

발전 보일러용 비회 이송설비에서 최대 비회 이송량 예측

진경용, 문윤재*, 이재현**, 문승재**†

KC코트렐(주), *한양대학교 대학원, **한양대학교 기계공학부

Prediction of Maximum Fly Ash Conveying Capacity of Fly Ash System in a Power Plant

Kyung-Yong Jin, Yoon-Jae Moon*, Jae-Heon Lee**, Seung-Jae Moon**†

KC Cottrel Co. Ltd., 121-904, Seoul Korea

*Graduate School, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

**School of Mechanical Engineering, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

(Received October 12, 2014; accepted December 21, 2014)

초 록 : 연구에서는 국내 D 석탄 화력발전소에서 비회 이송량 35,800 kg/h의 용량으로 운전 중인 비회 이송설비를 대상으로 최대 비회 이송량을 예측하였다. 수평거리 550 m, 수직거리 40 m, 엘보우 9개소, 직경 0.254 m의 이송관으로 구성된 비회 이송관로와 트립(trip) 정압 1,163 mmH₂O, 풍량 5,040 m³/h인 용적식 비회 이송 송풍기로 이루어진 비회 이송 시스템에서 최대 비회 이송량은 비회 이송량의 증가에 따른 비회 이송 시스템의 압력 손실과 용적식 비회 이송 송풍기의 트립 정압이 같아질 때이며, 이 조건 하에서 가능한 최대 비회 이송량은 52,600 kg/h로 예상되었다.

ABSTRACT : This study presents prediction of maximum fly ash conveying capacity of fly ash system in a power plant. The mixture ratio and pressure drop characteristics of air-fly ash flow in piping system are not well understood due to the complexity of particle motion mechanism. In this paper, the researcher investigated the optimum mixture ratio when the pressure drop of fly ash conveying system is equal to maximum static pressure of displacement fly ash transport blower and the capacity of fly ash transport according to the optimum mixture ratio by experimenting the fly ash conveying system of domestic D coal thermal power plants, which is currently in operation. The experiment results showed that the maximum fly ash conveying capacity of fly ash system were founded under the condition of maximum air volume 5,040 m³/h, static pressure of trip condition 1,163 mmH₂O. In addition, it was predicted maximum mixture ratio of the air-fly ash was 8.66 and maximum capacity of fly ash conveying was 52,600 kg/h under these conditions.

Key words : Fly ash(비회), Mixture ratio(혼합비), Prediction of conveying capacity(이송량 예측)

기호설명

f : 관 마찰계수
 ρ : 공기 밀도 [kg/m³]
 g : 중력가속도 [m/s²]
 D : 이송배관 내경[m]

V : 공기 속도[m/s]
 L : 이송배관 수평길이[m]
 H : 이송배관 수직길이[m]
 Re : 레이놀즈 수
 ζ_b : 곡선관 압력손실계수
 m : 혼합비
 ua : 비회 입자의 속도[m/s]
 umg : 중력침강속도[m/s]
 s : 비회 입자 비중량[kg/m³]

† Corresponding author
Tel. +82-2-2220-0450
E-mail address: smoon@hanyang.ac.kr

- λ_s : 비회 입자의 관 마찰계수
- ρ : 공기속도와 입자속도의 비
- m : 혼합비
- G_a : 공기의 수송중량[kg/h]
- G_s : 비회의 이송중량[kg/h]

1. 서론

1.1 연구 배경 및 목적

미분탄, 시멘트, 비회, 화학약품, 그리고 곡류 등의 입자 수송산업에 있어서 수송의 용이성과 공정의 적합성을 위하여 재료를 입자화 시킬 필요성이 증가함으로써 수송관 내 가스와 입자의 2상 유동에 관하여 많은 연구가 수행되고 있다. 화력발전소, 시멘트공업, 그리고 제분공업 등에 있어서 입자 수송능률이 생산능률과 품질 향상 및 수익성에 연결되므로, 최적 생산 공정을 위하여 사용되는 공기-입자 수송장치 해석에 대한 연구는 절실히 요구되고 있는 실정이다.

