

진동형 중공사막 모듈에서 산소전달 특성

김기범, 권대규*, 홍성출**, 김민호***, 정경락****, 이삼철*****

전북대학교 화학공학부, 전북대학교 기계공학부*, 전북대학교 의대 미생물학교실
, 전북대학교 흉부외과학교실*, 전북대학교 화학공학부·공업기술연구소****, 한
려대학교 신소재공학과*****

Characteristics of Oxygen Transfer in Actuate Hollow Fiber Membrane Modules

Ki-Beom Kim, Tae-Kyu Kwon*, Seong Tshool Hong**, Min-Ho Kim***,
Gyeong-Rak Jheong****, Sam-Cheol Lee*****

School of Chemical Eng., Chonbuk National University, School of Mechanical Eng.,
Chonbuk National University*, Dept. of Microbiology, Medical School, Chonbuk
National University**, Dept. of Thoracic and Cardiovascular Surg., Medical Schools,
Chonbuk National University***, School of Chemical Eng., Chonbuk National
University·The Research Institute of Ind. Tech., Chonbuk National University****,
Dept. of Advanced Materials Engineering, Hanlyo University*****

1. Introduction

혈관 내 폐 보조장치(IVLAD)는 급성호흡부전(ARDS) 환자를 치료하는데 자연적
인 혈액흐름을 이용하여 부분적인 호흡보조에 사용하기 위하여 연구 중에 있다[1-4].
자연적인 혈액흐름을 이용하는 호흡보조장치는 기체교환을 충분히 하도록 설계가 되
어야 하지만 아직까지는 효율적인 산소전달을 보여주고 있는 보조장치는 없다. 본 연
구에서는 중공사와 용액이 접촉시 중공사의 표면과 용액사이에는 용액의 유속이 0이
되는 정체층이 형성되어 기체교환효율을 감소시키므로 정체층이 형성되지 않도록 하
고 강제대류를 유도하기 위하여 중공사에 가진장치를 연결하였고, 중공사 모듈에서의
최대산소전달특성을 나타내는 가진주파수를 측정하고 호흡보조장치로서의 활용가능
성을 검토하였다.

2. Experimentals

자체 제작한 중공사막 모듈의 모형은 Fig. 1에 나타내었다. 모듈은 2, 3cm의 아크릴관에 중공사 200개를 U자 형태가 되도록 하였으며, 중공사의 총 길이는 120 cm가 되도록 설계하였다. 가진장치는 그림 1에서 나타낸 것과 같이 U자 형태의 중공사 가운데에 복합재료의 판을 연결하고 그 판에 가진장치를 연결하였다. 또 가진장치에서 발생하는 진동결과를 측정하기 위하여 압전센서를 부착하여 Dspace 사의 1104보드로 신호를 얻어 컴퓨터 상에서 실시간으로 신호처리를 하여 가진 정도 및 주파수 특성 실시간으로 분석하였다. 중공사는 약 380 μm OD 와 50 μm 두께의 미세다공성 폴리프로필렌 막(Oxyphane, Enka, Germany)을 사용하였다. 중공사의 기공은 약 4 μm 이며 중공사 표면의 약 45 %를 차지한다.

진동형 중공사 모듈의 산소전달을 측정하기 위하여 Fig. 2와 같이 구성하였다. 사용된 용액은 3차 증류수를 사용하였으며 용액의 온도는 37 $^{\circ}\text{C}$ 를 유지하였고 용액의 산소전달량은 DO meter(YSI, Model 52)으로 측정하였다. 용액의 유량은 1 ~ 6 l/min으로 하였으며 중공사는 15 ~ 150Hz의 주파수로 가진하였다.

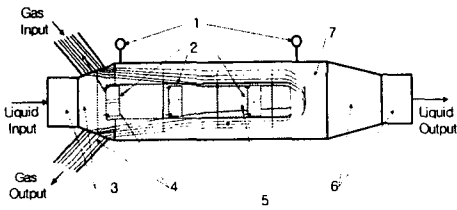


Fig. 1. Detail of the IAL module.
1. Pressure Sensor 2. Actuator 3. Input Cap
4. Hollow Fiber Membrane 5. Polymer Plate
6. Output Cap 7. Main Body

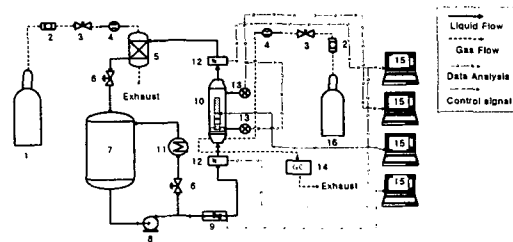


Fig. 2. The *in vitro* bench test system used for pressure drop of test modules.

