

## 저밀도상/ 고밀도상 이송체계에 적용하는 가압이송장치

By Paul E. Solt

뉴메틱 이송의 일반적인 적용에 대한 이번 7번째 칼럼에서 가압이송설비가 저밀도상이나 고밀도상의 이송용도에 사용될 수 있는 방법을 이해하기 위해 앞선 칼럼의 정보를 이용할 것이다. 가압이송설비는 이송관로에 재료를 유입키 위해 가압탱크( 가압조 혹은 송풍조라고도 함 )를 사용한다. 이번 달 칼럼을 읽으면 앞선 칼럼 1, 2의 정보를 검토하는데 도움이 될 것이다.

뉴메틱 이송에 대한 가장 큰 오해중의 하나는 설비가 저밀도 혹은 고밀도상으로 운전하느냐는 설비의 운전압력이 결정한다는 것이다. 설비의 운전압력이 가이드 라인은 될 수 있을지라도 운전압력이 단독으로 이송상밀도를 조절하는 것은 아니다.

이송 상밀도는 공기에 대한 재료의 비율( =재료적재량 )과 이송관로내의 공기속도등 2개의 매개변수에 따라 결정된다. 재료적재량은 4가지 방법중 하나로 결정될 수 있기 때문에 해당 설비에 어느 방법이 기준으로 사용되는지를 확실하게 이해해야 한다. 팬 이송설비( 저밀도상 이송에 주로 이용 )와 같이 재료의 량에 비해 공기의 량이 많은 즉, 재료적재량이 매우 적은 설비에 대해서는 통상적으로 적재량이 재료에 대한 공기의 비율로 나타낸다. 이 비율은 재료무게에 대한 공기의 무게인 重量比(  $1 \sim 4 \text{ lb}_{\text{air}}/\text{lb}_{\text{material}}$  ) 혹은 재료무게에 대한 공기의 體積比(  $13 \sim 15 \text{ ft}^3_{\text{air}}/\text{lb}_{\text{material}}$  )등 2가지 방법으로 주어질 수 있다.

고밀도상 이송과 같이 재료의 량에 비해 공기의 체적이 작은 즉, 재료적재량이 큰 설비의 경우, 적재량은 통상적으로 공기에 대한 재료의 비율로 나타낸다. 다시 이것은 공기무게에 대한 재료의 무게인 重量比(  $1 \sim 1,000 \text{ lb}_{\text{material}}/\text{lb}_{\text{air}}$  ) 혹은 공기의 체적에 대한 재료무게의 比率(  $0.077 \sim 77 \text{ lb}_{\text{material}}/\text{ft}^3_{\text{air}}$  )등 2가지 방법으로 주어질 수 있다.

이송관로내의 공기속도 또한 이송 상밀도에 영향을 준다. 재료 적재량이 작고 속도가 높으면 재료는 저밀도상 이송( 일명 연속유동 )을 이루면서 관로내 침전없이 이송관로를 통과할 것이다. 관로내에서 재료가 침전하기 시작하고 공기흐름에서 재료가 이탈하는 점을 셀테이션 속도( saltation velocity ) " 라 하며 이는 공기에 대한 재료의 비와 공기속도에 따라 결정된다. 셀테이션 속도 이하에선 재료적재량이 커지고 공기속도는 낮아지며 재료는 고밀도상으로 움직인다( 2狀 혹은 피스톤 유동 ). - 이런 이송 상밀도에 대한 상세한 정보는 1991년 7월 칼럼2 를 참고.

