

## 最近流動드럼식肥料造粒技術

〈Nitrogen No.196. March-April 1992〉

칼텐마크 튜링社의 流動드럼식 造粒工程은 1989年이래 商業的으로 사용되어 왔다. 本文은 이 工程을 다른 工程에 적용하기 위한 商業的 運轉結果를 소개시켜 주는 것이다.

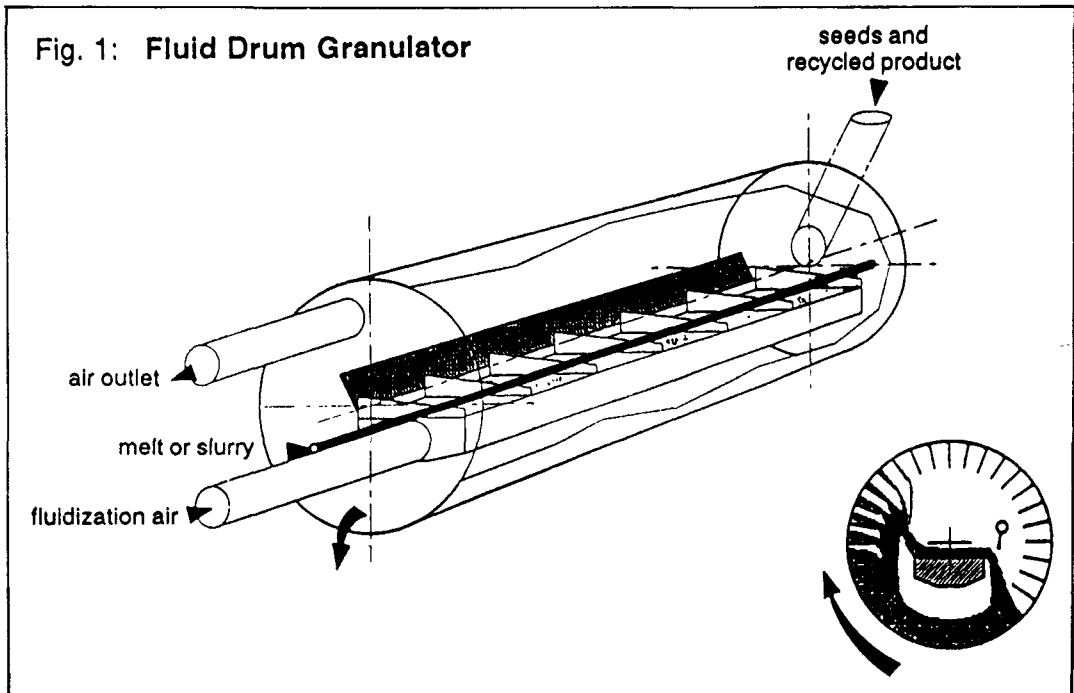
칼텐마크 튜링社의 流動드럼식 肥料造粒工程(FDG)은 새로운 이 造粒工程의 파이로트試驗이 완료되어 最初로 工業的 적용을 하여 운전하기 시작한 1986年에 Nitrogen誌의 특집기사로 소개된 후 8개의 工場들이 이 流動드럼식 造粒工程을 채택하였다. 이 工程은 12-1,450t/d規模의 生産容量을 가진 다른 工程에 적용되고 있다.

프랑스와 포르투갈에 있는 工場들은 壓縮製品(Compacted Products)의 粒子를 등글게 하는데에 이 FDG工程을 사용하고 있다. 사르디니아(Sardinia)와 獨逸에서는 이 工程이 黃酸암모늄을 造粒하는데 사용되고 있고 이탈리아에는 尿素나 窒酸칼슘을 造粒하기 위한 FDG工場이 있다. 아일랜드에서는 이 FDG工程이 尿素프릴을 굽게하는데(Fattening) 사용되고 있으며 최근에는 이 工程이 1991年에 시운전에 들어 갔던 캐나다에 있는 400 t/d容量의 窒酸암모늄工場의 프릴을 굽게하는데 적용되고 있다.

위에서 설명한 商業的 적용외에도 FDG技術은 黃·過磷酸石灰, 窒酸나트륨, MAP 및 DAP 등의 製品을 造粒하거나 粒子를 등글게 하는데에도 적용하기 위하여 파이로 트시험이 實施되었다.

