

Glass 패널 진공흡착시스템의 유동해석 연구

김 동 균* · 윤 천 석†

(2009년 6월 25일 접수, 2009년 10월 15일 수정, 2009년 10월 15일 심사완료)

Study on Flow Analysis in Glass Panel Vacuum Lift System

Dong Kyun Kim and Cheon Seog Yoon

Key Words: Vacuum Lift System(진공흡착시스템), FPD(Flat Panel Display, 평판패널디스플레이), CFD(Computational Fluid Dynamics, 전산유체역학), Ceramic Porous Medium(세라믹 다공성물질)

Abstract

To develop glass panel vacuum lift system for the post process in module line of FPD(Flat panel display) such as LCD and PDP, new vacuum adsorption parts of this system are proposed. These parts are composed of variable geometry configurations utilizing ceramic porous medium for variable size of glass panels. In order to design this device, detail understanding of flow phenomena in the flow path of vacuum adsorption system is essential. Thus, CFD analysis and designs are performed for several configurations in terms of pressure drop and balancing force at the adsorption side. From the result, new configuration is recommended for optimum design and manufacturing purpose.

기호설명

A_{in}	: 입구(흡착부) 면적, m^2	P_{in}	: 입구압력, Pa
α	: 점성손실 계수, m^2	P_{out}	: 출구압력, Pa
C_2	: 관성손실계수, 1/m	S_i	: source 항
D_p	: granular 매체의 평균입자 직경, m	t	: 시간, s
d_c	: 기공(pore)의 평균 직경, m	u_i, u_j	: 속도, m/s
ρ	: 밀도, kg/m^3	x_i	: 공간좌표계, m
ϵ	: 기공률, %	τ_{ij}	: 점성응력 텐서
F_i	: 외부 힘, N	i, j	: 방향 인덱스 (x, y, z)
F_{in}	: 입구(흡착부)에 작용하는 힘, N		
P	: 압력, Pa		
ΔP	: 압력강하, Pa		

1. 서론

현재 국내 FPD(Flat Panel Display) 산업은 세계적인 기술수준 및 생산능력을 보유하고 있으며, 관련장비 산업 또한 이에 상응하는 장비제작 기술력을 보유하고 있다.⁽¹⁾ 최근에 주요 FPD 생산업체에서는 생산성 향상을 위하여, 고속화된 연속라인(in-line system) 방식의 일괄 생산체계 및

[이 논문은 대한기계학회 2009년도 충청지부 춘계학술대회(2009. 5. 15., 대전컨벤션센터) 발표논문임]

† 책임저자, 회원, 한남대학교 기계공학과

E-mail : csyoon@hnu.kr

TEL : (042)629-8283 FAX : (042)629-8293

* 한남대학교 대학원

glass 패널의 대형화를 기하는 추세이다. 그러나 glass 패널의 대형화에 따른 기존의 연속생산방식은 많은 문제점을 갖고 있으며, 그 중에서도 회전기계요소 및 glass 패널을 직접 접촉하여 구동하는 기구 등은 공정 중의 품질요소와 생산성(사이클 타임)에 심각한 영향을 미치므로, 기능적인 문제해결이 필수 불가결하다. FPD 생산장비는 청정 환경 또는 부식 환경에서 glass 패널의 연속적인 이송이 이루어지므로, 사용되는 구동부품, 기구의 성능, 품질은 장비의 신뢰성과 성능에 커다란 영향을 준다. 이 요소부품 및 기구 등에 요구되는 가장 중요한 특성은 원활한 구동과 함께 저발진, 고내식의 재질적인 특성, glass 패널의 대형화와 고속생산에 적합한 최적화 설계기술을 기반으로 제작된 제품 등을 필요로 한다. LCD(Liquid Crystal Display), PDP(Plasma Display Panel) 후공정 모듈라인에서 glass 패널(17" ~ 52")을 흡착하여 지지하는 진공흡착시스템은 PCB(Printed Circuit Board), TAB(Tape-Automated Bonding)을 위한 연속 생산공정에서 필수적으로 적용되는 핵심부로, bonding 작업을 위하여 glass 패널을 안정적으로 고정하면서도 패널 표면에 결함을 발생시키지 않아야 한다. 지금까지 국내외에서 활용되고 있는 glass 패널 흡착시스템은 진공패드 및 기계가공 미세구멍을 이용한 흡착시스템이 대부분이었다.⁽²⁾ 그러나 패널의 크기가 증가함에 따라 진공 패드나 기계가공에 의한 미세구멍은 패널 표면에 스크래치를 발생 시키고 흡착성능이 저하되는 문제점이 대두되고 있다. 또한 일본 및 국내 반도체 생산공정 중에서 웨이퍼 고정 및 후가공을 위한 공정에 적용하고 있는 세라믹 다공성 물질을 활용한 흡착시스템은 원형 웨이퍼의 전면적을 고정하는 타입으로, 해외업체에서 대부분 생산되어 국내에 공급되는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 충분한 흡착성능을 갖으면서도 패널과의 접촉면적을 최소화하여 표면결함의 발생확률을 감소시킬 수 있는 세라믹 다공성 물질을 사용한 흡착방식을 개발하기 위하여, 흡착시스템 내부에서 발생하는 기체흐름에 대한 전산유체해석을 통하여 진공유로의 최적화 설계를 수행하였다.

