공기부상 FPD 이송장치에서 다공질판과
글래스 사이의 공기유동 해석

노태정1, 손태영2

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

Tae-Jung Lho1, and Tae-Young Shon2

요 약 최근에 많은 수요와 경쟁을 받고 있는 디스플레이 장치에서 CRT는 광학이며 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 정단하여 제작하기 때문에 글래스의 면적이 크면 총 수목 FPD의 생산성이 높다는 민첩한 관계를 갖는다. 따라서 FPD 제조 업계에서는 글래스 면적을 증가시키기 위하여 노력하고 있으며, 예를 들면, 현재 8세대 LCD인 경우 약 2,200mm x 2,600mm 의 면적을 가진다. 이러한 글래스를 이송하는 대표적인 장치로서 공기부상 전기렌지시스템은 압축공기를 이용해서 FPD용 대면적 글래스 등을 약 0.3~0.5mm 정도 부상시키기 하여 이송할 수 있는 장치이다. 이 때 글래스와 다공질판 표면 사이의 공기 유동이 조절되어 해석되며, 이로부터 공기부상의 공기부상 조건이 예측될 수 있다. 글래스를 이송시 전기공급 중단에 의하여 압축공기가 공급되지 않아 부상판 면적이 발생하였을 때, 자기운동 특성을 가진 다공질판 위의 글래스는 1mm 홀을 많이 가진 사각격형 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), 비압축공기부상(non-contact air floating), 평판디스플레이(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 사용과 반도체 웨이퍼 등에서 제조공정의 중요한 기술은 그 어떤 상황보다도 중요하게 경쟁이 심화되고

1동명대학교 메가트론닉스공학과(부교수) 2동의과학대학 자동차과(부교수)
접수일 08년 6월 12일 수정일 08년 7월 16일

노태정(tjho@tu.ac.kr) 개재확정일 08년 8월 11일

878
기도 되어 있다. 최근 디스플레이 장치로서 CRT(Cathode Ray Tube)는 광면이 무겁고 부피가 크기 때문에 LCD, PDP 와 같은 평판디스플레이(Flat Panel Display: FPD)로 대체되고 있다. FPD는 대면적 글래스(large-sized glass panel)을 들면, 8세대 LCD인 경우 약 2,200mm x 2,600mm x 0.7mm에 여러 공정을 거쳐 후에 최종 제품 규격으로 절단하여 생성하기 때문에 FPD의 생산성은 글래스의 면적과 밀접한 관계를 갖는다.

FPD 등의 물건 박판 물류를 다음 공정으로 공급하는데 있어서 이의 재료가 되는 FPD 대면적 글래스를 이송 또는 적재 시 신속한 또는 빠른 적재에 의하여 발생되는 표면의 흘림이 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 기구가 구현되며 이송자동차가 기술이 발달되고 있는 상황이다. 즉, 물건 박판 물류의 각 공정 간에 따른 약 20~40 차례의 공정간 이동해야 하며, 또한 습식, 건식 공정에 따라 그 헌들림 방법이 구분되어야 한다. 즉, 사진(lithography), 시각(etching) 및 접합(bonding) 등 최종 시험 전까지 각각의 글래스는 높은 온도에서 공정간 이동을 하여 적재되어 이동하며, 이때 적재에 의한 스테레치와 그에 의하여 발생한 압박은 수율에 큰 영향을 끼친다.

따라서, FPD 제조업체에서는 글래스 면적을 증가시키기 위하여 노력하고 있으며, 0.6~0.8mm 두께의 약 1배의 압축: 평면적 글래스의 이송시스템에 관한 많은 연구를 수행하고 있다. 또한 반도체 웨이퍼 및 대면적 글래스를 이송하는 데 적재를 위하여 압축공기를 이용하여 부상시키며, 이송방식에는 낭장 이송과 가이드 이송이 있으며, 특히 압축 공이 부상식 글래스의 낭장이송에는 이송시 적재하는 데 필요한 공정 간에 수명이 짧다는 점에서 이송이 주로 사용된 다.

