

## PDP용 배기로내 열전달 현상 해석

박형규\* · 정재동† · 김찬중\*\* · 이준식\*\* · 박희재\*\* · 조영만\*\* ·

조해균\*\*\* · 박득일\*\*\*\*

(2000년 7월 21일 접수, 2001년 1월 29일 심사완료)

### Heat Transfer Analysis in a PDP Ventilation Chamber

Hyung Gyu Park, Jae Dong Chung, Charn-Jung Kim, Joon Sik Lee,  
Heui Jae Pakh, Young Man Cho, Hae-Kyun Cho and Deuk Il Park

**Key Words:** PDP(플라즈마 디스플레이 패널), Heat Transfer(열전달), Ventilation Process(배기과정), Numerical Simulation(수치모사), Tact-Type Heating/Cooling(단속적인 가열·냉각방식)

#### Abstract

A heat transfer analysis in a ventilation chamber of Plasma Display Panel(PDP) has been conducted. The process requirement is to precisely follow prescribed temperature trajectory while maintaining temperature uniformity for each panel. Firstly, experiment in a test chamber has been carried out and the results are compared with the unsteady 3D numerical data. Reasonable agreement was found, which suggested that the employed numerical model had its credibility in actual PDP ventilation processes. On this ground, a tact-type heating/cooling system was analyzed. The panel temperature in the 40°C tact-type system was more uniform than that in the 80°C one. For improving the uniformity of panel temperature, relocation of ventilation head to the rear part and inlet flow control are required. Comparison of full simulation of a cart and simplified simulation of one panel indicates the optimized panel pitch can also be predicted.

<hr/>		$T$ : 온도
<hr/>		$u$ : 속도
<hr/>		$x$ : 좌표
<hr/>		그리스문자
<hr/>		$\mu$ : 점성계수
<hr/>		$\rho$ : 밀도
<hr/>		상첨자
<hr/>		$m$ : 재료
<hr/>		하첨자
<hr/>		$i, j$ : 방향
<hr/>		$s$ : 고상

#### 기호설명

$b$  : 체적력  
 $c_p$  : 비열  
 $k$  : 열전도율  
 $p$  : 압력  
 $t$  : 시간

\* 회원, 서울대학교 대학원  
† 책임저자, 회원, 서울대학교 기계항공공학부 (現)세종대학교 기계공학과  
\*\* 회원, 서울대학교 기계항공공학부  
E-mail : jslee@gong.snu.ac.kr  
TEL : (02)880-7117 FAX : (02)883-0179  
\*\*\* LG전자  
\*\*\*\* 삼성 SDI

1. 서론

지난 세기에 인류는 디스플레이 분야에서 TV의 발명으로 비롯된 눈부신 기술적 진보를 이룩하였다. 현대인의 생활에서 이제 필수불가결한 위치를 차지하게 된 이 매체가 새로운 세기에 들어 위성파 케이블방송에 의한 다채널 시대를 맞이하면서 다시금 크게 변모하고 있다. 디스플레이의 개념이 세대 당 한 대에서 개인 당 한 대씩의 개념으로 바뀌어 가기 때문이다. 그렇게 되면 기존의 브라운관식 디스플레이(CRT, Cathode Ray Tube)는 그 크기와 무게 때문에 한계에 다다르게

된다. 또한 전자총방식도 개선의 여지가 거의 없다고 보아야 할 것이다. 이에 비해 근래에 주목을 끌고 있는 것이 바로 벽걸이 TV 등으로 상징되는 FPD(Flat Panel Display)이다. 이러한 FPD의 대표적인 것으로 LCD(Liquid Crystal Display)와 PDP(Plasma Display Panel)가 있다.

LCD는 이미 노트북 컴퓨터나 비디오 카메라의 모니터 및 실내 각종 정보보드 등으로 많이 보급되어 있다. 이에 비해 PDP는 아직 시장에서의 인지도가 낮은 것이 현실이다. 그러나 LCD가 대형화가 어렵고, 액정의 특징 때문에 고화질화가 힘들며, 무엇보다도 시야각이 좁다는 단점이 있다. 반면, PDP는 40인치 이상으로 대형화가 쉽고, 자연스런 컬러 동화상이 재현되며, 시야각이 넓고(160° 이상), 디지털과의 친화력이 좋다는 장점을 가지고 있다.

이러한 장점을 비롯하여 PDP의 또다른 특징은 그 제조공정이 비교적 간단하다는 것이다. PDP의 제조공정은 크게 기관공정과 패널공정으로 나뉘는데 기관공정은 패널을 구성하게 될 2장의 유리판을 담금질(anneal)하고 여기에 컬러방전을 위한 각종 전극과 유전체, 형광체 등을 입히는 공정이다. 패널공정에는 기관공정을 통과한 전·배면 2개의 유리판을 접합, 봉합하고 기관 사이의 기체를 빼낸 후(배기) 각종 기체(세정용, aging용, 방전용)로 다시 채우는 공정과 예칭, 검사단계로 이루어진다.

