한국동력기계공학회지 제17권 제1호 pp. 71-76 2013년 2월 (ISSN 1226-7813)
Journal of the Korean Society for Power System Engineering

페르체소자를 이용한 굴패각의 흡착 및 탈착촉진효과에 관한 연구

Study on the Adsorption and Desorption Enhance Effect of Oyster Shell Using Peltier Element

김 명 준

Myoung-Jun Kim

(접수일 : 2012년 10월 29일, 수정일 : 2012년 11월 30일, 채택확정 : 2013년 01월 03일)

Abstract : This study is experimentally performed for using the oyster shell as a desiccant in the batch type system. The peltier element(thermoelectric device) is used for absorbing and releasing the adsorption and desorption heat generation. The cooling and heating effects of peltier element exist in this experiment and these effects are generally known phenomena among some references. The increase in electric current induced into peltier element is effectively release the heat generation of adsorption and desorption. Consequently, the non-dimensional adsorption and desorption amount would increase with increase in electric current. However, in the case of adsorption, the increase of induced current into peltier element, the heat of cold side can not release sufficiently. So the heat of hot side of peltier is transferred into the cold side.

Key Words : Adsorption and Desorption, Oyster Shell, Enhance Effect, Peltier Element, New and Renewable Energy

— 기호 설명 —

M_{abs} : 흡착제 질량당 흡착무게 [-]
P_s : 기체의 포화압력 [Pa]
T : 온도 [K]
χ : 절대습도 [kg/kg_DA]
t : 시간 [sec]
t_{equ} : 평형상태에 도달한 시간 [sec]
Q : 입력전력 [W]

1. 서 론

지구환경의 보호나 자연 자원의 유효이용에 대한 중요성이 강조되고 있는 가운데 프레온계 냉매의 사용 제한 등 환경 부하를 경감하고 소비전력 사용량을 억제하는 등의 성에너지화가 최근의 화두로 대두되고 있다. 이러한 문제들을 해결하기 위해서 가스냉매나 액체냉매를 사용하지 않는 작동유체로서 수증기를 이용하여 공조시스템을 구축하기 위한 연구가 진행되고 있다.[1-5)]

수증기를 냉매로 사용하는 경우는 환경적인 측면에서는 매우 바람직 하지만 기존의 가스나 액체냉매 등에 비해 냉매로서의 역할을 충분히 수행할 수 없기 때문에 공조시스템 자체의 효율이 저하된다.

이러한 부분을 해결하지 못하면 수증기를 냉매로 사용하는 시스템의 개발은 요원해 질 것이다.

김명준(교신저자) : 군산대학교 동력기계시스템공학과
E-mail : mjkim@kunsan.ac.kr, Tel : 063-469-1849

Myoung-Jun Kim(corresponding author) : Department of Power System Engineering, Kunsan National University.
E-mail : mjkim@kunsan.ac.kr, Tel : +82-63-469-1849

본 연구에서는 수증기를 작용유체로하는 공조 시스템 개발에 대한 기초적인 단계로서 수증기의 흡착 및 탈착을 원활히 할 수 있는 방안의 하나로 열전소자의 열을 이용하는 실험을 수행하였다.

수증기를 흡착할 수 있는 흡착제로는 수산 폐기물인 굴패각을 사용하였고, 굴패각의 흡착과정에서 발생하는 흡착열을 제거하기 위해 페르체소자를 사용하였다. 탈착의 과정 역시 페르체소자는 방열효과에 따라서 가열온도가 배가되는 특성을 이용하여 효과적으로 흡착과 탈착을 수행할 수 있어 본 연구에서는 흡착과 탈착이 순시적으로 동시에 가능하게 되는 장점이 있다.6-9)

페르체소자는 그 특징상 직류전원을 사용하기 때문에 향후, 신재생에너지인 태양광을 이용하여 시스템을 구축하면 보다 효율적인 운영이 가능하게 되어 시스템의 운전비 절감을 도모할 수 있게 되어 21세기형 공조시스템으로 자리매김 할 수 있을 것으로 예상된다.

2. 굴패각의 흡착특성 및 페르체 소자

본 연구에서 흡착제로 사용하는 굴패각은 단위 체적당 표면적이 넓어 흡착제로 적당하며 또한 표면의 주름이 많이 있어 수증기를 흡착하기에 최적의 조건을 갖추고 있다.