2. 전산유체해석

2.1 형상

Fig. 1은 본 연구에서 제안된 다공성 세라믹을 사용한 진공흡착시스템을 나타낸다. 본 기구물 전면에 위치한 12개의 가느다란 직사각형 모양의 흡착부에 다공성 세라믹을 적용하여 대상물인 glass panel을 흡착한다. 중심부에 위치한 원형모양의 후면에는 진공을 발생하는 진공펌프 또는 이젝터와 연결되는 부분이다. 즉 원형모양의 후면과 흡착부 사이의 구조물 내부에 관들이 network 처럼 연결되어 진공유로를 형성한다.

본 연구에서 고려하는 3가지의 진공유로 설계형상(1st, AF, BF)은 FPD 제조장비용 구동부품 제작사인 브인앤씨테크(주)이 제안하였으며, 각각의 3차원 형상(1st, AF, BF)은 Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4와 같다.

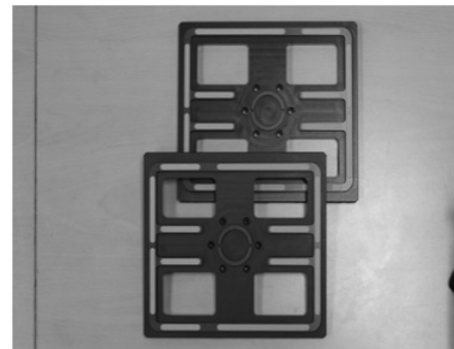


Fig. 1 Proposed vacuum lift system for glass panels adopting ceramic porous medium

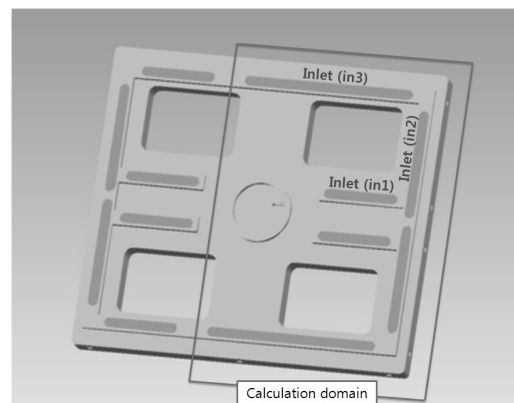
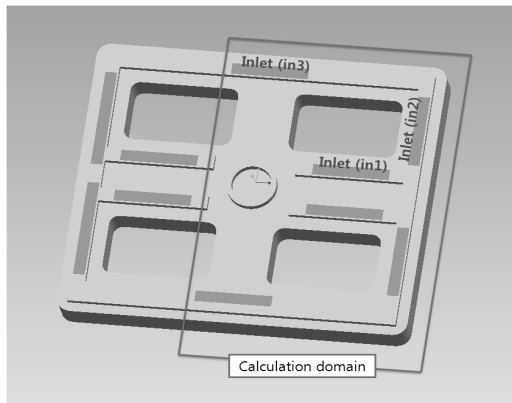
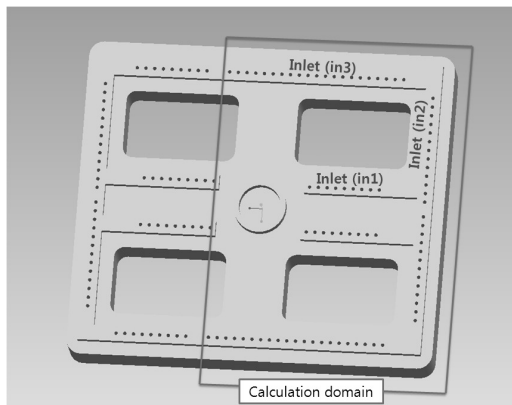


