

공기부상 FPD 이송장치에서 다공질판과 글래스 사이의 공기유동 해석

노태정^{1*}, 손태영²

Air Fluid Analysis between Porous PE-Plate and Glass in Air-Floating FPD Conveyor System

Tae-Jung Lho^{1*} and Tae-Young Shon²

요약 최근에 많은 수요와 각광을 받고 있는 디스플레이 장치에서 CRT는 곡면이며 무겁고 큰 부피 때문에 LCD, PDP, OLED와 같은 평판디스플레이(FPD)로 대체되고 있다. FPD는 0.6~0.8mm 두께의 대면적 글래스에 여러 공정을 거친 후에 최종 제품 규격으로 절단하여 제작하기 때문에 글래스의 면적이 크면 클수록 FPD의 생산성이 높다는 밀접한 관계를 갖는다. 따라서 FPD 제조 업계에서는 글래스 면적을 증가시키기 위하여 노력하고 있으며, 예를 들면, 현재 8세대 LCD인 경우 약 2,200mm x 2,600mm의 면적을 가진다.

이러한 글래스를 이송하는 대표적인 장치로서 공기부상 컨베이어시스템은 압축공기를 이용해서 FPD용 대면적 글래스 등을 약 0.3~0.5mm 정도 부상시켜 비접촉으로 이송할 수 있는 장치이다. 이 때 글래스와 다공질판 표면 사이의 공기유동이 모델링되고 해석되며, 이것으로부터 글래스의 공기부양 조건이 예측될 수 있다. 글래스를 이송시 전기공급 중단에 의하여 압축공기가 공급되지 않아 부상판과 접촉이 발생하였을 때, 자기유환 특성을 가진 다공질판 위의 글래스는 1mm 홀을 많이 가진 사각덕트 부상판 위의 글래스와 조사, 비교된다.

Abstract The FPDs(Flat Panel Displays) such as LCD(Liquid Crystal Display) and PDP(Plasma Display Panel) and OLED(Organic Light Emitting Diode), recently, have been substituted for CRT(Cathode Ray Tube) displays because they have a convex surface, small volume, light weight and lower electric power consumption. The productivity of FPDs is greatly dependent on the area of thin glass panel with 0.6 - 0.8mm thickness because FPDs are manufactured by cutting a large-scaled thin glass panel with patterns to the required product dimensions. So FPD's industries are trying to increase the area of thin glass panel. For example, the thin glass panel size of the 8th generation is 2,200mm in width, 2,600mm in length and 0.7mm in thickness.

The air flows both in the thin glass panel and in the porous PE-plate surface were modeled and analyzed, from which a working condition was estimated. The thin glass panel on the porous PE- plate surface with self-lubricating characteristics was investigated and compared with that on the square duct floating bar surface with many holes of 1mm diameter when the thin glass panel contacts the floating bar surface due to malfunction of electric power supply.

Key Words : 글래스판넬(glass panel), 다공질판(porous PE-plate), 비접촉공기부상(non-contact air floating), 평판 디스플레이(Flat Panel Display: FPD), 액정디스플레이(Liquid Crystal Display: LCD), 공기유동해석(air fluid analysis), Reynolds Averaged Navier-Stokes 방정식, CFX

1. 서론

현재 디스플레이(display)의 혁명이라 일컬어지는 PDP

(Plasma Display Panel) 및 LCD(Liquid Crystal Display)의 시장과 반도체 웨이퍼 등에서 제조공정의 중요한 기술은 그 어떤 상황보다도 중요시되고 경쟁이 심화되고

¹동명대학교 메카트로닉스공학과(부교수)

²동의과학대학 자동차과(부교수)

접수일 08년 6월 12일

수정일 08년 7월 16일

*교신저자: 노태정(tjlho@tu.ac.kr)

계재확정일 08년 8월11일

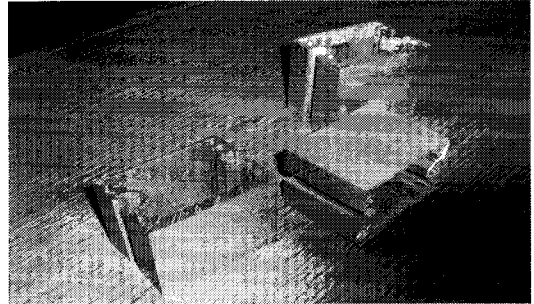
있다. 최근 디스플레이 장치에서 CRT(Cathode Ray Tube)는 곡면이며 무겁고 부피가 크기 때문에 LCD, PDP와 같은 평판디스플레이(Flat Panel Display: FPD)로 대체되고 있다. FPD는 대면적 글래스(large-sized glass panel)(예를 들면, 8세대 LCD인 경우 약 2,200mm x 2,600mm x 0.7mm)에 여러 공정을 거친 후에 최종 제품 규격으로 절단하여 생산하기 때문에 FPD의 생산성은 글래스의 면적과 밀접한 관계를 갖는다.

