신제품 소개

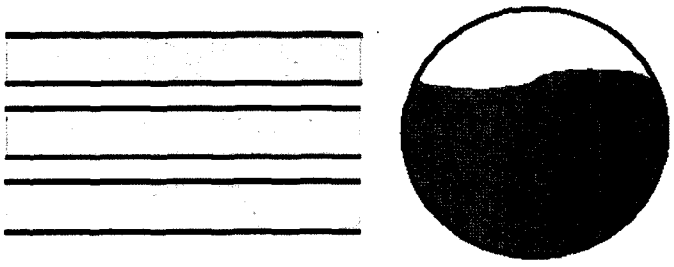
배관 내 공기의 작용과 신개념 공기 밸브

공기를 제어해야하는 목적과 액체 시스템에서 공기의 유해성을 파악하여, 공기 밸브의 올바른 사용을 통해 시스템 효율 증대라는 목표를 이루고자 한다.

최 광 석
연우엔지니어링(주) (younwoog@chollian.net)

액체시스템에서 공기를 제어하는 목적

배관 내 액체가 흐르는 시스템에는 공기가 액체와 함께 존재한다. 배관에서 액체를 배출시키거나 배관으로 액체를 충전시킬 때 공기는 꼭 필요하지만, 시스템이 가동되어 액체가 흐를 때는 시스템에 큰 해를 끼칠 수 있다. 예를 들어 배관에서 빠져나가지 못한 공기가 차 들어오는 액체에 의해 압축되어 높은 에너지에 의한 파열이 발생할 수 있으며, 공기가 캐비테이션(cavitation)을 유발하여 시스템이 손상될 수도 있다. 시스템의 배관에 유체가 **그림 1**과 같이 공기와 함께 흐르게 되면 액체와 공기의 열전달 계수의 차이로 인해 열전달 효율이 감소되고, 배관 내 공기의 단면적만큼 배관의 유효 단면적이 감소되어 밸브가 부분적으로 닫혀있는 효과를 일으켜 배관단면효율을 감소시키기도 한다. 이러한 공기의 작용으로 펌프의 효율이 감소되고, 유량 측정 시 정확도가 떨어지게 된다. 또한 공기 속에는 산소가 들어 있어 시스템의 금속 부품이 산화되는 부식이 일어나기도 한다.



[그림 1] 배관 내 공기의 형태와 공기가 있는 배관의 단면

전술한 시스템에 미치는 여러 가지 유해성 때문에 시스템에서 공기를 적절하게 제어해야 할 필요가 있다.

공기를 제어하여 배관의 효율을 증대시키고 시스템이 안전하게 유지되도록 해 주는 장치가 바로 공기 밸브이다. 공기 밸브는 오리피스의 형태에 따라 크게 다음의 세 가지로 구분된다.

공기 밸브의 세가지 주 형태

첫째로 라지 오리피스 공기 밸브(large orifice air valve)는 오리피스의 구경이 큰 밸브이다. 한 번에 많은 공기를 흡배기 할 수 있지만 고압의 공기에는 플로우트가 동작하지 않을 수 있으며, 공기가 배출되는 속도가 빨라 플로우트가 오리피스를 '쾅'하고 때리는 슬램(slam)동작이 자주 일어난다. 이 슬램 동작은 시스템에 워터해머 현상을 유발시킬 수 있다.

일반적 개념의 공기밸브로, 라지 오리피스 밸브처럼 많은 양을 소화하지는 못하지만 유속의 변화를 최소화하여 슬램을 일으키지 않게 한 스몰 오리피스 공기 밸브(small orifice air valve)가 두 번째 형태의 공기 밸브이다. 대용량이 필요치 않은 곳에서 라지 오리피스 밸브의 단점을 보완하여 사용될 수 있지만 오리피스의 구경이 작아 이물질에 의

해 막힐 우려가 크다.