공기-입자 수송장치 해석을 위하여 우선적으로 수송관 내 압력손실을 해석하여야 한다. 수송관 내 공기-입자 유동장에서는 입자의 크기, 형상, 밀도 등의 많은 인자들의 영향으로 인해 정확한 압력손실 해석이 어렵기 때문에, 많은 해석방법들이 주로 실험식에 의존하고 있다. 수송관 내 공기-입자 유동장에서 압력손실에 영향을 주는 인자들 중 입자와 공기의 혼합유동 양식이 중요하며 이를 결정하는 주요 인자는 입자의 질량 혼합비 (mixture ratio)이다.^{[2],[3]}

석탄 화력발전소의 비회 이송시스템에서는 비회의 질량 혼합비가 10보다 작은 희석 유동양식 (dilute flow pattern)을 나타내며, 일반적으로 질량 혼합비는 5.0~8.0의 범위이다.^{[5],[6]} 공기-입자 유동장의 압력손실 관련 여러 해석 모델들이 많이 연구되고 있으나, 해석 모델 각각의 특성에 따라 제한된 조건에서만 양호한 결과를 보이며, 해석조건 및 인자에 따른 압력손실 해석의 체계적인 연구가 부족한 실정으로서 이에 대한 정량적인 해석이 필요하다. 운전 중인 발전플랜트용 비회 이송 시스템 내에서 압력손실에 따른 비회 이송량의 변화와 최대 비회 이송량을 예측하여 이송에너지의 절감과 이송효율의 향상이 필요하다.

1.2 연구 방법

본 연구는 비회 이송설비에서 비회 이송 시스템의 공기와 비회 흐름에 의한 압력손실을 분석하기 위해 운전 중인 D 석탄 화력발전소의 데이터를 이용하였다. 수평관, 수직관, 엘보우로 구성된 이송관로에서 비회 이송량을 점차적으로 증가 시키면 비회 이송 시스템의 압력손실도 증가한다.

비회 이송량 증가에 따른 비회 이송 시스템의 압력손실이 용적형 비회 이송 송풍기의 트립(trip) 정압과 일치할 때의 비회 이송량을 도출하였으며 이 때의 비회 이송량을 최대 비회 이송량으로 예측하였다.

2. 비회 이송설비

2.1 설비의 구성

Fig. 1은 발전 플랜트용 비회 이송설비의 계통도를 도시한 것이다. 전기집진기에서 포집된 비회는 비회 이송 송풍기에서 공급되는 이송공기와 혼합되어 밀폐된 이송배관을 통하여 비회 저장조로 이송된다.

2.2 설비의 특징

Fig. 2는 용적식 송풍기의 성능특성 곡선으로, 비회 이송설비에서 비회 이송 시 공기만 흐름 경우보다 압력이 급격히 상승하는데 일반 송풍기를 사용할 경우 비회 이송 시스템 내 급격한 압력강하에 의하여 송풍기의 토출유량 변화가 심하여 석탄 화력발전소의 비회 이송설비에 있어서 가장 중요한 역할을 하는 비회 이송 송풍기는 비회 이송 시스템의 압력강하가 크더라도 송풍기 토출유량의 변화가 적은 용적식(positive displacement) 송풍기를 사용한다.

또한 이송관로 내에서 과대한 압력상승으로 인한 위험을 피하기 위해 일정 압력이 초과할 때 이송공기를 자동적으로 외부로 분출하도록 하는 안전밸브가 송풍기 출구에 설치 되어있다.