Fig. 1은 굴패각의 흡착성능을 평가하는 실험을 수행한 결과를 나타내고 있다. 본 실험에서 페르체소자를 사용하여 흡착시 발생하는 흡착열을 제거하도록 하였다. 이 그래프로부터 알 수 있는 바와 같이 흡착시 냉각을 통해 무차원 흡착량이 상승하고 있는 것을 알 수 있다. 즉, 흡착이라는 발열반응을 통해 발생하는 열을 제거시킴으로 인해 굴패각이 가지고 있는 에너지준위를 낮추어 더 많은 수증기를 흡착할 수 있도록 해준다는 것을 알 수 있다.

페르체소자는 Fig. 2에 나타낸 사진과 같은 외형을 가지고 있다. 페르체소자는 페르체효과를 이용한 것으로 n형 반도체와 p형 반도체를 서로 정렬시켜 구리로 된 전극으로 결합시킨 것을 세라믹판에 삽입한 구조로 되어 있다.

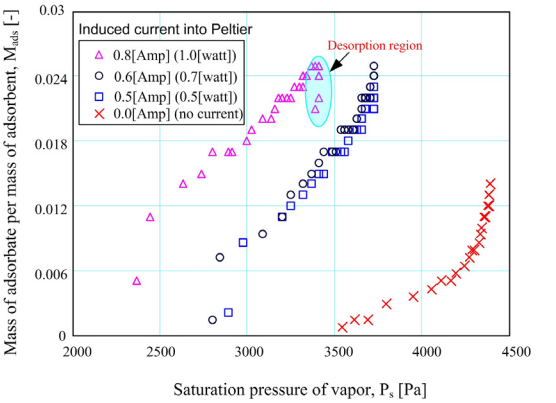

Fig. 1 Non-dimensional adsorption amount[11~12)]
(Effect of induced current ; Cooling Effect)

