

◎ 論 文

격자형 충전물을 이용한 충전탑내 기액상의 역류에 의한 물질전달과 수력학적 동특성⁺

김장호* · 하상안**
(1988년 9월 23일 접수)

Mass Transfer and Hydraulic Kinematic Character Using Lattices Packings
by Countercurrent Flow of Gas-Liquid Phase in Packing Column

Jang-Ho, Kim · Sang-An, Ha

Key Words : Packing Column(충진탑), Mass Transfer(물질전달), Lattices Packing
(격자형 충전물), Absorption(흡수), Rectification(정류), Pressure Drop
(압력손실), Gas Capacity Factor(가스용량인수), Loading(부하량)

Abstract

This thesis introduced that character of a treatment technique for a making synthetic resin Hiflow-Ring.

The material system of packings make an experiment air-NH₃/airH₂SO₄, SO₂-air/NaOH, NH₃-air/H₂SO₄ under general conditions.

Lattices packing compared with conventional packings was proved low pressure loss and high separation efficiency for high loading per trans unit. And an inflow material tested for absorption and rectification, it made an experiment under a range regular temperature, low energy and small amount of money.

That made possible in simple equation, volume material transfer coefficient $\beta_L \cdot a$ by absorption or $\beta_V \cdot a$ calculated in all range loading.

The peculiarity pressure loss $\Delta P/NUT_{ov}$ for Hiflow-ring contributed to a fall in cost of energy, a grade number of a vacuum rectification and absorption calculation.

1. 서 론

정류, 흡수, 탈착, 액·액-추출과 같은 물질교환 공정을 실행하기 위하여 1970년대 말기부터 격자형 충전물을 충전한 충전탑의 사용이 증대되어

왔으며, 화학공업에 관계되는 생산공정과 환경보호에 이르기까지 충전탑 기술분야가 경제적으로 더욱 사용이 증대되어지고 있다. 충전탑에 충전되어진 충전물은 플라스틱, 금속 및 세라믹과 같은 물질로 되어 있으며, 전형적인 종류로는 NSW-ring, Telleretten, Dinpak, VSP 충전물,

⁺1988년도 한국해양공학회 춘계학술대회발표(1988년 6월)

* 정회원, 동아대학교, 공과대학 환경공학과

** 정회원, 동아대학교 대학원

Hiflow-ring 등이 사용되고 있다. 1980년대 이후 충전물의 연구가 활발히 행하여 졌으며, 최근에는 합성수지로 만든 NSW-ring 등이 사용 되어지고 있다. Billet²⁾는 격자형 충전물을 충전탑에 충전한 것이 재래적인 합성수지 pall-ringe 보다 압력손실이 적고 효과적인 분리작용을 가지는 수력학적 동특성을 가짐을 보고 하였다. 충전탑을 실용화 하기 위하여 압력손실, 액체함량, 부하한계치, 가스상 혹은 액상의 물질전달에 관한 특성을 구명하는 것이 대단히 중요하다.

Billet²⁾의 연구는 충전탑의 설계를 효율적으로 결정하기 위하여 이용될수있다. 그러나 화학적인 반응이 있는 혹은 없든간에 가스상에서 부터 오는 물질상태의 변화에 저항을 주는 실행인자는 실험 결과로부터 정확히 예측할 수 있다. 충전탑내의 물질전달에 관한 실험결과에서 동력학적인 가스하중연수 F_v , 액체함량 U_L , 확산계수 D_v , 에 의하여 가스상의 체적물질전달계수 $\beta_v \cdot a_e$ 에 관한 것은 경험적으로 구하였고 본 연구에서는 특히 두상의 역류흐름에 관한 수력학적 동특성과 물질전달에 관한 실험을 수행하여 그결과를 나타낸 것이다. 또한 과거에는 산업현장에 재래적인 충전물을 적용할 때 발생하는 scale-up 문제가 격자형 충전물을 충전한 충전탑을 적용함으로써, 이 문제가 해결되어, 실제의 산업에 효과적으로 응용이 가능함을 본연구를 통하여 증명 하였다.

2. 실험 시스템 및 장치

가스상으로부터 물질전달 현상에 관한 연구를

위하여 3개의 각각 다른 시스템 : $\text{NH}_3\text{-air}/\text{H}_2\text{O}$, $\text{NH}_3\text{-air}/\text{H}_2\text{SO}_4$, $\text{SO}_2\text{-air}/\text{NaOH}$ 가 선택되어 졌다.