2.3 이송방식의 특징

공기에 의한 이송방식은 다양한 건조된 입자를 공기흐름

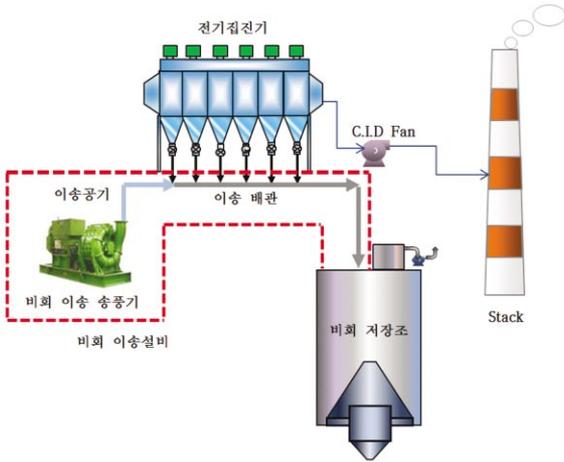


Fig. 1 Flow diagram for fly ash transport system

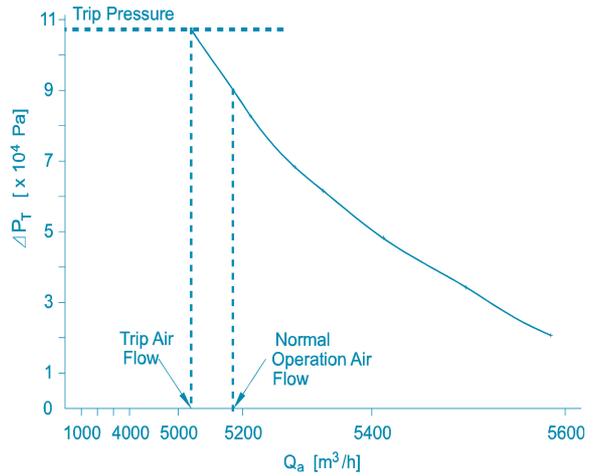


Fig. 2 Performance curve of positive displacement blower

으로 이송하는 것으로 공기에 의한 입자 이송 시스템은 여러 가지 형태로 분류된다. Fig. 3은 이송관 내부에서 입자를 이송할 때 유동 양식을 나타낸 것으로 공기량에 대한 입자농도의 비율을 나타내는 혼합비에 따라 입자 유동양식은 균일류(homogeneous flow), 관저류(segregation flow), 소밀류(dune flow), 집단류(slug flow), 부분류(plug flow)로 변화하며 이 순서에 따라 관내 입자운동에 압력손실도 증가한다.^{[2], [7]}

공기에 의한 이송 방식은 여러 종류의 입자를 외부 비산 없이 이송 가능할 뿐만 아니라 이송배관의 유연성과 다수의 출구로 분배가 가능하고 컨베이어등과 같은 기계식 이송방식 대비 유지비가 적다.

Flow Pattern		Mixture Ratio
Homogeneous Flow		1~10
Segregation Flow		10~20
Dune Flow		10~100
Slug Flow		30~150
Plug Flow		30~150

Fig. 3 Flow pattern for particles transport

이러한 장점으로 발전플랜트용 비회 이송설비는 공기에 의한 이송방식을 적용하고 있으며, 해외 석탄 화력발전소의 비회 이송설비는 집단류와 부분류 방식을 많이 적용하고 있으나, 국내 석탄 화력발전소의 비회 이송방식은 균일류 방식을 채택하고 있다.

3. 압력강하 및 이송량 산정 이론

3.1 이송경로

Fig 4는 발전플랜트용 비회 이송설비의 비회 이송 경로를 나타낸다. 비회 이송설비는 안전밸브가 부착된 비회 이송 송풍기와 수평관, 수직관 그리고 엘보우로 구성된 이송관로로 구성되며, 비회 이송 송풍기(fly ash transport blower)에서 발생된 이송공기는 수평관(horizontal pipe)를 지나 비회(fly ash)와 혼합되며, 비회는 공기와 혼합된 상태로 수평관(horizontal pipe), 엘보우(elbow) 그리고 수직관(vertical pipe)를 거쳐 이송된다.

3.2 이송관로에서의 압력강하

비회를 공기와 혼합하여 이송 할 때 비회 이송경로에서의 압력손실은 식(1)과 같이 이송관 내 공기만 흐를 때의 압력손실 ΔP_a 와 이송관 내 비회 입자운동에 의한 압력손

발전 보일러용 비회 이송설비에서 최대 비회 이송량 예측

실 ΔP_s 의 합으로 표현할 수 있다.

$$\Delta P_T = \Delta P_a + \Delta P_s \quad (1)$$

비회 이송 시스템 내 공기-비회 입자 유동장의 총 압력 손실 ΔP_T 는 공기흐름에 의한 압력손실과 비회 입자운동에 의한 압력손실의 합으로, 식 (2)와 같이 표현된다.^{[2],[4]}

$$\begin{aligned} \Delta P_T = & \left(f \frac{L}{D}\right) \frac{\rho V^2}{2g} - \rho g(Z_1 - Z_2) + \zeta_b \frac{\rho V^2}{2g} \\ & + m\gamma_a \lambda_s \frac{L}{D} \frac{\varphi u_a^2}{2g} + \left(\frac{Lu_{mg}}{\varphi u_a} + H\right) \end{aligned} \quad (2)$$

1) 공기흐름 의한 압력 강하

관 내 공기흐름에 의한 압력손실(ΔP_a)은 공기의 가속력과 관 내부의 마찰력에 의해 발생한다. 본 연구에서 공기흐름에 의한 압력강하는 공기가 가속된 후 관 내부로 유입되어 관 내부는 등속상태라는 가정하에서 관 마찰력에 의한 수평관(ΔP_H), 수직관(ΔP_V)과 곡선관(ΔP_C) 압력손실의 합으로 해석한다.^{[2],[4],[6]}

$$\Delta P_a = \Delta P_H + \Delta P_V + \Delta P_C \quad (3)$$

수평관에서 공기흐름에 의한 압력손실은 식(4), 식(5)와 같이 Darcy의 관 마찰공식을 사용하여 수평관 및 수직관에 대하여 해석하며, 압력손실에 영향을 주는 주요 변수는 관 마찰계수, 공기 유속, 공기의 비중 및 관 직경과 길이의 비(L/D)이다.^{[2],[4],[6]}

