

마이크로 미립 이송시스템 개발에 관한 연구 (Development of Feeding System by Micro Particle Powder)

박정수*
(Jung-Su Park)

요약 본 연구에서는 마이크로미립 이송시스템의 에어 누수가 과다함으로 인해 압축에어를 사용하는 큰 문제점을 발생되어 로터리피더의 에어누수를 기존대비 50% 감소시켰으며 생산제조원가 면에서도 기존가격의 60%수준으로 개발함으로써 원료의 원활한 이송이 될 수 있는 장치의 개발에 대해 입증하였다.

핵심주제어 : 마이크로 미립, 저압압송방식, 고압압송방식, 로터리 피더

Abstract The purpose of this paper is to development of micro particle powder feeding systems for the reduction of air leakage of the feeding system. Most of the powder-granule supply systems using compressed air supply have a large amount of air leakage interference. The results of this study lead to reduce air leakage rate by over 50% and to save production cos by. 60%

Key Words : Micro Powder, Low Pressuring System, High Pressuring System, Rotary Feeder

1. 서론

현대산업에서의 거의 모든 원재료가 분체라고 해도 과언은 아닐 정도로 분체가 차지하는 비중은 대단히 크다. 따라서 분체를 효과적으로 취급하는 방법의 개발은 하나의 기술적 관심사가 되어왔다. [1]

더욱이 분체를 생산하거나 공급하는 기업에 있어서 분체의 효율적 저장과 이송이 격심한 경쟁을 뚫고 나가는 방편이 되기도 한다.

분체는 고유한 물리적 특성 때문에 분진등의 환경오염을 유발할 가능성이 높고 공해에 대한 관심과 규제가 높아짐에 따라 기존 분체 취급기기 나 신설기기

또한 보다 새로운 기술적 개념의 도입이 불가피하게 되었다. 현재 전반적인 산업분야에 원가상승으로 인한 설비의 효율을 극대화하기 위하여 국내에서 생산하고 있는 로터리 피더는 일반적인 저압이송용으로 제작되거나 수율 향상적인 측면에서는 아직도 개발되지 않고 있다.

전반적인 산업의 발전을 위해 고성능의 피더를 개발하는 것이 기업의 발전을 기대할 수 있으며 생산원가면에서도 가격경쟁이 될 수 있을 것이다. 기술의 개발로 외국기업과 경쟁력을 유지할 수 있을 것으로 생각된다.

분체, 입체 이송으로 사용하는 로터리 피더는 $1\text{Kg}/\text{cm}^2$ 이하의 저압과 $3\text{Kg}/\text{cm}^2$ 이상의 고압력에도 사용할 수 있는 마이크로미립 이송시스템을 개발하는

* 안동과학대학 시스템경영정보과

데 그 목적이 있다.

2. 에어 누설량 모델

분입체를 공기에서 분산하여 날리거나 혹은 습동의 상태로 이송할 수 있다. 피더(Feeder)로서는 로터리피더(Rotary Feeder), 스크류피더(Screw Feeder)가 사용된다. 또 포집기로서는 입체의 경우 분리기(Cyclone)만으로 하는 경우가 많다.

압송방식은 한 곳에서 여러 곳으로 수송하는 것에 적합하며 한편 흡입방식은 여러 곳에서 한 곳으로 모으는 경우에 적합하다. 압송방식의 경우는 피더(Feeder)로부터 이송(Feeding)된 분입체의 흐름을 원활하게 하기 위하여 이젝터(Ejector)를 부착한 것이 많다. [4]

일반적으로 저압압송이송방식은 5000mm Aq이내에서 이송되며 통상거리는 200M이내가 적당하다. 이에 따른 공급 공기원은 루츠브로와(Roots Blower)를 이용하여 공기를 공급받으며 수송속도는 일반적으로 15~30m/s 이내이며 고속수송이어서 수송관의 마모가 일반적인 것에 비해 크며 고속수송이어서 입자의 파괴가 발생하기 쉽다. 또한 고속수송이어서 수송정지시 수송물의 잔량이 적으며 혼합비는 0.1~15 이내로 낮다. 외기를 흡입하므로 간이 필터(Filter)를 설치하여야 하며 역류방지대책을 수립하여야 한다. [5, 7]

