

重油專燒로부터 石炭·重油混燒로의 轉換

金 昌 峰
〈韓國科學技術情報센터〉

1. 머리말

세계의 에너지問題는 國際情勢의 變化 및 石油資源의 絶對量不足이나 原子力發電의 停滯로 인해 埋藏量이 비교적 많은 石炭으로 轉換하고자 하는 狀況에 놓여 있다. 특히 火力發電用이나 시멘트 燒成用의 燃料로서 重油로부터 石炭으로 轉換하고자 하는 試圖은 世界的인 추세이며 일부에서는 石炭으로의 燃料轉換을 이미 實施하고 있다.

이와 같은 背景下에서 最近 美國, 日本 等地에서는 石炭·重油混燒設備가 開發되어 稼動中인데 本解説에서는 그 實施例를 中心으로 重油專燒로부터 石炭·重油混燒로의 轉換에 대하여 紹介하기로 한다.

2. 混燒의 利點

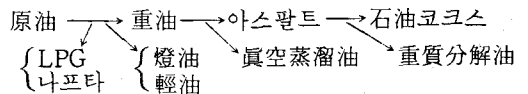
일반적으로 混燒는 物性이 다른 二種 이상의 燃料를 混合하여 燃燒시키는 方法으로서 여러 가지 缺點을 갖고 있다. 즉, 燃料의 取扱性 으로서는 液-液混合의 경우 分液 또는 슬러지가 發生하기 쉽고 沸點差가 크면 配管部에 Vapor lock 을 일으키기 쉽다. 또 燃燒性의 差가 크면 불이 꺼지거나 逆火, 不完全燃燒가 일어나기 쉽다. 이러한 缺點을 解決하여 오히려 混燒의 利點을 얻지 못하면 混燒는 成立되지 못한다.

混燒에 의해 얻어지는 利點은 燃料의 組合이나 種類에 따라 여러 가지가 있지만 일반적으로 資源代替·節約, 取扱性向上, 公害防止對策 등으로 크게 나눌 수 있다.

2-1 資源代替

重油를 節約하기 위해 보다 入手하기 쉽고 값싼 燃料를 混合·添加하는 것은 가장 상식적인 發想으로서 그 代表的인 것은 COM(Coal-Oil Mixture)이다. 따라서 이 경우 混燒의 利點은 어떻게 해야 重油의 燃燒性, 取扱性을 크게 손상시킴없이 石炭의 混合比率를 增大시킬 수 있는가에 따라 결정된다.

가솔린에 에탄올 또는 메탄올을 混入한 「Gas-ohol」도 마찬가지로의 立場이지만 가솔린이 상당히 高價이기 때문에 技術開發에 投資할 만한 價値가 충분히 있다. 石油코크스를 混入·代替하는 技術은 앞으로의 中期的인 粗惡한 原油資源의 利用法으로서 重要하다. 즉, 世界的인 原油의 重質化 進行(註 參照)에 따라 重質油로부터 無公害한 輕質油를 回收하는 技術이 필요하게 되었는데 이 技術은 결국 다음과 같이 남아있는 公害成分을 계속 濃縮하여 제거하는 과정을 거친다.



(註) 公害成分으로서 黃成分, 窒素成分, 重金屬成分 등을 많이 포함하고 있는 重質油가 기피되고 있기 때문에 各國에서는 輕質原油를 우선적으로 채택하고 있다. 그러나 世界的으로 輕質原油 資源은 이미 枯竭되기 시작하고 있다. 특히 中國系, 東南아시아系 原油는 重質油가 압도적이다. 또 앞으로 試圖될 石油井 2次回收에서는 流動性이 작은 重質油分이 남아있을 것으로 豫想된다.

따라서 마지막 殘分인 石油코크스를 燃料로 사

용하게 되면 粗惡油의 資源化에 간접적으로 공헌하게 된다. 현재로서 이 石油코크스는 黃成分이나 窒素成分을 높게 함유하고 있어 그대로 燃燒시키기가 곤란하므로 混燒에 의한 사용을 검토하게 된 것이다.

2-2 取扱性的 向上

燃料의 混合에 의해 單獨인 경우보다 性質이 向上되어야 하는데 그 예는 많다. LPG에 메탄올을 混和하면 水分의 氷結을 防止할 수 있고 石炭을 COM化하면 輸送性を 改善할 수 있다. 그 밖에 良質燃料를 조금 添加함으로써 着火, 保焰, 補熱 등 助燃劑로서의 역할을 하는 예는 많지만 兩者의 重量平均値보다 性質이 改善되는 예는 적다.

