

적외선 리플로 솔더링시 전자부품의 열적반응 민감도 분석

손 영 석[†], 신 지 영

동의대학교 기계·산업시스템공학부 기계공학전공

Sensitivity Analysis on the Thermal Response of Electronic Components during Infrared Reflow Soldering

Young-Seok Son[†], Jee-Young Shin

Division of Mechanical & Industrial System Engineering, Dong-Eui University, Busan 614-714, Korea

(Received September 3, 2001; revision received November 15, 2001)

ABSTRACT: The thermal response of electronic components during infrared reflow soldering is studied by a two-dimensional numerical model. The convective, radiative and conduction heat transfer within the reflow oven as well as within the card assembly are simulated. Parametric study is also performed to determine the thermal response of electronic components to various conditions such as conveyor velocities, exhaust velocities and emissivities. The results of this study can be used in selecting the oven operating conditions to ensure proper solder melting and minimization of thermally induced card assembly stresses.

Key words: Thermal response of electronic components(전자부품의 열적반응), Infrared reflow soldering(적외선 리플로 솔더링), 2-D numerical model(2차원 수치모델), Multi-mode heat transfer(다중모드 열전달)

기 호 설 명

c_p : 정압비열 [J/kg · K]
 k : 열전도율 [W/m · K]
 q : 열전달률 [W]
 T : 온도 [K]
 V : 속도 [m/sec]
 x : 수평좌표
 y : 수직좌표

ρ : 밀도 [kg/m³]

하첨자

c : 카드
 e : 출구
 $conv$: 대류
 rad : 복사
 ∞ : 주위

그리스 문자

ϵ : 방사율

1. 서 론

최근 컴퓨터 및 정보통신기기 등 전자기기의 발전이 급속하게 진행되고 있으며, 이러한 전자기기는 소형경량화, 고기능화, 고속화가 계속 추진될 것으로 예상된다. 따라서, 인쇄회로기판(printed circuit board, PCB) 설계기술의 발전과

[†] Corresponding author

Tel.: +82-51-890-1648; fax: +82-51-890-2232

E-mail address: ysson@dongeui.ac.kr

전자부품의 소형화 및 고집적화 기술, 그리고 신외성 있는 고밀도 실장기술 등이 요구된다.

전자부품을 인쇄회로기판에 부착하는 방법으로는 크게 삽입실장기법(insert mount technology)과 표면실장기법(surface mount technology)이 있다.^(1,2) 종래에는 인쇄회로기판에 구멍을 뚫고 여기에 장착하고자 하는 각 전자부품의 리드(lead)를 삽입하여 기판의 아래쪽에서 솔더링(soldering)하는 삽입실장기법이 주로 사용되어 왔으나, 근래에는 전자부품의 크기가 점점 작아지고 또한 완성품도 소형화됨에 따라 한정된 인쇄회로기판 표면에 많은 부품을 장착할 수 있도록 표면 위쪽에서 솔더링하는 표면실장기법이 널리 사용되고 있다.

적외선 리플로(reflow) 솔더링은 표면실장기법에서 가장 널리 사용되는 일반적인 솔더링 방법이며, Fig. 1은 이 기법에 사용되는 전형적인 적외선 오븐(oven)을 보여준다. 전자부품들이 솔더(solder)가 도포되어 있는 인쇄회로기판 위의 정해진 위치에 놓여진다. 조립대상 카드가 양쪽 끝단에서 컨베이어(conveyor)에 의해 지지되며 상하부에 복사가열판이 장착된 적외선 오븐을 통과하는 동안 복사가열판으로부터 공급된 열에너지는 솔더를 녹인다. 적외선 오븐 출구 근처의 냉각영역에서는 솔더를 다시 응고시켜 전자부품을 인쇄회로기판에 영구 부착시킨 다음, 오븐을 나와 계속되는 청소 및 시험공정으로 옮겨진다.

적외선 리플로 솔더링 과정 동안 오븐 작동조건과 열전달 조건에 따른 전자부품의 열적반응을 실험적, 수치적으로 연구한 결과들이 있으나 열적거동에 관련된 열전달 기구에 대한 규명이 거의 없거나, 실험과 해석결과를 잘 일치시키기 위해 대류 열전달계수를 조절하였다는 단점이 있다.⁽³⁻⁷⁾ 이에 따라, 균일 온도의 단일 가열판이 있는 단순한 형상의 적외선 오븐에서 솔더 용융까

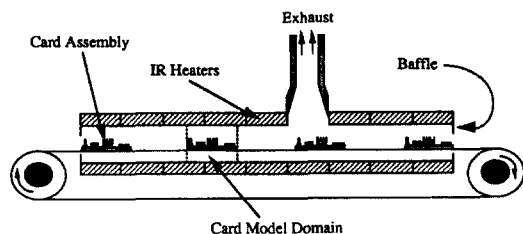


Fig. 1 Schematic of a typical infrared reflow oven.

