

# 근적외선 및 열풍방식을 이용한 건조시스템 개발

고재섭, 최정식, 강성준, 백정우, 장미금, 문주희, 정동화  
순천대학교 전기제어공학과

## Development of Drying System using NIR and Hot Air Method

Jae-sub Ko, Jung-Sik Choi, Sung-Jun Kang, Jung-Woo Baek, Mi-Geum Jang, Ju-Hui Moon, Dong-Hwa Chung  
Department of Electrical Cotron Engineering, Suncheon National University

### ABSTRACT

The drying method that is applied in industry is mainly used hot air drying method witch is circulated heated air by generating heat from thermal source. But these methods have problems such as decreasing drying efficiency and waste of energy by low thermal efficiency. Therefore, this paper proposes high efficiency hybrid drying system using near infrared ray(NIR) drying method using halogen lamp and hot air drying method. And this paper proves validity of proposed drying system through experiment about thermal and humidity of drying system inside.

### 1. 서론

현재 산업 분야에 사용되는 대부분의 건조 시스템들은 열원의 열로 공기를 가열하여 가열된 공기를 이용하는 열풍 건조 방식을 사용하고 있다<sup>[1-3]</sup>. 그러나 열풍방식을 이용한 건조시스템은 피 건조물에 열을 직접 전달하는 방식이 아닌 공기의 대류현상을 이용함으로써 낮은 열효율로 인해 에너지 낭비와 건조효율이 낮아지는 문제점을 가지고 있다. 근적외선에 의한 건조방식은 직접 건조물에 복사된 에너지에 의해서 가열하는 방식이기 때문에 중간 매질인 공기를 투과하므로 열 손실 없이 85%이상의 에너지를 건조물에 전달할 수 있어 높은 효율의 건조기를 제작할 수 있다. 그러나 직접 가열 방식이기 때문에 건조시스템 내 위치에 따라서 온도차이가 발생한다.

따라서 본 논문에서는 열효율이 높은 근적외선과 건조시스템 내의 온도차를 줄이기 위해서 열풍방식을 혼합한 하이브리드 건조시스템을 제시한다. 또한 건조시스템 내부온도, 습도에 대한 실험을 통해 본 논문의 타당성을 입증한다.

### 2. 근적외선 건조방식

그림 1은 근적외선과 원적외선 건조방법을 나타낸다. 근적외선은 열의 전달 방식이 기존의 대류 열전달 방식이 아니고 빛 에너지를 전자파 형식으로 전달되며 그 파장 영역이 0.8~1.5 [μm]이다. 근적외선은 원적외선보다 파장이 짧고 진동수가 크기 때문에 건조효과가 극대화될 수 있다. 그림 1에서 근적외선은

피 건조물 내부까지 침투하여 내부에서 외부로 건조되는 특징을 가진다.

적외선의 방출된 복사에너지는 다음과 같다.

$$W = \epsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4 \quad (1)$$

여기에서,  $\epsilon$ 은 방사율,  $\sigma$ 는 상수로서  $5.67 \times 10^{-8} (Wm^{-2}K^{-4})$ ,  $A$ 는 방사체의 면적,  $T$ 는 방사체의 온도(K)이다.

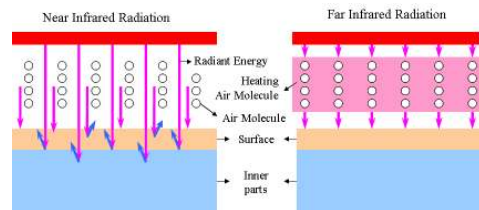


그림 1 근적외선 및 원적외선 건조 특성.  
Fig. 1 Drying characteristic of NIR and FIR.

### 3. 하이브리드 건조시스템

그림 2는 건조장치 내부 온도제어를 위한 할로겐램프 제어 알고리즘을 나타낸다.

건조장치 내부 온도 상승을 위한 할로겐램프 제어는 왼쪽과 오른쪽, 상·중·하로 나누어 각각 독립적으로 제어를 하게 된다. 먼저 사용자가 원하는 온도를 설정하고, 다음으로 왼쪽과 오른쪽의 상, 중, 하의 온도를 측정하며, 측정된 온도가 설정된 온도보다 낮을 경우엔 할로겐램프를 온 시키며, 건조장치 내부 온도가 높을 경우에는 할로겐램프를 오프 시키게 된다.

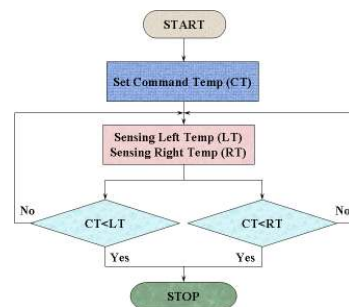


그림 2 할로겐램프 제어 알고리즘.  
Fig. 2 Control algorithm of halogen lamp.