마지막 형태는 전술한 두 오리피스를 조합하여 단점을 보완한 새로운 개념의 공기밸브로 조합 공기 밸브(combination air valve)라 부른다. 이 밸브는 대량의 공기를 사각형 형태의 큰 오리피스와 작은 오리피스가 결합된 형태이다. 처음에는 큰 오리피스를 통해 많은 공기를 배출하다가 큰 오리피스가 닫히면 나머지 공기를 작은 오리피스로 배출하여 갑작스럽게 플로우트가 올라오는 것을 방지한다. 슬램현상을 최소화하면서도 많은 양의 공기를 빠르게 배출할 수 있는 장점을 가지고 있다.

그림에서 보는 것과 같이 조합 공기 밸브는 앞의 두 밸브와 단순히 오리피스의 형태만 다른 것이 아니라 오리피스의 개폐 방식에도 차이를 보인다.

신개념 공기 밸브의 구조적 특징

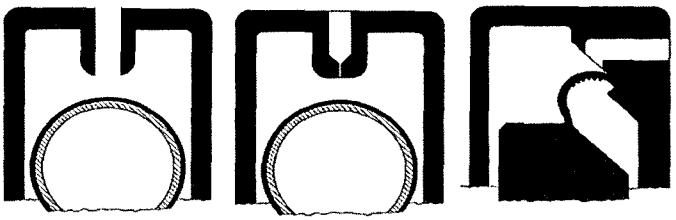
신개념 공기 밸브의 오리피스를 개폐하는 방식은 기존 공기 밸브의 플로우트가 수직으로 움직이는 완전 개방, 완전 폐쇄의 형태가 아닌 플로우트가 올라감에 따라 플로우트에 연결된 덮개가 오리피스를 서서히 덮어가는 형태이다. 따라서 밸브 전후단의 갑작스런 압력변화가 없어 부드럽게 열리고 닫힐 수 있는 안정적 구조를 가지고 있다. 즉, **그림 3**처럼 밸브를 개폐하는 데 저항이 작다고 말할 수 있다.

공기 밸브의 동작

폴리프로필렌 플로우트를 이용하여 액체와 공기와의 부력차이를 이용하는 방식으로 작동된다. 공기가 차 있는 배관에 액체가 유입되면서 액체에 밀려 공기가 밖으로 나갈 때, 공기는 부력이 작기 때문에 플로우트를 거의 들어올리지 못하여 밸브가 열린 상태에서 밖으로 배출된다. 점점 액체가 차 올라오다가 플로우트와 만나게 되면 플로우트가 부력에 의해 들어올려지면서 밸브를 닫아 액체는 배출되지 않는다. 밸브가 점차적으로 닫히기 때문에 공기는 거의 완벽하게 빠져나간다.

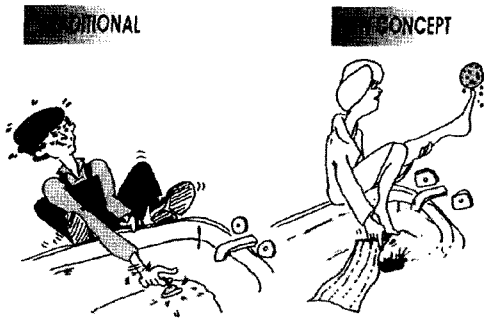
기존의 밸브(스몰 오리피스 밸브)는 오리피스가 작아 이물질이 오리피스를 막는 경우가 발생하지만, 신개념 공기밸브는 이물질이 오리피스를 막을 만큼 작지 않은 직사각형의 형태로 공기가 빠져나가면서 함께 이물질이 배출되는 자체 정화 구조를 가지고 있다.

