전산유체역학을 이용한 산업용교반기의 Impeller형상에 따른 유동특성

김동균[+]·배석태[++]·이철재[+++]·박재현[++++]·김오근[+++++]

Flow Characteristics about Industrial Agitator's Impeller Shape by CFD

D.K.Kim+, S.T.Bae++, C.J.Lee+++ , J.H.Park++++ and O.K.Kim+++++

Abstract : Industrial agitators are used in various industrial fields where they are necessary to intimately mix two reactants in a short period of time. However, despite their widespread use, complex unsteady flow characteristics of industrial agitators are not systematically investigated. The present study aims for clarify unsteady flow characteristics induced by various impellers in a tank. Impellers are pitched blade turbine(PBT) types, Screw type and Rushton turbine type. In this study flow characteristics of the Impeller using CFD. The rotating speed of impellers fixed about 100RPM. These three types of Impeller show that typical flow characteristics of axial turbine and suitable for mixing powder

Key words : CFD(전산유체역학) , Agitator(교반기) , Impeller(임펠러)

1. 서 론

최근 산업현장에 사용되는 교반장치는 식품공업, 생화학공업, 금속공업, 수(水)처리 및 환경 관련 공정 등 다양한 산업 분야에 사용되고 있으며, 혼합되는 물질의 특성과 종류에 따라 다양하고, 적절한 형태의 Impeller(임펠러)와 교반기가 설계되고 있다. 특히 Impeller는 기계동력을 교반 energy로 바꾸어 직접액체를 섞어주는 부분으로 Impeller 날개 형상에서부터 회전 밸런스까지 하나하나가 교반 효율에 큰 영향을 미치는 요소이다. 특히 중속회전인 경우에는 Impeller가 교반 성능에 미치는 영향이 매우 크다고 알려져 있다.

교반기 내부 유동장은 Impeller로 부터 발달되는 유체전단혼합(fluid shear mixing) 과 유체 흐름(fluid flow)의 상호작용에 의한 날개 끝 와류(tip vortex)의 주기적인 방출, 2차 와류의 순환 및 난류의 발생 등 상당히 복잡한 구조의 3차원 비정상 유동메커니즘을 가진다. 우수한 성능의 산업용 교반기를 설계를 위해서는 반드시 교반성능에 영향을 미치는 다양한 내부 유동특성의 정량적 실험데이터의 확보가 필요하나, 3차원적 비정상 특성을 나타내는 복잡한 구조의 내부유동특성에 관한 정량적 해석은 현재까지도 상당히 어려운 문제로 남아있다. 이러한 이유로 인해 산업용 교반기와 관련된 연구는 현재도 활발히 진행 중에 있다. 관련 연구를 살펴보면, Chapple과 Kresta[1]는 가시화기법(tuft법)으로 3개의 블레이드를 가진 Impeller에 의한 교반장치에서 유동패턴의 안정성과 Impeller의 위치, 직경과 같은 기하학적 변수의 영향에 대해 연구하였다. Winardi와 Nagase[2]는 유동의 가시화 기법을 조합하여 선박용 프로펠러의 유동특성을 연구하였으며 다양한 와류의 회전, 순환과 같은 유동현상을 규명하고, 일정한 주기성을 고찰하였다. Bakker와 Akker[3]는 LDV을 이용하여 피치 블레이드 터빈에 의한 유동장의 축방향 속도분포의 고찰을 통하여 유동패턴의 비정상성과 불안정성을 제시하였다.

Haam 등[4]은 일정한 주기를 갖는 교반탱크 내부의 상호 열전달 계수의 크기를 알아내고 이것은 교반탱크의 축방향 와류의 주기적인 유동에 따른 열전달 계수의 변동일 것이라고 보고하고 있다.

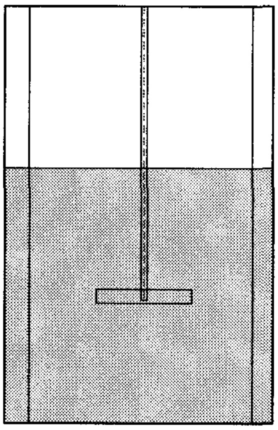
Bakker 등[5]은 축방향 Impeller에 의해 교반되는 가스집진기 시스템의 유동현상의 주기성을 고찰하고 변동의 주기와 Impeller의 회전속도의 관계를 규명하였다. Tsurusaki 와 Urata[6]는 디지털 이미지 프로세싱 기법에 의해 교반수조 중앙의 두 단면에서 r-z와 r-좌표계에 의한 속도를 계측하여, 이미지 프로세싱 기법의 유효성과 유동의 비정상성을 고찰하였지만, 교반 성능에 에 미치는 영향을 분석하기에는 미흡하다고 생각된다.

본 연구에서는 유체에 분말가루를 교반하는 경우, 최적의 교반효과를 기대할 수 있는 Impeller선정을 목적으로 한다. 이를 위해 현재 교반기 관련 산업현장에서 사용 중인 교반기용 Impeller 모델을 참고하여, 3차원 CAD를 통해 모델링을 수행한다. 이를 바탕으로 본 연구에서 개발한 Mesh(격자)적용방법을 기존의 CFD(전산유체역학) 기법에 적용할 것이다. 교반목적에 적합하면서, 범용으로 사용가능한 산업용 교반기 Impeller형상을 선정하는 경우, 기초자료로 활용할 수 있을 것이라고 판단된다.

2. Modelling

2.1 Numerical analysis model

Fig. 1은 본 연구에서 사용된 교반기의 구조에 대한 개략도이다. 그림을 살펴보면 교반기(Mixing Tank)는 크게 Impeller와 Impeller에 동력을 전달하기 위한 Shaft로 구성되어 있음

+ 김동균(동명대학교 기계공학과),E-mail:kimdk@tu.ac.kr, Tel: 051)620-3339
++ 배석태, 동명대학교
+++ 이철재, 동명대학교
++++ 박재현, (사)조선기자재연구원
+++++ 김오근, 한국수력원자력(주)

을 알 수 있다. Impeller의 위치는 교반기내부에 유체를 채웠을 경우 유체수위의 절반으로 기준을 정하였다.Fig. 2는 교반기 내부의 유동영역을 도시화한 것이다. 교반기 내부유동영역은 두 개의 영역, 회전영역(Rotational Zone)과 비회전영역(Cylinderical Zone)으로 나눌 수 있다. 이를 3차원 CAD 모델링시에도 이를 반영하여 회전영역과 비회전영역으로 나누어 모델링을 수행하였으며, 3차원 CAD를 이용해서 두 영역으로 분리하여, CAD 모델링의 결과는 Fig. 5에 나타내었다.