지만 해석할 수 있는 적외선 리플로 솔더링에 관한 상세 열전달 모델이 개발되었으며,⁽⁸⁾ 최근에는 실제 산업체에서 사용되고 있는 상업용 적외선 리플로 오븐에서 솔더의 용융 및 응고를 포함한 전 과정을 예측하는 수치해석모델이 개발되었다.⁽⁹⁾

리플로 솔더링 과정 동안 복사가열판의 온도가 너무 낮으면 솔더링이 일어나지 않는 부품이 생기고, 반대로 온도가 너무 높으면 부품 중 열에 약한 부위가 손상될 수 있다. 또한, 적외선 오븐 내부의 온도분포를 잘 조절하지 못하여 카드조립품의 온도분포가 불균일하게 되면, 열응력이 발생하여 인쇄회로기판이 휘게 되어 전자부품의 리드와 솔더의 불량 정렬 또는 부품 미부착 등 카드조립품의 손상을 초래한다. 그러므로, 새로운 카드조립품 설계 때마다 불량률을 최소화하기 위해서는 적절한 적외선 오븐의 작동조건이 명시되어야 한다. 이를 위해서는 적외선 오븐 내부에서의 복합된 열전달을 상세히 해석하고 전자부품의 열적반응을 예측하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 2차원 수치모델을 이용하여 전자부품이 적외선 리플로 솔더링 되는 과정의 열적반응을 수치해석하고, 컨베이어 속도, 오븐 배출구 속도, 그리고 카드조립품의 방사율 변화에 따른 열적반응의 민감도를 분석하고자 한다.

2. 이론해석

2.1 해석모델

본 연구에서는 적외선 오븐 내 유동을 단순한 형상 및 일렬로 배치된 부품만을 고려하여 2차원 모델로 가정하였다. 2차원 수치해석 모델 및 수치해석 방법을 검증하기 위해, Fig. 1과 같은 오븐 형상에서 불연속적인 재료가 있을 때 재료의 열반응을 측정하는 실험을 수행하여 실험결과와 계산결과를 비교하였다. 온도경계조건 및 공기속도를 변화시켜 가며 실험을 수행하여 국소공기온도 및 카드조립품의 온도를 측정하였다. 실험을 통하여 측정된 평면카드의 온도와 본 연구의 수치모델이 예측한 평면카드의 온도를 비교한 결과, 측정된 평면카드의 온도로 정규화(normalize)된 측정 온도와 계산된 평면카드 온도의 절대차이는 최대오차 7% 이내로 잘 일치하였다.⁽¹⁰⁾

전형적인 적외선 오븐의 길이는 수 m에 달하나 카드조립품에 있는 솔더의 길이는 수 mm에

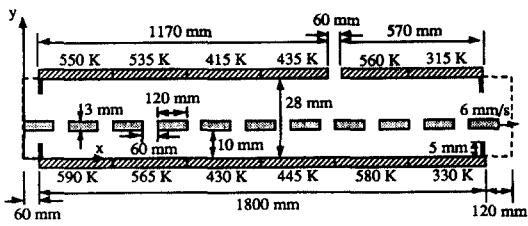


Fig. 2 Coordinate system and geometry used in the oven model.

불과하다. 즉 한 기하학적 모델 내에 10의 3승 내지 4승 정도의 길이 차이가 나므로 한 개의 모델로 전 과정을 모델링하면 솔더와 같은 미세한 부분의 상세 열전달을 정확히 해석할 수 없거나 이를 정확히 예측하기 위한 엄청난 수의 수치해석 격자로 인해 방대한 계산시간이 소요될 것이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 큰 길이 스케일에 적용될 오븐모델과 작은 길이 스케일에 적용될 카드모델이라는 두 모델을 도입하였다.⁽⁹⁾

Fig. 2 및 Fig. 3은 각각 오븐모델 및 카드모델을 보여준다. 오븐모델에서는 카드조립품의 상세한 기하학적 형상을 고려하지 않고 카드조립품을 실제 카드조립품과 동등한 치수와 물성치를 갖는 평면카드로 가정한다. 이와 같이 일관된 방법으로 유효 물성치를 정의함으로써 일관된 오븐모델과 카드모델의 계산결과를 얻을 수 있다. 인쇄회로기판 위에 3개의 모듈이 있다고 가정된 카드모델은 실제 카드조립품의 형상을 고려하며, 오븐모델에서 제공하는 경계조건을 이용하여 솔더의

