

KOSHA GUIDE

M - 75 - 2016

공압 시스템의 소음감소에 관한 기술지침

2016. 12

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

- 작성자 : 서울과학기술대학교 이근오 교수
- 개정자 : 한국산업안전보건공단 산업안전실

○ 제·개정 경과

- 2011년 11월 기계안전분야 제정위원회 심의(제정)
- 2016년 12월 기계안전분야 제정위원회 심의(개정)

○ 관련규격 및 자료

- KOSHA GUIDED M-103-2015 「공기압 시스템의 안전에 관한 기술지침」
- HSE PM56 : Noise from pneumatic systems

○ 관련법규 · 규칙 · 고시 등

○ 기술지침의 적용 및 문의

- 이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 (www.kosha.or.kr)의 안전보건기술지침 소관분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
- 동 지침 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 개정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2016년 12월 27일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

공압 시스템의 소음감소에 관한 기술지침

1. 목 적

이 지침은 산업안전보건기준에 관한 규칙 제3편 4장(소음 및 진동에 의한 건강장해의 예방)에 의거 모든 산업현장에서 다양한 목적으로 폭넓게 이용되는 압축공기의 사용에서 발생하는 소음을 저감하기 위한 구체적이고 공학적인 기술을 제시함을 목적으로 한다.

2. 적용범위

이 지침은 공압 시스템에서 발생하는 소음을 제어할 때에 적용한다.

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “공압 시스템(Pneumatic system)”이라 함은 기계장치의 구동이 압축공기에 의해 작동되는 시스템을 말한다.

(나) “노즐(Nozzle)”이라 함은 액체 또는 기체를 고속으로 자유공간에 분출시키기 위해 유로 끝에 다는 가는 관을 말한다. 단면적이 흐름 방향으로 작아지도록 끝으로 갈수록 가늘어지며 유체의 높은 압력을 속도로 바꾸는 역할을 한다. 예컨대 소방 노즐, 분수·살수전의 노즐, 내연기관의 연료분사 노즐, 제트엔진이나 로켓의 배기 노즐 등이 있다.

(다) “제트(Jet)”라 함은 증기나 액체, 기체 등이 좁은 구멍에서 고속으로 분출되는 상태를 말한다. 이 상태를 응용하여 제트엔진이나 로켓을 제작한다. 제트의 내부는 다른 곳보다 압력이 낮기 때문에 유체가 그 안으로 흘러 들어가게 된다. 이 현상은 분무기에서 응용되고 있다.

(라) “배경소음(Background noise)”라 함은 혼잡한 거리에서 들리는 차 소리나 사람 음성등의 소음처럼 배경의 소리에 혼합되어 구분하기 힘든 음향을 말한다. 어떠한 소리가 배경소음 이하로 낮아진다면 구분하기 힘들거나 잘 들리지 않게 된다.

(2) 그 밖의 용어의 정의는 이 지침에서 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 정하는 바에 따른다.

4. 공압 시스템에서의 소음

압축공기 사용에 관련하여 과도한 수준의 소음은 일반적으로 압축된 공기가 대기로 방출될 때 발생된다. 그러므로 대부분의 소음원은 공압 배기관과 압축공기 분출기이다.

(1) 공압 배기관

공압 배기관은 폭넓은 범위의 기계와 도구에서 작업에 사용되고 난 후의 불필요한 압축공기를 없애기 위해 쓰인다. 몇몇 공압 배기관은 연속적으로 작동되는 반면 대부분은 기계나 도구의 작업 사이클에 의해 영향을 받아 간헐적으로 작동된다.

(2) 압축공기 분출기

압축공기 분출기는 보통 기계에서 제조공정에 있는 제품이나 잘려진 토막(잔해)을 제거하거나 기계를 청소하고 식힐 때 혹은, 지속적인 압축공기의 공급이 필요

한 공정을 할 때 쓰인다. 대부분의 공압 장치는 공장의 공기배관을 통하여 목적지에 공급된다.

5. 배출 소음기

5.1 배출 소음기(Exhaust silencer)의 적용 시 고려해야 할 점

(1) 배압

(가) 배압의 증가는 공압 시스템의 오동작 위험이 있으므로 배출 소음기의 설계시 배압이 발생되지 않도록 해야 한다.

(나) 소음기의 공기흐름 중에 막힘이 없도록 해야 한다.

(다) 소음기를 선택할 때에는 배압을 검토하여 선정해야 한다.

(라) 소음기의 막힘은 배압증가의 기본적인 원인이므로 올바른 설치와 유지보수를 해야 한다.