FPD 등의 클린 박판 물류를 다음 공정으로 공급하는데 있어서 이의 재료가 되는 FPD 대면적 글래스를 이송 또는 적재 시 선 접촉 또는 면 접촉에 의하여 발생하는 표면의 흠집이 전체의 수율을 떨어뜨리고 있다. 이러한 제품생산의 양품 수율을 향상하기 위하여 여러 가지 방법으로 개발이 진행되어 왔다. 점차적으로 대형화 되어가는 FPD 글래스의 이송을 위하여 다양한 자동화 기술이 구현되며 이송자동화 기술이 발달되고 있는 상황이다. 즉, 클린 박판 물류의 각 공정 간에 따른 약 20~40 차례의 공정간 이동해야 하며, 또한 습식, 건식 공정에 따라 그 핸들링 방법이 구분되어진다. 즉 사진(lithography), 식각(etching) 및 접합(bonding) 등 최종 시험 전까지 각각의 글래스는 클린 룸 내에서 공정간 이동을 하여 적재되어지며, 이때 접촉에 의한 스크래치와 그에 의하여 발생한 입자는 수율에 큰 영향을 끼친다.

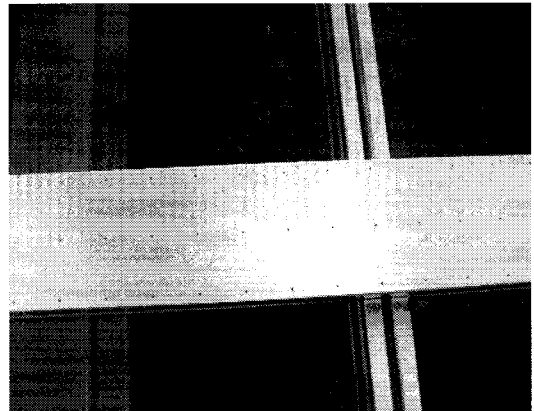
따라서, FPD 제조업계에서는 글래스 면적을 증가시키기 위하여 노력하고 있으며, 0.6~0.8mm 두께의 얇은 대면적 글래스의 이송시스템에 관한 많은 연구를 수행하고 있다. 또한 반도체 웨이퍼 및 대면적 글래스를 이송하는데 비접촉을 위하여 압축공기를 이용하여 부상시키며, 이송방식에는 날장 이송과 카세트 이송이 있으며, 특히 얇은 대면적 글래스의 날장이송에는 이송시 차지하는 필요 공간 때문에 수평이송 보다는 경사 이송이 주로 사용된다.1),2),3)

공기부상컨베이어시스템(Air-floating conveyer system)은 압축공기를 이용해서 FPD용 대면적 글래스 등을 약 0.3~0.5mm 정도 부상시켜 비접촉으로 이송할 수 있는 장치이다. 종래의 연구에서는4),5) 대면적 LCD 글래스의 비접촉 이송에 공기쿠션(air cushion) 장치에 대하여 유동현상을 수치해석을 수행하였으며, 최근의 연구에서는6,7) 단면(가로 x 높이)이 60 x 45 mm²인 공기부상 사각덕트 윗면에 세로방향으로 40mm 간격으로 3줄로 직경 1mm의 공기 노즐(nozzle)이 있으며(그림 1 참조), 이 노즐로 고압의 공기가 분출되면서 대면적 글래스를 부상시키도록 되어있었으나, 공급전원의 정전 등의 이유로 압축공기를 공급해 주는 송풍기가 멈출 때 이동 중이던 대면적 글래스가 사각덕트에 접촉하면서 흠집이 발생하는 문제가

있었다.



(a) 사각덕트 압출단면 외관



(b) 기존의 공기부상 사각덕트 부상판의 외관

[그림 1] 공기부상 AI 압출 사각덕트의 외관

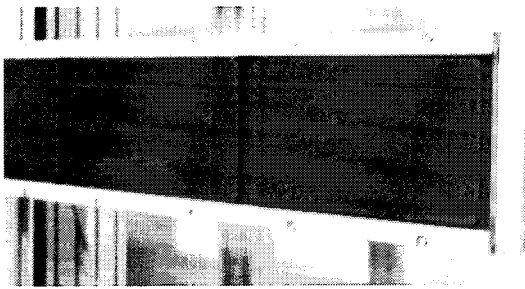
이를 방지하기 위해 본 논문에서는 자기 유희성을 갖는 다공질판(porous PE-plate)을 연속적으로 설치하여 압력차에 의해 공기가 방출되어 글래스를 부상시키도록 하는 구조를 가지도록 하였으며, 만약 글래스와 다공질판이 접촉시에는 자체 유희 작용에 의하여 흠집이 생기지 않도록 하였다. 이에 대하여 공기 유동해석을 통하여 그 가능성을 진단한 후 장치를 제작하여 검증하였다.

