

肥料造粒의 新技術

(Fertilizer International No. 302. October. 1991)

編輯者註

肥料品質의 重要性은 造粒技術 (Granulation Technology) 의 開發에 서 다시 찾게 되었다. 이 技術은 NPK 複合肥料 제조업자가 便宜肥料인 벌크配合肥料과 겨룰수 있는 主武器라 할수 있다. 이 技術은 또한 肥料를 취급할때 배출되는 粉塵과도 관계가 있는 것이다.

肥料의 造粒工程은 國際肥料誌 (Fertilizer International) 279 권 (1989 年 8 月號) 에서 검토된바 있다. 本文은 불필요한 중복을 피하기 위하여 새로운 것만을 記述하였으므로 前刊號의 검토내용과 연관하여 읽어야 한다. 지난 2 年사이에는 技術開發의 實績이 비교적 적었다. 製品의 品質과 生産原價의 收支問題는 전통적인 生産센터에서 合理化를 계속해야 할 만큼 아직도 論爭의 核心이 되고 있다. 여하간 強調되는 것은 農民이 効率的으로 사용할 수 있도록 바라는 製品의 品質은 더 좋게 改善하고자 하는 것이다. 그렇지만 아직도 成長을 하기 위하여 분투하고 있는 西方 産業 經濟國家의 市場에서나 또는 成長의 잠재력은 크지만 外換不足으로 物質的 취약점이

있는 개발도상국에서 生産原價가 중요하지 않다는 것을 의미하는 것은 아니다. 가능하다면 最低의 原價로 最高의 品質을 얻는 것 즉 資本金이 적게 들고 에너지費나 人件費를 낮게 하는 것은 아직도 當面の 課題가 되고 있는 것이다.

○ 窒素肥料의 造粒

製品을 프릴 (Prill) 로 만드는 技術이나 粒子의 크기에 대한 問題의 견지에서 尿素나 窒酸암모늄을 基底로 한 最終製品에 대하여 造粒工程 (Granulation Process) 이 점점 더 인기를 가지게 되는 것은 놀라운 일이 아니다.

初期의 尿素나 窒酸암모늄 및 窒安石灰 (CAN) 의 造粒은 Pan Granulation이나 流動床 Granulation 시스템으로 여러가지 변동성이 있는 방법을 사용하였다. 20年가 까히 무엇인가 여러가지 經驗을 쌓아 왔으나 Norsk Hydro 社의 高溫 팬 그레놀레이션工程 (HTPG) 을 새로운 工程이라고 평가하기는 어렵다. 그러나 이 工程은 窒素肥料의 熔融物을 造粒하는데 가장 잘 알려진 팬 그레놀레이션工程이며 항공기에 의한 施肥 (Aerial application) 나 깊은 施肥 (Deep placement) 用으로 직경이 12 mm까지 되는 굵은 粒子를 生産할 수 있는 특징을 가지고 있다.

前刊號의 本文에서 다루었던 流動床 또는 噴出床造粒工程은 도요엔지니어링社 (TEC) 나 NSM (Hydro Agri) 및 Kaltenbach-Thuring 社의 工程이 포함되어 있으며 이 工程들은 모두 窒酸암모늄 또는 尿素를 염두에 두고 開發한 것이었다. 이 工程에 대한 記事가 發生된 얼마 후에 前에 Nederlandse Stikstof Mattschappij (NSM) 로 알려진 Hydro Agri Sluiskil 社는 Sluiskil에 3,600 t/d 容量의 窒安石灰를 生産할 수 있는 2基의 第4工場을 준공하였는데 이와 같은 타입의 工程으로서는 世界에서 제일 큰 工場으로 알려졌다. NSM이 設計한 最大의 이 流動床造粒 (FBG) 시스템은 기존 最大의 업스트림工程 (尿素나 窒酸암모늄溶液 또는 窒酸의 容量) 에 對應하는 規模로 設計되었다. Hydro Agri 社에 의하면 Sluiskil工

場의 投資額은 암모니아와 粉塵의 排出量을 最低水準으로 줄이는데 필요한 對策費를 포함하여 4,500 萬길더이었다. Table I은 이 工程으로 造粒한 窒酸암모늄그래놀의 특징을 要約한 것이다.

이 工場에서 造粒裝置 그 자체가 차지하는 面積은 약 40 m²인데 수직바플에 의해 서 4區間으로 區分되어 있으며 그중 세 구간은 造粒되는 지역이고 나머지 한 구간은 冷却되는 지역이다. 그래놀이 형성되는 床은 水平氣孔板을 통하여 나오는 약 140 °C의 熱風에 의하여 약 1 m의 깊이로 流動되는 한편 造粒될 熔融物은 스프레이 헤드를 통하여 粒子가 있는 流動床에 噴射된다. 窒安石灰의 그래놀은 造粒裝置에 약 20 %의 窒酸마그네슘이 함유되어 있는 돌로마이트와 95 %의 窒酸암모늄溶液으로 만든 슬러리를 송입하여 造粒한다. 돌오마이트에는 腐蝕性 不純物이 들어 있음으로 眞空蒸發로는 더 이상 濃縮할 수가 없지만 壓力下에서 加熱하면 스프레이 헤드 단계의 과잉수분이 순간적으로 제거 됨으로 最大 水分許容含量 3 %이하의 効率的인 造粒을 할 수 있다.

