

최적 축류팬 개발을 위한 통합공정 (설계, 시제품제작, 측정, 금형가공, 사출, 조립)

박성관*, 최동규**

Integrated Process for Development of an Optimal Axial Flow Fan (Design, RP, Measurement, Injection Molding, Assembly)

S. K. Park* and D. K. Choi**

ABSTRACT

To develop timely an optimal fan, a design system and a new manufacturing process used step by step have to be integrated. A small sized optimal fan for refrigerators, that was the goal on this project, was developed by the following principal processes. All processes are technologically linked in many directions: The existing fan was measured through reverse engineering. The measured data was used for the basic source of 3D design. The performance tests were carried and used as the data for the evaluation of the existing fan. Flow analysis by FANS-3D^{III} was performed at the given information (pressure drop and flow rate) to find out the configuration of optimal fan design. The flow patterns were investigated to measure the performance of fan through numerical experiment. The grid point data obtained by the above analysis turned into 3D high efficiency fan model by using CATIA. The product was manufactured by RP process (SLS, SLA) and tested the characteristic curves of the developed fan to compare with the existing fan. The modification of fan design were all examined to see any change in performance and checked to find any deficiency in assembling the fan into a duct. After the plastics flow analysis of the injection molding cycle to ensure acceptable quality fan, an optimal mold was processed by using tool-path for the newly designed fan.

Key words : Fan Design, RP(SLS, SLA), Surface Modeling, Injection Molding, Integrated Process

1. 서 론

일반적으로 소형 축류팬은 효과적인 열관리를 위해 가전 제품 및 정보기기 제품등에 많이 사용되고 있으나 복잡한 3차원 유동현상과 다양한 설계변수 등으로 인하여 제품사양에 적절한 팬을 제작해 제품에 적용하는 데는 많은 어려움이 있다. 현재는 자체 설계에 의한 팬제작 및 최적화를 통한 성능 향상을 기하기 보다는 대부분의 경우 Dead Copy에 의해 팬을 제작하고 있다. 또한 이를 이용해 회전수 증감 및 유로 구조 변경 등 외부 요인 변경을 통해 설계 유량

을 충족시키고 있는 실정이라서 결국 팬은 설계점 밖의 영역에서 팬이 작동하게 된다. 이는 전체 시스템의 성능저하 및 소음등의 문제를 야기시키고 있으며 잦은 설계변경등에 의한 개발 비용 및 기간의 낭비가 초래되고 있다.

이를 해결하기위해 발표된 논문⁽¹⁾에서는 축류팬의 설계프로그램 즉, 유동해석을 통해 팬의 3차원 형상을 구현하는 상세설계 프로그램을 개발하였었다. 그것은 주어진 설계조건 하에서 측정하기 힘든 blade 주위의 유동특성이 파악할 수 있었으며 팬 설계의 최적화 가능성을 보여 주었다.

그러나, 최적 Fan을 적기에 개발을 위해서는 위에서 설명한 설계 시스템 외에 단계별 신공법을 적용하고 이를 제작공정을 적절한 실험을 통합화해야 성

*삼성경영기술대학 기계금형학과

**삼성전자 기술총괄 생활시스템 연구소

공할 수 있다. 본 연구를 통해 목표로 하는 소형 최적 Fan을 아래와 같은 통합공정을 복합적으로 이용해 개발했다. Reverse Engineering을 통해 기존 Fan을 3차원 측정 하였으며, 측정된 데이터를 이용하여 3D 설계의 기초 자료화 했다. 이와 병행하여 성능시험을 실시하여 기존 Fan 평가 자료로 활용하였다. 목표로 하는 Fan을 설계하기 위해 실제조건(유량, 압력)에 따른 유동해석을 실행하여 최적 유동 패턴을 찾고, 이 좌표 데이터를 근간으로 고효율 Fan Blade를 Catia를 이용해 3D surface modeling 하였고, CAM을 이용 모형을 표면가공해 Blade의 형상화를 검사하였다. 시제품제작을 통한 팬의 성능평가를 위해, RP공정 중 SLS 시제품을 이용해 팬전체의 형상을 검토하고, SLA를 이용 Master Mock-up을 제작해 진공주형 Fan을 완성했다. 실험을 통한 성능 평가는 진공주형으로 제작된 Fan을 이용하고, 이를 적용시 실제 조립을 통해 기존 Fan과 비교해서 위치 및 간섭 여부를 검토하고 설계 변경사항을 체크하였다. 최적 사출조건을 위해 사출성형 프로그램을 통해 해석한후 Tool Path를 이용 방전 및 3축가공으로 Mold를 제작하여 최종 fan을 사출하고 이를 각종 실험을 통하여 성능을 확인함으로써 전체 과정을 완료하였다. 또한, 실 사용 조건을 맞춘 냉장고 Simulator를 제작해 주변환경과 연관된(Bell-mouth 형상) 유량, 압력변화 등이 목표사항에 맞는지 검증하였다.

2. 본 론

본 연구에서는 개발목표에 대한 시스템변화와 전술한 설계시스템을 이용 RP제작, 진공주형제작, 실험, 금형가공, 사출 CAE, 주변시스템과의 조립시 고

려할점들을 통합하여 축류팬 개발 통합공정을 실현해보고 이를 활용하여 목표로 하는 고효율 냉장고의 냉기 순환용 소형 축류팬 제작에 적용하였다.

