

# 브라운관용 플린저 냉각표면의 온도분포 개선을 위한 연구

곽경민\*, 배철호#, 박지열\*

## A Study for Improvement of Temperature Distribution in Plunger Surface Cooling

Kyung Min Kwak\*, Cheol Ho Bai# and Ji Yeol Park\*

### ABSTRACT

The main objective of the present study is to achieve linear temperature distribution of cooling surface of plunger. K type thermocouples are attached at the surface of plunger to measure temperature. Nozzle and insulating material are inserted in the pin hole of the plunger for this study. Cooling water flow enters at one nozzle and leaves at three nozzles. Flow through nozzle can be activated in the pin hole, temperature of hot point around hole is decreased. Meanwhile, insulating material blocks off heat transfer, temperature of cold point around hole is increased. By combination of nozzle and insulation, heat transfer of hole is controlled effectively, as result its, temperature of plunger surface shows linear temperature distribution.

**Key Words** : Plunger cooling (플린저 냉각), Linear temperature distribution (선형온도분포), Nozzle (노즐), Insulation (단열), Cathode ray tube (브라운관)

### 기호설명

A = heat transfer area [ $m^2$ ]  
 h = convective heat transfer coefficient [ $W/m^2K$ ]  
 Q = heat capacity [W]  
 $\Delta T$  = temperature difference between water and hole surface [ $^{\circ}C$ ]

### 1. 서론

모니터용 브라운관의 생산공정은 우선 모래와 화학 약품이 혼합된 재료를 용광로 내에서 용해시

킨 후, 고온 용융물의 성형, 화면부 형성에 필요한 핀과 버튼 삽입, 성형물의 냉각, 치수측정, 연마 및 neck 용착 등과 같은 일련의 공정을 거치게 된다. 이 중에서 특히 주형에 투입된 대략  $1000^{\circ}C$ 에 이르는 고온 유리물은 플린저(plunger)라고 부르는 상부 금형과 하부 금형 사이에서 프레스 성형 공정으로 이루어지며, 제품의 품질을 결정하는 중요한 공정 중의 하나이다. 이때 수축 결함 발생의 방지, 금형 수명의 연장 및 작업시간 단축에 의한 생산성 향상 등의 이유로 금형의 냉각은 반드시 필요하며, 현재 상부 금형의 표면은 냉각수를 이용하여 냉각시키는 방식이 적용되고 있다. 브라운

접수일: 2007년 8월 8일; 게재승인일: 2008년 1월 2일

\* 영남대학교 기계공학부

# 교신저자: 영남대학교 기계공학부

E-mail: chbai@yu.ac.kr Tel. (053) 810-2575

관 같은 유리의 성형공정에 관한 연구는 어느 정도 진행되어 왔지만,<sup>1,3</sup> 본 연구 대상과 같은 브라운관 금형의 냉각기술에 관한 연구는 관련업체의 특허 출원<sup>4,8</sup>에 머무르는 정도이며, 냉각기술 향상을 위해 실제 검증된 자료를 제시하고 있는 연구는 상당히 부족하다.

일반적으로 적용되고 있는 상부 금형의 냉각방식에 대한 개략적인 개념도는 Fig. 1과 같다. 사각형 형상인 상부 금형의 구조는 업체의 경험적인 노하우를 바탕으로 현재 상부 금형의 양변 가장자리에서 여러 개의 작은 구멍이 가공되어 있다. 상온의 냉각용 냉각수는 상부 금형의 위쪽에 설치된 분배기의 작은 구멍을 통하여 분배기와 상부 금형 사이의 작은 유로에 유입되고 상부 금형에 분포된 각 구멍으로 흐르면서 상부 금형을 냉각시킨 후 냉각수는 빠져나가게 된다. 이때 브라운관과 접촉되는 상부 금형 하단의 온도분포가 브라운관의 품질관리에 직접적인 영향을 미치게 된다. 특히 금형의 모서리 지점(C, D지점)은 열원이 집중되는 현상이 발생하여, 현재 업체에서는 이 부분의 온도를 낮추기 위하여 Fig. 1과 같이 금형 안쪽 모서리에 다른 지점의 구멍보다 상대적으로 더 큰 구멍을 가공하여 냉각수를 유입시키는 방법을 적용시키고 있다. 그러나 이 방식의 문제점은 모서리 부분인 C, D지점의 인접한 B, S-up 지점에서 상대적으로 온도가 지나치게 낮아지는 것이며, 이로 인해 브라운관의 치수편차를 발생시키면서 품질관리에 많은 어려움이 있다. 또한 C, D지점에서 직경이 작고 상대적으로 깊이가 깊은 구멍의 경우 냉각수의 유동이 제한되고 냉각수가 구멍 내에 갇혀있게 됨으로써 유동의 불안정한 상태를 유지하게 되며 이것 역시 브라운관의 안정적인 품질관리를 확보하는데 어려움이 많다. 기존의 냉각방식으로 사용된 실제 상부 금형의 온도분포의 결과와 희망하는 목표온도를 Fig. 2에 함께 나타내었다. 온도분포는 상부 금형의 중심(C/F)에서 모서리로의 대각방향(post 및 s-up지점)과 상부 금형의 높이방향(D에서 A지점으로)을 기준으로 하였다. 제품의 질을 향상시키기 위해서는 Fig. 2의 목표온도와 같이 유지되어야 하며, 이를 만족하기 위해서는 금형의 C, D지점은 기존 시스템 보다 열전달을 더욱 촉진시켜 온도가 감소되어야 하고 동시에 B, S-up 지점은 열전달을 억제시켜 온도가 증가되어야 하는 복잡한 문제가 된다. 현장에서는 상부 금형의 위치 중에서 특히

