

Chemical Process Pump의 Trouble 유형 및 사례 분석

황 형 섭

Key Words : Chemical Process Pumps(화학 공정용 펌프), Failure(고장), Leakage(누수), Vibration(진동), Capacity(용량), Head(양정), System(시스템)

1. 서 론

석유화학산업이 발전함에 따라, 화학 공정용 펌프(Chemical Process Pumps)는 기존 물을 이송하는 펌프와는 다르게, 매우 부가가치가 높은 액체 또는 매우 위험한 액체를 이송함으로써 산업 사회에서 중요한 역할을 담당하게 되었다. 이러한 이유로 화학 공정용 펌프에 문제가 발생하여, 공정 라인을 가동하지 못할 경우에는 매우 큰 손실을 초래하게 된다. 따라서, 생산 활동을 위해 공정 가동 기간 동안에는 펌프의 고장이 없어야 하며, 만약 펌프의 고장이 발생하여 보수를 해야 할 경우에는 shutdown 시간과 비용 손실을 최소화 해야 한다.

이와 같은 중요성으로 인해, 공정 활동에 이상이 발생하는지를 항상 감시하는 시스템을 구축하여 펌프를 비롯한 주변 시스템을 실시간으로 항상 점검하는 산업이 발달하고 있으며, 선진국에서는 펌프 메이커가 기존에 펌프와 그와 관련된 장치를 고객에게 공급하는 입장에서, 고객이 원하는 공정 액을 관리, 공급하여 생산 공정에 문제가 없도록

하는 산업도 생기고 있다.

본 고에서는 이와 같이 산업 사회에서 중요한 역할을 하고 있는 화학 공정용 펌프에서 발생하는 문제에 대한 발생 현상, 발생 원인 및 처리 방안에 대한 일반적인 사항을 기술하며, 실제 발생한 문제 유형을 분석하여, 공정 펌프의 유지, 보수에 있어 시간과 비용을 최소화 할 수 있는 지침을 제공하고 자 한다.

2. 화학 공정용 펌프의 Trouble 유형

2.1 문제의 발생 현상, 원인 및 처리 방안

펌프 운전 시, 발생 가능한 문제의 유형은 크게 2가지로 분류화 할 수 있다. 펌프의 유체역학적인 기능에서의 문제와 구조역학적인 기능에서의 문제가 발생하는 경우이다. 유체역학적인 기능에서의 문제는 펌프의 주기능인 흡입과 토출이 원하는 사양대로 이루어지지 않는 현상이다. 먼저 Table 1은 펌프가 운전 중, 펌프의 유량 또는 양정이 미달될 경우, 그에 대한 발생 가능한 원인과 처리 방안을 보여준다. Table 2는 모터 구동에 의해 펌프가 회전은 하고 있지만 토출 배관으로 유량이 흐르고 있지 않은 경우에 대한 발생 가능한 원인과 처리 방안이

* 영풍정밀(주) 기술연구소

E-mail : hshwang@yppc.co.kr

다. Table 3과 Table 4는 각각 접액부와 구동부에서 진동 또는 소음이 발생할 경우의 발생 가능한 원인과 처리 방안이다.

Table 1 유량/양정 미달 현상 발생의 경우

| 발생 가능한 원인 | 처리 방안 |
|------------------|--|
| 시스템 양정이 클 경우 | -구성된 시스템의 배관의 크기를 증가시키고, 연결 배관류의 수를 줄임으로써, 시스템 손실을 최소화 함. -임펠러 외경을 증가시킴. 이때는 모터의 여유율을 점검해야 함. |
| NPSHa 값이 불충분할 경우 | -운전 유량에서 시스템에 대한 NPSHa 값을 재계산하여 펌프업체에서 제시한 NPSHr 값과 비교함. -NPSHr값이 NPSHa 값 보다 클 경우, 펌프 흡입측 배관의 손실이 최소화 될 수 있도록 재 설계해야 함. |
| 흡입측에 공기가 유입된 경우 | -흡입측에 장착된 가스켓 점검. -체결류를 단단히 체결함. -와류가 형성될 경우, 와류 분해 장치를 장착. -최소 잠김 깊이를 점검. |
| 회전속도가 느릴 경우 | -모터와 펌프의 회전 속도를 점검함. |
| 회전 방향이 틀린 경우 | -모터의 권선 바르게 연결되었는지를 점검. |
| 임펠러의 외경이 작은 경우 | -요구 운전 조건에서의 선정된 임펠러 외경과 실제 임펠러 외경을 점검 |

