

청소기용 Cyclone 소음원 및 저감방법 Noise Reduction Method and Sources of Cyclone for Vacuum Cleaner

이준화·홍승기·주재만·오상경*·송화규·오장근**

Junhwa Lee, Seunggee Hong, Jaeman Joo, Sangkyong Oh*, Hwagyu Song and Jangkeun Oh**

Key Words : Cyclone(사이클론), Vacuum Cleaner(진공청소기), CFD(전산유체해석), Pressure Drop(압력손실), Flow Rate(유량)

ABSTRACT

Cyclone is widely apoted in the vacuum cleaner, because of it's simple structure, the dust collection efficiency is high and its transparency feaure which can be shown to the customer. At past times, cyclone performance is represented by collection efficiency, flow rate, pressure drop etc. At recent times the noise problem is getting important as cyclone comes into home-appliances. In this paper, cyclone's pressure drop and noise is measured at the variation of the cyclone structure and the main sources of cyclone peak noise is found by experiments and numerical analysis. In addition, the structure for peak noise reduction is suggested and it is beneficial both pressure drop and noise reduction.

1. 서론

사이클론은 유체를 선회운동시킴으로써 입자에 원심력을 부여하여, 관성력을 이용 입자를 분리 포집하는 집진장치이다.

기존의 사이클론은 응용성이 다양해서 석탄가 스화 복합발전 플랜트, 쓰레기 소각로, 순환유동층 보일러 및 각종 산업공정에서 배출되는 오염가 스로부터 입자상 물질을 집진하는 장치에 다양하게 적용 되고 있다.

청소기에 사용되는 사이클론은 그 구조가 간단하고 먼지의 집진 효율이 높을 뿐만 아니라, 투명한 외벽을 통해 먼지가 집진되는 과정을 소비자에게 직접 보여 주는 장점으로 인하여, 최근의 가정용 전기청소기에 적극 채용되고 있다.

지금까지 사이클론의 성능을 나타내는 지수로는 집진효율 및 유량 그리고 압력손실이 주를 이루어 왔고, 사이클론이 일으키는 소음에 대해서는 등한시 되어온 것이 사실이다.

그동안 많은 연구자들에 의해 사이클론의 형상 변화에 따른 입자의 포집율이나 압력강하들이 주로 연구되어 왔으며, 최근들어 사이클론의 3 차원 난류 선회류에 대한 수치해석이 수행되고 있으나, 아직까지 형상변화나 다른 구조적 변화에 따른 소음연구에 대한 연구결과는 거의 없는 실정이다.

본 연구에서는 청소기에 사용되는 사이클론이 일으키는 소음의 원인을 해석 및 시험을 통하여 고찰하고, 위치 및 원인을 파악하여 사이클론이

일으키는 피크음의 제거 방법을 찾아내고자 한다.

2. 기본 소음시험

2.1 시험방법

본 연구에 사용된 시험방법은 청소기에 부착되어 가동되는 사이클론을 기존의 방법을 이용하여 유량 및 차압을 측정 한 후, 무향실에서 Sound Power 를 측정하였다.

2.2 사이클론 본체 소음 측정

본 연구에 사용된 사이클론은 청소기 본체와 결합하여 먼지를 포집하고 걸러내는 형태의 제품으로, Fig.1 에 그 형상을 도시하였다. 본체와 연결하여, 사이클론의 원심력을 이용하여 먼지를 걸러내고 그 먼지를 먼지통으로 저장시키는 구조를 가지고 있다. 사이클론이 장착된 청소기의 전형적인 소음 스펙트럼은 Fig.2 와 같다. 사이클론 작동 전에는 청소기 본체의 회전수에 의한 주파수 성분이 550 Hz 에 위치하며, 청소기 팬 임펠러에 의한 성분이 5KHz 에 위치한다. 사이클론 작동후에는 사이클론에 의한 Peak 주파수 성분이 1KHz 대역에, 그 Harmonics 성분이 2KHz 에 나타나며, 광대역 소음 레벨이 증가하여 있음을 알 수 있었다.

* 삼성전자 가전연구소

E-mail : junhwa.lee@samsung.com

Tel : (031) 218-5091, Fax : (031) 218-5196

** 삼성광주전자

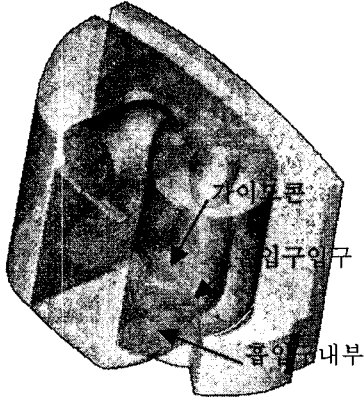


Fig. 1 연구에 사용된 사이클론 형상

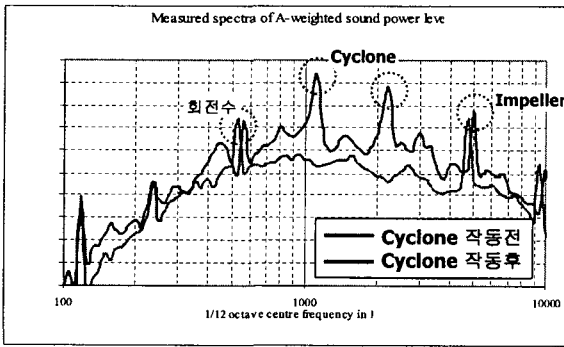


Fig. 2 사이클론 작동 전/후의 스펙트럼 비교

2.3 소음원 규명 시험.

