

# 메탈화이버를 이용한 표면연소기의 화염안정화 및 온도특성에 관한 연구

이진석\* · 이용후\* · 윤봉석\* · 이도형\*\*

\*부경대학교 대학원 자동차공학과

\*\*부경대학교 기계공학부

## A Study on the Temperature Characteristics and Flame Stabilization of Surface Combustor using the Metal Fiber

JIN-SEOK LEE\*, YOUNG-HOO LEE\*, BONG-SEOK YUN\* AND DO-HYUNG LEE\*\*

\*Graduate School of Automobile Engineering, Pukyong National University, Pusan 608-739, Korea

\*\* School of Mechanical Engineering, Pukyong National University, Pusan 608-739, Korea

**KEY WORDS:** Metal Fiber 메탈화이버, Temperature Characteristics 온도 특성, Flame Stabilization 화염안정화, Blue Flame Mode 청염 영역, Radiant Flame Mode 복사영역

**ABSTRACT:** By changing the excess air ratio which affects strongly to the combustion characteristics, the flame stability range in the metal fiber burner were found and the range of the blue flame mode and radiant mode were distinguished by direct photography. The results in our experiments for the flame stability zone were from  $\alpha=1.4(354 \text{ KW/m}^2)$  to  $\alpha=2.06(240 \text{ KW/m}^2)$ , and then the blue flame mode zone was form  $\alpha=1.87(266 \text{ KW/m}^2)$  to  $\alpha=2.06(240 \text{ KW/m}^2)$  and the radiant mode one was form  $\alpha=1.4(354 \text{ KW/m}^2)$  to  $\alpha=1.78(278 \text{ KW/m}^2)$ . And the flame was not fired when  $\alpha$  is less than the lean condition  $\alpha=2.45(202 \text{ KW/m}^2)$ .

### 1. 서 론

연료로부터 에너지를 얻는 장치 중 가장 보편적인 장치는 연료와 공기를 혼합하여 연소시키는 연소방법으로, 현재 사용되는 대부분의 연소기는 연료와 공기의 혼합을 촉진 시키는 관점에서만 연소효율을 높이고 고부하 연소를 피하고 있다. 이러한 연소기기는 사용목적에 따라 연소방식이 다르지만 주거환경에서의 직접난방이나 산업공정에서의 직접가열 등의 경우, 단순한 연료와 공기의 혼합을 통해서 넓은 연소영역을 균일하게 가열하는 데에 부적합하며 불완전연소로 인하여 다량의 유해가스를 생성시키는 등의 문제를 가지고 있다.

최근들어 이러한 어려움을 극복하기 위해 완전연소와 균일가열 특성을 효과적으로 얻기 위한 연소기로서 다공성 세라믹과 내열합금 재료를 이용한 연소장치가 제안되고 있다. 다공성 세라믹 재료의 표면연소기는 일반적으로 평판 형이 대부분으로 이는 다양한 형태의 성형 가공에 제약을 받기 때문이다. 아울러 고온 반복운전에 따른 기기의 내구성 및 고부하에서의 역화 등의 문제가 우려되어 열악한 산업용 공정에 심분 적용하기에 불충분한 이유가 되고 있다. 이에 따라 세라믹 재료의 표면연소기는 대부분 저부하 가열시스템으로 적용되어 왔다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 최근에는 내열합금섬유를 이용한 다공성 재질을 표면연소기에 활용하는 기술이 개발되었다. 이에 따른 국외의 경우, 일본에서는 Kuwabara, S.에 의해 메탈화이버 버너의 발전에 대해 발표된바 있으며, 그 이후 동경가스(주)

에서 현재까지 지속적인 연구가 진행중이다. 국내에서는 산업용 공해, 고부하 표면연소시스템 기술개발에 관한 연구가 진행된 바 있으며, 소결형 메탈화이버를 이용한 연구가 진행중에 있다. 소결형 메탈화이버의 경우 연소소음에 관한 문제점이 제기되고 있으며, 이에따른 대책으로 니트형 메탈화이버(Knitted Metal Fiber)가 최근에 개발되었다. 니트형 메탈화이버는 연소소음이 적으며, 조직의 형태가 편직 금속섬유형태이므로 여러 가지 모양의 버너를 제작하기 쉽고 화염의 길이가 짧다는 점은 가장 큰 특징으로 연소기 체적의 최소화 가능하기 때문에 현재 많은 관심이 되고 있다. 하지만, 현재 국내에서는 그 연구가 미비한 실정이다.