Table I
Product Characteristics for Ammonium Nitrate Granules
(Hydro Agri Fluidized-Bed Process)

	34.5% N	27.5% N
Chemical composition		
Nitrogen, %N	34.5	27.5
Moisture, %	0.30	0.30
Magnesium nitrate, %	1.8	1.6
pH (10% solution)	6.5	6.5
Physical properties		
Average diameter, mm	2-6	2-6
Crushing strength (2.5-mm particle), kg	2.3	3.8
Apparent density, g/l		
tapped	1,030	1,100
loose	965	1,050
Oil retention, %	<1	<1

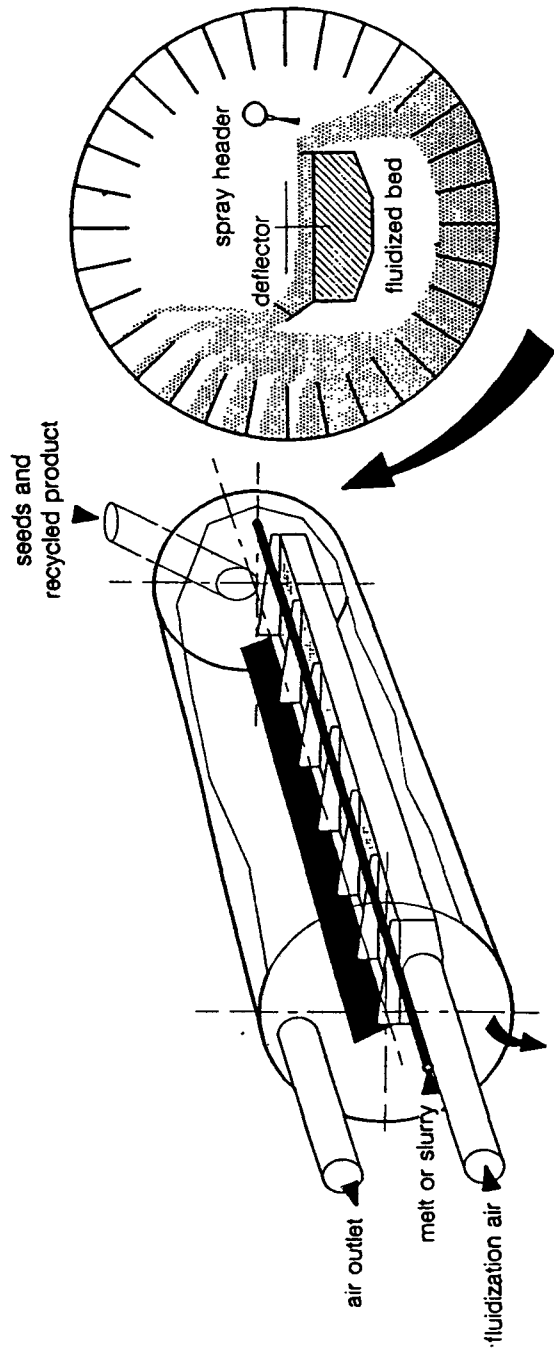
Hydro Agri 社의 流動床造粒 工程도 黃成分의 結晶이 인정되고 있는 市場의 要求에 反應하기 爲하여 尿素—黃酸암모늄 (分析值 : 41-0-0-5S) 製品을 造粒할 目的으로 開發한 것이다. 이 경우 송입슬러리는 진한 尿素溶液에 過飽和黃酸암모늄溶液을 注入하여 만든다. 黃酸암모늄의 존재는 바이uret의 생성을 억제하는 유익한 效果가 있다고 해석되었지만 粒이 거치른 粒子의 존재로 耐磨耗性 스프레이노즐의 開發이 必要하게 되어 바라는 만큼의 效果는 적은 것이다. 流出가스중의 암모니아는 黃酸으로 洗滌回收하여 工程에 再使用되며 造粒된 製品은 水分吸收을 방지하기 爲하여 被覆된다. Table II는 尿素—黃酸암모늄그레놀과 尿素그레놀이 特性을 나타낸 것이다.

Kaltenbach Thuring 社의 流動體드럼그레놀레이션 (FDG) 工程은 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 流動床이 재래식 水平圓筒형 드럼내에 설치된 것이다. 造粒되는 材料는 드럼내에 있는 리프터에 의하여 위로 올라와서 실제로 空氣가 통과할 구멍이 있는 傾斜氣孔板으로 된 流動床위에 떨어진 다음 다시 드럼이 바닥으로 떨어진다. 멜트 또는 슬러리는 마치 그것이 流動床에서 드럼의 바닥으로 흐르는 것 처럼 造粒되

Table II
Typical Physical Characteristics of UAS and Urea Granules
(Hydro Agri Fluidized-Bed Process)

	UAS granules	Urea granules
Moisture content, %	0.15	0.20
Biuret content, %	0.60	0.80
Total nitrogen content, %	41.00	46.00
Sulphur content, %	5.00	-
Crushing strength (2.5 mm), kg	3.6	3.0
Average size, mm	2.0-3.5	2.0-3.5
Bulk density, g/l		
loose	780-800	730-750
tapped	820-840	770-790
Coating (liquid), %	none	

Fig. 1: Kaltenbach-Thuring Fluidized-Drum Granulator



는 材料의 落下幕 (Falling Curtain) 위에 스프레이 된다. 형성되는 그레놀뒤에 스프레이 되어 떨어진 새로운 材料가 結晶化나 또는 蒸發하여 그레놀을 커지게 하면서 굳어지게 되는 것이다.