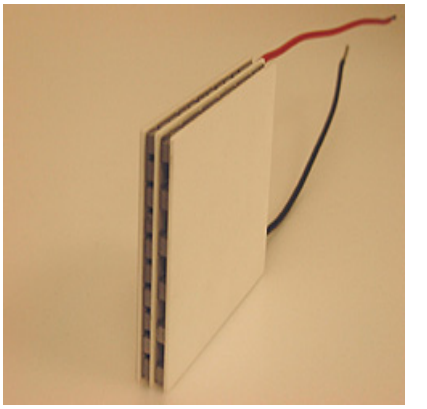

Fig. 2 Apparent shape of Peltier element

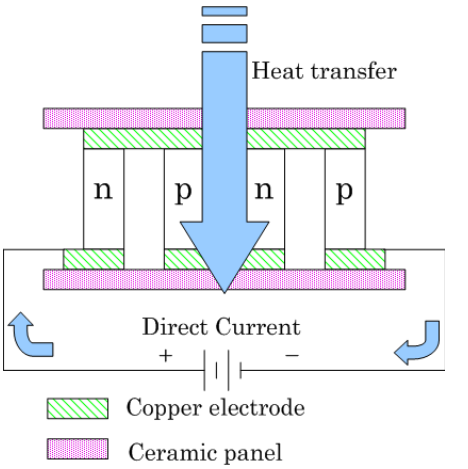

Fig. 3 Schematic diagram of Peltier element

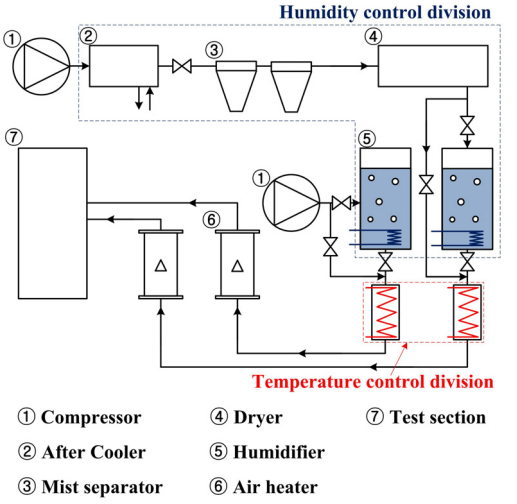

Fig. 4 Experimental apparatus

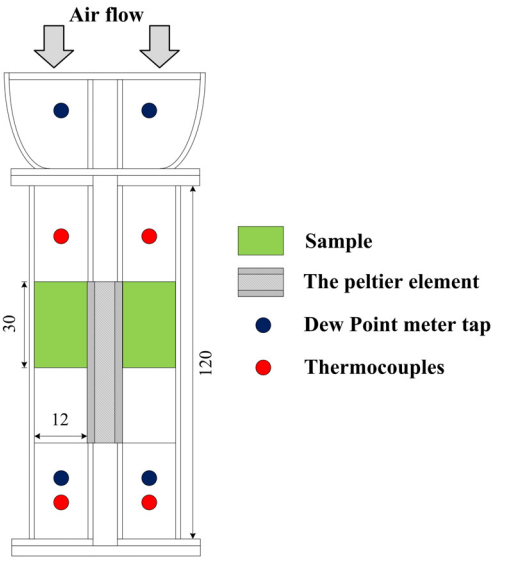

Fig. 5 Detail of test section

직류전원을 n형 반도체에서 p형 반도체쪽으로 흘려 주면 n형은 전류와 반대방향으로, p형은 순방향으로 열의 이동이 진행된다. 따라서 페르체소자의 한쪽면은 열을 흡수하고 반대쪽은 열을 방출하게 되는 원리로 작동한다.[10] 본 연구에서 이러한 특성을 이용하여 열을 흡수하는 쪽에서는 굴패각의 수증기 흡착열을 제거시켜 흡착성능을 향상시키는 목적으로 사용하고 열을 방출하는 쪽에서는 흡착이 완료된 굴패각의 탈착에 이용하도록 실험장치를 구성하였다.

3. 실험장치 및 방법

3.1 실험장치

본 연구에서는 굴패각의 흡착과 탈착 성능향상을 위한 온도조건을 만들어 주기 위해 페르체소자를 이용한 실험장치를 구성하였다.

먼저 유입되는 공기의 온도조건을 만들어 주기 위해 압축기, 온도제어부, 히터 등으로 구성된 부분과 습도조건을 만들어 주기 위한 냉각기, 필터, 수분분리기, 멤브레인 드라이어, 기포탑 등으로 구성되어 있다. 즉 저습도의 공기를 만들기 위한 부분과 고습도의 공기를 만들기 위한 부분으로 실험장치를 구성하였다.

시험부는 저습도 및 고습도의 공기가 유입되는 유로와 시험부의 중간에 흡착제를 삽입하여 수증기의 흡착과 탈착을 수행하는 부분과 각 유로사이에 페르체소자를 삽입하는 부분으로 구성되어 있다. 또한 시험부의 전방 및 후방에는 습도와 온도를 측정하기 위한 센서를 삽입하여 실시간으로 온습도의 변화를 기록하였다.

4. 실험결과 및 고찰

Fig. 6은 페르체소자에 1[W]의 전력을 공급했을 때의 흡착 실험결과를 나타내고 있다. 그래프내의 안을 채우지 않은 심볼들은 페르체소자에 전력을 공급하지 않은 경우의 데이터를 나타내고 있다. 이 그래프로부터 알 수 있는 바와 같이 페르체소자의 냉각효과에 의해 출구공기의 온도가 하강하고 있음을 알 수 있다.

실험의 초기에 해당하는 부분에서 온도 및 습도의 변화가 크게 나타나는 이유는 완전히 건조된 상태의 굴패각의 왕성한 열전달 및 물질전달 플럭스가 작용하기 때문이다. 전체적인 경향을 살펴보면 전력을 공급하지 않은 경우에 비해 전력을 공급한 경우가 페르체의 냉각작용에 의해 온

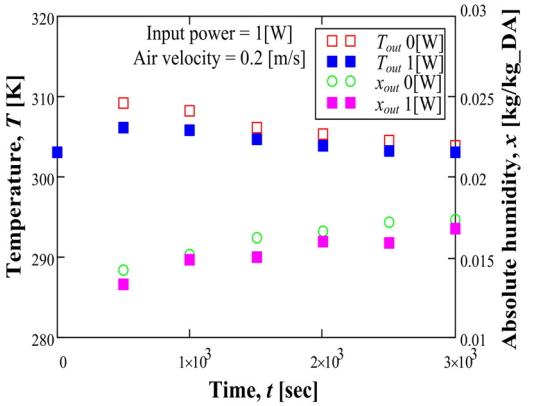

Fig. 6 Cooling effect of peltier element (In the case of adsorption)

