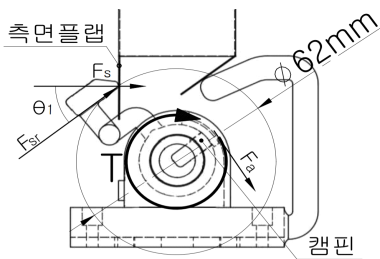


Fig. 32 Front view of side pull wrap ground

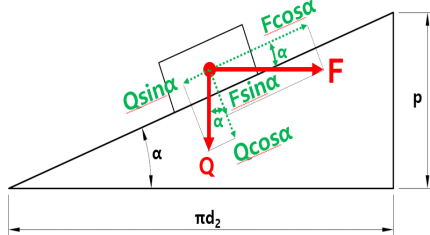


Fig. 33 Screw development diagram

$$\mu_{PLA} = 0.492$$

$$F_{sr} = \frac{F_s}{\cos \theta_1} = \frac{0.49N}{\cos(42.66^\circ)} \approx 0.67N$$

$$T = r \times F = 0.062m \times 0.67N \approx 0.042N \cdot m$$

F_a = 원통캠 핀의 회전력

$$F_a = \frac{T}{r} = \frac{0.042N \cdot m}{0.012m} \approx 3.5N$$

$$F_u(\text{마찰력}) = \mu_{PLA} \times W_a = 0.492 \times 0.17N \approx 0.084N$$

$F_p = F_a + F_u$ = 회전할 때 필요한 힘

$$F_p = 3.5N + 0.084N \approx 3.58N$$

$$\alpha(\text{리드각}) = 56.8^\circ$$

$$F_p \cos \alpha = 3.58N \times \cos(56.8^\circ) \approx 1.96N$$

Q = 원통캠 슬라이더가 직선 왕복하기 위한 힘

$$Q = F_p \cos \alpha \times \sin \alpha = 1.96N \times \sin(56.8^\circ) \approx 1.64N$$

2-2) 메인 플랩 접지부 설계

메인 플랩 접지를 위해 필요한 힘은 100g이므로 다음 식으로 필요한 힘을 계산하였다. Fig. 28과 같은 크랭크 기구 구동방식으로 계산하여 배출부에 걸리는 필요 토크를 구할 수 있다.

$$T \approx 0.06N \cdot m$$

4) 제품 투입부 설계

4-1) 제품 투입부 벨트 컨베이어 기구

제품 1EA 당 200g이라고 가정 하였을 때 10EA 정도 올릴 수 있다.

약 $2kg_f \approx 19.6N$ 이므로

$$T = r \times F = 0.024m \times 19.6N \approx 0.470N \cdot m$$

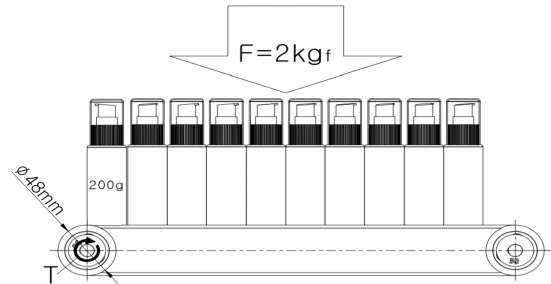


Fig. 34 Nuts required for grounding main flaps 10EA

4-2) 제품 투입부 크랭크 기구

크랭크 기구가 제품을 밀 때 가이드 라인에 제품의 개수가 3EA가 되는 순간에 투입이 되므로, 크랭크 기구가 밀어야 하는 무게는 $0.6kg_f \approx 5.88N$ 이 된다. Fig. 28과 같은 크랭크 기구 구동방식으로 계산하여 제품 투입부에 걸리는 필요 토크를 구할 수 있다.

$$T \approx 0.0677N \cdot m$$

5) 배출부 설계

제품 1EA 당 200g, 박스무게 10g일 때, 배출부 가이드라인에 10EA까지 올릴 수 있다. $10EA = 2.1kg_f$ 이므로, Fig. 28과 같은 크랭크 기구 구동방식으로 계산하여 배출부에 걸리는 필요 토크를 구할 수 있다.

