



팬히터의 입구 온도 및 공기 유입량에 따른 출구측 유속의 변화

Variation of Exit Flow Velocity according to Various Inlet Temperature and Air Flow Rate against Fan Heater

이광호* · 남기우** · 안석환***†

Kwang-Ho Lee*, Ki-Woo Nam** and Seok-Hwan Ahn***†

(Received 19 February 2018, Revision received 11 April 2018, Accepted 11 April 2018)

Abstract: This study was carried out to analyze the change of temperature and flow velocity at the exit side of the fan heater cover according to the change of the inlet temperature and the air flow rates for the production of the electric fan heater for aircraft. The analyses were performed with the commercial software, ANSYS 17.0. The CAD model was applied as follows; (1) Parts before the Coupler were eliminated. (2) The corner shape of the Heater was fixed so that it is rounded off. (3) The model was quartered. Its inside volume was meshed using a tetrahedral element. Though a couple of layer element should be meshed to express the boundary layer and to enhance the analytical accuracy, there is no layer mesh on the wall. In the analysis, the temperature increment was less than 274 K. Therefore, the most crucial reason about that is that the length of heater is too short to transfer heat energy to the air. Hence, it is strongly recommended that the length of the heater elongates or its specific surface area increases.

Key Words : Fan Heater, Inlet Temperature, Air Inflow Velocity, Exit Flow Velocity, ANSYS Analysis

1. 서 론

항공기용이나 전기자동차용 보조 난방장치로서 팬히터 방식의 전기식 히터가 주로 사용되고 있다.^{1,2)} 항공기 난방은 주로 기동 중 엔진에서 생성된 블리드 에어(bleed air)³⁾를 이용한 방식이 일반적이다. 그러나 이 방식은 엔진출력의 감소 및 소음문제 등 항공기 운용성능을 저하시키는 원인이 될 수 있어서 블리드 에어의 사용량에는 제한이

따른다. 또한 블리드 에어를 조종실 혹은 승객실로 이송하기 위한 배관설비가 필요하며 과온 방지를 위한 안전장치의 추가로 인해 시스템의 복잡함과 더불어 비용증가의 단점이 발생한다. 최근 여객 및 화물수송기 등 고고도 조건의 저온환경에서 여객, 화물 및 각종 전자장비의 보호를 위해 난방 히터가 필요하며 상기와 같은 이유로 인하여 그 대안으로서 전기식 히터^{4,5)}의 설치가 증가하고 있는 추세이다. 특히 전기식히터에 대한 국

***† 안석환(교신저자) : 중원대학교 항공기계공학과

E-mail : shahn@jwu.ac.kr, Tel : 043-830-8942

*이광호 : 대우조선해양 특수선 사업부

**남기우 : 부경대학교 재료공학과

***† Seok-Hwan Ahn(corresponding author) : Department of Aero Mechanical Engineering, Jungwon University.

E-mail : shahn@jwu.ac.kr, Tel : 043-830-8942

*Kwang-Ho Lee : Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering Co., Ltd.

**Ki-Woo Nam : Department of Materials Science and Engineering, Pukyong National University.

산화 개발이 시행되고는 있으나 설계, 해석 및 시험에 있어서 원천기술 확보가 더딘 상황이고 기술적인 문제가 담보되어 있다.

이에 본 연구에서는 항공용 장비로서 장착성이 용이하도록 원통형 구조의 2중 형상의 팬히터를 개발하기 위해 개념설계를 통한 제품형상을 3D 모델링하고, 여러 가지 입구 온도와 공기 유입량의 변화에 따른 팬히터 커버의 출구 측에서의 온도 및 유속변화를 알아보기 위한 유동해석을 실시하였다.^{6,7)}

2. 해석방법

2.1 해석모델

해석은 상용소프트웨어인 ANSYS 17.0을 사용하여 수행하였다. 본 연구에 적용된 CAD모델(Fig. 1)은 다음과 같이 설정하였다. (1) Coupler 앞의 부품형상은 제거하였다. (2) 히터의 모서리 부분의 형상은 Fig. 2에 나타난 것과 같이 둥글게 하였다(Fig. 7의 히터 셀의 끝 부분 참조). (3) 적용 모델은 대칭성을 고려하여 1/4로 구성하였다. 이와 같이 사용된 해석모델을 Fig. 3에 나타낸다. 내부체적 요소는 사면체 요소를 적용하였고(Fig. 4), 2개의 층 요소는 경계층을 나타내며 분석 정확도를 향상시키기 위하여 분할되어야 하지만 본 연구에서의 벽 부분에는 층 메쉬를 고려하지 않았다. 분석한 체적의 총 수(Fig. 4)는 382140이다.