공기부상컨베이어시스템(Air-floating conveyor system)은 압축공기를 이용해서 FPD용 대면적 글래스 등을 약 0.3~0.5mm 정도 부상시키며 비계적으로 이송할 수 있는 장치이다. 종래의 연구에서는 4,5 대면적 LCD 글래스의 비계적 이송에 공기유전(air cushion) 장치에 대하여 유동 현상을 수치해석을 수행하였으며, 최근의 연구에서는 6,7 단면 (가로 x 높이)가 60 x 45 mm2인 공기부상 사각매트 원형에 새로운방향으로 40mm 간격으로 3줄로 직경 1mm의 공기 노즐(nozzle)이 있으며, 그림 1 참조.)로 공급된 공기가 분포되면서 대면적 글래스를 부상시키도록 되어있었으나, 공급장치의 저층 동의 이유로 압축공기를 공급하여 주는 총풍기의 문제가 이울 때 이중 적재의 대면적 글래스가 사각매트에 적재되어 흡입이 발생하는 문제가 있었다.

(b) 기존의 공기부상 사각매트 부상판의 외관

[그림 1] 공기부상 AI 압축 사각매트의 외관

이를 방지하기 위하여 본 논문에서는 사기 유평성을 갖는 다공질판(porous PE-plate)을 연속적으로 설치하여 압력차에 의한 공기 부착과 글래스 부상시킨도록 하는 구조를 가지도록 하였으며, 만약 글래스와 다공질판의 접촉면에는 자세 유평 적용에 의하여 흡입이 생기지 않도록 하였다. 이에 대하여 공기 유동학적을 통하여 그 가능성을 진단한 후 장치를 제작하여 검증하였다.

2. 이송장치의 유동해석 위한 모델링

공기부상 컨베이어시스템은 압축공기를 이용하여 FPD 부상시켜 이송시키는 장치이다. 전원 공급이 중단되었을 때 이송층이란 글래스의 손상을 최소화시키기 위해 다공질판과 FPD 사이에서의 공기 유통에 대하여 3차원 유동해석을 수행하였다.

공기부상 장치는 공기 공급용 총풍기와 사각매트 형태의 매피포드(manifold)가 연결 파이프로 연결되어 있으.
며, 메니폴드로부터 6개의 사각덕트로 분지되는 파이프와 이 파이프에 연결된 밸브, 출구노즐이 통려는데다 공질관이 부착되어 있으며 앞은 공기론을 사이에 두고 클래식이 높이게 될 사각덕트, 그리고 이 사각덕트와 밸브를 연결하는 파이프로 구성되어 있다. 여기서 사각덕트의 단면의 크기는 폭x높이 100 x 55 mm2이며 뒷면에 다공질관을 설치하여 압력차에 의해 공기가 방출되어 클래스를 약 0.2-0.3mm 부상시키도록 하는 구조를 가지고 있다. 그림2와 같이 다공질관은 사각덕트 내에 설치되도록 깊이 x폭x높이 150 x 90 x 0.5 mm의 크기를 가지는 판제를 길이방향으로 연속적으로 배열되었다.

[그림 2] 다공질판 외관 형상

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

[표 1] UHMW PE 기본 물성표

| 부품 밀도 | 0.25 g/cc |
| 각속성형 밀도 | 0.93 g/cc |
| 계도 | 2,200 ml/g |
| 고유질도 | 1,945 ml/g |
| 평균 분자량 | 4.5 x 10^9 g/mol |
| 항복용력 | ≥17 Mpa |
| 항복 심한율 | 20% |
| 인장 계수 | 790 Mpa |
| Shore 기도 | 60 |
| 중격강도 | ≥120 KJ/m² |
| 마찰 계수 | 0.05 |
| 비중 | 0.8 |

전산유체학을 통한 3차원 유동해석에서 있어서 적절한 가정을 통하여 수치해석에 소요되는 시간과 비용을 현저히 줄일 수가 있다. 본 연구에서는 공기 유동이 정상적이고 주기적이라는 가정을 하였다. 실험연구에 의하면 8) 압력경하는 분출노즐이 있는 사각덕트에서 부터 사각덕트와 클래스사이의 공기론을 빠져나오는 출구 사이에 거의 대부분 일어나므로 본 계산에서도 이 부분에서의 유동계산에 초점을 맞추었다. 따라서, 3차원 유동해석을 위해서는 클래스와 다공질판, 다공질관이 부착되어 있는 사각덕트, 그리고 사각덕트 외부의 일정 영역만을 포함하여 모델링 하였으며, 다른 요소들은 이송장치 주위 유동에 영향을 거의 주지 않으므로 모델링에 포함시킬지 않았다. 사각덕트와 클래스 사이의 간격은 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 보존방정식을 각각 다음과 같다.

