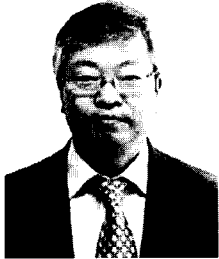


2008년 생활폐기물 이송관로 관련 연재

김 일 복

주제명 : 자동집하시설의 송풍기 선정에 관한 기술

저 자



1. 성 명 : 김 일 복 (金日福)
2. 생년월일 : 1955년 1월 23일
3. 학 력 : 중앙대학교 공과대학 기계공학과 (학사, 1982)
한국산업기술대학교 대학원 기계공학과 (석사, 2005)
4. 경 력 : 대한석탄공사 (1982~1992)
(주)유신코퍼레이션 (1992~현재)

1. 서 론

생활폐기물 자동집하시설의 관로이송 시스템은 쓰레기 투입구, 이송관로, 각종 댐퍼, 계측장치, 중앙 집하장, 분류설비, 압축설비, 송풍기, 중앙제어장치 등으로 구성되어 있는데 이 중 쓰레기를 이송하는 송풍기의 운전방법 및 적절한 용량 선정은 쓰레기의 최적이송 뿐만 아니라 운전에너지의 절약에도 중요한 역할을 한다.

본 원고에서의 생활폐기물 자동집하 이송관로 시스템에서 송풍기의 운전방법과 선정에 관한 기술을 소개하고자 한다.

2. 송풍기 연합운전 시 성능곡선 선정기준

송풍기의 병렬운전은 풍압(H)은 일정하나 풍량(Q)이 부족할 때 실시한다. 그림 1은 송풍기를 병렬운전

시의 연합성능곡선을 나타낸다. 일정한 풍압상에서 항상 동일한 풍량을 분담하여 운전되므로 그림에서 알 수 있듯이 Q1과 Q2의 간격이 동일하게 형성된다.

송풍기의 직렬운전은 풍량(Q)이 일정하나 풍압(H)이 부족할 때 실시한다. 그림 2는 송풍기를 직렬운전할 때의 연합성능곡선을 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 일정한 풍량상에서 항상 동일한 풍압을 분담하여 운전되므로 H1과 H2의 간격이 동일하게 형성된다.

한편, 생활폐기물을 이송하기 위해서는 일정 속도 이상의 송풍속도를 유지하여야 한다. 이를 위해서는 송풍기의 연합운전을 통하여 송풍속도를 조절하는 경우가 종종 발생하는데 그림 3은 송풍기의 속도제어시의 성능곡선도를 나타낸다. 또한 그림 4는 흡입 및 압송 특성곡선도를 나타낸다. 송풍기가 압송을 할 경우 흡입을 할 경우보다 동력이 훨씬 많이 들고 있음을 나타낸다. 이는 압송의 경우는 유동의 손실이 많이 발생함으로써 폐기물이 이송되는 최소한의 유속을 유지하기가 어려움을 의미한다고 볼 수 있다.

