

원 스테이션 파스너 자동포장기 개발(I): 패킹 메커니즘의 최적설계

김용석*, 정찬세⁺, 양순용⁺⁺

(논문접수일 2011. 01. 12, 심사완료일 2011. 03. 30)

Development of Automatic Packing System of One Station for Fasteners(I): Optimization Design of Packing Mechanism

Yong-Seok Kim*, Chan-Se Jeong⁺, Soon-Young Yang⁺⁺

Abstract

In this paper, we proposed an automatic packing mechanism of one station concept for fastener objects where the continuous work is performed in a finite space. The proposed packing mechanism is composed of supporting frame, feeding supply, air shower device, clamping/opening device, batch charging device, sealing/cutting device and supply adjusting device. And, these mechanisms have been modularized through mechanical, dynamical, structural and fluid optimized design using the SMO(SimDesigner Motion) analysis module. Also, the virtual prototype was carried out using the 3-D CAD program. The packing process is consisted performed in the order of feeding, clamping, bottom sealing, cutting, opening, object charging, closing and the upper sealing. And the time of these cycles were designed to be completed in 15-20 seconds. This packing mechanism will be created as a prototype in the near future. In addition, it will be applied to the production scenes after going through a field test for the validation of performance.

Key Words : Automatic packing(자동포장), One station(원 스테이션), Fastener packing(파스너 포장), Packing machine(포장기)

1. 서론

파스너류는 각종 기계, 기구, 구조물을 조립 체결하는 기초요소로서 오늘날 우리가 사용하는 모든 공산품에 사용될 정도로 그 사용범위가 매우 광범위하다. 파스너류의 세계 시장은 아시아와 라틴아메리카 등 개발도상국의 경제성장에 힘입어 매년 5%의 성장이 가능할 것으로 전망되고 있으며, 시장규모에서는 5,200억 달러에 이를 것으로 예상하고 있다⁽¹⁾. 또한 국내 나사,

볼트/너트(금속제)의 2007년도 사업체수는 352개소로 2006년도의 638개소와 비교하여 44.83%로 감소하였으나, 출하액의 연평균 성장률(CAGR)면에서는 6.42%(2004년~2007년)을 나타내어 생산규모면에서는 꾸준한 성장세를 보이고 있다⁽²⁾. 이러한 파스너류의 생산은 품종이 다양할 뿐만 아니라 크기도 매우 다양하여 한 공장에서 다품종 대량생산을 기본으로 하고 있다. 이와 같이 다품종 대량생산에 따른 검사공정이나 포장공정에서 어려움을 겪고 있다. 이에 검사공정은 비전시스템의 발

* 울산대학교 기계기술연구소

+ 울산대학교 기계자동차공학부

++ 교신저자, 울산대학교 기계자동차공학부 (soonny@mail.ulsan.ac.kr)

주소: 680-749 울산광역시 남구 무거2동 산29

달에 힘입어 다수 자동화를 이루어 어려움을 해소하였으나 포장작업의 자동화는 미미한 수준에 머무르고 있다⁽³⁻⁵⁾. 파스너류는 생산 후 외부의 노출과 장시간 보관 그리고 운반과정에서의 산화를 방지하기 위해서는 생산과 동시에 신속한 포장과 기밀포장이 이루어져야 한다. 특히 사용처에 따라 일정개수의 단위포장은 필수적이다. 이러한 파스너 자동포장기 기술로는 포장지의 실링 및 절단, 포장지의 공급, 파스너의 계량 및 계수장치 그리고 파스너의 인입 및 선별장치 등이 있다⁽⁶⁻⁹⁾. 또한 포장지 공급 시 장력을 조절하는 기술, 포장 포대를 잡고 벌리는 기술 등이 있다^(10,11).

본 연구에서는 파스너류를 생산과 동시에 정확한 계수를 통해 원하는 충전량을 맞추고, 2면 비닐필름을 이용하여 기밀포장이 가능한, 즉 계수, 충전, 밀봉작업이 한 곳에서 이루어지며 연속적으로 포장작업이 가능한 원 스테이션 자동포장기를 개발한다. 이에 본 논문에서는 원 스테이션 자동포장 메커니즘 설계에 따른 기구적, 동적, 구조적 최적설계를 수행한다.

2. 패키징 메커니즘의 설계

2.1 개념설계

본 파스너류 자동포장기 메커니즘은 2면 접착포장형식으로 하며, 포장공정은 원 스테이션 수직방식 그리고 연속적으로 포장이 이루어지도록 한다. 제대방식은 포장필름 2장을 겹치는 방식을 취하고, 접착방식은 가열 접착봉 방식을 적용한다. 계량 충전방식은 중량계량 또는 개수카운터 충전방식을 적용한다.