| | |
|-------------|--|
| | -임펠러 외경을 증가해야 하는 경우, 모터의 여유 점검. |
| 흡입구가 막힌 경우 | -흡입 배관 또는 스트레이너가 이 물질에 의해 막혔는지를 점검함. |
| 접액부가 마모된 경우 | -펌프가 마모, 부식이 심한 공정에 사용 된 경우, 접액부를 분해하여, 마모 여부를 점검 후, 새 부품으로 교체. -특히, 웨어링 링부의 간극은 펌프의 성능유지를 위해 매우 중요함. |

Table 2 유량이 흐르지 않는 경우

| 발생 가능한 원인 | 처리 방안 |
|----------------|---|
| 펌프의 만수가 되지 않음. | -펌프를 분해하여, 부품의 상태를 점검한 후, 펌프를 완전히 만수시킨 후, 다시 구동함. |
| 회전방향이 틀린 경우 | -모터의 권선 바르게 연결되었는지를 점검. |
| 흡입구가 막힌 경우 | -흡입 배관 또는 스트레이너가 이 물질에 의해 막혔는지를 점검함. |

Table 3 접액부에서의 진동 또는 소음

| 발생 가능한 원인 | 처리 방안 |
|--------------------------|--|
| NPSHa 값이 불충분할 경우 (캐비테이션) | -운전 유량에서 시스템에 대한 NPSHa 값을 재계산하여 펌프 업체에서 제시한 NPSHr값과 비교함. -NPSHr값이 NPSHa 값 보다 클 경우, 펌프 흡입측 |

| | |
|--------------|---|
| | 배관의 손실이 최소화될 수 있도록 재 설계해야 함. |
| 복잡한 흡입 배관 구성 | -유체의 유입 시, 흡입조건이 원활하게 될 수 있도록, 흡입 배관을 재설계함. |
| 임펠러의 마찰 | -임펠러와 다른 부품간의 간극 점검. -축의 엔드 플레이 점검. |

Table 4 구동부에서의 진동 또는 소음

| 발생 가능한 원인 | 처리 방안 |
|---------------------------|---|
| 베어링 오염에 의한 베어링 손상 | -베어링 하우징 내부의 오일을 점검 및 베어링 교체 후, 하우징 내에 이물질이 침입하지 않도록 함. |
| 축 방향 및 반경방향 하중에 의한 베어링 손상 | -베어링의 내륜, 외륜에 발생된 결함이 있는지를 확인함. 새 베어링으로 교체함. |
| 축 정렬 불량 | -축 방향 진동 크기가 반경방향의 50%이상인 경우, 축 정렬상태를 재점검함. |

2.2 화학 공정용 펌프에서 발생한 문제의 유형 분석

본 결과는 2000년부터 약 3년간 당사에서 처리된 A/S 현황을 기반으로 분석한 결과이다. 문제 발생 유형을 크게 4가지 그룹으로 분류화 하였다.

그룹 1: 부품 파손에 의해 펌프의 구동이 완전히 불가능한 경우(Failure, F)

그룹 2: 부품에서 누유 또는 누수가 발생한 경우(Leakage, L)

그룹 3: 시스템 사양과 펌프 사양이 상이한 경우(System, S)

그룹 4: 펌프와 모터에 진동 또는 소음이 발생한 경우(Vibration, V)

4가지 형태로 분류화된 문제 발생현상에 대한 점유율은 Fig.1에 보이는 것과 같다.

