

전극형 가습기용 전극 설계 (2)

박규홍* 송하진* 변재영**
대림대학*, 승일전자**

Design of Electrode for Electrode type Humidifier (2)

Kyu-Hong Park*, Ha-Jin Song*, Jae-Young Byun**
Daelim University College*, Seung Il Electronics**

Abstract - 증기 분사식 가습기의 소비전력량을 줄이기 위하여 가습기의 특성을 분석하여 소비전력량당 증기발생량을 향상하여 에너지 소비를 줄이고자 한다. 이를 위하여 가습기의 전극재질, 전극형상, 수질 등에 대한 각각의 실험 조건에 따라 증기 발생량, 전기 전도도를 구하여 가습조에서 발생하는 물리적 현상을 규명하고 전극 재질 및 형상에 따른 열효율을 비교 검토한다.

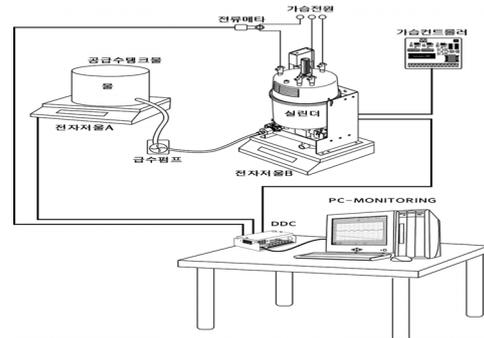
1. 서 론

최근 실내공간에서의 공기조화는 더욱 위생적이고 효율적인 웰빙문화의 필요성이 부각되면서 적정습도를 유지하기 위한 고효율 가습기의 기술개발이 절실히 요구되고 있다. 이러한 필요성에 따라 국내외적으로 전극식, 초음파식 등에 대한 연구 및 개발이 산업체와 연구기관에서 진행되고 있다. 일반적으로 가습기는 증기식, 기화식 및 수분무식으로 분류되며 이중 전극식 가습기(electrode type humidifier)는 증기식에 속한다. 이 방식은 히팅코일에 의해 물을 끓이는 간접방식이 아닌 물 자체를 직접열원으로 사용하여 증발시키므로 기존의 전열식에 비하여 효율이 높고 응답성이 빠르다. 또한 위생적이므로 단지 일반 공조에 머물지 않고 첨단 산업분야까지 그 사용의 범위가 확대되고 있다. 이러한 전극식 가습기는 가습조(실린더)에 물이 없으면 물의 전기전도성이 유지되지 못하므로 자연히 가열이 되지 않은 등의 안정성은 높지만 적지 않은 전력소비가 발생하는 단점이 있다.¹⁾ 이러한 단점을 보완하기 위하여 전력소비량에 비하여 가습량을 현재보다 높일 수 있는 방안을 강구하게 되었다. 구체적인 열효율 향상방법으로 알려진 내용으로는 가습조 내의 입출구에 디퓨저(diffuser)를 설치하여 최적의 온도경계층을 형성하여 열성향상을 이루거나 히터를 가능한 낮게 설치하여 데드존(dead zone)을 제거함으로써 증발용량을 향상할 수 있다는 논문²⁾과 가습조 내에 직류전압을 인가하여 전극에서 발생하는 기포의 크기를 줄이고 그 기포를 특정방향으로 옮겨가도록 함으로써 열효율을 향상시키는 방법을 제시하고 있다.³⁾ 또한 가습용 물에 염화나트륨(NaCl)을 투입하여 적정 염농도를 유지함으로써 증발용량을 향상시키는 실험보고서도 발표되어 있다.⁴⁾ 전극식가습기의 생산에 대한 연구 및 개발이 일부 산업체를 중심으로 수행되고 있으나 가습조 내에서 발생하는 물리적인 현상을 규명하는 논문이나 저서는 국내외에서 거의 찾아볼 수 없는 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 가습기의 전극재질, 전극형상, 수질 등에 대한 각각의 실험조건에 따라 증발량, 전기전도도를 구하여 가습조에서 발생하는 전기적 현상 및 전열현상을 규명하고 각각의 전극재질 및 전극형상에 따른 열효율을 비교 검토하고자 한다.