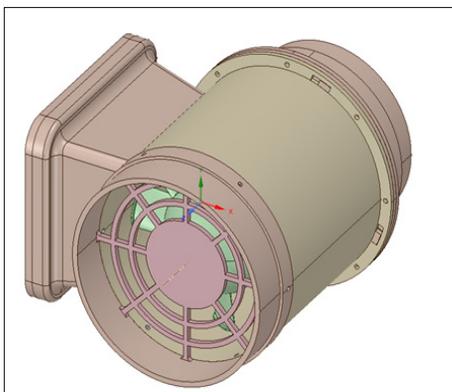


Fig. 1 CAD model of fan heater

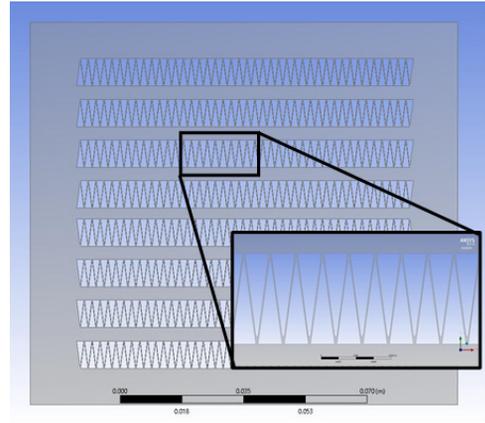


Fig. 2 Corrected model applied to heater
(The corner was treated by round off.)

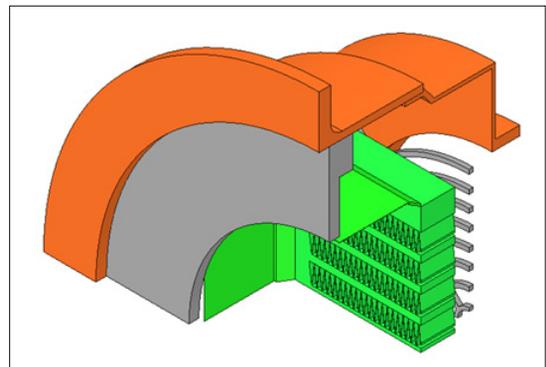


Fig. 3 1/4 CAD model used in fluid analysis

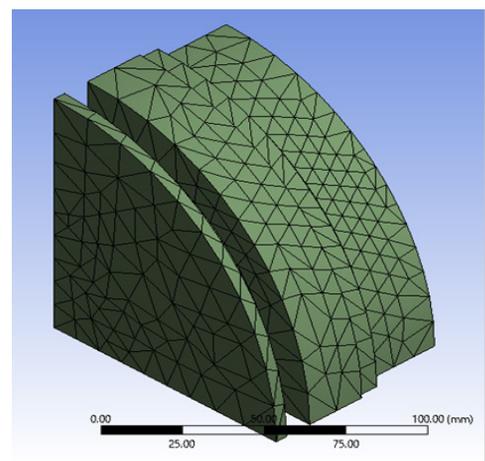


Fig. 4 Finite element model used in analysis

2.2 경계 및 해석조건

팬히터의 출구온도를 도출하기 위해 사용된 해석모델의 경계조건은 다음과 같다. 히터의 입구 온도는 493 K, 533 K 및 573 K의 3종류로 하였고, 공기 유입량은 15 m³/min, 20 m³/min 및 30 m³/min의 3종류로 가정하였다. 이때 본 해석에 설정된 온도 및 유량에 관계없이 온도의 증가는 274 K이하로 하였다. 열전달계수는 히-터 표면의 0.02 W/m·K를 사용하였다. 적용된 유체는 298 K의 공기(air)로서 몰 질량은 28.96 kg/kmol, 밀도는 1.185 kg/m³, 비열은 1004.4 J/kg·K를 적용하였다. 그리고 횡단면에 대하여 대칭조건으로 가정하였다. 해석조건으로서는 반복횟수를 100회로 설정하였고, 난류상태를 고려하여 Realizable k-epsilon법을 적용하였다.⁸⁻¹¹⁾

3. 결과 및 고찰

3.1 입구 온도 및 공기 유입량의 변화에 따른 출구 측 온도 등고선 분포

Fig. 5 및 6은 제안된 원통형 팬히터의 입구 온도 및 입구 측 공기 유입량의 변화에 따른 출구 측 온도 등고선 분포를 나타낸 것이다. 입구 온도는 493 K, 533 K, 573 K의 3가지로, 또한 각각의 온도에서 공기 유입량의 변화는 15 m³/min, 20 m³/min 및 30 m³/min의 3가지로 각각 설정하였다.