2. 이송장치의 유동해석 위한 모델링

공기부상 컨베이어시스템은 압축공기를 이용해서 FPD를 부상시켜 이송시키는 장치이다. 전원 공급이 중단되었을 때 이송 중이던 글래스의 손상을 최소화시키기 위해 다공질판과 FPD 사이에서의 공기 유동에 대하여 3차원 유동해석을 수행하였다.

공기부상 장치는 공기 공급용 송풍기와 사각덕트 형태의 매니폴드(manifold)가 연결 파이프로 연결되어 있다.

며, 매니폴드로부터 6개의 사각덕트로 분지되는 파이프와 이 파이프에 연결된 밸브, 출구노즐이 뚫려있거나 다공질판이 부착되어 있으며 얇은 공기층을 사이에 두고 글래스가 놓이게 될 사각덕트, 그리고 이 사각덕트와 밸브를 연결하는 파이프로 구성되어 있다. 여기서 사각덕트의 단면의 크기는 폭x높이 100 x 55 mm²이며 윗면에 다공질판을 설치하여 압력차에 의해 공기가 방출되어 글래스를 약 0.2~0.3mm 부상시키도록 하는 구조를 가지도록 하였다. 그림2와 같이 다공질판은 사각덕트 내에 설치되도록 길이x폭x높이 150 x 90 x 0.5 mm의 크기를 가지는 판재를 길이방향으로 연속적으로 배열되었다.



[그림 2] 다공질판 외관 형상

본 논문에서 다공질판으로 사용된 porous Poly-Ethylene의 공업명은 UHMW PE(Ultra High Molecular Weight Poly-Ethylene)으로서 분자량이 5백만 g/mol 이상이면서 다량의 기공을 가지고 있으며, 특히 엔지니어링 플라스틱보다 2~3배의 내마모성을 가지고, 엔지니어링플라스틱 보다 10배의 내충격성을 가지며, 마찰 계수가 극히 낮으며, 상세한 물성치는 표1과 같다.

[표 1] UHMW PE 기본 물성표

부피 밀도	0.25 g/cc
압축성형 밀도	0.93 g/cc
점도	2,200 ml/g
고유점도	1,945 ml/g
평균 분자량	4.5x10 ⁶ g/mol
항복응력	≥17 Mpa
항복 신장율	20%
인장 계수	790 Mpa
Shore 경도	60
충격강도	≥120 KJ/m ²
마찰 계수	0.05
비중	0.8

전산유체해석을 통한 3차원 유동해석에 있어서 적절한 가정을 통하여 수치계산에 소요되는 시간과 비용을 현저히 줄일 수가 있다. 본 연구에서는 공기 유동이 정상

적이고 주기적이라는 가정을 하였다. 선행연구에 의하면 8) 압력강하는 분출노즐이 있는 사각덕트에서 부터 사각덕트와 글래스사이의 공기층을 빠져나오는 출구 사이에서 거의 대부분 일어나므로 본 계산에서도 이 부분에서의 유동계산에 초점을 맞추었다. 따라서, 3차원 유동해석을 위해서는 글래스와 다공질판, 다공질판이 부착되어 있는 사각덕트, 그리고 사각덕트 외부의 일정한 영역만을 포함하여 모델링 하였으며, 다른 요소들은 이송장치 주위 유동에 영향을 거의 주지 않으므로 모델링에 포함시키지 않았다. 사각덕트와 글래스 사이의 간극은 위치에 따라 약간의 차이가 있지만 본 계산에서는 0.3mm와 0.2mm에 대하여 계산을 수행하였다.

2.1. 지배방정식

압축공기 부상 시스템의 유동을 해석하기 위해 점성 3차원 유동의 전산해석을 수행하였으며, 이송장치 주위유동을 지배하는 방정식으로서 시간 평균된 질량에 대한 연속방정식과 운동량 보존방정식은 각각 다음과 같다.9),10)

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

$$\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i u_j)}{\partial x_j} = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \delta_{ij} \right) - \rho \overline{u_i u_j'} \right] \quad (2)$$

여기에서 u_i 는 i 방향의 평균속도를 나타낸다. 우변의 마지막 항은 난류응력 항으로서 와점성 계수를 도입하여 층류에서의 뉴톤(Newton) 점성법칙과 비슷한 형태의 와점성 난류모델로 흔히 모사한다.

