

Mist Eliminator 설계기술 확보를 위한 유동해석

백재호*, 배민아*, 안준기*, 김명환**, 강성진***, 이만식*
 *한국생산기술연구원, ** (주)테크유니온, *** (주)전진엔텍
 † e-mail: lms5440@kitech.re.kr

Computational Fluid Dynamic(CFD) for Design of Mist Eliminator

Jaeho Baek*, Min A Bae*, Jun Ki Ahn*, Myung-Hwan Kim**,
 Seong Jin Kang, and Man Sig Lee*

*Korea Institute of Industrial Technology (KITECH)

**TECH UNION. Co., Ltd.

***JEONJIN ENTECH LTD.

요 약

Mist Eliminator(ME)는 화학 공정플랜트 요소부품으로 석유화학공정에서 vapor stream에 존재하는 미세 액적의 제거를 위해 많이 사용된다. 하지만 mist eliminator의 설계를 위한 기술집근이 어려워 국내 기술수준은 아주 낮은 상태이다. 본 연구에서는 CFD 소프트웨어를 이용하여 단일 재질(stainless)로 구성된 mist eliminator의 밀도 및 크기 변화에 따른 유동장 내부의 압력, 유속, 유선결과의 예측하였으며, 동일하게 설계된 실험값을 이용하여 Souders-Brown 계수 K를 예측하였다.

1. 서론

Mist Eliminator(ME)는 화학 공정플랜트 요소부품으로 석유화학공정에서 vapor stream에 존재하는 미세 액적의 제거를 위해 많이 사용된다. vapor stream에 제거하고자하는 액적의 크기에 따라 10 μ m 이하의 액적 제거 시 wire-mesh ME를, 20 μ m이상의 액적 제거 시 vane ME를 적용한다. 화학반응이 수반되거나 saturated vapor 내의 액적은 10 μ m내외로 wire mesh ME를 채택해야 효율적인 기-액 분리를 할 수 있다.

이러한 mist eliminator는 설계를 위한 기술집근이 어려워 국내 기술수준은 아주 낮은 상태이다. 본 연구에서는 CFD 소프트웨어를 이용하여 단일 재질(stainless)로 구성된 mist eliminator의 밀도 및 크기 변화에 따른 유동장 내부의 압력, 유속, 유선결과의 예측하였으며, 동일하게 설계된 실험값을 이용하여 Souders-Brown 계수 K를 예측하였다.

2. 이론 및 해석방법

본 연구에서는 상용 CFD code인 Ansys 13.0을 이용하여 mist eliminator의 성능 예측을 하였다. Wire

mesh mist eliminator의 사이즈를 결정하기위해 가장 많이 사용되는 식은 1934년 Souders와 Brown이 분별증류 컬럼의 사이즈 결정을 위해 개발한 것으로 경험적으로 구해진 값도 포함된 Souders -Brown 계수이다. Souders-Brown 식의 기준은 중력장에서 상승 기류 내부의 구형 액적에 대한 수직방향의 force balance이다. mist eliminator를 지나는 기류의 속도를 $u_{g,set}$ 라 하고, 액적이 mist eliminator의 필라멘트 표면에 있을 때 흘러가는 힘을 F_r 와 중력 G_d 의 수지식을 세워 정리하면,

$$u_{g,set} \sqrt{\frac{\rho_g}{\rho_l - \rho_g}} = \sqrt{\frac{4gd_d}{3C_d}} \quad (1)$$

여기서, C_d 는 항력계수(drag coefficient)

d_d 는 액적의 직경

ρ_g, ρ_l 은 기체와 액체의 밀도

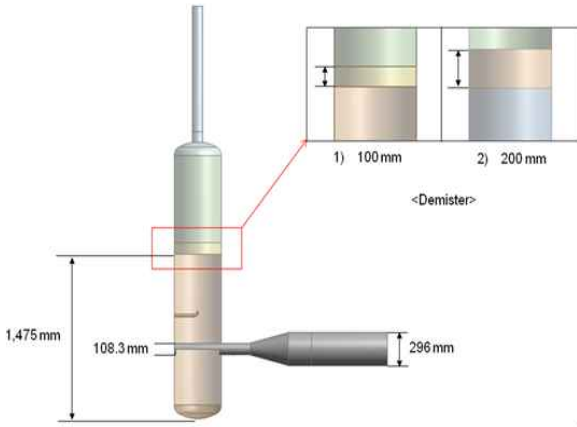
우항이 잘알려 진, Souders-Brown 계수 K이다.