Fig. 2 1st configuration

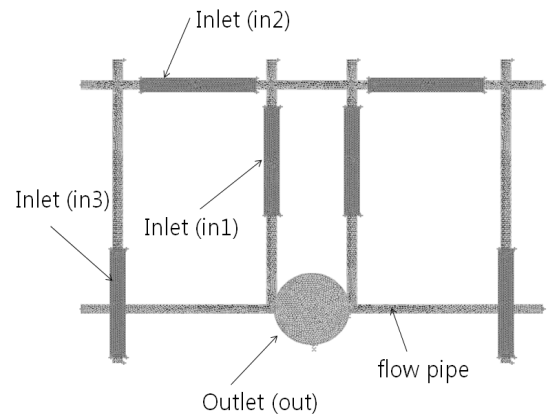
Table 1 Detailed geometry of three prototype configuration for vacuum lift system

Configuration	In1 (mm ²)	In2 (mm ²)	In3 (mm ²)	Out (mm ²)	Remark
1st	276	396	636	706.5	Porous Medium
AF	276	276	276	706.5	Porous Medium
BF	28.26	40.82	65.94	706.5	Small Holes

**Fig. 3** AF configuration**Fig. 4** BF configuration

그림에서 녹색으로 표시된 부분이 다공성세라믹의 윗면이며 glass 패널을 실제로 흡착하는 부분이다. 1st와 AF 형상은 흡착부에 ceramic 다공성 물질을 적용하고 흡착부분의 면적을 변화하였으며, BF 형상은 일반기계가공 형태의 미세구멍 흡착부를 각각 나타낸다. 자세한 3가지 형상의 제원은 Table 1에 정리하였다.

Fluent V6.1⁽⁸⁾의 preprocessor인 Gambit에서 기하학적 제원에 맞추어 유로 형상을 모델링하였고, 자동격자(automesh) 생성기능을 사용하여 격자를

**Fig. 5** Mesh configuration of AF

생성하였다. Fig. 5는 AF 형상의 격자를 나타낸 그림으로, 169248개의 Tet/Hybrid 셀 격자모양과 496925개 절점(node)을 나타낸다. 출구에서 가까운 입구부터 반 시계반향으로 In1, In2, In3으로 표시하였다.

2.2 지배방정식

진공흡착시스템 내의 진공유로 해석을 위하여 다공성 물질(porous media model)을 포함하는 상용 CFD S/W인 Fluent V6.1을 사용하였다. 지배방정식인 연속방정식, 모멘텀방정식, 다공성물질 모델은 다음과 같다. 여기서 Fluent의 다공성 물질 모델은 유체가 다공성 매체를 통과할 때, 모멘텀 방정식에 Source 항을 부가하여, 압력강하를 발생시킨다.

연속방정식

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i) = 0 \quad (1)$$

모멘텀방정식

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i u_j) = -\frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + F_i + S_i \quad (2)$$

다공성물질 모델

$$S_i = -\left(\frac{\mu}{\alpha} u_i + C_2 \frac{1}{2} \rho |u_i| u_i \right) \quad (3)$$

점성손실계수(α)와 관성손실계수(C_2)는 다음의 Ergun 식⁽⁴⁾으로부터 구한 값을 사용한다.