소성·배기공정의 목적은 수지분을 분해시키고 페이스트 중의 저융점 유리분말을 용융시켜 구조물 하층에 밀착시키고 구조물로서의 강도를 확보하는데 있다. 이때 고르게 유전체 막을 형성하기 위해서는 균일한 온도로 유지시킬 필요가 있으며 이러한 온도 제어가 이루어지지 않을 경우 생기는 요철은 PDP의 화질에 악영향을 미치게 된다. 본 연구는 PDP 배기로의 설계와 개선을 위해 필수적으로 수행되어야 할 배기로내 열전달 특성의 해석을 그 목표로 한다.

연구는 우선 LG전자의 시험배기로에서 42인치 패널에 대해 모델 배기공정 실험을 수행하고 이를 수치해석해와 비교하였다. 이와 같이 실험과의 비교를 통하여 얻어진 수치해석 모델을 양산로에 적용하기 위해 연속가열·냉각 방식으로 온도이력곡선이 주어진 경우와 노와 노 사이의 온도차가 각각 40℃, 80℃인 두 가지의 tact-type 공

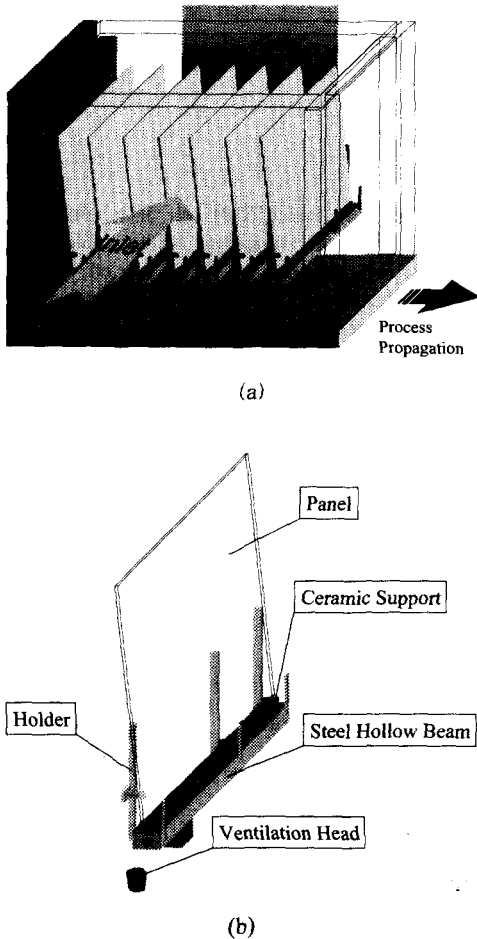


Fig. 1 Schematics of (a) a cart(7 panels) in the ventilation chamber and (b) the components of each pane

정에 대한 해석을 수행하였다.

## 2. 실험 및 수치해석

### 2.1 실험

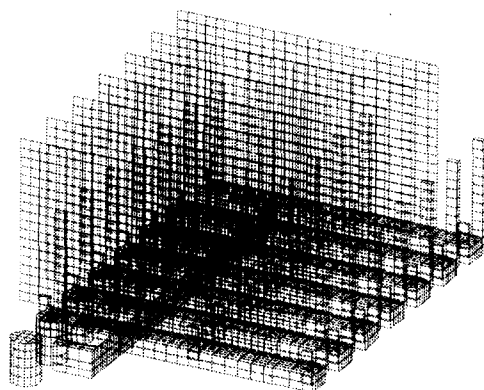
배기로(~1800×1870×1350)내에 놓인 패널이 경험하는 실제 열전달 특성을 알아보기 위하여 LG전자의 시험배기로에서 가로·세로비 16 : 9의 42인치 패널(1004×602×6)에 대하여 모델 배기공정 실험을 수행하였다. 이 실험장치에는 배기장치의 기능인 패널의 가열(350℃), 진공배기, 패널 안으로의 기체주입, 배기 tip-off가 포함된다. 시험배기로는 Fig. 1에 보인 바와 같이 7개의 패널이 1개의 cart를 이루는 batch노(爐)의 형식을 취하고 있다. Fig. 1(b)에서 볼 수 있듯이 패널은 강철보 위의 세라믹 지지대 위에 5° 가량 holder 쪽으로 기울어져 놓여있다. 패널의 가열은 in-line type 열풍가열방식을 통해 이루어지는데, Fig. 1(a)에 보인 바와 같이 입구로 고온의 공기가 들어가서 패널을 가열한 뒤 출구를 통해 나가는 방식이다. 냉각도 역시 마찬가지로 이루어진다. 이 공정에서 요구되는 열전달 특성은 각 패널이 주어진 온도이력선(heat curve)을 따라서 거동하여야 하며 가열 및 냉각시에 패널면이 균일한 온도분포를 유지하는 것이다. 이는 PDP 화질에 악영향을 미치는 micro-void의 생성을 억제하고 고르게 유전체막을 형성하기 위함이다.

