

# 패널 운반장치의 기체부양식 반송장치

## Development of a Gas-Floating Type Conveyor for Panel Handling

\*#김경희<sup>1</sup>, 정성현<sup>1</sup>, 김주영<sup>1</sup>, 홍대선<sup>2</sup>, 유근홍<sup>2</sup>, 정광진<sup>3</sup>

\*J. H. Kwon<sup>1</sup>(jung-hee@chagwon.ac.kr), S. H. Jung<sup>1</sup>, J. Y. Kim<sup>1</sup>, D. S. Hong<sup>2</sup>, G. J. Yoo<sup>2</sup>, K. J. Jung<sup>3</sup>

<sup>1</sup>창원대학교 대학원 기계설계공학과, <sup>2</sup>창원대학교 메카트로닉스공학부, <sup>3</sup>(주)티티에스

Key words : Conveyor, Gas floating type, FEM, CFD

### 1. 서론

패널 운반장치는 반도체 제조장비의 기능과 성능을 좌우하는 핵심 모듈로서 신개념의 개발설계 및 가공, 조립 기술이 요구되며 국산화 완료시 관련기타 분야의 파급 효과가 크다. 그러므로 향후 반도체 완성장비(칩 마운터, 와이어 본더, 웨이퍼 트랜스퍼, 각종검사 장비 등)<sup>1</sup>의 성장과 발전에 모듈 단위의 개발과 가공 및 제조기술 능력 확보는 필수적이다.

본 연구에서 개발하고자하는 장치는 기존 방식의 병렬 양단지지 및 양단구동 방식의 반송(Conveying) 방식이 아닌 편측의 기체부상 메카니즘의 채택으로 마찰계수를 최소화 하고, 또한 동력전달 및 스피드 배가와 더불어 특히 구성요소 메카니즘이 대폭 줄어들어 제조원가 측면에서 혁신적 원가절감 효과가 크다.

본 논문에서는 기체 부양식 반송장치의 기구적 메카니즘에 대한 연구와 동시에 기체 부양부의 유동해석과 실제 설계에 대한 검증은 수행하였다.

### 2. 유한요소 해석

기체 부양식 반송장치는 한 쪽 구동부를 제거하고, 그 대신 그 부분에 구멍을 통해 공기를 배출함으로써 반송하고자 하는 부품이 부양되어 이동하도록 구성되어 있다. 전체적인 구상안은 Fig. 1과 같다.

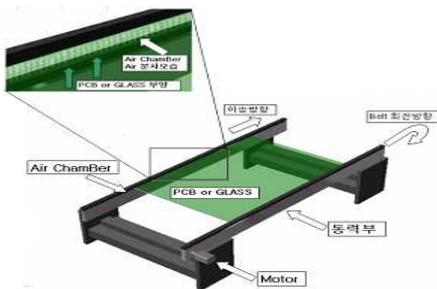
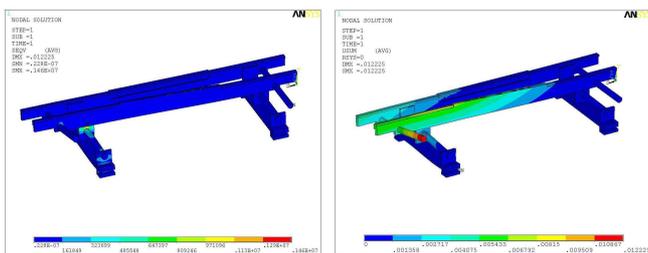


Fig. 1 Conception of a gas-floating type conveyor

볼스크류와 연결된 벨트가 파손 될 수 있는 위험이 있으므로, 기체 부양식 반송장치의 동력전달부에 대한 검증은 위해 먼저 정적 구조 해석을 수행하였다. 이 단계에서는 먼저 3D 모델링을 하고, 그 결과를 이용하여 응력분포와 변위를 ANSYS CLASSIC<sup>23</sup>으로 해석하였다.

Fig. 2는 기체부의 프로파일과 볼스크류 연결부에 95N의 힘을 주었을 때의 해석 결과로 최대변위와 최대응력을 나타낸다.



(a) Max Stress

(b) Max Deformation

Fig. 2 Analysis result of the rail equipment

Table 1 Analysis result

적용하중	해석결과		안전율
	최대변위	최대응력	
95 [N]	크기[mm]	크기[Mpa]	$\frac{Yield\ Stress}{Maximum\ Stress}$ $= \frac{290\ Mpa}{1.46\ Mpa} = 198$
	0.12	1.46	

정적해석 결과 하중을 가했을 때 기체부와 볼스크류의 연결부에 최대 1.46MPa의 응력이 발생하였으며 볼스크류의 끝부분에 0.12mm 변위가 발생했다. Table 1에서 알 수 있듯이 안전율은 198로 계산되어 충분히 튼튼하게 설계 되어 정적해석을 위해 가정한 조건으로 동력전달부를 이동시키기 위해 사용된 두 개의 볼스크류를 연결하는 벨트부가 파손되어도 기체부양식 반송장치에는 전혀 무리가 가지 않음을 알 수 있다.