Table 1 Specification for concept design of packing mechanism

Items	Specification
Packing object	fasteners and piece parts etc.
Packing method	thermal bonding method of folded vinyl of 2 side
Packing process	one station vertical process
Packing material	PE film of tube type
Sealing method	thermal bonding by heater bar
Cutting method	cutter of saw teeth type
Charging method	batch charge after calculation
Packing material feeding method	roller feeding by roller friction and encoder measurement
Packing material feeding guide method	air curtain using air jet mean
Packing bags forming method	link mechanism with spur gear and clamping device
Mechanism control	pneumatic control system
Packing box supply	box magazine and conveyor system

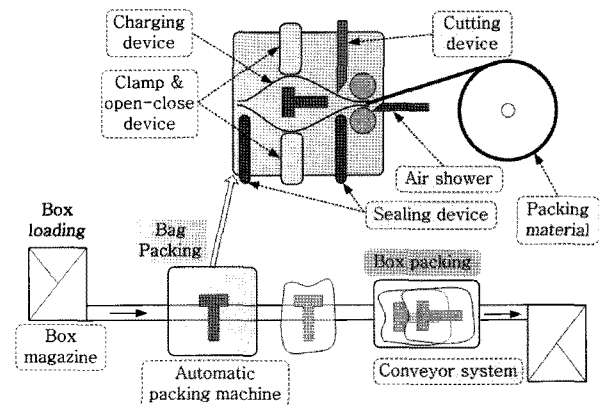


Fig. 1 Composition of automatic packing system

이러한 파스너류 자동포장 메커니즘 설계의 개념적 내용은 Table 1과 같고, 포장을 위한 시스템구성에 대한 개념도는 Fig. 1과 같다.

2.2 메커니즘의 설계 및 모델링

본 파스너 자동포장 메커니즘은 장치를 지지하는 지지 프레임, 포장지를 공급하는 포장지 이송공급 및 에어샤워 기구, 포장지를 집어서 백 모양으로 벌려주는 집게기구 및 벌림기구, 형성된 백에 파스너류를 충전하는 일괄충전장치, 충전 후 밀봉을 위한 실링 장치 그리고 포장지를 절단하는 절단 장치로 구성된다. 설계 및 제작의 용이성을 고려하여 집게 및 벌림기구, 실링 및 절단기구, 포장비닐 이송공급 및 에어샤워 기구, 일괄 충전기구 그리고 지지 프레임 등으로 각각 모듈화하여 설계하였다. 설계변경에 대한 신속한 대처와 제작 시 발생할 문제점을 최소화하기 위하여 3D-CAD 툴로 모델링을 수행하고, 부품들 간의 가상 조립을 통해 간섭과 충돌을 회피하는 가상시제품을 CATIA V5를 활용하여 수행하였다⁽¹²⁾. 또한 MSC사의 SMO (SimDesigner Motion) 모듈을 이용하여 기구적, 동적, 구조적, 유동적 메커니즘 최적화에 대한 시뮬레이션을 통해 검토하였다⁽¹³⁾.

집게기구 및 벌림기구의 구성과 모델링 결과를 나타내면 Fig. 2와 같다. 집게기구 및 벌림기구는 포장지를 잡고 벌려서 백 모양으로 벌어지게 하는 기능을 한다. 벌림기구 메커니즘은 링크기구로 구성되며 스퍼기어를 이용하여 동일한 거리로 벌어지게 한다. 또한 벌림기구는 전후가 연동하여 동일한 간격으로 벌어지게 함으로서 포장 백의 구김이 발생하지 않고 균형을 이룬 모양을 유지하게 된다. 벌림작동 시에는 포장지의 양 가장 자리를 집게기구가 잡게 되고 벌림기구 중앙에 부착된 흡착패드 에 의해 필름을 흡착하여 벌리게 된다. 벌림 실린더의 최대 스트로크를 200mm로 가 선정된 기구적 시뮬레이션 결과는 Fig. 3과 같다. 이때 벌림기구는 최적의 작동상태를 나타내었고 벌림 실린더의 변위에 따른 클램프의 변위는 벌림 전후 방향으로 100mm 이동과 동시에 폭 방향으로 50mm가 좁혀지는

