

KOSHA GUIDE

G - 17 - 2017

압축공기의 안전한 사용에 관한 기술지침

2017. 12.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

- 작성자 : 숭실대학교 기계공학과 서 상 호 교수
- 개정자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 안전시스템연구실
- 개정자 : 숭실대학교 기계공학과 서 상 호 교수

- 제 · 개정 경과
 - 2009년 11월 일반안전분야 제정위원회 심의(제정)
 - 2011년 12월 산업안전일반분야 제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)
 - 2017년 12월 산업안전일반분야 제정위원회 심의(개정)

- 관련규격 및 자료
 - Compressed air safety, HSE, 1998
 - 산업안전보건용어사전, 한국산업안전보건공단, 2006
 - 유체기계용어사전, 도서출판 붕명, 2006
 - 유체역학, 텍스트북스, 2009
 - ISO 4414, 2010
 - OSHA (Standards - 29 CFR)

- 관련법규 · 규칙 · 고시 등
 - 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제2편 제2장 제4절 (화학설비 · 압력용기 등)

- 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 및 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지
안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2017년 12월 18일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

압축공기의 안전한 사용에 관한 기술지침

1. 목 적

이 지침은 압축공기를 사용하는 작업에 따르는 위험요소와 이에 대한 대응 방안을 제시함으로써 압축공기의 안전한 사용을 증진시키는 것을 목적으로 한다.

2. 적용범위

이 지침은 압축공기를 사용하는 모든 작업장에 대하여 적용된다.

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

- (가) “위험(Hazard)”라 함은 어떤 기회에 사람에게 손상을 입히거나 또는 건축물, 설비 등에 손상을 주는 원인이 되는 잠재적이거나 현재적인 위험한 요소 또는 요인을 말한다.
- (나) “압축공기(Compressed air)”라 함은 압축기 등에서 압축된 공기를 말한다.
- (다) “유체(Fluid)”란 액체와 기체를 말한다.
- (라) “압축기(Compressor)”라 함은 기체를 압축하고 압축 후의 압력이 압축 전의 기체 압력의 2배 이상, 또는 압축 후의 토출압력이 약 $1 \times 10^5 \text{Pa}$ 이상되는 유체기계이다. 토출유량이 $0.04 \text{m}^3/\text{s}$ 이하인 것을 소형 압축기, $0.04 \sim 0.3 \text{m}^3/\text{s}$ 이내의 유량을 토출하는 압축기를 중형 압축기라 하고, $0.3 \text{m}^3/\text{s}$ 이상 토출하는 압축기를 대형 압축기라 한다.
- (마) “후방냉각기(After cooler)”라 함은 압축기 뒤쪽에 설치하는 압력용기의 일종으로서 압축기에서 압축된 공기의 압력을 낮추는 역할을 한다.
- (바) “공기저장탱크(Air receiver)”라 함은 압축기를 통해 나온 압축공기가 후방 냉각기를 거쳐 저장되는 용기를 말한다.
- (사) “단(Stage)”이라 함은 압축기 내의 회전날개의 조합을 나타내는 승압단위

이고, 날개 즉 회전차를 직렬 연결할 때 그 수에 따라 1단, 2단 등으로 부른다.

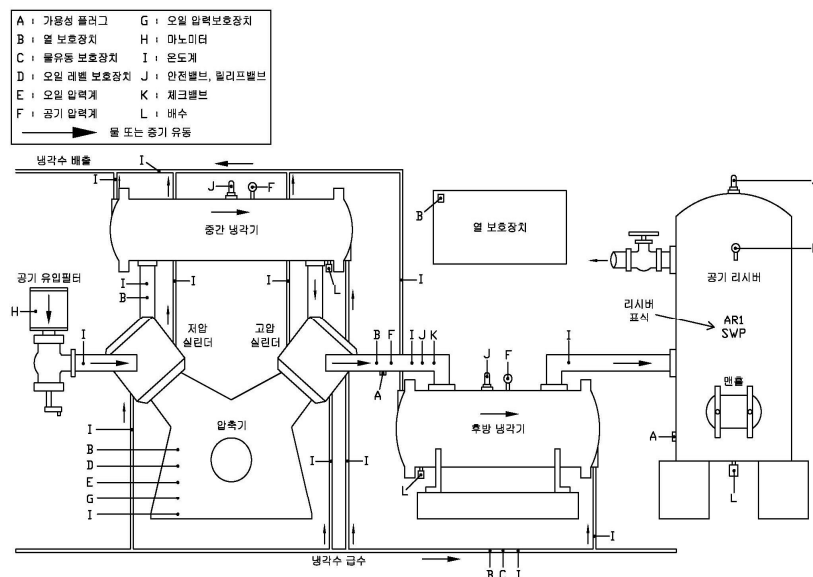
(아)“왕복식(Positive displacement) 압축기”라 함은 피스톤에 의하여 기체를 흡입하고, 압축하여 토출하는 압축기를 말한다.

