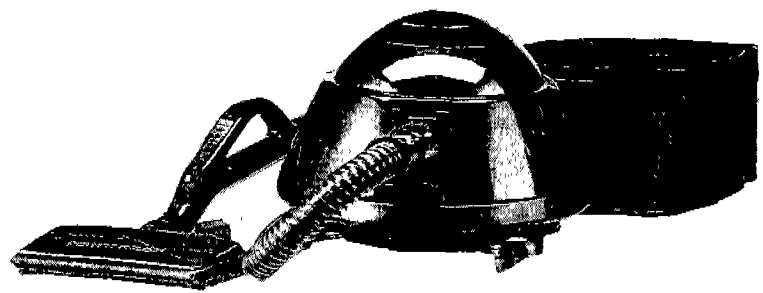
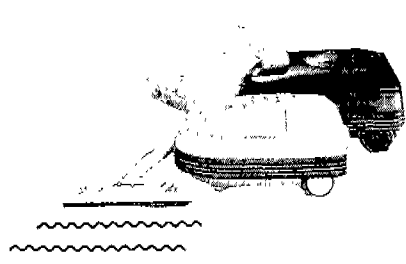


전기청소기의 변화



1. 머리말

근래 주택구조와 생활양식의 변화에 따라 알미늄 샷시 등의 사용에 의한 室内의 氣密性 향상과 융단 등의 보급으로 진드기·곰팡이 등이 생기기 쉬운 주거환경으로 바뀜으로써 천식이 라든가 알레르기성 질환의 원인이 되고 있는데, 그에 대한 대책의 하나로 전기청소기를 사용한 바닥면의 철저한 청소가 효과적이어서 전기청소기의 吸塵力 향상이 크게 요구되고 있다.

한편 직업을 가지는 주부가 증가함에 따라 가사노동 시간대가 晝間에서 早朝와 夜間으로 移行하는 경향이어서 소음이 보다 낮은 전기청소기가 요망되고 있다.

吸塵力 향상과 低騒音化는 서로 상반되는 관계에 있고 더욱이 편리성 면에서 소형화와 경량화를 저해하는 일 없이 양자를 양립시키는 것이 전제가 되어야 하기 때문에 기술적으로 곤란한 요인이 산재하고 있다.

本稿에서는 미쓰비시電機가 저소음기로서 발매한 1990년도 제품(TC-G500 시리즈)을 중심으로 하여 전기청소기의 저소음화 현상에 관하

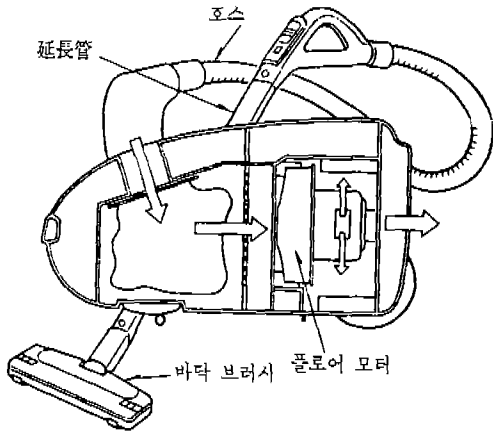
여 소개하는 것이며 또한 흡진력을 향상시키기 위해서는 블로어 모터의 고효율화가 필요하므로 그에 대한 저소음·고출력·고효율화에 관해서도 기술하고자 한다.

2. 전기청소기의 構造와 騒音發生源

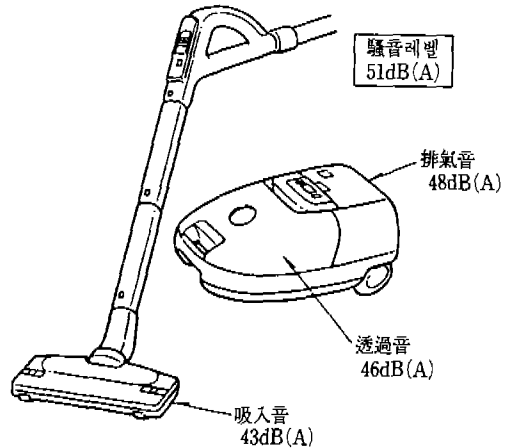
그림 1은 전기청소기의 구조를 보여준다. 청소기의 본체는 집진실과 블로어 모터 및 코드릴로 구성되어 있는데 본체에는 바닥 브러시와 연장관 및 벨로 호스가 장착되어 있다.