○ 設 計 原 理

工程의 핵심부분은 圓筒型 造粒드럼을 水平으로 배열한 것인데 內部가 막히지 않도록 하기 위하여 특수한 리프터가 설치되어 있다. 이 드럼은 통상적인 方法으로 장치의 軸이 廻轉되는데 內部에 流動床이 설치되어 있는 재래식 드럼그래놀레이터 (Fig. 1)와는 다르다. 이것은 流動用空氣가 통과할 수 있는 납작하고 약간 경사진 多孔板(Perforated Plate)으로 구성되어 있다. 어떤 경우에는 大氣를 流動用空氣로 직접 사용할 수 있으며 또 다른 경우에는 사전에 空調가 必要할때도 있다. 再循環될수도 있는 種粒子(Seed material)인 프릴이나 또는 등글게 다듬어 주어야 할 必要가 있는 壓縮製品의 粒子는 이 造粒裝置에 送入된 다음 粒子가 增大되고 冷却, 乾燥된다. 이 工程은 주기적인 순서에 따라 누진적으로 進行된다.



드럼 内部에 設置된 리프터가 種粒子を 드럼의 윗쪽으로 올려주며 윗쪽으로 올라온 粒子는 다시 流動床의 表面위로 落下된 다음 冷却 또는 乾燥 (送入材料가 슬러리일 경우) 된다. 粒子는 경사진 바닥으로 내려온 다음 드럼의 底部로 떨어지는데 여기서 造粒原料의 멜트(melt)나 슬러리가 噴射된다. 멜트로 피복된 그레놀은 流動床으로 들어간 다음 새로 형성된 表面층이 冷却되고 水分이 증발되어 固化하게 된다. 원하는 粒子의 크기가 될 때까지 동일한 순환조작이 여러차례 반복된다.

멜트나 슬러리로 된 造粒原料에는 필러(Fillers) 또는 미량성분과 같은 여러 가지 첨가제가 부가될 수 있다.

造粒裝置內的 空氣는 외부에 설치된 송풍기에 의해 排氣된다.

#### ○ 工程의 長點

FDG 工程에는 3가지 주요長點, 즉 裝置가 간편하고 그레놀의 品質이 우수하며 기존 工場內에 舊型裝置의 改裝이 가능한 점등이 있다. 간편성에 관하여 말한다면 단일장치내에서 造粒이 되는 동시에 부분건조 또는 全體的인 乾燥를 할수가 있다. 造粒裝置를 운전하는데 특별히 숙련된 기술이 요구되지 않는다. 그레놀의 크기는 空氣流量의 변화나 造粒裝置內的 체류시간의 변화에 따라 여러가지로 다르게 할 수 있다.

이 工程은 窒酸암모늄이나 尿素에 대한 再循環比가 0.8:1로서 높은 造粒效率을 가지고 있다. 造粒의 메카니즘이 좋고 연속적인 層의 형성이 잘 되며, 冷却이 잘 되기 때문에 특수한 高價의 첨가제를 사용하지 않고도 단단한 그레놀제품이 생산된다.

造粒裝置에서 造粒과 乾燥가 같이 되기 때문에 그레놀의 각 層에서 나오는 水分도 높은 蒸發率을 가지고 乾燥된다. 따라서 이 그레놀製品은 건조하고 조밀하며 매우 등글고 균일한 크기로 만들어 진다.

이 工程은 기존 造粒工場에 조합할 수도 있으며 또는 프릴工場이나 壓縮工場에 제품의 크기와 硬度를 增大하고 工場의 生産容量을 높이기 위하여 부실될수도 있다. 이