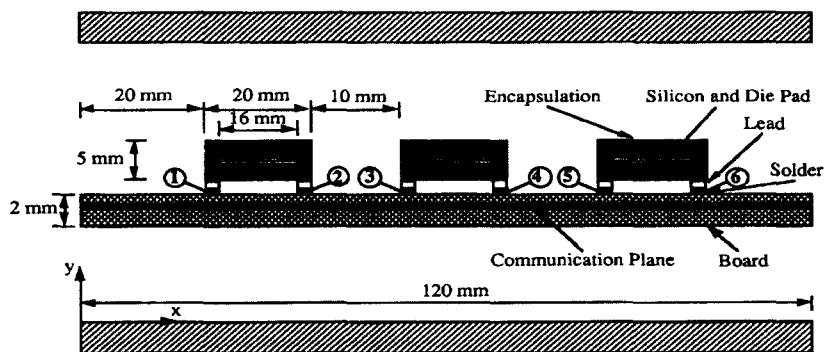
응용 및 응고를 포함한 카드조립품 내의 온도분포를 구한다.

2.2 지배방정식 및 경계조건

적외선 리플로 솔더링시 전자부품이 적외선 오븐을 통과하는 동안 카드조립품의 열적반응은 전도, 대류, 복사 3가지의 복합된 열전달 방식에 의해 지배된다. 적외선 오븐 내 공기의 속도 및 온도분포, 그리고 평면카드의 열적반응을 구하기 위하여, 일반적인 2차원, 과도상태, 압축성, 가변물성치의 Navier-Stokes 방정식과 에너지방정식, 2차원 과도 열전도방정식,⁽¹¹⁾ 그리고 2차원 확산회(diffuse gray) 복사열전달방정식⁽¹²⁾을 Fig. 2에 보여진 오븐영역에 적용한다.

오븐모델에 대한 경계조건으로는 먼저 오븐영역의 좌우 입구에서는 $T_{\infty}(300\text{ K})$ 의 공기가 배기구로 나가는 유량과 균형을 이루는 유량의 평균속도로 유입된다고 하였다. 온도 300 K의 카드조립품은 6 mm/s의 속도로 오븐영역으로 들어오며 오븐 상하부 복사가열판의 온도분포는 Fig. 2에 주어져 있다. 오븐 상부에 있는 배기구에서는 포물선 속도분포 및 $\partial T/\partial y=0$ 을 경계조건으로 주었으며 모든 고체 표면에서의 속도는 점착 조건을 주었다.

오븐모델에서는 적외선 오븐 내에서의 속도 및 온도분포, 카드조립품에 전달되는 대류 및 복사 열전달량, 카드조립품의 오븐 내에서 평균온도이력을 계산한다. 또한 Fig. 1에서 수직 점선으로



Note : Height - Solder 0.35 mm
Lead 0.65 mm
Silicon and Die Pad 0.5 mm
Communication Plane 0.3 mm

Fig. 3 Coordinate system and geometry used in the card model.

보여진 것처럼 평면카드의 선단 및 후단 수직면에서의 속도 및 온도분포를 계산하여 카드모델에 대한 경계조건을 생성한다.

오븐모델에서와 마찬가지로 카드모델도 질량, 운동량, 그리고 에너지보존법칙을 적용하며 지배방정식은 오븐모델의 지배방정식과 동일하다. 솔더 접합부의 용융 및 응고는 솔더가 상변화하는 동안 완전히 용융 혹은 응고되도록 솔더에 충분한 에너지가 공급 혹은 방출될 때까지 솔더가 용해온도로 유지되도록 하였다. 카드모델에서는 카드조립품의 온도분포, 각 부품의 오븐 내에서의 온도이력, 그리고 각 부품의 리드와 인쇄회로기판을 연결하는 솔더의 오븐 내에서의 위치에 따른 온도이력을 계산한다.

2.3 수치해석방법

오븐모델 및 카드모델에 적용되는 지배방정식 중 Navier-Stokes 방정식과 에너지방정식은 유한체적법⁽¹³⁾을 이용하여 수치적으로 그 해를 구한다. 연속방정식은 SIMPLEC 알고리즘⁽¹⁴⁾에 따라 압력 및 압력수정방정식을 생성하는데 사용된다. 차분방정식은 TDMA 알고리즘과 함께 ADI 방법을 사용하여 해를 구한다. 복사열전달방정식은 각 표면을 Navier-Stokes 방정식과 에너지방정식의 차분화에 사용된 격자와 동일한 격자의 작은 요소로 나누어 적용하고 그로부터 생성되는 연립방정식을 SOR(successive over-relaxation) 기법을 이용하여 수치해석한다.⁽¹²⁾

계산은 민감도 해석결과⁽⁹⁾를 고려하여 시간증분 0.05초와 오븐모델의 경우 $528 \times 56(x \times y)$, 카드모델의 경우 120×33 의 격자로 수행되었다. x 방향으로는 균일한 격자가 사용되었고 y 방향으로는 고체 표면 근처에서 격자크기가 작아지는 매끄럽게 변하는 격자를 사용하였다.⁽¹⁵⁾ 수렴조건으로는 압력 및 압력수정방정식에 10^{-6} 을 사용하였다. 계산은 Pentium III PC에서 수행되었으며, 오븐모델의 경우 약 20시간, 카드모델의 경우 약 3시간의 CPU 시간이 소요되었다.