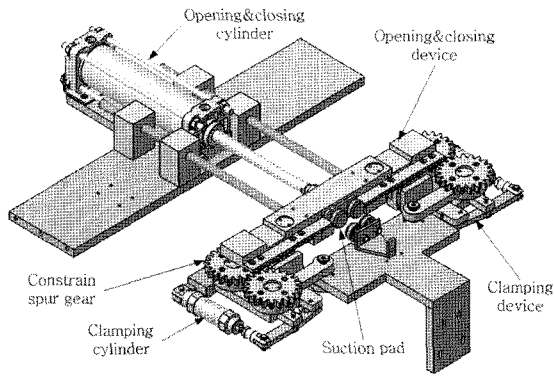


Fig. 2 Composition and CAD model of clamping and opening-closing mechanism

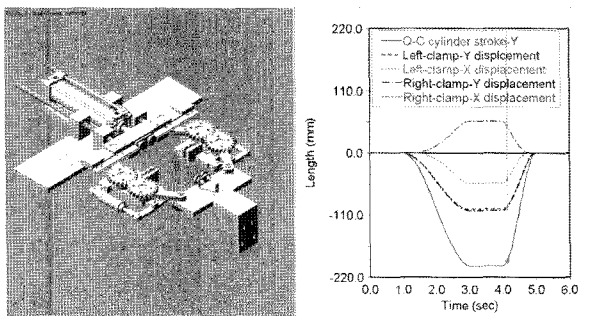


Fig. 3 Mechanism simulation of clamping and opening-closing device

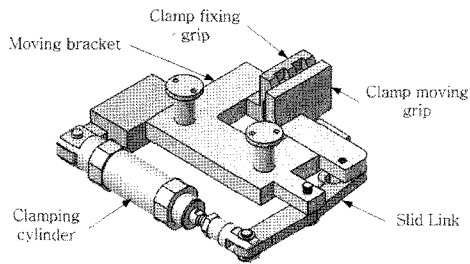


Fig. 4 Composition and CAD model of clamp mechanism

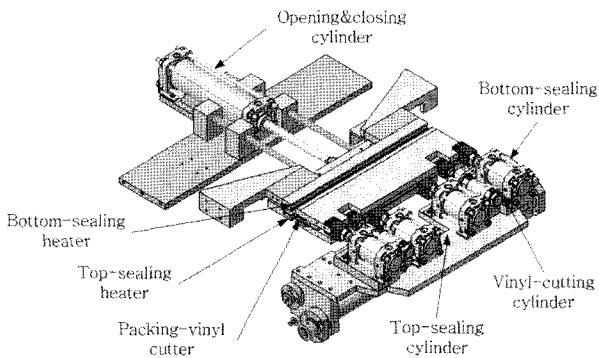


Fig. 5 Composition and CAD model of sealing and cutting mechanism

것으로 나타났다. 즉 양쪽 폭을 고려하면 100mm가 좁혀지는 것이다. 이것은 기구적으로 2면 포장 비닐로 형성되는 포장백의 입구가 전후방향과 폭 방향으로 각각 최대 140mm가 뒹을 의미한다. 따라서 형성되는 포장백의 입구는 피포장물의 충전이 충분히 가능한 크기(충전장치 크기: 좌우 폭 110mm, 전후 폭 130mm)가 되므로, 가 선정된 실린더의 스트로크 200mm 모델의 실린더를 선정한다.

집게기구는 독립적으로 포장백의 양 사이드를 잡아주는 기능을 하며 에어 실린더에 의하여 작동된다. 특히 집게장치는 독립적인 기능을 하면서도 벌림기구에 부착되어 벌림기구의 위치 변화에 연동되어 움직이므로써 포장백 클램핑의 위치가 항상 포장백 벌림의 중앙에 위치하게 한다. 이것은 포장백의 벌어지는 량과 폭 방향으로 줄어드는 량을 일정하게 함으로써 포장백의 벌림을 원활하게 하는 것이다. 집게기구의 구성과 구조는 Fig. 4와 같다.

실링기구 및 절단기구의 구성과 모델링 결과를 나타내면 Fig. 5와 같다. 실링장치는 2면 포장 비닐을 열로서 접합하여 밀봉하는 기능을 하며, 절단장치는 롤 형태의 연속적으로 공급되는 포장 비닐을 밀봉 후 자르는 기능을 한다. 실링장치는 하부실링과 상부실링으로 구성되며, 전열히트를 사용하여 가압 접합한다. 상부 실링은 벌림기구의 작동실린더와 연동하여 실링위치가 조절되고, 마주하는 2개의 가압 실린더에 의해 실링이 이루어진다. 하부 실링은 한쪽 프레임은 고정되고 1쌍의 가압 실린더에 의하여 실링이 이루어진다. 포장백의 밀봉순서는 제품이 충전되기 전에 포장백의 하부실링 이루어지며, 충전 직후 상부실링이 이루어진다. 이때 상부실링과 동시에 포장백의 절단이 이루어지며, 절단작동은 2개의 실린더가 절단 날을 가압하여 이루어진다. 실링기구 및 절단기구의 기구적 스트로크와 타임스케줄 에 따른 시뮬레이션 결과는 Fig. 6과 같다. 하부 실링 실린더의 최대 스트로크는 14mm 이내 이며, 절단 실린더의 스트로크는 20~25mm사이로 설정할 때 최적의 작동상태를 나타내었다. 상부 실링 실린더의 최대 스트로크는 14mm 이내 이며, 벌림기구에 연동되는 가압 보조 실린더를 적용할 경우 상부 실링 가압 실린더 및 보조 가압실린더의 스트로크는 각각