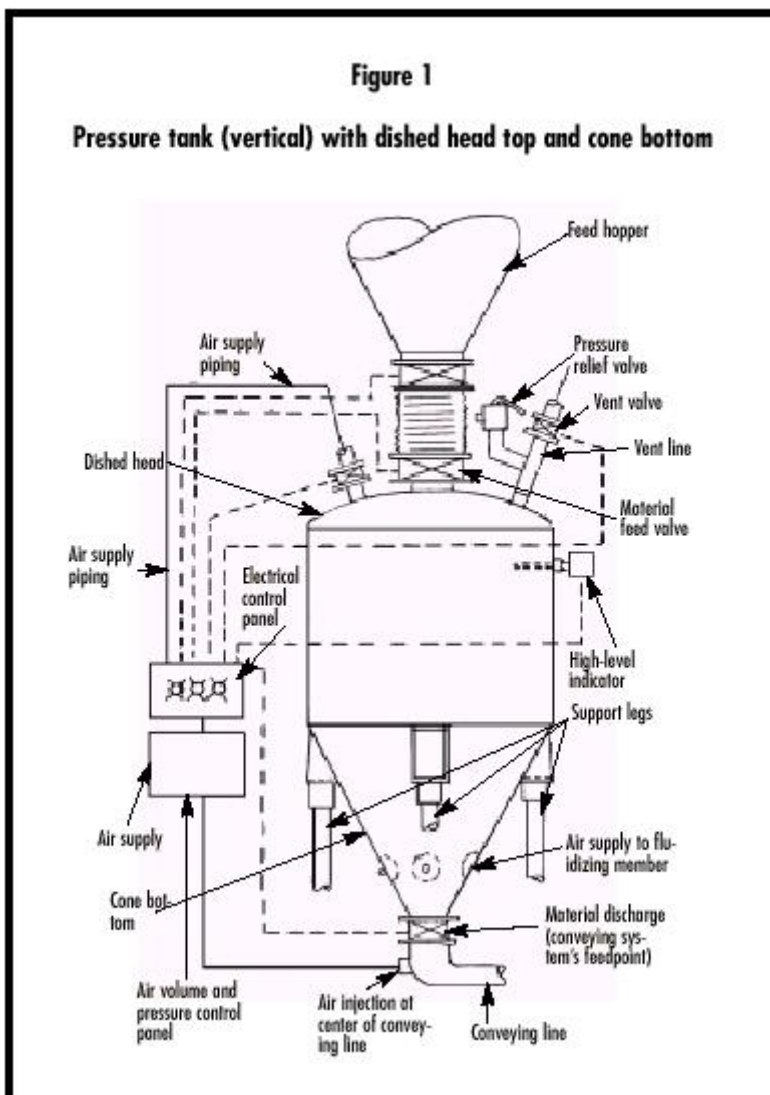
이송 상밀도가 공기에 대한 재료의 비와 공기속도로 결정되기 때문에 가압탱크가 장치된 가압이송설비는 재료공급을 위해 저밀도상이나 고밀도상 장치가 사용될 수 있다는 것이 분명

하다. 하지만 각 상밀도는 특수한 가압탱크를 포함한 독특한 이송체계의 설계와 이송관로와 탱크에 공기공급조절을 위한 다른 방법들이 필요하다는 것을 유념해야 한다.

[ 加壓탱크 型 ]

가압탱크들은 많은 종류들이 이용될 수 있다. 이들 중 일부는 특수용도에 적용되지만 이 모두 그 기능은 비슷하다. 어떤 종류들은 다른 종류 탱크 이상의 장점을 제공하기 위해 이송설비의 특정공급자들에 의해서만 사용된다. 차라리 다른 제작자들과 탱크 설계를 논의하는 것이 더 유리하지만 여기에서는 가압탱크들이 뉴메틱 이송설비에 어떻게 적용되는가를 이해시키는데 초점을 맞추겠다. 탱크의 운전에 대한 탱크의 형태와 유동화 효과에 집중할 것이다.

탱크의 형태



가압탱크들은 형태상으론 다양하지만 모두가 압력용기들이기 때문에 양쪽 끝이 밀폐된 전형적인 원통형들이다. 일부의 경우, 압력차에 의한 자체적하능력(自體積荷能力)이 있는 차량이나 기차같이 수평으로 된 것이 있지만 대다수의 탱크들이 [그림1]과 같이 수직으로 세워져 있다.