Fig. 5는 입구 온도 493 K의 경우로서 공기 유입량이 15 m³/min으로 다소 낮게 설정되었을 때가 온도 등고선 분포가 조밀하게 분포하고 있고 20 및 30 m³/min으로 증가할수록 완만하게 나타났다. 그러나 입구 온도를 533 K로 한 경우 15 m³/min, 20 m³/min 및 30 m³/min로 공기 유입량의 변화를 주었음에도 불구하고 온도 등고선의 분포는 변화가 거의 없이 일정하게 나타났다. Fig. 6은 입구 온도 573 K의 경우로서 역시 15 m³/min, 20 m³/min 및 30 m³/min의 공기 유입량의 변화에 상관없이 533 K의 경우처럼 일정한 분포를 나타내었다. 단 공기 유입량의 변화에 관계없이 온도 등고선의 분포가 일정하게 나타난 입구 온도 533 K일 때가 493 K 및 573 K의 경우보다 다소 조밀하게 분포하였다. 입구 온도 493 K 및 공기 유입량

30 m³/min로 설정된 경우에 온도 등고선의 분포가 가장 완만하게 나타났다. 동일한 공기 유입량일 때 각 온도별로 온도 등고선 분포를 비교한 결과에서는 공기 유입량이 15 m³/min일 때, 입구 온도가 낮을수록 조밀한 온도 등고선 분포가 나타났다. 반면, 입구 온도가 533 K 및 573 K일 때에는 공기 유입량이 20 m³/min에서 온도 등고선 분포가 조밀하게 나타났다. 결과적으로 온도 등고선 분포

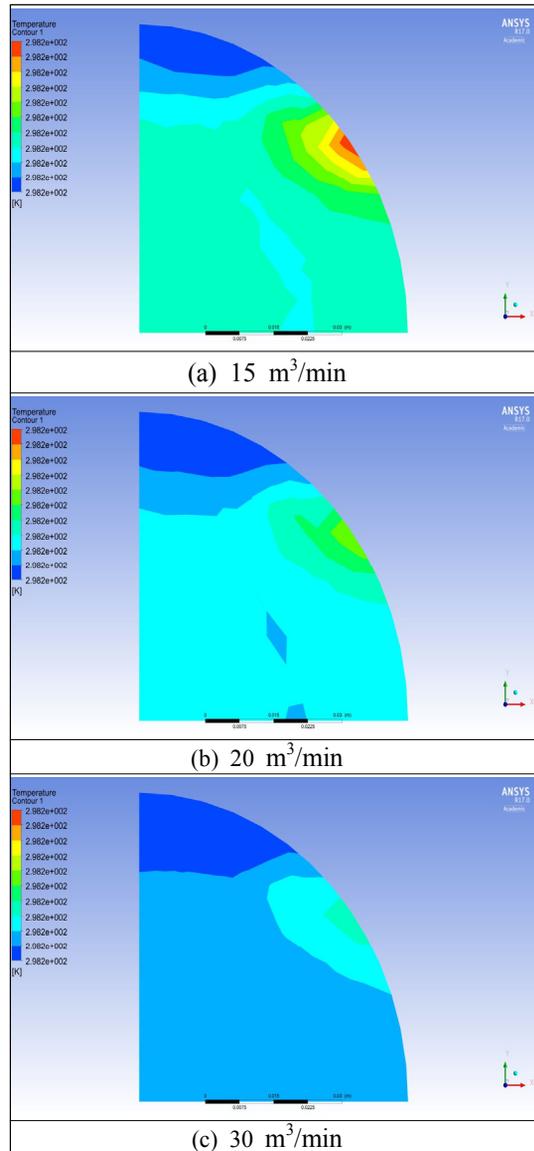


Fig. 5 Contour of temperature according to flow rate at exit of heater cover of 493 K