본 실험에 사용한 충전탑은 Fig 1에서 나타낸바와 같이column 직경은 0.22~0.3 및 0.45m이고 충전탑 높이 H는 0.7~2m까지 여러가지로 변화시켜 실험을 하였다. 허용밀도 B는 152800 l/m^2 을 가진 대기관을 사용하였다.

충전탑의 실험에서 발생하는 scale-up을 방지하기 위해서 분배장치는 Fig. 2에서 나타낸 모세관형을 사용하여 구멍수를 조절해 가면서 실험을 하였다. 분배장치는 column의 윗 부분에 설치하였다.

실험의 주요 항목은 Fig. 3에서 나타낸 각각의 충전물을 충전한 후 직경과 높이를 변화시켜 3가지 실험 시스템을 통과시킬 때 발생하는 체적물질전달계수 $\beta_v a_e$ 의 함수로서 발생하는 액체함량, 확산계수, 고유압력손실 등을 측정하는 것이다.

3. 물질전달과 수력학적 동특성 고찰

물질전달에 관한 특성은 충전탑에 통과하는 가스 속도 U_G 를 액체부하 U_L 이 일정한 조건에서 수력학적인 특성을 고찰함으로써 가능하다. 물속에 흡수된 암모니아 밀도 ρ_v 와 가스평균체적 흐름 V_v 는 Billet와 Mackowiak가 제안한 식(1)에 의해 계산된다.

$$\dot{m}_v = \text{const} \Rightarrow \dot{m}_{v,B1} = \dot{m}_{v,S} = \rho_{v,B1} \cdot \dot{V}_{v,B1} = \rho_{v,S} \cdot \dot{V}_{v,S} \quad (1)$$

윗식을 $3 \text{ km} \cdot \text{l/m}^2$ 의 암모니아-공기 시스템에 적용하면 식(1)와 같이 평행직선으로 표현된다. 식(2)에

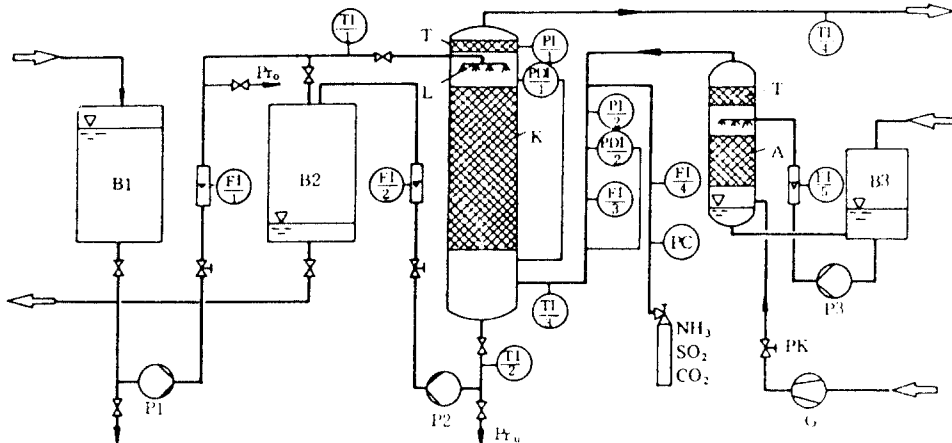


Fig. 1 Schematic of packing tower

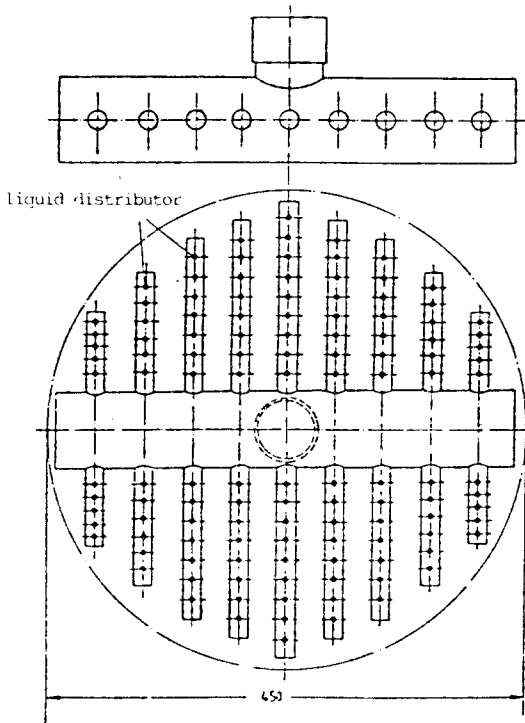


Fig. 2 Capillary type liquid distributor

서 나타나는 확산계수 D_v 는 Hobler⁴⁾의 연구결과로부터 계산하였다.