전형적인 탱크의 한 쪽 끝단(수직탱크의 상부)은 여러 연결부품들이 장치된 접시형(혹은 동형) 헤드를 가진다. 공급호퍼(탱크상부에 위치)에서 탱크내부로 재료를 공급하는 가장 큰 연결관은 배출하는 동안은 닫히고 공급받는 동안은 개방된다. 이 연결관에는 가압탱크가 있는 이

송설비의 가장 중요한 부품인 밸브가 장치된다. 밸브는 재료유동과 접촉하면서 주기적으로 개폐되는 동안 내마모성을 가져야 하며 차단되었을 때 공기밀봉성이 유지되어야 한다. 비마멸성 재료를 공급하는 경우, 통상 복원성을 가지는 나비형 밸브가 설치된다. 마멸성이 심한 재료를 공급할 경우, 마모에 대해서 시트( 밸브 헤드부를 지지하고 있는 금속고리 )를 보호하는 미끄럼판 밸브나 동형 밸브가 설치될 수 있다. 탱크의 접시형 헤드에 있는 다른 연결부품들은 압력해제밸브들과 배기관, 공기공급관등이 포함될 수 있다.

전형적인 탱크하부는 탱크상부와 비슷한 접시형 헤드나 깔때기형 등 2개중의 한 형태를 가진다. 접시형 헤드가 하부로 사용될 때 전형적인 탱크는 상부 혹은 측면 배출구와 접시형 헤드 내부에 공기패드와 같은 遊動化 薄膜( Fluidizing Member )의 근접한 상부에 확장된 입구의 내부공기관로를 가진다. 이 설계의 대표적인 단점은 매 이송주기 끝에 재료들간 혼합 오염이 일어날 수 있는 일부 재료의 잔류물이 남는다는 것이다. 그렇지만 접시형 헤드의 하부를 가지는 탱크는 같은 체적의 깔때기형 바닥의 탱크보다 작은 헤드 공간을 필요로 한다.

깔때기형 바닥의 가압탱크는 재료와 이송설비의 설계에 따라 유동화 박막이 설치되어 있거나 그렇지 않은 간에 바닥배출을 한다. 이 깔때기형 바닥설계는 매 이송주기 끝에 재료를 완전하게 청소하는 결과를 나타내며 여러 가지 이송 상밀도를 이루는데 가장 단순한 관로와 조절을 가능케 한다.

### 탱크운전에 대한 유동화의 효과

플라스틱 펠릿, 곡물, 커피 혹은 모래와 같은 自由流動材料들은 가압탱크안에서 저밀도상 혹은 고밀도상 이송을 위해 유동화 시키는 공기를 필요치 않는다. 시멘트, 밀가루, 플라스틱 레진 혹은 플라이 애쉬와 같은 유동화성 재료의 경우, 저밀도상 혹은 고밀도 2상이송을 위해 유동화 공기를 사용할 수 있지만 이 유동화 공기는 고밀도상 피스톤유동 이송에 저해될 수 있다.

플라스틱 레진, 안료, 분탄 혹은 과자원료의 혼합분말 등과 같은 점착성 재료들은 끈적거리는 특성 때문에 유동화 시키기 어렵다. 이것은 재료에 습기나 지방함량이 높거나 분말입자가 극히 미세할 경우 특히 더 그러하다. 粘着性, 非自由流動性, 非遊動化性 재료는 깔때기형 바닥의 가압탱크에서 저밀도상 이송관로로 배출하는 것 또한 어려울 수 있다. 이런 종류의 재료들은 오히려 가압탱크보다는 로타리 피더와 같은 다른 형태의 공급기가 필요할 수 있다. 탱크의 접시형 헤드나 깔때기형 하부 안으로 거쳐서 유동화 박막을 통과토록 공기를 유도함으로써 재료를 유동화 시킨다면 탱크의 상부에서 공기를 추가 공급치 않는다. 탱크 하부에서 유도된 유동화 공기는 재료를 거쳐 위로 통과할 것이며 탱크를 가압한다. 재료상 부표면 위인 탱크상부에서 공기를 추가공급한다면 이 공기는 아래로 압축하여 재료를 다질 것이며 유동화 공기는 탱크에 전혀 들어가지 않거나 아랫방향으로 통과할 것이다. 그리고 유동화는 재료와 같이 배출구로 빠져나가고 유동화 공기 입구위 깔때기 안에 다져진 재료의

브릿지를 남긴다.

