

KOSHA GUIDE

P - 21 - 2010

불산 취급공정의 안전에 관한 기술지침

2010. 8.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

○ 작성자 : 대전지역본부 전문기술위원실 임용순

○ 제 · 개정 경과

- 2010년 6월 화학안전분야 제정위원회 심의(제정)

○ 관련규격 및 자료

- API RP 751 2nd edition, Feb. 1999 “Recommended Practice for Safe Operation of Hydrofluoric Acid Alkylation Units”
- ATSDR (미국 독성물질 질병등록국) 불산관련 안전보건자료
- 산업안전보건용어사전, 한국산업안전보건공단 (2006)

○ 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 화학물질안전보건센터(전화 042-869-0320, FAX 042-863-9002)로 연락하여 주십시오.

공표일자 : 2010년 8월 31일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

불산 취급공정의 안전에 관한 기술지침

1. 목 적

이 지침은 불산을 취급하는 공정에서의 안전·보건에 관하여 필요한 기술지침을 제시함을 목적으로 한다.

2. 적용범위

이 지침은 액상의 불산을 취급하는 공정에 한하여 적용한다.

3. 용어의 정의

3.1 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

- (1) “불산”이라 함은 무수불산, 불산수용액 등 불화수소를 함유하고 있는 화학물질을 말한다.
- (2) “시간가중 평균농도 노출기준(TWA, time weighted average)”이라 함은 1일 8시간 동안의 평균 농도로서 이 농도 이하에서는 거의 모든 근로자가 건강상 나쁜 영향을 받지 않는 농도를 말한다.
- (3) “단시간 노출기준(STEL, Short term exposure level)”이라 함은 근로자가 1회 15분간 유해인자에 노출되는 경우의 기준으로서 이 기준 이하에서는 노출간격이 1시간 이상인 경우 1일 작업시간 동안 4회까지 노출이 허용될 수 있다.
- (4) “최고노출기준(Ceiling)”이라 함은 근로자가 작업시간 동안 잠시라도 노출되어서는 안되는 기준을 말하며 노출기준 앞에 “C”를 붙여 표시한다.
- (5) “양압설비(Pressurization system)”라 함은 실내의 공기 압력을 외부의 대기 압력보다 높게 유지함으로써 외부 공기의 실내유입을 억제하기 위한 설비를 말하며, 공기 공급설비 및 그 부속설비·덕트 및 각종 보호장치 등이 포함된다.
- (6) “흡수탑(Scrubber)”이라 함은 국소배기에 의해 배출되는 용해성 가스나 화학적으

로 반응성인 가스를 흡수액에 적절하게 접촉시켜 흡수·제거하는 장치를 말한다.

- (7) “자급식 공기호흡기(SCBA, Self-contained breathing apparatus)”라 함은 압축공기 용기가 부착된 공기호흡기로 연기나 유독가스로 오염된 장소에서 안전하게 호흡을 할 수 있도록 착용하는 보호장구로서 압축공기의 압력을 조정하는 압력조정기와 공기를 압축저장한 압축공기 저장용기와 공기를 호흡하기 위한 면체, 등에 씌어질 수 있는 밴드로 구성되어 있다.

4. 불산의 위험성

- (1) 자극성 있는 무색 액체로 강한 부식성이 있으며 금속, 유리 등을 부식시켜 수소를 발생시킨다.
- (2) 눈, 코, 목안을 강하게 자극하고 흡입하면 폐렴, 폐수종, 기관지염을 일으키는 물질로서, 노동부 노출기준(노동부고시 제 2002-8호, 화학물질 및 물리적 인자 노출기준)은 최고노출 농도(Ceiling)로 3 ppm이다.
- (3) “작업환경측정대상” 및 보건규칙 상의 “관리대상유해물질”의 “산 및 알칼리류”이다.
- (4) 미국산업위생전문가협회(ACGIH)의 노출기준(2004 TLV)은 최고노출농도(Ceiling)로 3 ppm이다.
- (5) 불산을 취급하는 공정에서는 불산의 물리적 특성 및 독성 등에 의하여 오염물 및 부산물이 발생하며, 이렇게 발생한 오염물과 부산물은 장치 및 환경에 부정적인 영향을 지속적으로 미치게 된다.

