KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE

KOSHA GUIDE
기술지원규정

연소 소각법에 의한 휘발성유기화합물 (VOC) 처리설비에 관한 기술지원규정

C-C-84-2026

한국산업안전보건공단

기술지원규정은 산업안전보건기준에 관한 규칙 등 산업안전보건법령의 요구사항을 이행하는데 참고하거나 사업장 안전·보건 수준향상에 필요한 기술적 권고 규정임

기술지원규정의 개요

○ 개정자 : 한국산업안전보건공단 전문기술실

○ 제·개정경과

- 2007년 4월 화학안전분야 제정위원회 심의
- 2007년 5월 총괄제정위원회 심의
- 2011년 6월 화학안전분야 제정위원회 심의(개정)
- 2012년 7월 총괄 제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)
- 2021년 11월 총괄 제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)
- 2025년 12월 화학안전분야 전문위원회 심의(개정)
- 2026년 1월 표준제정위원회 본위원회 심의(개정)

○ 관련규격 및 자료

- NFPA 86 Standard for Ovens and Furnaces 2019
- NFPA 68 Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting 2018
- API Publ 535, RP 556, Std 560, Publ 2028
- 설비제작업 및 엔지니어링업체 기술기준
- 미국 DuPont 기술기준
- KOSHA GUIDE D - 1, “미압 배관에서의 폭연폭발구 설치에 관한 기술지침”

○ 기술지원규정의 적용 및 문의

- 이 기술지원규정에 대한 의견 또는 문의는 산업안전포털 홈페이지(portal.kosha.or.kr)의 기술지원규정(KOSHA GUIDE) 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
- 동 규정 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 개정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2026년 1월 30일
제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

목 차

1. 목적 ····· 1

2. 적용범위 ····· 1

3. 용어의 정의 ····· 1

4. 소각설비의 안전·방호조치 ····· 3

5. 안전운전절차 및 점검, 시험 및 유지관리 ····· 20

연소 소각법에 의한 휘발성유기화합물(VOC) 처리설비에 관한 기술지원규정

1. 목적

이 규정은 휘발성유기화합물(이하 “VOC”라 한다.) 등의 처리설비 중 연소 소각법에 의한 처리설비에 관한 기술지원규정을 정하는데 그 목적이 있다.

2. 적용범위

(1) 이 규정은 VOC 등의 화학물질을 대기압 분위기에서 소각처리하는 각종 소각설비의 설치 및 운전에 적용할 수 있다.

(2) 이 규정이 적용되지 않는 설비는 다음과 같다.

(가) 플레어스택(Flare stack)

(나) 석탄 또는 그 외 고체 연료 연소설비

(다) 총 공급열량이 44 kW (150,000 Btu/hr) 미만의 가열설비를 갖는 설비

(라) 고농도 용제(Solvent) 회수 설비로서, 로(Furnace) 내부에 불활성가스를 주입하여 저산소 분위기에서 운전되는 로(Low oxygen atmosphere furnace or oven)

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compounds, VOC)”이란 탄화수소화합물로서 대기 중의 질소산화물(NOx) 및 다른 화학물질과 광화학반응(Photo-chemical reaction)을 통해 광화학 스모그(Photo- chemical smog)의 원인이 되는 오존(O_3)을 발생시키는 물질을 말하며, 지방족 탄화수소류, 방향족 탄화수소류, 비균질 탄화

수소류(알데히드, 케톤, 알코올 등) 및 지방족과 비균질이 혼합되어 있는 탄화수소화합물 중 레이드 증기압이 27.6 kPa 이상인 물질을 말한다. 단, 메탄 및 에탄 등 광화학 반응성이 낮은 물질로서 국가에서 정하여 고시하는 물질은 제외한다. 여기서 레이드 증기압(Reid vapor pressure)이란 38 ℃에서 증기와 액체 부피를 4대 1로 만든 장치를 이용하여 측정한 절대압력을 말한다.

(나) “광화학 산화물”이라 함은 VOC가 빛과 반응하여 생성된 오존, 알데히드 및 스모그 중의 질소화합물 등을 말한다.

(다) “축열식 소각로(Regenerative/Recuperative Thermal Oxidizer. RTO, 이하 ”RTO”라 한다)”라 함은 VOC 등의 물질을 소각하는 방법 중 배기가스의 폐열을 최대한 회수하여 이를 흡기가스 예열에 이용하기 위해 표면적이 넓은 세라믹(Ceramic) 등의 축열재를 직접 가열하고 재생(Regeneration)하는 장치를 말한다. 열을 회수하는 방법에 따라 크게 열교환(Recuperative) 방법과 재생(Regenerative) 방법이 있다. 열교환(Recuperative)장치는 폐열을 대기로 방출하기 전에 열회수를 위해 향류나 병류의 다관식 열교환기를 사용하여 열을 회수하는 장치이며, 재생(Regenerative) 장치는 세라믹 등 축열재를 사용해서 열을 회수하는 것을 말한다.

(라) “축열식 촉매소각로(Regenerative Catalytic Oxidizer. RCO, 이하 “RCO”라 한다)”라 함은 VOC 등의 화학물질을 소각하는 방법 중 저온에서 소각하기 위해 촉매를 사용하여 소각하고 폐열을 축열재로 회수하는 장치를 말한다.

(마) “촉매 소각로(Catalytic Thermal Oxidizer, CTO, 이하 “CTO”라 한다)”라 함은 VOC 등의 화학물질을 소각하는 방법 중 저온에서 소각하기 위해 촉매를 사용하는 장치를 말한다.

(바) “직화식 열소각로(Thermal Oxidizer. TO, “TO”라 한다)”라 함은 VOC 등의 화학물질을 직접 소각하는 장치를 말한다. 일반적인 소각로가 이에 해당한다.

(사) “자동 점화 버너(Self-piloted burner)”라 함은 점화용 보조 연료가 주 버너와 같은 포트(Port)로부터 나오는 버너로서, 자동 점화 버너는 주 버너가 점화되어 있는 경우에도 지속적으로 연소되는 버너를 말한다.

