

KOSHA GUIDE

P - 138 - 2013

산소 과잉 분위기의 화재 위험성 및  
방지대책에 관한 기술지침

2013. 11

한국산업안전보건공단

## 안전보건기술지침의 개요

- 작성자: 이 동 욱, 조 필 래
- 제정 경과
  - 2013년 10월 화학안전분야 제정위원회 심의(제정)
- 관련 규격 및 자료
  - EIGA IGC Doc 01/09, "Fire hazards of oxygen and oxygen enriched atmospheres"
  - EIGA IGC Doc 154/09 4항, "Safe location of oxygen and inert gas vents", 5.3항, "Vent locations"
  - EIGA IGC Doc 138/09 5.1.4항, "Avoiding confusion"
  - EIGA PP-14 "Definitions of oxygen enrichment/deficiency safety criteria"
  - KGS 2009-180, 2.4.2항 "건강 유해성"
  - OSHA 29 CFR 1910.146, "Hazardous atmosphere"
- 관련 법규·규칙·고시 등
  - 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제225조, 제233조
- 기술지침의 적용 및 문의

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

공표일자: 2013년 11월 25일

제 정 자: 한국산업안전보건공단 이사장

## 산소 과잉 분위기의 화재 위험성 및 방지대책에 관한 기술지침

### 1. 목적

이 지침은 산업현장에서 많이 사용하고 있는 산소의 위험성과 산소를 사용하는 과정에서 발생하는 화재위험성을 제시하고, 그에 대한 방지대책 수립에 필요한 사항을 제시하는데 그 목적으로 한다.

### 2. 적용범위

이 지침은 순수산소와 액화산소의 취급 작업 및 산소 과잉 분위기에서 작업하는 장소에 적용한다.

### 3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) "산소 시스템(Oxygen system)"이라 함은 이 지침에서는 순수 산소 및 산소농도가 21 % 이상으로 혼합된 가스를 취급하는 시스템을 말한다.

(나) "산소 과잉(Oxygen enrichment) 분위기"라 함은 공기 중 산소농도가 부피기준으로 23.5 % 이상인 상태를 말한다.

(다) "초저온 액체 (Cryogenic liquid)"라 함은 1 기압에서 끓는점이  $-90^{\circ}\text{C}$  미만인 액체를 말한다.

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

## 4. 산소에 의한 화재 위험성

### 4.1 산소의 반응성

- (1) 산소는 대부분의 물질과 반응한다.
- (2) 대기 중 또는 산소 시스템 내 산소농도와 압력이 높아질수록 다음과 같은 현상이 발생된다.
- (가) 연소반응 또는 화재가 보다 맹렬하게 발생된다.
- (나) 발화온도가 더 낮아지고, 연소반응에 필요한 에너지가 보다 작아진다.
- (다) 화염온도가 더 높아지고, 화염의 파괴적인 능력이 보다 커진다.

### 4.2 산소에 의한 화재 원인

- (1) 대기중 산소 과잉

대기중 산소 과잉은 다음과 같이 발생할 수 있다.

- (가) 배관 및 플랜지 연결부의 누설

환기가 불충분한 지역에서는 산소농도가 증가되므로 특히 위험하다.

- (나) 산소 과압 시스템에서 누출

압력 시스템에서 산소가 갑작스럽게 누출되면 큰 분사(Jet)를 유발하게 되고, 이는 분출화재(Torching fire)를 일으킬 수 있다.

(다) 용단 및 용접 등에 사용된 산소

용단, 가우징(Gouging), 랜싱(Lancing) 등의 연소공정에서는 필요한 산소보다 더 많은 양의 산소가 사용되어 환기가 불충분하면 대기중 산소는 과잉상태가 될 수 있다.

(라) 금속처리공정의 산소

제한된 공간에서 산소를 불어넣는 취관(Blowpipe)을 잘못 조작하면 산소 과잉상태를 초래할 수 있다.

(마) 탈착(Desorption)

실리카겔, 분자체(Molecular sieve) 등의 흡수제 또는 보온재에 산소가 흡수되어 냉각된 상태에서 실내온도로 가온될 때 상당한 양의 산소가 방출될 수 있다.