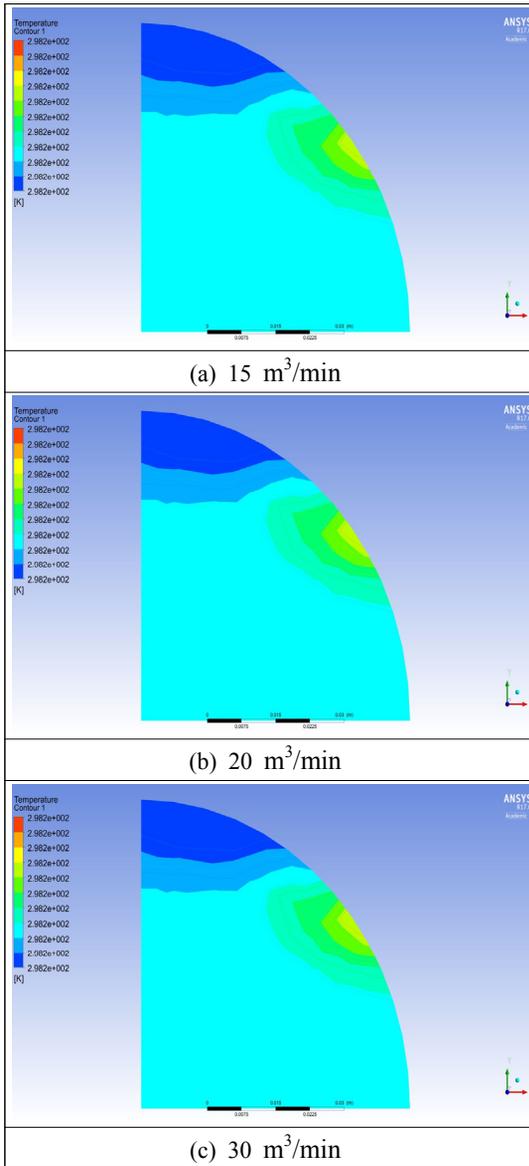


Fig. 6 Contour of temperature according to flow rate at exit of heater cover of 573 K

에 의하면 입구 온도가 573 K로서 다소 높고, 공기 유입량이 30 m³/min로서 다소 빠를 경우에 있어서 변화가 거의 없고 안정적이라는 것을 알 수 있다. 전반적으로는 입구 온도의 변화 및 그에 따른 입구 측 공기 유입량의 변화에 의한 출구 측의 온도변화는 거의 없는 것으로 판단된다.

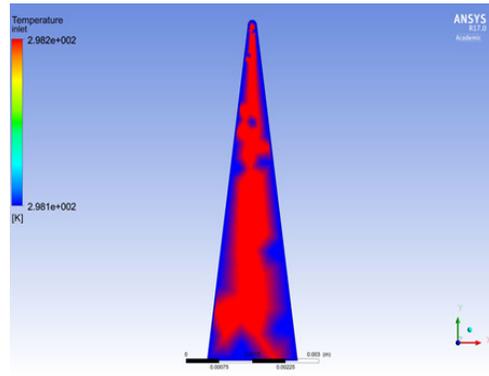


Fig. 7 Contour of temperature at exit of heater cell

단, Fig. 5와 6에서의 온도 등고선 분포의 결과로부터 온도가 1℃ 이상 증가하지 않았는데, 이는 이번 제안한 팬히터 구조에서는 열에너지를 공기로 전달하기에는 다소 짧은 것으로 판단된다. 또한 요소에 사용된 메쉬가 거칠었고 앞에서도 언급하였듯이, 에너지의 공기 중 전달이 어려웠고 온도증가도 273 K 미만으로 나타난 것으로 생각된다. 그러므로 향후 팬히터 길이를 좀 더 길게 한 모델에 대해 동일한 해석을 실시하여 비교해 볼 필요가 있다고 판단된다. 또한 해석모델에 사용한 메쉬가 적은 것도 한 이유일 것이다.

Fig. 7은 팬히터 셀의 출구에서의 온도 등고선을 나타낸다. 가운데 부분은 온도가 높지만, 가장자리 부분은 온도가 낮은 분포를 나타내었다.

3.2 입구 온도 및 공기 유입량의 변화에 따른 출구 측 유속 변화

Fig. 8~10은 입구 온도 493 K, 533 K, 573 K일 때, 각각의 온도에서 공기 유입량의 변화를 15 m³/min, 20 m³/min 및 30 m³/min로 각각 설정한 경우의 팬히터의 x-단면상의 유속의 흐름을 비교한 것이다. Fig. 8은 입구 온도 493 K의 경우이다. 입구 측 공기 유입량이 30 m³/min로 빨라졌을 때의 x-단면상에서의 유선이 가장 빠르게 나타나고 있다. Fig. 9는 입구 온도 533 K의 경우인데 493 K와 거의 유사한 경향을 보이고 있다. 493 K와 533 K일 경우에 있어서 각각의 동일온도 하에서는 15<20<30 m³/min로 공기 유입량이 클수록 다

소 빨라지는 양상을 보인다. Fig. 10은 입구 온도 573 K의 경우로서 15 m³/min, 20 m³/min 및 30 m³/min의 공기 유입량의 변화에 상관없이 거의 유사한 유선을 나타내고 있다. 그러나 573 K의 3가지 공기 유입량에서의 유선은 Fig. 8 및 9의 493 K 및 533 K일 때와 비교해 보면 이들 중 15 m³/min 및 20 m³/min보다는 다소 빠른 유선을 나

