

경험모델을 이용한 충격기류식 여과집진기의 적정 탈진압력 예측

서정민 · 박정호^{1)*} · 임우택²⁾ · 강점순³⁾ · 조재환⁴⁾

부산대학교 바이오환경에너지학과, ¹⁾경남과학기술대학교 환경공학과, ²⁾안동대학교 응용화학과,
³⁾부산대학교 원예생명과학과, ⁴⁾부산대학교 농업경제학과
(2012년 2월 7일 접수; 2012년 3월 8일 수정; 2012년 5월 14일 채택)

The Prediction of Optimal Pulse Pressure Drop by Empirical Static Model in a Pulsejet Bag Filter

Jeong-Min Suh, Jeong-Ho Park^{1)*}, Woo-Taik Lim²⁾, Jum-Soon Kang³⁾, Jae-Hwan Cho⁴⁾

Department of Bio-Environmental Energy, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea

¹⁾Department of Environmental engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology, Chinju 660-758, Korea

²⁾Department of Applied Chemistry, Andong National University, Andong, 760-749, Korea

³⁾Department of Horticultural Bioscience, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea

⁴⁾Department of Agricultural Economics, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea

(Manuscript received 7 February, 2012; revised 8 March, 2011; accepted 14 May, 2012)

Abstract

A pilot-scale pulse-jet bagfilter was designed, built and tested for the effects of four operating conditions (filtration velocity, inlet dust concentration, pulse pressure, and pulse interval time) on the total system pressure drop, using coke dust from a steel mill factory. Two models were used to predict the total pressure drop according to the operating conditions. These model parameters were estimated from the 180 experimental data points. The empirical model (EM) with filtration velocity, areal density, inlet dust concentration, pulse interval time and pulse pressure shows the best correlation coefficient ($R=0.971$) between experimental data and model predictions. The empirical model was used as it showed higher correlation coefficient ($R=0.971$) compared to that of the Multivariate linear regression(MLR) ($R=0.961$). The minimum pulse pressure predicted by empirical model (EM) was $5\text{kg}/\text{cm}^2$.

Key Words : Pulse-jet bagfilter, Coke dust, Pulse pressure, Pressure drop, Empirical model

1. 서론

고도 경제성장으로 인한 공업화와 그에 따른 업종이 다양해짐에 따라 여기에 수반되어 발생하는 대기

오염물질이 증가할 뿐만 아니라 종류도 여러 가지로 다양해지고 있다.

특히, 대기오염 물질중에서 입자상물질이 다양한 산업활동으로 배출되는 물질로서 산업이 발전함에 따라 대기중으로 배출되는 먼지의 배출량이 증가하여 대기중에 부유하는 입자상 물질은 더욱더 증가 할 것으로 예상되어 심각한 대기오염물질로 대두될 전망이다(서 등, 2004; 서 등, 2007).

*Corresponding author : Jeong-Ho Park, Department of Environmental Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 660-758, Korea
Phone: +82-55-751-3345
E-mail: jhpark@jinju.ac.kr

충격 기류식 여과집진기는 산업현장에서 발생하는 입자상 오염물질을 처리하는 가장 일반적인 방법이다 (Allen 등, 1999; Dean과 Cushing, 1988; Ellenbecker와 Leith, 1980). 원심력 집진기에서 제거되지 않는 미세입자를 처리하기 위해서 여과집진기를 사용하여왔다 (Gabites 등, 2008).

여과집진기의 처리용량은 수 m^3/hr 에서 1,000,000 m^3/hr 정도이며 함진 가스 중의 농도로서는 $1 g/m^3$ 이하에서 $100 g/m^3$ 까지의 다양한 농도범위에서도 이용될 수 있다. 또한, 집진처리 후 배출농도는 미세입자라 할지라도 $5 mg/m^3$ 이하로 달성할 수 있으나, 여과집진기의 성능은 집진장치 본체의 구조, 유입가스의 유체흐름 분포, 여과포의 특성, 함진 가스 성분 및 온도와 압력 그리고 분진의 물리·화학적 특성에 의해 결정된다 (Peukert와 Wadenpohl, 2001).

함진 가스는 여과포를 통과하면서 여과포 외면에 부착되어지고 이에 부착 분진에 의해 여과포의 압력손실을 증가하게 됨에 따라 주기적인 탈진이 요구된다. 분진 탈진 시스템은 여과포 내부로 높은 분리력이 있는 충격력이 필요하다. 탈진시스템은 짧은 시간 (50 ~ 150 ms)에 높은 압력(3 ~ 7 bar)의 분사 공기가 필요하다 (Simon 등, 2007).

여과포에 부착된 분진을 제거하기 위한 탈진 압축 공기는 노즐에서 분출되어 여과포에 도달하는데, 일반적으로 2차 공기를 압축공기와 함께 투입하기 위해 벤츄리를 사용하게 된다. 노즐직경, 벤츄리 형상, 노즐과 벤츄리까지의 거리 등은 압력손실에 변화를 준다 (Tsai 등, 2000).

탈진시스템은 가스흐름이 있는 상태에서 탈진하는 on-line 방식과 가스흐름이 차단된 상태에서 탈진하는 off-line 방식이 있다 (Dean과 Cushing, 1988). 여과집진기의 설계는 공급자와 사용자의 경험에 의존하는 경우가 많은데, 이는 여과속도를 비롯한 설계인자를 산업현장의 복잡한 운전에서는 이론적으로 해석하기가 힘들기 때문이다 (Peukert와 Wadenpohl, 2001).