$$\Delta P_H = \left(f \frac{L}{D}\right) \frac{\rho V^2}{2} \quad (4)$$

$$\Delta P_V = \left(f \frac{L}{D}\right) \frac{\rho V^2}{2} - \rho g(Z_1 - Z_2) \quad (5)$$

$$f = \frac{0.3164}{Re^{1/4}} \quad (6)$$

여기서, 공기흐름에 의한 관 마찰계수로서 식(6)는 Blasius 식^[3]을 이용하여 구한다. $Z_1 - Z_2$ 는 두 지점의 높이차, 즉 이송배관의 수직길이이며, g 는 중력가속도, Re 는 레이놀즈 수이다.^{[2],[4],[5]}

곡선관에서 압력손실(ΔP_C)은 난류흐름, 곡률반경에 따른 2차 유동 (secondary flow), 관 반경과 곡률반경의 비 (R/r), 곡선관의 각도 (θ) 등 인자들 해석의 어려움으로 인하

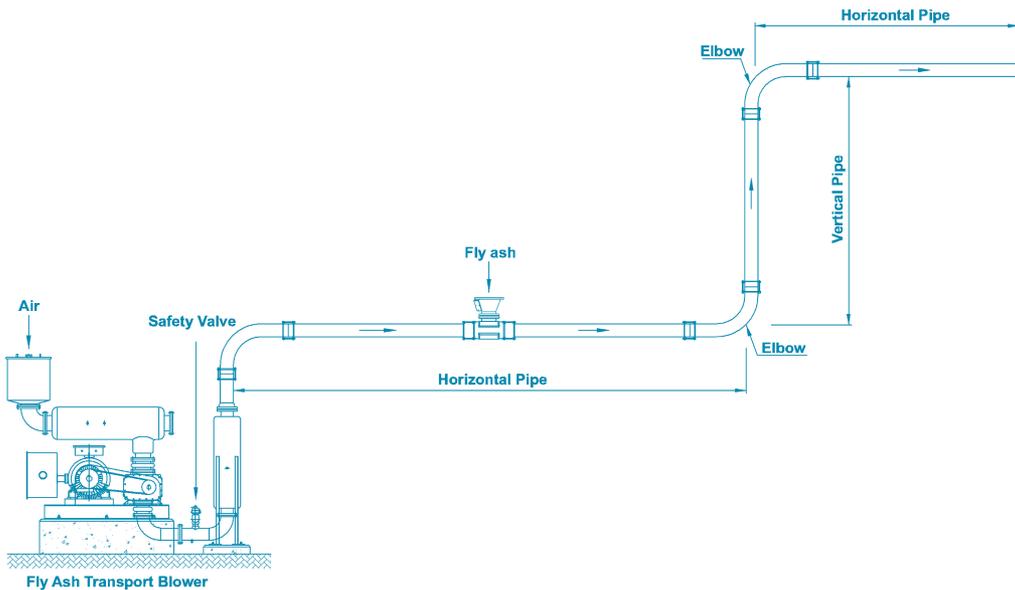


Fig. 4 Path of fly ash conveying

여 일반적으로 유동조건에 따른 실험식을 사용하여 해석한다. 본 연구에서는 Gibson 실험식^[3]을 사용하여 압력손실 계수를 구하고, Darcy 관 마찰공식을 사용하여 곡선관의 압력손실을 구한다.^{[2],[4],[5]}

$$\Delta P_C = \zeta_b \frac{\rho V^2}{2} \quad (7)$$

$$\zeta_b = 67.6(10^{-6})\theta^{2.17} \quad (8)$$

2) 비회 흐름 의한 압력 강하

관 내 비회 입자들에 의한 압력강하 해석은 압력강하를 일으키는 입자운동 메커니즘에 의해 크게 영향을 받는다. 관내 유동에서 반지를 방향에 따라 속도가 변화하며, 난류의 경우 특히 관 벽부의 속도변화가 크게 나타난다. 따라서 관 내 유동공기 중에 혼합된 비회의 입자속도는 관 벽으로부터 위치에 따라 달라지게 되고, 관내의 입자운동은 매우 복잡한 메커니즘을 갖는다.