(아) “간섭형 보조 버너(Interrupted pilot burner)”라 함은 주 버너가 꺼진 동안 점화되고 주 버너가 정상작동 될 때는 자동으로 꺼지는 버너를 말한다.

(자) “혼합 연소식 버너(Combination fuel gas/oil burner)”라 함은 버너 연료로 가스와

석유류를 동시에 연소할 수 있는 방식의 버너를 말한다.

(차) “이중 연료 버너(Dual-fuel burner)”라 함은 버너 연료로 가스와 석유류를 모두 사용할 수 있으나 동시에 두 연료를 같이 사용하지 않는 버너를 말한다.

(카) “응답 시간(Response time, T_{90} 또는 T_{50})“이란 감지기에 가스가 유입되기 시작한 시점부터 센서 출력이 최종 농도의 일정 비율(50% 또는 90%)에 도달하는 데 걸리는 시간을 말하며, “지연 시간(Lagging time)“이란 감지 대상 가스가 누출 지점 또는 샘플링 지점에서 감지기의 센서 표면에 도달하는 데 걸리는 시간을 말한다.

(타) “보조 버너(Pilot burner)”라 함은 주 버너를 점화하는 데 사용하는 버너를 말한다.

(파) “압력조절기(Pressure regulator)”라 함은 압력이 변하는 배관에서 출구 압력을 일정하게 유지시키는 장치를 말한다.

(하) “안전 환기(Safety ventilation)”란 소각설비 등의 모든 부분에서 인화성 증기(또는 가스)의 농도를 폭발하한계(Vol %)의 25% 이하로 항상 유지할 수 있도록 적절한 공기 순환과 함께 충분한 공기의 공급과 배기를 외부로 배출시키는 것을 말한다.

(2) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙, 안전보건규칙에서 정하는 바에 따른다.

4. 소각설비의 안전・방호조치

4.1 일반 기준

(1) 소각설비는 주변의 가연성 물질 등에 의한 화재를 일으킬 우려가 없는 곳에 설치해야 한다.

(2) 소각설비는 외부적인 열, 진동 및 기계적 위험으로부터 안전할 수 있는 곳에 설치해야 한다.

(3) 부식성 물질을 취급하는 장소로부터 충분한 안전거리를 유지하여야 한다.

(4) 점검 및 유지관리가 가능하도록 소각설비 상부와 전면에 충분한 공간을 두어야 한다.

(5) 소각설비 내・외부를 점검하기 위한 작업대, 통행시설, 계단 및 맨홀을 설치하여야 한다.

(6) 소각설비 및 인접 배관, 굴뚝 등의 외부온도가 70 ℃ 이상이고 근로자가 접촉할 우려가 있는 부분에는 접촉 시 화상을 방지할 수 있도록 방호조치를 하여야 한다.

(7) 화재·폭발의 위험이 있는 물질을 사용 및 취급하는 시설은 산업표준화법에 따른 한국산업표준으로 정하는 기준KS C IEC60079-10-1, “폭발성 분위기 – 제10-1부: 장소 구분 – 폭발성 가스 분위기”에 따라 설치한다.

4.2 VOC 배출 배관

(1) VOC 등을 배출하기 위한 배관(또는 덕트)을 구성할 경우에는 화학물질 상호간의 반응성을 검토하여야 한다. 이 때 서로 반응성이 있을 경우에는 해당물질을 별도의 배관으로 소각설비로 연결하거나 또는 별도의 배기처리시설로 연결하는 등의 방법으로 반응에 의한 문제를 최소화하도록 고려하여야 한다.

(2) 상압저장탱크 등의 설비에 연결되는 VOC 등의 배출 배관(또는 덕트)은 가능한 한 포위식 후드 형식으로 설치하는 것이 권장된다. 만약, 플랜지 직결과 같이 밀폐구조로 연결할 경우에는 반드시 처리설비의 운전 및 정지 등에 대비한 상압저장탱크 등의 설비에 대한 과압 및 진공에 대한 조치를 강구하여야 하다.

(3) 소각설비 내부는 인화성 가스 또는 증기가 폭발하한계(Vol %)의 25 % 이하로 유지되도록 희석공기 또는 불활성가스를 주입하는 등의 조치를 하여야 하고, 대기로 배출되는 지점과 저장탱크(또는 장치)와의 사이의 압력손실이 저장탱크(또는 장치)의 설계압력을 초과하지 않도록 조치하여야 한다.

(4) VOC 등을 소각할 경우 위험성이 더 커지거나 더 유해한 물질이 발생할 우려가 있는 경우에는 소각설비로 연결하여서는 아니 된다. 단, 추가적인 배기처리시설을 설치하여 해당물질을 처리하는 경우에는 그러하지 아니하다.

(5) 배관(또는 덕트) 중 낮은 지점에는 내부에 체류된 물질을 배출하기 위한 드레인(Drain) 밸브를 설치하고, 높은 지점에는 벤트(Vent) 밸브를 설치하여야 한다.

(6) 처리하는 VOC 등의 물질이 배관 등의 내부에 침적할 우려가 있는 경우에는 해당 물질을 제거하기 위한 분리기를 설치하고 청소할 수 있는 구멍을 설치하는 등의 조치를 하여야 한다.

(7) 덕트는 원형, 정사각형 및 직사각형의 것을 사용할 수 있다.

(8) 배관(또는 덕트)은 불연성재료를 사용하고 물리적 손상을 입기 쉬운 경우 적절히 보호되어야 한다.

(9) 소각설비에서 대기로 배출하는 배관(또는 덕트)은 배기가스가 건물 내부로 다시 유입될 수 있는 부분 또는 기타 공기 흡입구 부근으로 연결되지 않아야 한다.

4.3 배기팬

(1) 배기팬(Exhaust fan)은 처리해야 할 배출량을 만족하는 용량으로 선정하여야 한다.

