

오성원

한전 보령화력본부 환경관리부장,
서울산업대 산업대학원 석사논문

미연탄소분 분리를 위한 플라이애쉬의 공기분급 <2>

목 차

1. 서론

2. 이론적 배경

- 2.1 석탄회(Fly Ash)의 특성과 용도
- 2.2 석탄회 중 미연탄소의 분리방법
- 2.3 공기분급기에 의한 입도분리

3. 실험방법

- 3.1 실험개요와 분석방법
- 3.2 Static Cyclone 분리실험
- 3.3 Dynamic Cyclone 분리실험
- 3.4 상업용 공기분급기 성능시험

4. 결과 및 고찰

- 4.1 Static Cyclone 실험결과
- 4.2 Dynamic Cyclone 실험결과
- 4.3 상업용 공기분급기 성능시험결과
- 4.4 분급과 미연탄소분 분리에 관한 고찰

5. 결론

※ 참고문헌

2.2.2 건식분리법

1) 공기분급법

공기를 이용해 입도 혹은 중량 차이로 석탄회와 미연탄소를 분리하는 방법이다. 보통 입도의 분급이 대부분이지만 실제 분체의 비중차이를 주로 이용하므로, 석탄회와 미연탄소의 밀도와 형태차이에 큰 영향을 받는다. 공기분급법에서는 큰 입자들이 미연탄소를 다량 함유하고 있음에 기초한 분급기술로 미연탄소분 저감방법으로는 가장 오랫동안 추진되어 왔으며, 다른 방법과는 달리 분리된 석탄회의 입도가 균일해 진다는 2차적인 장점이 있다.

미국의 General Electric사 및 호주 Boral사의 static type 분급기와 영국 Bradley사의 dynamic type의 분급기가 상업화되어 있다. 국내에서는 보령화력발전소 인근에 위치한 한국탄재공업(주)와 한전의 삼천포화력이 G.E사의 static type 분급기를 설치하여 운영하고 있고, 보령 플라이애쉬(주)와 한전의 태안화력이 Bradley사의 dynamic type 분급기를 설치하여 석탄회 중 미연탄소분을 제거하여 정제회를 시판하고 있다. 분체들이 화합물로 존재할 경우에는 분리가 잘 안 된다는 단점도 있으나 일반적인 분체의 분급에 공기 분급기가 많이 사용되고 있으며 본 연구에서도 상업가동 중인 삼천포화력의 G.E사 static

type 분급기와 태안화력의 Bradley사 dynamic type 분급기의 성능을 비교 분석하여 고찰하였다.

2) 마이크로 웨이브법(연소법)⁸⁾

마이크로 웨이브법은 G.E사에서 개발한 석탄정제에 주로 사용되는 공정으로서 micro wave로 석탄회 중의 미연탄소를 선택적으로 가열하여 제거한다. 미국 EPRI 지원하에 Progress Material사가 특수한 유동층 연소기를 개발하여 상업화에 주력하고 있다.

석탄회는 낮은 열량, 낮은 운동성 그리고 휘발성이 없기 때문에 보조 연료 없이 석탄회를 연소시키기 위해서는 긴 체류시간과 과잉의 공기량이 요구된다. 따라서 개발된 유동층 연소기의 길이는 기존의 석탄정제 연소기보다 길다. 유동층 bed의 온도는 석탄회의 사용온도에 따라서 650~815℃로 유지하며, bed를 거처나와 온도가 냉각된 석탄회를 bed로 순환시켜서 조절한다.

EPRI와 Duke Power Company는 Florida Power Corporation과 공동으로 시간당 1톤 규모의 파일릿 플랜트를 설치하여 16시간 동안 보조 연료없이 미연탄소 3% 이하의 석탄회를 회수한 것으로 알려져 있다. 이 후 Duke Power Company가 이 공정을 이용하여 연간 10만 톤 규모로 공정을 설계해 놓고 있지만, 문제는 석탄회 중 유리질의 재결정화가 일어나지 않도록 Bed온도를 적절히 조절해야 한다는 것이다. 즉 과잉공기량과 많은 체류시간이 필요하고 600~850℃의 적정온도를 유지해야 하기 때문에 시스템의 구성 및 운전방법에서 선행 해결하여야 할 문제점 등이 남아 있다.