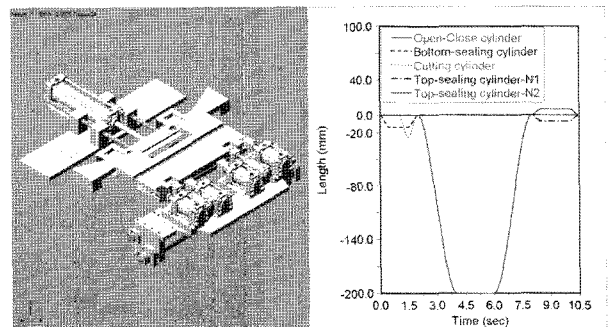


Fig. 6 Mechanism simulation of sealing and cutting device

7mm 이내로 설정하는 것이 최적인 것으로 나타났다. 각 작동 실린더의 타임 스케줄은 실링을 위한 가압시간과 직접 관계되며, 시험을 통해 최적의 가압시간을 도출하여 적용한다. 또한 포장백의 접합을 위한 전열기는 히터 재질, 단면형상, 실링 폭, 실링 길이, 가압력, 가압 시간 등을 고려하여 선정하는 것이 바람직하다.

특히 전열기의 접합부 단면형상은 완전기밀 실링을 위한 형상뿐만 아니라 포장백의 개폐가 용이하도록 하는 형상을 고려하여야 하며, 단면에는 스틱현상을 방지하기 위하여 테프론으로 보호막을 씌우는 것이 유용하다.

절단기구의 절단 날의 선정은 포장백의 재질이 PE계열의 필름으로 폭이 넓고 유연성이 있어 일반적인 칼날에 의한 순간적 절단에는 어려움이 있음을 고려하여 톱날형상의 칼날을 적용하였다. 포장백의 절단 메커니즘은 톱날 형상의 절단 날을 상하

로 팽창된 포장백의 측면에 가압하여 초기에 작은 절단 홀을 형성하고 점차적으로 슬롯 형상으로 확장되어 지면서 완전한 절단이 이루어지게 된다. 절단기구의 메커니즘과 절단 칼날의 형상을 나타내면 Fig. 7과 같다.

포장백 이송공급 및 에어샤워 기구의 구성과 모델링 결과를 나타내면 Fig. 8과 같다. 포장백의 이송공급기구는 롤 형태로 제공되는 2면 포장비닐을 포장규격에 따라 일정 길이로 공급한다. 에어샤워기구는 에어커튼 기능과 냉각기능을 동시에 하며, 에어커튼 기능은 노즐바디에 두 줄로 형성된 노즐을 통해 에어가 분사되면서 수직방향으로 에어 층을 만들어 두 공기층 사이로 포장백이 수직 자세를 유지하며 공급되도록 하는 기능을 한다. 이송공급기구는 실리콘이 코팅된 인입롤러와 모터 그리고 인입롤러의 간격조절을 위한 에어 실린더로 구성되며, 포장백의 공급 길이 제어는 엔코더를 적용한다.