(바) 초저온(Cryogenic) 액화산소 누출

액화산소 누출시 아주 높은 산소 과잉 분위기를 만들며, 저온의 산소는 배수로(Ditches)나 드레인(Drains) 등 낮은 곳에 축적되어 채류될 수 있으므로, 액화산소의 누출이 발생된 후에는 주변의 낮은 공간에 대해 산소농도를 측정하는 것이 바람직하다.

(사) 공기의 액화

- ① 질소, 수소, 헬륨과 같은 산소보다 끓는점이 더 낮은 초저온 가스 사용 시 공기의 액화온도(약  $-193^{\circ}\text{C}$ )보다 더 낮은 온도의 단열되지 않은 설비 주변의 공기는 응축된다.

- ② 응축된 공기는 약 50 % 정도까지 산소를 포함할 수 있고, 이것이 방울처럼 떨어져 기화되면 마지막으로 남아있는 부분의 산소농도는 80 % 이상이 될 수 있다

(아) 산소벤트(Oxygen vent)에서 방출

산소벤트 근접지역은 갑작스런 산소의 방출이 사전경고 없이 일어날 수 있으므로, 특히 위험하다.

(2) 부적절한 산소 사용

산소를 부적절하게 사용하게 될 때 화재 위험성이 높으며, 산소를 부적절하게 사용하는 예는 아래와 같다.

(가) 압축공기 구동 공기구에 산소 사용

(나) 공기 대신 산소를 타이어 및 고무 보트 등에 사용

(다) 산소를 가압 및 치환용으로 사용

(라) 공기 또는 불활성가스 대신 사용

(마) 제한공간에서 공기 냉각 또는 치환용으로 사용

(바) 작업복 내부로 산소 공급. 특히, 용접작업자들이 몸을 식히기 위해 사용

(사) 작업장, 기계 및 의복의 먼지 제거용으로 사용

(아) 디젤엔진 점화용으로 사용

(3) 산소 시스템의 부적절한 설계

산소 시스템의 부적절한 설계는 심각한 사고를 유발할 수 있다. 부적절한 설계의 예는 아래와 같다.

- (가) 급격한 밸브(볼 밸브) 개방. 이것은 높은 산소속도 또는 단열압축에 의해 발생하는 열에 의해 점화를 일으킬 수 있다.
- (나) 높은 산소 공급 속도 허용. 이것은 입자 충돌 등이 있을 수 있는 시스템에서 적절하지 않는 재질의 점화를 일으킬 수 있다.
- (다) 압력을 균압 처리하기 전 산소공급배관의 메인 긴급차단밸브 개방
- (라) 날카로운 오리피스
- (마) 주변의 산소 축적을 일으킬 수 있는 불량한 벤트 위치
- (4) 잘못된 산소 시스템의 운전 및 유지관리

산소 취급설비의 잘못된 운전 및 유지관리는 산소 시스템에서 가장 빈번한 화재 원인 중의 하나이다.

(가) 잘못된 운전의 예는 다음과 같다.

- ① 산소 실린더 밸브를 닫을 때 압력조절기를 닫힌 위치가 아닌 개방상태로 둘 경우에는 다음 번 사용 시 압력조절기에 압력이 가해질 때 아주 높은 산소 공급 속도를 유발할 수 있다.
- ② 급작스런 밸브 개방은 시스템 내에 존재하는 잔재물(Debris)을 시스템 외부로 분출시키기에 충분한 순간적인 높은 산소 속도를 일으킬 수 있고, 음속상태에서 마찰열, 스파크 등을 유발한다.
- ③ 후단의 밸브(또는 압력조절기)가 닫혀진 시스템에서 전단의 산소 밸브를 급격하게 개방하면 산소의 단열압축에 의한 열이 발생되어 화재를 일으킬 수 있다.

- ④ 산소를 포함한 상태에서 잘못된 방법으로 산소압축기를 가동(Start-up)하는 경우. 이것은 특별한 경우의 부적절한 운전이 된다.

(나) 잘못된 유지관리의 예는 다음과 같다.