또한 밸브의 작동 압력 범위 내에서 밸브의 공기 배출 특성이 선형적이며, 고압의 공기에 의해 플로우트가 동작하여 공기의 배출을 방

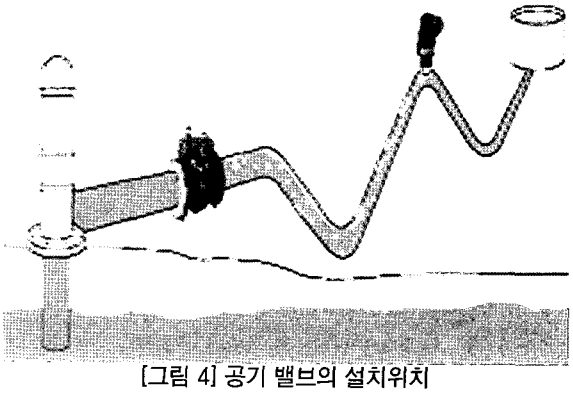


(a) 라지 오리피스 밸브 (b) 스몰 오리피스 밸브 (c) 조합 공기 밸브

[그림 2] 공기 밸브의 세 가지 형태



[그림 3] 공기 밸브의 개념 비교



[그림 4] 공기 밸브의 설치위치

해하는 등의 오동작이 발생되지 않는다.

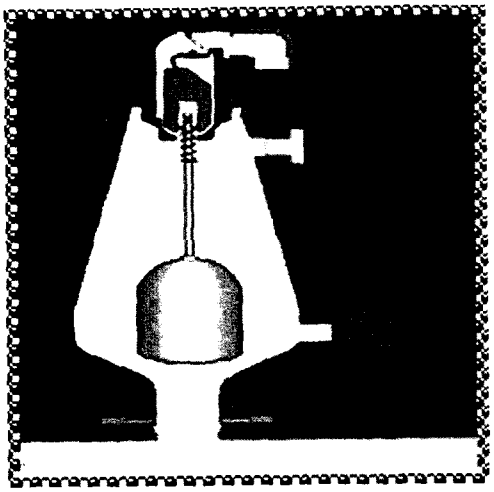
공기 밸브의 설치 위치

공기밸브는 시스템의 특성을 고려하여 반드시 공기를 제거해야 하며 쉽게 제거될 수 있는 곳에 설치해야 한다. 공기가 빠져나가면서 액체가 배관으로 들어오게 되므로 일반적으로 펌프 토출부와 연결된 주관에 설치하며, 시스템에서 분기 부분의 최상단에 설치한다. 또한 압력구배가 천이되는 지점, 파이프의 경사가 바뀌는 부분(특히 급경사의 전후단)에 설치하는 것이 좋으며, 길고 일정한 경사배관의 경우는 매 500 m마다 설치한다.

특수한 공기 밸브

하수용 공기 밸브

전술한 조합공기밸브와 같은 원리로 공기가 배출되기는 하지만, 하수에는 이물질이 많이 들어있어 오리피스가 막힐 수 있으므로 기존 플로우트 아래로 다른 플로우트를 연결하여 하수가 직접 오리피스에 닿지 않도록 한다. 하부 플로우트에 하수가 닿으면 플로우트가 올라가면서 스템이 상부 플로우트를 밀어 밸브가 닫힌다. 특히 밸브 상부에 형성된 에어 갭(air gap)이 액체를 완전히 분리시켜 주고 원추형 모양의 밸브 몸체가 극단적인 상황에서도 에어 갭을 유지시켜 주므로 하수가 상부에 접촉될 가능성은 거의 없다. 또한 스템과 상부 플로우트 사이에 스프링을 연결하여 하부 플로우트 진동에 의해 에어 갭이 파괴되는 것을 방지한다. 깔대기 모양의 하부 몸체는 잔여 오물을 가라앉히고 배출시킨다.