\[ \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial (\rho u_i)}{\partial x_i} = 0 \]  
\[ \frac{\partial (\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial (\rho u_i u_j)}{\partial x_j} = - \frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \mu \left( \frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \frac{2}{3} \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \right) \right] - \rho u_i \frac{\partial u_i}{\partial x_i} \]  

여기에서 \( u_i \)는 \( i \)방향의 평균속도를 나타낸다. \( \nu \)는 \( \nu \)마찰 항의 압력응력 항으로서 외접성 계수를 도입하여 충동에서의 뉴턴(Newton) 정성법칙과 비선형 항체의 외적성 논리적으로 흐름 모사한다.

\[ \frac{\partial (\rho \phi)}{\partial t} + \frac{\partial (\rho u_i \phi)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[ \left( \mu + \frac{\nu}{k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_i} \right] \]  
\[ + \nu \left( \frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \frac{2}{3} \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \right) - \rho c_e \]  

\[ \frac{\partial (\rho \mu)}{\partial t} + \frac{\partial (\rho u_i \mu)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[ \left( \mu + \frac{\nu}{k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_i} \right] \]  
\[ + C_1 \mu \sqrt{\frac{\rho c_e}{k}} \left( \frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \frac{2}{3} \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \right) - C_2 \mu \]  

\[ + C_3 \mu \sqrt{\frac{\rho c_e}{k}} \left( \frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \frac{2}{3} \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \right) - C_4 \]
또한 와심성 계수 \( \mu \)는 표준 kε 모델을 사용하여 계산하였다.

\[
\nu = C_v \nu \frac{k^2}{\varepsilon}
\]

(5)

여기서 사용되어진 수식은 다음과 같다.

\( C_v = 0.09 \) \( C_1 = 1.44 \) \( C_2 = 1.92 \) \( a_1 = 1.0 \) \( a_2 = 1.3 \)

2.2 경계조건

경계면은 본운모델의 입구 경계면, 글래스, 사각형 바로, 바닥면에서의 벽면 경계면과 대칭 경계면으로 구성되어진다. 난류유동에 대한 글래스, 사각형 바로, 바닥면 등 벽면으로부터의 경계조건은 벽함수를 사용하여 벽면 근처의 결과를 줄이며 벽면에서는 평균상태수도가 0이 되도록 하였다. 벽마찰 응력(wall shear stress)은 벽면에 가까운 경계에서 벽에 평행한 속도분의 함수로 나타난다.

\[
-
\tau \rightarrow \frac{r_p}{E_p \gamma_p \left( \frac{u'}{\nu} \right)} \left( q_p \right)
\]

(6)

저연경계(p)는 벽에서의 첫번째 노드의 위치를 의미하며, \( E \)와 \( k \)는 상수이다. 벽 근처에서 속도벡터가 벽에 평행하고 속도벡터의 각각이 없다고 가정하면 입구 경계면에서의 속도분자는 단순히 직교좌표를 주어하며, 전단응력 을 최적 최대값으로 표시할 수 있다. 이와 같이 구한 벽면응력을 운동방정식의 확산 항으로 추가한 다. 제산영역의 좌우 주기점에 놓이는 모든 유동변수는 같은 값을 가지도록 처리하였다.

2.3 격자계 구성

이모징계의 기하학적 형상을 처리하기 위하여 본 연구에서는 구조(structured) 격자계를 사용하였다. 비구조(unstructured) 격자계를 사용한 경우 글래스와 사각형 사이의 간격이 전체 제산영역에 비하여 매우 좋은 공간이라 상대적으로 많은 격자가 사용될 것으로 예상되고, 사각형가 폭과 높이에 비하여 용량평균 값이 될 수 있기 때문에 비구조 격자계는 정해진 제산격자계를 구성하기 어려웠으므로 본 제산영역의 형상에서 효율적인 계산이 가능한 구조 격자계를 구성하였다. 또한 글래스와 사각형 사이의 쪽으로 사용된 작은 측으로 폭방향 평균값에 따른 유동이 반

3. 유동해석 결과

다공질판을 적용한 공기부상 이중침지의 유동을 해석하기 위해 Reynolds Averaged Navier-Stokes 방정식을 유한계법을 이용하여 비압축성 3차원 난류유동의 전산해석을 수행하였다. 비선형 퍼미턴 방정식의 해를 구하기 위하여 제어계에서 대치방정식을 수치계산으로 구하였다. 본 계산에서는 연유동 계산에 널리 사용되고 있는 벤징 전산유체계 소프트웨어인 CFX11을 사용하였다. 수치 계산은 RMS residuals가 2×10⁻5이 될 때까지 반복 수행하였다.

