해수 용존공기 포집용 사이클론 설계에 관한 기초연구

Design of Cyclone for Respiration using Dissolved Air in Seawater

*#박중호[1], 박인섭[1], 윤소남[1], 함영복[1], 허필우[1], 김유창[1]

*#J.-H. Park(jhpark@kimm.re.kr)[1], I.-S. Park, S.-N. Yun[2], Y.-B. Ham, P.-W. Heo, Y.-C. Kim

[1]한국기계연구원 극한기계부품연구본부

Key words : Dissolved air, Cyclone, Respiration, Centrifugal Force, Bubble, Seawater

1. 서론

해수/담수 혹은 유압시스템의 작동유와 같은 기름에는 용존공기가 압축되어 있거나 미세기포의 형태로 존재한다. 이러한 기포는 시스템에 치명적인 악영향을 끼치기도 하지만, 용도에 따라서 유익하게 활용되기도 한다. 펌프시스템의 체크밸브에서 캐비테이션에 의한 기포는 부식과 소음을 발생시키고, 유온 상승효과에 의한 펌프효율 감소의 원인이 되기도 한다. 또한 LCD 판넬과 같은 디스플레이 제조공정에서는 기포 존재 여부가 제품 출하의 당락을 좌우하기도 한다. 반면에 유익한 활용면에서 보면 용존공기부상법을 이용해서 슬러지나 수중 오염물질을 제거하기도 하고, 미세기포를 대량 발생시켜서 선박운항시의 해수저항을 감소시키기도 한다. 최근, 해수 용존기포를 포집하여 기존 산소통을 대체한 호흡장치를 구현함으로써, 장시간 수중에 체류할 수 있는 인공아가미 등에 관한 연구가 이루어지고 있다. 중공섬유나 분리막을 이용한 이러한 연구는 휴대성 측면에서 매우 흥미롭지만, 실용화를 위해서는 포집효율을 향상시킬 필요가 있다.

본 연구에서는, 수중에서의 무산소통 호흡장치 개발을 목적으로, 원심력에 의한 기포분리 및 포집용 사이클론 장치를 제안하고 프로토타입을 설계하고 제작하여 특성실험을 수행함으로써 개발 타당성 여부를 검증하고자 한다.

2. 사이클론 설계 및 제작

원심력을 이용하여 유압시스템의 작동유에 존재하는 기포를 제거하는 연구가 일본을 중심으로 활발히 진행되고 있지만, 본 연구에서 제안하는 호흡장치와 같이 해수에 존재하는 용존기포를 사이클론을 이용하여 발생시키고 적극적으로 포집하는 사례는 보고된 바 없다. 그림 1은 본 연구에서 제안된 호흡장치의 원심력을 이용한 기포 발생과 포집 메커니즘을 나타내고 있다. 펌프를 이용해서 사이클론에 유입된 해수는 선회유동을 함으로써 원심력에 의해서 비중이 가벼운 용존기포가 관로 중심으로 분리되어 나오고 벤트밸브를 이용하여 분리된 기포를 포집하는 원리이다.

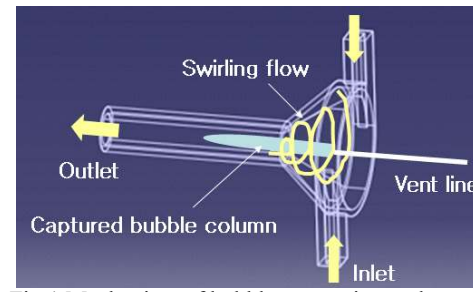

Fig.1 Mechanism of bubble generation and capture

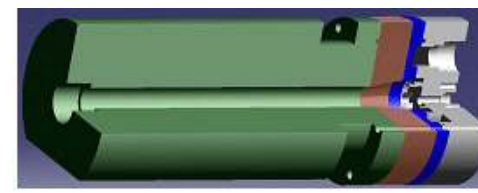

Fig.2 Schematic of designed cyclone

그림 2에는 설계된 사이클론 3D 모델을 나타낸다. 사이클론 유입부를 지나서 선회유동을 활성화시키기 위한 테이퍼 부분의 길이는 23mm이고, 시작부의 직경은 28mm, 끝부분의 직경은 20mm이다. 직선 관로의 길이는 213mm이며, 사이클론은 가시화를 위해서 투명아크릴로 제작하였다. 또한, 사이클론 유입부에는 기포발생의 효율성을 높이기 위해서 그림 3에 나타낸 바와 같이 임펠러의 탈장착이 가능하도록 설계하였다.

