

## 쌍원통 펌프의 소개

나필찬\*

### 1. 서 론

우리는 생활주변에서 많은 펌프를 접하고 있다. 그 옛날 더운 여름 우물가에서 물 장난칠 때 등장하는 수지식(手指示) 펌프부터 시작하여 현재의 자동차에 장착된 고압펌프에 이르기 까지 알게 모르게 펌프의 도움을 많이 받고 있다. 우리 가정의 보일러, 냉장고, 에어컨 등에도 있고 집밖을 나가면 아파트의 급수펌프, 지하주차장의 배수펌프, 생활에 관련된 정수장, 하수처리장 및 기간산업의 발전소, 제철소, 석유화학 등 크고 작은 곳에서 안 쓰이는 곳이 없다. 펌프의 쓰임새가 많이 있듯이 펌프의 종류 또한 많이 있다. 크게는 터보식과 용적식으로 분류되지만 각각의 형식안에는 펌프의 형태, 운동방법, 용도, 재질에 따라 여러 가지로 나누어지고 있다. 현대사회는 펌프의 성력화, 효율화, 환경안전 등에 관하여 많은 요구를 한다. 이에 따라 각 펌프메이커는 많은 연

구개발을 하고 있다. 여기에 당사에서 1994년에 개발하여 1996년부터 상품화가 이루어진 쌍원통 펌프를 소개하고자 한다.

### 2. 쌍원통 펌프란?

쌍원통 펌프는 용적식 펌프의 일종으로 요동 피스톤형 펌프이다. 1994년 국내에서 개발되어 국내특허 및 미국 일본, 유럽10개국 등의 특허를 획득하였고 세계지적재산권기구(WIPO)에서는 구동 메커니즘에 대한 아이디어의 독창성을 인정하여 WIPO금상을 수여한 적이 있고 과학기술부에서는 장영실상을 수여한바가 있다. 쌍원통 펌프는 환경분야 및 석유화학분야에서 그 성능을 인정받아 많은 곳에 적용되고 있으며 현재 트윈펌프 등으로도 불려지고 있다.

### 3. 쌍원통 펌프의 펌핑원리

중양에서 연결된 두개의 큰 원통형 실린더 안에 그보

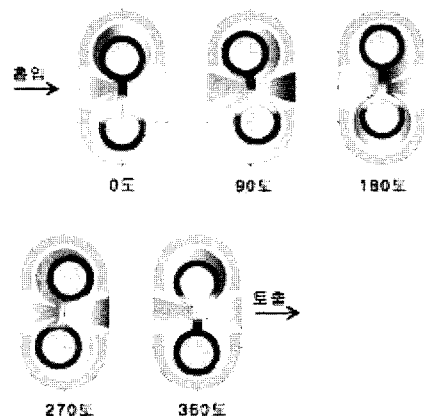


Fig. 2 쌍원통 펌프의 펌핑원리

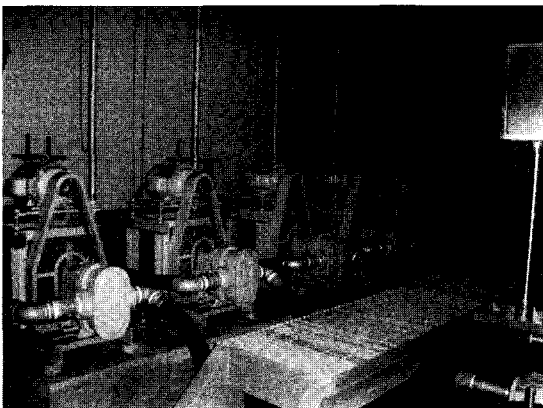


Fig. 1 쌍원통 펌프의 외관

\* 주식회사 필텍 대표이사  
E-mail : philtop@philtex.co.kr

다 작은 링크형 피스톤을 넣고 Fig. 2와 같이 피스톤의 외면이 실린더의 내면을 타고 움직이도록 하면 피스톤과 실린더의 접촉점을 기준으로 내부의 체적이 변화하게 된다. 체적의 변화에 의하여 펌프내부로 유입된 유체는 피스톤의 회전방향으로 밀려나가게 되어 펌핑이 이루어진다.