2-3 公害對策

燃燒의 三大公害(廢塵, SO_x, NO_x)는 燃料中에 남아있는 炭素成分, 黃成分, 窒素成分과 깊은 관계가 있다. 여기서 公害가 심한 燃料를 良質燃料에 희석시켜 사용하는 方法이 널리 행하여지고 있지만 이 대로는 平均値 이상으로 低公害化할 수 없는 것이 보통이다. 그러나 混燒를 하여도 작은 爆發에 의해 燃燒하면 廢塵의 發生을 抑制할 수 있고 그 段燃燒를 하면 NO_x의 發生을 막을 수 있다.

3. 混燒의 定義와 分類

二成分 以上の 燃料物質을 混合하여 燃燒하는 것은 넓은 意味의 混燒에 포함시킬 수 있으나 실제로 燃料의 混合이전에 이미 混合物이 되어 있는 燃料物質(原油, 石炭가스 등)이나 使用者에게 引度될 때 混合된 燃料(A重油:殘査油+輕油)를 燃燒하는 것은 混燒에 포함시키지 않는다. 물론 이러한 구별은 便宜의인 것이지 本質的인 것은 아니다. 混燒의 組合例는 가스/液體, 液體/固體, 가스/固體 등 性質이 아주 다른 燃料의 混燒가 있지만 가스/가스, 液體/液體, 固體/固體 등 同相混燒도 있다. <表-1>

混燒의 方式에 의한 分類로서는 서로 다른 燃料를 混合한 다음 燃燒하는 方式(가스/液·固體系에서는 곤란)과 노즐噴射部에서의 混合方式 및 燃燒室內에서의 混合方式이 있다. 마지막의 方式은 混燒라기보다는 오히려 重燒 또는 併燒라고

<表-1> 混燒의 組合例

	가 스	液 體	固 體
가 스	天然가스/올레핀, 天然가스/水素, 惡臭燒却	重油/LPG	쓰레기/가스 木屑/가스
液 體		重油/나프타, 燈油 重油/液化炭 重油/메탄올 가솔린/메탄올	COM(微粉炭/重油) Methacoal 쓰레기/助燃油
固 體			쓰레기/石炭 쓰레기/汚泥

할수 있는데 資源代替效果는 전혀 같으며 獨立버너이어서 保焰이 良好하고 稼動率이 높다는 利點을 갖고 있다.

4. 混燒度의 表示

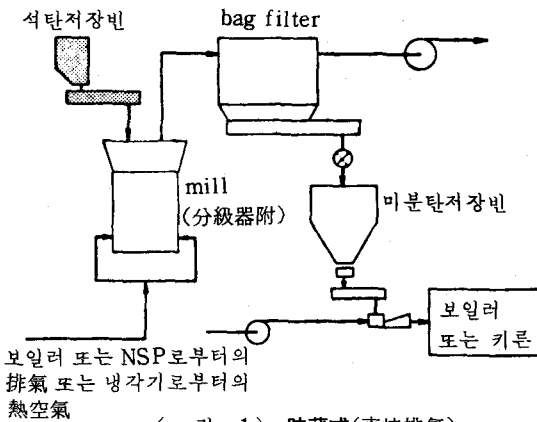
二種 以上 燃料의 混燒組成은 學術的으로는 發熱量%(cal%), 化學當量%(必要한 燃燒空氣量%)으로 表示되지만 實用的으로는 重量%, 體積%로 表示된다. 에너지收支面에서 보면 cal%가 가장 合理的이지만 計算의 편의상, cal%와 거의 같은 값을 갖는 燃燒空氣量%(또는 消費酸素%)를 사용하는 일이 많다.

石油類는 거의 모두가 重量當의 發熱量으로 表示되어 있어 體積當으로서는 상당히 變動하고 더우기 空隙이 많은 石炭이나 比重이 다른 가스燃料과 섞이면 體積%組成과 cal%組成은 매우 다르게 된다.

5. 石炭粉碎시스템

石炭·重油混燒設備에서 가장 重要的 것은 石炭粉碎設備과 燃燒裝置의 連結시스템이다. 이에 대한 代表的인 시스템을 간단히 紹介하기로 한다.