타내고 있지만 30 m³/min의 경우에는 오히려 493 K 및 533 K보다 다소 흐름이 감소하는 경향을 보이고 있다. 이것은 특히 Fig. 10의 573 K의 경우에는 x-단면의 오른쪽, 즉 팬히터 출구 측 상부에서 난류성 유선이 강하게 나타나고 있는 것으로부터 입구온도가 증가하게 되면 대류현상에 의하여 난류성 유선이 복잡하게 형성되어지고 이

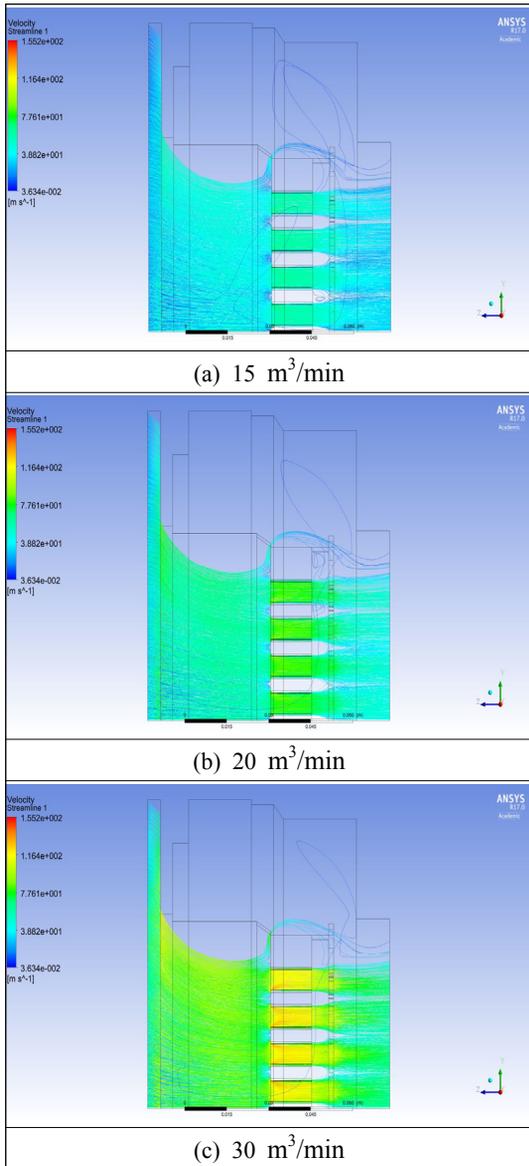


Fig. 8 X-cross section streamline according to flow rate at exit of heater cover of 493 K

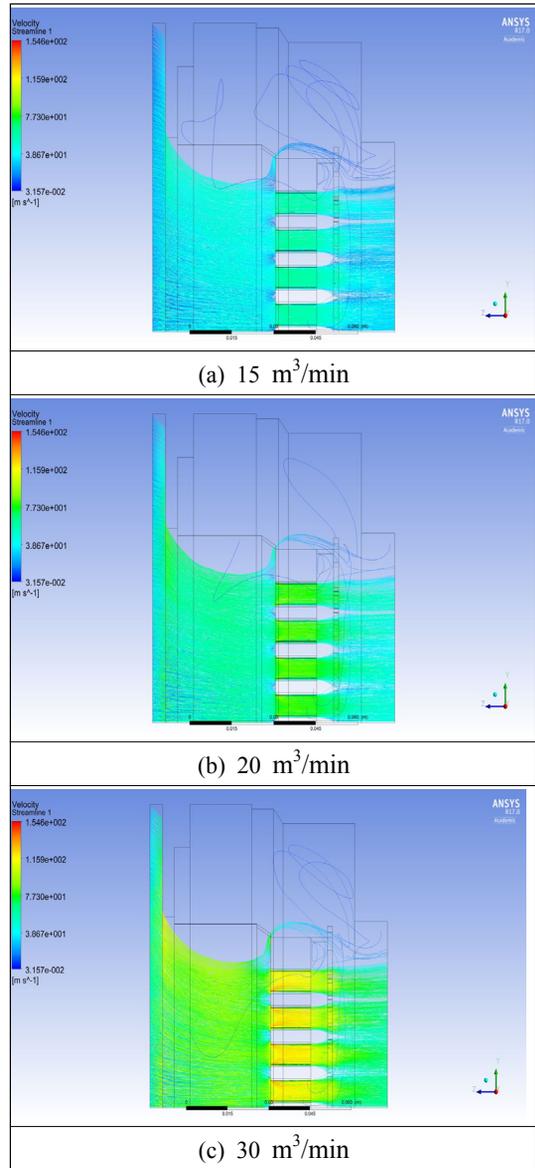


Fig. 9 X-cross section streamline according to flow rate at exit of heater cover of 533 K

