

압축기의 Free Air 압축에 의한 응축 수분의 Volume 및 그 영향

서 호 원
(垂緯垂시멘트 延川工場)

1. 서 론

free air를 단열압축하면 free air 중의 수분은 응축하게 된다. 이때 drain tank 및 Air receiver tank 하부에 이 응축수가 모이게 되며 따라서 이 응축수를 적절히 drain 시켜주어야 한다. 특히 cement 수송에서와 같이 전조된 분말을 압축공기로 수송하는 경우 더욱 그 요구가 절실히 해진다.

당공장의 cement 수송 K/P와 cement mill bag filter의 compressor의 경우 설비구조상의 문제점 및 운전공들의 무관심 등으로 응축수가 전량 압축공기와 함께 수송 line으로 유출되어 수송장치에 큰 영향을 미치는 결과를 초래하므로 본문에서는 응축수의 volume을 이론적으로 산출 그 실태를 파악하고 문제점 발생 시 수송장치에 미치는 영향과 운전 및 설비상의 개선점을 논하고자 한다.

2. 현 Compressor의 설비 및 운전상의 문제점

- 1) Air receiver tank의 설비상의 문제점 : 개선방안과 함께 뒷면에서 논함.
- 2) operator의 무관심에서 오는 운전상의 문제점 (현재 자동 drain장치가 설치되어 있지 않고 수동 drain valve를 사용하고 있는 실정임)
 - ① drain valve를 쳐방으로 운전할 경우 과대의 압력손실 초래
 - ② 적정 drain time에 응축수를 drain시키지 않을 경우 응축수 전량 압축공기와 함께 유출

3. 응축수 유출에 따라 수송장치에 미치는 영향

- 1) pipe-line의 coating 형성에 의한 수송 장애
- 2) pipe-line의 coating 형성에 의한 마찰 증대로 energy 손실
- 3) K/P nozzle pipe coating 형성에 의한 원료 및 cement 수송 장애
- 4) silo 하부 air slider canvas의 수송방해등 각종 trouble초래 (실례로 K/P의 pipe line 불통으로 차단된 경우가 종종 있음)
- 5) B/F의 경우 압축공기 수송 pipe 동결로 인한 B/F의 기능 마비

4. 응축수의 Volume 계산

1) K/P 및 B/F compressor specification (성능시험결과)

item	구 분	K/P 용 Compressor	B/F 용 Compressor
capacity	(흡입)	22.1 m ³ /min	2.5 m ³ /min
pressure	(")	760 mmHg	760 mmHg
temperature	(")	25 °C	25 °C
relative humidity (")		95 %	95 %
vapor pressure (")		23.7 mmHg at 25°C	23.7 mmHg at 25°C
pressure	(배출)	1.6 kg/cm ² guage	3.5 kg/cm ² guage
temperaure	(")	18°C	32 °C
vapor pressure (")		15.5 mmHg at 18°C	35.663 mmHg at 32°C
배출 air volume (")		8.4 m ³ /min	0.57 m ³ /min

- iii) 1. 상대습도는 1977. 8. 20~1978. 2. 28 실험실 data
 2. 증기압은 Chemical Engineers' Hand-dook by John H. perry.

2) Calculation

a) K/P 용 compressor

ㄱ) 흡입 상태에서 air의 mole humidity (HM1)

$$\text{free air 중의 H}_2\text{O (수증기) 분압} = 0.95 \times 23.7 \\ = 22.515 \text{ mmHg}$$

$$\therefore \text{HM1} = \frac{22.515}{760 - 22.515} = \frac{22.515}{737.485} \\ \approx 0.03053$$

ㄴ) 배출상태에서 air의 mole humidity (HM2)

최종상태의 압력은 1.6kg/cm² guage

$$\therefore \text{최종압력} = 1.6 \times \frac{760}{1.033} + 760 = 1,937.2 \text{ mmHg}$$

$$\therefore \text{HM2} = \frac{15.5}{1,937.2 - 15.5} \approx 0.0081$$

ㄷ) 최종상태에서 응축되는 H₂O의 양

Base: 원 free air 22.1m³/min

흡입 air 중의 순 air의 분압 (pair)

$$\text{pair} = 760 - 22.515 = 737.485 \text{ mmHg}$$

3 시멘트 섬포지움

∴ 흡입 air 중의 순수 air 의 mole 수

$$22.1 \times \frac{737.485}{760} \times \frac{273}{298} \times \frac{1}{22.4} = 0.872 \text{ kg-mole/min}$$

∴ 흡입 air 중의 H₂O의 mole 수는

$$0.872 \times 0.03053 = 0.0266 \text{ kg-mole/min}$$

한편 배출 air 와 함께 포화되어 있는 H₂O mole 수는

$$0.872 \times 0.0081 = 0.00706 \text{ kg-mole/min}$$

∴ 응축된 H₂O의 mole 수 및 kg 수는

$$0.0266 - 0.00706 = 0.01954 \text{ kg-mole/min}$$

$$\div 0.351 \text{ kg/min}$$

$$= 351 \text{ g/min}$$

e) 배출 air 의 volume

최종 존재하는 습윤공기의 총 mole 수는

$$0.872 + 0.00706 = 0.87906 \text{ mole}$$

∴ 습윤공기의 최종 volume은

$$0.87906 \times 22.4 \times \frac{760}{1937.2} \times \frac{291}{273} = 8.4 \text{ m}^3/\text{min}$$

b) B/F 용 compressor

1) 흡입 상태에서 air의 mole humidity (HM1)

free air 중의 H₂O (수증기) 분압 = 0.95 × 23.7 = 22.515 mmHg

$$\therefore HM1 = \frac{22.515}{760 - 22.515} = 0.03053$$

2) 배출 상태에서 air의 mole humidity (HM2)