전기청소기의 主音源은 블로어 모터함과 바닥 브러시와 벨로 호스에서 발생하는 氣流音이다. 전자는 본체에서 放射되며 후자는 바닥 브러시의 흡입구에서 대기에 放射된다. 본체의 소음은 排氣口에서 방사되는 배기음과 본체의 케이스를 透過하는 투과음으로 이루어진다.

전기청소기의 소음측정법은 JISC 9108에 규정되어 있고 소음측정점은 청소기의 본체로부터 1m 떨어진 바로 위(直上)와 바로 옆(直橫) 2개소이다. 소음레벨은 두 위치에서의 산술평균치로 하고 있다.



<그림 1> 전기청소기의 구조



<그림 2> 종래의 전기청소기의 소음

미쓰비시電機의 대표적인 종래의 청소기 소음레벨을 그림 2에 표시하였다. 소음레벨은 51dB(A)인데 그 내역을 보면 排氣音이 48dB(A)이고 透過音은 46dB(A)이며 吸入音은 43dB(A)이다. 음의 분리측정은 消音器나 遮音函을 이용하며 評價音 이외의 음을 제거하고 행하여진다.

배기음이 가장 높는데 이의 저소음화를 위해서는 상기 소음원 전체에 대한 대책을 강구해야 효과를 거둘 수 있다. 예컨대 배기음을 嚮레벨로 하여도 전체의 소음레벨은 48dB(A)이다. 소음 저감량은 3dB(A)에 불과하기 때문에 효율적이라고 할 수 없다.

이하, 이들 소음대책에 관하여 설명한다. 우선 전기청소기의 흡진력과 소유특성에 가장 영향이 큰 블로어 모터의 空力·騒音特性과 그 개선방법에 관하여 기술한다.

3. 블로어 모터의 空力·騒音特性의 개선

3.1 블로어 모터의 특성평가

블로어 모터는 먼지의 포획과 수송수단을 제공하는 空氣源으로서 터보 블로어와 그것을 회전·구동시키는 整流子 모터로 구성되어 있다.

블로어 모터의 성능은 吸入일량률(블로어의

공력출력) P , 모터의 소비전력 W 및 소음레벨 SPL로 평가된다. 이들의 값과 블로어 모터의 풍량과 진공도(靜壓)와의 관계는 다음과 같다.

$$P = QH/60 [W] \quad (1)$$

$$SPL = K_s + 10 \log QH^{2.5} [dB(A)] \quad (2)$$

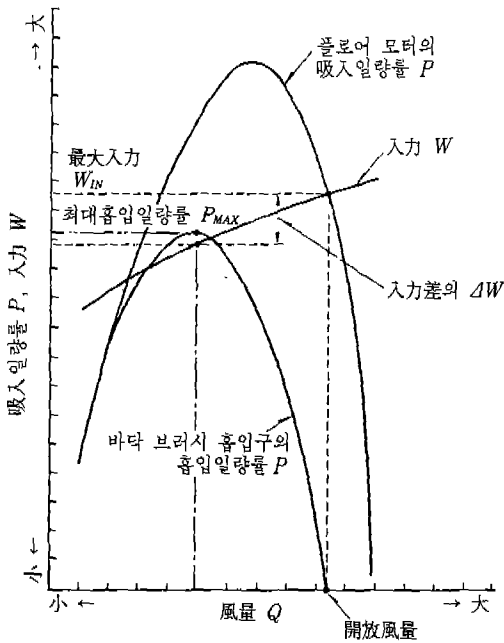
여기서 Q 는 풍량 m^3/min , H 는 진공도 P_a , K_s 는 比騒音레벨 dB(A)이다.

위의 식에서와 같이 블로어 모터의 고효율화(흡입일량률 P 의 향상)는 Q 및 H 의 증대를 의미하며 그에 따라서 소음레벨 SPL이 높아진다. 따라서 고효율화와 저소음화를 동시에 달성하기 위해서는 比騒音레벨 K_s 가 낮은 블로어形狀의 개발이 요구된다.