난류유동을 해석하기 위하여 아래의 난류 운동에너지 방정식, 난류 소산 방정식 모델을 각각 사용하였다.

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i k)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_i} \right] + \mu_t \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \rho \epsilon \quad (3)$$

$$\frac{\partial(\rho \epsilon)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i \epsilon)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_i} \right] + C_1 \mu_t \frac{\epsilon}{k} \frac{\partial u_i}{\partial x_i} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - C_2 \frac{\rho \epsilon^2}{k} \quad (4)$$

또한 와점성 계수 μ 는 표준 k- ϵ 모델을 사용하여 계산하였다.

$$\mu_t = C_\nu \rho \frac{k^2}{\epsilon} \quad (5)$$

여기서 사용되어진 상수는 다음과 같다.

$$C_\nu = 0.09 \quad C_1 = 1.44 \quad C_2 = 1.92 \quad \sigma_k = 1.0 \quad \sigma_\epsilon = 1.3$$

2.2 경계조건

경계면은 분출노즐의 입구 경계면, 글래스, 사각덕트 표면, 바닥면에서의 벽면 경계면과 대칭 경계면으로 구성 되어진다. 난류유동에 대한 글래스, 사각덕트 표면, 바닥면 등 벽면으로부터의 경계조건은 벽함수를 사용하여 벽면 근처의 격자수를 줄였으며 벽면에서는 평균상대속도가 0이 되도록 하였다. 벽마찰 응력(wall shear stress)은 벽면에 가장 가까운 격자점에서 벽에 평행한 속도성분의 함수로 나타난다.

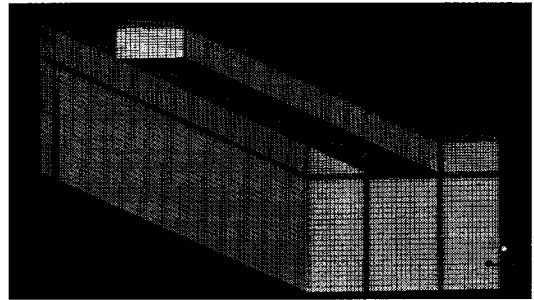
$$\vec{\tau}_w = \frac{-p_p C_\mu^{1/4} k_p^{1/2} \kappa}{\ln(E p_p y_p u_\tau / \mu)} (\vec{a}_p) \quad (6)$$

아래첨자(p)는 벽에서의 첫번째 노드의 위치를 의미하며, E와 κ 는 상수이다. 벽 근처에서 속도벡터가 벽에 평행하고 속도벡터의 회전이 없다고 가정하면 인근 격자점에서의 속도성분은 단순히 직교좌표로 주어지며, 전단응력을 직교 좌표계 항으로 표시할 수 있다. 이와 같이 구한 벽전단 응력을 운동량 방정식의 확산 항으로 대치한다. 계산영역의 좌우 주기점에 놓이는 모든 유동변수는 같은 값을 가지도록 처리하였다.

2.3 격자계 구성

이송장치의 기하학적 형상을 처리하기 위하여 본 연구에서는 구조(structured) 격자계를 사용하였다. 비구조(unstructured) 격자계를 사용할 경우 글래스와 사각덕트 사이의 간극은 전체 계산영역에 비하여 매우 좁은 공간이라 상대적으로 많은 격자가 사용될 것으로 예상되고, 사각덕트가 폭과 높이에 비하여 축방향 길이가 훨씬 길기 때문에 비구조 격자계로는 적절한 계산격자를 구성하기 어려우므로 본 계산영역의 형상에서 효율적인 계산이 가능한 구조 격자계를 구성하였다. 또한 글래스와 사각덕트 윗면 사이의 좁은 틈으로 수평방향의 빠른 유동이 만들어 질것으로 예상되므로 글래스와 사각덕트의 벽면 쪽으로 각 각 7개씩의 inflated layer를 두고 프리즘 격자를 형성시켜 경계층 유동을 잘 예측할 수 있도록 하였다. 글

래스와 사각덕트 사이 간극의 모서리 부분과 간극이 끝나는 사각덕트의 모서리 부분에도 격자가 집중될 수 있도록 하였다. 전체 계산영역의 격자수는 약 45만 요소(element)가 사용되었다. 그림3에는 유동계산을 위한 격자계 모습을 다공질판과 사각덕트, 글래스와 사각덕트 사이의 간극 주위를 보여준다. 제일 윗면은 글래스의 바닥면이고, 중간의 사각형 부분은 다공질판과 사각덕트로 이루어지는 공간으로서 porous media 영역과 유체유동 영역으로 나뉘어져 있다. 그림에서 제일 밑의 면과 z축 방향의 가장 끝면은 압력경계 조건이 주어지는 개방면이고 나머지 면들은 대칭면에 해당된다.



