

固體燃料用 및 混合燃料用 로타리 키른 버너

— G. Eckelmann Taunusstein —

金 炯 均(譯)

로타리 키른을 固體燃料나 混合燃料(固體, 液體 및 가스)로 燃焼시키는 것은 키른 自體나 豫熱機 또는 레폴그레이트(Lepol grate)와 關聯된 2次 燃焼를 위하여 그 必要性이 매우 높아지고 있다. 로타리 키른은 특히 用途가 多樣하며 容量이 큰 産業用 키른이다. 여러가지 使用處에 따라서 燃焼와 關聯된 各各의 要件들이 발생한다. 工程 技術과 이에 부수되는 現象들은 燃焼裝置에 의해서 많은 영향을 받는다. 固體燃料를 使用함에 있어서는 一般的인 液體 및 가스燃料와 比較하여 몇가지 燃料 工學上의 問題點들을 더 隨伴하게 된다.

1. 로타리 키른 燃焼의 特徵

<그림-1>은 3,000t/日 시멘트 키른을 例로 든 것으로 極端으로 높은 길이/지름 比를 보여 주고 있다. 一般的으로 燃焼는 키른 후드(hood)에 있는 비교적 아주 작은 端部面(end face)을 통해서만 可能하다.

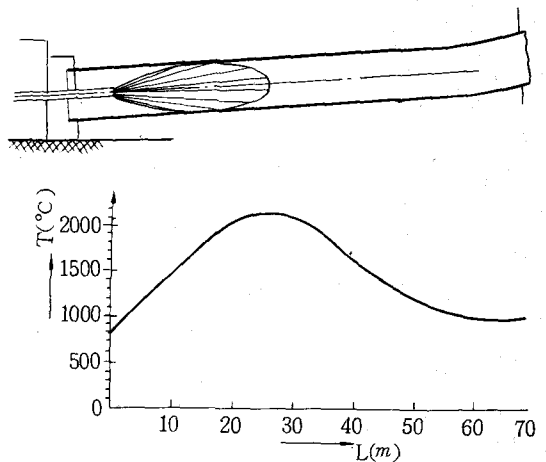
同 그림에는 가스 溫度의 大略의인 分布曲線이 표시되어 있는 바, 最大值는 불꽃 尖端 근처에 位置하고 있다. 키른은 逆流 原理에 따라 作用을 하게 되므로 다른 運轉條件들이 허락하는 한 最短의 불꽃으로 熱消耗를 最適化하여야 한다. 其他 特殊한 要件들을 살펴보면 다음과 같다.

大型 키른의 燃料 注入量이 매우 크고, 工場을 가동하면서 工程에 신중하게 적응할 수 있도록 불꽃 調整을 광범위하게 할 必要가 있는 점은 重要한 要素들이다. 불꽃은 키른의 노우즈部(nose sectors)와 타이어部(riding rings)가 지나치게

무리한 熱을 받지 않도록 하면서, 라이닝의 壽命과 코팅의 形成에 유리한 영향을 미칠 수 있도록 調節되어야 한다.

이 以外에 불꽃 모양의 調節은 적은 量의 1次 空氣(約 5~10%)만으로 達成 되도록 하면서, 燃焼에 必要한 나머지 空氣는 아주 적은 過剩空氣만을 가지고 연소할 수 있도록 一定한 量을 키른에 공급하여야 할 것이다.

燃焼室을 특정지우는 기타 다른 條件들 즉, 溫度, 壓力, 材料의 영향, 2次 空氣溫度 등도 상기와 마찬가지로 事전에 決定된다.



<그림-1> 로타리 키른의 길이/지름比

2. 固體燃料를 使用하는 燃焼裝置의 設計

固體燃料 燃焼裝置의 設計는 몇가지 特殊條件에 포함되도록 하기 위한 것이다. 液體 및 가스

燃料에 있어서 技術的으로 重要한 性質 즉, 熱量, 灰分量, 粘度, 硫黃 含量 등은 그 變化 범위가 좁은 반면에, 固體燃料의 경우에는 同一한 供給源에서 획득한 것일지라도 상당히 變化한다.

특히 불꽃의 모양에 중대한 영향을 미치는 다음과 같은 性質들을 고려하지 않으면 안된다.

固體燃料의 揮發 成分은 불과 몇%에서 60% 이상까지 함유되어 있다. 따라서 燃料의 點火性 質과 反應性에 현저한 영향을 미치는 要素는 不確實하다.