본 연구는 메탈화이버를 이용한 플랫버너를 개발하기위한 연구중 기초 연구로서 공기비 변화에 따른 메탈화이버에서 표면연소를 직접사진을 통한 화염안정화 범위를 찾고 그 영역중 복사모드와 청염모드에서의 평균온도분포를 통해 메탈화이버가지는 온도특성을 조사하는데 그 연구 목적을 두었다.

### 2. 실험장치 및 방법

#### 2.1 메탈화이버의 일반적 특징

본 연구에 사용되어진 니트형 메탈화이버는 100%의 고 내열성 금속섬유사로 만들어진 편직물로 통상 MF라 약칭하기도 한다. 메탈화이버는 투과성이 좋고 유연하며 장착하기가 편리하

다. 하지만 강직성이 없기 때문에 금속판 팽창 철풀과 같은 것이 지지되어야 하며, 일반 섬유직물과 유사한 유연함을 가지고 있어서 어떠한 모양의 버너라도 쉽게 만들 수 있다. 또한 100%의 금속재질이기에 때문에 금속버너 하우징에 직접 용접 할 수 있어 다양한 용도로 사용할 수 있다.

메탈화이버의 기본 소재는 1050°C까지의 고온에서도 탁월한 내식성을 갖는 견고한 강철인 Fe-Cr 합금이다. 이 합금의 성분들 중 가장 중요한 점은 이트륨(Yttrium)의 존재인데, 이 이트륨은 표면 보호층인 알루미나 층을 금속 본체에 단단히 결속시키는 기능을 한다. 메탈화이버는 표면온도가 1200°C까지 가열되는 경우가거나 매우 열악하게 조성된 운전조건 일지라도, 메탈화이버 버너 매트 of 탁월한 단일 특성 및 화염 포착능력으로 인하여 착화온도가 낮은 프로판, 부탄 또는 수소 가스를 포함하는 가스를 연소시킬 경우에도 역화의 발생이 없다. 메탈화이버를 이용한 표면연소기의 연소성능에 미치는 제반인자 중에서 니트형 메탈화이버가 가지는 중요한 인자는 소재의 넓은 공극률, 낮은 비열, 얇은 연소 영역 등이다. 이로 인하여 극도로 짧은 시간내에 예열 및 냉각이 가능토록 한다. 버너는 점화 후 10초내에 900°C 온도에 도달하며, 반대로 소화 후에는 수초내에 손으로 직접 만질 수 있을 정도로 냉각된다. 이러한 메탈화이버의 즉각적인 반응성은 비례제어 및 정밀한 가열온도 조절을 가능하게 하는 장점을 가지고 있다. 또한 신속한 냉각은 화재방지를 위해 중요한 요소가 될 수 있다.

일반적인 니트형 메탈화이버버너는 연소 강도에 따라 다공성 구조 내에서 연소가 이루어지고 에너지의 대부분이 복사에너지 형태인 복사모드(Radiant Mode)와 고부하 연소시 청염이 메탈화이버의 연소면 전방으로 떠오르며 에너지의 대부분이 대류에너지인 청염모드(Blue Flame Mode)의 2가지 형식이 연소로 구분 할 수 있다.

## 2.2 실험장치

본 연구에서 사용된 메탈화이버를 이용한 표면연소 플랫폼의 상세도를 Fig.1에 나타내었다. (a)에서 전체 연소기는 크게 공기유입관부(Air inflow part), 정류부(Rectification part), 연소부(Combustion part)의 3부분으로 나눌 수 있다. 공기유입관부는 길이 700mm, 직경 110mm이다. 정류부에는 배플(Baffle), 천공판(Perforation Panel), 메탈화이버의 전단부로 나누어지고, 각각의 설치물간의 간격은 50mm이다. 이 정류부는 길이의 변화에 따른 특성을 조사하기 위해 그 길이를 100mm, 150mm로 제작하였으나, 본 연구에서는 50mm길이만을 사용하였다. 연소부의 내부면적은 300×200×300mm이며 모든 강판의 두께는 10mm이다. 그리고 공기유입부를 제외한 전체길이 450mm인 직사각형 연소기이다. (b) Baffle(배플)의 경우 공기 유입관에서 유입되어 중심부에 집중되는 연소용 공기를 분산시키는 역할을 한다. (c) Perforation Panel(천공판)의 경우 내경 3mm의 원형을 10mm 등간격으로 29×19=551개를 만들었으며, 이는 배플에서의 흐트러진 공기의 유동을 안정화하기 위해 설치하였다.