(2) 습기

(가) 급속한 공기의 팽창은 소음기의 본체를 냉각시키고 공기 중에 포함된 습기를 응축시켜 공기의 흐름을 막고, 소음기를 얼어붙게 만든다.

(나) 공압 배기관의 선단에 소음기의 부피를 늘려 공기의 급속한 팽창을 막는 어댑터를 설치하면 유체의 응결을 막을 수 있다.

5.2 배출 소음기의 소음감소 기술

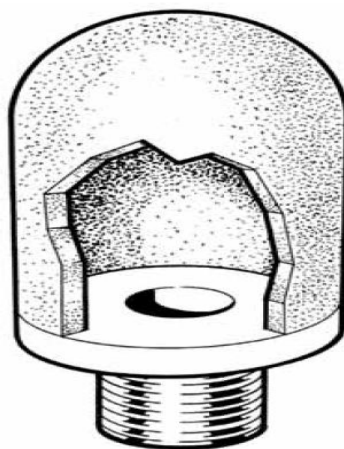
(1) 공압 배기관의 소음을 감소시키는 우선적인 방법은 소음기 안에서 공기를 적당하게 분산시켜 압력의 강하를 유도하는 것이다.

- (2) 소음기의 내부는 작은 구멍크기의 조밀한 소결 플라스틱으로 채워져 있으며 충전재의 투과성을 조절하여 배압과 소음감소정도의 균형을 조절해야 한다.
- (3) 압축공기를 배출하는 공압 배기관이 오염되어 소음기가 막힐 가능성이 있는 경우에는 좀더 큰 용량의 소음기를 사용하거나, 오염된 공기가 흐르지 않도록 필터를 설치한다.
- (4) 멤브레인으로 이루어진 소음기는 18 dB(A)의 소음감소를 제공하는 재료가 효과적이며, 구멍의 크기를 크게 하고 여러 겹의 금속그물로 구성되어 있어야 한다. 이러한 소음기는 오염물질에 강하며 적당한 용매에 헹구어 쉽게 청소할 수 있다.

5.3 배출 소음기의 유형

배출 소음기는 간략화 하여 세 종류로 나눌 수 있다.

- (1) 압력감소 멤브레인으로서 소결 폴리에틸렌을 사출성형한 플라스틱 몸체로 만들어진 소음기는 가격이 싸고, 크기는 작지만, 오염물질에 의해 쉽게 성능이 저하되므로 일회용으로 적합하다.



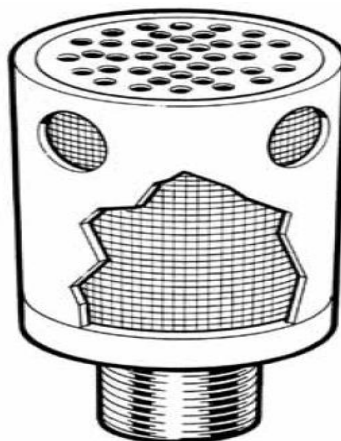
<그림 1> 소결 폴리에틸렌으로 사출성형한 소음기

- (2) 청동이 섞인 금속몸체 내부에 복잡하게 얽혀진 철선으로 되어있는 소음기는 가격대가 중저가이며, 내구성이 좋으나 오염물질에 의해 쉽게 막힘이 발생된다.



<그림 2> 기계가공한 금속몸체 내부에 철선으로 채워진 소음기

- (3) 금속 몸체와 몇 겹의 조밀하게 짜여진 쇠그물 층으로 조립되어있는 소음기는 가격이 고가이며 비교적 크기가 크고 오염된 공기에도 막힘이 발생되지 않아 유지관리비가 적게 든다. 또한 필요에 따라 쉽게 청소도 가능하여 장기간 사용이 가능하다.



<그림 3> 가공조립된 몸체 내부에 쇠그물이 조밀하게 짜여진 소음기

5.4 설치와 유지

(1) 배기가스의 청결

기계에 소음기를 설치할 때에는 배기가스를 청결하게 관리해야 한다. 생산과정에서 발생하는 먼지와 이물질이 섞인 배기 가스는 소음기 내에 두꺼운 납유리 침전물을 형성하는 경향이 있으며 이로 인해 공압장비가 손상될 가능성이 있다.