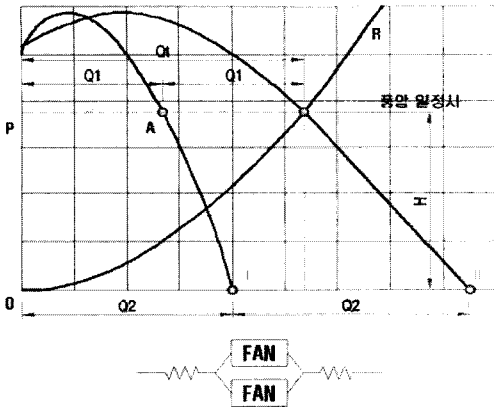


그림 1. 송풍기 병렬운전 시 성능곡선

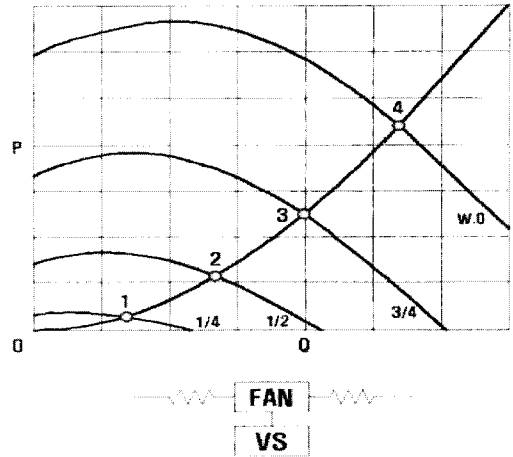


그림 3. 송풍기 속도제어 시 성능곡선도

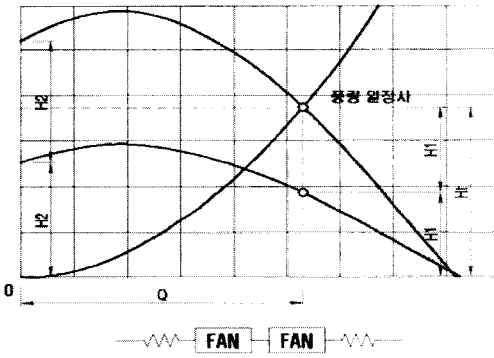


그림 2. 송풍기 직렬운전 시 성능곡선

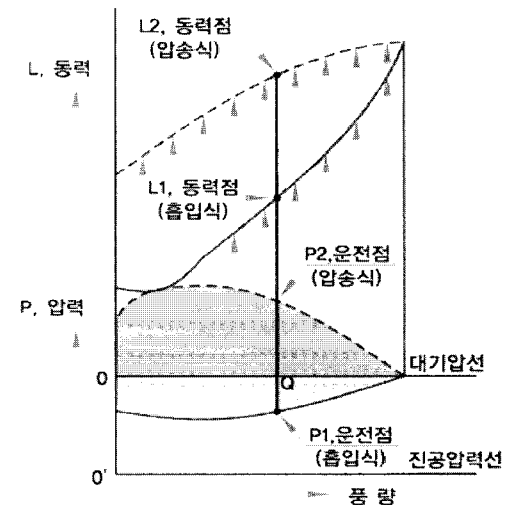


그림 4. 흡입 및 압송 특성곡선도

3. 자동집하시설 시스템의 기본 특성

그림 5는 자동집하시설 시스템에서의 압력분포 및 운전대수와와의 관계를 나타낸다. 일반적으로 자동집하시설에서는 폐기물을 최종 목적지까지 이송하기 위하여 흡입방식을 취하며 -6,000mmAq의 진공압력을 유지한다(풍량이 350 m³/min, 이송관 직경 500mm 기준). 폐기물을 이송하기 위한 최소한의 풍속은 최소 25~30m/sec정도이다.

송풍기를 선정하기 위해서는 송풍기의 소요풍량, 풍압 및 동력을 계산하여야 하는데 송풍기의 풍량(Q)은 다음 식 (1)로 산정된다.

$$Q = V \times A + \text{누설풍량} \quad (1)$$

V: 이송관내 평균유속 [m/sec]

A: 이송관 직경 [m²]

일반적으로 폐기물의 이송성능을 유지하기 위한 보증 요구속도는 20~30m/sec이며 10L용 음식물의 경우 이송유속은 30m/sec가 통용되고 있다. 100L용 봉투직경은 480mm이므로 이송관로의 직경은 500mm로 사용하게 되는데, 이 때의 풍량은 다음 식 (2)와 같은 계산과정을 통하여 약 350 m³/min로 된다.

$$30\text{m/sec} \times (\pi \times 0.482^2) / 4 \times 1.05 \times 60 \quad (2)$$