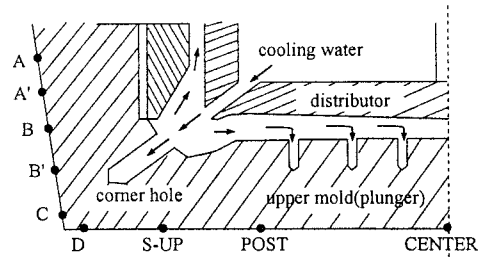


Fig. 1 Schematic diagram of plunger cooling

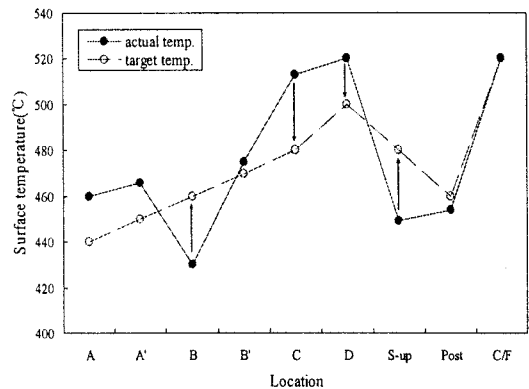


Fig. 2 The distribution of surface temperature of plunger

A지점에서부터 D지점까지의 온도분포를 제품치수의 중요한 지점으로 관리하고 있으며, 제품의 치수편차를 방지하기 위해서는 이 지점들의 온도분포가 Fig. 2와 같이 선형으로 유지되어야 한다.

본 연구의 가장 큰 목적은 기존의 상부 금형 냉각에서 열원이 집중되는 모서리 부근의 온도분포를 선형화 시키는 것이다. 이를 위해서 C, D지점의 온도는 기존의 시스템과 유사하거나 낮게 유지하면서 B지점의 온도는 기존 시스템에 비해 증가시키는 냉각방법을 찾고자 한다. 동시에 본 연구에 적용된 냉각기술은 금형을 안정적으로 냉각시킬 수 있어 브라운관의 품질관리를 향상시킬 수 있는 가능성을 제공해 준다. 기존의 상부 금형의 냉각 방식을 개선하기 위해서는 별도의 시설투자 및 양산 금형의 교체 등을 고려할 수 있지만 이것은 고 비용의 투자 발생 및 생산 라인의 변경 등이 요구된다. 그러나 본 연구에서는 기존의 양산 금형 구조를 그대로 유지하고 추가비용이 거의 소요되지 않으면서 요구되는 금형의 표면온도를 안정적으로 냉각시킬 수 있는 냉각기술을 제시하였

다.

## 2. 실험장치 및 시험부

### 2.1 실험장치 및 실험방법

현재 업체에서 실제로 적용하고 있는 21inch상부 금형을 이용하여 실험장치를 구성하였으며, 실험장치의 개략도는 Fig. 3에 나타내었다. 상부 금형의 표면에 원하는 열유속을 주기 위하여 전기 가열 방식을 사용하였다. 사용된 상부 금형은 표면에 열선을 직접 부착하기가 어렵기 때문에 전기로 형태의 가열로를 만들었으며, 열선으로부터의 열을 상부 금형에 효과적으로 전달하기 위하여 상부 금형과 가열로 사이에 고온에서 유리와 비슷한 물리적 성질을 갖는 산화마그네슘 분말을 충전하였다. 상부 금형의 온도분포를 실제온도와 유사하게 재현할 수 있도록 가열로에 6개의 니크롬선을 배치하였으며, 각각의 니크롬선의 전력은 가변 전압기에 의해서 조절되었다.