$$\log m_{pc} = 4.705 - \frac{1922.0}{T_v} \left[\frac{\text{bar} \cdot \text{m}^3}{\text{kmol}} \right] \quad (2)$$

공기속에 포함된 암모니아농도와 유출수의 액체에 전달된 양은 각각 식(3)과 식(4)와 같이 나타난다.

$$\dot{n}_L = \dot{v}_L \cdot c_L \quad [\text{kmol NH}_3/\text{s}] \quad (3)$$

$$\dot{n}_V = \dot{V}_V \cdot \frac{\rho_V}{M_V} \cdot (y_U - y_0) \quad [\text{kmol NH}_3/\text{s}] \quad (4)$$

$$\dot{n}_m = (\dot{n}_V \cdot \dot{n}_L) / 2 \quad (5)$$

충진탑 아래부분의 가동치는 다음의 식(7)에서 윗부분의 가동치는 식(8)에, 가스상에서의 전달단위수

는 식(6)으로 계산할 수 있다. 또한 충전탑 아래부분과 윗부분에서의 암모니아의 몰농도를 각각 Y_0 와 Y_U 라고 하면, Y_0^* 과 Y_U^* 에 필요한 몰농도는

$$NTU_{ov} = \frac{Y_U - Y_0}{\Delta y_u^* - \Delta y_o^*} \cdot l_m \frac{\Delta y_u^*}{\Delta y_o^*} \quad (6)$$

$$\Delta y_u^* = y_u - y_u^* : m_{ly} y_u^* = m_{yz} \cdot x_u \quad (7)$$

$$\Delta y_o^* = y_o - y_o^* : m_{ly} y_o^* = m_{yx} \cdot x_o \quad (8)$$

식(9)에서 나타내어진다.

$$m_{yz} = \frac{18698.6}{\rho_v \cdot T_v} - 10^{(4.705 - \frac{1922}{T_v})} \quad (9)$$

[kmol/kmol]

따라서 전체의 전달단위수에 대한 충전탑 높이와 전달단위 높이의 관계는, 다음으로 가스상의 HTU_v

$$HTU_{ov} = \frac{H}{NTU_{ov}} \cdot HTU_{ov} = \frac{U_v}{K_v a_e} \quad (10)$$

의 관계는 식(11)과 같이 결정되어진다. 식(11)중의 λ 는 식(12)와 같이 나타내어진다.

$$HTU_v = HTU_{ov} - \lambda \cdot HTU_L \quad (11)$$

$$\lambda = m_{yx} \cdot \frac{\dot{V}}{L} \quad (12)$$

이때 액체상과 기체상의 저항을 나타내는 HTU_{ov} 는 식(13)과 같다. 액상부하 c 와 충전상수 n 은 액상의 물질전달 계수를 나타내는 식(14)와 일치하게 된다.

$$HTU_L = \frac{U_L}{\beta_L \cdot a_e} \rightarrow U_L = \frac{1}{3600} \frac{L}{\rho_L d_s^2 \frac{\pi}{4}} \quad (13)$$

$$\beta_L \cdot a_e = C \cdot U_L^n \cdot D_L^{1/2} \quad [1/\text{s}] \quad (14)$$

HTU_L 과 HTU_v 로부터 기체상에서 체적 물질전달 계수 $\beta_v \cdot a_e$ 으로 나타낸 식(15)를 결정할 수 있다.

$$\beta_v \cdot a_e = \frac{U_v}{HTU_v} \quad [1/\text{s}] \quad (15)$$

가스상에서 단위전달당 압력손실 $\Delta P/H$, HTU_v 는 식(16)으로부터 얻어질 수 있다.

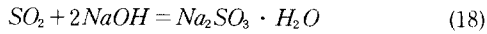
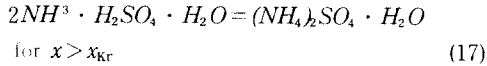
$$\frac{\Delta P}{NTU_v} = \frac{\Delta P}{H} \cdot HTU_v \quad (16)$$



Fig. 3 Investigated lattices packings

본 연구 시스템의 실험 과정에서 물질전달의 구성 요소들중 NH₃농도는 0.05kmol/kmol 보다 적은 임계농도에서 가스상의 물질전달이 효율적으로 일어나므로서 물질저항이 적게 발생하였다.