熱量은 同一한 供給源으로부터 채취된 燃料의 경우에도 平均値에서 上下로 2% 혹은 3%까지 變動한다. 灰分量(이의 組成은 工程 技術面에서 상당한 重要性을 가지며, 때때로 키른의 生産物에 함유되는 것이 바람직하지 못한 경우가 있다)도 특히 不活性 鑛物質의 含量이 높은 固體燃料에서 1%~60% 또는 그 以上까지 크게 變化한다.

예를 들어 事前處理된 갈탄의 水分 含量은 約 9%이다. 水分의 存在는 燃燒帶에서의 熱放出을 현저하게 減少시키며, 또한 precalcining 버너의 熱產出量을 감소시킨다.

燃料의 燃燒時間에 특히 영향을 미치는 微粉度에 있어서 市中에서 구매한 既成微粉炭은 不適當할지도 모르며, 4900-메시의 標準 체에서 60% 혹은 그 以上の 殘留物이 발생할 지도 모른다. 로타리 키른 시스템에서의 실제 比率는 20% 以下이다. 이와 관련하여 粗燃料에 대한 體分析은 특히 중요하다. 더우기 微粉度和 灰分量 간에 적절한 關係를 유지하도록 하여야 한다.

기타 重要한 性質은 燃料粒子的 表面積, 燃料의 分散性, 排氣가스量 및 갈탄에 남아 있는 植物性纖維質과 같은 不純物의 存在 등이다.

微粉燃料의 磨耗性質은 버너의 設計와 관련하여 特別한 注意를 要하고 있다. 이 以外에 燃料의 供給率 調節과 관련된 어려움이 발생하기 쉽다.

이와 같은 理由 때문에 工場에 供給된 固體燃料은 이러한 性質面에서 調查되어야 하며, 安全 餘裕를 과도하게 잡고 시스템을 運轉함으로써 과도한 연료 소비가 발생되는 것을 방지하기 위하여 장비 담당자로 하여금 연소장비의 正確한 調

節을 할 수 있도록 교육이 되어 있어야 한다.

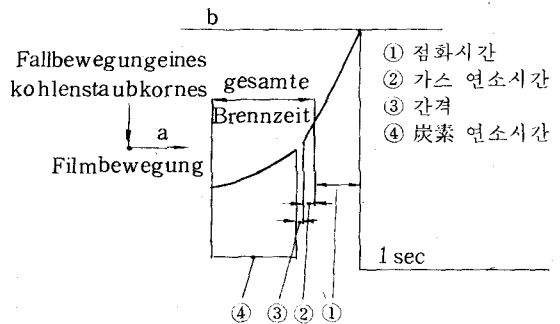
<그림-2>는 Haupt 에 의한 石炭粒子的 燃燒 動作을 나타낸 것이다.

加熱空氣로 充填되어 있는 水晶유리管 內에서 落下하고 있는 白熱 石炭粒子에서 放出된 빛의 필름을 一定한 速度로 가로로 움직이면서 촬영하였다. 그 結果 여기서 보는 바와 같은 曲線을 얻었으며, 點火時間(1), 가스 燃燒時間(2), 間隔(3), 炭素의 燃燒時間(4) 등 一連의 段階로 구성된다.

좀더 자세히 說明하면 다음과 같은 一連의 현상이 발생한다.

첫째로, 溫度가 상승할 경우 固體燃料은 乾燥된다. 다음에는 一連의 轉換 過程이 發生하는 데 처음에는 200°C 부근에서 CO₂와 H₂O가 生成된다.

300°C 以上에서 기름 방울이 表面으로부터 滲出되고, 그 後에는 約 450°C가 될 때까지 메탄과 메탄의 同族體 및 올레핀이 發生한다. 이러한 過程들은 第1 段階에서 일어나는 것이며, 燃燒에 影響을 주는 第2 段階는 시간이 매우 짧다(約 100分의 1초). 第4 段階에서의 炭素 燃燒에 가장 많은 時間이 所要되고 있다. <그림-2>는 전형적인 曲線을 표시한 것이다. 實際의 모양은 휘발成分, 水分 含量, 粒子的 크기, 表面積 및 外部 條件들에 따라 상당히 다르게 된다.



<그림-2> Haupt 에 의한 粉碎石炭粒子的 燃燒

3. 固體燃料 및 混合燃料用 로타리 키른 버너와 2次燃燒 裝置

로타리 키른의 燃燒 技術 및 固體燃料의 使用

과 관련된 特徵 때문에 設計와 工程 技術上 다음과 같은 特殊한 要件이 따르게 된다.