Kaltenbach-Thuring 社は 이 工程의 再循環率이 대략 0.4로서 窒酸암모늄과 窒素에 대한 再循環率은 0.1 정도로 낮게 할 수 있음으로 造粒效率이 높다고 말하고 있다. 이 工程은 직경 2~5 mm의 그레놀을 생산할 수 있다.

이 會社는 본래 窒酸암모늄과 尿素의 멜트를 造粒할 思想으로 이 工程을 開發하였는데 이 시스템은 멜트와 슬러리를 모두 취급할 수 있으며 固體材料과 필터 (tellers)도 再循環材料과 함께 도입할 수가 있음으로 광범위하게 응용할 수가 있다고 말하고 있다. 이 造粒裝置는 黃酸암모늄을 造粒하거나 벌크배합비료의 材料로 사용하는데 더 적합하게 만들기 위하여 尿素프릴을 “ 두껍게하기 ” (Fattening)는 물론 壓縮磷酸 肥料나 NPK 肥料製品을 “ 둥글게하기 ” (Round off)에 성공적으로 사용되었다 (Table III).

Incitec 工程에서와 같이 製造工程과 통합하면 黃酸암모늄의 造粒은 廻轉드럼식 造粒裝置에서 이루어진다. 黃酸암모늄 / 重黃酸암모늄의 슬러리는 파이프형 及應槽에서 암모니아와 黃酸의 効率的인 中和及應에 의하여 生産된다.

슬러리는 造粒裝置로 道入된 다음 암모니아가 좀더 추가된다. 이 工程은 造粒轉用の 工程이므로 파이프형 及應槽의 混合티로 들어가는 液體原料의 量을 조절함으로써 造粒裝置가 제어된다. 再循環比는 送入原料의 특성과 요구되는 製品粒子의 크기에 따라서 3 : 1 과 10 : 1 의 사이에서 여러가지로 변화할 수 있다.

最近 이탈리아의 Agrimont SPA 社は 상업적으로 立證된 尿素肥料用 造粒工程을 기존의 여러가지 造粒시스템에 추가하였다. 이 會社는 1990年 7月에 그의 Ferrara 工場에 있는 기존의 프릴탑을 代替하여 1,700t/d 規模의 造粒工場을 가동하였다. 이 會社는 前에 Porto Marghera에 있는 공단에서 小規模의 그레놀형 尿素

Table III
Commercial Installations of the Kaltenbach-Thuring
FDG Process

Installation	Capacity t/d	Year
SAPEC, Setubal (Portugal) <i>(Compacted round-up)</i>	500	1989
TIMAC, St Malo (France) <i>(Compacted round-up)</i>	1,450	1987
CEDES, Thionville (France) <i>(Compacted round-up)</i>	1,000	1988
SKW, Karlsruhe (Germany) <i>(Ammonium sulphate)</i>	30	1988
IFI, Cork (Ireland) <i>(Urea prill fattening)</i>	1,100	1988

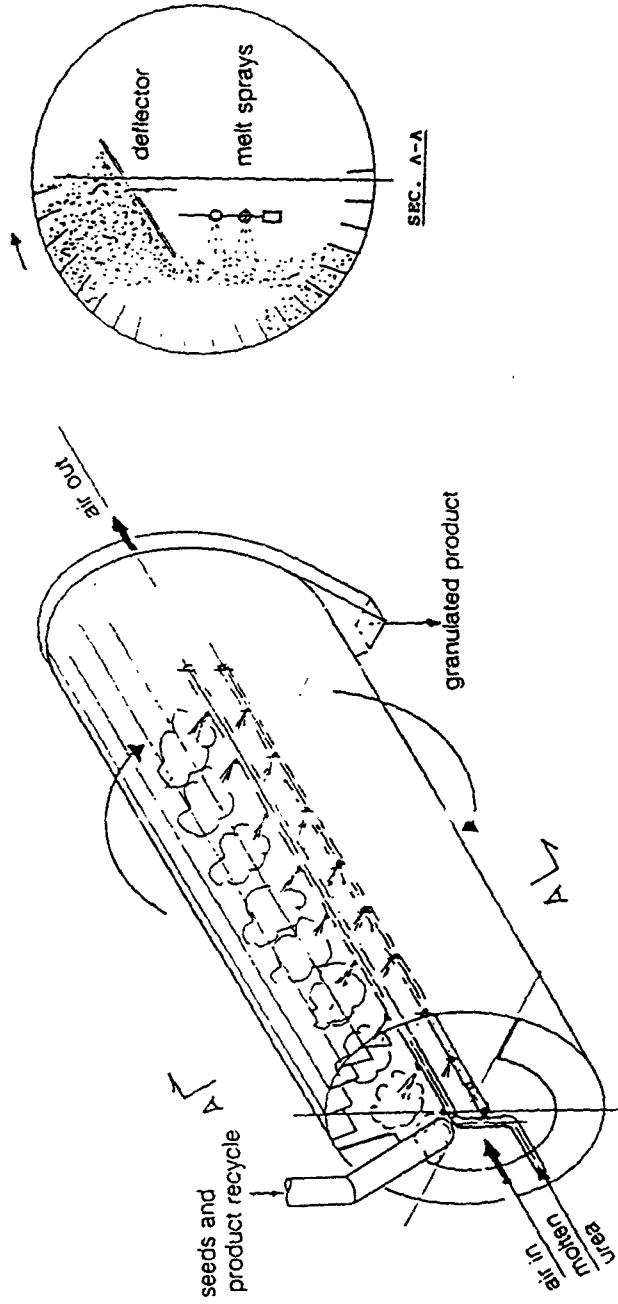
만을 生産하였으나 여기에서 Agrimont의 尿素肥料 造粒工程을 1982년에 開發하기 시작한 것이다.

