

Air Pollution Control Technology

(Class #: 2821)

Mid-term examination

Hour: 3:00 ~ 4:50 pm

Date: 19 October 2006

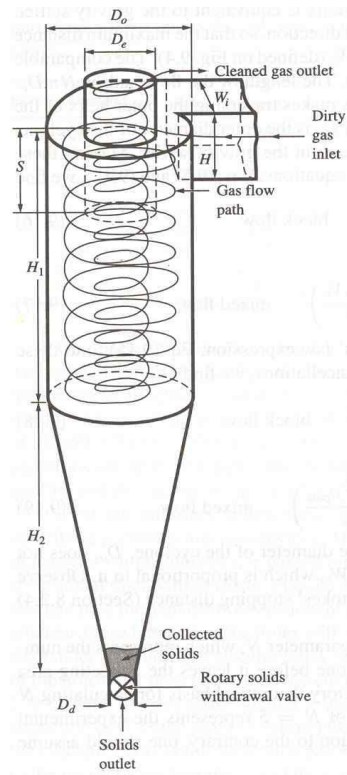
Student Name: _____

Student's SIGNATURE: _____

Student I.D. Number: _____

Directions: Please enter your name on this page. Then sign the examination and enter your student identification number above. Time allowed for this examination is 2 hours. Answer all questions on a separate paper provided. Be precise, logical, and ordered in your responses. **Show all your work!** I can not do give *any* credit if you do not write *anything* – put something you have learned in this class, if you do want to get a partial credit although it is just a single point. Be careful with mathematics and units!

(50 pt) 1. 아래의 그림은 전형적인 싸이클론의 한 예를 보여주고 있다. 싸이클론의 집진성능 (η)은 설계 방정식에 나타나는 여러 변수들에 따라 달라진다.



혼합모델을 가정한 이 싸이클론의 설계 방정식은 다음과 같다.

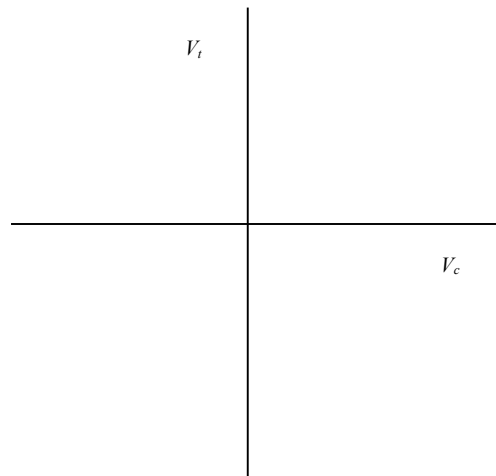
$$\eta = 1 - \exp\left(-\frac{\pi N V_c (\rho_b - \rho_g) d_p^2}{9 W i \mu_g}\right)$$

여기서, N = 외부 헬릭스 (outer helix)의 회전수, V_c = 외부 헬릭스 (outer helix)의 선속도, ρ_p = 분진 입자밀도, ρ_g = 배가스 밀도, d_p = 분진 입자직경, μ_g = 배가스 점성도이다. 다음 각 물음에 답하시오.

- (1) 위 설계 방정식에서 설계인자를 Wi 로 이해하려고 하는 입장에 대한 의견을 약술하시오.
- (2) 싸이클론 집진기에서 사용되는 Cut diameter (d_{cut})의 정의를 쓰시오.
- (3) 주어진 설계 방정식에 근거하여, 싸이클론 집진기의 집진효율 η 를 최대화하기 위한 공학적인 방법들을 기술하시오.
- (4) $Wi = 0.5$ m, $N = 5$, $\rho_p = 2.0$ g/cm³, $\mu_g = 1.8 \times 10^{-4}$ g/cm.s, $\rho_g = 0.0016$ g/cm³, $V_c = 23$ m/s 일때, d_{cut} 값을 구하라.
- (5) 싸이클론의 집진효율 η 를 증가시키기 위하여, V_c 를 크게 할 경우에 발생하는 공학적인 문제점 두 가지를 설명하시오.

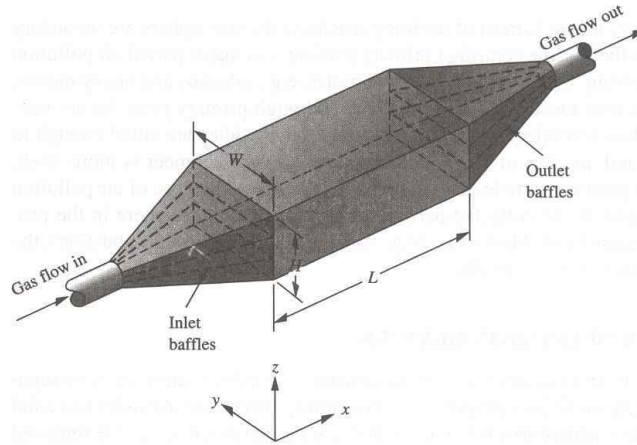
(40 pt) 2. 다음 각 물음에 답하시오.

- (1) 제거하고자 하는 입자상물질의 입자직경이 작아질수록 정전기력이나 반데르 발스 힘이 더 중요해 지는 이유
- (2) 총괄직경 (D_o)를 갖는 원심력 집진기에 외부 헬릭스의 선속도 V_c 로 유입될 경우에 침강속도 (V_i)와 V_c 간의 관계

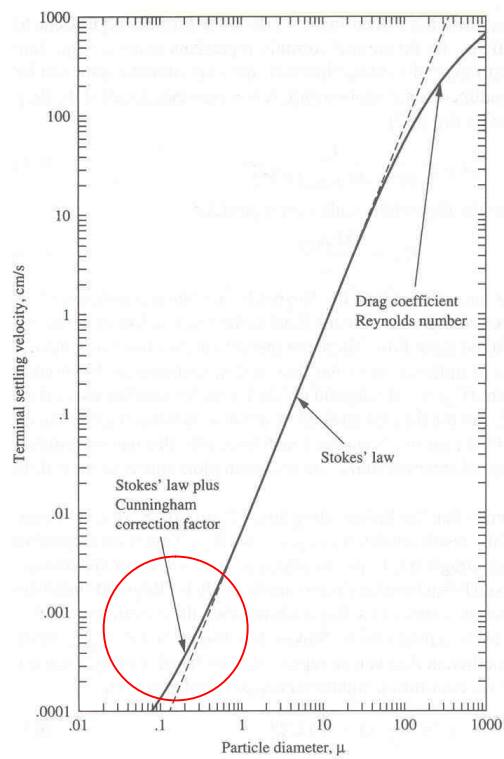


(3) 스톡스 법칙 (Stokes' Law)

(4) 그림에 주어진 중력 침강기의 집진효율 (η)을 2 배 증가시킬 수 있는 방법



(10 pt) 3. 아래의 그림은 스톡스 법칙을 적용하여 입자의 침강속도를 구할 수 있는 입자직경 범위와 스톡스 법칙을 적용할 수 없는 입자직경 영역을 보여주고 있다.



원으로 표시된 영역에서 입자의 침강속도가 스톡스 법칙을 적용하여 얻어진 침강속 계산식으로 예측된 값보다 크게 나오는 이유를 설명하시오.

Good luck on all your work to be answered to the questions.

Air Pollution Control Technology

(Class #: 2810)

Mid-term examination

Hour: 2:00 ~ 3:50 pm

Date: 18 October 2007

Student Name: _____

Student's SIGNATURE: _____

Student I.D. Number: _____

Directions: Please enter your name on this page. Then sign the examination and enter your student identification number above. Time allowed for this examination is 2 hours. Answer all questions on a separate paper provided. Be precise, logical, and ordered in your responses. **Show all your work!** I can not do give *any* credit if you do not write *anything* – put something you have learned in this class, if you do want to get a partial credit although it is just a single point. Be careful with mathematics and units!

(20 pt) 1. $0.1\ \mu\text{m}$ 의 입자직경을 갖는 구형입자가 대기 내에서 침강한다고 가정하고, 다음 물음에 각각 답하시오.

(1) Stokes 법칙을 이용하여, 이 입자의 침강속도를 계산하시오. 단, 20°C , $1\ \text{atm}$ 에서 대기의 점성도 (μ_g)는 $1.8 \times 10^{-4}\ \text{g/cm.s}$, 대기의 밀도 (ρ_g)는 $0.0012\ \text{g/cm}^3$ 이며, 입자의 밀도 (ρ_p)는 $2.0\ \text{g/cm}^3$ 이다.

(2) Stokes 법칙을 적용할 수 없는 입자의 직경범위에 해당된다면, 일반적으로 Cunningham 보정계수를 이용하여 이 입자의 실제 침강속도를 다시 평가하여야 한다. 문제에 주어진 조건에서 Cunningham 보정계수는 다음 식으로 주어진다.

$$\text{Cunningham 보정계수} = 1 + \frac{0.121}{d_p}$$

여기서, d_p 는 입자의 직경 (μm)이다. 이 식을 이용하여 실제 침강속도를 계산하시오.