Fig. 5는 이송배관을 통과하는 입자들의 이송 메커니즘을 보여 주는 것으로, 비회 입자 수송시 이송배관 내부표면에 입자가 부착되거나, 입자들이 장애물이 되어 압력손실이 발생하게 되어 압력손실이 발생하게 되는데 이러한 메커니즘에 기여하게 되는 힘은 크게 G 로 표현된 입자의 중력(gravity), L 로 표현된 입자의 양력(lift), F 로 표현된 입자의

압력 (pressure), F_s 로 표현된 입자의 마찰력 (friction force) 등이다. 관 내 공기의 유속이 증가되어 이송관 바닥 근처의 공기 흐름에 의한 입자의 압력(F)이 마찰력(F_s)을

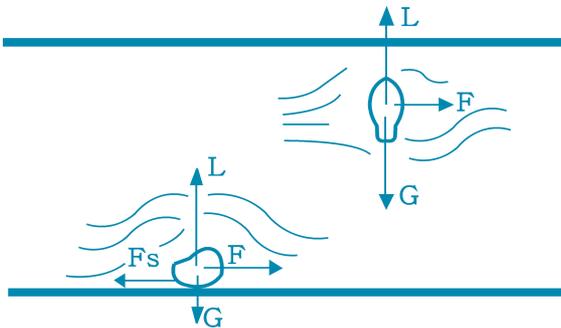


Fig. 5 Transport mechanism of particles in a conveying pipe

극복할 수 있을 때, 입자는 미끄러지면서 움직이기 시작한다. 공기의 유속이 증가함에 따라 입자의 양력(L)이 증가하고 양력(L)이 입자의 중력(G)보다 커지면 이송공기의 기류에 섞이게 된다. 관내 비회 입자에 의한 압력손실 메커니즘 해석은 입자군 모두 조사하는 것이 매우 어렵기 때문에 일반적으로 입자군 전체의 운동평균값을 구하여 수행한다. 이 경우, 공기와 비회 입자를 제각기 특별한 유체로 해석하여 각각의 시스템 내 압력강하를 계산한다.^{[2],[6]}

입자운동에 의한 압력손실을 발생시키는 원인은 입자에 의한 가속력, 마찰력, 부유력 및 상승력으로, 본 연구에서 비회 입자운동에 의한 압력손실(ΔP_s)은 가속항을 무시하고 등속구간만을 고려하여 마찰력(ΔP_{s1}), 부력(ΔP_{s2}) 및 상승력(ΔP_{s3})을 고려하여 계산한다.^{[2],[4]}

$$\Delta P_s = \Delta P_{s1} + \Delta P_{s2} + \Delta P_{s3} \quad (9)$$

비회 입자에 의한 압력손실 계산시 공기와 관 벽과의 마찰은 공기만이 흐르는 경우와 동일시하여 계산한다. 또한 입자에 의한 관 내 단면적 감소를 무시한다는 가정 하에서 계산한다. 입자 마찰력에 의한 압력손실

(ΔP_s , 마찰력)은 Darcy 관 마찰공식을 사용하여 식(10)과 같이 나타낼 수 있다.^{[2],[4]}

$$\Delta P_{s1} = \gamma_s \lambda_s \frac{L}{D} \frac{u_s^2}{2g} \quad (10)$$

여기서, ΔP_{s1} 은 비회 입자 마찰력에 의한 압력손실, s 는 비회 입자 비중량, u_s 는 비회 입자속도, g 는 중력가속도, λ_s 는 비회 입자의 관 마찰계수로서, 관 내 비회 입자가 균일하게 유동할 경우, 비회 입자가 관 벽 전면에 일정하게 접촉하므로 λ_s 는 특수한 유체에 의한 관 마찰계수로 가정하며 본 연구에서는 선행연구에서 적용한 Mathur와 Klinzing 입자 마찰계수 모델링에 의한 관 마찰계수 값을 적용하였다.^{[2],[4]}

$$\Delta P_{s2} = \left(\frac{G_s \cdot L \cdot u_{mg}}{u_s} \right) \frac{1}{Q_a} \quad (11)$$

마찰력 이외에 압력손실을 발생시키는 부력 ΔP_{s3} 는 식(11)과 같이 나타낼 수 있다. 부력이란 입자를 일정 높이까지 상승시키고 상승 후 위치를 유지하기 필요한 힘을 말한

발전 보일러용 비회 이송설비에서 최대 비회 이송량 예측

다. G_s 는 단위 시간당 비회 입자군의 힘, u_s 는 비회 입자의 속도, u_{mg} 는 비회 입자의 중력침강속도이다.^{[3],[5],[9]}

