

# 산업폐수열원 하이브리드 히트펌프 시스템의 시뮬레이션

백 영 진, 박 성 룡\*, 장 기 창, 라 호 상

한국에너지기술연구원 미활용에너지연구센터

## Simulation of Hybrid Heat Pump System using Industrial Wastewater Heat Source

Young-Jin Baik, Seong-Ryong Park\*, Ki-Chang Chang, Ho-Sang Ra

Unutilized Energy Research Center, Korea Institute of Energy Research(KIER),  
Yeosung P.O Box 103, Taejeon 305-600, Korea

### 요 약

순수냉매를 사용하는 증기압축식 히트펌프 사이클은 온도구배를 지닌 열원과 냉매가 열교환을 하여 응축이나 증발이 일어날 때 냉매와 열원의 온도구배가 잘 맞지 않음으로 인해 필연적으로 성능이 저하되며 흡수식 히트펌프 사이클에 비해 용량조절이 수월하지 않다는 단점이 있으며, 반면에 흡수식 히트펌프 사이클은 증기압축식 히트펌프 사이클에 비해 성능계수가 낮다는 단점이 있다. 하이브리드 히트펌프 사이클은 증기압축식과 흡수식 사이클의 단점들을 보완하고자 개발된 사이클로서, 작동유체로는 비등점 차이가 큰 냉매와 흡수제의 혼합물을 사용한다.

본 연구에서는 이러한 장점을 갖는 하이브리드 히트펌프 시스템을 염색공정에 적용하여, 염색폐수의 저온열을 활용하여 실제 공정에 이용가능한 고온의 공정수를 제조하는 경우를 모사하여 여러 인자들의 변화에 대한 시스템 성능계수 및 각 구성요소의 운전 조건 변화를 조사하였으며, 하이브리드 히트펌프 시스템이 기존 히트펌프 시스템과 어떠한 성능 차이를 나타내는지를 살폈다.

시뮬레이션에 있어서 업소버와 디소버의 경우, 주어진  $UA$  및 질량보존식(mass balance), 에너지보존식(energy balance), 그리고 물질보존식(species balance)을 사용하여 모델링 하였다. 이 때, 업소버와 디소버 출구는 포화상태이며, 업소버의 처음 부분에서 용액과 증기가 서로 만나 평형상태에 도달할 때까지의 과정을 단열과정으로 가정하였다. 용액 열교환기의 경우, 농용액과 희용액 양측에 대하여 핀치점까지의 전열량을 각각 계산하여 이 중 더 적은 값을 최대 열교환량으로 정의한 다음, 주어진  $UA$ 와  $\epsilon$ -NTU 관계식을 이용하여 해석하였다. 팽창밸브는 등엔탈피 과정으로 생각하였으며, 압축기와 펌프는 일정 단열효율을 갖는 것으로 가정하였다. 이상에서, 열교환기 내의 압력강하와 배관에서의 열량손실 및 압력강하는 무시하였다.

시뮬레이션 결과, 하이브리드 시스템은 동일 폐수 및 공정수 온도 조건에 대하여 업소버 압력을 높일수록 시스템의 성능계수가 증가하는 것으로 나타났다. 또한, 디소버의 압력도 업소버 압력과 함께 증가하는 경향을 보이는데, 이는 압축기일을 줄일 뿐 아니라, 압축기 토출 가스의 온도도 낮추는 긍정적인 효과를 가져온다. 50℃의 폐수를 20℃까지 냉각하면서 50℃의 공정수를 90℃까지 가열하는 히트펌프 시스템을 생각할 경우, 하이브리드 시스템을 적용하면 종래의 R134a 이용 히트펌프 시스템에 비하여 성능계수를 약 80% 이상 향상 시킬 수 있다.