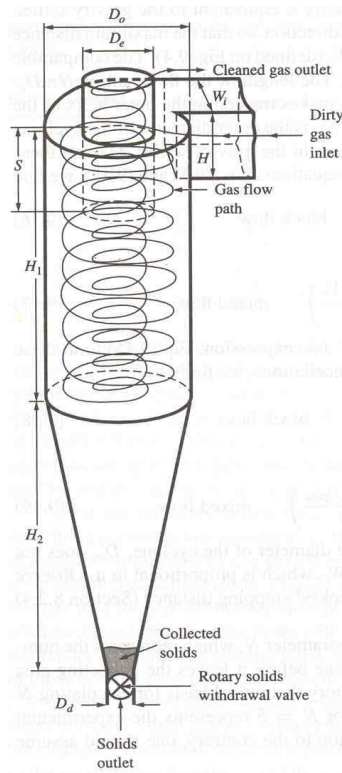
(30 pt) 2. 다음 각 물음에 답하시오.

(1) 대기 중에 존재하는 미세 입자상 물질 (fine particulates)들이 잘 제거되지 않는 이유

(2) 배출원으로부터 배출되는 입자상 물질의 유체역학적 거동을 해석하기 위한 여러 물리변수들 중에 적정 변수를 이용하여 레이놀즈 수 (Reynolds Number)를 쓰고, 이때 사용된 각 물리변수에 대한 정의

(3) 원심력집진기의 설계인자 (design parameter)

(30 pt) 3. 아래의 그림은 전형적인 싸이클론의 한 예를 보여주고 있다. 싸이클론의 집진성능 (η)은 설계 방정식에 나타나는 여러 변수들에 따라 달라진다.



혼합모델을 가정한 이 싸이클론의 설계 방정식은 다음과 같다.

$$\eta = 1 - \exp\left(-\frac{\pi N V_c (\rho_b - \rho_g) d_p^2}{9 W_i \mu_g}\right)$$

여기서, N = 외부 힐릭스 (outer helix)의 회전수, V_c = 외부 힐릭스 (outer helix)의 선속도, ρ_p = 분진 입자밀도, ρ_g = 배가스 밀도, d_p = 분진 입자직경, μ_g = 배가스 점성도이다. 다음 각 물음에 답하시오.

(1) 주어진 설계 방정식에 근거하여, 싸이클론 집진기의 집진효율 η 를 최대화하기 위한 공학적인 방법들을 기술하시오.

(2) $Wi = 0.5$ m, $N = 5$, $\rho_p = 2.0$ g/cm³, $\mu_g = 1.8 \times 10^{-4}$ g/cm.s, $\rho_g = 0.0016$ g/cm³, $V_c = 23$ m/s 일때, d_{cut} 값을 구하라.

(3) 싸이클론의 집진효율 η 를 증가시키기 위하여, V_c 를 크게 할 경우에 발생하는 공학적인 문제점 두 가지를 설명하시오.

(20 pt) 4. 배기가스 내에 함유된 구형 입자의 평균직경이 0.1μ 이하인 입자상 물질을 전기집진기 (Electrostatic Precipitator, ESP)로 제진하고자 한다.

(1) 위에 주어진 입자상 물질의 물리적인 특성에 기초할 때, 지배적으로 작용하는 하전 메커니즘에 대하여 서술하시오.

(2) 입자표면에 하전된 전하량은 다음식으로 표현된다:

$$q = 3\pi \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon + 2} \right) \varepsilon_o d_p^2 E_o$$

여기서, q = 입자의 전하량, ε = 입자의 유전상수, ε_o = 진공에서 유전도 (8.854×10^{-12} C/V.m), d_p = 입자직경, E_o = 방전극의 전기장 세기이다. 입자 위에 작용하는 정전기력 (F)은 qE_p 이고, 여기서 E_p 는 국부 전기장 세기이다. 이때, 이러한 전기장 내에서 입자의 표류속도 (Drifting velocity), w 를 유도하시오.

$$(Ans.: w = \frac{\varepsilon_o d_p \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon + 2} \right) E_o E_p}{\mu})$$

Good luck on all your work to be answered to the questions.

Air Pollution Control Technology

(Class #: 3479)

Mid-exam

Hour: 10:00 ~ 12:00 am

Date: 24 October 2008

Student Name: _____

Student's SIGNATURE: _____ *(It will not be graded for no your own signature.)*

Student I.D. Number: _____

Directions: Please enter your name on this page. Then sign the examination and enter your student identification number above. Time allowed for this examination is 2 hours. Answer all questions on a separate paper provided. Be precise, logical, and ordered in your responses. ***Show all your work!*** I can not do give *any* credit if you do not write *anything* – put something. Be careful with mathematics and units!

(40 pt) 1. $0.1\ \mu\text{m}$ 의 입자직경을 갖는 구형입자가 대기 내에서 침강한다고 가정하고, 다음 물음에 각각 답하시오.

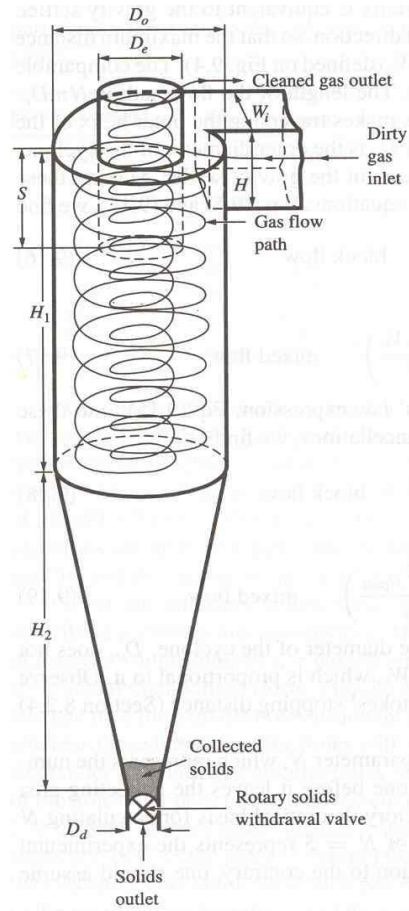
- (1) Stokes 법칙을 이용하여, 이 입자의 침강속도를 계산하시오. 단, 20°C , 1 atm 에서 대기의 점성도 (μ_g)는 $1.8 \times 10^{-4}\ \text{g/cm.s}$, 대기의 밀도 (ρ_g)는 $0.0012\ \text{g/cm}^3$ 이며, 입자의 밀도 (ρ_p)는 $2.0\ \text{g/cm}^3$ 이다.
- (2) 레이놀즈 수 (Reynolds number)가 충분히 낮다 할지라도, Stokes 법칙을 적용할 수 있는 입자의 직경범위에 들어 있지 않으면 (1)에서 구한 침강속도는 실제의 침강속도와는 차이가 있다. Stokes 법칙을 사용할 수 있는 입자의 직경범위를 쓰시오.
- (3) Stokes 법칙을 적용할 수 없는 입자의 직경범위에 해당된다면, 일반적으로 Cunningham 보정계수를 이용하여 이 입자의 실제 침강속도를 다시 평가하여야 한다. 문제에 주어진 조건에서 Cunningham 보정계수는 다음 식으로 주어진다.

$$\text{Cunningham 보정계수} = 1 + \frac{0.121}{d_p}$$

여기서, d_p 는 입자의 직경 (μm)이다. 이 식을 이용하여 실제 침강속도를 계산하시오.

(4) (1)과 (3)에서 계산된 침강속도값이 다른 이유를 기술하시오.

(30 pt) 2. 아래의 그림은 전형적인 싸이클론의 한 예를 보여주고 있다. 이러한 싸이클론의 설계인자는 일반적으로 그림에 주어진 D_o 이다. 싸이클론의 집진성능은 설계 방정식에 나타나는 여러 변수들에 따라 달라진다.



혼합모델을 가정한 이 싸이클론의 설계 방정식은 다음과 같다.

$$\eta = 1 - \exp\left(-\frac{\pi N V_c (\rho_b - \rho_g) d_p^2}{9 W_i \mu_g}\right)$$

여기서, N = 외부 헬릭스 (outer helix)의 회전수
 V_c = 외부 헬릭스 (outer helix)의 선속도
 ρ_p = 분진 입자밀도
 ρ_g = 배가스 밀도
 d_p = 분진 입자직경
 μ_g = 배가스 점성도이다.

(1) Wi 와 μ_g 의 변화가 η 에 미치는 영향을 설명하고, 그 이유를 각각 기술하라.

(2) $Wi = 0.5$ m, $N = 5$, $\rho_p = 2.0$ g/cm³, $\mu_g = 1.8 \times 10^{-4}$ g/cm.s, $\rho_g = 0.0016$ g/cm³, $V_c = 23$ m/s 일때, 절단직경 (cut diameter, d_{cut})을 결정하시오.

(3) 싸이클론의 집진효율 η 를 증가시키기 위하여, V_c 를 크게 할 경우에 발생하는 공학적인 문제점 두 가지를 설명하시오.