$$T \approx 0.4N \cdot m$$

2.3.3 베어링에 작용 하는 하중 및 수명 계산

1) 축이 단순보, 돌출보 일 때 힘의 평형 방정식⁽¹¹⁾을 이용하여 작용하는 하중 계산

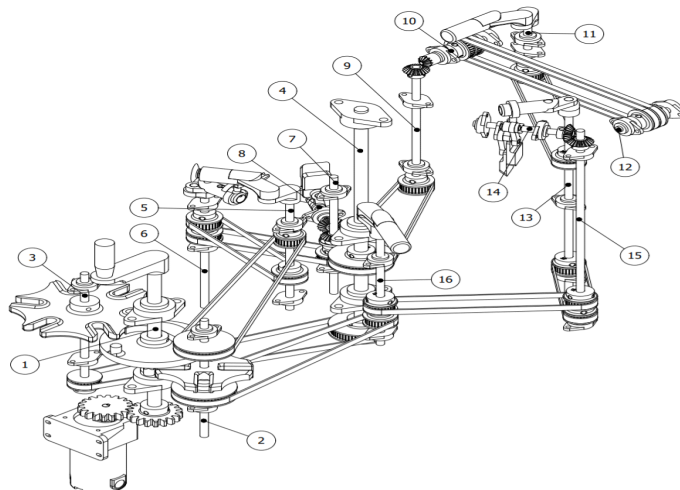


Fig. 35 Axis Position 3D View

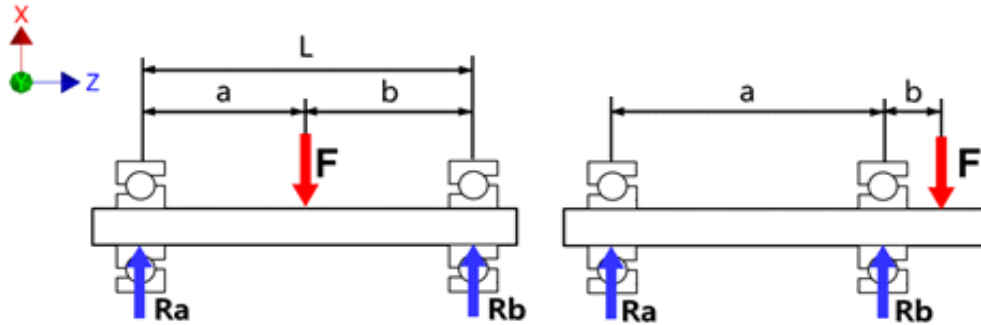


Fig. 36 Composition of two forces with angles

$$\begin{aligned}
 \sum F_y = 0 \quad R_a + R_b &= F \\
 \sum M = 0 \quad (-F \cdot a) + R_b L &= 0 \\
 R_b &= \frac{F \cdot a}{L} \\
 R_a &= \frac{F \cdot L}{L} - \frac{F \cdot a}{L} \\
 &= \frac{F \cdot L - F \cdot a}{L} \\
 &= \frac{F(L - a)}{L} = \frac{F \cdot b}{L}
 \end{aligned}$$

하중의 위치가 두 베어링 사이에 적용할 경우 (단순보)

$$R_{aF} = \frac{F \times b}{L} \quad R_{bF} = \frac{F \times a}{L}$$

하중의 위치가 두 베어링 사이에 적용하지 않는 경우 (돌출보)

$$R_{aF} = F(1 + \frac{b}{a}) \quad R_{bF} = \frac{F \times b}{a}$$

2) 계산 된 하중들을 힘의 합성 공식⁽¹²⁾을 이용하여 힘 합성

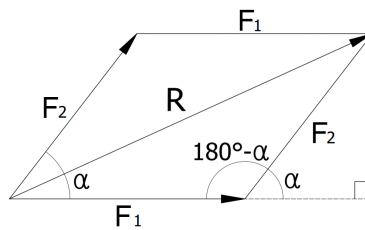


Fig. 37 Composition of two forces with angles

힘의 합성 공식 $R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos\theta}$ 을 사용하여 계산하였다. 베어링 하중의 힘의 합성 값은 Table 6과 같다. 표에 있는 하중들은 베어링, 타이밍 폴리, 각 구동부의 기구의 위치에 따라 하중은 달라지며, 큰 하중을 기준으로 하여 Fig. 35에서 축 번호를 참고하여 기입하였다.