$$K = \sqrt{\frac{4gd_d}{3C_d}} \quad (2)$$

실험에 적용한 장치는 [그림 1]과 같으며 mist eliminator가 장착되어 있는 구조로 축소관을 용기 하단에 배치하여 용기내부까지 연결하여 관 끝부분

3. 결과 및 고찰

본 해석은 실제실험에서 온도에 따른 밀도변화가 크지 않다는 점을 고려하여 constant 밀도를 적용하였으며, mist eliminator 내부 최대속도에 따른 Souders-Brown 계수 K를 계산하는 방식에 초점을 두었다. 그리고 유동장 내부는 속도분포 및 유선을 통해 유동흐름을 분석하였다. [표 4]는 mist eliminator의 속도에 따른 Souders Brown 계수 K에 대한 결과를 나타내었으며, 속도 V_{max} , V_{min} 그리고 V_{ave} 에 따라 Souders Brown 계수 K 값이 비례하는 것을 알 수 있다.



[그림 1] Mist eliminator 요의 내부구조

은 아래로 향하게 하였다. 지면으로부터 1.475m 떨어진 곳에 mist eliminator를 장착하였으며, 실험에 사용된 mist eliminator의 규격을 [표 1]에 나타내었다. 실제 mist eliminator는 복잡한 그물망형태로 porous media 모델을 적용하였다.

[표 1] Mist Eliminator의 종류

No.	Weight [kg]	Thickness [mm]
1	80	100
2	80	200
3	144	100
4	144	200

[표 2]는 Mist Eliminator의 밀도 및 두께에 따른 Vapor 와 Liquid에 대한 입구 경계조건을 나타내었다.

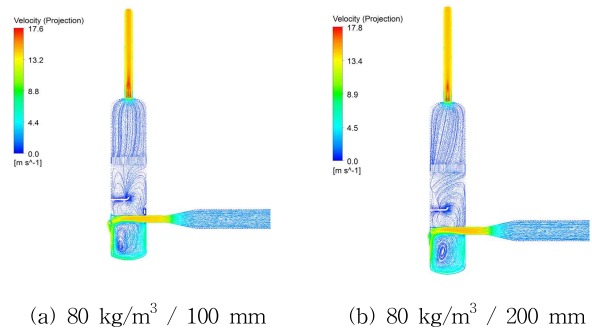
[표 2] 입구 경계조건

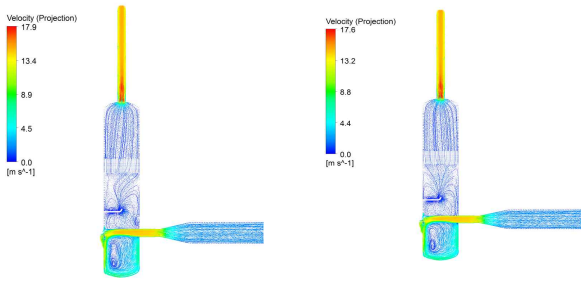
Density/Thickness	Vapor [m/s]	Liquid [m/s]
80 kg/m ³ / 100 mm	1.798	3.343E-05
80 kg/m ³ / 200 mm	1.826	
144 kg/m ³ / 100 mm	1.826	
144 kg/m ³ / 200 mm	1.798	