3) Air Table법⁹⁾

Air table법은 석탄회에 air pulsated jig로써 요동을 가하고 상부 방향으로 공기의 흐름을 이용하여 가벼운 석탄회 성분들을 날려보내 싸이클론을 통해 포집하고, 비중이 큰 석탄회를 분리해내는 방법으로 입자의 크기가 0.295mm이상일 때 효과적이다. 왜냐하면 0.295mm이하에서는 입자의 70% 정도가 날아가 버려 분리능력이 거

EX로 확인한 탄소분종 대영 탄소입자는 다공질의 char로 잔존하는 반면 미세탄소입자들의 일부는 과상 또는 판상의 불규칙한 형상을 갖고 있다. 따라서 겉보기 비중이 낮은 다공성 탄소입자나 불규칙한 형상의 탄소입자들은 비중이 높고 구멍도가 큰 동일 크기의 회분입자보다 공기흐름과 함께 배출되는 미세한 입자쪽으로 유입될 가능성이 높다.

의 상실되기 때문이다. 집진설비를 설치하여야 하는 점과 0.295mm이상의 조분에 사용되므로 플라이애쉬에는 사용이 거의 불가능하다.

4) 공기 유동층법¹⁰⁾

공기 유동층법은 공기유동을 이용하여 밀도의 차이가 현저한 분체를 분리하는 방법이다. 미국 Lehigh대학에서는 미연탄소와 석탄회의 비중차이를 이용하여 석탄회중 미연탄소분을 저장하는 bubbling fluidized bed gravity separator를 개발 중에 있다. 석탄정제에서는 60%이상의 효율을 보이고 있으나, 석탄회정제에서는 미연탄소 저감율이 비교적 낮은 편이며, 석탄회의 입도 특성에 따라 많은 변동이 있을 것으로 예상된다. 미립분에 석탄회와 미연탄소가 혼재되어 있을 경우에 분리의 어려움이 있고 공기유동을 이용한 정전분리법과 병행하기도 한다.

5) 자력선별법

자력선별법은 자기장을 이용하여 비자성체인 석탄회로부터 상자성체인 미연탄소를 분리하는 방법이다. 자력선별법은 주로 석탄의 사전 탈황·탈회에 이용되고 있다.

특히 Magnex공정¹¹⁾은 석탄정제공정에 주로 사용되는 것으로 분쇄된 석탄을 Fe(CO)₅(Iron carbonyl)증기로 처리하여 pyrite(FeS) 및 석탄회를 건식 자화 분리시키는 물리 화학적 공정으로 1974년 Hazen Research Ins.에 의해 개발되었다.

이외에 ORNAL, Auburn University의 High Gradient자력선별과 Argonne National Laboratory의 Open Gradient 자력선별이 있으나 석탄회 정제에 응용한 바가 거의 없으며, 싱가포르 남양연구소에서는 초전도 자력 선별기를 이용하여 석탄정제과정에서 석탄회 및 탈황에 관한 연구결과, 석탄으로부터 무기유황분 제거율 91%, 총 유황분 제거율 85% 및 회분 제거율 61%의 결과를 얻어 초전도 자력선별이 석탄의 탈황처리에 매우 효과적임을 입증하였다.

6) 정전선별법

정전선별법은 물질마다 갖고 있는 고유한 전기적 특성 즉, 유전상수(dielectric constant), 전기전도도(electrical conductivity) 및 일함수(work function)의 차이를 이용하여 입자를 (+), (-)로 대전시켜 각각의 극성에 따라 분리하는 방법이다. 이 방법은 현대 많은 연구자들에 의해 연구중이며, 미국의 STI사¹²⁾의 유동층 벨트식 정전분리기만이 상업화에 성공하였다. STI사의 분리장치는 두 전극판 사이에 open mesh conveyor가 고속으로 움직여 입자간의 접촉 및 마찰에 의해 석탄회가 대전되며, 전하를 띤 입자는 각각 (+), (-)전극으로 이동 후 양분되고 서로 반대방향으로 움직이는 상하벨트에 의해 인출된다. 이 기술은 미국 내 2개 발전소에서 20t/h 규모로 가동 중이며 벨트의 마모문제 개선을 위한 연구가 계속 되고 있다.