Table 6 Bearing load synthesis value

축 번호	하중(N)
1번 축	76.161
2번 축	148.284
3번 축	76.009
4번 축	76.115
5번 축	76.002
6번 축	144.967
7번 축	76.005
8번 축	3.214
9번 축	51.615
10번 축	143.670
11번 축	76.490
12번 축	144.034
13번 축	54.364
14번 축	3.116
15번 축	77.136
16번 축	83.315

3) 하중에 따른 베어링 수명 계산⁽¹³⁾

축 방향과 축 직각 방향에 하중이 동시에 존재 하므로 Fig. 37과 같이 7901A5 앵글러 볼 베어링을 사용한 동등가하중(NSK 볼 베어링 카탈로그⁽¹⁴⁾ 참조)을 고려하였다. 또한 각 축에 타이밍 벨트의 하중이 걸리므로 타이밍 벨트 허용전동장력(N) 확인을 위해 카탈로그⁽¹⁵⁾를 참조하였다. → 참조값 : 76N

동등가하중 $P=XF_r+YF_a$										
호칭 점속각	$f_0 F_a^*$ C_{0r}	e	단열, 병렬조합				배면조합, 정면조합			
			$F_a/F_r \leq e$		$F_a/F_r > e$		$F_a/F_r \leq e$		$F_a/F_r > e$	
			X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
15°	0.178	0.38	1	0	0.44	1.47	1	1.65	0.72	2.39
	0.357	0.40	1	0	0.44	1.40	1	1.57	0.72	2.28
	0.714	0.43	1	0	0.44	1.30	1	1.46	0.72	2.11
	1.07	0.46	1	0	0.44	1.23	1	1.38	0.72	2.00
	1.43	0.47	1	0	0.44	1.19	1	1.34	0.72	1.93
	2.14	0.50	1	0	0.44	1.12	1	1.26	0.72	1.82
	3.57	0.55	1	0	0.44	1.02	1	1.14	0.72	1.66
	5.35	0.56	1	0	0.44	1.00	1	1.12	0.72	1.63
25°	-	0.68	1	0	0.41	0.87	1	0.92	0.67	1.41
30°	-	0.80	1	0	0.39	0.76	1	0.78	0.63	1.24
40°	-	1.14	1	0	0.35	0.57	1	0.55	0.57	0.93

* i 는 배면조합·정면조합의 경우는 2로하고, 단열·병렬조합의 경우는 1로한다.

Fig. 38 Composition of two forces with angles

구분	볼 베어링
정격 피로수명	$L_h = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P} \right)^3 = 500 f_h^3$
피로수명 계수	$f_h = f_n \frac{C}{P}$
속도계수	$f_n = \left(\frac{10^6}{500 \times 60n} \right)^{\frac{1}{3}}$ $= (0.03n)^{\frac{1}{3}}$

Fig. 39 Bearing life formula

다음 값들을 참조하고 Fig. 38의 공식으로 계산한 결과, 각 베어링은 반영구적인 수명을 가지고 있으며, 축경을 작게 할 수 있으나, 처짐 값이 발생하여 문제가 생길 수 있으므로 축경을 12mm로 선정하였다.

2.3.4 각 구간 부하용량에 따른 모터 선정 및 수동 회전에 필요한 힘

1) 각 구간 부하용량을 고려한 필요한 모터용량

$$v(m/s) = \frac{D(m)}{2} \times \left\{ \frac{2 \cdot \pi(rad \cdot min)}{60(rev \cdot sec)} \times N(rpm) \right\}$$

$$= \frac{0.01m}{2} \times \left(\frac{2\pi rad}{60 sec} \times 20 \right) \approx 0.021m/s$$

$$F(N) = \frac{T(N \cdot m)}{r(m)} = \frac{11.34N \cdot m}{0.01m} = 1,134N$$

$$H(W) = F(N) \times v(m/s) = 1,134N \times 0.021m/s \approx 23.8W$$



Fig. 40 K8G150C Motor

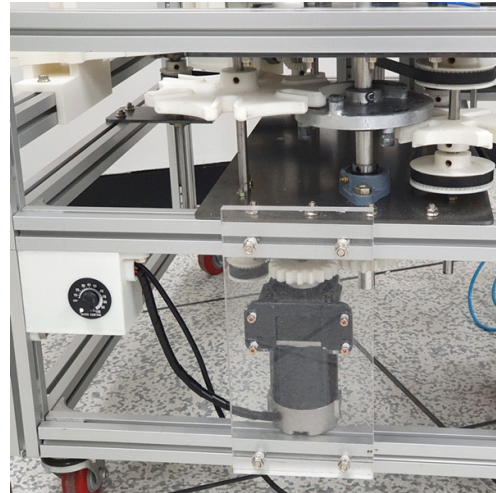


Fig. 41 Assembled motor

2) 입력으로 계산한 출력 → 성인 기준 남/녀의 밀고당기는 힘⁽¹⁶⁾을 참조하여 최소 힘 계산 Push & Pull 여성기준 최소 힘 $13.6kg_f (\approx 133.28N)$