실험은 7개의 패널이 올려져 있는 cart에 대해 주어진 패널의 온도이력선을 따라 가열·냉각과정을 진행하면서 패널면 위에 균일하게 분포되어 있는(x=255, 483, 745mm, y=151, 318, 485mm) 9점에서의 온도분포를 측정하였다. 패널면의 온도분포 측정에는 K-type Sheath형 열전대를, 노로 유입되는 공기의 온도측정에는 K-type 다점온도조절계와 멀티온도기록계를 각각 사용하였다.

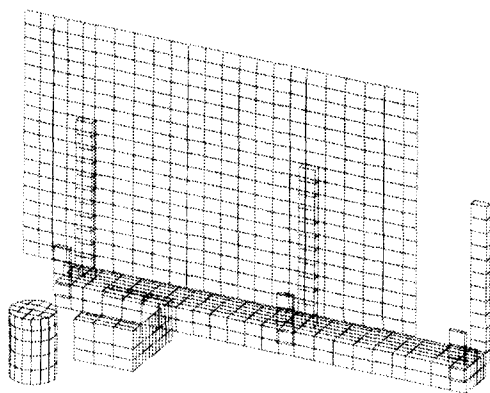
### 2.2 수치해석

#### 2.2.1 지배방정식

비압축성 뉴턴유체(공기)의 비정상 난류유동과 온도장, 그리고 고체내의 온도장을 해석하기 위한 지배방정식은 다음과 같다.<sup>(1-3)</sup>



(a)



(b)

Fig. 2 Grid system used for (a) the case of 1 cart with 7 panels and (b) the case of 1 panel

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_j} = 0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_j u_i)}{\partial x_j} = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \mu_{eff} \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right] + b_i \tag{2}$$

$$\frac{\partial(\rho T)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_j T)}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \frac{k_{eff}}{c_p} \frac{\partial T}{\partial x_j} \right) \tag{3}$$

Table 1 Properties used in present study

Material(m)	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$k_s$ W/m · K	$c_p$ J/kg · K
Steel Supports (1)	8055	15.1	480
Glass Panel (2)	2500	1.4	750
Ceramic Supports (3)	1920	0.72	835

$$\frac{\partial(\rho_s^m T_s^m)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \frac{k_s^m}{c_p^m} \frac{\partial T_s^m}{\partial x_j} \right) \quad (4)$$

식 (1)은 유체의 연속방정식, 식 (2)는 유체의 운동량방정식, 식 (3)은 유체의 에너지방정식, 그리고 식 (4)는 고체의 에너지(전도)방정식이다. 난류모델은 표준  $k-\epsilon$  모델을 사용하였다.

고체는 아래첨자  $s$ 로써 유체와 구별함과 동시에 위첨자  $m$ 으로 여러 가지 고체 재료들을 분리하였다. 각 재료의 물성을 Table 1에 정리하였다. 고체의 전도 및 유체와의 conjugate heat transfer는 각각의 에너지 방정식을 동시에 풀고 두 상(phase)의 경계면에서 에너지 플럭스가 연속이 되도록 하는 방법을 사용하였다.

### 2.2.2 격자계와 재료의 물성

본 연구에서는 7개의 패널로 구성된 cart에 대해서 계산을 수행하였다. 계산에 사용된 격자를 Fig. 2에 나타내었다. 그림의 좌측면에서 우측면으로 흐르는 유체 가운데에 위치한 고체 격자는 크게 3가지 재료로 이루어져 있다. 각 재료의 물성을 Table 1에 정리하였다. 고체 격자를 제외한 나머지 계산 영역은 유체 격자로 채워졌으며 공기의 물성을 갖는다.

출구는 개구율 0.196이 되도록 균일하게 원형의 구멍이 뚫린 형태로 수치해석에서는 porosity 0.196의 다공성매질로 근사하였다. 이때 유동방향에 대해 그 수직인 방향의 유동저항을 크게 하여 비등방성 permeability의 영향을 고려하였다.

한 cart내 7개의 패널 각각의 거동이 오차 범위 내에서 유사하다면 (이는 실제 공정에서의 요구 사항이기도 하다) 한 개의 패널만을 해석함이 보다 효율적일 것이다. 따라서 7개의 패널 전체[Fig. 2(a)]를 해석하는 것과는 별개로 패널 한 개[Fig.