여기서 1.05는 밀도변화에 따른 유량보정 계수를 나타낸다. 이송관이 길 경우 온도의 영향에 따른 밀도

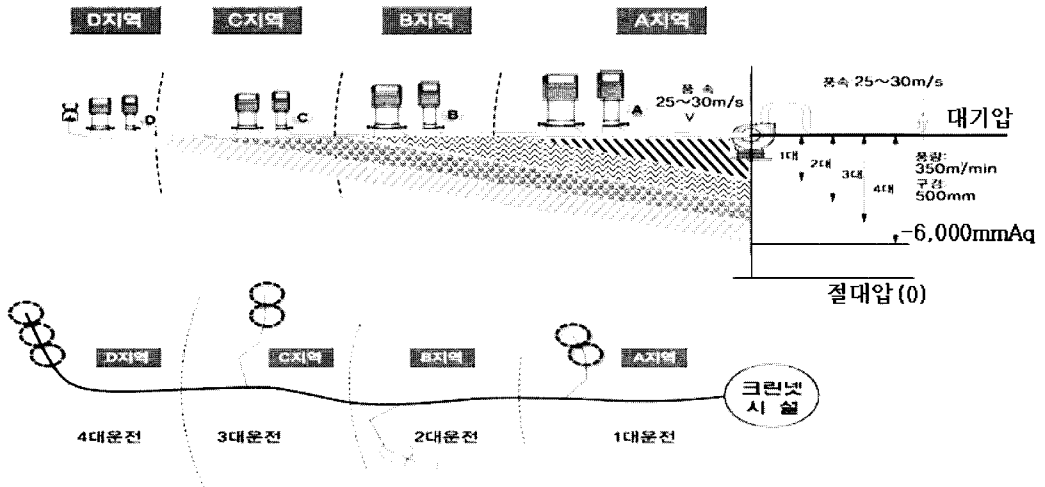


그림 5. 자동집하시설 시스템에서의 압력분포 및 운전대수 제어

변화가 발생하게 되는데 이를 고려하여야 한다.

한편, 소요풍압은 다음과 같은 식 (3)과 같은 Darcy-Weisbach의 식을 이용하여 산정하게 되는데 이송관로 길이에 따른

$$\Delta P = (L/D) \times (V^2/2g) \times \gamma \quad (3)$$

로 표현될 수 있는데, 이송관 길이에 의한 압력손실, 기자재압력손실, 쓰레기 무게에 의한 압력손실, 투입구 손실 등에 의한 압력손실을 적용하게 된다. 즉, 이러한 압력손실을 산정한 다음, 연합운전성능 곡선도에 의하여 관로저항 곡선을 찾아내어 운전점을 채택하여야 한다. 풍량 및 풍압이 결정되면 송풍기 온도변화, 송풍기효율, 외부공기온도, 여유율을 기준으로 계산을 수행한다.

그림 6은 수송물의 중량에 따른 이송속도의 선정을 위한 기준을 나타낸다. 비중이 0.6이하 음식물 쓰레기인 경우 관내 유속을 25m/sec에 적용을 하며 비중이 0.6~0.9인 여름철 고수분 음식물쓰레기인 경우 관내 유속을 30m/sec를 적용한다. 그림에서 수직선은 20L짜리 음식물 봉투의 최소투영면적인 0.056 m²을 나타낸

다.

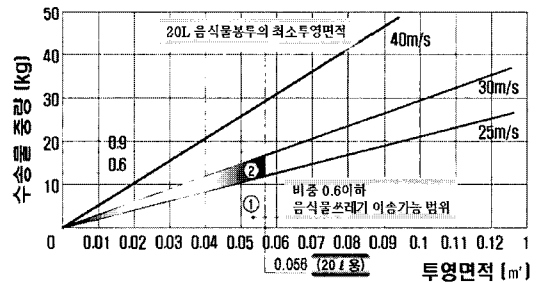


그림 6. 수송물 중량과 이송속도

4. 자동집하시설의 유량과 압력특성

공기의 밀도는 표준상태(21℃, 1기압)에서는 1.2 kg/m³이다. 그런데 공기는 압력 및 온도에 따라서 밀도를 달리하므로 송풍기의 송풍량을 선정할 때에는 이를 고려하여야 한다. 그림 7은 투입구와 이송관로에서의 압력손실 분포도를 나타낸다. 관내의 압력변화는 밀도변화를 유발시키고 이는 유량변화를 가져오게 되며 궁극적으로는 이송관로내의 속도변화를 일으키게

