窯業技術의 Spray Dryer

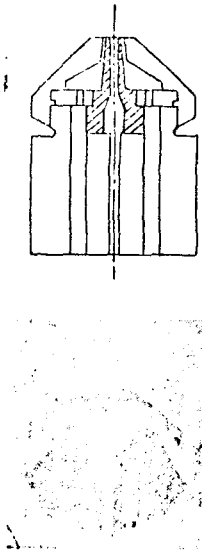
技術士 李 喜 洙
<化 工 部 門>

Spray Dryer라고 하면 우리들이 흔히 볼 수있는 乾燥機 即 單純히 乾燥라는 單位操作만을 行하는 平範한 裝置의 一種이라고 看做할지 모르겠다. 그러나 이 Spray Dryer가 擔當하는 單位操作으로서는 乾燥뿐만 아니라 이와 더불어 粉碎, 造粒, 分級等이며 이를 複雜하고 受苦를 要하는 成形原料調製를 一括해서 同時에 併起시킬 수 있다는 것이 特徵的 이다.

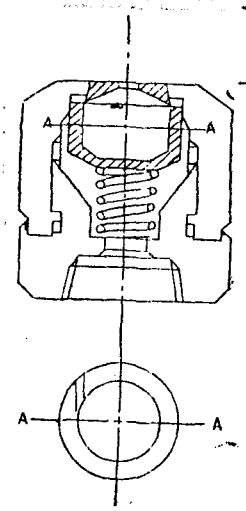
이러한 特徵으로 因하여 近來 化學機械裝置로서 特히 脚光을 보이고 있으며 上記 各種 單位操作以外에 煅燒, 焙燒等 分解反應, 酸化反應等까지도 併起시키게되는 「高溫用 Spray Dryer」까지도 開發되여 活用段階에 이르고 있다.

元來, 他分野에 比하여 매우 複雜한 作業性을 지니고 있는 窯業分野에 있어서는 Spray Dryer을 新規롭게 開發된 裝置로 取扱되여 近來, 各國 窯業界에서 그 活用이 漸次 增加되고 있다. 現在 우리나라 에서도 1, 2個 陶磁器工場에서 그 設置를 企圖하고 있다.

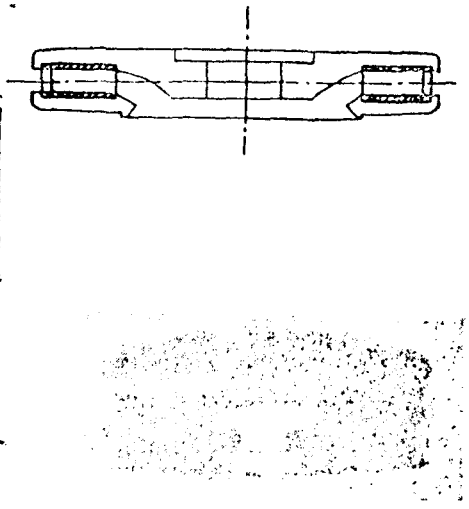
最近 數年間의 實績으로 보아서 Spray Dryer로 얻은 製品은 流動性, 成形性이 좋은뿐 아니라 成形燒成后의 製品이 매우 優秀한 特性을 갖는다는 것이 認定되여 titan酸 Barium, Alumina等 所謂成形原料製造를 目的으로하는 Ceramic Spray Dryer의 活用이 많아지고 있다. 그러나 아직 窯業關係에서의 使用經驗이 적기 때문에 究明되지 못한 要素가 많다는 것을 附言해 두는바 이다.



回轉圓板 Fig 1—1



壓力 nozzle Fig 1—2



二流 nozzle Fig 1—3

1. Spray Dryer의 機種

Spray Dryer는 그 噴霧形式上으로 區分하여 回轉圓板型, 壓力 nozzle型, 및 二流體 nozzle型의 三種으로 分類된다.