Porto Marghera 現場에서 Agrimont는 NSM의 廻轉드럼식 尿素-포름알데하이드 코팅工程을 尿素프릴제품에 대한 最終 콘디시오닝 단계로서 사용하여 왔다. 肥料購買業者中 그래놀형 尿素肥料를 選好하는 경향이 커짐에 따라서 Agrimont는 그래놀형 製品을 生産하는 工程으로 轉換하기로 結定한 것이다.

이 工場은 처음에 겨우 150t/d 規模로 運轉되었으나 1983년과 1988年사이에 고체원료인 프릴尿素를 使用하는 600t/d 規模의 工場으로 확장되었다. 마지막으로 이 工場은 液體原料를 使用하는 大規模의 工場으로 改良되었다.

Fig.2는 Agrimont社의 造粒裝置를 나타낸 것이다. 濃度가 99.4% 이상이고 濃度가 136℃~140℃인 原料用 尿素溶液은 造粒된 그래놀의 物理的條件을 改善하기 위하여 포름알데하이드로 處理된다. 회전드럼식 造粒裝置에서 原料溶液이 再循環되는 그래놀의 落下幕위에 噴射됨으로서 이 그래놀은 새로운 材料層으로 被覆된다. 50~60℃의 再循環材料가 드럼내로 들어간 다음 약 115℃의 製品으로 되어 流動

Fig. 2: Montedison Drum Granulator



床冷却器위로 排出된다.

廻轉드럼내부에 直列로 設置된 리프터는 먼저 造粒裝置의 傾斜面위로 떨어진 다음 낮은 부분으로 내려올 수 있도록 그레놀을 傾斜面의 윗부분으로 퍼올린다. 噴務된 原料溶液이 材料粒子的 落下幕위에 맞추치면 순간적으로 結晶化됨으로서 噴務된 溶液의 새 材料가 落下되는 粒子위에 점진적으로 쌓여서 그레놀製品이 형성된다. Table IV는 製品의 設計特性을 나타낸 것이다.

Table IV
Characteristics of Granular Urea from
Montedison's Ferrara Plant (Design)

Moisture content, %	0.2-0.25
Nitrogen content, %	46.0-46.3
Biuret content, %	< 1.2
Formaldehyde content, %	0.25-0.35
Free ammonia, ppm	< 150
Ph	9-9.8
Colour	< 20 Apha
Bulk density, kg/m ³	780-800
Particle size distribution, %	
> 5 mm	< 1
2-5 mm	> 93.5
1-2 mm	< 5
< 1 mm	< 0.5
Crushing strength (2.5 mm particle), kg	> 1.6