$$\text{핸들 부분 토크 } T = F \times r = 133.28N \times 0.1m \approx 13.33N \cdot m$$

$$\text{축에 작용하는 힘 } F = \frac{T}{r} = \frac{13.33N \cdot m}{0.01m} \approx 1,333N$$

$W = F(N) \times v(m/s) = 1,333N \times 0.021m/s \approx 28W$ 이므로 입력으로 낼 수 있는 출력이 핸들을 돌리기 위한 출력보다 높으므로 충분히 구동 가능하다.

2.3.4 CAE 프로그램을 이용한 구조해석 결과 도출

구동 시에 중요한 핀 부분의 정확한 응력 해석 결과가 필요하므로, CAE 프로그램을 이용하여 파단 여부를 확인하였다. 체네바 핀의 축에 관한 토크가 $11.4N \cdot m$ 이므로 핀에 걸리는 하중 $F = T/r$ 이다.

다음 식으로 계산하면 $F = \frac{11.4N \cdot m}{0.07m} \approx 162.86N$ 이므로, 다음 값을 CAE 해석에 적용하였다.

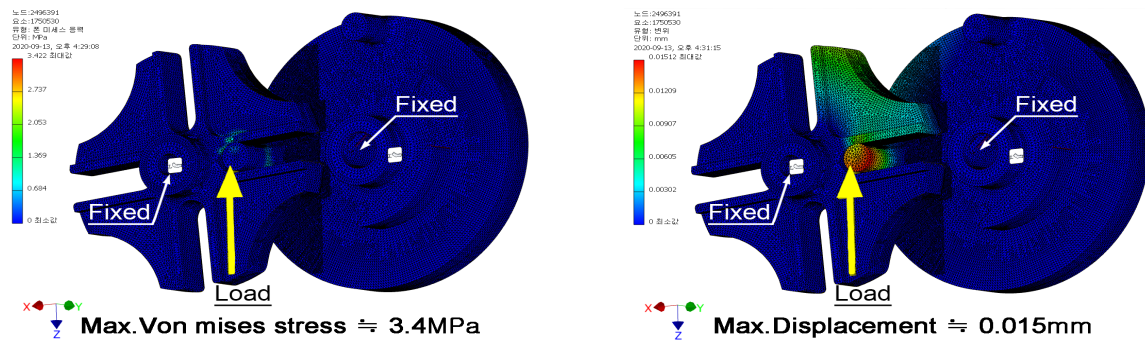


Fig. 42 Geneva crank CAE analysis results

Table 7 Property value of PolyLactic Acid (PLA) material

인장강도 (적층직각방향)	39.73MPa
밀도	1.24g/cm ³

요소크기 = $0.01mm$, 하중 = $162.86N$ 을 부가하여 해석한 결과 적층직각방향의 인장강도 및 변위가

약 3.4MPa, 0.015mm 이므로, PLA재질의 적층직각방향의 인장강도가 36.73MPa⁽¹⁷⁾을 넘어서지 않아 핀 부분의 안전함을 확인하였다.

2.4 제약조건 및 해결방안

2.4.1 제약조건

- 1) 각 단계별 포장박스의 크기에 대한 제한
- 2) 회전 시 마찰력과 회전력의 관계 및 핀에 걸리는 하중
- 3) 설계 변경이 생길 시 계산이 복잡해짐
- 4) 구동 시 말림점, 끼임점에 의한 사고발생 우려
- 5) 동력이 들어옴에 따라 지속적인 회전운동이 아닌 간헐적인 회전운동 설계
- 6) 철 사용 시 크기에 따라 무게가 과중됨
- 7) 플랩 접지에 필요한 힘을 측정하는 실험 도구가 없음
- 8) 실제 벨트의 장력계산
- 9) 베어링 수명 과다