(30 pt) 3. 어떤 배출시설에서 발생하는 배기가스 내에 함유된 구형 입자의 평균직경이 3.2 μ 인 입자상 물질의 농도가 50 g/m³, 배기가스의 유량이 4,320 m³/h, 배기가스의 점성도 (μ)가 1.74×10^{-5} kg/m.s 일 때, 길이가 5 m 이고 높이가 4.6 m 인 집진판이 24 cm 간격으로 설치된 전기 집진기 (Electrostatic Precipitator, ESP)를 사용하여 배출허용기준 이하로 제진하고자 한다.

(1) 위에 주어진 입자상 물질의 물리적인 특성에 기초할 때, 확산하전 (Diffusion charging)과 전기장 하전 (Electric field charging) 중에 어느 하전 메카니즘이 지배적으로 작용하는지를 서술하시오.

(2) 입자표면에 하전된 전하량은 다음식으로 표현된다:

$$q = 3\pi \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon + 2} \right) \varepsilon_o d_p^2 E_o$$

여기서, q = 입자의 전하량, ε = 입자의 유전상수, ε_o = 진공에서 유전도 (8.854×10^{-12} C/V.m), d_p = 입자직경, E_o = 방전극의 전기장 세기이다. 입자 위에 작용하는 정전기력 (F)은 qE_p 이고, 여기서 E_p 는 집진극의 전기장 세기이다. 이때, 이러한 전기장 내에서 입자의 표류속도 (Drifting velocity), w 를 유도하시오.

$$(Ans.: w = \frac{\varepsilon_o d_p \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon + 2} \right) E_o E_p}{\mu})$$

(3) 이 ESP 의 집진효율을 계산하시오. 단, 집진극과 방전극의 전기장 세기는 6.0×10^5 V/m 로 같다고 가정하고, 입자의 유전상수는 4 이다. 참고로, 1 N.m = 1 V.C 이다.

Good luck on all your work.

Air Pollution Control Technology

(Class #: 7344)

Mid-exam

Hour: 1:00 ~ 2:50 pm

Date: 22 October 2009

Student Name: _____

Student's SIGNATURE: _____

Student I.D. Number: _____

Directions: Please enter your name on this page. Then sign the examination and enter your student identification number above. Time allowed for this examination is 2 hours. Answer all questions on a separate paper provided. Be precise, logical, and ordered in your responses. **Show all your work!** I can not do give *any* credit if you do not write *anything* – put something you learned in this class, if you do want to get a partial credit although it is just one point. Be careful with mathematics and units!

(40 pt) 1. 다음에 주어진 각 문항에 대하여 간략히 서술하시오. (반드시 50 자 이내)

- (1) 어떤 특정 입자크기 이상에서는 중력 집진기나 원심력 집진기 모두 플러그 흐름 모델에 비하여 혼합흐름 모델이 낮은 집진효율을 예측하는 이유
- (2) 중력장과 전기장 내에서 중력 (gravity force)과 정전기력 (electrostatic force)의 유사성
- (3) 스톡스의 법칙 (Stokes' Law)
- (4) 입자들의 직경이 매우 작은 경우, 이 입자들에 작용하는 주요 힘의 종류와 그 이유

(30 pt) 2. 어떤 배출시설에서 발생하는 배기가스 내에 함유된 구형 입자의 평균직경이 $3.2\ \mu$ 인 입자상 물질의 농도가 $50\ \text{g/m}^3$, 배기가스의 유량이 $4,320\ \text{m}^3/\text{h}$, 배기가스의 점성도 (μ)가 $1.74 \times 10^{-5}\ \text{kg/m.s}$ 일 때, 길이가 5 m 이고 높이가 4.6 m 인 집진판이 24 cm 간격으로 설치된 전기 집진기 (Electrostatic Precipitator, ESP)를 사용하여 배출허용기준 이하로 제진하고자 한다.

- (1) 위에 주어진 입자상 물질의 물리적인 특성에 기초할 때, 확산하전 (Diffusion charging)과 전기장 하전 (Electric field charging) 중에 어느 하전 메커니즘이 지배적으로 작용하는지를 서술하시오.
- (2) 입자표면에 하전된 전하량은 다음식으로 표현된다:

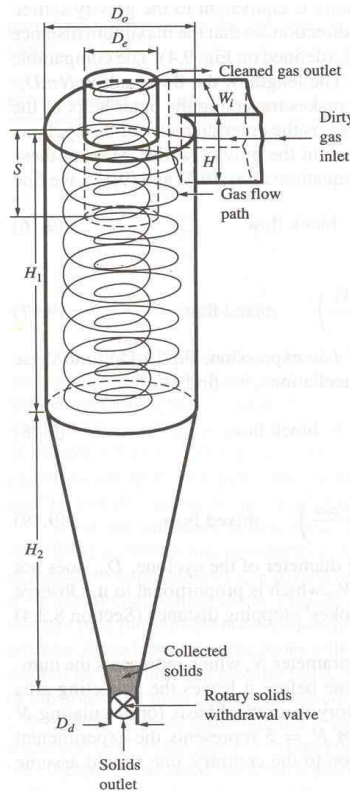
$$q = 3\pi \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon + 2} \right) \varepsilon_o d_p^2 E_o$$

여기서, q = 입자의 전하량, ε = 입자의 유전상수, ε_o = 진공에서 유전도 (8.854×10^{-12} C/V.m), d_p = 입자직경, E_o = 방전극의 전기장 세기이다. 입자 위에 작용하는 정전기력 (F)은 qE_p 이고, 여기서 E_p 는 집진극의 전기장 세기이다. 이때, 이러한 전기장 내에서 입자의 표류속도 (Drifting velocity), w 를 유도하시오.

$$(Ans.: w = \frac{\varepsilon_o d_p \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon + 2} \right) E_o E_p}{\mu})$$

(3) 이 ESP 의 집진효율을 계산하시오. 단, 집진극과 방전극의 전기장 세기는 6.0×10^5 V/m 로 같다고 가정하고, 입자의 유전상수는 4 이다. 참고로, $1 \text{ N.m} = 1 \text{ V.C}$ 이다.

(30 pt) 3. 아래의 그림은 전형적인 싸이클론의 한 예를 보여주고 있다. 이러한 싸이클론의 디자인 파라미터는 일반적으로 그림에 주어진 D_o 이다. 싸이클론의 집진성능은 설계 방정식에 나타나는 여러 변수들에 따라 달라진다.



(1) 혼합모델을 가정한 이 싸이클론의 설계 방정식은 다음과 같다.

$$\eta = 1 - \exp\left(-\frac{\pi N V_c (\rho_p - \rho_g) d_p^2}{9 W i \mu_g}\right)$$

여기서, N = 외부 헬릭스 (outer helix)의 회전수
 V_c = 외부 헬릭스 (outer helix)의 선속도
 ρ_p = 분진 입자밀도
 ρ_g = 배가스 밀도
 d_p = 분진 입자직경
 μ_g = 배가스 점성도이다.

Wi 와 μ_g 의 변화가 η 에 미치는 영향을 설명하고, 그 이유를 각각 기술하라.

(2) Cut diameter (d_{cut})를 결정하기 위한 식을 유도하라.

$$Ans.: d_{cut} = \sqrt{\frac{9 W i \mu_g}{\pi N V_c (\rho_p - \rho_g)} \ln 2}$$

(3) $Wi = 0.5$ m, $N = 5$, $\rho_p = 2.0$ g/cm³, $\mu_g = 1.8 \times 10^{-4}$ g/cm.s, $\rho_g = 0.0016$ g/cm³, $V_c = 23$ m/s 일때, d_{cut} 값을 구하라.

Good luck on all your work to be answered to the question.

Air Pollution Control Technology

(Class #: 3658)

Mid-exam.

Hour: 10:00 ~ 11:50 pm

Date: 21 October 2010

Student Name: _____

Student's SIGNATURE: _____

Student I.D. Number: _____

Directions: Please enter your name on this page. Then sign the examination and enter your student identification number above. Time allowed for this examination is approximately 2 hours. Answer all questions on a separate paper provided. Be precise, logical, and ordered in your responses. ***Show all your work!*** I will not do give *any* credit if you do not write *anything* – put something you have learned in this class, if you do want to get a partial credit although it is just one point. Be careful with mathematics and units!

(20 pt) 1. 다음 각 물음에 대해 간략히 기술하시오. (각각 50자 이내)

(1) 항력(drag force)

(2) 레인아웃 (rainout)

(3) 스톡스 법칙(stokes law)

(4) 입자의 직경이 매우 작은 경우, 정전기력 (Electrostatic force)과 반 데르
발스 힘 (van der Waals force)이 중요해지는 이유

(30 pt) 2. 어떤 배출시설에서 발생하는 배기가스 내에 함유된 구형 입자의
평균직경이 $3.2\ \mu$ 인 입자상 물질의 농도가 $50\ \text{g/m}^3$, 배기가스의 유량이 $4,320\ \text{m}^3/\text{h}$,
배기가스의 점성도 (μ)가 $1.74 \times 10^{-5}\ \text{kg/m}\cdot\text{s}$ 일 때, 길이가 5 m이고 높이가
4.6 m인 집진판이 24 cm 간격으로 설치된 전기 집진기 (Electrostatic Precipitator,
ESP)를 사용하여 배출허용기준 이하로 제진하고자 한다.