(자)“액추에이터(Actuator)”라 함은 유압펌프 또는 공기압축기로 가압된 작동 유체를 이용하여 회전, 직선, 요동 등의 운동을 하는 일에너지로 변환하는 유·공압기기를 말하고, 일반적으로 유·공압모터 및 유·공압실린더라고 한다.

(차) “채찍현상(Whiplash)”이라 함은 호스 또는 플라스틱 배관의 손상 및 절단 시, 누설되는 유체의 압력으로 인하여 채찍을 치는 것처럼 빠른 속도로 움직이는 현상을 말한다.

(카) “유체의 분출(Fluid ejection)”이라 함은 호스 또는 플라스틱 배관의 손상 및 절단으로 인하여, 압축된 액체 또는 기체가 외부로 분출되는 현상을 말한다.

(2) 그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 이 지침에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙, 산업안전보건 기준에 관한 규칙 및 관련고시에서 정하는 바에 의한다.



〈그림 1〉 대형 압축기 설비의 안전보호장치 설치 예

4. 압축공기의 사용에 따른 위험요소와 방지대책

4.1 일반사항

- (1) 입, 귀 그리고 항문 등을 통해 신체에 치명적인 상해를 입힐 수 있다.
- (2) 높은 압력으로 피부에 스며들 수 있다.
- (3) 공기압력에 의해 날아 온 물건이나 기름은 눈에 충격을 줄 수 있다.
- (4) 장치 내의 오일-코크스 침전물은 스스로 점화되어 폭발을 유발할 수 있다.
- (5) 상대적으로 낮은 압력의 압축공기가 들어 있는 용기도 결함이 나타나면 격렬하게 폭발할 수 있다.
- (6) 오염되거나 습한 공기는 부식현상을 초래할 수 있고, 밸브 막힘 현상으로 설비의 안전을 위협할 수 있다.

4.2 압축공기 사용에 따른 위험요소

4.2.1 압축기의 위험요소

압축기와 관련된 위험요소는 다음과 같다.

- (1) 막힌 배출구 혹은 유동을 방해하는 장애물
- (2) 적은 공기유량과 관련된 자동제어장치의 오작동
- (3) 압축기의 오작동
- (4) 압력장치 주위의 외부 화재
- (5) 과열과 카본 침전물의 형성

4.2.2 공기저장탱크의 위험요소

- (1) 설계압력의 초과
- (2) 부식 피로 혹은 내부 침전물 화재

4.2.3 냉각기의 위험요소

냉각기의 위험요소는 공기 리시버와 유사하다.

4.2.4 공기 건조기의 위험요소

- (1) 공기 건조기의 위험요소는 공기 리시버와 유사하다.
- (2) 습한 공기가 장치의 작동을 방해함으로써 공기 건조기가 제 기능을 발휘하지 못하게 한다.

4.2.5 주 배관장치의 위험요소

주 배관장치는 압축공기 공급원으로부터 제어 지점까지의 파이프장치, 밸브 및 관 부속품을 말한다.