로타리 키른의 버어너는 연료를 2次 空氣와 混合시킴으로써 一定한 速度로(이는 가능한 한 最大의 正確度를 유지하여야 한다) 연료를 연소시켜야 할 뿐만 아니라, 熱放출이 항상 키른 運轉上의 特定 要件에 잘 적응할 수 있도록 조절될 수 있어야 한다. 이는 버어너와 버어너의 性能이 工場의 成果와 製品의 品質에 重大한 影響을 미치며, 기타 몇가지의 運轉上의 要素에도 重大한 影響을 미치게 됨을 의미한다.

가장 적합한 버어너의 設計를 택하는 일이 重要하다는 것은 다음과 같은 事實 즉, 3,000 t/日의 키른에 사용되는 버어너의 비용이 12 時間의 燃料 消費 費用보다 적다는 것을 예로 들어 볼 때 명백하다. 따라서 최신의 설계에 의해서 제공되는 모든 利點들 때문에 높은 投資收益率을 달성할 수 있다.

특히 로타리 키른은 다음과 같은 重要한 任務를 수행하여야 한다.

(1) 燃料 供給量을 設定된 水準으로 正確하게 유지시킴으로써 實質的인 熱入力이 연료의 熱量과 관련하여 所要量을 最大限으로 充足시킬 수 있도록 하여야 한다. 따라서 여러가지 熱量을 갖는 연료를 가지고 一定한 時間間隔으로 열량을 測定하고 연료 供給量을 적절히 조절할 必要가 있다.

(2) 모든 연료와 排出空氣의 흐름 形態도 키른 稼動에 있어서의 所期の 效果를 達成하고 유지할 수 있도록 하기 위하여 상기와 마찬가지로 精確하게 一定한 水準으로 유지시켜야 한다.

(3) 버어너의 조정 범위를 매우 크게 함으로써 内部 連結具의 조정을 전혀 하지 아니하고도 燃燒裝置의 熱產出量을 始動에 所要되는 最少量으로부터 工場의 正常稼動에 所要되는 水準까지 增加시킬 수 있도록 하여야 한다. 固體燃料를 使用하는 경우 버어너는 補助 연료(일반적으로 가스)로 點火되고, 연소실 溫度가 一定 水準에 도달함과 동시에 고체연료의 供給이 개시되고, 서서히 증가된다.

(4) 불꽃 조정으로 코팅 형성을 조절할 수 있어야 한다.

(5) 最適의 불꽃 모양을 만들기 위한 버어너의

조정은 工程全體의 熱消費量을 有利하게 하는 方向으로 이루어져야 한다. 이렇게 하기 위해서는 키른의 逆流 原理를 가능한 한 最大로 이용함으로써 모든 運轉條件들을 여전히 充足시킬 수 있는 最短의 불꽃을 얻을 수 있도록 하는 것이 특히 必要하다.

(6) 키른의 耐火材의 壽命, 타이어에서의 엄격한 熱條件, 노우즈 部(nose sector)의 내구성 吸入帶의 壽命 등은 불꽃 모양과 길이의 精確한 調整을 통하여 最適化되어야 한다.

(7) 연료 吸入通路 配置의 적절한 設計, 耐磨性의 内部 連結具, 微粉 燃料 混合物 移送空氣의 安定化 및 排出裝置 設計의 安定化로 버어너 자체의 磨耗를 限界點 以下로 억제시켜야 한다.

(8) 自動制禦의 必要性을 고려하기 위하여 모든 연소 조건들은 最大限의 精確도를 가지고 일정하게 유지하여야 한다.

4. 버어너의 設計

원래 微粉燃料를 사용하는 버어너는 單一 채널型으로 되어 있는 바, 이 경우에는 연료와 1次 空氣의 混合物이 노즐로부터 軸方向으로 排出된다. 불꽃 모양을 약간 조정하는 유일한 方法은 1次 空氣比나 燃料特性을 變化시키는 것이 있다.