여과집진기의 가장 중요한 설계 및 운전인자는 압력손실이다. 여과포 자체의 압력손실과 여과포에 부착된 분진에 의한 압력손실 증가는 전력비와 여과포 교체 비용 등의 에너지소비를 증가시키는 주요원인이다 (Simon 등, 2007). 여과집진장치에서 압력손실변화

는 분사 노즐 직경, 분사거리, 탈진압력, 탈진간격, 여과속도, 입구분진농도 및 분진의 물리·화학적 특성 등의 여러 인자에 영향을 받는다 (Hsin-Chung과 Tsai, 1996; Koehler와 Leith, 1983; Leith와 Ellenbecker, 1980; Liu와 Liptak, 1997; Peukert와 Wadenpohl, 2001; Simon 등, 2007; Tsai 등, 2000;). 이에 이러한 설계인자의 영향과 운전조건의 변화에 따른 압력손실을 석회석분진 (Hindy 등, 1987; Hsin-Chung과 Tsai, 1996; Koehler와 Leith, 1983), fly ash (Dean과 Cushing, 1988; Ellenbecker와 Leith, 1980; Koehler와 Leith, 1983; Park 등, 2003; Tsai 등, 2000), 알루미늄분진 (Calle 등, 2002; Simon 등, 2007) 그리고 밀크 파우더분진 (Gabites 등, 2008)을 사용하여 연구가 진행되어진 바 있다. 운전조건의 변화에 따른 압력손실을 예측하기 위한 정적인 모델 (Koehler와 Leith, 1983; Leith와 Ellenbecker, 1980)과 동적인 모델 (Doring 등, 2009; Ju 등, 2001)이 개발되어 왔다. 그러나 제철소에서 주로 발생하는 Coke 분진을 이용한 연구는 진행된 바가 없었다.

따라서 본 연구는 pilot 설비를 이용하여 제철소 coke 분진으로 여과 속도, 탈진압력, 탈진간격, 분진농도 등 다양한 운전조건에서 로그 다변수 선형회귀법 (Multivariate linear regression, MLR)과 경험모델 (Empirical model : EM)을 이용하여 압력손실을 예측 비교하여 적정 탈진압력 설정으로 총 압력손실을 제어할 수 있는 인자를 파악하여 충격기류식 여과집진기의 효율적인 운전조건과 경제적인 설계 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험재료

실험용 먼지는 P 제철소 coke 공장의 여과집진장치에서 포집된 것을 사용하였으며, 입자의 범위는 $0 \mu m < d_p \leq 300 \mu m$ 이고, 평균입경은 $58.9 \mu m$, 겉보기비중은 0.801이다. 분진은 C, SiO₂, Al₂O₃, CaO 그리고 T-Fe 성분이 90% 이상을 함유하고 있으며 Table 1에 성분분석 및 특성을 나타내었다.

Table 1. Characteristics and ultimate analysis of coke dust

Characteristics		value				
Particle mean diameter (dp, mean, μm)		58.9				
Standard deviation of diameter (dp, μm)		13.2				
Bulk density of particle (ρ, kg/m ³)		801				
Ultimate analysis of coke dust (%)						
C	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	T-Fe	Others	Total
78.60	6.56	2.74	1.45	0.95	9.70	100

2.2. 실험장치

본 실험에 사용된 집진기는 충격기류식 여과집진기로서 분진발생장치, 탈진장치, 여과집진장치 및 흡입식 송풍기로 구성되어 있으며 전체공정도를 Fig. 1에 나타내었다(Suh 등, 2011).

2.2.1. 분진발생장치

일정량의 분진을 여과집진기 내로 주입하기 위해 DC motor (24 V)를 사용하여 가변전압으로 screw 회전속도를 변화시켜 분진량을 조절하는 소형 screw dust feeding방식을 사용하였으며, 분진공급률은 0.5 ~ 3 g/m³로 입구 분진농도를 조절하여 주입하였다.

2.2.2. 탈진장치

충격기류식 여과집진기의 탈진장치는 blow tube가

여과포 1열마다 배열되어 있으며 blow tube의 하면에는 여과포 중심이 되는 위치에 Jet 노즐이 있다. Compressor에서 공급되어진 압축공기를 air regulator로 압력 (4~6 kg/cm²)을 조절하며, pulse timer의 신호에 의해 diaphragm valve가 작동함으로써 압축공기를 blow tube pipe로 통해 순간적 (약 0.1 sec)으로 압축공기가 분사되어 여과포를 탈진한다. 분진 탈진용 압축공기 분출시 2차 공기를 더하기 위해 여과포 상부에 벤츄리는 설치하는데 벤츄리의 형상을 Fig. 2에 나타냈다. 분사노즐에서 벤츄리까지의 분사거리는 선행연구에서 최적의 거리로 확인된 110 mm로 고정하였다 (Suh 등, 2010).