1. Gas bomb 2. Gas filter 3. Valve 4. Flow meter 5. Deoxygenator 6. Valve 7. Reserver 8. Pump 9. Flow Controller 10. Test module 11. Heat Exchanger 12. Sampling port 13. Pressure Sensor 14. Gas Chromatogaph 15. Computer

3. Results and Discussion

Fig. 3과 4는 가진장치의 압전세라믹에 각각의 세라믹에 DC 전압을 0~100V를 인가했을 경우, 가진 주파수에 따른 증류수의 용존산소량의 변화를 나타낸 그림이다. Fig. 3은 아크릴관의 직경이 20mm, 중공사의 개수는 200개일 때의 용존산소의 변화를 나타낸 그림이며, Fig. 4는 아크릴관의 직경이 30mm일, 중공사의 개수는 200개일 때의 용존산소량의 변화를 나타낸 그림이다. Fig. 3에서는 가진 주파수가 증가하면 용존산소량도 증가하는 경향을 보여주고 있다. 그러나 20 ~ 40Hz에서는 최대의 용존산소량을 보여주고 있다. 또한 Fig. 4에서도 가진 주파수

가 증가하면 용존산소량도 증가하는 경향을 보여주고 있다. 또한 20 ~ 40Hz에서 최대의 용존산소량을 보여주고 있다. 또한 두 그림에서 알 수 있듯이 각각 압전세라믹과 압전센서가 부착된 자유-자유단 판에 DC전압을 가진함으로써, 가진을 안했을 경우보다 용존산소량의 변화 정도는 용액의 유속에 따라 차이는 있지만 20~47%정도이며, 최대 89%의 향상됨을 알 수 있었다. 두 그림에서 알 수 있듯이 주파수가 증가하면 용존산소량은 증가한다. 그러나 어느 특정한 주파수영역에서는 최대 용존산소량을 보여주고 있다. 그 이유는 가진장치가 고정된 판에서의 2차 고유진동수에서 피크가 생성됨을 알 수 있는데 그 경우는 각각의 유체유동장 상태에서 고정판의 2차 고유진동수에 공진을 일으킴으로써 진폭이 크게 되고 그 진동 효율이 중공사 측에 전달됨으로써, 공진이 안되었을 경우보다 기체전달 효율이 크게 나타남을 알 수 있었고, 설계했던 가진장치의 신뢰성을 얻을 수 있었다. 가진장치의 2차 진동 영역은 유동장의 영향에 따라 조금씩 변화하는데 그 이유는 유동장이 가지고 있는 고유 주파수가 가진 주파수와 어떠한 관계를 나타내는가에 따라 변하기 때문이다. 본 연구 결과 각각의 중공사 모듈에서의 최대 용존산소량을 나타내는 주파수 영역은 20~40Hz임을 알 수 있었다.

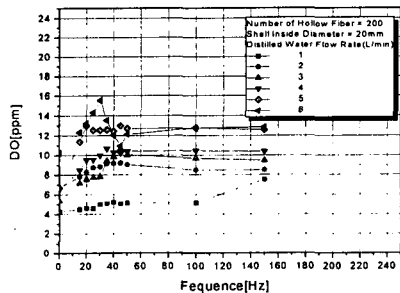


Fig. 3. Dependence of dissolved oxygen at various excited frequency(Number of hollow fiber : 200, Shell of inside diameter : 20mm)

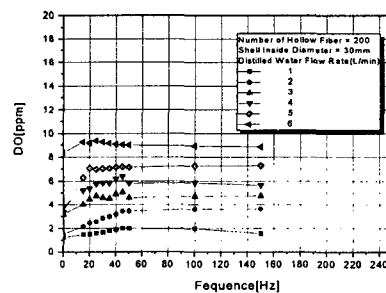


Fig. 4. Dependence of dissolved oxygen at various excited frequency(Number of hollow fiber : 200, Shell of inside diameter : 30mm)

4. Conclusions

중공사 모듈에 부착된 가진장치의 가진 주파수를 증가시키면 증류수의 용존산소량이 증가할 것이라 판단되었으나, 실험 결과는 주파수가 증가하더라도 용존산소량을 증가하다 일정하게 유지됨을 알 수 있다. 또한 어느 특정 주파수 영역에서는 최대의 용존산소량을 나타내고 있다. 그 이유는 최대의 용존산소량을 보여주고 있는 주파수 영역이 20 ~ 40Hz이며 이 주파수 영역에서 가진 장치의 2차

진동이 발생하여 최대 진동이 일어나기 때문이다. 또한 최대 진동이 발생하는 2차 진동영역은 액체의 유동장에 따라 조금씩 변화하는데 그 이유는 유동장이 가지고 있는 고유 주파수가 가진 주파수와 어떠한 관계를 나타내는가에 따라 변하기 때문이다

Acknowledgements

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R02-2000-00385)지원으로 수행되었음.
이에 감사드립니다.

5. References

- 1) V. Nodelman, H. Baskaran, and J. S. Ultman, "*Enhancement of O₂ and CO₂ transfer through microporous hollow fiber by pressure cycling*", *Annals of Biomedical Engineering*, **26**, 1044(1998).
- 2) S. N. Vaslef, K. E. Cook, R. J. Leonard, L. F. Mockros, and R. W. Anderson, "*Design and evaluation of a new, low pressure loss, implantable artificial lung*", *ASAIO J.*, **40**, M522(1994).
- 3) W. J. Federspiel, L. W. Lund, J. A. Bultman, S. Wanant, J. Matoney, J. F. Golob, B. J. Frankowski, M. Watach, P. Litwak, and B. G. Hattler, "*Ex-vivo testing of the intravenous membrane oxygenator(IMO)*", *ASAIO J.*, **45**, 127(1999).
- 4) J. B. Zwischenberger, C. M. Anderson, K. E. Cook, S. D. Lick, L. F. Mockros, and R. H. Bartlett, "*Development of an implantable artificial lung: Challenges and progress*", *ASAIO J.*, **47**, 316(2001).