

소음원 분석에 의한 직기 구조물의 소음 특성

Noise Characteristics of Rapier Loom by Noise Source Analysis

나혜중* · 전두환**

Hae-Joong Na and Du-Hwan Chun

Key Words : Noise Characteristics(소음 특성), Noise Source Identification(소음원 규명), Sound Pressure Level(음압), Sound Intensity(음향 인텐시티), Sound Intensity Contour(등음선도), Rapier Loom(레피어 직기)

ABSTRACT

Locations and emission characteristics of noise source of rapier loom are important factors greatly. So, noise characteristics of rapier loom were investigated by the noise source identification as a part of experimental methods in this study. To identify the noise sources of the rapier loom, sound intensity was measured under machine operation. In addition, frequency spectra of the sound at operator position was measured along with sound intensity to help identify the noise characteristics of the rapier loom. The results indicate that the sound power level occurs along the rapier loom.

1. 서론

최근 들어 섬유기계의 개발 동향은 국제 경쟁력 및 품질 경쟁력의 확보를 위해 점점 고속화, 정밀화되어 가고 있다. 섬유기계의 운동 메카니즘은 기본적으로 회전운동과 왕복운동에 관한 기구로 이루어지고 있으며, 이들은 고속운동으로 인해 상당한 소음과 진동을 유발한다. 실제로 섬유공장 내에서의 소음 환경은 심각한 수준이다. 24시간 연속가동 of 가혹한 운전 조건 때문에 기계 구성품의 내구성 향상에만 개발 비중을 두고 있어서 아직까지 소음 문제 해결은 작업자의 귀를 막는 소극적인 방법에 의존하고 있는 실정이다. 이로 인해 섬유기계의 소음 저감은 국제시장에서 저소음형 기계들이 갖는 시장 경쟁력 관점에서 중요한 요소로 작용한다. 우선적으로 섬유기계의 소음을 저감하기 위해서는 운전 시의 소음방사특성과 지향특성에 대한 검토가 필요하다. 이들의 검토를 효과적으로 수행하기 위해서는 여러 계측 방법 중 음향 에너지류의 가시화나 부위별 발생소음의 측정에 가장 유효한 음향 인텐시티법을 이용하는 것이 바람직할 것으로 생각된다. (1,2)

따라서 본 연구에서도 레피어 직기의 운전 시 소음원 규명에 대한 것으로 음향 인텐시티법을 이용하여 무 부하 상태에서의 전체 소음에 기여하는 주 소음원의 파악하고 각 소음원이 어떤 주파수에서 어느 정도의 기여를 하는지 확인하여 소음 제어 대책을 수립하기 위한 소음방사특성을 검토하고자 한다.

2. 레피어직기 소음측정

2.1 음향 인텐시티

작업장에서 음압측정을 하여 규정 이상의 소음일 경우 기계의 방출 소음을 감쇄시켜야한다. 이를 위하여 얼마만큼의 소음이 기계의 어느 부위에서 방사되고 있는가를 알 필요가 있다. 그러므로 기계 각 부위의 음향 파워를 알아내서, 음향 파워가 높은 순서로 순위를 나열할 필요가 있고, 가장 많은 소음을 내는 부위를 찾아낸 후에는, 소음을 방사하는 각 요소를 찾아내어 소음을 감쇄시켜야 한다. 일반적으로 소음 측정은 소음계(sound level meter)를 사용하여 음압을 측정함으로써 소음 레벨을 비교하지만, 이 방법은 측정 공간이 실내와 같이 벽이나 천장 등 구조물의 경계면이 존재할 경우 이들 면에서 반사되는 반사음도 함께 측정되므로 크기만을 측정하는 음압측정만으로는 소음원의 위치와 소음원 자체의 소음 수준을 분석하기엔 어려움이 많다. 따라서 이러한 어려움을 극복할 수 있는 방법으로 음향 인텐시티 측정법이

* (재)한국섬유기계연구소
E-mail : veritas0811@kotmi.re.kr
Tel : (053) 819-3124, Fax : (053) 819-3119

** 영남대학교 섬유패션학부

있다. 음향 인텐시티(sound intensity level, SIL)는 음의 크기만을 나타내는 음압(sound pressure level, SPL)과는 달리 음의 크기와 방향의 벡터성분으로서 주파수별 음원의 위치 파악, 음향 에너지의 전파형태 및 음원의 전체 음향 파워를 보다 정확하게 규명할 수 있다. 음향 인텐시티는 임의의 위치에서 단위 면적을 통과하는 음향에너지의 시간당 변화율이며, 음압(pressure)과 입자 속도(velocity)의 곱으로 나타나는 벡터량으로 다음과 같이 표현된다. (5)

$$I = \frac{dW}{dA} = p \cdot u \quad (1)$$

여기서, p 는 압력이며, u 는 입자속도를 나타낸다.

