

# 시멘트 키른의 石炭使用

閱 用 主

(成均館大學校 大學院)

## 1. 直接燒成

키른의 石炭燒成에 있어서 가장 간단하고 普遍的인 使用方法是 (그림-1)에서 보는 바와 같이 直接燒成系이다.

젖은 石炭은 크링카 冷却機나 키른후드로 부터 뜨거운 Gas와 함께 粉碎機에 넣어진다. 뜨거운 Gas 닥트의 集塵機는 粉碎된 크링카의 대부분에 먼지가 밀로 들어가는 것을 防止하여 준다.

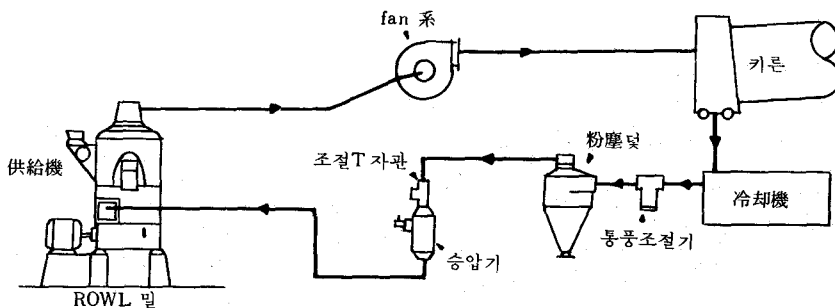
B-C 油나 Gas 燒成 空氣保温機는 冷却機로부터 發生하는 廢熱을 利用하는 동안 뜨거운 Gas를 供給하는데 使用되었다. 石炭은 粉碎機內에 더운 공기로 自體의으로 乾燥되며 粉碎되고 있다.

粉碎機는 hammer 밀 ring roll 밀 또는 볼밀 등이 使用되고 있다.

뜨거운 Gas는 石炭속의 水分을 脫水하므로써 冷却되고 濕氣를 含有하고 있다. 그리고 또한 이 뜨거운 Gas는 fan에 대해 未粉碎된 石炭버너쪽으로 混合物들이 움직인다.

어떤 (mill) 밀들은 큰 石炭들을 걸러내는 밀內에 分類機를 갖고 있으며 큰 石炭들을 粉碎機로 되돌려 보낸다. 또한 어떤 밀들은 큰 石炭들을 걸러내는 外部 分類機가 있으며 完全히 乾燥가 않된 石炭을 濕氣가 많은 石炭이 들어가는 入口쪽으로 다시 보낸다.

直接 燒成系의 가장 큰 長點은 單純하며 設置費用이 적게 들고 最大로 安全하다는 것이다. 危險을 內包하고 있는 未粉碎된 石炭은 빠른 速度로 키른 버너에 直接 傳해지며 함께 모이거나 自發的으로 加熱될 機會가 주어지지 않는다. 이것 때문에 安全한 狀態에서 最大의 溫度로 稼動될수 있다.