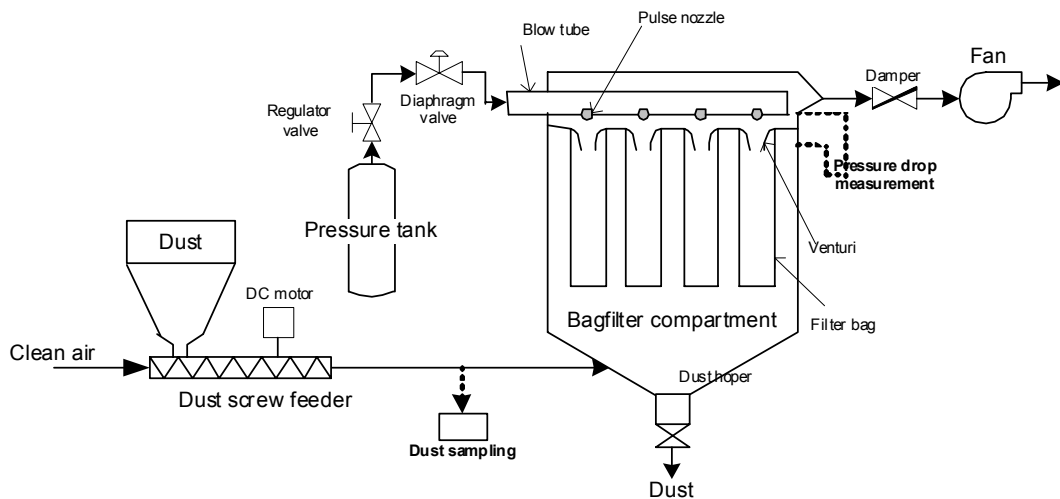


Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus.

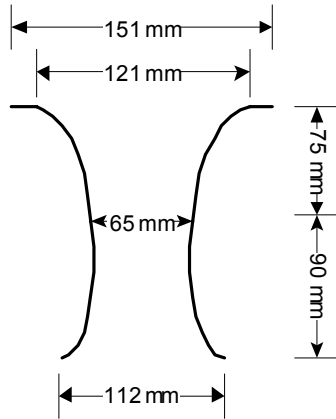


Fig. 2. Venturi geometry used in this study.

2.2.3. 여과포

실험에 사용된 여과포는 실제 산업현장에서 가장 널리 사용되고 있는 폴리에스테르 여과포($\text{Ø}140 \times 850 \text{ l}$)를 사용하였다. 여과집진장치 본체는 4개의 diaphragm valve가 설치되어 있으며, 1개의 D/V당 4개의 여과포가 설치되어 총 16개의 여과포로 구성되어 여과면적은 약 6 m^2 으로, Table 2에서 여과포의 물리적 성질을 나타내었다.

Table 2. Characteristics of polyester felt without surface treatment

Specification	value
Area weight (kg/m^2)	0.564
Felt thickness (mm)	2.34
Breaking strength (kgf)	169.5
Air permeability ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{s}$)	0.166

2.3. 실험방법

본 실험에 측정할 항목은 dust 부하에 대한 압력손실, 탈진효율 및 포집효율을 측정하였으며 이에 대한 조건들은 다음과 같다.

2.3.1. 분진농도 측정

실험용 먼지는 건조기 (convecting oven)에서 110°C 로 12시간 동안 가열건조 후 상온건조기 (desiccator)에서 실험실의 온도와 같도록 24시간 냉각하여 사용하였다. 먼지농도는 Stack Sampler (Model XC-572, Apex Instruments, Inc., USA)로 등속 흡입하여 농도를 측정하였다.

2.3.2. Pulsing 압력 및 탈진주기

압축공기는 압력계를 사용하여 $4, 5, 6 \text{ kg/cm}^2$ 으로 설정하고 pulse 분사시간은 전자식 timer에 의해 on time (0.1 msec)으로 조절하여 사용했다. 탈진간격 및 탈진주기도 실험조건에 따라 solenoid valve로 자동 조절하였다.

여과포는 한 조건의 실험이 끝날 때마다 새로운 여과포로 교체하였으며, 실험조건은 Table 3에 나타냈다.

2.3.3. 압력손실 측정

여과집진기의 압력손실 측정은 측정 오차를 줄이기 위해 집진기본체 상하부에 압력계(Dwyer, USA)와 수주마노미터를 동시에 사용하여 측정하였다. 압력손실은 탈진 시 높은 공기압력의 영향으로 순간적으로 하강한 후 1초 이내에 안정된 측정값을 사용하였다.

압력손실은 운전초기에 여과포의 초층 형성으로 직선적으로 빠르게 증가하게 된다. 일정한 탈진주기 ($\Delta t/t$, Δt =탈진간격, t =운전시간)후에는 분진저항계

Table 3. Design specifications and operating conditions

Design specifications			
Bagfilter diameter (D:bag, m)	0.14	Pulse nozzle diameter (m)	0.01
Bagfilter length (L:bag, m)	0.85	Injection distance (m)	0.11
Total filter area (A:total, m^2)	5.98	Venturi throat diameter (Dv, m)	0.065
Number of bags	16		
Operating conditions			
Filtration velocity (V_f , m/sec)	0.0208, 0.0250 and 0.0292	Pulse interval (t, sec)	10, 15, 20, 25, and 30
Inlet dust concentration (C_{in} , g/m^3)	0.5, 1.0, 2.0, and 3.0	Pulse duration (sec)	0.1
Pulse pressure (P_{pulse} , kgf/cm^2)	4, 5, 6	Operating time (t, min)	210

수에 의해서 압력손실이 천천히 상승한다. 따라서 초층 형성후에 측정된 압력손실값을 사용해야한다(Strangert, 1978). Hindy는 30~80 cycle에서 초층형성이 완료되는 것을 확인하였다(Hindy 등, 1987). 본 연구에서는 210분 (탈진주기 150~400 cycle)동안 운전후의 압력손실값을 사용하였다.