관 내 비회 입자 상승력에 의한 압력손실 ΔP_s 는 비회 입자를 일정한 높이 H 까지 상승시키는 힘을 에너지로 환산하여 단위체적당 입자 상승력에 의한 압력손실로 식(12)와 같이 표현되며, Q_a 는 단위체적당 공기의 유량이다.^{[2],[4]}

$$\Delta P_{s3} = \frac{G_s H}{Q_a} \quad (12)$$

관내 입자운동에 의한 압력손실은 입자에 의한 마찰력, 부력 및 상승력의 3가지 힘을 고려하여 해석하면 식(13)와 같이 나타낼 수 있다.^{[2],[4]}

$$\Delta P_s = \gamma_s \lambda_s \frac{L}{D} \frac{u_s^2}{2g} + \frac{1}{Q_a} \left(\frac{G_s \cdot L \cdot u_{mg}}{\varphi u_a} + G_s H \right) \quad (13)$$

여기서 φ 는 공기속도(u_a)와 비회 입자속도(u_s)의 비이다. 공기-비회 유동장에서 공기의 수송중량을 G_a , 비회의 이송중량을 G_s 라 할 때 혼합비는 식(14)로 나타낼 수 있다. m 은 혼합비, G_a 는 이송 공기량(m^3/h), ρ_a 는 이송공기의 밀도(kg/m^3)이다.^[3]

$$m = \frac{G_s}{G_a} = \frac{G_s}{\rho_a Q_a} \quad (14)$$

혼합비를 고려하여 식(13)를 정리하면 식(15)와 같다.^{[2],[4]}

$$\Delta P_s = m \gamma_a \left\{ \lambda_s \frac{L}{D} \frac{\varphi u_a^2}{2g} + \left(\frac{L u_{mg}}{\varphi u_a} + H \right) \right\} \quad (15)$$

3.3 최대 이송량 산정

비회 이송설비의 비회 이송량 산정은 비회 이송 송풍기의 송풍량 G_a 와 혼합비 m 의 곱, 즉 G_s 이며 혼합비 증가에 따른 비회 이송 시스템의 압력손실 값이 운전 중인 용적식 비회 이송 송풍기의 트립 정압과 같을 때 비회의 최대 이송이 이루어지며 식(16)으로 표현할 수 있다.

이송관로 내에서 예기치 못한 과대한 압력 상승 시 이송관로와 이송 송풍기의 파손과 위험 방지를 위해 일정 압력 이상 압력이 상승하지 않도록 안전밸브가 설치되며 이 안

전밸브가 작동되는 압력이 트립 정압이다.

혼합비는 경험값, 실험값에서 결정되는 경우가 많으며 혼합비의 크기는 이송방식에 대한 흐름형태(flow pattern)에 의해 결정되며 주로 이송배관의 길이, 관지름, 이송물질에 따라 적절한 혼합비 선택이 중요하다.

최대 비회 이송량을 예측하기 위해 비회 이송 시스템에서 비회의 양을 점차적으로 증가 시 비회 이송 시스템의 총 압력손실이 용적식 비회 이송 송풍기의 트립 정압과 동일할 때의 혼합비를 도출하고 이 때의 공기-비회 혼합비와 비회 이송 송풍기의 송풍량을 곱하여 최대 비회 이송량을 예측한다.

$$G_s = m_{\max} G_a = m_{\max} \rho_a Q_a \quad (16)$$

4. 발전용 비회 이송설비에서 최대 이송량

4.1 적용대상 이송설비

Fig. 6은 국내에서 운전 중인 500 MW급 D 석탄 화력발전소의 비회 이송배관을 도시한 것으로 비회 이송설비의 운전 비회 이송량은 35,800 kg/h이며, 비회 이송설비는 크게 비회 이송 송풍기와 이송관로로 구성된다. 전기집진기 호퍼에서 배출된 비회는 트립 정압 107,873.2 Pa, 토출풍량 5,040 m^3/h 인 용적식 비회 이송 송풍기에서 발생된 이송공기와 혼합되어 수평거리 550 m, 수직거리 40 m, 엘보우 9개소로 이루어진 이송관로를 통하여 비회 저장조로 이송된다.

4.2 이송량 산정조건

Table 1은 비회 이송 시스템에서 비회 이송량 증가에 따른 비회 이송 시스템의 압력손실 해석을 위해 적용한 값이다. 온도 82 °C에서 이송관 직경 (D) 0.254 m, 공기유속 (u_a) 27.6 m/s, 비회 유속(u_s) 14.2 m/s, 비회 직경 74 μm , 비회 이송 송풍기의 정압 107,873.2 Pa, 이 때의 토출풍량 5,040 m^3/h 를 적용하였다.