(2) 소각설비가 상시 가동되어야 하는 경우 배기팬은 복수로 설치하여, 배기팬 가동 정지 시 자동으로 예비 팬이 가동되도록 연동조치하고 운전자가 팬 가동정지를 알 수 있는 경보설비를 설치한다. 단, 배출되는 VOC 등이 연속적으로 발생되지 않고 배기팬의 가동정지 시 소각설비의 인입 배관 내의 VOC 등을 비상 배출할 수 있는 장치를 설치한 경우 등에는 배기팬을 1 대만 설치할 수 있다.

(3) 배기팬을 설치할 경우 취급하는 물질에 의한 설비의 부식이 우려되거나 또는 스파크 등의 점화원으로 작용할 우려가 있는 때에는 배기팬의 위치를 소각설비의 출구측에 설치한다. 다만, 아래의 경우에는 배기팬을 소각설비의 입구측에 설치할 수 있다.

(가) 부식성물질에 대해 배기팬의 블레이드 및 케이싱을 내식성 재질로 사용할 경우

(나) 점화가능한 물질에 대해 배기팬의 블레이드 및 케이싱을 스파크 등의 점화원으로 작용할 우려가 없도록 조치한 경우이거나 또는 배관 또는 덕트 내에 유입되는 인화성 증기(또는 가스)의 농도가 폭발하한계(Vol %)의 25% 이하로 유지되도록 별도의 조치를 한 경우

(4) 배기팬에 의한 진동의 영향을 감소시키기 위해 배기팬과 소각설비 사이에 신축이음(Expansion joint)을 설치하여야 한다. 단, 진동의 영향을 무시할 수 있는 경우에는 그러하지 아니하다.

4.4 비상배출장치

(1) 소각설비 인입부 배관(또는 덕트)에는 다음과 같은 경우를 대비하여 자동으로 VOC 등을 배출할 수 있는 비상배출장치를 설치하여야 한다.

(가) 유입되는 인화성 가스(또는 증기)가 폭발하한계(Vol%)의 25%를 초과하는 경우
(나) 촉매 소각인 경우 유기물에 의한 촉매의 손상을 방지하기 위해 운전정지 후 가동 등 부득이 하게 촉매온도를 승온하는 경우

(다) 촉매층 또는 충진재층의 온도가 정상범위를 초과하여 상승하는 경우

(라) 소각설비 연소실의 온도가 정상운전범위를 초과하여 계속 상승하는 경우

(마) 배기팬이나 급기 팬의 고장 등으로 화재 또는 폭발이 우려되는 경우

(바) 기타 공정의 이상으로 화재 또는 폭발이 우려되는 경우

(2) VOC 등의 물질이 지속적으로 공급되는 설비의 경우에는 비상배출장치의 후단에 흡착탑과 같은 배기처리시설을 설치하여 해당물질을 처리하여야 한다. 다만, 배기처리시설의 설치가 기술적으로 곤란하거나 다른 위험을 초래할 우려가 있는 때에는 안전지역으로 배출할 수 있다.

4.5 파열판 등의 압력방출장치

(1) 소각설비 및 배관(또는 덕트)에서 폭발이 발생할 때를 대비한 완화대책으로 다음과 같은 위치에 파열판 등의 압력방출장치를 설치하여야 한다.

(가) 소각설비의 VOC 인입배관

(나) 소각설비 인입 배관의 비상배출배관과 흡착탑 등의 배기처리장치 사이

(다) 비정상 조건에서 가스농도가 높아 폭발의 우려가 있는 배관 등

(2) 파열판 등의 압력방출장치 전·후단에 차단밸브 설치를 금지하고, 압력방출장치의 후단 배관은 안전한 지역으로 연장하여야 한다.

(3) 파열판 등의 압력방출장치의 설정압력과 크기는 보호하고자 하는 설비의 설계압력과 배출해야 하는 양을 고려하여 안전보건규칙 제261조(안전밸브 등의 설치)내지 제267조(배출물질의 처리)까지의 규정과 KOSHA GUIDE D-63-2018「안전밸브 배출배관의 설계에 관한 기술지침」 KOSHA GUIDE C-C-94-2026「파열판의 설치 및 교환 등에 관한 기술지원규정」KOSHA GUIDE D-1-202「미압 배관에서의 폭연폭발구 설치에 관한 기술지침」 등을 참조하여 설정한다.

4.6 폭발방산구

(1) 인화성 액체, 증기 또는 가스를 포함하는 소각설비의 연소실에는 폭발방산구(Explosion-relief vent)를 설치해야 하고, 폭발방산구의 위치는 작동 시 다른 위험을 일으키지 않는 곳이어야 한다. 다만 다음의 경우에는 폭발방산구를 설치하지 아니할 수 있다.

(가) 간접 가열방식에서 VOC 등의 유입량 및 보조연료의 양이 어떠한 경우도 연소하한값의 25 %를 초과하지 않는 RTO, RCO 및 CTO 설비

(나) 내열을 위해 내화재 또는 단열재를 지지하는 철골 빔과 보강지주로 보강된 4.8 mm 이상의 강판으로 동체 구조를 갖는 가열로

(다) 진공으로 운전하는 용해로

(라) 직화식 열소각로

(마) 최소산소농도(MOC) 이하로 운전하는 가열로

(바) 직화연소실 내의 인화성 물질의 농도를 흡입식 가스감지기로 측정하고, LEL의 10% 이상이 검출되면 운전을 정지토록 연동시킨 소각설비. 이 때 흡입식 가스감지기의 센서는 연소실에 위치하고, 제조자가 권장하는 교정기간을 권장하나, 최소 1회/년 이상이어야 한다.

(2) 폭발방산구의 크기는 연소실 내용적 1 m^3 당 0.22 m^2(15 ft^3 당 1 ft^2) 의 비율 이상이 되도록 설치하거나, KOSHA GUIDE D-1-2021「미압 배관에서의 폭연폭발구 설치에 관한 기술지침」에 따라 설치하여야 한다.