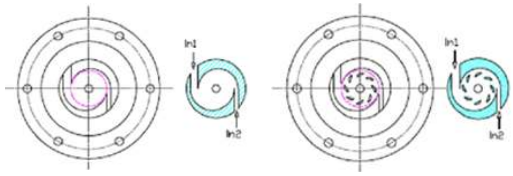

Fig.3 Designed impeller

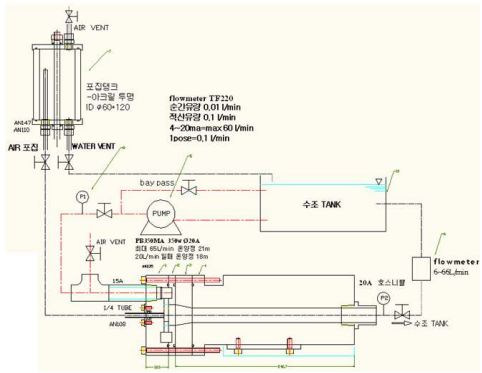

Fig.4 Experimental setup for cyclone

Fig. 5 Constructed experimental apparatus

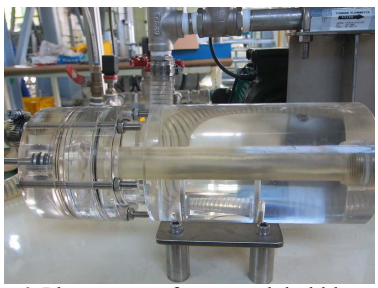

Fig. 6 Photocopy of captured bubble column

그림 4와 그림 5에는 특성실험을 위한 실험장치의 구성도와 실제 구축된 장치사진을 나타낸다. 실험에는 일반 Tap Water를 사용하였고 원심펌프(용량 65l/min)을 이용하여 사이클론에 주입하였다. 사이클론 전후에 압력센서를 장착하고 차압에 따른 포집된 용존공기량을 측정하였다. 유량의

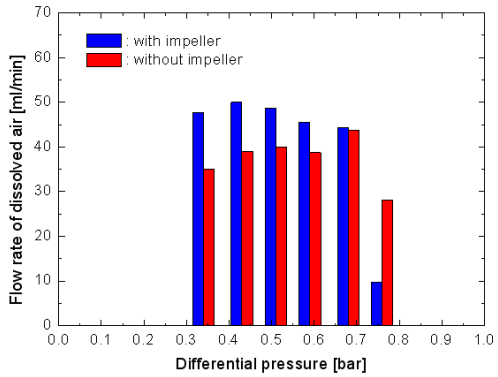

Fig. 7 Experimental results

측정은 부하가 걸리지 않도록 유리튜브에 비눗방울에 의한 막을 형성하여 일정시간 경과 후 이동거리로 산출하였다. 기포포집을 위한 벤트라인의 내경은 4mm이다.

3. 특성실험

그림 7에는 사이클론 내부에서 분리된 기포가 기둥을 형성한 사진을 나타내고, 그림 8에는 임펠러 탈장착에 따른 공기량 특성실험 결과를 나타낸다. 차압이 0.3bar 이하에서는 기포가 분리되지 않으며, 0.8bar 이상에서는 기포가 포집되지 않고 특정 차압범위에서만 포집이 가능하였다. 전반적으로 임펠러를 장착한 경우가 유량이 많음을 확인할 수 있으며, 0.43bar 차압, 18.7l/min의 Tap water 유량에서 50ml/min의 용존공기 포집이 가능하였다.

4. 결론

본 연구에서는 수중에서의 무산소통 호흡장치 개발을 위한 선행연구로서 용존공기 포집을 위한 기포 분리용 사이클론 장치를 제안하고 프로토타입 설계, 제작 및 특성실험을 통해서 50ml/min의 용존공기를 포집하여 타당성을 확인하였다.

후기

본 연구는 2012년 한국기계연구원 창의형 주요사업(KM2870)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

1. 허필우, 박인섭, “마스크형 PSF 중공사막의 용존기체 분리특성”, 한국센서학회 추계학술대회 논문집, PP.104, 2011.
2. R. Suzuki, et al, "Bubble Elimination in Oil for Fluid Power Systems", SAE Technical Paper Series, Paper Number, 982037, 1998.