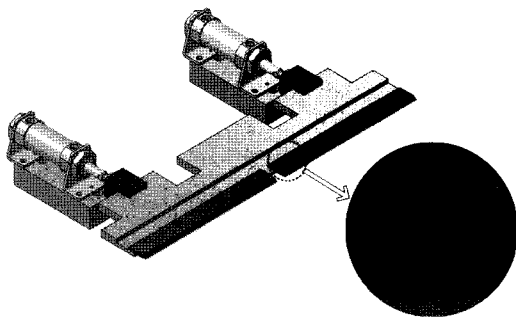


Fig. 7 Mechanism and cutter shape of cutting device

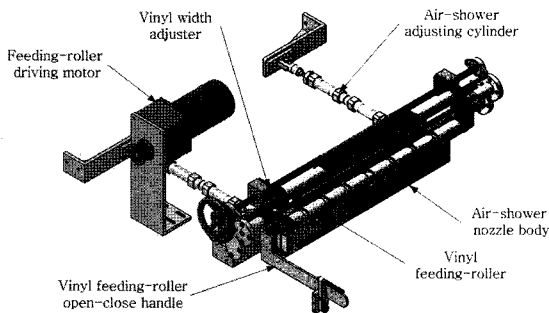


Fig. 8 Composition and CAD model of package-bag feeding and air-shower mechanism

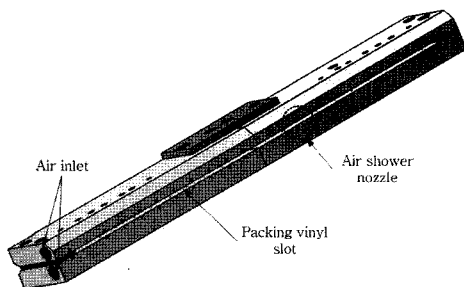


Fig. 9 Nozzle shape of selected air-shower

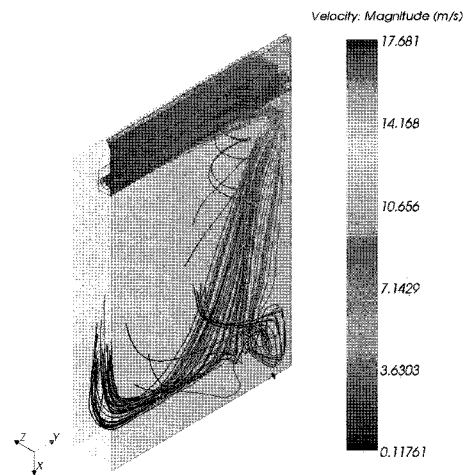


Fig. 10 CFD analysis result of slot type nozzle

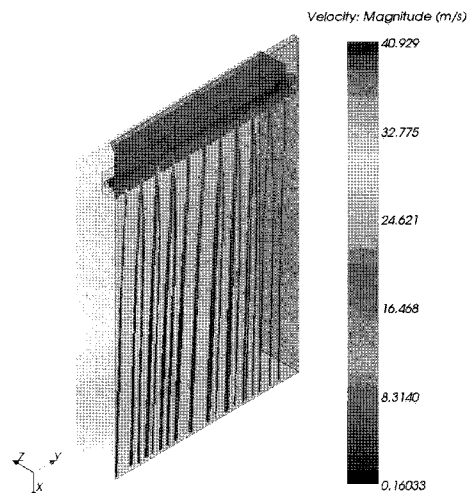


Fig. 11 CFD analysis result of multi-hole array type nozzle

에어샤워기구는 다수의 에어 노즐이 길이 방향으로 가공된 1쌍의 에어 노즐 바다로 구성되며 선정된 에어샤워의 형상은 Fig. 9와 같다. 에어샤워에 형성된 노즐로부터 분출되는 공기의 흐름은 수직방향으로 층류(laminar flow)를 형성하여야만 포장백의 자세를 흐트러짐 없이 안내할 수 있다. 이에 노즐의 형상과 노즐로부터 분사되는 공기분사 속도는 에어샤워 기능에 미치는 중요한 요소가 된다.

따라서 사용압력을 4bar로, 에어유량을 0.001kg/sec로 가 선정하고 Star-CCM+를 활용하여 유동해석(CFD)을 수행하였으며, 최적의 노즐형상을 도출하기 위해 2가지 형상에 대하여 수행하였다. 노즐형상은 Fig. 10과 같이 슬롯 형상과 Fig. 11과 같은 홀 다수배열 형상에 대하여 수행하였다. 슬롯형상의 노즐은 공기유동이 입구에서 가장 먼 곳에서 일괄 분출하면서 난류 유동이 나타나 에어커튼 기능을 전혀 수행하지 못하는 현상이 나타났다. 홀 다수배열 형상은 공기유동이 수직으로 층류를 형성하여 에어커튼 기능을 완벽하게 수행하는 것으로 나타났다. 이에 분사노즐의 형상은 홀 다수배열로 하며 노즐 직경은 $\Phi 2$ 로 결정하였다. 노즐로부터의 에어의 최적분사속도에 필요한 에어유량은 시제품제작 시 실험을 통해 최적화가 요구되는 부분이다.

일괄 충전기구의 구성과 모델링 결과를 나타내면 Fig. 12와 같다. 충전기구는 공급되는 제품이 충전량에 도달하면 시간적으로 별립기구와 연동하여 포장백 내부로 충전시키는 기능을 한다. 일괄 충전기구는 제품을 담아두는 호퍼와 개폐장치로 구성되며, 개폐 작동은 로터리 액추에이터에 의하고, 상하 이동은 에어실린더에 의한다. 피포장제인 파스너류는 중량의 고체로서 충전 시 제품의 모서리나 자중에 의해 포장 백을 상하게 하거나 포장백이 집게기구의 그림으로부터 이탈되는 현상이 발생하여 포장작업 에러의 원인이 예상됨으로, 이를 보완하기 위해 충전장치를 하부로 이동시켜 포장 백과의 거리를 좁혀주게 되는 것이다, 또한 제품박스를 상하로 이동시켜 포장 백을 보호하는 장치를 컨베이어 시스템에 부가를 고려하고 있다. 충전기구의 크기는 포장 백 입구의 크기가 고려된 크기여야 하며, 현재 설계된 포장 백의 별립 폭은 전후 및 좌우 폭 140mm가 고려된 충전기구의 크기는 좌우 폭 110mm, 전후 폭 130mm로 결정하였다.

충전기구의 상하 이동 스트로크는 50mm, 충전기구의 개폐기 회전각도는 50°로 설정한 기구적인 시뮬레이션 결과는 Fig. 13과 같다. 개폐기는 초기에 닫혔다가 충전이 완료되면 호퍼와 함께 별립기구와 시간적으로 연동되어 하강 이동하여 포장 백 입구로 들어가게 되며, 동시에 개폐기가 열리면서 충전이 이루어지게 된다.