소음원을 추적하기 위해서 여러가지 형상의 변화 및 구조를 변경시키며 찾아보았다.

사이클론을 장착한 진공청소기에서 발생하는 소음은 사이클론의 입/출구 형상 및 유로 가이드를 포함한 유로 형상등에 의해 차이가 존재하나, 본 연구에서는 사이클론 흡입구의 내부 형상변화와 관련한 소음에 초점을 맞추기로 하였다. 다양한 예비시험을 바탕으로 사이클론 소음의 주요 원인은 사이클론 공기 흡입부분의 내부 형상이라는 것을 알 수 있었다.

3. 기본 수치해석

3.1 수치해석 방법

사이클론내의 유체흐름은 강선회를 동반하는 3차원 난류 흐름이며 부분적으로 강한 유속을 수반한다. 이런 유체흐름을 해석하기 위하여 예비로 3

차원 비압축성 유동장을 해석하였으나, 부분적으로 유속이 100 m/s 가 넘어서는 영역이 나타났다 이런 영역이 중요한 관심영역이어서 압축성 유동장을 해석하였다. 해석에 사용된 Tool 로 상용 S/W 를 사용하였으며, 사용된 격자는 비정렬 격자로 약 250 만 Cell 정도이고, 계산시간은 정상 해석에 24hr 그리고 비정상 해석에 72hr 이 소요되었다.

3.2 수치해석 결과

사이클론의 해석결과를 Fig.3 에 나타낸 바와 같이 유속이 빠르게 회전하면서 중심의 가이드 콘 형상을 중심으로 회전하며 그 위치가 비대칭적임을 알 수 있다.

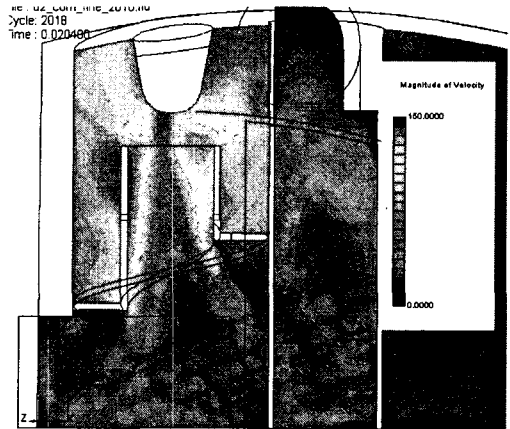


Fig. 3 사이클론 내부의 속도 분포

또한 강한 회전 와류가 흡입구 형상 내부에 존재하고 있음을 알 수 있으며, 그 속도가 최대 150 m/s 에 달하는 강한 속도임을 알 수 있었다.