배압으로부터 공기의 배출을 방지하기 위하여 로터리 피더와 이젝타가 설치되어야 하며 배압이 높은 장소에는 고성능의 실 장치가 필요하다. [6, 9]

마이크로미립 시스템의 구조는 여러 개의 베인을 가진 로터를 원통 안에서 회전시켜, 중력에 의해 낙하 공급되는 분입체를 아래로 배출 공급한다. 어느 정도의 기밀성을 유지할 수 있기 때문에 일명 에어로크라 부르기도 한다.

일반적으로 케이스와 로터는 주철재 또는 연강판을 용접해서 만든 것이 많고, 화학공업과, 식품용은 스테인레스 강재를 사용한다,

마이크로이송시스템의 일반적인 특징은 다음과 같다. [8]

- 1) 거의 정량 공급할 수 있다.
- 2) 회전수를 바꿈으로써, 공급량을 용이하게 바꿀 수 있다.
- 3) 어느 정도의 기밀성을 유지할 수 있다.

- 4) 비교적 작은 본체로 대용량의 분입체를 취급할 수 있다.
- 5) 미분으로부터 약30mm 정도 크기의 덩어리까지 취급할 수 있다.
- 6) 약 300℃정도의 온도의 것까지 취급하고 냉각식은 더 고온의 것까지 취급할 수 있다.
- 7) 구조가 간단하고 보수점검이 용이하다.
- 8) 본체가 견고하고 내구성이 있다.
- 9) 분립체의 파쇄가 거의 없다.

마이크로이송시스템의 용량 및 설계계산을 살펴보면 다음과 같다.

먼저 공급능력을 보면

$$M = 60 \eta \rho_b q n \quad (\text{kg/h}) \quad (1)$$

M = 공급량 (kg/h)

ρ_b = 분립체의 부피밀도 (kg/m³)

q = 로터 1회전에 대한 공급량 (m³/rev)

n = 로터의 회전수 (rpm)

η = 용적효율

누설 공기량을 나타낸 것은 식(2)와 같이

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (\text{m}^3/\text{min}) \quad (2)$$

나타낼 수 있다. 여기서 각 성분은 다음과 같이 나타낸다.

$$Q_1 = n q_1 \quad (\text{m}^3/\text{min}) \quad (3)$$

$Q_2 = Q_3$ 의 성분은 아래의 식과 같다

$$\frac{60}{\rho_a} \frac{0.463}{\sqrt{z T_a}} (A_2, A_3) \sqrt{P_0^2 - P_1^2} \quad (4)$$

$$q_1 = \frac{\pi}{4} (D_1^2 - D_2^2) L - N t l L \quad (5)$$

$$A_2 = \epsilon L$$

$$A_3 = 2\delta\pi D_1$$

원료의 배출용적은 (6)의 식으로 표현할 수 있다.

$$V = 60 q_1 n \quad (6)$$

$$M = \rho_b V \quad (7)$$

(8)은 공급배출효율 (kg/h)에 대해 나타내었다.

$$\eta = \frac{M_1}{M} \quad (8)$$

분입체의 수용 가능한 조건으로 보면 로터 깃의 주속도는 아래의 식으로 표현할 수 있다.(2)

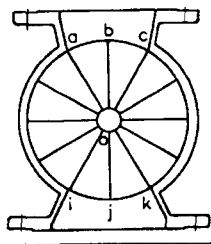
$$v = \frac{\pi D_1 n}{60} \quad (9)$$

으로 나타내고 <그림 1>에서 ac 깃이 ac 를 움직인 분립체가 깃이 ac 를 움직인 시간과 분립체가 bo 를 낙하하는 시간은 다음과 같다.

$$t_{ac} = \frac{ac}{v} \quad (10)$$

$$t_{bo} = \sqrt{\frac{2bo}{g}} \quad (11)$$

<그림1>은 이송시스템의 몸체와 로터리 사이의 미립공급시 공극률 및 자중에 의한 낙하원리에 대해 설명 하고자 하는 그림이다.