쌍원통 펌프는 실린더와 피스톤사이의 비어있는 용적으로 토출량이 정해지며 식으로 표현하면 다음식과 같다.

$$Q = \left( \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \right) \times l \times 2$$

여기서  $Q$  = 1회전당 토출량 (cc)  
 $D$  = 실린더 내경 (mm)  
 $d$  = 피스톤 외경 (mm)  
 $l$  = 실린더 폭 (mm)

일반적인 회전당 토출량은 (cc)로 표시하며 펌프용량은 1회전당 토출량에 회전수 (rpm)을 곱하여 필요한 단위로 환산하면 된다.

#### 4. 쌍원통 펌프의 작동원리

쌍원통 펌프는 두개의 편심축과 편심축에 연결된 링크형 피스톤, 링크형 피스톤을 구동시키기 위한 기어시스템으로 구성된다. Fig. 3에서 보듯이 두 편심단에는 링크형 피스톤이 연결되어 있으며, Fig. 4의 상태1에서 축간거리와 편심단의 편심축거리 A는 같다. 상부축이 90도 회전하면 기어에 의하여 하부축도 반대방향으로

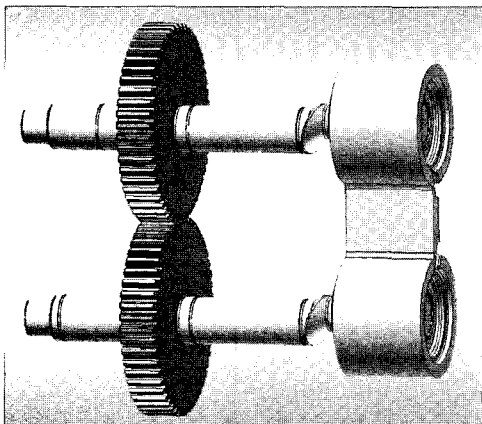


Fig. 3 축의 구성상태

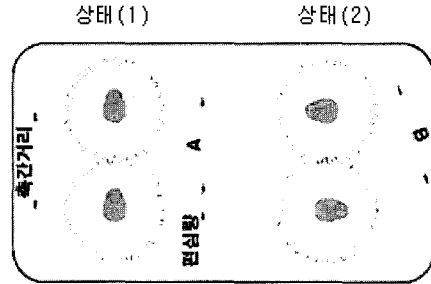


Fig. 4 편심축거리

90도 회전하게 된다. (상태2) 이때 편심단의 편심축거리는 B가 되며 회전전의 상태 A와 90도 회전 후 상태 B의 거리는 다르게 된다.

축간거리를 C라하고 편심량을 R이라 하면 상태 1에서는 편심축거리 A=C가 된다. 상태 2에서

$$B = \sqrt{((2 \times R)^2 + C^2)} \text{ 이므로}$$

$$A \neq B \text{ 이 된다.}$$

구동축의 회전각을  $\theta$ 라하면 임의 위치의 편심축거리 B는  $\sqrt{((2 \times R \times \sin\theta)^2 + C^2)}$  로 된다.

즉 구동축의 회전각에 따라 편심축거리는 sin함수에 의하여 그 길이가 결정되어지게 됨으로 구동시 수시로 변하게 된다.

그러므로 편심단에 링크형 피스톤을 장착하면 기구학적으로 구동할 수 없는 제품이 된다. 참고로 이와 유사한 구조로 1903년 미국인 J.C. WHATON이 발명한 ROTARY ENGINE과 1912년 독일인 E. DEMBOWSKY가 발명한 ENGINE, 1936년 스웨덴인 G.R. LINDBERG가 발명한 PUMP, 1952년 미국인 R.R. WITHRELL가 발명한 PUMP UNIT 등이 있었으나 위의 편심축거리가 수시로 변하는 문제를 효과적으로 대응하지 못하여 사장되고 말았다.

쌍원통 펌프에서는 이 문제점을 편심타원기어를 이용하여 해결하였다. 편심타원기어를 사용하게 되면 구동축의 원동기어가 등속 회전할 때 피동축의 종동기어는 등가속, 등감속 운동을 하게 된다.