다음에 블로어 모터의 효율평가 방법에 관하여 기술한다. 전기청소기의 효율평가는 특수하기 때문에, 블로어 모터의 효율평가도 일반 유체기기의 그것과 다르다. 즉 일반 유체기기의 효율 μ 은 각 동작점의 출력과 입력으로 각 동작점마다의 효율이 구해짐으로써 평가되나 전기청소기의 경우는 다음 식에서와 같이 전 운전영역에서 최대출력과 최대입력으로 구해진다. 따라서 양자의 동작점이 서로 달라지는 것은 당연하다.

$$\mu = P_{MAX} / W_{IN} \quad (3)$$

P_{MAX} : 바닥 브러시 흡입구의 최대공력 출



<그림 3> 플로어 모터와 전기청소기의 특성'

력(최대 흡입일량률)

W_{IN} : 모터의 최대입력

이상을 그림으로 풀이한 것이 그림 3이다. 가로는 風量, 세로는 흡입일량률과 모터 입력을 표시한다. 흡입일량률은 블로어 모터 單體와 바닥 브러시 흡입구의 양자의 곡선이 표시되어 있다. 후자는 전자의 값에서 전기청소기의 風路系(바닥 브러시~本體 배기구)의 손실을 뺀 값이다. 브러시 흡입구의 최대 흡입일량률이 식(3)에서 표시한 P_{MAX} 이다. 브러시 흡입구의 흡입일량률이 최대가 되는 동작점이 블로어 모터 單體의 그것보다 低風量側으로 이행하고 있는 것은 전기청소기의 풍로계의 손실이 풍량의 3배 곱으로 증가하는 것이므로 블로어 모터 單體보다 최대 흡입일량률의 동작점이 저풍량측이 된다.

브러시 흡입구의 흡입일량률이 영으로 된 동작점은 바닥 브러시가 바닥면으로부터 완전히 떨어진 상태를 의미하며, 풍량은 최대가 되지만 진공도는 영이 된다. 이 동작점을 開放風量點이라고 정의한다.

모터 입력은 풍량의 증가와 더불어 증가한다. 상기 개방풍량점에서의 입력이 식(3)에서 표시한 W_{IN} 이 된다.

그림에서 보는 바와 같이 바닥 브러시 흡입구에서 최대 흡입일량률의 동작점 입력은 최대 입력 W_{IN} 보다 ΔW 만큼 낮아진다. 따라서 효율과 최대 흡입일량률의 향상으로 입력차 ΔW 가 작아지는 부하 제한적(Load Limit)인 空力特性이 요망된다. 블로어의 기본구조는 임펠러와 임펠러 출구의 흐름의 운동 에너지를 압력 에너지로 변환시키는 안내날개로 구성된다. 임펠러와 안내날개의 형상 및 양자의 기하학적 배열을 최적화함으로써 공력특성이 개선되며, 또한 효율개선을 위하여 모터 자체의 효율과 청소기의 風路 손실을 개선하는 것이 필요함은 당연한 일이다. 더욱이 임펠러와 안내날개의 기하학적 배열은 소음 발생에도 영향이 크며, 그것이 공력특성의 향상과 저소음화에 대하여 상반되게 영향을 미치는 것이 기술적 과제로 되어 있다.

블로어 모터의 主騒音源은 블로어에서 발생하는 流體騷音이지만 모터의 진동에서 생기는 소음도 무시할 수 없다. 일반적으로 블로어 모터는 防振 고무를 끼워서 청소기의 본체에 부착되나, 본체의 경량화를 위해서 本體剛性은 반드시 충분한 특성으로 되어 있는 것은 아니다. 그러므로 진동이 본체에 전달되기 쉬우며 본체로부터의 진동 전달음으로 나타난다. 또한 고출력화를 위하여 블로어는 보다 고속화 경향에 있으며 회전부의 질량의 불평형을 시정하는 것이 보다 절실히 요청되고 있다.

다음은 특히 공력·소음특성에 영향을 미치는 안내날개의 최적화, 모터의 효율개선 및 진동대책에 관하여 설명하고, 또한 전기청소기의 소형·경량화와 더불어 모터의 소형화도 중요한 과제이므로 그 점에 관하여서도 언급하고자 한다.