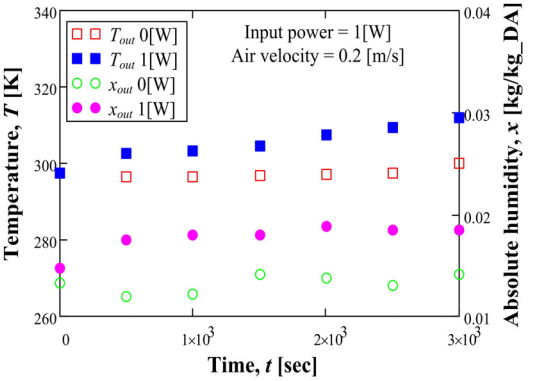

Fig. 7 Heating effect of peltier element (In the case of desorption)

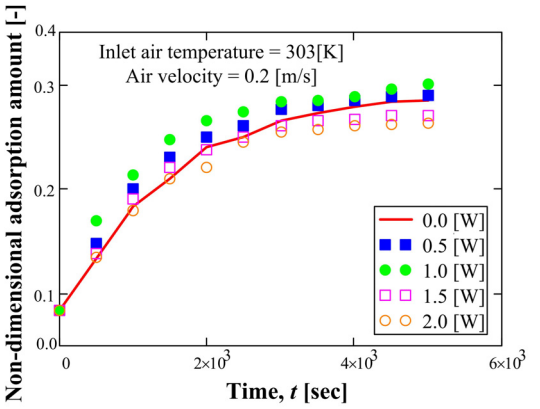

Fig. 8 Non-dimensional adsorption amount

도가 낮게 유지되고 있음을 알 수 있다. 출구공기의 절대습도의 경우도 굴패각의 흡착에 의해 낮게 유지되고 있다.

절대습도의 경우는 물질전달에 해당하는 부분인데 이러한 인가 전력에 따라 차이가 나는 이유는 바로 흡착제의 흡착열이 페르체소자의 냉각효과에 의해 에 효과적으로 제거되어 굴패각의 흡착성능이 더욱 향상되었기 때문이다.

탈착실험의 경우를 살펴보면, Fig. 7에 나타낸 바와 같이 출구공기의 온도가 페르체소자의 가열효과에 의해 상승하고 있음을 알 수 있다. 이러한 현상은 전술한 흡착결과와 동일하다.

출구공기의 습도변화를 살펴보아도 전력을 공급하지 않은 경우와 비교해 탈착이 보다 효과적으로 일어나고 있음을 알 수 있고, 전력량의 증가에 따라 절대습도량이 증가하고 있음을 알 수 있다. 즉, 페르체소자의 가열로 인한 탈착과정이 순조롭게 진행되고 있다고 할 수 있다.

Fig. 8 및 9는 수증기의 흡착량 및 탈착량을 흡착제로 사용한 굴패각의 중량으로 나눈 값으로 무차원화한 값의 변화정도를 실험시간에 대해서 나타낸 것이다.

여기서 사용한 무차원 흡착량의 정의는 다음과 같다.

$$\text{무차원흡착량} = \frac{\text{흡착수분질량}}{\text{굴패각의건조질량}}$$

먼저, Fig. 8의 흡착의 경우를 살펴보면 1[W]까지는 입력전력의 증가에 따라 흡착량이 증가하지만 본 실험의 범위내에서 1[W]보다 높은 전력량을 공급한 경우는 반대로 흡착량이 감소하고 있다. 이러한 원인으로는 페르체소자가 가지고 있는 특징으로 설명할 수 있다.

페르체소자는 Fig. 3에서 설명한 바와 같이 직류전류가 흐르면 한쪽은 차가워지고 다른 쪽은 뜨거워지는 현상이 발생한다. 하지만 온도는 뜨거운 곳에서 차가운 쪽으로 흐르기 때문에 시간이 지나면 페르체소자의 온도는 뜨거운 쪽의 온도가 전달되어 전체적으로 온도가 상승하기 때문이다.