Table 2 Information of porous ceramics and coefficients of viscous loss term and inertial loss term

Type of Ceramic Porous Medium	d_c (μm)	ϵ (%)	D_p (μm)	$1/\alpha$ ($1/m^2$)	C_2 ($1/m$)
MP580	580	28	2,237	9.83E+8	0.51E+5
MP130	130	30	455	1.88E+10	1.99E+5
MP060	60	33	183	8.35E+10	3.5E+5

$$\alpha = \frac{D_p^2}{150} \frac{\epsilon^3}{(1-\epsilon)^2} \quad (4)$$

$$C_2 = \frac{3.5}{D_p} \frac{(1-\epsilon)}{\epsilon^3} \quad (5)$$

또한 세라믹 다공성 물질의 평균입자 직경(D_p)은 기공(pore)의 직경(d_c)과 기공률(ϵ)에 관한 식⁽⁵⁾으로 나타낼 수 있다.

$$D_p = 1.5 \left(\frac{1-\epsilon}{\epsilon} \right) d_c \quad (6)$$

세라믹 다공성 물질을 제작하여 공급하는 Mitsui Mining Material Co. Ltd.로부터 입수한 다공성 세라믹 재료의 특성⁽⁶⁾ 정보와 그 값으로 계산한 α 및 C_2 의 값은 Table 2에 정리되어 있다.

2.3 경계조건

Fig. 1과 같이, 진공흡착시스템은 12개의 입구로 구성된 흡착부와 진공이젝터가 연결된 1개의 출구로 이루어진다. 이젝터는 높은 유속으로 분사되는 유체의 운동에너지에 의해 저에너지의 유체를 흡입하는 일종의 펌프로, 액체나 기체를 흡입하여 배출하거나 이송, 혼합시키는 공정 중에 사용된다. Glass 패널의 크기에 따라 가변 흡착부인 6개 또는 12개의 입구가 사용되며, 본 연구에서는 Fig 2, 3, 4에 표시된 것과 같이 6개의 입구와 1개의 출구를 갖는 형상에 대하여 해석하였다. 경계조건으로 입구질량유량과 출구압력을 지정하였다. 출구압력은 피스코코리아의 기호 10 E-type 이젝터⁽⁷⁾의 규격인 진공도 -90 kPa, 흡입유량 20 l/min의 값을 사용하였다. 출구면적과 이젝터 규격을 고려한 출구조건은 Table 3과 같다.

Table 3 Outlet condition

Pressure (Pa)	Volumetric flow rate (liter/min)	Velocity (m/s)
-90,000	20	0.096

Table 4 Ratio of mass flow rate and velocity at inlet parts

	Mass flow rate ratio			Velocity ratio		
	In 1	In 2	In 3	In 1	In 2	In 3
1 st	1	1	1	1.4	1	0.6
AF	In 1	In 2	In 3	In 1	In 2	In 3
	1	1	1	1	1	1
BF	In 1	In 2	In 3	In 1	In 2	In 3
	1	1	1	1.7	1	0.8

Table 5 Inlet condition of 1st configuration

	Volumetric flow rate (m^3/s)	Velocity (m/s)	Size
In 1	0.0000681	0.246	Short
In 2	0.0000681	0.172	Middle
In 3	0.0000681	0.107	Long

Table 6 Inlet condition of AF configuration

	Volumetric flow rate (m^3/s)	Velocity (m/s)	Number of inlet
In*	0.0000681	0.246	6

$$[In^* = In 1 = In 2 = In 3]$$

Table 7 Inlet condition of BF configuration

	Volumetric flow rate (m^3/s)	Velocity (m/s)	Number of hole
In 1	0.0000681	2.041	18
In 2	0.0000681	1.667	26
In 3	0.0000681	1.032	42

실제 입구조건을 모사하기 위하여, 각 형상에 따라 입구에서 흡입되는 공기의 질량유량과 속도를 계산하였다. 즉, Fig. 5의 형상에서 출구를 입구로, 입구를 출구로 교체하여 해석한 결과, 6개의 모든 출구에서 동등한 질량유량이 빠져나가는 것을 확인하였다. 따라서, 당초 해석모델인 6개 입구에서의 질량유량 비율과 면적을 고려한 속도의 비율은 Table 4와 같다.