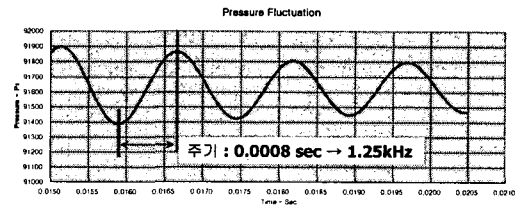


Fig. 4 비정상해석 - 흡입 형상 내부 벽면 압력

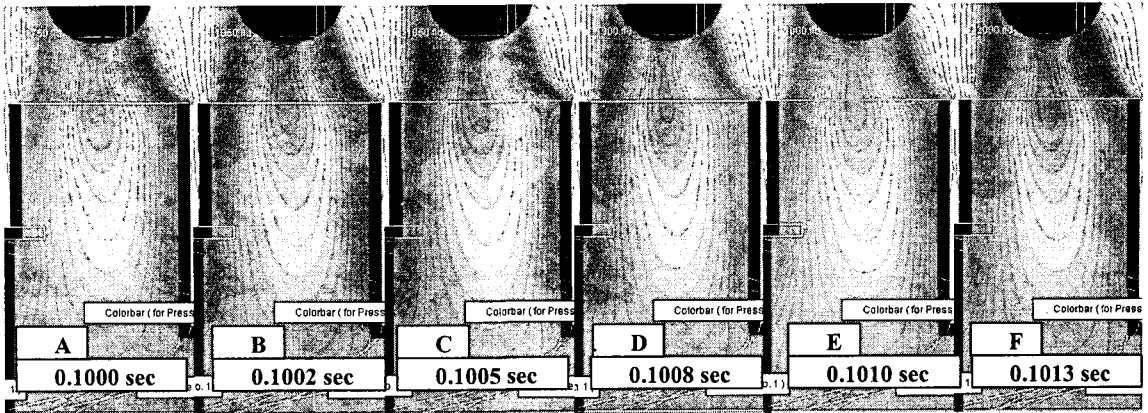


Fig. 5 비정상해석 - 흡입구 형상의 압력 분포도

비정상 해석을 수행하여 그 압력 변동 값을 Fig.4에 도시하였다. 도시된 바와 같이 1.25kHz에 해당하는 강한 주기성을 가진 압력 변동이 포착되었다. 그 변동의 원인이 가이드 아래에서 발생한 강한 와류 흐름이 흡입구의 형상안에서 강하게 회전하면서 크기가 수축과 팽창을 반복하는 것으로 판명되었다. 그 과정을 Fig.5에 도시하였으며, Fig.5에서 보는 바와 같이 중심 코어 및 그 주변의 크기가 주기적으로 변화함을 알 수 있다. 그 압력 분포가 A와 D가 같으며, 또한 B와 E가 그리고 E와 F가 같은 분포를 가지고 있음을 알 수 있었다.

4. 저감형상 해석 및 시험

4.1 저감형상 수치 해석

앞장에서 언급한 바와 같이 원형 흡입구의 내부에서 발생한 와류의 움직임이 Peak 소음을 일으키는 것으로 판단되었다. 이를 바탕으로 이에 대한 저감을 위해 원형 흡입구 내부에 Splitter를 삽입하여 그 와류의 흐름을 억제하면서 붙잡아 둘 수 있도록 하여 보았다.

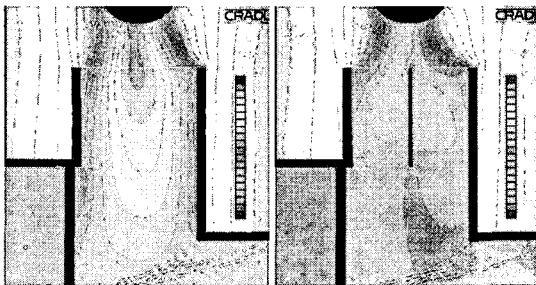


Fig. 6 Splitter 부착 전후의 압력 비교

Fig. 6에서 보는 바와 같이 강한 와류의 흐름이 흡입구 안쪽의 Splitter에 의해 갈라지면서 와류의 흐름을 안정적으로 붙잡고 있음을 알 수 있었다. 비정상 해석결과에도 압력의 변동이 없었다.

4.2 저감형상 소음시험

앞절의 수치해석에 사용된 Splitter를 사용하여 소음시험을 수행한 결과 Peak 음은 15dBa 이상을 저감하였다. Fig. 7에서 도시된 바와 같이 Peak 음과 함께 Broadband Noise의 일부 성분도 함께 감소되었음을 알 수 있었다.

Measured spectra of A-weighted sound power levels:

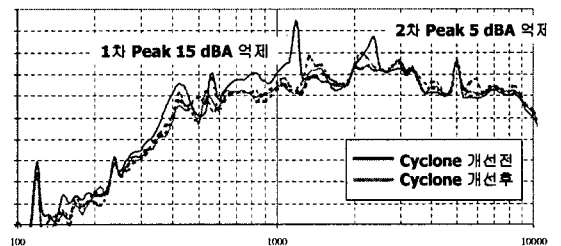


Fig. 7 Splitter 소음저감 효과

소음저감이 다른 성능과 관련된 사항을 많이 저감한다면 이는 소음저감의 효과가 없어지게 됨으로 함께 검토해야 할 필요가 있다. 본 연구에서는 압력 손실이 주된 검토사항이었다. 소음저감 효과가 크게 되면서, 사이클론을 통과하는 유동의 압력손실을 최소화하는 구조를 고안하여 다양한 형태의 Splitter에 대한 적용시험을 수행하였다. Splitter의 형상이 일자형이나 십자형의 소음저감은 탁월하나, 압력손실을 수반하므로 그 적용성이 반감된다. 이에 더한 개선사항으로 압력손실을 줄이는 형상을

고안하게 되었고 최종적으로 회오리 날개 형상이 최종적으로 채택되었다. 회오리 형상은 Peak 소음 15dBA 저감 및 최종 Total 소음 2.8dBA 저감효과를 보이면서 압력 손실은도 약 10% 개선시키는 효과를 보인다.

5. 결론

본 연구에서는 전기청소기에 사용되는 사이클론의 소음을 시험 해석 하였다. 최근들어 청소기의 주요 소음원으로 등장하게 되는 사이클론의 소음을 각종 형상의 시험 및 해석을 통한 원인 추적을 통하여 그 위치 및 발생원인을 찾았고 이를 저감 시킬 수 있는 형상 대안을 구하였다. 해석된

결과를 바탕으로 흡입구 내부의 형상을 변경하여 소음 뿐만 아니라 압력손실의 저감에도 효과가 있는 구조적 Splitter 형상을 고안해 내었다.

참 고 문 헌

- (1) 조용준, 2001, "단면형상의 변화에 따른 사이클론의 성능특성 연구", 대한환경관리학회지 제 7 권 제 1 호
- (2) 정진도, 이상권, 2003, "고온 사이클론의 등급 집진 효율에 관한 연구", 대한환경관리학회지 제 25 권, 제 11 호