최종상태의 압력은 3.5 kg/cm² guage

$$\therefore \text{최종압력} = 3.5 \times \frac{760}{1.033} + 760$$

$$= 1,000 \times \left(\frac{35,000}{13,600} \right) + 760 = 3.333 \text{ mmHg}$$

$$\therefore HM2 = \frac{35.7}{3.333 - 35.7} = 0.01083$$

3) 응축 H₂O의 양

base : 원 free air 2.5 m³/min

흡입 air 중의 순 air의 분압 (pair)

$$pair = 760 - 22.515 = 737.485 \text{ mmHg}$$

∴ 흡입 air 중의 순수 air의 mole 수

$$2.5 \times \frac{737.485}{760} \times \frac{273}{298} \times \frac{1}{22.4} = 0.09921 \text{ kg-mole/min}$$

∴ 흡입 air 중의 H_2O 의 mole 수는

$$0.09921 \times 0.03053 = 0.00303 \text{ kg-mole/min}$$

한편 배출 air 와 함께 조화되어 있는 H_2O 의 mole 수는

$$0.09921 \times 0.01083 = 0.00107 \text{ kg-mole/min}$$

∴ 응축 H_2O 의 mole 및 kg 수는

$$0.00303 - 0.00107 = 0.00196 \text{ kg-mole/min}$$

$$= 0.03528 \text{ kg/min}$$

$$= 35.28 \text{ g/min}$$

2) 배출 air 의 volume

최종 존재하는 습윤공기의 총 mole 수

$$0.00107 + 0.09921 = 0.1 \text{ mole}$$

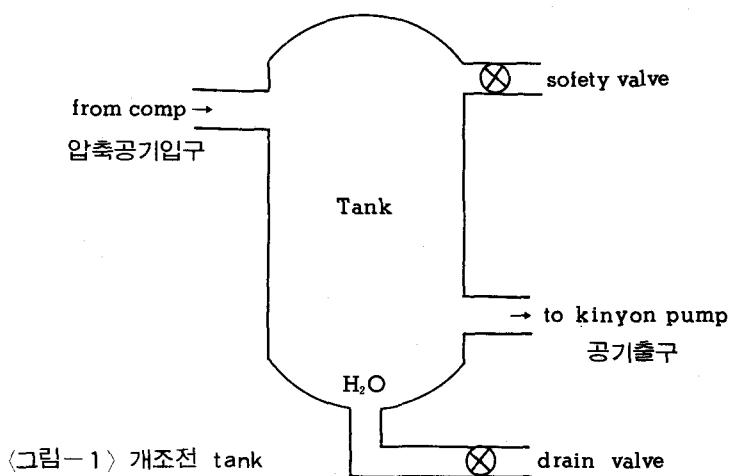
∴ 습윤공기의 최종 volume 은

$$0.1 \times 22.4 \times \frac{760}{3.333} \times \frac{305}{273} = 0.57 \text{ m}^3/\text{min}$$

분석) 앞의 고찰에서 일분간 응축수의 양은 K/P인 경우 351g/min B/F인 경우 35.28 g/min 으로 응축수 전량이 유출되어도 cement 톤당 수분 %는 미량으로 cement 품위 및 물리적 성능에 미치는 영향은 무시할 정도이나 수송 pipe line에 미치는 영향을 고려 적정 draine time 의 설정과 설비 개조의 필요성이 요망됨.

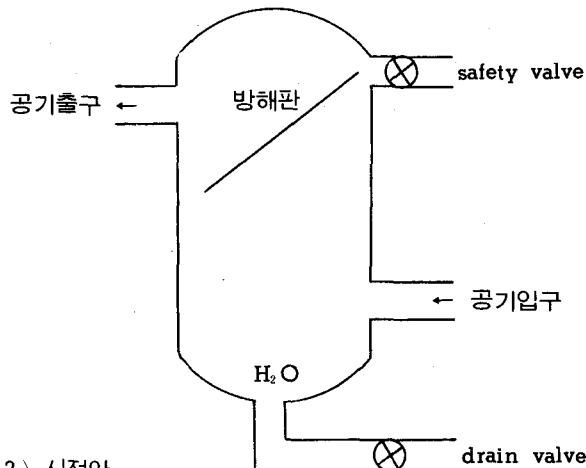
5. 설비상의 문제점 및 개선안

1) 문제점



(그림-1) 개조전 tank

그림에서 보는바와 같이 현 receiver tank의 구조는 air입구가 tank 상단에 출구가 하단에 위치되어 있기 때문에 일단 receiver tank에 모인 air중의 수분이 배출되는 압축 공기와 함께 K/P로 유출되기 쉽게 되어있음.



〈그림-2〉 시정안

2) 개선안

〈그림-2〉와 같이 air입구는 tank하단에 출구는 상단으로 이동시켜 설비를 개조시키므로서 응축수의 유출을 최대한으로 방지할 수 있을 것으로 사료됨.

6. 결 론

air receiver tank에서 압축된 공기와 유출된 응축수는 cement 와의 혼합비율이 낮아 (약 0.0035%) cement 의 물리적 성능에는 문제시 되지않는 것으로 사료되나 수송 line에서의 여러가지 불리한 영향이 미칠것이 사료되므로 최대한 유출 방지에 노력해야할 것이며 이에대한 개선책으로 운전공의 관심도와 자동 drain장치 설치 및 receiver tank 구조변경 등의 설비개선을 강구해야할 것임.