포장백 공급조절기구 및 지지 프레임의 구성과 모델링 결과를 나타내면 Fig. 14와 같다. 포장백 원단은 2면으로 이루어진 형태를 장착되어 연속적으로 공급이 이루어진다. 포장기계

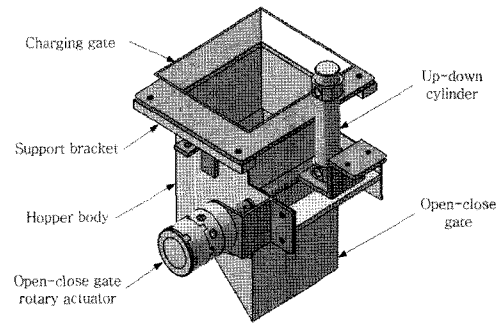


Fig. 12 Composition and CAD model of batch charging mechanism

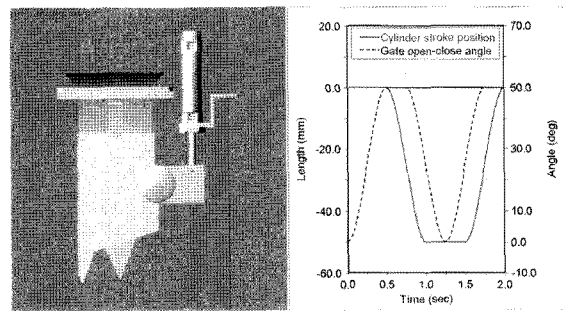


Fig. 13 Mechanism simulation of batch supplying device

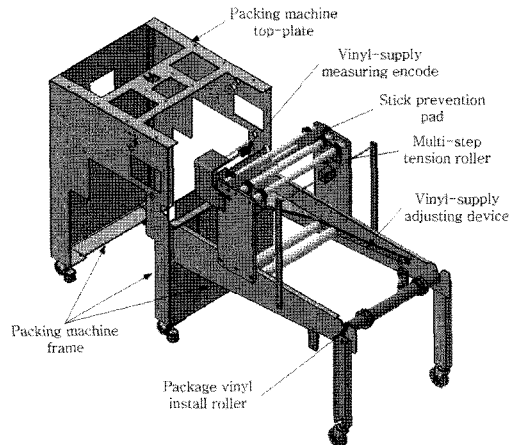


Fig. 14 Composition and CAD model of machine support frame and package-bag supplying mechanism

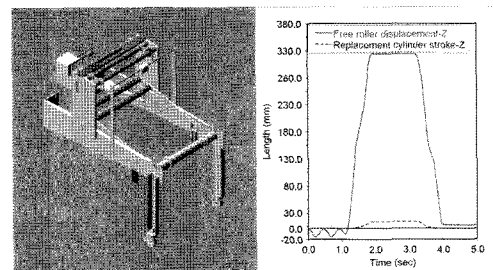


Fig. 15 Mechanism simulation of package-bag supply adjusting device

를 구성하는 각 기구들을 지지하는 프레임은 판재를 절곡하여 강도를 높이는 구조를 가진다. 또한 제작의 용이성을 고려하여 레이저 가공 후 절곡 및 기계가공이 이루어지도록 설계에 반영하였다. 포장백 공급기구에 있어서 포장백 공급조절기구의 기구적인 시뮬레이션 결과는 Fig. 15와 같다. 유연성이 있는 포장백은 자중에 의한 처짐이나 과잉 풀림 현상이 발생한다. 또한 포장백의 신속한 공급을 위하여 신속공급 조절기가 필요하다. 이를 위해 다단의 롤러와 포장백의 롤 풀림 조절기 그리고 공급 조절 프리 롤러와 복귀 실린더로 구성된 포장 백 공급 조절기를 부가하였다. 포장백 공급조절기의 프리롤러는 필요한 공급속도에 따라 신속하게 상부로 상승하였다가 기구의 자중과 복귀 실린더에 의하여 원위치로 복귀하면서 차후 공급을 준비하는 구조로 되어 있다. Fig. 15로부터 포장백 공급조절기 프리롤러의 변위는 330mm로, 즉 포장백의 순간 공급거리가 660mm(2중 롤러: 330×2)임을 의미한다. 따라서 포장에 소요되는 포장백의 길이는 일반적으로 100~500mm 이내로 단위포장의 크기에 따라 결정되므로 충분히 만족시킬 수 있음을 확인할 수 있다. 또한 이때 공급조절기 복귀실린더의 스트로크 변위는 약 15mm임을 알 수 있으며, 가 선정된 스트로크 25mm인 모델의 실린더로 선정한다. 포장 메커니즘을 지지하는 4.5mm 두께의 철 판재 프레임에 대한 안전성 검토를 수행하였으며, 해석에

필요한 파라미터는 표 2와 같고, 강도구조해석 결과는 각각 Fig. 16과 Fig. 17과 같다. 로드하중은 양 지지 프레임의 상부에 각각 250kg와 포장백 공급롤러 지지 양 프레임에 각각 100kg가 작용하는 것으로 하였다. 이때 Fig. 16에 나타난 바와 같이 최대 폰미세스 응력은 $7.68 \times 10^7 \text{N/m}^2$ (76.8MPa)로 프레임 재질의 항복강도인 250MPa에 비해 약 33%에 불과한 것으로 나타났다.