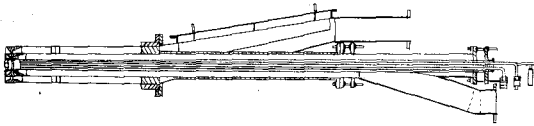
2-채널 노즐<그림-3>의 도입으로 커다란 發展을 가져오게 되었는데, 이런 종류의 버어너에서는 1次 空氣가 연료와 接觸하지 않는 内部 흐름과 燃料를 運搬하는 外部흐름으로 나누어진다. 内部通路의 排出裝置는 空氣의 渦流作用과 다이버전스 角(divergence angle)을 調節하는 渦流 및 다이버전스 엘레먼트(swirl and divergence element)로 構成되어 있다.

外部 通路로부터 발생된 흐름은 微粉炭을 운반하면서 軸方向으로 移動하거나 약간의 다이버전스가 일어난다. 이런 종류의 버어너로 만들어진 불꽃은 軸流率, 다이버전스 및 渦流作用을 複合적으로 調節함으로써 조정된다.

微粉 연료는 버어너의 外部 通路에 있는 1次 空氣 속으로 流入되거나, 壓縮空氣에 의해서 1次 空氣의 軸流 속으로 注入된다.

中央管에는 가스나 液體의 點火 燃料 供給用

파이프와 특히 低級의 固體燃料을 사용하는 버어너에 있어서, 버어너의 연소를 지속시켜 주는 維持불꽃(sustaining flame)을 위한 供給파이프가 設置되어 있다. 石炭 送出通路에는 通路의 바닥으로 흐르는 경향이 있는 燃料을 공기와 적절히 混合되도록 하는 安定器가 設置되어 있다. 燃料 吸入닥트는 耐磨耗性의 内部 連結具로 固定되어 있는 바, 이 内部 連結具는 버어너가 補助燃料로 運轉하고 있는 동안에 交替할 수 있다.



<그림-3> 2-채널 노즐

<그림-4>는 固體燃料 및 混合燃料을 사용하는 3-채널 로타리 키른 버어너를 나타내고 있다. 이것은 實際로 버어너가 稼動하는 동안 繼續的인 調節을 함으로써 원하는 불꽃 모양을 얻을 수 있도록 한다. 이것은 固體, 液體 및 가스의 混合연료뿐 아니라 固體연료의 경우에도 可能하다.

여기에서도 石炭移送空氣를 위한 吸入닥트 裝置도 磨滅을 방지하고 沈澱된 연료가 空氣와 다시 混合되도록 하기 위하여 内部 連結具로 固定되어 있다.

中央재킷 튜브(1)는 點火와 維持불꽃을 위한 液體 또는 가스燃料 供給 파이프가 들어 있다. 燃料과 接觸하지 않은 空氣는 이웃한 同心 通路(3)를 통해서 供給된다. 이 주위에는 다른 同心 通路가 있으며(3), 이 곳을 통해서 微粉 연료와 運搬空氣(또는 運搬가스)의 混合物이 最低 速度로 供給된다. 이 通路에는 内部 連結具가 전혀 없으며, 이곳에서의 軸流나 固體 燃料의 흐름은 研磨性이 적으며, 一定量의 다이버전스가 일어난다. 外部通路(4)를 통해서 燃料과 接觸되지 않은 空氣가 더 많이 軸方向으로 또는 必要할 경우 可變 다이버전스(divergence)를 가지고 큰 속도로 排出된다.

微粉燃料의 送出通路에는 不完全燃燒가 일어날 수 있는 데드코너(dead corner)가 없다. 燃料

와 接觸되지 않은 空氣의 流量은 다이버전스와 渦流作用의 경우에는 調整장치(7)(内部通路)에 의해서, 그리고 軸流나 약간의 다이버전스의 경우에는 調整장치(8)(外部通路)에 의해서 調節된다.

燃料과 接觸하지 않은 空氣의 流出速度는 다이버전스와 渦流의 경우에는 調整장치(9)(内部通路)에 의해서, 그리고 약간의 다이버전스와 軸流의 경우에는 調整장치(10)(外部通路)에 의해서 調節된다.

3-채널 버어너의 長點과 主要 特徵들을 살펴 보면 다음과 같다.

(1) 1次 空氣의 所要量이 最少에 그침(5~7%) : 모양 調整은 微粉燃料과 完全히 獨立되어 있다. 따라서 운반 매체로서의 空氣 흐름에 적용되는 要件이 제거될 수 있기 때문에 1次 空氣를 最下 水準으로 유지할 수 있다. 排出 裝置의 모든 흐름 형태는 方向 및 速度 면에서 空氣의 燃料 運搬 機能에 구애됨이 없이 임의로 선택할 수 있다. 燃料과 接觸되지 않은 空氣通路에서는 磨滅이 일어나지 않으므로 노즐에 可變 排出 區間을 사용하는 것이 실용적이다. 이렇게 함으로써 이들 2 가지 공기 흐름에 있어서 流量과 流出 速度를 最適化할 수 있다.