Figure 5에서와 같이 원동기어가 90도 회전할 때 종동기어는 등감속 운동을 하여 90도 보다 작은 각을 회전하게 된다. 계속하여 원동기어가 90도에서 180도로 회전하면 종동기어는 등가속 운동을 하여 90도 보다 많은 각을 회전하여 180도까지 회전하게 된다.

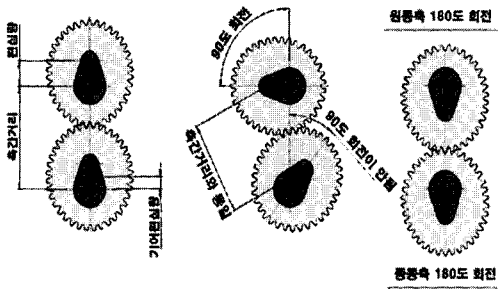


Fig. 5 쌍원통 기어 시스템

이 때 축의 편심량과 기어의 편심량과의 관계를 특정한 조건으로 맞추어 주면 편심단 간의 편심 축거리는 회전시 항상 일정하게 되어 링크형 피스톤을 장착하여도 기구학적으로 무리가 없는 자연스런 회전을 할 수 있게 된다. 이것이 쌍원통 펌프를 가능하게 하는 기어 시스템이다. 이러한 작동의 형태에서 얻어지는 특징은 다음과 같다.

첫째, 접액부의 마찰거리가 매우 짧게 된다. 그 이유는 마찰거리가 회전식 펌프는 실린더경의 원주길이와 같고 쌍원통 펌프는 편심량을 반경으로 하는 원의 원주 길이가 된다. 예로 실린더 직경이 100 mm인 경우 쌍원통 펌프의 편심량은 10 mm 정도이므로 마찰거리 비율은 100:20 즉 쌍원통 펌프의 마찰거리는 회전형에 비해 1/5 이 된다. 따라서 단순비교로 부품의 내구성 수명은 5배 정도 차이날 수 있으므로 마모성이 심한 종류의 유체 이송에 있어서 펌프의 수명은 대단한 차이를 보이게 된다.

둘째, 기계적 운동 형태가 반구름 운동이다. 실린더와 접하는 피스톤의 운동은 반구름 운동을 하므로 피스톤이 실린더 내면에 눌러는 힘이 작용하더라도 피스톤이 구름운동을 하므로 동작이 가능하고 마찰동력 손실은 그다지 증가하지 않으나 회전형의 경우는 누르는 힘이 모두 마찰저항으로 됨으로 동력손실이 매우 커지며 마모가 극부적으로 급격히 증가한다. 이 또한 수명에 막대한 영향을 주게 된다.

셋째, 펌핑부가 회전하지 않는다. 피스톤이 실린더 내벽을 타고 요동운동을 한다. 상부 실린더와 하부실린더에서 180도 위상차이를 가지고 요동운동을 함으로 회전하지 않음에도 연속적인 펌핑이 가능하다. 회전운동을 하지 않으므로 끈 종류가 유입되어도 감기지 않으므로 트러블 요인이 적다.

이와 같은 동작특성으로 쌍원통 펌프는 실린더와 피스톤 간에 조립틈새를 두지 않아도 된다. 고무 피스톤의 경우는 조립틈새 없이 오히려 누림량을 많이 가져가도

무리가 없으며 이것은 제적효율을 증가시켜 펌프의 정량성을 우수하게 하고 흡입력을 진공펌프와 같은 -740 mmHg 정도까지 발휘하게 한다.

또한 마찰거리가 적어 발열이 적기 때문에 피스톤을 고무재질로 사용이 가능하고 일정시간 이내로 공운전이 가능하다. 이러한 특징은 관로가 비워지고 마중물을 채울 수 없는 환경에서의 펌핑도 가능하도록 한다.

## 5. 쌍원통 펌프의 구조

쌍원통 펌프는 Fig. 6과 같이 크게 축봉부, 펌핑부, 구동부 3부분으로 나누어지며 축봉부와 펌핑부를 접액부라고 한다.