## [ 공기공급의 원리 ]

### 空氣流動 對 空氣壓力

뉴메틱 이송을 이해하는데 있어 한 문제점은 공기유동( 공기체적 )과 공기압력사이에는 커다란 차이가 있다는 것을 이해하는 것이다. 사실 이송 상밀도와 관로를 통한 재료의 이동은 공기유동의 역할이며 공기압력은 공기유동에 저항하는 결과이다. 이 차이점에 대한 이해가 필요되는 공기유동을 제공하는 설비를 선택하는데 도움을 줄 수 있다.

### 공기유동과 공기압력의 조정

이송설비에 필요한 공기압력은 설비의 능력과 이송관로의 길이와 직경에 따라 결정된다. 이 매개변수들은 양변위 송풍기, 전용압축기 혹은 이송공기를 공급하기 위한 공장의 압축공기장치를 선택해야 한다면 이를 결정하는데 도움이 될 수 있다. 송풍기 혹은 압축기를 사용할 때 공기유동은 선택한 장치와 그 크기에 의해 조절된다.

어떤 압력이송체계에서는 공장의 압축공기장치로부터의 공기유동을 압력제어기라는 밸브가 조정한다. 제어기는 하류관로에서의 압력을 유지하기 위해 작동한다. 하류의 압력이 제어기와 압력을 제어하는 지점보다 낮다면 제어기는 완전히 열리고 제어기와 관로가 감당할 수 있는 만큼의 공기유동을 통과시킨다. 하류압력이 제어지점의 압력까지 상승하면 제어기는 닫히고 하류압력을 유지하는데 필요한 만큼의 공기유동만을 통과시킨다. 압력제어기는 관로가 완전히 비워질 때와 가압탱크에서 이송관로로 보내는 재료공급이 멈춰질 때인 이송주기 끝에서 이송주기 동안 높은 이송속도를 일으킬 수 있다.

유동조절장치의 사용은 공기유동을 조절하는 또 다른 방법이다. 조절밸브와 압력측정감지기( 1/4인치 관로 연결부 )들이 있는 오리피스와 같은 유동측정단면이 있는 정교한 조절장치가 한 예이다. 공기유동이 증가하거나 감소함에 따라 유동조절장치의 유동측정단면은 일정한 공기유동을 유지키 위해 조절밸브를 약간 열거나 닫는다. 이것은 이송주기의 시작과 끝에서의 높은 공기유동사용을 배제하며 수시로 설비를 거쳐가는 최대공기유동을 제한한다.

단순화 시킨 유동조절장치는 상류(공기공급)압력을 일정하게 유지하고 하류(이송체계)절대압력이 상류절대압력의 52%이하인 동안은 오리피스의 크기에 따라 일정한 공기유동을 통과시키는 임계유동 오리피스가 있다. 예를 들면, 공장의 공급공기가 100 psig라면 0.5 인치 직경의 오리피스는 설비의 운전압력이 46 psig 이하인 동안은 413 scfm의 공기를 통과 시킬 것이다.

## 요약

압력제어기가 있는 이송설비의 운전압력은 고정되고 설비를 운전키 위한 설비의 매개변수들은 압력제어지점에서 바뀌게 된다. 유동조절장치로 이송설비를 통과하는 공기속도를 조절할 수 있고 설비의 운전압력은 설비 매개변수들의 결과이다.

## 가압탱크에 대한 공기공급

가압탱크에 공기가 공급되지 않는다면 탱크에서 이송관로로 재료를 배출할 수 없다. 가압탱크에 공기유입 없이 탱크 배출구 아래로 공기유동을 통과시킨다는 것은 물속에 있는 병에서 물이 흘러나오기를 기대하는 것과 같다. 탱크의 접시형 헤드 바닥 혹은 깔때기형 바닥에 있는 유동화 박막을 통하거나 탱크 상부에서 가압탱크로 공기를 유도할 수 있다. 탱크의 재료 배출구( 이송체계의 공급점 )에서 혹은 전.후에서 이송관로로 공기를 유도할 수도 있다. 가압탱크에 공급되는 공기, 공기추가가압지점, 이송설비의 종류와 재료에 따라 재료의 배출형태는 다른 결과를 보인다. 탱크상부에서 공기가 공급될 때 공기가 재료배출율을 조정한다. 탱크의 재료배출구 전에서 추가적인 공기가 이송관로로 공급된다면 저밀도상 이송의 결과를 나타낼 수 있다. 이송관로로 공기가 추가공급되지 않는다면 배출은 재료를 압출하게 될 것이며 공기가 탱크 혹은 이송관로로 간헐공급 된다면 배출은 간헐 피스톤狀으로 될 것이다. 탱크상부에서의 공기공급은 재료에 하향력으로 작용하여 재료를 다지고 이송관로내로 재료를 압출시킨다는 것을 기억해야 한다. 접시형 헤드 혹은 깔때기형 바닥의 탱크에 있는 유동화 박막을 통해 공기가 공급될 때 저밀도상 혹은 고밀도 2狀이송을 위해 재료를 부유(浮遊)시킬 것이다.