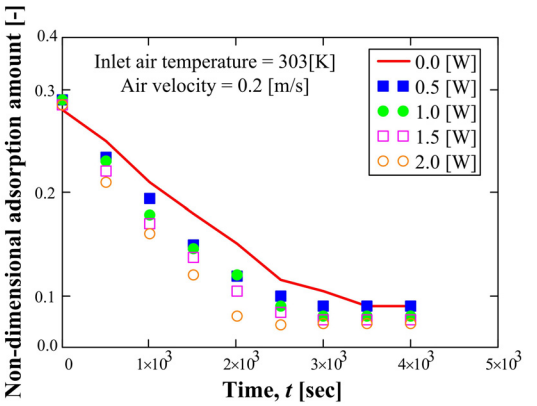

Fig. 9 Non-dimensional adsorption amount

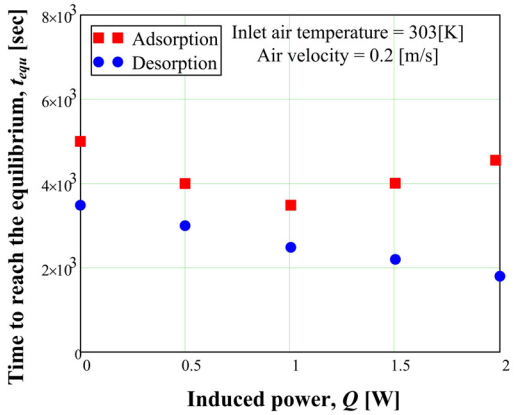

Fig. 10 Time to reach the equilibrium according to induced power

이러한 이유로 Fig. 9에 나타낸 탈착실험의 경우는 페르체소자의 입력전력이 증가할수록 탈착량이 증가하고 있다.

Fig. 10에는 앞서 얻은 실험결과들을 입력전력에 대한 평형상태 도달시간으로 나타낸 그래프이다. 이 그래프로부터 알 수 있는 바와 같이 흡착의 경우는 어느 적정 입력전력을 넘어 과잉 공급하는 경우에는 흡착시 냉각효과를 발휘해야 하는 페르체쪽으로 고온의 열의 이동으로 인해 오히려 평형상태에 도달하는 시간이 길게 걸리고 있음을 알 수 있다. 하지만 탈착의 경우에는 입력전력의 증가와 함께 일정한 경향으로 평형상태도달 시간이 줄어들고 있음을 알 수 있다.

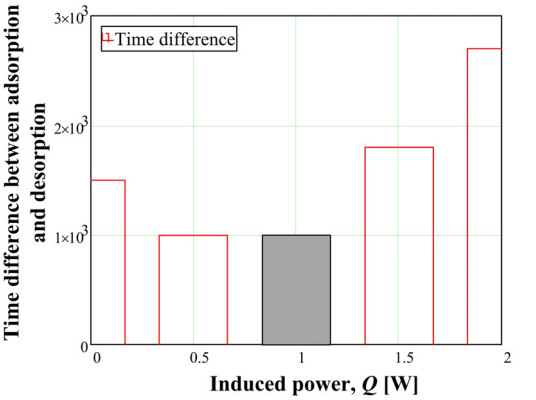

Fig. 11 Time difference between adsorption and desorption equilibrium

Fig. 11에는 Fig. 10에서 얻는 흡착 및 탈착과정의 평형상태 도달시간의 차이를 나타내었다. 이 그래프로부터 알 수 있는 바와 같이 본 실험의 범위내에서 굴패각을 공조시스템의 흡착제로 사용하는 경우 인가되는 입력전력을 1[W]로 하는 것이 가장 효과적이다는 것을 알 수 있다. 물론 이러한 데이터는 굴패각의 중량 변화 및 입구공기의 유입량에 따라 변할 수 있지만, 본 실험을 통해 흡착 공조시스템의 설계에 있어 중요한 데이터인 흡착과 탈착 운전시간을 산정할 수 있는 중요한 정보를 제공하고 있다고 할 수 있다.

5. 결 론

본 연구는 흡착식 공조시스템에 적용 가능한 흡착제로서 굴패각의 흡착 및 탈착에 영향을 미치는 온도 조건의 영향을 파악하기 위해 배치식(batch) 실험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 열전소자인 페르체의 특성을 이용해 흡착 및 탈착과정에서 소정의 온도조건을 만들어 주면 더욱 높은 효율로 운전할 수 있다는 것을 알았다.

