

플라스틱 몰드 트레이 자동 투입장치 개발에 관한 연구

이춘만(창원대 기계설계공학과), 신성우*(창원대 대학원 기계설계공학과)

A Study on the Development of Plastic Mold Tray Inserting Machine

C. M. Lee(Mech. Design & Manuf. Eng. Dept., Changwon National Univ.), S. W. Shin(Mech. Design & Manuf. Eng. Dept., Changwon National Univ.)

ABSTRACT

A tray inserting machine is developed for automation of inserting plastic mold tray into a cardboard box. Plastic mold tray is used for protecting breakdown of glass bottles. In this paper, two types of processes to divide the plastic mold tray are proposed. As a result, adhesion method by vacuum pad is accepted. And also, static and modal analysis for the machine are carried out to check the machine design using the commercial software, CATIA V5.

Key Words : Plastic mold tray (플라스틱몰드트레이), Holding head (홀딩헤드), Vacuum pad (진공패드), Structural analysis (구조해석)

1. 서론

유리용기는 가장 긴 기간동안 인류의 생활 속에 자리 잡은 도구중의 하나로 용기의 주류를 이루어 왔다. 그러나 합성제품의 개발이 급속히 발전, 확산되고, 제조비용의 저렴함과 사용의 용이함을 이유로 1회용품 사용이 급증하면서 유리는 차츰 종이나 플라스틱, 합성수지 등으로 대체되어 왔다. 특히 80년대 중반이후 PET병, 플라스틱 스티로폼 용기 등 다양한 재질의 수많은 종류가 생산되고 그 사용도 매년 20~30%의 증가추세를 보이면서 국내 시장을 점령하였다. 그러나 무분별한 수지 제품 용기의 사용은 현대에 와서 폐기 처분, 환경 및 인체에 대한 유해성 등이 사회적인 문제로 대두되면서, 다시 한번 용기에 대한 재평가가 이루어지고 있다. 특히 현재 활발히 진행되고 있는 포장용기에 대한 원료에서부터 사용 후 마지막 폐기될 때까지 전 범위에 걸쳐 우리나라 실정에 맞는 전과정평가(Life Cycle Assessment, LCA) 연구를 통하여 반복 사용 가능한 유리병이 환경적 측면에서 뿐만 아니라 경제성이나 유해성 면에서도 우위임을 보여주어 유리병의 사용이 강조되고 있다. 유리병은 타 용기에 비해 무겁고 깨지기 쉬운 단점을 가지고 있어 이것이 그 동안 유

리병 사용을 회피한 가장 큰 이유 중의 하나였다. 특히 상품의 수송, 보관, 하역 등에서 물리적 요인(진동, 충격 등)에 의해 물품이 변질되는 것을 방지해야 하는 수송포장의 개선이 요구 되었다. 기존의 플라스틱 박스는 미끄러지기 쉽고, 사용 횟수는 길지만 초기 비용이 많이 들며, 파손 시 복구가 어렵다. 종이 박스의 경우 경량이고 체적이 작아 보관이 편리하므로 운송 중 물류비가 절감되지만 물류과정에서 진동이나 하역의 충격에 의한 파손의 우려가 높다. 이러한 파손을 방지하고 외력이 물품에 직접 가해지지 않도록 외압을 완화시키는 방법으로 최근 널리 이용되는 방법이 플라스틱 몰드형 트레이(Tray)를 박스 내에 넣어 트레이의 기하학적 형상에 의해 병을 보호하는 방법이다.

플라스틱 몰드 트레이 제품은 국내 음식료 제조 회사에서 거의 대부분 사용되고 있으나 트레이를 박스에 넣는 공정이 자동화가 이루어지지 않아 작업자 3명이 트레이를 박스에 넣는 작업을 하고 있다. 따라서 범용기 제품은 장치 산업으로 연속 자동화가 이루어져야 하는데 트레이를 박스에 넣는 공정만 자동화가 되지 않아 생산성 저하, 단순 반복 작업에 대한 작업자 불만, 연속 생산 공정의 잦은 지연 등 많은 손실이 발생하여 자동화 장치 개발요구가 시급히 요

구되는 실정이다.