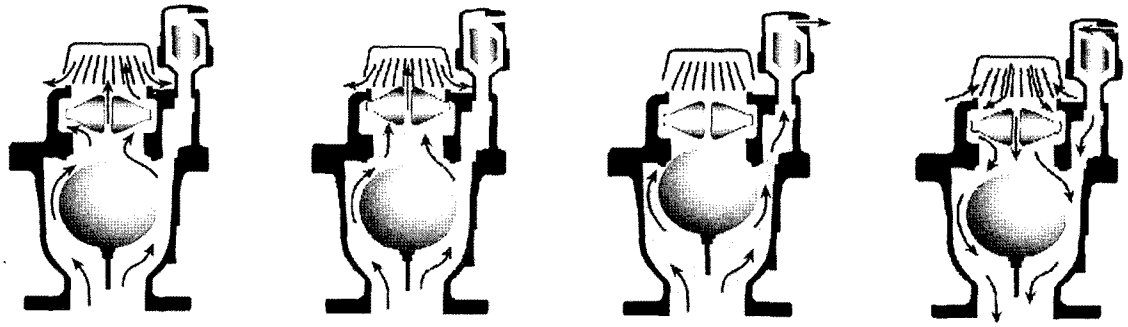
[그림 5] 하수용 공기 밸브

슬램(slam)방지용 공기 밸브

슬램방지용 공기 밸브는 배관에 액체가 급속히 채워지거나 수주분리현상이 일어나는 경우 발생할 수 있는 워터해머 현상을 방지하는 밸브이다.

깊은 우물에서 펌프를 이용하여 지상으로 물을 끌어올릴 때와 같이 배관에 액체가 급속히 채워지는 경우, 빠른 속도의 액체에 의해 가압된 공기는 엄청난 속도로 밸브에 힘을 가한다. 물이 빠르게 차 올라오면서 밸브를 닫게 되면 속도는 갑자기 0으로 줄어 심각한 워터해머의 발생을 유도하게 된다. 이런 현상을 방지하기 위해 슬램방지용 공기밸브는 두 단계에 걸쳐 밸브를 닫는다. 큰 오리피스를 통해 공기가 빠르게 배출되다가 물이 플로우트에 접근함에 따라 큰 오리피스가 닫히고, 작은 오리피스로 공기가 천천히 빠져나가면서 밸브가 닫힐 때 완충작용을 하여 슬램이 방지되고 워터해머는 일어나지 않게 된다.

또한 수주분리가 일어나는 경우, 수주분리는 유체의 유동조건이 변화하면서 정점(apex point)에서 만들어진 진공 공동(vacuum cavity)에 의해 발생하는데, 수주 발생 후 진공상태의 압력이 수주를 잡아당겨 분리된 수주가 서로 충돌하면서 워터해머 파장이 만들어진다. 이 현상은 슬램방지용 공기 밸브를 배관의 정점에 설치하여 해결할 수 있다. 수주분리 현상이 발생되면 공기 밸브는 진공 방울 속으로 많은 양의 공기를 유입하여 부압을 감소시키고, 수주의 방향이 변하여 서로 충돌하려 할 때, 공기 밸브의 양단에 1 m이상의 차압을 생성시켜 공기가 밸브를 통하여 빠르게 배출되도록 한다. 이 때 공기밸브는 공기의 출구를 부분적으로 막으면서 배관에 갇혀 있던 공기를 천천히 배출하고, 천천히 배출되는 이 공기가 충격흡수장치로 작용하여 워터해머가 방지된다.



(a) 밸브동작 1 (b) 밸브 동작 2 (c) 밸브 동작 3 (d) 밸브 동작 4

[그림 6] 슬램 방지용 공기 밸브의 동작

슬램 방지용 공기 밸브의 동작

배관에 액체가 급속히 차 올라올 때 밸브를 통해 외부로 공기를 내보내게 되고 밸브 오리피스에 공기의 차압이 형성된다. (그림 6의 a)

차압이 미리 설정한 수준에 도달하게 되면 오리피스 디스크는 상부로 들어올려져 닫힌다. 물이 플로우트에 닿기 전까지는 오리피스 디스크의 작은 오리피스를 통해서 공기가 조금씩 배출된다.(그림 6의 b)

배관에서 물이 플로우트에 닿아 밸브가 닫힐 때까지 공기가 완충작용을 하여 슬램이 일어나지 않는다. 밸브가 닫히면 오른쪽 상부에 있는 벤티드 체크 밸브 오리피스(vented check valve orifice)가 열려 잔여 공기가 배출된다.(그림 6의 c)물이 배출되면 압력저하로 플로우트는 아래로 떨어지게 되고, 오리피스는 최대로 열려 많은 양의 공기가 유입된다.(그림6의 d)