(2) 소음기의 설치방향

소음기를 설치할 때에는 수평 혹은 거꾸로 설치해야 한다. 이것은 오염물질이 소음기 내의 흡음물질을 통과하여 응축되더라도 중력에 의해 배수되는 것을 돕는다. 만약 소음기를 수직으로 설치하면, 응축된 오염물질이 공기의 흐름을 방해할 뿐만 아니라 배기관과 조절 밸브에 고장을 초래하여 오일플러그를 발생시킨다.

(3) 소음기의 파손방지

기계적인 충격으로 인한 소음기의 파손을 예방하기 위해 소음기는 최소한으로 돌출시켜야 하며 충돌로부터 안전한 곳에 위치시켜야 한다. 또한 플라스틱 본체로 된 소음기는 특히 충격에 의한 손상을 입지 않도록 설치한다.

(4) 소음기의 막힘 방지

소음기의 막힘은 결과적으로 공압기계 본체의 생산 효율을 감소시키므로 주기적인 청소를 실시해야 하며, 청소가 불가능한 경우 즉시 교체해야 한다.

5.5 소음기의 청소방법

(1) 용매(Solvent) 사용

모든 소음기는 외부에 붙어있는 이물질들을 청소해야 하며, 큰 구멍의 멤브레인을 사용하는 소음기는 흡음물질 깊숙이 파묻힌 오염물질을 청소해야 한다. 금속 소음기는 통상적으로 구할 수 있는 용매로 청소할 수 있다. 다공성 플라스틱(특히 소결 폴리에틸렌)을 사용하는 소음기는 염소화 탄화수소로 된 용매로 청소할 수 없다.

(2) 솔이나 브러쉬 사용

청소과정은 5분동안 깨끗한 용매에 담근 후 거친 솔이나 나일론 브러쉬로 문지른다. 와이어 브러쉬는 소음기에 손상을 줄 수 있기 때문에 사용하지 않는다. 청소가 끝난 후에 소음기를 깨끗한 압축공기로 불어준다.

5.6 소음기의 선택시 고려사항

제조업에서 사용하기 위한 적당한 배출 소음기를 고를 때, 아래에 언급되는 요인들이 주요하게 고려되어야 한다.

(1) 소음감소

흡음처리 된 배기구의 최고 소음 레벨은 적어도 흡음처리가 되지 않은 배기구 보다 18 dB(A) 가량 감소되는 것이 좋으며 공기흐름 조건과 맞는다면 더 큰 소음감소일 수록 좋다. 대부분의 상황에서, 25dB(A) 이상의 소음감소는 배경소음레벨 이하로 배출소음을 감소시킨다.

(2) 유속

대부분의 소음기는 새것일 때는 적절한 유속을 제공하지만 오염된 공기배관 속에서는 유속이 점점 느려지게 되므로 항상 일정한 유속을 유지할 수 있도록 하여 밸브와 장치가 설계속도에서 작동되도록 하여야 한다.

(3) 구조

대부분의 소음기는 돌발사고가 일어나기 쉬운 작업 환경에 있는 기계의 돌출된 부분의 외부덮개 밖에 설치되어 있다. 그러므로 소음기는 어느 정도의 충격에도 파손되지 않고 견딜 수 있어야 한다.

(4) 유지관리

대부분의 공장에서 행하는 유지관리에 대한 노력은 오로지 생산기계가 계속 효율적으로 작동할 수 있도록 유지하는 것에 대해서만 집중된다. 따라서 소음기는 공압 장치의 생산성을 증가시키지 않기 때문에 간과되는 경향이 있다. 소음기는 배출가스를 방해하여 생산을 감소시키는 요인이 될 때에만 유지관리의 관심을 받으므로 만약 이러한 비생산적인 장치가 너무 많은 유지를 필요로 한다면 그것은 폐기처분된다. 그러므로 최소의 유지관리가 가장 주요한 고려사항이다.

5.7 소음기의 선택 과정

- (1) 적당한 소음기를 선택하기 위해서는 장비제조사의 설계 안내서에 명시되어있는 유속 자료를 확인하고 이에 적합한 소음기를 선택해야 한다.
- (2) 만일 소음기를 설치해야 하는 기계에 배압이 문제가 되지 않는다면 소음감소의 효율이 좋고 저렴한 소음기를 선택하는 것이 좋다.
- (3) 소음기가 오염된 공기배관이나 마찰클러치 파워프레스나 프레스 브레이크의 공압제어에 설치되어 있는 경우는 배출되는 공기를 최소한으로 제한하고 오래 사용할 수 있으며 유지관리가 필요 없는 소음기를 선택해야 한다.