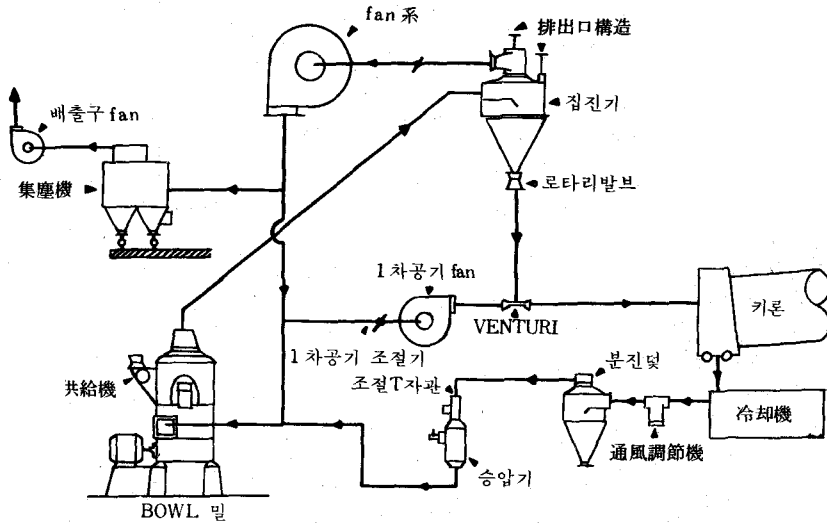


〈그림-1〉 직접 소성계의 흐름공정도



이런 경우 여러 種類의 間接燒成系가 (그림-3)에서 보는 바와 같이 使用된다. 系의 Gas 는

排出口로 排出되어야 한다. 이렇게 排出되는 Gas 處理가 오늘날 새로운 問題로 惹起되고 있다.



(그림-3) 간접소성계의 흐름공정도 (수분을 많이 함유한 석탄)

젖은 scrubber는 안전한 模型의 採集機이지만 流出되는 젖은 石炭은 밀에 의해 取扱되고 排出Gas 中에 包含되어 蒸發되므로서 運搬中 1~2%의 經濟的 損失과 함께 스스로 自體內에서 問題를 處理하게 된다.

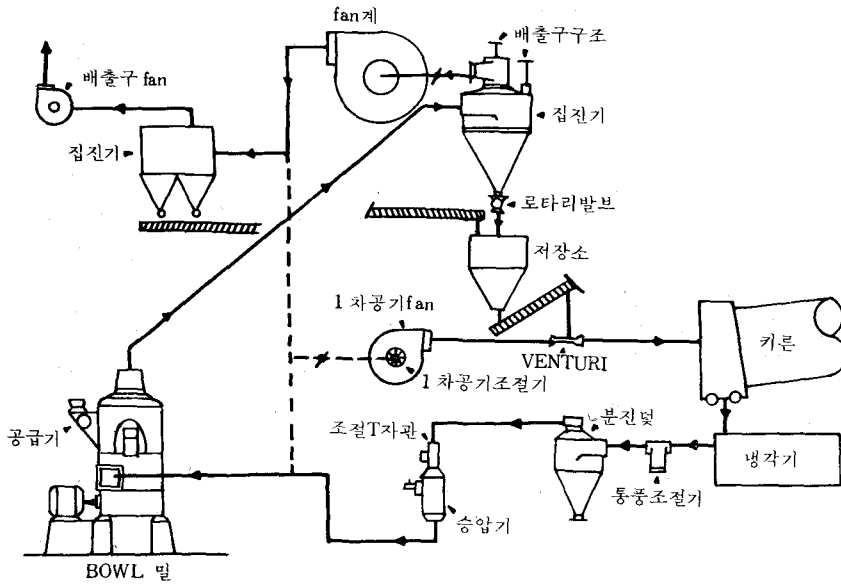
Baghouse에서의 損失되는 石炭을 回復시키지만 高溫의 粉碎된 石炭을 排出하는 作業으로서 아주 위험한 裝置의 一部分이라는 것이 立證되어야 한다. 어떤 工場들은 baghouse와 같이 作動할 수 있도록 되어 왔지만 항시 燒成時에는 作動準備가 되어 있어야만 한다. S.P키른의 이러한 排出은 粉塵으로 인하여 극단적으로 弱화되었기 때문에 危險성이 크게 弱화되는 키른 baghouse에 미칠 憂慮가 있다. 그리고 排出口에서의 石炭의 損失은 供給機의 系쪽으로 다시 回收될 것이다.

### 3. 貯藏所에서의 燒成 (Bin storage fired)

(그림-4)에서 보는 바와 같이 貯藏所에 의

한 系는 初創期에 石炭燒成方式으로 使用되었지만 粉碎된 石炭貯藏에서 經驗한 危險성과 2次 採集機의 危險性 때문에 美國에서는 排斥되어 왔다.

