

Air/Water 시스템에서 Random Packing의 수력학적 특성 연구

강성진*, 박치균, 이경학, 김장호
(주)전진엔텍
(sjkang@jet21c.com*)

The Study of Hydraulic Characteristics for Random Packing Air/Water System

Kang Sung Jin*, Park Chi Kyun, Lee Kyong Hak, Kim Jang Ho
JEONJINENTECH Ltd. Research Institute
(sjkang@jet21c.com*)

서론

발전시설과 산업에 관련된 시설 및 화학공장에서 배출되는 오염 물질의 농도를 줄이기 위해 높은 효율의 플라스틱 충전물을 사용하는 충전탑에 대한 연구가 발전되어 왔다. 산업에 사용되는 충전탑은 충전물에 따라서 수학적, 구조적, 기하학적인 효율이 작업조건에 영향을 받아 유체역학적으로 많은 차이가 발생한다. 본 연구에서는 정확한 장치를 설계하기 위해서 수학적 모델을 매개 변수로 하여 흡수 충전탑에서 기/액체 흐름에서 역류 가스 물질전달 작용에 의한 유체 역학적인 모델을 사용한다.

이러한 것은 실험을 통한 연구에서 얻어졌으며 환경보호를 위한 장치와 역류에 의한 흡수장치를 설계하는데 사용된다. 새로운 모양인 격자형 충전물의 개발은 가스상에서 발생하는 압력을 감소시키고, 효율에 영향을 주지 않는 최소의 압력강하 특성을 가지는 신소재 고성능 충전물을 개발하는 데는 기하학적인 특성이 관련한다. 성능이 우수하고 새롭게 개발된 격자형 충전물은 무작위로 충전하여 연구하였다.

본론

1. 새로운 격자형 충전물

산업공정에 적용된 최초의 플라스틱 충전물은 Norpac Ring 이다. 이것은 [Table. 1]에 새롭게 소개된 격자형으로 발전되어 최근에 Envipac 등으로 나타났다. 모든 충전물의 형태는 독특한 특성을 가지고 있으며 격자형 구조로 되어있다. 이것은 기본적으로 형태는 서로 다르고, 유효 공극률(ϵ), 충전표면적(a), 충전단수(N), 부피 밀도(W) 등의 특성적인 자료는 주요 용적에 따라 결정된다.

Table 1. Characteristic Magnitudes of Lattice Work Packings Mode of Plastic.

Technical data of packing	d×h×s (m-m-m)	a (m ² /m ³)	ϵ -	N 1/m ³	W kg/m ³
NOR-PAC 50	50×50×2	93.3	0.95	7570	51.5
NOR-PAC 25	28×28×2	193.5	0.921	47840	88.2
Hiflow 50	50×53×1.5	120.18	0.9235	7000	59
Hiflow 25	25×28×0.6	192	0.9200	45500	63
DinPAC S.1	47×18×1.5	135.1	0.9210	29000	71.4
EnvipAC S.1	32×26×1.5	138.9	0.9360	53000	57.8
EnvipAC S.2	58×50×2	98.4	0.9608	6800	35.4
EnvipAC S.3	80×72×2	60.0	0.9550	2000	38.0

2. 역류흐름의 충전탑에서 유체역학적 특성

충전물의 효율은 운전 방식에 따라서 유체역학적인 관계가 있다. 물리적 관계는 임의적으로 충전된 충전탑에서 복잡하게 나타난다. 액체는 아래로 흘러내릴 때 액체막이 형성하면서 아래로 통과하고, 가스는 층을 통하여 상승하여 위쪽으로 흘러 역류하게 된다. 이러한 유체역학적 이론이 적용됨으로써 실제로 목적에 적합한 거동을 나타나게 된다. 실험 시스템에 주요한 물리적 특성은 액체의 밀도(ρ_L), 동점성(η_L)과 가스의 밀도(ρ_V), 액체 부하(U_L), 가스속도(U_V), 충전표면적(a), 유효공극률(ϵ) 이다. 기/액 상의 부하와 충전물의 형상적 구성은 흐름계수 ξ 로서 표시되고 액체함량 hold-up은 기/액 흐름 방향에 영향을 준다.