(1) 回轉圓板型

高速回轉(3,000~20,000 rpm, 實驗機로 서는 5,000 rpm 까지 되는것도 있다)하는 圓板의 Energy를 利用하여 噴霧하는 形式이다. Ceramic를 處理할때에는 그림 1—(1)과 같은 圓板이 흔히 使用되며 그 Mechanism의 1例를 보면 그림 2와 같다.

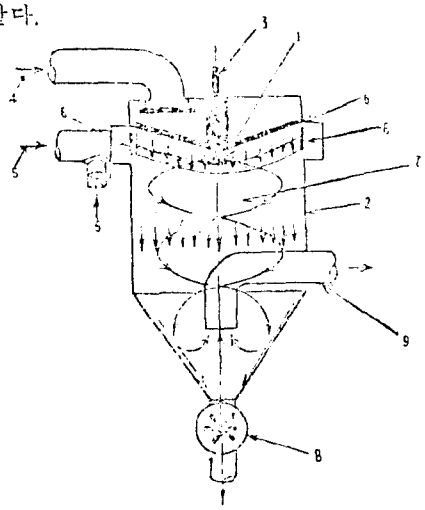


Fig. 2

그림 2에서 1은 裝置本體이며 2의 中央上部에 位置한다. 3,000~20,000 rpm의 回轉을 하면서 그 上部 3으로 부터 送入되는 原料 Slurry를 回轉噴霧하게 되며 한편 熱風은 熱風 Doctor4, 5, 로 부터 導入되며 整流板, 6에依해서 整流되며 回轉運動을 하면서 噴霧流體와 接觸을 하게된다. 이 接觸部7에서 上記한 各單位操作이 거이 同時에 이루워 진다. 主製品은 本體下部의 Rotary Feeder 8로부터 取出되며 廢熱風은 Doctor 9를 지나 cyclone으로서 微粒子를 捕促한 다음 廢氣는 大氣中으로 放出된다.

回轉圓板型은 그 回轉數에 따라 製品粒經을 簡單히 變化 시킨 수 있으며 粒度分布가 均等하고 微粉이 적은 製品을 얻게 한다는 長點이 있지만, 噴霧된 粒子가 圓板에서부터 水平으로 飛散하기 때문에 少量을 處理한다 할지라도 어느 程度 造粒된 製品을 얻을 려면 多少乾燥室經이 큰 Dryer를 必要로 하게 된다 따라서 經濟性으로 봐서 多量處理를 (數100kg/hr~數t/hr) 할때에 보다 有利하게 된다.

Cermic는 一般으로 原料硬度가 커서 圓板의 摩耗가 甚하며 따라서 圓板은 消耗品으로 取扱하고 있다.

(2) 高壓 nozzle型

pump로서 壓送된 泥漿이 旋回하면서 적은 orifice를 거쳐 噴霧되는 形式이다(그림 1—(2))

이 形式은 他型에 比하여 製品粒度가 크며 粒度分布의 幅이 작기 때문에 流動性은 매우 좋다 그러나 多少 高壓(10~100kg/cm² 以上) 으로서 泥漿을 壓送하게 되므로 Pump 및 Nozzle의 摩耗가 甚하게 된다. 萬一 Nozzle가 摩耗하여 Orifice 經이 變化되면 Pump壓이 變하며 同時에 粒度가 變하게 되므로 硬度가 높은 原料에 對해서는 不適當하다.