팬히터의 입구 온도 및 공기 유입량에 따른 출구측 유속의 변화

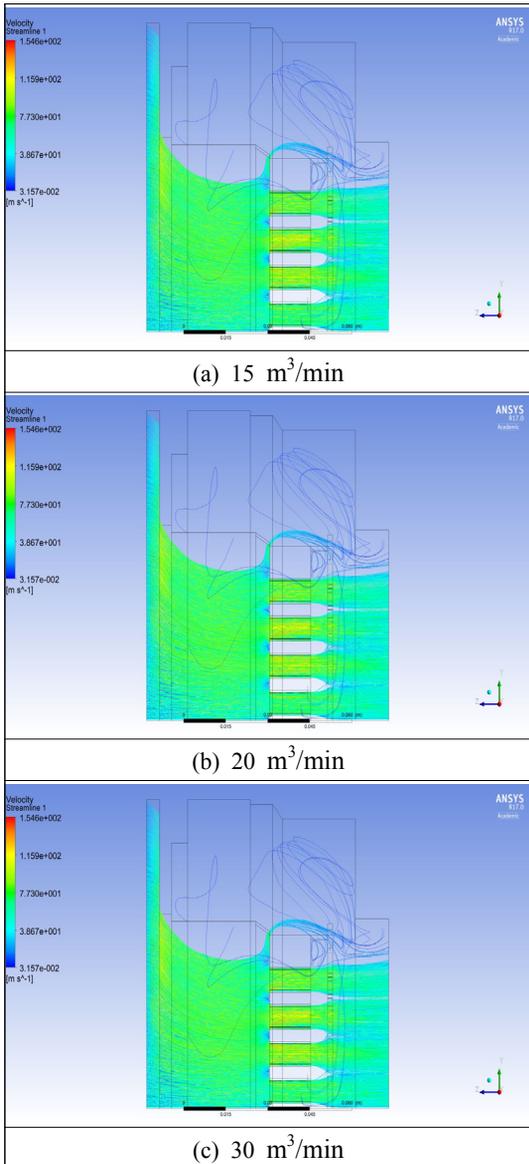


Fig. 10 X-cross section streamline according to flow rate at exit of heater cover of 573 K

것이 유선의 흐름에 다소 영향을 미치는 것으로 판단된다.

Fig. 11~13은 입구 온도 493 K, 533 K, 573 K일 때, 각각의 온도에서 공기 유입량의 변화를 15 m³/min, 20 m³/min 및 30 m³/min로 한 경우의 팬히터 출구 측에 발생한 유속의 변화를 나타낸 것이다. 앞에

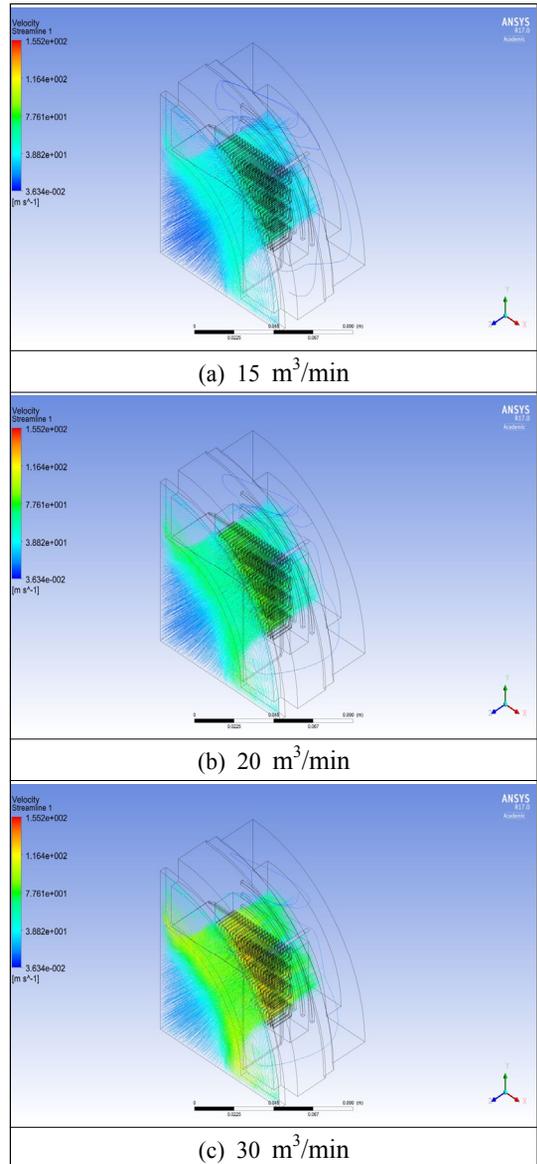


Fig. 11 Total body streamline according to flow rate at exit of heater cover of 493 K

서 언급하였던 Fig. 8~10의 결과와 동일한 결과를 나타내고 있다. 팬히터 출구 측 상부 전반에 걸쳐 난류성 유선의 분포가 573 K일 때 가장 복잡하게 나타나는 양상을 보이고 있다.