그림 3은 할로겐램프의 국부가열에 따른 내부 온도차 문제를 해결하기 위한 FAN 제어 알고리즘을 나타낸다.

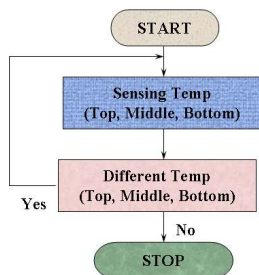


그림 3 FAN 제어 알고리즘.  
Fig. 3 Control algorithm of FAN.

FAN 제어 알고리즘은 건조장치 내부의 온도를 왼쪽, 오른쪽 상, 중, 하로 나누어 6개의 온도센서를 통해 각각의 온도를 입력받으며, 각각 측정된 온도 값이 서로 다를 경우에 FAN을 온 시키고 온도차가 일정범위 이내일 경우에 FAN을 오프 시키게 된다.

#### 4. 성능결과 분석

그림 4, 5는 FAN을 동작시키지 않았을 경우의 건조 시스템 내부의 온도를 변화를 나타낸다. 그림 4는 건조시스템 내부의 좌측, 그림 5는 우측의 온도를 나타낸다. FAN을 동작시키지 않았을 경우에 내부의 상, 중, 하 온도에 차이가 발생하고 있다.

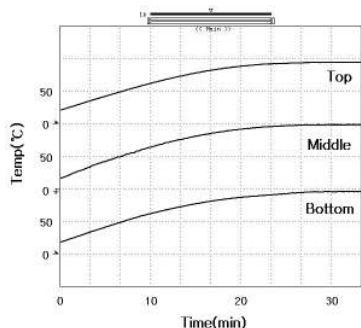


그림 4 건조시스템 내부 온도(좌) - FAN 오프  
Fig. 4 Inner temperature of drying system (Left) - FAN off.

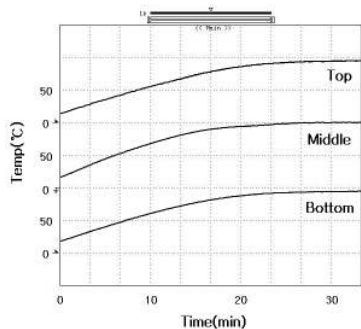


그림 5 건조시스템 내부 온도(우) - FAN 오프  
Fig. 5 Inner temperature of drying system (Right) - FAN off.

그림 6, 7은 FAN을 동작시켰을 때 건조 시스템 내부 온도 변화를 나타낸다. FAN이 동작되었을 경우 내부 온도가 균일하게 나타나고 있다.

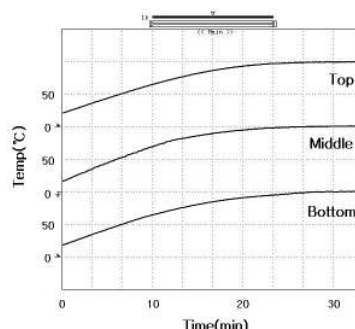


그림 6 건조시스템 내부 온도(좌) - FAN 온  
Fig. 6 Inner temperature of drying system (Left) - FAN on.

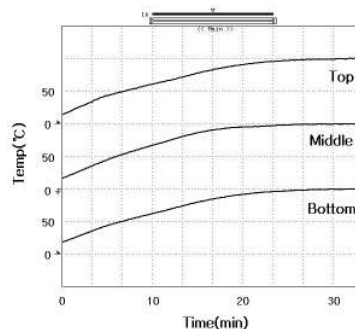


그림 7 건조시스템 내부 온도(우) - FAN 온  
Fig. 7 Inner temperature of drying system (Right) - FAN on.

#### 5. 결론

본 논문은 열풍 및 할로겐램프를 적용한 고성능 건조시스템을 제시하였다. 할로겐램프에 의해 근적외선이 발생되고 발생된 근적외선을 이용하여 건조시스템 내부의 온도를 상승시켰다. 근적외선만 이용하여 건조시스템 내부 온도를 상승시켰을 경우 할로겐램프의 직접 가열에 의해 국부적으로 온도가 상승되어 건조시스템 내부에 온도차가 발생하였다. 따라서 본 논문에서는 내부 온도차를 해결하기 위하여 FAN을 적용하였다. 건조 시스템 내부에 온도차이가 발생하면 FAN이 동작되며 FAN이 동작될 경우 시스템 내부의 온도가 균일하게 상승하여 건조 성능이 향상되었다.

#### 참고 문헌

- [1] A. S. Mujumdar, "Handbook of Industrial Drying", Marcel Dekker, Inc, 1987.
- [2] A. Strawinski, "Analysis of Paper Dryeres Heat Consumption", Drying'91, pp. 567-590, 1991.
- [3] Stubbing, T. J, "Airless Drying : It's Invention, Method and Applications", Trans IchemE, Vol. 71, Part A, pp. 488-495, 1993.