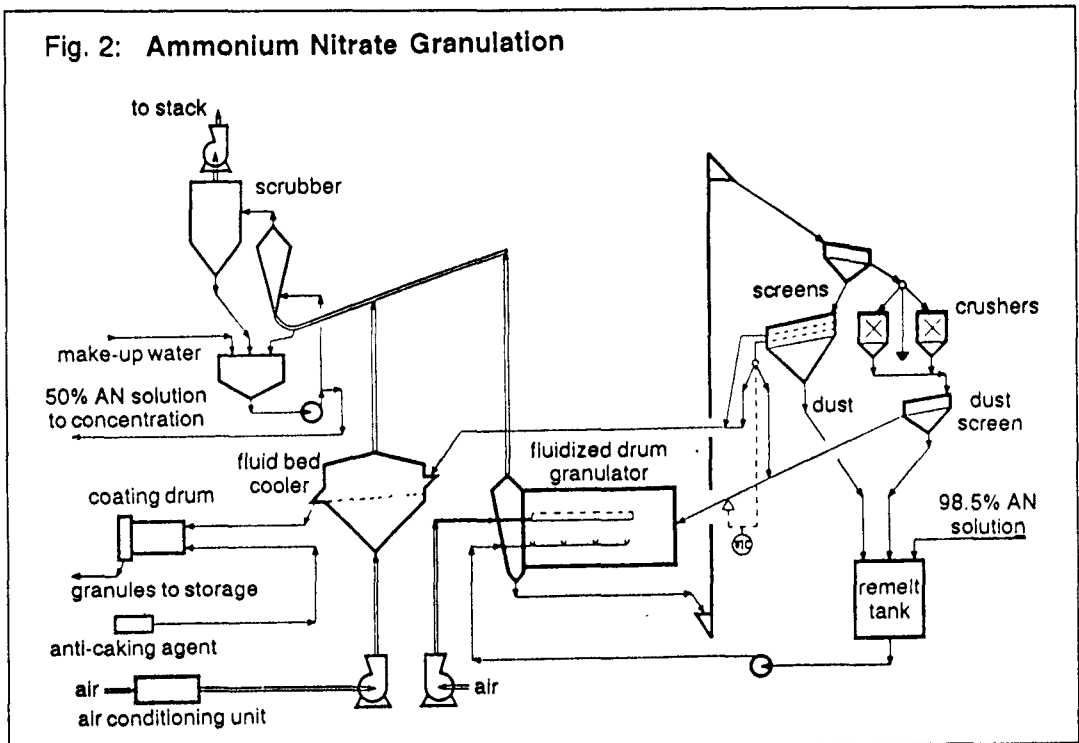
와 같은 施設은 投資費가 비교적 낮은 결과를 얻을 수 있다.

○ 熔融鹽의 造粒

FDG工程은 造粒하고자 하는 原料가 완전한 無水物이거나 또는 結晶熱(Heat of Crystallization)로 水分을 증발할 수 있을 만큼 水分含量이 매우 적은 原料의 熔融物을 造粒하는데 가장 적합한 것이다.

그레놀의 表面에 침적된 연속적인 液層을 固化하는데는 大氣冷却만으로도 충분하다. 造粒裝置의 출구에 모아진 제품은 스크린으로 직접 통과한다. 規格品の 部分은 저장창고로 가기전에 다시 冷却되며 한편 粒子의 크기가 規格보다 작은 것이나 굵은 것은 造粒드럼으로 再循環된다.(Fig. 2)

造粒裝置의 複合作用과 選別시스템(Sieving System)은 粒子의 크기가 2~5 mm범위내의 제품을 生産하는데 사용될 수 있으며 平均 直徑을 1mm로 變化시킬 수



있다.

造粒裝置에서 粉塵으로 인한 製品의 損失은 매우 적은데 粉塵을 스크러빙 한 후 스테크로 나가는 損失量은 30ppm을 넘지 않는다.

각각 1 식의 流動드럼식 造粒裝置, 選別 / 分碎시스템, 流動床의 최종냉각장치 및 等外品の 再循環回路를 가지고 있는 1 개의 라인에 대한 電力의 消費量은 1,000 t/d의 工場에서 최종제품 1 t당 약 1 Kwh이다.

Table I은 窒酸암모늄의 造粒에 FDG工程을 사용한 商業的 規模의 工場으로부터 얻은 대표적인 결과를 나타낸 것이다.

<b>Specification of the inlet materials to the FDG</b>	
Concentration of the ammonium nitrate melt	99.3% to 99.7%
Clay (proportion in weight)	1.6% to 1.9%
<b>Specification of the final product</b>	
Nitrogen content	34.3%
Granulometry	99.6% 2 to 4 mm
(With a 3.8 mesh oversize screen)	85% 2.5 to 3.5 mm
Recycle rate	0.8 to 1
Moisture	0.2%
Hardness	2 to 4 kg
Oil retention	1.5%
<b>Recycle solution from scrubber</b>	
Approx. 30-40 kg AN/ton final product	
Solution concentration	60%

○ **프릴의 增大**

대부분의 프릴탑은 製品의 性質에 關係없이 平均直徑이 약 2.5 mm이상의 프릴을 生産할 수 없다. 취급이나 저장, 그리고 특히 벌크배합의 견지에서 많은 사용자들은 굵은 프릴을 더 選好한다. FDG工程은 프릴의 크기를 增大하여 3~5 mm사이의

그래늘로 만드는데 사용될 수 있다. 프릴탑의 통상적인 再循環率(10%)을 변경하지 않고 FDG 工程은 프릴의 平均直徑을 25%까지 增大할 수 있다. 프릴탑에서 나온 肥料프릴은 等外프릴을 再循環하는 方法으로 流動드럼식 造粒裝置에 단순히 種 粒子로서 도입된다.

