

AIR-MULTIPLIER 단면 형상에 따른 유동양상에 대한 수치적 해석

Numerical analysis of air flow in the various shapes of air multiplier cross section

최정식*, 김형묵, 김유민, 구분찬
홍익대학교¹, 한양대학교²

초 록

본 연구에서는 Dyson사의 Air multiplier의 Coanda surface각도에 따른 Air foil 주변의 2차원 유동을 분석하고 Surface각도가 유동에 미치는 영향에 대해 해석하였다. Air multiplier 단면의 작은 Slit을 통해 분류된 공기는 Venturi effect에 의해 가속되며 Coanda effect에 의해 단면을 따라 흐르며 압력차를 발생시켜 주변의 공기를 추가적으로 유입시킨다. EDISON CFD를 이용하여 Surface 각도에 따른 Air foil 주변의 유동을 구현하고 각도가 유동에 미치는 영향을 해석하였다. 또한 다른 논문에서 발췌한 실험값과 CFD 분석을 통해 얻은 값을 비교하여 CFD분석이 유효한지 확인하였다.

Key Words : Coanda effect, principal of Bernoulli, Venturi effect, Blade less fan (Dyson air multiplier), Computational Fluid Dynamics (CFD)

1. 서 론

디자인에서 기술이 갖는 비중은 대단히 크다. 새로운 디자인이 성립하기 위해서는 기술의 발전이 뒷받침 되어야 한다. 본 논문은 새로운 디자인에 기술이 어떻게 도입되어야 하는지를 잘 보여주는 창의적인 발명품중 하나인 Air-Multiplier의 유동을 연구하였다. Air-multiplier는 기존의 Blade-fan과 비교하여 높은 안전성을 보이며 자연풍에 가까운 바람을 송출 할 수 있는 장점이 있다.

Air multiplier에 유입된 공기는 Air foil 내의 작은 slit을 통해 분출되며 venturi effect에 의해 그 속도가 빨라진다. 이렇게 분출된 공기는 Coanda effect에 의해 air foil의 단면을 따라 흐르며 시중에 판매되고 있는 Air-Multiplier는 송출량이 15배가량 증가한다고 한다. 항공기의 airfoil과 유사한 형태인 Air-Multiplier Ring 단면의 형상에서 분류된 공기가 타고 흐르는 단면형상의 각도에 의한 공력 특성의 차이를 EDISON-CFD를 이용하여 비교 분석하고 보다 효율적인 설계에 대해 모색해 보았다.

2. 본 론

2.1 수치해석 대상 및 기법

Dyson air-multiplier의 실제 설계형상의 출구 각도는 16°이며 Coanda effect와 각도의 상관관계를 연구하기 위하여 형상을 0°,16°로 변화시켜가며 형상의 각도에 따른 유동 양상을 확인하였다.

이때 격자 생성을 원활히 하기 위해 air foil내의 형상을 단순화 하여 Mesh를 작성하였다. 격자는 EDISON CFD에서 지원하는 eMEGA 를 이용하여 각 구간을 6개의 Multi block으로 분할하고 정렬 격자계를 이용하였으며 좌측 곡면 부분의 직교성을 향상시키기 위해 c-type형태로 Mesh를 작성 하였다. 또한

단면 부분의 보다 정밀한 분석을 위해 격자수를 Y+를 5로 설정하여 정밀성을 높였다.