Multiple 키른으로 石炭을 供給하는 데에는 단지 한개나 두개의 밀을 使用하는 것이 有利하다. 微量의 1次空氣는 使用될 수 있고 또한 正確하게 統制될 수 있다. 貯藏所는 대단히 커야하며 火災나 爆發로 因해 損傷을 입을수도 있게 될 것이다. 供給原料로서 粉碎된 石炭이 要求되므로서 多量の 石炭을 氣體化 시키는 方法이 出現되므로서 貯藏所 系의 建設이 재기되었다. 이것들의 裝置는 不純物을 包含하고 있으며 窒素나 石炭乾燥에 使用된 燃燒時 發生物質들과 함께 無力해진다. 이러한 貯藏所는 無力한 Gas와 함께 維持되며 貯藏은 最少限度로 적어진다. 大部分의 石炭Gas의 計劃이 部分的으로 政府에 의해 設立된 이래 莫大한 金額이 이 計劃을 進陞시키는데 消費되어 왔다. 貯藏所 系를 安全하게 魅力的으로 誘導할 수 있도록 새로운 技術이 開發될 것으로 생각하고 있다.



〈그림-4〉貯藏所系 흐름공정도

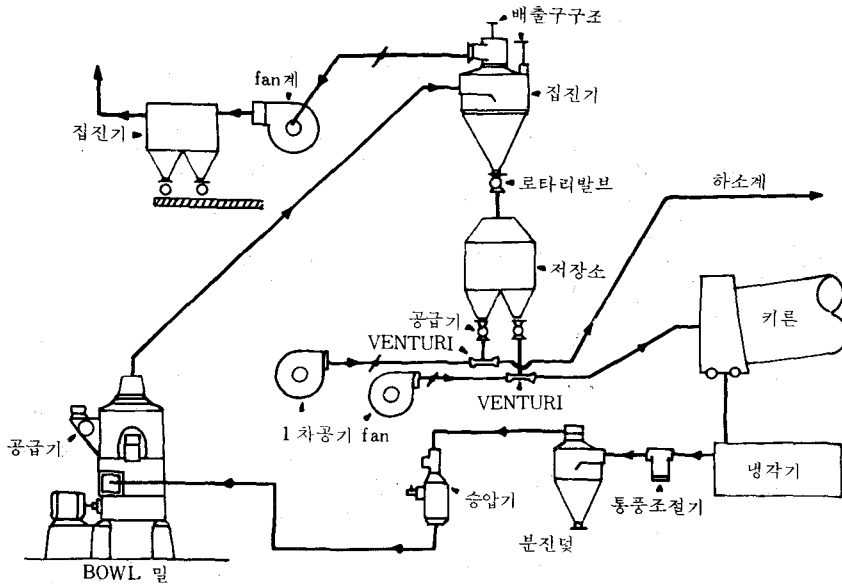
(1) 多燒成方法 (multiple point firing)

키른 煨燒의 出現으로 多燒成系에 대한 必要性이 發生되는데 이는 두개의 直接燒成系가 키른을 加熱시키는 한개의 밀과 煨燒시키는 밀로서 使用될 수 있다. 그러나 이것은 費用이 많이 들 것이며 建設費用과 施設 稼動에 必要한

石炭이 2倍로 必要하게 될 것이다.

(2) 貯藏燒成 (Bin storage fired)

貯藏系는 (그림-5)에서 보는 것과 같이 使用되며 多燒成의 統制를 잘 할수 있으나 큰 危險이 따른다.