본 실험장치는 예혼합 방식이므로 각 요소들의 연결부위를 고온에서 잘 견디는 내열실리콘과 세라믹 단열재를 사용하여 기밀을 충분히 유지하였다.

Fig. 2는 본 연구에 사용된 메탈화이버의 직접사진이다. 벨기에의 Acotech. Ltd의 NIT 100S 제품을 사용하였으며, 제원과 조성비는 Table 1, 2에 나타낸 바와 같다.

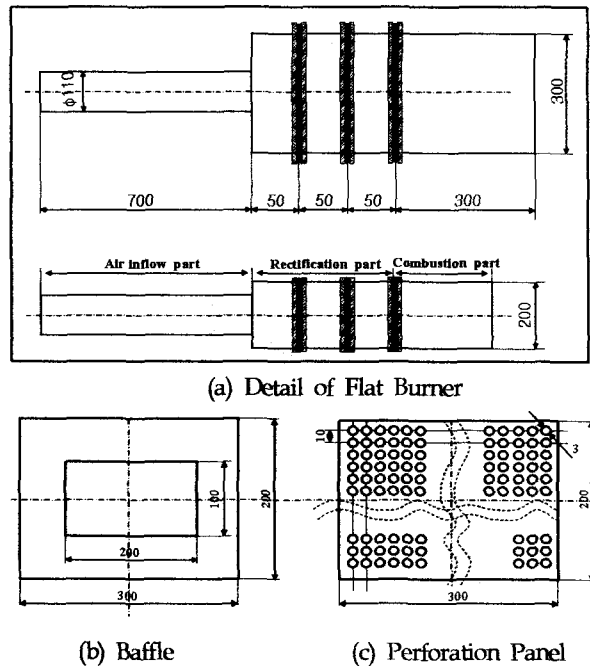


Fig. 1 Detail of flat burner

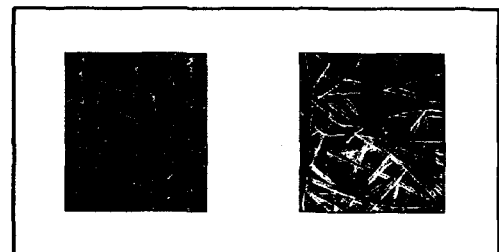


Fig. 2 Detail of flat burner

Table 1 Metal Fiber standard.

Type	Alloy	Nominal thickness (mm)	Nominal weight (g/m <sup>2</sup> )	
MF	NIT 100S	Fe-Cr	1.60 - 1.80	1300 - 1500

Table 2 Chemical analysis of Fe-Cr Alloy(wt. %)

Elements	Cr	Al	Y	Si	Mn	Cu	C	Fe
Fecralloy	16.00	5.00	0.30	0.30	0.08	0.03	0.03	Balance

Fig. 3은 이해를 돕기 위해 메탈화이버 표면연소기의 3차원 형상과 좌표축을 나타낸 것이다.

Fig. 4는 본 연구에서 사용된 메탈화이버를 이용한 표면연소용 플랫폼 버너의 실험장치를 나타낸 것이다. 연소용 공기는 원심형 송풍기(5HP)에서 공급되고 송풍기의 모터는 인버터(3.75KW)에 의해 제어된다. 공급된 공기는 유로의 밸브와 함께

유량계(KFC DIG-SID)를 거쳐 연소실로 공급된다.

본 연구에 사용된 연료는 상용 프로판가스( $C_3H_8$ )를 사용하였으며, 연료분사압력은  $0.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 이다. 연료 탱크에서 공급된 연료는 유량조절기를 거쳐 연소용 공기와 혼합율을 높이기 위해 연소기의 공기유입관 500mm지점에서 공기유입 방향의 대향류로 분사되도록 설치하였다. 분사 노즐은 내경 7mm(외경 22mm)의 노즐 선단에 직경 1.0mm인 분공 8개를 분사각  $60^\circ$ 로 하여 제작하였다.