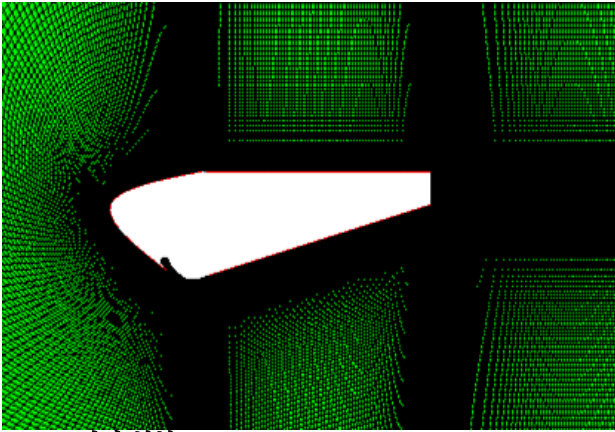


Fig. 1. 단면 부분 Mesh

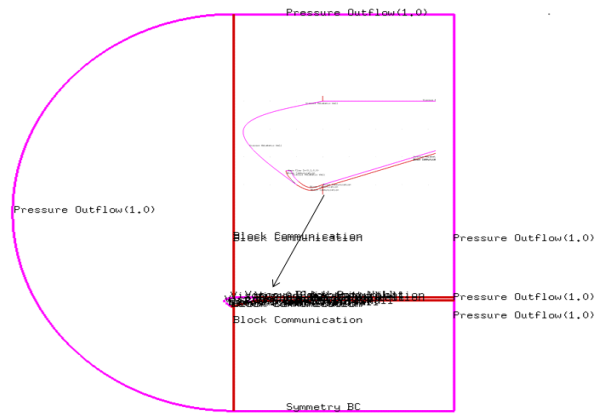


Fig. 2. Boundary condition

Air foil의 벽 경계면에 대한 조건은 Viscous Adiabatic Wall 조건을 주어 점성효과를 부여하고, 공기가 분류되는 Slit에는 Mass flow in을 설정하였으며 외부 경계는 Pressure Outflow로 선정하였다. 각 경계조건은 (Fluid dynamic analysis and simulation of a dyson air multiplier Christoph Kersting University)의 수치해석 경계조건을 따랐다. 또한 각각의 Multi block들은 Block communication 조건을 주었으며, 대칭인 air multiplier 형상을 고려하여 아래경계에는 symmetric BC로 설정하였다. 전체격자 개수는 약 20만개로 설정하였다.

Air-multiplier에서 분출되는 공기의 최대속도가 마하수 0.3 이하의 저속이므로 비압축성유동임을 가정하고 2D-Incomp-2.1_P solver를 이용하였으며 Steady-flow, Reynold Number는 1618이므로 난류모델을 사용하지 않았다.

후처리는 EDISON CFD에서 제공하는 eDAVA를 이용하였다.

3. 결과 해석

3.1 Coanda effect

Coanda effect란 벽면이나 천장 면에 접근하여 분출된 기류가 그 면에 빨려서 부착하여 흐르는 경향을 갖는 것을 말하며 이 경우 한쪽만 확산하므로 도달 거리가 길어지게 된다. 시중에 판매되고 있는 Air multiplier는 16°의 최적화된 경사각을 지니고 있어 coanda 효과를 극대화 시킬 수 있는 구조이다.

본 실험에서는 경사각의 각도를 0°, 16°로 변화 시켜가며 유동 해석을 진행하였고 다음의 결과는 각도에 따른 단면에서의 속도 Contour를 보여준다. Fig3은 경사각 0°일 때의 모습이며 Fig4는 경사각 16°일 때의 모습을 보여준다. 두 Fig를 비교 해 보면 알 수 있듯이, 경사각이 0°일 때는 분류된 공기가 경사면에 부착되어 흐르지 못하며 경사면과 공기유동층 사이에 와류가 형성되는 모습을 확인 할 수 있다.

반면 경사각이 16°인 air foil의 경우는 슬릿을 통해 분류된 공기가 경사면에 부착되어 흐르는 경향을 보였다.