○ 磷酸質肥料의 造粒

重過磷酸石灰 (TSP), DAP 및 MAP와 같은 磷酸質肥料는 직접사용이나 또는 配合形式으로 使用되는 重要な 肥料製品인 것이다. 最近 몇년동안 國際肥料價格에 대한 壓力때문에 生産原價를 더 낮추기 위하여 製造業者에게 가해진 壓力이 아직도 완 않았다는 것을 확실하게 되었다.

~~~~~

磷酸암모늄의 경우 이 排戰에 대한 해답은 암모니아 / 磷酸의 反應用 파이프형 反應槽에 대한 技術을 強化하여 再循環率을 감소시키는 것인데 이 技術은 特定工場의 生産能力을 增大시켜 줌으로서 間接資本費를 줄일 수 있었다. 重過磷酸石灰에 대해서도 이와 同一한 전체적인 效果가 슬러리형 工程의 造粒裝置에 일정부분의 高체원료를 직접 도입함으로써 성취되었다.

#### ○ NPK肥料의 造粒

磷酸質肥料에 대한 전통적인 화학식 또는 슬러리식 造粒方法과 같이 類似方法에 의한 NPK肥料 生産方法의 새로운 開發은 再循環率을 줄이고 암모니아와 磷酸의 中和反應에 파이프형 反應槽시스템을 使用하는 쪽으로 집약되는 경향이였다. 再循環率이 높은 시스템 ( 1970 年代末의 再循環은 8 : 1이었음 )의 주요 제안자인 자코브 엔지니어링社까지도 지금은 再循環率의 주성을 3 : 1 ~ 4 : 1 정도로 진전시켰다. 그러나 여기서 強調되는 것은 費用을 最小化하기 위하여 체류시간이 매우 짧고 작은 造粒裝置라는 것이다.

TVA, ERT-ERPINDESA, Cros/Incro 및 Grande Paroisse 등과 같은 會社가 發展시킨 파이프형 反應槽시스템은 中和 ( 예를 들면 암모니아와 磷酸의 中和 ) 하여 그레놀형 NPK肥料를 生産하는데 效率를 改善하고 生産原價를 節減하는 역할을 하였다.

酸의 反應에 의하여 特別히 生産되는 NPK肥料는 nitrophosphates 肥料이다. 이 경우 磷鑛石을 녹이는데 통상적으로 더 많이 使用되고 있는 黃酸대신 窒酸이 使用된다. 대부분의 니트로포스페이트工程에 있어서 磷鑛石에 들어 있는 칼슘은 窒酸칼슘形態로 존재하는데 이 窒酸칼슘은 전통적인 混式磷酸工程의 黃酸칼슘과 같은 不溶性이 아니기 때문에 反應슬러리에 溶液으로 남아있게 된다. 使用되는 工程이나 生産하

---

는 肥種에 따라서 칼슘은 磷酸鹽과 再結合하여 슬러리가 中和되면 溶解도가 낮은 磷酸칼슘을 형성하려는 경향이 있기 때문에 最終 肥料製品의 물에 대한 溶解도를 줄일 수 있다.

물에 대한 溶解도가 적절한 製品을 얻기 위하여 적당한 比率로 들어 있는 窒酸칼슘의 結晶化를 增大시켜 주는 技術은 現在 가장 널리 使用되고 있는 冷却方式(Chilling)으로 되어 있지만 약간의 酸을 추가로 使用하거나 固體成分原料의 使用을 包含한 여러가지 方法이 考案되었다. 그래놀형 肥料를 製造하는 니트로포스페이트工程은 成分原料의 선택이 복잡하기 때문에 때로는 處理中 發生되는 液體, 氣體 및 粉塵을 취급하는 條件이 요구될 수도 있다. 어떤 尼트로포스페이트工場은 최종 製品을 프릴로 만들지만 대부분은 廻轉式 造粒裝置를 使用하고 있다. 어떤 運轉員들은 간단한 廻轉式 드럼에서 造粒과 乾燥를 모두 할수 있는 스페로다이저(Spherodizer) 시스템을 발견하였는데 이 技術은 効率が 매우 좋은 것이 었다.

예를 들면 핀란드의 Kemira Oy 社는 酸을 中和하는데 混酸 尼트로포스페이트工程을 그리고 造粒을 하는데는 스페로다이저를 使用하고 있다. 磷酸과 黃酸은 연속으로 운전되는 3基의 एसიდ레이션(Acidulation) 反應槽에서 窒酸으로 磷鑛石을 녹이는데 부가하여 使用된다. 各 酸의 使用比率은 製造하고자 하는 最終製品의 NPK分析値와 물에 대한 溶解度の 要求條件에 따라 정해진다. 암모니아는 反應槽의 슬러리에 들어 있는 遊離酸과 직접 反應할 수 있도록 造粒裝置內로 도입될 수 있다.

전형적으로 약 10%의 水分을 함유하고 있는 反應슬러리는 130℃에서 噴射되어 再循環材料의 落下幕에 마주칠 수 있는 스페로다이저내로 送入된다. 슬러리가 再循環 粒子에 부딪치면 순간적으로 乾燥됨으로 粒子가 커지는 結果가 된다. 크기가 더 굵어지고 固體로 乾燥된 粒子는 드럼끝에 있는 排出口로 나가게 된다.

Ravena에 있는 Enichem Agricoltura 社의 尼트로포스페이트工場에서는 1975년이래 스페로다이저를 尼트로포스페이트工程의 技術과 연계하여 使用하고 있다. 最

近에는 工場을 改善하여 粉塵이나 암모니아의 排出量을 줄일 수 있게 되었다.

N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>의 比가 5 : 1 - 1 : 3인 年間 40萬 t의 肥料를 生産할 수 있는 Eni-chem工場은 磷鑛石, 窒酸, 암모니아, MAP, 黃酸암모늄, 窒酸암모늄, 鹽化加里, 黃酸加里 및 들오마이트등을 包含한 광범위한 原料를 使用하고 있다. ( Table V ) 工場의 反應槽配列은 19基의 反應槽 ( Fig. 3의 工程圖에는 反應槽를 모두 표시한 것이 不임 )로 構成되어 있는데 磷鑛石과 窒酸은 맨 앞에 있는 3基의 反應槽에 送入되고 있다. MAP는 4-6번째의 反應槽에 注入되고 7-8번째의 反應槽에서는 암모니아와 中和反應이 일어난다. 窒酸을 包含한 其他의 成分原料는 남어지의 反應槽에 注入된다. 맨 앞의 3基의 反應槽 ( 애씨들레이션 )는 우리누스 B 6으로 製作하는 한편 餘타의 反應槽는 AISI316L 스테인레스스틸로 製作된다.

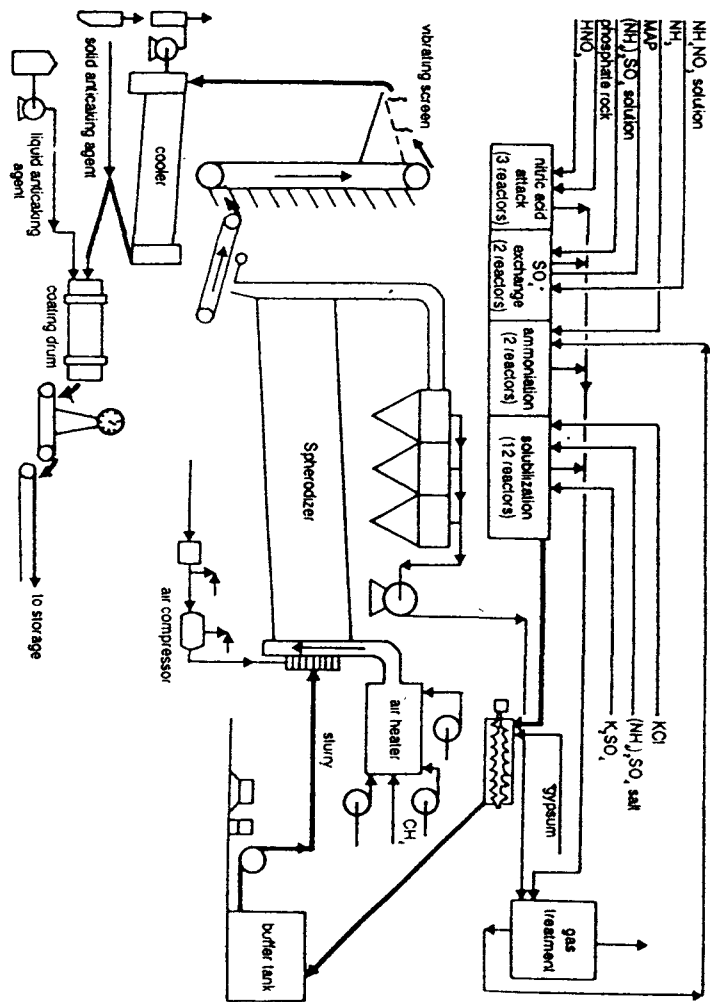
12 ~ 22 %의 水分을 함유하는 反應슬러리는 두 부분으로 區分된 스페로다이저로 펄핑되는데 첫번째는 造粒되는 部分이고 두번째는 乾燥되는 部分이다. 노즐은 反應

**Table V**  
**Optimum Operating Parameters in the Enichem Agricoltura Nitrophosphate-Based NPK Process**

| Formula    | Production<br>t/d | Slurry<br>moisture<br>% | Hot air<br>flow rate<br>m <sup>3</sup> /h | Hot air<br>temperature<br>°C |
|------------|-------------------|-------------------------|-------------------------------------------|------------------------------|