- (1) 부적절한 크기
- (2) 잘못 설계된 배관장치와 차단밸브의 부족
- (3) 필터, 트랩(Trap), 분리기 등에 사용된 비금속 용기의 부적합한 유지·보수

4.2.6 이동식을 포함한 공압장치의 위험요소

- (1) 압축공기 분사기(Blow gun)와 연결된 호스의 유연성으로 인한 연결 부위의 손상과 굽힘
- (2) 압축공기 분사기 사용으로 인한 금속 파편이나 분말 물질의 비산 때문에

눈이나 신체 외부의 상해 위험

(3) 인화성 먼지의 경우에는 폭발 위험성이나 유독 물질의 확산

(4) 압축공기 분사기 사용으로 인한 높은 소음

4.3 압축공기 사용에 따른 위험요소 방지대책

4.3.1 압축기의 위험요소 방지대책

(1) 안전밸브

(가) 모든 중형 및 대형의 다단 왕복식 압축기에는 안전밸브가 각 단 사이 그리고 냉각기의 내부 혹은 뒤의 적절한 곳에 설치되어야 한다.

(나) 압축기와 리시버 사이에 있는 배출 배관망에 차단밸브가 설치된 곳에서는 차단밸브의 압축기 쪽 배관에 적절한 안전밸브가 설치되어야 한다.

(다) 쉽게 볼 수 있도록 정확한 눈금 표시가 되어 있는 교정된 공기 압력계가 압축기의 각 단에 설치되어야 한다.

(2) 열 보호장치

(가) 과열의 위험을 최소화하기 위해 대형 압축기에는 마지막 단의 배출밸브 가까이에 적합한 열 보호장치가 설치 되어야 하고, 밸브가 하나 이상인 곳에서는 사전에 설정된 온도가 초과될 경우 자동으로 압축기 작동을 중단할 수 있어야 한다.

(나) 대형 2단 압축기에는 열 보호장치가 제 1단의 배출밸브 가까이에 있어야 한다. 다단 대형 압축기는 각 단마다 별도의 열 보호장치가 필요하다.

(다) 중형 및 대형 공냉식 압축기에는 냉각 팬의 작동 불능 혹은 냉각 표면의 오염으로 인해 야기될 수 있는 압축기 과열현상을 모니터링 할 수 있어야 한다.

(라) 오일이 가득찬 로터리 압축기의 경우 압축된 공기의 온도가 안전선을 초과하는 것을 방지하기 위하여 자동잠금장치가 있어야 한다.

(3) 냉각수 보호

수냉식 압축기는 물 온도가 제조자가 제시한 최고점을 초과할 때 압축기를 정지 시켜 냉각수를 배출하거나 혹은 라디에이터 헤드 탱크로 물을 회수할 수 있도록 하는 온도조절장치가 필요하다.

(4) 윤활유 보호

중형 및 대형 압축기에는 윤활유의 압력이 제조자가 추천한 최소압력보다 아래로 떨어질 경우 압축기의 운전을 정지시키는 압력센서장치가 설치되어야 한다. 중력을 이용하는 윤활유 공급장치가 센서장치와 함께 장착되어야 한다.

(5) 폭발 보호

압축기의 구성 부품들이 가열되거나, 오일-코크스 침전물이 발화되면 폭발이 일어날 수 있다. 중형 및 대형 압축기에서 있을 수 있는 폭발 위험을 줄이기 위해서는 가용성 플러그가 압축기와 리시버 사이의 파이프 하단 부분에 설치되어야 한다. 그러한 플러그가 사용될 때 사용자는 다음의 정보를 제조자로부터 제공받아야 한다.

(가) 최고 허용 사용압력

(나) 제조사와 오일의 등급, 혹은 실린더 윤활에 사용되는 오일의 인화점

(다) 공기의 최대 설계 토출온도

(라) 압축기 배출 파이프의 직경

(6) 압축기 소음은 작업장에서 안전보건 문제들 중의 하나이므로 다음과 같은 소음방지방안을 마련해야 한다.

(가) 압축기를 가능하면 작업장과 떨어지게 설치한다.

- (나) 압축기에 소음방지용 덮개를 씌운다.
- (다) 진동 방지장치가 마련되어야 한다.
- (라) 소음기를 설치한다.

(7) 압축기의 설치

- (가) 압축기는 가능한 한 검사와 유지관리가 쉽도록 공간이 넓은 지표면에 설치하여야 한다.
- (나) 사용자가 압축기 설치를 하는 경우에는 설치에 관한 사항을 따라야 한다.
- (다) 배관망이 최소화되도록 건물 가까이 있어야 한다.
- (라) 과열을 막고 습기의 유착을 최소화하도록 적절한 공기 유동이 가능하도록 해야 한다.
- (마) 먼지가 많은 곳을 피하고 응축수의 배수장치가 설치되어야 한다.
- (바) 압축기 가까운 곳에 먼지나 오염물질을 제거하는 기기가 있어야 한다.