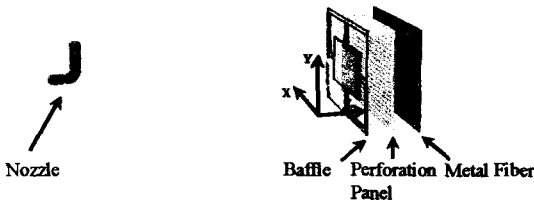


Fig. 3 Dimensions of Flat Burner

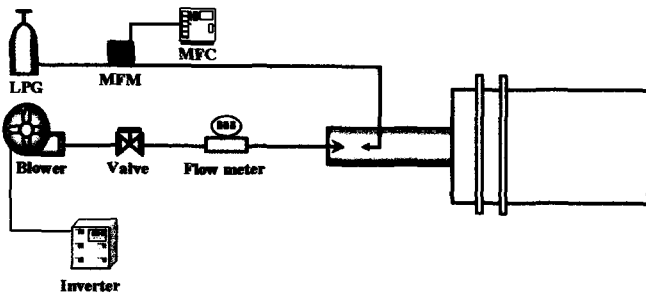


Fig. 4 Schematic diagram of experimental apparatus

### 2.3 실험방법

본 연구에서는 연소용 공기의 유속을  $0.876\text{m}/\text{s}$ 로 일정하게 공급하고 연소용 연료량을 변화시켜 공기비  $\alpha=1.3\sim 2.45$ 의 범위에서 실험을 하였다.

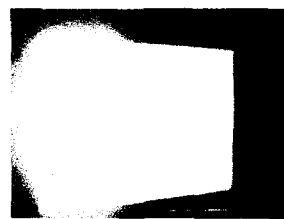
화염의 안정화 범위는 메탈화이버의 정면에서 공기비 변화에 따른 화염의 직접사진을 통해 안정화 범위를 관찰하였다. 또한 화염의 안정화 범위내에서 청염모드와 복사모드의 대표영역을 선정하고 각각의 조건에서 평균온도를 측정하여 메탈화이버에서의 표면연소에 의한 온도특성을 고찰하였다. 일반적으로, 화염 내에서의 온도 측정에는 여러 가지 방법이 있지만 본 연구에서는 열전대를 사용하였다. 열전대는 직경 0.5mm Pt/Pt-Rh 13%의 R-Type을 사용하였으며, 측정부의 정보를 디지털 데이터기록계(YOKOGAWA LR4210)를 통해 기록하였다. 측정용 프로브는 표면반응을 방지하기 위하여 석영 유리관 및 자기관을 넣고 화염부의 고온에 의한 변형을 방지하기 위하여 3중 수냉식으로 자체 제작하였다. 프로브는 3차원 이송대에 설치했으며 연소기가 축대칭이므로 X축방향 1/2부분에 대해 5mm 등간격으로 측정하였다. 측정값은 평균치를 기록하였으며 반복 실험에 대한 재연성은 충분히 확보하였다.

## 3. 결과 및 고찰

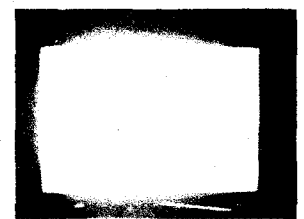
### 3.1 화염의 인정화

Fig. 5는 메탈화이버를 이용한 표면연소에서 화염의 안정화 범위를 찾기 위해 공기비 변화에 따른 화염의 형상을 직접사진으로 나타낸 것이다. (i)  $\alpha=2.45$ (연소강도  $202\text{KW}/\text{m}^2$ )에서는 착화는 되지만 아주 불안정한 상태가 된다. (j)  $\alpha=2.18$ 에서는 화염의 형성범위가  $\alpha=2.45$ 인 경우보다 아래로 확대된 것을 볼 수 있지만, 이 영역까지는 화염이 안정화되지 않아 쉽게 불이 꺼져버리는 불안정한 상태가 계속된다. 공기비를 계속 변화시켜 (i)  $\alpha=2.1$ 이 되면 다소 화염이 안정되면서 지속적인 표면연소의 영역이 확대된다. (h)  $\alpha=2.06$ 에서는 연소기의 상층부에서 표면연소의 범위가 더욱 확대되었으며, 하층부에서는 안정된 청염이 발생되었다. 이와 같이 연소기의 상층부와 하층부에서 경계를 이루며 표면연소와 청염의 나누어지는 이유는, 연소용 공기와 연료가 충분한 혼합을 이루지 못하고 동시에 유속분포가 균일 하지 않기 때문으로 사료된다. 이후 공기비를 계속 변화시켜 (g)  $\alpha=1.92$ 의 조건에서는 연소기의 표면연소에 의한 복사영역과 청염영역이 차지하는 면적비가 거의 동등한 비를 이루고 있음을 볼 수 있다. 이후 공기비가 감소함에 따라 표면연소영역이 차츰 확대되고 (c)  $\alpha=1.5$ 에서는 메탈화이버의 벽면부를 제외한 거의 모든 영역에서 표면연소에 의한 강한 복사가 일어나는 것을 확인 할 수 있었다. (b)  $\alpha=1.4$ 에서는 메탈화이버의 벽면부근을 포함한 모든 영역에서 표면연소가 일어났다. 하지만 (a)  $\alpha=1.3$ (연소강도  $380\text{KW}/\text{m}^2$ )에서는 직접 사진에서는 나타나지 않지만, 연료의 양이 많아지면서 메탈화이버에서 표면연소가 일어나지 않은 과잉연료가 메탈화이버를 지나 연소기의 후류에서 화염이 형성되는 것을 발견할 수 있었다.

