

## 고성능 흡수 충전탑

강성진<sup>1\*</sup>, 길성재<sup>1</sup>, 박치균<sup>1</sup>, 이경학<sup>1</sup>, 이만식<sup>2</sup>  
 (주)전전엔텍 기업부설연구소<sup>1</sup>, 한국생산기술연구원<sup>2</sup>  
 (sjkang@jet21c.com\*)

## High Performance Absorption Columns

Kang Sung Jin<sup>1\*</sup>, Kil Sung Jae<sup>1</sup>, Park Chi Kyun<sup>1</sup>, Kyong Hak<sup>1</sup>, Lee Man Sig<sup>2</sup>  
 JEONJIN ENTECH Ltd. Research Institute<sup>1</sup>, KITECH<sup>2</sup>  
 (sjkang@jet21c.com\*)

### 서론

오늘날 모든 화학공정과 생산 공정에서 발생하는 문제들은 환경학적인 분야로 나타난다. 연구목적은 환경공학적인 공정기술에 의하여 경제적으로 적합하게 오염을 최소화 하는데 있다. 가장 중요한 문제는 가장 적합한 공학 공정 측정을 구성하는 것이다. 이에 적합한 공정 중에서 흡수는 산업에서 배출되는 많은 양의 가스에서 오염물질을 제거하는데 목적이 있으며 그 사용 범위가 증가되고 있다.

최근 몇 년 동안에 여기에 필요한 공정으로 충전탑 연구에 많은 발전을 가져왔다. 이 연구 보고서는 격자형으로서 임의적으로 충전한 충전물로서 가스상에서 물질전달 저항과 흡수 시스템을 통해서 연구되어졌다. 충전탑 내에 횡단면에서 면적당 액체흐름의 수에 나타나는 효과를 결정하기 위하여 관 분배에 의한 관류수를 사용하였다.

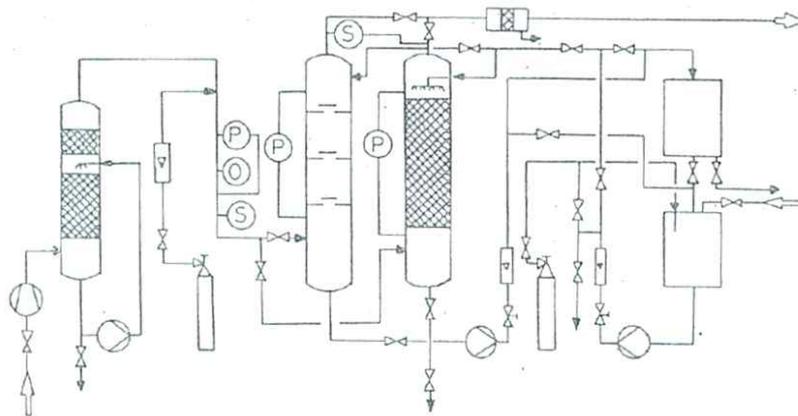


Fig. 1. Schematic of Absorption Investigation Plant

### 본론

#### 1. 실험 설계

실험에 필요한 설계인자는 Table-1에 나타내었다. 이 충전탑의 용적은 직경  $ds=0.3m$ , 효과적인 충전높이  $H=1\sim 1.4m$  그리고  $ds=0.45m$ ,  $H=2m$ , 관분배기의 관류수  $Z=122, 155, 400, 600, 730$ , 그리고  $1350$  이다.

## 2. 시스템 설계

실험에 필요한 흡수장치 시스템은 Table-1 로서 가스 운반은 NTP로 공기이다. 물질 전달에 사용된 요소는 NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>로 하였다. 암모니아는 물과 아황산 그리고 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaOH 에 흡수된다. 두 시스템에서 흡수는 용매 내에서 화학반응에 의해 일어난다.

Table 1. Systems Used for the Investigations

| System                         | NH <sub>3</sub> -Air / H <sub>2</sub> O               | NH <sub>3</sub> -Air / H <sub>2</sub> O+H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>  | SO <sub>2</sub> -Air / H <sub>2</sub> O + NaOH   |
|--------------------------------|---|---|--|
| $\rho_v$ [ kg/m <sup>3</sup> ] | 1.18  | 1.18  | 1.18   |
| $\rho_l$ [ kg/m <sup>3</sup> ] | 998.2   | 1032.7  | 1039.4   |
| $\nu_v$ [ m <sup>2</sup> /s ]  | $15.2 \times 10^{-6}$                                 | $15.2 \times 10^{-6}$   | $15.2 \times 10^{-6}$  |
| $D_v$ [ m <sup>2</sup> /s ]    | $2.38 \times 10^{-5}$                                 | $2.38 \times 10^{-5}$   | $1.5 \times 10^{-5}$   |
| Transfer Component Solved by   | Physical absorption in the solvent                    | Chemical absorption :<br>2NH <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + H <sub>2</sub> O<br>= (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + H <sub>2</sub> O | Chemical absorption :<br>SO <sub>2</sub> + 2NaOH<br>= Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> O |
| Condition                      | System operated under normal pressure and temperature |   |  |