(1) 위에 주어진 입자상 물질의 물리적인 특성에 기초할 때, 확산하전 (Diffusion
charging)과 전기장 하전 (Electric field charging) 중에 어느 하전
메카니즘이 지배적으로 작용하는지를 서술하시오.

(2) 입자표면에 하전된 전하량은 다음식으로 표현된다:

$$q = 3\pi \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon + 2} \right) \varepsilon_o d_p^2 E_o$$

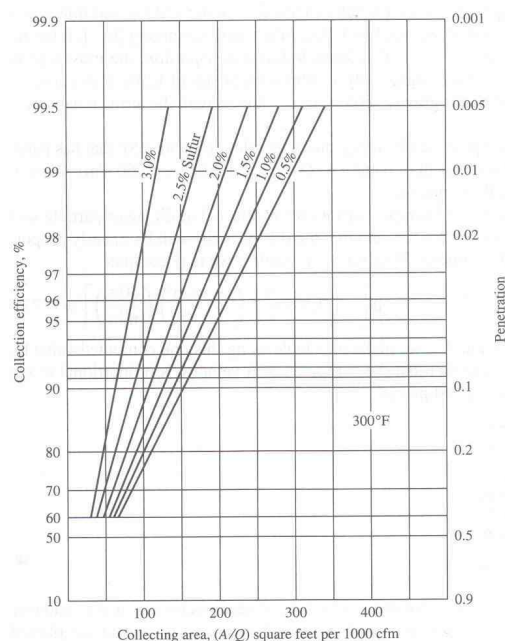
여기서, q = 입자의 전하량, ε = 입자의 유전상수, ε_o = 진공에서 유전도 (8.854×10^{-12} C/V·m), d_p = 입자직경, E_o = 방전극의 전기장 세기이다. 입자 위에 작용하는 정전기력 (F)은 qE_p 이고, 여기서 E_p 는 집진극의 전기장 세기이다. 이때, 이러한 전기장 내에서 입자의 표류속도 (Drifting velocity), w 를 유도하시오.

$$(Ans.: w = \frac{\varepsilon_o d_p \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon + 2} \right) E_o E_p}{\mu})$$

- (3) 이 ESP의 집진효율을 계산하시오. 단, 집진극과 방전극의 전기장 세기는 6.0×10^5 V/m로 같다고 가정하고, 입자의 유전상수는 4이다. 참고로, $1 \text{ N}\cdot\text{m} = 1 \text{ V}\cdot\text{C}$ 이다.

(20 pt) 3. 다음 각 물음에 대해 간략히 기술하시오. (각각 100자 이내)

- (1) ESP로 제거하고자 하는 미세입자의 저항도가 너무 높을 경우, 이를 해결할 수 있는 공학적인 방안
- (2) 석탄화력발전소에 설치된 ESP의 집진효율에 황함량이 아래와 같이 영향을 미치는 이유



(30 pt) 4. $0.1\ \mu\text{m}$ 의 입자직경을 갖는 구형입자가 대기 내에서 침강한다고 가정하고, 다음 물음에 각각 답하시오.

(1) Stokes 법칙을 이용하여, 이 입자의 침강속도를 계산하시오. 단, 20°C , $1\ \text{atm}$ 에서 대기의 점성도 (μ_g)는 $1.8 \times 10^{-4}\ \text{g/cm}\cdot\text{s}$, 대기의 밀도 (ρ_g)는 $0.0012\ \text{g/cm}^3$ 이며, 입자의 밀도 (ρ_p)는 $2.0\ \text{g/cm}^3$ 이다.

(2) Stokes 법칙을 적용할 수 없는 입자의 직경범위에 해당된다면, 일반적으로 Cunningham 보정계수를 이용하여 이 입자의 실제 침강속도를 다시 평가하여야 한다. 문제에 주어진 조건에서 Cunningham 보정계수는 다음 식으로 주어진다.

$$\text{Cunningham 보정계수} = 1 + \frac{0.121}{d_p}$$

여기서, d_p 는 입자의 직경 (μ)이다. 이 식을 이용하여 실제 침강속도를 계산하시오.

(3) (1)과 (2)에서 계산된 침강속도값이 다른 이유를 기술하시오.

Good luck on your work all.

Air Pollution Control Technology

(Class #: 3274)

Mid-term examination

Hour: 11:00 ~ 12:50 pm

Date: 20 October 2011

Student Name: _____

Student's SIGNATURE: _____

Student I.D. Number: _____

Directions: Please enter your name on this page. Then sign the examination and enter your student identification number above. Time allowed for this examination is 2 hours. Answer all questions on a separate paper provided. Be precise, logical, and ordered in your responses. ***Show all your work!*** I can not do give *any* credit if you do not write *anything* – put something you learned in this class, if you do want to get a partial credit although it is just one point. Be careful with mathematics and units!

(40 pt) 1. 다음에 주어진 각 물음에 대하여 간략히 서술하시오.

(1) 스톡스 법칙(Stokes' law) (50자 이내로 기술)

(2) 집진시설을 설치하고자 하는 배출원으로부터 발생하는 배기가스에 관한 물리적·유체역학적 특성들이 모두 주어져 있을 때, 항력계수(drag coefficient)를 결정하는 방법 (100 자 이내로 기술)

(3) 대기 중에 존재하는 어떤 입자상 물질에 작용하는 부력과 항력 (60 자 이내로 기술)

※ 각각에 대한 정의를 기술하되, 벡터량으로서의 특성을 명시적으로 기술

(4) 1·2 차 입자상 물질을 구분하는 가장 중요한 차이점 (30 자 이내로 기술)

(30 pt) 1. $0.3\ \mu\text{m}$ 의 입자크기를 갖는 구형입자가 대기에 존재할 때, 다음 물음에 각각 답하시오.

(1) 스톡스 법칙을 이용하여, 이 입자의 침강속도를 계산하시오. 단, 20°C , 1 atm에서 대기의 점성도(μ_g)는 $1.8 \times 10^{-4}\ \text{g/cm}\cdot\text{s}$, 대기의 밀도(ρ_g)는 $0.0012\ \text{g/cm}^3$ 이며, 입자의 밀도(ρ_p)는 $2.0\ \text{g/cm}^3$ 이다.

- (2) 스톡스 법칙을 적용할 수 없는 입자의 직경범위에 해당된다면, 일반적으로 Cunningham 보정계수를 이용하여 이 입자의 실제 침강속도를 다시 평가하여야 한다. 문제에 주어진 조건에서 Cunningham 보정계수는 다음 식으로 주어진다.

$$\text{Cunningham 보정계수} = 1 + \frac{0.121}{d_p}$$

여기서, d_p 는 입자의 직경(μ)이다. 이 식을 기반으로 실제 침강속도를 계산하시오.

- (3) (1)과 (2)에서 계산된 침강속도값이 다른 이유를 기술하시오.

(30 pt) 3. 배기가스 내에 함유된 구형 입자의 평균직경이 3.2μ 인 입자상 물질의 농도가 50 g/m^3 , 배기가스의 유량이 $4,320 \text{ m}^3/\text{h}$, 배기가스의 점성도 (μ)가 $1.74 \times 10^{-5} \text{ kg/m} \cdot \text{s}$ 일 때, 길이가 5 m 이고 높이가 4.6 m 인 집진판이 24 cm 간격으로 설치된 전기집진기(Electrostatic Precipitator, ESP)로 제진하고자 한다.

- (1) 위에 주어진 입자상 물질의 물리적인 특성에 기초할 때, 확산하전(Diffusion charging)과 전기장 하전(Electric field charging) 중에 어느 하전 메커니즘이 지배적으로 작용하는지를 서술하시오.

- (2) 입자표면에 하전된 전하량은 다음식으로 표현된다:

$$q = 3\pi \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon + 2} \right) \varepsilon_o d_p^2 E_o$$

여기서, q = 입자의 전하량, ε = 입자의 유전상수, ε_o = 진공에서 유전도 ($8.854 \times 10^{-12} \text{ C/V} \cdot \text{m}$), d_p = 입자직경, E_o = 방전극의 전기장 세기이다. 입자 위에 작용하는 정전기력(F)은 qE_p 이고, 여기서 E_p 는 집진극의 전기장 세기이다. 이때, 이러한 전기장 내에서 입자의 표류속도 (Drifting velocity), w 를 유도하시오.

$$(Ans.: w = \frac{\varepsilon_o d_p \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon + 2} \right) E_o E_p}{\mu})$$

- (3) 이 ESP의 집진효율을 계산하시오. 단, 집진극과 방전극의 전기장 세기는 $6.0 \times 10^5 \text{ V/m}$ 로 같다고 가정하고, 입자의 유전상수는 4 이다. 참고로, $1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ V} \cdot \text{C}$ 이다.

Good luck on all your works to answer the questions.