Table 5, 6, 7은 Table 4의 계산결과를 기본으로 3가지 형상(1st, AF, BF)에 대해 입구조건을 동등 질량(체적)유량과 입구면적을 반영한 속도로 정리한 것이다.

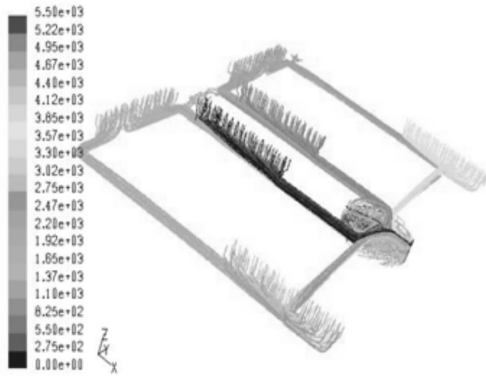


Fig. 5 Trajectories of path lines for AF configuration

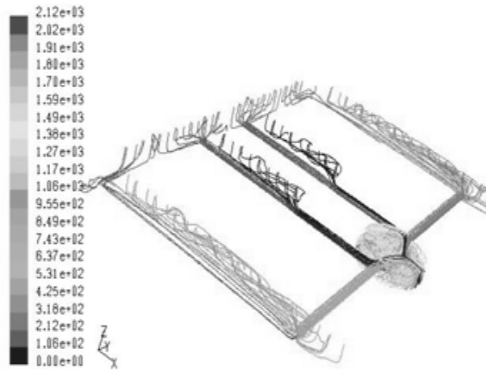


Fig. 6 Trajectories of path lines for BF configuration

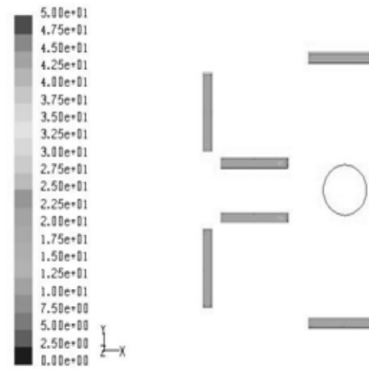


Fig. 7 Velocity contours at the position of 3 mm below inlet of AF configuration

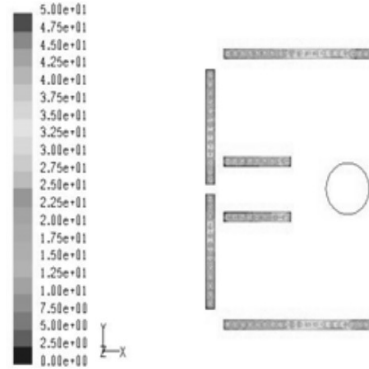


Fig. 8 Velocity contours at the position of 3 mm below inlet of BF configuration

3. 해석결과

3.1 유동현상

Fig. 5와 6은 형상 AF와 BF에서 유동경로의 궤적을 나타낸 그림으로, 흡착부인 입구면에서 발사된 입자들의 연결선으로 구성된다. 다공성 세라믹을 적용한 형상 AF에서 유체가 입구로부터 골고루 분포되어 유로의 하단까지 수직으로 흐르는 것은 다공성물질을 통과하기 때문이다. 형상 1st의 결과도 형상 AF의 결과와 유사한 경향을 나타내므로 그림의 첨부를 생략하였다. 반면에 형상 BF는 작은 구멍들로 구성된 입구를 통과하는 즉시 유로 상단에서 서로 자유롭게 혼합되는 흐름의 현상을 나타낸다.

Fig. 7과 8은 형상 AF와 BF에서의 속도 분포를 나타낸다. 입구 3 mm 하단에서 속도분포를 관찰하였으며, 다공성 물질을 적용한 형상 AF는 흡착부에서 속도 분포가 균일한 반면, BF는 흡착부인 미세가공 구멍에 속도분포가 집중된다. 다공성 물질을 유로에 적용하면 압력저항을 유발하여 압력과 속도가 균일해 진다는 것을 확인하였다.