(2) 불꽃 모양의 광범위한 調節이 可能함 : 内部通路 및 연료와 接觸되지 않은 外部通路로부터의 吐出 임펄스(impulse)를 最適化 할 수 있으므로 軸流와 外部通路 空氣의 다이버전스 및 渦流作用을 複合 調整함으로써 연소 工程에 적합한 불꽃 모양으로 調節할 수가 있다. 이와 같이 함으로써 언제라도 큰 稼動 조건에 따른 圓만하고도 지속적인 적응이 가능해진다. 調節은 工場을 稼動하면서 할 수 있다. 불꽃의 길이와 直徑은 거의 서로 獨立的으로 變化시킬 수 있다.

(3) 작은 偏角과 낮은 速度가 使用되기 때문에 燃料移送通路에서도 버어너의 磨滅은 매우 경미하다. 그럼에도 불구하고 중요한 部分은 모두 耐磨耗性의 内部 連結具로 保護되어 있고, 이 連結具들은 버어너의 稼動中에도 매우 신속하게 交替할 수가 있다. 이러한 交替를 위해서 버어너는 몇분 이내에 點火燃料로 轉換된다. 불꽃 모양은 燃料과 接觸되지 않은 空氣만으로 調節되므로, 이

와 같은 짧은 補修 時間 동안에 연소 공정에는 아무런 變化도 발생하지 않는다.

(4) 모든 힘은 外部 재킷 튜브에 의해서 버어너 固定 施設에 전달되기 때문에 全體 部屬品은 slide-in-unit로 設計할 수 있으며, 最短 時間內에 交替할 수 있다.

(5) 3-채널 버어너는 여러가지 點火 燃料을 兼用할 수 있도록 設計할 수 있다. 어느 한가지 燃料에서 다른 燃料로의 轉換은 몇分內에 이루어질 수 있다.

(6) 點火燃料는 燃燒裝置의 運轉 段階까지 使用될 수 있으므로 微粉燃料의 供給에 장애가 발생할 경우에는 언제든지 點火燃料로 運轉할 수 있다.

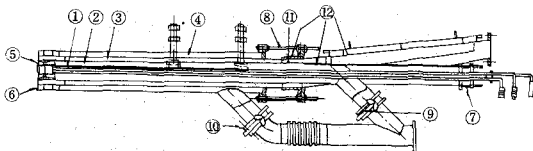
(7) 다른 固體燃料을 同時に 또는 選擇的으로 使用할 수 있다. 特殊要件에 알맞는 특수한 종류의 버어너를 製作할 수 있다.

(8) 로타리 키른으로 加工하기에 적합한 物質은 무엇이든지 3-채널 버어너에 의해서 加工할 수 있다.

(9) 補助燃料과 연소 가능한 廢棄物도 연소시킬 수 있다.

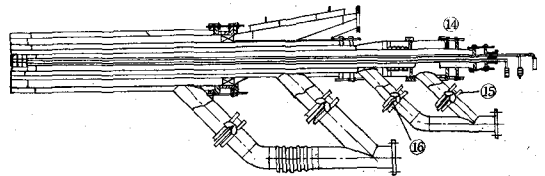
(10) 上記 以外에도 다음과 같은 長點들이 있다.

- ㉑ 壓力 및 溫度의 測定器를 연소실 內에 設置할 수 있다.
- ㉒ 버어너는 거의 補修가 必要치 않다.
- ㉓ 연료 供給量의 셋팅과 모든 부분의 배출 형태가 稼動中에 正確하게 유지된다.
- ㉔ 調節 범위가 넓다.(最下 10 : 1)
- ㉕ 燃燒 工程의 完全한 적응으로 熱消費量을 最大限度로 낮출 수 있다.
- ㉖ 自動化에 적합하다.
- ㉗ 固體, 液體 및 氣體燃料을 組合할 수 있고, 相對的으로 2次 空氣의 注入量은 커진다.