한편 미국 DOE산하 Federal Energy Technology Center(FETC)에서 석탄의 전처리기술과 관련하여 tribo-electrostatic separator¹³⁾에 대한 기초연구를 수행하였으며, 또한 FETC는 Virginia Tech의 윤여환 교수팀과 선별기기 제작회사인 Carpo Inc.(Jacksonville, Florida)와 공동으로 동 기기의 상용화 검토에 관한 연구 프로젝트를 현재 수행 중에 있다. 이 외에도 미국의 켄터키대학에서 공기유동방법으로 입자와 입자 혹은 입자와 제3물질과의 접촉·마찰로 대전시킨 후, 두 극판으로 구성된 전기장에서 분리시키는 방법이 개발 중에 있다. 하지

만 아직 발표된 것은 소규모 실험실적인 방법이며 앞으로 대용량화를 위한 연구개발이 더 필요한 실정이다.

2.3 공기분급기에 의한 입도분리

2.3.1 분급의 원리

분체가 유체 속으로 운동할 때 유체가 저항의 원인이 되고, 입자에 미치는 유체의 저항력은 Newton의 저항법칙이라 일컬어지는 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$R = C_D \cdot A \cdot \rho \cdot u^2 / 2$$

여기서, R : 입자에 미치는 유체의 항력[N]

C_D : 저항계수[-]

A : 입자의 운동방향과 직각인 투영면적[m²]

ρ : 유체의 밀도[kg/m³]

u : 입자의 유체의 상대속도[m/s]

다시 말하면 유체의 입자에 대하여 작용하는 중력이나 원심력은 입자질량 즉 입경의 3승에 비례하고 동시에 유체의 항력은 입자의 투영단면적 즉 입경의 2승과 입자의 Reynold수에 의하여 결정되는 저항계수(CD)에 비례한다. 이와 같이 유체 속에서 입자의 거동을 살펴보면 입경에 의해 저항력이 좌우되므로 입경에 의한 분리 즉 분급이 가능해진다.

한편 유체가 공기 등 기체일 경우를 건식분급이라 하고 물 등 액체일 경우를 습식분급이라 하는데 건식분급은 일반적으로 습식분급에 비하여 입자의 침강속도가 증가되어 시간당 처리량을 크게 하고 수 마이크론 이하의 미분분급도 가능해진다.

2.3.2 분급에 영향을 미치는 플라이애쉬의 성상

1) 입자크기 분포 및 비표면적

모든 공기분급장치는 입자크기에 따른 확률곡선에 의하여 혼합물 입자들의 크기로 구분된 제품군으로 분리될 것이며 입자가 커질수록 그 입자가 조분층에 유입될 확률이 커지고 적을수록 적어진다. 따라서 분급하고자 하는 원분의 입자분포는 분급된 제품의 입자분포, 분급점, 수율 등

분급성능에 영향을 미치며 분급장치효율이 낮을수록 성능에 더 큰 영향을 미친다.

또한 단위 체적당 입자들의 수는 어떤 분급장치의 용량을 결정하는데 중요한 인자로서 분급원료가 미세할수록 주어진 단위체적당 입자들이 많아지므로 분급성능이 저하되거나 분급장치의 분급용량을 감소시킨다.

플라이애쉬중 미연탄소분은 조대한 입자층에 많이 분포하고 있는 것이 일반적이다. 그러나 이들의 분포상태는 미분탄 보일러에서 여러 가지 요인들에 의해 달라질 수 있으며, Chen¹⁴⁾ 등은 표 2.4와 같이 동일한 보일러에서 얻어진 플라이애쉬에서도 탄종에 따라 미연탄소분의 입도별 함유율과 존재형태가 상당한 차이가 있음을 예시하고 있다.

2) 비중

공기분급에서 중력이나 원심력 등 입자에 작용하는 힘은 입자의 비중에 비례하나 유체에 의한 항력은 입자비중의 영향을 받지 않는다. 동일한 분급조작 조건에서 비중이 작아지면 분리 입자경은 커지게 된다. 즉 비중은 입자질량에 영향을 미치므로 입자의 비중이 작아지면 입자크기가 큰 입자와 같은 형태의 거동을 하게 되는 것이다.