2(b)]만을 해석하는 시도가 이루어졌다. 전체 격자수는 패널 1개에 대하여 주유동방향으로 45개, 높이방향으로 42개, 폭방향으로 12개 정도를 배치하여 약 23000개이고, 7개의 패널로 구성된 cart 전체의 경우는 약 180000개이다.

### 2.2.3 수치해석 방법

고체와 유체의 conjugate heat transfer와 다공성 물질내 유동·열전달등이 복합된 비정상 난류유동의 해석을 위하여 상용코드인 STAR-CD를 사용하였다. 공간에 대해서는 1차 정확도의 상류도식과 2차 정확도의 중앙차분도식을 각각 혹은 혼합도식으로 섞어서 사용하였으며, 시간적분에는 1차 정확도의 Implicit Euler 방법을 사용하였다. 비정상 상태의 해석을 위한 알고리즘은 PISO를 사용하였다. 실험과 비교하는 경우에 대략 1~5초의 시간간격으로 140분까지, 그리고 양산로에 대한 실제 공정에 적용할 때는 20초의 시간간격으로 420분까지 계산을 수행하였다. 시간간격을 1/2, 1/4로 하여 비교할 때 그 차이는 무시할 만하다.

### 2.2.4 경계조건

입구경계를 통하여 유입되는 유동의 체적유량은 350 m<sup>3</sup>/min으로서 입구속도 2.67 m/s에 해당한다. 입구높이를 기준으로 레이놀즈 수는 약  $1.2 \times 10^5$ 이며, 10%의 난류강도와 입구 높이의 0.1배 정도인 0.1 m의 길이척도를 가지는 것으로 가정하였다. 입구에서의 온도는 계획된 모델 배기공정에 맞추어 시간의 함수로 미리 결정되어 있다. 출구는 고체구조물들로부터 충분히 멀리 떨어져 있지 않아 출구로부터의 유입이 생길 수 있으므로 압력경계조건을 부여하였다. 이외 모든 경계는 단열 벽면으로 가정하였다. 또한 1개의 패널에 대한 계산에서는 패널 전후방향의 경계조건을 Cyclic 경계조건으로 처리하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 시험로에 대한 실험과 수치해석 비교

수치모델의 검증은 목적으로 우선 LG전자의 시험 배기로에서 42인치 패널에 대해 모델 배기 공정 실험을 수행하고 이를 수치해석 결과와 비교하였다. 패널의 온도는 입구로부터 들어오는

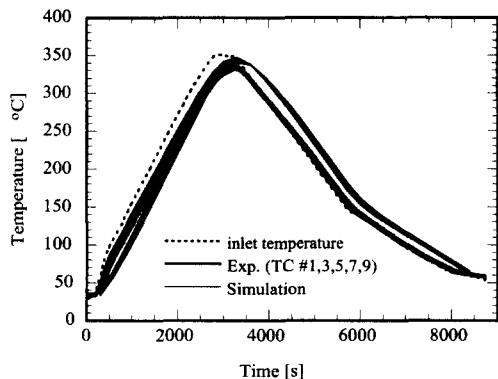


Fig. 3 The imposed temperature and the comparison of the measured and predicted temperatures at the 9 points on panel

열풍으로 제어하며 우선 30℃에서 시작하여 45분 동안 350℃까지 열풍의 온도를 높이는 승온구간, 이후 10분 동안 이 온도를 계속 유지하는 항온구간, 그리고 2단계의 강온구간으로 이루어진다. 전체 모델공정은 총 8100초의 시간이 소요된다.

수치해석은 1개의 패널에 대하여서 수행되었고 이에 대한 근거는 추후에 언급하기로 한다. Cart의 높이(1.35m)를 특성길이로 하고, 이 방향으로 최대 온도차를 50℃라 할 때(실험에서 패널의 최대 온도차가 ~25℃이므로 자연대류가 보다 강조된 경우를 고려), 혼합대류에서 부력이 지배하는 정도를 나타내는  $Gr/Re^2$ 는 0.42 정도이다. 따라서 부력에 의한 운동량이나 에너지의 전달은, 입구에서 출구로 흐르는 주유동(열풍)의 그것에 비하면, 그다지 중요하지 않은 것으로 판단되며 자연대류의 영향은 해석에서 제외하였다.<sup>(4)</sup>

패널 위 9점에 대한 온도측정 결과를 수치해석 결과와 비교하여 Fig. 3에 도시하였다. 편의상 9개의 측정점 중 열전대의 위치 1, 3, 5, 7, 9의 위치에서 비교 결과를 제시하였다. 굵은 점선은 시간에 따른 입구온도 변화이며 실선으로 표시한 수치해석 결과는 굵은 실선으로 표시한 실험결과와 잘 일치한다. 강온구간에서 수치해가 실험자료에 대해 나타내는 시간지연은, 수치해의 정확도와 적절한 난류모델의 선정, 그리고 실제 상황에 대한 모델링의 정확성에 기인한 것으로 생각되며, 이것은 앞으로의 연구에서 해결되어야 할 사항일 것이다.