두번째로 측정된 SO₂농도는 흡수되는 물질전달 실험에서 임계농도보다 클때는 확산성분의 분자흐름이 형성되지 않으므로서 임계농도가 유체흐름의 특성에 영향을 미침을 볼 수 있다. 따라서 선택되어진 물질전달 구성요소들인 NH₃ 그리고 SO₂는 식(17)과 식(18)에서 나타낸 것과 같이 암모니아는 물과 아황산 그리고 H₂SO₄는 NaOH에 흡수 된다. 그리고 언급된 두시스템에서 흡수는 용매에 의해 상경계에서 빠른 화학반응이 일어난다.



이 때 발생하는 액상측의 물질전달 저항은 무시할 수 있다.

1m 충전탑에 건조한 합성수지 25mm Nor-ring 및 50mm Hifiow-ring을 충전했을 때 가스하중인수의 함수로써 관계되는 압력손실에 대한 결과는 Fig. 4와 같이 나타난다.

관수되지 않은 건조 충전물의 압력손실은 위식에서 구할수 있으며, 가스상의 레이놀드수는 식(20)에

$$\frac{\Delta P_0}{H} = \psi \frac{1-\epsilon}{\epsilon_3} \cdot \frac{F_V^2}{dp \cdot K}$$
 (19)

서, 벽계수 K는 식(21)식과 같이 표현된다.

$$Re_V = \frac{U_V \cdot d_p}{(1-\epsilon) \cdot V_V} \cdot K$$
 (20)

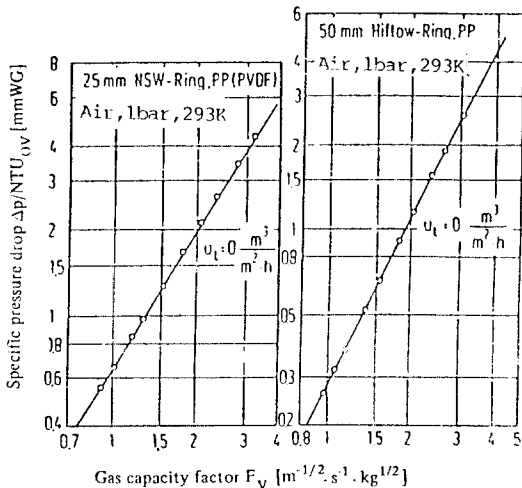


Fig. 4 Pressure drop for gas capacity factor unwetted NSW-ring and Hiflow-ring

아래식의 부분저름 dp는 식(22)과 같이 구할 수 있다.

$$\frac{1}{K} = 1 + \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{1-\epsilon} \cdot \frac{dp}{d_s}$$
 (21)

$$d_p = 6 \cdot \frac{1-\epsilon}{\alpha}$$
 (22)

Re_v수의 범위에 따라서는 저항계수가 2100보다 클 때 값이 다소 변경되므로 계산식과 실제의 실험을 통하여 값을 얻을수 있다. 충전물을 충전한 충전탑은 액체가 밑으로 분배됨으로써, 충전물 표면에 막이 형성되어진 곳으로 흘러 내림으로써, 물질전달이 이루어진다. 액체가 흘러 내릴 때 일부분의 량이 머물리 있게 되는 액상용적은 충전물이 충전된 공간체적을 작게함으로써 압력손실을 증가시키게 된다.

Fig. 5에 나타낸 바와 같이 가스하중인수에 대한 압력손실의 그래프에서 흐름점까지는 평행하게 나타나고 범람한계값이 70 Δ를 초과할 때는 급속히 증가하게 된다. 과부하점에서는 액상용적이 발생되므로써 충전탑내의 물질전달에 큰 영향을 미치게 된다.

충진탑에 충전한 관수된 충전물의 압력손실은 식(23)으로 나타낼 수 있으며, 그리고 관수되지 않은

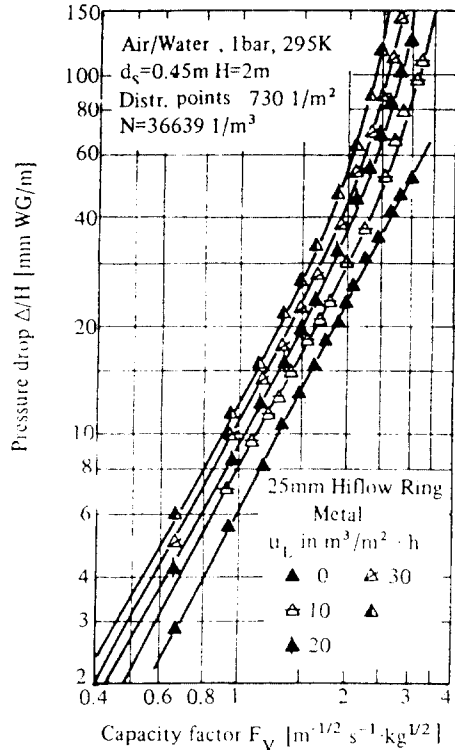


Fig. 5 Pressure drop for unit height of packings as a function gas and Liquid loading

$$\frac{\Delta p}{H} = \psi_L \cdot \frac{[1 - (\epsilon - h_L)]}{(\epsilon - h_L)^3} \cdot \frac{F_V^2}{d_p \cdot K} \quad (23)$$