(3) 폭발방산구의 작동압력은 소각설비의 설계압력을 초과하지 않는 압력에서 작동해야 한다.

4.7 화염방지기(Flame arrester)

(1) 소각설비의 본체에 VOC 등을 공급하는 배관(또는 덕트)에는 화염이 역화되지 않도록 화염방지기를 설치하여야 하며, 주 배관(또는 덕트)과 연결되는 가지관은 가능한 한 구획되도록 가지관마다 화염방지기를 설치한다. 다만, 소각설비에 투입되는 VOC 등이 어떤 경우에도 폭발하한계(Vol %)의 25 %에 도달하지 않도록 별도의 조치를 한

경우에는 화염방지기를 생략할 수 있다.

(2) 배관에 설치하는 화염방지기는 폭연 또는 폭굉에 대해서도 화염방지 기능을 갖는 것을 사용하거나 또는 폭발압력을 사전에 배출하기 위한 파열판 등의 압력방출장치를 설치하는 등의 방법으로 화염방지기의 기능이 상실되지 않도록 하여야 한다.

(3) 수봉식 화염방지기는 인입배관 등의 전체의 압력손실을 고려하여 채우는 물높이를 설정하여야 하고, 결빙의 우려가 있는 경우에는 동결방지조치를 해야 한다. 또한 내부의 유체높이를 확인하기 위한 액면계 또는 투시창(Sight glass)을 설치하고, 물 등을 보충하기 위한 장치와 배출하기 위한 밸브를 설치해야 한다.

4.8 인화성 가스농도 감지장치

(1) 소각설비 유입측에는 인화성 가스(또는 증기)농도를 감시하기 위한 농도감지장치를 설치하여 가스 농도가 폭발하한계(Vol %)의 25 % 이하가 되도록 희석공기 또는 불활성가스 주입시설을 설치하는 등의 조치를 하여야 한다. 다만, 소각설비에 투입되는 VOC 등이 어떤 경우에도 폭발하한계(Vol %)의 25 %에 도달하지 않도록 별도의 조치를 한 경우에는 가스농도감지장치를 생략할 수 있다.

(2) 가스 농도가 폭발하한계(Vol %)의 25 %에 도달할 경우에는 경보장치가 작동되어야 하며, 폭발하한계(Vol %)의 50%를 초과하기 전에 소각설비의 가동이 정지되어야 하고, 소각설비의 연소실 내로 VOC 등의 물질이 유입되지 않도록 비상배출장치가 작동되어야 한다.

(3) 가스농도감지장치는 주기적으로 점검하여 성능을 유지하여야 한다.

(4) 연소실내에서 환기율이 폭발하한계(Vol %)의 25 % ~ 50 % 사이에 도달하도록 설계한 경우에는 연속적으로 증기농도를 감시 및 제어하는 연속형 증기농도 상한 제어장치(Continuous vapor concentration high limit controller)를 설치하여야 하고, 동 장치는 증기농도가 폭발하한계(Vol%)의 50 %를 초과하기 전에 경보를 발하여야 하고, 경보작동 시 소각설비의 운전이 정지되고 소각설비 내로 VOC 등의 물질이 유입되지 않도록 비상배출장치가 작동되어야 한다.

(5) 가스농도감지장치로 흡입식 감지기를 사용하는 경우에는 최대 샘플 튜브의 길이와 크기에 대한 응답시간, 지연시간 및 긴급차단밸브의 작동시간 등에 대한 관계 자료를 확인하여 적절한 위치에 설치한다.

4.9 치환 시설

(1) 버너가 정지하거나 또는 불꽃이 꺼진 후에 버너를 재점화하기 전에는 반드시 소각설비 내부의 증기가 치환되도록 조치한 후에 버너가 점화되도록 하여야 한다. 석유류 버너인 경우에는 반드시 연소실 내부에 미연소 물질이 존재하지 않는다는 것을 육안으로 확인하여야 한다.

(2) 다음 중 하나를 만족할 경우에는 4.9 (1)항의 점화 전 치환을 반복하지 않을 수 있다.

(가) 연소실 내부의 온도가 760 ℃(1400 °F)를 초과하는 경우

(나) 각 버너가 화염감지기에 의해 모두 감시되고, 연료공급배관에는 긴급차단밸브가 설치되어 있으며 또한 연소실 내에 적어도 1개의 버너는 정상 가동되는 경우

(다) 각 버너가 화염감지기에 의해 모두 감시됨과 아울러, 연료공급배관에는 긴급차단밸브가 설치되어 있으며, 또한 연소실의 가연성물질의 농도가 폭발하한계(Vol %)의 25 %를 초과하지 않는 경우

(라) 다만 연료가 석유류일 경우에는 (다)항은 적용하지 않는다.

(3) 소각설비에는 VOC의 농도를 낮추기 위해 치환 또는 희석용으로 불활성가스 주입설비를 설치할 수 있다.

(4) 치환해야 하는 양은 치환하고자 하는 연소실 내부 체적의 4배 이상이 되도록 외부공기 또는 불활성가스로 치환해야 하며, 치환방법 등에 대해서는 KOSHA GUIDE C-C-85-2026 「불활성가스 치환에 관한 기술지원규정」을 참조한다.

(5) 치환 또는 환기시 가스량(또는 공기량)은 절대온도에 정비례하여 변화되므로 다음 (가) 보정 계수식을 사용하거나, (다) <표 1> 의 “온도 가스량 환산표”를 사용하여 보정하여야 한다. 치환 공기량은 (가), (다) <표 1>에 의해 산출된 수치를 올림한 량으로 한다.

(가) 보정 계수 계산식은 다음과 같다.

보정 계수 = (t ℃ + 273)/(20 ℃ + 273)

여기서 “t”는 배기 온도를 말한다.