2.4.2 해결방안

- 1) 조립식 모듈화 설계 및 사이즈 조절 기구를 통해 박스 사이즈를 유동적으로 변경할 수 있게 함
- 2) 실험을 통한 관계분석과 CAE 해석 결과를 통해 적정설계
- 3) Excel 또는 Visual Basic을 이용하여 연산 알고리즘 설계 및 계산
- 4) 시제품 단계이므로 실제 제품에서는 각 구동부 투명 커버 설치 및 안전 스티커 부착
- 5) 제네바 기구와 타이밍 벨트를 사용하여 각 구간에 간헐적 회전과 정확한 회전을 전달
- 6) 구조해석을 통한 최적화 및 경량화 적용, 특별한 큰 힘을 받지 않기 때문에 경량화가 가능하고 이에 대해 구조해석을 통한 응력분포분석 및 경량화 해결
- 7) 다른 도구(너트)를 사용함으로써 플랩이 접지되기까지 필요한 무게로 힘 계산
- 8) 최악 조건을 고려하기 위해 구매벨트의 허용장력으로 발생하중을 계산
- 9) 시제품 단계이므로 실제 제품에서는 철 사용 및 그에 따른 동정격하중을 고려하여 수명을 3~5년 사이로 재설계

3. 결과 및 토의

3.1 구상한 모델링과 완성된 시제품

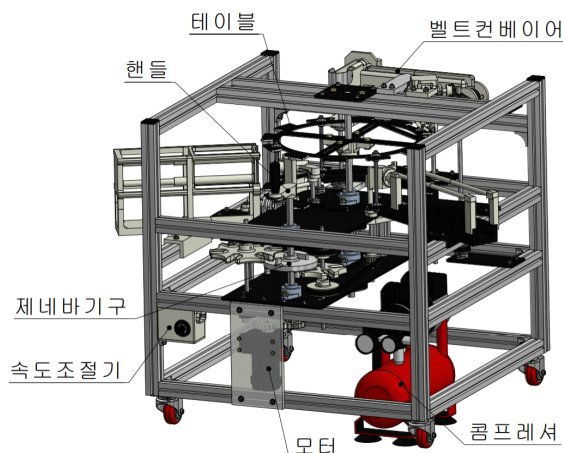


Fig. 43 Planned 3D modeling

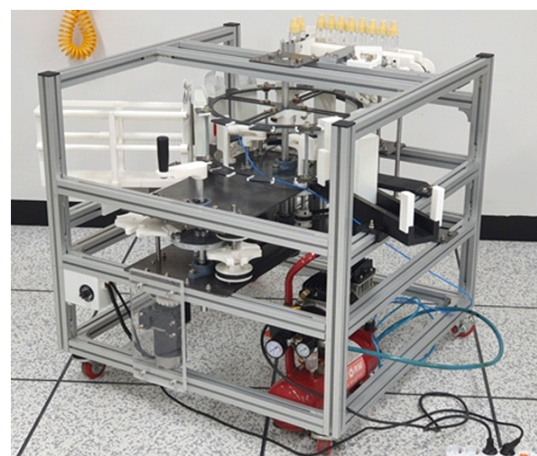
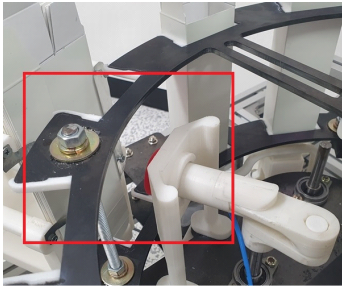
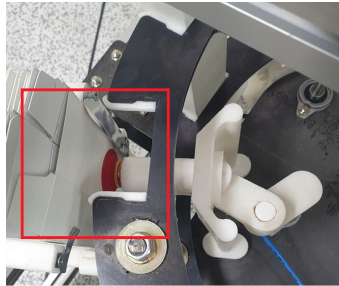


