

## 다단열풍건조로의 입구에서 공기흐름의 균일분포를 보장하기 위한 한가지 방법

김의성, 김광혁

위대한 수령 김일성동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《과학자, 기술자들은 주체적인 립장에 튼튼히 서서 과학연구사업을 하여야 합니다. 그리하여 우리 나라의 공업을 주체화하는데서 절실하게 나서는 과학기술적문제들을 풀어야 합니다.》(《김일성전집》 제77권 262페이지)

우리는 벨트식열풍건조기의 성능을 높이는데서 중요한 문제의 하나인 가열공기의 균일한 흐름을 보장하기 위한 한가지 방법을 연구하였다.

공기흐름을 균일하게 보장하는것은 류체흐름을 리용하는 장치들의 성능을 높이기 위한 중요한 문제의 하나로 제기된다. 균일한 공기흐름을 보장하기 위한 여러가지 방법[2, 3]들이 제기되었지만 현실에서 제기되는 대상이 각이하므로 일반적인 방법을 찾기는 힘들다.

논문에서는 주어진 한가지 대상에 대하여 저항격판들의 길이를 조절하여 제작하기 쉬우면서도 균일공기흐름을 보장하기 위한 한가지 방법을 제기하였다.

### 1. 문 제 설 정

벨트식다단열풍건조로의 원리도를 그림 1에서 보여주었다. 수직으로 공급하는 가열공기가 아래부분에서 균일하게 공급되어야 건조물질들을 고르롭게 통과하면서 건조성능을 높이고 제품의 질을 높일수 있다.

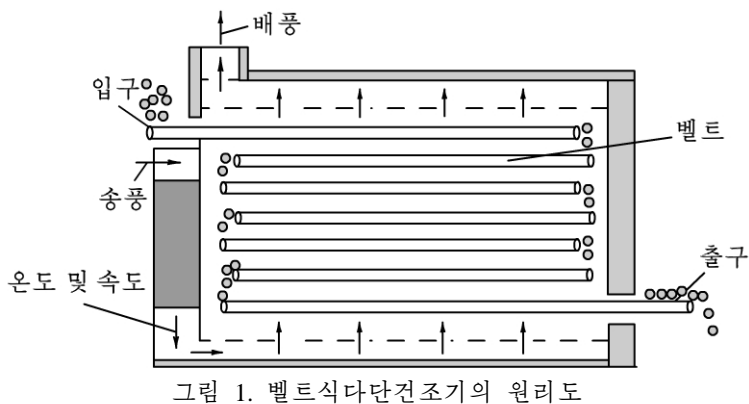


그림 1. 벨트식다단건조기의 원리도

공기가 입구로 들어와 가열되고 아래부분에 설치한 판사이에 난 구멍으로 빠져나간다. 이때 가열공기흐름을 균일하게 보장하기 위하여 공기구멍들의 뒤쪽에 설치하는 저항현시판의 길이를 조절하는 방법을 적용하였다.

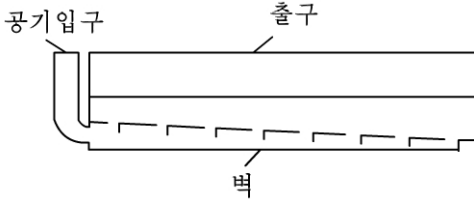


그림 2. 흐름구역과 저항판의 배치

수치모의를 진행하기 위하여 입구부분과 분배 구역에서 흐름구역을 아래와 같이 2차원으로 취급 하였다.(그림 2)

### 1) 기본방정식

공기흐름의 속도가 작고 맥동이 심한 조건을 고려하여 표준  $k-\varepsilon$  모델을 리용한 비압축성류체의 정상흐름에 대한 기본방정식을 적용할수 있다.[1]

$$\frac{\partial u_i}{\partial q_i} = 0 \quad (1)$$

$$\rho(\vec{v} \cdot \nabla)\vec{v} = -\nabla p + \nabla \cdot (\mu + \mu_t)\nabla \vec{v} \quad (2)$$

$$\rho \frac{\partial k u_i}{\partial q_i} = \frac{\partial}{\partial q_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial q_j} \right] + G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_M + S_k \quad (3)$$

$$\rho \frac{\partial}{\partial q_i} (\rho \varepsilon u_i) = \frac{\partial}{\partial q_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial q_j} \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{3\varepsilon} G_b) - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} + S_\varepsilon$$

여기서  $G_k$ 는 평균속도구배로 인한 란류운동에너지를 산일이고  $G_b$ 는 부력에 의한 란류운동에너지를 산일,  $Y_M$ 은 에너지를 손실 속도에 주는 압축성 란류의 맥동팽창의 기여 몫,  $C_{1s}$ ,  $C_{2s}$ ,  $C_{3s}$ 는 모형상수이고  $\sigma_k$ ,  $\sigma_s$ 는 각각 란류프란틀수,  $S_k$ ,  $S_\varepsilon$ 은 원천항,  $\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$ 은 란류점성,  $C_\mu$ 는 모형상수이다. 모형상수들은 표준적으로 아래의 값을 가진다.

$$C_{1s} = 1.44, C_{2s} = 1.92, C_\mu = 0.99, \sigma_k = 1.0, \sigma_\varepsilon = 1.3$$