3-2 안내날개의 最適化

안내날개는 임펠러의 출구에 설치되는 지름

방향날개와 그 후단에 배치되는 축방향날개로 구성되는데 그 구조도는 그림 4와 같다. 그림 (a)의 지름방향날개는 임펠러의 출구에 근접함으로써 임펠러의 출구에서의 흐름을 손실이 낮도록 안내할 수 있으며 높은 압력변환 효율을 얻을 수 있다. 그러나 임펠러와 안내날개의 근접으로 임펠러 枚數와 회전수를 곱한 것을 기본 주파수로 하여 그 高次性分인 임펠러의 날개 통과 소음을 증대시킨다. 이때의 기본 주파수는 3~4kHz이며 블로어의 유체소음의 주성분이 되어, 더욱이 전기청소기 소음의 음질에 가장 영향을 주는 要因이 되고 있다. 효과적인 소음 대책은 안내날개와 임펠러와의 거리를 확대하는 것인데, 그것은 블로어의 효율향상과 소형화에 상반되는 것이므로 대책에는 한계가 있다. 그밖의 대책으로는 임펠러와 안내날개 매수의 비율이나 안내날개의 맞음角(迎角)의 최적화 등이 있다.

보다 더 저소음화가 요구되는 경우에는 數 %의 효율 저하가 따르는 하나 지름방향날개를 떼어버리고 축방향날개만 있는 구조로 하는 것

이다. 그 예를 그림 5에 표시하였다. 그림 (a)는 지름방향날개가 있는 경우이고 그림 (b)는 그것이 없는 경우이다. 지름방향날개를 떼어버림으로써 날개 통과음이 현저히 저하하고 있다.

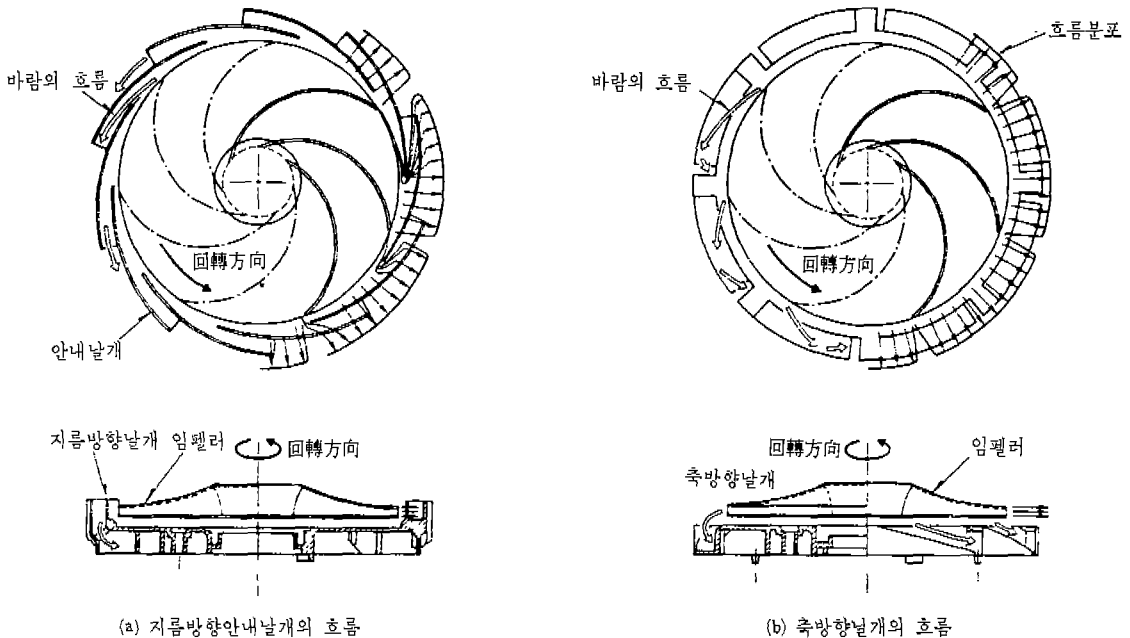
3·3 모터의 效率改善

블로어를 구동하는 모터는 3~4만rpm의 고속회전이 요구되기 때문에 일반적으로 정류자 모터가 쓰여진다.