Fig. 44 Finished goods

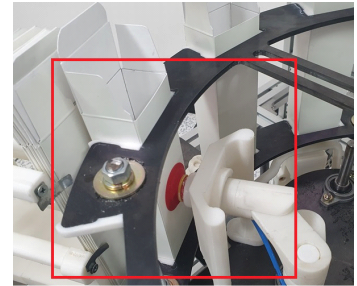
3.2 시제품 구동 과정



구동 전

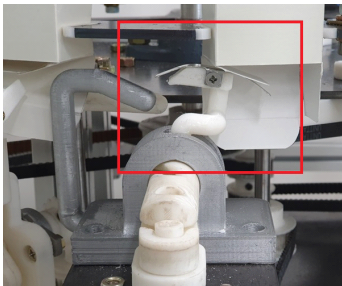


소재박스흡착

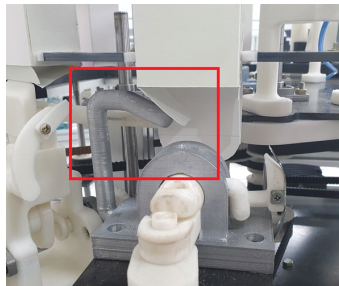


박스투입

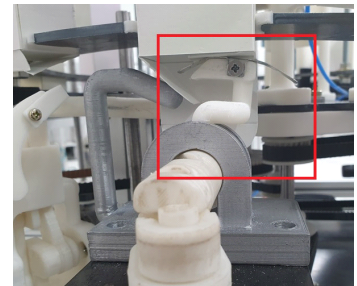
Fig. 45 Box input part



테이블 이동

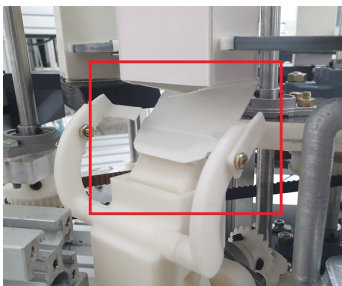


좌측플랩접지

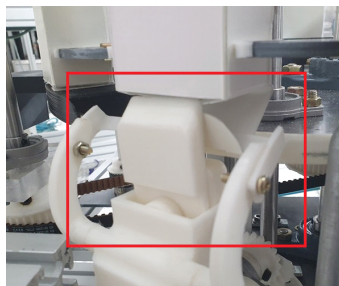


우측플랩접지

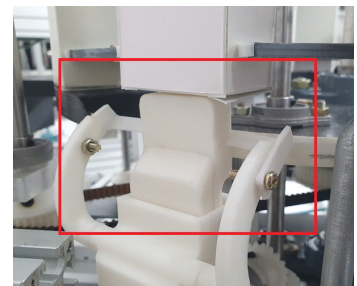
Fig. 46 Bottom of side flap ground



테이블 이동



플랩끝부분접지

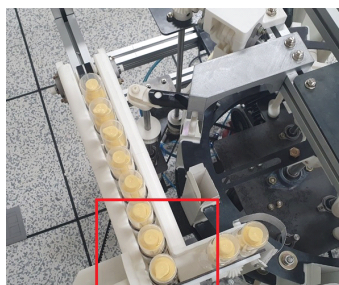


메인플랩접지

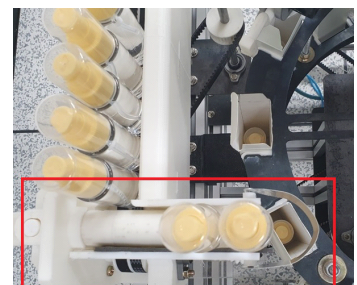
Fig. 47 Bottom of main flap ground



테이블 이동

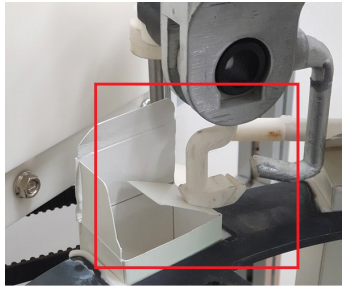


제품 이동

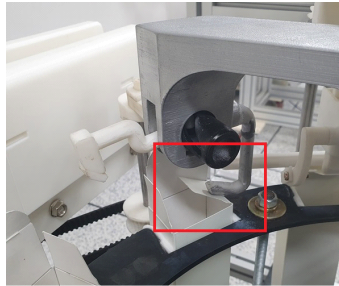


제품 투입

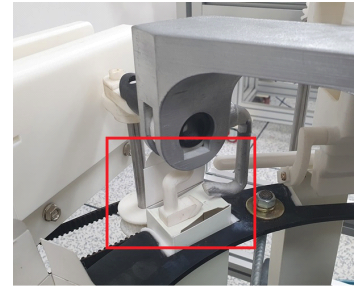
Fig. 48 Product input part



테이블 이동

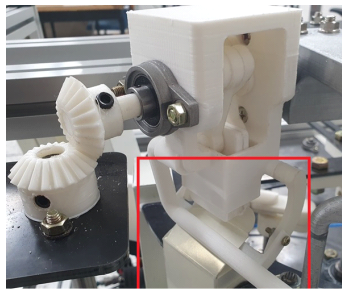


우측플랩접지

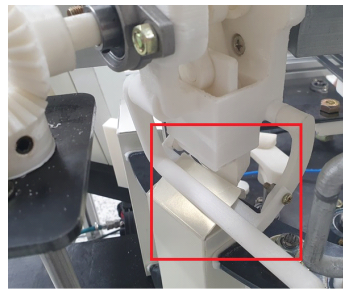


좌측플랩접지

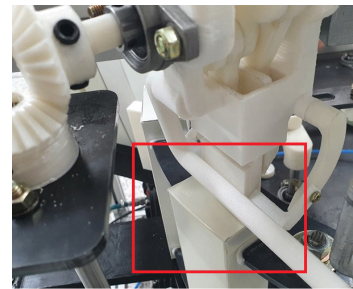
Fig. 49 Top of side flap ground



테이블 이동



플랩끝부분접지

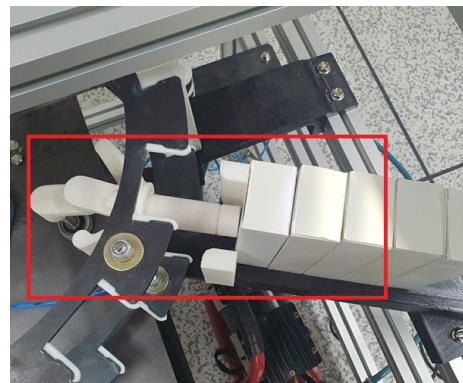


메인플랩접지

Fig. 50 Top of main flap ground



테이블 이동



포장제품 배출

Fig. 51 Discharge unit

3.3 최종결과물 및 기대효과