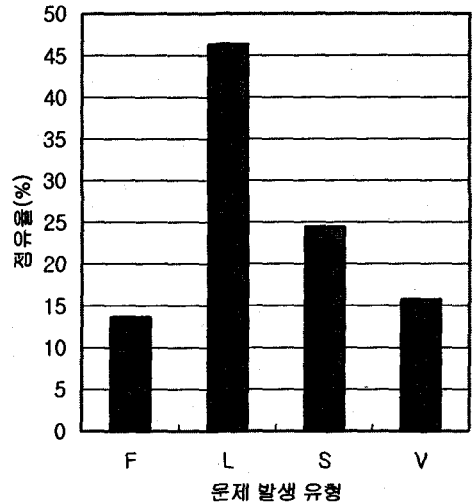


Fig. 1 문제 발생유형에 따른 점유율

화학 공정용 펌프에서 발생하는 문제 유형 중, 46.3%로 가장 높은 비중을 차지하는 부문은 부품에서 누수 또는 누유가 발생하는 경우이다. 누수 또는 누유가 발생하는 유형을 5가지 경우로 세분하면, 다음과 같다.

- ① 슬리브 측에서 누수가 발생하는 경우(Ls)
- ② 베어링 하우징에서 누유가 생기는 경우(Lb)
- ③ 케이싱에서 누수가 생기는 경우(Lc)
- ④ 패킹 측에서 누수가 발생하는 경우(Lp)
- ⑤ 미케니컬시일에서 누수가 발생하는 경우(Lm)

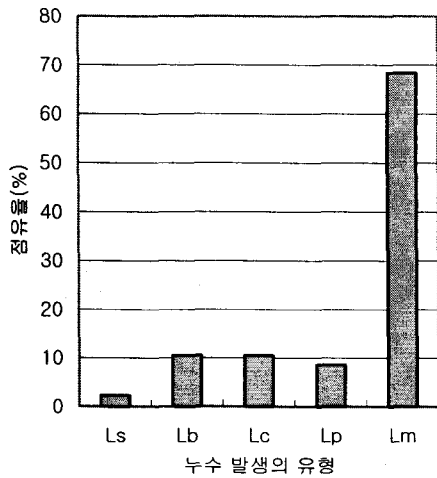


Fig. 2 누수 발생 유형에 따른 점유율

Fig. 2에서 보는 것과 같이, 누수 또는 누유가 발생하는 유형 중, 기계니컬 시일에서 발생하는 누수가 약 68%를 차지한다. 그 원인은 여러 가지가 있지만, 주 원인은 기계니컬 시일의 플러싱 라인에 이 물질이 유입된 경우와 드라이런닝에 의해 실링면이 파괴되어 누수가 발생하는 경우이다. 이 두 가지 경우는 모두 기계니컬 시일 사용자가 주의해서 관리하지 못한 상태에서 발생하는 문제이다.

그리고, 화학 공정용 펌프는 부식 또는 마모를 유발하는 액체를 이용함으로 인해 슬리브나 케이싱과 같은 접액부 부품에 부식이나 마모가 발생하여, 누수가 발생하는 경우도 누수 현상 중 12.5%를 차지한다.

펌프에서 발생하는 문제 중, 그 다음으로 많은 비중을 차지하는 경우는 시스템 사양과 펌프 사양이 상이한 경우이다. 이 경우는 전체 문제점 중, 24.4%의 비율을 차지하고 있다. 문제 발생의 원인은 크게 4가지로 분류 된다.

- ① 동력 초과에 의한 모터 트립(Po)
- ② 요구 양정 미달(Hb)

- ③ 요구 양정 초과(Ho)
- ④ 요구 유량 미달(Cb)