2.1 개발목표

대부분의 팬의 설계조건은 적용할 제품사항에 의존한다. 위 통합공정의 적용은 냉장고의 냉기 순환용 소형 축류팬이므로 새로운 냉장고의 개발은 그에 맞는 팬 설계사양이 필요하다. 일반적인 냉장고의 시스템사양은 냉기순환을 위해 냉동실과 냉장실을 위해 하나의 증발기와 그를 위한 하나의 팬이 필요하다. 대략적 실험에 의한 결과지만 이에 냉장고 내의 적절한 온도를 유지하기 위한 순환유량(Q)는 0.5~0.7 m³/min이고 이에 대한 압력손실 ΔP는 약 30~40 Pa정도이다. 그러나 당사에서 개발 하고 있는 냉장고의 경우 냉장실과 냉동실에 각각의 증발기와 팬을 설치하고 있어 이에 적절한 팬이 필요하다. 즉 압력손실의 경우 동일 유량이 순환된다 하더라도 위의 압력손실 만큼이 필요하지 않아 시스템의 작동점이 달라진다. 이 경우 압력손실이 약 반으로 줄어들어 약 ΔP는 약 15~20 Pa정도이면 되고 순환유량은 최소한 위에서 요구되는 목표를 달성할 수 있는 팬이 개발되어야 한다.

그림 1은 현재 제품에 적용되고 있는 팬의 형상과 그림 2는 기존팬의 성능곡선 및 개발해야 할 팬의 성능목표를 보여준다. 개발팬은 설계시스템을 이용해 위 설계조건을 만족하고 또한 통합공정을 이용해 가능하다면 냉기유량을 증가시켜 냉각속도를 빠르게 하며 또한 그 여유분으로 소비전력을 줄일 수 있는 고효율 팬을 개발하는 것이 이 논문의 기술적 목표이다.

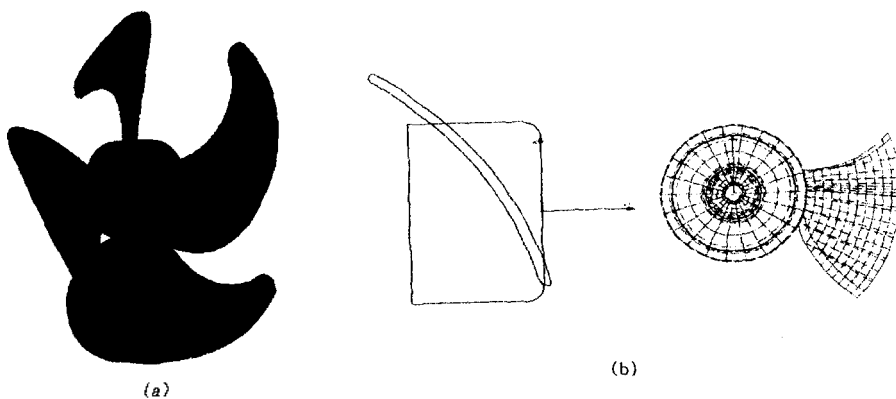


그림 1. 기존팬 형상: (a) 3차원 모델; (b) 팬중앙 단면에서의 Airfoil형상 및 날개형상.

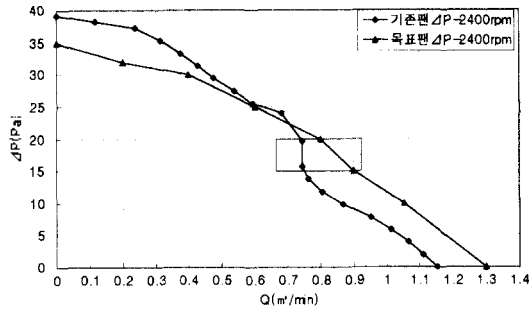


그림 2. 기존팬의 성능곡선 및 개발팬의 성능목표.

2.2 Fan 설계 및 유동해석

앞에서 언급했듯이 저자들의 연구¹¹⁾에서 축류팬 설계시스템에 대해 상세히 기술하였으므로 이장에서는 자세한 기술은 피하고 목표팬에 대한 전체적인 설계 과정에 관해 기술하겠다. 원하는 팬의 설계조건 즉, 순환되는 유량 Q, 이에 수반되는 압력손실 ΔP, 장착조건에 의해 팬의 지름 D, 장착 모터에 의해 팬 회전수(N=2400) 등이 결정해 우선 참고문헌^{12,13)}에 의해 최적의 성능을 갖는 팬 내경, 날개수 등을 구했다. 또한 설계점에서 원하는 유량과 압력상승을 얻을 수 있도록 중앙 span면에서의 날개 형상이 결정했다. 이는 손실이론에 의해 팬의 효율을 구하고 이에 의해 이론 수두상승을 결정하면 입구 swirl, 출구에서의 slip등을 고려하여 팬 입구, 출구각 등을 계산하는 것이다. 날개의 camber line 형상이 결정되면 입구, 출구각에 의해서 날개의 stagger각 및 camber각이 결정된다. 팬의 3차원 형상은 중앙 span면에서의 계산결과를 바탕으로 축방향 속도 분포를 적절히 가정함으로써 결정되는데 본 연구에서는 일정유동계수(constant flow coefficient) 방법에 의해 축방향 속도가 결정되었다.