본 논문과 같이 개발된 카토너는 가공식품, 세면용품, 사무용품, 음료, 식품, 액세서리, 화장품 등의 제품을 생산하는 공정의 마지막 단계에 박스 포장 형태로 광범위하게 활용 가능하다.

또한 설계 기술력 확보로 가격이 고가인 해외제품에 대해 수입대체효과, 수출증대효과 및 부품 비용 절감 등의 산업발전에 큰 효과가 기대된다. 동시 국가의 창업지원정책과 관련하여 소규모 창업 활성화를 높여 창업저변 확대에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 결과 보고서는 대부분의 카토너는 무게가 무겁고, 고가의 장비를 사용하여 큰 규모의 기업이 아닌

이상 구매하기에 가격이 상당히 부담스러우므로 대부분의 소규모 창업자들은 기계가 아닌 수작업으로 포장작업을 대체하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 고가의 장비대신 구동을 수동 또는 1개의 소형 모터에 의한 제네바 기구의 간헐적 운동, 타이밍 벨트 전동 및 크랭크 구동을 이용해 기존의 자동화 시스템을 대신하는 구조적인 메커니즘으로 보다 저렴하게 기존 카토너의 작업을 수행할 수 있도록 개발 및 제작하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 기존 카토너에 사용되고 있는 공압 실린더, PLC 제어기기, 터치스크린 등을 제거하고 제네바 기어를 통한 간헐적인 회전 운동을 주어 구조적인 메커니즘으로 기존의 카토너의 기능을 완벽하게 수행하게 만들었다. 또한 3D 프린터를 사용하여 각각의 부품을 제작하여 불필요한 제작비용 및 고가의 부품을 대체하여 비용 면에서 효율을 극대화 하였다.

2) 개발된 소형 수동 카토너는 가공식품, 세면용품, 사무용품, 음료, 식품, 액세서리, 화장품 등의 제품을 생산하는 공정의 마지막 단계에 박스 포장 형태로 광범위하게 활용 가능하다. 또한 국내·외적으로 포장산업은 4차 산업과 연계되어 꾸준히 인류 산업과 함께 발전하는 시점에서 장비의 무게가 적고, 비용 면에서 효율을 극대화한 설계기술이 현시점에 주목된다면, 새로운 시장을 창출하며, 해외제품에 대해 수입대체효과, 수출증대효과 및 부품 비용 절감 등의 산업발전에 큰 효과가 기대된다. 동시 국가의 창업지원정책과 관련하여 소규모 창업 활성화를 높여 창업저변 확대에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 판단된다.