(3) 二流體 Nozzle型

壓縮空氣의 Energy를 利用하여 泥漿을 噴霧하는 形式이다. (그림1—(3))

壓縮器를 使用하게 되므로 他 形式에 比하여 消費動力이 많고 또한 Nozzle 1個의 處理能力이

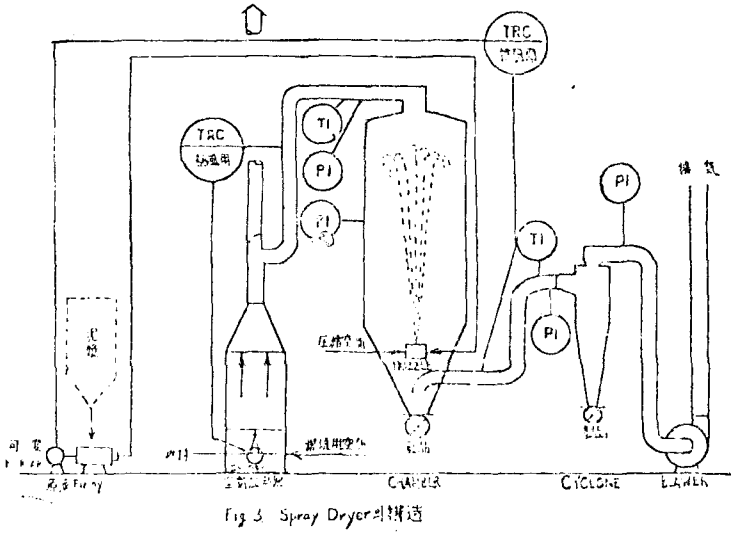


Fig. 3 Spray Dryer의 構造

約 250l/hr 程度 限界로 되는 等으로 因하여 主로 試驗裝置用으로만 利用되고 있다. 그러나 Nozzle의 構造가 대우 簡單하며 取扱도 容易하고, Nozzle의 摩耗가 全혀 없으며 따라서 摩耗된 金屬 等 不純物이 混入될 念慮도 없고, 成形後의 製品特性도 優秀하다는 等 理由로서 比較的 處理量이 적은 Ceramic 에서는 오히려 이 方式을 他方法보다도 더 많이 活用하고 있다.

이 形式에서는 處理物을 熱風과 並向流로 接觸시키기 爲하여 乾燥室 下部에 上向 Nozzle이 附着 되여 있다.

따라서 他形式의 製品에 比하여 中空粒子로 되기 어렵다. 또한 이 形式의 製品은 微粒이 多少 크기게 되므로 粒度分布 範圍는 比較的 넓지만 Rubber Press에서는 이 形式의 製品이 오히려 더욱 適當 하다고 보기도 한다. 그림 3은 Ceramic Dryer의 一般的인 構造이나(噴霧形式은 二流體 Nozzle를 例로 들었다).

以上 各 形式에서 얻어지는 製品이 Ceramic일 때에는 Chamber 下部 및 Cyclone 下部로부터 分級捕集하게 된다. 就中 Chamber 下部로부터 얻어지는 製品은 成形性이 優秀함으로 全혀 問題가 되지 않으나, Cyclone 下部로부터 얻어지는 製品에는 微粒이 많아서 流動性이 나빠진다. 따라서 Cyclone 下部로 부터 얻어지는 製品은 흔히 Chamber 下部로 부터 얻어지는 製品과 섞어서 使用 하거나 또는 單獨으로 特殊한 形狀으로 成形하는데 使用 된다. 때로는 再次 泥漿으로하여 原料 Tank에 되돌리는 例도 있다.

Chamber 下部로부터의 製品과 Cyclone 下部로부터의 製品과의 比率은 噴霧의 形式, 原料의 種類 Binder의 種類와 그 添加量 運轉條件 等에 따라 다르나 一般的으로 7 : 3~9 : 1 程度가 普通이다.

2. 原料의 調整

(1) 原料粉體의 粒度

原料粉體의 粒度는 그 種類에 따라 다르기는 하지만 一般으로 1μ 前後의 것이 處理하기 쉽다

原料가 너무 微粉이면 泥漿化할때 泥漿中에 氣泡를 含有하기 쉽고 또한 濃度를 높게 할수 없다. 氣泡를 含有한 泥漿은 pump 輸送이 定量的으로 이루워지지 않으며 또한 乾燥된 粒子의 形狀도 좋지 않다. 따라서 泥漿의 脫泡를 恒常 完全하게 해야 한다. 또한 濃度를 높일수 없게 되면 同量의 乾燥品을 얻는데 많은 量의 水分을 蒸發시켜야 함으로 Spray dryer의 裝置가 커야하며 따라서 運轉費를 많이 要하게 된다.