식 (1)에서 압력은 하나의 마이크로폰으로도 측정이 가능하나, 입자속도는 측정이 난해하기 때문에 두 개의 마이크로폰을 이용하게 되며 오일러식에 의해 압력구배와 관련하여 계산되어 진다. 따라서 주파수 영역에서의 음향 인텐시티는 두 개의 마이크로폰을 통해 측정된 크로스 스펙트럼(cross power spectrum)의 허수부와, 입자 밀도, 주파수, 두 마이크로폰 사이의 간격 등으로부터 구할 수 있으며, 이때 크로스 스펙트럼의 허수부를 이용하는 것은 허수부가 무연관 신호를 배제할 수 있고, 반사파 등의 영향을 제거할 수 있기 때문이다. (6)

2.2 측정 방법

레피어 직기는 북이 개구 안을 소극적으로 비출하지 않는 적극적 복침기구로서 좌우 두개의 레피어 그리퍼가 서로 반대 방향의 운동을 해서 위사를 개구 안에 넣으면 동시에 경사와 교차하는 방식이 되풀이하는 대표적인 제직기이다. 현재까지 섬유기계에 대한 소음·진동 규제법에 따라 규정된 시험 대상 직기가 없을 뿐만 아니라 본 실험에서는 소음원 규명만을 검토할 목적이므로 직기 출고년도나 기본 사양에 큰 비중을 두지 않았다. 따라서 KS B ISO 9902 섬유기계-소음시험-편의 인용규격을 다른 유형의 기계로 제정된 국제규격과 관련하여 소음원 규명을 위한 시험방법으로 적용하였다.

(1) 측정 장비의 구성

일반적으로 소음 측정은 소음계(sound level meter)를 사용하여 음압을 측정함으로써 소음 레벨을 비교하지만, 이 방법은 측정 공간이 실내와 같이 벽이나 천장 등 구조물의 경계면이 존재할 경우 이들 면에서 반사되는 반사음도 함께 측정되므로 크기만을 측정하는 음압측정만으로는 소음원의 위치와 소음원 자체의 소음 수준을 분석하기엔 어려움이 많다. 따라서 이러한 어려움을 극복할 수 있는 방법으로 상업화된 인텐시티 프로브(B&K 3599)를 사용하여 측정하였다. 현재 레피어 직기의 소음은 20kHz까지 분석할 필요가 있으므로 콘텐서 마이크로폰 2개를 12mm 스페이서를 이용, 대

향배열(face to face)하여 사용하였다. 측정 주파수 간격은 20Hz에서 20kHz(가청 주파수범위)까지의 1/3옥타브 밴드별로 음향 인텐시티를 측정하는 것으로 하였다. Figure 1은 음향 인텐시티 측정 시스템의 구성도를 나타낸 것이다.

(2) 측정 조건

레피어 직기의 소음원 규명을 위해서 운전 속도는 420rpm으로 무 부하 상태에서 측정을 실시하였다. 본 연구에서는 레피어 직기의 전·후, 좌·우, 그리고 윗면으로 나누어 측정하였는데, 측정 방법은 KS A ISO 3740과 KS A ISO 9614-1,2(이산점, 스캐닝)에 규정된 음향 파워 레벨을 구하는 방법을 적용하였다. 레피어 직기의 소음방사특성을 조사하기 위해 측정면에서 20cm 간격으로 음향 인텐시티의 법선방향 성분을 측정하였으며, 레피어 직기와의 이격거리는 26cm로 하였다. Table 1은 레피어 직기의 5면에 대한 음향 인텐시티 측정 조건을 나타낸 것이다. 또한 Figure 2는 레피어 직기 방사 소음 측정 준비 과정을 보여준다. (3,4)

3.1 측정 결과

레피어 직기의 운전 시 방사되는 소음의 법선방향에 대한 음향 인텐시티를 측정된 20Hz~20kHz (가청주파수)대역 레벨의 등음선도(sound intensity contour)와 1/3 옥타브 밴드에서의 주파수 스펙트럼을 나타낸 것이 Figure 3, 4이다.