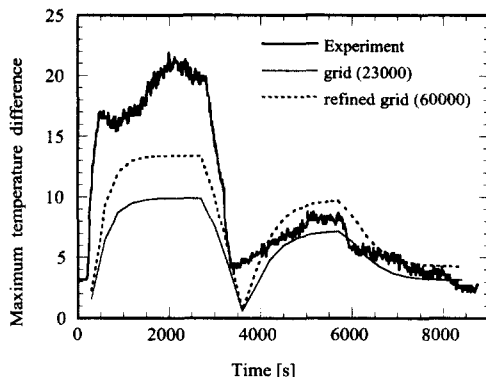


Fig. 4 The comparison of the measured and predicted maximum temperature differences between the 9 points on panel

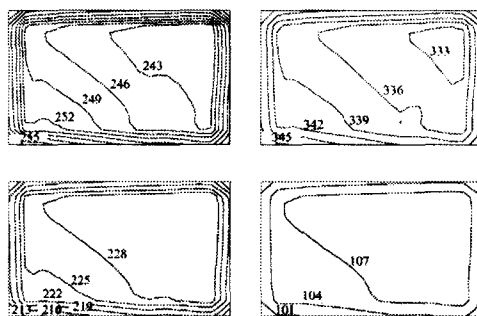


Fig. 5 Temperature pattern on the panel at (a)  $t=2100s$  (b)  $t=3000s$  (c)  $t=5100s$  and (d)  $t=7200s$

패널내 온도 균일도를 살펴보기 위해 각 시간에서의 9개의 측정점간의 최대 온도차를 살펴보았다(Fig. 4). 수치결과의 정성적인 거동은 실험과 잘 일치하나 정량적으로 패널내 온도 불균일도를 과소평가하고 있다. 보다 정교한 격자계(60000개 격자, 즉 주유동방향 61개, 높이방향 49개, 폭방향 21개)에서 수행된 결과는 조금 더 실험치에 근접하나 아직도 정량적으로 실험치에 이격된 결과를 보이고 있다. 따라서 패널내 온도균일도를 엄밀히 예측하기 위해서는 보다 정교한 격자계가 필요할 것으로 보인다. 하지만 제한된 컴퓨터 용량으로 추후의 계산에서 격자는 한 패널 당 23000, 즉 한 cart에서 180000개로 제한한다. 이 경우 시간에 따른 패널내 평균 온도에 대한 해석은 무리없으나 패널내 최대온도차에 관한 해석은

실제보다 과소평가되었음을 고려하여야 할 것이다.

패널내 최대온도차의 거동은 승온구간에서 가장 큰 온도차를 보이다가 항온구간에서 급격히 감소한다. 첫 번째 강온구간에서 다시 증가하다가 두 번째 강온구간에서 감소하는 경향을 보이는데, 공통적으로 각각의 단계에서 일정한 온도차에 이르는 경향을 관찰할 수 있다. 이 때, 각 단계마다 도달하려는 온도차는 승·강온율의 크기에 따라 결정되는 것으로 보이며, 그 정도가 클수록 패널면 위에 더 큰 온도차가 형성되는 것으로 이해할 수 있다.

각 단계에서 패널면상의 온도분포를 3°C 간격의 등온선으로 Fig. 5에 나타내었다. 여기서 유입되는 열풍의 방향은 왼쪽에서 오른쪽이다. 패널 전체의 온도 분포를 보면 9점간의 최대온도차를 측정/예측한 Fig. 4의 결과는 다소 과소평가되었는 것을 알 수 있다. 이는 패널 가장자리를 따라서 가장 큰 온도구배가 존재하기 때문이며 추후 온도 균일도를 언급하기 위해서는 열전대 위치를 패널 바깥으로 분포시킬 필요가 있을 것이다. 또한 승온(가열)과 강온(냉각) 모두의 경우에 대하여 패널의 왼쪽 아래면이 오른쪽 위면보다 더 빠른 열적 반응을 보이고 있음을 볼 수 있었다. 이것은 유입된 열풍이 노의 하단부에 설치된 ventilation head와 steel beam (Fig. 1(b) 참조)의 방해로 인해 패널 아래 왼쪽으로 집중되기 때문에 일어나는 현상으로 볼 수 있다(Fig. 6). 왜냐하면,

패널의 상부에서는 평판 위의 경계층성장으로 인한 열전달이 지배적인 데에 반해서, 패널 하부에서는 이곳에 집중된 난류유동에 의한 난류열유속의 영향을 강하게 받기 때문이다. 요컨대 패널면 위에서 온도 불균형은, 유입된 열풍으로부터 이면이 받는 열전달의 기작이 상·하면에 따라 다른 데에 기인한다.