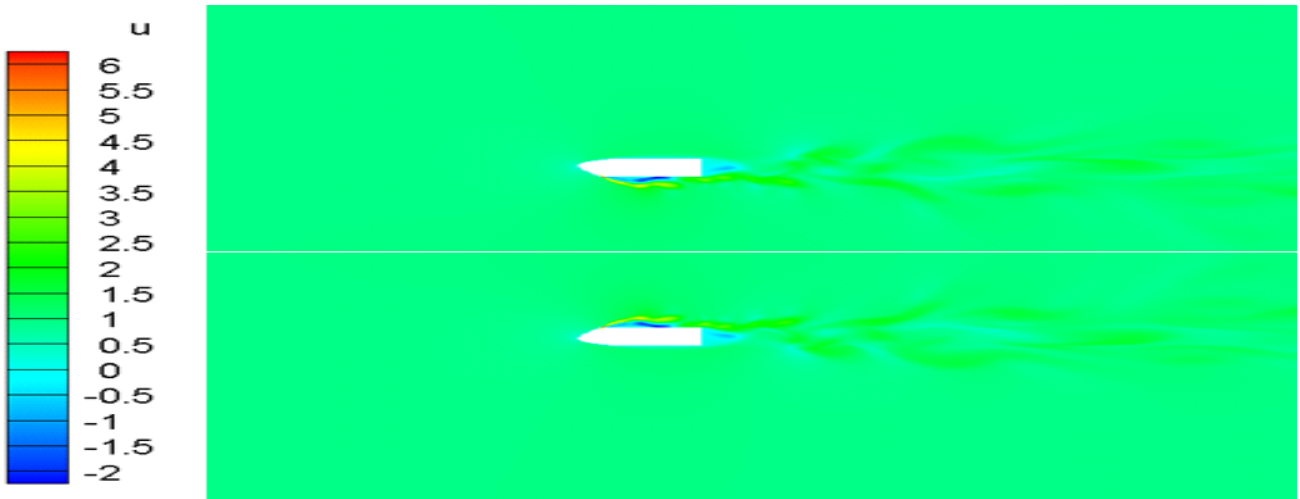


fig.3 0°일때의 속도 contour

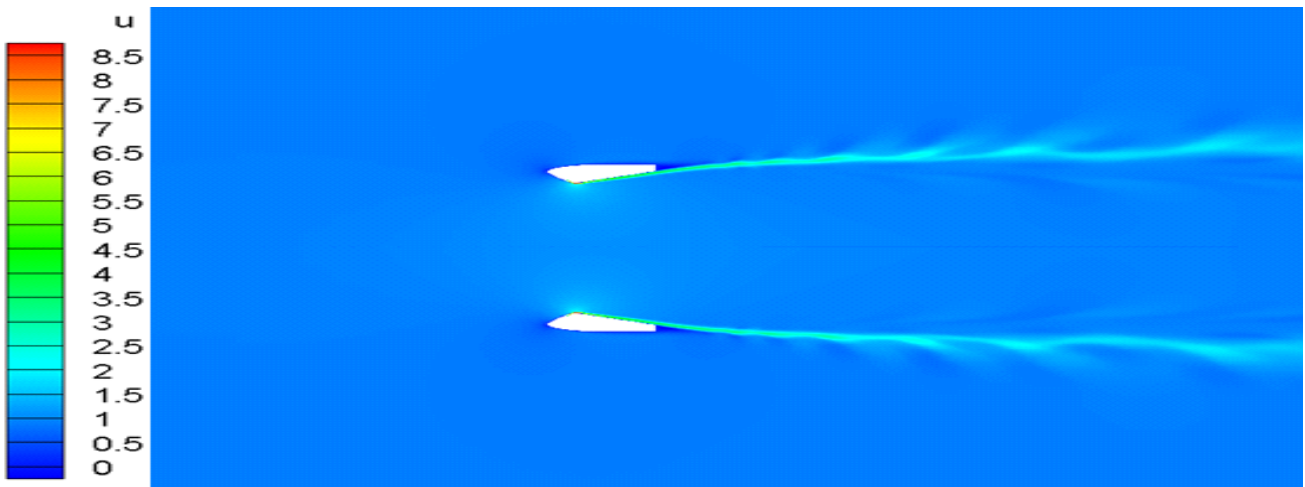


fig.4 16°일 때의 속도 contour

3.3 실험값 비교

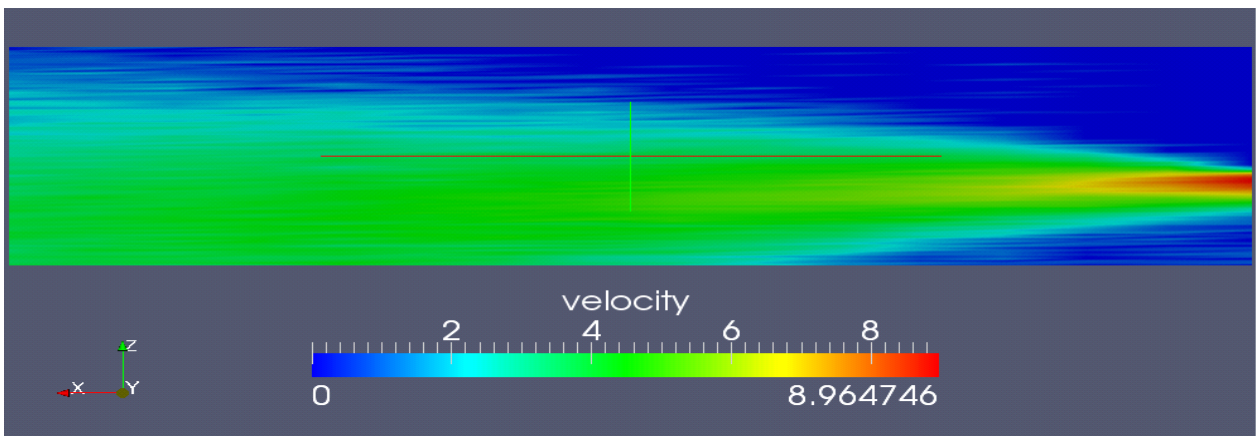


fig.5 속도측정 실험치

다음은 Christoph Kersting University에서 실험한 air multiplier에서 분류된 공기의 거리에 따른 속도 분포이다. 이때 실제 air multiplier의 경사각은 16°이며 Fig.4(16°)의 CFD 결과 값과 비교하여 약간의 오차는 있으나 전반적으로 비슷한 속도 분포의 양상을 보여준다. 이로서 CFD 결과가 신뢰 할 수 있는 수준임

을 확인 할 수 있었다.