3. 모델링

충격기류식 여과집진기의 압력손실을 예측하기 위해 다양한 운전조건(탈진압력, 입구 분진농도, 여과속도, 탈진간격)에서 두 종류의 모델을 사용하였다. 첫 번째 모델은 로그 다 변수 선형회귀법으로 4가지 운전 조건에서 압력손실에 관계되는 영향인자들을 예측하였고, 두 번째 모델은 많은 연구자들이 사용해온 경험 모델로 탈진압력변화에 따른 압력손실을 예측하였다(Liu와 Liptak, 1997; Leith와 Ellenbecker, 1980; koehler와 Leith, 1983; strangert, 1978).

3.1. 로그 다 변수 선형 회귀법(Multivariate linear regression : MLR)

로그 다 변수 선형회귀법(Multivariate linear regression, MLR)은 개별 운전변화의 선형 조합함수로 자주 데이터분석에 사용되어진다. 로그 다 변수 선형회귀법은 종속변수에 대한 각 변수의 상대적인 영향력을 식별 가능하게 한다.

총 압력손실(ΔP_t^{MLR})을 로그 MLR식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\Delta P_t^{MLR} = K_0 + K_1 \ln v_f + K_2 \ln c_{in} + K_3 \ln P_{pulse} + K_4 \ln \Delta t \quad (1)$$

여기에서 K_0, K_1, K_2, K_3 그리고 K_4 는 실험데이터에서 구해진 모델인자이다.

총 압력손실(ΔP_t^{MLR})의 기울기는 동일 차원의 로그 함수에서 운전변화에 대하여 상대적인 영향을 나타낸다.

예를 들면, 로그 여과속도($\ln v_f$)의 총 압력손실의 기울기는 :

$$\frac{d\Delta P_t^{MLR}}{d \ln v_f} \equiv \frac{d\Delta P_t^{MLR}}{dv_f / v_f} = K_1 \quad (2)$$

여기에서 K_1, K_2, K_3 그리고 K_4 는 Pa의 단위이다.

3.2. 경험모델(Empirical model : EM)

코크스분진은 압축되는 분진이 아니므로, 경험 모델로 표현하면(Leith and Ellenbecker, 1980),

$$\Delta P_t^{EM} = \Delta P_{initial}(v_f) + K_{emp} v_f^a w_o^b P_{pulse}^c \quad (3)$$

여기서 K_{emp} 는 분진 저항계수이고 a, b 및 c는 여과속도(vf)와 분진면적밀도(wo) 및 탈진압력의

지수인자이다. 초기압력손실($\Delta P_{initial}$)은 정해진 여과속도에서 탈진간격, 탈진압력 등에 관계없이 일정한 값을 가지므로, 분진 투입전의 청정공기의 유체흐름으로 발생하는 모든 압력손실을 초기압력손실로 정의하고, 실험 장치에서 측정값으로 결정하였다(Doring 등, 2009).

분진 면적밀도 (areal dust density)는

$$w_o = c_{in} v_f \Delta t \quad (4)$$

여기서 c_{in} 는 입구분진농도, t는 분사간격 (pulse interval time)이다.

일반적으로 압력손실은 여과속도의 제곱에 비례하므로 여과속도의 증가는 과도한 초기 압력손실로 관찰되었다(Liu와 Liptak, 1997).

본 연구에서의 Reynolds number는 $190 < N_{re} < 270$ 범위이고 Fig. 3는 초기 압력손실을 실험데이터로 여과속도와 레이놀드 수로 나타냈었다. Fig. 4는 초층형성 과정을 실험데이터로 나타냈었는데, 운전시간(210 min)의 초기에는 분진에 의한 여과포의 초층형성으로 빠른 압력손실 증가를 보였고(Strangert, 1978) 여과포에 분진이 일정한 범위에 부착되는 초층이 형성된 후에는 압력손실은 천천히 상승하는 것을 확인 할 수 있었다(Strangert, 1978).

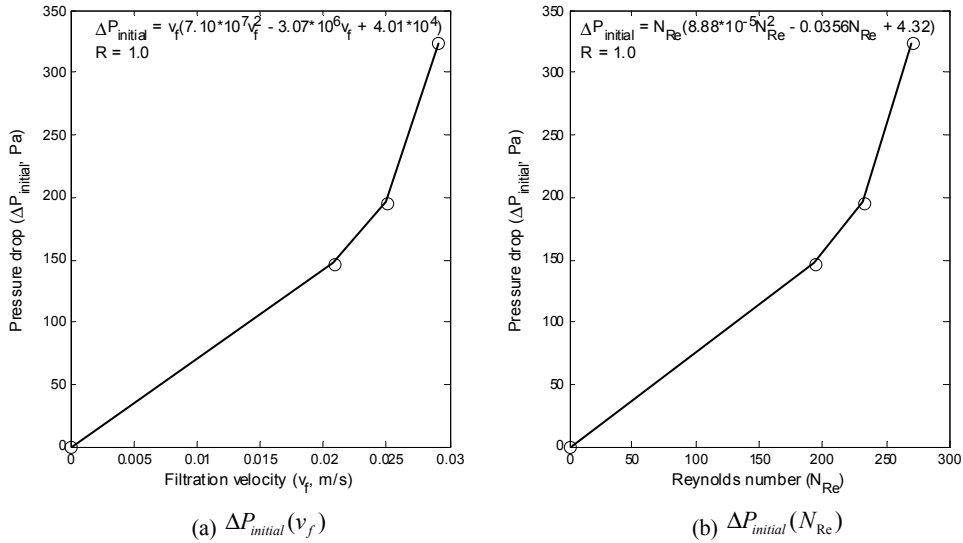


Fig. 3. Initial pressure drop with respect to (a) filtration velocity and (b) Reynolds number.