(나) 보정계수 계산식에 의한 방법 예시

20 ℃의 유입공기 100 m^3/mim을 210 ℃에서 운전하는 소각로에 주입하면 위 식에 의거 보정계수는 (210 + 273)/(20 + 273) = 1.648로 계산되며, 여기에 100 m^3/mim를 곱하면 치환에 필요한 공기량은 164.8 m^3/mim 가 된다.

(다) <표 1> “온도 가스량 환산표”에 의한 방법 예시

20 ℃의 유입공기 100 m^3/mim을 210 ℃에서 운전하는 소각로에 주입하면, <표 1>에서 210 ℃에서의 계수가 1.648이므로 여기에 100 m^3/mim를 곱하면 치환에 필요한 공기량은 164.8 m^3/mim 가 된다.

(6) 치환 및 환기 시 폭발하한계(Vol %)의 값은 대부분 25 ℃ 기준으로 제시되기 때문에 온도 보정을 하여야 한다.

(가) 연속공정의 소각설비(Continuous process furnace or oven)에 대한 폭발하한계(Vol %)는 다음의 식이나 또는 <표 2> 에 따라 소각설비 운전온도에 대해 보정되어야 한다. 여기서 연속공정의 소각설비란 다소 연속적으로 발생되는 VOC 등의 물질을 소각하는 설비를 말한다.

$$LEL_{t℃} = LEL_{25℃} [1 - 0.000784 (t ℃ - 25)]$$

여기서 “t” 는 소각설비 운전온도이다.

<표 1> 온도 가스량 환산표(해수면 기준)

온도 (℃)	계수	온도 (℃)	계수	온도 (℃)	계수
20	1.000	270	1.853	520	2.706
30	1.034	280	1.887	530	2.741
40	1.068	290	1.922	540	2.775
50	1.102	300	1.956	550	2.809
60	1.137	310	1.990	560	2.843
70	1.171	320	2.024	570	2.877
80	1.205	330	2.058	580	2.911
90	1.239	340	2.092	590	2.945
100	1.273	350	2.126	600	2.980
110	1.307	360	2.160	610	3.014
120	1.341	370	2.195	620	3.048
130	1.375	380	2.229	630	3.082
140	1.410	390	2.263	640	3.116
150	1.444	400	2.297	650	3.150
160	1.478	410	2.331	660	3.184
170	1.512	420	2.365	670	3.218
180	1.546	430	2.399	680	3.253
190	1.580	440	2.433	690	3.287
200	1.614	450	2.468	700	3.321
210	1.648	460	2.502	710	3.355
220	1.683	470	2.536	720	3.389
230	1.717	480	2.570	730	3.423
240	1.751	490	2.604	740	3.457
250	1.785	500	2.638	750	3.491
260	1.819	510	2.672	760	3.526

<표 2> 폭발하한계(Vol %) 보정계수

소각설비 운전온도 (℃)	폭발하한계(LEL) 보정 계수
25	1.00
50	0.98
100	0.94
150	0.90
200	0.86
250	0.82
260	0.81

(나) 회분식 공정의 소각설비(Batch process furnace or oven)에 대해서는 운전온도가 121 ℃에서 260 ℃사이일 경우에는 가스량에 보정계수 1.4를 곱하고, 260 ℃를 초과하는 경우에는 보정 계수 1.4가 적절하지 않기 때문에 시험에 의해 결정하여야 한다. 여기서 회분식 공정의 소각설비란 침지시설(Dipping vessel) 등과 같이 연속적이 아닌 단속적으로 VOC 등의 물질이 배출될 때 이를 소각하는 소각설비를 말한다.

(7) 가스량은 기압에 따라 변화되므로 소각설비가 설치되는 위치를 고려하여 <표 3>의 “고도 보정계수”에 따라 고도 보정을 하여야 한다. 일반적으로 해발고도 305 m(1000 ft) 미만에서는 고도에 대한 보정을 적용하지 않는다.

<표 3> 고도 보정계수

해발 고도		고도 보정계수
m	ft	
0	0	1
305	1,000	1.04
610	2,000	1.08
915	3,000	1.12
1220	4,000	1.16
1524	5,000	1.2
1829	6,000	1.25
2134	7,000	1.3
2438	8,000	1.35
2743	9,000	1.4
3048	10,000	1.45

(8) 인화성 가스 및 증기의 혼합물에 대한 폭발하한계를 산정하기 위해서는 KOSHA GUIDE D - 22-2012「 가연성가스 및 증기혼합물의 폭발한계산정에 관한 기술지침」을 따른다.

4.10 연료 공급설비

(1) 소각설비에 유입되는 VOC 등의 양에 따라 연료를 자동으로 공급하는 설비를 설치하여야 한다.

(2) 연료는 운전성, 안전성 및 배기처리의 효율성 등을 고려하여 선정하여야 한다.

(3) 연소용 공기를 공급하는 설비를 설치하고 연료의 양과 연동되도록 설치하여야 한다.

(4) 연료로 인화성 가스를 사용하고, 당해 인화성 가스가 체류할 우려가 있는 경우에는 가스누출감지경보기를 KOSHA GUIDE C-C-87-2026「가스누출감지경보기 등의 설치 및 유지보수에 관한 기술지원규정」에 따라 설치하여야 한다.

(5) 연료 공급배관에는 긴급차단밸브와 별도로 소각설비의 화재 또는 폭발 등의 비상시에 연료를 차단할 수 있도록 접근이 용이한 장소에 수동 차단밸브를 설치해야 하며, 정상운전시를 제외하고는 항상 닫혀 있도록 관리해야 한다.

(6) 연료 공급배관에는 압력계를 설치하여야 하며, 공급압력이 버너 동작 압력을 초과하거나 또는 공급압력이 과도하게 변동하는 경우 일정한 압력을 유지하도록 압력조절기를 설치하는 등의 조치를 하여야 한다.

(7) 연료 공급배관에는 저압 스위치를 설치하여 가스 공급압력이 정상 공급압력보다 낮을 경우에는 버너가 정지되도록 연동하여야 한다.

