

분리장치 형상에 따른 미립자 유동 특성 Flow Characteristics of Fine Particles for Separated Device Shapes

*황선경¹, #이성수², 정효상³

*S. K. Hwang¹, #S. S. Lee(sslee@konkuk.ac.kr)², H.S.Jung³

¹건국대학교 기계설계과, ²건국대학교 기계설계과, ³경기과학기술대학 기계설계과

Key words : High Speed Mixer, Separated Device, Fine Particle, Rotor-Stator, Rotor-Screen, Flow Pattern

1. 서론

고속믹서는 식품, 화장품, 제약, 정밀화학, 신소재, 전자재료, 잉크 나노 산업까지 다양한 화학 산업에서 광범위하게 활용되고 있다. 고속믹서 내 핵심부품인 미립자 분리장치는 회전자(rotor)와 고정자(stator, screen)의 액-액 전단력 효과로 기계동력을 분산 에너지로 바꾸어 유체에 직접적으로 영향을 미치는 부분이다. 우수한 성능의 고속믹서를 설계하기 위해서는 미립자 분리장치의 효율적인 설계가 필요하다[1]. 종래의 연구사례[1-2]를 살펴보면 실질적으로 산업현장에서 필요한 분산효율과 분산안정성에 대한 연구는 수행되지 않았다.

따라서 본 연구에서는 고속믹서 미립자 분리장치의 내부 유동특성을 파악하기 위하여 현재 산업 현장에서 사용 중인 모델을 참고하여 3D CAD 설계 프로그램인 Solidworks2010과 CFD(Computational Fluid Dynamics)기법을 적용한 소프트웨어인 FloLab을 이용하여 서로 다른 두 가지 형태의 미립자 분리장치의 유동 패턴을 확인하였고, 그에 따라 실제 입자를 분산하는 경우 최적의 미립화를 기대할 수 있는 미립자 분리장치 선정을 목적으로 하였다.

2. 모델링 및 유동해석

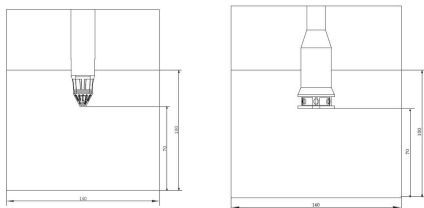
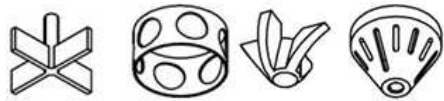


Fig.1 Dimensions of experimental equipment

해석 영역별로 나누어 케이싱과 분리장치의 형상을 각각 만들었으며, 형상 및 회전속도만이 주요 변수로 작용 할 경우에 적용할 수 있다.



a. Rotor-stator type b. Rotor-Screen type

Fig.2 A type of separated device shapes

Fig.1은 미립자 분리장치와 혼합탱크 모델을 나타내었다. 탱크의 너비(W)는 140mm, 분리장치는 혼합탱크의 중심 바닥으로부터 70mm의 높이에 위치하고 있다.

Table 1 A Term of numerical analysis

Component	Conditions
Analysis type	Internal; Exclude cavities without flow conditions
Physical features	No physical features are selected
Wall conditions	Adiabatic wall, Default smooth walls
Initial&Ambient	Default conditions

본 프로그램의 격자생성(Mesh Generation)은 유체와 구조물이 만나는 경계층에 대하여 복잡한 모델도 형상을 그대로 유지하여 해석을 진행하고 격자생성에 소요되는 시간을 줄일 수 있는 부분 메쉬(Partial Mesh)라는 기법을 사용하여 처리하고 있다. 수렴기준은 모든 셀이 유체방정식 질량값(Residual)의 합을 유체의 총 질량으로 나눈 값으로 정의한다[2]. 탱크의 벽, 바닥에서 유체의 속도는 0으로 지정하였고, 유체와 공기에 의해 형성되는 경계면은 자유표면으로 설정하였다. 난류의 점도는 k-e모델을 사용하여 구현하였다[3].