본 연구의 목적은 이러한 트레이 자동 투입장치의 개발에 있어서 효율적이고 정확한 트레이의 분리 작업이 이루어질 수 있는 방안을 제시하고 보다 안전한 구조의 장치를 설계하는 것이다.

2. 트레이 투입 장치의 구성

2.1 트레이 분리 장치

유리용기 제품의 생산 공정 중 유독 트레이를 투입하는 공정만이 자동화가 이루어지지 않고 있는 이유는 적재된 트레이의 분리가 몹시 까다롭기 때문이다. 플라스틱 몰드 트레이는 Fig. 1과 같이 여러장 겹쳐 쌓일 경우 공기 밀착으로 인하여 한 장을 들어올릴 때 뒤쪽에 배압이 걸려 분리가 쉽게 되지 않는다. 실제 수작업으로 분리할 경우에도 다른 한손으로 나머지 트레이를 잡고 분리하므로 두 손을 모두 사용하게 된다. 마찬가지로 트레이를 분리하기 위해서는 분리할 트레이를 잡아 올리는 장치와 나머지 트레이들을 고정시킬 수 있는 장치가 필요하다. 간단한 구조를 가지면서 빠르고 정확한 분리 장치를 개발하기 위해 2가지 형태의 분리 장치를 제작하여 비교해 보았다.

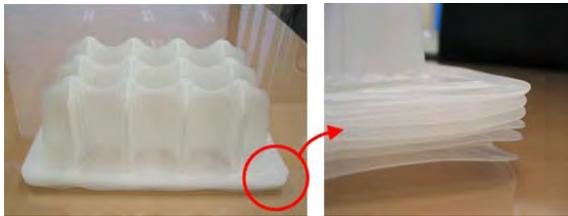


Fig. 1 Piled plastic mold tray

2.1.1 고무홀더를 이용한 방식

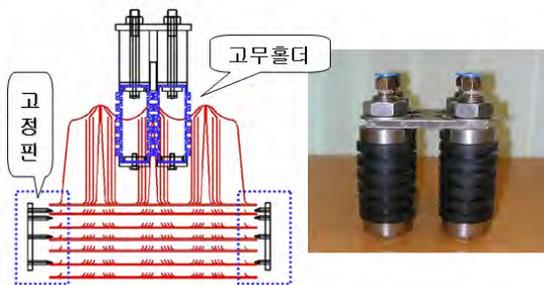


Fig. 2 Separation device by rubber holder

Fig. 2에서 보여주는 바와 같이 플라스틱 몰드 트레이 사이로 고무홀더가 삽입된 후 에어에 의해 홀더가 팽창되어 트레이와 서로 밀착된다. 하단의 고정핀이 나머지 트레이를 잡아준 상태에서 홀더가 밀

착된 트레이와 함께 상승하면서 트레이가 하나씩 분리된다.

테스트 결과 비교적 우수한 결과를 보여주었지만 적재된 트레이가 소량이 남았을 경우 분리 착오율이 증가하였고 간혹 트레이와 홀더간에 미끄러지는 경우가 있었다.

2.1.2 진공패드를 이용한 방식

4개의 진공패드를 이용하여 트레이의 각 모서리 부분을 흡착시킨 후 진공패드를 일정높이(2~3 cm)만큼만 상승시킨다. 이때 흡착된 트레이는 서로 간의 공기 밀착으로 인해 전체가 들려지지 않고 Fig. 3과 같이 모서리 부분만 들려지게 된다. 그 틈 사이로 고정판이 삽입된 후 진공패드를 상승시키면 고정판이 아래의 트레이를 잡아주는 역할을 하면서 트레이가 분리된다.