肥料프릴이 들어가는 流動床에는 空氣가 送入되고 프릴을 增大하기 위하여 추가로 熔融肥料를 프릴위에 噴霧한다. 造粒裝置로부터 나온 空氣는 大氣로 排出되기전 에 스크리버를 통과하여 環境規定에 따라 洗滌된다.

**Table II**  
**Urea Prill Fattening**

**Specification of the inlet materials to the FDG**

Urea prills	
Mean diameter	2.1 mm
Hardness	0.3 to 0.6 kg
Resistance to abrasion (% breakdown)	5%
Moisture	0.30%
Biuret	0.96% to 0.98%
Residual formaldehyde	0.4 HCHO
Temperature	75-85°C
Urea melt	
Concentration	99.7%
Temperature	140°C
Proportion prills to urea melt	1:1

**Specification of the final product**

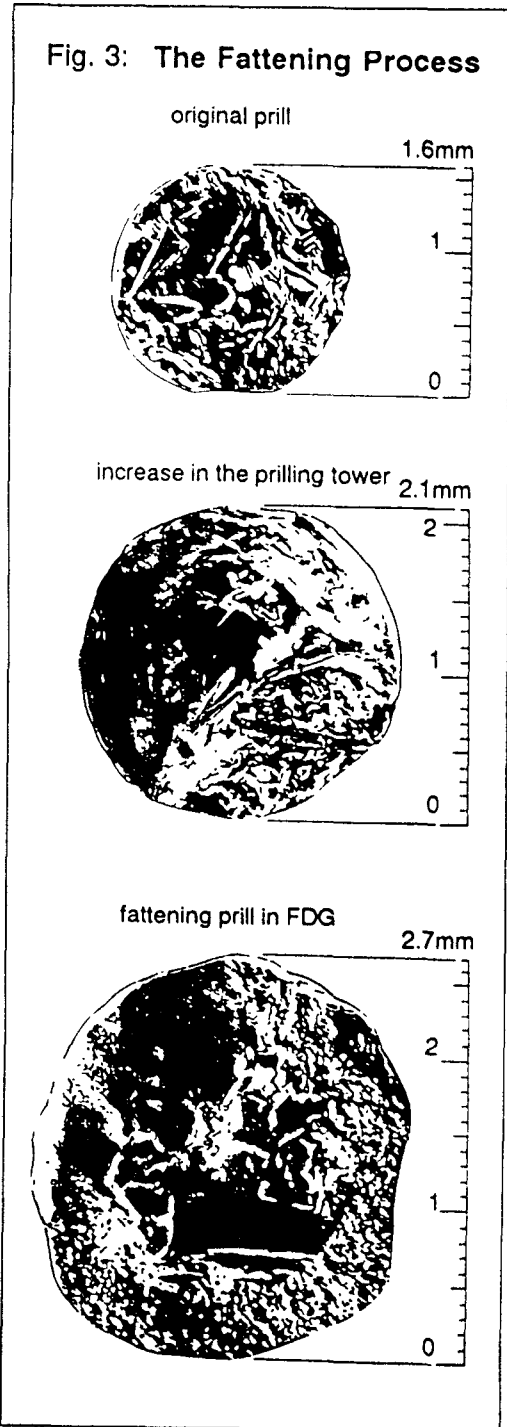
Fattened granules	
Mean diameter	2.7 mm
Hardness	1.3 to 1.6 kg
Resistance to abrasion (% breakdown)	0.3%
Moisture content	0.2%
Biuret	1.02% to 1.03%
Residual formaldehyde	0.4% HCHO
Temperature (to storage)	45-50°C

**Recycled solution from scrubber**

Approx. 50 kg urea/ton of final product	
Solution concentration	40%

프릴탑의 生産容量을 500 t/d, 나머지 500 t/d는 FDG유니트에 부가된다고 가정

Fig. 3: The Fattening Process



하여 總生産容量이 1,000 t/d의 工場으로 정해진 FDG유니트에 대한 본래의 電力消費量은 冷却계통을 포함하여 최종제품 1 t당 10 Kwh이하이다.

流動드럼식 造粒工場을 運轉하는데는 交代勤務組當 1명의 運轉員이 必要하다.