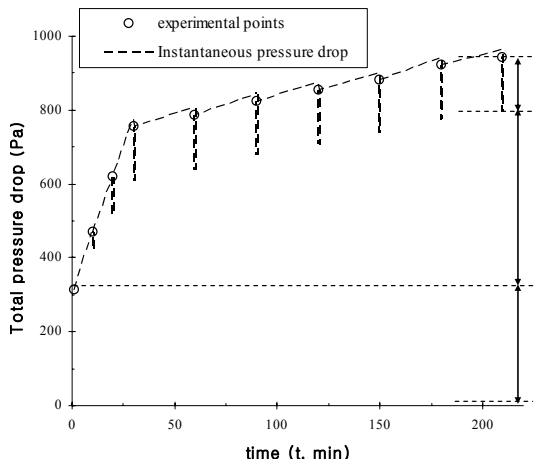


Fig. 4. Experimentally-measured total pressure drop (ΔP_t^{exp}) divided into three parts: $\Delta P_{initial}$, ΔP_{cake} , and ΔP_{redesp} .

4. 결과 및 고찰

두 모델의 인자는 180개 데이터에서 실험 데이터와 모델 결과치를 제곱 오차합(mean square error)방법으로 최소화하여 사용하였다. 압력손실이 최소화되는 적정 탈진압력을 예측하기 위하여 2가지 모델과 각각의 인자를 사용하여 분석하였다.

4.1. 모델비교(Model comparison)

Table 4에 본 연구에 사용된 모델들의 인자들을 정리하였다. 다 변수 선형회귀법 (Multivariate linear regression, MLR)에서는 여과속도가 압력손실에 가장 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 분진 제거를 위한 탈진압력(P_{pulse})의 증가는 총 압력손실을 감소시키는 것을 알 수 있었다.

Fig. 5는 로그MLR과 경험 모델을 이용하여 탈진압

Table 4. Model parameters estimated from experimental data

Logarithmic multivariate linear regression (MLR)	$\Delta P_t^{MLR} = K_0 + K_1 \ln v_f + K_2 \ln c_{in} + K_3 \ln P_{pulse} + K_4 \ln \Delta t$					
	K_0 (Pa)	K_1 (Pa)	K_2 (Pa)	K_3 (Pa)	K_4 (Pa)	R
	4.662103	0.880103	0.119103	-0.214103	0.101103	0.961
Empirical model (EM)	$\Delta P_t^{EM} = \Delta P_{initial}(v_f) + K_{emp} v_f^a W_o^b P_{pulse}^c$					
	K_{emp}	a	b	c		R
	3.820107	1.301	0.628	-1.168		0.971

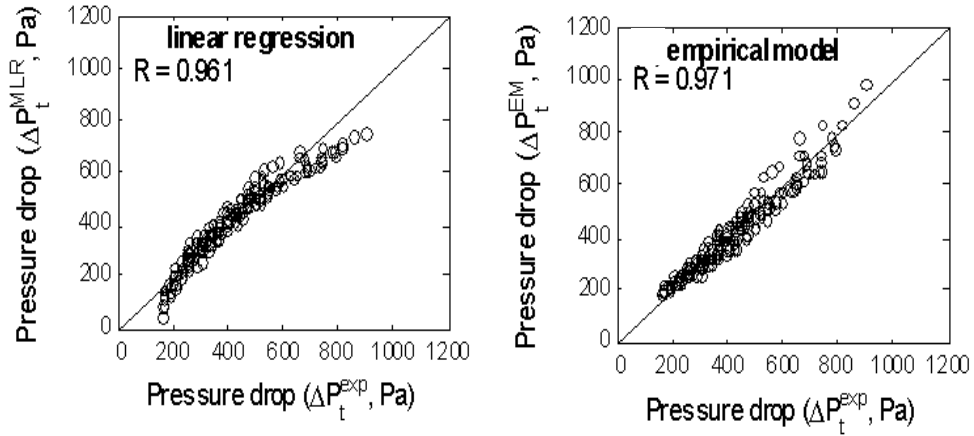


Fig. 5. Correlation plot of pressure drop between experimental data and model predictions.

력변화에 대한 압력손실의 변화를 예측한 결과를 비교하여 나타낸 것이다. 그림에서 보면, 로그MLR로 예측한 결과보다는 경험 모델로 예측한 결과가 더 높은 상관계수를 나타냈다. 따라서 탈진압력변화에 따른 압력손실은 경험모델을 사용하여 예측하였다.