[그림 3] 격자계 구성

3. 유동해석 결과

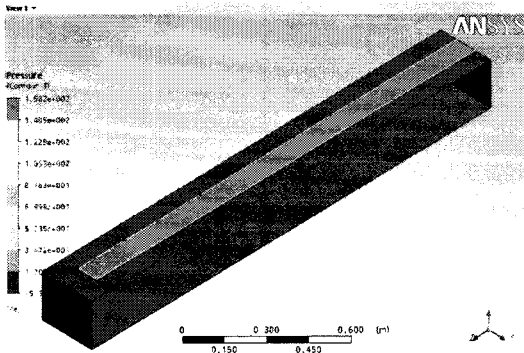
다공질판을 적용한 공기부상 이송장치의 유동을 해석하기 위해 Reynolds Averaged Navier -Stokes 방정식을 유한체적법을 이용하여 비압축성 점성 3차원 난류유동의 전산해석을 수행하였다. 비선형 편미분 방정식인 지배방정식의 해를 구하기 위하여 제어체적에 대하여 이산화한 후 선형화된 대수방정식의 해를 수치계산으로 구하였다. 본 계산에서는 열유동 계산에 널리 사용되고 있는 범용 전산유체해석 소프트웨어인 CFX11)를 사용하였다. 수치계산은 RMS Residual이 2×10^{-5} 이 될 때까지 반복 수행하였다.

공기부상 이송장치 주위의 점성 3차원 유동해석을 수행하였다. FPD 이송장치에 공급되는 유량을 변화시키면서 계산을 수행하였으며, 다공질판의 porosity의 변화도 고려하였다. 그림4 ~ 그림7에서의 형상은 대칭 조건을 사용해서 사각덕트, 다공질판 및 글래스로 구성되는 최소의 유동영역을 잡아서 계산한 결과이다.

그림4~그림7에는 글래스 바닥면에서의 압력분포를 나타내었다. 이 계산에서의 송풍기 유량은 $8m^3/min$ 이고 다공질판의 공극율(porosity) 은 각 각 0.8, 0.4, 0.2, 0.1인

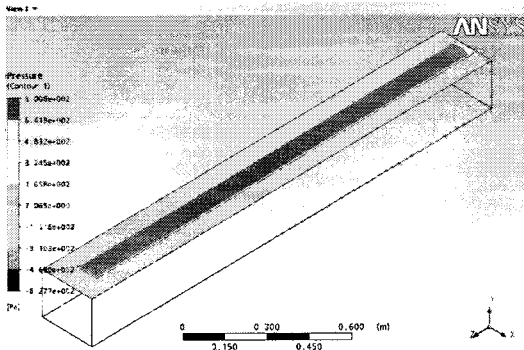
경우이다. 이때 유리면과 사각덕트 사이의 간극은 0.3mm 이다. 글래스 표면과 사각덕트 사이의 간극에서 공기가 빠져나오는 부분에서 압력변화가 크게 나타나고 나머지 유동영역에서는 상대적으로 큰 압력 변화는 나타나지 않았다.

그림4의 경우와 같이 다공질판의 공극율이 0.8 로서 높을 때는 다공질판에서의 압력강하가 그다지 크지는 않고, 사각덕트와 글래스 사이의 공간에서의 유동에서 158.2Pa 정도의 많은 압력강하가 일어나는 것을 확인할 수 있었으며, 사각덕트 위쪽에 놓인 글래스의 바닥면에 작용하는 압력은 거의 균일함을 알 수 있다.



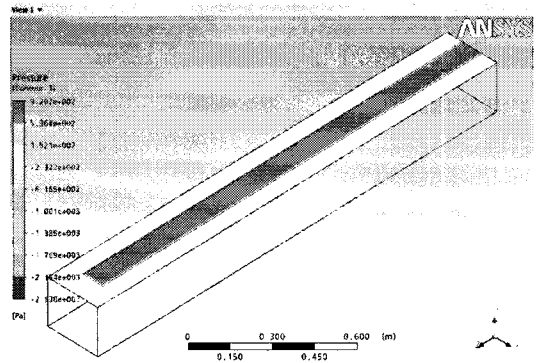
[그림 4] 이송장치 주위유동의 압력 분포 (porosity=0.8)

그림5에서 다공질판의 공극율이 0.4인 경우에는 다공질 판에서의 압력강하가 7.0Pa로서 그다지 크지는 않고, 사각덕트와 글래스 사이의 공간에서의 유동에서 중간 부위에 641Pa, 그 이외의 대부분이 약 800Pa 정도의 많은 압력강하가 일어나는 것을 확인할 수 있었으며 사각덕트 위쪽에 놓인 글래스의 바닥면에 작용하는 압력은 중간 부위가 다소 낮고 거의 균일함을 알 수 있다.