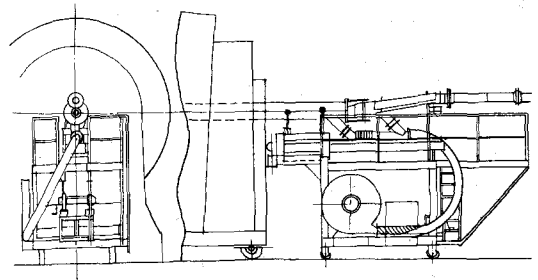


<그림-4> 固體燃料 및 混合燃料用 3-채널 버어너

<그림-5>는 微粉炭, 油類 및 天然가스를 使用하기 위하여 設計된 로타리 키른 버어너를 나타낸 것이다. 이 裝置의 微粉 燃料 部分은 3-채널 버어너와 비슷하다. 이 以外에 가스 排出裝置(13), 가스 吸入다트(14), 가스의 渦流와 發散을 위한 調節裝置, 가스의 軸流와 發散을 위한 調整장치가 있다.



<그림-5> 微粉炭과 天然가스用 로타리키른 버어너



<그림-6> 버어너 마운팅에 설치된 固體燃料 버어너

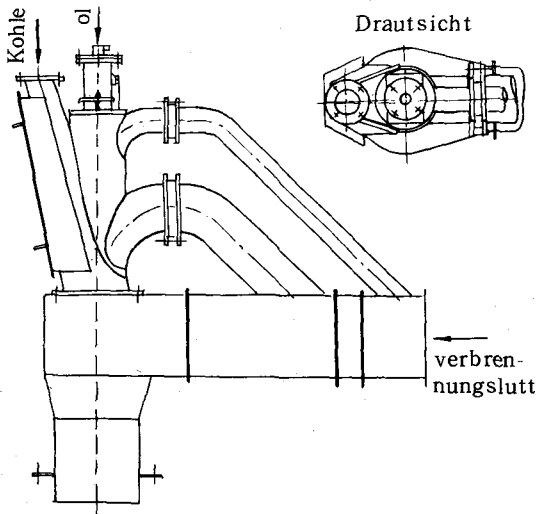
<그림-6>은 트로리 위에 設置된 固體 燃料 버어너를 보여주고 있다. 버어너의 移動路는 垂直 또는 水平으로 調整되며, 따라서 버어너는 霧點調整없이 必要한 位置에 놓을 수 있다. 燃料는 텔레스코우프관(이는 軸方向으로 調整된다)과, 水平 및 垂直 移動을 하도록 設計된 回轉 關節로 된 連結 파이프를 통하여 供給된다.

서스펜션 예열기 및 예열기 그레이트에 使用되는 precalcining 버어너는 로타리 키른과 근본적으로 設計가 비슷하다. 이들 2次 燃燒裝置는 실제로 불꽃을 만들지는 않으나, 이들이 수행해야 할 反應-動作 條件들은 同一하다. 연료와 공기 的 混合을 一定하게 하고, 극히 짧은 時間內에 연소 反應을 할 수 있도록 하기 위하여 로타리

키른 버어너에서와 같은 方法이 利用된다.

precalcining 裝置에서는 燃料가 버어너 노즐에서 나옴과 동시에 加熱, 乾燥되고, 揮發成分의 제거 및 點火가 이루어져야 하며, 炭素粒子들이 不均質한 段階에서 完全燃燒가 이루어져야 하며, 熱이 原料에 傳達되어야 한다는 점을 유의해 두어야 한다. 이들은 모두 가스 溫度 約 800℃ ~ 1,000℃의 범위내에서 그리고 3分の1초 동안에 이루어져야 한다. 同時에 고도로 회석된 殘留 산소下에서 反應할 수 있도록 排出가스내에서 均一한 燃料 混合이 完全히 이루어져야 한다. 버어너 노즐로부터의 排出흐름 方式을 燃燒室의 特殊 條件에 잘 적응케 하므로서 이와 같은 모든 物理的 工程을 最適하게 수행할 수 있게 된다.

<그림-7>은 固體 燃料과 液體 및 가스의 混合 燃料를 使用하는 버어너를 나타낸 것이다. 이와 같은 종류의 버어너는 다른 産業用 키른과 爐(스팀보일러 爐 포함)에 使用하기 위한 것이다. 불꽃 모양의 조절은 로타리 키른 및 3-채널式 precalcining 버어너와 같은 方法으로 이루어진다. 이 裝置는 불리한 연소 조건하에서도 뛰어난 燃燒性能을 발휘하고 있다.



<그림-7> 固體燃料 및 液體·가스 混合燃料用 버어너