이와 같은 설계는 손실 이론의 정확도, 속도분포의 가정, slip양의 부정확성 등으로 인하여 그 정확성이 보장되지 못한다. 따라서 다년간의 설계, 제작 및 실험을 통한 데이터의 축적만이 정확한 설계를 보장할 것이다. 본 연구에서는 이를 보완하기 위해 3차원 유동해석을 수행함으로써 실험회수를 최대한 줄일 수 있게 하였다. 이를 위해 개발한 3차원 비직교 윤곽 격자계(nonorthogonal body fitted coordinates)에서의 해석이 가능한 FVM 코드인 FANS-3D(Flow Analysis code using Navier-Stokes equations in Three-Dimensional curvilinear coordinates)를 이용하였고, 이에대한 축류팬 해석에 관한 프로그램의 이론적 배경 및 검증에 관한 상세한 내용은 기 발표된 논문¹⁴⁾

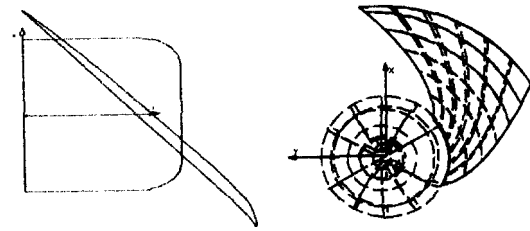


그림 3. 상세설계로 인한 개발팬의 중앙단면에서의 Airfoil 및 중앙 Span면까지의 날개형상.

에 상세히 설명되었다. 전술한 설계 프로그램에 의해 그림 3와 같은 팬의 3차원 형상이 결정되며 이 형상을 바탕으로 팬 주위의 3차원 격자계¹⁵⁾를 생성하게되며 이 격자계에서 팬의 회전을 고려한 회전좌표계¹⁶⁾에서 SIMPLE 알고리즘¹⁷⁾에 의한 3차원 난류유동장 해석¹⁸⁾을 수행하여 팬 전후의 압력상승 및 효율을 계산함으로써 최적팬을 선제할 수 있도록 한다. 이전의 연구에서는 incidence각 및 deviation각을 변경시켜 가며 최적화를 수행한 바 있고, 본 연구에서는 이전의 연구에서 얻어진 팬 형상을 기본으로 하고 여기에 팬의 camber line 및 sweep 각을 주는 방법을 변경하여 팬 성능의 최적화를 수행하였다. 기존의 팬은 circular arc의 camber line을 가지고 있으나 현재의 연구에서는 이를 날개의 전연에서는 3차 다항식 후연에서는 1차 다항식으로 구성함으로써 날개 후연에서의 역압력 구배로 인한 경계층의 성장을 최대한 억제하여 팬의 효율향상 및 소음감소를 도모하였고 sweep각을 극단적으로 키워 팬의 저소음화를 기하도록 하였다. 이와 같은 정상변경에 의한 팬 성능 변화를 수치해석을 통해 확인하면서 최적화를 수행하였는데 최종적으로 얻어진 팬 형상을 그림 3에 도시하였다. 그림 4는 설계조건인 유량 0.7 m³/min, 2400 rpm인 조건의 중앙 span면에서의 속도 및 속력선도를 보여주는데 이로부터 본 연구에서 최적화된 팬이 기존 설계된 팬에 비해 의도한 대로 경계층의 성장이 억제되어 팬 출구에서 더 균일한 속도장이 형성됨을 보여준다. 표 1에 기존팬과 이 과정에 의해 최적화된 팬의 설계점에서의 성능 및 효율을 정량적으로 비교하였는데 이로부터 본 연구에서 설계된 팬의 성능이 상당히 개선되었음을 알 수 있다. 이 유동해석 시스템을 통해 얻어진 point data를 blade 형상으로 전환하기위해 상용 설계도구인 CATIA를 이용하였고 주된 기능으로 Arc 와 Patch를 사용하여 자유곡면 Surface를 설계해 완성했다.

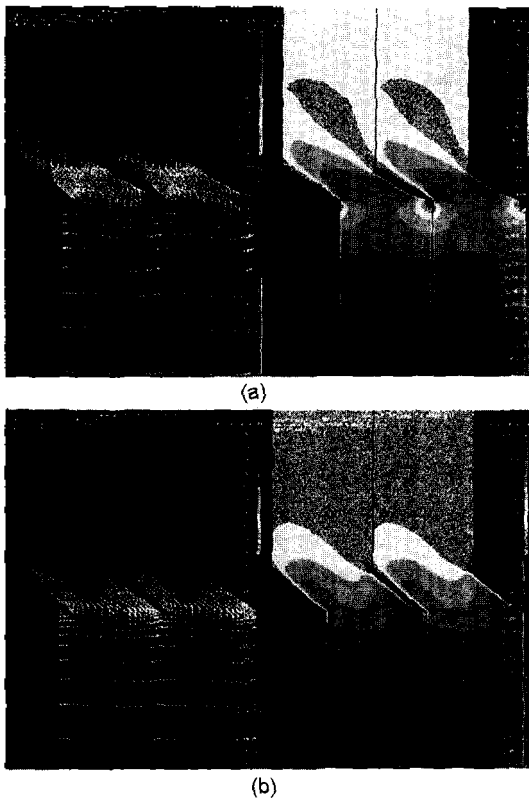


그림 4. 기존 팬과 설계 팬의 속도와 압력선도: (a) 기존 팬 해석; (b) 설계 팬 해석.