反對로 原料의 粒度가 너무 클때에는 造粒된 製品이 完全球狀으로 되지 못하여 流動性이 나빠진다.

그러나 實際에는, 原料의 特性이나, 前處理工程의 問題때문에 多少 작은 微粉으로부터 큰 粗粒에 이르기까지 모든 粒度의 것이 原料로서 使用되고 있다.

한편, 比重이나 粒度가 極端的으로 다른 數種의 것이 混合된 原料를 Spray dryer 로서 處理할 때, Chamber 下部로부터 얻어지는 製品과, Cyclone 下部로 부터 얻어지는 製品과는 그 組成이 서로 달라 진다는 問題도 生기게 된다.

(2) 泥漿濃度

噴霧가 可能한 限度內에서는 泥漿濃度가 큰 것일수록 經濟的 이다.

加壓 Nozzle 일때에는 噴霧하는데 多少 높은 壓力을 必要로 하지만 그렇다고 해서 너무 過度한 高濃度의 泥漿은 좋지 않다.

二流體 Nozzle 型 일때에는 도리어, 泥漿濃度가 얕으며 微粒이 生기기 쉽기 때문에 一般으로 10 Poise 前後의 粘度를 갖는 泥漿이 適合하다.

勿論, 添加하는 Binder 의 種類에 따라 濃度를 適節히 調整해야만 한다.

3. Binder

Ceramic原料에 使用되는 Binder 種類에는 造粒性을 좋게하는 것, 成形性(潤滑性, 固着性等)을 좋게하는 것, 離型性을 좋게 하는 것, 泥漿의 安定性을 좋게하는 것 等 많은 種類의 것이 있다. 就中 Wax 나 PVA 와 같은 1 種의 Binder 만을 使用하는 例도 있기는 하나 一般으로는 各種 Binder 의 特性을 具現 시키기 爲해서 數種의 것을 混用하고 있다. 1 種의 Binder 만으로서 모든 性質을 나타내게하는 Binder 는 없다.

PVA는 造粒性이 좋아서 比較的 多方面에 使用되고 있으나 造粒된 粒子가 약간 굳으며 또한 Press에 高壓을 必要로 할뿐 아니라 Press 金型의 磨耗가 多少 甚하게 된다.

MC, CMC도 흔히 使用되고 있는 Binder 이기는 하나, CMC에는 少量의 未反應 Narium을 包含하고 있기때문에 Alumina 等에는 使用되지 못한다.

Wax는 融點이 얕고 造粒性이 多少 나쁘기는 하나, 가장 널리 使用되는 것의 하나이다. 더우기 Rubber press로서 成形하는 製品에 對해서는 Wax를 添加한 粒子가 가장 좋다고 알려져 있다 如何튼 造粒만 잘 된다면, Wax添加의 粒子가 여러 面으로 봐서 다른 것들보다 優秀하다.

成形後 金型으로부터의 離型性을 좋게 하기 爲해서 Stearin酸 等을 少量 添加하는 수도 많다.

其他 Binder로서 添加되는 것이 比較的 많기는 하나 各 Ceramic製造業者 들의 經驗에 依해서 그 使用法 및 配合을 여러가지로 하고 있다.

原料에 Binder를 加하여 泥漿으로 할때, Binder가 完全히 混合되지 못하면 勿論 造粒性도 나쁘려니와 成形, 燒成後의 製品도 고르지 않게 되므로 強力한 攪拌을 하고 또한 氣泡가 含有되지 않게끔 精密한 混合을 해야 한다.