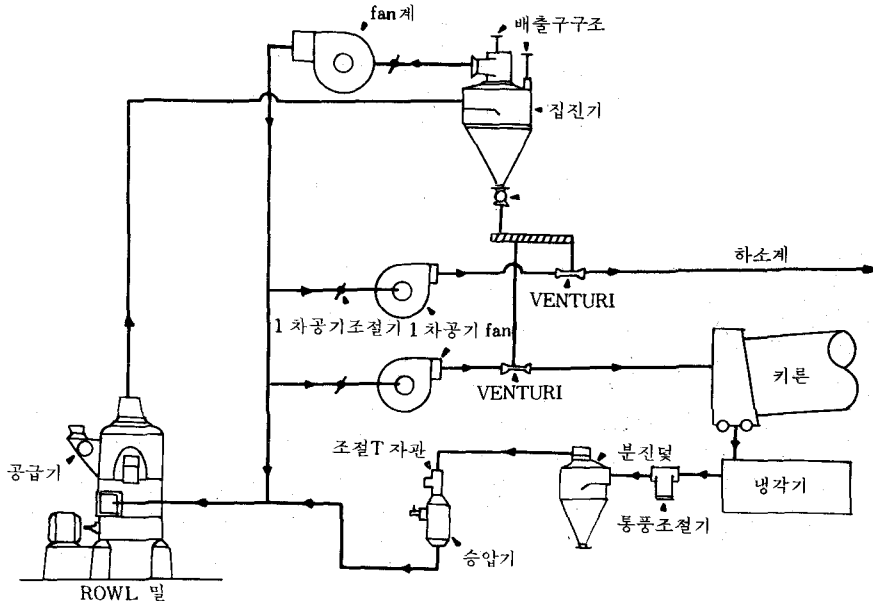


〈그림-5〉다점저장소 소성계 흐름공정도

### (3) 間接燒成

키른마다 한개의 밀이 要求되었을때 附加로 두개의 燒成系는 煨燒系를 위해서 開發되어 왔다. 石炭을 使用하는 間接 燒成系는 (그림-6) 에서 보는 바와 같이 키른에 供給하는 것과 煨燒 (flash calciner)에 供給해 주는 것들을 2次 空氣 fan으로 바꾸어 흐르게 해 준다. 事前에 討議되었던 間接燒成系의 모든 長點과 短點에 따라서 이것은 系가 한쪽으로 흐름이 增加되며

또 다른 쪽은 같은량이 減少되는 것과 같이 더 큰 短點을 갖고 있다. 이러한 것은 밀에 있는 供給 制御機에 粉碎된 石炭制御機를 對角線 (cross-couple)으로 適切한 方法으로 고쳐질수 있다. 키른이나 煨燒系의 石炭의 흐름은 方法의 정도에 따라 正確性和 함께 다른것과는 獨立的으로 調整될 수 있다. 萬一多數 (multiple) 버너가 煨燒 (flash calciner)에 使用된다면 獨自的으로 統制될 수 없으며 서로 化合해서 作用해야 한다.



(그림-6) 다점간접 소성계의 흐름공정도

### (4) 最少貯藏燒成 (mini-bin fired)

(그림-7)에서 보는 것과 같이 最少貯藏燒成系는 항상 대단한 小規模의 貯藏과 함께 大規模의 貯藏을 使用하는 間接燒成系이다. 이 貯藏所는 길이가 길고 작은 交叉點을 가지고 있다. 貯藏所는 또한 個個의 石炭供給機와 1次 空氣 fan으로 多出口를 가지고 있다.