3) 개발된 소형 수동 카토너는 대부분의 구동부가 PLA 재질로 만들어져 3D 프린팅 출력 공차로 인한 정밀도 저하에 대한 문제점을 개선하기 위해 철 재질로 변경하고, 단계별 포장 박스 크기에 따른 제한이 있어 이러한 부분을 조립식 모듈화 설계로 좀 더 유동적인 카토너로 변경할 것이며, 포장 제품뿐만 아니라 간헐적인 회전에 의한 메커니즘을 다른 산업에도 적용할 수 있도록 하는 것이 앞으로의 목표이다.

후 기

먼저 이번 제10회 전국학생설계대회를 개최한 대한기계학회에 감사의 말씀을 전합니다. 이번 대회를 통해서 학과에서 배웠던 여러 이론 및 실습내용들을 적용해 볼 수 있었고, 새롭게 3D프린터를 사용해 보고 PLA 재질의 특성 및 압출방식에 대한 이해도를 높일 수 있었습니다.

그러나 설계과정에서 계산착오 및 가공이해도의 부족으로 시제품제작단계에서 원활한 구동이 되지 않거나 조립순서가 어긋나 부품이 조립되지 않는 등의 문제에 직면하면서 설계단계에서의 정확한 설계가 얼마나 중요한가를 절실히 느낄 수 있었습니다.

그리고 코로나19사태에 따라 비대면 수업으로 전환되어 시제품제작 및 팀원 모임의 제한으로 여러 어려움이 있었지만 그러한 어려움 속에서 포기하지 않고 완성을 할 수 있었던 점에서 더욱 큰 성취감과 뿌듯함을 느낄 수 있었습니다.

또한 소규모 1인 창업 및 상품포장에 대한 조사를 하면서 창업의 관심도 또한 증가하게 되었고, 간단한 제품이라도 제품 포장이 얼마나 중요한 요소인가를 알 수 있었습니다.

참고문헌

- (1) CLO, 2014, 포장의 역사와 경제학, <http://clomag.co.kr/article/1023>
- (2) 한국포장학회, 2016, KOREAN JOURNAL OF PACKAGING SCIENCE & TECHNOLOGY Vol. 22, No. 3, pp. 142.
- (3) 한국포장협회, 2018, 중국 포장산업 최신 동향 The monthly packaging world, pp. 109~110.
- (4) 중소기업벤처부, 2013~2018, 1인 창조기업 실태조사
- (5) “2018년 기준 기업생멸행정통계 결과”, 2018, 통계청

- (6) OMRON, 2020, Packaging for the Future Vision 2025, pp. 26.
- (7) Smithers Pira, 2015, Paper-based packaging trends to 2019, pp. 2~3.
- (8) “The Italian packaging machinery industry”, 2019, UCIMA
- (9) Svratka, Czech Republic, 2018, WEAR AND COEFFICIENT OF FRICTION OF PLA-GRAPHITE COMPOSITE IN 3D PRINTING TECHNOLOGY, pp. 651.
- (10) Peter. R, STFI, 2020, “An investigation of the friction properties of coated paper”, Swedish Pulp and Paper Research Institute, Stockholm, Sweden, Christophe Barbier, Lulea University of Technology, Nordic Pulp and Paper Research Journal Vol. 15 No. 5/2000, pp. 353~354.
- (11) 박명규, 2017, 알기쉬운 재료역학, pp. 154~168.
- (12) 원종식, 2013, Strength of Materials(재료역학), pp. 12~14.
- (13) 정해관, 최부희, 이성근, 기계요소설계, pp. 149~151.
- (14) NSK, 볼베어링카탈로그-1, B46~52.
- (15) 홍장표, 2018, 제8판 기계설계이론과 실제 기계요소편Ⅱ, pp. 345.
- (16) Dong-Pil Woo and Dong-Choon Lee, 2013, “A Study on the Push and Pull Strength for the Design of Cart Handle,” Journal of the Ergonomics Society of Korea, Vol. 32, No. 4, pp. 405~411.
- (17) 박성재, 박정현, 이권행, 류민영, 2016, “압출 적층 방식의 3D 프린팅 조형물에서 적층강도에 대한 고찰,” 한국고분자학회 Polymer(Korea), Vol. 40, No. 6, pp. 846~851.