공기부상 이중침지 주위의 점성 3차원 유동해석을 수행하였다. FPD 이중침지에 공급되는 유량을 변환시키면서 제산계를 수행하였으며, 다공질판의 porosity의 변화도 고려하였다. 그림 4~8에서의 형상은 대칭 조건을 사용해서 사각형, 다공질판 및 글래스로 구성되는 최소의 유동형상을 갖추면서 계산한 결과이다.

그림 4~8에는 글래스 바닥면에서의 압력분포를 나타내었다. 이 계산에서의 측정기 유량한 8m3/min이고 다공질판의 공극용(porosity)은 각각 0.8, 0.4, 0.2, 0.1일
결과이다. 이때 유리면과 사각형화 사이의 간극은 0.3mm 이다. 블래스 표면과 사각형화 사이의 간극에서 공기가 새겨 나오는 부분에서 압력 변화가 크게 나타나고 나머지 유동면에서는 상대적으로 큰 압력 변화는 나타나지 않았다.

그림4의 경우와 같이 다공질판의 공극율이 0.8로써 높을 때는 다공질판에서의 압력강하가 그다지 크지는 않 고, 사각형화와 블래스 사이의 공간에서의 유동에서 158.2Pa 정도의 많은 압력강하가 일어나는 것을 확인할 수 있었으며, 사각형화 위쪽에 놓인 블래스의 바닥면에 작용하는 압력은 거의 균일함을 알 수 있다.

그림6에서 다공질판의 공극율이 0.2인 경우에는 다공질 판에서의 압력강하가 152Pa로서 약간 크게 나타나고, 사각형화와 블래스 사이의 공간에서의 유동에서 대부분이 약 920Pa 정도의 많은 압력강하가 일어나는 것을 확인할 수 있었으며 사각형화 위쪽에 놓인 블래스의 바닥면에 작용하는 압력은 길이방향으로 거의 균일함을 알 수 있다.

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

그림5에서 다공질판의 공극율이 0.4인 경우에는 다공질 판에서의 압력강하가 7.0Pa로서 그다지 크지는 않고, 사각형화와 블래스 사이의 공간에서의 유동에서 중간 부위에 64Pa, 그 이외의 대부분이 약 800Pa 정도의 많은 압력강하가 일어나는 것을 확인할 수 있었으며 사각형화 위쪽에 놓인 블래스의 바닥면에 작용하는 압력은 중간 부위가 다소 낮고 거의 균일함을 알 수 있다.

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

그림6에서 다공질판의 공극율이 0.2인 경우에는 다공질 판에서의 압력강하가 152Pa로서 약간 크게 나타나고, 사각형화와 블래스 사이의 공간에서의 유동에서 대부분이 약 920Pa 정도의 많은 압력강하가 일어나는 것을 확인할 수 있었으며 사각형화 위쪽에 놓인 블래스의 바닥면에 작용하는 압력은 길이방향으로 거의 균일함을 알 수 있다.

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

그림7과 같이 다공질판의 공극율이 0.1로써 낮을 때는 사각형화와 블래스 사이의 공간에서의 압력강하는 560Pa로서 크게 나타나고, 또한 다공질 판에서의 압력 강하는 중간에서 560Pa부터 끝 부분에 1,854Pa로서 상대적으로 크게 나타나고 있음을 볼 수 있다. 따라서 사각형화 위쪽에 놓인 블래스의 바닥면에 작용하는 압력은 사각형화의 길이 방향으로 많은 차이가 나타나고 있다.

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

그림8은 공극율의 변화에 따라 블래스 바닥면에 작용하는 압력을 나타내고 있다. 그림8에서 보는 바와 같이 공급유량 및 사각형화와 블래스의 간극 조건에서
공극율이 감소되면 글래스에 작용하는 압력은 증가하는 것을 알 수 있다. 압력은 공극율이 낮은 영역에서 더 큰 변화를 보이고 있다. 따라서 공극율이 낮은 다공절판을 사용하여 글래스의 부상력을 더욱 높일 수 있음을 알 수 있다.