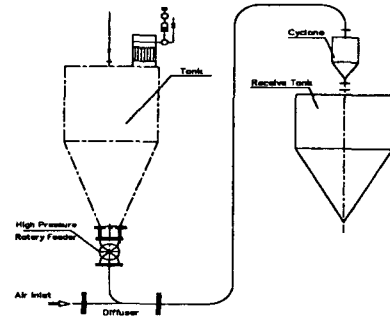
<그림1> 이송시스템의 단면도

3. 실험 장치의 구성

본 장치의 구성으로 보면 분리기(Cyclone)을 설치하

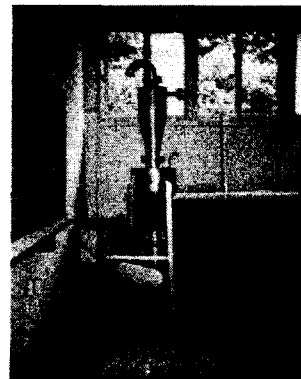
고 소량의 저장탱크를 설치하여 연속적으로 이송이 가능토록 하고 배관은 확인이 쉬운 아크릴 관을 이용하였으며 에어량은 배관의 종단부에 풍량 계지를 설치하여 측정하는 구조로 구성하였다.

<그림2>는 마이크로미립이송시스템의 회로도로서 원료는 다시 회수하는 구조로 설계되었다.



<그림2> 마이크로 미립 이송시스템의 회로도

<그림3>은 마이크로 미립 이송시스템장치로써 실험용으로 제작 구성 하였다..



<그림3> 마이크로미립 이송시스템의 장치

4. 결과분석

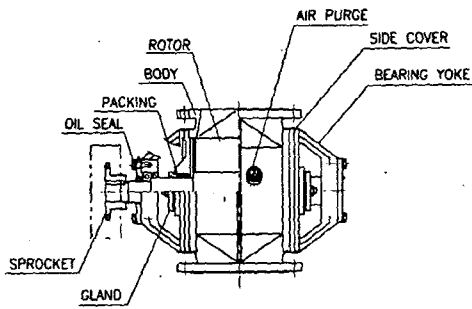
본 연구에서 마이크로미립이송시스템의 문제점을 살펴보면 생산공정 중 기존의 저압이송시스템의 구조상 다량의 에어 누수로 인해 원료의 이송 원료공급이 원활치 않으며 제품의 제조원가가 상승하는 현상이 발생되며 일반적인 저압용 로터리이송시스템은 국내에서 생산되나 고압용 로터리이송시스템은 수입에 의존하므로 기술력의 질적 저하 및 생산제조원가의 상

승의 문제점으로 나타났다.

또한 이송 중에는 원료의 파쇄로 인해 생산제품의 수율 감소와 이를 해결하는 방법으로는 3Kgf/cm²이상에서 사용할 수 있는 고압이송시스템의 개발은 본 연구에서 실행하였다.

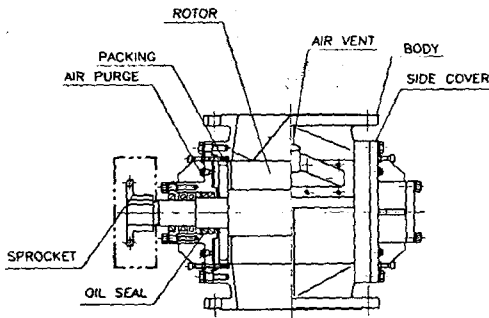
또한 이송시스템의 최대 회전수는 저압이송 시스템과 마이크로미립 이송시스템의 최대회전수는 25rpm으로 일률적으로 적용하였다.