2. 흡착실험의 경우는 페르체로 인가되는 입력전력의 증가에 따라 흡착평형상태에 도달하는 시간이 2차함수적인 경향을 나타냄을 알았다. 이러한 이유는 페르체소자의 특징으로 과도한 입력전

력의 공급으로 인해 뜨거워진 쪽의 열의 충분히 방출되지 못해 흡착촉진을 위해 냉각되는 쪽으로 열의 이동이 발생하기 때문이다.

3. 탈착실험의 경우는 흡착과는 달리 탈착평형 상태에 도달하는 시간과 인가전력과의 관계는 1차함수의 관계를 가지고 있어, 인가전력이 증가할수록 탈착평형상태에 도달하는 시간이 짧아진다.

4. 본 실험의 주어진 범위 내에서 인가전력을 1[W]로 하는 것이 흡착 및 탈착을 동시에 수행하는 시스템의 경우 가장 효율이 높아진다는 것을 알았다.

5. 상기와 같은 결론으로부터 굴패각은 흡착제로서 충분히 사용할 수 있으며, 특히 수산폐기물로부터 얻을 수 있는 물질이기 때문에 환경적인 측면과 경제적인 측면을 모두 만족시킬 수 있게 되어 매우 바람직한 기술이 될 것이다.

6. 흡착 및 탈착시 발생하는 열을 제거시키기 위해 본 연구에서는 열전소자인 페르체소자를 사용하였다. 이러한 페르체소자는 직류전원을 필요로 하기 때문에 신재생에너지인 태양광시스템과 접목할 경우 환경측면과 에너지측면을 모두를 만족시킬 수 있는 공조시스템을 구축할 수 있을 것이다.

후 기

본 연구는 한국연구재단의 일반연구자지원사업(과제번호 : 2010-0022234)의 지원으로 수행된 연구결과임.

참고문헌

1. S. H. Lee., 2000, "Environmental Protection and Ecological Ethics" The Korean Ethics Studies Association, Vol. 44, No.1, pp. 65-82
2. C. D. Cooer and F. C., Alley, 1994, "Air Pollution Control: A Design Approach" PROSPECT HEIGHTS, IL: Waveland Press, Inc., pp. 569-580.
3. J. Benitez, 1993, "Process engineering and design for air pollution control", Englewood Cliffs, NJ:PRT Prentice Hall, Vol. 331, pp. 414-421.
4. A. J. Buonicore and W. T. Davis, 1992, "Air Pollution Engineering Manual", New York: Van Nostrand Reinhold.
5. N. de Nevers, 1995, "Air Pollution Control Engineering", New York: McGraw Hill.
6. K. E. Noll, V. Gounaris and W. S. How, 1992, "Adsorption Technology", Ann Arbor, MI: Lewis Publishers, Inc.
7. M. M. Dubinin, 1995, "The potential theory of adsorption of gases and vapors for adsorbents with energetically nonuniform surfaces", Chemical Reviews, pp. 235-241.
8. M. Polanyi, 1932, "Theories of the adsorption of gases", A general survey and some additional remarks, Transactions of the Faraday Society, 28, pp. 316-331.
9. T. M. Aminabhavi and H. G. Naik, 1998, "Chemical compatibility study of geomembranes-sorption/ desorption, diffusion and swelling phenomena", Journal of hazardous materials, Vol. 60, No. 2, pp. 175-203
10. G. L. Solbrekken and C. P. Chiu, 1998, "Single Temperature Calibration Method for Die Level Temperature Sensors. Using a Single Temperature Technique", IEEE Transs. Components and Packing Tech., Vol. 23, No. 1, pp. 40-46
11. M. J. Kim and J. S. Yu., 2008, "Fundamental Study on the Probability of Oyster Shell Desiccant Cooling System Driven by Renewable Energy of Photo-Voltaic Effect", Journal of the Korean Society of Marine Engineering, Vol. 32, No. 3, pp. 387-393.
12. M. J. Kim and G. H. Chea, 2011, "Study on the PV Driven Dehumidifying System with Oyster Shell and Thermoelectric Device", International Symposium on Marine Engineering and Technology, pp. 108-110.