$$a^2 \cdot \eta_L \cdot U_L = h_L^n \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot g \cdot \rho_L \cdot - \frac{1}{4} \cdot \xi \cdot \frac{a}{h_L(\epsilon - h_L)^2} \cdot U_V^2 \cdot \rho_V \right) \quad (1)$$

3. 역류흐름 충전탑에서 물질전달

일반적으로 충전층에서 발생하는 기/액 두 상 흐름에서 채널을 통한 흐름의 방향은 끊임없이 변한다. 이와 같이 기/액상에 흐름 채널은 혼합지역과 물질전달 지역으로 분리시켜 생각할 수 있다. 다르게 말하면 상의 물질전달 접촉 면적 α 는 재생된다. 물질전달 접촉 길이 l_r 는 물질전달 면에 있는 두상 r 사이의 평균 접촉시간은 짧게 나타난다. 여기서 유효 공극률 ϵ 은 운전조건에 따른 액체 hold-up, h_L 로서 결정된다.

EnviPac 충전물에 대한 최초의 실험에서 구해진 결과는 Fig. 1과 2에 나타내었다. 기존의 재래적 격자형 충전물 Palling은 NorPacring, DinPac과 비교된다. Diagram은 EnviPac 충전물의 우수한 반응공학적인 특성을 보여준다. 이것은 전달단위당 압력강하 $\Delta p/NTU_{OV}$ 에 대한 비충진탑체적 V_V 의 결과로도 증명할 수 있다.

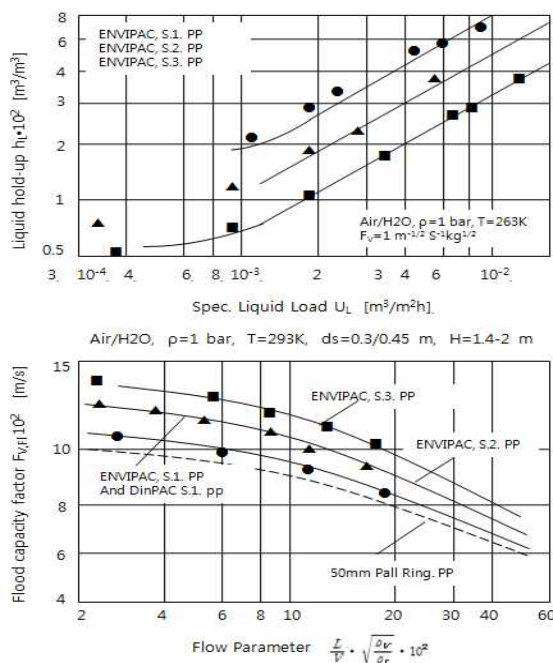


Figure 1. Gas Capacity Factor under Flooding Conditions for EnviPac and DinPac as Function of Flow Parameter.

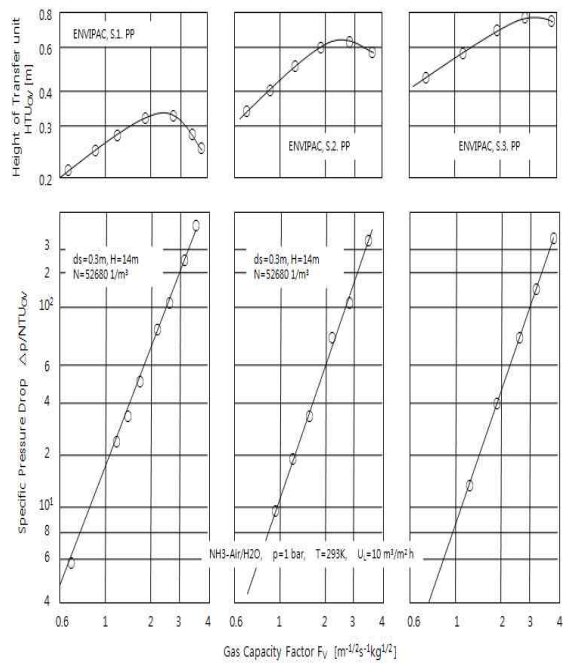


Figure 2. Height of Transfer Unit and Specific Pressure Drop EnviPac as Function of Gas Capacity Factor.