이상과 같이 다양한 입구 온도와 입구 측 공기 유입량의 변화에 따른 히터커버 출구 측 온도 및

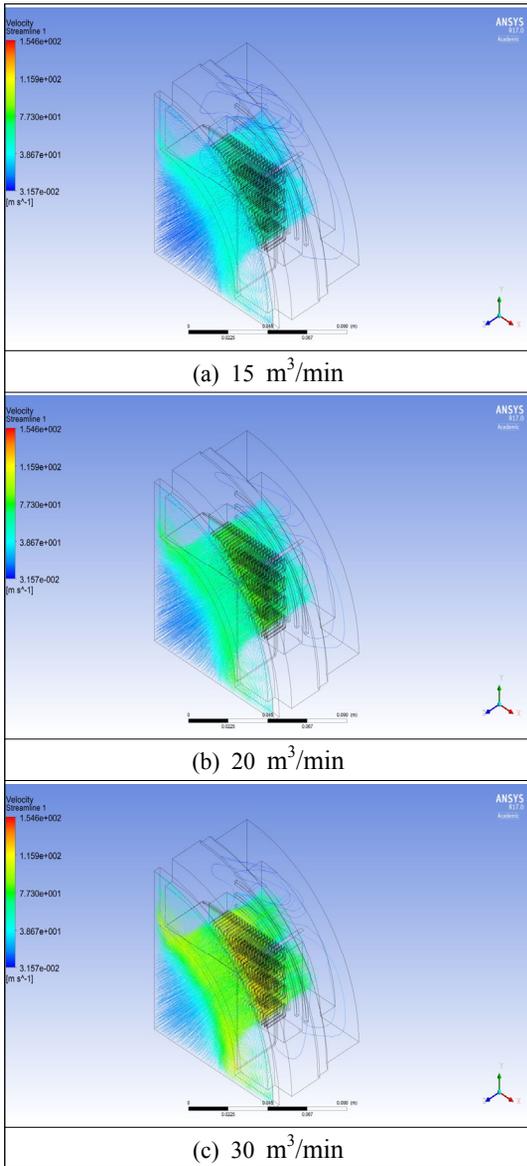


Fig. 12 Total body streamline according to flow rate at exit of heater cover of 533 K

유속의 변화를 살펴본 결과, 전반적으로 본 연구에서 제안한 팬히터의 구조에서는 입구 온도 및 공기 유입량의 증가에 상관없이 거의 일정한 온도 등고선 분포와 유속의 변화를 나타내었다. 다시 말해서 제안한 팬히터 모델에 대해서는 입구 측 온도와 공기 유입량에 관계없이 일정한 공기를 공급할 수 있는 구조라고 판단된다.

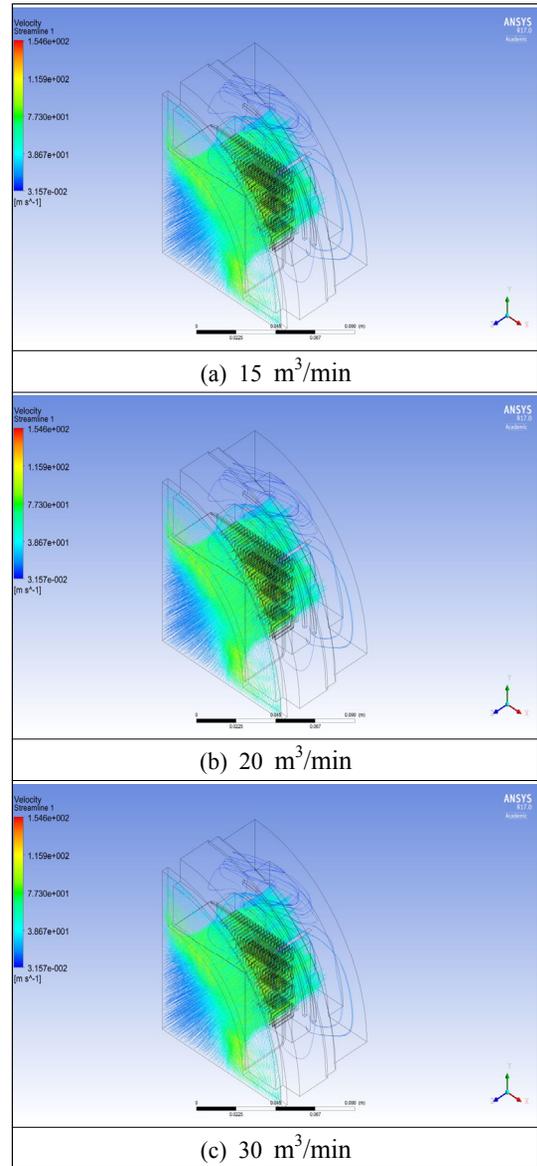


Fig. 13 Total body streamline according to flow rate at exit of heater cover of 573 K