실험에 사용된 충전물은 Nor Pac 과 Hiflow 이며, 그 특성은 Fig. 2에서 나타내었다. 이들 충전물들은 격자구조로 되어있으며, 낮은 압력손실과 높은 부하로 개선되었다.

| Packing  | NOR-PAC PVDF  | Hiflow PP  | Hiflow Metal  |
|--|---|--|---|
| Height   | 27 mm   | 50 mm  | 28 mm   |
| Diameter                                       | 27 mm   | 50 mm  | 25 mm   |
| Thickness                                      | 2 mm  | 1.5 mm   | 0.4 mm  |
| Geometrical shape of the packings investigated |  |  |  |

Fig. 2. Investigated Packing

## 결론

그림 Fig. 3 에 나타난 금속 충전물의 층은 물리적 흡수를 보여준다. 그림은 횡단면의 단위면적에 액체흐름수가 다양한 것에 대한 높이당 압력손실  $\Delta P/NTU_{OV}$ 의 함수  $V_V$ 와 액체/가스의 비율  $L/V$ 를 보여준다. 이 곡선의 왼쪽 위는 충전탑 직경  $ds=0.3m$  이고, 오른쪽 위는 충전탑 직경  $ds=0.45m$  이다. 횡단면의 단위당 액체 흐름의 수에 의해서 나타난 영향이 명백하게 보인다. 이것은 작은 충전탑에서 보다 큰 충전탑에서 현저하게 줄어든다.

만약 면적당 흐름의 수  $Z=155-400m^2$ 에서 증가된다면 전달단위높이  $HTU_{VO}$  값과 흡수 효율값  $V_V$ 는 현저하게 줄어든다. 이와 반대로 면적당 흐름의 수  $Z=730m^2$  이상 증가하면 더 이상 유리하지 않다.

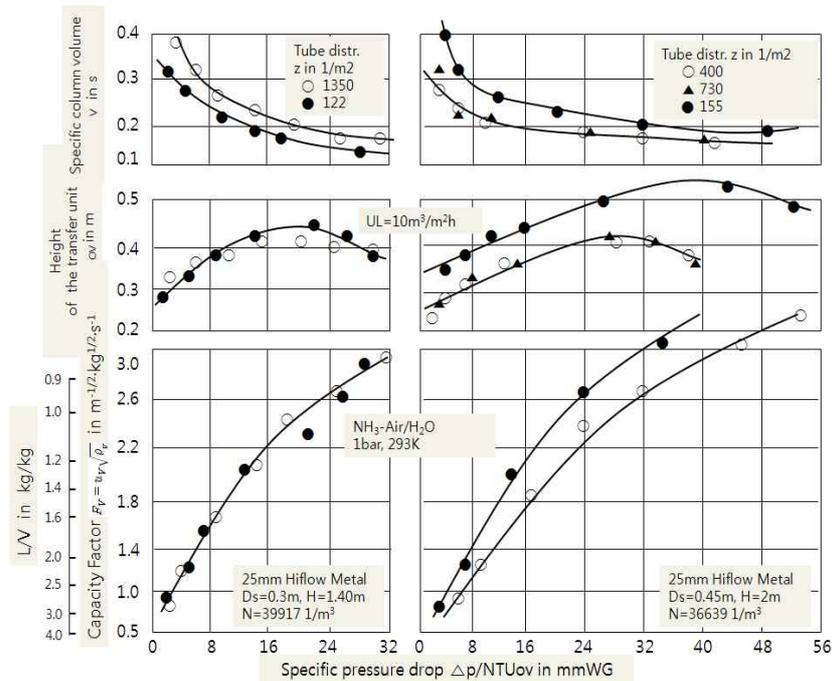


Fig. 3. Influence of Liquid Distribution Density and Column Diameter on Packing Performance, Basis of Comparison : Specific Pressure Drop

Fig. 4는 플라스틱 충전물을 나타낸 것이다. 중심에서 물질전달 구성 요소들의 효율은 용매상에 유입되어 일어나는 순수한 물리적 흡수이다. Fig. 4의 오른쪽 위의 특유한 충전탑 용적은 매우 작은 충전물의 크기에 의존한다는 것을 보여준다.