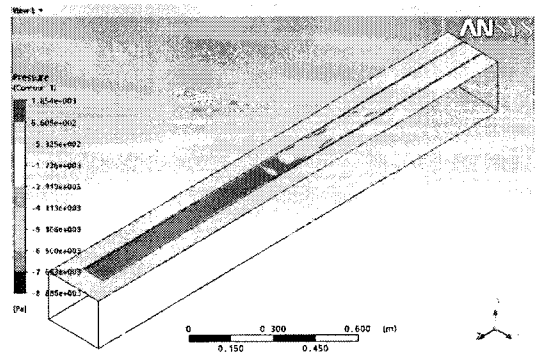
[그림 5] 글래스 바닥면에서의 압력 분포 (porosity=0.4)

그림6에서 다공질판의 공극율이 0.2인 경우에는 다공질 판에서의 압력강하가 152Pa 로서 약간 크게 나타나고, 사각덕트와 글래스 사이의 공간에서의 유동에서 대부분이 약 920Pa 정도의 많은 압력강하가 일어나는 것을 확인할 수 있었으며 사각덕트 위쪽에 놓인 글래스의 바닥면에 작용하는 압력은 길이방향으로 거의 균일함을 알 수 있다.



[그림 6] 글래스 바닥면에서의 압력 분포 (porosity=0.2)

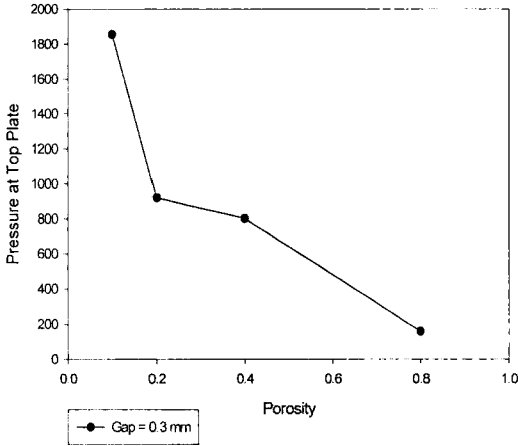
그림7과 같이 다공질판의 공극율이 0.1 로서 낮을 때는 사각덕트와 글래스 사이의 공간에서의 압력강하는 560Pa 로서 크게 나타나고, 또한 다공질 판에서의 압력강하는 중간에서 560Pa부터 끝 부분에 1,854Pa로서 상대적으로 크게 나타나고 있음을 볼 수 있다. 따라서 사각덕트 위쪽에 놓인 글래스의 바닥면에 작용하는 압력은 사각덕트의 길이 방향으로 많은 차이가 나타나고 있다.



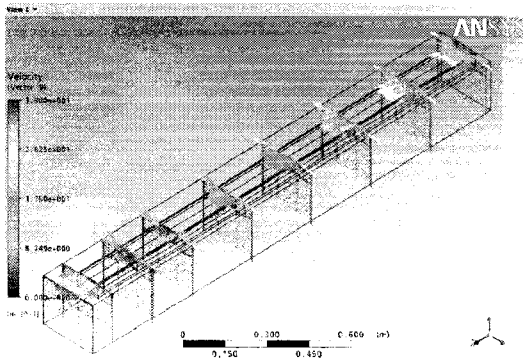
[그림 7] 글래스 바닥면에서의 압력 분포 (porosity=0.1)

그림8은 공극율의 변화에 따라 글래스 바닥면에 작용하는 압력을 나타내고 있다. 그림8에서 보는 바와 같이 같은 공급유량 및 사각덕트와 글래스의 간극 조건에서

공극율이 감소되면 글래스에 작용하는 압력은 증가하는 것을 알 수 있다. 압력은 공극율이 낮은 영역에서 더 큰 변화를 보이고 있다. 따라서 공극율이 낮은 다공질판을 사용하여 글래스의 부상력을 더욱더 높일 수 있음을 알 수 있다.