5. 근원적인 안전확보

5.1 적절한 재질 선정

- (1) 불산의 누출에 의한 사고를 예방하거나 피해규모를 축소시키기 위하여는 설계단계부터 “예방-감지-완화” 조치를 충분히 고려하여야 한다.
- (2) 불산을 취급하는 용기나 배관은 불산의 부식에 의한 누출 또는 폭발·화재를 방지하기 위해 취급 온도·농도 등에 따라 부식이 잘 되지 않는 재료를 사용하여야 한다.
- (3) 불산을 취급하는 용기나 배관은 금속 재질의 부식에 의한 누출을 예방하기 위하여 주기적으로 두께 측정 및 외관검사 등을 실시하여 설비의 안전성을 확보하여야 한다.

5.2 불산의 압송설비

- (1) 압송에 사용하는 설비의 운전자가 보기 쉬운 위치에 압력계를 설치하고 쉽게 조작할 수 있는 위치에 동력을 차단할 수 있는 조치를 하여야 한다.
- (2) 호스 및 접속용구는 불산에 대해 내식성·내열성 및 내한성을 가져야 한다.
- (3) 호스의 사용정격압력을 당해 호스에 표시하고 당해 사용정격압력을 초과해 압송하지 않도록 한다.
- (4) 호스 내부에 이상압력이 가해져 위험이 있는 때는 압송에 사용하는 설비에 과압방지장치를 설치하여야 하며, 어떠한 경우라도 불산이 호스 외부 대기중으로 누출되지 않도록 한다.
- (5) 호스와 호스와의 관 및 호스 상호간의 접속부분에 대해 접속용구를 사용해 누출이 없도록 하여야 한다.
- (6) 운전자를 지정하고 압송에 사용하는 설비의 운전 및 압력계의 감시를 하도록 하여야 한다.
- (7) 호스 및 그 접속용구는 매일 사용전에 점검하고 손상·부식 등의 결함에 의해 압송하는 불산이 날아 흩어지거나 새어나갈 위험이 있는 때는 이를 교환하여야 한다.

5.3 긴급차단밸브

불산을 대량으로 저장·취급하는 용기의 인입측 및 출구측에는 자동으로 작동될 수 있는 밸브를 설치하거나 원격조정이 가능한 긴급차단밸브를 설치하여야 한다.

5.4 배출가스의 처리

- (1) 불산 취급설비로부터 발생하는 배출가스는 스크러버 등의 흡수시설을 통하여 중화 처리한 후 배출하여야 한다.
- (2) 플레어스택 또는 소각로 등의 연소장치를 이용하여 직접 연소시켜서는 안된다.

5.5 세안·세척설비

- (1) 불산 취급장소에는 반드시 세안·세척설비가 갖추어져 있어야 한다.
- (2) 세안·세척설비가 설치되는 장소는 쉽게 접근이 가능하고 장애물이 없는 곳에 설치되어야 한다.
- (3) 세안·세척 설비가 사용되어지는 경우 조정실 등 작업자가 상주하는 곳에 경보 등

을 설치하여 사용 여부를 즉시 알 수 있도록 하는 것을 고려하여야 한다.

(4) 모든 세안·세척설비는 주기적으로 작동여부를 점검하여야 한다.

5.6 모니터링 및 감시시스템

불산을 취급하는 장소에서의 누출에 대한 조기감지시스템 설치는 필수적이다.

조기감지시스템은 목적과 취급장소의 특성을 고려하여야 하며 가스누출감지경보기의 설치는 필수적이며 부가적으로 적외선카메라나 CCTV 등을 추가로 설치하여 사용할 수 있다.