표 1. 기존팬과 설계팬의 성능 및 효율비교

	$\Delta p(\text{Pa})$	Efficiency(%)
Existing design	14	56
Present design	16	62.5

2.3 시작품 제작

금형을 통한 완제품을 제작하기 전 성능검증은 필요하지만 축류팬은 여러각도에 의해 이루어진 3차원 자유 곡면이므로 설계된 팬의 형상확인 및 성능Test는 많은 어려움이 있다. 본 연구에서는 상세설계에서 만든 점 데이터를 이용하여 Catia로 3차원 surface model을 만들어 설계된 팬의 형상 확인, 풍동실험용 진공주형을 이용한 시작품 제작을 하였다. 디자인된 3차원 형상의 가상모델을 실물형상으로 검증할 위해 RP(Rapid Prototyping) 기술과 Chemi-wood 3축 가공을 통한 모델 표면형상 검사를 이용하였다. 따라서 복잡한 절차를 거치지 않고 원하는 실물을 개발초기의 부품 형상의 확인과 조립 테스트, 최적화할 수 있었다. 이를 이용하기 위해서는 Surface file

을 RP제작을 위한 메쉬구조로 정의하는 STL file로 전환이 필요했다. RP는 두가지 방법에 의해 제작되었는데 하나는 3차원 형상모델을 레이어 별로 경화시키면서 적층하여 실물모델을 만드는 방법인 SLA (Stereo Lithography Aparatus)였고 다른 하나는 미세한 분말가루를 이용하여 쌓아 올려 레이저 빔으로 선택적으로 녹여 앞서 고형화시키는 SLS(Selective Laser Sintering)방법이 동시에 사용되었다. 이를 master model로 이용해 수지형틀을 만들어 진공주형팬을 제작함으로써 종래의 절삭가공등에 의한 제작 방법에 비하여 단시간에 제작할수 진공주형을 이용할 수 있고 양산시와 동일한 수지재료를 사용할 수 있으므로 팬 성능평가에 용이했다. 그러므로 이 RP 및 진공방법은 Fan개발시 금형제작 전에 형상검토 및 성능 변경시 용이되며 나아가서 고효율 Fan을 개발시 필요 불가결한 요소라 할 수 있다.

2.4 성능실험

현 냉장고내 Bell-Mouth와 같은 형상 두께인 16mm를 기준으로 하여 주로 기존 팬과 개발팬의 압력손실변화에 따른 유량증가를 측정하였고 사용된 팬 성능장치는 ANSI/AMCA 210-85 였다. 실험진행 및 목적은 Bell-Mouth Hole 크기변경에 따른 유량관찰, 최대유량을 내는 Bell-Mouth와 Fan의 상대위치 파악, Fan shaft 길이변화에 따른 유량관찰, 주어진 FAN의 성능의 손실을 줄일 수 있는 Bell mouth의 Hole Size 파악 등을 발견하기 위함이었다.

2.5 사출성형 해석 및 금형제작

팬은 각 날개의 형상에 의해서 그 성능이 결정되어진다고 해도 과언이 아니다. 따라서 이 장에서는 팬을 금형 제작하여 사출하는데 각 날개마다 균일한 형상과 수축을 유도하기 위한 최적의 사출 조건을 얻는데 그 목적이 있다. 사출성형 해석은 유동해석, 냉각해석, Warpage순으로 해석했다.

선정된 최적의 Fill time으로 유동해석의 압력, 수지 흐름 상태, Meld & Weld Line, Air Trap의 상태를 파악하여 금형 제작 및 사출을 고려했다. 팬의 각 날개 부분에 균일 냉각을 실현하여 균일 수축을 유도했다. 3D fan modeling를 사용해서 CORE의 형상을 Modeling하고 CORE의 Parting Line을 결정했다. 또한 금형제작을 위해 CAM Software을 이용 Tool Path를 작업하여 NC Code를 만들었다. Blade와 같이 CNC로 가공하기 힘든 부분인 날개의 자유곡면

은 전극용 소재를 이용 방전가공을 했다.

2.6 조립 및 조립성능평가

냉장고용 팬이 최적성능을 이루기 위해서는 팬과 조립되는 주변시스템 가이드(Bell Mouth)의 형상과 위치가 중요하다. 따라서 여기에서는 성능 실험에서 얻어진 Data를 기본으로 하여 증발기 덮개와 개발 Fan의 조립 상태를 확인하여 변경되거나 문제되는 사항을 미리 파악하고 개선하는데 그 목적이 있다. 개발팬의 성능은 벨마우스의 직경, 그리고 팬의 날개끝과 벨마우스 사이의 거리에 좌우된다. 증발기 덮개판의 리브 끝면과 팬 끝과의 거리를 측정하여 팬이 회전시 간섭으로 파손될 우려를 미리 검사했다. 또한 시스템과 조립하여 소음을 측정하였다. 이는 기존팬과 개발팬의 성능을 비교할 때 유량증대 뿐만 아니라 소음측면에서도 개선치를 알기 위함이다.

3. 결과 및 고찰



그림 5. 유동해석으로 획득한 좌표 Point Data 작업환경.