충진물에 대한 압력손실은 식(24)와 식(25)의 관계

$$\frac{\Delta p/H}{\rho_0/H} = \frac{\psi_L \cdot (1 - (\epsilon - h_L)) \cdot \epsilon^3}{\psi \cdot (\epsilon - h_L)^3 \cdot (1 - \epsilon)} \quad (24)$$

for $U_L \ll y$

$$\frac{\Delta p}{\Delta p_0} = \frac{\psi_L}{\psi} \left(1 + \frac{h_L}{1 - \epsilon}\right) \left(1 - \frac{h_L}{\epsilon}\right)^{-3} \quad (25)$$

식에서 나타낼 수 있다. 두상 흐름에서 저항계수는 액체상의 레이놀드수의 함수가 된다. 이러한 사실은 식(25)에 나타난 $\Delta p/\Delta p_0$ 와 액체상용량, 관수되지 않은 건조 충전물의 공간체적에 대한 값을 구함으로써 해결 할 수 있다.

액체상의 Re_L 은 식(26)에서 구해지며, 액체상의 저항계수 Ψ_L 은 $Re_L > 10$ 일 때는 식(27)을 사용하고 $Re_L > 10$ 일 경우에는 식(28)과 식(29)을 사용한다.

$$Re_L = \frac{U_L}{a \cdot V_L} \quad (26)$$

$$\psi_L = 2.67 \cdot Re_L^{-0.4266} \quad (27)$$

$$\psi_L = 1.50 \cdot Re_L^{-0.175} \quad (28)$$

$$\psi_L = 0.865 \text{ for } 10 \leq Re_L \leq 60 \quad (29)$$

관수된 충전물에 대한 압력손실은 식(30)에서 나타낼 수 있다.

$$\frac{\Delta p}{H} = \psi_L \cdot \frac{1 - \epsilon}{\epsilon^3} \cdot \frac{F_V^2}{d_p \cdot K} \cdot \left(1 + \frac{h_L}{1 - \epsilon}\right) \cdot \left(1 - \frac{h_L}{\epsilon}\right)^{-3} \quad (30)$$

액체상의 ψ_L 은 충전물의 재질과 종류에 독립성을 가짐을 볼 수 있다. 충전탑내의 액체함량 h_L 은 식(31)과 같은 선택개개 변수에 따라 결정되어지며, 또한 충전탑내의 표면장력의 관계에서 식(32)가 유도되어지고, 액상부하 U_L 및 점성에 대한 대수비율의 수력학적 결과에서 식(33)이 유도되어진다.

$$\tau = \frac{h_L}{U_L} \cdot H \quad (31)$$

$$\left(\frac{We_L}{Fr_L}\right) = \frac{\rho_L \cdot g}{\sigma_L} \cdot \frac{\epsilon^2 \cdot d_p^2}{(1 - \epsilon)^2} \quad (32)$$

$$\left(\frac{Fr_L^2}{Re_L}\right)^{1/3} = Bu = \left(\frac{\zeta_L}{\rho_L \cdot g^2}\right)^{1/3} \cdot \frac{U_L}{\epsilon} \cdot \frac{1 - \epsilon}{\epsilon \cdot d_p} \quad (33)$$

이 결과치는 용적에 관계없이 25~30mm 충전물을 가지고 실험을 한 후 나타내어진 것이다. 식(35)의 상에서 흐름계수의 함수보다 초과된 공기압력 계수는 식(34)에 의해 계산되어짐이 증명되어졌다.

$$F_{V, F1} = \frac{F_{V, F1}}{\sqrt{\rho_L - \rho_V}} = f(x)$$

$$X = \frac{\dot{L}}{V} \cdot \sqrt{\frac{\rho_V}{\rho_L}} \quad (35)$$

Table 1은 실험을 실행한 조건을 나타낸 것인데 실험결과에서 나타난 것을 보면 충전탑내의 상부에서 분포되는 균일한 분배가 정류 조건에서 분리효율을 증가시키는데 중요한 결정인자가 됨을 증명할 수 있다.