테스트 결과 고무홀더를 이용한 방식보다 분리 착오율면에서 훨씬 우수하였고, 보다 더 간단한 구조를 가짐으로써 최종적으로 진공패드를 이용한 방식이 채택되었다.

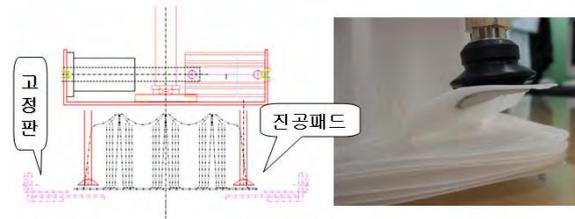


Fig. 3 Separation device by vacuum pad

2.2 프레임 구조 및 공정

현재의 생산라인에 대한 변경이 없이 자동화가 이루어질 수 있도록 Fig. 4와 같은 프레임 구조로 설계하였다.

적재된 트레이는 리프트에 의해 장치 상단으로 옮겨지고 여기서 트레이 분리 장치에 의해 분리된 다음 컨베이어로 옮겨진다. 이 컨베이어는 박스의 이동 선상의 바로 위에 위치하여 차례로 박스에 하나씩 떨어지게 된다.

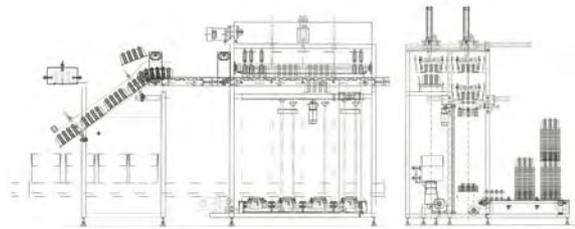


Fig. 4 Design drawing of tray inserting machine

3. 구조해석 및 분석

설계된 구조물의 안정성을 검증하기 위해 정적해석과 진동해석으로 나누어 구조해석을 실시하였다. 모델링과 해석에는 CATIA V5를 사용하였다.⁴

3.1 모델링

해석을 위한 모델링은 하중을 받는 프레임부분을 중점적으로 고려하였고 컨베이어 및 트레이 분리장치 등은 하중으로 대체하였다. 사용되어진 재질은 SB41과 STS304로서 재료의 물성치는 Table 1과 같다. 요소 타입은 사면체이고 요소수와 노드수는 각각 84562개, 27471개이다.

Table 1 Mechanical properties of material

Material	SB41	STS304
Young's Modulus [GPa]	200	200
Poisson's Ratio	0.26	0.29
Density [10^3Kg/m^3]	7.85	8
Yield Strength [MPa]	250	215

3.2 정적해석 결과

SB41로 이루어진 프레임 부분에서의 최대 응력은 5.74 MPa이고 최대 변위는 0.0846 mm 이다. 그리고 STS304로 이루어진 지지부의 최대 응력과 변위는 각각 7.03 MPa, 0.00199 mm이다. 이는 Table 1에 나타난 허용응력에 훨씬 못 미치는 값으로 Table 2에서와 같이 안전율이 각각 43.55, 30.58로 나타났다. 이는 필요이상으로 높게 나타난 값이다. 최대 변위 역시 매우 미세하여 자동화 공정에 미치는 영향은 거의 없을 것으로 판단된다.