4. 결론

항공기용 보조 난방장치로서 팬히터 모델을 제작하고 입구 온도 및 공기 유입량의 변화에 따른 팬히터 커버의 출구 측에서 유동변화를 살펴 보았다.

다양한 입구 온도와 입구 측 공기 유입량의 변화에 따른 히터커버 출구 측 온도 및 유속의 변화를 살펴본 결과, 전반적으로 본 연구에서 제안한 팬히터의 구조에서는 입구 온도 및 공기 유입량의 증가에 상관없이 거의 일정한 온도 등고선 분포와 유속의 변화를 나타내었다. 다시 말해서 본 제안한 팬히터 모델에 대해서는 입구 측 온도와 공기 유입량에 관계없이 일정한 공기를 공급할 수 있는 구조라고 판단된다.

단, 본 연구에 적용된 팬히터의 길이가 다소 짧아 열에너지의 공기 중 전달이 힘들었고 온도증가도 274K 미만으로 나타난 것으로 생각된다. 그러므로 향후 팬히터 길이를 좀 더 길게 하고 비표면적을 증가시킨 모델에 대해 동일한 해석을 실시하여 비교해 볼 필요가 있다고 판단된다.

References

1. D. H. Lim, Y. H. Shin, S. G. Sim, J. W. Song, S. K. An and S. C. Kim, 2016, "The Flow Analysis and Heating Performance Evaluation of PTC Heater for Electric Vehicles", KSAE Annual Autumn Conference and Exhibition 2016, pp. 1234-1237.
2. J. H. Lee and J. U. Cho, 2015, "Convergence Technique Study through Simulation Thermal Analysis due to the Shape of Electric Heater", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 6, No. 6, pp. 241-246.
3. S. J. Kim, C. M. Son and K. S. Kim, 2017, "Combining Effect of Optimized Axial Compressor Variable Guide Vanes and Bleed Air on the Thermodynamic Performance of Aircraft Engine System", Energy, Vol. 119, pp. 199-210.
4. D. H. Choi, J. C. Huh, J. H. Lim and H. D. Suh, 1999, "Evaluation of Heating Performance and Analysis of Heating Loads in Single Span Plastic Greenhouses with Electrical or Hot-Air Heating", Journal of Bio-Environment Control, Vol. 8, No. 2, pp. 136-146.
5. C. Y. Shim, S. S. Park, P. G. Han and Y. S. Kim, 2011, "Conjugated Heat Transfer Analysis of Electric Heater", 2011 KSPE Fall Conference, pp. 973-976.
6. W. S. Kim, 1994, "Thermal Entry Solutions for Laminar and Turbulent Forced Convection in Ducts Including Conjugation and Periodic Inlet Temperature", Thesis of Doctor Degree, North Carolina State University.
7. J. W. Park, J. W. Lee, Y. H. Choi, K. H. Seo, J. H. Suh and J. J. Park, 2016, "Computational Flow Analysis and Drag Coefficient Research for Angle of Attack in Alocum Underwater Glider", Journal of Ocean Engineering and Technology, Vol. 30, No. 5, pp. 381-388.
8. T. Ito, G. Minorikawa and Q. Fan, 2009, "Experimental Research for Performance and Noise of Small Axial Fan", Int. J. of Fluid Machinery and Systems, Vol. 2, No. 2, pp. 136-146.
9. H. W. Jeong, T. H. Kim, S. S. Kim and W. J. Shim, 2017, "Thermal Analysis of Insulation System for KC-1 Membrane LNG Tank", Journal of Ocean Engineering and Technology, Vol. 31, No. 2, pp. 91-102.
10. J. I. Lee, K. H. Kim and C. A. Kim, 2005, "Investigation of Turbulent Flow Effect in Segmented Arc Heater", Journal of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences, Vol. 33, No. 5, pp. 1-8.
11. J. K. Kim and S. H. Oh, 2014, "Evaluation of the Turbulence Models on the Aerodynamic Performance of Three-Dimensional Small-Size Axial Fan", Journal of The Korean Society for Power System Engineering, Vol. 18, No. 6, pp. 13-20.