5.6.1 가스누출감지경보기

(가) 감지기 형식

(나) 감지범위

(다) 선택도

(라) 응답속도

(마) 안정도

(바) 신뢰도

[관련 지침] KOSHA GUIDE (가스누출감지경보기 설치에 관한 기술지침)

5.6.2 적외선 카메라

5.6.3 CCTV

5.7 불산 취급장소 구획

(1) 불산을 취급하는 장소는 모든 출입구로부터 시각적으로 구획되어야 한다.

(2) 불산을 취급하거나 저장하는 용기의 외부에는 “불산”이란 표기와 함께 산업안전보건법 제41조에 의한 경고표시를 부착하여야 한다.

(3) 불산을 취급하는 배관 및 밸브에는 근로자의 오조작으로 인한 누출을 방지하기 위해 근로자가 보기 쉬운 위치에 “불산” 표시를 하여야 한다.

(4) 불산 노출우려 장소, 접근제한 및 개인보호구 착용 등에 관하여 경고하여야 한다.

5.8 불산의 시료 채취 및 취급

5.8.1 시료 채취 절차

- (가) 불산이 흐르는 배관 또는 장치로부터 시료 채취를 실시하는 것은 잠재적 위험성이 매우 크므로 주의를 요한다.
- (나) 시료 채취 방법, 시료 채취 연결부의 설계, 시료 채취시의 위험성, 작업자간 상호 의사소통 등에 관한 절차를 수립하여야 한다.
- (다) 불산을 포함하거나 포함할 수 있는 물질을 시료 채취하는 작업자 또는 시험·연구자는 적절한 교육 훈련을 받아야 한다.

5.8.2 시료 채취 안전 설계

(1) 설치 위치

불산의 시료 채취 연결부는 지면 등 가급적 낮은 장소로 설치하고, 작업자가 탈출하는데 방해가 되지 않는 곳에 설치하여야 한다.

(2) 노출 최소화

시료 채취중 불산에 노출되지 않도록 가급적 밀폐구조의 시료 채취 설비를 갖추어야 한다. 밀폐구조가 불가능한 경우 국소배기장치를 설치하고 불산 취급에 적합한 개인보호구를 착용하여 노출부위가 없도록 한 후 시료를 채취하여야 한다.

(3) 밸브

시료 채취를 하는 장소에서는 배출관에 이중 잠금 수동밸브를 설치하여야 한다. 또한 시료 채취를 하지 않는 경우 두 개의 수동밸브를 모두 잠그어야 하며 배출관의 말단은 코크, 플러그 또는 캡 등을 이용하여 완전 밀폐시켜야 한다.

(4) 시료 채취 위치 표시

시료 채취에 사용되는 배출관은 상시 구분이 가능하도록 표시되어야 한다.

(5) 시료 용기

시료 채취에 사용되는 시료 용기에 대해서도 절차를 수립하여야 한다.

이 절차에는 시료용기의 재질, 중화절차, 세척방법, 저장 및 보관방법, 시험방법 등을 포함하여야 한다.

또한 불산의 시료용기는 불산을 보관하고 있음을 알 수 있도록 시각적으로 구분

되어져야 하며 다른 목적으로 재사용해서는 안된다.

5.9 실험실 안전

- (1) 실험실을 설치하는 경우 저장·보관방법, 취급방법, 불산 또는 불화수소 포함물질의 분석방법 등을 고려하여야 한다.
- (2) 불산을 취급하는 실험실 내부에는 반드시 국소배기장치를 설치하여야 한다.

6. 개인보호구

6.1 문서화된 절차

불산을 취급하는 공정의 모든 근로자들이 항상 개인보호구를 사용할 수 있도록 문서화된 절차를 갖추어야 한다.

6.2 보호의 및 보호구 등의 등급 선정

작업복 및 개인보호구 등을 선정하는 경우 작업환경과 취급조건을 고려하여 적절한 등급의 보호구를 선정하여야 한다. 작업환경과 취급조건이 변하는 경우에는 보호구의 보호등급을 변경할 수 있다. 보호구의 보호등급은 A, B, C, D 4등급으로 구분하며 A 등급이 가장 높은 보호등급을 의미하고, D등급의 보호등급이 가장 낮다.