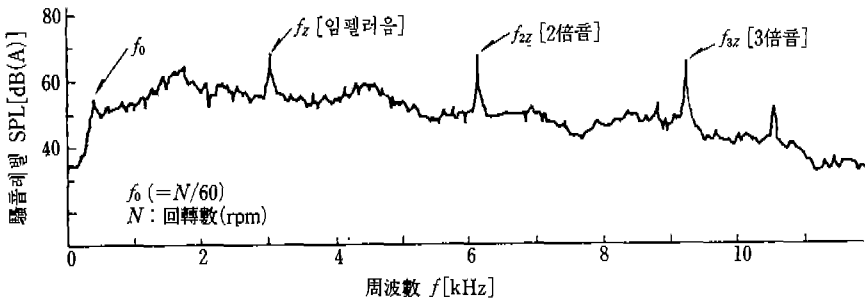
모터의 손실은 銅損, 電機子損失 및 機械損이 있다. 특히 고풍력을 위하여 고회전이 되면 위의 손실중 전기자손실과 기계손이 회전수에 비례하여 增大하기 때문에 그것을 낮추는 것이 매우 중요하다.

그 대책으로서

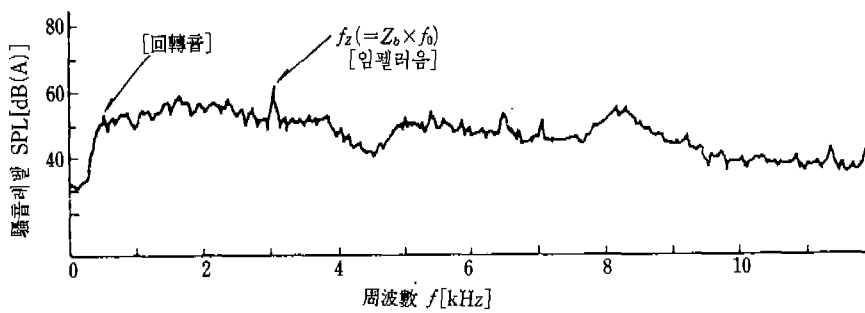
- (1) 磁界解析에 의하여 코어(Core) 형상을 최적화함으로써 鐵損低減,
- (2) 코어 재료의 磁氣特性, 占積率 등을 개선함으로써 철손저감,
- (3) 코일 엔드의 단축, 捲線徑擴大 등에 의한 동손감소,



<그림 4> 지름방향/축방향 안내날개



(a) 正轉方向 안내날개의 특징 (上 1m)



(b) 逆轉方向 안내날개의 특징 (上 1m)

<그림 5> 騒音 스펙트럼(안내날개의 특징)

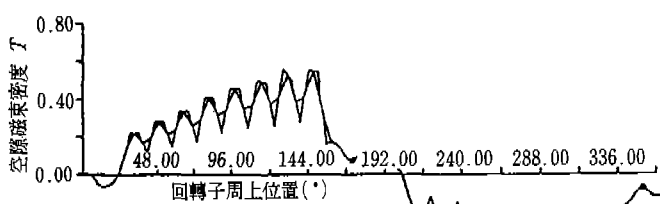
(4) 축의 얼라이먼트를 高精度化함으로써 軸
받이 損失 감소

등의 종합적인 대책으로 모터의 효율개선을 기
할 수 있다.

그림 6은 모터 코어의 자계해석의 예를 든 것
인데 부분적인 磁束의 集中을 피하기 위하여 코
어內 및 回轉子와 固定子 空隙 사이의 자속분포
를 평가하여 코어 설계를 하고 있다.

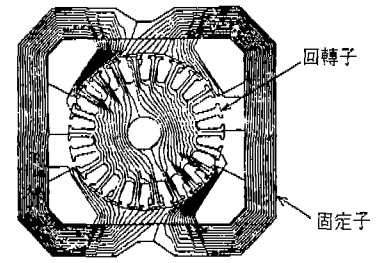
3·4 진동의 低減

블로어 모터의 진동발생 요인은 회전축에 대
한 회전부품의 중심위치의 偏心, 設置精度의 불
량으로 인한 질량의 불평형 등인데, 그것들이
加振力이 되어 진동을 유발한다. 그 대책으로는
부품 자체의 초기불균형 수정 및 조립후의 불균
형 수정인데, 특히 조립후의 불균형 수정을 효
과적으로 하기 위해서는 모터축의 動的舉動을



(a)

磁束分布



(b)

<그림 6> 모터 코어 磁界解析例

사전에 파악해 두는 것이 중요하다. 그림 7은 모터축의 1차 고유치 모드(危險速度)의 해석 결과이다.