<그림-1>의 貯藏式은 오래전부터 널리 쓰이고 있는 方式으로서 石炭밀이 負圧式이기 때문에 粉塵의 發生이 적을 뿐만 아니라 排風機도 集塵器의 後方に 있어 磨耗가 적다. 또 보일러의 負荷變動에 따른 微粉炭供給의 過度特性도 좋다. 그러나 滯留部가 많기 때문에 炭塵爆發에 대한 충분한 배려가 필요하다.

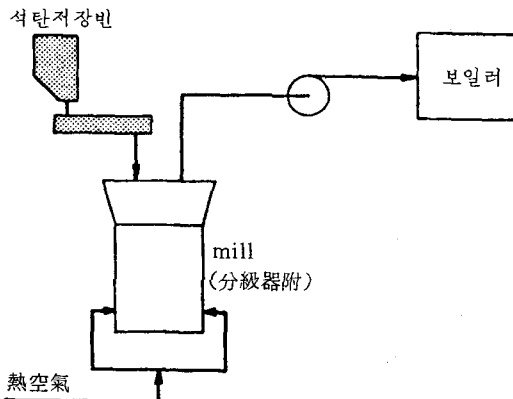


〈그림-1〉 貯藏式(直接排氣)

이 시스템은 보일러용 또는 시멘트제조용 어느 것에도 이용할 수 있다. 石炭粉碎部門과 燃燒部門이 각각 독립되어 있기 때문에 燃燒管理 등이 용이하지만 設備費가 많이 든다는 缺點을 갖고 있다.

보일러에 사용할 경우에는 高溫의 排가스를 이용하는 方法(Hot gas system)을 채택하는 것이 적당하다고 생각된다. 시멘트제조시스템에 사용할 경우에는 冷却器로부터의 熱空氣를 이용하는 方法과 NSP로부터의 排가스를 이용하는 方法이 있다. 安全面에서는 後者の 方法이 유리하다.

〈그림-2〉는 1960年代에 石炭火力이 主流를 이룰 때 흔히 쓰였던 直接燃燒式(負圧式)으로서 粉碎된 微粉炭을 空氣에 의해 微粉濃度 400~600g/m³의 狀態로 排風機에 吸引시키고 다시



〈그림-2〉 直接燃燒式(負圧式)

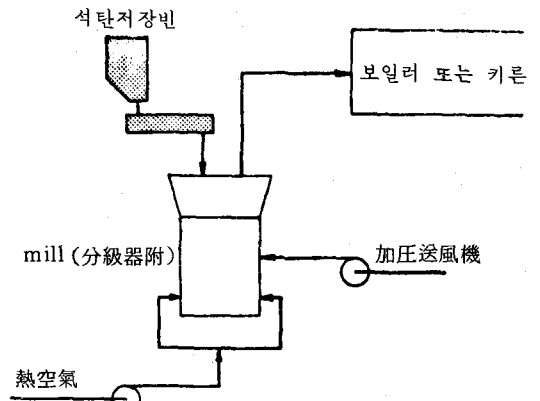
보일러의 버너로 불어넣는 시스템이다.

微粉炭의 貯藏빈 및 그밖의 設備가 적게 所要되지만 排風機 날개의 壽命이 400時間남짓 밖에 되지 않아 問題이다. 이 시스템은 危險性도 적고 石炭煤의 排空氣가 그대로 보일러에 送入되므로 이에 대한 對策이 불필요하다. 그러나 앞서 말한 排風機의 磨耗가 最大의 難點이다.

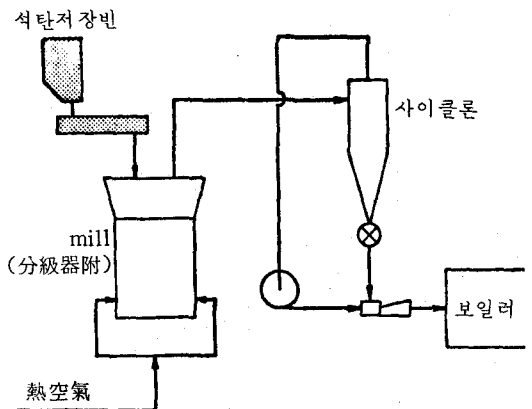
〈그림-3〉은 加圧式 밀을 사용하여 燃燒裝置와 一體化시킨 시스템으로서 粉碎된 微粉炭을 직접 燃燒裝置로 供給한다.