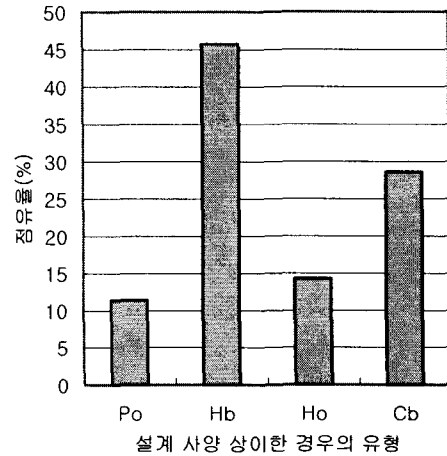


Fig. 3 설계 사양과 상이한 경우의 점유율

Fig. 3에서 보는 것과 같이, 고객에게 공급된 펌프가 고객 요구 운전 사양과 다른 경우 중, 가장 빈번하게 발생하는 경우는 요구 양정과 요구 유량을 펌핑하지 못하는 경우이다. 화학 공정용 펌프의 경우, 양정이 미달되는 가장 큰 원인은 펌프의 부식 또는 마모에 의해 접액부 부품이 손상된 경우이다. 요구 유량이 미달되는 경우에 대한 원인으로서는 흡입 시스템에서 유량이 충분하지 않은 경우와 흡입 배관이나 스트레이너에 이 물질이 막힌 경우가 대부분이다. 또, 동력이나 양정이 초과하는 경우는 배관 시스템 보다 펌프가 과하게 선정된 경우이다. 이런 경우에는 임펠러 외경을 가공하여, 운전 사양을 맞추는 것이 가능하다.

펌프나 모터에서 발생하는 진동에 의한 문제는 전체 중, 15.7%를 차지하며, 대부분의 경우 모터나 펌프 구동부 베어링 손상에 의해서 발생하는 진동이며, 축 정렬 불량에 의한 진동도 빈번하게 발생한다.

마지막으로 축, 임펠러, 기계니컬 시일과 같이 회전하는 부품이 잘못된 운전으로 인해 파손된 경우가 전체 문제점 중, 13.6%를 차지하고 있다.

3. Trouble 사례 분석

3.1 온도 상승에 의한 마그네틱 펌프 손상

본 사례의 경우는 초기 운전 시작 후, 약 1개월 동안 문제 없이 운전되었다. 그러나, 공장 시스템 정비를 위해, 가동 중인 펌프를 shutdown 하는 과정에서, 작업자가 제어실에서 자동으로 조작 가능한 펌프만을 shutdown하고, 배관에 장착된 모든 밸브를 닫아 버렸다. 본 사례의 펌프는 장착된 곳은 자동제어 장치가 없는 관계로 수동으로 운전을 조작하게 되어 있었으나, 작업자가 shutdown 하는 것을 잊어버리고, 약 7 시간 후, 펌프가 운전 중인 것을 발견하고, 펌프를 중지 시켰다. 그 후, 공장 시스템 정비를 완료한 후, 마그네틱 펌프를 다시 운전시켰으나, 펌핑이 불가능하였다. 펌프와 운전 사양은 Table 5와 같다.

펌프를 분해한 결과, Fig. 4와 Fig. 5와 같이 접액부의 부품의 색깔이 고온에 의해

변색이 되어 있었으며, 내부 SiC 재질의 베어링이 파손되어 있었다. 또, 마그네틱 펌프의 구동원인 자석의 자력이 초기 자력의 약 5% 이하로 떨어져 있었다.



Fig. 4 고온에 의한 임펠러 변색

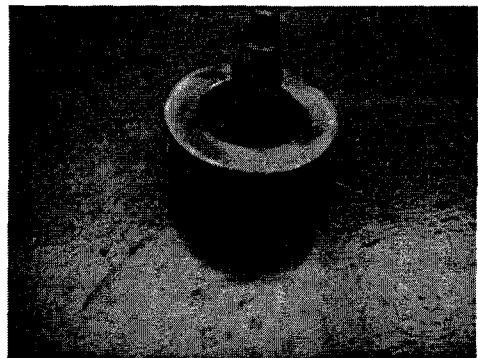


Fig. 5 고온에 의한 내부 자석부 변색

Table 5 운전 사양

| 펌프 종류 | Horizontal End Suction Magnetic Pump |
|--------|---|
| 펌프 크기 | 1K 3X1.5-8 |
| 임펠러 외경 | 7.625 in |
| 회전수 | 3500 rpm |
| 액 성 | 38℃ 공업용수 |
| 운전 유량 | 25 m ³ /hr |
| 운전 양정 | 76 m |