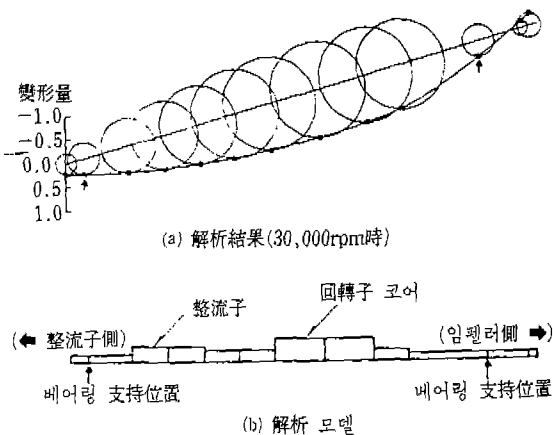
주지하는 바와 같이 固有値는 축 회전의 영향을 받는다. 이 해석에서는 대표적인 회전수(3만 rpm)로 계산하고 있다. 고유치는 약 1,200Hz이며 加振周波數($30,000/60=500\text{Hz}$)보다 높다. 따라서 축은 탄성적인 모드(剛體 모드)가 된다. 이와 같은 해석을 기초로 하여 어느 위치에서 불균형을 수정하는 것이 효과적인가가 검토되고 있다.

3.5 小型化

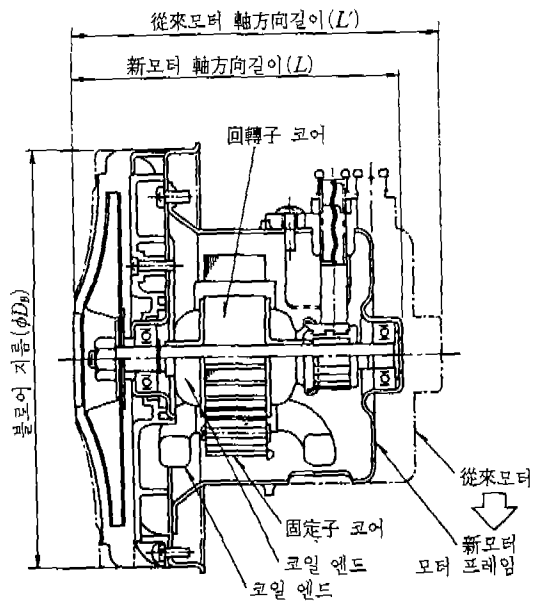
청소기 본체를 소형화하는 데는 블로어 모터의 축방향을 短縮하는 것이 가장 효과적이다. 그러기 위해서는 코어를 쌓은 두께, 로터와 固定子の 코일 엔드의 높이 등의 저감이 필요하다. 앞서 기술한 자체해석 등에 의한 자체특성을 저해하지 아니하는 코어(쌓은 후) 두께의 저감과 코일 엔드의 압축성형 등으로 축방향의 단축화를 기하고 있다.

그 改善의 예를 그림 8에 표시하였다.

축방향 치수가 약 10% 단축되고 있음을 알 수 있다. 그 양은 20mm 정도에 불과하지만 청소기의 본체를 10~20mm 소형화하기에도 어려운 상황을 감안하면 극히 효과적이다.



<그림 7> 固有 모드 解析例(로터)



<그림 8> 모터의 小型化(新旧比較)

4. 청소기 本體 및 吸氣系統의 소음대책

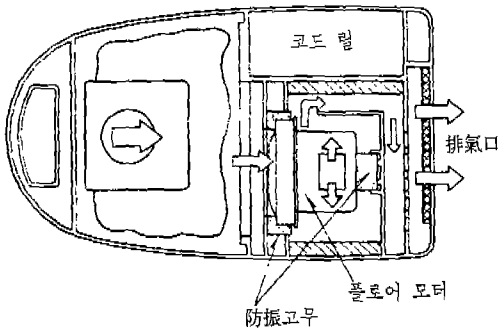
4.1 청소기 本體의 소음대책

앞서 기술한 바와 같이 청소기 본체의 소음은 배기음, 투과음 및 진동 전달음으로 이루어지며 音源은 블로어 모터이다.