4.3.2 공기 리시버의 위험요소 방지대책

- (1) 리시버는 쉽게 눈에 띄게 색상 표시를 하거나 명판을 부착하고, 명판에는 제조자의 이름과 일련번호 등을 표시해야 한다.
- (2) 공기 압축설비에 연결되는 리시버는 압축기의 사용압력을 안전하게 견디게 설치되어야 하고, 리시버의 설계압력을 초과하는 것을 방지하도록 안전밸브와 압력조절밸브가 장착되어야 한다.
- (3) 리시버의 압축공기가 일정 압력 이상이 되면 배출될 수 있도록 안전밸브가 설치되어야 한다. 또한 리시버 내의 압축공기를 배출하기 위한 수동 배출밸브나 자동배출밸브가 설치되어야 한다.
- (4) 필요 용량을 결정하기 위하여 압축기 출력과 요구 형식이 고려될 필요가 있다. 이 용량은 표준 압력상태의 압축기 공기 배출량의 6배와 10배 사이가 될 것이므로 리시버 크기는 일정 규모 이상이어야 한다.
- (5) 배출밸브, 안전밸브, 점검 맨홀 등은 청소나 검사를 위한 접근이 용이하여

야 한다.

(6) 모든 압력계의 눈금은 명확하게 표시되어야 한다.

(7) 대형 압축기에 있는 공기 리시버는 화재방지를 위해 가용성 플러그를 설치하여야 한다.

4.3.3 냉각기의 위험요소 방지대책

(1) 공냉식 냉각기의 효과적인 열전달을 위해 열교환기 표면에서 외부 공기의 순환이 잘 되어야 한다. 따라서 모든 표면을 깨끗하게 유지하기 위해 열교환기 주위에 이용할 수 있는 적당한 공간이 있어야 한다. 가능한 한 공기의 유입은 건물의 북쪽면에서 이루어져야 한다.

(2) 중형 및 대형 압축기에서 후방 냉각기는 압축기 바로 다음 배출구 쪽에 설치되어야 한다.

(3) 자동배출밸브가 있는 응축수 분리기는 냉각기의 압축공기 배출 시 적절한 배출위치에서 이루어지도록 해야 한다. 밸브의 결빙을 방지하기 위해 상온 상태로 유지되어야 한다.

(4) 냉각 매질로서 유체가 사용되는 곳에서는 냉각 배출밸브가 장착되어야 하고, 냉각 순환배관의 부식이 방지되어야 한다.

4.3.4 공기 건조기의 위험요소 방지대책

냉각형 공기 건조기는 대개 2℃까지 압축공기의 노점을 낮출 수 있다. 이것은 주위의 온도가 2℃를 초과하는 곳에서 분배파이프에 응축현상이 형성되는 것을 막는다. 따라서 단일 파이프장치가 외부 공기에 노출되어 있는 곳에서 사용할 수 있다. 건조형 건조기는 일반적으로는 -20℃에서 -40℃까지, 예외적으로는 -100℃까지의 매우 낮은 수준까지 압축공기의 노점을 낮출 수 있다. 압축공기의 노점을 낮추는 것은 설치된 장비의 요구사항과 밀접히 관련되어 있다.

(1) 압력용기인 공기건조기의 챔버는 압축공기의 압력에 견딜 수 있게 만들어져야 하고, 적절한 압력조절밸브나 안전밸브가 설치되어 챔버 내의 과잉 압력에 효과적으로 대처할 수 있어야 한다.

(2) 건조형 건조기는 내부의 열 코일에 대한 온도 보호장치가 있어야 한다.

4.3.5 주 배관장치의 위험요소 방지대책

(1) 관로망과 밸브의 위치 및 배관장치는 사용하고자 하는 작업자들로부터 안전한 곳에 위치해야 하고 사용 시 편리해야 한다.