3. 결과 및 고찰

임의의 기준 작동조건(base case)에 대한 오븐의 형상 및 치수, 카드조립품의 이동속도, 상하부

Table 1 Thermal properties of plane card and solder

Item	Plane card	Solder
ρ (kg/m ³)	3700	7300
c_p (J/kg · K)	634	114
k (W/m · K)	$k_x=38.2, k_y=0.29$	25
ϵ	0.9	0.82
Melting temp. (K)	-	453
Latent heat (kJ/kg)	-	31.4

복사가열판 온도분포 등을 Fig. 2에 나타내었다. 복사가열판의 방사율은 0.95, 배기구에서의 평균 속도는 200 mm/s이다. 길이 120 mm의 카드가 300 K의 온도에서 6 mm/s의 속도로 오븐으로 들어오며, 오븐 내부에는 항상 10개의 카드가 있다. 평면카드의 치수와 물성치는 실제 카드조립품과 동등하게 하였다. 즉, 평면카드의 질량, 열질량, 면적 평균 방사율, 방향 열전도율을 실제 FR4 카드조립품과 같게 하였다. 평면카드와 솔더의 유효 물성치는 Table 1에 나타내었다.⁽⁶⁾ 3개의 전자부품(모듈)으로 이루어진 카드조립품의 형상 및 치수가 Fig. 3에 나타나 있다.

전자부품이 적외선 리플로 솔더링되는 과정 동안 먼저 기준 작동조건에 대한 열적반응을 해석하였고, 오븐 및 카드조립품의 조건변화에 대한 열적반응의 민감도를 분석하기 위해, 컨베이어 속도, 오븐 배출구 속도, 그리고 카드조립품의 방사율을 변화시켜서 해석을 수행하였다.

3.1 Base case 결과

오븐을 통과하는 각각의 카드들이 준정상상태에 도달하기 위해서 적어도 15개의 카드가 초기에 낮은 온도에 있는 오븐을 통과하여야 함을 계산으로 확인하였다. 따라서 카드모델 계산에 사용되는 경계조건은 15번째 카드의 선단 및 후단 수직면에서의 속도 및 온도분포를 이용하였다.

Fig. 4는 base case의 경우 오븐모델로부터 계산된 오븐 내 온도분포를 15초 간격으로 30초 동안 보여주는데 이 시간은 카드가 6 mm/s의 속도로 1개의 카드와 카드 사이의 간격 길이의 합인 180 mm를 이동하는 시간이다. 그림에서 구별을 명확하게 하기 위해 수직방향의 오븐 높이를 10배 확대하였다. 5번째 벽면까지는 벽면으로부터

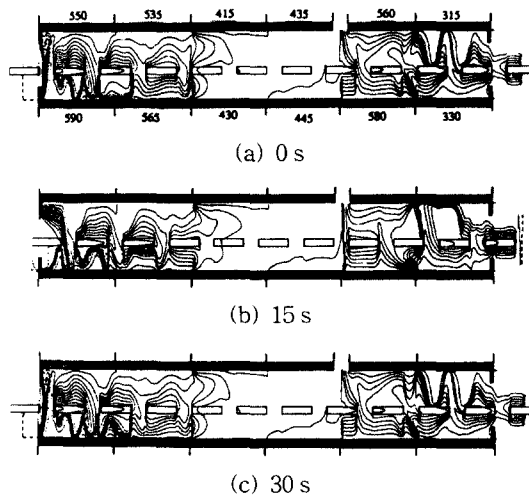


Fig. 4 Predictions of the oven model showing the temperature distributions within the reflow oven at relative times of (a) 0, (b) 15, and (c) 30 s. 16 equally-spaced isotherms spanning 300 to 590 K are shown.

카드로 열이 전달되므로, 벽면 쪽이 고온의 등온선이고 중심의 카드 쪽이 저온의 등온선이며, 6번째 벽면에서는 카드가 벽면으로 열을 빼앗기므로 반대이다. 상대시간 30초에서의 계산된 온도 분포는 0초에서의 분포와 거의 동일한 주기적인 분포를 보인다. 오븐 입구에서는 상대적으로 찬 공기가 유입되며 오븐 하부의 복사열판에서 가열되어 수직방향으로 부력을 야기시키므로 오븐 하부 벽면으로부터 따뜻한 공기의 꾸러미가 상승한다.

오븐 출구에서는 오븐으로 유입되는 공기가 오븐을 통과하여 나가는 상대적으로 따뜻한 카드에 의해 예열된다. 이렇게 예열된 공기는 상대적으로 낮은 온도(315 K)로 유지되고 있는 오븐 상부 벽면에서 냉각되므로 상부 벽면으로부터 찬 공기의 꾸러미가 하강한다. 전체적인 온도분포는 오븐의 입구 및 출구 근처에서 온도변화가 심하고 배기구 근처에서는 거의 균일하게 된다.