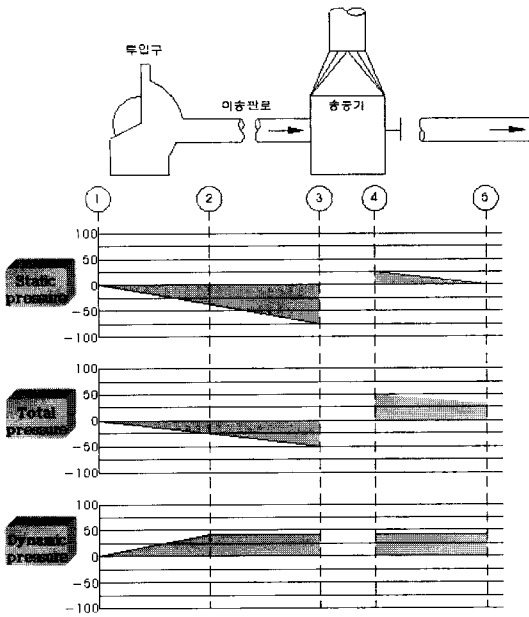


그림 7. 투입구와 이송관로에서의 압력손실 분포도

되므로 폐기물의 이송성능과 직결되므로 관내의 압력이 저하되지 않도록 하여야 한다. 식 (4)는 이를 고려하기 위한 밀도보정계수의 식을 나타낸다.

$$\rho_2 = (273 + T_1) / (273 + T_2) \times P_2 / 760 \quad (4)$$

T^1 : 표준상태온도 21[°C]

T^2 : 나중 온도[°C]

온도의 상태에 따라서 밀도가 보정되면 체적유량을 계산하여 확인하여야 한다. ASME에서는 단위시간당 송풍기를 통과하는 유체의 질량을 송풍기의 질량유량

(\dot{m})으로 정의하고 있다. 폐기물의 이송속도는 체적유량($Q = \dot{m} / \rho$)과 관련하므로 유체의 밀도를 고려하여야 한다. 즉, 이송관내의 압력이 관로의 손실 등에 의하여 저하하게 되면 밀도의 변화에 의하여 질량유량은 일정하더라도 체적유량이 달라지게 되어 이송속도에 변화를 가져오게 되므로 유의하여야 한다.

그림 8과 그림9는 각각 송풍기를 흡입운전할 때와 압송운전할 때의 정압, 속도압(동압) 및 전압과의 관계를 나타낸다. 설치자는 압력공의 위치선정에 유의하여야 한다.

이는 폐기물을 무난히 이송시키기 위해서는 관말에서 이송속도 이상을 유지할 수 있도록 속도압(동압)측정을 위한 위치선정에 유의하여야 함을 의미한다.

5. 결론

공기의 상태에 따라서 유속이 달라지므로 관말에서 이송속도 이상을 유지할 수 있도록 해야 한다. 즉 이송관로의 압력변화는 밀도변화를 일으키고 이는 유량변화를 가져와 이송관로 내의 속도변화를 일으키게 되므로 이송관로내의 압력강하를 고려한 송풍기 선정이 되어야 함을 의미한다.

또한 이송관로내의 유속을 측정하기 위한 위치는 송풍기의 입구에서 할 것이 아니라 관말 및 중간 지점에서 실시하여야 한다.