- ① 가압시스템에서 정비·보수 작업
- ② 한정되거나, 둘러싸이거나 또는 밀폐된 공간 내부로 산소 방출
- ③ 산소 시스템이 오염되도록 허용하는 경우 이때, 입자상 물질, 분진, 모래, 오일, 가스 또는 일반적인 대기상의 먼지는 잠재적인 화재 위험성을 초래한다.
- ④ 산소 사용 시설에 대한 세척용 솔벤트를 완전하게 제거하는데 실패하는 경우 이때, 솔벤트 잔유물은 산소 과잉 분위기에 적합하지 않다.

(5) 산소 공급에 맞지 않은 재질 사용

(가) 본질적으로 거의 모든 재질은 산소 내에서 연소되므로, 산소 공급에 안전한 설비는 적절한 재질 또는 재질의 결합에 대한 세심한 선택 및 특별한 방법에 의한 사용으로 달성될 수 있다.

(나) 설계변경 시에는 부적합한 재질이 사용되지 않도록 적절한 승인절차가 필요하다.

(다) 유사하게 보이는 재질로 대체하는 것은 극도로 위험할 수 있으며, 많은 사고의 원인이 부적합한 재질의 대체로 인해 발생된다. 부적합한 재질 사용의 예는 아래와 같다.

- ① 유사하게 보이는 O-링 및 가스킷(Gasket)으로의 대체. 이때, 대부분의 탄성중합체 재질은 산소에 적합하지 않다.



- ② 유사한 타입의 합금강으로 대체. 예로, 주석 청동(Tin bronze)은 액화 산소 펌프에 사용되나 알루미늄 청동(Aluminum bronze)은 위험한 것으로 고려된다.
- ③ 사불화폴리에틸렌(PTFE) 테이프 대신 유사한 백색 테이프로 대체하는 것. 이때, 사불화폴리에틸렌 테이프 대신 건물의 물배관 등에 사용되는 외형상 유사한 다른 등급의 사불화폴리에틸렌 테이프가 쉽게 잘못 사용될 수 있기 때문에 특별히 표시된 테이프를 사용하기도 한다.
- ④ 산소취급에 적합한 것으로 승인되지 않은 장비로 부품 또는 성분을 교체
- ⑤ 필터 내부에 가연성 물질(예, 플라스틱, 종이, 접착제 등)의 교체 또는 설치. 이때, 필터는 매우 높은 점화에너지가 요구되는 모넬(Monel)과 같은 재질로 제작되는 것이 바람직하다.
- ⑥ 산소 시스템에 윤활제 사용. 이때, 윤활제는 특별한 경우를 제외하고는 산소 시스템에서 허용되지 않는다. 윤활제를 사용하기 전에 항상 전문가의 검토가 필요하다.

### 4.3 가연성 물질

#### (1) 산소 과잉 분위기의 화재 특성

- (가) 내화성재료를 포함하여 공기 중에서 타지 않는 재료들도 산소 과잉 공기 또는 순수 산소 하에서는 맹렬하게 연소될 수 있다.
- (나) 산소 과잉 분위기에서 가장 직접적으로 근로자의 안전에 영향을 미치는 일반적인 가연성 물질은 작업복으로, 모든 작업복은 산소 과잉 분위기에서 맹렬하게 탄다. 35 %이상의 산소 과잉 분위기에서 면소재의 연소속도는 급격하게 증가한다.

## (2) 가압된 산소 시스템의 화재 특성

(가) 산소는 압력이 높을수록 점화온도를 낮추고, 연소속도(Combustion rate)를 증가시키는 등 물질의 성질에 영향을 미친다. 가압된 산소 시스템은 해당 운전 조건에 대해 재료 및 설비가 승인된 설계에 적합하게 제작된 경우에만 허용된다.

(나) 오일(Oil) 및 그리스(Grease)는 산소 존재 하에서는 아주 쉽게 점화되고, 또한 폭발적으로 연소되기 때문에 산소와 접촉할 우려가 있는 부분에는 탄화수소 계열 오일 및 그리스를 윤활유로 사용하지 않아야 한다.