카드모델로부터 계산된 속도 및 온도분포가 Fig. 5에 나타나 있다. 그림은 스케일대로 그려졌으며, Fig. 5의 (a)와 (b)에서는 카드가 상하 벽면보다 상대적으로 낮은 온도에 있으며, (c)에서는 상대적으로 높은 온도에 있다. 각각의 시간에서

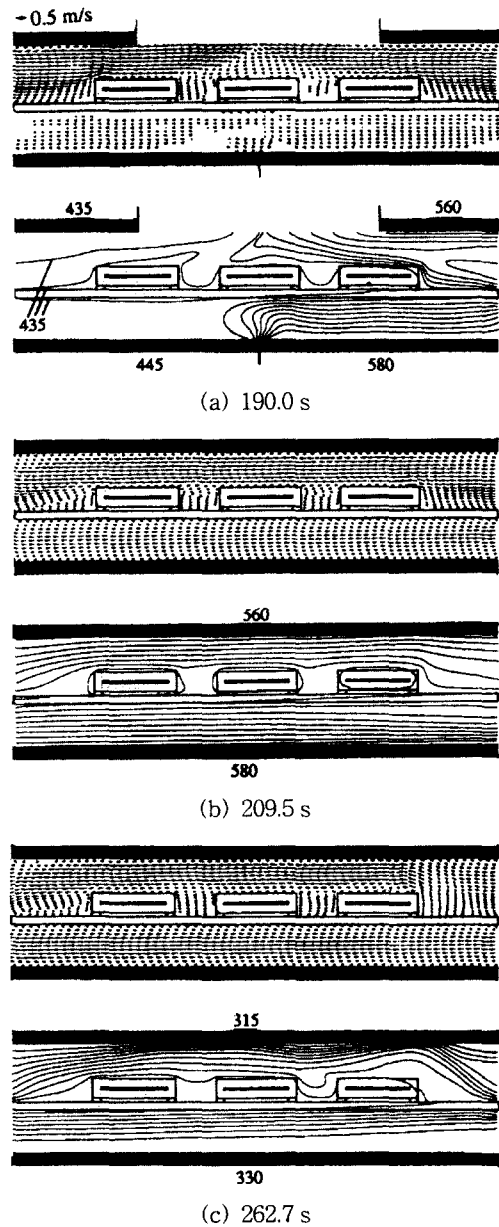


Fig. 5 Predictions of the card model showing the velocity and temperature distributions about one card assembly at times of (a) 190.0 s, (b) 209.5 s, and (c) 262.7 s. 10 equally-spaced isotherms are shown at 15 degree increments.

카드의 오븐 내 위치는 (a)는 카드 중심이 배기구 중심선 바로 아래에 있을 때(190.0초), (b)는

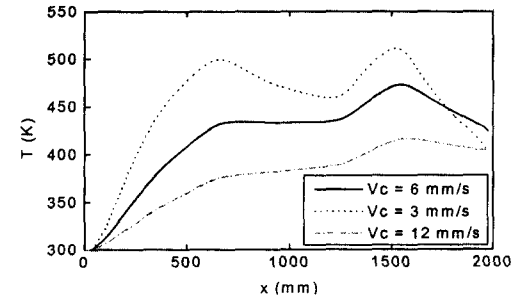
첫번째 솔더접합부가 용융을 완료했을 때(209.5초), 그리고 (c)는 첫번째 솔더접합부가 용고를 완료했을 때(262.7초)의 시간을 각각 나타낸다. 카드모델의 속도 및 온도분포는 오븐모델의 결과와 유사하지만 모듈 높이에 의한 장애 때문에 카드조립품 상부의 속도는 평면카드로 가정한 오븐모델의 결과보다 더 크게 나타난다. 또한 모듈 사이의 약한 재순환 유동을 확인할 수 있다. 190초일 때(Fig. 5(a)) 카드 하부의 속도 및 모듈 사이의 재순환 유동은 아주 약하나, 209.5초일 때(Fig. 5(b)) 모듈 사이의 재순환 유동이 나타나며 카드 상하부의 온도는 균일하게 분포된다. 262.7초일 때(Fig. 5(c)) 오븐의 우측 출구 쪽에서 오븐으로 유입되는 저온의 공기는 고온의 카드와 접촉하여 팽창함을 알 수 있다.