3.1 유동해석을 통한 Blade의 형상 Data

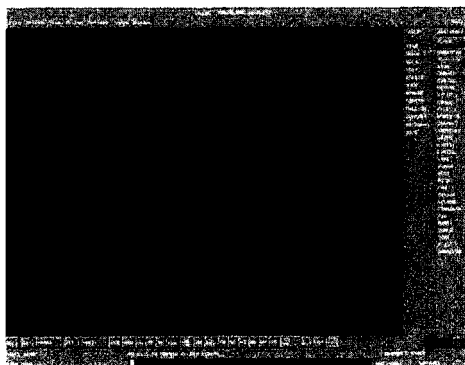
본론에서 언급한대로 팬 유동해석을 통해 팬의 설계점에서의 성능 및 효율을 정량적으로 개선된 팬의 Blade형상 Data Point를 얻을 수 있었다. 그림 5는 이런 설계시스템을 통해 만들어진 point data를 Catia화면을 이용하여 표현한 Blade의 Geometry point를 보여 준다.

3.2 냉장고용 팬의 설계

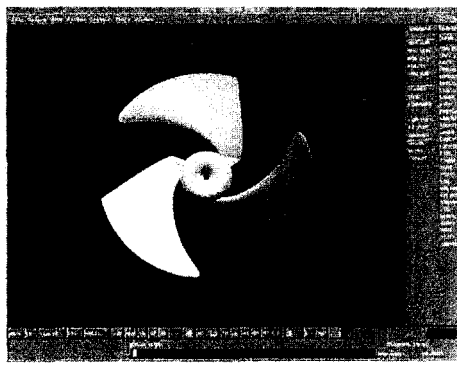
상세 설계를 위해 팬 상, 하면의 point data(x, y, z)를 Catia의 Surface와 Advanced Surface function을 이용해 회전축으로부터 동일 반경 상에 있는 점군을 Arc와 Patch를 사용하여 연결하며 적정 Surface면을 설계하였다. 그림 6는 Catia를 이용한 팬 surface를 간략히 나타낸 것이다. 또한, Blade의 강도 보강과 Fan의 제품 취부조건을 고려한 Hub를 설계하여 Volume으로 나타내었다.

3.3 시제품 제작 결과

위에 설명한대로 우선 surface형상을 확인하기 위해 chemi-wood를 이용해 가공 확인했다(그림 7(a)). 또한 RP제작을 위해 두가지 방법이 동원되었는데 SLS방법을 통해 개발팬(그림 7(b))을 제작하여 완성품의 전체 형상 및 덕트 및 벨마우스 조립시의 간섭이 있는지를 검사하였다. 또한 SLA방법에 의한 모델(그림 7(c))은 SLS방법보다 강도는 떨어지지만 표면의 거칠기 면에서 상당히 우수하고 팬성능 시제품을 제작시 장점이 있어 이를 이용해 진공주형 모델(그림 7(d))을 위한 팬의 master를 제작했다. 팬의 경우 강도유지가 되어야 신뢰성 있는 성능실험을 할 수 있으므로 진공주형을 이용한 제작은 필수적이다.



(a)



(b)

그림 6. 개발팬의 Surface화면 (a) 및 Volume화면 (b).

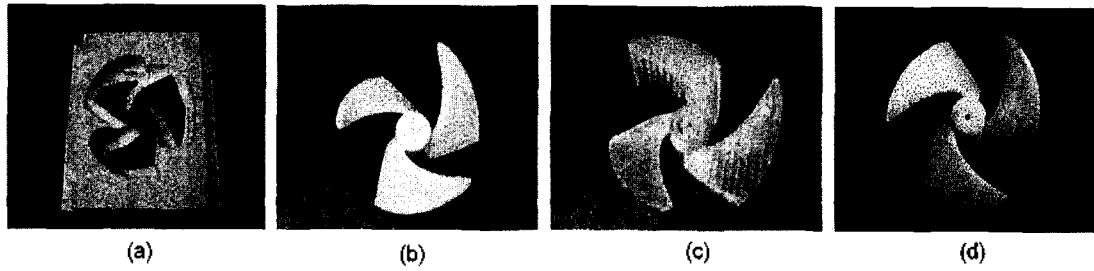


그림 7. 사출품제작: (a) Chemi-wood; (b) SLS모델; (c) SLA 모델; (d) 진공주형모델.

3.4 성능 및 소음실험

그림 8는 Fan Tester를 이용해 회전수 2400 rpm에서 사출제작 팬의 성능실험결과와 기존팬의 성능곡선을 비교하였다. 기존팬이 압력상승이 설계점 부근인 15~20 Pa에서 유량이 0.6~0.7 m³/min을 얻을 수 있는데 개발팬의 경우 같은 압력상승에서 유량이 0.7~0.8 m³/min으로 상승되어 유량이 10~15%의 상승을 얻을 수 있으므로 팬 성능이 상당히 개선되었다.

이로부터 현재의 설계가 설계조건에 부합되게 설계되었고, 이를 설계시스템이 잘 예측하고 있음을 알 수 있다. 팬의 효율을 계산하기 위해서는 팬에 작용하는 토크 T를 계산하고 다음식에 의해 효율 η를 얻게 된다.