3. 해석결과

Fig.4는 미립자 분리장치의 형상에 따른 전체적인 속도분포를 나타내었다. 이 분포도는 전산해석으로 얻어진 분리장치 주위의 난류강도의 분포로 난류운동에너지(turbulent kinetic energy)가 8, 13, 23, 43m/s로 나타났으며 이러한 난류운동에너지는 주 유동성분과 독립적인 섭동성분의 크기와 관련된다.

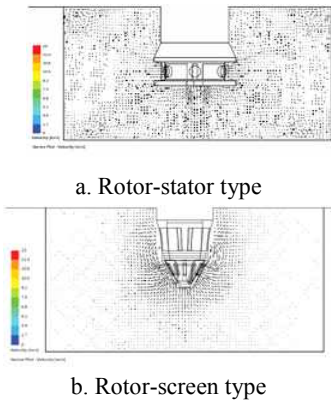


Fig.4 Velocity vectors at 20000rpm

로터-스테이터 회전자의 회전에 의해 혼합탱크 내에서 상, 하부 모두 반시계 방향으로 회전하는 유동이 관찰되었으며 회전자와의 거리에 따라 속도는 점차 감소함을 볼 수 있었다. 로터-스크린의 해석 결과 분리장치의 끝단에서의 속도가 약 22.8m/s로 가장 크게 나타났으며, 전체적인 유동은 케이싱부에서 토출된 입자가 분리장치로 고속으로 유입되어 대순환하는 결과를 보여주었다. 따라서 Fig.4에서처럼 가장 높은 에너지가 관찰되는 분리장치 부근에서 가장 활발한 혼합이 발생하는 것을 확인할 수 있었다.

Fig.5는 20,000rpm의 회전속도를 기준으로 하여 미립자 분리장치 회전자 회전날개의 경사각을 -30° , 0° , 30° 로 변화시켰을 때의 유동특성을 각각 나타내었다.

회전하는 회전자의 속도에 의해 외부 분리장치 끝단부에 전단 혼합 유동영역이 발생하여 각도에 따라 영역이 점점 확산되는 것을 확인할 수 있었다. 낮은 각도에서는 많은 차이를 보이지 않았지만 회전각도가 상승 할수록 그 차이의 폭이 점점 커질

을 볼 수 있었다.

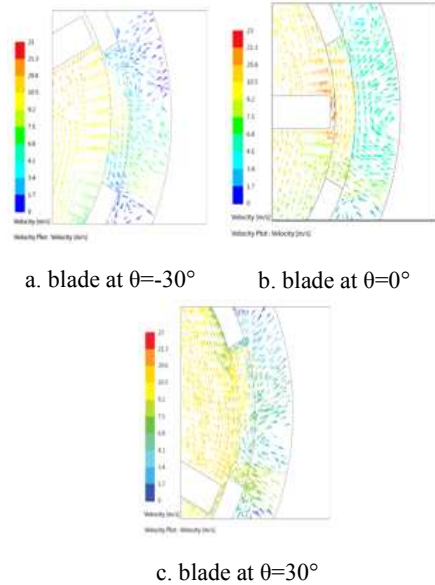


Fig.5 Calculated velocity vectors around the screen hole

4. 결론

미립자 분리장치의 형태에 따른 혼합탱크 내 유체흐름패턴을 분석하였다. 회전자에 각도를 주어 사선으로 함으로써 역학적인 부하를 적게 받고, 상부의 홀더장치를 이용하여 유체 흐름이 순환류를 형성하는 것으로 분산성 향상 효과를 확인하였다. 향후 순환류를 통한 분산성의 향상 효과를 정확하게 고려해야할 경우 로터-스크린 기법의 사용이 적절할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. A.Pacek, M.Baker, A.T. Utomo, 2007, "Characterisation of Flow Pattern in a Rotor Stator High Shear Mixer." Proceedings of European Congress of Chemical Engineering(ECCE-6), Copenhagen, 16-20 September 2007.
2. Gustavo A. Padron Aldana, 2005, "Effect of Surfactants on Drop Size," Chemical Engineering, Doctor of Philosophy, the Graduate School of the University of Maryland.
3. Kim, K, Y., "Computational Study on the Swirling Turbulent Flow with Recirculation," Ph. D, D Thesis, Korea Advanced Institute of Science and Technology(1987).