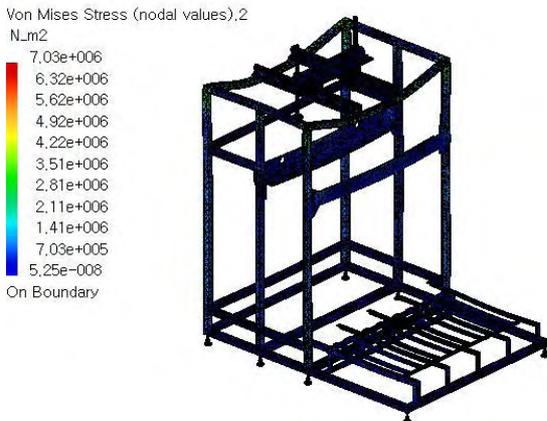


Fig. 5 Von Mises Stress of tray inserting machine

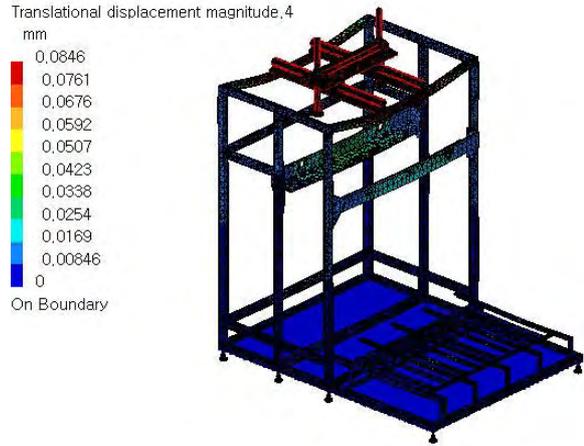


Fig. 6 Displacement of tray inserting machine

Table 2 Result of static analysis

Material	SB41	STS304
Max. Displacement [mm]	0.082	0.00199
Max. Stress [MPa]	5.74	7.03
Yield Strength [MPa]	250	215
Safety factor	43.55	30.58

3.3 진동해석 결과

사용되어지는 모터에 의한 영향을 공진영역을 파악하기 위해 진동해석을 실시하였다.



Fig. 7 The first mode shape

해석 결과 1차 모드에서는 좌우 방향, 2차모드에서는 전후 방향으로 각각 병진운동이 일어났으며, 3차 모드에서부터는 비틀림 형상이 나타났다. 각 모드별 진동수는 Table 3과 같고 트레이 투입 장치 및

리프트 장치에 사용된 모터의 진동수는 29.2 Hz이다. 이는 구동 모터가 1차 모드인 40.430 Hz 이하의 영역에서 작동하는 것을 나타내므로 진동에 의한 영향은 거의 없다고 판단된다.

후기

본 연구는 창원대학교 공작기계기술연구센터의 지원에 의한 것입니다.

Table 3 Result of frequency analysis

Modal number	Frequency [Hz]	Modal number	Frequency [Hz]
1	11.8901	6	32.2261
2	21.8741	7	35.3912
3	23.7834	8	36.7859
4	26.5476	9	39.2242
5	27.6431	10	40.021

참고문헌

1. Hibbeler. R. C., "Structures Analysis," Pearson Education Korea, pp. 375~382, 2004.
2. Daryl L. Logan, "A First Course in the Finite Element Method - Third Edition," Brooks/Cole, pp.107~109, 2001.
3. Dimarogonas, Andrew D., "Vibration for Engineers - Second Edition," Prentice Hall, 1996.
4. 이석순, 황영진, 김효진, "CATIA V5 응용 Release 14," 경상대학교출판부, pp. 846~958, 2005.

4. 결론

본 연구에서는 수작업으로 이루어지던 플라스틱 몰드 트레이의 투입 공정을 자동화시키기 위해 효율적인 트레이 분리 방법을 제시하고 설계된 프레임에 대한 안정성을 검증하였다. 해석결과 프레임은 충분한 강성을 가지고 있고 프레임의 고유진동수가 구동 모터와 상당한 차이를 보임에 따라 안정된 프레임 구조를 가지고 있다고 판단하였다. 정적해석 결과에서 프레임의 안전율이 필요이상으로 높았지만 이 장치가 대량생산되어지는 것이 아닌 주문방식으로 제작된다는 점을 감안하였을 때 제작비 절감을 위한 무리한 설계 변경 없이 제작이 진행되고 있다. Fig. 8은 제작 중인 트레이 투입 장치의 모습이다.



Fig. 8 A plastic mold tray inserting machine