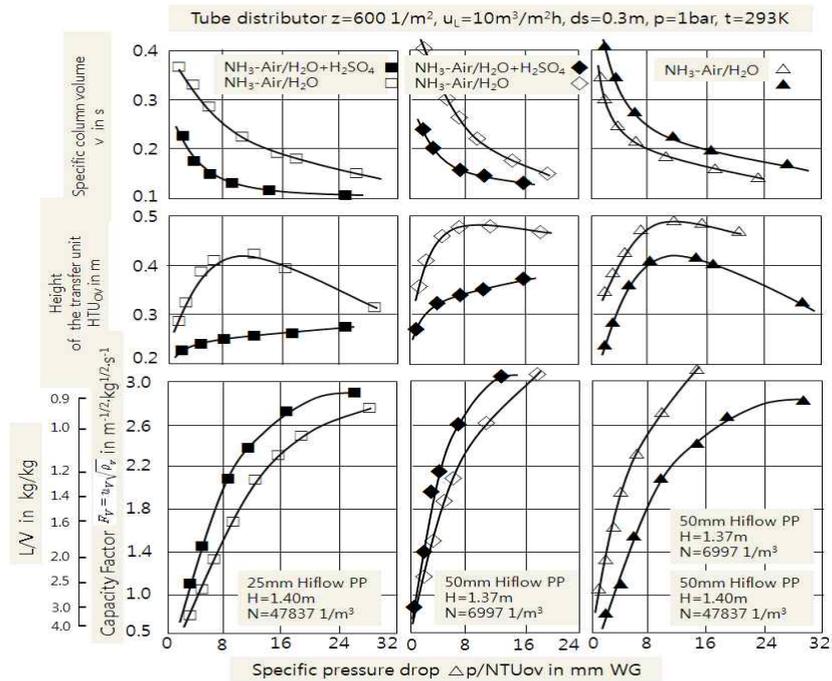


Fig. 4. Comparison Between Physical and Chemical Absorption, Basis : Specific Pressure Drop

실험 시스템에 의하여 액체상에서 화학반응으로 흡수가 일어난다. Fig. 3 ~ 4 에서는 액체부하상수  $U_L=10\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$  에 대하여 평가한 것이다. 현대 충전물의 효과에서 비교적 가스 부하가 높다면 최소 용적으로 설계가능 하다는 것을 알 수 있다. 액체상에서 일어난 화학반응의 물질전달 저항은 실험 시스템에서 무시된다. 결과는 공식(1)에서 나타낸 두 상 이론에 의하여 액체상의 전달단위높이  $HTU_L$ 은 0일 때  $HTU_{OV}=HTU_V$ 가 된다.

$$HTU_{OV} = HTU_V + \lambda \cdot HTU_L \quad (1)$$

가스상에서 전달단위의 압력손실  $\Delta P/HTU_V$ 는 공식(2), (3)에서 얻어진다. 시스템 NH<sub>3</sub>-Air/Water에서 물질전달 저항은 가스상에서 우세하다는 것을 알 수 있다. 여기서 압력손실  $\Delta P/NTU_{OV}$ 와  $\Delta P/NTU_V$ 는 무관하다. 특정 압력의 충전탑 높이에서  $\Delta P/NTU_V$ 도 서로 무관하다. 특정 압력의 충전탑 높이에서  $\Delta P/H$  단위당 압력손실에 대하여는 공식(2)으로 설명된다.

$$\frac{\Delta P}{H} = \psi_L \cdot \left( \frac{\alpha}{6} + \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{d_s} \right) \cdot \frac{1 + \frac{h_L}{1-\epsilon}}{(\epsilon - h_L)^3} \cdot F_V^2 \quad (2)$$

$$HTU_V = \frac{\Delta P/NTU_V}{\Delta P/H} \quad (3)$$

$$H = HTU_V \cdot NTU_V \quad (4)$$

최종적으로 압력손실  $\Delta P/NTU_{OV}$ 는 공식(3)에 의하여 전달단위높이  $HTU_V$ 가 얻어진다. 따라서 만약 이론상의 단위수로 실제  $NTU_V$ 가 나타내어진다면 충전탑 높이  $H$ 는 공식(4)에서 얻어진다.

#### Acknowledgement

This work was supported by the Global Leading Technology Program of the Office of Strategic R&D Planning(OSP) funded by the Ministry of Knowledge Economy, Republic of Korea. (10042424) and Korea Institute for Advancement of Technology(KIAT) through the Research and Development for Regional Industry(R0000495)

#### 참고문헌

1. NOR-PAC Hochleistungsfullkörper aus Kunststoff : Brochure of Norddeutsche Seekablewerke Aktiengesellschaft, Nordenham, No. H1 03 (1, 5) 7. 83
2. R. Billet, J. Mackowiak : Chemie-Technik 9, No. 5, 219, (1980)
3. R. Billet : Energy Savings in Thermal Separation Processes, Dr.Alfred Hüthig-Verlag, Heidelberg, (1983)
4. R. Billet, J. Mackowiak : Chemie-Technik 13, No. 2, 37(1984) ; 14, No. 4, 91, (1985) ; 14, No. 5, 195, (1985)
5. R. Billet : Distillation Engineering, Chemical Publishing Company, New York, (1979)
6. J. H. Kim : Diss. Ruhr-Universität Bochum, (1986)
7. R. Billet : M. Schultes : Int. Symposium on Distillation & Absorption, Brighton, England, (1987)