3.2 민감도 분석결과

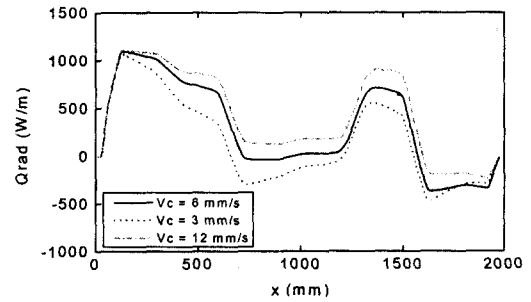
전자부품이 적외선 리플로 솔더링되는 과정 동안 오븐 작동조건 및 카드조립품의 방사를 변화에 대한 열적반응의 민감도를 분석하기 위해 컨베이어 속도, 오븐 배출구 속도, 그리고 카드조립품의 방사율을 변화시켜서 해석을 수행하였다.

먼저 컨베이어 속도변화에 대한 카드조립품의 가열 및 냉각 특성 민감도 분석결과를 Fig. 6에 나타내었다. Base case의 컨베이어 속도는 6 mm/s이고 민감도 분석을 위해 속도를 3 mm/s 및 12 mm/s로 변화시켰다. 그림은 카드조립품이 오븐 내부를 이동하는 동안 체적평균 카드온도와 카드로 전달된 복사 및 대류 열전달률을 보여주며, 그림에서 x 는 카드 중심의 오븐 내에서의 위치를 나타낸다.

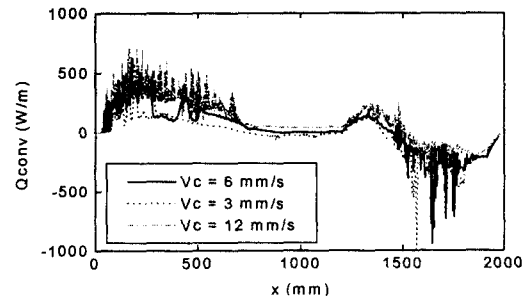
적외선 오븐을 통과하는 카드조립품의 온도변화는 컨베이어 속도를 변화시키더라도 base case와 비슷한 경향으로 가열 및 냉각된다. 그러나, 컨베이어 속도가 6 mm/s인 경우(base case)에는 리플로 영역인 5번째 가열판을 통과할 때 온도가 솔더의 용융온도인 453 K에 도달하여 솔더를 용융시키지만, 컨베이어 속도가 12 mm/s로 너무 빠른 경우에는 카드조립품으로 열이 전달되는 시간이 부족하여 솔더의 용융온도에 도달하지 못하여 리플로 솔더링이 일어나지 않는다. 또한 컨베이어 속도가 3 mm/s로 너무 느린 경우에는 카드조립품으로 너무 많은 열이 전달되어 예열 영역인



(a)



(b)



(c)

Fig. 6 Sensitivity of (a) the average card temperature, (b) radiative heat transfer rates, and (c) convective heat transfer rates to variations in conveyor velocity.

2번째 가열판에서 이미 솔더의 용융온도에 도달하여 계속 솔더가 용융상태를 유지하므로 불량 솔더링이 발생할 수 있으며 카드조립품의 온도가 불균일하게 되어 열용력으로 인한 불량정렬을 초래할 수 있다. 따라서, 오븐작동조건 설정시 컨베이어 속도는 신뢰성 있는 적외선 리플로 솔더링을 좌우하는 아주 중요한 요소임을 알 수 있으며 카드조립품에 맞는 적당한 속도를 잘 선택하여야

한다. 카드조립품의 열적반응은 복사에 의해 지배되며, 카드조립품으로 전달되는 복사 및 대류 열전달률은 컨베이어 속도가 증가할수록 증가함을 알 수 있다.

오븐 입구에서 상대적으로 찬 공기가 유입되면 고온의 복사가 열판에 의하여 가열되어 높은 주파수의 변동을 초래하는 부력을 야기하며, 이는 오븐 내부로 전파되어 간다. 이러한 오븐 내 공기 유동장의 급격한 변동은 특히 오븐 입구 및 출구

근처에서 카드로의 대류 열전달률의 급격한 변화를 가져온다. 즉, 복합대류의 효과가 오븐의 입구 및 출구 근처에서 현저하게 나타나, 부력에 의한 온도장의 변동으로 인해 대류 열전달률도 변동하고 있음을 알 수 있다.

Fig. 7은 오븐 배출구 속도변화에 대한 카드조립품의 열적특성을 보여준다. Base case의 오븐 배출구 속도는 200 mm/s이고 민감도 분석을 위해 속도를 100 mm/s 및 400 mm/s로 변화시켰다.