Fig. 6에서 관찰한 바와 같이 패널면상의 온도차가 상·하면에 대해 상이한 유동 및 열전달에 기인한다면, 온도 불균일성을 줄이기 위하여 패

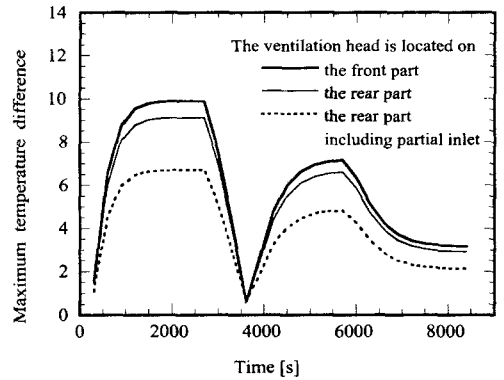


Fig. 7 The predicted maximum temperature difference of 9 points on panel; its behavior depending on flow structures

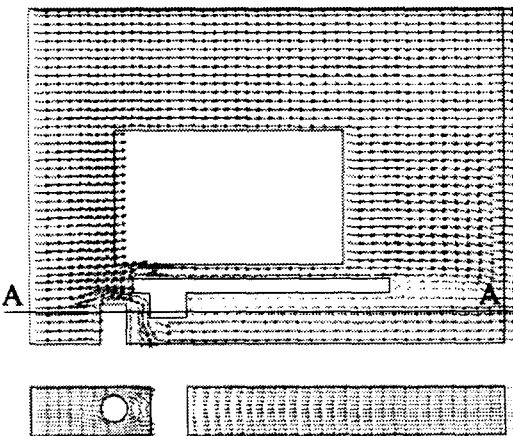


Fig. 6 Velocity vectors of sideview and top view cross section A-A

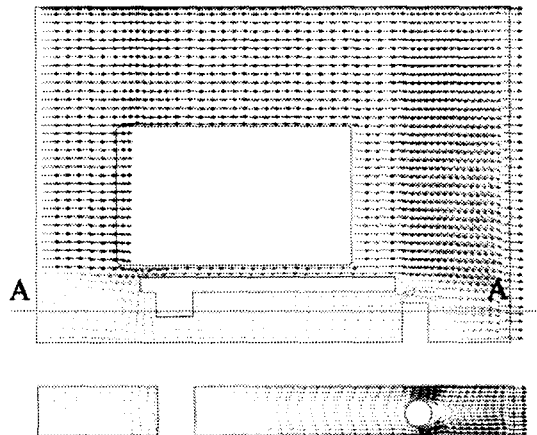
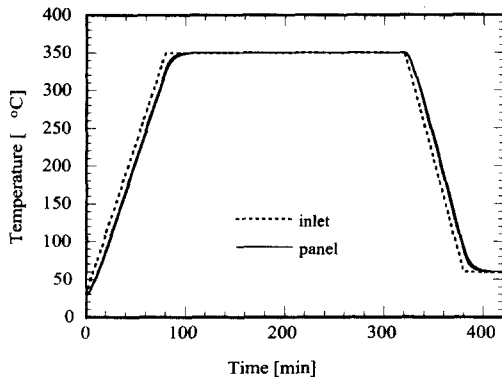
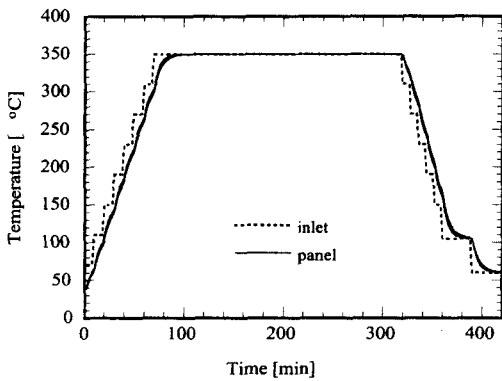


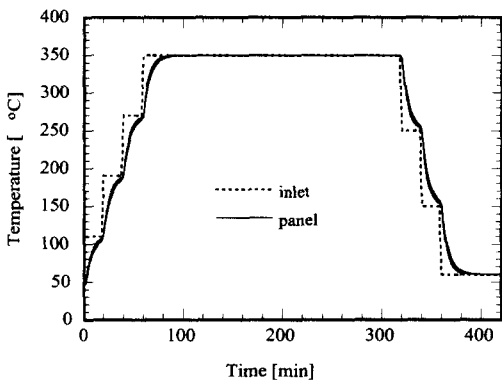
Fig. 8 Velocity vectors of sideview and top view cross section A-A in case of locating the ventilation head to rear part and including partial inlet



