



기술현황분석



# 도심부에서의 관밀집형 연소보일러의 활용

보일러에는 각종 형식이 있으나, 이러한 보일러들의 연소실은 사용하는 연료를 연소시키고, 또 연소과정이 안전한 범위내에서 방사전열을 효율적으로 수행하기 위해서는 적당한 공간 Space를 확보할 필요가 있으며, 이것은 보일러의 전체면적에 대하여 약 40~70% 정도를 차지하고 있다.

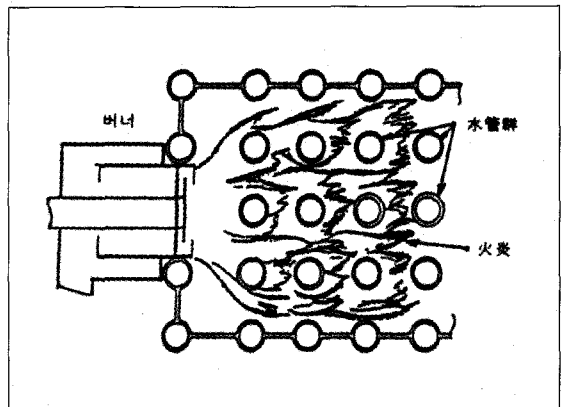
따라서, 보일러의 소형화 및 경량화를 위해서는 연소실을 소형화시키는 것이 효과적이며, 종래에는 고부하 연소기술에 의존한 연구개발이 추진되어 왔었다. 그러나 고부하연소를 추진하게 되면 연소와 전열 및 환경문제 등에 있어서 여러 가지 문제점이 발생하게 된다.

특히, NOx에 의한 환경오염은 도심부를 중심으로 하여 심각한 문제가 되고 있으며, 저NOx 연소기술은 점차적으로 중요한 사항으로 다루어지고 있다.

본 기술 개발은 가스연료의 특성을 살려 관밀집형 연소라고 하는 종래와는 전혀 다른 새로운 연소방식이며, 특히 도심부에서 크게 요구되고 있는 보일러의 소형화와 이의 Trade Off 관계로 취급되어져 왔던 저NOx화를 도시에 해결시킨 보일러이다.

## ■ 관밀집형 연소의 개요

관밀집형 연소에 대한 개념을 [그림 1]에 도시하였다. 이것은 종래 보일러의 연소실 구조와 연소방식에 따른 여러 가지 제약을 피하기 위하여 버너에 근접되어 있는 보일러 연소실 내에 밀집된 수관군(水管群)을 배열시키고 버너화염을 이러한 밀집관에 불어 주어 밀집관들 내에서 연소와 전열



<그림 1> 관밀집형 연소의 개념

이 함께 일어나도록 설계되어진 것이다.

### 1) 화염의 Quenching 현상

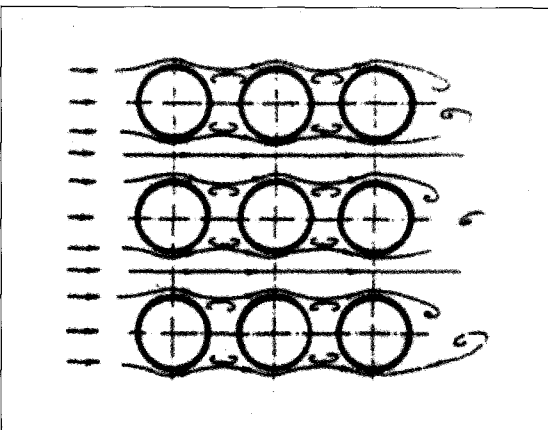
화염이 차가운 고체면에 접하게 되면 고체면 부근에 눈으로 확인가능한 화염이 소실(消失)하게 되고 무염영역(無炎領域)인 Dead Space가 생기게 된다. 이러한 현상을 Quenching 영역(領域)이라 하며, 예를 들면 예혼합화염중에 수냉고체면(水冷固體面)을 삼입하게 되면 그 표면에 Quenching 현상이 발생하게 되고, 또 이렇게 발생한 현상의 크기를 Quenching 거리(距離)라고 한다.

일반적으로, Quenching 거리(距離)는 연료의 종류, 유속, 공연비, 고체면 표면온도, 분위기 압력 등에 따라서 영향을 받으나, 통상 대기압에서는 1mm이하 정도이다.