따라서 설계된 지지 프레임은 상부에 1,500kg 이상의 하중을 지지할 수 있어 안전한 것으로 판단된다. 또한 Fig. 17에 나타난 바와 같이 지지 프레임의 최대 변형변위는 0.834mm로, 이 또한 양 지지 프레임 사이에 다수의 축으로 지지하게 됨으로 안정성 확보에는 문제가 되지 않을 것으로 사료된다.

전술한바와 같이 원 스테이션 파스너류 패키징메커니즘에 대한 설계사양에 따라 각 기구의 모듈별 메커니즘 설계를 수행하였다. 이에 따른 구성부품 3D 모델링과 가상조립을 통한 가상시제품 결과를 나타내면 Fig. 18과 같다. 향후 설계사양과 모델링된 결과로부터 제작도를 작성하여 시제품 개발을 추진할 것이다.

Table 2 Analysis parameters

Parameters	Value
Material	Steel
Young's modulus	200 GPa
Poisson's ratio	0.266
Density	7860kg/m ³
Coefficient of thermal expansion	1.17×10 ⁻⁵ mm/°K
Yield strength	250MPa
Load	5,000N / 2,000N

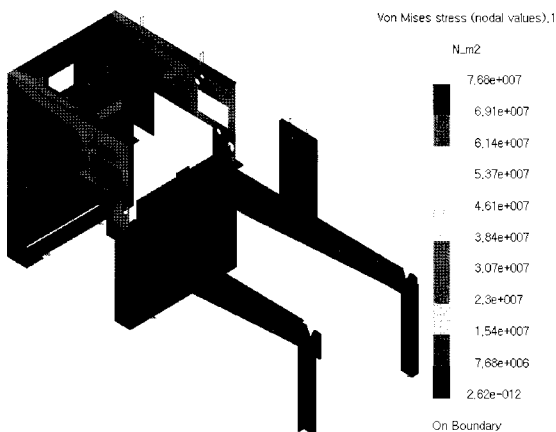


Fig. 16 Von Mises stress of analysis result

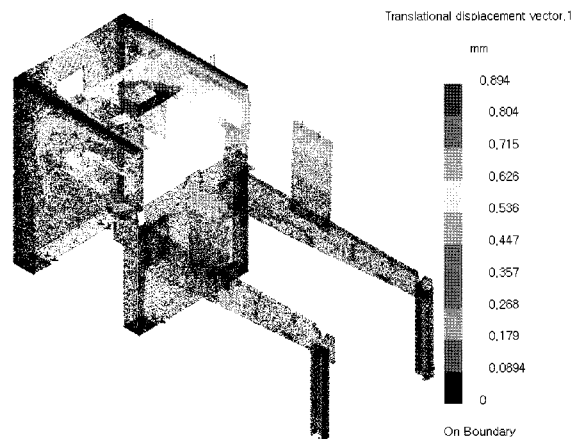


Fig. 17 Translational displacement of analysis result

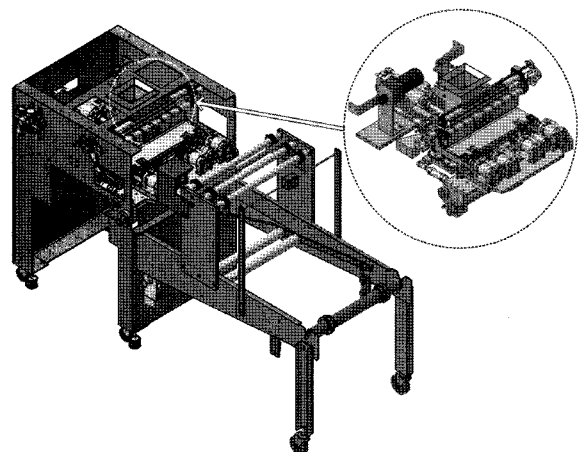


Fig. 18 Virtual prototyping of packing machine

3. 결론

본 연구에서는 포장작업이 한정된 좁은 공간에서 일괄적으로 이루어지는 원 스테이션 파스너류 자동포장 시스템에 대한 패키징메커니즘을 개발하고, 구성 기구별 모듈화에 따른 사양설계와 메커니즘에 대한 기구적, 동적, 구조적 그리고 유동적 최적설계를 수행하였다. 본 원 스테이션 자동포장 메커니즘은 파스너류 포장공정을 자동화함으로써 생산성 향상은 물론 품질향상에 크게 이바지할 수 있을 것이다. 향후 시제품을 개발하여 성능의 검증과 필드테스트를 통해 제품화할 계획에 있으며, 본 연구를 통해 얻은 결과는 다음과 같다.