3. 高溫用 Spray Dryer의 特徵

一般으로 熱風의 入口, 出口의 平均 溫度가 200°C 以上되는 것을 特히 高溫用 Spray Dryer라고 稱하고 있으며, 이때 入口에서의 熱風溫度는 相當히 높은 溫度가 된다. 이와같이 高溫인 熱風이 接觸되면서 回轉圓板이 高速으로 回轉하게되며 또한 原料 Slurry(또는 溶液)을 回轉 噴霧시키게 되므로 當然이 回轉의 不安定化, 噴霧前의 原料 Slurry中의 水分의 蒸發 이와 同伴해서 原料의 固形化와 圓板에 對한 附着이 生기게 된다.

이를 防止하기 爲해서 普通은 Atomizer의 回轉部에 Jacket를 附設시켜 冷却水(또는 冷却油)를 循環시키는 方式이 利用되고 있으며, 이의 效果가 顯著함이 認定되며 現在에는 一般 Spray dryer에 對해서는 不可缺인 것으로 되어 있다.

그러나 噴霧前 原料 Slurry中에 含有된 水分이 蒸發은 高溫일수록 急激히 增大하게 되므로 高溫用 Spray dryer에서는 이에 對한 萬全策이 講究되어야 한다.

또 한가지의 問題點은 高溫에 依한 裝置材質의 劣化이다. 이 現象이 더욱 顯著한 것은 腐蝕性이 큰 原料 Slurry를 使用할때의 本體 內壁部에 對한 腐蝕이다. 이것은 特히 化學反應이 同伴될때에 더욱 甚하게 일어 난다.

上記 二大問題에 對하여 最近, 各國에서의 研究結果 簡單하고 效果的인 方法이 開發되여 이미 實用化되고 있으므로 물을 媒體로한 原料 Slurry 및 溶液일 때는 勿論 이 以外에 揮發性이 큰 物質을 媒體로 하였을때에도 이 問題를 輕減 시킬 수 있게 되어있다.

한편 後者에 對해서는 本體內壁의 特定部分에 다 떠낼수있는 保護板을 붙이므로서 이미 解決되여 있으며 따라서 腐蝕物로 因한 製品의 汚染도 避할수 있게 되였다.

近來 以上과 같은 問題點이 解決되였기 때문에 이제는 高溫用 Spray dryer도 化學機械裝置의 範疇에 屬할수 있게 되였다.

例컨대 煅燒 焙燒等의 化學反應이 同伴되는 工程을 原料 Slurry 또는 溶液으로부터 一時에 더우기 球狀의 製品으로 얻을수 있다는 것은 珍奇한 일이다. 以外에 操業條件을 特定値로 設定하여 둠으로서 反應과 同時에 粒子의 成長程度를 抑制할수 있게 되였다는 點도 새로운 特徵이라고 볼수 있다.

高溫用 Spary dryer에서 唯一한 缺點은 裝置의 床面積을 많이 占有한다는 點이다. 이에 對하여 現在 檢討中에 있기는 하나, 그 性能과 比較해볼때 그리 큰 問題라고는 볼수 없다. 또한 回轉圓板型의 缺點으로서, 原料 Slurry의 濃度를 粘度關係 때문에 크게할수 없다는 槪念이 一般으로 들리워지고 있지만 各種의 改良으로서 現在에는 60wt.%나 되는 高濃度의 것도 可能하게 되었으며 이와 아울러 回轉圓板, 噴霧機의 軸受, 原料供給用 Pump의 Backing等의 材質向上 또한 機械加工技術의 向上 및 廢熱風의 有効利用策과

아울러 本裝置의 經濟的効果를 새로히 評價하게 끔 되었다.