粉塵에 의한 製品의 損失量은 同一한 生産容量의 프릴탑에서의 損失量보다 낮다.

Table II는 1,100 t/d容量의 尿素肥料工場에서 生産되는 프릴을 모두 “增大”(Fattening)하는 工程의 結果를 나타낸 것이다. 본래의 이 프릴은 平均直徑이 1.6 mm이었고 硬度는 0.6 kg이었다.

프릴의 크기는 첫째, 프릴塔底部의 溫度를 65 °C에서 85 °C로 올려 줌으로써 1.6 mm~2.1 mm로 增大된다. 이것은 塔에서 나온 프릴을 저장창고로 보내기전에 FDG유니트로 送入하면 冷却되지 않음으로 溫度를 維持할 수 있었다.

流動드럼식 造粒裝置에서 프릴의 크기는 2.7 mm로 더 增大된다.

이것은 본래 프릴의 直徑이 거의 1.7 倍로 되고 重量은 4.8 倍로 커졌다는 것을

의미한다.(Fig. 3)

그래놀의 外層에 미세한 結晶이 형성됨으로서 製品의 硬度를 추가로 1 kg이 增加되었다. 粒子의 크기가 增大되는 동안 바이uret (Biuret) 含量은 실질적으로 일정한 값을 유지하였다. 粒子의 크기가 增大된 製品중의 水分含量로 낮았으며 耐磨耗性도 크게 增加되었다.

○ 溶液 또는 슬러리의 造粒

이 工程은 석탄을 사용하는 火力發電所의 煙道가스를 스크러빙할때 나오는 黃酸암모늄용액 또는 슬러리를 造粒하는데 적용된바 있다. (Table III). 이와 같은 FDG 工程의 특별적용에서 나온 제품은 造粒한 후 選別하였다.

市販用 製品은 회전드럼에서 더 乾燥하고 다시 選別하여 미세한 粒子는 제거한 다음 流動床冷却器로 冷却하였다.

規格보다 작은 產品은 분쇄하여 일부는 造粒기로 反送하고 나머지 일부는 미세한 粒子와 함께 流動드럼식 造粒기에서 噴射되는 黃酸암모늄溶液에 再循環하였다. 粒子

**Table III**  
**Granulation of Ammonium Sulphate**

**Specification of the inlet materials to the FDG**

Ammonium sulphate solution

Concentration 45% to 50%

Temperature 80°C

Recycled material

Proportion to ammonium sulphate solution 9 to 10

(recycle rate)

**Specification of the final product**

Granulometry 95% 2 to 4 mm

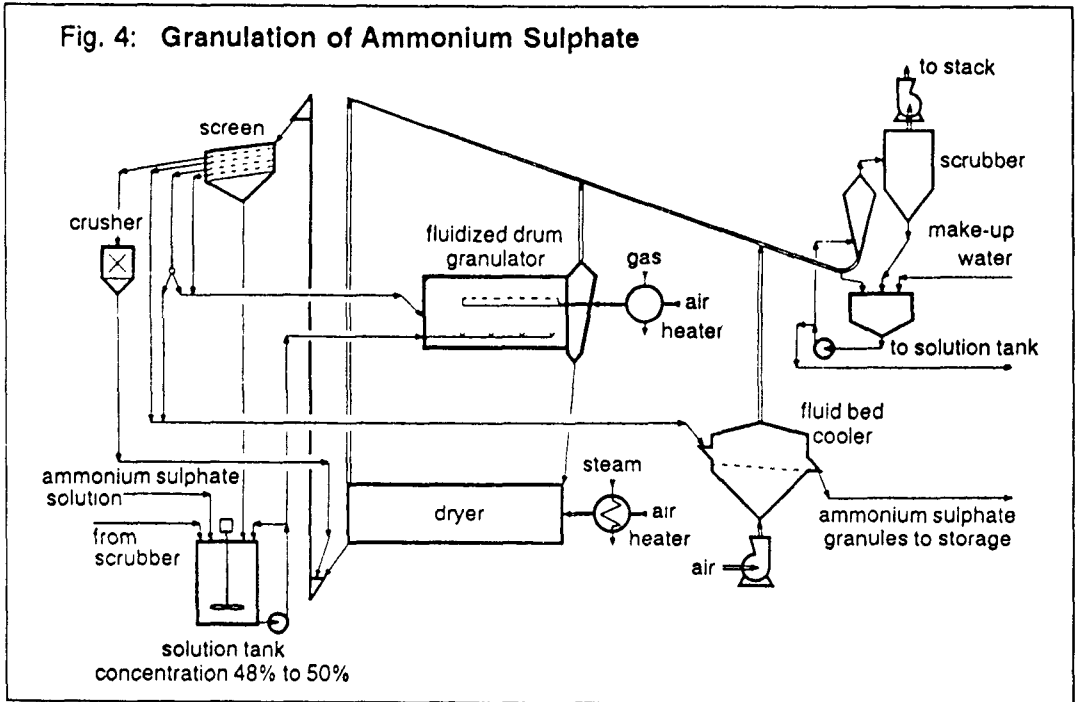
Moisture content 0.2% max.