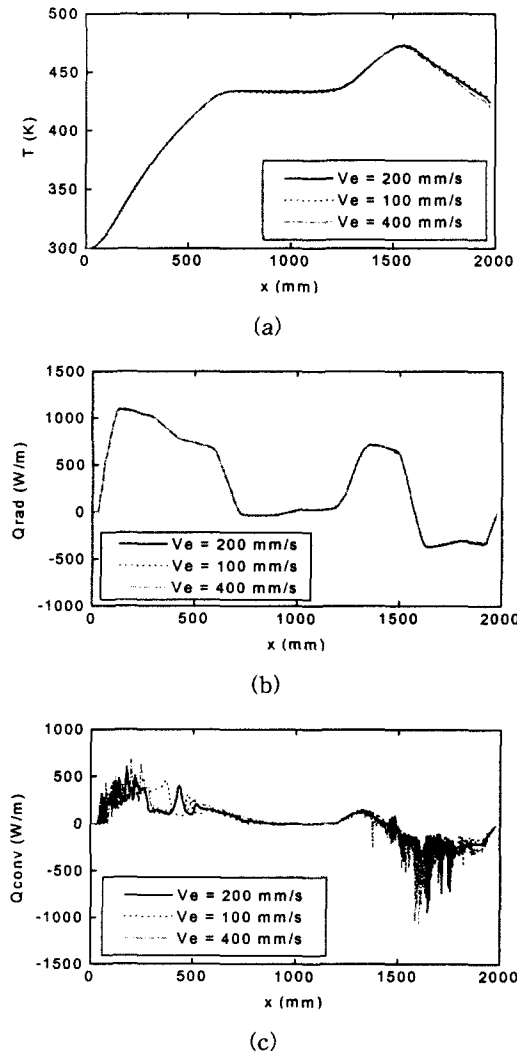


Fig. 7 Sensitivity of (a) the average card temperature, (b) radiative heat transfer rates, and (c) convective heat transfer rates to variations in oven exhaust velocity.

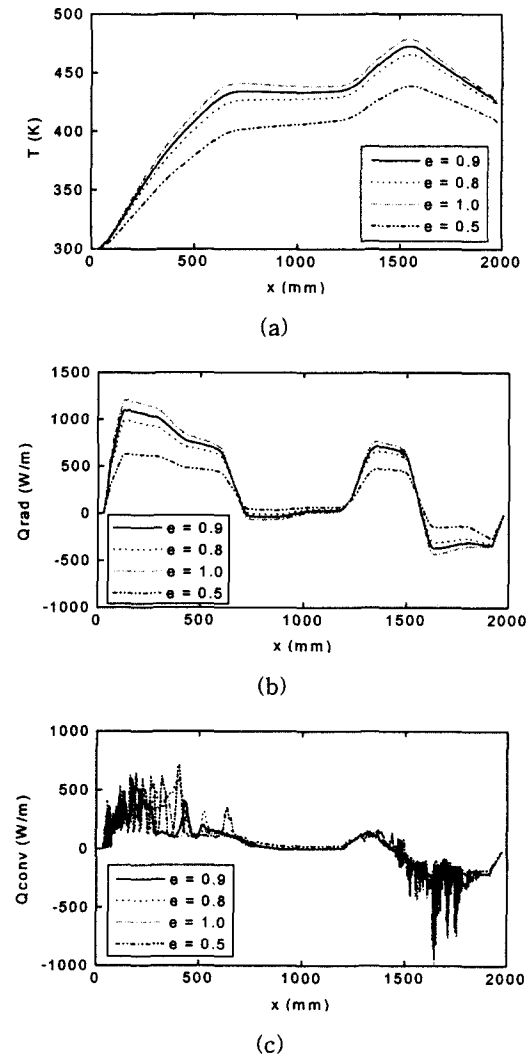


Fig. 8 Sensitivity of (a) the average card temperature, (b) radiative heat transfer rates, and (c) convective heat transfer rates to variations in card assembly emissivity.

그림에서 보듯이 적외선 오븐을 통과하는 카드조립품의 열적반응은 오븐 배출구 속도변화에는 거의 영향을 받지 않는다. 오븐 배출구 속도변화는 오븐 양단에서 오븐으로 유입되는 공기의 속도변화를 초래하므로 오븐 입출구에서의 대류 열전달량만 약간 변화시킬 수 있다.

카드조립품의 방사율 변화에 대한 카드조립품의 열적특성 민감도 분석결과는 Fig. 8에 나타내었다. Base case의 카드조립품의 방사율은 0.9이고 민감도 분석을 위해 방사율을 0.8, 1.0, 그리고 0.5로 변화시켰다. 카드조립품이 적외선 오븐을 통과하면서 온도가 변화하는 경향은 방사율을 변화시키더라도 비슷하게 나타나나, 방사율이 증가할수록 카드조립품으로 전달되는 복사 열전달량이 증가하여 온도가 높아짐을 알 수 있다. 본 연구에서 고려한 오븐의 작동조건에서는 방사율이 0.8 이상에서는 리플로 솔더링이 일어나지만, 방사율이 0.5로 낮은 경우에는 카드조립품으로 전달되는 복사 열전달량이 작아서 솔더의 온도가 용융온도인 453 K에 도달하지 못하여 리플로 솔더링이 일어나지 못한다. 그러므로 솔더링하고자 하는 카드조립품의 방사율에 맞춰서 오븐작동조건을 잘 설정하여야 신뢰성 있는 적외선 리플로 솔더링이 일어남을 알 수 있다. 카드조립품의 방사율이 변하면 카드조립품으로 전달되는 대류 열전달률은 별로 변하지 않으나, 복사 열전달률은 방사율이 증가할수록 증가함을 알 수 있다.