### 5.1. 구동부

구동부는 축과 기어 기어박스로 이루어지며 구동기에 시스템에 의하여 편심축거리를 유지하면서 펌핑부의 피스톤을 운동시킨다.

### 5.2. 펌핑부

펌핑부는 실린더와 피스톤, 그리고 실린더의 측벽인 Wear Plate로 구성되며 피스톤은 실린더의 내벽을 타고 반구름 운동을 한다. 피스톤의 운동에 의하여 형성된 실린더와 피스톤사이의 공간에 유체가 흡입되어 토출되어진다.

피스톤은 스틸, 테프론, 고무 등으로 제작되며 고무 피스톤인 경우는 피스톤 내부에 스틸인서트가 삽입되고 외부에 고무를 코팅한 것으로 흡입력이 극대화 되었고,

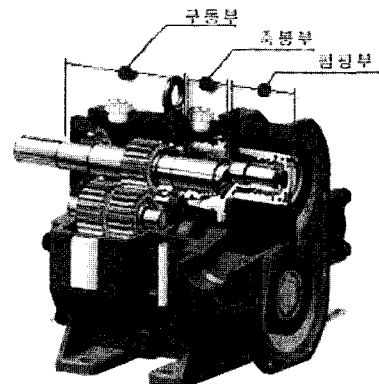


Fig. 6 쌍원통 펌프의 구조

슬러지 등의 이물질에 잘 적응한다. 또한 피스톤에는 새로운 방식인 전면 코팅기술을 적용시켜 내구성을 향상시키고 펌프의 신뢰성을 높였다. 펌프의 측벽인 Wear Plate는 고급재질을 사용하여 내구성을 극대화시켰으며 양쪽 면을 교대로 사용할 수 있도록 하여 유지관리비를 감소시켰다.

### 5.3. 축봉부

축봉부는 펌핑 유체가 축을 통하여 외부로 유출되지 않도록 막아주는 부분으로 미캐니컬 실로 구성되어 있다. 쌍원통 펌프에서는 미캐니컬 실 부위에 관리용 유창을 두어 씰에 이상이 발생하였을 시 육안식별이 가능토록 하여 누설에 의한 2차, 3차 문제를 사전에 방지할 수 있다.

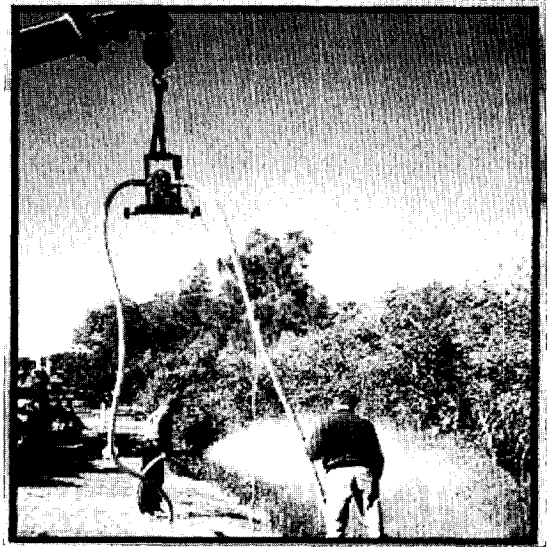


Fig. 7 흡입력시험

## 6. 쌍원통 펌프의 특징

쌍원통 펌프의 주요한 특징으로는

- (1) 흡입력이 아주 우수하다.
- (2) 정량이송능력이 우수하다.
- (3) 이송유량조절이 자유롭다.
- (4) 악조건 of 액체에서 우수한 성능을 발휘한다.
- (5) 혼합물의 유체이송이 가능하다.
- (6) 공기가 혼입되어도 펌핑이 가능하다.
- (7) 운전이 조용하여 소음을 발생하지 않는 점 등을 들 수 있다.

