대한설비공학회 2009 하계학술발표대회 논문집 pp. 0629 ~ 0632

09-S-113

고분자 제습로터의 저온재생 성능시험

이 진 교, 이 대 영*†, 오 명 도**
서울시립대학교 대학원, *한국과학기술연구원 에너지 메카닉스 연구센터, **서울시립대학교 기계공학과

Performance Test of Low Temperature Regeneration Polymeric Desiccant Rotor

Jin-Kyo Lee, Dae-Young Lee*†, Myung-Do Oh**
Graduate School of Mechanical and Information Engineering, University of Seoul, Seoul 130-743, Korea
**Energy Mechanics Research Center, KIST, Seoul 136-791, Korea*
***Department of Mechanical and Information Engineering, University of Seoul, Seoul 130-743, Korea*

ABSTRACT: The polymeric desiccant rotor is made from the super absorbent polymer by ion modification. The moisture sorption capacity of the super desiccant polymer(SDP) is 4 to 5 times larger than those of common desiccant meterials such as silica gel or zeolite. It is also known that SDP can be regenerated even at the relatively low temperature. To fabricate the desiccant rotor, firstly the SDP was laminated by coating the SDP on polyethylene sheet. Then corrugated and rolled up into a rotor. The diameter, the depth, the dimensions of the corrugated channel, etc. were pre-determined from numerical simulation on the heat and mass transfer in the desiccant rotor. The dehumidification performance was tested in a climate chamber. The relevant tests were carried out at the process air inlet temperature of 32℃, the regeneration air inlet temperature of 60℃ and the inlet dew-point temperature of both the process air and the regeneration air of 18.5℃.when the rotation period is long, the moisture sorption is not effective. In the desiccant rotor developed in this study, the optimum rotation period is found about 350s at the regeneration temperature of 60℃. It was found from further experiments that the optimum rotation tends to decreases as the regeneration temperature increases. Meanwhile, the outlet temperature of the process air deceases monotonically as the rotation period increases.

Key words: Super Desiccant Polymer(초흡습성 폴리머), Polymeric desiccant rotor(고분자 제습로터), Optimum rotation period(최적회전주기)

1. 서론

흡습식 제습 냉방시스템은 공기 중의 수증기를 흡습하는 능력을 가진 제습제를 이용한 시스템이다. 이 제습제는 흡습력을 통해 습기를 제거하고, 열이 가해지면 흡수된 수증기가 증발되면서 다시 건조되어 반복 사용할 수 있게 재생된다. 이 시스템은 제습제의 재생과정에 소요되는 열에너지를 이용하여 잠열부하를 처리하므로, 전기에너지를 필요로 하는 기존의 냉각식 제습 시스템보다 훨씬 경제적으로 잠열부하를 처리할 수 있어, 에너지 절약과 실내 공기질 향상의 일견 양립하기

† Corresponding author
Tel.: +82-2-958-5674; fax: +82-2-958-5690
E-mail address: ldy@kist.re.kr