Fig. 6에는 탈진압력이 4 kgf/cm²인 조건에서 여과속도 변화에 따른 압력손실에 관한 실험데이터와 경험 모델 예측값을 비교하여 입구분진농도별로 나타냈다. 그림에서 보면, 탈진압력이 4 kgf/cm²인 조건에서는 입구분진농도가 0.5 g/m³에서 3.0 g/m³으로 증가함에

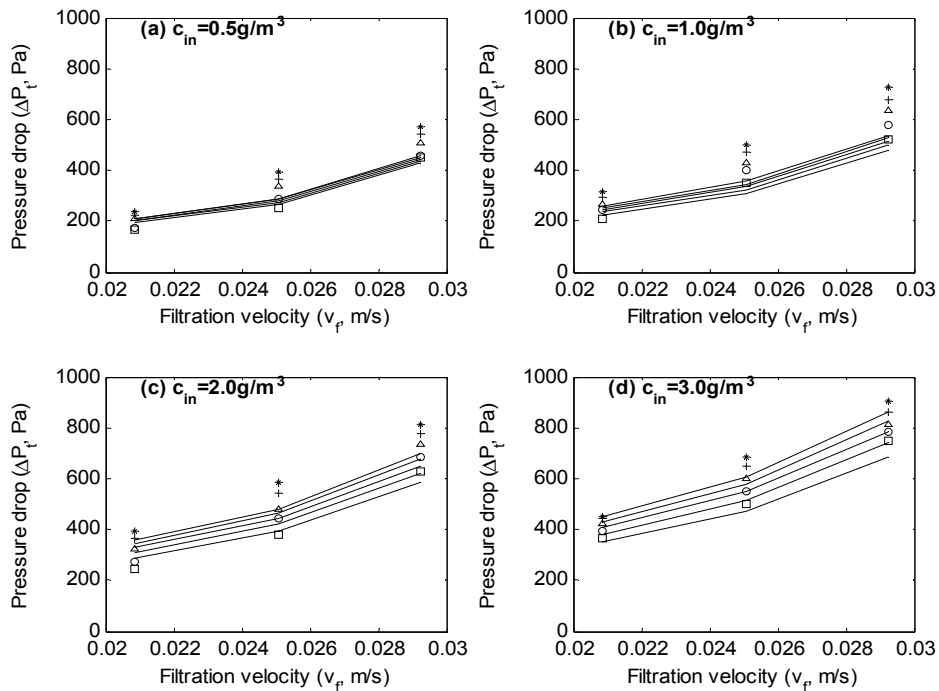


Fig. 6. Comparison of experimental pressure drop (ΔP_t^{exp}) with empirical model (ΔP_t^{EM}) as a function of filtration velocity at $P_{pulse} = 4 \text{ kg/cm}^2$ (\square : $\Delta t=10\text{s}$, \circ : $\Delta t=15\text{s}$, \triangle : $\Delta t=20\text{s}$, $+$: $\Delta t=25\text{s}$, $*$: $\Delta t=30\text{s}$, and $-$: model predictions).

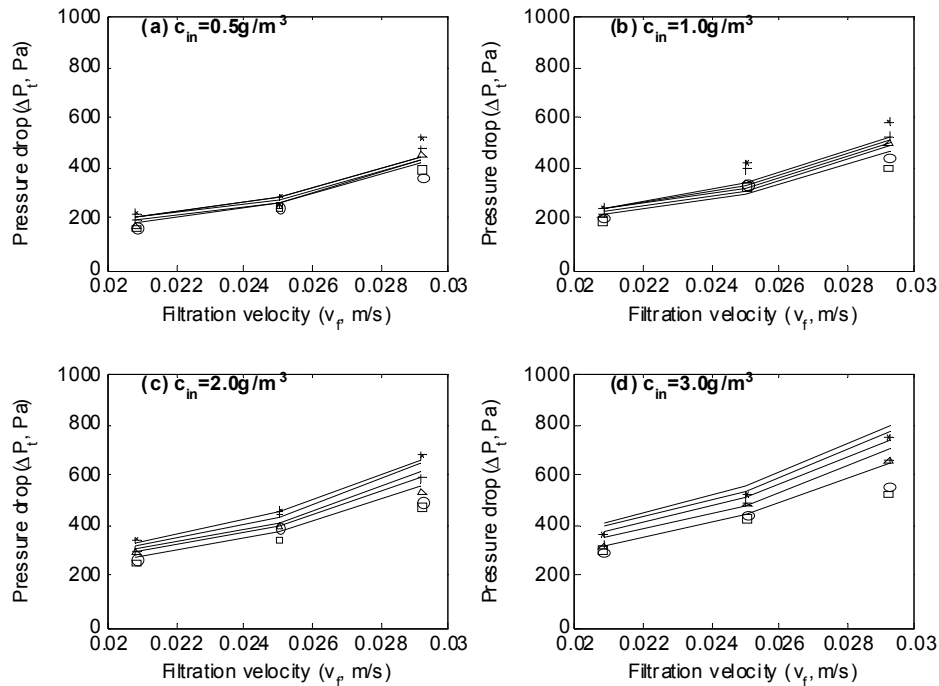


Fig. 7. Comparison of experimental pressure drop (ΔP_t^{exp}) with empirical mode (ΔP_t^{EM}) as a function of filtration velocity at $P_{\text{pulse}} = 5 \text{ kg}_f / \text{cm}^2$ (□: $\Delta t=10\text{s}$, ○: $\Delta t=15\text{s}$, △: $\Delta t=20\text{s}$, +: $\Delta t=25\text{s}$, *: $\Delta t=30\text{s}$, and —: model predictions).

따라 압력손실이 약 1.6배로 급격하게 증가하는 것을 볼 수 있다. 입구부하량이 고농도 ($2.0 \text{ g/m}^3 \sim 3.0 \text{ g/m}^3$)이고 여과속도가 0.025 m/sec 이상이면 압력손실이 급격하게 증가함으로 인해 4 kgf/cm^2 의 탈진압력은 부족한 것으로 나타나고 있다. 탈진간격의 변화에 따른 압력손실의 증가는 입구분진농도의 증가의 경우 보다는 낮음을 알 수 있다.