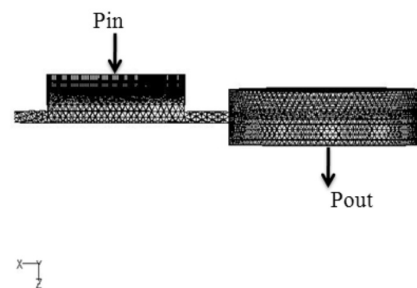


Fig. 9 Side view of flow-path in vacuum lift system

3.2 압력강하

전술한 유동해석의 결과로부터 진공흡착시스템 내 진공유로의 압력강하와 흡착부인 입구에서 발생하는 힘을 계산할 수 있다. Fig. 9는 진공흡착시스템의 유로를 측면에서 나타낸 것으로, 흡착부인 입구 면과 이젝터가 설치되는 출구 면에서의 압력차이가 압력강하가 된다. 또한 입구 면에서의 압력에 입구 면의 면적을 곱하면 흡착부에 작용하는 힘을 구할 수 있다. 관련된 관계식을

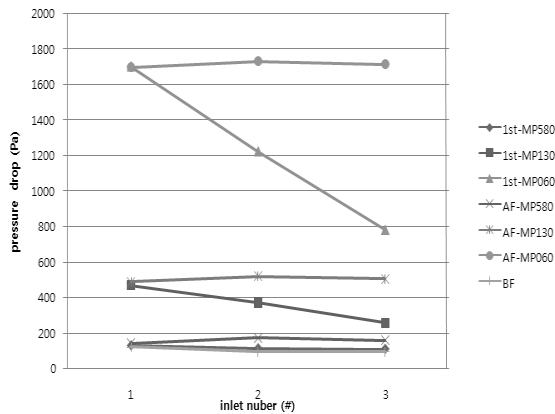


Fig. 10 Pressure drop at adsorption parts for seven different cases

기술하면 다음과 같다.

압력강하식

$$\Delta P = P_{in} - P_{out} \quad (7)$$

흡착부에 작용하는 힘

$$F_{in} = P_{in} \times A_{in} \quad (8)$$

Fig. 10은 Table 1과 Table 2에서 제시된 3가지 세라믹 다공성 물질(MP580, MP130, MP060)을 사용한 각각의 2가지 형상(1st, AF), 그리고 단순구멍을 사용한 형상(BF)을 포함해 총 7가지 경우의 계산결과를 압력강하의 항목으로 나타낸 선도이다. 6개의 입구(흡착부)는 크기가 같고 좌우 대칭인 쌍(pair)으로 구성되므로, 각 쌍에서의 값은 동일하다. 단순한 비교를 위하여 6개의 입구 중에서 각 쌍을 대표하는 3개만 나타내었다. AF와 1st 형상에 동일한 세라믹 다공성 물질을 적용했을 경우 AF에서 압력강하가 가장 크고, 단순 구멍 입구를 가진 BF에서 압력강하가 가장 작다. 또한 기공의 크기가 감소함에 따라 유동저항이 증가하므로 압력강하가 크다. 그리고 AF 형상에서는 흡착부인 입구 각각의 면적이 동일하므로, 입구에 따라 압력강하의 변화가 작으나, 1st 형상에서는 흡착부인 입구 면적이 증가함에 따라 압력강하의 변화가 크다는 것을 알 수 있다. 이상의 결과를 압력강하가 큰 순서로 나열하면 다음과 같다.