여기서 Q는 유량, ΔP는 전압력 상승, T는 토크, ω는 팬의 회전수를 나타낸다. 그림 9의 효율곡선에서 개발팬의 효율 (값이 설계점 부근에서 최대가 되며 기존대비 더 크므로 바람직하게 설계되었다고 보여진다.

팬의 설계목표는 성능 향상 외에도 소음 저감 이므로 이를 위해 유량에 따른 소음측정을 수행하였다. 팬 후면 45°, 50 cm의 위치의 소음을 측정하였는데 측정 장소는 암소음이 20dB(A)인 무향실이다. 그림 10은 그 결과를 도시하였는데 개발팬의 경우 설

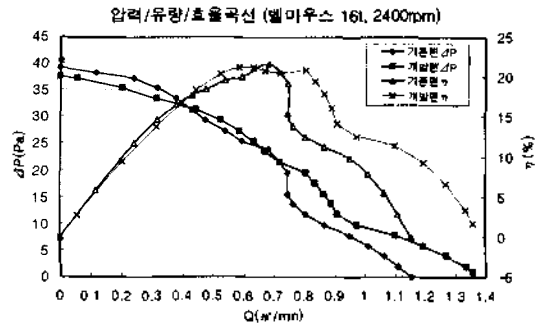


그림 9. 개발팬과 기존팬의 효율비교.

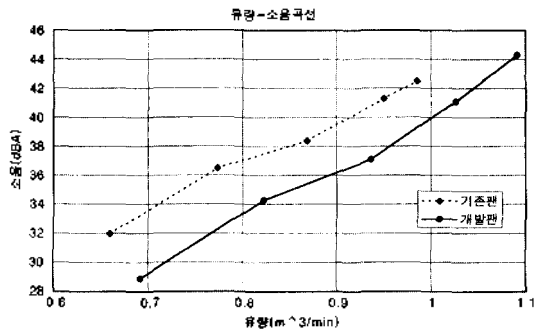


그림 10. 개발팬과 기존팬의 유량 대 소음곡선.

계점인 0.7 m³/min에서 기존대비 4dB(A)의 소음 저감 효과가 있는 것으로 확인되었다.

3.5 사출성형해석

금형제작의 Core가공에 앞서 최적사출을 위해 Gate의 위치, 냉각라인 설치, 런너 및 밀핀의 위치 선정이 중요하다. 또한 Fill time과 사출압력은 최적성형물을 제작하는데 사출기의 중요한 factor들이다. 사출해석을 통해 꼭 알아야 하는 내용은 사출 압력 결정, 수지 유동 상태, 팬 각 부위별 온도분포, Weld Line, Air Trap등이다. 팬과 같이 소형 금형사출을 해석하기 위해 기계사양을 100-200 ton으로 고정했다.

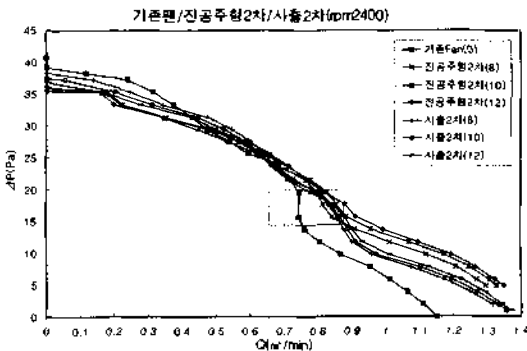


그림 8. 개발팬의 형상 및 성능향상 곡선.

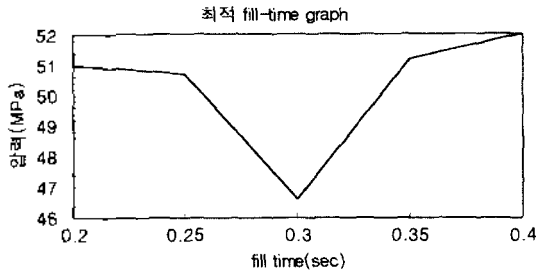


그림 11. 최적 충전시간 선정표.

최적의 Fill Time을 선정하기 위해 0.2초에서 시작하여 총 5단계의 분석을 하였다. 선정된 충전시간을 이용해 유동해석의 압력, 수지 흐름 상태, Meld & Weld Line, Air Trap의 상태를 파악하여 금형 제작, 사출시 그 값을 적용했다. 그림 11을 통해 가장 적은 압력으로 사출하는 0.3초를 충전시간으로 선정했다.

충전시간이 중요한 이유는 금형내에 높은 압력으로 사출을 하게 되면 금형에 필요 이상의 압력이 발생하여 금형이 쉽게 노후가 되기 때문이다. 그림 12은 금형내에 수지가 0.3초 동안 충전되는 과정을 보여준다.

그림을 통해 팬의 3개의 날개가 충전 상태가 고르게 진행됨을 볼 수 있다. 충전 상태가 균일하게 하기 위해서는 제품의 상하, 좌우가 동일해야 하고 그리고 중요한 것은 Runner Balance이다. 충전 상태가 균일하며 3개의 날개가 동일한 치수를 가짐으로써 팬의 면진동, 면 BALANCE가 균일하다. Weld Line 검사시 개발 FAN에서는 Weld Line이 날개에 발생하지 않고 허브에 발생하기 때문에 성능에 문제가 없다.