이 方式은 밀과 보일러 사이에 排風機를 설치하지 않으므로 微粉炭에 의한 磨耗가 없고 維持面에 우수하여 유럽, 남아프리카 등의 發電所에서 많이 採用되고 있다.

이 方式은 시멘트제조시스템에도 이용할 수 있지만 燃燒用의 一次空氣量이 많아 燃料消費量이 높다는 缺點이 있다.



〈그림-3〉 直接燃燒式(加圧式)



〈그림-4〉 半直接燃燒式(負圧式)

그러나 安全面, 費用面에서는 유리한 시스템이다.

〈그림-4〉는 半直接燃焼方式이다. 石炭밀로부터 나온, 微粉炭을 混入한 空氣는 사이클론에서 微粉炭을 分離시킨 다음 排風機에서 壓力을 올려, 이미 사이클론으로부터 落下하는 微粉炭을 混入하여 버너로 보낸다.

6. 發電用 보일러에 있어서 燃料轉換例

日本 宇部興産(株)의 카프로락탐工場에 있는 自家發電用 보일러는 1962年 石炭·重油 混燒用으로 설치하였으나 에너지事情에 의해 重油專燒로 바꾸어 사용하여 왔다. 그러나 石炭燃焼를 위한 設備는 그대로 남겨 두었으므로 1974年 石油危機에 의해 다시 石炭·重油의 混燒用으로 바꾸어 현재에 이르고 있다. 여기서 이 設備의 概

〈表-2〉 石炭性狀(와라라炭)

固有水分	1.7 %
灰分	20.0 %
揮發分	39.2 %
固定炭素	39.0 %
發熱量	6,750 kcal / kg (coal)
附着水分	5 ~ 13 %

要와 特徵에 대하여 記述하기로 한다. 石炭은 濠洲産 와라라炭을 사용하였다. 이 石炭의 性狀은 〈表-2〉와 같다.

6-1 設備의 概要

〈그림-5〉는 이 工場보일러의 概要를 微粉炭供給시스템을 中心으로 나타낸 것이다.

石炭밀은 앞서 말한 半直接燃焼式에 속한다. 즉 乾燥粉碎된 微粉炭은 사이클론에서 捕集된 다음 貯藏되지 않고 이젝터(ejector)에 의해 排風機로부터의 氣流에 混合되어 버너로 吹入된다.

보일러 設備의 明細는 다음과 같다.

〔보일러 設備明細〕

型 式 : 三菱 CE 水管式 單胴放射型보일러

最高使用壓力 : 過熱器出口에서 138 kg/cm^2

常用蒸氣壓力 : 過熱器出口에서 124 kg/cm^2

蒸 發 量 : 最大連續負荷 85 t/h

: 常用負荷 70 t/h

蒸 氣 溫 度 : 過熱器出口에서 505°C

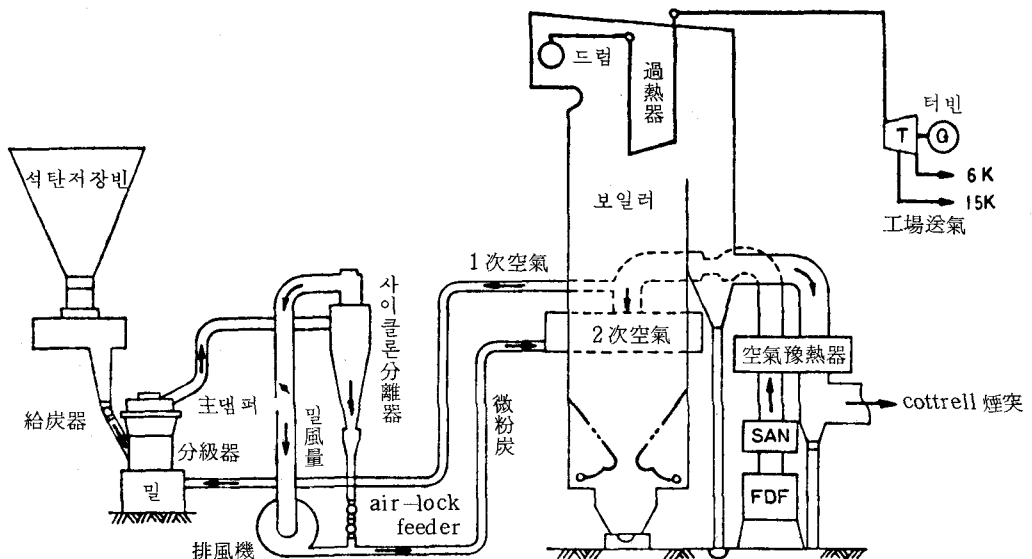
給 水 溫 度 : 節炭器入口에서 192.6°C (最大負荷時)