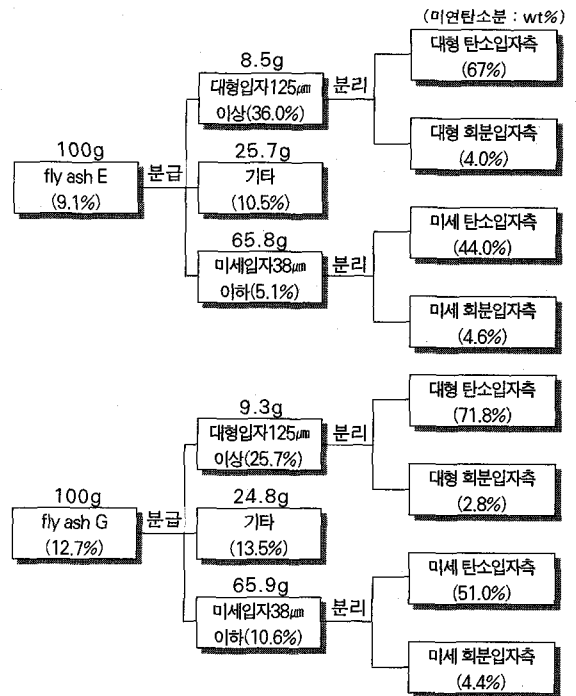
플라이애쉬의 비중은 넓게는 1.90에서 2.80범위이며, 식(2.2)와 같이 화학성분으로는 Fe₂O₃ 함량에 크게 의존되고 입도(325mesh 잔사)가 커지면 감소한다. 전기집진기의 전 후 위치별 채취 플라이애쉬의 비중분포를 보면 입경이 클수록 비중이 낮아지며 비중분포도 넓게 분포되어 있음을 알 수 있다.

$$\text{비중} = 2.23 + 0.016(\text{Fe}_2\text{O}_3) - 0.006(325R) \quad (2.2)$$

이는 큰 입자쪽에 기포가 함유된 유리질 입자(cenosphere), 공극이 내재된 입자들의 응집체 입자(plenosphere) 그리고 비중이 낮은 미연탄소 입자들이 많이 분포하기 때문이다.¹⁵⁾ 또한 그림 2.1과 같이 다공성(porous)의 미연탄소 입자들의 겉보기 비중(apparent specific gravity)은 더욱 낮아져 고품체 입자의 실제 비중과 같이 분급에 영향을 미치게 될 것이다.¹⁶⁾

EXX로 확인한 탄소분종 대영 탄소입자는 다공질의 d₅₀로 잔존하는 반면 미세 탄소입자들의 일부는 과상 또는 판상의 불규칙한 형상을 갖고 있다. 따라서 겉보기 비중이 낮은 다공성 탄소입자나 불규칙한 형상의 탄소입자들은 비중이 높고 구형도가 큰 동일 크기의 회분입자보다 공기흐름과 함께 배출되는 미세한 입자쪽으로 유입될 가능성이 높다.

표 2.4 플라이애쉬에 대한 분급과정에서 미연탄소의 거동



3) 입자형상









입자의 형상은 입자표면적 변화에 따라 구형으로부터 이탈한 경우 입자운동에 대한 공기의 저항차이로 공기흐름중 입자가 갖는 흡인력(drag force)이 변화되어 움직이므로 분급기성능에 영향을 미친다. 구형입자로서 얻어진

분리입자경을 Dps라고 할 때 동일물질의 비구형 입자의 분리입자경 Dp를 간단히 식(2.3)으로 표현하면 F의 대체적인 경향은 표 2.5와 같으며, 이로부터 분급기의 설정조건이 동일하더라도 입자형상이 구형으로부터 멀어지면 분리입자경이 커지게 되는 것을 알 수 있다.

$$D_p = F \cdot D_{ps} \quad (2.3)$$

플라이애쉬 중의 회분과 미연탄소분의 입자형상은 상당한 차이가 있으며 이들은 입자크기에 따라서도 차이를 보이고 있다.

표 2.5 입자형상과 F치

입자형상	구	입방체	직방체	열 편
입면도				
평면도				
F	1	1.3	1.9	2.0

플라이애쉬 중의 회분과 미연탄소분의 입자형상은 상당한 차이가 있으며 이들은 입자크기에 따라서도 차이를 보이고 있다.