그림에서도 알 수 있듯이 소음원으로 예상되는 부분은 레피어 직기 전면에 있어서는 레피어 그리퍼가 만나는 부근에서 강하게 방사되고 있으며, 그 부위를 중심으로 퍼져나가는 형상을 보이고 있다. 이는 레피어 직기 하부의 개구부에서 방사되는 소음이 직접 외부로 전달되거나 바닥면의 반사에 의해 전달되기 때문인 것으로 판단된다. 레피어 직기의 우측면에서는 피킹 박스 내 캠 모션부분과 기어부분에서 강하게 방사되어 주변으로 퍼져나가는 형상을 보이고 있다. 또한 스펙트럼 레벨이 가장 큰 주파수 밴드가 630Hz로 나타났다. 따라서 중심 주파수 630Hz에서의 등음선도를 확인해 보았을 때, 우측면에서 기어에 의한 진동음인 것으로 판단된다. (Figure 5) 소음원으로 예상되는 우측면의 방사율을 저감시키기 위해서 기계 표면의 음향 처리, 기계의 재설계가 필요하다. 하지만 본 연구과제의 대상은 이미 섬유 공장에서 사용하고 있는 것이기 때문에 기계의 재설계가 어려운 상황이다. 이에 수동제어 방법으로 소음의 전달경로를 차단하는 방법이 있는데, 기계 표면에서 반사되는 것을 줄여주는 흡음성 물질을 입힘으로 소음을 줄이거나 방사 방향을 변경할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 우측면에서 방사되는 구동부 부분에 흡음 및 방음용 프로파일(스폰지)을 일반 구조용 압연강재(SS41P)로 제작한 커버에 부착한 후 같은 방법으로 재 측정하였다. (Figure 6) Figure 7, 8에서 알 수 있듯이 커버 장착 후 방사 방향과 전체 음향 파워 레벨이 떨어졌음을 확인할 수 있다. (7)

4. 결론

음향 인텐시티를 이용하여 레피어 직기에 대한 소음원을 규명하여 효율적인 소음 저감 대책을 확립할 수 있었다.

1) 전체 레벨을 통해 본 주 소음원은 전면에서는 레피어 그리퍼가 부딪히면서 내는 마찰음인 것을 확인하였다.

2) 우측면에서는 픽킹 박스 내 캠 모션부분과 기어부분임을 확인하였다.

3) 주파수 스펙트럼을 확인해 보았을때, 전 주파수 대역 중에서 특정 주파수 630Hz에서 음향 파워레벨이 높게 나타났다. 따라서 레피어 직기의 소음의 지배적인 우측면의 기어 부분에서 방사되는 음은 레피어 직기의 소음원 중 가장 점음원에 가까운 소음원이라고 생각된다.

4) 최종적으로 소음을 저감시키기 위한 수동 제어 방법으로 우측면에 방사되는 음을 흡수할 수 있는 커버를 제작하여 씌움으로써 어느 정도의 방사 방향과 음향 파워 레벨이 저감되었음을 확인하였다.

본 연구는 레피어 직기의 소음원 규명을 위한 목적으로 수행하였으나 본 연구의 결과로서는 운전중인 직기의 정확한 음원을 구하기에는 부족하다. 따라서 정확한 음원 위치를 파악하기 위해 다양한 측정법을 이용함과 동시에 방사소음을 예측할 수 있는 해석적인 경계요소법을 이용하여 검증과 비교·분석할 필요성이 있다. 또한 소음원으로 판단되는 중심 주파수 630Hz에서의 기어에 의한 소음을 저감하기 위하여 기어비를 변경시키는 방법들이 함께 병행되어야 한다.

후 기

본 연구는 산업자원부 중기저점기술개발사업 과제 연구비 지원에 의한 결과의 일부로, 이에 깊이 감사드립니다.

참 고 문 헌

- (1) 김양한, "소음원 규명 방법론 : 통합된 개념 및 특성들", KSNVE, p. 692, vol. 6, no. 6, December, 1996
- (2) F. J. Fahy, "Sound Intensity", p. 161, Elsevier Applied Science, 1989
- (3) KS A ISO 9614-1,2 : 2002
- (4) KS A ISO 3740 : 2002
- (5) C. M. Harris, Shock and Vibration handbook, McgGraw-Hill, Inc., 1997
- (6) 양관섭, 유남구, 박병전, 김영환 "음향인텐시티 측정법을 이용한 자동차의 소음방사특성", KSNVE, p. 843, vol. 6, no. 6, December, 1996
- (7) R. B. Randall, B. Tech., B. A., Frequency Analysis, 1987

Table 1. 레피어 직기의 측정조건

| 구분 | 측정점 (개) | 측정간격 (cm) | 이격거리 (cm) | 측정장소 |
|-----|---------------|-----------|-----------|---------------------|
| 전면 | 25×8 =200 | 20 | 26 | 잔향실 내 반무향 조립식 챔버 |
| 후면 | 25×8 =200 | | | |
| 윗면 | 25×11 =275 | | | |
| 좌측면 | 11×8 =88 | | | |
| 우측면 | 11×8 =88 | | | |
| 총합 | 851 | | | |