에너지를 방정식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{D}{Dt} \int_{\tau} \left( \frac{V^2}{2} + U \right) \rho d\tau &= \int_{\tau_0} \left( \frac{V^2}{2} + U \right) \rho d\tau_0 + \int_{\partial \tau_0} \left( \frac{V^2}{2} + U \right) \mathbf{v} \cdot \mathbf{n} \rho d\sigma_0 = \\ &= \int_{\tau_0} \mathbf{F} \cdot \mathbf{V} \rho d\tau_0 + \int_{\partial \tau_0} \mathbf{P}_n \mathbf{V} d\sigma_0 + \int_{\partial \tau_0} q_n d\sigma_0 + \int_{\tau} q_f \rho d\tau_0 = \dot{Q} - \dot{W} \end{aligned} \quad (4)$$

여기서  $U$ 와  $V^2/2$ 은 류체단위질량당 내부에너지와 운동에너지를 나타낸다. 그리고  $q_n$ 은 경계면을 통하여 류체덩어리로 들어오는 열량이고  $q_f$ 는 단위체적당 점성응력(내부마찰력)이 수행한 일과 복사 등에 의하여 전달되는 열량이다.

### 2) 경계조건

입구-속도경계조건  $V = V_{in}$ , 출구-압력조건  $P = P_a$ , 벽-부착조건  $\vec{V}_w = 0$

## 2. 수치모의와 결과분석

흐름을 균일하게 보장하기 위한 방법을 찾기 위하여 먼저 가운데판과 아래벽사이에 경사판을 설치하고 입구속도 10m/s, 출구압력을 대기압으로 주고 계산실험을 진행하였다.

계산결과는 세로방향의 공기흐름이 오른쪽 끝에서만 밖으로 나가고 왼쪽 끝에서는 안쪽으로 진행된다는것을 보여주었다.

이런 방법으로는 공기의 균일흐름을 보장할수 없다는것을 알수 있다. 그래서 구멍들의 공기입구반대쪽 끝에 판을 달아주고 계산실험을 진행하였다. 제작상 편의를 위하여 가운데판을 잘라 접어주는 방법으로 구멍뒤쪽의 판을 만들어주게 하였으므로 판의 길이는 구멍크기를 넘을수 없다. 그래서 가운데판을 기울어지게 설치하고 판들의 길이를 조절하면서 계산실험을 진행하였다.

입구에서 속도를 5m/s로 주고 출구에 대기경계조건을 주었다. 난류모형으로는 표준  $k-\varepsilon$  표준모형을 리용하였다. 계산구역의 크기는 가로 3m, 세로 50cm이다. 계산그물의 요소수는 45 000개이다.

판의 뒤쪽을 175mm 낮추고 구멍의 크기는 100mm로 8개 등간격으로 배치하였으며 구멍뒤의 판들의 크기를 각각 95, 90, 90, 90, 85, 85, 100, 100mm로 주었을 때 흐름의 균일성이 잘 나타났다.

그림 3에 출구에서 세로방향속도분포를 주었다.

계산결과에서 볼수 있는것처럼 출구쪽에서 세로방향속도분포는 저항판아래로 흐르는 가열공기가 건조기의 모든 공간에 골고루 분포되면서도 입구쪽으로 치우치는 경향이 있다. 이것은 건조기의 출구를 입구의 반대쪽이 아니라 바로 그위에 설치하면 들어오는 제품을 모든 공간에서 고르게 건조할수 있다는것을 알수 있다.

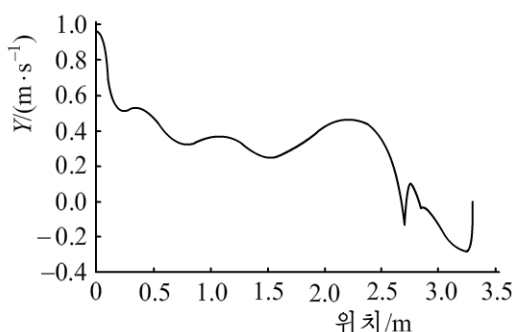


그림 3. 세로방향속도분포

## 맺 는 말

계산실험을 통하여 다단열풍건조기내부에서 공기흐름을 균일하게 보장하기 위해서는 구멍뒤에 저항격판을 달아주어야 한다는것을 알수 있었다. 또한 열풍건조로에서 공기흐름을 균일하게 보장하기 위한 저항판의 치수와 구멍크기, 간격을 결정하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] T. H. Shih et al.; Computers Fluids, 24, 3, 227, 1995.
- [2] K. S. Chou et al.; Trends in Food Science and Technology, 12, 10, 359, 2001.
- [3] Q. Z. Han et al.; Liquor-making Science and Technology, 7, 61, 2010.

## **A Method for Uniform Velocity Distribution at the Inlet of Multistage Hot Air Dryer**

*Kim Ui Song, Kim Kwang Hyok*

We analyze the velocity distribution in a multistage hot air dryer and find that we can set up the obstacle plate behind the hole for uniform velocity distribution at the inlet of the hot air dryer. And we determine the size of obstacle plate, the size and interval of the hole for uniform velocity distribution at one type of multistage hot air dryer.

Key words: hot air dryer, numerical simulation