위와 같은 결과를 통해 공기비 변화에 따른 화염의 안정화 범위는  $\alpha=2.06$ (연소강도  $240\text{KW}/\text{m}^2$ )에서  $\alpha=1.4$ (연소강도  $354\text{KW}/\text{m}^2$ )정도임을 알 수 있었다. 그리고 화염안정화 영역 중 공기비 변화에 따른 표면연소에 의한 복사모드는  $\alpha=1.78\sim 1.4$ (연소강도  $278\text{KW}/\text{m}^2\sim 354\text{KW}/\text{m}^2$ )에서 찾을 수 있었으며 공기비  $\alpha=1.87\sim 2.06$ (연소강도  $266\text{KW}/\text{m}^2\sim 240\text{KW}/\text{m}^2$ )에서 청염모드를 찾을 수 있었다.



(a)  $\alpha=1.3(380\text{KW}/\text{m}^2)$



(b)  $\alpha=1.4(354\text{KW}/\text{m}^2)$

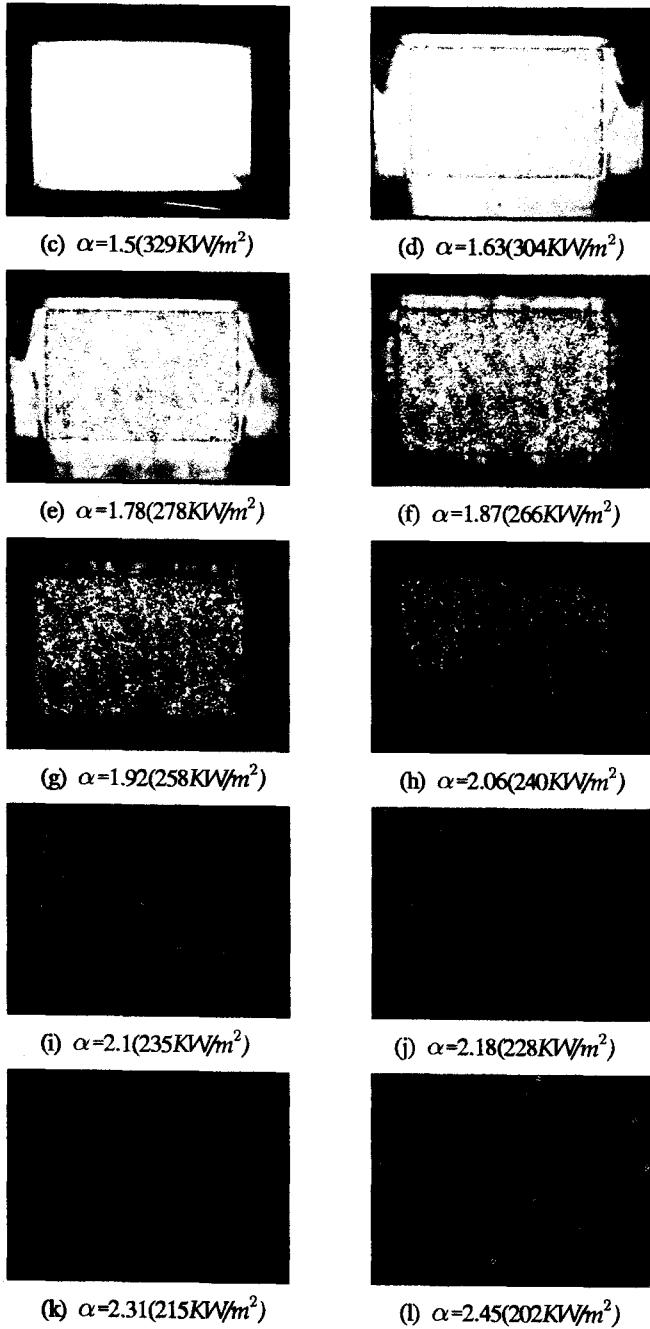


Fig. 5 Direct photographs at different air rate

### 3.2 청염모드와 복사모드에서의 온도특성

공기비 변화에 따른 화염의 안정화범위를 기초로 하여 두 가지 실험조건을 선정하였다. 복사모드로 전환되기 전의 청염모드인 공기비  $\alpha=1.9$ 와 완전한 복사모드인 공기비  $\alpha=1.4$ 를 각각 CASE 1, CASE 2로 정하고 각각의 조건에서의 평균등온분포를 통한 메탈화이버에서의 표면연소에 의한 온도특성을 조사하였다.

Fig. 6은 청염모드인 CASE 1조건에서의 Z축방향의 대표단면( $Z=10, 40, 80, 200mm$ )의 평균등온분포를 나타낸 것이다. Fig. 5의 (g)  $\alpha=1.92(258KW/m^2)$ 에서 볼 수 있듯이 메탈화이버

의 표면연소에 의한 복사 모드가 존재하나 전체적으로 고온 청염을 가지고 있다. 청염이 발생하는 영역이 존재함으로 인해  $Z=10mm$  단면에서는 약간의 온도차이는 있지만 우측상단을 제외한 대부분의 영역에서 다소 고온 평균온도분포를 보이고 있다. 