## 7. 쌍원통 펌프의 실 적용사례

(1) 뛰어난 흡입력 (-740 mmHg)

- ① 적용 전 : 깊이가 깊은 저장조의 바닥을 청소하는 경우 저장조 바닥에 잔류하는 슬러지를 흡입하는 것이 불가능
- ② 적용 후 : 물을 기준하여 수직 9.5mH까지 흡입하여 펌핑할 수 있으므로 저장조의 상부로 호스를 투입하여 잔류물까지 흡입할 수 있다.

(2) 축산분뇨 슬러지 이송

- ① 적용 전 : 수중펌프 사용 시 이송거리가 짧으며 또한 분뇨의 점도가 높은 경우 펌핑 불가능하고 가축의 털 등으로 인한 잦은 고장과 짧은 내구성. 차량 수거 시 높은 비용발생과 펌핑을 위한 희석물

의 투입이 많음.

- ② 적용 후 : 이물에 대한 적응성이 높으며 분뇨의 점도에 상관없이 펌핑할 수 있다.

(3) 살수용

고압이송이 가능하고, 진동이 없어 이동용으로 가능하여 작은 차량에 탑재하여 살수용으로 사용

예) 고양정 스프링클러용, 산림청, 고지대양수용, 소방서에서 사용이 가능

(4) 오폐수처리장 혼합물 이송

크기가 작은 고품물이 포함된 혼합물을 이송하더라도 내구성이 뛰어나 기존의 펌프보다 수명이 길고, 용적식이라 막힘 현상과 배관 폐색현상으로 인한 배관의 교체가 필요 없다.

(5) 슬러지 펌핑

- ① 적용전 : 원심 또는 모노펌프 사용시 공회전이 불가하고, 유체에 입자성이 있을 경우 심한 마모가 생김.
- ② 적용후 : 마모도가 1/5로 적고 공기가 유입되어도 펌핑이 가능하여 스킵 제거용으로도 사용하며, 용량에 비해 크기가 적어 이동식으로도 사용가능하다.

(6) 고점도 이송

흡입력과 토출압이 높아 고점도의 이송이 가능하며,

이때 발생하는 맥동이 적고, 진동이 적다.

(7) 마중물을 채울수 없는 조건

잔류물 제거를 위하여나 또는 특정한 조건에 의하여 펌프에 마중물을 채울 수 없거나 최소화 하는 것이 필요한 경우가 있다, 이 경우 다른 펌프로는 불가능 하나 쌍원통 펌프는 진공펌프와 같은 흡입력을 갖추고 있으므로 마중물이 없이 건식 자흡이 가능하다.

## 8. 쌍원통 펌프의 사용처

쌍원통 펌프는 개발초기에 축산농가의 축산분뇨 이송용으로 사용되어 왔으나 현재에는 많은 인지도에 의하여 정수장, 하수처리장시설의 슬러지 및 약품 이송용에 주로 사용되고 있다.

또한 점성체의 이송이 필요한 식품업체, 정유업체, 사료업체 등에서도 많이 사용되고 있으며 마모성 제철 슬

러지가 혼합된 제철 슬러지 이송, 반도체 업계의 웨이퍼 가공용 연마제 이송 등 펌핑이 어려운 액질 등에서도 많이 이용되고 있다. 뿐만 아니라 이물(異物)에 대한 내구성이 좋아 각 산업체의 생산현장, 폐수처리장 시설 등에서 각광을 받고 있으며 2005년 말부터 한층 더 업그레이드 된 제품을 출하하여 다양한 사용처에 적용되고 있다.

이상으로 새로운 펌프로 그 성능을 인정받고 있는 용적식 펌프인 쌍원통 펌프에 관하여 설명하였다. 기존에 짧은 수명으로 유지관리가 많이 들어가는 곳, 사용 시 잦은 트러블로 사용자의 불만이 많이 발생하는 곳, 작업성 향상을 위하여 펌프를 적용하고 싶었으나 조건을 맞출 수 있는 펌프가 없어서 적용하기 못한 곳 등에 쌍원통 펌프를 새로이 검토해볼 필요가 있을 것이다. 본 기술(記述)을 통하여 유체기계분야 관련 기술자에게 새로운 정보를 제공하는 계기가 되고 펌프의 선정 및 유지관리에 많은 도움이 되기를 기대한다.