通 風 方 式 : 平衡通風方式

燃 燒 方 式 : C重油 및 石炭의 混燒

: C重油 專燒

현재 이 보일러는 石炭과 重油의 混燒로 운전



〈그림-5〉 自家發電보일러用 石炭粉碎設備 工程度

되고 있으며 發生된 蒸氣는 抽氣背圧터빈을 통해 工場內로 消費된다.

6-2 設備의 特徵

이 設備의 特徵은 다음과 같다.

- ① 直接燃燒式에 가깝기 때문에 設備가 小型이다.
- ② DDC (Direct Digital Control) 의 採用에 의해 自動化運轉이 가능하다.
- ③ 보일러 蒸氣壓의 制御는 밀風量制御와 給炭器制御의 並列制御方式을 채택함으로써 보일러로의 負荷應答性을 높일 수 있다.
- ④ 밀은 可變速型 分級器를 구비하고 있어 粒度의 調整이 容易하다.
- ⑤ 直接式에 비해 排風機의 磨耗가 적다.

이상의 特徵에 의해 負荷變動에 대한 蒸氣壓力의 變動을 $\pm 0.5 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$ 이내로 制御할 수 있고 重油專燒에 가까운 制御性을 얻을 수 있다.

微粉炭 製造設備의 明細는 다음과 같다.

[給炭器]

型式: 롤스클레이브식

容量: $8.5 \text{ t/h} \times 1 \text{ 基}$

原動機: 1.5 KW 可變速勵磁커플링附 電動氣

[微粉炭機]

名稱, 型式: 로슈밀, LM 16 型

容量: $8.5 \text{ t/h} \times 1 \text{ 臺}$

原動機: 150 KW 三相誘導 電動機

[排風機]

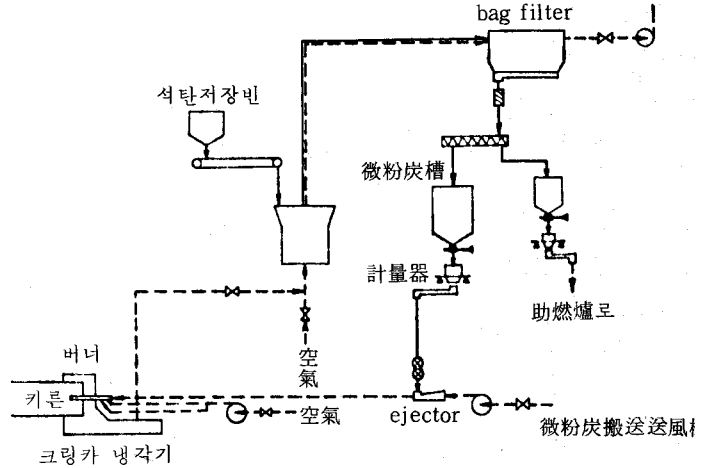
型式: 片吸入터보에인型

風量: $420 \text{ m}^3/\text{分}$ (80°C 에서)

原動機: 190 KW 三相誘導 電動氣

7. 시멘트製造에 있어서 燃料轉換例

日本 宇部興産(株) 시멘트部에서는 重油價格高騰과 供給不安定에 對應하기 위해 石炭·重油 混燒設備를 稼動中에 있는데 燃料原單位도 重油 專燒時와 差無없이 현재 순조롭게 運轉되고 있다. 시멘트製造用으로서는 보일러에 비하여 크링카燒成上, 특히 高溫維持와 燃料消費量과의 관계로부터 燃燒用 一次空氣를 엄격히 規制할 필요가 있다. 따라서 直接燃燒式은 그다지 채택되지 않고 貯藏式이 많이 채택되고 있다.



<그림-6> 시멘트燒成用 石炭乾燥粉碎設備 工程圖

7-1 시멘트燒成用 石炭乾燥粉碎設備 [A]

이 設備의 工程圖는 다음 <그림-6>과 같다. 石炭貯藏빈으로부터 나온 石炭은 밀에서 乾燥粉碎된다. 微粉炭은 백필터에서 捕集되어 微粉炭槽에 貯藏된 다음 計量器를 거쳐 計量되고 이젝터에 의해 微粉炭搬送 送風機로부터의 氣流에 混合되어 버너로 吹入된다.