공기공급조절 방법과 가압탱크에서 이송관로로 재료를 공급하는 방법 또한 이송 상밀도에 영향으로 작용한다. 저밀도상 혹은 고밀도 2狀이송을 하기 위해서는 가압탱크의 재료배출구 전에서 이송관로로 공기를 공급할 필요가 있다. 이 경우, 공기공급에 의해 공기유동은 고정되고 해당 이송상밀도를 이루는데 필요한 재료에 대한 공기비율로 설비의 재료적재량을 유지키 위해 가압탱크의 재료배출율을 조절해야만 한다.

여러 방법중 어떠한 것으로도 가압탱크의 배출율을 조절할 수 있다. 재료가 자유유동한다면 배출포트의 직경으로 재료유동량을 조절할 수 있다. 배출포트는 고정된 직경으로 채택하거나 개폐조절이 가능한 조절밸브가 장치될 수 있다. 탱크상부의 공기유동이 증가하거나 감소하는 것이 재료배출율을 변화시킬 수 있다. 일반적으로 공기공급이 차단되면 배출은 멈출 것이며 공기가 탱크내부에 있는 재료를 대체한 양만큼 배출은 공급된 공기에 비례한다.

재료가 유동화될 수 있다면 탱크 상부에 있는 관로보다는 오히려 탱크바닥에 있는 유동화

박막을 통해 공기를 공급할 수 있지만 배출율은 자유유동재료에 대해서는 같은 방법으로 조절될 수 있다.

고밀도상 피스톤유동 이송을 원한다면 가압탱크의 배출율을 조절하기 위해선 다른 방법들을 고려해야 한다. 고려해야 할 인자의 첫 번째는 자유유동여부와 예상되는 피스톤형태등의 항목에서의 재료이다. 예를 들면, 플라스틱 펠릿과 같이 입자가 굵은 재료는 공기침투성 피스톤들을 형성할 것이다. 전형적으로 설정된 이송관로와 설비에 공급된 공기의 량이 피스톤의 길이, 주기, 속도를 결정할 것이다. 재료토출구( 이송체계의 공급점 )에서 이송관로로 공급하는 공기의 적절한 조절이 이 피스톤들이 보다 낮은 운전압력이나 보다 높은 이송율을 가질 수 있는 적절한 길이로 수행될 수 있게 한다. 피스톤 형성이 용이토록 탱크의 재료배출구 직후의 이송관로상에 있는 공기분사점과 탱크에 공기를 주기적으로 공급할 수 있다.

플라스틱 레진이나 안료와 같이 점착성이거나 미세입자인 재료들을 고밀도상 피스톤유동으로 이송할 경우, 이 피스톤들은 비침투성이 될 것이다. 이 경우, 재료공급점에서 공기공급의 적절한 조절은 필수적인 사항이다. 가압탱크에만 공기를 공급한다면 짧은 여러개의 피스톤 보다는 한 개의 연속된 피스톤 형태로 재료가 배출될 것이다. 이렇게 형성된 피스톤은 관로의 마개로 작용하여 이송을 멈추게 할만큼 길게 될 수 있다.