AF-MP060 > 1st-MP060 > AF-MP130 >
1st-MP130 > AF-MP580 > 1st-MP580 > BF

Table 8 Total acting force at adsorption parts and lift mass for seven different cases

Configuration	Ceramic Porous Medium	Force (N)	Lift mass (kg)
1 st	MP580	30	3.0
	MP130	31	3.1
	MP060	32	3.3
AF	MP580	19	2
	MP130	20	2.0
	MP060	21	2.2
BF		3.1	0.3

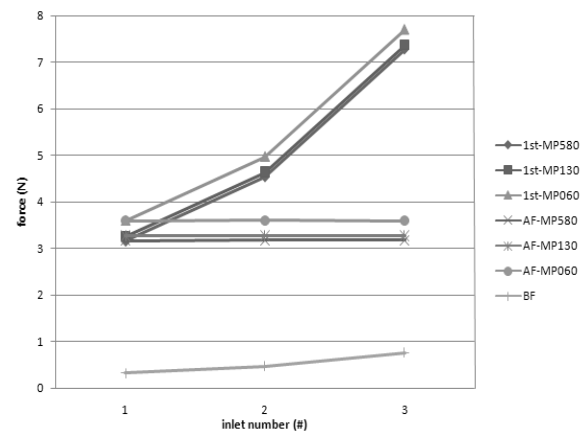


Fig. 11 Acting force at adsorption parts for seven different cases

3.3 흡착부에 작용하는 힘

Fig. 11은 3가지 세라믹 다공성 물질(MP580, MP130, MP060)을 사용한 각각의 2가지 형상(1st, AF), 그리고 단순구멍을 사용한 형상(BF)을 포함해 총 7가지 경우의 계산결과를 흡착부에 작용하는 힘의 항목으로 나타낸 선도이다. 입구에서 작용하는 힘은 형상 1st가 가장 크고 형상 BF가 가장 작았다. 또한 기공의 크기가 작을 수록 작용하는 힘이 크다는 것을 알 수 있다. 그리고 흡착부의 면적이 동일한 경우는 각 흡착부에 작용하는 힘이 균일하나, 흡착부의 면적이 증가하는 경우에는 흡착부에 작용하는 힘이 면적에 따라 급격히 변동하는 것을 발견하였다. 이상의 결과를 작용하는 힘이 큰 순서로 나열하면 다음과 같다.

1st-MP060 > 1st-MP130 > 1st-MP580 >
AF-MP060 > AF-MP130 > AF-MP580 > BF

3.4 설계평가

Table 8은 Fig. 11의 결과로부터 흡착부인 6개

Table 9 Evaluation items and methods for glass panel vacuum lift system

	Items	Unit	Target	Methods
1	Pressure drop	%	below 5	Pressure gauge
2	Balance level	μm	below 30	3D measurement
3	Run-out	μm	below 50	Cylinder gauge

Table 10 Balance of acting force at adsorption parts for different configurations

Configuration	Ceramic Porous Medium	$F_{max} - F_{min}$ (N)
1 st	MP580	4.115
	MP130	4.111
	MP060	4.105
AF	MP580	0.008
	MP130	0.008
	MP060	0.009
BF		0.432

의 입구에서 발생한 힘의 합과 그에 따라 흡착물 대상인 glass 패널의 질량을 정리한 것이다. 일반적으로 40인치 이하의 glass 패널의 질량은 2 kg 이하 이므로 BF형상을 제외한 나머지 형상에서 6개의 입구만으로 glass 패널을 흡착할 수 있다.

세라믹 다공성 물질을 활용한 패널크기 가변식 진공흡착시스템의 평가항목은 브이앤씨테크(주)가 제공⁽²⁾한 압력손실, 평행도, 흔들림으로, Table 9에 정리하였다.

진공흡착시스템의 압력손실은 5% 이하를 기준으로 한다. 흡착부인 총 6개의 입구에서 발생한 압력강하의 합이 출구에서의 압력, 90,000 Pa의 5% 이하인 경우는 7개의 경우 중 1st-MP060과 AF-MP060을 제외한 나머지가 경우가 이에 해당한다. 평행도와 흔들림은 μm 단위로, 흡착부 이외에 구동 구조물과 연관이 있으나, 본 연구에서는 각각의 흡착부에 작용하는 흡착력의 최대값과 최소값의 차이로 평행도와 흔들림을 판단하였다. Table 10은 Fig. 11의 결과로부터 흡착부에 작용하는 흡착력의 최대값과 최소값의 차이를 나타낸 것이다. AF 형상이 1st 형상보다 각 흡착부에서 균일한 힘이 작용한다는 것을 알 수 있으며, Fig. 11에서 곡선의 기울기로도 식별 가능하다.