| 8-24-24    | 500               | 20-22                   | 85,000                                    | 280                          |
| 12-12-12   | 525               | 18-20                   | 100,000                                   | 300                          |
| 15-15-15   | 800               | 16-17                   | 87,000                                    | 380                          |
| 20-10-10   | 650               | 12-13                   | 90,000                                    | 180                          |
| 20-10-10-S | 650               | 12-13                   | 90,000                                    | 200                          |
| 23-23      | 700               | 17-19                   | 100,000                                   | 190                          |
| 16-35      | 500               | 17-19                   | 100,000                                   | 200                          |
| 25-10      | 650               | 12-13                   | 90,000                                    | 170                          |
| 18-18-5    | 600               | 14-16                   | 100,000                                   | 190                          |
| 11-22-16   | 650               | 16-18                   | 90,000                                    | 280                          |
| 12-6-18 S  | 500               | 16-18                   | 110,000                                   | 280                          |

Exit salt temperature = 90° in all cases

**Fig. 3: Nitrophosphate NPK Process Used at Enichem  
Agricoltura, Ravenna**



슬러리가 再循環粒子的 落下幕위로 直徑이 최소한 40 mesh인 미세한 飛沫雲으로서 噴射되게 한다. 가스버너에 나오는 熱風은 製品의 表面에 함유되어 있는 水分이 固結點以下로 신속히 떨어지게 할 수 있도록 製品에 대하여 向流로 흐른다. 出口의 溫度가 약 90℃인 스페로다이저의 끝부분에서 製品의 乾燥는 완료된다. 再循環比는 1~1.2 정도로서 전형적으로 낮은 것이다.

最近 環境改善을 위하여 불소, 암모니아 및 微細한 粉塵을 必要하면 黃酸이나 磷酸으로 洗滌하여 排出量을 줄이고 있는데 이 洗滌液은 製造工程으로 再投入된다. 稀 암모니아溶液을 使用하는 알카리洗滌도 可能한데 이 경우 마지막에는 물로 洗滌을 하여야 한다. 이와 같은 方法으로 깨끗하게 된 工場의 排가스는 50~55℃에서 飽和된 상태로 60m 높이의 大氣로 排出된다. 스페로다이저의 出口가스가 가지고 있는 熱을 이용하여 廢液의 流出物이 排出되지 않도록 모든 洗滌液을 蒸發한 다음 濃縮된 洗滌液은 製造工程으로 되돌려 보낸다.

#### ○ NPK肥料의 開發

그래놀형 NPK肥料生産의 傾向은 製造業體 자신의 新상이야기를 하는 것과 같다. 最近 國際肥料開發센터 (IFDC)의 조사에 따르면 全世界의 年間 肥料生産推定量 36,000萬 t中 약 6,000萬 t은 同質의 그래놀형 NPK製品 (예를 들면 벌크 배합비료는 제외됨)이 약 275基의 工場에서 生産되고 있다.

北美에 있어서 NPK造粒工場의 數는 1960年度에 280基이었는데 現在 加동중인 것은 겨우 37基로 감소되었으며 이 工場들은 1989년에 240萬 t의 製品을 生産하는데 그쳤다. 캐나다에는 現在 運轉되고 있는 NPK造粒工場이 없다. 아직도 世界各國의 대부분이 그래놀형 NPK肥料를 生産하고 있지만 西區에서는 1980年度에 3,200萬 t을 生産할 수 있는 32基의 工場이 있었는데 現在는 2,700萬 t을 生産할 수 있는 97基의 工場이 運轉되고 있다. 工場이 점점 더 폐쇄될수록 産業은 좀더 큰

生産施設로 強化되고 工場의 數는 줄어들 것이다.

앞으로 NPK 肥料의 造粒은 주로 개발도상국 특히 아시아와 中美에서 그리고 東歐와 蘇聯에서도 쓸모없이 된 구식 工場을 새것으로 代替할 수 있게 된다면 새로운 施設容量이 늘어나게 될것으로 보인다. 특히 아시아와 中美에서는 植物의 營養이 完全한 肥料의 使用이 필요하다는 理解가 커지면서 NPK 형식의 肥料需要가 증가되고 있는 상황이다. 그레놀형 NPK 肥料의 國際貿易은 固體原料나 그레놀형 中間物質의 貿易에 比하여 비교적 적은 편인데 개발도상국의 生産者가 안고 있는 問題는 內需用 肥料를 어느정도, 좋게 製造할 수 있느냐 하는 問題이다.