2. 실험 장치 및 방법

2.1 실험 장치

본 실험장치의 주요부분은 전극을 포함한 가습조, 급배수펌프, 향온급수조, 마이크로 컨트롤러, 온도 조절 및 측정장치, 기타 측정계기로 구성되며 그 개략도를 그림 1에 나타내었다. 실험에 사용되는 가습기의 정격전력, 용량 및 전압은 각각 6[kw], 8[kg/h], 380[V]이고 전극재질은 STS310S, STS430, STS304, STS316, SS400, 순철이며, 전극형상은 판형, 철망형 및 EX(expanded plate)형으로 하였다.



〈그림 1〉 실험 장치

2.2 실험 방법

본 실험은 일반 수돗물(전도도 154 ~ 164[μ S/cm])을 사용하여 전극재질, 형상, 초기 전기전도도, 초기 공급수온도 및 배수횟수를 일정 조건으로 변화시키면서 가습시간경과(7시간)에 따른 전극전류, 물의 증발량, 전기전도도를 구하는 실험을 하였으며, 실험조건은 표 1과 같다.

〈표 1〉 실험 조건

| 전극재료 | 전극형상 | 초기전도도 (μ S/cm) | 초기공급수온도 ($^{\circ}$ C) | 배수횟수 |
|---------|------|---------------------|-------------------------|---------|
| SS400 | 판형 | 192 | 30 | 0 |
| | 순철 | 192 | 30 | 0 |
| | 망형 | 192 | 30 | 0 |
| STS430 | 판형 | 192 | 30 | 0 |
| | 순철 | 192 | 30 | 0 |
| STS310S | 판형 | 192 | 30 | 0 |
| | 순철 | 192 | 30 | 0 |
| STS304 | 판형 | 150, 192, 300, 400 | 10, 20, 30, 40, 50 | 0, 4, 9 |
| | 망형 | 192 | 30 | 0 |
| STS316 | 판형 | 192 | 30 | 0 |
| | Ex | 192 | 30 | 0 |

시간경과에 따른 물의 증발량은 가습조와 향온급수조의 물의 무게를 디지털 저울로 측정하였다. 실험초기에 가습조와 향온급수조의 물의 무게를 측정하고 가습시간경과에 따라 1시간 간격으로 다시 물의 무게를 측정하여 가습초기 무게와의 차를 컴퓨터에 자동 기록하였다. 따라서 7시간 동안 증발된 물의 무게는 가습초기 물의 무게에서 7시간경과 후 물의 무게를 뺀 값이 된다.

가습조 내 물의 공급은 시간경과에 따라 정격정류의 105[%]에 도달할 때까지 계속되고 그 유량은 거의 1[l/min]으로 일정하게 유지된다. 전극전류가 정격정류의 105[%]에 도달하면 급수를 중단하고 이후 물의 증발로 인하여 수위가 낮아져서 전극의 접수면적은 줄어든다. 이로 인하여 정격정류의 95[%]까지 수위가 내려가면 다시 향온급수조로부터 향온수를 받는다. 이러한 반복된 과정에서 전극전류의 사이클이 이루어진다. 또한 배수는 제어기(DDC)에 의해 7시간 동안, 103분 간격으로 10초간 4회 실시하였다.

이 실험장치의 3상 전극에 전력이 공급되는 방식은 델타(Δ)결선과 동일하므로 선간전압 380[V]로 유지되고 선전류는 전극의 접수면적에 비례하여 전극에 흐른다. 유입된 3상의 선전류는 DDC에 의해 제어되고 그 데이터는 컴퓨터로 읽어 스프레드시트(excel)에 의해 시간경과에 따른 소비전력량, 증발량 등의 데이

터가 저장된다.

전기 전도도의 측정은 전도도계(conductivity meter: WTW LF330)를 사용하였고 전기 전도도는 일정시간 경과 후 가습조 내의 물을 추출하여 기준온도(25[°C])에서 측정하고 온도 보상식으로 보정하여 구하였다.

3. 물리적 현상 및 실험 고찰

3.1 물리적 현상

가습조 내의 전극에 전압을 인가하면 물은 전기 전도체가 되어 물에 흐르는 전류의 저항에 의해 열이 발생되고 이 열에 의해 물은 증발한다. 전극간의 물의 전기전도도는 물중에 녹아 있는 이온의 농도와 활성화도, 용액의 온도 등에 따라 변한다. 가습시간 경과에 따라서 전극표면으로부터 발생하는 무기물과 물의 농축으로 물의 농도는 크게 증가한다. 이러한 농도의 증가는 물중에 녹아 있는 이온의 활성화도(세기)를 증가시키고 물의 저항을 감소시킨다. 따라서 가습시간경과에 따라서 가습조 내 물의 전기전도도는 증가한다.