### 3. 유동해석

기체부양식 반송장치는 유입공을 통해 유입된 압축 공기가 일정간격의 출구를 통해서 배출되는 분자관 형태의 유동을 이루고 있다. 기체부양식 반송장치의 내부 유동 특성을 파악하고자 Fig 3에서 제시한 기본형상을 바탕으로 유입공의 높이와 개수, 유입공과 첫 번째 출구까지의 거리에 따라 네 그룹으로 분류하고, 각 그룹별로 몇 개의 조건으로 나누어 CFD<sup>4,5,6</sup>해석을 수행하였다.

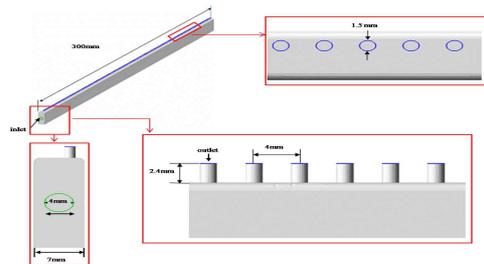


Fig. 3 Configuration of floating-gas holes

해석 영역 내 경계들의 조건은 Table 2에 나타난다. 유입공의 경계 조건은 Group 1의 경우 전달받은 압력을 바탕으로 압력경계 조건을 적용하였으며, Group 2의 경우 이송물을 부양시키는 힘을 산출하여 이를 바탕으로 속도 경계 조건을 적용하였다. Group 3과 4는 유량 경계 조건을 적용하여 공기가 유출되는 출구의 경우 모든 그룹에서 압력 경계 조건을 적용하였으며, 기체 부양부의 외부 벽면의 유동 조건을 점착조건으로 적용하였다.

Table 2 Boundary condition for the fluid flow analysis

Section	Boundary condition	Value	Remark
Inlet	Pressure Inlet	0.15MPa	Group1
	Velocity Inlet	144.9, 255.8m/s	Group2
	Mass flow Inlet	0.055kg/s	Group3
	Mass flow Inlet	0.055kg/s	Group4
Outlet	Pressure Outlet	1atm	
Wall	Wall	No-slip	

Table 3은 각 그룹별 조건들을 Case로 나누어 각 Case에 대한 출구 개수 및 출구에서 발생하는 힘을 나타낸다.

Table 3 Outlet pressure at each case

Group 1			
Case	출구개수	출구당 평균부양힘	전체 힘
A	67	0.006	0.402
B	61	0.008	0.488
C	57	0.008	0.456
D	57	0.008	0.456
Group 2			
Case	출구개수	출구당 평균부양힘	전체 힘
A	101	0.050	5.050
B	101	0.156	15.756
Group 3			
Case	출구개수	출구당 평균부양힘	전체 힘
A	67	0.153	10.251
B	57	0.146	8.322
C	50	0.141	7.050
Group 4			
Case	출구개수	출구당 평균부양힘	전체 힘
A	67	0.153	10.251
B	67	0.152	10.184
C	67	0.153	10.251

Fig 4는 Group 4의 각 출구에서의 유량분포를 그래프로 나타낸 것이다. 이 결과를 통해 알 수 있듯이 유입공의 상승유동이 유입공과 가까이 위치한 출구를 통해 유출되는 Case A의 경우가 유입공과 가까이 위치한 출구에서의 유출 유량이 가장 많은 것을 확인할 수 있다. 유입공과 첫 번째 출구까지의 거리가 길어질수록 유입공의 유입유동과 순화유동의 영향을 적게 받게 되고 이는 유입공과 가까이 위치한 출구의 유출 유량과 후면에 위치한 유출 유량과의 편차가 줄어드는 것으로 나타나고 있으므로 Case C가 가장 좋은 결과를 보여줌을 알 수 있다.

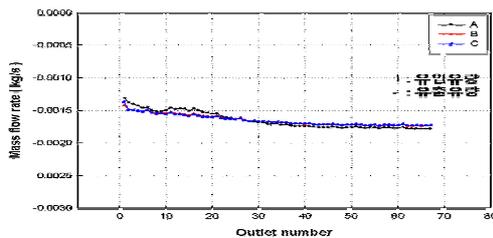


Fig. 4 Pressure distribution at the section of Group 4

각 그룹의 해석 사례를 통해 볼 때 Group 1의 최적 형상은 순환영역의 영향을 가장 적게 받아 모든 출구에서 공기가 유출되는 Case D이다. Group 2의 최적 형상은 출구를 통해 유출되는 유량이 균일한 Case A이다. Group 3의 경우 출구의 직경이 가장 작은 Case A가 유출 유량이 가장 균일하다. Group 4의 경우 유입공에서 첫 번째 출구까지의 거리가 가장 긴 Case C가 유출 유량이 가장 균일한 경우이다. Group 1~4의 최적 형상 가운데 순환영역의 영향을 가장 적게 받고, 모든 출구에서의 유출 유량이 가장 균일한 Group 4의 Case C가 기체부양식 반송장치의 설계 요건을 만족하는 최적의 형상이다.