실험에 사용된 냉각수 유량은 실제 현장에서 적용되는 유량 범위로 선정하였다. 대표적인 유량은 48 l/min이다. 실험장치의 제약으로 상부 금형의 표면온도를 실제 온도만큼 증가시킬 수는 없지만 냉각수의 유량을 실제 시스템과 동일하게 사용한 것은 실험의 상사성 때문이다. 상부 금형을 냉각시키는 주된 열전달은 식(1)과 같이 냉각수를 통한 대류 열전달이며, 실험에서 실제 금형을 사용하고 있으므로 대류 열전달계수를 동일한 값으로 유지

함으로써 실제 시스템과 동일한 열전달 특성을 나타낸다.

$$Q = hA \Delta T \quad (1)$$

즉 대류 열전달계수가 동일하다면 단순히 열전달 되는 양이 달라질 뿐 나타나는 특성은 동일하기 때문이다.

실험방법은 상부 금형 내부를 진공하여 공기를 제거한 후 냉각수를 정해진 유량으로 유입시킨다. 기존의 상부 금형 표면의 온도분포를 구현하기 위하여 열선의 전력을 각각 조절하였다. 이 때 상부 금형의 온도는 약 10시간이 경과되면 정상상태로 유지하게 되며, 본 연구에서 사용된 금형 표면의 온도는 정상상태에서 측정되었다.

### 2.2 시험부

본 연구에서는 기존 상부 금형의 모서리 지점에 가공된 냉각 구멍을 연구대상으로 선정하였다. 기존의 구멍 구조 이외에 구멍의 구조를 3종류의 개선 구조로 변경하여 금형의 냉각에 미치는 영향을 평가하였다. Fig. 4(a)는 기존 시스템에서 적용되고 있는 상부 금형 모서리 지점의 구멍 구조를 나타내며, 화살촉 형상인 구멍의 깊이와 직경은 각각 30mm와 8mm이다. 이에 반해 Fig. 4(b)는 기존 시스템의 구멍 구조에 3mm 두께의 테플론(열전도율: 0.35 W/m<sup>2</sup>K at 300K)으로 구멍의 원주방향에서 단열시킨 형상이며, 실제 냉각수가 흐를 수 있는 구멍의 직경은 기존 시스템에 비해 작다. 구멍 내부에 단열을 시킨 이유는 상부 금형 표면의 열전달을 억제시켜서 B, S-up 지점의 온도를 증가시키기 위해서다. Fig. 4(c)는 기존 시스템의 구멍 내부에 직관인 4개의 노즐을 삽입하여 노즐 내부로 유동을 형성하도록 하였다. 중앙노즐의 직경과 길이는 각각 약 4mm와 20mm이고, 중앙노즐 주위의 3개의 노즐 직경과 길이는 각각 약 3mm와 15mm이다. 노즐로 사용된 재질은 폴리에틸렌이다(열전도율: 0.33 W/m<sup>2</sup>K at 300K). 냉각수는 중앙노즐로 유입이 되고 주위의 3개의 노즐로 빠져 나간다. 구멍내부에 노즐을 설치한 이유는 분배기에서 공급되는 유동을 구멍내부로 원활히 공급시켜 상부 금형의 C, D 지점의 대류 열전달을 증가시켜 기존 시스템보다 온도를 낮추기 위해서다. Fig. 4(d)는 Fig. 4(b)와 Fig. 4(c)의 벽면단열과 삽입노즐이 함께

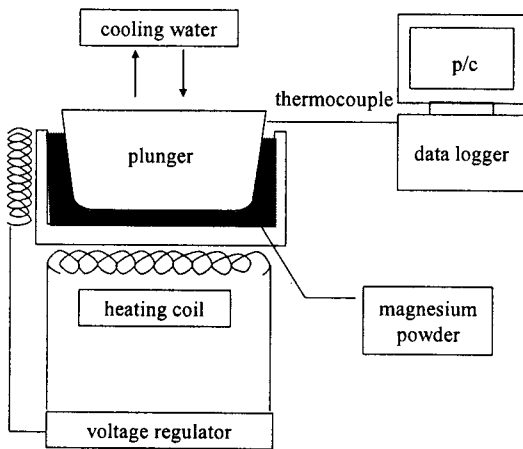
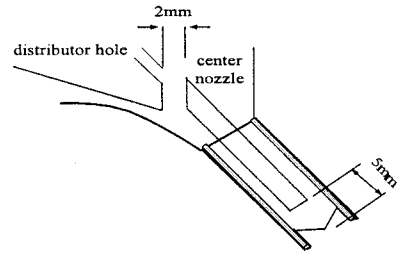