(8) 연료로 가스를 사용할 경우 고압 스위치의 위치는 최종 압력조절기 후단에 설치하고, 가스 공급압력이 정상 공급압력보다 높을 경우에는 버너가 정지되도록 연동하여야 한다. 다만 연료로 석유류를 사용하는 경우 버너에 공급되는 압력이 버너의 운전압력을 초과할 수 없는 형식인 경우에는 고압 스위치를 설치하지 않을 수 있다.

(9) 가스와 석유류를 모두 사용할 수 있는 이중 연료 버너를 사용하는 경우에는 두 연료의 동시 유입을 막을 수 있는 확실한 제어장치를 설치하여야 한다. 다만 혼합 연소식 버너인 경우에는 그러하지 아니하다.

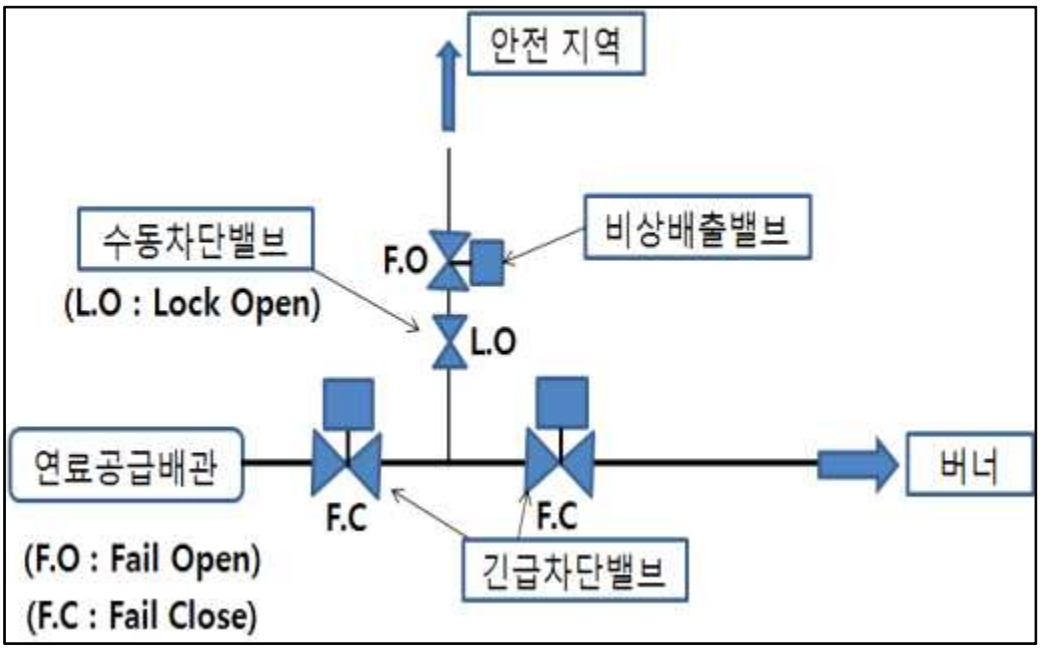
(10) 연료로 석유류를 공급하는 펌프가 기어 펌프 등 정변위 펌프인 경우에는 토출측 차단밸브 전단에 안전밸브 등 압력방출장치를 설치하여 차단밸브가 없는 펌프 인입측 등의 안전밸브의 작동을 방해하지 않는 위치로 연결하여야 한다.

(11) 연료용 배관에 대해서는 KOSHA GUIDE C-C-91-2026「화학설비 배관 등의 비파괴검사 및 열처리에 관한 기술지원규정」을 참조하여 설치한다.

4.11 연료배관의 긴급차단밸브(Shut off valve)

(1) 연료로 가스를 사용하는 경우 공급배관(보조버너용 배관 포함)에는 2개의 긴급차단밸브를 최단거리로 설치하여야 하고, 2개의 긴급차단밸브 사이에는 비상배출밸브를 설치하여야 한다. 비상배출밸브 전단에 수동밸브를 설치할 경우에는 열린 상태로 관리하여야 하고 비상배출밸브의 후단 배관은 안전지역으로 연장하여야 한다. <그

림 1>은 긴급차단밸브와 비상배출밸브의 설치 예시이다.



<그림 1> 긴급차단밸브와 비상배출밸브의 설치 예시

(2) 비상배출밸브의 최소 크기는 연료공급배관의 크기에 따라 <표 4>와 같이 설치할 수 있다. 비상배출밸브의 위치는 <그림 1>과 같다.

<표 4> 연료배관과 배출밸브 최소 크기

연료배관(긴급차단밸브) 크기(호칭경)		최소 배출밸브 크기(호칭경)	
A(mm)	B(inch)	A(mm)	B(inch)
40	1½ 이하	20	¾
50	2	25	1
65 ~ 80	2½ ~ 3	32	1¼
90	3½	40	1½
100 ~ 125	4 ~ 5	50	2
140 ~ 150	5½ ~ 6	65	2½
200	8	90	3½
200 초과	8 초과	긴급차단밸브 배관 단면적의 15%	

(3) 석유류를 연료로 사용하는 경우 다음 중 하나에 해당되면, 연료 공급배관에는 2개의 긴급차단밸브를 최단거리로 설치하여야 한다.

(가) 석유류 공급 압력이 862 kPa(125 psi)을 초과하는 경우

(나) 주 버너가 꺼진 상태에서 압력과 무관하게 연료 펌프가 운전되는 형식인 경우

(다) 가스와 석유류를 같이 사용하는 혼합 연소식 버너인 경우

4.12 화염감지기(Flame detector)

(1) 모든 버너의 불꽃은 화염감지기(Flame detector, Flame eye or Flame sensor)에 의해 감시되고, 버너 불꽃이 꺼질 경우 즉시 감지하여 버너가 정지되도록 연동하여야 한다. 다만, 연소실 내의 온도가 760 ℃ 미만으로 떨어질 우려가 없는 소각설비인 경우에는 그러하지 아니하다.