<그림4>는 저압 이송시스템의 조립도로서 저압식 루츠 브로와(Roots blower)에 의한 것이다.



<그림4> 저압이송시스템의 조립도

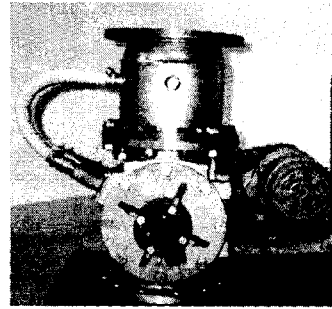
<그림5>는 마이크로미립 이송시스템의 조립도로서 컴프레셔(Compressor)의 압축공기를 사용하는 것에 의한 부품의 주요 구성도 이다.



<그림5> 마이크로미립 이송시스템의 조립도

마이크로미립 이송시스템의 개발된 제품으로써 기존의 제품은 에어의 벤트(vent)의 방법이 확실치 않아 에어의 상부 저장탱크로 공급되어 원료의 자연낙하가 원활하게 이루어지지 않았으나 본 개발품은 별도의 에어(air)배기장치를 설치하여 상부 저장탱크에 에어의 공급량을 감소시킴으로써 원료이송이 원활하게 이

루어질 수 있었다.



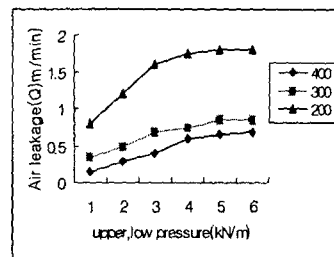
<그림6> 마이크로미립이송시스템의 제품

<표1>은 저압이송시스템의 로터(Rotor)의 내경에 따른 기존의 저압시스템의 상하 압력 차에 대해 규격별로 실험하여 나타내었다.

<표1> 저압이송시스템의 공기누설량(m³/min)

Pressure(kn/m ²)	5	15	25	35	45	55
Diameter(mm)						
Φ200	0.15	0.3	0.4	0.6	0.65	0.7
Φ300	0.35	0.5	0.7	0.75	0.85	0.85
Φ400	0.8	1.2	1.6	1.75	1.8	1.8

<그림7> 기존 저압이송시스템의 에어 누설량(air leakage)에 대한 분석표이다.



<그림7> 저압이송시스템의 공기 누설량분석 (m³/min)

저압시스템에서 보면 압력에 따라 로터의 사이즈별로 에어의 누설량이 압력이 상승할수록 점점 더 상승함을 알수 있으며 이는 미립의 이송시 프러그방식(plug)에는 적용이 불가능한 시스템임을 알수 있었으며, <표2>는 마이크로 미립 이송시스템의 로터(Rotor)

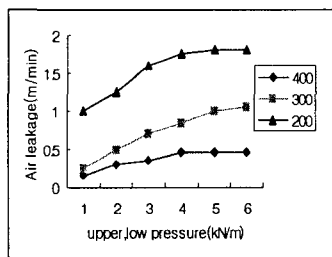
내경에 따른 로터와 바디의 상하 압력 차에 대해 나타내었다. 여기에서 보면 기존에 대비 약 0.3 m³/min 정도 감소함을 알 수 있으며 혼합비를 상당부분 상승시킬 수 있는 효과를 얻을 수 있다.

기존의 분산방식에서 플러그방식으로 적용이 가능함을 공기의 누설량으로 입증할 수 있었다.

<표2> 마이크로미립 이송시스템의 공기누설량 (m³/min)

Pressure(kn/m ²) Diameter(mm)	5	15	25	35	45	55
Φ200	0.1	0.2	0.25	0.35	0.4	0.45
Φ300	0.2	0.25	0.4	0.5	0.65	0.7
Φ400	0.7	1	1.2	1.5	1.6	1.65

<그림8>은 마이크로미립 이송시스템의 에어 누설량(air leakage)에 대한 분석표이다.