이처럼 송풍기 선정에 있어서는 여러 요인들을 충분히 고려하여야 한다. 즉, 송풍량이 결정되면 최소 이송속도를 유지하기 위하여 압력강하를 고려한 공기밀도 변화의 고려, 이로부터 계산되는 체적질량유량의 결정 및 이에 대응하는 송풍량의 최종 선정, 송풍기의 적정

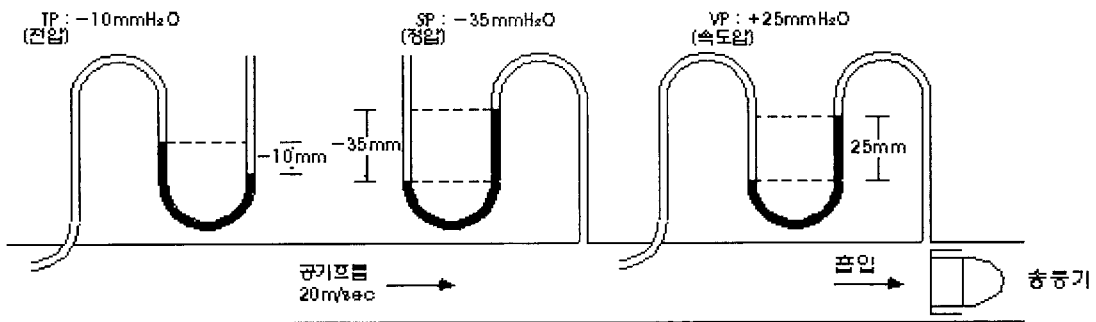


그림 8 송풍기 흡입운전시 정압, 속도압(동압) 및 전압과의 관계

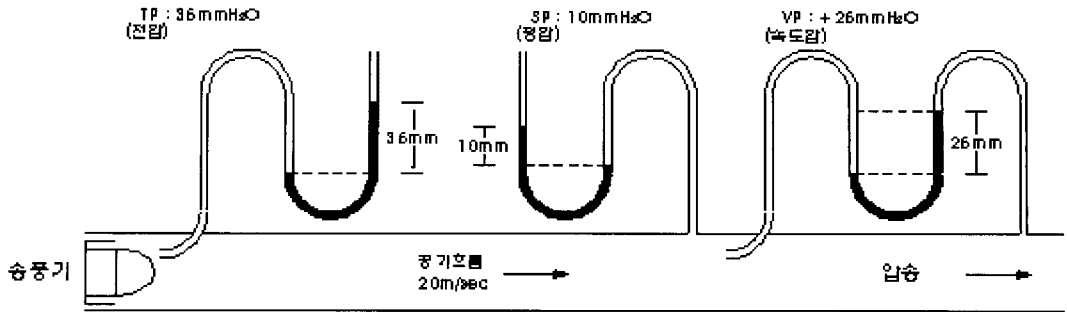


그림 9 송풍기 압송운전시 정압, 속도압(동압) 및 전압과의 관계

대수, 적합한 동력, 운전모드 등을 고려하여야 한다.

끝으로, 수송물의 중량 및 투영 면적을 고려하기 위하여 음식물의 1차 처리방안을 강구하여야 한다. 즉 수송물 중량에 따른 폐기물의 이송속도저하를 방지하기 위한 투영면적 개선방안을 강구하여야 하는 과제가 남아 있다.

참고문헌

(1) 김일복, 유신코퍼레이션, 2008, 송풍기 운전시의 유량압력 특성고찰, 워크숍 & 사내자료
 (2) Jang, C-M, Kim, D-W, and Lee. S-Y, 2007, "Performance Characteristics of Turbo Blower in a Refuse Collecting System According to

Operation Conditions," AICFM9-264, pp. 1~6.

(3) 장춘만, 김동우, 최명덕, 2007, "관로이송 시뮬레이터를 이용한 요소부품의 특성 평가," 대한기계학회 추계학술대회 논문집.
 (4) 김동우, 장춘만, 최명덕, 2008, "쓰레기 관로이송 시스템에서의 다양한 관로형상에 대한 압력손실 평가," 대한기계학회 춘계학술대회 논문집.
 (5) 장춘만, 이상윤, 서상호, 2007, "쓰레기 관로이송 시스템의 관로 압력강하 평가," 유체기계저널 10 권6호, pp. 55~60.
 (6) 장춘만, 2006, "쓰레기관로 이송시스템의 터보블로어 용량산정을 위한 연구사례," 건설기술정보(한국건설기술연구원), 275호, pp. 26~31.