Fig. 7은 탈진압력 5 kgf/cm^2 에서 분사간격, 입구농도, 여과속도 변화에 따른 압력손실을 나타내었는데 5 kgf/cm^2 의 탈진압력에서는 저농도($0.5 \text{ g/m}^3 \sim 1.0 \text{ g/m}^3$), 0.025 m/sec 이하의 유속에서는 탈진간격을 줄이더라도 압력손실변화는 10 Pa 이하로 영향을 받지 않았으며 입구농도 및 유속을 증가시키면 탈진간격을 변화시켜야 할 것으로 판단되었다.

특히 탈진간격은 15초 이하로 줄이더라도 압력손실 변화는 없는 것으로 판명되어 5 kgf/cm^2 의 탈진압력에서는 탈진간격을 15초 까지 설정하는 것이 좋은 것으로 사료된다.

또한 고농도($2.0 \text{ g/m}^3 \sim 3.0 \text{ g/m}^3$)에서 여과속도를 0.0292 m/sec 로 운전할 때 탈진간격을 줄이면 압력손실을 35%정도 까지 줄일 수 있어 안정된 집진기 운전을 할 수 있을 것으로 사료된다.

Fig. 8은 탈진 압력이 6 kgf/cm^2 일 때 압력손실변화를 나타내었다. 탈진 압력이 5 kgf/cm^2 일때와 거의 비슷한 압력손실을 나타내어 충격기류식 여과 집진기에서의 적정탈진 압력은 5 kgf/cm^2 으로 판단되며 여과속도를 높이면 탈진간격을 10초로 설정하여 운전하면 압력손실 증가를 최소화 할 수 있을 것으로 판단된다.

5. 결론

여과집진기는 운전 전력비 및 여과포 교체비용 등의 비용절감을 위해서 가장 중요한 인자는 압력손실을 최소화하는 것이다. 본 연구에서는 여과면적 6 m^2 을 가진 파이로트 설비를 이용하여 제철소 Coke분진으로 운전조건(filtration velocity, inlet dust concentration,

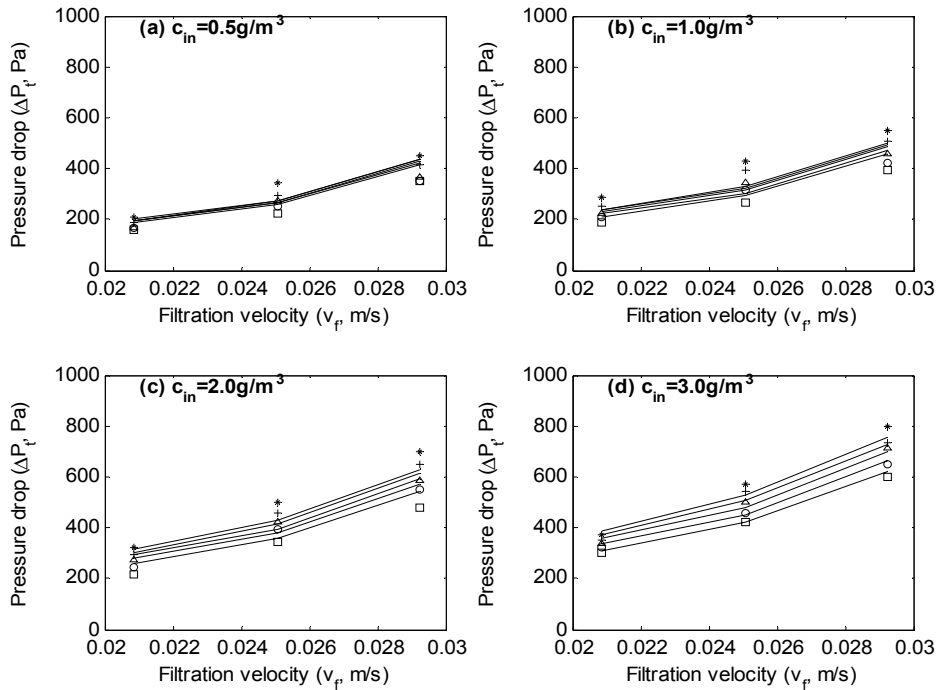


Fig. 8. Comparison of experimental pressure drop (ΔP_t^{exp}) with empirical mode (ΔP_t^{EM}) as a function of filtration velocity at $P_{pulse} = 6 \text{ kg}_f / \text{cm}^2$ (\square : $\Delta t=10\text{s}$, \circ : $\Delta t=15\text{s}$, \triangle : $\Delta t=20\text{s}$, $+$: $\Delta t=25\text{s}$, $*$: $\Delta t=30\text{s}$, and $—$: model predictions).

pulse pressure, pulse interval time)을 변화시키면서 4 ~ 6 kgf/cm^2 의 탈진압력으로 압력손실을 측정하여, 다 변수 선형회귀법(Multivariate linear regression, MLR)과 경험모델을 사용하여 180개의 실험데이터와 예측 압력손실을 비교 검토하였다. 두 모델에서 여과 속도가 압력손실에 가장 많은 영향을 미치는 것을 알 수 있었으며, 또한 분진 제거를 위한 탈진압력(P_{pulse})의 증가는 총 압력손실을 감소시키는 것을 알 수 있었다. 탈진압력변화에 대한 압력손실의 예측에 있어서는 로그MLR 모델보다는 경험 모델에서 높은 상관성을 보임으로서, 적정 탈진압력의 예측에는 경험모델을 이용하였다. 압력손실은 운전조건에 따라 다양하게 변하므로 고농도($2.0 \text{ g}/\text{m}^3 \sim 3.0 \text{ g}/\text{m}^3$), 빠른 여과속도($0.0292 \text{ m}/\text{sec}$)에서는 탈진간격을 15초 이하로 설정하여야 하며, 일반적인 운전조건에서는 5 kgf/cm^2 와 6 kgf/cm^2 의 탈진압력에서는 거의 비슷한 압력손실을 나타내어, 최소 탈진압력은 5 kgf/cm^2 으로 판단된다.