비교되어진 충전물의 여러 단에서 요구되는 체적을 나타낸다. 비교되는 척도는 주어진 체적가스 흐름량 V 에 대한 탑의 체적 V_A 이고, 전달단위 수 NTU_{OV} 로 나타낼 수 있다. EnviPac 충전물에 적용한 결과를 Fig. 3, 4에서 볼 수 있다.

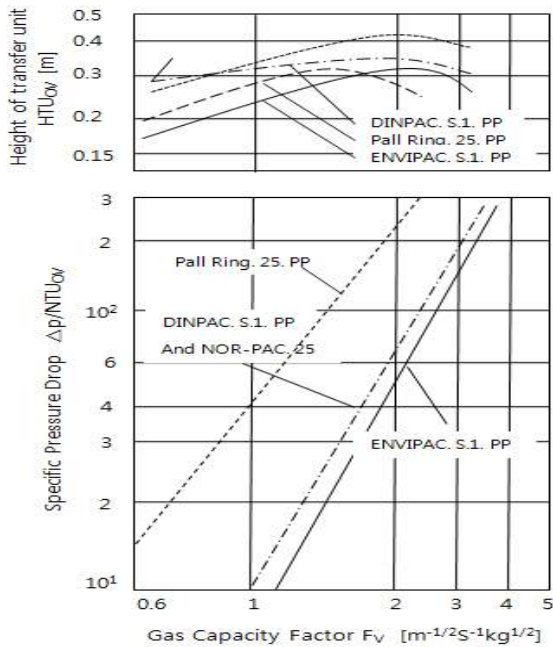


Figure 3. Comparison of Lattice Plastic Packings with Pall Rings Regarding the Specific Column Volume as Function of Specific Pressure Drop.

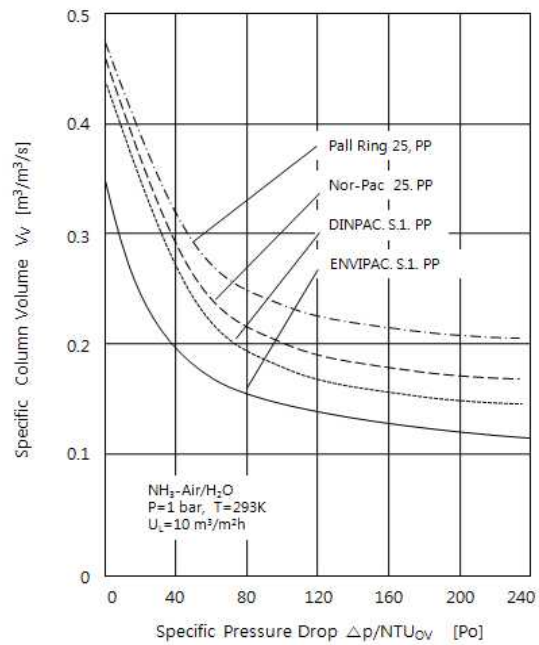


Figure 4. Comparison of Lattice Plastic Packings with Plastic Pall Rings Regarding the Specific Column Volume as Function of Specific Pressure Drop.

충전탑의 단위 높이당 압력강하 $\Delta p/H$ 에 대한 수학적 모델의 유도는 이번 연구의 목적이 될 것이다. $\Delta p/H$ 의 부하수준에 대한 실험적 관계와 그 결과를 공식 Fig. 5와 Fig. 6에 그래프로 나타내었다.