Table 1 Test Conditions for packing studies

Symbol	$\frac{d_s}{m}$	$\frac{H}{m}$	$\frac{N}{1/m^3}$	B	
				$1m^2$	TYP
▽	0.22	1.2	38300	2315	1
▼	0.3	1.4	39917	122	1
●				1350	1
●	0.45	2.0	36639	155	1
△				400	1
△				730	1
▲	0.3	1.37	40790	2400	2
○				15	1

Fig. 6은 액체부하가 일정할때 전달단위 높이에 대한 가스하중인수에 의하여 얻어진 결과를 나타내었다.

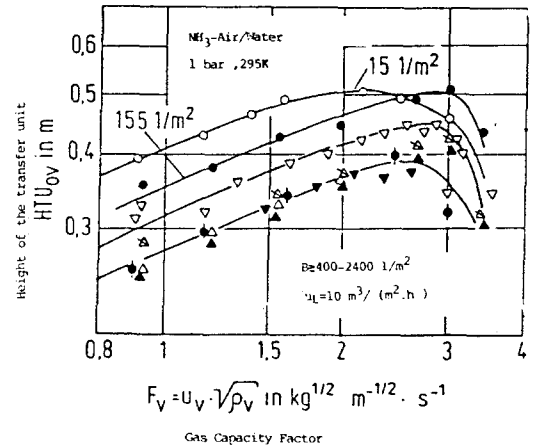


Fig. 6 Height of an overall transfer unit for different number of distribution

본 연구에서는 실험을 15~2400 l/m^2 의 여러가지 형태로 실행한 결과 직경 $d_s > 0.3$ 인 충전탑에서 실제적으로 물질전달에 의해 분리효과에 영향을 미치지 않는 범위는 400~2400 l/m^2 가 가장 효과적임이 판명되어졌다.

Fig. 7에서 나타낸 바와 같이 체적 물질전달 계수는 액체부하와 가스하중인수에 의하여 충분히 평가되어진다.

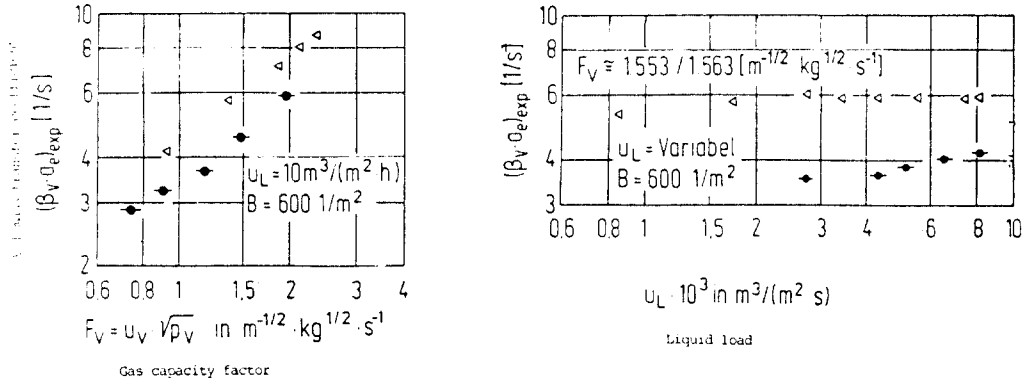


Fig. 7 Vol, mass transfer coefficient for packings showing effect of capacity factor and liquid load

Table 2 Parameters for estimating gas phase mass transfer coefficients.

B = 400 ~ 2300 1/m²

Packing	$\frac{d \cdot 10^3}{m}$	$C \cdot 10^{-6}$	n	m	System	number of the measure point	$\delta (\beta_v \cdot \alpha)$ %	Lit
Hiflow-Ring Metall	27	2.41	0.833	0.25	NH ₃ -Air/H ₂ O	63	+ 2.6	Autor
					SO ₂ -Air/H ₂ O NaOH	13	- 5.4	
					NH ₃ -Air/H ₂ O H ₂ SO ₄	12	+ 7.2	
Hiflow-Ring PP	50	5.18	0.675	0.46	NH ₃ -Air/H ₂ O	13	+ 10	Billet. Mockowiok (6)
					NH ₃ -Air/H ₂ O H ₂ SO ₄	10	+ 18.9	Autor
					SO ₂ -Air/H ₂ O NaOH	11	+ 5.6	
NSW-Ring PVDF	27	2.8	0.845	0.333	NH ₃ -Air/H ₂ O	12	+ 8.7	Autor
					NH ₃ -Air/H ₂ O -H ₂ SO ₄	10	+ 22.5	

Table. 2는 실험되어진 각종진물의 종류에 따라 나타나는 c, n, m의 크기가 계산되어지는 것을 나타내었으며, 실험의 결과에서는 충전물이 큰것 보다 작은 것이 물질전달 함수의 가스부하인수가 더 커짐이 판명되어졌다.