4. Dryer의 運轉과 製品

(1) Dryer의 構造는 大體로 그림 2와 大同小異하다. 原料泥漿調整後의 操作은, 大部分 自動的으로 이루워 진다. 入口熱風의 温度는 TRC로 調節하여 一定하게 維持시킨다. 乾燥製品의 性狀이 均一히 되게끔 排風温度는 泥漿供給量을 TRC로 調節하여 一定하게 維持 시킨다.

Chamber下部 또는 Cyclone下部로 부터의 製品은 Rotary Bulb로서 連續的으로 取出 된다. 따라서 裝置가 正確히 運轉되기만 한다면 한 사람의 操作員으로서 充分하다고 볼수 있다.

(2) 回轉圓板型 二流體 Nozzle型에서는 泥漿을 供給하는데 모이노型 pump(그림 4)가 使用된다.

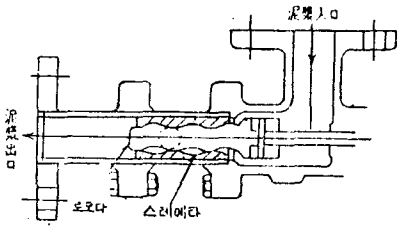


Fig 4 (모노이型펌푸

이것은 그림과 같이 蛇行狀 로오다의 回轉에 依해서 泥漿을 押出시키게 되는 것이며 이것은 脈動이 없기때문에 定量 Pump로서는 매우 理想的인 것이다. 다만 이 Pump는 吸込力이 거이 없기 때문에 取扱되는 泥漿이 動力에 依해서 로오다 部分까지 흘러 내려갈수 있어야 한다. 한편 스테에타는 一般으로 Gum製의 것이 많으나, 窯業用에는 硬度가 높은 것을 使用하는 境遇가 많다. 어떠한 것이든 摩耗가 적지 않으므로 스테에타는 消耗品으로서 取扱 된다.

壓力 Nozzle에 附設되여있는 泥漿 Pump로서는 Plunger pump 또는 Diaphram pump가 使用되고 있다. 就中, Plunger pump는 高壓이기 때문에 各部分의 摩耗가 甚하게 된다. 그러나 從來에는 거이 Plunger pump를 使用하는 例가 많았으나 近來에 와서는 Diapbram pump를 使用하는 境遇가 漸次 增加되어 가고 있다.

本來 Pump를 空運轉하게되면 壽命이 매우 短縮된다. 特히 모이노型 일때에는 數分만 空運轉하여도 不良하게 되므로 매우 注意를 해야 한다.

(3) 回轉 圓板型에서는 泥漿 自體가 比較的 高速으로 噴霧機를 흐르게 되므로 特히 回轉圓板과 壓力 Nozzle의 摩耗는 多少 甚하게 된다. 勿論 泥漿이 高速으로 通過되는 部分에 만은 어떤것이나 超硬度工具鋼으로 만들어져 있기는하다 그러나 硬度가 높은 Ceramic을 取扱할 때에는 亦是 磨耗가 甚해져서 月에 1回 또는 數十日에 1回씩 交換하는 것이 普通이다.

二流體型에서는 泥漿通過部分을 Sus 27程度로 만들어져 있으므로 摩耗等에 依한 Chip를 交換을 할 必要는 없다.

(4) Spray Dryer에서 흔히 問題視되는 點은 製品이 Chamber內壁에 附着한다는 것이다.

一般으로 Ceramic에서는 造粒을 目的으로 하게됨으로 Binder를 添加하게 된다. 이때 萬一 乾燥性이 나쁜 Binder이거나 融點이 얕은 Binder等이 加해지면 이로 因하여 設或 적은 量을 處理한다 해도 Spray Dryer의 Chamber內에 全혀 附着物을 안 生기게 하기란 매우 困難하다. 勿論 Dryer의 Chamber 自體를 크게하면 附着이 안 生기게 할수있으나, 經濟的 面으로 봐서 不合理 하다.