4. 결 론

전자부품을 인쇄회로기판에 부착하기 위한 적외선 리플로 솔더링 과정 동안 적외선 오븐 내부에서의 복합된 열전달을 해석하였다. 2차원 수치 모델을 이용하여 컨베이어 속도 및 오븐 배출구 속도와 같은 오븐 작동조건, 그리고 카드조립품의 방사율 변화에 따른 카드조립품의 열적반응의 민감도를 분석하였다.

컨베이어 속도는 오븐 작동조건 설정시 신뢰성 있는 적외선 리플로 솔더링을 좌우하는 중요한 요소임을 알 수 있었다. 적외선 오븐을 통과하며 카드조립품의 열적반응은 오븐 배출구 속도변화에는 거의 영향을 받지 않았으며, 솔더링하고자 하는 카드조립품의 방사율에 맞춰서 오븐 작동조건을 잘 설정하여야 신뢰성 있는 적외선 리플로

솔더링이 일어난다.

본 연구결과는 각각의 다른 형상 및 방사율의 카드조립품에 대해 신뢰성 있는 솔더링을 수행하고 카드조립품의 열응력을 최소화하기 위해, 적외선 오븐을 보다 효율적으로 설계하거나 복사가 열판 온도, 컨베이어 속도, 배기구 송풍기의 속도 등 적절한 오븐 작동조건을 제시하여 불량 솔더링 및 열응력으로 인한 카드조립품의 불량률을 최소화하는 데 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

후 기

이 논문은 2001년도 두뇌한국21사업에 의하여 지원되었음.

참고문헌

1. Classon, F., 1993, Surface Mount Technology for Concurrent Engineering and Manufacturing, McGraw-Hill, New York.
2. Lau, J. H., 1994, Handbook of Fine Pitch Surface Mount Technology, Van Nostrand Reinhold, New York.
3. Lichtenberg, L. R. and Brown, L. L., 1987, Component Thermal Management in Infrared Solder Reflow, Int. J. Hybrid Microelectronics, Vol. 10, No. 2, pp. 19-26.
4. Miura, H., Nishimura, A., Kawai, S. and Nakayama, W., 1988, Temperature Distribution in IC Plastic Packages in the Reflow Soldering Process, IEEE Trans. on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology, Vol. 11, No. 4, pp. 499-505.
5. Fernandes, N. J., Bergman, T. L. and Masada, G. Y., 1992, Thermal Effects During Infrared Solder Reflow—Part I. Heat Transfer Mechanisms, ASME J. Electronic Packaging, Vol. 114, pp. 41-47.
6. Eftychiou, M. A., Bergman, T. L. and Masada, G. Y., 1992, Thermal Effects During Infrared Solder Reflow—Part II. A Model of the Reflow Process, ASME J. Electronic Packaging, Vol. 114, pp. 48-54.
7. Whalley, D. C., Ogunjimi, A., Conway, P. P.

- and Williams, D. J., 1992, The Process Modeling of the Infrared Reflow Soldering of Printed Circuit Board Assemblies, *J. Electronics Manufacturing*, Vol. 2, pp. 23-29.
8. Eftychiou, M. A., Bergman, T. L. and Masada, G. Y., 1993, A Detailed Model of the Infrared Reflow Soldering Process, *ASME J. Electronic Packaging*, Vol. 115, pp. 55-62.
 9. Son, Y. S., 1997, Heat Transfer Analysis of Infrared Reflow Soldering Process for Attaching Electronic Components to Printed Circuit Boards, *Journal of KWS*, Vol. 15, No. 6, pp. 591-601.
 10. Bergman, T. L. and Son, Y. S., 1995, Mixed Convection in Horizontal Channels with Discrete Material and Top Exhaust, *Int. J. Heat Mass Transfer*, Vol. 38, No. 14, pp. 2519-2527.
 11. Incropera, F. P. and DeWitt, D. P., 1996, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 4th ed., John Wiley & Sons, New York.
 12. Siegel, R. and Howell, J. R., 1992, *Thermal Radiation Heat Transfer*, 3rd ed., Hemisphere Publishing Co., Washington, D.C.
 13. Patankar, S. V., 1980, *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*, McGraw-Hill, New York.
 14. Van Doormaal, J. P. and Raithby, G. D., 1984, Enhancements of the SIMPLE Method for Predicting Incompressible Fluid Flows, *Numerical Heat Transfer*, Vol. 7, pp. 147-163.