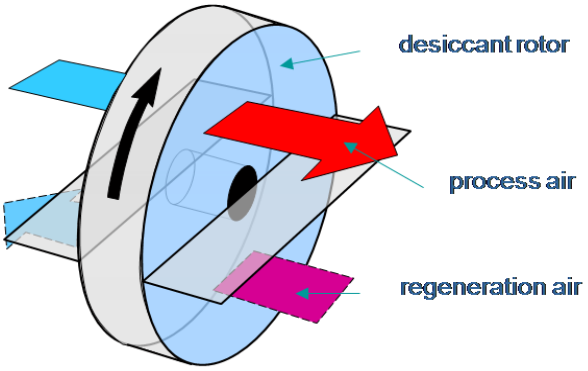


Fig. 1 Desiccant Rotor

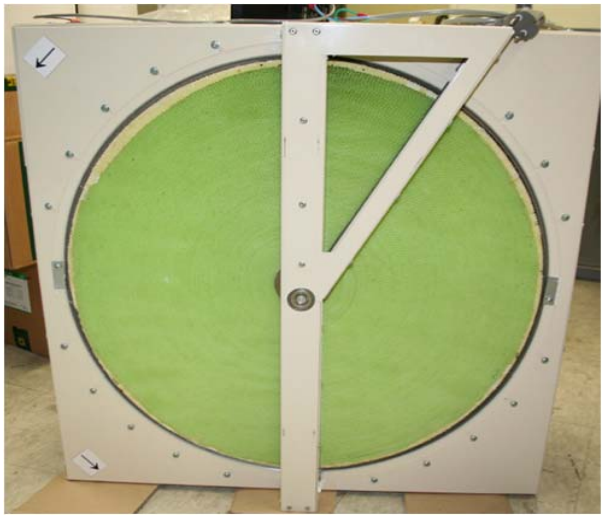
어려운 두 가지 문제를 동시에 해결할 수 있는 잠재력을 가진 시스템으로 주목을 받고 있다. 더욱이 흡습식 제습 시스템과 증발식 냉방시스템을 조합한 흡습식 제습 증발 냉방시스템은 물의 증발잠열을 이용하여 냉방을 공급하므로, CFC 계열 냉매에 의한 오존층 파괴문제와도 전혀 관련이 없는 환경친화적인 냉방시스템이며, 구동에너지로 전기에너지 대신 열에너지를 사용하므로, 하절기 냉방기 가동에 의한 전력수급의 불균형 문제도 해결할 수 있다. 제습제를 재생시키기 위해 소요되는 열은 상대적으로 저온이 활용될 수 있기에 태양열, 지역난방수 등의 이용관점에서 장점을 가지고 있다.

제습로터는 제습냉방시습템의 가장 중요한 구성요소로서, 실리카겔이나 제올라이트 등의 고체 제습제를 벌집모양의 미소구조체를 가지는 휠에 함침시키거나 골판지처럼 생긴 성형지에 코팅한 후 이를 감아말아서 휠 형태로 제작된다. Fig 1은 이의 개략적인 형태로서 매우 많은 채널로 구성되며, 전체적으로는 제습부와 재생부가 일정비율로 구분되어 있다. 수분을 흡수한 제습부는 낮은 속도로 회전하는 제습로터에 의해 고온의 재생부로 들어가 건조되어 제습능력을 회복한 후 다시 제습부로 돌아오는 과정이 반복되는 형태이다

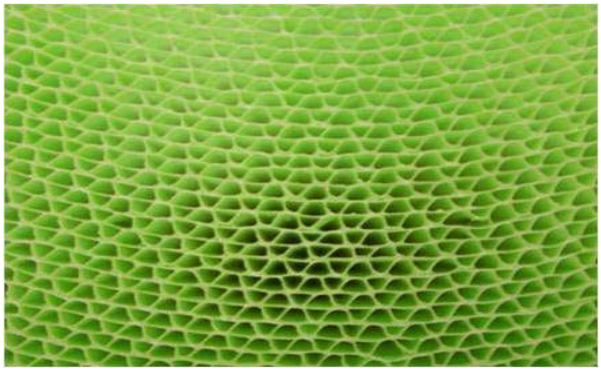
한국과학기술연구원(KIST)에서 초흡수성 고분자(Super Absorbent Polymer, SAP)를 이온 변환(ion modification)을 통해 흡습성이 높은 초흡습성 고분자(Super Desiccant Polymer, SDP)로 개발하였다. 테스트 결과 SDP는 실리카겔보다 4-5배 흡습성이 뛰어난 것으로 나타났다. 본 연구에서는 초 흡습성 고분자(SDP)를 이용한 제습로터의 개발에 대하여 논의한다.

2. 제습로터 제작

본 연구에서는 KIST에서 개발한 고분자 제습재인 초흡습성 고분자(SDP) 제습재료를 0.1mm의 얇은 Polyehtylene sheet 사이에 분포시킨 후 밀착시켜 제습지를 제작하였으다. 이를 폭 200mm의 골판지 모양으로 가공 하였다. 제습로터를 감아서 제작하는데 권취기를 제작하여 제습지가 감겨질 때 장력을 일정하게 하여 제습지가 촘촘하게 감겨져서 밀도가 높게 되고, 크기가 증가하면서 점점 밀도가 낮아지는 문제를 해결하였다. 이렇게 원하는 크기로 조정된 제습지(570mm 직경으로 제작)는 흡습성능을 높이기 위해 이온변환 관정을 거치게 된다. 제습로터의 직경과 공기의



(a) prototype of the desiccant rotor



(b) corrugated air flow channel

Fig. 2 Desiccant Rotor

유동방향의 길이 골판지의 골과 폭, 등의 수치들은 제습로터의 열, 물질전달에 대한 수치해석에 의해 미리 계산하여 결정하였다.