Fig. 3 Schematic diagram of experimental apparatus

조합된 구조이며, 본 연구에서 제안하고자 하는 최종의 개선구조이다. 본 연구의 기본 개념은 벽면단열과 삽입노즐의 적절한 조합으로 상부 금형의 B 지점의 온도를 증가시키고, 반면에 C, D 지점의 온도를 감소시켜서 이로 인해 금형 표면의 온도를 선형화 시키는 것이다. Fig. 4(d)의 구멍 직경은 14mm로 가공하여 3mm 두께의 테플론으로 원주방향에서 단열시켰으며 실제 냉각수가 흐를 수 있는 구멍의 직경은 기존 시스템과 동일하다. 이 때 3mm 두께의 테플론으로 단열된 구멍 깊이는 다양한 실험으로부터 결정된 최적의 벽면단열 깊이이며 기존 시스템의 구멍 깊이 보다 8mm 아래까지 더 단열하였다. 원주방향에서 단열 구멍 내부의 직경이 커질수록 냉각수의 유동이 원활하지만 상부 금형의 기하학적 제한으로 직경을 14mm 이상으로 증가시키는 것은 한계가 있다. 본 연구에서 고려된 구멍 내부의 삽입노즐에서 중앙노즐은 Fig. 4(e)와 같이 냉각수가 공급되는 분배기 사이와의 간극은 2mm 이내이며, 구멍의 바닥과 노즐 하단의 간극은 약 5mm이다.

노즐의 설치는 기존 시스템에 비해 구멍 내부의 유동을 활성화시키고 냉각속도를 증가시키는

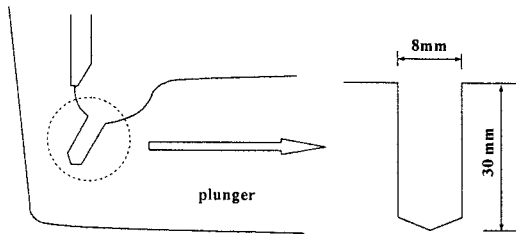


(e) structure of insertion nozzle

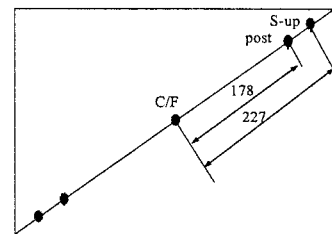
Fig. 4 Schematic view of various hole structures

효과를 기대할 수 있다. 이러한 측면에서 분배기에서 노즐을 설치하여 상부 금형의 구멍으로 냉각수를 공급시켜 주는 구조가 유리할 것으로 기대할 수 있지만 상부 금형과 분배기 사이의 유로 간극이 매우 작아서 분배기에서의 노즐의 설치는 금형과의 간섭의 제약이 뒤따르며, 이것이 상부 금형의 구멍 내부에서 삽입노즐을 설치한 이유이다.

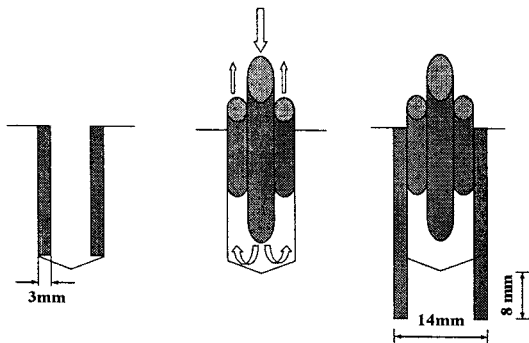
금형의 온도 측정은 K형 열전대를 퍼커션 용접방법으로 직접 금형에 부착하였고 Data Logger와 컴퓨터에 연결하여 실시간 측정하였다. 온도 측정 지점은 Fig. 5와 같이 상부 금형의 중심(C/F)에서 대각방향으로 Post 및 S-up 지점과 상부 금형의 높이 방향인 D, C, B', B, A' 및 A 지점으로서 실제 금형에서 중요한 지점을 대상으로 하였다.