하지만  $Z=40mm$  단면에서는 연소기의 아랫부분에서 평균 온도가 낮은 영역이 발생하는 것을 볼 수 있는데, 이것은 일반적인 표면연소의 경우 화염의 길이가 일반 확산연소와는 달리 아주 짧거나 전혀 발생되지 않는 특정 때문이다. 이와 같은 원인과 낮은 연소강도에 의해 메탈화이버로부터 짧은 거리에서 부력의 영향과 밀도차이에 의해 온도경계층이 발생된다.  $Z=40mm$  이후부터는 온도경계층이 연소기 상부쪽으로 상승하고 있음을 볼 수 있다.

Fig. 7은 완전한 복사모드인 CASE 2조건에서의 Z축방향의 대표단면( $Z=10, 40, 80, 200mm$ )의 평균등온분포를 나타낸 것이다. Fig. 5의 (b)  $\alpha=1.4(354KW/m^2)$ 의 사진에서처럼 전체적으로 표면연소에 의한 강한 복사에너지를 통해 아주 고온 발광을 하는 것은 복사의 의한 스펙트럼에 의한 것이다. Fig. 7의  $Z=10mm$ 에서 최대 온도 1400K의 고온부가 형성되어 있으며 메탈화이버에 전체적으로 1100K이상의 평균온도분포를 나타내고 있다. 연소기의 벽면부보다는 중심부의 온도가 높게 나타나며, CASE 1에 비해  $Z=40mm$ 에서 큰 온도경계층이 생겨나지 않는 것을 볼 수 있다. 완전한 복사 모드에서도 청염모드에서 나타난 메탈화이버면에서의 온도의 균일성 보다 더욱 뚜렷하게 나타난다. 이처럼 메탈화이버를 이용한 표면연소의 경우 화염면에서의 온도의 균일성은 피가열물의 균일한 가열을 가능하게 할 수 있으며 이것은 표면연소의 가장 큰 특징을 잘 나타내고 있다.

Fig. 8은 CASE 1과 CASE 2의 조건에서 중심단면에서의 축방향의 평균온도분포를 나타낸 것이다. 청염모드인 CASE 1의 경우 메탈화이버의 표면연소부분인  $Z=0$ 지점에서는 연소기의 상부와 하부에서의 온도는 균일하지만  $Z=40mm$ 부근에서는 대류에 의한 화염의 영향으로 급격한 온도차이를 보이고 있다. Z축방향으로 갈수록 온도 경계층은 일정한 포물선을 그리며 상승하는 것을 볼 수 있다. 온도경계층 전후의 온도차이는 600K으로 상당한 차이를 보이고 있다. CASE 2의 완전 복사모드의 경우 저부하 청염모드에 비해 메탈화이버 표면부근에서의 온도 균일성은 아주 좋게 나타나며 1300K이상으로 고온부가 형성되어 있는 것을 확인 할 수 있다.