이때 honeycomb 모양의 골판지 내부까지 골고루 흡습성염이 이온변환이 되어야 하므로 이온변환기를 제작하였다. 이렇게 이온변환을 마친 제습로터는 Fig. 2의 그림과 같은 형태로 제습로터 카세트가 제작된다.

제습출구에서의 습도가 최소가 될 때를 최적의 로터 회전속도라고 할 때 제습측과 재생측의 면적비는 0.7로 고정한다. 이는 선행연구[1-2]에서 살펴본 바에 의하면 재생공기 온도가 60℃일때 제습측 재생측의 면적비 0.7이 시스템 입장에서의 시스템의 성능(COP, 냉방용량)을 최대로 한다.

3. 시험방법

제습로터의 성능시험장치는 원하는 조건의 온도와 습도를 일정하게 유지할 수 있는 열환경챔버 내에 설치되었다. 제습로터의 제습입구에 들어가는 공기의 조건은 열환경챔버 내의 조건을 일정하게 유지하여 공기온도를 32℃, 이슬점 온도를 18.5℃로 유지 하였다. 재생입구에 유입되는 공기의 조건은 온수코일을 이용하여 재생공기온도 60℃,이슬점 온도는18.5℃를 유입 하였다. 제습 및 재생부를 통과하는 공기의 유량은 제습측 입구가 840CMH, 재생측 입구가 588CMH 이다.

제습로터에서의 공기상태 변화는 Fig. 3에 나타낸 바와 같다. 이상적인 경우 제습부분 출구공기의 상태(③′)는 제습부분 입구공기(①)와 엔탈피가 같고, 재생부분의 입구공기(②)와 상대습도가 같은 상태이다. 그러나 실제 제습부분 출구공기의 상태(③)는 재생부분으로부터의 열유입과 제습재의 유한한 흡습능력으로 인하여 점①③′②④′로 이루어진 도형의 안쪽에 위치 하게 되고, 재생부분 출구공기의 상태(④)는 제습부분과의 수증기량 보존 및 에너지평형 관계에 의해 결정되어진다.

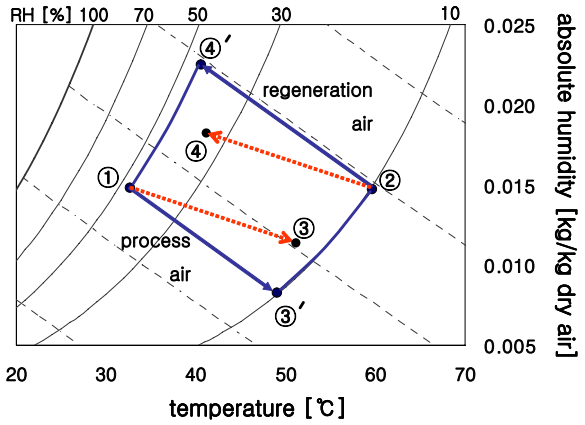


Fig. 3 Operation characteristics of the desiccant dehumidifier.

4. 시험결과 및 분석

Fig. 4 는 로터 회전속도에 따라 제습측 입구와 출구의 이슬점 온도 차를 수치해석과 시험을 한 결과를 정리한 그래프 이다. 제습로터 시험 및 수치해석시에 제습로터의 입구와 출구의 공기상태 조건은 제습공기 입구온도는 32℃, 입구 이슬점온도는 18.5℃, 재생공기 입구온도는 60℃, 입구 이슬점 온도는 18.5℃로 설정을 하였다. 시험을 하기전에 미리 수치해석을 하여 제습로터의 최적주기를 찾아보았고 100s-900s 의 제습로터의 회전주기를 10s 단위로 수치해석을 하였다. 수치해석 결과 제습로터의 회전주기가 350s일 때가 최적으로 나타났다. 시험은 170s, 200s, 250s, 300s, 450s, 600s, 800s 주기로 하였고 실제 시험결과 250s가 최적으로 나타났다.

본 연구에서 제작한 제습로터(SDP Rotor)의 성능을 제습로터 회사인 중국의 E사의 ECDS Silica Gel 제습로터의 성능과 비교하였다.[3] E사의 ECDS Silica Gel 제습로터의 직경은 570mm로 SDP Rotor와 같으며, 유동방향의 깊이 즉 제습로터의 두께는 SDP Rotor의 150mm보다 50mm더 긴 200mm이다. 시험 장치 제작은 SDP Rotor와 동일한 크기와 제습/재생 면적비 0.7로 카세트를 제작하여 시험을 하였다.