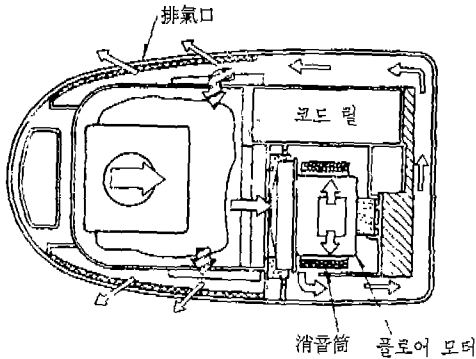
배기음에 대한 대책으로는 블로어 모터에서 배기구까지의 風路에 우레탄폼 또는 펠트 등 흡음재를 내장하여 소음대책을 하고 있다.

더욱이 그림 9에서 보는 바와 같이 블로어 모터에서 배기구까지의 거리가 짧을 경우도 있어 소음풍로를 충분히 확보하지 못함으로써 그 대책에는 한계가 있었다. 그림의 빗금친 부분은 흡음재를 표시한 것이다. 그 개선책으로 TC-G500 시리즈용으로 개발한 트윈플로 소음 시스템에 관하여 설명한다.

그림 10에서 보는 바와 같이 배기구를 본체의 앞부분에 설치함으로써 消音風路의 길이를 종래 방식보다 약 2배로 확보할 수 있어 대폭적인 개선을 기할 수 있게 되었고, 더욱이 배기구를 2개소에 시설하여 배기의 흐름을 분산(트윈플로)시킴으로써 배기구의 유속이 저감되어 배기



<그림 9> 종래의전기청소기 風路



<그림 10> 트윈롤러 소음 시스템

구에서 2차적으로 발생하는 유체음의 저감효과를 얻을 수 있게 되었다. 이 트윈롤러 소음시스템을 채용함으로써 종래 방식과 비교하여 약 4 dB(A)의 배기음을 저감하는 효과를 달성하였다. 또 전방배기의 부차적 효과로서 본체를 세운 상태에서 사용하여도 바닥면의 먼지가 날리지 않는 利點이 있으며 시장의 평판은 매우 좋았다. 더욱이 그후에 미쓰비시電機에서 개발한 흡음 플라스틱을 흡음재로 전면 채용한 전기청소기를 발매하였다. 그에 대한 상세한 내용에 관하여는 별도로 보고할 예정이다.

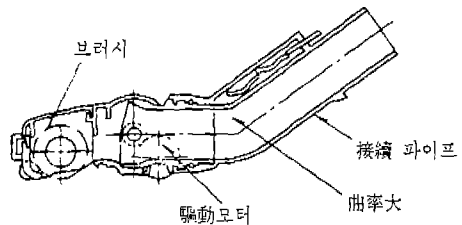
투과음은 주로 본체의 케이스 틈새에서 투과된다. 틈새는 케이스의 成形精度의 미비에 원인이 있는데, 그 精度를 향상시키는 데는 생산성 및 코스트면에서 제약받기 때문에 한계가 있다. TC-G500 시리즈에서는 투과음에 영향을 줄 수 있는 틈새에 新材를 시설함으로써 투과음

을 약 5dB(A) 저감시킬 수 있었다. 앞으로 저소음기에서는 틈새의 對策이 필요할 것으로 생각된다.

블로어 모터의 진동 전달음은 앞서 기술한 블로어 모터 자체의 진동 저감과 함께 그림 9에서 보는 바와 같이 블로어 모터를 앞뒤에서 防振고무로 지지하여 진동을 차단하고 있다. 그 진동 차단 효과가 불안정함으로써 진동 전달음이 나타나는 경우가 있다. 주파수는 모터의 回轉數成分(약 500Hz)이다. 그 최대요인은 방진고무가 제대로 고정되어 있지 않은 데에 있다는 것을 알게 되었다. 즉, 방진고무가 방진고무 하우징에 타이트하게 고정되도록 하는 치수로 하면 조립시에 방진고무를 원활하게 삽입하기 어렵게 되어 정상적인 상태로 유지할 수 없게 된다. 반면에 느슨하게 고정시키면 起動時(기동토크 大)와 외부로부터의 충격력으로 인하여 블로어 모터의 위치가 벗어나게 되어, 그것 또한 진동 전달음을 증대시킬 수 있다는 것으로부터 가장 적합한 조립 치수가 있음을 발견하였기 때문에 진동 전달음의 異常增大 문제가 해결되었다.