본 사례의 경우는 배관에 장착된 밸브가 완전히 닫힌 상태에서 7시간 운전함으로 인해, 펌프 내에서 펌핑 액의 온도가 상승하게 된 것이 펌프 파손의 원인이다. 이 과정에서 마그네틱 펌프는 고온에 의해 자력을 완전히 상실하게 되었으며, 내부 접액부 측은 열 팽창에 의해 장착되어 있던 SiC 베어링을 파손시켰다. 자력이 완전히 손상된 것으로 판단해 볼 때, 온도는 약 140℃ 이상 상승한 것으로 추정된다.

3.2 흡입 배관 스트레이너 막힘에 의한

유량 미달 사례

본 사례는 펌프 납품 후, 시운전 과정에서 나타난 문제점으로, 모터가 정상회전수로 회전함에도 불구하고, 시스템에서 요구되는 유량에 미달되는 현상이 발생한 경우이다.

펌프와 시스템에 개략적인 구성은 Fig. 6과 같다. 펌프 보다 4m 위에 있는 흡입 탱크의 액체를 약 15 mm 위에 있는 토출 탱크로 이송을 하는 것으로 구성되어 있다.

흡입 측에는 펌프의 유지 보수를 위해 사용되는 밸브와 스트레이너가 장착되어 있으며, 토출에는 압력 조절을 위한 밸브가 장착되어 있다.

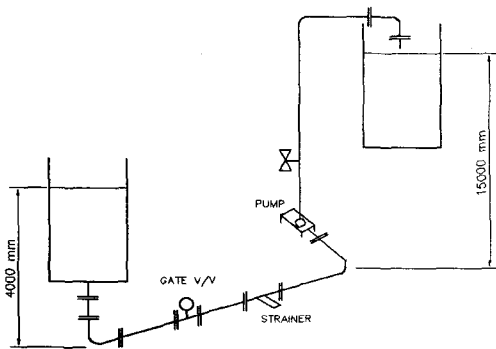


Fig. 6 펌프와 시스템 개략도

완전 펌핑 불능이 아닌, 유량 미달 현상이 발생됨에 따라 펌프의 흡입측에 이상이 있는 것으로 판단하여, 흡입측 조건을 검토하였다. 흡입 탱크가 펌프 보다 높게 위치하고 있었기 때문에 NPSH 문제는 아닌 것으로 판단하였다. 펌프 흡입측에 있는 밸브를 잠그고, 펌프를 분리한 후, 흡입측 밸브

를 열어 보았다. 정적 흡입 수두에 의해 많은 유량이 순간적으로 흘러 나오다가 유량이 줄어드는 현상을 보였다. 따라서, 흡입측이 막힌 것으로 판단하여 스트레이너를 분해한 결과, 미세한 메쉬의 스트레이너에 탱크와 배관 작업에서 발생한 용접 찌꺼기가 막혀 있었다. 스트레이너를 청소한 후, 펌프를 재 가동한 결과 원하는 유량과 양정을 충족시킬 수 있었다.

6. 결론

이상에서 화학 공정용 펌프에서 발생 가능한 문제의 유형에 대한 원인, 처리방안을 기술하였고, 실제 빈번하게 발생하는 문제에 대해 살펴 보았다.

실제 발생된 문제점을 분석해 본 결과, 펌프 제조자 측에서 공급된 펌프의 품질 불량에 의한 문제들 보다는 펌프를 사용하고, 유지 보수하는 사용자의 부적절한 운전에 의해 많은 문제가 발생하고 있음을 알 수 있다.

특히, 펌프 누수에 가장 큰 비중을 차지하는 미케니컬 시일의 파손에 의한 문제는 플러싱액에 이물질이 공급되지 않도록 하며, 드라이 런닝이 되지 않도록 주의하는 경우, 펌프 문제의 약 30%를 줄일 수 있다.

참고 문헌

1. DURCO Company, 1995, "MARK III Installation, Operation, and Maintenance", pp.18~21.