유동해석에서 정해진 충전에서 균일 수축을 유도하기 위해 냉각 시간을 추가하여 최적의 Post Fill-

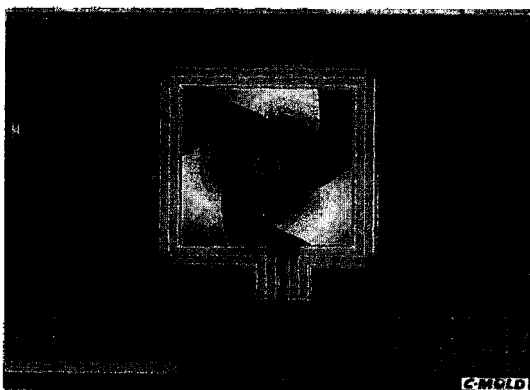


그림 12. 0.3초 동안 수지가 충전되는 과정(Melt-Front).

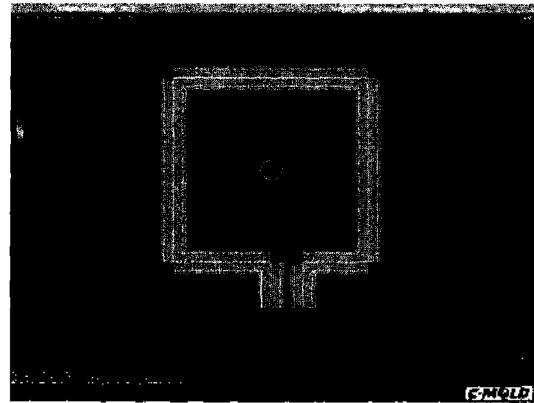


그림 13. Post Fill-Time후에 날개의 온도분포.

Time을 결정했다. 냉각시간의 결정 방법은 가능한 한 적은 시간과 적은 압력으로 결정하는 것이 효과적으로 해석결과 시간은 12초였고 걸리는 압력은 165MPa이었다. 다른 조건에서는 형체력 부족의 문제가 발생되었다. 그림 13에서는 냉각시간후의 팬의 온도분포를 보여 주고 있으며 날개의 온도는 약 40°C였다.

균일 수축은 팬 금형에서 상당히 중요하다. 만일 균일 수축이 되지 않을 경우 팬의 불균형이 발생하여 팬의 진동으로 인해 성능이 떨어질 우려가 있다. 또한 냉장고 팬과 같이 낮은 온도에서 운전되는 부품에서는 사출시 잔류응력분포가 심하게 다를 경우 온도변화에 따라 Crack의 위험이 있으므로 이의 해석이 필요하다. 그림 14에서는 날개의 서로 다른 3점에서 사출과정에 따른 잔류응력변화를 보여 주고 있으며 이 그림을 통해 서로 비슷한 것으로 나타나 금형제작에 문제가 없음을 알 수 있었다.

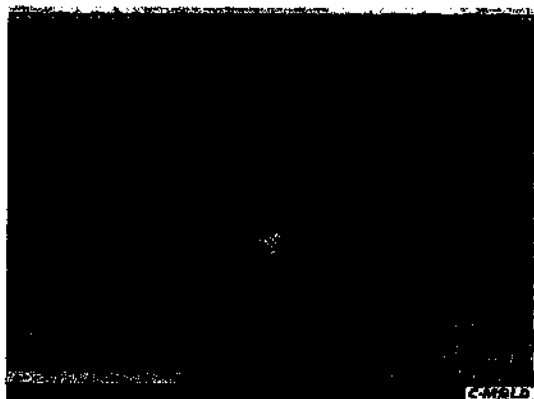


그림 14. 충전 및 냉각 진행 시 잔류응력 변화.

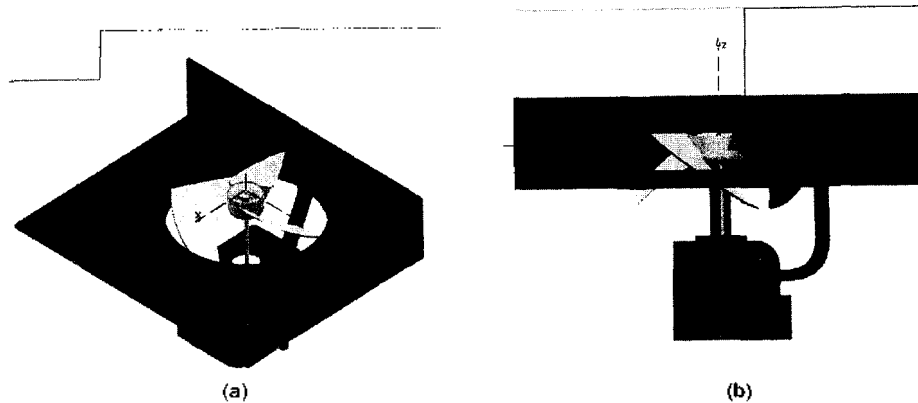


그림 15. CAD 프로그램을 개발팬의 조립검토: (a) 조립도(XYZ축 방향), (b) 조립도(ZY축 방향).