CASE 1의 조건에서 온도경계층이 하층부  $Z=40mm$  부근에 발생된것에 비해 CASE 2조건에서는  $Z=80mm$ 까지 확대는 것을 확인 할 수 있다. 즉 메탈화이버의 표면연소에 의한 청염모드의 경우, 낮은 연소강도에서 발생하는 에너지의 대부분이 대류 에너지라는 메탈화이버의 일반적인 특징과 잘 부합된다. 또한 복사모드의 경우 화염의 길이가 전혀 발생되지 않으면서도 메탈화이버에서 고온의 영역이 확대되는 것은 에너지의 대부분이 복사에너지이기 때문이다. 이처럼 본 실험을 통해 메탈화이버를 이용한 표면연소의 경우 축방향의 영향범위를 알게 되었고 피가열물을 설치할 경우 설치기준을 알게 되었다.

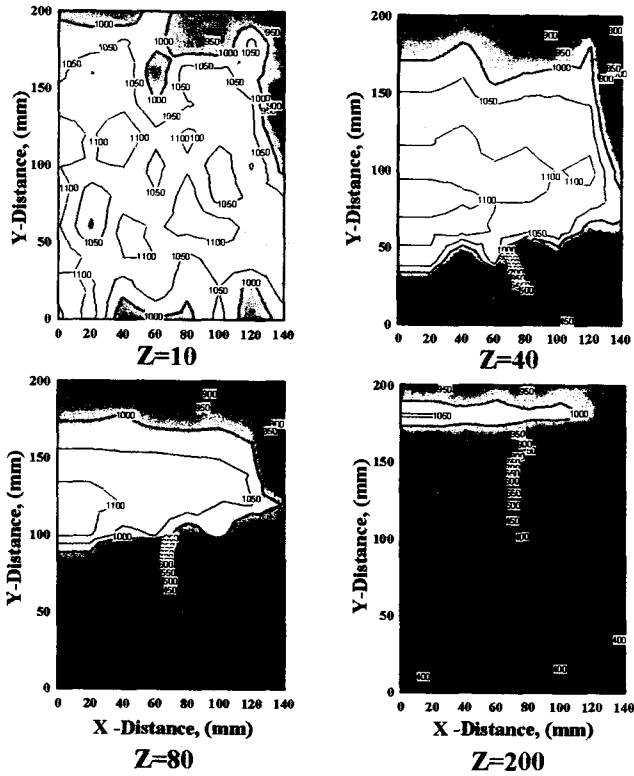


Fig. 6 Isothermal lines of X-Y plane for the CASE 1

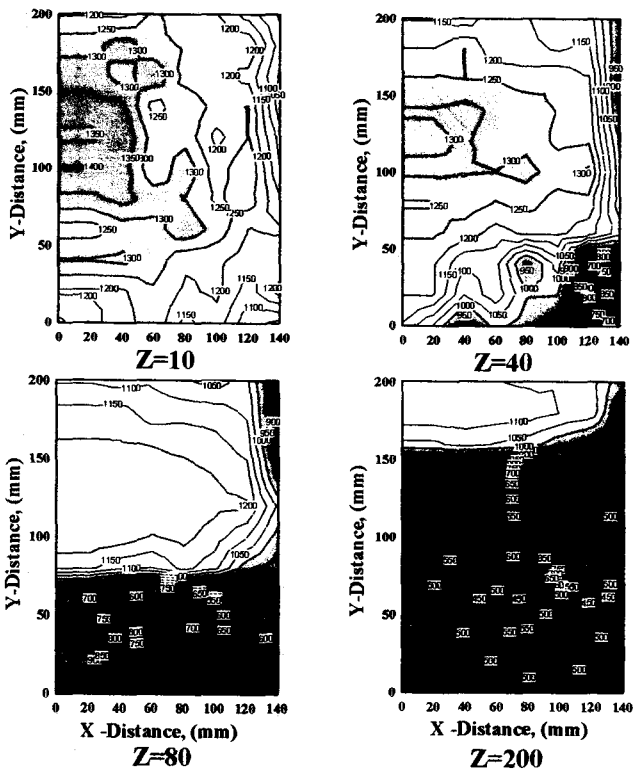


Fig. 7 Isothermal lines of X-Y plane for the CASE 2

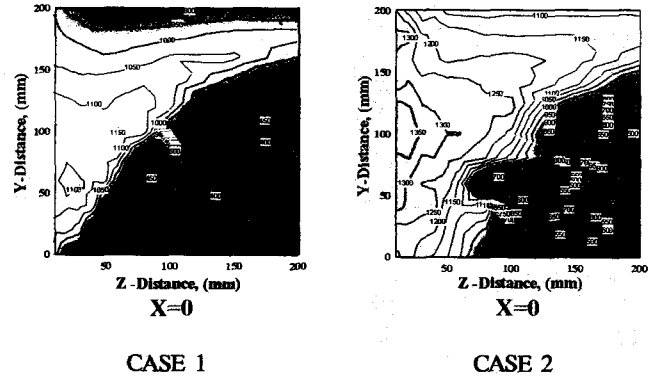


Fig. 8 Isothermal lines of Y-Z plane for the CASE 1 and CASE 2

#### 4. 결 론

본 연구에서는 메탈화이버를 이용한 표면연소기의 공기비 변화를 통한 화염안정화 범위를 찾고 각각의 대표조건에서의 평균온도분포를 통하여 온도특성을 고찰한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 공기비 변화에 따른 화염의 안정화 범위를 화염의 직접사진을 통해 분석한 결과,  $\alpha=1.4$ (연소강도  $354\text{KW/m}^2$ )에서  $\alpha=2.06$ (연소강도  $240\text{KW/m}^2$ ) 사이임을 밝혀 낼 수 있었다. 이러한 화염안정화 범위에서 공기비 변화에 따라 표면연소에 의한 복사모드는  $\alpha=1.4\sim 1.78$ (연소강도  $354\text{KW/m}^2\sim 278\text{KW/m}^2$ )이며 청염모드는  $\alpha=1.87\sim 2.06$ (연소강도  $266\text{KW/m}^2\sim 240\text{KW/m}^2$ )로 나타났다.
- (2) 화염안정화 범위에서의 청염모드와 복사모드의 대표조건 CASE 1( $\alpha=1.4$ ), CASE 2( $\alpha=1.9$ )에서 온도특성을 조사한 결과, 청염모드와 복사모드 모두 메탈화이버 표면에서의 고온 열플럭스를 확인할 수 있었으며, 청염모드의 경우 보다 복사모드의 경우에 균일한 고온부가 확대되는 것을 확인하였다. 하지만 두 가지 조건 모두 메탈화이버로부터 하류로 갈수록 부력에 의한 온도경계층이 급격히 발생하였다. 메탈화이버를 이용한 표면연소기의 경우, 피가열물의 설치위치 선정에 주의해야 함을 의미한다.