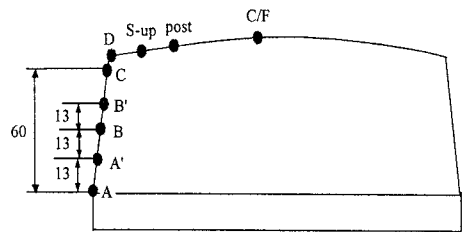
(a) usual hole type



(a) cross direction



(b) insulation type (c) nozzle type (d) combination type



(b) height direction

Fig. 5 location of measuring temperature

### 3. 실험결과 및 토의

#### 3.1 기존 시스템의 온도분포

Fig. 6은 기존 시스템인 Fig. 4(a)의 구멍을 대상으로 하여 본 연구의 실험장치에서 실제 상부 금형의 온도분포와 가장 유사하게 제어할 수 있는 상부 금형 표면의 온도분포를 나타내었다. 실제 상부 금형의 온도와는 차이가 나지만 B, S-up 지점의 온도가 C, D 지점에 비해 상당히 낮은 경향이 존재하면서 실제 상부 금형의 온도분포와 거의 유사한 경향을 나타낸다. 이에 본 연구에서는 Fig. 6에 사용된 열유속을 실제 환경의 온도조건으로 적용하였다.

Fig. 6의 열유속 조건을 바탕으로 하여 구멍으로 유입되는 냉각수 온도에 따른 영향을 고찰하기 위하여 냉각수 입구온도를 변화시키면서 실험을 수행하였으며, 그 결과는 Fig. 7에 나타내었다. 상부 금형의 구멍으로 냉각수 입구 온도를 증가시키면 온도분포의 경향은 그대로 유지한 채 상부 금형의 표면온도가 상승함을 알 수 있다. 냉각수 입구온도의 증가는 뜨거운 금형 표면과의 온도차이가 감소되면서 열전달이 되는 양은 그만큼 작아진다.

Fig. 8은 구멍으로 유입되는 냉각수의 유량을 변화시키면서 실험한 결과이다. 냉각수 유량의 감소는 온도분포의 형태는 그대로 유지한 채 상부 금형의 표면온도가 상승하는 결과를 나타내었다. 냉각수 유량의 감소는 냉각수 입구 온도의 증가와 마찬가지로 열전달 양을 감소시킨다.

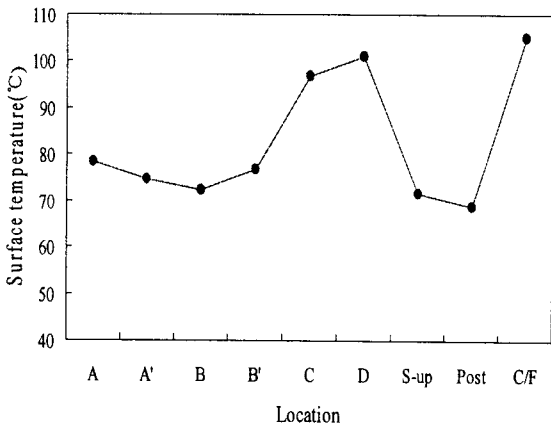


Fig. 6 The temperature distribution of plunger cooling surface

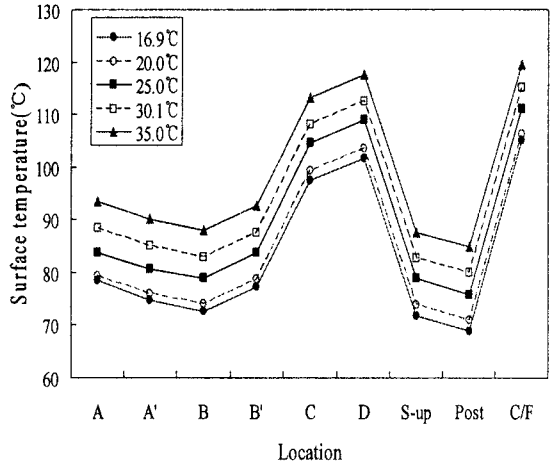


Fig. 7 The distribution of surface temperature on the variation of inlet temperature of cooling water