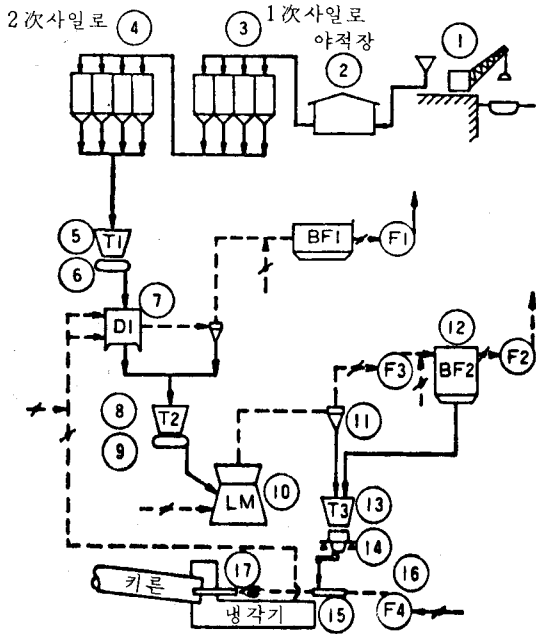
이 設備의 特徵은 다음과 같다.

- ① 乾燥粉碎機인 로슈밀로의 供給은 center-feeding 方式을 採用함으로써 石炭의 附着을 막고 石炭物性, 水分의 變動등에 對應할 수 있다.
- ② center-feeding에 回轉式 分級器를 組合함으로써 이 分級器의 回轉에 따라 粒度調整을 쉽게 할 수 있다.
- ③ 燃燒버너에는 보통 약간의 重油를 制御용으로 사용하지만 石炭·重油 각각 100%의 運轉도 가능하고 燃料比率를 임의로 調整할 수 있으므로 燃料事情의 變化에 따라 에너지의 多樣化에 對應할 수 있다.

④ 石炭粉碎系와 燃燒用 一次空氣系의 排風機를 共用하지 않기 때문에 키른으로의 一次空氣量을 크게 낮출 수 있어 燃料消費量의 低減을 가능케 하고 石炭粉碎系의 未捕集微粉炭이 一次空氣에 混入되지 않으므로 供給石炭을 정확히 파악할 수 있다.

7-2 시멘트燒成用 乾燥器附 石炭粉碎設備 [B]

이 設備의 工程圖는 <그림-7>과 같다. 크레인 ①에 의해 운반된 石炭은 石炭野積場 ②를



〈그림-7〉 시멘트焼成用 乾燥器附 石炭粉碎設備

거쳐 1次사일로 ③에 貯藏되었다가 品質의 均一化를 위해 2次사일로 ④에 貯藏된다. 여기서 混合方法에 의해 均一되어 石炭탱크 ⑤로 供給된

다. 그다음 石炭은 定量供給器 ⑥을 거쳐 豎型 乾燥器 ⑦에서 乾燥된 다음 乾炭탱크 ⑧, 벨트 供給器 ⑨를 거쳐 밀 ⑩에서 粉碎되고 사이클론 ⑪, 백필터 ⑫, 를 거쳐 微粉炭槽 ⑬에 貯藏된다. 微粉炭槽로부터 計量器 ⑭를 거쳐 排出된 微粉炭은 이젝터 ⑮에 의해 燃燒用 一次空氣 吹入送風機 ⑯로부터의 氣流에 混合되어 버너 ⑰로 들어간다.

運轉狀況은 다음과 같다.

乾燥粉碎量	: 25 ~ 30 t/h
微粉炭粒度	: 88 μ R 10 %
乾燥炭水分	: 1.5 ~ 1.0 %
乾燥器入口 가스溫度	: 210 °C
乾燥器出口 가스溫度	: 60 °C
乾燥炭溫度	: 50 °C
밀出口 가스溫度	: 32 °C

이 設備의 特徵은 前項(7-1項)과 유사하지만 豎型乾燥器를 구비하고 있으므로 性狀이 다양한 石炭에도 對應할 수 있고 더구나 溫度調節이 容易하다. 또, 粉碎系를 低温으로 유지할 수 있어 密系의 安全性이 높다. 費用面과 動力消費量은 [A]의 경우보다 높다.