가스측 물질전달을 계산하기 위해서 필요한 체적 물질전달 계수 $\beta_v \cdot a_e$ 값은 실험을 통하여 결정했으며, 또한 c, m, n의 크기는 실험으로 결정할 수 있었다. 이 결과에서 식(36)이 유도 되어지며, 물질전달과 압력손실은 서로 상호관계를 가짐을 볼 수 있다.

$$\beta_v \cdot a_e = C \cdot F_v^n \cdot U_L^m \cdot D_v^{2/3} \quad (36)$$

$$\frac{dp}{NTU_v} \cdot Sc_v^{2/3} = f(F_v) \quad (37)$$

충전탑내의 가스측 물질전달은 실제적으로 같지만 하나의 특성을 가지고 있다. 이러한 dH에 의한 충전 체적 V_s 는 식(39)에 의해서 결정되어지고, 가스에서

액체로 물질이 전달되는 물질흐름의 식(38)이 결정되어진다.

$$d\dot{n}_A = (\beta'_v \cdot a_e) \cdot (y - y^*) \cdot dV_s \quad (38)$$

$$dV_s = \frac{d^3_s \cdot \pi}{H} \cdot dH \quad (39)$$

이것은 시스템의 확산성질에 따라서 결정되는 압력손실은 식(41)과 같은 함수에 따라서 나타내어진다.

$$\beta_v \sim D_v^{2/3} \quad (40)$$

$$\frac{dp}{dH} = f(F_v, U_L, \epsilon, a) \quad (41)$$

충전탑내의 dH에 따라서 A요소의 물흐름이 일어나며, 이것은 식(42)에 따라서 결정되어지고 압력손실 dp값은 식(43)에 의해서 나타낼 수 있다.

$$d\dot{n}_A = \dot{V} \cdot dy \quad (42)$$

$$\frac{dp}{dn_A} = \frac{1}{V} \cdot \frac{dp}{dy} \quad (43)$$

A요소의 몰흐름 dn_A 는 식(44)에 의해서 결정되어진다.

$$\frac{dp}{dn_A} = \frac{1}{(\beta'_v \cdot a_e) \cdot (y - y^*)} \cdot \frac{dp}{dV_s} \quad (44)$$

최종적으로 위의 관계식에 의해서 식(45)와 식(46)으로 결론을 내릴 수 있다.

$$\frac{dp}{dy} \cdot (y - y^*) = \frac{\dot{V}}{\beta_v \cdot a_e} \cdot \frac{dp}{dV_s} \quad (45)$$

$$\frac{dp}{dy} \cdot (y - y^*) = \frac{\dot{V}}{(\beta'_v \cdot a_e) \frac{d_s^2 \cdot \pi}{4}} \cdot \frac{dp}{dH} \quad (46)$$

또한 식(47)과 식(48)에서 전달단위수는 전달단위 높이를 구함으로써 결정할 수 있다.

$$\frac{dy}{y - y^*} = d(NTU_v) \quad (47)$$

$$\frac{\dot{V}}{(\beta'_v \cdot a_e) \cdot \frac{\pi \cdot d_s^2}{4}} = HTU_v \quad (48)$$

이러한 관계에서 dH 와 압력손실의 미분관계에서 식(49)가 유도되어진다.

$$\frac{dp}{dNTU_v} = \left(\frac{dp}{dH} \right) \cdot HTU_v \quad (49)$$

두상 흐름에서 압력손실은 하나의 상 흐름에 대한 압력손실의 관계에 있어서 $\Delta p / \Delta p_0$ 가 성립되어지고 식(49)에서 dp/dH 를 변화시켜 식(51)이 유도되어진다.

$$\frac{dp}{dH} = \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right) \cdot \left(\frac{dp_0}{dH} \right) \quad (50)$$

$$\frac{dp}{d(NTU_v)}$$

$$= \psi \cdot (1 - \epsilon) \cdot F_v^2 \cdot \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right) \cdot HTU_v \quad (51)$$

가스측의 물질전달 저항이 있는 시스템에서 HTU_v 는 식(52)에 나타난 슈미트수의 관계에 따라서 결정되어지며, 부하범위에서 액체부하가 일정하게

$$HTU_v \text{ prop. } Sc_v^{2/3} \quad (52)$$

가될 때 실제로 액체함량은 난류영역에서도 역시 $\Delta p / \Delta p_0$ 가 일정하게 된다.