이것은 元來 渦流로 作動되어 빠른 反應으로 能力을 多樣化시킬 수 있는 밀로서 單純히 使用될 수 있다. 얇은 저장통은 貯藏所에 있는 原

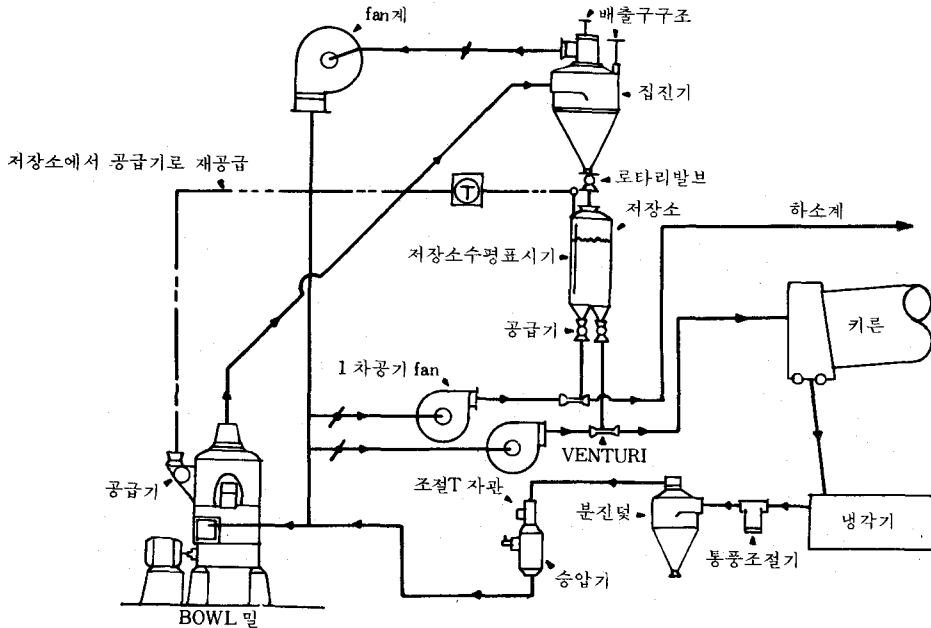
料의 높이에 따라 通信臺에서 一定한 比率로 貯藏所 안으로 押入되므로서 변치않는 容量에 의 해 끊임없는 一定水準을 維持한다. 通信臺 (signal)는 밀로 들어 가는 原料量을 調節하는 統制役割을 한다. 貯藏所는 비록 石炭貯藏 時間이 짧거나 量이 적더라도 不活性 Gas로 一定한 壓力을 維持해야 한다.

이제 다시 水分을 많이 含有한 石炭의 경우에 排出 Gas의 處理가 問題된다. 이럴 경우에 石炭을 乾燥粉碎 및 키른 버너로 石炭을 運搬하는

것이 基本的인 시스템이 된다. 시스템을 選擇하는데 있어서 다른것을 보다 더욱 比重을 두어야 하는 安定性和 經濟性의 두가지 要因이 있다. 이와같이 어떤 경우이던 歪曲된 節約이나 帳簿上 利益등에 注意해야만 한다. 만일 燃料의 節約을 安全性보다 于先으로 한다면 爆發(explasion)로 因한 工場閉鎖와 再建設에 所要되는 經費를 包含한 財政上의 損失은 數年間 貯蓄한 燃料를 날려버릴 수 있다.

밀의 乾燥를 위해 굴뚝으로 無氣力한 Gas를

使用하는 것은 間接燒成系(semidirect system)와 貯藏燒成系(bin system) 危險性을 크게 줄이는 것이다. 그러나 이것은 밀과 굴뚝의 物理學的位置 때문에 非實用的이라는 것이 立證될 것이다. 굴뚝으로부터 나온 뜨거운 Gas는 그 使用을 위해 fan을 追加로 設置하거나 높은 電力의 消費가 必要하게 되어 否正的으로 높은 壓力을 받는 것이다. 어떠한 시스템도 明白하다고 말을 할수는 없지만 諸決定들은 모든 要因을 잘 考慮한후 各 工場을 設置해야만 한다.



(그림-7) 다점소량저장소의 소성계공정도

#### 4. 石炭乾燥와 粉碎

##### (1) 粉末도와 水分

石炭을 浮遊狀態下에서 燃燒시키기 위해서는 대단히 많은 表面積下에서 相對的으로 짧은 時間에 계속적인 點火와 完全燃燒를 하고 뜨거운 燃燒空氣에서 酸素와의 反應을 效率的으로 하기 위해서 充分히 粉碎되어야 한다. 一般적으로 美國 標準體에서 70%~90% 通過된 石炭粉

末度는 이러한 要求條件을 充足시켜 준다고들 한다. 표준체의 눈금은 74 $\mu$ 이다. 必要한 水分은 明白히 表示되어 있지 않지만 石炭의 物理的인 特性은 高級石炭으로부터 低質石炭에 이르기까지 差異가 너무 크기 때문에 石炭의 表面으로부터 水分의 量을 測定한다는 것은 不可能하다. 15%의 水分含量이 있는 東部地方의 石炭은 축축한 石炭인 반면 15%의 含水量이 있는 西部地方의 石炭은 乾燥하고 먼지가 있다. 高級