(다) 산소 취급 설비에서 오일 및 그리스는 종종 연쇄반응을 일으키고, 결국 그것은 금속의 연소(Burning) 또는 용해(Melting)를 초래하므로 윤활유를 사용하기 전에는 반드시 승인을 얻어야 한다.

## 4.4 점화원

### (1) 산소 과잉 분위기의 점화원

(가) 개방 화염 또는 나화(담뱃불, 용접불티 또는 다른 고온작업, 차량 엔진, 가열로 등)

(나) 전기 불꽃(Electrical spark)

(다) 연마(Grinding) 및 마찰 불꽃(Frictional spark)

### (2) 가압 산소 시스템의 점화원

가압 산소 시스템의 잠재적인 점화원은 나화나 고온 표면처럼 명확하지는 않으나, 아래와 같은 사항이 고려된다.

(가) 단열 압축에 의한 열

(나) 마찰

(다) 기계적 충격

(라) 전기 불꽃

(마) 입자상 물질을 함유한 높은 가스속도

## 5. 산소 시스템의 화재 예방

### 5.1 정보 및 훈련

- (1) 모든 작업자에게 잘못된 산소 사용으로 인해 발생할 수 있는 화재의 위험성을 알려야 한다.
- (2) 산소 취급설비를 사용하는 모든 작업자는 항상 산소의 위험성을 알고 있어야 하며, 가스 공급업체에서 제공하는 안전정보 및 물질안전보건자료를 읽도록 하여야 한다.
- (3) 모든 정비 및 보수작업은 경험이 있고, 충분히 훈련받은 작업자가 수행하도록 하여야 한다.
- (4) 산소 과잉이 발생할 수 있는 지역에서 작업하는 모든 작업자는 <붙임 1> “산소 시스템의 일반 작업안전 수칙”과 관련 작업의 위험성에 대해 적절한 교육을 받아야 한다.
- (5) 인간의 감각으로는 인식하지 못하는 산소 과잉의 위험성과 그로 인해 발생할 수 있는 사고의 결과, 격리의 중요성 등에 대한 실제적인 훈련이 이루어져야 한다.

### 5.2 적절한 설계

- (1) 산소 시스템에는 산소를 위해 특별히 설계된 설비만 사용하여야 하고, 질소 압력 조절기는 산소 시스템에는 사용되지 않아야 한다.
- (2) 산소 취급을 위한 설비의 설계 시에는 점화 위험을 감소시키기 위해 사용될 재료 및 형상에 대하여 고려하여야 한다.
- (3) 산소 취급설비는 절대 오일 또는 그리스로 윤활하지 않아야 한다. 다만, 특별한 경우에 한하여 몇몇 특별한 윤활유가 사용될 수 있지만, 공급업체 전문가의 조언을 항상 받아야 한다.
- (4) 산소 속도의 증가는 가스 시스템 내의 입자 에너지를 증가시키는 요인이 되기 때문에 산소 시스템의 유속은 가능한 한 낮도록 설계하여야 한다. 만약 가스 속도가 2배로 되면, 가스 시스템 내의 입자의 에너지는 4배로 증가될 것이다.
- (5) 산소 시스템은 보일러와 같은 주요 점화원으로 부터 떨어져 환기가 잘 되는 지역에 설치하여야 한다.
- (6) 액화산소 시스템은 케이블 트렌치(Cable trench), 드레인 및 배수로 등으로부터 떨어진 곳에 설치하여야 한다.

### 5.3 산소 과잉의 방지

#### (1) 누설 시험

- (가) 산소공급을 위해 신설된 설비는 공기 또는 질소 등을 사용하여 누설 시험(예. 압력강하 유지 누설시험, 물은 비누액 검사 등)이 철저히 수행하여야 한다.
- (나) 비눗물 검사의 경우 광물성 오일, 식물성 오일 및 지방산 등을 사용한 가정용 비누는 고압의 산소 또는 액화산소 용기 밸브에 누설검사 후 남겨진 잔유물이 고압의 산소 또는 액화산소에 의해 점화될 위험이 있으므로 주의하는 것이 좋다.