(1) A등급 : 완전 밀폐형 내산 양압 SCBA

이 경우 SCBA 장비는 최소 30분 이상 공기를 공급할 수 있어야 한다.

이 등급을 적용할 수 있는 경우는 불산 등을 포함하고 있는 장치 및 설비 등으로부터 고농도, 대량의 불산 등에 노출될 우려가 있는 경우에 한한다.

(2) B등급 : 송기마스크, 내산성 장갑, 내산성 고무장화와 내산 자켓 및 내산 작업복 다만, 작업장의 위치, 작업의 종류에 따라 보다 더 높은 등급의 안전조치가 요구되는 경우 SCBA 또는 공기 호흡기 등을 비치한다.

이 등급을 적용할 수 있는 경우는 불산 등을 포함하고 있는 장치 및 설비 등으로부터 저농도, 소량의 불산 등에 노출될 우려가 있는 경우에 한한다.

(3) C등급 : 전면보안면, 추가적인 고글, 내산성 장갑, 내산성 고무장화와 내산 자켓 및 내산 작업복

이 등급을 적용할 수 있는 경우는 정상상태에서 불산 등을 포함하고 있는 장치 및 설비 등으로부터 불산 등에 노출될 우려가 없는 경우에 한한다.

(4) D등급 : 전면보안면 또는 고글, 내산성 장갑, 내산성 고무장화와 내산 자켓

이 등급을 적용할 수 있는 경우는 불산 등을 포함하고 있는 장치 및 설비 등이 신체와 직접 닿지 않음을 보장할 수 있는 경우에 한한다.

6.3 보조작업자

보호등급 A, B등급에 해당하는 작업장소에서 작업을 하는 경우, 반드시 주작업자 외에 적절한 보호구를 갖춘 보조작업자가 있어야 한다.

6.3 2개소 이상의 취급장소

비상대응시 사용할 수 있는 개인보호구를 보관하는 장소는 최소 1개소 이상을 선정 하여야 한다.

6.4 사용후 개인보호구 관리

사용한 개인보호구를 중화시키고 세척할 수 있는 설비를 갖추어야 한다.

불산 등에 노출된 개인보호구는 사용후 즉시 중화하고 세척하여야 한다.

또한 중화 및 세척시 불산 등에 노출될 잠재적 위험성을 고려하여 중화 및 세척에 관한 절차를 문서화하여야 한다.

6.5 개인보호구 점검

미사용 개인보호구를 포함한 모든 개인보호구는 사용전에 점검되어야 한다.

따라서 개인보호구의 검사, 시험 및 교체에 관한 구체적인 절차가 수립되어야 하며, 시험·검사가 완료된 내산성장갑과 장화 등에 한하여 사용되어야 한다.

7. 안전운전계획

7.1 안전운전절차 및 작업자 보호

- (1) 불산을 취급하는 공정에서는 해당 물질의 독성과 부식성 등 물리·화학적 특성에 대하여 구체적으로 언급한 문서화된 안전운전절차가 필요하다.
- (2) 안전운전절차서는 불산을 취급하는 모든 근로자가 활용할 수 있도록 해당설비의 조작 및 취급 절차에 대하여 구체적인 운전절차를 포함하여야 하며, 누출시의 비상조치 및 응급처치 등에 대하여도 포함하여야 한다.

7.2 비상대응계획

안전운전절차에는 불산 등의 누출시 조기 감지에 관한 사항과 다음의 대응조치를 포함하여야 한다.

