

1. 고온 열전달면의 각도에 따른 분무냉각특성에 관한 연구

기관공학과 윤 두 호
지도교수 윤 석 훈

여러 냉각법 중에서도 미립화된 많은 양의 작은 액적들을 고온면에 분사시켜 이의 액체열이나 증발잠열에 의하여 고온면을 급속히 냉각시키는 분무냉각법은 다른 냉각방법들에 비하여 냉각능력이 우수할 뿐만 아니라 분무되는 액적유량을 제어하여 고온면의 냉각속도를 비교적 쉽게 조절할 수 있으므로, 일반제철소에서의 연속주조, 금속의 열처리, 고성능 전자장비의 냉각, 열기관 부분냉각, 유리제조 등 많은 산업현장에서 널리 사용되고 있다.

주로 물을 냉각액으로 사용하는 분무냉각법을 분무되는 액적의 크기나 미립화하는 방법에 따라 세부적으로 분류하면, 스프레이냉각(spray cooling), 미스트냉각(mist cooling or air mist spray cooling), 포그냉각(fog cooling) 등으로 나눌 수 있다. 일반적으로 분무냉각이라 하면 이러한 3가지의 냉각방법 중에서 가장 대표적인 냉각방법이라 할 수 있는 스프레이냉각을 의미한다.

본 연구에서는 이러한 여러 가지 분무냉각법 중에서 물만을 가압하여 노즐을 통하여 분무시키는 스프레이냉각법을 이용하였다.

지금까지 분무냉각특성에 관한 연구는 여러 연구자들에 의하여 수행되어져 왔으나 각각의 연구결과가 매우 큰 차이를 보이고 있는 실정이므로 이에 관한 체계적인 연구가 필요하다고 할 수 있으며, 특히 열처리과정에서 중요시되고 있는 고과열도영역에 대한 연구결과는 매우 부족한 실정이다. 한편 제철소의 연속주조공정이나 금속의 열처리 시 물을 분무시켜 고온면을 냉각시키는 방법은 없어서는 안될 중요한 방식이다. 특히 고온면의 균일한 냉각과 냉각속도의 적절한 제어가 제품의 질을 결정하는 중요한 요소이므로 이에 대한 열공학적인 연구는 매우 중요하다고 할 수 있다. 또한 냉각면의 경사각도에 따라 열전달특성이 변화하므로 이에 대한 체계적인 연구도 매우 중요하다고 할 수 있다.

본 연구의 목적은 열전달면의 경사각에 따른 분무냉각특성을 규명하기 위한 연구로서, 냉각액체측 조건 중에서 액적유량과 냉각수의 과냉도가 고과열도영역에서의 냉각특성에 미치는 영향과 각각의 냉각조건에 따른 고온면의 표면열유속과 국소열전달계수를 구하여 고온 영역에서의 냉각면의 각도에 따른 분무냉각 열전달특성에 관한 연구를 수행하고자 한다.

따라서 본 연구에서는 고온평판의 열전달면으로 순동을 사용하여 수평, 경사각 30도, 경사각 45도로 설치한 후, 850℃의 고온의 상태에서 냉각수를 수직 하향으로 분무하여 고온역 열전달특성에 관한 연구를 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 냉각수량과 과냉도가 클수록 냉각속도가 증가하며, 과냉도가 클수록 고온영역이 축소되는 반면 천이영역이 급격히 확대된다.
- 2) 냉각수량이 증가할수록 천이영역에서의 냉각효과는 크게 증가하는 반면 고온영역과 저온영역에서는 그 효과가 매우 작다.
- 3) 분무중심부의 표면열유속은 액적유량유속에 따라 큰 영향을 받는 반면, 분무중심에서 멀어질수록 표면열유속에 대한 액적유량유속의 영향이 급속히 저하한다. 따라서 액적유량유속의 영향을 많이 받는 분무중심 영역과 상대적으로 액적유량유속의 변화에 대하여 큰 영향을 받지 않는 분무주변 영역으로 나눌 수 있다.
- 4) 열전달면의 경사각이 클수록 분무된 액적이 중력에 의하여 배제됨으로서 현열 및 잠열에 의한 냉각이 증대되어 냉각속도가 증가하며, 이러한 경향은 경사각 45도의 경우에 더욱 두드러졌다.
- 5) 시편의 경사각이 표면열유속 및 고온역 열전달계수에 미치는 영향은 특히 고온영역에서 크게 나타나고 있으며, 이러한 현상으로 미루어 불 때 강재의 열처리나 연속주조공정에서 금속제품의 질에 큰 영향을 미치는 고온영역에서의 열전달 촉진을 위해서는 일정치 이상의 경사각을 갖는 것이 중요하다.
- 6) 분무냉각 시 액적유량유속 및 열전달면의 과열도가 고온역 열전달계수에 미치는 영향으로는, 과열도에 의한 영향은 작으나 액적유량유속의 영향은 크게 작용한다. 그리고 열전달면의 경사도가 증가할수록 액적유량유속 및 과열도의 영향이 크게 작용한다.
- 7) 분무냉각 시 분무중심에서의 액적유량유속 및 냉각면의 과열도에 따른 고온역 열전달계수는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$h_s = 7.527 \times 10^3 \cdot D^{0.392} \cdot \Delta T_{sat}^{-0.0007}$$

- 8) 시편의 경사도는 고온역 분무냉각 열전달특성에 영향을 미치는 중요한 인자임을 알 수 있으며, 경사각 30도 시편의 분무냉각 시 분무중심에서의 액적유량유속 및 냉각표면의 과열도에 대한 고온역 열전달계수는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$h_s = 5.167 \times 10^3 \cdot D^{0.252} \cdot \Delta T_{sat}^{-0.033}$$

- 9) 경사각 45도 시편의 분무냉각 시 분무중심에서의 액적유량유속 및 냉각표면의 과열도에 대한 고온역 열전달계수는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$h_s = 1.198 \times 10^5 \cdot D^{0.649} \cdot \Delta T_{sat}^{-0.187}$$