Fig. 5 에서 볼 수 있듯이 로터의 회전주기가 커질수록 성능이 비슷해지는 것을 볼 수 있지만 SDP Rotor의 시험 최적주기인 250s에서는 20% 이상 흡습성능이 좋게 나오는 것을 확인할 수 있으며 시험결과를 통해서 알 수 있는 ECDS Silica Gel 제습로터의 최적회전주기인 400s에서도 SDP Rotor가 12% 이상 흡습성능이 좋은 것으로 나타났다. 따라서 중국의 E사의 ECDS Silica Gel 제습로터보다 SDP Rotor가 우수한 성

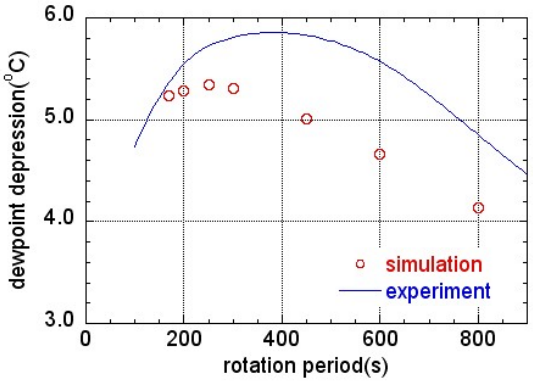


Fig. 4 Performance comparison of simulation between experiment

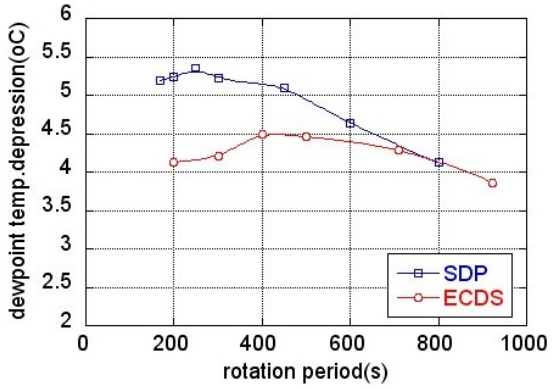


Fig. 5 Performance comparison of the SDP Rotor between Silica Gel Desiccant Rotor

능을 나타낸다고 단언하는 것에는 무리가 있으나, 시험결과를 통해 그 이상의 성능을 나타내는 것을 볼 수 있었다.

5. 결 론

본 연구에서는 KIST에서 개발한 초흡습성 고분자 제습제(SDP)를 이용한 제습로터를 개발 하였다. 초흡수성 폴리머(SAP)를 이온변환하여 수분의 흡수능력을 크게 향상시킨 것으로 기존의 실리카겔이나 제올라이트 등의 고체 제습제보다 흡습 능력이 4-5배 이상 크다.

SDP Rotor는 제습지를 골판지 모양으로 가공하여 감은뒤 이온변화을 하여 제습부와 재생부의 면적비율이 0.7로 고정된 카세트 형태로 제작하였다. 제습로터는 저온의 재생공기로 제습과 재생을 반복한다.

본 연구에서 개발한 SDP Rotor는 저온 재생공기인 60℃ 온도에서 만족할만한 제습성능을 나타내었으며, 로터의 최적회전주기는 수치해석결과 350s 이었다. 그러나 시험결과 로터의 최적회전주기가 250s로 나타는 것을 확인 할 수 있었다.

단면적은 같고 공기의 유동방향 길이가 50mm가 더 긴 상용 제습로터와의 흡습성능을 비교하여 SDP Rotor의 흡습성능이 최적 주기에서 20% 이상 좋게나오는 것을 확인 할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Zhang, L.Z. and Niu, J.L., 2002, performance comparisons of desiccant wheels for Air dehumidification and enthalpy recovery, Applied Thermal Engineering, Vol,22, pp.1347-1367
2. Chung, J.D.,Lee, D.Y.and Yoon, S.M., Optimization of the Area Ratio of Regeneration to Dehumidification and Rotor Speed on the Condition of Low Regeneration Temperature, 2007. SAREK. Vol. 19. pp521-528
3. Web pages of Ecotech/products/desiccant rotor, http://en.ecotechrotor.com