- (1) 누출시 근로자 및 인근 주민에 대한 비상경보
- (2) 비상대응 시스템
 - 비상대피경보 시스템
 - 원격조작 긴급차단밸브
 - 살수설비
 - 신속한 재고 이송 등 피해 최소화

7.3 피난계획

- (1) 피난처 출입 절차
- (2) 피난처 폐쇄 절차
- (3) 개인보호구 비치
- (4) SCBA(Self-contained breathing apparatus) 비치

7.4 교육 훈련계획

- (1) 불산은 누출시 인체에 미치는 잠재적 위험성이 매우 크므로 취급공정에 배치하는 작업자에 대하여 불산의 물리·화학적 특성, 개인보호구, 안전한 취급방법, 응급조치 요령 등 정기적으로 교육·훈련을 실시하여야 한다.
- (2) 불산 취급설비를 점검·정비하는 작업자의 경우에도 불산의 물리·화학적 특성, 개인보호구, 안전한 취급방법, 응급조치 요령 및 기계장치의 특성, 사용금지 재질, 안전 정비 절차 등을 반드시 사전에 확인토록 하여야 한다.
- (3) 비상조치 훈련은 불산을 직접 취급하는 작업자뿐만 아니라 인근의 지원부서 작업

자도 포함하여 실시하여야 한다.

7.5 의학적 조치

- (1) 불산 등에 노출되거나 섭취를 한 경우 응급조치에 관한 사항을 문서화된 절차로 갖추어야 한다.
- (2) 이 절차에는 노출 또는 흡입에 의한 증상을 포함하여야 하며, 노출시 응급조치의 신속 여부에 따라 치명도가 달라지므로 노출 이후의 응급조치에 대하여 구체적으로 작성하여야 한다.
- (3) 절차서는 최초 응급조치자가 즉각적인 의학적 조치를 필요로 하는지 결정을 할 수 있도록 하여야 한다.

8. 입·퇴실 절차

- (1) 불산 취급 장소의 입·퇴실 절차 또는 다른 동등한 대체수단의 확립이 필요하다.
- (2) 모든 정비·보수 관계자는 불산을 취급하는 장소에서 작업하기전에 안전교육을 이수하여야 한다.
- (3) 정비·보수 작업전에 작업을 할 수 있도록 승인하는 작업허가제도를 도입하여야 한다.

9. 방문자 관리

불산의 취급장소에 허가받지 않은 방문자 또는 작업자가 출입하는 것은 금하며, 입·퇴실 절차 또는 다른 동등한 대체수단의 확립이 필요하다.

10. 불산 등의 누출사고에 대한 대응

10.1 불산의 누출

불산 취급설비로부터 초기의 소량 누출을 적절히 관리하지 못하는 경우 대량누출로 확대될 수 있다. 따라서 초기의 소량 누출을 감시할 수 있는 시스템이 필요하며, 규칙적인 작업자의 현장 순찰은 이러한 소량 누출을 발견하는데 도움이 된다.

10.2 누출장소에서의 접근

- (1) 불산의 위험성 및 비상대응훈련을 교육받지 않은 자는 구조 또는 비상대응조치를

위하여 오염장소에 출입하도록 하여서는 안된다.

- (2) 오염장소에 접근하는 자는 반드시 불산에 노출되지 않도록 적절한 개인보호구를 착용하여야 한다.
- (3) 사업장 관계자 이외의 자가 화재·폭발·누출 등의 사고 후속 조치 및 사고조사를 목적으로 오염장소에 출입하고자 하는 경우, 사전에 위험성 등 안전·보건 사항을 알리고 개인보호구를 반드시 착용하도록 하여야 한다.

10.3 노출 초기 응급조치

10.3.1 피부 노출

- (가) 불산에 오염된 피복을 즉시 벗고 흐르는 물 또는 식염수로 노출된 피부, 머리 등을 최소 30분 이상 씻어낸다.
- (나) 칼슘이 함유된 슬러리 또는 겔(2.5 g calcium gluconate in 100 mL of water-soluble lubricant)을 신속하게 노출된 피부에 바른다.
- (다) 청소년 및 노약자가 불산에 노출된 경우 저체온증에 유의하여야 하며 필요한 경우 담요 또는 이불 등으로 보온을 유지한 후 관찰하여야 한다.
- (라) 피부화상의 경우 염화칼슘제를 도포하거나 주사하여서는 안되며, 화상을 입은 부위에 칼슘글루코네이트겔(2.5 g calcium gluconate in 100 mL of water-soluble lubricant)을 바르는 경우 2차 오염을 방지하기 위하여 고무 또는 라텍스장갑을 착용하여야 한다.