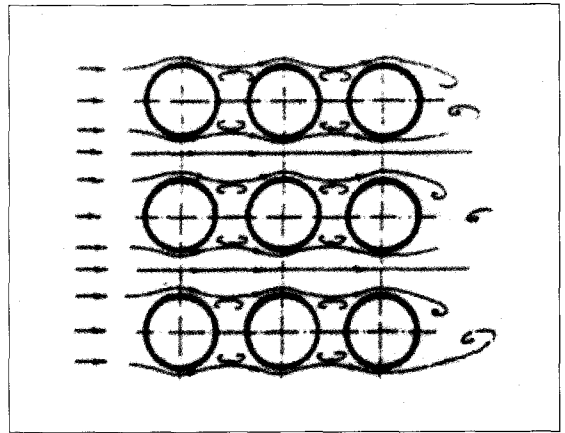
### 2) 관외부(管外部)상의 흐름구조

원형관에 직교하는 관외부상의 흐름구조를 Calman 와류거동(渦流舉動)에 주목하여 고찰하여 보면 몇 개의 Flow Pattern으로 분류할 수 있다.

[그림 2]는 수관이 밀집하게 배열된 경우에 Calman 와류가 형성되지 않는 상태를 나타내고 있으며, [그림 3]은 흐름방향의 피치를 어느 정도 넓게 취함으로써 Calman 와류가 형성되는 상태를 나타내고 있다. 이러한 Flow Pattern은 Re Number에는 거의 영향을 받지 않고 관배치에만 주로 지



<그림 2> Calman 와류가 형성되지 않은 흐름상태도



<그림 3> Calman 와류가 형성된 흐름상태도

배를 받는다.

관밀집형 연소에서는 이러한 Calman 와류를 이 용함으로써 수관표면에서 Quenching되어 박리(剝離)하게 된 미연소분이 고온의 주류(主流)와 혼합하여 연소가 촉진하게 된다.

### 3) 관밀집형 구조의 가스측 전열기구(電熱機構)

종래 보일러의 연소실에서는 방사열전달이 지배적이나, 관밀집형 연소의 경우에 있어서는 [그림 1]에서와 같이 화염이 수관군(水管群)으로 세분화되어지기 때문에 방사열전달은 약해지고 대류열 전달이 지배적이 되어 전열기구(電熱機構)가 완전히 다르다.

따라서, 관밀집형 연소인 경우에는 수관의 전 열면 열부하를 종래의 보일러인 경우에 비하여 동등한 정도이하인 허용범위내로 설계하는 것이 가능하다.

### 4) 관밀집형 연소의 기본원리와 효과

관밀집형 연소의 기본원리를 정리하면,

- ① 버너에 근접하여 연소실에 적정한 배열인 수관군(水管群), 즉 관밀집형으로 배치할 수 있다.
- ② 이러한 관밀집형 수관에 버너화염의 불을 붙여 직접 화염을 냉각시키게 되므로 Thermal NOx의 발생을 억제시킨다.
- ③ 수관배열이 적정할 경우 주류부(主流部)의 연소에 필요한 온도장(溫度場)이 확보되어지게 되고 밀집된 관 내에서 형성하게 되는 Calman 와류

에 의하여 연소와 전열이 촉진하게 된다.  
 ④ 이러한 결과로부터 열적(熱的)으로 안전하고 콤팩트한 연소실을 얻을 수 있으며 보일러 전방에 걸쳐 소형 경량화와 저NOx화를 동시에 달성시킬 수 있다.

## ■ 각종 보일러로의 관밀집형 연소기술의 적용

현재에 이르기까지 관밀집형 연소기술은 진공식 온수보일러, 수관식 보일러, 노통수관식 보일러 및 다관 관류식 보일러 등에 적용하여 상품화되고 있으며, [그림 4]는 실제 증발량 10t/h규모의 수관식 보일러에 관밀집형 연소기술을 적용한 관밀집형 연소 수관식 보일러의 외관구조도를 나타내고 있다.

이러한 보일러에서 볼 수 있는 바와 같이, 관밀집형 연소기술을 적용할 경우 종래의 보일러에 형성되어 있던 연소실이 없어지고 Tube Bank만으로

보일러가 구성되어 있으며, 폭이 좁은 Slip형의 구조로 설계 가능하다는 것을 알 수 있다.

어떠한 형식의 보일러에 있어서도 종래형과의 비교에서는 보일러 설치면적이 1/3, 중량이 2/3 정도로 소형 경량화가 가능하며, Turn Down비율도 넓고 모든 연소영역에 걸쳐서 연소배기가스중의 NOx농도를 50ppm(O<sub>2</sub> 0% 환산) 이하를 달성시킬 수 있다.

관밀집형 연소기술은 연소과정을 수반하는 모든 열원기에는 모두 적용이 가능하며, 앞으로도 관밀집형 연소기술의 특징을 살려 적용 범위를 더욱 넓혀 갈 수 있을 것으로 크게 기대된다.

〈그림 4〉  
 10t/h규모의 관밀집형 연소 수관식 보일러의 외관구조도