본 연구에서 제안한 경험모델은 충격기류식 여과

집진기의 탈진압력변화에 따른 압력손실변화 예측이 가능하나, 탈진후 집진장치 내부의 기류변화와 여과포에 분진 재부착 등 다양한 운전조건이 고려된 모델 개발이 필요 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 : PJ008316)의 지원에 의해 수행되었으며, 연구의 모델링에 도움을 준 한경대학교 임영일교수와 실험용 Coke 분진을 공급해준 POSCO(Pohang Steel Company)에게 감사드립니다.

참고 문헌

서정민, 최금찬, 박정호, 2004, 충격 기류식 여과 집진 장치의 펄스 간격 및 분사거리에 따른 압력 손실 변화에 관한 기초연구, 한국환경과학회지, 13(3), 223-232.

- 서정민, 류재용, 박정호, 전보경, 최금찬, 손영일, 2007, 충격기류식 여과집진장치에서 운전조건 변화로 인한 여과저항에 관한 연구, 한국환경과학회지, 16(4), 449-458.
- 서정민, 류재용, 임우택, 정문섭, 박정호, 신춘환, 2010, 충격기류식 여과집진장치에서 압력손실에 영향을 주는 인자의 효율예측, 한국환경과학회지, 19(4), 437-446.
- Allen, R. W. K., Goyder, H. G. D., Morris, K., 1999, Modelling media movement during cleaning of pulse-jet fabric filters, Chem. Eng. Res. Des., 77(3), 223-230.
- Calle, S., Contal, P., Thomas, D., Bemer, D., Leclerc, D., 2002, Evolutions of efficiency and pressure drop of filter media during clogging and cleaning cycles, Powder Technol., 128(2-3), 213-217.
- Dean, A. H., Cushing, K. M., 1988, Survey on the use of pulse-jet fabric filters for coal-fired utility and industrial boilers, J. Air Pollut. Cont. Assoc., 38(1), 90-96.
- Doring, N., Meyer, J., Kasper, G., 2009, The influence of cake residence time on the Table operation of a high-temperature gas filter, Chem. Eng. Sci., 64(10), 2483-2490.
- Ellenbecker, M. J., Leith, D., 1980, The effect of dust retention on pressure drop in a high velocity pulse-jet fabric filter, Powder Technol., 25(2), 147-154.
- Gabites, J. R., Abrahamson, J., Winchester, J. A., 2008, Design of baghouses for fines collection in milk powder plants, Powder Technol., 187(1), 46-52.
- Hindy, K.T., Sievert, J., Loeffler, F., 1987, Influence of cloth structure on operational characteristics of pulse-jet cleaned filter bags, Environ. Int., 13(2), 175-181.
- Hsin-Chung, L. U., Tsai, C. J., 1996, Numerical and experimental study of cleaning process of a pulse-jet fabric filtration system, Environ. Sci. Technol., 30(11), 3243-3249.
- Ju, J., Chiu, M. -S., Tien, C., 2001, Further work on pulse-jet fabric filtration modeling, Powder Technol., 118(1-2), 79-89.
- Koehler, J. L., Leith, D., 1983, Model calibration for pressure drop in a pulse-jet cleaned fabric filter, Atmos. Environ., 17(10), 1909-1913.
- Leith, D., Ellenbecker, M. J., 1980, Theory for pressure drop in a pulse-jet cleaned fabric filter, Atmos. Environ., 14(7), 845-852.
- Liu, D. H. F., Liptak, B. G., 1997, Air pollution: Environmental Engineers' Handbook, 2nd Ed., Lewis Publishers (CRC Press).
- Peukert, W., Wadenpohl, C., 2001, Industrial separation of fine particles with difficult dust properties, Powder Technol., 118(1-2), 136-148.
- Park, S. J., Choi, H. K., Park, Y. O., Son, J. E., 2003, Effects of a shroud tube on flow field and particle behavior inside a bag-filter vessel, Aerosol Sci. Technol., 37(9), 685-693.
- Strangert, S., 1978, Predicting performance of bag filters. Filter. Sep., 15(1), 42-48.
- Simon, X., Chazelet, S., Thomas, D., Bemer, D., Regnier, R., 2007, Experimental study of pulse-jet cleaning of bag filters supported by rigid rings, Powder Technol., 172(2), 67-81.
- Suh, J. M., Lim, Y. L., Massarotto, P., Lim, W. T., 2010, Effects of operating conditions on pressure drop in a pulse-jet bagfilter for coke dust, Separation Science and Technology, 45(9), 1228-1239.
- Suh, J. M., Lim, Y. L., Zhu, J., 2011, Influence of pulsing-air injection distance on pressure drop in a coke dust bagfilter, Korean J. Chem. Eng., 28(2), 613-619.
- Tsai, C. J., Tsai, M. L., Lu, H. C., 2000, Effect of filtration velocity and filtration pressure drop on the bag-cleaning performance of a pulse-jet baghouse, Sep. Sci. Technol., 35(2), 211-226.