[그림 8] 공극율에 따른 글래스의 작용 압력[Pa]

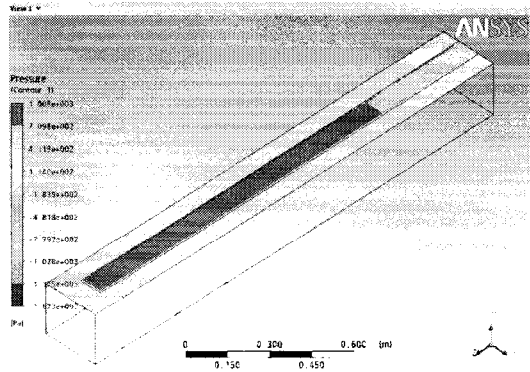


[그림 9] 이송장치 주위유동의 속도 벡터 (porosity=0.2)

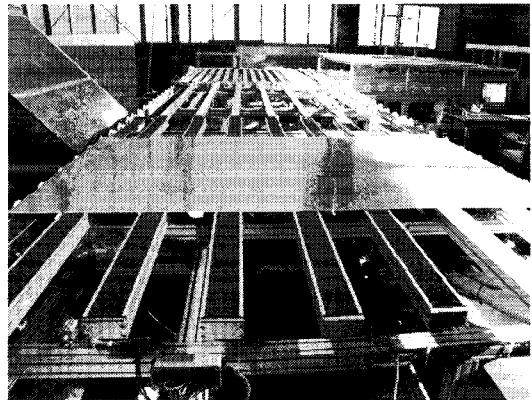
그림9에는 다공질판의 공극율이 0.2인 경우 전체 유동 영역에서의 속도벡터를 나타내고 있다. 그림8에서 보는 바와 같이 사각덕트의 입구부분에서 끝부분까지는 속도가 일정하게 감소하면서 길이 방향으로 거의 같은 정도의 유량이 다공질판을 통해서 빠져나가는 모습을 보여주고 있다. 유체속도는 글래스와 사각덕트 사이의 공기층에서 아주 빠른 유속 패턴을 보여주고 있고, 그 외의 사각덕트 외부에서의 유동은 미약하다. 유량을 20%씩 증가시켰을 때는 글래스에 작용하는 압력이 크게 증가하여 글래스의 부상력을 상승시키는 것을 확인하였다. 이것은 송

풍기의 용량을 증가시켜 글래스의 부상높이를 증가시킬 수 있음을 의미한다.

그림10에는 그림6의 경우와 같이 다공질판의 공극율이 0.2이나, 글래스와 사각덕트 사이의 간극을 0.2mm로 줄여서 계산하였을 때 글래스 바닥면에 작용하는 압력분포를 보여준다. 사각덕트와 글래스 사이의 공간에서의 유동에서 중간 부위에 709Pa, 그 이외의 대부분이 약 1008Pa 정도의 많은 압력강하가 일어나는 것을 확인할 수 있었으며 사각덕트 위쪽에 놓인 글래스의 바닥면에 작용하는 압력은 중간 부위가 다소 낮고 거의 균일함을 알 수 있다. 이때 글래스 바닥면에 작용하는 압력은 그림 6의 경우보다 약 9% 정도 높게 나타남을 확인하였다.



[그림 10] 글래스 바닥면에서의 압력분포 (porosity=0.2, gap=0.2mm)



[그림 11] 개발품을 적용한 FPD Conveyor System의 외관

상기의 유동해석 결과를 활용하여 그림11과 같은 다공질판을 사용한 공기부상 이송시스템을 개발하였으며, 여기에서 공기부상 간극은 0.3mm로 측정되었으며, 전원 공급 중단 등으로 정지시 다공질판과 LCD의 접촉에도

불구하고 전혀 흠집이 없음을 확인하였다.

4. 결론

FPD 이송장치의 압축공기의 분출노즐로서 다공질판을 사용함에 따라 공기부상 이송장치의 유동특성을 관찰하기 위하여 3차원 유동해석을 수행하였다. 공기부상 이송장치의 유동을 해석하기 위해 Reynolds Averaged Navier-Stokes 방정식을 유한체적법을 이용하여 비압축성 점성 3차원 난류유동의 전산해석을 수행하였다. 본 계산에서는 열유동 계산에 널리 사용되고 있는 범용전산유체해석 소프트웨어인 CFX를 사용하였다.