D 석탄 화력발전소에서 사용되고 있는 비회 이송 송풍기는 용적식을 사용하고 있으며, 정압 107,873.2 Pa 이상에서는 안전밸브가 작동하여 더 이상의 압력이 상승하지 않

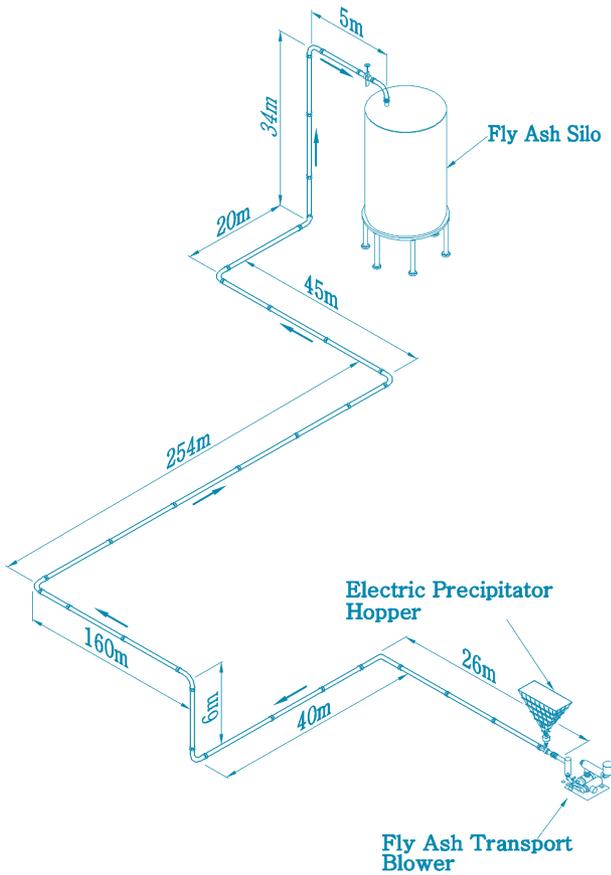


Fig. 6 Sketch of fly ash conveying pipeline

도록 하는 기능이 포함되어 있다. 이는 비회 이송 시스템 내 예상하지 못한 과도한 압력 발생 시 이로 인한 비회 이송 송풍기의 파손을 방지하기 위함이다.

4.3 최대 비회 이송량

Table 2는 혼합비에 따른 공기흐름과 비회 흐름에 의한

Table 2 Influence of conveying capacity on mixture ratio

Conveying Capacity [kg/h]	24,300	30,400	36,400	42,500	48,600	52,600
ΔPT [Pa]	56,533	67,508	78,483	89,458	100,433	107,840
Mixture Ratio	4	5	6	7	8	8.66

Table 1 Input data for the pressure drop analysis in fly ash conveying system

Item	Property
Pipe Line	<ul style="list-style-type: none"> • Pipe Diameter (D) : 0.254 m • Horizontal Length (L) : 550 m • Vertical Length (H) : 40 m • Elbow Quantity : 90°, 9 EA
Blower	<ul style="list-style-type: none"> • Temperature : 82°C • Density (ρ) : 0.998 kg/m³ • Flow Velocity (V) : 27.6 m/s • Blower Capacity : 5,040 m³/h • Blower Trip Pressure : 1.1 kg/cm²
Fly Ash Particle	<ul style="list-style-type: none"> • Mixture Ratio (m) : 8.66 • Density : 800 kg/m³ • Particle Diameter : 0.000074m (74 μm) • Velocity (us) : 14.2 m/s • Particle Reynolds Number(Rep) : 53 • Particle Friction Factor (λs) : 0.0085

비회 이송 시스템의 총 압력손실과 혼합비에 따른 비회 이송량이다. 혼합비 증가에 따른 비회 이송량이 증가할수록 이송배관 내 마찰력에 의한 마찰손실이 증가하여 비회 이송 시스템의 압력손실이 증가하는 것으로 분석되었다.

공기-비회 혼합비가 4일 때의 총 압력손실은 56,533 Pa, 비회 이송량은 24,300 kg/h로 예측되었으며, 비회 이송량 증가에 따른 비회 이송 시스템의 총 압력손실이 운전 중인 용적식 비회 이송 송풍기의 트립 정압과 동일 할 때의 비회 이송량 52,600 kg/h가 최대 비회 이송량으로 예측되었다.

Fig. 7은 트립 정압 107,873 Pa, 풍량 5,040 m³/h, 트립 정압시 소요 전력 168 kW, 회전수 2,432 RPM인 용적형 비회 이송 송풍기의 성능특성 곡선과 혼합비 변화에 따른 비회 이송 시스템의 압력손실 변화를 나타낸다.