(2) 연소실 내의 정상 운전온도가 760 ℃ 이상인 경우 화염감지기와 버너가 연동되지 않아도 되나, 연소실 내의 온도가 760 ℃ 미만으로 떨어지는 경우 화염감지기가 버너와 연동되어야 한다.

(3) 연소실 내의 온도가 760 ℃ 이하인 경우 버너가 작동되지 않도록 연동된 소각설비인 경우에는 화염감지기를 설치하지 않아도 된다.

(4) 모든 버너(보조 버너 포함)의 불꽃은 독립적으로 감시되어야 한다. 다만 다음의 경우에는 1개의 화염감지기로 동시에 감시할 수 있다.

(가) 주 버너(Main burner)가 꺼진 경우 점화되고, 주 버너가 가동 중일 경우에는 자동으로 꺼지는 간섭형 보조 버너(Interrupted pilot burner)가 사용되는 경우 1개의 화염감지기로 주 버너와 파일럿 버너를 감시할 수 있다.

(나) 자동점화 버너(Self-piloted burner)들을 사용하는 경우 1개의 화염감지기로 감시할 수 있다.

(5) 화염감지기 중 자외선을 감지하는 UV(Ultraviolet) 감지기는 가스 버너에는 적합하나 석유류 연소의 경우 미량의 자외선을 방출하기 때문에 비록 화염이 존재하더라도 불꽃을 감지하지 못하는 경우가 발생될 수 있기 때문에 석유류 버너에는 적합하지 않다.

(6) 석유류 버너 또는 가스와 석유류를 모두 사용하는 버너에는 적외선을 감지하는 IR(Infrared) 감지기 또는 UV/IR 조합형 감지기를 사용하는 것이 적절하다.

(7) UV 감지기는 열에 매우 약하기 때문에 계장용 공기를 순환하여 냉각시켜 소각설비 내부 열에 의한 손상이 없도록 해야 하며, 계장용 공기가 공급 중단될 경우에는 UV 감지기를 제거하여 고온에 노출되지 않도록 한다.

4.13 연료 연소장치(Burner)

(1) 각 버너의 연소상태를 관찰할 수 있는 관측구를 설치해야 한다. 단, 관측구의 설치가 불가능할 경우 각 버너의 연소와 작동을 육안으로 확인할 수 있는 수단을 확보해야 한다.

(2) 연소용 공기가 연료보다 먼저 공급되는 구조이어야 하며, 공기 공급이 중단될 때에는 연료가 자동으로 공급이 차단되도록 연동되어야 한다.

(4) 버너는 연소실 내부의 온도가 설정된 온도 범위 내에서 자동 운전되도록 조절되어야 한다.

(5) 다음의 경우에는 연료공급이 중지되고, 버너는 자동으로 정지되어야 한다.

(가) 버너에 점화 실패 시

(나) 버너의 불꽃감지 실패 시

(다) 연소공기용 팬 및 치환용 팬 고장 시

(라) 버너에 공급되는 연료압력이 정상보다 높거나 낮을 때

(마) 소각설비로 들어오는 VOC 등의 인입온도 또는 소각설비 출구 온도 고온 시

(바) 연소실 내부 및 촉매층 또는 충진재층 온도 고온 시

(사) 소각설비의 구동장치(Rotary 등)의 고장 시 등

(6) 일반적으로 버너의 점화가 이루어지기 위해서는 다음의 조건을 모두 만족되어야 한다.

(가) 연료 공급의 정상 압력 유지

(나) 연소용 공기압력 정상 및 연소용 공기 팬 정상 가동 유지

(다) 소각설비 배기팬 정상 가동 유지
(라) 연소실 내부 정상 치환 상태

(마) VOC 등 소각용 물질의 인입배관의 밸브가 모두 열린 상태 유지

(바) 기타 설비의 정상운전을 위해 제작업체 등에서 요구하는 사항

(7) 버너가 정지된 후 재점화 시에는 최초 점화와 동일하게 (6)의 조건을 만족하여야 한다.

4.14 소각설비 본체

(1) 소각설비 본체는 단열조치를 하여 열손실이 최소화되도록 하여야 한다.

(2) 촉매 또는 충진재를 사용하는 경우 촉매 또는 충진재가 국부적으로 과열되지 않는 구조이어야 한다.

(3) 촉매 또는 충진재를 교환하기 위한 적합한 통행시설이 설치되어야 한다.

(4) 소각설비 내부에서 작업을 하는 경우 안전보건규칙 제3편(보건기준)의 제10장 “밀폐공간작업으로 인한 건강장해의 예방”에 대한 사항을 준수하여야 하며, KOSHA E-G-18-2026 「밀폐공간 작업 프로그램 수립 및 시행에 관한 기술지원규정」과 KOSHA GUIDE C-C-49-2026 「안전작업허가에 관한 기술지원규정」을 참조하여 작업을 수행한다.

(5) 다음의 경우에는 소각설비의 가동을 정지하여야 한다. 다만 자동배출밸브가 작동하거나 또는 희석시설이 가동되는 등의 조치가 이루어져 화재·폭발 등의 문제가 발생되지 않는 형식인 경우에는 가동을 정지하지 아니할 수 있다.

(가) 배기팬 고장 시

(나) 소각설비의 구동장치 등의 고장 시

(다) VOC 등의 소각용 물질의 투입온도 고온 시

(라) 소각설비 연소실 및 촉매층 또는 충진재층 온도 고온 시

(마) 인입배관의 인화성 가스농도가 폭발하한계(Vol %)의 50 %를 초과하는 경우

4.15 계측 및 경보장치

(1) 소각설비의 운전에 필요한 온도, 압력, 유량 등의 계측장치는 모니터링 되어야 하며, 필요시 운전실에서 감시할 수 있어야 하다. 또한 정상운전범위를 벗어날 경우에는 경보장치가 작동되도록 설치하여야 한다.

(2) 일반적으로 소각설비 운전 및 제어에 필요한 계측장치와 경보장치는 다음과 같다.

