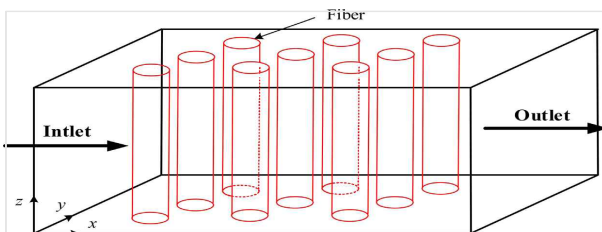


여과 성능 향상을 목표로 CFD 시뮬레이션을 통한 고효율 중공섬유 모듈 배열 설계

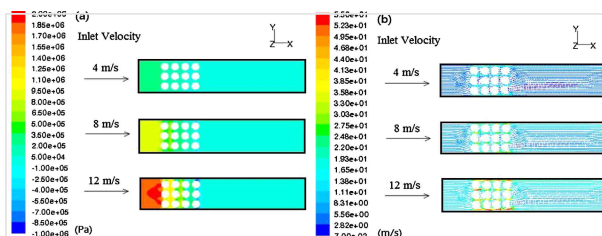
멤브레인 표면에 가해지는 전단 응력을 증대시킴으로써 고형물 퇴적에 의해 유발해되는 파울링(fouling) 현상을 저감하고 멤브레인의 여과 성능을 개선하고자, 전산유체역학 수행을 통해 필터 채널 내 다양한 유형의 중공섬유 배열에 대한 연구를 진행하였다. 시뮬레이션 수행을 통해 다양한 중공섬유 배열 및 가동 파라미터 조건 하(섬유 직경(D), 횡방향 피치(S_T) 및 종방향(S_L) 피치), 속도 및 압력 분포와 함께 멤브레인 표면에 가해지는 전단 응력 분포를 분석하였다. 이들 파라미터는 무차원 레이놀즈 수(Re) 및 관련 마찰 계수(C_{fd})와 관련하며, 다양한 가동 조건 간의 관계성을 식별하는 데 활용할 수 있다. 연구 결과에 따르면, 주입구 속도가 빠를수록 멤브레인 표면에 가해지는 전단 응력 또한 높았다. S_L/D 값의 증가와 함께 마찰 계수값이 증가한 데 반면, S_T/D 값은 이와는 상반되는 결과를 나타냈다. 결과적으로 동일한 가동 조건에서 엇갈린 배열 형태 시 정렬 배열일 때보다 마찰 계수값이 대략 1.5배 높았다. 이는 정렬 배열 시 섬유 모듈 내 높은 수준의 국부 속도장 및 복잡한 수리 역학을 유발함에 따라, 평균 전단 응력에 상당한 영향을 미쳤음을 의미한다. 파울링 경향은 엇갈린 배열 형태 시 보다 저조한 데 반해, 정렬 배열 형태를 지니고 S_L/D 값이 높고 S_T/D 값이 낮을 수록 잘 유도되었다. 시뮬레이션 결과 엇갈린 배열 형태를 지니고 무차원 레이놀즈 수 값이 2,000, 그리고 S_L/D 와 S_T/D 값이 각각 1.25인 조건에서 상대적으로 우수한 여과 성능과 에너지 소비 저감 효과를 확인할 수 있었다. 이와 같이 본 연구를 통해 멤브레인 파울링 현상을 방지하고 에너지 소비를 줄이기 위한 최적 형상 설계 방향을 제시하였으며, 이를 추후 중공섬유 멤브레인 모듈 설계를 위한 기초 자료로 활용해볼 수 있겠다.

키워드

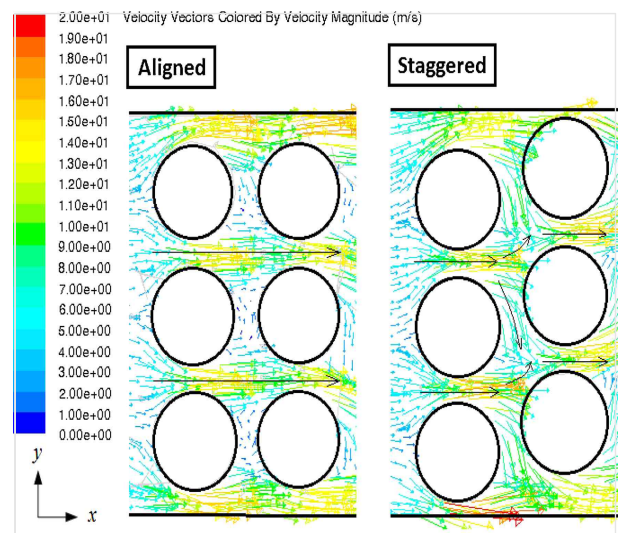
Computational fluid dynamics, Hollow fiber arrangement, Local hydrodynamic, Solid-liquid separation, Filtration performance



[중공섬유 모듈의 CFD 시뮬레이션 영역 개략도]



[z 평면 = 0.005, S_L/D 및 S_T/D 값 각 1.25 조건에서의
(a) 압력 분포 컨투어 / (b) 속도 분포 컨투어]



[S_L/D 및 S_T/D 값 각 1.25 조건에서 속도 벡터 분포 비교]

원 제 목	High-efficiency hollow fiber arrangement design to enhance filtration performance by CFD simulation
출 처	Chemical Engineering & Processing: Process Intensification 125 (2018), p.87-96
원 저 자	Su-En Wua 외 연구진