본 유동해석에서는 글래스와 사각덕트 사이의 간격과 다공질판의 공극율을 변화시키면서 계산을 수행하였으며 운전조건으로 유량의 변화도 고려하였다. 3차원 유동해석 결과로부터 다공질판의 공극율을 감소시키면 글래스에 작용하는 압력은 증가시킬 수 있으며 글래스를 더욱 더 부상시킬 수 있다는 것을 알 수 있다. 글래스에 작용하는 압력은 공극율이 낮은 영역에서는 더 변화가 크게 나타났다. 또한 사각덕트와 글래스 사이의 간격을 줄였을 때는 글래스에 작용하는 압력이 크게 증가하여 글래스의 부상력을 상승시키는 것을 확인하였다. 따라서 간격을 줄여서 글래스의 부상높이를 증가시키는 것도 고려할 수 있다. 또한 유량을 증가시켰을 때는 글래스에 작용하는 압력이 크게 증가하여 글래스의 부상력을 상승시키는 것을 확인하였다. 따라서 송풍기의 용량을 증가시켜 글래스의 부상높이를 증가시키는 것도 고려할 수 있다.

참고문헌

[1] F. Poh, T. Higuchi, K. Yoshida and K. Oka, "Non-contact transportation system for thin glass plate utilizing combination of air bearing and electrostatic force", SCIE'99, 212, B-2, pp.1053-1058, 1999.

[2] T. Amano, Y. K. Nakamura, S. Ueda, Y. Hashimoto, "A multi-transducer near field acoustic levitation system for non-contact transportation of large-scaled planar objects", Jpn. J. Applied Physics, Vol.39, part I No.5B, pp.2982-2985, 2000.

[3] 문인호, 조상준, 김동권, 기몽진, 황영규, "공기부상 웨이퍼 날장이송 시스템의 부상 및 이송특성", 2004 한국반도체및디스플레이장비학회 춘계학술대회논문집, pp.72-84, 2004.

[4] H. J. Jun, K. S. Kim and I. T. Im, "Numerical Study on the Air-Cushion Unit for Transportation of Large-Sized Glass Plate", J. of the Semiconductor & Display Equipment Technology, Vol.6, No.1, pp.59-64, March 2007.

[5] I. T. Im, H. J. Jun and K. S. Kim, "Numerical study on the air-cushion glass transportation unit for LCD panels", J. of the Semiconductor & Display Equipment Technology, Vol.5, No.1, pp.27-31, 2006.

[6] 김도훈, 박형준, 문희곤, 이지훈, 노태정, 박범석 "LabVIEW를 이용한 LCD용 공기부상이송 자동화의 Nozzle 압력 측정에 관한 연구", 2007 대한기계학회 추계학술발표논문집, pp. 881-886, 2007, 10.

[7] 황성현, 최현창, 노태정, 손태영, 박범석, "비접촉 평판 디스플레이 이송장치에서의 양력을 고려한 평판 디스플레이의 처짐 해석", 대한기계학회논문집A권, 제32권 제5호, pp. 451-457, 2008.

[8] 손태영, 최범석, 노태정, 최현창, 공기훈, 권장렬, "FPD 이송시스템의 유로망 해석에 관한 연구", 한국창조공학회지, pp. 85-92, 2006.11.

[9] C. A. Fletcher, Computational Technique for Fluid Dynamics(Vol. I & II), Springer- Verlag, 1991.

[10] 신병록, 장근식, 조강래, 전산유체역학-기초와 응용, 대영사, 1993.

[11] CFX User's Guide, 2005.

노태정(Tae-Jung Lho)

[정회원]



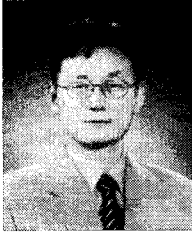
- 1984년 2월 : 부산대 기계설계학과(공학학사)
- 1986년 2월 : KAIST 생산공학과(공학석사)
- 1992년 8월 : KAIST 정밀기계공학과(공학박사)
- 1986년 2월 ~ 1999년 2월 : 삼성중공업 기전연구소(수석연구원)
- 1999년 3월 ~ 현재 : 동명대학교 메카트로닉스공학과 부교수

<관심분야>

Mechatronics, Robotics, FAB 자동화, LCD 물류반송 자동화, 항만하역설비 자동화 등

손 태 영(Tae-Young Shon)

[정회원]



- 1983년 2월 : 부산대학교 기계 공학과(공학학사)
- 1989년 2월 : KAIST 생산공학과(공학석사)
- 1989년 ~ 1990년 : 한국생산성 본부 자동화사업부(선임연구원)
- 1996년 2월 : KAIST 기계공학과(공학박사)
- 1997년 ~ 1998년 : 주성대학 정밀금형과(전임강사)
- 1998년 ~ 현재 : 동의과학대학 자동차과 부교수

<관심분야>

자동차 요소부품 설계/해석, LCD 물류반송 자동화 등