Fig. 5는 여러 경계조건 중에 만족할 만한 결과를 보인 Group 4의 Case C를 나타낸 것이다. Case C의 경우 첫 번째 출구가 유입공과 가장 멀게 위치하고 있으며, 따라서 유입공과 가까운 출구의 압력이 가장 높게 분포하고 있다. 또한 출구에서의 압력이 내부 전체의 압력과 유사한 크기를 나타내는 것을 확인할 수 있다.

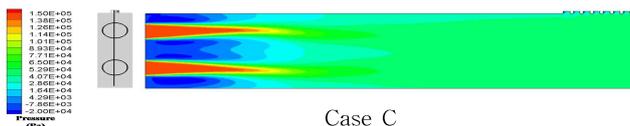


Fig. 5 Pressure distribution at the section of Group 4

### 4. 성능평가

개발한 기체부양식 반송장치에 대한 진동과 소음 측정을 통하여 성능평가를 수행하였다.

먼저 소음측정에 있어서는 소음원의 파악과 개선방향 그리고 목표치인 70dB과의 차이점을 파악하는데 중점을 두었다. 측정결과 전체소음의 평균 음압 레벨이 74.5dB이며 기체부소음의 평균 음압 레벨이 73.5dB이므로 주 소음원은 모터부 보다는 기체부에 있다고 할 수 있다. 이런 기체부의 소음을 줄이기 위해서는 기체의 유량을 줄이는 방법, 기체부 구멍의 크기를 키우는 방법, 기체부 구멍의 각도를 조절하는 방법 등을 고려 할 수 있다.

진동 측정에 있어서는 기체부양식 반송장치의 개발 목표 사양인 0.5g(중력가속도)에 부합하는지를 판단하는데 중점을 두었다. 기체 부양식 반송장치를 작동 시키고 진동의 최대치가 발생할 것으로 예상되는 기체부 프로파일 부분에 가속도계를 부착하고 FFT(Fast Fourier Transform)<sup>7</sup>분석기와 연결하여 기체부와 모터부의 X축,Y축,Z축의 진동을 측정하였다.

Table 4 Acceleration measurement

기체부	모터부	
	X축	Y축
X축	0.386	0.116
Y축	0.479	0.248
Z축	0.050	0.024

Table 4는 FFT로 측정한 가속도 값의 피크(Peak)값으로 기체부의 Y축과 모터부의 Y축의 값이 각각 0.479, 0.248로 가장 크게 나온 걸 확인하였고, 이 값들은 개발목표치인 0.5g보다는 작으므로 성능을 만족하였다.

### 5. 결론

본 연구에서는 유한요소 해석과 유동해석을 통하여 기체부양 반송장치를 개발하고 개발된 제품을 대상으로 성능평가를 수행하였다.

먼저 유한요소 해석 결과 기체부양식이 안전하게 설계되었다는 걸 확인 할 수 있고, 유동해석은 여러 조건상에서 해석을 수행하여 가장 최적의 형상을 얻을 수 있었다. 다만 유입구가 옆에 있도록 설계된 것은 바람이 균일 하게 나가지 못하고 유량에 영향을 미치므로 유입구의 위치를 변경하는 것도 대체 방안으로 연구될 필요성이 있다. 마지막으로 성능평가 결과 소음이 목표치 보다 높게 나왔고, 따라서 이 부분의 개선이 요구된다.

이상과 같이 기체부양식 반송장치의 개발을 통하여 반송 시스템의 국산화를 이루어 원감 절감으로 인한 가격 경쟁력 확보와 반도체 제조설비 등 관련 사업에 기여하고 응용분야로서 타물류시스템 및 공장자동화 라인에도 확대 활용이 가능하다.

### 후기

본 연구는 산업자원부의 지역산업기술개발사업의 연구 결과로 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. Sami Franssila, Introduction to microfluidics, 2004
2. 태성에스엔이 FEA사업부, 유한요소해석 입문과 선형해석, 2004
3. 태성에스엔이 FEA사업부, Ansys 사용자를 위한 예제 모음집, 2003
4. Elder, Robert L. Advance of CFD in fluid Machinery Design, 2007
5. Wagdi G. Habashi, Solution Techniques for Large-scale CFD Problems, 1996
6. Elder, Robert L, Advances of CFD in fluid Machinery Design, 2007
7. J. M. Cooley and J. W. Tukey, An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series, Mathematics of Computation, Vol. 19, pp. 297-301, 1965.