발전 보일러용 비회 이송설비에서 최대 비회 이송량 예측

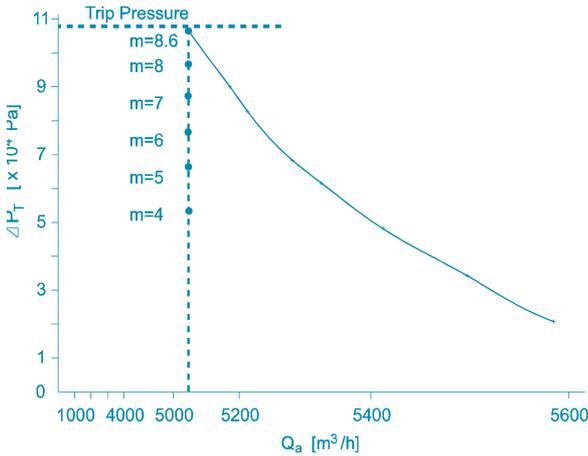


Fig. 7 Influence of mixture ratio on air flow and pressure drop

실제 운전 중인 석탄 화력발전소에서 연료인 석탄의 변경에 따른 비회의 밀도, 형상 변화와 계절 별 대기 온도의 변화에 대한 비회 이송 조건 변경 등과 안정적인 발전설비 운영을 고려할 때 비회 이송 시스템의 압력손실 여유율은 일정 부분 감안해야 할 필요성은 있으나 본 연구에서는 여유율에 대하여서는 고려하지 않았다.

본 연구의 대상인 D 석탄 화력발전소 비회 이송설비의 운전 비회 이송량은 35,800 kg/h로 최대 비회 이송량은 운전 비회 이송량 보다 1.47배 증가하는 것으로 분석되었다.

동일한 성능의 비회 이송 송풍기를 이용하여 높은 혼합비의 상태로 비회를 이송하면 비회 이송량은 증가하나, 비회 이송량 증가에 따른 비회 이송 시스템의 압력손실도 증가하게 되며 이로 인해 이송배관의 누설 위험이 커지게 된다. 따라서 최대 비회 이송량은 운전 중인 비회 이송 시스템의 총 압력손실이 공기원 기계인 비회 이송 송풍기의 트립 조건 압력 이내로 제한하여야 한다.

5. 결론

본 연구는 국내 운전 중인 D 석탄 화력발전소의 비회 이송설비에 있어서 비회 이송량 증가에 따른 비회 이송 시스템의 압력손실 분석과 비회 이송 시스템의 압력손실이 용적식 비회 이송 송풍기의 트립 정압과 일치할 때의 혼합비를 도출 하였으며, 이 때의 혼합비와 용적식 비회 이

송 송풍기의 송풍량을 곱하여 최대 비회 이송량을 도출 하였다.

- 1) 국내 D 석탄 화력발전소의 비회 이송설비에서 수평균 550 m, 수직관 40 m, 엘보우 9개소로 구성된 이송관로와 트립 정압 107,873 Pa, 송풍량 5,040 m³/h, 트립 정압 시 소요 전력 168 kW, 회전수 2,432 RPM인 용적식 비회 이송 송풍기에서의 최대 비회 이송량은 52,600 kg/h로 예측되었다.
- 2) 예측된 최대 비회 이송량은 운전 중인 비회 이송설비의 성능보증 비회 이송량 35,800 kg/h의 1.47배이며, 석탄 화력발전소에서 연료인 석탄의 변경에 따른 비회 이송량 증가 시 최대 비회 이송량 52,600 kg/h 이내의 비회 이송설비의 교체 없이 설비의 운용이 가능하다.

후 기

본 연구는 한국에너지기술연구원 “복합발전 플랜트 안전 운영을 위한 취약노드 기술 개발” 과제의 연구비지원(과제 번호 20141010101850)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. G.E. Klinzing, F.Rizk, 2010, Pneumatic Conveying of Solids, Springer.
2. 이재근, 구재현, 권순홍, 2002, “입자수송시스템 내 공기-입자 유동장의 압력손실 특성 해석”, 유체기계저널, Vol.5, No.1, pp. 20~26.
3. 송광호 역, 1995, 분체수송기술, 도서출판 기술.
4. 이세희 역, 1995, 분립체의 공기수송장치, 대신기술
5. 정양범, 임홍식, 육옥성, 김혁필, 이재근, 1997, “미분탄 수송장치의 압력손실에 대한 연구”, 대한기계학회 추계학술대회 논문집, pp. 83~88.
6. 구재현, 2009, “연소효율 향상을 위한 공기-미분탄 수송배관장치의 최적화 설계 프로그램 개발”, 한국가스학회지, 제13권 제5호.
7. I.E. Idelchik, 1994, Handbook of Hydraulic Resistance, Begell House.
8. 한국동서발전(주), 2003, 당진화력발전소 5&6호기 회 이송설비 기술사양서.