Air Pollution Control Technology

(Class #: 3479)

Total point = 90

Mid examination

Hour: 10:00 ~ 11:50 am

Date: 22 October 2012

Student Name: _____

Student's SIGNATURE: _____

Student I.D. Number: _____

Directions: Please enter your name on this page. Then sign the examination and enter your student identification number above. Time allowed for this examination is 2 hours. Answer all questions on a separate paper provided. Be precise, logical, and ordered in your responses. ***Show all your work!*** I can not do give *any* credit if you do not write *anything* – put something you have learned in this class, if you do want to get a partial credit although it is just a single point. Be careful with mathematics and units!

(50 pt) 1. 다음 각 물음에 대해 간략히 기술하시오.

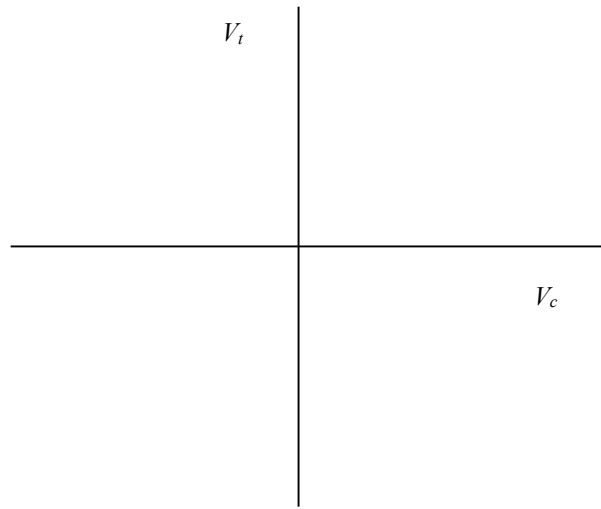
(1) 항력(drag force) **(50자 이내로 기술)**

(2) 집진하고자 하는 입자의 직경이 매우 작은 경우에 정전기력 (Electrostatic force)과 반 데르 왈스 힘 (van der Waals force)을 응용할 수 있는 집진기술이 요구되는 이유 **(70자 이내로 기술)**

(3) 입자의 집진시설을 설치하고자 하는 배출원으로부터 발생하는 배기가스에 관한 물리적·유체역학적 특성들이 모두 주어져 있을 때, 항력계수(drag coefficient)를 결정하는 방법 **(100자 이내로 기술)**

(4) 스톡스 법칙(Stokes' law) **(50자 이내로 기술)**

- (5) 총괄직경 (D_o)를 갖는 원심력 집진기에 외부 힐릭스의 선속도 V_c 로 유입될 경우에 침강속도 (V_t)와 V_c 간의 관계



(40 pt) 2. 가로 2.5 m, 세로 0.8 m, 길이 6 m로 이루어진 덕트(duct) 내부로 150 mg/m³의 농도를 갖는 입자상물질을 함유한 배기가스가 유량(Q) 200 m³/h로 유입되고 있다. 이때, 덕트 내의 배기가스 점성도(μ_g)는 0.85 g/cm·s, 배기가스 밀도(ρ_g)는 0.0012 g/cm³, 입자상물질의 평균직경과 밀도(ρ_p)는 각각 0.6 μ m와 2.0 g/cm³이다.

- (1) 덕트 내부로 유입되는 배기가스의 평균속도를 구하시오. (10 pt)
- (2) 스톡스 법칙 적용여부를 판단하시오. (20 pt)
- (3) 덕트 바닥으로 떨어지는 입자상물질의 침강속도를 계산하시오. (10 pt)

Air Pollution Control Technology

(Class #: 3521)

Mid-exam

Hour: 1:00 ~ 2:50 pm

Date: 22 October 2014

Student Name: _____

Student's SIGNATURE: _____

Student I.D. Number: _____

Directions: Please enter your name on this page. Then sign the examination and enter your student identification number above. Time allowed for this examination is 2 hours. Answer all questions on a separate paper provided. Be precise, logical, and ordered in your responses. ***Show all your work!*** I can not do give *any* credit if you do not write *anything* – put something. Be careful with mathematics and units!

(50 pt) 1. 다음 각 물음에 대해 간략히 기술하시오.

(1) 특정의 유체역학적 조건에서 항력(drag force)은 스톱스 법칙(Stokes' law)으로 표현할 수 있는데, (60자 이내로 기술)

(1)-a) “특정의 유체역학적 조건”에 대한 설명

(1)-b) 스톱스 법칙

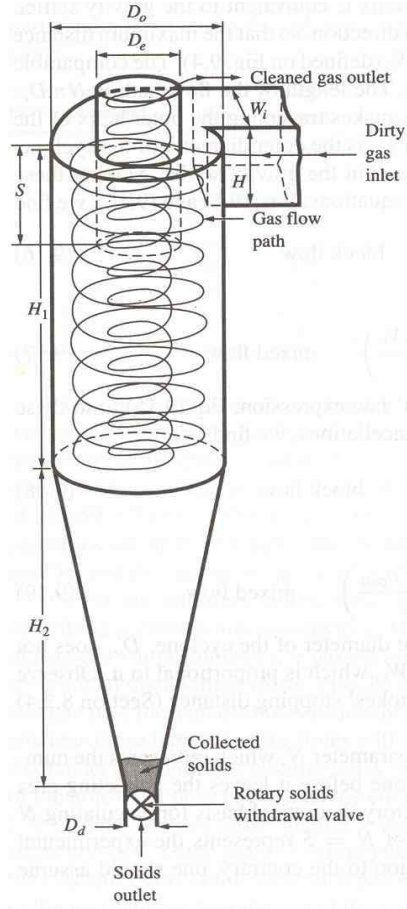
(2) 구형 입자에 작용하는 중력(gravity force), 부력(buoyancy force) 정전기력(electrostatic force) 및 반 데르 왈스 힘 (van der Waals force)과 입자크기 사이의 관계 (200자 이내로 기술)

(3) 대기 내에서 1차 입자상 물질들의 생성 메커니즘 (100자 이내로 기술)

(4) 여과포 집진기의 압력손실(ΔP)에 영향을 미치는 배기가스, 먼지와 여과포의 물리적 성질과 ΔP 사이의 관계 (100자 이내로 기술)

(5) 전기집진기 설계 시 작정 수준보다 매우 낮은 먼지 비저항도가 예상될 때 대처방안 (50자 이내로 기술)

(20 pt) 2. 다음에 주어진 그림은 전형적인 싸이클론의 한 예를 보여주고 있다. 이러한 싸이클론의 설계인자는 일반적으로 그림에 주어진 D_o 이다. 싸이클론의 집진성능은 설계 방정식에 나타나는 여러 변수들에 따라 달라진다.



(1) 혼합모델을 가정한 이 싸이클론의 설계 방정식은 다음과 같다.

$$\eta = 1 - \exp\left(-\frac{\pi N V_c (\rho_b - \rho_g) d_p^2}{9 W_i \mu_g}\right)$$

여기서, N = 외부 헬릭스 (outer helix)의 회전수
 V_c = 외부 헬릭스 (outer helix)의 선속도
 ρ_p = 분진 입자밀도
 ρ_g = 배가스 밀도
 d_p = 분진 입자직경
 μ_g = 배가스 점성도이다.

해당 싸이클론을 설계하기 위한 방법을 설명하시오. 단, $\eta = 95\%$ 이다.

(2) 절단직경 (cut diameter, d_{cut})을 V_c 와 D_o 의 함수로 얻을 수 있는 방법을 설명하고, 그 함수를 얻으시오.

(30 pt) 3. 어떤 배출시설에서 발생하는 배기가스 내에 함유된 구형 입자의 평균직경이 3.2μ 인 입자상 물질의 농도가 50 g/m^3 , 배기가스의 유량이 $4,320 \text{ m}^3/\text{h}$, 배기가스의 점성도 (μ)가 $1.74 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}$ 일 때, 길이가 5 m 이고 높이가 4.6 m 인 집진판이 24 cm 간격으로 설치된 전기 집진기 (Electrostatic Precipitator, ESP)를 사용하여 배출허용기준 이하로 제진하고자 한다.

(1) 위에 주어진 입자상 물질의 물리적인 특성에 기초할 때, 확산하전 (Diffusion charging)과 전기장 하전 (Electric field charging) 중에 어느 하전 메커니즘이 지배적으로 작용하는지를 서술하시오.

(2) 입자표면에 하전된 전하량은 다음식으로 표현된다:

$$q = 3\pi \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon + 2} \right) \varepsilon_o d_p^2 E_o$$

여기서, q = 입자의 전하량, ε = 입자의 유전상수, ε_o = 진공에서 유전도 ($8.854 \times 10^{-12} \text{ C/V.m}$), d_p = 입자직경, E_o = 방전극의 전기장 세기이다. 입자 위에 작용하는 정전기력 (F)은 qE_p 이고, 여기서 E_p 는 집진극의 전기장 세기이다. 이때, 이러한 전기장 내에서 입자의 표류속도 (Drifting velocity), w 를 유도하시오.

$$(Ans.: w = \frac{\varepsilon_o d_p \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon + 2} \right) E_o E_p}{\mu})$$

(3) 이 ESP 의 집진효율을 계산하시오. 단, 집진극과 방전극의 전기장 세기는 $6.0 \times 10^5 \text{ V/m}$ 로 같다고 가정하고, 입자의 유전상수는 4 이다. 참고로, $1 \text{ N.m} = 1 \text{ V.C}$ 이다.