10.3.2 눈 접촉

- (가) 눈에 불산이 묻은 경우 흐르는 물 또는 식염수로 최소 20분 이상 씻어낸다.
- (나) 콘택트렌즈를 착용한 경우 눈에 통증이 없고 쉽게 제거할 수 있는 경우에는 콘택트렌즈를 제거한다.
- (다) 오염된 옷 등 오염원을 오염원을 제거하는 경우에도 세척을 멈추지 말고 계속한다.
- (라) 필요한 경우 마취제가 함유된 안약을 사용하면 피재자를 좀더 안정시키고 세척의 효율을 높일 수 있다.

10.3.3 불산의 섭취

- (가) 불산을 마신 경우에는 억지로 구토를 시켜서는 안되며, 의식이 있는 경우 110 ~ 225 g의 물이나 우유를 마시게 한다.
- (나) 또한 가능한 경우 마그네슘 또는 칼슘을 함유한 55 ~ 110 g의 제산제를 먹인다.

10.3.4 전문병원 확보

- (가) 노출 초기 응급 조치가 완료되면 환자를 의료실로 옮긴다.
- (나) 이러한 응급조치 이후 가까운 병원으로 신속히 후송하여 전문 의사의 처치를 받도록 한다.
- (다) 불산을 취급하는 사업장은 사업장 인근에 불산에 의한 화상을 치료할 수 있는 전문병원을 사전에 파악하고 치료가 가능하도록 조치하여야 한다.
- (라) 이러한 전문병원은 24시간 내내 이용이 가능하여야 한다.
- (마) 전문병원은 가급적 2개소 이상 확보하여 항상 이용할 수 있도록 하여야 한다.
- (바) 전문병원에서 불산 화상 치료제를 갖추고 있지 않은 경우 의약품 공급 및 교체 등 의약품 관리에 관한 사항을 사전에 협의하여야 한다.

10.3.5 응급조치 키트

- (가) 불산 등을 취급하는 장소에는 반드시 응급조치 키트를 갖추어야 한다.
- (나) 응급조치 키트의 수량, 보관장소, 보관품목과 교체주기를 명시한 절차서를 작성하여야 한다.
- (다) 의약품을 보관할 냉장설비를 갖추어야 한다.
- (라) 모든 근무시간에 대하여 응급조치를 할 수 있는 교육·훈련을 받은자가 1명 이상 상주하여야 한다.

11. 사고 조사 및 보호

11.1 사고조사 대상

불산 취급설비로부터 소량의 누출이 발생한 경우라 하더라도 누출원인에 대한 조사가 반드시 이루어져야 한다.

11.2 조사자 및 구조자 보호

- (1) 사고조사관계자 또는 구조자 등이 허용농도(TWA, STEL, Ceiling 농도 등) 이상의

불산 등에 노출될 우려가 있는 경우 양압설비, 자급식 공기호흡기(SCBA, self-contained - breathing apparatus) 장치 등 호흡기를 보호할 수 있는 보호구를 반드시 착용하여야 한다.

- (2) 불산의 가스, 증기 또는 액체에 피부가 노출되지 않도록 내산성 보호의, 내산성장갑, 내산성 장화 등 개인보호구를 착용하여야 하며 장갑은 반드시 2중으로 착용하도록 한다.
- (3) 불산에 노출된 작업자가 걸을 수 있는 경우 비오염지역으로 즉시 대피시키고, 걷지 못하는 경우에는 들것 등을 이용하여 신속히 안전지대로 대피시킨다.
- (4) 안전지대로 대피시킨 작업자에게 응급조치를 목적으로 접근하는 자 이외의 모든 자는 피재자로부터 격리시켜야 한다.