일부 고밀도상 피스톤유동 이송설비는 탱크내부에 있는 모든 재료가 1개의 피스톤을 형성하여 배출되도록 작은 용량의 가압탱크를 사용한다. 이 피스톤은 피스톤이 관로내부를 진행할 수 있는 설비의 압력설계값이 허용하는 거의 정확한 길이로 형성될 것이다. 피스톤이 관로 끝까지 이송되었을 때와 같은 이송주기에서는 탱크에 대한 공기공급이 차단되고 관로에서 피스톤이 배출된 후 탱크의 배출압력이 관로내에서 소산된다. 관로에서 피스톤이 배출될 때 압력은 대기압까지 접근한다. 이런 종류의 설비에 작은 용량의 가압탱크 채택은 탱크의 짧은 주기를 필요로 한다.

대용량 가압탱크에 의한 고밀도상 피스톤유동 이송의 경우, 피스톤의 길이를 제한할 필요가 있다. 몇 초내로 이송관로에 재료를 배출키 위해 가압탱크 상부와 이송관로사이에 공기를 주기적으로 공급하므로써 피스톤들 사이에 공기가 채워진 공간이 자리잡고 관로를 따라 움직이게 할 수 있다. 탱크에 대한 공기공급시간의 길이는 피스톤 길이를 결정하고 이송관로에 대한 공기공급시간은 피스톤간의 간격과 단위시간당 관로내의 피스톤 수를 결정한다. 피스톤이 다져질 수 있고 점착성이며 비침투성이라면 파단분리 없이 이송관로내를 통과한다. 하지만 관로상에 있는 굴곡부들과 전환밸브들은 때때로 피스톤들을 파단분리 시킬 수 있다는 것을 알아야 한다. 그러한 조건하에서 한 개의 피스톤은 설비운전압력을 증가시키거나 관로의 마개로 작용할 수 있는 과대신장된 피스톤을 형성키 위해 다른 피스톤들을 결합할 수 있다.

굵지 않고 침투성 피스톤을 형성할 수 없지만 다져질 수 있고 점착성의 비침투성 피스톤을 형성하기엔 너무 굵은 주물사, 굵은 설탕, 석회석 자갈 등과 같은 재료들의 경우에는 고밀도상 피스톤유동으로 이송하는데 문제가 될 수 있다. 통상적인 문제점은 한번은 미립재료가 공급되고 한번은 굵은 재료가 공급되는 것과 같이 재료공급이 분리될 수 있다는 것이다. 이것은 미립재료의 비침투성 피스톤들이 굵은 재료의 침투성 피스톤들로 변하는 것과 같이 피스톤 형성과 침투성에 있어 변화를 일으킨다. 이런 결과는 관로가 자주 막히는 시스템의 불안정을 초래할 수 있다. 문제해결을 위해서 관로막힘을 배제하는 고밀도 2상이송으로의 전환이 필요될 수 있다.

### 이송관로에 대한 공기공급

고밀도상 피스톤유동 이송에서 조절된 길이의 피스톤을 형성하기 위해 가압탱크와 이송관로 간에 공기를 주기적으로 공급할 수 있다. 이송관로에 대한 공기공급을 하는 공기분사점은 탱크의 재료배출구 바닥에 있는 축소앨보우 뒤에 위치케 하는 것이 바람직 하다.

**일부 고밀도상 피스톤유동 이송설비는 탱크안에 있는 모든 재료를 1개의 피스톤으로 형성하여 배출키 위해 소형가압탱크를 사용한다.**

탱크 상부에서 공기가 유입되고 탱크에서 재료가 압출될 때 이송관로내벽과 피스톤간의 마찰이 크게 증가하여 피스톤이 관로를 통과하는데 빼먹거리는 소음을 낼 만큼 일부 재료는 단단하게 꼭 채워 질 수 있다. 이것이 통상적으로 설비의 운전압력을 증가시키고 설비능력은 감소시키며 지나친 재료열화와 관로마모를 야기 시킨다. 탱크의 재료배출구에 있는 축소앨보우의 중앙에 얼마간의 공기를 분사하므로써 이런 문제점을 해결할 수 있다. 이 지점에서의 관로마모를 방지키 위해 하류이송관로 단면상에 공기를 집중해야 한다. 추가공급된 공기는 피스톤을 부드럽게 하여 마찰을 감소시키고 원활한 유동을 가능케 한다. 지속적으로 공기를 추가공급하는 것은 설비를 2상이송체계로 변환시킬 수 있다.