Good luck on all your work.

Air Pollution Control Technology

(Class #: 3590)

Mid-exam

Hour: 11:00 ~ 12:50 pm

Date: 24 October 2016

Student Name: _____

Student's SIGNATURE: _____

Student I.D. Number: _____

Directions: Please enter your name on this page. Then sign the examination and enter your student identification number above. Time allowed for this examination is 2 hours. Answer all questions on a separate paper provided. Be precise, logical, and ordered in your responses. ***Show all your work!*** I can not do give *any* credit if you do not write *anything* – put something. Be careful with mathematics and units!

(30 pt) 1. 다음 각 물음에 대해 간략히 기술하시오.

(1) 특정의 유체역학적 조건에서 항력(drag force)은 스톡스 법칙(Stokes' law)으로 표현할 수 있는데, (60자 이내로 기술)

(1)-a) “특정의 유체역학적 조건”에 대한 설명

(1)-b) 스톡스 법칙

(2) 배출원으로부터 배출되는 입자상 물질의 유체역학적 거동을 해석하기 위한 여러 물리변수들 중에 적정 변수를 이용하여 레이놀즈 수 (Reynolds Number)를 쓰고, 이때 사용된 각 물리변수에 대한 정의 (60자 이내로 기술)

(3) 총괄직경 (D_o)를 갖는 원심력 집진기에 외부 힐릭스의 선속도 V_c 로 유입될 경우에 침강속도 (V)와 V_c 간의 관계 (도식으로 나타내고, 50자 이내로 기술)

(20 pt) 2. $0.1\ \mu\text{m}$ 의 입자직경을 갖는 구형입자가 대기 내에서 침강한다고 가정하고, 다음 물음에 각각 답하시오.

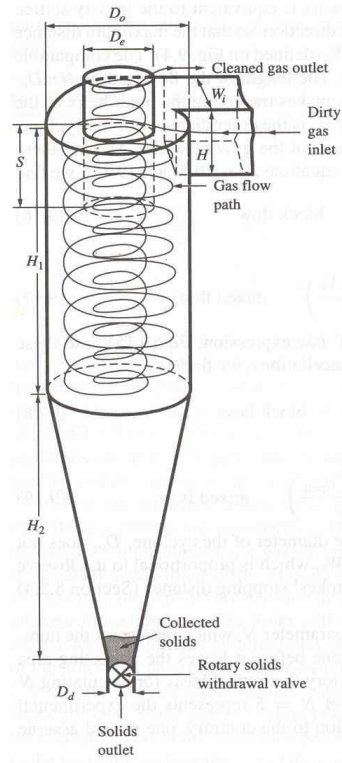
(1) Stokes 법칙을 이용하여, 이 입자의 침강속도를 계산하시오. 단, 20°C , 1 atm 에서 대기의 점성도 (μ_g)는 $1.8 \times 10^{-4}\ \text{g/cm.s}$, 대기의 밀도 (ρ_g)는 $0.0012\ \text{g/cm}^3$ 이며, 입자의 밀도 (ρ_p)는 $2.0\ \text{g/cm}^3$ 이다.

- (2) Stokes 법칙을 적용할 수 없는 입자의 직경범위에 해당된다면, 일반적으로 Cunningham 보정계수를 이용하여 이 입자의 실제 침강속도를 다시 평가하여야 한다. 문제에 주어진 조건에서 Cunningham 보정계수는 다음 식으로 주어진다.

$$\text{Cunningham 보정계수} = 1 + \frac{0.121}{d_p}$$

여기서, d_p 는 입자의 직경 (μm)이다. 이 식을 이용하여 실제 침강속도를 계산하시오.

- (20 pt) 3. 다음에 주어진 그림은 전형적인 싸이클론의 한 예를 보여주고 있다. 이러한 싸이클론의 설계인자는 일반적으로 그림에 주어진 D_o 이다. 싸이클론의 집진성능은 설계 방정식에 나타나는 여러 변수들에 따라 달라진다.



- (1) 혼합모델을 가정한 이 싸이클론의 설계 방정식은 다음과 같다.

$$\eta = 1 - \exp\left(-\frac{\pi N V_c (\rho_b - \rho_g) d_p^2}{9 W_i \mu_g}\right)$$

여기서, N = 외부 헬릭스 (outer helix)의 회전수
 V_c = 외부 헬릭스 (outer helix)의 선속도
 ρ_p = 분진 입자밀도

ρ_g = 배가스 밀도
 d_p = 분진 입자직경
 μ_g = 배가스 점성도이다.

해당 싸이클론을 설계하기 위한 방법을 설명하시오. 단, $\eta = 95\%$ 이다.

- (2) 절단직경 (cut diameter, d_{cut})을 V_c 와 D_o 의 함수로 얻을 수 있는 방법을 설명하고, 그 함수를 얻으시오.

(30 pt) 4. 어떤 배출시설에서 발생하는 배기가스 내에 함유된 구형 입자의 평균직경이 3.2μ 인 입자상 물질의 농도가 50 g/m^3 , 배기가스의 유량이 $4,320 \text{ m}^3/\text{h}$, 배기가스의 점성도 (μ)가 $1.74 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}$ 일 때, 길이가 5 m 이고 높이가 4.6 m 인 집진판이 24 cm 간격으로 설치된 전기 집진기 (Electrostatic Precipitator, ESP)를 사용하여 배출허용기준 이하로 제진하고자 한다.

- (1) 위에 주어진 입자상 물질의 물리적인 특성에 기초할 때, 확산하전 (Diffusion charging)과 전기장 하전 (Electric field charging) 중에 어느 하전 메커니즘이 지배적으로 작용하는지를 서술하시오.

- (2) 입자표면에 하전된 전하량은 다음식으로 표현된다:

$$q = 3\pi \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon + 2} \right) \varepsilon_o d_p^2 E_o$$

여기서, q = 입자의 전하량, ε = 입자의 유전상수, ε_o = 진공에서 유전도 ($8.854 \times 10^{-12} \text{ C/V.m}$), d_p = 입자직경, E_o = 방전극의 전기장 세기이다. 입자 위에 작용하는 정전기력 (F)은 qE_p 이고, 여기서 E_p 는 집진극의 전기장 세기이다. 이때, 이러한 전기장 내에서 입자의 표류속도 (Drifting velocity), w 를 유도하시오.

$$(Ans.: w = \frac{\varepsilon_o d_p \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon + 2} \right) E_o E_p}{\mu})$$

- (3) 이 ESP 의 집진효율을 계산하시오. 단, 집진극과 방전극의 전기장 세기는 $6.0 \times 10^5 \text{ V/m}$ 로 같다고 가정하고, 입자의 유전상수는 4 이다. 참고로, $1 \text{ N.m} = 1 \text{ V.C}$ 이다.

Good luck on all your work.

Air Pollution Control Technology

(Class #: 3486)

Total point = 80

Mid-exam.

Hour: 9:00 ~ 10:15 am

Date: 31 October 2017

Student Name: _____

Student's SIGNATURE: _____

Student I.D. Number: _____

Directions: Please enter your name on this page. Then sign the examination and enter your student identification number above. Time allowed for this examination is 2 hours. Answer all questions on a separate paper provided. Be precise, logical, and ordered in your responses. ***Show all your work!*** I can not do give *any* credit if you do not write *anything* – put something. Be careful with mathematics and units!

(20 pt) 1. 다음 각 물음에 대해 간략히 기술하시오. (각각 최대 100자 이내로 기술)

- (1) 전기장 세기(E)를 정의할 수 있는 물리적 변수와 이들 간의 관계
- (2) 집진시설을 설치하고자 하는 배출원으로부터 발생하는 배기가스에 관한 물리적·유체역학적 특성들이 모두 주어져 있을 때, 항력계수(drag coefficient)를 결정하는 방법
- (3) 확산하전 메커니즘(diffusional charging mechanism)
- (4) 집진하고자 하는 입자의 직경이 매우 작은 경우에 정전기력(electrostatic force)과 반 데르 발스 힘(van der Waals force)을 응용할 수 있는 집진기술이 요구되는 이유

(20 pt) 2. 어떤 배출시설에서 발생하는 배기가스 내에 함유된 구형 입자의 평균직경이 3.2μ 인 입자상 물질의 농도가 50 g/m^3 , 배기가스의 유량이 $4,320 \text{ m}^3/\text{h}$, 배기가스의 점성도 (μ)가 $1.74 \times 10^{-5} \text{ kg/m}\cdot\text{s}$ 일 때, 길이가 5 m 이고 높이가 4.6 m 인 집진판이 24 cm 간격으로 설치된 전기 집진기 (Electrostatic Precipitator, ESP)를 사용하여 배출허용기준 이하로 제진하고자 한다.