6. 압축공기 분출기

6.1 압축공기 분출기(Jet)의 소음 특징

(1) 분출속도(Jet velocity)

압축공기 제트로부터 발생하는 소음은 분출 속도와 밀접한 관련이 있으며, 분출기의 설치와 응용에 따라서 소음레벨은 제트 속도의 4승과 8승(V4-V8) 사이에서 변한다. 공기 제트의 소음은 분출속도에 몹시 의존하기 때문에 공기 배관 압력의 감소를 통해서 여분의 소음감소를 이룰 수 있다.

(2) 노즐의 사이즈

(가) 노즐의 단면적은 발생하는 소음에 영향을 미치지만, 그리 큰 영향을 미치는 것은 아니다. 예를 들어 노즐 단면적이 반으로 줄어든다면, 3 dB 정도의 소음감소가 나타난다.

(나) 간단한 수단 하나만으로는 높은 수준의 소음감소를 얻을 수 없고, 몇몇 제트의 특성을 조합하는 것이 필요하다.

6.2 압축 공기 분출기의 종류

제조업에서 일반적으로 사용되는 가장 간단한 형태의 공기 분출기는 작업구역에 지속적으로 바람을 불어주고 제트(Jet)의 방향성을 강화하기 위하여 끝이 오픈되고 물고기 꼬리모양의 형태를 하고 있다. 공기 분출기로부터 만들어지는 소음은 분출 속도의 영향을 크게 받으므로 공기 분출기의 소음감소를 위해서는 분출 속도를 줄이는 것이 효과적이다. 이를 위해서 공기배관을 수정하는 것은 실현불가능 하기 때문에 분출기 노즐을 재설계 해야 한다.

분출속도를 줄이기 위한 노즐의 종류는 크게 두 가지가 있다.

(1) 압력 감소 노즐

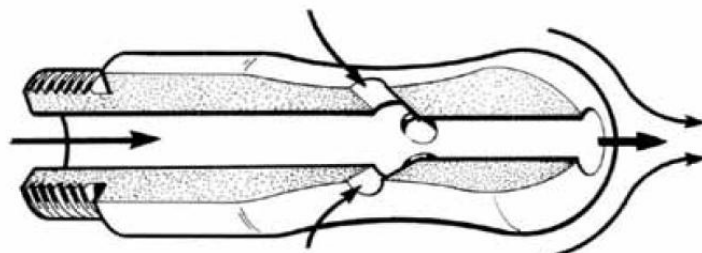
압력 감소 노즐은 노즐 입구에 다공성 물질의 플러그(Plug)를 사용한다. 이러한 노즐은 항상 공기흐름을 간섭하고 오염된 공기배관에서 사용할 때 막히거나 추진력을 잃는 문제를 겪는다.

(2) 공기 엔트레인먼트 노즐(Air entrainment nozzle)

공기 엔트레인먼트 노즐은 유체역학의 원리를 조합하고 응용하여 주위의 공기를 끌어들이는 형태를 가지는데 이것은 다음과 같은 광범위한 범주로 나뉘어 진다.

(가) 흡인식의 벤추리 노즐(Aspirated venturi nozzle)

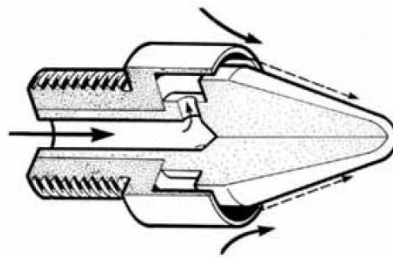
주위의 공기가 벤추리 구멍을 통해 제트기류로 합류하여 압력 감소가 발생하는 형태로 제작되었다. 끌어들이진 공기는 낮은 속력으로 이동하는 더 큰 공기 흐름을 만들면서 운동량을 교환한다. 노즐의 끝에서 분출되는 기류는 작업에 쓰이게 된다.



<그림 4> 흡인식 벤추리 노즐

(나) 코안다 효과 노즐(Coanda effect nozzle)

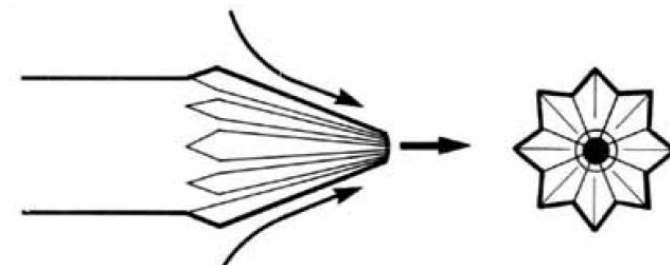
높은 속력의 제트기류가 인접한 매끄럽고 볼록한 표면에 밀착되는 원리를 이용한다. 코안다 노즐은 분출 파이프의 끝이 잘린 원뿔 모양의 플러그를 사용하여 만든다. 원뿔의 토대 주위에 있는 작은 원형의 분출구는 높은 속력의 공기를 원뿔 표면으로 분출되게 하고, 제트기류와 혼합되도록 한다. 이런 흐름은 주위의 공기를 끌어들이고, 가속도가 교환되어 속력이 감소되고 공기의 양은 증가한다.