(2) 관로망은 기계적 손상을 받을 수 있는 구역에서 떨어져 있어야 한다. 따라서 적절한 접근로가 있어야 하고, 작업장과 여유 공간은 압축공기 설비가 불필요한 위험에 노출되지 않으면서 작동되고 또 유지될 수 있도록 하여야 한다.

(3) 관로망은 공기유동 방향에서 약간 떨어져 있어야 하고, 배출밸브는 습기와 공기가 안전하게 배출될 수 있도록 가장 낮은 곳에 장착되어야 한다. 파이프와 밸브 부분은 그 안에 물이 고여 있을 수 있고, 또 서리에 노출될 수도 있기 때문에 적절히 격리되어야 한다.

(4) 파이프장치 및 공기 리시버와 압축기를 연결하는 파이프장치와 관부속품은 청소가 쉬워야 한다. 만일 탄소 침전물이 파이프에 남아 있으면 폭발이 일어날 수도 있다.

(5) 모든 배출구는 배관장치의 위쪽에 있어야 하고, 스톱밸브 혹은 자동배출 밸브는 연결 부위 가까이에 설치되어야 한다.

(6) 배관장치의 배관은 밝은 청색으로 도장하여 쉽게 확인 가능하게 한다.

4.3.6 이동식을 포함한 공압장치의 위험요소 방지대책

(1) 호스 및 연결 부속품

(가) 사용자는 호스 및 연결 부속품을 고를 때 온도, 오일 및 압력 등을 포함

한 사용 장소의 상태를 고려해야 한다. 윤활유가 배관망에서 사용되는 곳에서는 사용 오일에 적합한 호스가 사용되어야 한다. 합성수지 재질의 호스는 광물성 오일과 식물성 오일에 사용되어야 한다. 화재와 폭발의 위험성이 있는 곳에서는 불연성 호스의 사용이 고려되어야 한다.

- (나) 작업장의 종류에 따라 적당한 무게의 호스 사용이 바람직하다.
- (다) 호스 및 연결 부속품을 처음 설치하는 경우, 다른 공압장치에서 설치했던 것을 재사용하지 않도록 한다.
- (라) 호스의 최대 공기 유량 및 허용 압력 범위 내에서 사용한다.
- (마) 호스의 설치 시에는 최대로 구부릴 수 있는 한계보다 더 크게 휘어지지 않도록 하고, 호스의 길이는 심하게 꺾이거나 당겨짐이 없도록 적절한 길이로 연결 되도록 한다.
- (바) 호스 또는 플라스틱 배관의 손상 및 절단시에 누설 압축공기로 인한 위험한 채찍현상(Whiplash hazard)이 발생하며, 유체의 분출로 인한 위험현상(Fluid ejection hazard)도 발생할 수 있으므로, 이를 차단하거나 방지할 수 있는 수단이 구비되어야 한다. 예를 들면, 압축공기를 사용하는 호스에 에어퓨즈(Air fuse)가 설치되어야 한다.

(2) 공기분사기

공기분사기 사용으로 인한 신체의 손상을 방지하기 위해 공기의 유출압력은 0.2Mpa 이하로 감압하여 사용하며, 공기분사기의 노즐 주위에 보호덮개가 장착되는 것이 바람직하다. 또한, 이러한 공기분사기는 소음방지도 가능하다.

4.4 검사와 유지 보수

공기저장탱크를 포함한 압력장치의 검사와 유지보수를 위해서는 명확한 규정

이 있어야 한다. 사업주는 장치를 설치하고, 시설을 유지 보수하여 안전 보건 지침이 만족되게 하여야 한다. 공압 기계장치에서 발견되는 결함은 적절히 개선되지 않으면 위험할 수 있다. 기계설계 시에는 결함을 찾는 방법을 고려하고, 또 그것이 실패할 경우에 위험을 최소화하는 수단을 강구해야 한다. 또한 결함 부분을 알려주는 진단 기술의 활용이 필요하다.