- (1) 입자표면에 하전된 전하량은 다음식으로 표현된다:

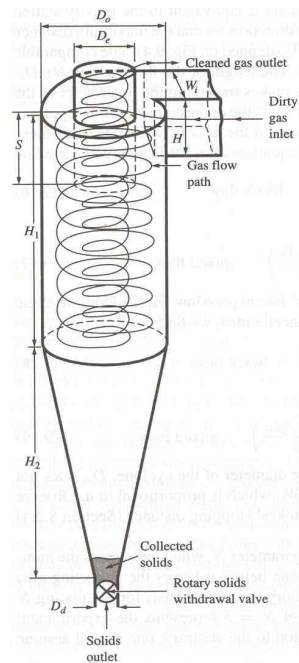
$$q = 3\pi \left(\frac{\epsilon}{\epsilon + 2} \right) \epsilon_o d_p^2 E_o$$

여기서, q = 입자의 전하량, ε = 입자의 유전상수, ε_o = 진공에서 유전도 (8.854×10^{-12} C/V·m), d_p = 입자직경, E_o = 방전극의 전기장 세기이다. 입자 위에 작용하는 정전기력 (F)은 qE_p 이고, 여기서 E_p 는 집진극의 전기장 세기이다. 이때, 이러한 전기장 내에서 입자의 표류속도 (Drifting velocity), w 를 유도하시오.

$$(Ans.: w = \frac{\varepsilon_o d_p \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon + 2} \right) E_o E_p}{\mu})$$

(2) 이 ESP 의 집진효율을 계산하시오. 단, 집진극과 방전극의 전기장 세기는 6.0×10^5 V/m 로 같다고 가정하고, 입자의 유전상수는 4 이다. 참고로, $1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ V} \cdot \text{C}$ 이다.

(20 pt) 3. 다음에 주어진 그림은 전형적인 싸이클론의 한 예를 보여주고 있다. 이러한 싸이클론의 설계인자는 일반적으로 그림에 주어진 D_o 이다. 싸이클론의 집진성능은 설계 방정식에 나타나는 여러 변수들에 따라 달라진다.



(1) 혼합모델을 가정한 이 싸이클론의 설계 방정식은 다음과 같다.

$$\eta = 1 - \exp \left(- \frac{\pi N V_c (\rho_b - \rho_g) d_p^2}{9 W_i \mu_g} \right)$$

여기서, N = 외부 선회류의 회전수
 V_c = 외부 선회류의 선속도

ρ_p = 분진 입자밀도

ρ_g = 배가스 밀도

d_p = 분진 입자직경

μ_g = 배가스 점성도이다.

해당 싸이클론을 설계하기 위한 방법을 설명하시오. 단, $\eta = 95\%$ 이다.

(2) 절단직경(cut diameter, d_{cut})을 V_c 와 D_o 의 함수로 얻을 수 있는 방법을 설명하고, 그 함수를 얻으시오.

(20 pt) 4. 가로 2.5 m, 세로 0.8 m, 길이 6 m로 이루어진 덕트(duct) 내부로 150 mg/m^3 의 농도를 갖는 입자상물질을 함유한 배기가스가 유량(Q) $200 \text{ m}^3/\text{h}$ 로 유입되고 있다. 이때, 덕트 내의 배기가스 점성도(μ_g)는 $0.85 \text{ g/cm}\cdot\text{s}$, 배기가스 밀도(ρ_g)는 0.0012 g/cm^3 , 입자상물질의 평균직경과 밀도(ρ_p)는 각각 $0.6 \text{ }\mu\text{m}$ 와 2.0 g/cm^3 이다.

(1) 덕트 내부로 유입되는 배기가스의 평균속도를 구하시오. (5 pt)

(2) 스톡스 법칙 적용여부를 판단하시오. (10 pt)

(3) 덕트 바닥으로 떨어지는 입자상물질의 침강속도를 계산하시오. (5 pt)

Good luck on all your work.

Air Pollution Control Technology

(Class #: 3340)

Total point = 90

Mid-exam.

Hour: 9:00 ~ 10:15 am

Date: October 25, 2018

Student Name: _____

Student's SIGNATURE: _____

Student I.D. Number: _____

Directions: Please enter your name on this page. Then sign the examination and enter your student identification number above. Time allowed for this examination is 2 hours. Answer all questions on a separate paper provided. Be precise, logical, and ordered in your responses. **Show all your work!** I can not do give *any* credit if you do not write *anything* – put something. Be careful with mathematics and units!

(50 pt) 1. 다음 각 물음에 대해 간략히 기술하시오. (각각 최대 100자 이내로 기술)

- (1) 레이놀즈수(Reynolds number)
- (2) 집진시설을 설치하고자 하는 배출원으로부터 발생하는 배기가스에 관한 물리적·유체역학적 특성들이 모두 주어져 있을 때, 항력계수(drag coefficient)를 결정하는 방법
- (3) 전기집진기(electrostatic precipitator, ESP)에서 제진하고자 하는 미세먼지의 입자크기가 매우 작을 경우, 전기장 하전(field charging)과 확산하전(diffusional charging)이 동시에 일어나는 이유
- (4) 입자의 직경과 중력, 정전기력, 반 데르 왈스력 간의 관계
- (5) 원심력집진기의 층류모델 설계방정식과 설계방법 (단, D_o = 외통경, W_i = 입구 폭, N = 외부 선회류의 회전수, V_c = 외부 선회류의 선속도, ρ_p = 분진 입자밀도, ρ_g = 배가스 밀도, d_p = 분진 입자직경, μ_g = 배가스 점성도)

(20 pt) 2. 가로 2.5 m, 세로 0.8 m, 길이 6 m로 이루어진 덕트(duct) 내부로 150 mg/m³의 농도를 갖는 입자상물질을 함유한 배기가스가 유량(Q) 200 m³/h로 유입되고 있다. 이때, 덕트 내의 배기가스 점성도(μ_g)는 0.85 g/cm·s, 배기가스 밀도(ρ_g)는 0.0012 g/cm³, 입자상물질의 평균직경과 밀도(ρ_p)는 각각 0.6 μ m와 2.0 g/cm³이다.

- (1) 덕트 내부로 유입되는 배기가스의 평균속도를 구하시오. **(5 pt)**
- (2) 스톡스 법칙 적용여부를 판단하시오. **(10 pt)**
- (3) 덕트 바닥으로 떨어지는 입자상물질의 침강속도를 계산하시오. **(5 pt)**

(20 pt) 3. 어떤 배출시설에서 발생하는 배기가스 내에 함유된 구형 입자의 평균직경이 3.2 μ m인 입자상 물질의 농도가 5,000 mg/m³, 배기가스의 유량이 4,320 m³/h, 배기가스의 점성도 (μ)가 1.74×10^{-5} kg/m·s일 때, 길이가 5 m이고 높이가 4.6 m인 집진판이 설치된 ESP를 사용하여 배출허용기준 이하로 제진하고자 한다. 다음의 각 물음에 답하시오.

- (1) 입자표면에 하전된 전하량은 다음식으로 표현된다:

$$q = 3\pi \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon + 2} \right) \varepsilon_o d_p^2 E_o$$

여기서, q = 입자의 전하량, ε = 입자의 유전상수, ε_o = 진공에서 유전도 (8.854×10^{-12} C/V·m), d_p = 입자직경, E_o = 방전극의 전기장 세기이다. 입자 위에 작용하는 정전기력(F_e)은 qE_p 이고, 여기서 E_p 는 집진극의 전기장 세기이다. 단, 집진극과 방전극의 전기장 세기는 1.25×10^6 V/m로 같다고 가정하고, 방전극에 인가된 전압은 100 kV이고, 입자의 유전상수는 4이다. 참고로, 1 N·m = 1 V·C이다.

- (1)-a) 전기장 내에서 입자의 표류속도 (drifting velocity), w 를 유도하시오.

(1)-b) w 값을 계산하시오.

(2) 집진판 간의 거리를 계산하시오.

Good luck on all your work.

Air Pollution Control Technology

(Class #: 3230)

Total point = 80

Mid-exam. (26)

Hour: 9:00 ~ 10:15 am

Date: October 24, 2019

Student Name: _____

Student's SIGNATURE: _____

Student I.D. Number: _____

Directions: Please enter your name on this page. Then sign the examination and enter your student identification number above. Time allowed for this examination is 2 hours. Answer all questions on a separate paper provided. Be precise, logical, and ordered in your responses. **Show all your work!** I can not do give *any* credit if you do not write *anything* – put something. Be careful with mathematics and units!