<그림 5> 코안다 효과 노즐

(다) 기하학적 효과 노즐(Geometry effect nozzle)

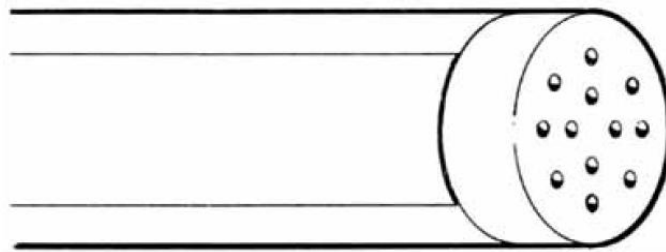
주위의 공기가 제트기류에 합류될 수 있도록 끝부분 모양이 변형된 노즐이다. 주로 노즐의 끝에 V모양의 홈이 둘러져 있으며 이것은 주위의 공기가 낮은 속도의 더 큰 기류를 만들면서 분출기류에 합류 하도록 한다.



<그림 6> 기하학적 효과 노즐

(라) 멀티-제트 노즐(Multi-jet nozzle)

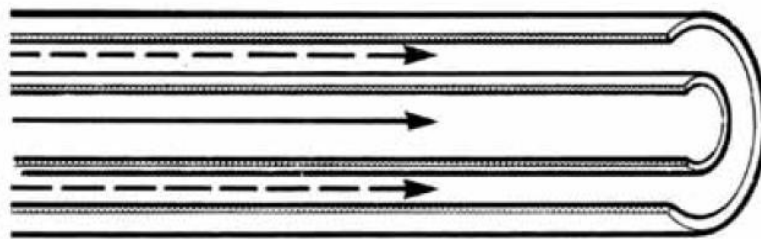
다수의 관이나 다수의 구멍을 가진 플러그로 구성되어있다. 이 작은 분출구의 작업 영역은 큰 분출구의 영역보다 작지만 이 작은 분출구들이 모여서 큰 지름의 제트기류를 만들고 주위의 공기를 동반하기 때문에, 이것은 소음감소에 효과적이다. 가속도의 변화로 분출의 평균속도가 감소하기 때문에 이것은 소음감소의 대표적인 원리이다.



<그림 7> 멀티-제트 노즐

(마) 이중관 제트 노즐(Coannular jet nozzle)

두 개의 개별적인 분출관으로 이루어져 있다. 바깥의 링 제트는 중심의 분출노즐에서 생기는 매우 거친 소음을 막는 음향방어막 역할을 하며, 합쳐져 느린 제트기류를 만드는 혼합 과정에 도움을 준다.



<그림 8> 이중관 제트 노즐

위의 방법들 중 하나를 사용하는 것 보다 종합하여 사용하는 여러 가지 방법이 존재한다. 가장 일반적이며 효과적인 방법은 이중관과 코안다 효과를 조합한 노즐이다.

6.3 설치와 유지관리

- (1) 압축공기 분출 노즐은 압축공기 내의 오염원을 수용할 수 있는 충분한 크기의 오리피스(Orifice)를 설치해야 한다. 또한 정기적인 점검과 청소를 통해 막힘이 없도록 유지해야 한다.
- (2) 공기의 속도를 줄이기 위한 압력 강하 멤브레인을 사용한다면 오염된 공기배관에 사용되면 안되며, 막히지 않도록 정기적인 점검과 청소를 해야 한다.
- (3) 공기 분출구로부터 발생하는 소음을 줄이는 추가적인 방법은 에어젯이 필요한 주기 동안에만 작동되도록 작동주기를 변경 하는 것이다.
- (4) 코안다의 유입 원리를 사용하는 노즐은 노즐 말단 마개(Nozzle termination plug)가 있어야 하며, 이러한 마개는 충격으로 인해 헐거워질 수 있기 때문에 정기적인 검사를 해야 한다. 만일 헐거워진 노즐 말단 마개가 작업에 이용된다면 노즐의 끝은 발사체가 될 수 있다.