石炭의 水分은 주로 表面에 있는 반면 低質石炭의 水分은 주로 内部와 가장자리에 있다. 一般의 慣例로서 만일 石炭이 200mesh를 통과하게 滿足스럽게 粉碎될 수 있었다면 燃燒하기에 充分히 乾燥가 잘 되었을 것이다. 이것은 高級石炭에 있어서 1~2%가 될 것이며 褐炭에 있어서는 25%程度가 될 것이다.

(2) 噴霧를 위한 溫度와 原料均衡(heat and mass balance for a pulverizer)

乾燥하는데 있어서 밀로부터 排出 되어야 하는 空氣의 量을 測定하기 위해서 于先 溫度와 原料의 均衡을 約定해야 한다. 内部의 空氣흐름은 밀로 부터 시작해서 밀로 變化할 것이다. 그러나 排出되는 空氣의 量은 미리 豫測 되어야만 한다. 이것은 <表-8>에서 보여 주는 바와 같이 아주 간단한 方法으로 되어있다. 于先 設計圖의 媒介變數를 記錄해야 한다. 또한 石炭供給率을 알아야 한다. 즉 石炭의 内部水分 밀의 馬力數 石炭의 最終의 水分과 溫度 그리고 밀 排出口의 溫度등 後者의 3가지 要素는 經驗으로 얻을 수 있으며 만일 運轉中 다른 防害要素가 없다면 直接燒成系에서는 170°F를 使用하거나 或은 間接燒成系와 排出口溫度를 利用하는 貯藏所系(bin system)에서는 140°F를 使用하라 그리고 最終의 水分含量은 最初 水分含量의 25%가 될 것으로 測定한다.

밀 入口의 最大溫度는 항시 直接燒成系에서는 600°F이며 間接燒成系와 排出口 溫度를 利用하는 貯藏所系(bin system)에 있어서는 400°F이다. 生産되는 溫度는 乾燥 Gas 溫度와 濕式 발브의 溫度가 항상 같다.

于先 蒸發量을 計算하여야 하며 한편 生産比와 供給比도 計算하여야 한다. 만약 이때에 生産比를 알고 있다면 다음에 熱平衡(heat balance)에 의해 供給 Gas 量을 구할수 있으며 마찬가지로 排出 Gas 量도 구할수 있다. 즉 부피 比重(Specific volume) 比熱(specific heat) 등이 計算될 수 있다. 다음장 Part II에서는 1次 空氣와 2次 空氣의 要求量에 대해서 다루고 있으며 效率의 率으로 利用하기 위해서 이러

한 것들을 어떻게 하여야 하는가를 보여주고 있다. 마지막으로 石炭버너의 粉碎에 있어서 몇가지 다른 模型들의 設計와 構造에 대해서 論議가 될 것이다.

<表-8> 溫度와 供給原料의 均衡(heat and mass balance)

溫給 10,000 LBS/Hr

溫度 (PT) 130°F

最初水分 (1M) 15%

最終水分 (FM) 2%

Mill 馬力 100

含水率 10%

入口 Gas 溫度 (1T) 600°F

排出 溫度(VT) 170°F

内部 Gas (E) LBS/Hr

比熱(CP) BTU/LB°F

주위온도 (AT) 60°F

1) 蒸發量計算

$$\begin{aligned} \text{蒸發} &= \text{供給} \times \left\{ \frac{(1M - FM)}{(1 - FM)} \right\} \\ &= 10,000 \times \left\{ \frac{(0.15 - 0.02)}{(1 - 0.02)} \right\} \\ &= 1,327 \text{ LBS/Hr} \end{aligned}$$