(다) 누설여부에 대한 주기적인 재시험을 권장한다.

(2) 운전 및 실행

(가) 작업시간이 끝나면 메인 산소공급밸브는 설비가 사용되지 않을 때 산소 누출을 막기 위해 잠겨져야 한다.

(나) 필터가 조립된 경우는 더 높은 유량을 얻기 위해 필터를 제거해서는 안되며, 빈번한 주기로 필터를 검사하고, 모든 이물질을 제거하여야 한다.

(3) 환기

(가) 산소 과잉 분위기가 생성될 위험이 있는 실(Room)은 환기가 잘되어야 하며, 그러한 실의 예는 다음과 같다.

① 충전장

② 산소 용기 또는 실린더가 저장, 취급 또는 유지되는 실

③ 산소가 사용 또는 분석되는 실

④ 병원 등에서 산소를 의료용으로 사용하는 실

(나) 환기를 위한 개구부 면적은 산소 취급 실 바닥면적의 1/100 이상이어야 하고, 대각선으로 서로 반대쪽에 위치하여야 하고, 자연스런 공기 순환을 방해하지 않아야 한다.

(다) 자연환기가 가능하지 않을 때 시간당 약 6회의 공기량을 환기할 수 있는 강제 환기 설비를 제공하여야 한다.

(라) 지하에 있는 실, 용기, 피트, 덕트 및 배수로에 대한 환기를 위해서는 특별한

고려사항이 요구되며, 환기장치가 고장날 경우에 알릴 수 있는 적절한 경보장치를 설치하여야 한다.

#### (4) 용기내 출입 및 격리 절차

(가) 공기 이외의 다른 가스와 연결된 용기의 내부로 출입하기 전에 용기는 비워져야 하며, 배관 분리, 맹판(Blind flange) 삽입 등과 같은 방법으로 분리하고, 정상적인 대기상태를 유지하기 위해 철저히 환기하여야 한다.

(나) 밸브 잠금장치(Lock-out)의 필요성이 안전작업허가서에 표시하여야 한다. 단, 밸브 차단에 의존하는 것은 산소 과잉을 막기 위해 충분하지 않다.

(다) 제한공간의 출입은 앞서 언급된 모든 절차가 완료되고, 책임자의 서명이 완료된 제한공간출입 허가서의 승인 후 수행될 수 있도록 제한공간출입허가 절차를 따라야 한다.

(라) 용기 내 공기에 대한 가스농도 및 산소농도 측정을 안전작업허가절차에 따라 수행하여야 한다.

#### (5) 격리 장치

(가) 산소 배관이 건물 내부로 연결될 때, 건물 외부에서 조작할 수 있는 접근 가능한 지역에 격리밸브를 설치하여야 한다.

(나) 격리 밸브의 위치는 분명하게 표시하고 식별되어야 한다. 이것은 건물 내부에서 산소 누출 시 안전한 지역에서 밸브의 작동을 용이하게 한다.

(다) 사용하지 않는 산소 배관은 해체 또는 완전하게 절단하거나 공급시스템으로부터 격리하여야 한다.

### 5.4 산소 시스템의 청소

- (1) 산소화재 예방을 위한 근원적인 안전절차 중 한 가지 방법은 산소가 공급되기 전 모든 취급설비를 확실하게 청소하는 것이다.
- (2) 산소 취급 설비에는 고상 물질이 없어야 하며, 신설 산소 취급설비는 시운전 전에 유분이 제거된 공기 또는 질소로 치환되어야 한다.

## 5.5 열간작업의 관리

산소 취급설비 근처 또는 산소 과잉이 발생할 수 있는 지역에서 열간작업은 열간 작업허가서에 의해 통제하여야 한다.