이송관로를 따라 증압기라는 연결부를 통해 공기를 추가공급할 수도 있다. 증압기의 올바른 사용법에 대해서는 여러 가지 다른 의견들이 있다.

피스톤들의 길이가 지나치게 늘어나지 않게 결합하지 않도록 분리를 유지하는데 증압기가 사용될 수 있다는 것이 한 의견이다. 피스톤들이 비침투성을 유지할 때 압력감소로 일어나는 이송공기의 팽창이 분리된 피스톤을 계속해서 이동시킬 것이다. 이런 현상이 모든 피스톤들에서 동시에 일어난다면 피스톤사이에 있는 공기가 피스톤을 통과하여 한 개의 피스톤을 완전히 붕괴시킬 것이다. 다음 피스톤이 제설기와 같이 작용하여 붕괴된 피스톤의 재료를 끌어 모은다. 이렇게 된 피스톤은 본래 피스톤 길이의 2배가 되며 관로를 따라 진행하

는 운전압력은 3 ~ 4배를 필요로 한다.

또 다른 이론은 피스톤이 증압기의 추가공급공기에 의해 유동화된다는 것을 제의한다. 하지만 이 이론은 무효화 되었다 : 대부분의 증압기들은 공기연결부에 재료가 막히는 것을 방지하기 위해 이송관로 상부에 연결된다. 상부에서 공급되는 공기는 재료를 유동화 시킬 수 없다는 것을 기억해야 한다.

일부 이송설비 공급자들은 굴곡부 직후에는 증압기로 많은 량의 공기를 추가공급하고 관로를 따라 재료가 진행되는 거리에 따라 적은 량의 공기를 추가공급하는 것을 추진하고 있다. 그들은 굴곡부 이후 재료를 가속하는데 공기의 추가공급이 필요하다고 주장한다. 하지만 사실, 피스톤이 관로내에서 공(穢)이나 마개와 같이 작용한다면 공급점에서 보다 공급점 하류에 있는 피스톤을 더 높은 속도로 가속하므로 추가적인 공기공급은 필요치 않다.

다른 사람들은 굴곡부 이후에는 공기의 추가공급이 필요치 않지만 대부분의 공기는 굴곡부 직전에 추가공급되어야 한다고 제의한다. 이것은 피스톤을 굴곡부에 억지로 돌리는 에너지가 필요하며 그래서 더 많은 공기가 필요하다는 생각에 근거한다. 여전히 관로 시작부에서 피스톤이 가속된다면 필요에 따라 피스톤을 다시 가속하기 위해 관로전체길이를 따라 속도가 증가한다. 피스톤들이 결합된다면 공급점 이후에는 추가적인 공기공급이 필요치 않는다.

#### **증압기를 정확하게 사용하는 방법에 대한 많은 다른 의견들이 있다.**

이런 범주의 이론들은 증압기 사용이 증압기들간의 적절한 거리를 결정하고 증압기로 공기체적을 조정하는 방법에 관해서 뿐 아니라 증압기들이 고밀도상 피스톤유동 이송에서 어떻게 작용하는가에 대해서도 사실 커다란 미스터리 다. 결과적으로, 연속이송설비의 보완보다는 오히려 관로막힘을 방지하거나 해결하는데 증압기를 사용하는 것이 더 좋을 것이다.

예를 들어, 이송설비가 30 psig에서 운전되도록 설계되었다면 30 psig에서 가압탱크에 대한 공기공급을 차단하고 증압기에 대한 공기공급을 시작해야 할 것이다. 관로내에서 피스톤의 길이가 지나치게 길어진 것을 나타내는 즉, 요구압력 이상으로 설비압력이 상승 했을 때 탱크에서 재료배출을 멈출 수 있고 과대신장된 피스톤을 확인하고 짧은 조각들로 파괴하기 위해 관로를 따라 공기를 제공하는 증압기를 사용할 수 있다. 이 조각들이 관로에서 제거됨에 따라 설비압력이 떨어질 것이며 그래서 증압기에 공기공급을 차단하고 가압탱크에 다시 공기를 공급할 수 있다.

※ 著者の 동의없이 내부 참고용으로 번역된 자료이므로 외부 배포를 삼가 해 주시길 바랍니다.