生産 = 供給 - 蒸發

$$= 10,000 - 1,327 = 8,673 \text{ LBS/Hr}$$

乾燥固型體 = 生産 × (1 - FM)

$$= 8,673 \times 0.98 = 8,500 \text{ LBS/Hr}$$

石炭에 남은 水分 = 生産 - 乾燥固型體

$$= 8,673 - 8,500 = 173 \text{ LBS/Hr}$$

2) 内部 Gas 計算 (E)

① 入口溫度

$$\begin{aligned} \text{Gas의 入口溫度} &= E \times CP \times (1T - VT) \\ &= E \times 0.24 \times (600 - 170) = \\ &= 103.2 E \end{aligned}$$

밀 모터 入口 溫度 = BHP × 0.75 × 2,545

BTU/HP-Hr

$$= 100 \times 0.75 \times 2,545 = 190,875 \text{ BTU/Hr}$$

總入口溫度 = 103.2E + 190,875

① 吸熱과 損失熱

$$\begin{aligned} \text{蒸發水分으로부터의 吸熱} &= \text{蒸發} \times [CP(VT - AT) \times \text{蒸發潛熱}] \\ &= 1,327 \text{ LB/Hr} \times [1.0(170 - 60) + 996.3] \end{aligned}$$

$$= 1,468,000 \text{ BTU/Hr}$$

$$= 1,468,000 \text{ BTU/Hr}$$

燒成에서의 吸熱 = 生産  $\times$  CP  $\times$   $\Delta T$

$$= 8,500 \text{ LB/Hr 乾燥固型體} \times 0.3 \times (130 - 60)$$

$$= 178,500 \text{ BTU/Hr}$$

$$173 \text{ LB/Hr 水分} \times 1.0 \times (130 - 60)$$

$$= 12,110 \text{ BTU/Hr}$$

$$\therefore 178,500 \text{ BTU/Hr} + 12,110 \text{ BTU/Hr}$$

$$= 190,610 \text{ BTU/Hr}$$

輻射損失熱 = Gas로부터 入熱의 5%

$$= 0.05 \times 103.2E = 5.16E \text{ BTU/Hr}$$

損失潛熱 = 内部Gas (E)의 10%

$$= 0.1E \times 0.24 \times (170 - 60) = 2.64E \text{ BTU/Hr}$$

内部 Gas (E)

入口熱 = 吸熱과 損失熱

$$103.2E + 190,875 = 1,468,000 + 190,610 + 5.16$$

$$E + 2.64E \quad 95.40E = 1,467.735$$

$$E = 15,385 \text{ LBS/Hr}$$

3) Gas로부터 總入口熱

$$E \times CP \times (1T - AT)$$

$$= 15,385 \times 0.24 \times (600 - 60)$$

$$= 1,993,896 \text{ BTU/Hr}$$

4) 排出量

$$\text{内部 Gas (E)} = 15,385 \text{ LBS/Hr}$$

$$+ \text{潛熱 (E의 1,090)} = 1,538 \text{ LBS/Hr}$$

$$\text{1次空氣} = 16,923 \text{ LBS/Hr}$$

$$+ \text{蒸發熱} = 1,327 \text{ LBS/Hr}$$

$$\text{總排出量} = 18,250 \text{ LBS/Hr}$$

5) 排出부피 (170F)

$$\text{排出量} \times \text{比熱} = \text{排出부피 (Ca, Ft)}$$

$$\text{1次空氣} = 16,923 \text{ LBS/Hr} \times 15.88 \text{ (乾燥空氣)}$$

$$= 268,737 \text{ CUFT/Hr}$$

$$\text{蒸發 } 1,327 \text{ LBS/Hr} \times 25.3 \text{ (수증기)}$$

$$= 33,573 \text{ Cu, Ft/Hr}$$

$$\therefore 268,737 \text{ Cu, Ft/Hr} + 33,573 \text{ Cu, Ft/Hr}$$

$$= 302,310 \text{ Cu, Ft/Hr}$$

$$\text{혼합比熱} = 302,310 / 18,250 = 16.56 \text{ CuFt/CB}$$

$$\text{CFM} = 302,310 / 60 = 5,038 \text{ CFM}$$