(40 pt) 1. 다음 각 물음에 대해 간략히 기술하시오. (각각 최대 150자 이내로 기술)

- (1) 스톡스 법칙(Stokes' law)
- (2) 집진시설을 설치하고자 하는 배출원으로부터 발생하는 배기가스에 관한 물리적·유체역학적 특성들이 모두 주어져 있을 때, 항력계수(drag coefficient)를 결정하는 방법
- (3) 원심력집진기(산업적으로 "싸이클론"이라는 명칭을 광범위하게 사용) 설계에 적용하기 위한 침전속도 방정식
- (4) 스톡스 법칙이 적용되는 유체역학적인 조건임에도 불구하고 스톡스 법칙을 적용하여 유도된 침전속도 방정식으로부터 계산된 입자의 이론 침전속도와 실제 침전속도가 다른 이유와 이를 보정할 수 있는 방법

(20 pt) 2. 가로 2.5 m, 세로 0.8 m, 길이 6 m로 이루어진 덕트(duct) 내부로 150 mg/m³의 농도를 갖는 입자상 물질을 함유한 배기가스가 유량(Q) 200 m³/h로

유입되고 있다. 이때, 닥트 내의 배기가스 점성도(μ_g)는 0.85 g/cm·s, 배기가스 밀도(ρ_g)는 0.0012 g/cm³, 입자상 물질의 평균직경과 밀도(ρ_p)는 각각 0.6 μ m와 2.0 g/cm³이다.

- (1) 닥트 내부로 유입되는 배기가스의 평균속도를 구하시오. (5 pt)
- (2) 스톡스 법칙 적용여부를 판단하시오. (10 pt)
- (3) 닥트 바닥으로 떨어지는 입자상 물질의 침강속도를 계산하시오. (5 pt)

(20 pt) 3. 다음의 각 물음에 답하시오. (각각 최대 300자 이내로 기술)

- (1) 층류모델을 이용한 중력침강기의 설계방법 (단, 설계방정식은 다음과 같다:

$$\eta = \frac{g(\rho_p - \rho_g)d_p^2 L}{18\mu_g H V_{avg}}. \text{ 이때, } L = \text{유로방향의 길이, } H = \text{침강기의 높이, } \rho_p =$$

분진입자의 밀도, ρ_g = 배가스의 밀도, d_p = 분진입자의 직경, μ_g = 배가스의 점성도, g = 중력가속도, V_{avg} = 침강기 내에서 평균유속이다.)

- (2) 원심력집진기의 층류모델 설계방정식과 설계인자 (단, D_o = 외통경, W_i = 입구 폭, N = 외부 선회류의 회전수, V_c = 외부 선회류의 선속도, ρ_p = 분진 입자밀도, ρ_g = 배가스 밀도, d_p = 분진 입자직경, μ_g = 배가스 점성도)

Good luck on all your work.

Air Pollution Control Technology

(Class #: 3247)

Total pt: 90

Mid-term examination

Hour: 9:00 ~ 10:15 am

Date: 21 October 2021

Student Name: _____

Student's SIGNATURE: _____

Student I.D. Number: _____

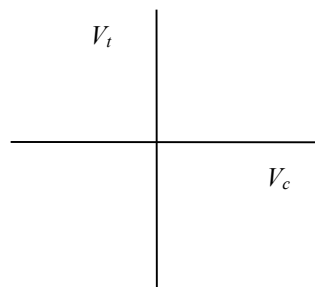
Directions: Please enter your name on this page. Then sign the examination and enter your student identification number above. Time allowed for this examination is 2 hours. Answer all questions on a separate paper provided. Be precise, logical, and ordered in your responses. **Show all your work!** I can not do give *any* credit if you do not write *anything* – put something you learned in this class, if you do want to get a partial credit although it is just one point. Be careful with mathematics and units!

(60 pt) 1. 다음에 주어진 각 물음에 대하여 간략히 서술하시오.

(1) 스톡스 법칙(Stokes' law) **(50자 이내로 기술)** **(10 pt)**

(2) 레이놀즈수(Reynolds number) **(50자 이내로 기술)** **(5 pt)**

(3) 원심력 집진기에 외부 힐릭스의 선속도 V_c 로 유입될 경우에 침강속도(V_t)와 V_c 간의 관계 **(10 pt)**



(4) 분진입경이 스톡스 법칙을 벗어날 때 입자의 침전속도를 구할 수 있는 방법

(2)-b 임경이 너무 작은 경우 (10 pt)

$$q = 3\pi \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon + 2} \right) \varepsilon_o d_p^2 E_o.$$

(5)-c E_θ 에 영향을 미치는 변수들과의 관계를 설명 (5 pt)

혼합모델을 가정한 이 싸이클론의 설계 방정식은 다음과 같다:

$$\eta = 1 - \exp\left(-\frac{\pi N V_c (\rho_b - \rho_g) d_p^2}{9 W_i \mu_g}\right).$$

여기서, N = 외부 힐릭스 (outer helix)의 회전수, V_c = 외부 힐릭스 (outer helix)의 선속도, ρ_p = 분진 입자밀도, ρ_g = 배가스 밀도, d_p = 분진 입자직경, μ_g = 배가스 점성도이다. 해당 싸이클론을 설계하기 위한 방법을 설명하시오. 단, $\eta = 95\%$ 이다.

(20 pt) 3. 가로 2.5 m, 세로 0.8 m, 길이 6 m로 이루어진 덕트(duct) 내부로 150 mg/m³의 농도를 갖는 입자상물질을 함유한 배기가스가 유량(Q) 200 m³/h로 유입되고 있다. 이때, 덕트 내의 배기가스 점성도(μ_g)는 0.85 g/cm·s, 배기가스 밀도(ρ_g)는 0.0012 g/cm³, 입자상물질의 평균직경과 밀도(ρ_p)는 각각 0.6 μm와 2.0 g/cm³이다.

- (1) 덕트 내부로 유입되는 배기가스의 평균속도를 구하시오. **(5 pt)**
- (2) 스톡스 법칙 적용여부를 판단하시오. **(10 pt)**
- (3) 덕트 바닥으로 떨어지는 입자상물질의 침강속도를 계산하시오. **(5 pt)**

Good luck on all your work to be answered to the questions.

Air Pollution Control Technology

(Class #: 2611)

Total pt: 80

Mid-term examination (48)

Hour: 12:00 ~ 13:15 pm

Date: 16 October 2023

Student Name: _____

Student's SIGNATURE: _____

Student I.D. Number: _____

Directions: Please enter your name on this page. Then sign the examination and enter your student identification number above. Time allowed for this examination is 75 min. Answer all questions on a separate paper provided. Be precise, logical, and ordered in your responses. ***Show all your work!*** I can not do give *any* credit if you do not write *anything* – put something you learned in this class, if you do want to get a partial credit although it is just one point. Be careful with mathematics and units!

(40 pt) 1. 다음 물음에 대하여 간략히 서술하시오. (각 문항 100자 이내로 기술)

- (1) 부유입자에 작용하는 힘의 종류와 방향 (10 pt)
- (2) 스톡스 법칙(Stokes' law)과 이를 적용할 수 있는 조건 (10 pt)
- (3) 분진입경이 너무 작은 경우, 실제 침전속도를 구할 수 있는 방법 (10 pt)
- (4) 층류조건에서 중력침강기의 집진효율을 정의하는 방법 (10 pt)

(20 pt) 2. 가로 2.5 m, 세로 0.8 m, 길이 6 m로 이루어진 덕트(duct) 내부로 150 mg/m³의 농도를 갖는 입자상물질을 함유한 배기가스가 유량(Q) 200 m³/h로 유입되고 있다. 이때, 덕트 내의 배기가스 점성도(μ_g)는 0.85 g/cm·s, 배기가스

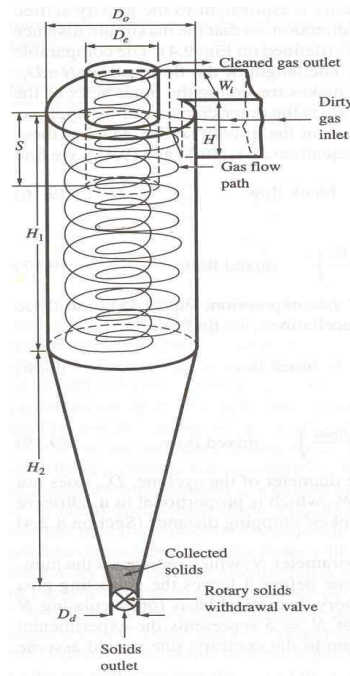
밀도(ρ_g)는 0.0012 g/cm^3 , 입자상물질의 평균직경과 밀도(ρ_p)는 각각 $0.6 \mu\text{m}$ 와 2.0 g/cm^3 이다.

(1) 덕트 내부로 유입되는 배기가스의 평균속도를 구하시오. (5 pt)

(2) 스톡스 법칙 적용여부를 판단하시오. (10 pt)

(3) 덕트 바닥으로 떨어지는 입자상물질의 침강속도를 계산하시오. (5 pt)

(20 pt) 3. 다음에 주어진 그림은 전형적인 사이클론의 한 예를 보여주고 있다. 다음 물음에 답하시오.



(1) 사이클론의 설계인자와 그 외 타 변수들을 결정하는 방법 (10 pt)

(2) 처리하고자 하는 배가스가 유입되는 인입부의 폭(W_i)를 증가/감소시킬 경우에 있어서 집진효율의 변화와 그 이유 (10 pt)

Good luck on all your work to be answered to the questions.