(a)



(b)



(c)

**Fig. 9** Temperature variation of a panel (42") for (a) linear inlet temperature, and two different tact-type ventilation processes (b) 40°C interval and (c) 80°C interval

널면 하부의 유동구조를 조정할 필요가 있다. 이를 위해 ventilation head의 위치를 패널 후방으로 이동시키는 방법과 함께 노(爐)내 하부구조로 유동이 유입되지 않도록 제어하는 방법이 고려되었다. Fig. 7에서 이들을 비교한 바에 따르면, ventilation head의 위치만을 패널 후방으로 이동시킨 경우 및 이와 동시에 입구로부터 노 하부로 유입되는 유동을 차단한 경우(입구 전체에서 유입되는 유량은 같음)에 각각 원래보다 92%와 67% 정도까지 패널면상의 온도차가 감소하는 것을 알 수 있었다. 이것은 앞에서 예상했던 것과 같이, 입구로부터 노내 하부구조로 유입되는 유동을 제거함으로써, 패널 아래쪽에 집중되었던 난류유동과 이로 인한 열전달을 상대적으로 약하게 만들었기 때문으로 보이며 그 유동특성은 Fig. 8과 같다.

### 3.2 양산로에 대한 수치해석

실제 공정은 단계별로 일정한 온도를 유지하는 노(chamber) 안에 cart가 들어가서 원하는 온도를 얻은 후 다음 노로 진행되는 tact-type과 연속적으로 cart가 진행하면서 열풍으로 승온(가열), 유지, 강온(냉각)하는 방식이 있다. 두 가지 방식 모두 장단점을 가지고 있으며 본 연구에서는 tact-type 배기공정에 대하여 수치해석을 수행하였다.

#### 3.2.1 택트 형식 배기공정의 검토

본 연구에서는 연속가열·냉각 방식으로 온도 이력곡선이 주어진 경우와 노와 노 사이의 온도차가 각각 40°C, 80°C인 두 가지의 tact-type 공정에 대한 해석을 수행하였다. 이 때, cart의 이동속도가 동일하다면, 경우 I(각 step 당  $\Delta T = 40^\circ\text{C}$ ) 이 경우 II( $\Delta T = 80^\circ\text{C}$ )에 비해 더 긴 공정라인을 필요로 한다는 것을 알 수 있다.

연속가열·냉각 방식과 경우 I와 경우 II의 단속적인 가열·냉각 방식에 대한 42인치 패널면 위 9점의 온도변화를 Fig. 9에 나타내었다. 비록 경우 I이 경우 II에 비하여 더 긴 라인을 필요로 하지만 결과로 얻어지는 온도변화는 훨씬 안정적인 임을 알 수 있다. 패널면의 최대 온도차가 승·강온율과 관련된다는 시험로에 관한 수치해석결과(Fig. 4)로부터 매 단계의 시작에서 급격한 온도 변화율을 보이는 경우 II가 경우 I에 비해 패널면의 균일한 온도차의 유지를 어렵게 할 것이

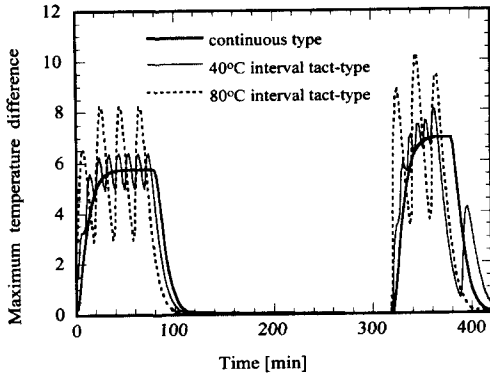


Fig. 10 Maximum temperature difference between 9 points on the panel (42") corresponding to the cases of Fig. 9

라는 예상을 할 수 있다.

이 예상을 확인하기 위하여 Fig. 10과 같이 패널 면상의 9점에 대한 최대온도차를 시간에 따라 나타내었다. 실제로 40°C 간격의 tact-type 공정이 80°C 간격의 공정보다 작은 최대온도차를 보이며, 예상된 바와 같이 경우 I가 경우 II보다 상대적으로 더 균일한 온도차를 보이는 것을 확인할 수 있었다. 다만 전술한 바와 같이 격자수에 대한 제한 때문에 패널 내 최대온도차에 관한 해석은 실제로 다 과소평가 되었음을 고려하여야 할 것이다.