## 5.6 적절한 산소벤트 설치

- (1) 벤트는 방출되는 산소의 온도에 관계없이 사람, 건물, 작업지역이나 장치에 직접적으로 닿지 않는 방향으로 설치하여야 한다.
- (2) 벤트는 공정의 환기구, 건물 및 에어컨, 환기시스템을 통하여 방출가스의 인입이 방지될 수 있도록 위치하여야 한다.
- (3) 완전히 닫힌 공간이나 건물 내부에 설치된 장치의 벤트는 농도가 축적되는 것을 방지하기 위한 적절한 수단이 없을 경우 배관을 외부로 위치하는 것이 바람직하다.
- (4) 벤트는 산소 과잉 위험이 작업용 승강대나 통행로의 근로자에게 노출되지 않도록 위치하는 것이 좋다.
- (5) 산소 벤트와 인접한 공장의 가연성가스 벤트와의 이격거리는 연소를 촉진할 수 있는 연소 영향으로부터의 위험을 피할 수 있도록 고려하여야 한다.
- (6) 산소 벤트와 인접한 공장의 플레어시스템(Flare systems)과의 안전거리를 고려하여야 한다.

- (7) 벤트의 수직 방출 높이가 좋은 장소에 위치하여도, 특별한 방향으로 가스흐름을 보낼 수 있는 앵글(Angle)이 설치된 벤트 토출측을 고려하는 것이 바람직하다.
- (8) 벤트의 토출측이 비교적 가까운 빌딩의 높은 건물들 사이에 위치하거나 인접한 경우 벤트 높이는 계산에 의하여 구해진 높이에 관계없이 더 높은 구조물의 꼭대기 보다 높게 위치하는 것이 바람직하다.
- (9) 안전밸브 토출측과 같은 높은 압력의 비연속적인 벤트는 작업대(Platform), 사다리 또는 다른 근로자 접근 지점으로 향하지 않도록 하여야 하며, 장치에 직접적으로 타격을 주어서는 안된다.
- (10) 확산과 관련하여 안전한 위치일지라도 특히 높은 압력의 벤트 토출측은 높은 소음을 유발한다.
- (11) 일반적인 분산모델링에서는 건물들 사이 공기의 하강기류가 고려되지 않으므로, 하강기류의 가능성은 가스 분산 플럼(Plum)을 방해하는 흐름을 최소화하기 위해 벤트의 형태나 위치를 설계할 때 미리 고려하여야 한다.
- (12) 높은 방출높이에서 빠른 바람속도에 기인한 난류는 방출된 물질이 좀 더 쉽게 확산될 수 있도록 하므로, 벤트위치가 비교적 지상에서 높이 떨어져 있다면 이격거리를 좁혀 주위에 작업대 설치가 가능할 수 있겠으나, 반드시 사전에 세밀한 검토를 통해 결정하여야 한다.

## 5.7 산소농도 감지

- (1) 산소농도 감지방법은 사용상의 신뢰도가 높아야 하고, 산소 농도가 위험 농도에 도달하기 전에 경보가 작동될 수 있도록 충분한 민감도가 있어야 한다.
- (2) 산소 위험농도 지역 내로 들어가기 전에 격리 및 치환절차의 유효성을 확인하고, 작업 중 주기적으로 농도를 확인하기 위한 대기 감시장비 사용을 고려하여야 한다.



- (3) 산소 감지의 한가지 가능한 방법은 취기(Odorisation)가 될 수 있다. 예로, 선박 내의 제한된 지역에서 용접 시 산소 과잉의 위험이 있기 때문에 냄새가 있는 물질을 사용하여 산소의 취기를 식별할 수 있도록 조선소에서 사용되기도 한다.
- (4) 취기는 단지 효과적인 리스크 분석, 격리 및 대기 모니터링의 대체수단이 아닌 가능한 보충적 사항으로 검토하여야 한다.

### 5.7.1 산소농도 측정기

- (1) 산소농도 측정기는 단지 경고수단으로만 사용하고, 산소 과잉의 위험성에 대한 보호대책으로 간주하지 않아야 한다.
- (2) 산소농도 측정기는 산소 과잉의 원인을 제거하기 위한 일반적으로 적합한 실행조치가 선행된 후 추가적으로 고려하여야 한다.
- (3) 적절한 산소농도 측정기는 대기의 산소농도 증가뿐만 아니라 감소도 지시하여야 하고, 지시범위가 부피기준으로 0~40 % 정도(예)까지 표시하는 것이 바람직하다.
- (4) 다양한 측정기술과 방법이 시각적 및 청각적인 경고를 주기 위해 사용되고, 단속적 또는 연속적인 측정을 위해 사용될 수 있다.