- (3) 메탈화이버는 일반적인 확산화염과 달리 화염의 길이가 아주 짧고 고온 열플럭스를 가지는 특징을 본 연구에서 확인하였고, 청염모드에서 대류에너지에 의한 고온부의 영향범위와 복사모드에서의 복사에너지의 영향범위를 알 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

한국에너지기술연구소 (1993) "산업용 공해, 고부하면 연소시스템 기술 개발에 관한 연구(I)".  
 정해승 외(2001) "메탈화이버의 예혼합 연소 및 화염급냉에 따른 NOx 배출 특성", KOSCO Symp 논문집 pp 172-179  
 Anderson, F.(1992) "Heat transport Model for fiber Burner, Progress in Energy and Combustion Science", Vol. 18,

pp 1-12

- Kawaguchi, O. (1990) "Premixed Combustion at a Fiber Mat" , 23rd Symp. on Combustion, pp 1019-1024.
- Nakamura, S.(1992) "FIPS Mat Burner Technology, Industrial Heating(日)" , Vol. 29, No.4, 1992.
- Shin, H. D. and Min, D. K. (1991) "Laminar Premixed Flame Stabilized Inside a Honeycomb Ceramic" , Int. J. Heat Mass Transfer, Vol. 34, No. 2, pp 341-356. .
- Sathe, S. B. et al. (1990) "An Experiment and Theoretical Study of Porous Radiant Burner erformance" , 23rd Symp. Combustion, pp 1011-1018.
- Shib, H. D. and Min, D. K. (1991) "Laminar Premixed Flame Stabilized Inside a Honeycomb Ceramic", Int. J. Heat Mass Transfer, Vol. 34, No. 2, pp 341-356.
- Yoshizawa, Y. et al. (1988). "Analytical Study of the Structure of Radiation Control Flame" , Int J. Heat Mass Transfer, Vol. 31, No. 2, pp 311-319.
- Metal Fiber Burner, ACOTECH Corporation