많이 使用하는 肥料까지도 生産者가 비교적 적은 개발도상국에서는 전통적인 化學式이나 또는 슬러리식 造粒工程에 요구되는 근본적인 液體原料 (암모니아, 磷酸, 黃酸 또는 窒酸)를 쉽게 얻을수가 없음으로 대형화학공단에 연계하여 이들 液體原料를 이용할 수 있게되는 利點을 가지고 있다. 液體原料를 生産하기 위한 비교적 높은 技術이 要求되는 化學工程에는 잘 訓練된 高級人力이 많이 必要한 반면 原料를 輸送하는데는 特殊船舶을 使用해야 함으로 이것은 原料의 輸入費를 增加하게 하는 運送料가 올라가게 마련이다. 따라서 乾燥한 成分原料를 使用하여 그레놀형 NPK 肥料를 生産하는 方法의 선택이 눈에 띄는 것이다.

#### ○ 配合, 壓縮 또는 스텝造粒

乾燥한 中間物質을 가지고 市販用 그레놀형 NPK 肥料를 生産할 수 있는 여러가지 方法은 여러가지가 있다. 가장 간단한 것은 尿素, 黃酸암모늄, 窒安石灰, 重過磷酸石灰, DAP 및 加里등과 같은 그레놀형 中間物質을 포장 또는 벌크상태로 판매하기 전에 단순히 서로 혼합한 벌크 配合肥料의 형태로 만드는 것이다. 이미 그레놀형으로 되어 있는 모든 原料들은 각 成分原料가 最終製品에서 잘 분산되게 하기 위하여 充分히 골려서 섞을 必要가 있다.

이것은 좀더 確實하게 말할수도 있는데 混sum을 잘 못하거나 析離現象이 일어나는 製品을 農作物에 施用하면 分析表에 표시된 效果를 나타내지 못하는 製品이 되게 할 수 있다는 것이다. 1980 年代中 벌크 配合이 위치를 강화한 西歐에서 品質이 좋은 그레놀형 中間物質을 開發한 것은 성공의 주요 要因이 된 것이다.

그러나 개발도상국의 條件에서 이용할 수 있는 中間物質은 品質이 낮을수도 있고 취급시설이나 또는 벌크 配合肥料의 析離를 방지하는데 必要한 관리시스템도 부족할 수가 있다. 다시 말하면 DAP, 尿素 및 加里를 모두 함께 섞어서 포장한 벌크 配合肥料보다 同質의 NPK 그레놀을 生産하는 方法이 더할 나위 없이 좋은 利點이 있다는 것이다. 이 경우 選擇할 수 있는 方法은 “壓縮式”(Compaction)이나 “스팀式”(Steam) 造粒이라 생각된다.

#### ○ 壓縮式 造粒

最近 벌크 配合용으로 적합한 製品에다가 結晶형 加里를 섞어서 “造粒하기” 方法으로 부터 시작하여 乾燥한 成分原料로 그레놀형 NPK 製品을 生産하는 工程으로서 壓縮式이 採擇된 것은 最近에 이루어진 것이다. 특히 壓縮式은 製品의 品質을 改善하기 위하여 저렴한 費用으로 벌크 配合工場에 추가될 수 있는 工程으로서 인정하게 되었다. 原料는 粉末, 結晶 또는 그레놀형으로 될수가 있는데 低品位의 그레놀을 취급하거나 처리하는 견지에서 볼때 理想的인 것일수도 있다.

國際肥料誌의 前刊號에서 詳細하게 記述한바 있는 壓縮法造粒은 처음에 原料를 配合한 다음 壓縮操作을 하고 이어서 마무리처리를 하도록 되어 있다. 造粒을 하는 동안 물을 첨가하는 일이 없으므로 형성된 製品은 乾燥를 해야 할 必要가 없다. 壓縮操作 자체는 乾燥한 固體原料가 목직한 逆對稱 廻轉롤러사이의 틈새를 통과함으로써 壓縮케이크로 만들어지도록 되어 있다. 이 壓縮케이크는 이어서 원하는 製品의 크기로 切斷된 다음 날카로운 가장자리는 鍊磨드럼에서 제거된다.



**Table VI**  
**Comparison of Operating Cost Data for Compaction-Granulation and Steam Granulation**  
 (US dollars)

|                                                                          | Compaction <sup>a</sup> |       | Steam Granulation <sup>b</sup>                   |                   |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------|--------------------------------------------------|-------------------|
|                                                                          | Units                   | S/t   | Units                                            | S/t               |
| <b>Utilities</b>                                                         |                         |       |                                                  |                   |
| Gas (air conditioning and space heating only)                            |                         | 0.16  | Fuel oil, /tonne                                 | 10-13             |
| Electric energy, kWh/tonne                                               |                         |       | Electric energy (motor drives and all equipment) | 17-20             |
| raw material dressing                                                    | 3-8                     |       |                                                  | 1.00 <sup>d</sup> |
| compaction                                                               | 15-25                   |       |                                                  |                   |
| finishing                                                                | 2-15                    |       |                                                  |                   |