### 3.2.2 단순화된 모델(1 패널)에 대한 검토

지금까지의 논의는 모두 패널 하나에 대한 해석 결과이다. 하지만 격벽의 영향 등에 의한 cart내 공간적인 불일치를 생각하면 한 개의 패널로 cart 전체를 대표할 수 있을 지는 의문이다. 따라서 7개의 패널로 구성된 cart 전체(Fig. 2a)를 해석하여 패널 한 개(Fig. 2b)만을 해석한 결과와 비교하였다. Fig. 11은 양 격벽 바로 옆에 있는 첫 번째와 7번째 그리고 가운데에 있는 4번째 패널의 평균 온도와 패널면 전체에 대한 최대온도차를 cyclic 경계조건에 의한 패널 한 개만을 해석한 경우와 비교한 결과이다. 각 경우에 대해 그 차이는 무시할 만 하다. 하지만 실제 공정에서는 cart의 이송을 위하여 격벽 주변이 충분히 밀폐되지 않은 상태이며, 이 틈 사이로 유동이 빠져나가거나 반대로 노내 고속유동으로 인한 압력강하 때문에 외기로부터 유동이 스며드는 가능성을 생각할 수 있다. 이러한 가능성을 고려하여 LG전자의 시험로에서와 동일하게 격

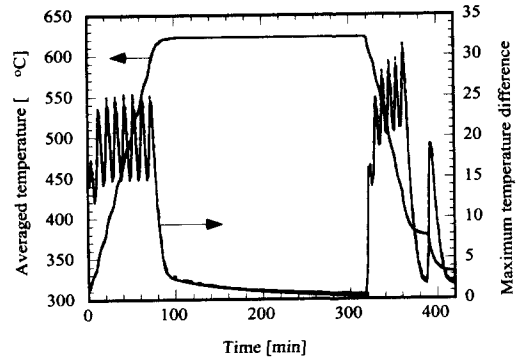


Fig. 11 Comparison of full simulation of a cart and simplified simulation of one panel by the averaged temperature and maximum temperature difference of 1st, 4th and 7th panels in a cart

벽 상하면에 20mm의 틈새를 주어 cart 전체를 해석하였다. 이 경우에도 격벽 틈새로의 압력강하로 인한 영향은 패널의 온도 불균일도를 증가시키나 그 정도는 그다지 크지 않음을 알 수 있었다. 이상의 논의로부터, 현재 주어진 배기로 구조에서는 패널 하나만을 해석함으로써 cart 내 모든 패널을 대표하여 해석할 수 있을 것이다. 이는 cart 내 패널 간의 피치를 줄일 수 있음을 의미하기도 한다. 따라서 추후 양산로 설계시 패널 피치는 보다 최적화할 필요가 제기되며 그에 따른 생산성 향상이 기대된다.

## 4. 결론

본 연구는 PDP 배기로의 설계와 개선을 위해 필수적으로 수행되어야 할 배기로내 열전달 특성을 해석하였다. 우선 LG전자의 시험배기로에서 42인치 패널에 대해 모델 배기공정 실험을 수행하고 이를 수치해석해와 비교하였다. 정성적으로 잘 일치하는 결과를 얻었다. 또한 실험과의 비교를 통하여 얻어진 수치해석 모델을 양산로에 적용하기 위해  $\Delta T = 40^\circ\text{C}$ ,  $80^\circ\text{C}$ 인 두 가지 경우의 tact-type에 대하여 해석을 수행하였다. 전자의 경우가 보다 균일한 패널 내 온도분포를 보였다.

패널 내 불균일한 온도분포는 열풍이 노의 하부에 위치한 구조물들의 방해로 인해 패널면 아래쪽으로 집중됨으로써 패널의 아래면이 위면보다 더 빠른 열적 반응을 보이기 때문이다. 따라



서 ventilation head의 위치를 패널의 후방으로 이동시키거나 노내 하부구조로 유동이 유입되지 않도록 제어하는 방법에 의해 기준 설계 조건에서의 패널면 최대 온도차  $\sim 10^{\circ}\text{C}$ 를 각각  $\sim 9^{\circ}\text{C}$ 와  $\sim 6.5^{\circ}\text{C}$ 로 감소시켰다. 주어진 조건하에서 cart내 모든 패널은 동일한 온도를 경험함을 알 수 있고, 따라서 추후 양산로 설계시 패널 피치는 보다 최적화할 필요가 제기되며 그에 따른 생산성 향상이 기대된다.

### 후 기

본 연구는 LG전자, 삼성 SDI의 PDP사업부와

2000년도 두뇌한국21사업 지원 하에 이루어졌으며 이에 감사 드립니다.

### 참고문헌

- (1) 김찬중, 1998, 길잡이 전산유체역학, 문운당.
- (2) Ferziger, J. H. and Perić, M., 1996, Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer.
- (3) STAR-CD version 3.10, 1999
- (4) Bejan, A., 1994, *Convection Heat Transfer*, 2nd Eds., John Wiley & Sons.