### 5.7.2 산소농도 측정방법

- (1) 산소농도가 위험수준으로 올라갈 수 있는 실 내부에서 작업을 수행할 때에는 연속적으로 농도를 측정할 수 있는 방법을 작업시간 동안에 적용하여야 한다.
- (2) 단속적인 측정은 대기에서 산소농도 증가율이 충분히 낮아서 위험 농도에 도달하기 전에 충분히 감지할 수 있을 때만 고려하여야 한다.
- (3) 측정기는 사용 전 깨끗한 공기 속에서 점검되어야 하고, 제조업체의 기준에 따라 조정하여야 한다.

### 5.7.3 농도 측정장비의 활용

- (1) 산소농도 측정기는 작업자의 작업장소와 가능한 가까운 지역에 위치하여야 한다.
- (2) 밀폐공간 내부에서는 산소농도가 정상적인 농도를 벗어날 수 있는 경우 근로자에게 청각적 또는 시각적인 경고를 줄 수 있는 개인 감시장비를 갖추는 것이 좋다.
- (3) 소음이 높은 지역에서는 시각적 경고조치가 바람직하다.

## 6. 인명 보호

### 6.1 작업복

- (1) 많은 불연성 섬유재료도 산소 과잉 공기에서는 쉽게 탈 수 있다.
- (2) 어떤 합성재료는 어느 정도 난연성일 수 있지만, 녹을 수 있고, 피부에 녹은 물질이 부착되어 심각한 화상을 초래할 수 있으며, 합성 재료는 내외로도 권장하지 않는다.
- (3) 난연성 작업복을 입는 것이 유용할 수 있지만, 세척(Washing)은 약간의 난연처리 효과를 감소시킬 수 있다.
- (4) 보호 작업복 하나만으로는 산소 화재의 위험을 피하기에는 충분하지 않다.
- (5) 실제적인 관점에서 모직(Wool)은 쉽게 이용할 수 있고, 일반 공기 중에서 신속하게 소화될 수 있기 때문에 일반적인 작업복으로는 가장 적절한 재료이다.
- (6) 의복은 신체에 잘 맞고, 쉽게 벗을 수 있어야 하며, 오일 및 그리스가 잘 묻지 않아야 한다.

- (7) 산소 과잉 분위기에 노출된 사람은 그들의 작업복이 대기상태로 적절히 환기될 때까지 흡연을 하거나 나화, 고열 장소 또는 스파크 근처에 가지 않아야 한다.
- (8) 산소 과잉 분위기에 노출된 사람은 손과 발을 움직이면서 옷의 단추를 개방한 상태로 최소한 15분의 환기시간을 권장한다.

## 6.2 농도 분석

- (1) 산소 과잉이 생길 수 있는 장소에 들어가기 전에 산소농도 측정기를 사용하여 산소농도를 측정하여야 한다.
- (2) 산소농도가 일반 공기 중 농도와 같을 때만 출입을 허가하여야 한다.
- (3) 산소농도가 23.5 % 이상일 때는 잠재적으로 위험하다.
- (4) 산소농도가 국소적 또는 일시적인 변화를 나타내는 경우 그런 장소에 출입하는 작업자는 연속적인 감시가 가능하고, 산소농도가 19.5 % 미만이거나 23.5 % 이상일 경우 경보음을 작동시키는 휴대용 산소농도 측정기를 착용하는 것이 바람직하다.

## 6.3 소방설비

- (1) 산소 공급 화재를 다루는 효과적인 수단은 산소의 공급을 차단하는 것이다.
- (2) 산소 과잉 조건에서 적절한 소화수단은 물, 분말 및 이산화탄소이다.
- (3) 불이 붙어있는 의복은 담요 등을 덮어도 산소 과잉의 의복은 계속 불이 타기 때문에 물로 소화하여야 한다.
- (4) 소방설비는 적절히 유지되어야 하고, 작업자는 소방설비의 위치를 알아야 하며, 작동하는 방법과 화재 종류에 따른 적절한 소화방법을 알아야 한다.