| dust removal                                                             | 4-8                     |       |                                                  |                   |
| total                                                                    | 24-56                   | 1.76  |                                                  |                   |
| <b>Labour, men/shift</b>                                                 |                         |       |                                                  |                   |
| Operating                                                                | 1-2                     |       | Operating                                        | 7-9               |
| Maintenance                                                              | 0-2                     |       |                                                  |                   |
| <b>Total operating costs, including depreciation and capital charges</b> |                         | 17.67 |                                                  | 18.00             |

<sup>a</sup> French conditions (Source: Sahut-Conreur)

<sup>b</sup> Indian conditions (Source: Fertiplant Engineering)

<sup>c</sup> Notional calculation at fuel cost of \$100/t

<sup>d</sup> Notional calculation at power cost of \$0.05/kWh

再循環比(單位時間當製品原料의處理量에대한再循環되는粉末및其他材料의比)는1:1과2:2사이로서일반적으로낮으며人件費와資本費도모두다른工程과比較하여저렴하다.이工程은高溫處理를하지않고最小의廻轉裝置를사용하기때문에에너지費도낮은것이다.

國際肥料開發센터(IFDC)가1987년에개발도상국의條件에관하여실시한研究는그레놀형NPK肥料의製造施設12萬t/a에대하여壓縮式工場의投資費는이와比較되는容량의스팀식造粒工場의投資費보다약20%정도가그리고전통적인化學式또는슬러리식造粒工場에비해서는약5%가적었다는結論을얻었다.

壓縮式造粒에의한NPK肥料의生産은中美의과테말라에성공적으로소개되었으며最近에는東南亞의필리핀에있는Atlas肥料會社가도입하였다.報告書에따르면1989년에처음으로生産을시작한5萬t/a規模의Atlas工場은投資費가170萬달러이었다.製品의범위에대한융통성이있기때문에原料供給은물론“地域”資源의投入및微量成分등을반영하는가능성을주요長點으로인용하였다. Atlas工場의경우國際米作研究協會(IRRI)가壓縮式과전통적인造粒式으로製造한肥料의使用效率를比較試驗한결과효험의차이가없다는것을나타냈다(Table VI).

#### ○ 스팀식造粒

先進國의 많은地域에서는NPK造粒이라는用語가化學式造粒과同意語로使用되고있는반면다른地域에서는液相으로만들기위하여乾燥한成分原料와물또는蒸氣를使用하는物理的造粒의의미로도使用하고있다.특히西歐에서酸이나암모니아등주요化學製品을生産하는會社들은가스,磷鑛石및黃과같은原料의使用을보편적인원칙으로하여同質의그레놀형NPK肥料를製造할수있는한편작은

生産業者들은 고체중간물질을 구입하여 스팀식 造粒으로 類似한 製品의 生産을 選好하고 있다. 아직 남아 있는 대부분의 이러한 工場들은 費用을 줄이기 위하여 벌크 配合쪽으로 轉換하였으며 스팀식 造粒工場은 이제 사실상 소수의 전문 生産業體만으로 한정되었다. 그러나 인도에서는 1960年代 이래 스팀식 造粒에 의한 肥料를 生産하고 있다. 이 나라에서는 化學슬러리를 使用하는 造粒은 비교적 수가 적은 綜合製 造業體로 제한되고 있다. 기타 여러 生産業體들은 여러곳에서 구입한 尿素나 DAP와 같은 輸入 固體中間物質을 가지고 그들의 製品을 生産하고 있다. 鑛酸과 같은 腐蝕性 液體나 또는 암모니아와 같은 위험한 가스를 취급할 必要가 없기 때문에 숙련 技術人力의 必要性이 적으며 물이나 스팀은 좋은 그래늘을 生産하기 위하여 原料를 액상으로 만드는데만 使用하기 때문에 乾燥를 위한 에너지의 所要량도 적다. 물을 많이 使用하지 않기 때문에 많은 體積의 化學슬러리를 再순환시킬 必要가 없으므로 再循環比는 1 : 1 또는 그 이하이며 單位生産容量者의 資本費도 적절한 편이다. 봄베이에 있는 Fertiplant Engineering社는 150t/d規模의 工場에 대한 投資費를 125萬달러, 그리고 400t/d의 工場에 대해서는 260萬달러의 見積을 제시하였다.

이러한 “混合肥料의 造粒”이 인도의 다른 나라에서는 별로 使用하고 있지 않지만 泰國에서 가장 큰 NPK肥料의 生産業體인 타이 센트랄化學이 30萬t/a容量의 工場 1基를 數年동안 運轉하고 있다. 最近에는 말레이시아의 FMP工場이 類似한 工程으로 된 10萬t/a規模의 工場을 運轉하고 있다.

Fertiplant Engineering社에 따르면 動力과 燃料의 所要량은 전통적인 化學式 造粒에 비하여 낮은 편이며 所要人力도 대부분이 未熟練되어 있으므로 이 工程의 使用이 적절한 것이다. 資本費는 포함되지만 原料費가 제외되는 인도의 條件에서 生産原價는 제품톤당 18달러로 報告되고 있다. “地域”의 原料(예를 들면 neem cake)의 조달능력과 低品位 또는 等外原料의 使用問題도 하나의 長點으로 본 것이다.