4.4.1. 일반사항

- (1) 압축공기 설비의 효과적인 안전 운전은 장치의 청결, 여과, 냉각, 윤활 등에 달려있다. 이러한 4가지 조건을 만족하는 방법은 작업자가 사용지시서에 따라 기계장치를 작동시키는 것이다.
- (2) 검사 횟수는 기계설비가 사용되는 환경에 좌우된다. 따라서 가이드북에 나타나있는 검사 횟수는 단지 참고사항일 뿐이므로 작동 경험에 따라 검사를 실시하여야 한다.
- (3) 소형 압축기는 특히 작업장 외부에 설치되어 있으면 검사나 유지보수를 등한시할 수 있다. 따라서 정기적인 검사와 유지보수가 이루어지도록 각별히 주의해야 한다.
- (4) 사업주는 제조자의 지침에 따라 압축기의 적절한 조작과 유지관리를 수행할 담당자를 지명하는 것이 바람직하다. 감독관은 조작과 유지 보수에 대한

모든 지침이 적절히 준수되는지 그리고 압축기, 그 부속장치, 안전장치 등이 적합한 작업순서에 따라 유지되는지를 정기적으로 검사해야 한다. 책임자는 또한 유지 작업이 훈련된 순서에 의해서만 적절히 수행되도록 해야 한다.

4.4.2 일상적 검사

- (1) 압축공기설비는 청결하고, 가능한 한 오일 침전물이 남지 않도록 해야 한다.
- (2) 왕복 압축기는 매일 검사를 해야 한다. 검사 사항에는 다음의 것들이 있다.
 - (가) 냉각수
 - (나) 크랭크 실의 오일 수준
 - (다) 오일 압력
 - (라) 실린더에 공급되는 오일
 - (마) 배출 공기압력과 온도

- (바) 압축기 운전
- (사) 수정되고 또 기록되어야 하는 결함
- (아) 작업 종료 후의 오일과 물의 양

(3) 정기 검사

(가) 주간 검사

매주 안전밸브를 검사해야 한다.

(나) 600시간 검사

600시간 운전 후에는 제조자의 지침에 따라 압축기 크랭크 내의 오일량을 점검하고 필요 시 교체한다. 또한 흡입 필터의 상태를 검사해서 청결히 하고 필요 시 교체한다.

(다) 6개월 검사

오일 코크스 침전물이 발생할 여지가 있는 곳에서는 폭발 위험이 있으므로 이것을 방지하기 위해서는 전달 포트와 배관장치 그리고 청결상태에 대한 6개월 주기의 검사를 해야 한다. 검사 주기는 경험을 바탕으로 변경될 수도 있다.

(4) 2000시간 혹은 연간 검사

(가) 오일 윤활 압축기의 경우에 전달밸브, 포트와 모든 배관망, 압력용기 등이 검사되어야 한다.

(나) 가용성의 펠릿(Pellet) 혹은 플러그 일체를 교체해야 한다.

(다) 보호장치가 적절히 작동되는지 검사해야 한다.

(라) 중간 및 후방 냉각기의 청결상태를 검사해야 한다.

(마) 라디에이터에서 물을 빼내고 세척해야 한다.

(바) 배출 조절기어를 청소하고 검사해야 한다.

(사) 공기저장탱크는 철저히 청소되고 내부를 검사해야 한다.

4.4.3 유지 보수

(1) 일상적 유지 보수

- (가) 압축공기설비의 균열 여부가 검사되어야 하고, 필요 시 수리해야 한다.
- (나) 매일 일과 후 응축된 물을 배출구를 통해 배수하고, 배수밸브는 침전물로 막히지 않도록 검사해야 한다.

(2) 주간 유지 보수

주말에 윤활장치가 정확한 등급의 오일로 채워져야 한다. 필터를 검사하여 윤활에 문제가 있을 경우 교체한다.

(3) 월간 유지보수

모든 호스는 파손 및 오염 여부를 검사하고 필요 시 교체해야 한다.

(4) 3개월 단위 유지·보수

매 3개월 마다 인터록 가드(Interlocking guard)가 있는 설비는 모든 인터록 밸브가 잘 작동되는지를 검사해야 한다. 또한 기계장치를 작동시키는 연결 부위와 밸브의 노후화가 기능을 저하시키지 않는지 검사해야 한다.

(5) 6개월

매 6개월마다 모든 스톱밸브를 검사해야 한다. 밸브 핸들이 제 위치에 있는지 그리고 그것이 공기공급을 차단하고 완전히 개방되어 자유로이 작동하는지 등을 검사해야 한다.