4·2 吸氣系統의 소음대책

흡기계통의 氣流對策으로는 風路內(풍속은 35m/s)의 亂流 발생요인이 되는 유체의 운동량 변화가 큰 굴곡부 또는 풍로의 단면적 변화 부위의 개량이 시도되고 있다. 특히 바닥 브러시 접속부(90도 엘보, 그림 11 참조) 및 벨로 호스가 그에 해당된다. 바닥 브러시의 기류음대책으로는 상기 접속부의 내면을 생산상의 허용한도까지 평활화하는 것과 청소기능을 저해하지 아



<그림 11> 바닥 브러시 구조



<그림12> 靜音延長管

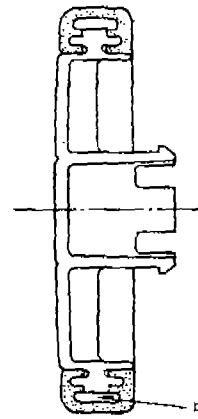
니하는 범위내에서 엘보의 曲率을 크게 하는 대책이 채용되었다.

벨로 호스 內面의 요철은 기류음에 대하여 현저하게 영향을 미치나 호스의 可撓性을 저해하지 아니하는 제약하에서는 요철의 자감에 한계가 있기 때문에 그림12에서와 같이 延長管의 일부에 흡음 플라스틱 消音筒을 삽입한 靜音延長管을 개발하여 벨로 호스의 기류음 저감에 채용하였다. 흡음 플라스틱은 일반적인 흡음재와 비교하면 剛性이기 때문에 편 등과 같은 예리한 물건을 흡입하여도 찢리는 일이 없으며, 또한 화학적으로도 안정되어 있어서 劣化하지 않기 때문에 극히 신뢰성이 높은 소음방식을 제공하고 있다. 이상과 같이 바닥 브러시 및 정음연장관의 채용으로 종래 방식보다 흡기계통의 기류음을 약 5dB(A) 저감하게 되었다.

4.3 바닥에 전달되는 振動傳達音 대책

바닥이 나무로 된 경우 바닥의 音放射效率은 대단히 높아서 전기청소기의 미소한 진동으로도 바닥에서는 큰 진동 전달음이 발생한다. 통상적으로 전기청소기의 진동은 바퀴를 통해서 바닥에 전달되므로 바퀴의 外周에 폴리플로필렌 등 軟質成形品을 장착하고 있으나 아직은 진동차단에는 불충분하기 때문에 이번에 다시 연질성형품의 剛性을 줄이기 위하여 그림13과 같이 中空部를 두어서 실용상 문제가 되지 않을 정도의 레벨까지 개선하였다.

이상과 같은 소음대책에 의하여 파워 모드로 흡입일량률 260W, 소음레벨은 종래의 청소기보다 4dB(A) 낮은 46dB(A)의 저소음·고출력 전기청소기(TC-G500 시리즈)가 개발되었으며,



<그림13> 청소기용 車輪

더욱이 손잡이 파이프에 그림스위치(잡으면 ON, 놓으면 OFF)를 시설함으로써 청소기에서 떨어지면 자동적으로 OFF되어 불필요한 전력 소비와 불필요한 소음발생을 억제할 수 있게 되었다.

가정에서 청소작업을 할 때에 그 동작상황을 분석하여 靜音과 에너지 절약으로 이어지는 부가적 기능을 추가하였고, 사용상의 편리성을 추구하는 등 종합적인 기능향상을 도모하면서 저소음화를 달성하였다.

5. 맺음말

전기청소기의 흡입일량률의 향상과 저소음화는 서로 상반되는 과제이기는 하나 시장의 수요 면에서 볼 때 앞으로도 이 두 가지 문제에 대한 개선의 필요성은 절실한 것으로 생각된다.

저소음화에 관하여서는 블로어 모터의 저소음화기술 및 소음기술의 고도화를 도모함으로써 소음레벨을 저감함과 아울러 듣기 좋은 소리로의 전환과 귀에 거슬리는 음의 제거 등 음질의 평가 및 개선도 앞으로 중요한 과제일 것으로 생각한다.

本稿는 日本 三菱電機(株)의 諒解下에 번역한 것으로서, 著作權은 上記社에 있고 翻譯責任은 大韓電氣協會에 있습니다.