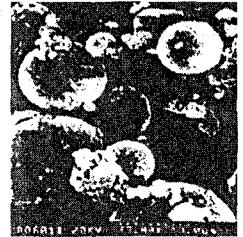
Chen 등은 역청탄과 이역청탄을 미분탄 보일러에서 연소후 발생한 플라이애쉬 E와 G에 대하여 표 2.4와 같이 분급 및 분리후(oil agglomeration법) SEM으로 관찰한 대표적인 입자형상을 그림 2.1에서 보여주고 있다. 회분중 대형 회분입자는 입경이 크기 때문에 입자표면으로부터 중심부로의 전열속도가 입자의 고온 화염역을 통과하는 속도보다 늦어 입자표면만 용융되는 부정형상을 나타내는 반면 미세한 회분입자는 고온의 화염영역 하에서 용융되어 대부분 구상을 나타내고 있다. 이러한 이유로 플라이애쉬의 유리질 함량도 표 2.6의 예와 같이 입자가 적을수록 증가하게 된다.

한편 EDX로 확인한 탄소분중 대형 탄소입자는 다공질의 char로 잔존하는 반면 미세 탄소입자들의 일부는 과상 또는 판상의 불규칙한 형상을 갖고 있다. 따라서 겉보기 비중이 낮은 다공성 탄소입자나 불규칙한 형상의 탄소입

자들은 비중이 높고 구형도가 큰 동일 크기의 회분입자보다 공기흐름과 함께 배출되는 미세한 입자쪽으로 유입될 가능성이 높다.

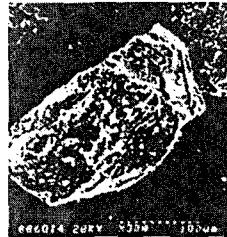


25µm 이상



38µm 이하

< Fly Ash E >



25µm 이상



38µm 이하

< Fly Ash G >

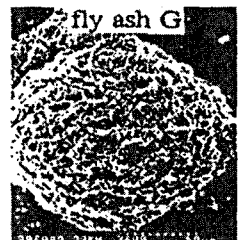
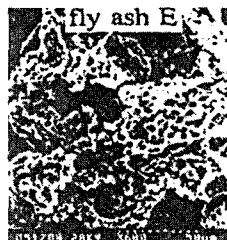


그림 2.1 플라이애쉬와 미연탄소 입자의 크기별 SEM사진

4) 경도 (hardness)

단단한 입자들은 높은 속도로 이동하여 장치 내부 구조에 따라 분급살내 vanes 등에 충돌할 때 반발하거나 튀어 비정상적으로 굵은 입자가 미분제품에 혼입될 수도 있으며, 경도가 낮아 쉽게 부스러질(fragile) 입자는 충돌시 입자가 깨어져 분급에 영향을 줄 수도 있다. 플라이애쉬의 경우에 미연탄소 입자들은 그 성상에 따라 부스러지기 쉬운 물질로서 특히 원심력이 크게 증대되는 미분분급영역에서 회전익 blade, vanes 등에 충돌할 때 깨어져 미연탄소 분 저감효과를 얻지 못하는 경우도 있다.

표 2.7 플라이애쉬의 상대습도에 따른 응집성 변화

입경(μm)	광투과법에 의한 입도(%)	종사법에 의한 걸보기 입도(%)		
		습도, 64%	습도, 75%	습도, 85%
+25	23.5	30.0	45.0	53.0
+20	34.5	45.1	59.5	67.8
+15	46.5	54.1	75.0	80.0
+10	63.0	69.1	87.5	96.0
-10	37.0	30.9	12.5	4.0

5) 응집성

분체가 응집성이 클 경우 분급기내 응집입자를 분산시키는 힘이 주어지지 않는다면 미립자라고 하더라도 큰 입자와 같이 운동하여 굵은 입자쪽으로 분리됨으로서 분급 성능을 저하시키게 된다. 이러한 응집성은 입자의 표면활성, 수분의 존재, 정전기 등이 원인이 될 수 있고 일반적으로

표 2.6 플라이애쉬 입도별 광물조성

constituent	retained on sieves, %				passing, % No500	whole sample, %
	74μm No200	44μm No325	37μm No400	25μm No500		
glass	32	49	52	56	87	79
magnetic-hematite	2	14	13	14	5	6
carbon	33	8	9	5	1	4
anisotropic material	27	22	18	15	3	6
aggregates	6	7	8	10	4	5
totals	100	100	100	100	100	100

원심력 분급기는 원심장에 유입된 입자가 공기흐름의 회전각 속도에 따라 가속하여 회전운동을 하는 것으로 회전각 속도의 반경 방향, 위치 의존성에 따라 자유와류에서 강제와류까지 이용하고 병용하는 경우도 있으며 싸이클론 등은 반자유와류인 반면 회전익군(rotor blade)의 기계적 회전에 의해 선회기류를 만드는 분급기는 강제와류의 범주에 속한다.