- (1) 본 패키징 메커니즘은 계수, 충전, 밀봉 작업이 한정된 좁은 공간에서 일괄적으로 이루어져 연속적인 작업이 가능한 원 스테이션 방식을 제안하였다.
- (2) 본 패키징 메커니즘에 있어서 벌림기구는 포장백의 벌림 시 구김이 발생하지 않고 균형을 이룬 모양을 유지하도록 링 크기구 및 스퍼기어 메커니즘을 제안하였고, 또한 독립적인 클램핑 기능을 하면서 벌림기구에 연동되어 움직임으로써 클램핑의 위치가 포장백 벌림의 중앙에 위치하는 집게 메커니즘을 제안하였다.
- (3) 본 패키징 메커니즘에 있어서 실링기구는 2면의 포장백을 열로서 밀봉하는 전열기의 접합부 단면형상을 완전기밀 실링형상과 포장백의 개폐가 용이한 스폿형상을 제안하였고, 유연한 포장백의 순간적 절단이 용이한 톱날형상의 칼날을 적용한 절단 메커니즘을 제안하였다.
- (4) 본 패키징 메커니즘에 있어서 롤 형태로 제공되는 2면 포장백의 이송공급이 용이한 실리콘 인입롤러로 구성된 이송공급 메커니즘을 제안하였고, 또한 유연한 포장백의 수직 자세 유도 및 실링 후 냉각까지 가능한 즉 에어커턴 기능과 냉각기능을 동시에 갖는 에어샤워 메커니즘을 제안하였다.
- (5) 본 패키징 메커니즘에 있어서 피포장물을 포장백의 내부로 충전 시 제품의 모서리나 자중에 의해 포장백이 찢어지거나 집게기구의 그립으로부터 이탈되는 현상을 방지하는 일괄충전 메커니즘을 제안하였다.
- (6) 본 패키징 메커니즘에 있어서 유연성이 있는 포장백이 자중에 의한 처짐이나 과잉 풀림 현상방지 그리고 신속한 공급을 위하여 다단의 롤러와 공급조절 프리 롤러 그리고 복귀 실린더로 구성된 공급조절 메커니즘을 제안하였다.

참고 문헌

- (1) S.B.C., 2009, "The Market Technology Report of Bolts and Nuts(Metal Goods)," *Small&medium Business Corporation*, Report, pp. 2.
- (2) S. K., 2008, Mining-manufacturing Survey Report, *Industry Statistics Department of Statistics Korea*, Items Code: C25941202.
- (3) Kim, Y. S., and Yang, S. Y., 2010, "Development of the Sorting Inspection System for Screw/Bolt Using a Slant Method," *Journal of the Korean Society of Machine Tool Engineers*, Vol. 19, No. 5, pp. 698~704.
- (4) Kim, Y. S., Park, S. W., Lim, B. H., Kim, T. G., Choi, B. J., Park, C. Y., Lee, M. R., and Do, Y. T., 2008, "Automatic Metal Ball Inspection System Using Machine Vision," *Daegu University, The Journal of Computer & Communication Research*, Vol. 5, No. 1, pp. 93~98.
- (5) Jang, Y. H., and Han, C. S., 1997, "A Study of the B/STUD Inspection System Using the Vision System," *Proceedings of the Korean Society of Precision Engineering 1997 Autumn Conference*, pp. 1120~1123.
- (6) Kang, H. S., 2008, *Bolt auto packaging apparatus for feeding packed film*, Korea Patent: 10-0865730.
- (7) Kang, H. S., 2008, *Bolt auto packaging apparatus for cutting and sealing packed film*, Korea Patent: 10-08472890.
- (8) Kang, H. S., 2008, *Bolt auto packaging apparatus for feeding exact bolt number*, Korea Patent: 10-08657300.
- (9) Kang, H. S., 2008, *Bolt auto packaging apparatus with function for inputting/selecting*, Korea Patent: 10-08258520.
- (10) Jang, S. K., 2008, *Packing Device of Sag*, Korea Patent 10-0848621.
- (11) JVM Ltd., 1999, *Tension unit for automatic tablet sorting and counting machine*, Korea Patent: 20-0169923.
- (12) Lee, S. S., Hwang, Y. J., and Kim, H. J., 2002, *CATIA V5 to Study by PC ver 5.7*, Science Book, Seoul, Korea.
- (13) MSC, 2005, *SimDesigner Catia V5 R14 Manual, Chap: 'SMO' guide part*, MSC Software, Santa Ana, CA 92707 USA, pp. 90~96.