[표 4] Souders-Brown 계수 K

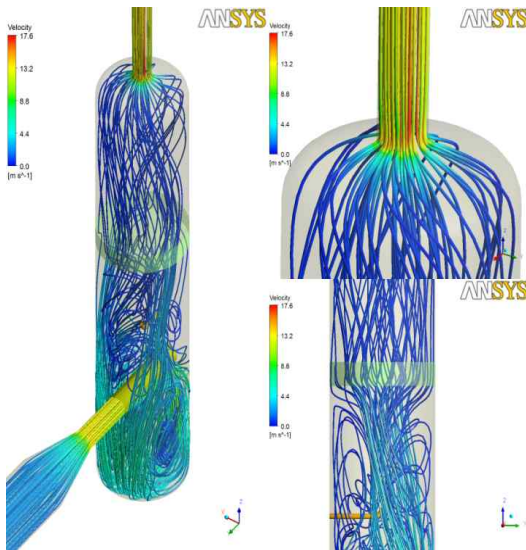
Weight/Thickness	V_{max}/K	V_{min}/K	V_{ave}/K
80kg/100 mm	1.26/0.055	0.71/0.020	0.45/0.031
80 kg/200 mm	1.05/0.046	0.44/0.019	0.71/0.031
144 kg/100 mm	1.20/0.053	0.43/0.019	0.68/0.030
144 kg/200 mm	1.32/0.058	0.51/0.022	0.67/0.032

Mist Eliminator의 변화에 따른 유체의 흐름을 예측하기 위해 vessel 중앙단면의 속도분포를 살펴보았다[그림 3]. 모든 조건에서 용기내부 축소관에서는 높은 유속을 보였으며, 용기아래에는 구조적인 이유로 와류흐름을 보이면서 점차 mist eliminator로 접근하며 층류흐름으로 변하는 것을 볼 수 있었다. Mist Eliminator와 같이 중력을 이용하는 분리 방식에서 분리효율을 높이기 위해서는 용기를 극단적으로 크게 하여, 유속을 느리게 해야 한다. 유속이 빠르게 되면 mist eliminator에 응집된 액적까지 기류





(c) 144 kg/m³ / 100 mm (d) 144 kg/m³ / 200 mm
 [그림 3] 용기 내부 속도벡터 및 유선



[그림 4] 용기내부 3차원 유선; 80 kg/m³ / 100 mm

흐름으로 빠져 나가거나, 기류 내부 액적이 mist eliminator의 필라멘트에 응축될 수 있는 확률이 줄어들기 때문이다.

[그림 4]에서는 용기 내부 전체적인 기류흐름에 대한 상황을 예측하는데 도움이 되는 3차원 유선을 나타내었다. 대부분 비슷한 경향의 기류흐름을 보여 mist eliminator 80kg/m³-100mm의 조건에 대해서만 나타내었다. 축소관에 의한 흐름의 변화, 축소관 inlet 부분의 방향적인 영향에 따른 구조적인 기류의 영향과 mist eliminator로 접근하면서 층류 흐름을 보이는 경향을 관찰 할 수 있으며, 배출구의 축소로 인한 유선의 늘림현상도 관찰 되었다.

4. 결론

Mist Eliminator 유동해석을 통해 Souders Brown 계수 K를 계산하기 위해 Mist Eliminator

에서의 속도를 추출하여 정리하였으며, Mist Eliminator에 의한 용기내부의 유입물질의 속도 및 유선에 대한 분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Souders Brown 계수 K는 Mist Eliminator의 속도 및 밀도에 따른 관계식을 가지게 되며, Vapor 및 Liquid의 밀도변화가 작다는 가정을 하여 계산을 하였다. 그 결과 속도(Vmax 이하)에 따른 Souders Brown 계수 K는 비례 증가하였다.

2. Mist Eliminator 용기내부에서 Vapor가 축소관의 영향으로 속도가 급격히 증가하다 배관 출구로 나오면서 용기 아래 안쪽벽을 따라 흐르다가 점차 속도는 감소한다.

3. 배관입구에서 유입되는 3차원 유선은 유로를 따라 흐르고 용기하부에서 상부로 지나가는 과정에서 배관에 의해 복잡한 흐름을 나타내고 있지만 Mist Eliminator를 지나서는 대체로 균일한 흐름을 나타내고 있다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청 산학협력 기업부설연구소 지원사업(과제번호:00042850)과 지식경제부의 지역산업 기술개발사업(70011174)의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

[1] Souders, M., Brown, G., "Design of Fracttionating Column", Ind. Eng. Chem, vol 26, No. 1, pp. 98-103, 1934.
 [2] H. T. El-Dessouky et al, "Performance of wire mesh mist eliminator", Chem. Eng. & Processing, vol 39, pp. 129-139, 2000
 [3] Chiara G., et al, "A numerical model for gas flow and droplet motion in wave-plate mist eliminator with drainage channels", Chem. Eng. Sci. vol 63, pp. 5639-5652, 2008