로 미분이 되면 표면활성이 크게 되어 응집하기 쉬우므로 미분 분급에서는 주의를 요한다.

플라이애쉬는 입자의 표면 활성이 그다지 크지 않은 분체이나 부착수분이나 표 2.7과 같이 대기중 습도가 응집성을 갖게 하므로 분급에 영향을 미칠 가능성이 있다.

2.3.3 공기분급기의 특성

입자들의 크기에 따라 입자군으로 분리하는 공기분급기는 체기름법과는 달리 개개의 입자에 분급작용을 하게 하는 힘을 부여하여 공기항력과 힘의 불균형에 따라 입자의 운동방향 즉 입자의 궤적을 달리하여 분급하게 한다. 분급 작용력으로는 중력, 관성력과 원심력을 이용하며 대부분의 분급기는 복수의 분급 작용력을 이용하기 때문에 임의로 분류하기는 어려우나 기본이 되는 작용력을 구분하여

그 특징을 표 2.8과 같이 기술하고 있다.

분급입자의 크기에 따라서는 개략적으로 분급입경이 100 μ 이상인 조분용 분급기, 대량처리의 중세분용 분급기, 그리고 분급입경이 10~20 μ 이하는 미분급기로 구분하며 조분용 분급기는 중력이나 관성력 분급, 주세분 및 미분 분급기는 원심력 분급이 공업적으로 많이 이용되고 있다. 원심력 분급기는 원심장에 유입된 입자가 공기흐름의 회전각 속도에 따라 가속하여 회전운동을 하는 것으로 회전각 속도의 변경방향, 위치 의존성에 따라 자유와류에서 강제와류까지 이용하고 병용하는 경우도 있으며 싸이클론 등은 반자유와류인 반면 회전익근(rotor blade)의 기계적 회전에 의해 선회기류를 만드는 분급기는 강제와류의 범주에 속한다.

공업적으로 활용하고 있는 플라이애쉬 분급기는 대부분이 중세분용 대용량 원심력 분급기이고 최근에는 특수 용도로서 20 μ 이하의 미분제품을 제조할 수 있는 미분용 원

심력 분급기가 이용된다.

이들은 통상 기계적인 구동부가 없는 static 형과 회전익을 구동하는 방식의 dynamic형으로 구분하며 일반적으로 static형에 비하여 dynamic형은 분급경 조절 범위가 넓고 고분체농도 운전 및 입도조정이 용이하며 1기만으로도 대용량 처리가 가능하며 설치면적이 적고 분급효과가 우수한 장점이 있는 반면 비교적 구조가 복잡하고 구동 모터의 동력이 소요되며 압력손실이 큰 단점이 있다.

한편 dynamic type은 미분분급 영역에서 회전익의 고속회전으로 플라이애쉬 중 미연탄소분 분쇄현상 때문에 미연탄소 저감효과에는 불리할 수도 있다. 공기분급기 적용 예로서 static type은 일본등에서 적용되고 있는 싸이클론형 공기분급기(그림 2.2)와 삼천포 화력 및 한국탄재(주)에서 가동되는 GE 사의 공기분급기(그림 2.3) 등이 있으며 dynamic type으로는 태안화력과 보령 플라이애쉬(주)의 Micro-Sizer 공기분급기(그림 2.4) 등이 있다.