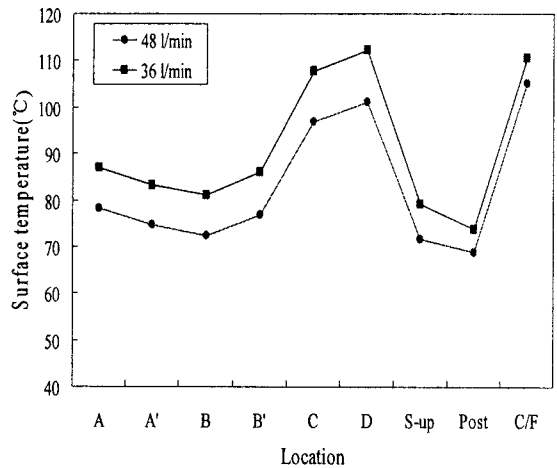


Fig. 8 The distribution of surface temperature on the variation of flow rate of cooling water

이상의 결과로부터 상부 금형에 가공된 기존 시스템의 구멍 구조는 냉각수의 입구 온도와 유량 변화만으로 금형 표면의 전체적인 온도분포를 개선시키지 못함을 확인하였다.

#### 3.2 개선 시스템의 온도분포

본 연구는 상부 금형의 C, D 지점의 온도를 기존 시스템과 유사하거나 감소시키면서 동시에 B 지점의 온도를 증가시켜서 금형의 전체적인 온도분포를 선형화시키는 것이다. 이것은 구멍 내부의

표면과 냉각수의 대류 열전달 관계에 의해서 결정된다. 앞에서 언급한 바와 같이 본 연구의 기본 개념은 구멍 내부의 벽면단열을 통하여 B 지점의 열전달을 억제시켜서 온도를 증가시키고, 동시에 구멍 내에 삽입노즐을 이용하여 C, D 지점에 냉각수 유동을 원활히 공급시켜 온도를 감소시키는 것이다. 이를 위하여 각각의 방법에 대한 개별적인 검증이 우선 필요하다.

Fig. 9는 구멍 내부의 벽면단열의 영향을 살펴 보기 위하여 Fig. 4(b)의 형태인 열전도율이 작은 테플론을 삽입한 상부 금형의 온도분포이며, 비교를 위해 기존 시스템의 결과를 함께 나타내었다. 구멍의 원주방향에 설치된 테플론은 단열효과에 의하여 B, S-up 지점의 대류 열전달을 억제시켜 이 부분의 온도가 기존 시스템의 온도보다 증가하였으며, 이로부터 B, S-up 지점에서의 열전달을 억제하기 위해서는 구멍의 내부단열이 필요함을 알 수 있다. 그러나 기존 시스템과 동일한 구멍직경에서의 벽면단열은 기존 시스템 보다 구멍직경이 작아지는 것이며 이것은 구멍 내부로 냉각수가 원활히 유입되지 못하는 요인으로 작용한다. 이로 인해 C, D 지점의 열전달은 억제되면서 기존 시스템의 온도보다 증가하였다. 단열재로 사용된 테플론 외에 본 연구에서는 구멍 내부에 비닐호스, 유리관 등의 열전도율이 작은 단열재를 삽입하여 그 영향을 평가한 결과 Fig. 9와 거의 유사한 결과를 얻었다.

구멍 내부의 유동이 C, D 지점의 온도에 영향을 미치는 것을 확인하기 위하여 Fig. 4(c)의 형태로 구멍 내부에 4개의 노즐을 삽입하였으며, Fig. 10에 금형의 온도 분포를 나타내었다. 삽입노즐의 설치로 인해 C, D 지점의 온도는 기존 시스템에 비해 거의 10°C 정도 낮게 나타났으며, 기존 시스템의 구멍에 비해 직경이 작아짐에도 불구하고 삽입노즐에 의해 구멍 내부의 유동이 더욱 활성화되면서 기존 시스템보다 대류 열전달을 증가시키는 결과를 나타내었다. 반면에 구멍 내부의 안쪽에 유동이 활성화 되면서 B 및 S-up 지점의 온도 역시 기존 시스템에 비해 약간 낮은 값을 보여주고 있다. 구멍내부에 삽입노즐의 설치로 기대할 수 있는 다른 장점은 유동을 활성화 시킴으로써 기존 시스템과 같은 불안정한 유동요인을 제거하게 되고 이로 인해 브라운관의 안정적인 품질관리를 확보할 수 있다.