(가) 보조연료 공급배관 및 연소용 공기배관에 압력계(압력조절기가 설치되는 경우 압력조절기 전후단에 각각 설치)

(나) 소각설비의 버너부분과 촉매층 또는 충진재층에 온도계 및 온도경보장치(촉매층 또는 충진재층에는 2개 이상을 설치)

(다) 촉매층 전후단의 차압감지장치 및 경보장치

(라) 인화성 가스농도감시 및 경보장치

(마) 소각설비의 폐가스 출구에는 온도계 및 경보장치

(바) 소각설비의 VOC 인입배관에는 압력계·온도계 및 온도경보장치

(사) 팬 전후단의 압력계 또는 차압계

(아) 팬의 진동을 감시하기 위한 계측장치

(자) 중요밸브(긴급차단밸브 등)의 작동상태를 알 수 있는 계기

4.16 자동제어밸브(Auto control valve)

(1) 소각설비의 덕트나 배관에 설치된 각종 자동제어밸브(On-off 밸브 포함)는 계장설비가 실패(Failure)할 때 다음과 같이 작동되는 구조로 설치한다. 다만 밸브의 위치가 운전중인 상태로 유지되어도 안전상 문제가 없는 경우에는 그러하지 아니하다.

(가) 비상배출시설과 관련된 밸브는 자동 열림(Fail open) 구조

(나) 소각설비로 인입되는 VOC 덕트나 배관상의 밸브는 자동 닫힘(Fail close) 구조

(다) 연료배관상의 2중 차단밸브는 자동 닫힘(Fail close) 구조

(라) 연료배관상의 2중 차단밸브 사이의 배출밸브는 자동 열림(Fail open) 구조

(2) 자동제어밸브의 동작상태는 가능한 한 조정실에서 감시할 수 있도록 설치한다.

4.17 굴뚝(Stack)

(1) 소각설비에는 연소가스를 배출하는 굴뚝(Stack)을 설치해야 한다.

(2) 굴뚝의 위치는 고온의 연소가스가 다른 위험을 유발하지 않는 장소로 유도되도록 설치해야 한다.

(3) 굴뚝 상단이 인접 건축물, 구축물 및 설비 등에 설치된 피뢰설비에 의해 보호되지 못할 경우에는 피뢰침을 설치하여야 한다.

(4) 굴뚝이나 굴뚝과 연결된 덕트에는 연소가스의 배기상태를 측정하기 위한 측정구를 설치하고, 측정구 접근에 적합한 통행시설을 설치해야 한다.

4.18 축열식 촉매 소각로(RCO)의 적용시 고려사항

RCO를 설치하고자 할 경우에는 앞에서 기술한 기준 및 KOSHA GUIDE P－104-2012 「휘발성유기화합물(VOC) 처리 기술지침」의 6.(2)항 이외에 다음의 사항을 참조하여 설치한다.

(1) 촉매가 열분해가 일어나지 않도록 유입되는 VOC의 농도를 관리하기 위해 환기시설을 설치하는 등의 조치를 하여야 한다.

(2) 촉매성분을 열로부터 보호하기 위해 촉매층 출구측에 추가로 온도계측장치를 설치하고 유입되는 VOC를 차단하고 버너가 정지되도록 연동하여야 한다.

(3) 미립자 등에 의한 촉매층의 오염을 확인하기 위해 촉매층 전후단의 압력차를 확인하기 위한 차압계를 설치하고, 이상 압력시 유입되는 VOC를 차단하고 버너가 정지되도록 연동하여야 한다.

(4) 촉매를 직접 열 회수설비와 함께 사용하는 경우 연소되지 않거나 부분적으로 연소된 인화성 증기가 소각로에 재유입되지 않도록 설비유지관리 계획을 수립하여야 하고, 촉매에 대한 성능시험을 주기적으로 수행하여야 한다.

(5) 촉매 산화가 발생되는지를 확인하기 위해 촉매층의 온도차 등을 감시하기 위한 계측장치를 설치하여야 한다.

5. 안전운전절차 및 점검, 시험 및 유지관리

(1) 시운전, 정상운전, 정지 및 비상정지 등의 안전운전절차와 점검, 시험 및 유지관리 절차를 작성하고 운전원 및 정비원들이 숙지하도록 한다.

(2) 안전운전절차와 점검, 시험 및 유지관리절차를 작성할 경우에는 당해 소각설비 매뉴얼과 KOSHA GUIDE C-C-59-2026「안전운전절차서 작성에 관한 기술지원규정」, KOSHA GUIDE C-C-48-2026「유해위험설비의 점검·정비·유지관리에 관한 기술지원규정」 및 KOSHA GUIDE B-E-16-2026 「전기설비의 정비를 위한 일반 기술지침」을 참조하여 작성한다.

기술지원규정 개정 이력

□ 개정일 : 2026. 1. 30.

○ 개정자 : 한국산업안전보건공단 전문기술실

○ 개정사유 : 소각로 입구측에 근접하여 가스농도감지장치와 긴급차단(긴급 배출)장치를 설치함에 따라 고농도의 VOC가 감지되었음에도 불구하고 긴급차단(비상배출)장치가 적절하게 작동하지 않은 문제로 인하여 사업장에서 이를 활용토록 하여 적절하게 설치함으로써 소각로의 화재·폭발 예방을 도모하기 위함.

○ 주요 개정내용

- 4.8 1) 소각설비 입구의 문구는 입구에 설치로 잘못 해석될 수 있어 소각로 유입측으로 문구 수정
- 4.8 3) 흡입식 감지기의 경우 응답시간 및 지연시간을 고려하여 적절하에 설치하는 등 가스누출감지경보기 등의 설치 및 유지보수에 관한 기술지원규정(C-C-87-2026)을 참조하여 설치 반영

KOSHA GUIDE
기술지원규정

·규정번호 : C-C-84-2026
·심　　의 : 산업안전보건표준제정위원회
·공 표 일 : 2026. 1. 30.