二流體 Nozzle型 에서는 特히 處理量이 적기 때문에 Chamber가 작고 또한 二流體 Nozzle의 特性으로 因하여 噴霧된 粒子體에는 比較的 큰것도 있게되므로 若干의 附着은 免치 못한다. 勿論 收率에 큰 影響을 줄 程度로 極端的인 附着이 生기게 되는 것은 不良한 設計에 歸因 한다.

適當한 設計로서 製作된 Spray dryer로서 適當히 運轉함에도 不拘하고 附着이 豫想될때에는 機械的인 衝擊이나 振動을 줘서 附着된 製品을 落下 시키거나 또는 定期的으로 Chamber內를 淸淨 하도록 해야 한다.

(5) Spray Dryer에서 얻어지는 製品이 다음 成形工程에서 容易하게 處理되려면은 殘留水分 겉보기 比重, 流動性 等이 適當하지 않으면 않

된다.

① Spray Dryer

Spray Dryer 에서는 製品中의 殘留水分을 넓은 範圍에 걸쳐 變化시키기란 容易한 일이 아니다. 그러나 熱風溫度, 排風溫度의 操作, 添加하는 Binder 의 種類와 그 量 泥漿濃度, 噴霧粒子의 크기等을 變更시키므로서 1%前後의 調節은 可能하다. 一般으로 製品中 水分도 1% 前後가 普通이다.

② 겉보기 比重

製品의 겉보기 比重은 原料의 粒度에따라 左右되지만 大體로 그 眞比重에 比例한다. (眞比重의 ⅓~¼이 普通). 噴霧가 良好하게 이루워진수 있는 範圍內에서는 泥漿濃度가 높은것일 수록 겉보기比重이 커진다. 添加하는 Binder 의 種類에 따라서는 겉보기 比重이 變化한다. 同一種의 Binder 일때에는 Binder 添加量이 많을수록 겉보기 比重은 적어진다. 그러나 添加量이 極端的으로 적은 때에도 겉보기 比重은 적어진다.

二流體 Nozzle 型의 製品은 他形式에 依한 製品에 比하여 高濃度의 泥漿을 處理할 수 있다. 噴霧된 粒子가 熱風과 並向流로 接觸하게됨으로 徐徐히 乾燥된다. 製品의 粒度分布의 幅이 넓다는 等으로 因해서 겉보기比重이 多少 크다.

③ 流動性

製品의 流動性은 그 粒徑, 粒度 分布에 따라 左右된다.

泥漿濃度가 높아지면 一般으로 微粒이 적고 粗粒이 많아 진다. 特히 二流體 Nozzle 에서는 泥漿의 濃度가 얕고 粘度가 적어지면 粒子는 거이 微粒으로 된다.

回轉圓板型과 壓力 Nozzle 型의 製品은 比較的 粒度分布의 幅이 좁다. 實際 運轉되고 있는 例로서는 極端的인 微粒, 約 60 Mesh 以上의 粒子가 거이 없으므로 流動性은 매우 좋다.

二流體 Nozzle 型에 依한 製品은 325 Mesh 以下 60 Mesh 以上의 粒子가 數 % 包含되는 것이 普通이며 따라서 流動性이 他形式에 것과 比하여 多少 떠러진다.

(6) 어떤 形式의 境遇 일지라도 試運轉段階에서 最良條件이 具備되도록 하는것이 重要하다. 風量, Nozzle chip 의 交換等 簡單한 操作으로서 製品의 性狀 및 附着量을 크게 變化시킬 수가 있다.

5. 後 見

Spray Dryer 는 設備費가 多少 높고 他乾燥機에 比하여 燃料費, 動力費도 多少 높다는 短點이 있기는 하나 많은 使用 實績으로서 그 利點이 漸次 認識되여 近來, Ceramic 方面으로의 利用이 增加되고 있다.

(筆者 : 瀋陽大學業科長, 工博)

科學技術 싹이 터야

經濟開發 꽃이 핀다