#### 6.4 농도에 따른 건강 유해성

- (1) 대기압에서 24시간 이상 50 %의 산소농도에 노출된 사람 가운데 건강 유해성이 관찰된 사업은 없었다.
- (2) 대기압에서 몇 시간 동안 75 % 이상의 산소를 마시면 비폐색(Nasal stuffiness), 기침, 인후염, 가슴통증과 호흡곤란을 일으킬 수 있다.
- (3) 가압 상태에서 순수한 산소를 흡입하면 폐에 손상을 일으킬 수 있고 중추신경계에 영향을 일으킬 수 있다.
- (4) 대기압 또는 그 이하에서 순수한 산소를 흡입하면 24시간 후에 폐자극 및 폐부종을 일으킬 수 있다.
- (5) 성인의 경우 24시간 내지 49시간 100 % 산소에 노출되면 망막 손상이 발생할 수 있으며, 2기압 이상의 환경에서는 중추신경계에 독성이 발생한다. 증상으로는 구역질, 구토, 현기증, 근육경련, 시력 약화, 의식 불명 및 일반적인 발작이다.
- (6) 액체산소에 노출되면 심한 조직 손상 및 냉각화상(동상)을 입을 수 있다.

#### 6.5 흡연

- (1) 모든 작업자는 산소와 함께 작업할 때 또는 산소 과잉이 발생할 수 있는 장소에서 작업할 때 흡연의 위험성에 대해 교육을 받아야 한다.
- (2) 산소 과잉 분위기 및 산소 과잉이 발생할 수 있는 장소에서는 흡연을 엄격히 통제하여야 한다.

#### 6.6 응급조치

- (1) 산소 과잉상태에서 불이 붙어 있는 사람을 구조하기 위해 직접 출입 시에는 구

조자 역시 화염에 노출될 수 있다.

- (2) 작업자를 구조하러 들어가는 대신 위험한 상태에 있는 사람에게 소화전 또는 소화용 양동이 등을 사용하여 물을 뿌리고, 가능한 한 빨리 깨끗한 공기를 공급하여 환기하여야 한다.

## &lt;붙임 1&gt;

## 산소 시스템의 일반 작업안전 수칙

1. 산소와 함께 작업하는 것으로 예상되는 작업자가 산소 과잉에 의해 발생할 수 있는 위험에 대해 적절히 훈련받고, 정보를 받았는지 확인
2. 적절한 설비가 사용되었는지 및 설비의 누설방지 조치가 적절한지 확인
3. 산소 취급에 승인된 재료 및 설비만을 사용하고 특별히 승인되지 않은 교체품 사용금지
4. 오일, 그리스 및 가연성 오염물이 쉽게 묻지 않는 적절하고 깨끗한 작업복 착용
5. 산소 취급 설비를 운환시키기 위해 오일 또는 그리스 사용금지
6. 모든 소방설비가 양호한 상태에 있고 사용될 수 있는 상태인지 확인
7. 산소가 사용되는 제한공간에 출입하여 작업시 설비의 격리 및 환기를 양호하게 하고, 산소농도측정기를 사용하는지 확인
8. 제한공간 출입허가 절차에 따라 책임 있는 사람에 의한 승인을 받은 후 출입하는지 확인
9. 산소 과잉의 잠재적인 위험이 있는 장소에서는 엄격하게 흡연 금지
10. 산소 과잉 분위기에서 불이 붙은 사람을 구조하기 위해 직접 들어가는 대신 물 등을 피해자에게 분무시키면서, 먼저 가능한 한 빨리 깨끗한 공기를 불어 넣어 산소 과잉 분위기 제거
11. 산소 과잉 분위기에 노출된 사람은 의복의 적절한 환기가 이루어질 때까지 개방 화염, 흡연 등의 점화원에 접근금지
12. 모든 산소 취급 설비는 적절히 식별될 수 있도록 조치
13. 비상 대피로는 항상 사용할 수 있는 상태로 유지