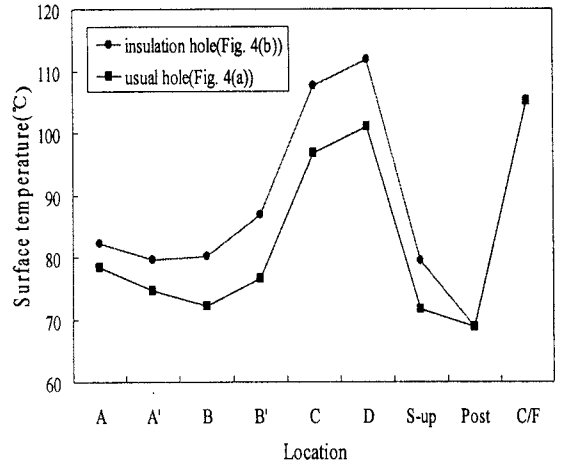


Fig. 9 The comparison of surface temperature between usual hole and insulation hole

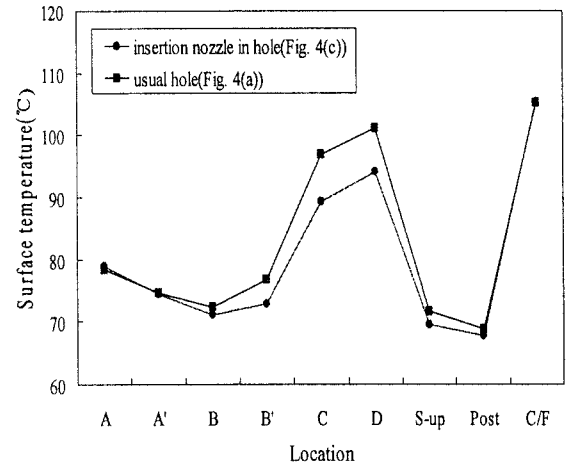


Fig. 10 The comparison of surface temperature between usual hole and insertion nozzle in hole

이상으로 구멍의 벽면 단열로 B 지점의 온도를 증가시키고 구멍 내부의 삽입노즐로 C, D 지점의 온도를 감소시킬 수 있음이 확인되었으며, 이들의 적절한 조합에 의해서 금형 표면의 온도분포를 선행화시킬 수 있는 가능성을 확보하였다.

Fig. 11은 구멍내부에서 단열과 삽입노즐이 함께 설치된 Fig. 4(d)의 구조가 금형의 온도분포에 미치는 결과이며, 기존 시스템의 결과와 함께 나타내었다. 내부단열과 삽입노즐이 조합된 구조는 기존 시스템에 비해서 금형의 C, D 지점의 온도를

14~16.5℃ 더 낮추고 B지점의 온도를 약 5.7℃ 더 낮추면서 금형의 A에서 D까지의 표면온도 분포를 선형화 시켰다. 삽입노즐에 의해 유동은 활성화가 되어 C, D지점의 대류 열전달을 상당히 촉진시켜 온도의 감소가 크다. 반면에 B지점은 벽면단열에 의해서 대류 열전달을 억제시키는 효과로 작용하여 온도의 감소가 C, D지점에 비해 크지 않았다. 이러한 삽입노즐과 내부단열의 구조는 금형의 지점별로 대류 열전달을 적절히 제어하면서 금형의 선형적인 온도 분포를 유지하게 하였다. 또한 본 연구에서 제안된 구조는 금형의 선형적인 온도분포 외에 기존 시스템에 비해 냉각 속도가 증가되어 전체적으로 금형의 온도가 더욱 낮아졌다. 이것은 제품의 생산성 향상을 기대할 수 있다.

금형 표면의 온도분포가 선형화 되면 냉각수의 입구 온도 혹은 유량의 조정으로 요구하는 금형의 표면 온도를 능동적으로 제어할 수 있다. Fig. 12는 구멍 내부에 단열과 삽입노즐이 조합된 구조에 대하여 냉각수의 유량을 변화시키면서 측정한 금형의 표면 온도 분포이다. 냉각수 유량의 증가는 선형적인 온도분포의 경향은 유지한 채 금형 표면 온도를 감소시켰다. 이것은 실제 시스템에 적용될 때 금형의 선형적인 온도분포를 이루면서 금형의 높은 지점의 온도는 냉각수의 유량을 증가시키거나 유입 온도를 낮추어서 감소시킬 수 있음을 의미한다.