가장 적절한 조건으로 실험을 하기 위하여 각 시스템의 결과는 식(53)에 의해 결정되어지고, 충전물에 대한 상수 C_p 도 구해진다. 이것을 결정하기 위해서 실험한 결과에서 식(54)가 유도되어졌다.

$$\frac{\Delta p}{NTU_v} = C_p \cdot F_v^2 \cdot Sc_v^{2/3} \quad (53)$$

$$\frac{\left(\frac{\Delta p}{NTU_v} \right) \cdot Sc_v^{2/3}}{F_v^2} = C_p = \text{const} \quad (54)$$

식(55)는 이 실험결과를 나타내는데 필요하다.

$$\frac{\Delta p}{NTU_v} \cdot Sc_v^{2/3} = f(F_v) = C_p \cdot F_v^2 \quad (55)$$

Fig. 8에서는 식(55)의 결과를 측정하기 위해서 실험한 결과를 나타낸 것인데, 과다부하 이하에서는

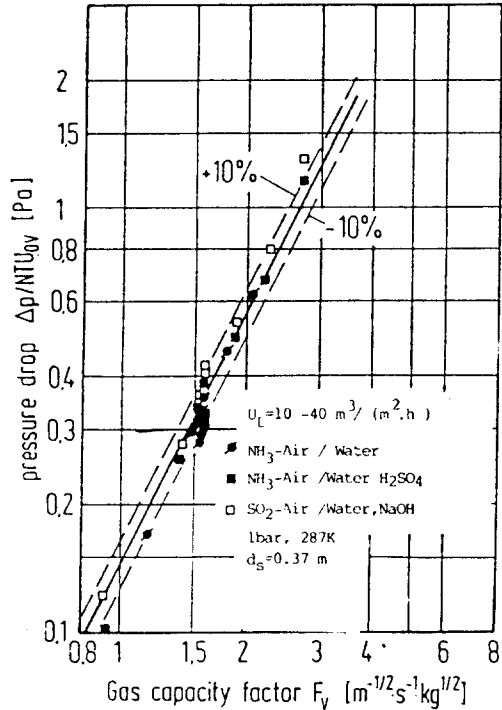


Fig. 8 Specific pressure drop for gas capacity factor in three system

대수그래프에서 기울기 2의 직선이 양의 값으로 나타남을 볼 수 있다. 결과적으로 전달단위 높이는 식(56)을 적용하여 계산하며, 체적 물질전달 계수는 액상측의 저항력을 고려하여 식(58)에 따라서 결정되어진다. 최종적으로 실험의 결과에서 전체 전달단위 높이 HTU_{ov} 를 구할 수 있다.

$$HTU_v = \frac{\Delta p / NTU_v}{\Delta p / H} \quad (56)$$

$$\beta_{vr} \cdot a_e = \frac{\Delta p / H}{\Delta p / NTU_v} \cdot U_v \quad (57)$$

$$HTU_{cv} = HTU_v \cdot \left(m_{yx} \cdot \frac{\dot{V}}{L} \right) \cdot \left(\frac{U_L}{\beta_L \cdot a_e} \right) \quad (58)$$

4. 결 론

참고문헌

충진탑에 세계의 다른 시스템을 가지고 격자형 충전물을 충전하에 실험을 한 결과에서 나타난 처리효율 및 수력학적 동특성연구 결과를 종래에 사용하던 충전물과 비교하면,

1) 높은 부하 상태에서 물질전달이 일어나는 경우 특히 압력손실이 적게 발생되므로서 충전탑 운전에 필요한 소요동력이 적게 든다.

2) 열에 민감한 혼합물질을 효과적으로 분리함으로써 흡수나 정류공정에 효과적으로 적용될 수 있다. 따라서 본연구 과정은 환경보호 및 정밀화학공업분야에 특히 큰 효과를 거둘수 있을 것으로 기대되어진다.

- 1) Billet, R. and J. Mackowiak , vt "Verfahrenstechnik" 16(1982) Nr.2,s. 67/74
- 2) Billet, R. and J. Mackowiak, Chemie-Techink 11(1982) Nr. 11, S. 1107/1114
- 3) Billet, R. and J. Mackowiak , vt "Verfahrenstechnik" 17(1983) nr. 4, s. 203/211
- 4) Billet, R. and J. Mackowiak , Tette Seifen Anstrichmittel 85(1984), Nr.9,s. 349/358
- 5) Billet, R. and Chem. Eng. Progr, 63(1967) S.53
- 6) Billet, R. and Jang-Ho, Kim, Diss. Ruhr-Universitaet 1986