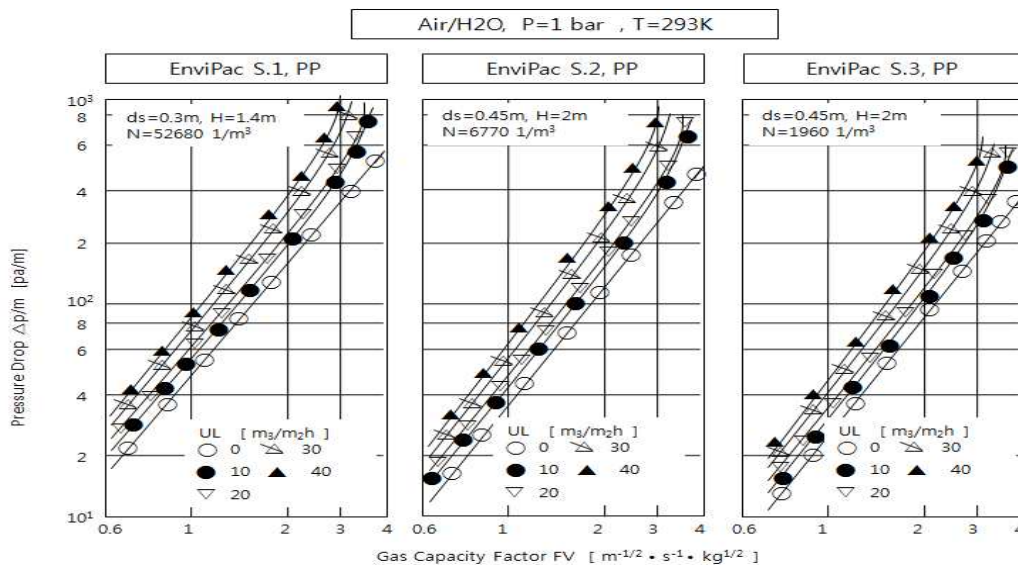


Figure 5. Pressure Drop per Unit Column Height of EnviPac as Function of Gas Capacity Factor.

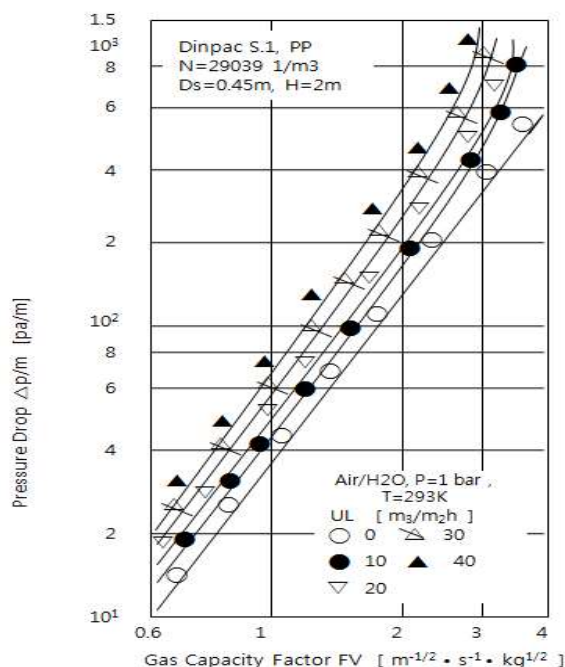


Figure 6. Pressure Drop per Unit Column Height of DinPac as Function of Gas Capacity Factor.

결론

본 논문은 최근 개발된 신소재 격자형 충전물을 사용한 역류가스 처리기술에 관한 유체 역학적 특성을 수학적 모델로 나타냄으로써 역류가스 흡수에 의한 충전탑 단위공정에 사용되는 물질전달과 유체역학적 특성을 나타내는 설계인자를 개발하기 위해서이다. 과거에 사용되었던 재래적 충전물인 Pall Ring과 신소재 현대 충전물인 DinPac, EnviPac 충전물을 사용한 결과 처리되어지는 부하가 높은 전달단위에 있어서 실제로 적은 압력 손실과 분산작용이 일어나는 유체역학적 동점성에 의해서 역류가스를 제거하기 위한 흡수공정을 적용한 충전탑을 설치하는 시설투자 비용도 상당히 감소되는 것을 확인할 수 있었다. 역류 가스를 배출하는 발전시설, 화학공업단지 등의 산업공정에서 부분적으로 발생하는 오염물을 제거할 수 있는 흡수장치의 설계에 대한 기술과 기초를 제공함으로써 환경보호에 큰 기여를 하게 될 것이다.

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)

참고문헌

- [1] Billet, R. : Festschrift Fakultät für Maschinenbau (Lennings), Ruhr-Universität Bochum 1983.
- [2] Billet, R. : I. Chem. E. Symposium Series No. 104 (1987) A171-A182.
- [3] Billet, R. : Schulters, M. : I. Chem. E. Symposium Series No. 104 (1987) A159-A170.
- [4] Billet, R. : Billet, R. : Schultes, M. : I. Chem. E. Symposium Series No. 104 (1987) B225-B266.
- [5] Billet, R. : Hang Ho Kim : Diss, Ruhr-Universität Bochum(1986)