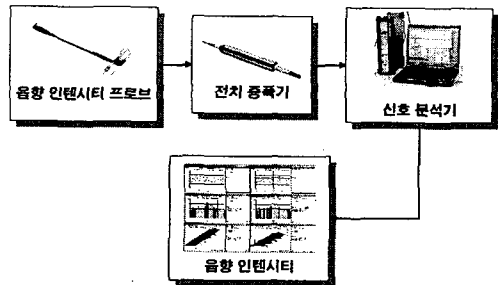


Fig. 1. 음향 인텐시티 측정 시스템

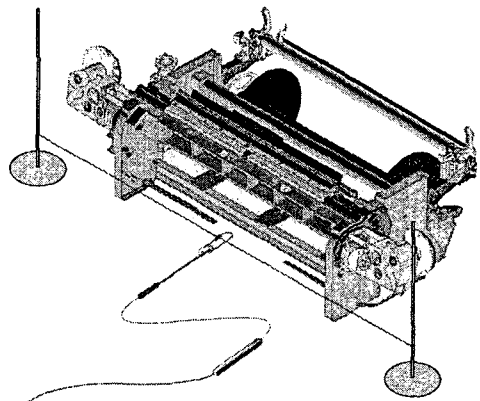


Fig. 2. 레피어 직기 측정 방법

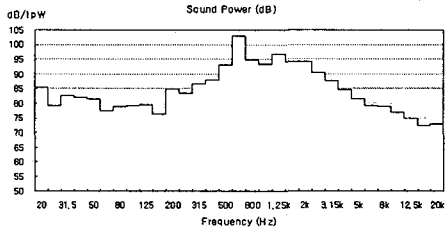
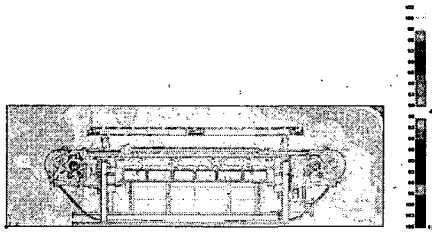


Fig. 3. 음향 인텐시티(전면)

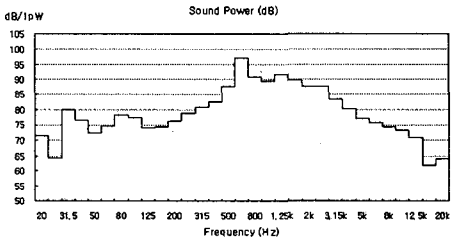
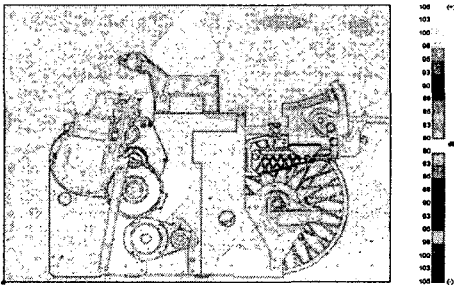


Fig. 4. 음향 인텐시티(우측면)

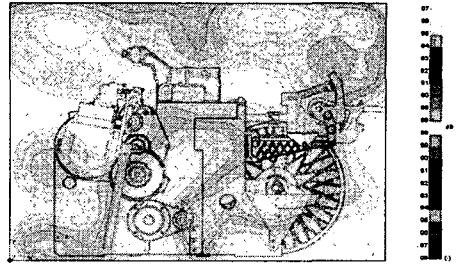


Fig. 5. 음향 인텐시티 (중심주파수 630Hz)

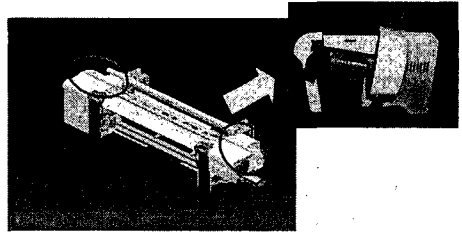


Fig. 6. 레피어 직기 우측면_커버 장착

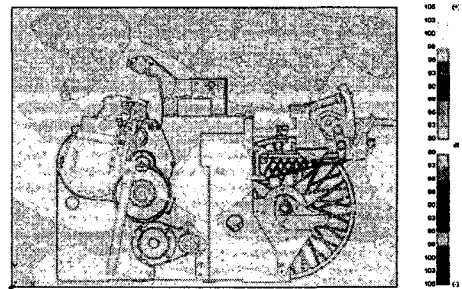


Fig. 7. 음향 인텐시티(우측면_커버 장착 후

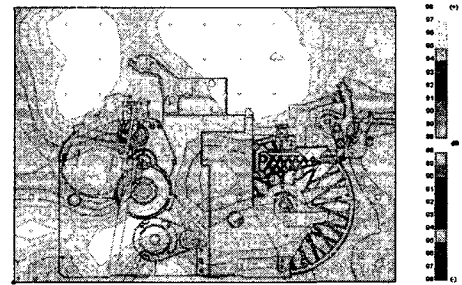


Fig. 8. 음향 인텐시티_커버 장착 후
(중심주파수 630Hz)