표 2.8 공기 분급장치의 분류

분류	분급원리	일반적 특징	대표적 기종
중력분급	입자의 낙하속도, 낙하위치의 차이에 의한 분급(중력·공기항력)	· 구조가 간단 · 입경이 큰곳에서 분급(200-2,000 μ) · 고분체농도는 크게 기대 못함 · 정밀분급에는 적합치 못함	수평류형 수직류형 Zig-zag 형
관성분급	입자의 관성력을 이용하여 분급(관성력·공기항력)	· 구조가 간단 · 비교적 입경이 큰곳의 분급(10-250 μ) · 고분체 농도가능, 비교적 대용량 가능 · 정밀분급에 부적	직선형 고선형 Louver 형
		· 세립분급범위(0.5-50 μ) · 정밀분급도 가능	Elbow-jet Variable impactor
원심분급(자유와류, 반자유와류)	자유, 반자유와류에 의한 원심력과 공기항력의 균형으로 분급(원심력·공기항력)	· 구조가 비교적 간단 · 비교적 미세한 곳의 분급(1-20 μ) · cyclone등에서는 고분체농도 · 정밀분급은 바람직하지 않음	Cyclone Classiclone Dispersion separator Micro-plex
원심분급(강제와류)	강제와류에 의한 원심력과 공기항력의 균형으로 분급	· 비교적 구조가 복잡하고 동력이 소요 · 미분영역까지 분급가능 분급 범위가 넓음(0.5-100 μ) · 고분체농도, 정밀분급이 가능	각종 Air separator Micron separator Micro-plex Acu-cut Turbo classifier

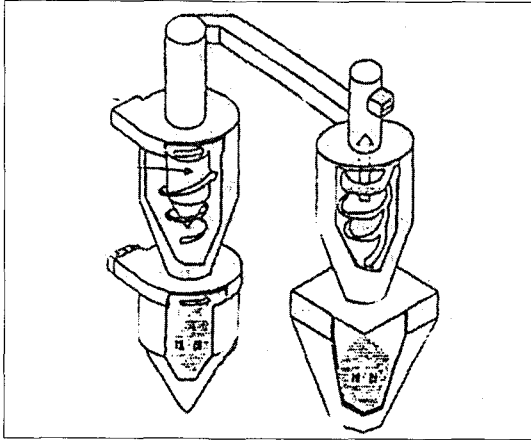


그림 2.2 싸이클론형 공기분급기

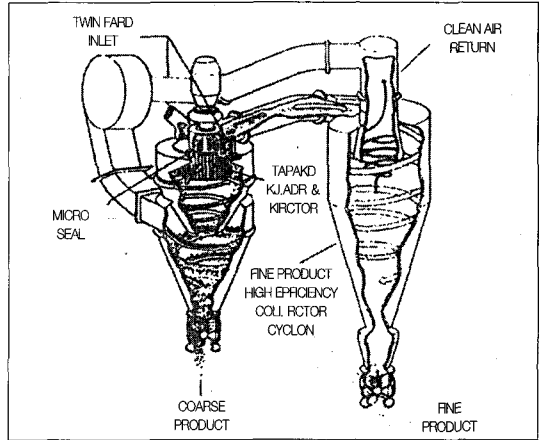


그림 2.4 Micro-Sizer 분급기(Bradley사)

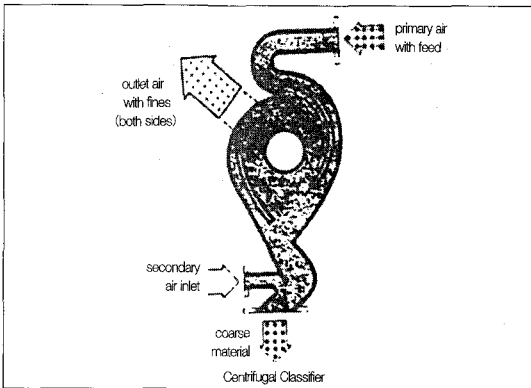


그림 2.3 GE사의 원심력 분급기

‘환경관리인의 배움마당’에서 주인을 찾습니다.

월간 <환경관리인>에서는 공부하는 환경인을 찾습니다. 어려운 현실에도 아랑곳하지 않고 현장을 지키는 환경파수꾼의 배움흔적을 찾아 ‘환경관리인의 배움마당’에 소개하고자 하니 환경업무에 종사하면서 석·박사 과정을 이수한 환경인은 학위논문(석·박사)을 보내 주십시오. 여러분의 학위논문을 소중하게 다루어드리는 ‘환경관리인의 배움마당’에 환경인 여러분의 많은 참여 바랍니다.

- ♣ 원고는 수시로 받습니다.
- ♣ 학위논문 발표기간은 상관하지 않습니다.
- ♣ 보내주신 원고는 돌려드리지 않습니다.