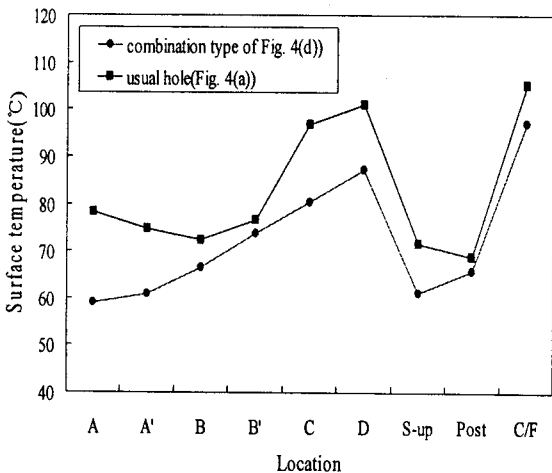


Fig. 11 The comparison of surface temperature between usual hole and combination with insulation and nozzle

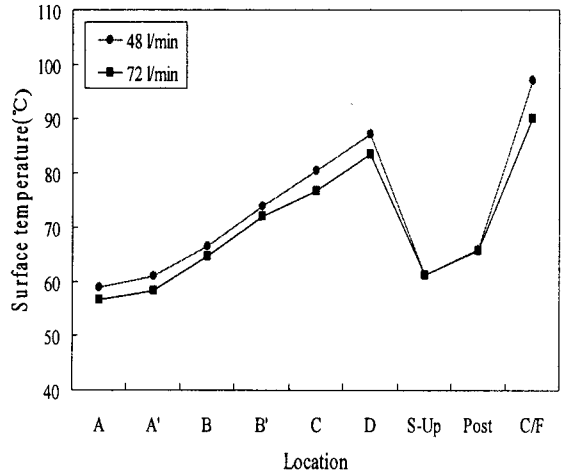


Fig. 12 The effect of temperature distribution on the variation of flow rate of cooling water

이상으로부터 본 연구에서 제안된 개선 시스템은 선형적인 금형의 표면온도 분포를 만족시키는 유용한 방법임이 확인되었으며, 실제 시스템에 적용할 경우 기존 상부 금형의 온도분포를 상당히 개선시킬 수 있을 것으로 기대된다.

#### 4. 결론

본 연구의 목적은 상부 금형(plunger) 냉각에서 열원이 집중되는 모서리부의 표면온도를 선형화시키는 것이며, 이를 위하여 모서리에 가공되어 있는 구멍의 구조를 변경시킨 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 구멍 내부에 단열과 삽입노즐이 설치된 개선시스템은 상부 금형의 위치별 요구온도를 능동적으로 제어하면서 모서리부의 표면온도를 선형화시켰다.

2) 본 연구에서 적용된 삽입노즐은 구멍의 유동을 활성화 시켜 금형의 냉각 속도를 증가시키고 또한 기존 시스템의 구멍에서 발생하고 있는 불안정한 유동을 제거함으로써 브라운관의 생산성 향상과 안정적인 품질관리를 유지할 수 있다.

3) 본 연구에서 적용된 냉각기술은 추가 비용이 거의 없이 간단한 형태로 금형을 냉각시킬 수 있는 유용한 방법으로 생각되며, 이를 현장에 적용할 경우 브라운관의 제품 향상에 크게 기여할 것으로 기대한다.

## 후 기

본 연구의 일부는 2005학년도 영남대학교  
학술연구조성비 지원으로 이루어졌음.

## 참고문헌

1. Ji, S. M., Choi, J. H., Kim, J. B. and Ha, D. S.,  
“Numerical Simulation for Pressing Process of Hot  
Glass,” Journal of Korean Society for Precision  
Engineering, Vol. 22, No. 5, pp. 205-213, 2005.
2. Hayashi, M., Hasegawa, T. and Ohiwa, N.,  
“Numerical Simulation of Glass-Pressing Process,”  
Trans. of Japan Society of Mech. Eng., Vol. 61, No.  
591, pp. 359-364, 1995.
3. Wang, H. P. and McLay, R. T., “Automatic  
Remeshing Scheme for Modeling Hot Forming  
Process,” Journal of Fluids Engineering, Vol. 108, No.  
4, pp. 465-469, 1986.
4. Samsung Corning Co., LTD, “Cooling Arrangement  
of Plunger in Mold for Molding Cathode Ray Tube  
Glass,” Korean Patent, No. 10-2001-0053323, 2001.
5. Asahi Glass Co., LTD, “Plunger for Press Molding  
Hollow Glass Article,” Japan Patent, No. 09-227141,  
1997.
6. Asahi Glass Co., LTD, “Plunger for Molding Brown  
Tube Glass and Production of the Same,” Japan  
Patent, No. 09-227142, 1997.
7. Nippon Electric Glass Co., LTD, “Plunger for  
Forming Hollow Glass Product,” Japan Patent, No.  
07-069656, 1995.
8. Shinhoukoku Seitetsu KK and Asahi Glass Co., LTD,  
“Plunger to Mold Cathode-Ray Tube Glass,” Japan  
Patent, No. 07-220637, 1995.