Hardness 2 kg min.

Temperature (to storage) 30°C



의 크기가 規格보다 작은 製品은 粒子의 크기를 좀더 增大하기 위하여 造粒기로 再循環된다. (Fig. 4)



○ 壓縮製品의 球狀化

壓縮製品에 대한 短點의 하나는 粒子가 날카로운 가장자리를 가지고 있어서 취급 중 쉽게 부서져 粉塵을 발생하기 쉽다는 것이다. 이 FDG工程은 壓縮製品의 表面 위에 이 製品의 組成과 同一한 피막을 沈着시켜 좀으로서 문제점을 극복하여 준다. 최종 결과는 하나의 그레놀과 유사한 製品이 되며 가장자리는 둥글게 되고 硬度도 상당히 커지게 된다.

이 FDG工程을 적용하기 위해서 流動드럼식 造粒裝置는 2개의 다른 區間으로 구분되는 약간의 다른 設計가 된다. 첫째, 區間은 引揚裝置(Lifting flights)가 없어서 매우 平坦하다. 첫째 구간으로 들어온 일정한 規格의 壓縮製品은 圓錐의 바닥

위로 구르며 이 製品粒子的 위에 슬러리가 噴射된다. 여기서 사용하는 슬러리는 粉塵을 회수하는 싸이클론에서 나온 미세한 粒자를 상반탱크내의 물에 分散하여 調整한 것이다. 必要에 따라 이 슬러리는 壓縮工場에서 나오는 等外品으로 보충될 수도 있다. 슬러리중의 水分含量은 펌핑이나 주입하기 편리하게 調整할 수 있다.

壓縮製品의 原料는 그것이 충분히 젖어서 外面이 유연하게 되어야 하며 슬러리로 皮복될때까지 첫째 區間에 滲透되어야 한다. 皮복된 製品은 가장자리가 均一한 外面層으로 皮복됨으로서 둥글게 된 것이다.

造粒裝置의 둘째 區間은 引揚裝置를 가지고 있는데 이 引揚裝置는 젖은 製品을 퍼 올려서 통상적인 방법으로 流動床에 떨어뜨리는 역할을 하여 준다. 슬러리는 皮복된

**Table IV**  
**Rounded-Off Compacted Particles**

**Specification of inlet materials**

NPK formulations such as 13-11-15  
or PK formulations such as 0-12-12

	NPK	PK
Granulometry	2-8 mm	2-8 mm
Moisture content	0.5%	0.7%
Hardness index	2%	6.5%

**Slurries**

Same composition as PK and NPK products rounded off.

Proportion to compacted product to be rounded off

For NPKs	2.5%	
For PKs	6%	
Dry material content	50-55%	

**Specification of final product**

	NPK	PK
Granulometry	1.5-6 mm	2-4 mm
Moisture content	0.4%	0.4%
Hardness index	0	0

**Practical result**

The quantity of fines collected at sieving before bagging was reduced by a factor of 7-8.

製品은 流動床의 밑에서 들어오는 熱風에 의하여 乾燥되는데 壓縮製品의 外面만이 젖어 있는 것이므로 건조하기가 쉽다. 이 工場의 運轉은 再循環過程이 없이 造粒裝置를 한번 통과하는 操作으로 운전하였다.

○ 재래식과 球狀化된 製品의 比較

Table IV는 재래식 壓縮製品과 FDG工程으로 球狀化된 (Rounded off) 壓縮製品間的 差異點을 比較試驗한 結果를 나타낸 것이다.

兩製品에 대하여 다음과 같은 간단한 試驗을 하였다. 각 製品에 4 bar의 壓力을 適用한 다음 兩製品을 選別하고 規格보다 작은 粒子의 100分率을 측정하여 硬度인 텍스를 구하였다.