[그림 8] 공극율에 따른 글래스의 작용 압력(Pa)

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

그림9는 다공절판의 공극율이 0.2인 경우 전체 유동 영역에서의 속도벡터를 나타내고 있다. 그림8에서 보는 바와 같이 사각형의 입구부분에서 곧 부분까지는 속도가 인체하게 감소하면서 길이 방향으로 거의 같은 정도의 유량이 다공절판을 통해서 빠져나가는 모습을 보여주고 있다. 유체속도는 글래스와 사각형 사이의 공기층에서 아주 빠른 유속 패턴을 보여주고 있고, 그 외의 사각형 외부에서의 유동은 미약하다. 유량을 20%씩 증가시켰을 때는 글래스에 작용하는 압력이 크게 증가하여 글래스의 부상력을 상승시키는 것을 확인하였다. 이것은 송풍기의 용량을 증가시켜 글래스의 부상높이를 증가시킬 수 있음을 의미한다.

그림10에는 그림6의 경우와 같이 다공절판의 공극율이 0.2이면, 글래스와 사각형 사이의 간극을 0.2mm로 줄여서 계산하였을 때 글래스 바닥면에 작용하는 압력분포를 보여준다. 사각형과 글래스 사이의 공간에서의 유동에서 중간 부위에 709Pa, 그 이외의 대부분이 약 1008Pa 정도의 큰 압력차가 일어나는 것을 확인할 수 있었으며 사각형 위쪽에 놓인 글래스의 바닥면에 작용하는 압력은 중간 부위가 다소 낮고 외곽 근접부면만 약 3% 정도 늘게 나타났음을 확인하였다.

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

[그림 11] 개발품목을 적용한 FPD Conveyor System의 외관

상기의 유동적 해석 결과를 활용하여 그림11과 같은 다공절판을 사용한 공기부상 이송시스템을 개발하였으며, 여기에서 공기부상 간극은 0.3mm로 측정되었으며, 전원 공급 중단 등으로 정지시 다공절판과 LCD의 접촉에도
불규하고 전혀 흔적이 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 비압축 성 장성 3차원 단류유동의 전산해석을 수행하였다. 본 계산에서는 열유동 계산에 널리 사용되고 있는 범용 전산유체해석 소프트웨어인 CFX를 사용하였다.

본 유동해석에서는 글래스와 사각형 사이의 간격과 다공질판의 공극을 변화시키면서 제산을 수행하였으며 운전조건으로 유량의 변화도 고려하였다. 3차원 유동해석 결과로부터 다공질판의 공극을 감소시키면 글래스에 작용하는 압력은 증가할 수 있으며 글래스는 더욱 더 부상시킬 수 있다는 것을 알 수 있다. 글래스에 작용하는 압력은 공극이 낮은 영역에서는 더 변화가 크게 나타났다. 또한 사각형과 글래스 사이의 간극을 줄였을 때는 글래스에 작용하는 압력이 크게 증가하여 글래스의 부상력을 상승시키는 것을 확인하였다. 따라서 간극을 줄여서 글래스의 부상높이를 증가시키는 것도 고려할 수 있다. 또한 유량을 증가시켰을 때는 글래스에 작용하는 압력이 크게 증가하여 글래스의 부상력을 상승시키는 것을 확인하였다. 따라서 송풍기의 유용성을 증가시켜 글래스의 부상높이를 증가시키는 것도 고려할 수 있다.


노태정(Tae-Jung Lho) [정회원]

- 1984년 2월 : 부산대 기계설계학과(공학사)
- 1986년 2월 : KAIST 생산공학과(공학석사)
- 1992년 8월 : KAIST 정밀기계공학과(공학박사)
- 1986년 2월 ~ 1999년 2월 : 삼성전자공업기전연구소(수학연구원)
- 1999년 3월 ~ 현재 : 동명대학교 메카트로닉스공학과 부교수

<관심분야>
Mechatronics, Robotics, FAB 자동화, LCD 물류반송 자동화, 혈액학적반비자동화 등
손 대 영(Tae-Young Shon) [정회원]

- 1983년 2월 : 부산대학교 기계공학과(공학사)
- 1989년 2월 : KAIST 생산공학과(공학석사)
- 1989년 - 1990년 : 한국생산성본부 자동화사업부(산업연구원)
- 1996년 2월 : KAIST 기계공학과(공학박사)
- 1997년 - 1998년 : 추성대학 정밀공학과(전임강사)
- 1998년 - 현재 : 동의과학대학교 자동화과 부교수

<관심분야>
자동차 요소부품 설계/제작, LCD 음류반응 자동화 등