3.2 실험 고찰

그림 2는 전극재질 STS316을 사용하여 무배수 조건으로 초기 전도도와 공급수 온도를 각각 192[μS/cm], 30[°C]로 하여 7시간 동안의 시간경과에 따른 전류변화를 나타낸 것이다

그림 3은 그림 2와 동일 실험조건으로 하여 시간경과에 따른 전기 전도도, 전기저항 및 전극 접수면적을 나타낸 것이다. 이 그림에서 전기전도도는 시간경과에 따라 거의 선형적으로 증가하고 전기저항은 증발과정 초기(15분경과)까지 급격히 감소하고 이후는 시간경과에 따라 매우 완만하게 감소한다. 또한 전극의 접수면적은 가습시간 5분 경과까지 공급수의 유입으로 급격히 증가하나 이후 시간경과에 따라 거의 선형적으로 감소하고 가습시간 120분경과 시에는 거의 1/2까지 감소한다. 따라서 이러한 실험결과를 물의 전기전도도는 가습시간 5분 이후, 저항 및 접수면적과 반비례 관계가 있다는 것을 확인할 수 있다.

그림 2와 그림 3에서 가습경과시간을 I, II, III, IV구간으로 나누어 나타냈는데 I 구간은 급수 공급구간으로 가습시간 0분 ~ 14분의 범위를 나타낸다. 이 구간에서는 급수공급에 따른 전극의 접수면적과 물의 온도상승에 따른 전기전도도가 증가하므로 그림 2의 전극전류도 급격히 상승하는 것을 나타낸다. II구간은 전극전류가 감소하는 구간이고 가습시간 14분 ~ 20분의 범위를 나타낸다. 이 구간에서는 초기피크(가습시간 14분)의 2~3분전에 물의 비등이 시작되어 급격한 증발이 일어난다. 이 때문에 그림 3의 접수면적이 시간경과에 따라 비교적 크게 감소하여 전극전류도 급격히 하강하는 것을 나타낸다. III구간은 전극전류의 상승구간으로 가습시간 20분 ~ 55분의 범위를 나타낸다. 이 구간에서는 그림 3의 전극접수면적이 시간경과에 따라 완만하게 감소하고 전기 전도도는 증가한다. 전극의 접수면적 감소에도 불구하고 그림 2의 전극전류가 이 구간에서 상승하는 것은 전극전류에 미치는 접수면적의 영향보다 전기전도도의 영향이 크기 때문으로 고려된다. IV구간은 정격전류제어 구간으로 가습시간 55분 이후의 범위를 나타낸다. 이 구간에서 전극전류가 정격전류(9.12[A])의 105[%]에 도달했을 때 급수가 정지되고 정격전류의 95[%]에 이르렀을 때 다시 급수가 시작되는 반복 사이클이 이루어진다. 이 전류 사이클의 진폭은 8.5~10.5[A]의 범위에 존재하며 시간이 경과할수록 단위시간당 사이클 횟수와 진폭은 조금씩 증가한다. 이것은 시간경과에 따라서 전기전도도가 증가하기 때문으로 생각된다.

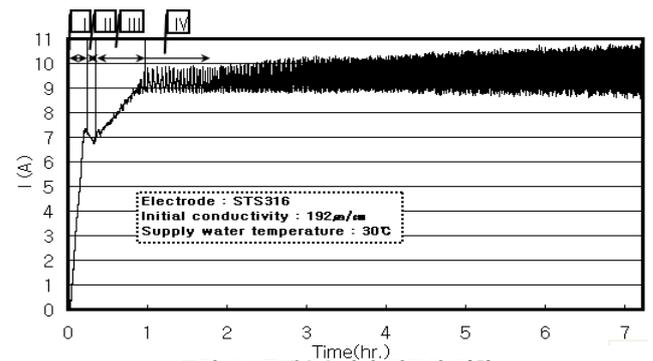
그림 4는 4회의 배수조건으로 7시간의 시간경과에 따른 전류변화를 나타낸 것이다. 배수는 프로그램제어(승일 E-HUMP)에 의해 103분 간격으로 10초간 4회 실시하였다. 전류변화는 그림 2와 유사하며, 단지 10초간 배수 후 급수가 되기 때문에 물의 농도가 낮아져서 단위시간당 사이클 횟수와 진폭은 감소하여 나타났다.