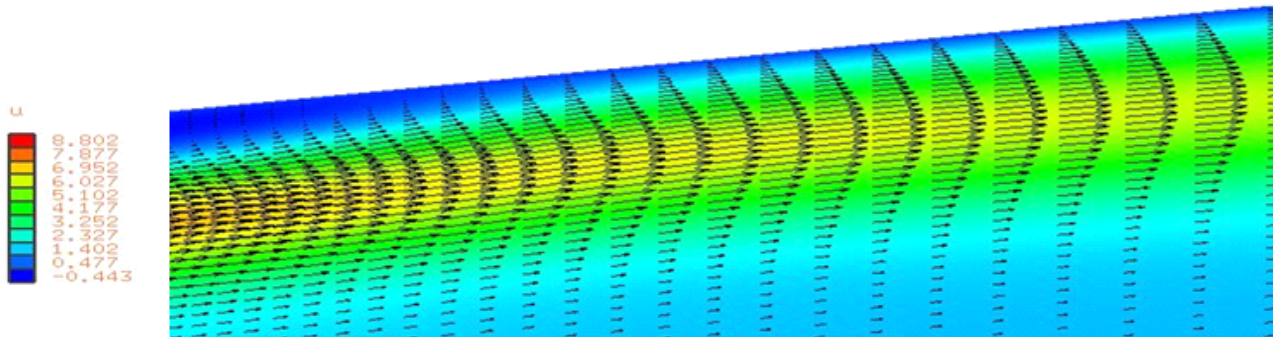


fig.6 경계층

수치해석을 통해 air multiplier 하단에 위치한 압축기를 통해 들어온 유동은 내부에서 높은 압력을 나타내며 입구를 통해 분류 된다. 이 유동은 큰 압력구배영역을 지나면서 벤츄리 효과를 통해 급격히 가속되며 Coanda effect를 통해 익형 표면을 따라 흐른다.

이때 벽면에서 속도 벡터를 통해 경계층 효과를 확인할 수 있었고 Y+ 를 통한 격자 간격계산이 적절했음을 알 수 있었다. 또한 형상에서 입구를 지난 직후 급격히 꺾이는 지점과 날개의 끝단 부분에서 박리현상이 발생함을 확인 하였다. 유동은 진행 할수록 섭동을 통해 다른 층의 유동에 에너지를 전달하게 되고 그로인해 전체적인 U는 감소하지만 전체적인 유동의 넓이가 넓어지고 점차 Uniform한 형태로 변화해 나가는 것을 볼 수 있다. 이로 인해 air multiplier는 기존의 선풍기 보다 사용자에게 보다 안락한 환경을 제공 할 수 있다.

4 . 고찰

본래 연구의 취지는 Dyson사에서 주장하는 air-multiplier의 성능으로 알려진 실제로 흡입 유량의 15배가 분류 되는지 분석하는 것이었다. 또한 단면 형상에 의한 coanda효과, ventury효과가 나타나는지 확인하고 단면의 경사각에 따른 유량 차이를 분석하여 air-multiplier의 효율을 높일 수 있는 형상을 찾고자 하였다. 하지만 형상 설계 과정에서 무차원 수의 차원화에 대한 정확한 이해의 부족으로 얻고자 했던 결과를 도출 하지 못하였다. 본 연구에서는 air-multiplier의 edison cfd를 통하여 익형 단면의 경사각이 coanda 효과에 미치는 영향에 대한 경향성을 확인 할 수 있었다.

후 기

본 연구는 미래창조과학부의 지원 사업인 첨단 사이언스 교육 허브 개발 사업의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- (1)United States Patent Application Publication, Dyson Technology Limited
Pub.No.:US2009/0060710, 2009
- (2)Coanda, Henri, (1936). Device for Deecting a Stream of Elastic Fluid Projected into an Elastic Fluid. US Patent No. 2052869.