<그림8> 마이크로미립 이송시스템의 공기누설량분석 (m³/min)

5. 결론

본 연구에서는 다품종 소량생산 체제의 생산현장에서 국내의 기술낙후로 인한 수입에 의존하던 부분을 대상으로 선정 개발하였다.

기존산업에서 볼 때 초미세 이송시스템의 경우 장거리인 경우 저압으로는 도저히 이송이 불가능하며 고압을 사용하여야 하나 컴프레서 에어가 필요한 단점이 있다. 이를 극복하여 컴프레서 에어를 사용 고압시 라인의 막힘현상을 방지하였으며 생산제조면에서도 절대적으로 유리하며 경제성에서도 절대우위에 있음을 입증하였다.

또한 저압이송시스템에서 베어링 요크와 사이드커

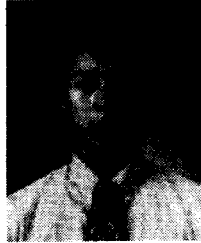
버부가 있으므로 인해 중량의 증대로 인한 가공비 및 원소재 상승은 제조원가의 상승을 초래하였으나 신규 개발품은 사이드커버를 목형 하나로 제작함으로써 중량 및 가공비를 기존대비 20%정도 절감할 수 있었으며 사이드커버와 로터 사이를 그랜드 패키징으로 실링을 함과 로터와 바디사이의 틈새를 열팽창 계수를 감안 일반 상온과 고온을 구분 제작함으로써 에어의 감소가 기존대비 50%정도 감소하였다. 또한 30000mmAq 까지 사용됨으로 인해 기존 수입대책효과를 가져올 수 있었으며 제작비는 수입품의 1/3정도로 다운시킬 수 있었다. 또한 일본 및 유럽 선진국에서는 장치산업의 발달로 인해 기술력이 상당히 앞서 있으며 현재 국내에서는 외국제품의 선호도에 따라 국산품의 인식이 부족하나 이를 계기로 국산화에 박차를 가한다면 향후 산업은 발전될 것이며 외국기업과 경쟁을 할 수 있을 것이며 해외시장 공략에도 상당히 유리할 것으로 생각된다.

이는 향후 10Kgf/cm²에서 사용할 수 있는 마이크로미립을 이송할 수 있는 시스템의 개발과 에어의 누수가 적은 피더(Feeder)를 개발하는 것이 수송용으로 좋을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 대광서림 “집진장치 핸드북” pp.54-89, 1993
- [2] 송광호, 이종찬역 “분체수송기술 ” pp.167-179, 1995
- [3] 한용주, “기계설계학,” pp.11~31. 2001
- [4] 板下, “粉体プラントのスケール アップ 手法” pp.59-pp76, 1990
- [5] 화학장치편집부 “粉粒体機器トラブル 改善事例集” pp.35~50, 1990
- [6] 일본분체 공업협회, “Bag Filter Hand Book” pp.150-170, 1990
- [7] Milton N. Kraus, “Pneumatic Conv-eying of Bulk Materials” pp.169-231, 1985
- [8] DR. Homer W, Parker. P.E., “Control of Air Pollutic Air Pollution Third Edition” pp.50~pp65, 1992
- [9] “U. S. Environmental Protection Agency Air Pollution Engineering” Manual Second Edition pp.273~289, 1973

[10] AA Busnaina, General Flow, Fluid Flow
Simulation Software, Kern International,
Pembroke, mass., 1986



박 정 수 (Jung-Su Park)

경일대학교기계공학과 졸업
대구대학교산업정보대학원
산업공학전공(공학석사).
대구대학교대학원산업공학과
생산시스템전공(공학박사)

안동과학대학시스템경영정보과 초빙교수

관심분야: 생산자동화, MIS, 신뢰성, 수송시스템