3. 결 론

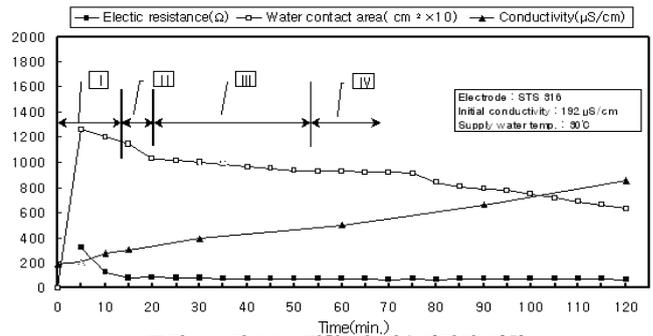
본 연구에서는 가습기의 전극재질, 전극형상 등에 대한 각각의 실험조건에 따라 수증기 증발량, 전기 전도도를 구하여 가습조 내 물에서 발생하는 물리적 현상을 규명하고 각각의 전극재

질 및 형상에 따른 열효율을 검토하였다.

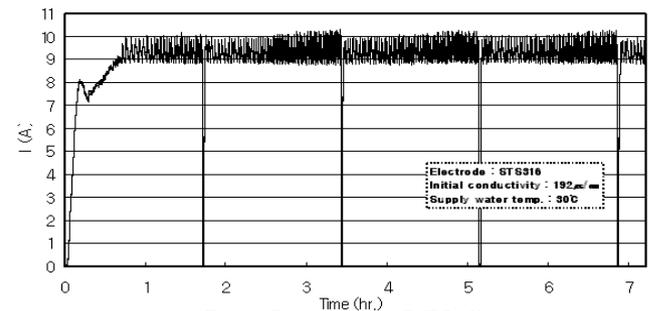
- 1) 무배수시 정격전류(9.12[A])제어 구간에서 7시간동안 반복 사이클의 진폭은 8.5~10.5[A]의 범위에 존재하며 시간이 경과할수록 분당 사이클 횟수(1시간 경과 : 0.4회, 7시간 경과 : 1.6회)와 진폭은 조금씩 증가한다. 또한 유배수시 가습시간경과에 따른 전류의 변화는 103분마다 4회 10초간 배수 후, 급수가 되기 때문에 물의 농도가 낮아져서 배수 후 분당 사이클 횟수와 진폭은 약 40[%] 감소하여 나타났다.
- 2) 소비 전력량당 증발량[kg/kWh]은 초기 전도도의 증가에 따라 매우 완만하게 증가하므로 초기 전기전도도에 의해 거의 영향을 받지 않는다.
- 3) 가습시간 1시간까지는 전극전류가 정격전류까지 급격히 증가하므로 이에 따른 증발량과 소비전력량도 상승하고 이후는 정격전류제어로 비교적 일정하게 유지된다.
- 4) 무배수 조건시 SS400과 STS316 재질의 전극을 사용한 가습기의 열효율은 95[%] 정도로 다른 재질보다 높게 나타났다. 또한 이 전극재질의 무배수 조건이 유배수(4) 조건보다 2~3[%] 높은 열효율 분포를 나타냈다.



〈그림 2〉 무배수운전시 전류의 변화



〈그림 3〉 전도도, 저항 및 접수면적의 변화



〈그림 4〉 유배수(4회)시 전류의 변화

[참 고 문 헌]

- [1] 승일전자, “전극봉식 가습기 매뉴얼”, 2008
- [2] 조 수 외 4인, “심야전력 기기의 인증시험, 대한건축학회발표논문집, 제11권 제 2호, pp. 409-412, 1991
- [3] 한국기계연구원, “EMD를 이용한 열전달 촉진 기술”, 과학기술처, 1992. 8
- [4] Ted Yeh, “The Optimum Concentration of Electrolytes for an Electrode Humidifier”, Transaction of the Oklahoma Junior Academy of Science, 1999