Table 11은 평가항목의 관점에서 3가지 형상(1st, AF, BF)에 관한 결과를 정리한 것이다. 압력손실 측면에서는 1st 형상이 AF 형상보다 유리하

Table 11 Summary of simulation result for different configurations

Items	1 st	AF	BF	Remark
Pressure drop	mid	high	low	All acceptable except MP060
Acting force @front section	high	mid	low	All acceptable except BF
Balance of acting force @front section	low	high	mid	Only AF
Rank	2	1	3	

지만, 2가지 형상 모두 대체적으로 설계목표를 만족한다. 그러나 평행도와 흔들림 측면에서는 각 흡착부에 균일한 힘이 작용해야 하므로 AF 형상이 적절한 것으로 판단된다. 따라서 진공흡착시스템의 최적형상을 AF로 브이앤씨테크(주)에 제시하였다.

4. 결 론

FPD(PDP/LCD) 후공정 모듈라인의 glass 패널 진공흡착시스템의 개발을 위하여, 세라믹 다공성 물질을 활용하는 가변식 진공유로의 설계 및 전산유체해석을 수행하였다. 본 연구로부터 얻은 결론을 요약하면 다음과 같다.

(1) 1st와 AF 형상에 관계없이, 기공의 크기가 감소함에 따라 다공성 물질로 인한 유동저항이 증가하고, 따라서 압력강하가 증가한다. (MP060 > MP130 > MP580)

(2) 1st-MP060과 AF-MP060을 제외한 나머지 모든 경우 압력손실 평가기준 5% 이하를 만족한다.

(3) 실제 현상을 모사할 수 있는 균일유량 입구 조건을 적용하면, 흡착부인 전면 입구 크기가 모두 같은 AF 형상에서, 전면에 작용하는 힘이 가장 균등하다. 즉, 평행도와 흔들림 측면에서 AF 형상이 월등하다.

(4) 세라믹 다공성 물질을 사용하지 않고, 흡착부 전면에 많은 구멍을 배치한 기존의 BF 형상에서 압력강하가 가장 작고, 전면에 작용하는 힘도 가장 작다.

(5) Glass 패널 크기에 따른 진공유로 해석 방법, 압력강하, 평행도 및 흔들림에 연관된 흡착부에 작용하는 힘의 균일도 계산 등 최적화 설계 기준을 수립하였다.

(6) 다공성 세라믹을 활용한 패널 크기 고정식 및 가변식 진공 흡착시스템을 개발하였다.

후 기

본 연구는 2007년 산학연 공동기술개발 컨소시엄사업 연구비와 2009학년도 한남대학교 학술연구구조성비 지원에 의해 수행되었으며, 진공흡착시스템 설계안 및 도면을 제공해 준 브이앤씨테크(주)의 담당자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

- (1) Korea Evaluation Institute of Industry Technology, 2001, "Industry Assessment of Equipment Technology Development for LCD"
- (2) V&C Tech, 2007, "Development of Glass Panel Vacuum Lift System for Post Process in Module Line of FPD(PDP/LCD)," *Presentation Material of Consortium Business for Co-Development Program of Industry, University, and Research Institute.*
- (3) Yoon, C. S., 2008, "Final Report of Development of Glass Panel Vacuum Lift System for Post Process in Module Line of FPD(PDP/LCD)"
- (4) Ergun, S., 1952, "Fluid Flow through Packed Columns," *Chemical Engineering Progress*, Vol. 48, No. 2, pp. 89~94.
- (5) Innocentini, M. D. M., Salvini, V. R., Macedo, A., Pandolfella, V. C., 1999, "Prediction of Ceramic Foams Permeability Using Ergun's Equation," *Material Research*, Vol. 2, No. 4, pp. 283~289.
- (6) Mitsui Mining Material Co. Ltd, 2007, "Information of porous ceramics," *Private Communication.*
- (7) Pisco Korea Pneumatic, <http://www.pisco.co.kr>
- (8) Fluent Inc., 2002, *Fluent 6 User's Guide*