3.6 조립 및 조립성능평가

개발팬을 냉장고의 조립부 검사를 위해 그림 15같이 시도해 보았다. 날개 끝과 모터 지지부인 리브까지의 거리가 1 mm 적어지지만 간섭이 발생하지 않으므로 조립시 문제가 없었다. 다만 최적성능을 위해서는 shaft의 길이가 11.5 mm가 길어져야 함을 알 수 있었다. Shaft가 길어지면 자체 흔들림으로 인하여 팬에 변진동 및 불균형이 발생할 우려가 있다. 따라서 자체 진동실험을 하였다. 실험방법은 진동방지 흔들림 규격은 shaft끝에 indicator를 설치해 측정할 때 흔들림 양이 0.005 mm 이하이어야 부품 인정규격에 합격된다. 검토결과 shaft조립 후 흔들림 규격 공차가 0.002 mm이하임으로 축이 길어져도 문제가 없음을 알 수 있었다.

4. 결 론

개발중인 한 냉장고의 증발기가 두개인 system의 고내 압력손실이 약 15~20 Pa정도이고 순환유량은 최소한 기존팬보다 10%이상 증가되는 축류팬을 개발하기 위해 최적 축류팬 통합공정기술이 적용되었다. 팬 설계 시스템에 의해 설계 및 해석에 의한 검증이 가능하므로 이를 통해 설계조건을 만족하는 최적의 팬을 개발할 수 있음이 입증되었다. 최적 Fan을 적기에 개발하기 위해서는 단계별 공정을 통합하여 적용하고 팬 개발 자체기술을 확보할 수 있었다. 본 통합공정의 결론은 아래와 같다.

1. 목표로 하는 소형 최적 Fan개발을 통해 3차원 유동해석 프로그램인 FANS-3D의 신뢰성이 입증되었고 개발팬의 성능 및 소음특성이 우수함을 실험을 통해 확인하였으므로 현 설계방법의 타당성이 입증

되었다.

2. Reverse Engineering을 통해 기존의 Fan을 3차원 측정 하였으며, 측정된 데이터를 이용하여 3D 설계를 자료화 했다. 또한 각 팬에 대한 성능시험을 실시하여 기존 Fan 평가 자료로 활용하고 실험기술을 확보하였다.

3. 목표로 하는 Fan 설계사양에 맞는 점 Point data를 근간으로 Catia의 3D surface modeling 하였고, 이를 이용한 CAM 가공물로 표면모형 가공을 통해서 형상화 할 수 있었다.

4. 금형 사출전 성능평가를 위해, 최신공법인 RP 공정(SLS 및 SLA)를 이용하여 시제품을 제작 했고 Master Mock-up으로 이용해 진공주형 Fan을 완성했다. 또한 성능 평가는 진공주형을 이용하여 제작한 팬을 이용 실험하였다.

5. 제작된 Fan을 이용해 완성품의 실제 조립을 통해 위치 및 간섭 여부를 검토하여 개발시 시간손실을 최소화으로 줄였다.

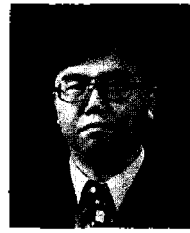
6. 사출조건을 CAE를 통해 검사한 후 그 결과를 바탕으로 금형을 제작하였으며 최종 fan을 사출하여 그 성능이 우수함을 실험을 통해 확인하였고 설계부터 생산까지의 통합진행과정을 완료하였다.

참고문헌

1. 최동규, 최원석, 박성관, "팬 설계 시스템에 의한 냉장고용 축류팬 개발," 한국 CAD/CAM학회논문집, 제 2권, 제 2호, pp. 85-92, 1997.
2. 하재현, 손병진, 김춘식, 유제기계, 대학도서, 1993.
3. Wallis, R. A., *Axial Flow Fans and Ducts*, John Willey & Sons, Inc, 1983.
4. 최동규, 최원석, 이영창, "축류팬 최적 설계시스템개

발, 삼성그룹 CAD/슈퍼컴 사용자 대회 논문집, 1994.

5. 최동규, 최원석, 이영창, "비엇물림 격자계를 사용한 3차원 Navier-Stokes코드 개발," 삼성그룹 CAD/슈퍼컴 사용자 대회 논문, 1994.
6. Rhee, C. M. and Chow, W. L., "Numerical Study of the Turbulent Flow Past and Airfoil with Trailing Edge Separation," *AIAA J.*, Vol. 21, pp. 1525-1532, 1983.
7. Patankar, S. V., *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*, Hemisphere, Washington, D.C., 1980.
8. Chen, H. C. and Patel, V. C., "Near-Wall Turbulence Models for Complex Flows Including Separation," *AIAA J.*, Vol. 26, No. 6, pp. 641-648, 1988.



박 성 관

1985년 성균관대학교 기계공학과 학사
 1988년 오레곤주립대 기계공학과 석사
 1993년 오레곤주립대 기계공학과 박사
 1993년~1995년 삼성전자 냉기사업부
 선임연구원
 1996년~현재 삼성경영기술대학 기계금
 형학과 부교수
 관심분야: CAD/CAE, 유체계측 및 가시
 화, 전자장치내의 열전달 및
 실상설계



최 동 규

1987년 서울대학교 조선공학과 학사
 1989년 한국과학기술원 기계공학과 석사
 1994년 한국과학기술원 기계공학과 박사
 1993년~현재 삼성전자 기술총괄 선임연
 구원
 관심분야: 전산유체역학, 대류열전달, 난
 류모형링, 터보기계 설계 및
 해석